เครื่องตอบรับโทรศัพท์

ANSWERING MACHINE

โดย

นายรัฐพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์ 38014417

นางสาวศุภญาณี ปิตุวงศ์ 38014512

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องตอบรับโทรศัพท์

ผู้จัดทำ

1. นายรัฐพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์
2. นางสาวศุภญาณี ปิตุวงศ์

....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

เครื่องตอบรับโทรศัพท์

ANSWERING MACHINE

นายรัฐพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์ 38014417

นางสาว ศุภญาณี ปิตุวงศ์ 38014512

โครงงานนี้ได้ผ่านการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

....

(อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เครื่องตอบรับโทรศัพท์

รัฐพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์
ศุภญาณี ปิตุวงศ์
อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาประยุกต์เพื่อใช้ในการฝากข้อความ หรือฟังข้อความอัตโนมัติทางโทรศัพท์ โดยแบ่งการทำงานเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้ ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง เป็นส่วนที่ตรวจจับเมื่อมีการเรียกโทรศัพท์เข้ามา ส่วนแปลงสัญญาณความถี่เป็นเลขฐานสอง โดยใช้ไอซี DTMF-8870 เป็นการตรวจสอบคำสั่งของผู้เรียกโทรศัพท์เข้ามาว่าต้องการจะฟังหรือฝากข้อความ ส่วนสร้างสัญญาณเสียง ใช้เป็นสัญญาณบอกให้ผู้เรียกเข้ามาได้รับรู้ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง และส่วนควบคุมการอัดและเล่นเทป ใช้ในการฝากหรือฟังข้อความต่าง ๆ ตามผู้เรียกต้องการ โดยวงจรต่างๆ นี้จะถูกควบคุมการทำงาน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด

ANSWERING MACHINE

Ruttapong Charoenwongrerk

Supayanee Pituwong

Chinnapat Nantajivakornchai Advisor

1998

Abstract

This project is an application of the MCS-51 micro-controller to leave and to check the messages, by connecting this machine.

The system can be separated in to 4 circuits. The first one is ' STEERING RINGING CIRCUIT', used to check the telephone pulse. The second one is ' PICKED UP AND MADE TONE', used to let the caller press the numbers (codes) and the sound of tones are distinguished by pressing the different numbers (codes). The third one is used to convert the frequency signal to digital logic, using MT8870 as the DTMF decoder, decided to let the caller leave or listen to the messages, by the dialed code. This part is called 'DTMF DETECTOR CIRCUIT '. For the last circuit is called 'PRE-TAPE CIRCUIT', which has 2 parts, recording and playing the tape. Controller MCS-51 runs all of the whole circuits.

สารบัญ

สารบัญภาพ

หน้าที่

สารบัญตาราง

หน้าที่

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารด้วยอุปกรณ์โทรศัพท์นับเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมากในชีวิต ไม่ว่าจะเป็นในด้านความสะดวกรวดเร็ว รวมถึงความแม่นยำในการติดต่อสื่อสาร จึงมีความต้องการมาก รูปแบบการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์ได้มีวิวัฒนาการขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านความสามารถของเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์ ความสามารถของชุมสายโทรศัพท์ ระบบสัญญาณสื่อสาร และรูปแบบการให้บริการที่หลากหลาย

ในโครงงานฉบับนี้ได้นำเอาเครื่องตอบรับโทรศัพท์มาเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับประโยชน์จากเครื่องโทรศัพท์มากขึ้น โดยสามารถทำการฝากข้อความในขณะที่ไม่มีคนอยู่ที่บ้านได้ เพื่อให้ผู้ใช้ไม่พลาดการติดต่อธุระที่สำคัญโดยใช่เหตุ นอกจากนี้ยังสามารถให้ผู้ใช้เครื่องนี้สามารถโทรศัพท์เข้ามาเช็คข้อความ ที่ผู้ฝากฝากไว้ได้โดยไม่ต้องกลับมาเปิดฟังที่บ้านได้อีกด้วย เผื่อในกรณีที่เจ้าของบ้านต้องไปทำธุระที่ต่างจังหวัดนาน ๆ ไม่สามารถกลับมาเช็คข้อความที่ผู้ฝากฝากไว้ให้อีกด้วย

สำหรับการใช้งานของเครื่องควบคุมการรับโทรศัพท์นั้น เมื่อมีผู้เรียกเข้ามา ถ้าไม่มีคนรับโทรศัพท์ เมื่อสัญญาณกระดิ่งดังเกิน 3 ครั้ง เครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการรับโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ เพื่อรอผู้ที่โทรเข้ามากดหมายเลขต่าง ๆ เพื่อที่จะไปยังโหมดต่าง ๆ เช่น ฝากข้อความ หรือฟังข้อความ เป็นต้น

ในรายงานฉบับนี้ประกอบด้วยทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับสัญญาณโทรศัพท์ การถอดรหัสความถี่หมายเลขโทรศัพท์เป็นรหัส BCD (Binary Code Decimal) ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักการทำงานของไอซีปรีแอมป์และวงจรของมัน หลักการทำงานของเครื่องตอบรับโทรศัพท์ และส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

บทที่2
ทฤษฎี

2.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิกและผู้รู้เลขหมายสมาชิก ให้สามารถเรียกสลับคู่สนทนาธุระต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นลง

การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephone call) คือการเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รับ

เรื่องโทรศัพท์ (Telephone set) คือ อุปกรณ์สำหรับสมาชิกใช้พูดและฟังในการสนทนาระยะไกลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ เมื่อต้องการเรียกจะหมุนหรือกดหมายเลขผู้รับบนหน้าปัทม์

ผู้เรียก (Calling subscriber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องชุมสายอัตโนมัติ

ผู้รับ (Called subscriber) หรือสมาชิกผู้ถูกเรียก คือผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (ringing signal)

คู่สายสมาชิก (subscriber line) คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูด แจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ (automatic telephone switching) คือเครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกกับผู้รับโดยอัตโนมัติ

2.2 ระบบสัญญาณต่างๆของโทรศัพท์

ลักษณะสัญญาณต่างๆภายในระบบเครื่องตัดต่อโทรศัพท์อัตโนมัติมีสัญญาณโทรศัพท์ที่สำคัญดังนี้

2.2.1สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่า เครื่องชุมสายโทรศัพท์พร้อมแล้วที่จะให้ ผู้ใช้กดหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วย

ลักษณะของสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400Hz ดังต่อเนื่องกันตลอด (เรียกกันทั่วไปว่าสัญญาณแมวกรน)

2.2.2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้ทราบหลังจากที่กดหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยให้ทราบว่าไม่สามารถติดต่อคู่สายนั้นได้ ลักษณะของสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ที่ดังและดับทุกๆ 0.5 วินาที

2.2.3.สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการ ให้ทราบว่าสามารถติดต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อได้ ลักษณะของสัญญาณที่มีความถี่ 400 Hz ดังประมาณ 1 วินาที และดับประมาณ 4 วินาที

2.2.4.สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายใต้ ทำให้กระดิ่งโทรศัพท์ดังขึ้น เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้ต้องการติดต่อ ลักษณะสัญญาณเป็น AC 50 เฮิร์ท ที่มี ศักดาไฟฟ้า ขนาดประมาณ 80 Vpp ถึง 100 Vpp ดังและดับเป็นช่วงๆเหมือนกันและพร้อมกันกับสัญญาณเรียกกลับ

2.3 สัญญาณในการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

2.3.1 เครื่องส่ง

1. ขณะไม่มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลท์

2. เมื่อมีผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดเหลือ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุน ซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลลิโวลท์ ความถี่ 400 เฮิรทซ์ คร่อมความถี่ประมาณ 50 เฮิรทซ์ ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่ สัญญาณให้หมุนจะหายไป

3. กดรหัส (code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลัก รหัสความถี่ส่งจะเป็นสัญญาณผสม 2 ความถี่ เป็นความถี่สูงและต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่หนึ่งคู่

4. ขณะที่ยังไม่มีการรับสาย จะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ ซึ่งคือสัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณสายไม่ว่างตามลำดับ

5. เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ 8 โวลท์ โดยมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง ความดังของเสียงพูดตามสาย

6. เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดศักดาจะกลับไปที่ 48 โวลท์ดังเดิม

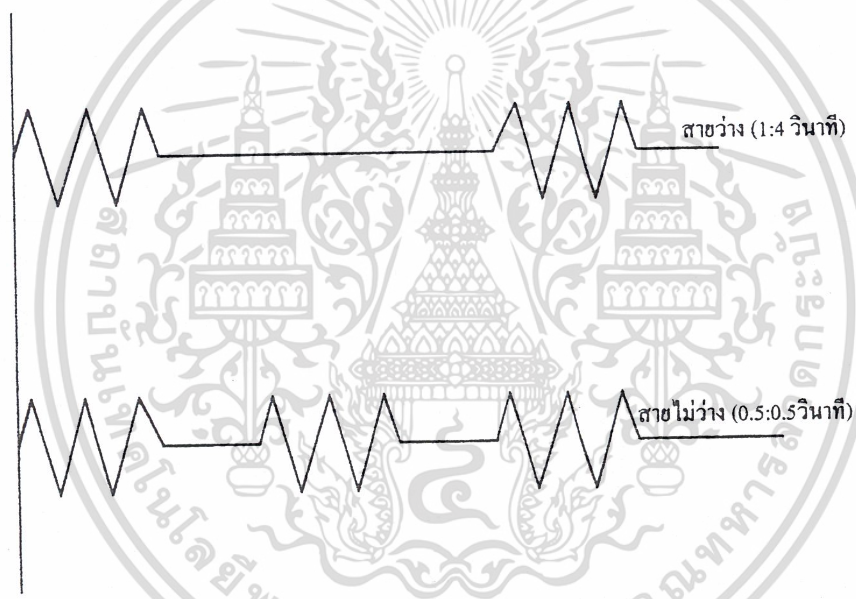
2.3.2 เครื่องรับ

1. ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดาภกระแสตรงคร่อมสายอยู่ 48 โวลท์

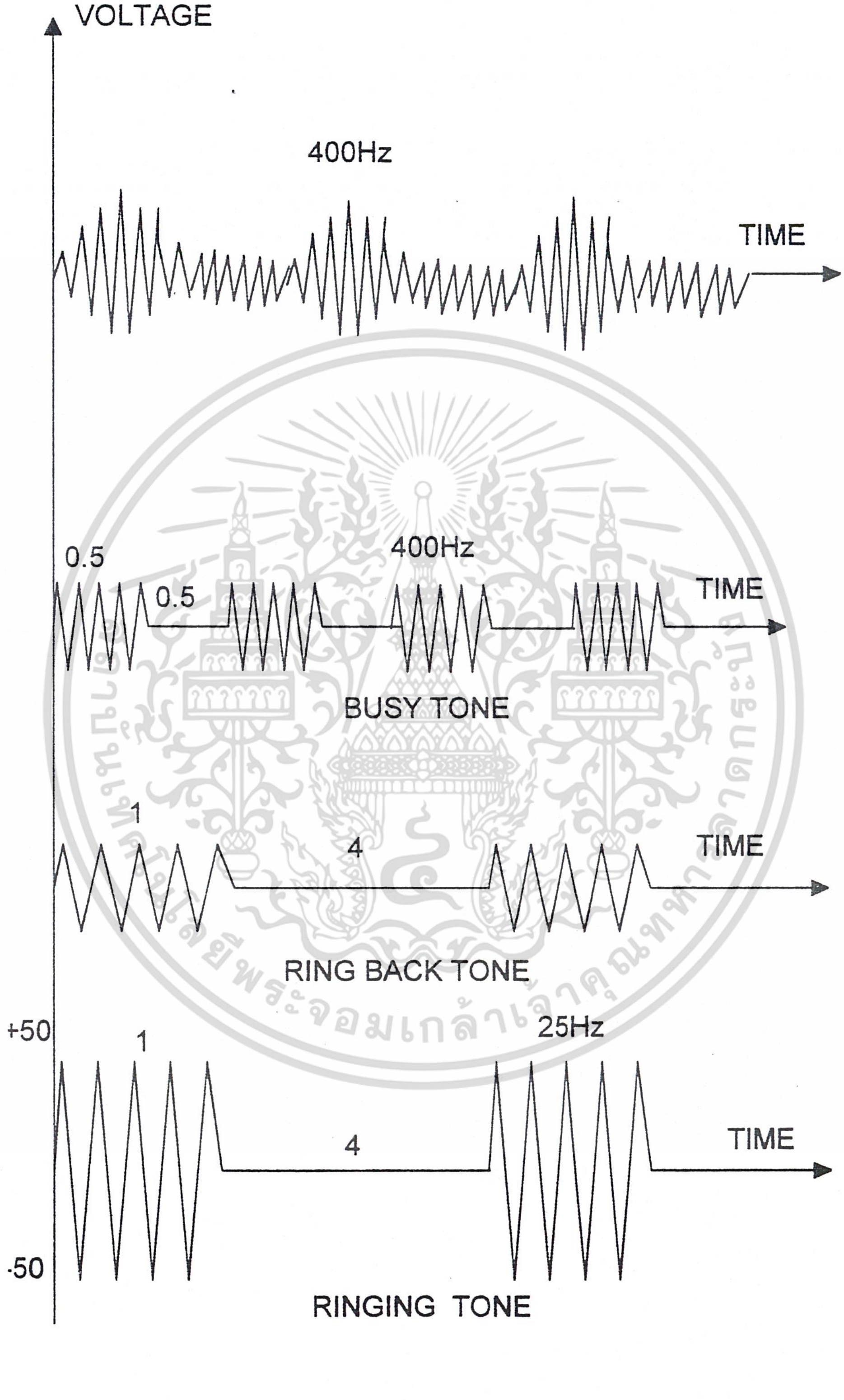
2. เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียก จะมีขนาดประมาณ 100 โวลท์ จังหวะ 1 วินาที หยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

3. เมื่อรับสายยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาภกระแสตรงจะเหลือ 8 โวลท์ และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด

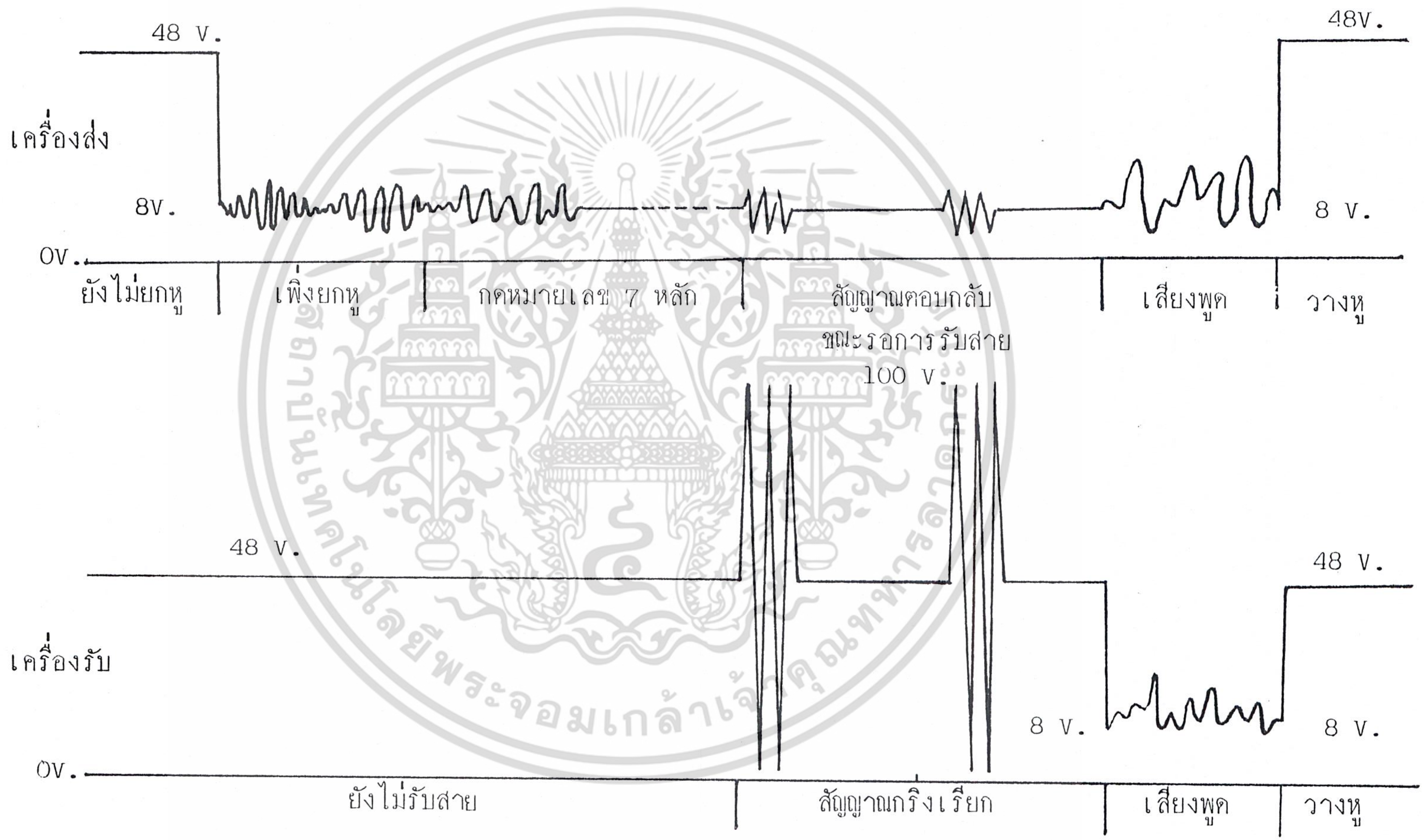
4. เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาจะกลับไปที่ 48 โวลท์ตามเดิม



รูป2.1 สัญญาณสายว่างและ ไม่ว่าง



รูปที่ 2.2 สัญญาณพื้นฐาน



รูปที่ 2.3 สัญญาณระหว่างเครื่องรับและส่งโทรศัพท์

2.4 การถอดรหัสดีทีเอ็มเอฟ (DTMF Decoder)

โทรศัพท์ชนิดกดปุ่มแบบดีทีเอ็มเอฟ ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่ม มีการทำงานแบบ Dual Multi Frequency แป้นกดจะแบ่งเป็น แถว 4 แถว คอลัมน์ 4 แถว ประกอบกันเป็นรูป Matrix ในแต่ละ แถว และ คอลัมน์ จะมีค่าความถี่ประจำตำแหน่งอยู่ ดังรูป

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

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

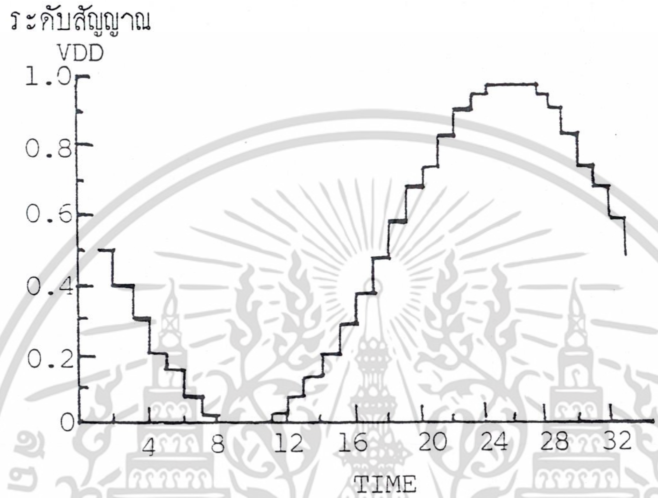
รูป2.4 ค่าความถี่ประจำหลายเลข ในระบบโทรศัพท์

การทำงาน เมื่อกดปุ่มหมายเลขใดๆ จะประกอบด้วย Tone เสียง 2 ความถี่ คือ ความถี่สูง และความถี่ต่ำ ซึ่งแต่ละหมายเลขจะให้ค่าความถี่คู่ต่างกัน จากปุ่มกดจะพบว่าหมายเลข 1,.4,7 และ * อยู่ใน คอลัมน์ ที่1 โดยหมายเลข 1,2,3 อยู่ใน แถว ที่ 1 ตัวเลขแต่ละตัวเป็นการพบกันของความถี่ทาง แถว (ความถี่ต่ำ) กับความถี่ทาง คอลัมน์ (ความถี่สูง)

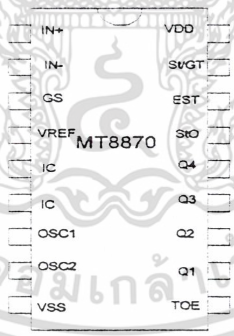
ดังนั้น ในการสร้างวงจรถอดรหัส DTMF โดยการสร้างวงจรเพื่อถอดรหัสค่าความถี่ เหล่านี้ ปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ คือ ไอซี เบอร์ MT8870 ของบริษัท อินเทล (INTEL) ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงเป็นค่าตัวเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิท

2.5 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (MT8870 DTMF Decoder)

ไอซีเบอร์ MT8870 นี้ทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอก 2 ความถี่ ถึงแม้ว่าสัญญาณที่ได้รับจากการกดปุ่มของโทรศัพท์แบบทัชโทน จะมีลักษณะไม่เป็นคลื่นซายน์ที่แท้จริง ดังรูป ไอซี เบอร์นี้ยังสามารถ ยอมรับและถอดรหัสออกมาได้



ลักษณะสัญญาณDTMFจากโทรศัพท์



รูป2.5 แสดงรายละเอียดของ MT8870

2.5.1 คุณสมบัติของไอซี MT8870

-เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่

-กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL

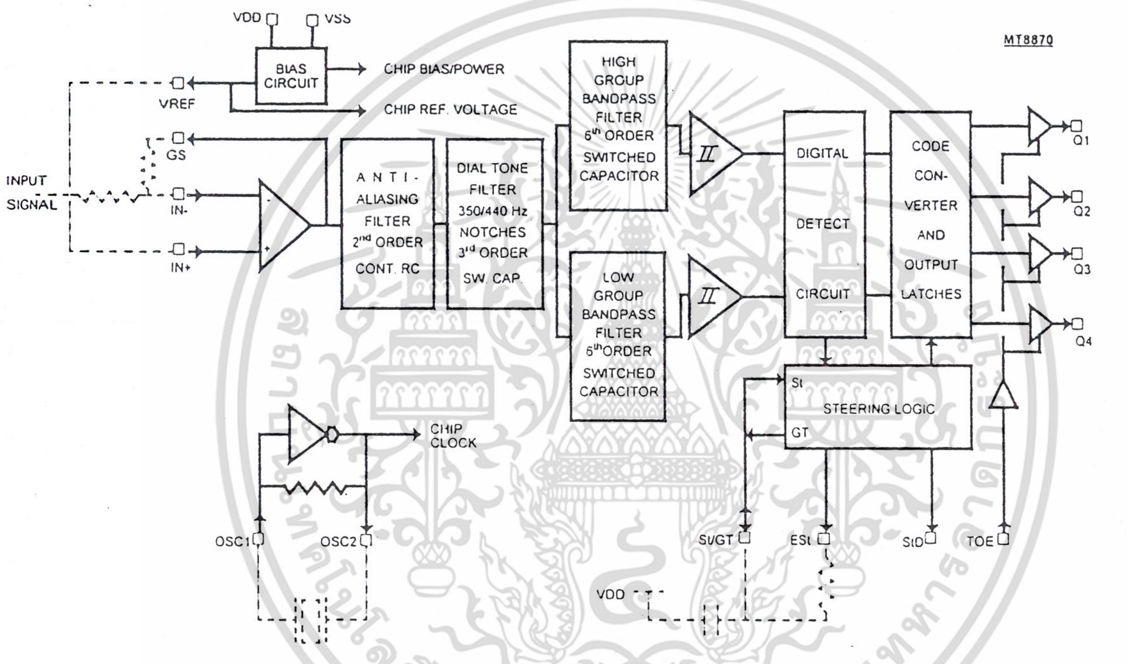
-สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้

-สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้

-เป็นไอซีคุณภาพสูง

2.6 โครงสร้างของ MT8870

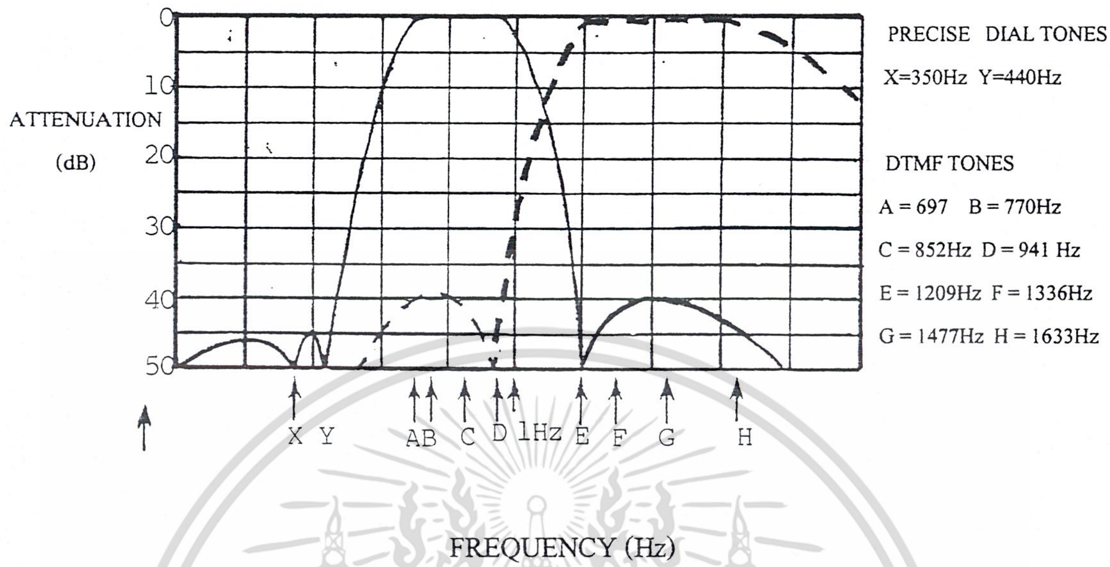
โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล สำหรับกรองความถี่สูงและความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิท และตรวจสอบช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาท์พุทเป็นวงจรแลทซ์ 3 สถานะ



รูป 2.6 แสดงโครงสร้างภายใน MT8870

2.7 ฟังก์ชั่นแสดงการทำงานภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

2.7.1 ภาคกรองสัญญาณความถี่ (Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์ (six order switch capacitor and pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ



รูป 2.7 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2.7.2.ภาคถอดความถี่ (decoder section)

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบความถี่นั้นว่าถูกต้องสัญญาณที่ขา Est (early steering) จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ ต่างๆนั้น

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
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

2.7.3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ

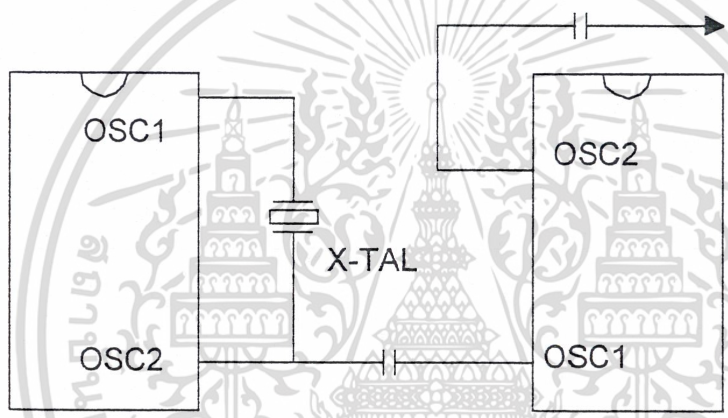
ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพิสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลานานเท่าไรสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น High ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุ ทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจร

2.7.4.ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

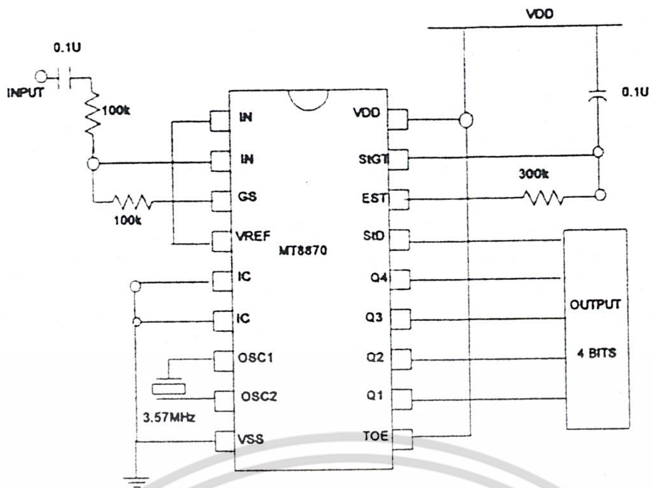
วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเข้าไปด้วย ซึ่งวงจรที่นำมาต่อนี้แล้วแต่ความต้องการ

2.7.5.ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

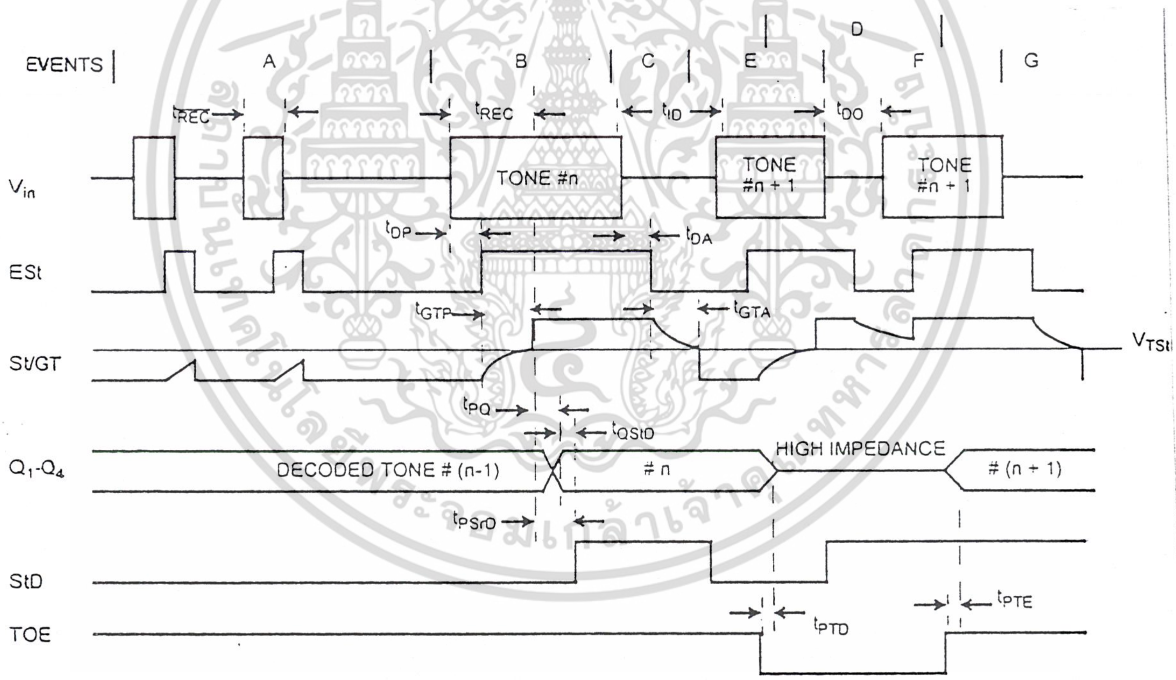
ในภาคนี้ไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตรอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที



รูป2.8 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่



รูป2.9 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870



รูป2.10 แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870

อธิบายการทำงาน

ช่วงเวลา A-ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาพุทไม่เปลี่ยน

ช่วงเวลา B-ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีค่าเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกดอดรหัสและแลทซ์ที่เอาท์พุท

ช่วงเวลา C-จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลทซ์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้อง ใหม่

ช่วงเวลา D-เอาท์พุทเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

ช่วงเวลา E-ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลทซ์ไว้

ช่วงเวลา F-ความถี่ #n+1 หายไป ช่างห่างไม่ถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลทซ์อยู่

ช่วงเวลา G-จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลทซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

สัญลักษณ์

Vin -สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

Est -Early steering output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/GT -Steering input/Guard time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q1-Q4 -เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิท

StD -(Delayed Steering output) ใช้แสดงค่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE -(Tone output enable input) ใช้ควบคุม Q1-Q4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$\overline{t_{REC}}$ -คาบเวลานานที่สุด ที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} -คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} -สัญญาณสั้นสุดสำหรับสัญญาณสำหรับ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} -เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} -เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} -เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} -การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} -การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

สำหรับ การ์ดไทม์ (Guard Time) หมายถึงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามาจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่า สัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือเรียกได้ว่าเวลาที่เราตั้งได้โดย RC คือ การ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป

2.8 เครื่องเล่นเทป

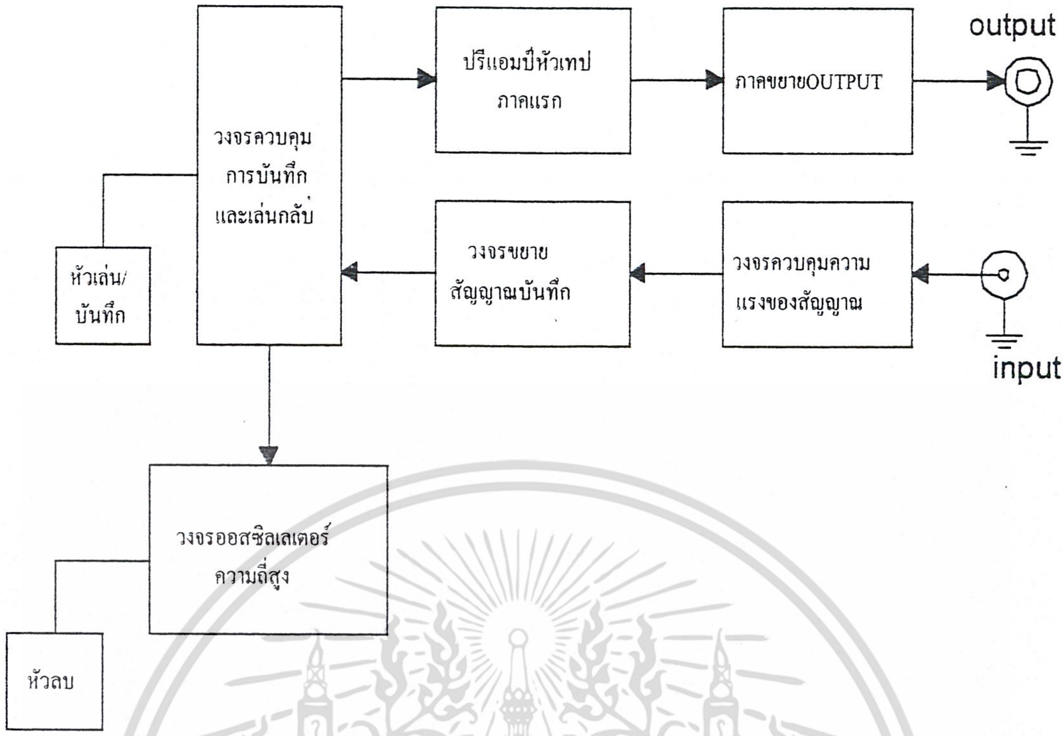
2.8.1 หลักการของเครื่องเล่นเทป

จากรูปที่ 2.11 เป็นหลักการเบื้องต้นของเครื่องเล่นเทปโดยทั่วไป นอกจากบล็อกไดอะแกรมที่แสดงแล้ว ยังมีส่วนของกลไกเทป ระบบสายพาน มอเตอร์ วงจรเรกูเลเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึง

ส่วนสำคัญ คือ วงจรควบคุมการเล่นและบันทึก หากวงจรทำงานในการเล่นกลับก็จะนำสัญญาณที่ได้จากหัวเทปมาเข้ายังวงจรปรีแอมป์หัวเทปภาคแรกและทำการขยายอีกครั้งเพื่อให้ได้สัญญาณแรงขึ้นที่ภาคขยายเอาต์พุตก่อนส่งออกไปทางเอาต์พุต เพื่อไปเข้ายังโทนคอนโทรลและเครื่องขยายเสียงต่อไป

ถ้าทำงานในการบันทึก วงจรควบคุมก็จะกำหนดให้หัวเทปเป็นเสมือนโหลด คือให้สัญญาณอินพุทที่มาจากไมโครโฟนหรือจูนเนอร์ ซึ่งผ่านวงจรควบคุมความแรงของสัญญาณ (Level control circuit) และวงจรขยายสัญญาณบันทึก (recording amplifier) มาแล้ว ผ่านหัวเทปเพื่อบันทึกลงบนเส้นเทป

ในขณะที่ทำงานในการบันทึกก็ต้องมีการลบเทปก่อน ซึ่งวงจรออสซิลเลเตอร์ความถี่สูงจะส่งสัญญาณไปที่หัวลบบนเส้นเทปที่มีอยู่เดิมให้หมดไปก่อนจึงทำการบันทึกเสียงลงไป



รูปที่ 2.11 หลักการเบื้องต้นของเครื่องเล่นเทป

2.8.2 การบันทึกเสียง (Recording)

การบันทึกเสียงของหัวเทปนั้นใช้หลักการที่ว่า เมื่อจะป้อนสัญญาณเข้าที่หัวเทป แล้วจะเกิดอำนาจแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง มีเส้นแรงแม่เหล็กออกมาที่ "แก็ป" ของหัวเทปเหนี่ยวนำไปยังผิวของสายเทปทำให้สารแม่เหล็กที่ถูกฉาบอยู่บนเส้นเทป เปลี่ยนสภาพเป็นแม่เหล็กตามสัญญาณที่เหนี่ยวนำ

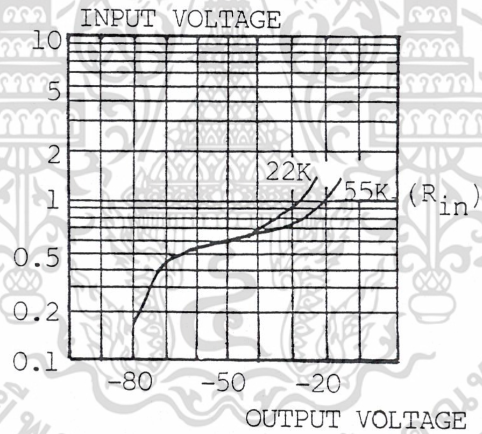
อย่างไรก็ตามในการบันทึกเสียงย่อมจะต้องมีปัญหาเรื่องความเพี้ยนเกิดขึ้น ความเพี้ยนที่ว่านี้เรียกว่า "ฮีสเทอร์รีซิส" (hysteresis) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยากรป้อนกระแสไฟฟ้าค่าต่ำ ๆ ให้กับหัวเทปในขณะที่ทำการบันทึก พร้อม ๆ กับสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้าไปทางอินพุท เราเรียกวิธีการนี้ว่า "การไบอัส" โดยปกติแล้วมักจะใช้การไบอัสแบบกระแสสลับ โดยใช้ความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีค่าสูงกว่าความถี่เสียงประมาณ 2-3 เท่า มีระดับสัญญาณประมาณ 10 โวลต์ขึ้นไป เป็นสัญญาณในการไบอัสเพื่อแก้ปัญหาฮีสเทอร์รีซิส

2.8.3 การเล่นกลับ (Play back)

มีวิธีการที่ตรงข้ามกับการบันทึกเสียง อำนาจแม่เหล็กของสารแม่เหล็กที่ฉาบบนผิวของเส้นเทป เมื่อมันผ่านหัวเทปเส้นแรงแม่เหล็กที่เส้นเทปนั้นจะตัดกับขดลวดภายในหัวเทปทำให้เกิดการเหนี่ยวนำเป็นกระแสไฟฟ้าที่มีขนาดต่ำ ๆ ขึ้นมา จากนั้นนำสัญญาณนี้ไปทำการขยายต่อไป

2.8.4 วงจรควบคุมสัญญาณอัตโนมัติ (ALC)

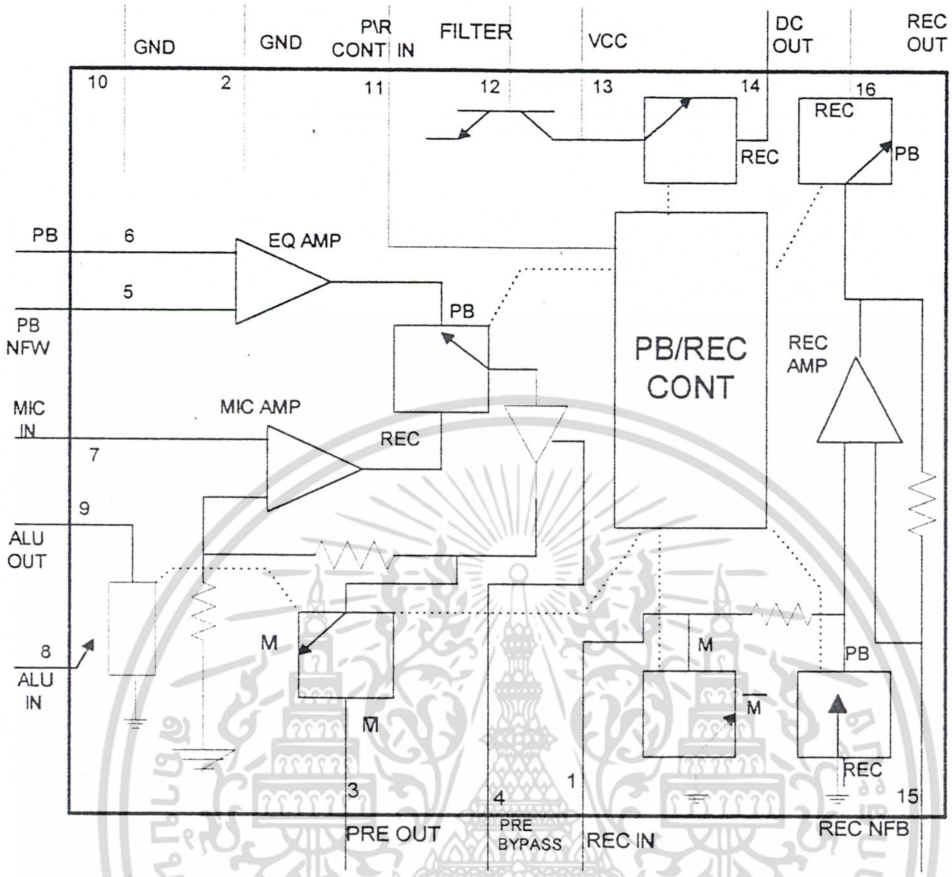
ในการบันทึกเสียงของวงจรปรีแอมป์ชุดนี้ จะเห็นว่าไม่มีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าเพื่อเพิ่ม-ลดระดับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาเพื่อทำการบันทึก เพราะในวงจรมีส่วนที่เรียกว่าวงจรควบคุมระดับสัญญาณอัตโนมัติ (Automatic Level Control-ALC) ถ้าอินพุตแรงเกินไปก็จะลดระดับเองอัตโนมัติ ถ้าอินพุตมาเบาก็จะทำการเพิ่มให้พอดี



รูปที่ 2.12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตของวงจร ALC

2.8.5 BA5101 ไอซีปรีแอมป์เล่น-บันทึก

รูปที่ 2.13 เป็นโครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ BA5101 ซึ่งประกอบด้วย วงจรขยายอีควอไลเซอร์ (playback equalizer amplifier), วงจรขยายสัญญาณบันทึก (recording amplifier), วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน (microphone amplifier), วงจรควบคุมความแรงของสัญญาณอินพุทอัตโนมัติ (Automatic Level Control circuit-ALC), วงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อใช้ในการไบอัสหัวเทป และวงจรควบคุมการเล่นกลับและบันทึก

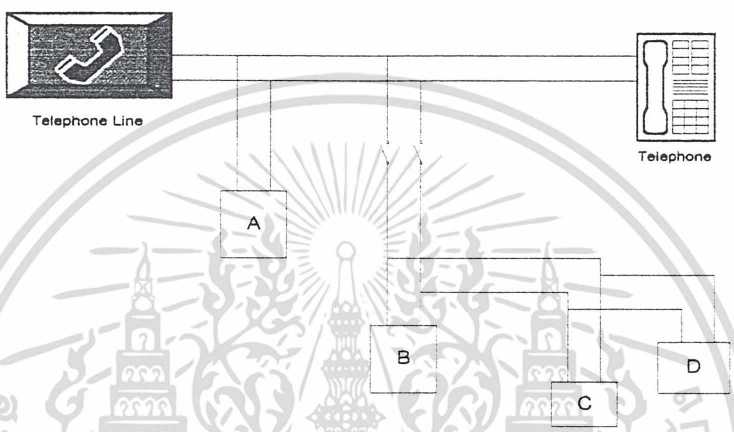


รูปที่ 2.13 โครงสร้างไอซี BA5101

ข้อดีของไอซีตัวนี้คือ นอกจากรวมวงจรต่าง ๆ ไว้ในตัวของมันแล้ว ในการควบคุมการเล่นกลับและบันทึกใช้การควบคุมแบบดิจิตอลคือ ถ้าขาควบคุม (ขา 11) เป็น “0” หรือต่อลงกราวนด์ ไอซีจะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณเล่นกลับ แต่ถ้าที่ขาควบคุมเป็น “1” หรือต่อไว้ที่ไฟเลี้ยงของไอซีก็จะทำงานในการบันทึกสัญญาณ แรงดันไฟเลี้ยงของไอซีใช้ประมาณ 6-9 โวลท์

บทที่ 3
รายละเอียดการทำงานแต่ละส่วนของเครื่องควบคุม

ส่วนประกอบของเครื่องควบคุมการรับโทรศัพท์สามารถแสดงได้ด้วยบล็อคไดอะแกรมดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อก ไดอะแกรมเครื่องควบคุมการรับโทรศัพท์

จากบล็อกไดอะแกรมสกงส่วนประกอบหลัก จะเห็นได้ว่าเครื่องควบคุมเครื่องนี้ มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ด้วยกัน 4 ส่วน คือ

3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกของโทรศัพท์ (A)

3.2 ส่วนยกหูและสร้างสัญญาณโทน (B)

3.3 ส่วนตรวจจับสัญญาณการกดปุ่มแป้นโทรศัพท์ (C)

3.4 ส่วนบันทึกและฟังข้อความ (D)

3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกของโทรศัพท์

เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกที่มาตามสายขณะที่มีผู้โทรเข้ามา อาศัยหลักการพื้นฐานของสัญญาณโทรศัพท์ คือ ในขณะที่สายว่างคู่สายโทรศัพท์มีจะมีแรงดันไฟตรง (DC) ประมาณ 30 โวลท์ ซึ่งจ่ายมาจากชุมสายโทรศัพท์ และเมื่อมีผู้เรียกหมายเลขเข้า ทางชุมสายจะจ่ายสัญญาณกริ่งเรียกมาเป็นแรงดันกระแสสลับที่มีแรงดันประมาณ 70-100 โวลท์ ส่วนตรวจจับสัญญาณจะให้พัลส์ออกเมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกดังเข้ามา

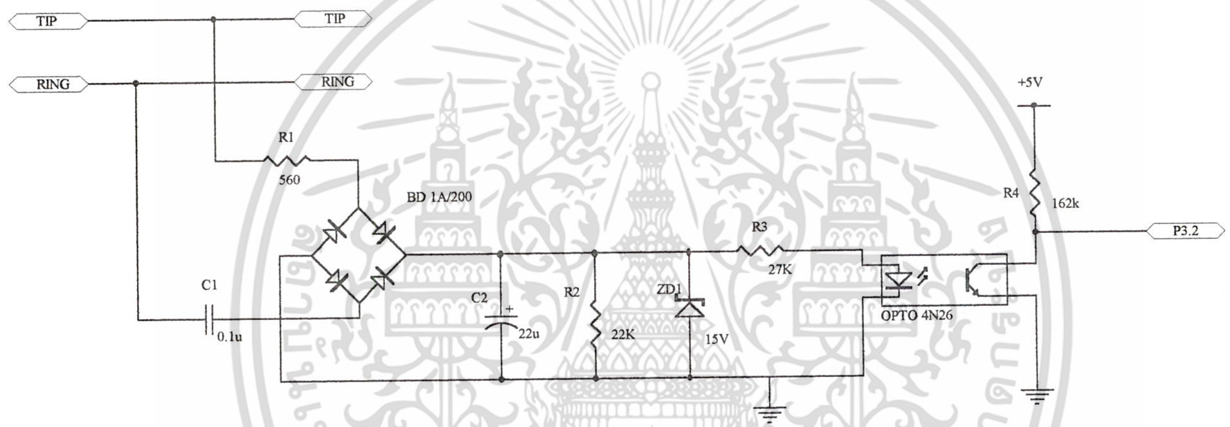


Fig. 3.2 Steering circuit

Title

Size A4 | Number | Revision

Date: 24-Mar-1999 | Sheet of

File: E:\rudy\X\Sch_1.sch | Drawn By:

3.2 ส่วนยกหูและสร้างสัญญาณโทน

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับได้ว่า มีการยกหูโทรศัพท์ จะทำให้มีระดับลอจิก 1 ออกมาทางขา P1.6 ไบอัสให้กับขาเบสของ Q1 ผ่าน R1 ทำให้รีเลย์ RY1 ทำงาน ซึ่งในขณะนี้จะเป็นการยกหูโทรศัพท์ด้วยเครื่องควบคุมนี้ ทำให้ขดไพรมารีของหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ต่อกับคู่สายโทรศัพท์ผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์ RY1 โดยมีตัวต้านทาน R2 , R3 ต่ออนุกรมอยู่เพื่อป้องกันการไหลของกระแสที่สูงมากขณะเริ่มทำงานของรีเลย์ ทางด้านขดเซคันดารีของหม้อแปลงอิมพีแดนซ์จะต่อกับแรงดันไฟบวก 12 โวลท์ ผ่าน R4 และ R5 จำกัดกระแส มี ZD1 และ ZD2 รักษาระดับแรงดันไว้ในช่วงปลอดภัย หม้อแปลงนี้จะทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณพัลส์ตอบกลับเข้าไปยังคู่สายโทรศัพท์ เมื่อ RY1 ทำงาน เอาท์พุท P1.7 จะกำเนิดพัลส์สามเหลี่ยมออกมาผ่าน R6 และ Q2 เพื่อทำการสวิตซ์ ทำให้แรงดันที่ขดเซคันดารีเกิดการเปลี่ยนแปลงตามพัลส์สามเหลี่ยม ทำให้เกิดสัญญาณเสียงโทนผ่านหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ และชุดตัวต้านทานคับปลิ้ง R2 ,R3 และ C1 ออกไปยังคู่สายโทรศัพทีทำให้ทราบว่าขณะนี้เสร็จสิ้นขั้นตอนใดจั้นตอนหนึ่งแล้ว และให้สั่งงานต่อไปโดยที่สัญญาณตอบกลับนี้เราจะได้ยินทางหูฟังโทรศัพท์เป็นเสียงแหลมสั้นๆ

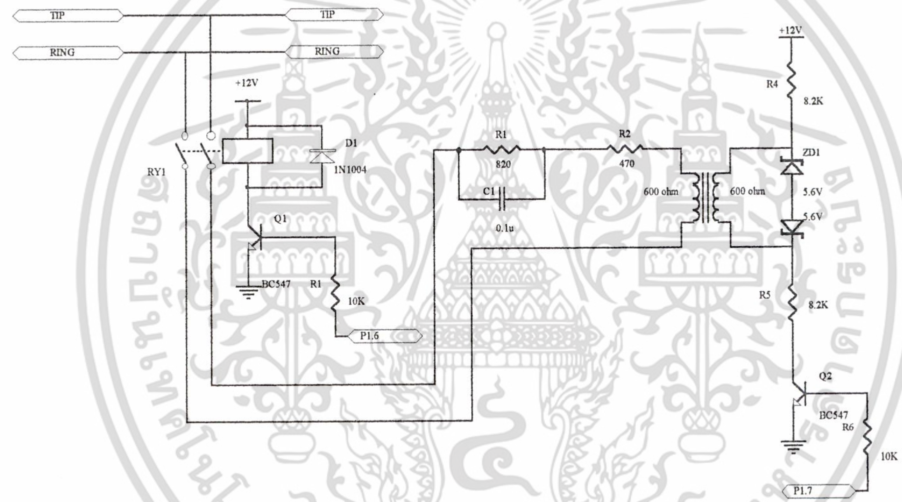


Fig. 3.3 Answered and Made tone Circuit

3.3 ส่วนตรวจจับสัญญาณการกดปุ่มแป้นโทรศัพท์ (DTMF DECODER)

หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณกระดิ่ง และทำการสั่งให้รีเลย์ทำงานใน จังหวะนี้คู่สายโทรศัพท์จะต่อเข้ากับชุดถอดรหัส DTMF IC2

3.3.1 การทำงานภายใน MT8870 มีส่วนสำคัญ 5 ดังนี้

1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ซึ่งวงจรรวม MT8870 จะถอดรหัสสัญญาณโทนออกมาเป็นรหัส BCD โดยมีตัวเก็บประจุคับปลิ้งสัญญาณมาเข้าขาอินพุทร่วมกับตัวต้านทานเน็ตเวอร์ก เหล่านี้ประกอบด้วย C1, C2, R1-R5 นอกจากนั้น โดยพื้นฐานของไอซีเบอร์ MT8870 นี้ออกแบบมาโดยมีอุปกรณ์ต่อร่วมน้อยมาก สามารถทำงานได้แล้ว มีคริสตอล X-TAL เป็นตัวกำเนิดฐานเวลาให้กับไอซี และ R4 ,R5 กำหนดความแตกต่างของสัญญาณทางอินพุท การถอดรหัสออกมาทางเอาท์พุตจะเป็นรหัส BCD ออกมาทางเอาท์พุต ขา 11-14 ซึ่งจะส่งผ่านเข้าสู่พอร์ตอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ต 1.0-1.3 (P1.0-P1.3) พร้อมกับแสดงสัญญาณสโตรบ ตลอดระยะเวลาที่มีการกดปุ่ม เพื่อเป็นการบอกซีพียูว่ามีการกดปุ่มโทรศัพท์ และสิ้นสุดการกดปุ่มโทรศัพท์หรือยัง

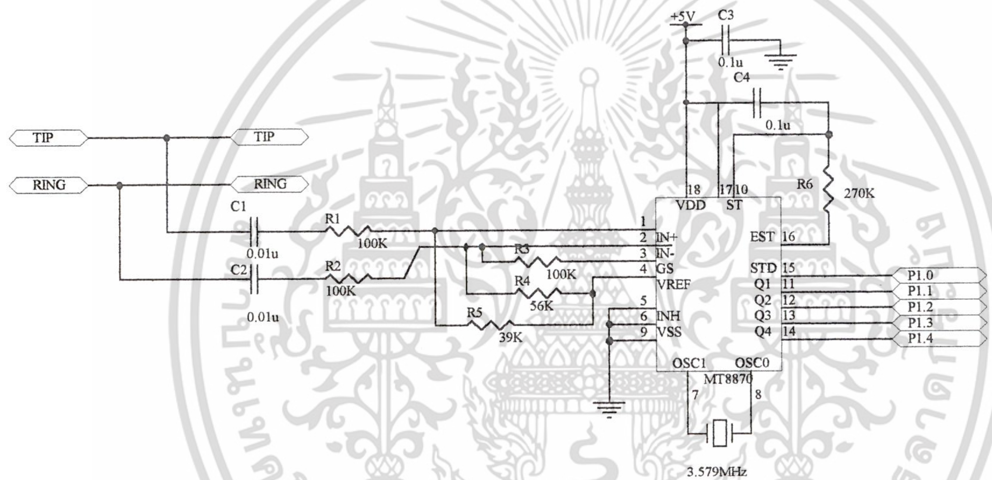


Fig. 3.4 DTMF Detector Circuit

Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 24-Mar-1999		Sheet of
File: E:\rudy\X\Sch_3.sch		Drawn By:

3.4 ส่วนบันทึกและฟังข้อความ

เมื่อต้องการให้วงจรทำงาในการเล่นกลับ รีเลย์จะถูกต่อลงกราวด์ IC1 จะรับรู้ว่าขณะนี้ต้องทำการเล่นกลับ สัญญาณจากหัวเทปจะผ่านตัวต้านทาน R2 คับปลิ้งเข้า IC1 โดย C5 ที่ขา 6 ซึ่งเป็นอินพุตของ IC1

สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะถูกส่งออกมาที่ขา 3 คับปลิ้งผ่าน C13 มาเจ้ายังวงจรขยายสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งประกอบด้วย R11 , R12 , R13 , R15 , Q4 และ C16 จะได้สัญญาณแต่ยังไม่มีความแรงพอที่จะส่งออกไปยังเอาต์พุตของวงจร จึงทำการต่อกับ LM386 ซึ่งทำหน้าที่เป็น OP-AMP ทำหน้าที่เป็น POWER AMP เพื่อให้วงจรมีความแรงมากพอที่จะออกไปทางเอาต์พุตของวงจร เพื่อไปยังโทนคอนโทรลต่อไป

ที่ขา 5 ของ ตัวต้านทาน R17 และR18 ต่อร่วมกับ C17 เป็นวงจรป้อนกลับอิควอไลเซอร์เพื่อให้ IC1 มีการตอบสนองความถี่ได้ดีขึ้น

ตัว C4 ที่ต่อไว้ที่ขา 4 ของ IC1 ทำหน้าที่บายพาสสัญญาณ ค่าจองตัวเก็บประจุถ้าใช้ค่าที่ไม่ถูกต้องอาจทำให้การตอบสนองความถี่ต่ำจองวงจรเสียไปได้

เมื่อทำการบันทึกรีเลย์จะถูกต่อไปที่ไฟเลี้ยงของไอซี สัญญาณอินพุตของวงจรจะสามารถเข้ามาได้ทั้งทางขั้ว AUX และ MIC โดย AUX เป็นขั้วอินพุตที่ได้สัญญาณจากจูนเนอร์หรือแหล่งกำเนิดสัญญาณอื่น ส่วน MIC เป็นขั้วอินพุตสำหรับไมโครโฟน

สัญญาณอินพุตจะผ่านตัวต้านทาน R20 และ R21 เพื่อลดความแรงลงระดับหนึ่งก่อน และส่งเข้าไปยังขา 7 ซึ่งเป็นขาอินพุตของวงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน เอาต์พุตของสัญญาณนี้จะออกมาที่ขา 16 และผ่านตัวต้านทาน R3 ไดโอด D1 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณกระแสสลับที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณบันทึกในตัวไอซีมาเป็นไฟตรง เพื่อป้อนเข้ายังขา 8 ของ IC1 ซึ่งเป็นขาอินพุต ALC เพื่อทำการควบคุมความแรงของสัญญาณอินพุตอัตโนมัติ

เอาต์พุตของวงจร ALC จะออกมาที่ขา 9 และทำการป้อนกลับสัญญาณเข้าที่ขา 7 เป็นเช่นนี้เรื่อยไปเพื่อทำการควบคุมความแรงของสัญญาณอินพุต

เอาต์พุตที่ขา 16 ของ IC1 จะผ่านตัวต้านทาน R1 และ C1 ป้อนเข้าที่ขา 6 ของ IC1 เพื่อทำการขยายสัญญาณให้พอเหมาะ แล้วป้อนเข้าที่ขา 1 ซึ่งเป็นจาอินพุตของวงจรบันทึก

สัญญาณจากขา 16 ที่ผ่าน R1 และ C1 จะถูกส่งไปที่หัวเทปเพื่อทำการบันทึกสัญญาณลงบนเส้นเทป ในขณะเดียวกันที่ขา 14 ของIC1 จะเกิดสัญญาณเพื่อไปทำให้ Q2 ทำงาน เกิดแรงดันไปไบแอส Q1 ให้ทำงาน

Q1 ต่อร่วมกับหม้อแปลง T1 ตัวต้านทาน R6 , R7 และ R8 และตัวเก็บประจุ C7 ,C8 ทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ความถี่สูงเพื่อส่งสัญญาณไปไบแอสหัวเทป แก้ไขปัญหาฮีสเทอร์รีซีส และยังใช้ส่วนในการลบ เทปด้วยความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์มีค่าประมาณ 45 KHz

Q3 และ ZD1 ทำหน้าที่เป็นวงจรเรกูเลเตอร์ 9 โวลท์ เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้เข้า IC1 โดยมีตัวเก็บประจุ C21 กรองไฟให้เรียบอีกขั้นหนึ่ง

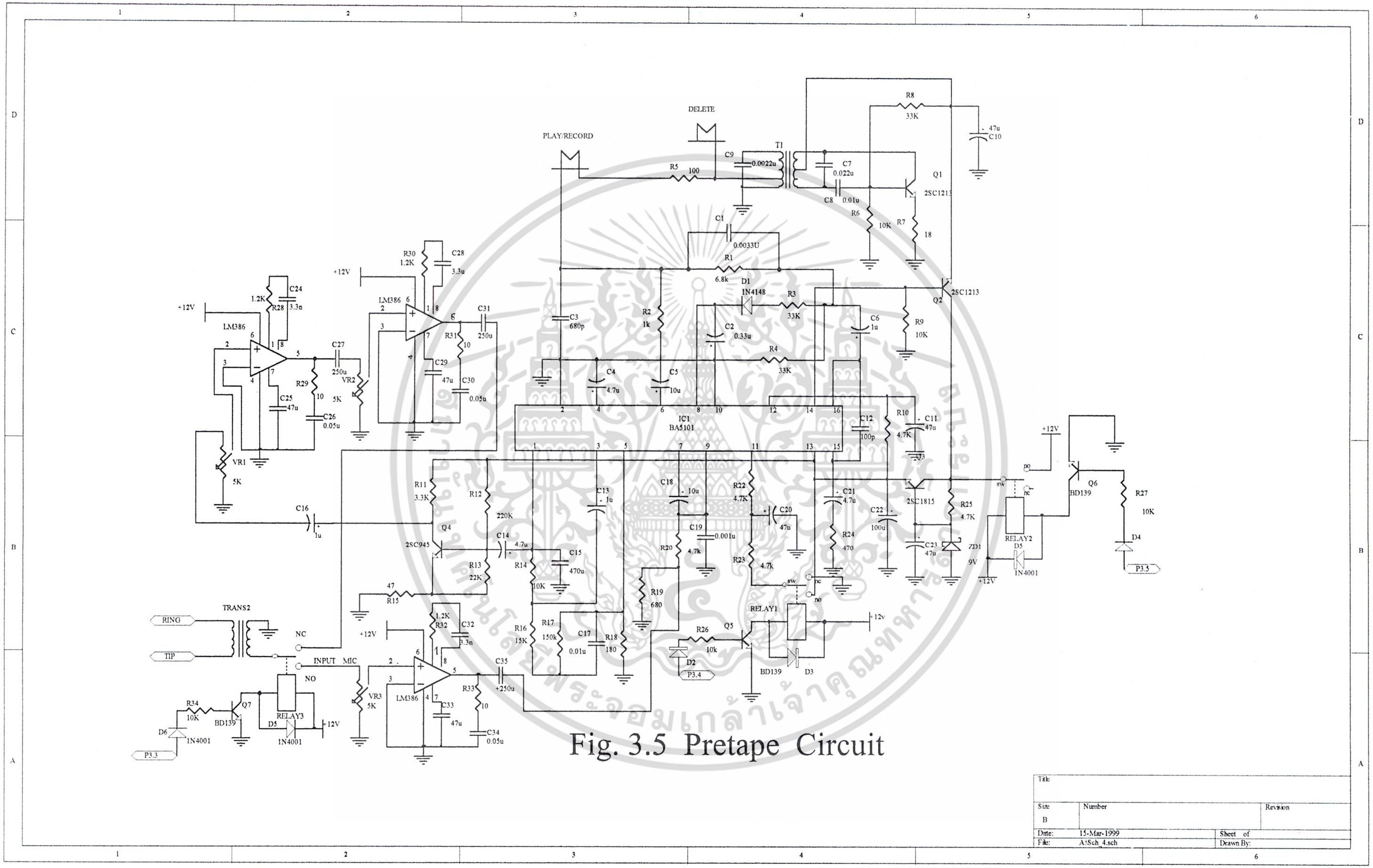


Fig. 3.5 Pretape Circuit

บทที่ 4
ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
และ การออกแบบซอฟท์แวร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เป็นส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดในโครงงานนี้ มีลักษณะเหมือนไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปและเพิ่มอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญลงไป ทำให้ MCS-51 มีความสามารถมาก ลักษณะที่สำคัญของ MCS-51 คือ-เป็นไมโครโปรเซสเซอร์แบบ 8 บิท

-มีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาภายใน

- 32 อินพุท / 32 เอาพุท

-อ้างอิงหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูล 64 กิโลไบท์

-อ้างอิงหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บโปรแกรม 64 กิโลไบท์

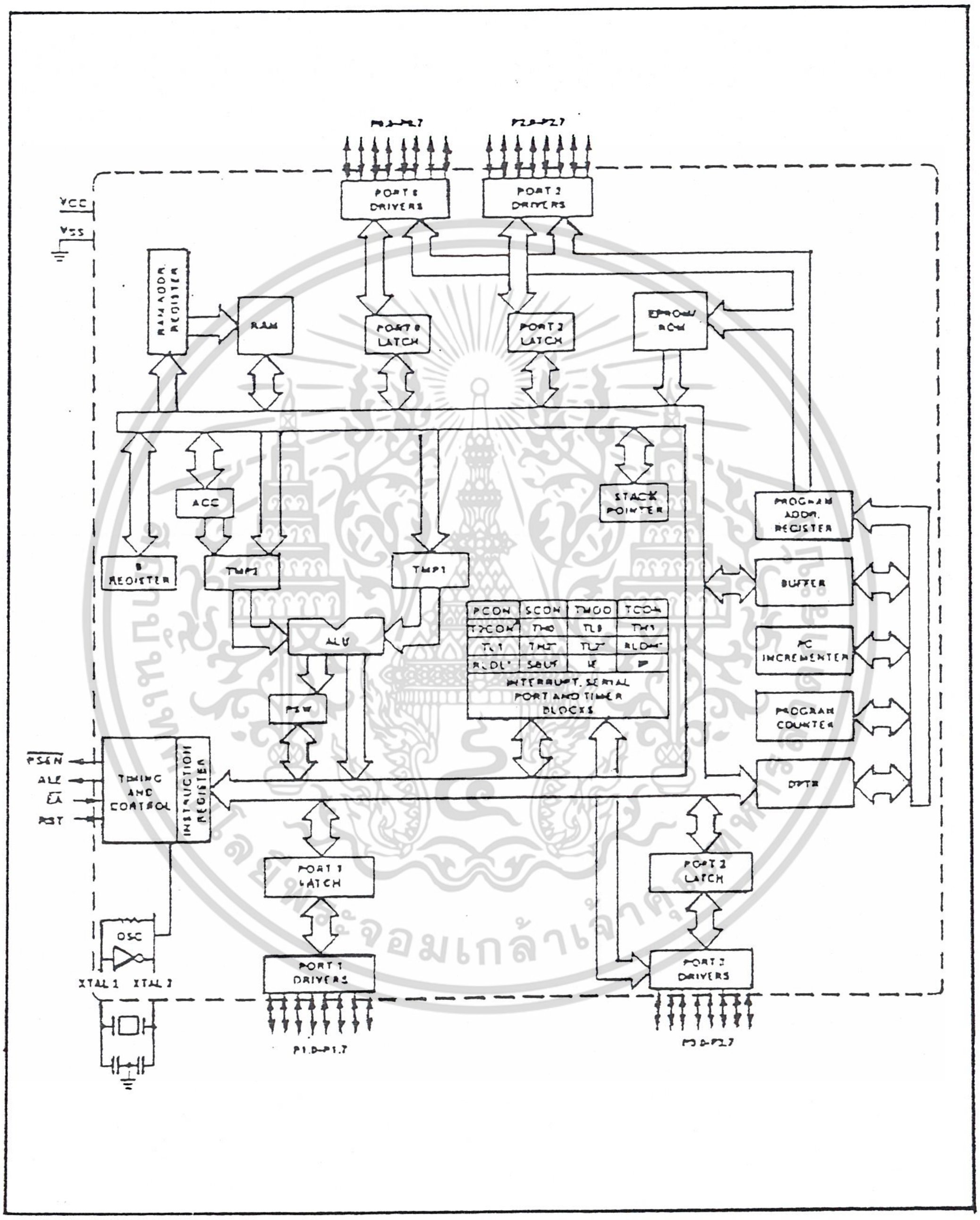
-มีวงจรนับและตั้งเวลา 16 บิท 2 ชุด

- 5 อินเตอร์รัพท์ สามารถจัดลำดับความสำคัญได้ 2 ระดับ

-ส่งข้อมูลอนุกรมแบบ 2 ทิศทางได้

-สามารถประมวลผลทางตรรกศาสตร์ได้

-มี RAM ภายในขนาด 128 ไบท์ โดยสามารถอ้างอิงได้ทั้งแบบบิทและแบบไบท์



รูป 4.1 แสดงสถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51

4.1การจัดหน่วยความจำ

MCS-51 มีหน่วยความจำพื้นฐานดังนี้

1. หน่วยความจำภายนอกสำหรับโปรแกรม 64 กิโลไบท์
2. หน่วยความจำภายนอกสำหรับข้อมูล 64 กิโลไบท์
3. หน่วยความจำภายในแบบ RAM 256 ไบท์

ในส่วนหน่วยความจำภายในจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

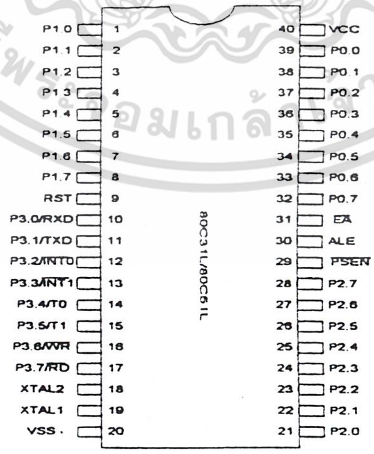
-แอดเดรส H00-H7F จะเป็นหน่วยความจำปกติ (RAM) สามารถเก็บข้อมูลโดยการอ้างอิงแอดเดรส 8 บิท และในช่วง BANK จะเป็นที่เก็บค่ารีจิสเตอร์ R (RAM ADDRESS REGISTER) โดยสามารถกำหนดให้อยู่ในช่วง BANK 0,1,2 หรือ 3 ได้โดยเซตบิท RS1,RS0 ในรีจิสเตอร์ PSW

-แอดเดรส H80-HFF ใช้เป็นที่เก็บรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register) การจัดแอดเดรสเหล่านี้เป็นดังรูป

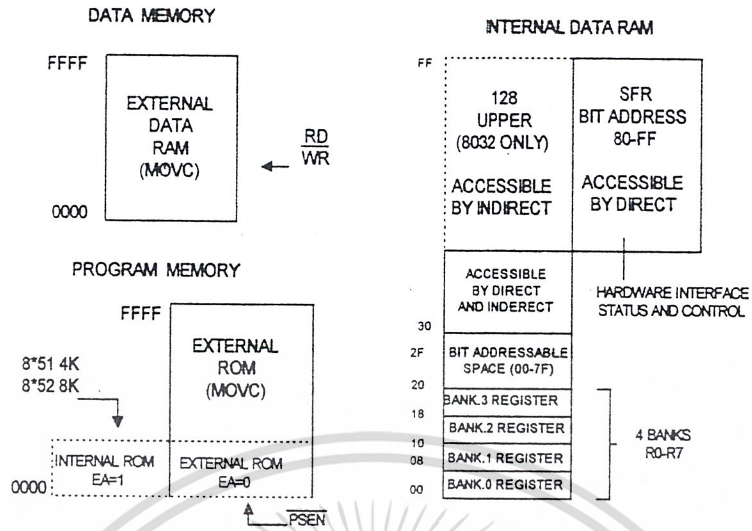
นอกจากการจะเก็บข้อมูลโดยอ้างแอดเดรสไบท์ในหน่วยความจำได้แล้ว เรายังสามารถเก็บข้อมูลเป็นบิทได้ โดยอ้างจากแอดเดรสบิท

4.1.1ส่วนหน่วยความจำโปรแกรม

เนื่องจาก MCS-51 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน จึงต้องมีการเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก



รูป4.2 แสดงโครงสร้างภายนอกของ MCS-51



รูป4.3 โครงสร้างหน่วยความจำ

4.1.2 การเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก

เนื่องจากระบบบัสแอดเดรส และบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเบอร์ MCS-51 เป็นลักษณะแบบใช้การมัลติเพล็กซ์จากพอร์ตเดียวกัน กล่าวคือ ในระยะเวลาเริ่มต้น เส้นสัญญาณเหล่านี้ของพอร์ตจะใช้ในการส่งค่าแอดเดรสของตำแหน่งที่ต้องการติดต่อด้วย ในช่วงเวลาต่อมาจึงจะเปลี่ยนไปเป็นสภาวะอิมพีแดนซ์สูงเพื่อใช้งานในฐานะบัสข้อมูล แต่เนื่องจากว่า อีพรอมที่ใช้งานกันทั่วไปไม่ใช้การมัลติเพล็กซ์ และมีขาสัญญาณบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ดังนั้นการเชื่อมต่ออีพรอมเพื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรม จึงจำเป็นต้องมีวงจรในช่วงเวลาแรกให้กับขาสัญญาณแอดเดรสของอีพรอมต่อไป

-ถ้าขา OC (Output Disable) เป็น high จะทำให้เอาท์พุททั้งหมดมีค่าอิมพีแดนซ์สูง (high impedance) ดังนั้น ในการใช้งานต้องให้ขา OC เป็น low

-ถ้าขา G (LATCH ENABLE) เป็น high จะทำให้เอาท์พุทมีค่าตามอินพุท ถ้าขา G เป็น low จะทำให้มีแลตช์ค่าเอาท์พุทเดิมไว้ โดยจะไม่เปลี่ยนตามอินพุทที่เข้ามาใหม่

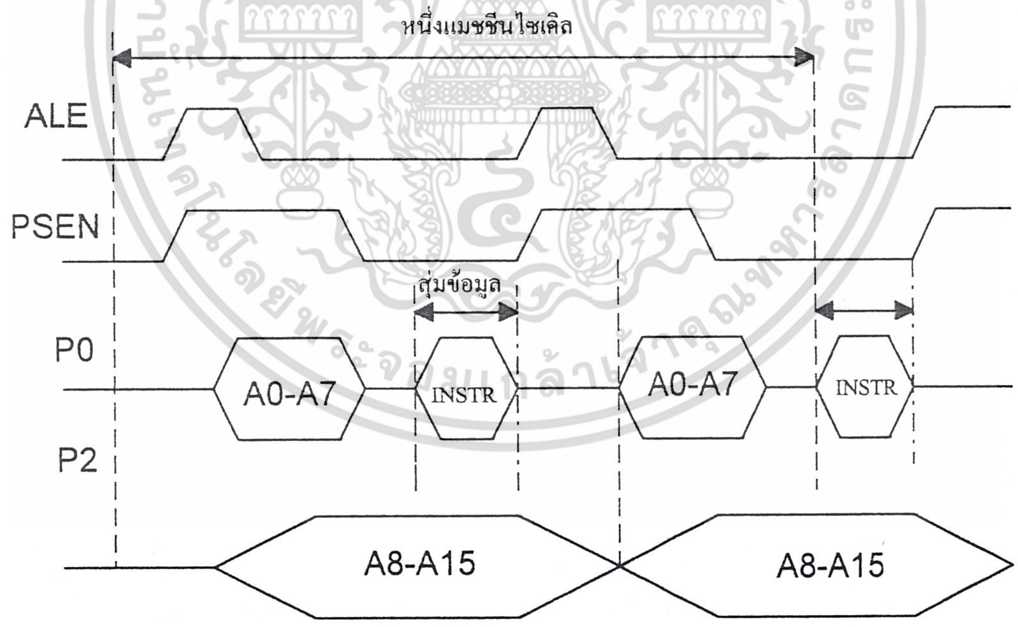
4.1.3 สัญญาณอีเอ (External Access)

ใช้ในการกำหนดเลือกว่า จะอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไอซีไมโครรอนโทรลเลอร์เอง ซึ่งหากเป็นระดับลอจิกต่ำ จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และกรณีตรงกันข้ามก็จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำภายใน สิ่งที่ควรให้สังเกตคือ เมื่อมีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน และมีการใช้งานแอดเดรสที่อยู่ในช่วงที่สูงเกินกว่าค่าสูงสุดเกินกว่าค่าสูงสุดของหน่วยความจำภายใน เช่นหากเป็นเบอร์ 8715

ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในสูงสุดเพียง 4 กิโลไบท์ (ไม่เกินแอดเดรส 0FFFFH) แต่มีกาอ้างถึงตำแหน่งที่สูงเกินกว่า 4 กิโลไบท์ เป็นต้น กรณีเช่นนี้ MCS-51 จะทำการอ่านแอดเดรสที่สูงเกินกว่านี้มาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยอัตโนมัติ

จากแผนภาพเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำโปรเกรมภายนอกของ MCS-51 ในรูปด้านล่าง จะเห็นว่า ภายในช่วงเวลาของแมชชีนไซเคิลหนึ่งๆ นั้น MCS-51 มีการไปนำข้อมูลมาถึงสองครั้งด้วยกัน ดังนั้นการทำงานของMCS-51 จึงจะไปอ่านข้อมูลโปรแกรมมาเป็นจำนวนทวีคูณเสมอ ซึ่งในช่วงเวลาเริ่มต้นของการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก พอร์ต 0 จะเป็นค่าของแอดเดรสไบท์ต่ำ (A0-A7)

และเวลาต่อมาจึงจะเป็นบัสข้อมูล การส่งค่าของแอดเดรสไบท์ต่ำนี้จะอยู่ในช่วงเวลาขอบขาลงของสัญญาณเอแอลอี(ALE) และจะยังคงอยู่จนเมื่อสัญญาณ PSEN เปลี่ยนไปเป็นระดับสัญญาณลอจิกต่ำ ดังนั้นการออกแบบวงจรจึงมักใช้สัญญาณ เอแอลอี นี้ในการทำให้ไอซีแลตช์ภายนอกค้างระดับสัญญาณแอดเดรสเหล่านี้ไว้ ส่วนสัญญาณ PSEN จะใช้ในการเลือกให้ไอซีอีพรอมทำงานและอ่านค่าข้อมูลกลับมา

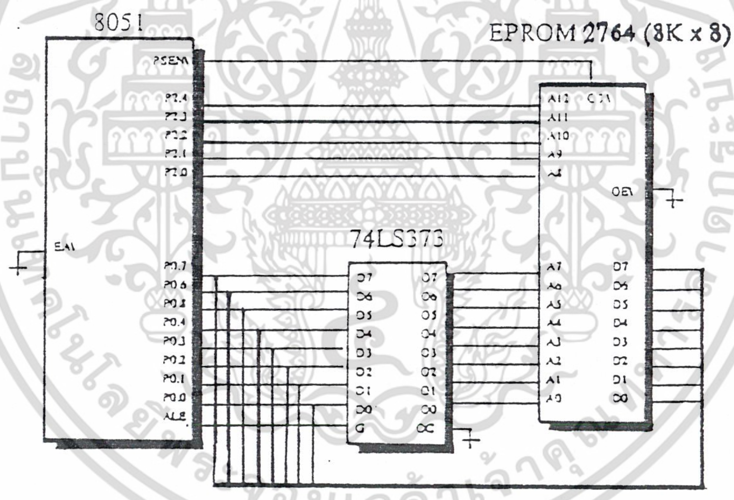


รูป4.4 แผนภาพสัญญาณเวลาแสดงการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขณะเมื่อสัญญาณ พีเอสอีเอ็น เป็นระดับลอจิกต่ำ อีพรอมจะทำการถอดรหัสค่าแอดเดรสและส่งข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งนี้ออกมา โดยสัญญาณพีเอสอีเอ็น นี้จะค้างสภาวะการเป็นการเป็นลอ

จิกต่ำไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ข้อมูลถูกส่งออกมาจากอีพรอมเรียบร้อยแล้ว จึงค่อยกลับไปเป็นระดับลอจิกสูงเช่นเดิม และในช่วงจังหวะขาขึ้นของสัญญาณ พีเอสอีเอ็น นี้เองที่ MCS-51 ทำการสุ่มอ่านข้อมูลเข้ามา สำหรับข้อมูลทางพอร์ต 2 ซึ่งเป็นค่าแอดเดรสไบท์สูง (A8-A15) จะถูกส่งออกมาในราวช่วงกึ่งกลางระหว่างที่สัญญาณเอแอลอีเป็นลอจิกสูง ซึ่งเป็นเวลาใกล้เคียงกับการส่งค่าแอดเดรสไบท์ต่ำออกมาทางพอร์ต 0 สำหรับค่าแอดเดรสพอร์ท 2 นี้จะค้างอยู่ตลอดช่วงรอบเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบที่ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน จำเป็นต้องเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกซึ่งเป็นไอซีอีพรอม และจะต้องกำหนดให้เริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H เสมอ เพราะเมื่อมีการรีเซตหรือเริ่มต้นการจ่ายไฟให้กับระบบ MCS-51 จะได้เริ่มทำงานตามคำสั่งแอดเดรสนี้ทันที



รูป4.5 แสดงการเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอกกับ MCS-51

4.2 พอร์ต (Port)

หมายถึงแอดเดรสที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นกับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก จึงเรียกการนำเข้าจากวงจรภายนอกว่า การอินพุท และการส่งออกข้อมูลเรียก การเอาท์พุท

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ต จะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็นสองลักษณะคือ พอร์ตแบบขนาน (Parallel Port) ซึ่งจะทำการส่งจำนวนบิทข้อมูลทั้งหมดออกหรือนำเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียว และ พอร์ตอนุกรม (Serial Port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิทๆจนครบจำนวน

4.2.1 พอร์ตแบบขนานของ MCS-51

MCS-51 มีโครงสร้างของพอร์ตที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมด 4 พอร์ต เรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า พอร์ต 0,1,2 และ 3 เป็นพอร์ตขนาด 8 บิททั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยวๆหรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0,2,3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตอินพุทหรือเอาท์พุทได้ โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ระหว่างบัสแอดเดรสไบท์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อกับวงจรประกอบร่วมกับข้อมูลบัสแอดเดรสไบท์สูง ซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2 สำหรับพอร์ต 3 นั้นจะมีความพิเศษกว่าพอร์ตอื่นที่สามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณควบคุม RD\และ WR\ เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย โดยมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

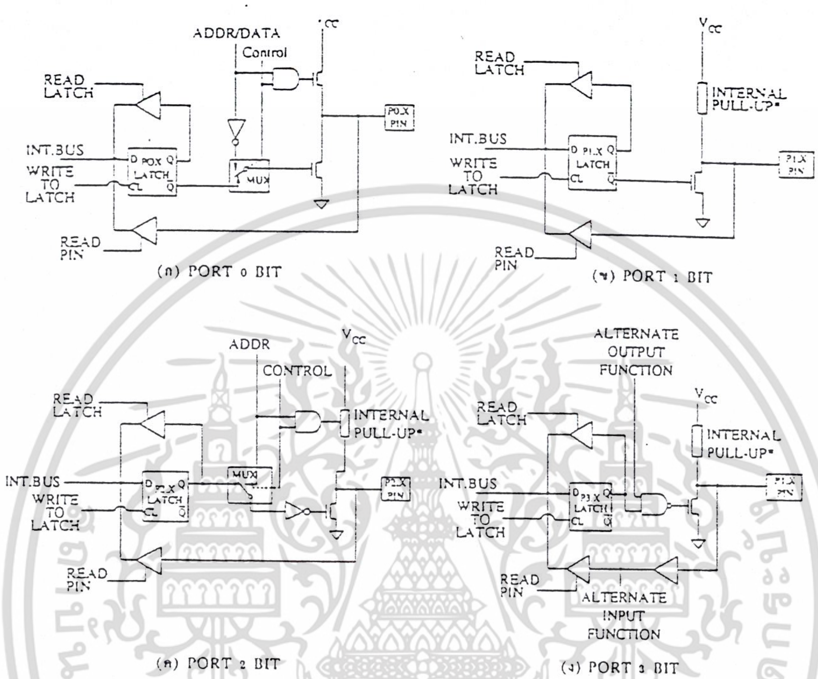
ขาพอร์ต	ฟังก์ชั่นการทำงาน	
P3.0	REX	(พอร์ตรับข้อมูลอนุกรม)
P3.1	TXD	(พอร์ตส่งข้อมูล)
P3.2	INT0	(การใช้อินเตอร์รัปต์ภายนอกตัวที่1)
P3.3	INT1	(การใช้อินเตอร์รัปต์ภายนอกตัวที่2)
P3.4	T0	(Timer / Counter 0 รับสัญญาณภายนอก)
P3.5	T1	(Timer / Counter 1 รับสัญญาณภาย นอก)
P3.6	WR	(สโตรบการเขียนหน่วยความจำภายนอก)
P3.7	RD	(สโตรบการอ่านหน่วยความจำภายนอก)

สำหรับการใช้งานพอร์ตลักษณะงานแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตแบบอินพุท/เอาท์พุทนี้จะดำเนินการโดย MCS-51 เองโดยอัตโนมัติ

4.2.2 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต MCS-51

จากโครงสร้างของแต่ละบิทภายในพอร์ตทั้งหมดของ MCS-51 จะมีความสอดคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirection Port ยกเว้น พอร์ต 0 ซึ่งมีแต่ตัวต้านทานทำ

หน้าที่พูลอัพ (Pull-up) สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นๆภายในยังมีดีฟลิบฟลอบ ซึ่งมีผลทำให้พอร์ตสามารถแลตซ์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้



รูป4.6 โครงสร้างของแต่ละบิทภายในพอร์ตอินพุทเอาท์พุทของ MCS-51

นอกจากนี้ ในส่วนของเอาท์พุทของฟลิบฟลอบ (Flip-Flop) เฉพาะของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าคล้ายกับสวิทซ์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้เอาท์พุทนี้ต่อเข้ากับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือข้อมูลด้วย สำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิทในพอร์ตนั้น มีการทำงานแยกกันโดยอิสระ โดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการอ่านข้อมูลที่ค้างได้ ส่วนอีกตัวหนึ่งซึ่งอยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อได้มีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

4.3 ระบบอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51

4.3.1 ประเภทของการอินเตอร์รัปต์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเกิดการอินเตอร์รัปต์ โดยจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณ (Single Source) ซึ่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆ ได้แก่

ก. สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก (External Interrupt)

การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามา อินเตอร์รัปนี้สามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะเมื่อได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (Level-sensitive) ไป แล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ (Edge-sensitive)

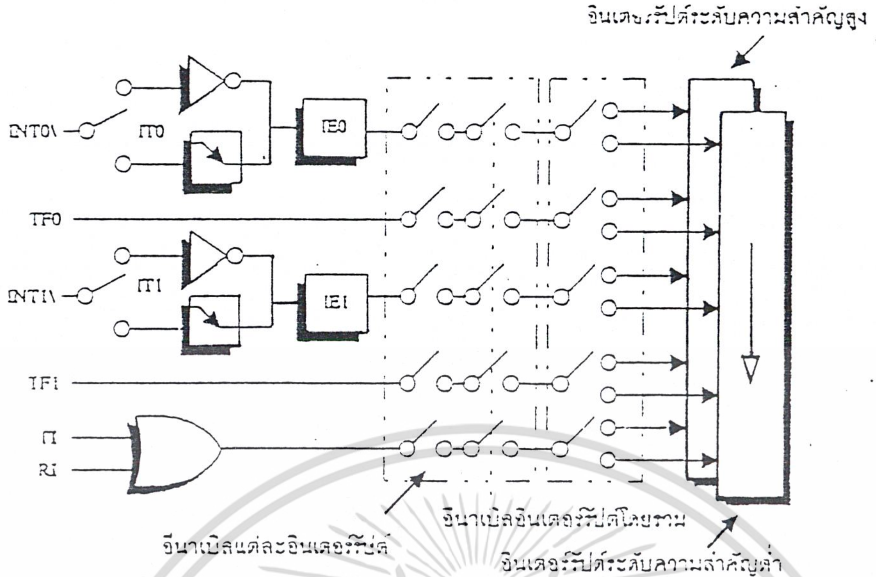
ข. สัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายใน (Internal Interrupt)

แหล่งกำเนิดของสัญญาณนี้เป็นวงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง เช่น วงจรนับ/จับเวลา วงจรเชื่อมต่อสัญญาณอนุกรม เป็นต้น

4.3.2 โครงสร้างของการอินเตอร์รัปต์

สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 เกิดขึ้นได้ 5 ลักษณะคือ

สัญญาณ	ความหมาย
INT0	สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.2 โดย MCS-51 จะทำการสุ่มตัวออย่างเมื่อสิ้นสุดทุกๆ แมชชีน ไซเคิล
INT1	สัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.4 โดย MCS-51 จะทำการสุ่มตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดทุกๆแมชชีนไซเคิล
Timer 0	สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
Timer 1	สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1
พอร์ตอนุกรม	การเกิดอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม ทำให้มีผลต่อแฟลกอินเตอร์รัปต์ R1 และ T1 ตามลำดับ



รูป 4.7 แผนภาพแสดงโครงสร้างระบบการอินเตอร์รัปต์

จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ในรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์สัญญาณต่างๆขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรสต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งปกติแล้วควรจะต้องมีการสร้างโปรแกรมที่ตำแหน่งเหล่านี้ไว้ เพื่อทำหน้าที่เป็นโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์

MCS-51 จะตอบรับการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทโดย การกำหนดบิทของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON หากว่าได้มีการกำหนดค่าของบิทซึ่งอยู่ภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็จะสามารถตอบรับการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนั้น ๆ ได้ นอกจากนี้แล้ว สัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ คือ ขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ สามารถถูกขัดจังหวะด้วยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า หากว่าเป็นสัญญาณที่ระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว จะต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินการอยู่ก่อน

4.3.3 การควบคุมการอินเตอร์รัปต์

จากโครงสร้างของ MCS-51 สามารถกำหนดเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable /Disable) ให้มีการอินเตอร์รัปต์ของแต่ละสัญญาณ โดยวิธีการกำหนดค่าของบิทภายในรีจิสเตอร์ IE ซึ่งมีทั้งแบบที่ระบุถึงอินเตอร์รัปต์โดยรวมทั้งหมด (บิทที่ 7) และอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ กรณีที่กำหนดค่าข้อมูลเป็น “1” ให้กับบิท จะมีความหมายถึงการยินยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นได้ ถ้ากำหนด “0” จะต้องทำการกำหนดให้ยินยอมการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมดให้เกิดขึ้นก่อน จึงจะมีผลทำให้การกำหนดบิทเพื่อยินยอมการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทมีผลขึ้นได้

ชื่อบิท: IE ตำแหน่ง: A8H ค่ากำหนดเริ่มต้น: 0X00 0000

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	ความหมาย
EA	IE.7	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์โดยรวม
-	IE.6	
ET2	IE.5	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer2
ES	IE.4	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรม
ET1	IE.3	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer1
EX1	IE.2	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT1
ET0	IE.1	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer0
EX0	IE.0	อีนาเบิล/ดิสอีนาเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT0

ตารางที่ 4.1 แสดงบิทต่างๆภายในีจิสเตอร์ IE

4.3.4 ระดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์

การกำหนดระดับความสำคัญให้กับสัญญาณอินเตอร์แต่ละประเภทนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดข้อมูลที่มีค่าเป็น “1” หรือ “0” ให้กับบิทภายในรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority) หากกำหนดบิทข้อมูลให้เป็น “1” จะทำให้สัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นๆมีระดับความสำคัญสูงและ ในกรณีตรงข้ามกันสำหรับการกำหนดค่าเป็น “0”

กรณีที่สัญญาณที่เข้ามาอินเตอร์รัปต์มีระดับความสำคัญเท่ากันเกิดขึ้นพร้อมกัน จะทำให้เกิดปัญหาได้ แต่ MCS-51 มีโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ในการพิจารณาตามลำดับของตารางดังนี้

ระดับความสำคัญ	สัญญาณ	ความหมาย
1	IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0
2	TF0	วงจรนับ/จับเวลา 0
3	IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1
4	TF1	วงจรนับ/จับเวลา 1
5	RI หรือ TI	วงจรรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม

ตารางที่ 4.2 แสดงระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์

ชื่อบิท: IP ตำแหน่ง: B8H ค่าบิทเริ่มต้น: 0000 0000

-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	ความหมาย
	IP.7	
	IP.6	
PT2	IP.5	ระดับความสำคัญของ Timer 2
PS	IP.4	ระดับความสำคัญของพอร์ตอนุกรม
PT1	IP.3	ระดับความสำคัญของ Timer 1
PX1	IP.2	ระดับความสำคัญของ INT1
PT0	IP.1	ระดับความสำคัญของ Timer 0
PX0	IP.0	ระดับความสำคัญของ INT0

ตารางที่4.3 แสดงบิทต่างๆภายในรีจิสเตอร์ IP

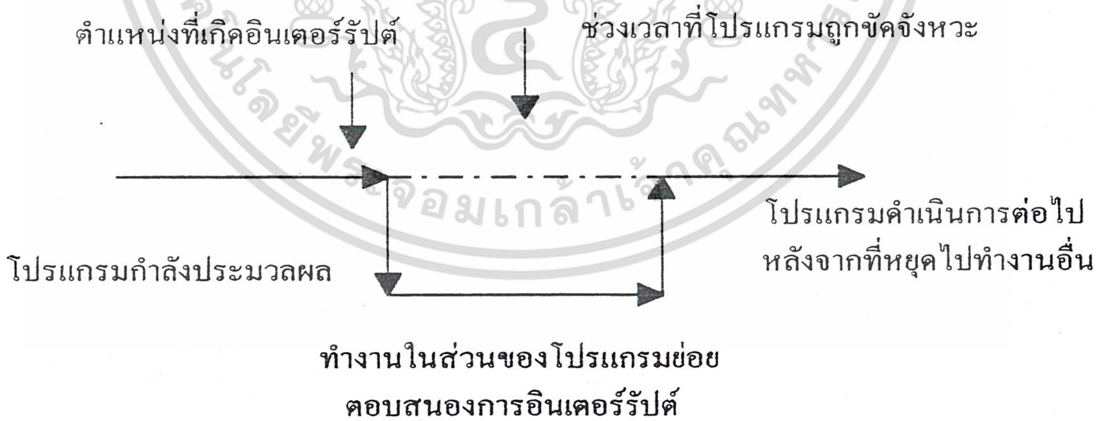
4.3.5 การจัดการอินเตอร์รัปต์

เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์ขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำคำสั่งที่กำลังดำเนินการอยู่ให้เสร็จก่อน จึงทำการเก็บค่าตำแหน่งแอดเดรสของคำสั่งที่จะทำงานต่อไปไว้ยังบริเวณของหน่วยความจำ

ที่ถูกกำหนดไว้ให้เป็นแสต็ก (Stack) และจะกระโดดไปยังตำแหน่งแอดเดรสที่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอนตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ ตำแหน่งนี้เรียกว่า แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ (Interrupt Vector Address) ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเขียนโปรแกรมย่อยยังตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ไว้ ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine) ซึ่งตำแหน่งของแอด
เดรสเหล่านี้ได้แก่

แหล่งกำเนิดสัญญาณ	สัญญาณ	ตำแหน่งแอดเดรส (Hex)
IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0	0003
TF0	วงจรนับ/จับเวลา 0	000B
IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1	0013
TF1	วงจรนับ/จับเวลา	001B
RI หรือ TI	วงจรรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม	0023

ตารางที่ 4.4 แสดงแอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวคเตอร์



รูปที่4.8 แผนภาพการทำงานขณะมีอินเตอร์รัปต์

4.4 การอินเตอร์รัปต์ภายนอก

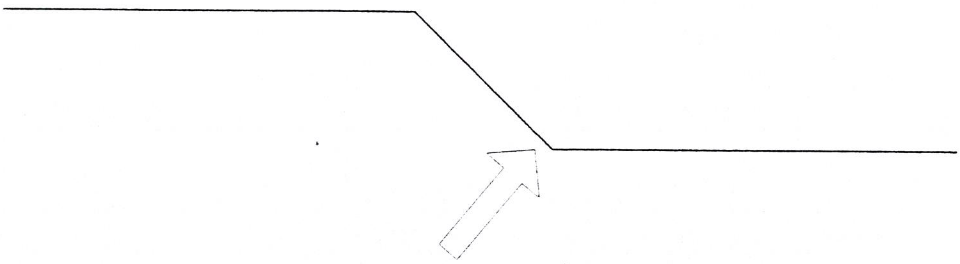
4.4.1 ประเภทของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก

MCS-51 สามารถตอบรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกได้ 2 สัญญาณ ทางขา INT0 และ INT1 โดยการรับรู้ถึงสัญญาณที่อินเตอร์รัปต์สามารถโปรแกรมเลือกให้เกิดขึ้นที่บริเวณช่วงขอบของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงจากระดับลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ (High-To-Low Transition) หรือขณะที่ระดับของสัญญาณได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นระดับลอจิกต่ำแล้ว (Low Level Interrupt)ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10

การเลือกประเภทของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก INT1 ใช้การกำหนดค่าข้อมูลที่ตำแหน่งบิท 2 ภายในรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งเป็นตำแหน่ง IT1 โดยทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดประเภทของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของ INT1 กรณีที่บิทมีค่าเป็น “0” จะเป็นลักษณะแบบที่ทำงานที่ระดับสัญญาณ และในกรณีที่บิทนี้ได้รับการกำหนดให้มีค่าเป็น “1” จะเป็นลักษณะของการทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณและจะมีแฟลกสถานะ IE1 (Interrupt-edge Flag1) ซึ่งเป็นบิทภายในรีจิสเตอร์ TCON เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย กล่าวคือ เมื่อใดที่มีขาสัญญาณ INT1 มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากลอจิกสูงเป็นลอจิกต่ำ แฟลกสถานะ IE1 จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น “1” เช่นกัน

สำหรับการทำงานของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT0 มีลักษณะเดียวกันกับสัญญาณของ INT1 โดยบิท 0 ภายในรีจิสเตอร์ TCON เป็นตำแหน่งของบิท IT0 และตำแหน่งของแฟลกสถานะ IE0 จะอยู่ที่ตำแหน่งบิท 1 ภายในรีจิสเตอร์ TCON

รูป4.9 แสดงการอินเตอร์รัปต์แบบทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณ



การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณอินเตอร์รัปต์

รูป 4.10 แสดงการอินเตอร์รัปต์แบบทำงานที่ระดับสัญญาณลอจิกต่ำ

4.4.2 การตอบรับสัญญาณอินเตอร์ภายนอก

ซีพียู MCS-51 จะทำการตรวจสอบสถานะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกนี้เป็นระยะๆ ทุกแมชชีนไซเคิลของการทำงาน สัญญาณที่เข้ามาอินเตอร์รัปต์นี้จะต้องค้างสถานะไว้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 12 คาบเวลาออสซิเลเตอร์ (Oscillator Period) ไม่เช่นนั้นซีพียูจะตรวจไม่พบการขออินเตอร์รัปต์ของสัญญาณดังกล่าว และกรณีที่การกำหนดให้อินเตอร์รัปต์ภายนอกทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณ จะต้องทำให้สัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้นมีระดับลอจิกต่ำเป็นเวลาอย่างน้อยหนึ่งแมชชีนไซเคิลเช่นกัน และแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์นี้จะต้องทำให้สัญญาณกลับไปเป็นลอจิกสูงในเวลาก่อนที่ซีพียูจะทำงานในโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์เสร็จสิ้น มิฉะนั้นซีพียูจะมองเห็นว่ามีการอินเตอร์รัปต์ใหม่เข้ามาอีกครั้ง

4.5 การอินเตอร์รัปต์ของวงจรนับ/จับเวลา

4.5.1 วงจรนับ/จับเวลา

MCS-51 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท จำนวนสองตัว คือ T0 (Timer 0) และ T1 (Timer1) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถควบคุมให้ทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา (Timer) เพื่อนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน หรือควบคุมให้ทำหน้าที่เป็นตัวนับ (Counter) เพื่อนับจำนวนของพัลส์ของระบบได้

ภายในรีจิสเตอร์แต่ละตัวยังสามารถแยกออกได้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท คือ TH0 กับ TL0 สำหรับรีจิสเตอร์ 2 ตัวนี้มีผลมาจากการกำหนดค่าของบิทที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode Control Register) และรีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter control Register)

ชื่อบิท : TCON ตำแหน่ง : 88H ค่าบิทเริ่มต้น : 0000 0000

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	TCON.7	บิตแฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1 จะเซ็ตโดยฮาร์ดแวร์และเคลียร์โดยซอฟแวร์
TR1	TCON.6	บิตควบคุมการปิด/เปิด Timer1 เซ็ตและเคลียร์ซอฟแวร์
TF0	TCON.5	แฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0
TR0	TCON.4	บิตควบคุมการเปิด/ปิด Timer0
IE1	TCON.3	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IT1	TCON.2	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT1
IE0	TCON.1	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT0
IT0	TCON.0	บิทเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT0

ตารางที่ 4.5 แสดงของบิทต่างๆภายในรีจิสเตอร์ TCON

สัญญาณ	ตำแหน่งอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์
INT0	0003H
INT1	0013H

ตารางที่ 4.6 แสดงแอดเดรสของอินเตอร์รัปต์เวคเตอร์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์ภายนอก

ตามโครงสร้างจะเห็นว่า มีการจัดแบ่งออกเป็นสองส่วน จำนวน 4 บิทด้านบนจะเป็นของรีจิสเตอร์ T1 และ 4 บิทที่เหลือด้านล่างเป็นของ T0 การกำหนดประเภทของการทำงานทำได้ โดยการกำหนดค่าภายในบิท C/T ที่ตำแหน่งบิท 6 และบิท 2 โดยหากเป็นข้อมูลที่มีค่า "0" จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา แต่หากเป็นข้อมูลที่มีค่า "1" จะทำหน้าที่เป็นตัวนับสัญญาณ

ชื่อบิท:TMOD ตำแหน่ง: 89H ค่าบิทเริ่มต้น: 0000 0000

GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	ความหมาย
GATE1	TMOD.7	บิทควบคุม GATE สำหรับ Timer1
C/T1	TMOD.6	บิทกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลา ของTimer1 โดยถ้าเป็นค่า0จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.5	บิทบนสำหรับการกำหนดโหมดทำงาน Timer1
M0	TMOD.4	บิทล่างสำหรับการกำหนดโหมดทำงาน Timer0
GATE0	TMOD.3	บิทควบคุม GATE สำหรับ Timer0
C/T0	TMOD.2	บิต บิทกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer0 หากเป็นค่า0จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.1	บิทบนสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer0
M0	TMOD.0	บิทล่างสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของTimer0

ตารางที่ 4.7 แสดงบิทต่างๆภายในรีจิสเตอร์ TMOD

เมื่อให้ทำงานเป็นตัวจับเวลา รีจิสเตอร์จะทำการเพิ่มค่าขึ้นทีละหนึ่งในทุกๆแมชชีนไซเคิล การทำงานของซีพียู กล่าวได้ว่าการทำงานเป็นตัวจับเวลาเป็นการนับหน่วงเวลาซึ่งสร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ของซีพียูเอง การคำนวณค่าระยะเวลาของหนึ่งแมชชีนไซเคิล จะใช้เวลานานเท่ากับคาบเวลาของออสซิลเดอร์จำนวน 12 คาบ หรือค่าอัตราการนับในแต่ละครั้งจะใช้เวลาเท่ากับ 1/12 เท่าของความถี่ออสซิลเลเตอร์

กรณีกำหนดให้ทำงานเป็นการนับสัญญาณ รีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าขึ้นทีละหนึ่งตามการเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางขา T0 หรือ T1 การเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นในลักษณะของการเปลี่ยนจากระดับลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ ซึ่งซีพียูจะทำการตรวจสอบสัญญาณนี้ทุกๆแมชชีนไซเคิล หากพบว่าแมชชีนไซเคิลแรกเป็นระดับลอจิกสูง และแมชชีนไซเคิลต่อไปเป็นระดับต่ำ จึงจะทำการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ ดังนั้นซีพียูจะต้องใช้เวลาถึง 2 แมชชีนไซเคิลในการตรวจสอบสัญญาณซึ่งเป็นผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุทภายนอกทางขา T0 หรือ T1 มีได้สูงสุดไม่เกินค่า 1/24 เท่าของความถี่ออสซิลเลเตอร์

4.5.2 การอินเตอร์รัปต์ของวงจรนับ/จับเวลา

การทำงานของวงจรนับ/จับเวลานี้จำเป็นต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับรีจิสเตอร์ T0 หรือ T1 ค่านี้จะเป็นค่าจำนวนของพัลส์ภายในที่ต้องการจะให้นับ หรือค่าของจำนวนพัลส์ภายนอกที่เข้ามาทางขาสัญญาณ T0 และ T1 ค่าตัวเลขภายในรีจิสเตอร์นี้จะต้องลดให้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ต้องการอยู่หนึ่งค่า เนื่องจากการทำงานของรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าจากที่กำหนดไปเรื่อยๆจนถึงค่าสูงสุดของรีจิสเตอร์ และกลับไปเป็นค่า 0 เมื่อมีพัลส์สุดท้ายเกิดขึ้น เรียกว่ามีโอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้น ทำให้เกิดการกำหนดค่าแฟลกเพื่อแจ้งให้ซีพียูได้รับทราบ ดังนั้นโปรแกรมทั่วไปมักใช้สภาวะของแฟลกนี้ (TF0 และ TF1) ซึ่งเป็นบิทที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON เพื่อตรวจสอบว่า กระบวนการนับได้เสร็จสิ้นลงแล้ว หรือใช้เพื่อทำการอินเตอร์รัปต์โปรแกรมต่อไป

ชื่อบิท : TCON ตำแหน่ง : 88H ค่าบิทเริ่มต้น : 0000 0000

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ชื่อบิท	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	TCON.7	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ Timer1
TR1	TCON.6	บิทเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ Timer 1
TF0	TCON.5	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ Timer 0
TR0	TCON.4	บิทเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ Timer 0
IE1	TCON.3	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IT1	TCON.2	บิทเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT1
IE0	TCON.1	บิทเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT0
IT0	TCON.0	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT0

ตารางที่ 4.8 แสดงบิทต่างๆภายในรีจิสเตอร์ TCON

4.5.3 การทำงานเป็นตัวจับเวลา

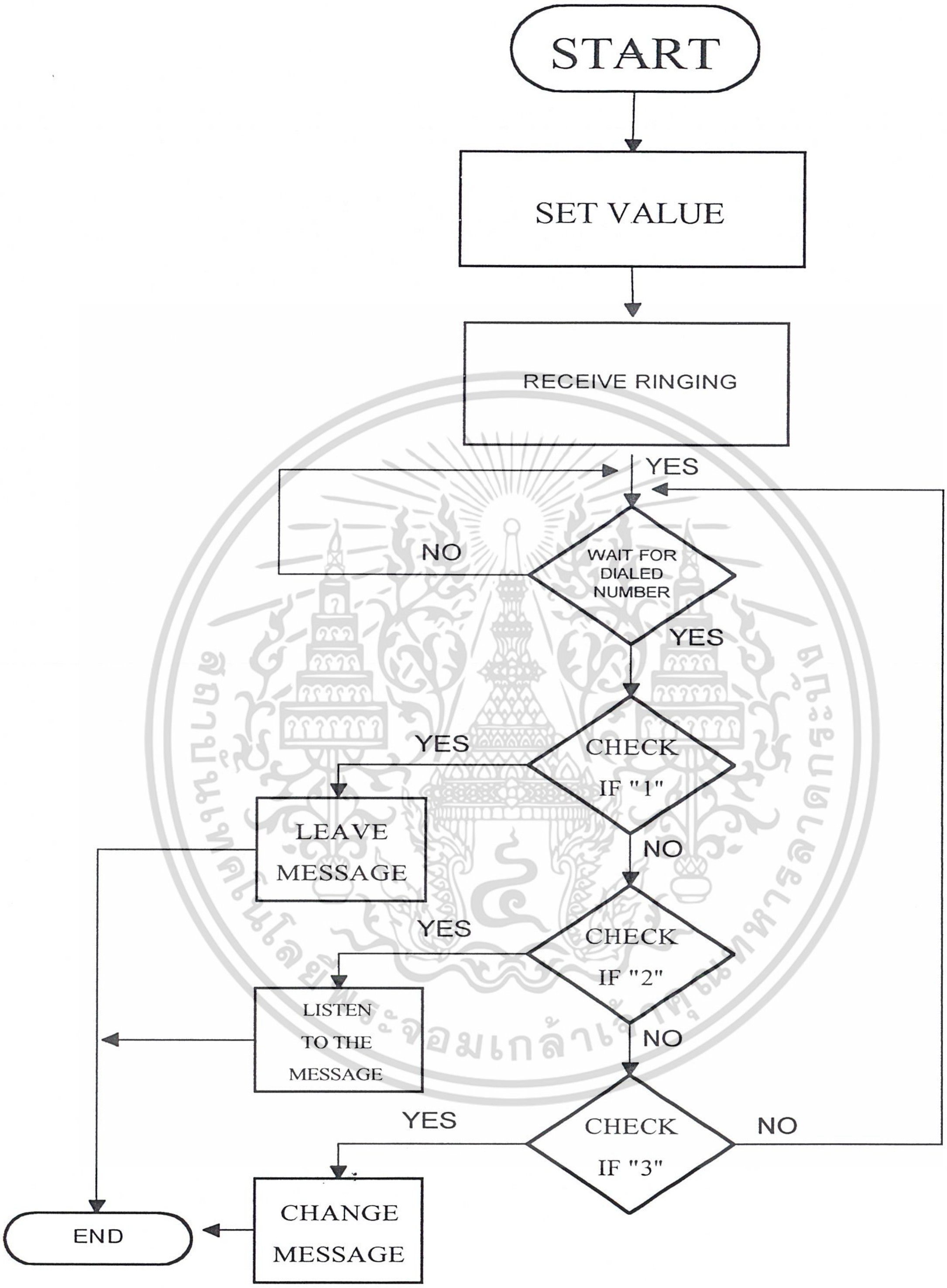
เมื่อกำหนดให้จับเวลา รีจิสเตอร์จะมีการเพิ่มค่าขึ้นทุกๆแมชชีนไซเคิล อาจกล่าวอีกลักษณะว่าเป็นการนับหน่วยเวลาของพัลส์ซึ่งสร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ของซีพียูเอง การที่พัลส์นี้จะมาถึงวงจรนับ/จับเวลาได้ต้องทำการกดสวิตช์ให้อยู่ในลักษณะดังรูป

การกำหนดค่าบิท	รีจิสเตอร์	ความหมาย
C/T =0	TMOD	กำหนดให้เป็นการจับเวลา
TR1 หรือ TR0 =1	TCON	กำหนดสภาวะให้มีการทำงาน
GATE = 0 หรือ ระดับสัญญาณที่ขา IN0 หรือ IN1 เป็นสภาวะลอจิกสูง	TMOD	กำหนดสภาวะการควบคุมการทำงาน

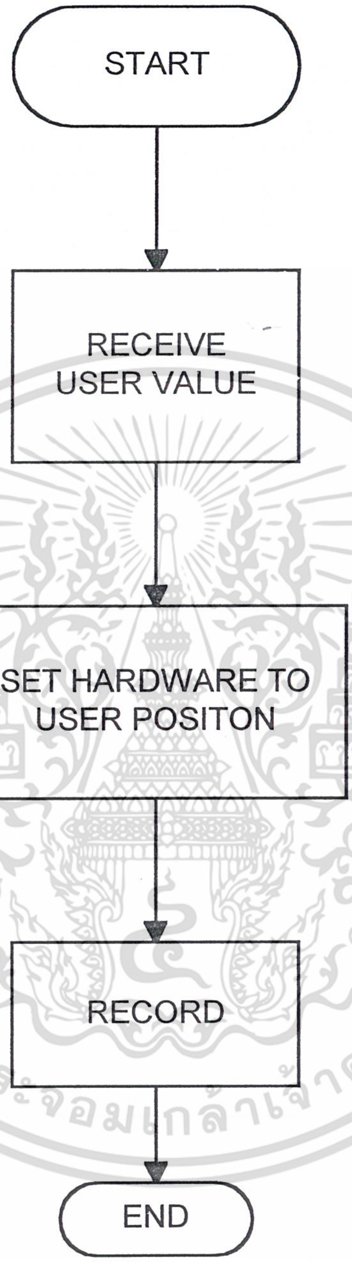
4.5.4 การทำงานเป็นตัวนับสัญญาณ

การใช้งานวงจรนับ/จับเวลาในลักษณะของตัวนับ (Counter) โดยหลักการจะเหมือนกับลักษณะของการทำงานเป็นตัวจับเวลา (Timer) ข้อแตกต่างของสัญญาณพัลส์จากวงจรออสซิเลเตอร์ภายใน และผ่านวงจรหาร 12 มาเป็นการนับสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นทางขาสัญญาณ T0 (พอร์ต 3.4) ให้กับ Timer 0 หรือทางขาสัญญาณ T1 (พอร์ต 3.5) ให้กับ Timer 1 เท่านั้น การใช้งานต้นกำหนดค่าของบิท C/T ภายในรีจิสเตอร์ TCON ให้มีค่าเป็น "1" ก่อน เพื่อยอมให้สัญญาณภายนอกสามารถผ่านเข้ามายังวงจรนับ นอกจากนี้สัญญาณพัลส์ที่เข้ามาควรจะมีระยะเวลายาวนานมากกว่าค่า 1 แมชชีนไซเคิลของระบบนั้นๆ

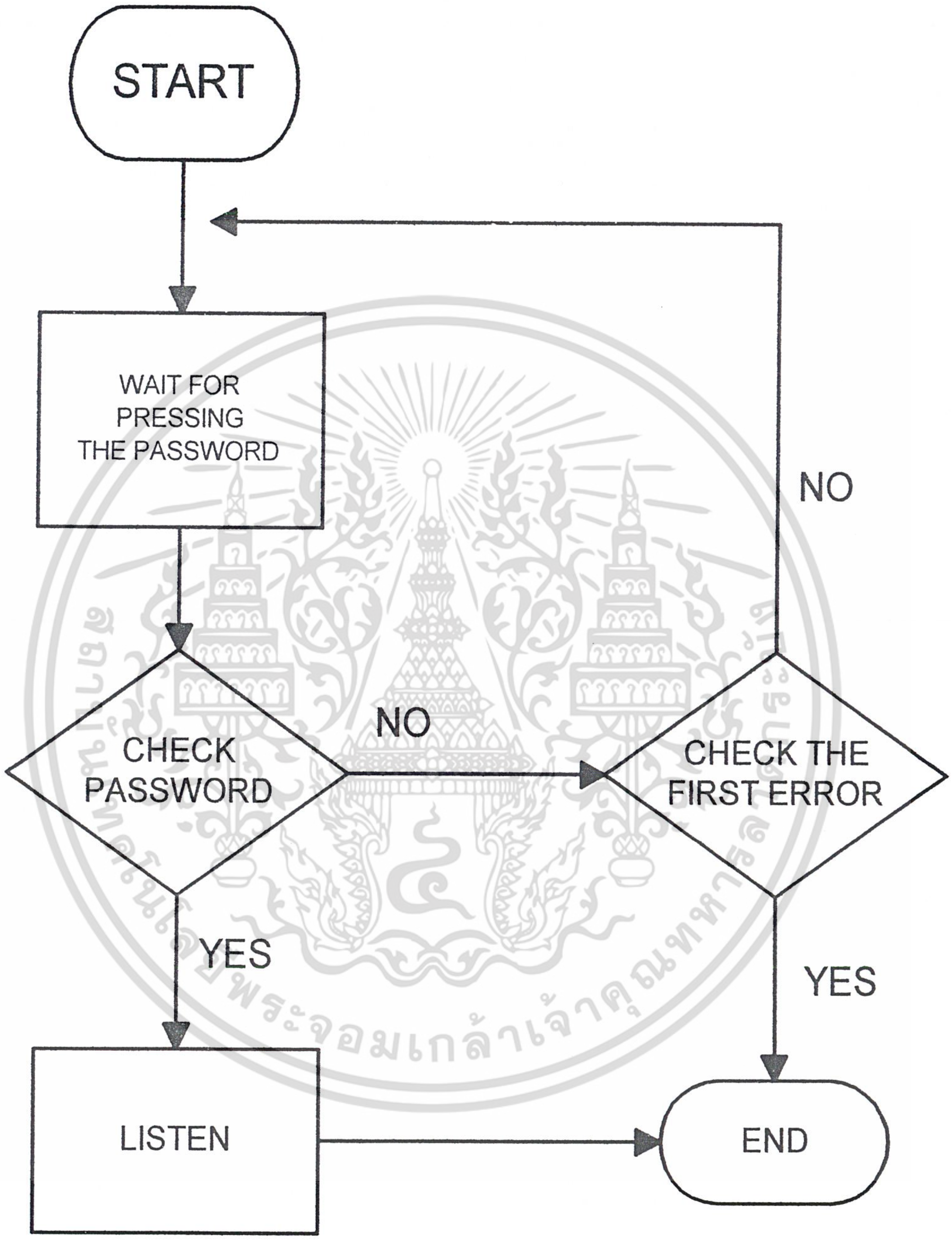
4.6 การทำงานในส่วนของซอร์ฟแวร์



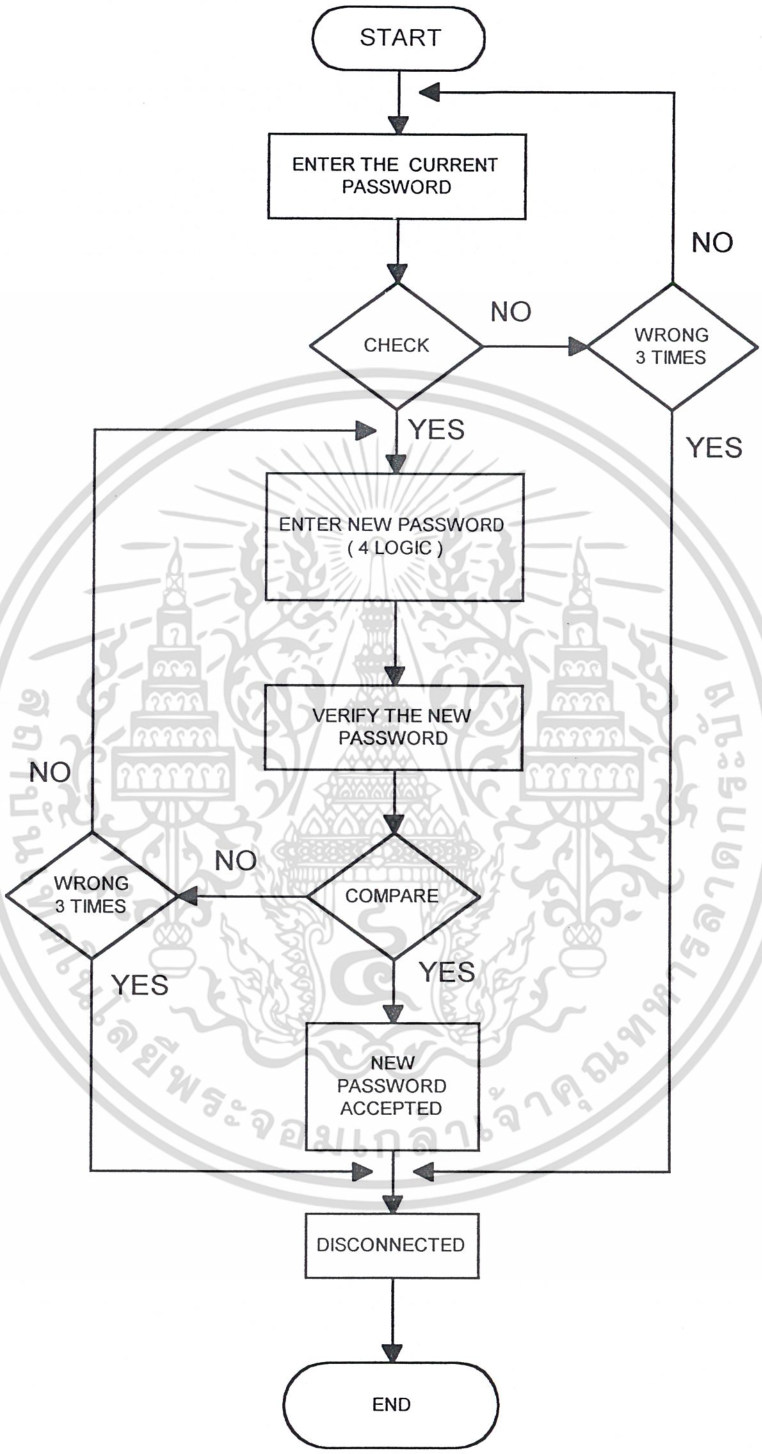
รูปที่ 4.11 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหลัก



รูปที่4.12 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมฝากข้อความ



รูปที่ 4.13 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมการฟังข้อความ



รูปที่ 4.14 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมการเปลี่ยนpassword

บทที่ 5
ผลการทดลอง

1. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง (STEERING CIRCUIT)

จากการทดลองพบว่า ขณะที่ไม่มีการเรียกโทรศัพท์เข้ามา สัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์ (TIP AND RING) จะเป็นสัญญาณไฟตรง ซึ่งไม่สามารถผ่าน C1 ได้ จึงไม่มีกระแสมาเข้าที่ขาเบสของออปโต้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N26 ทำให้อยู่ในสภาวะ เปิดวงจร (OPEN CIRCUIT) จึงเปรียบเสมือนมีลอจิก “1” ป้อนเข้ามาที่พอร์ต P3.2 แต่เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา ซึ่งเป็นกระแสสลับ ความถี่ 50 เฮิรท ขนาด 80-100 Vpp จะคับปลิ้งผ่าน C1 ผ่านบริตเรตติไฟเออร์แปลงสัญญาณเป็นกระแสตรงมาป้อนทำให้ขาคอลเลคเตอร์ของออปโต้ทรานซิสเตอร์ถูกลัดวงจร(SHORT CIRCUIT) ลงกราวด์ (ground) จึงเสมือนมีลอจิก “0” ป้อนเข้าที่พอร์ต (P3.2)

2. วงจรยกหูโทรศัพท์และสร้างสัญญาณโทน (ANSWERED AND MADE TONE CIRCUIT)

ในส่วนยกหูโทรศัพท์นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับได้ว่ามีสัญญาณเรียกเข้าประมาณ 3 ครั้งไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มีการรับโทรศัพท์อัตโนมัติโดยการไบอัสทรานซิสเตอร์Q1 ผ่านพอร์ต P1.6 ในวงจร3.3 เพื่อให้รีเลย์มีการสับสวิตซ์ให้มีการรับโทรศัพท์ ในส่วนของการสร้างสัญญาณโทนนั้น เมื่อต้องการให้มีสัญญาณโทนดังขึ้นสามารถทำได้โดยไบอัสขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 ของวงจร โดยใช้พอร์ต P1.7 ในการไบอัสเพื่อสร้างสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 4.31 เฮิร์ท เป็นเวลาประมาณ 0.06 วินาที

3.วงจรการกดปุ่มแป้นโทรศัพท์ (DTMF CIRCUIT)

เมื่อมีการกดรหัสเข้ามาค่าที่ได้จะออกมาที่พอร์ต P1.1-P1.4 โดยมี P1.0 เป็นตัวบอกว่ามีการกดตัวเลขหรือไม่ โดยมีไอซี MT8870 จะเป็นตัวทำการแปลงความถี่ 2 ค่าที่เข้ามาให้เป็นเลขฐาน2 ขนาด 4 บิต ส่งไปยังพอร์ต P1.1-P1.4 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับเข้ามา

4.วงจรปรีแอมป์ควบคุมการเล่นและการบันทึก (PRE-AMP CIRCUIT)

วงจรปรีแอมป์จะมีไอซี BA5101 ซึ่งทำหน้าที่ได้ทั้งการเล่น (PLAY) และ การบันทึก (RECORD) ในสภาวะปกติจะอยู่ในสถานะการเล่น ดังนั้นเมื่อต้องการฟังข้อความก็เพียงแต่สั่งให้

มอเตอร์ทำงานที่แท่นเทปหมุนก็สามารถทำการฟังข้อความได้ ซึ่งจากวงจรคือการที่สวิตซ์ที่ขา11 ของไอซี BA5101ต่อกับขา NC (NORMAL CLOSE) ของรีเลย์ (RELAY1) แต่เมื่อต้องการที่จะทำการบันทึกข้อความ (RECORD) ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการสับสวิตซ์รีเลย์ (RELAY1)ไปที่ขา NO (NORMAL OPEN) ซึ่งต่ออยู่กับวงจรบันทึกสัญญาณเสียง ผ่านทางพอร์ต P3.4 โดยการป้อนเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q5 ทำให้ขา11 ของไอซี BA5101 ต่อเข้ากับขาที่ 13 วงจรจะอยู่ในสภาวะของการบันทึกข้อความ หลังจากนั้นจะทำการสั่งให้มอเตอร์หมุนเช่นเดียวกับการเล่น (PLAY)

5. การใช้ซอร์ฟแวร์ในการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน

ในส่วนของการใช้ซอร์ฟแวร์ควบคุมชิ้นงานนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุม โดยเมื่อเริ่มต้นนั้นที่พอร์ท P3.2 จะทำการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง และเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเรียกเข้ามา ที่ขาพอร์ท P1.6 จะทำการเซ็ทเพื่อทำการสับรีเลย์ให้รับสัญญาณเรียกเข้า หลังจากนั้นจะสร้างสัญญาณเสียงความถี่ประมาณ 4.3 กิโลเฮิร์ตซ์ 1 ครั้งเพื่อให้ผู้เรียกเข้ามาทราบว่าขณะนี้เครื่องตอบรับโทรศัพท์ได้รับรู้การเรียกเข้าของผู้เรียกเข้าแล้ว และให้ผู้โทรเข้ามากดหมายเลขเพื่อทำการปฏิบัติงานตามคำสั่งที่ผู้เรียกเข้าต้องการได้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้ กด 1 เพื่อทำการฝากข้อความ กด 2 เพื่อทำการฟังข้อความที่มีผู้ฝาก ได้ฝากไว้ให้ กด 3 เพื่อทำการเปลี่ยนรหัสในการเข้าไปรับฟังข้อความของตนเอง แต่ถ้าผู้เรียกเข้า กดหมายเลขอื่นนอกเหนือจากนี้ เครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการบอกให้ผู้เรียกสายทราบว่าท่านได้กดหมายเลขผิดพลาดโดยการสร้างสัญญาณเสียง 1 ครั้งพร้อมกับให้ผู้เรียกเข้าทำการกดใหม่ได้อีก 2 ครั้ง

เมื่อผู้เรียกเข้ากดหมายเลข 1 เพื่อทำการฝากข้อความ เครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการตอบผู้เรียกเข้าว่าขณะนี้ได้เข้าสู่ระบบการฝากข้อความโดยการให้สัญญาณเสียง 2 ครั้ง และให้ผู้เรียกเข้ากดหมายเลขว่าต้องการฝากข้อความให้กับผู้ใดซึ่งในที่นี้จะทำการแบ่งผู้ใช้เป็น 4 คน โดยเรียงตามหมายเลข 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อผู้เรียกเข้าต้องการฝากข้อความให้กับผู้ใช้คนใดก็กดตามหมายเลขนั้น เครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการเลื่อนเทปแม่เหล็กไปยังตำแหน่งของผู้ใช้คนนั้น และสร้างสัญญาณเสียงให้ผู้เรียกเข้าได้รับรู้ขณะนี้เครื่องพร้อมที่จะทำการบันทึกข้อความแล้ว และเมื่อผู้เรียกเข้าฝากข้อความเสร็จแล้วก็กดหมายเลขใด ๆ เพื่อให้เครื่องตอบรับทราบว่าได้ทำการบันทึกข้อความเสร็จเรียบร้อยแล้ว เครื่องตอบรับก็จะทำการตัดสายเพื่อเตรียมพร้อมในการเรียกเข้าในครั้งต่อไป โดยในส่วนของการฝากข้อความนี้ในโครงงานนี้จะกำหนดให้ฝากข้อความได้มากที่สุดเท่ากับ 2 นาที

เมื่อผู้เรียกเข้ากดหมายเลข 2 เพื่อทำการฟังข้อความที่มีผู้ฝากฝากไว้ให้เครื่องจะทำการรับรู้ว่าได้เข้าสู่ระบบการฟังข้อความโดยการสร้างสัญญาณเสียง 3 ครั้ง พร้อมกับให้ผู้เรียกเข้าทำการบอกกับเครื่องว่าผู้เรียกเข้านั้นเป็นผู้ใช้คนใดโดยการกดหมายเลข 1 2 3 และ 4 ตามที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นแล้ว ซึ่งเครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการตอบรับโดยการสร้างสัญญาณเสียง 1 ที แต่ถ้าหมายเลขนั้นเกินกว่าจำนวนผู้ใช้ คือมากกว่า 4 เครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการบอกกับผู้เรียกเข้าว่าท่านได้กดหมายเลขผิดโดยการสร้างสัญญาณเสียง 3 ที เมื่อผู้เรียกเข้ากดหมายเลขได้ถูกต้องแล้วเครื่องก็จะทำการสร้างสัญญาณเสียง 1 ที พร้อมกับให้ผู้เรียกเข้ากดหมายเลขรหัสในการเข้ารับฟังข้อมูลของตนเพื่อเป็นการป้องกันความปลอดภัยของข้อมูลข่าวสารไม่ให้ผู้อื่นสามารถเข้าฟังได้ถ้าไม่มีรหัสผ่าน ซึ่งถ้าผู้เรียกเข้ากดรหัสผิด เครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการฟ้องให้ผู้เรียกเข้าได้ทราบว่าท่านได้กดรหัสผิดโดยการสร้างสัญญาณเสียง 1 ที และให้ผู้เรียกเข้าทำการกดรหัสได้ 3 ครั้ง ซึ่งรหัสในการเรียกเข้านี้จะเป็นหมายเลขขนาด 4 บิท เมื่อผู้เรียกเข้าได้ทำการกดรหัสถูกต้องแล้วเครื่องตอบรับโทรศัพท์ก็จะทำการตั้งเครื่องให้ไปยังตำแหน่งในส่วนของผู้เรียกเข้าพร้อมกับทำการตรวจสอบว่ามีข้อมูลถึงผู้เรียกเข้าหรือไม่ ถ้าไม่มีก็จะทำการสร้างสัญญาณเสียง 5 ครั้งเพื่อเป็นการบอกผู้เรียกเข้าว่าไม่มีข้อมูลฝากถึงตัวท่าน แต่ถ้ามีเครื่องก็จะทำการเซ็ทให้ผู้เรียกเข้าได้ทำการฟังข้อความของผู้เรียกเข้า และถ้าข้อมูลนั้นไม่มีความจำเป็นในการฟัง ผู้เรียกเข้าก็จะสามารถทำการลบข้อความนั้นได้เลยโดยไม่ต้องฟังให้จบเสียก่อนโดยการกดหมายเลข 0 แต่ถ้า ผู้เรียกเข้ามีเหตุที่จะต้องยกเลิกการเรียกเข้าก่อนที่ข้อความที่ฝากไว้ให้กับผู้เรียกเข้ายังไม่หมด และต้องการเก็บข้อความนั้นไว้ต่อไปก็จะทำการกดหมายเลขอื่น ๆ เพื่อทำการตัดสายได้เลยพร้อมกับยังคงข้อความนั้นไว้ได้

ในส่วนของการเปลี่ยนรหัสในการฟังข้อความนั้นผู้ใช้สามารถทำการเปลี่ยนรหัสข้อความของตนเองได้อย่างสะดวกโดยการเรียกโทรศัพท์เข้ามาและกดหมายเลข 3 เครื่องจะทำการสร้างสัญญาณเสียงเพื่อบอกให้ทราบว่าได้เข้าสู่ระบบเปลี่ยนรหัส โดยจะสร้างเสียงออกมา 4 ครั้ง และจะให้ผู้ให้ทำการกดหมายเลข 1 2 3 และ 4 ตามหมายเลขของผู้ใช้คนนั้น เครื่องจะทำการตอบโดยการสร้างสัญญาณตอบ 2 ครั้ง เพื่อให้ผู้ใช้กดรหัสเก่าของตน ซึ่งถ้ากดถูก เครื่องจะทำการตอบรับโดยสร้างเสียงออกมา 3 ครั้ง แต่ถ้ากดผิด เครื่องจะส่งสัญญาณเสียงออกมา 2 ครั้ง ซึ่งผู้ใช้จะสามารถกดผิดได้ 3 ครั้ง ถ้าหลังจากนั้นเครื่องจะทำการตัดสาย แต่ถ้าสามารถกดรหัสเก่าได้ถูกต้องหลังจากได้ยินเสียงจากเครื่อง 3 ครั้งแล้ว ผู้ใช้จะทำการกดรหัสใหม่(NEW PASSWORD) 4 ตัว เครื่องจะส่งสัญญาณเสียงในการตอบรับ 2 ครั้ง และให้ทำการกดรหัสใหม่(CONFIRM)อีกครั้ง ซึ่งจะต้องกดให้เหมือนกันทั้ง 2 ครั้ง ถ้ากดได้เหมือนกันจะได้ยินเสียงสัญญาณ 1 ที และทำการตัดสาย แต่ถ้ากดไม่เหมือนกันจะได้ยินเสียงสัญญาณ 3 ที ในการกดจะมีโอกาสกดรหัสใหม่(NEW PASSWORD)ได้อีกเพียง 2 ครั้ง และแต่ละครั้งต้องทำการกดให้ NEW PASSWORD กับ

COMFIRM PASSWORD เหมือนกัน ถ้าผิดถึง 3 ครั้งแล้ว เครื่องจะทำการตัดสายโทรศัพท์โดยส่งสัญญาณเสียงออกมาก่อน 5 ครั้ง

ภาคผนวก ก

รายการอุปกรณ์
วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ตัวต้านทาน

ขนาด 1/4 วัตต์ ± 5%

R1,R6	560Ω	2 ตัว
R2	22KΩ	1 ตัว
R3	27KΩ	1 ตัว
R4	100KΩ	1 ตัว
R5	60KΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1	0.1 uF 63 V	แทนทาลัม	1ตัว
C2	22 uF 63 V	อิเล็กทรอไลต์	1ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ZD1	ซีเนอร์ไดโอด 15V	1 ตัว
OPTO	OPTO 4N26	1 ตัว

อื่นๆ

บริดเรคติไฟเออร์	BD 1A/200	1 ตัว

รายการอุปกรณ์
วงจรสร้างสัญญาณโทน

ตัวต้านทาน

ขนาด 1/4 วัตต์ ± 5%

R1, R6	10 K Ω	2 ตัว
R2	820 Ω	1 ตัว
R3	470 Ω	1 ตัว
R4 ,R5	8.2 K Ω	2 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C3	0.1 uF 63 V	โพลีเอสเตอร์	6 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

D1	1N4004	1 ตัว
ZD2, ZD3	ซีเนอร์ไดโอด 15V	1 ตัว
Q1	ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC 547	1 ตัว

อื่นๆ

หม้อแปลงอิมพีแดนซ์	600 Ω : 600 Ω	1 ตัว
RY1	รีเลย์ 12 V 2 คอนแทค	1 ตัว

รายการอุปกรณ์

วงจร DTMF

ตัวต้านทาน

ขนาด 1/4 วัตต์ ± 5%

R6	27 K Ω	1 ตัว
R1 ,R2 ,R3	100 KΩ	3 ตัว
R4	56 KΩ	1 ตัว
R5	39 KΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C3 ,C4	0.1 uF 63 V	โพลีเอสเตอร์	2 ตัว
C1 ,C2	0.01 uF	ไมลาร์	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC	MT8870	1 ตัว
X-TAL	คริสตอล 3.579 Mhz	1 ตัว

อื่นๆ

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

รายการอุปกรณ์
วงจรปรีแอมป์

ตัวต้านทาน

ขนาด 1/4 วัตต์ ± 5%

R1	6.8 KΩ	1 ตัว
R14	10 KΩ	1 ตัว
R2	1 KΩ	2 ตัว
R3,R4	33 KΩ	2 ตัว
R5	100KΩ	1 ตัว
R7	18 Ω	1 ตัว
R8	33 KΩ	1 ตัว
R6 ,R9	10 KΩ	2 ตัว
R10,R20,R22,R23	4.7 KΩ	4 ตัว
R11	3.3 KΩ	1 ตัว
R12 ,R21	220KΩ	2 ตัว
R13	22 KΩ	1 ตัว
R15	47 Ω	1 ตัว
R16	15 KΩ	1 ตัว
R17	150KΩ	1 ตัว
R18	180 Ω	1 ตัว
R19	680 Ω	1 ตัว
R24	470 Ω	1 ตัว
R25	4.7 KΩ	1 ตัว
R26,R27,R34	10 KΩ	3 ตัว
R28,R30,R32	1.2 KΩ	3 ตัว
R29,R31,R33	10 KΩ	3 ตัว
VR1,VR2,VR3	5 KΩ	3 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1	0.0033	uF 50 V	ไมลาร์	1 ตัว
C2	0.47	uF 16 V	แทนทาลัม	1 ตัว
C3	680	pF	เซรามิก	1 ตัว
C15	470	pF 50 V	เซรามิก	1 ตัว
C4 ,C14,C21	4.7	uF 16 V	อิเล็กทรอไลต์	3 ตัว
C5,C18	10	uF 16 V	อิเล็กทรอไลต์	2 ตัว
C6, C13, C16	1	uF 16 V	อิเล็กทรอไลต์	3 ตัว
C7	0.022	uF 50 V	ไมลาร์	1 ตัว
C8	0.1	uF 50 V	ไมลาร์	1 ตัว
C9	0.0022	uF 50 V	โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C10, C11, C23	47	uF 16 V	อิเล็กทรอไลต์	3 ตัว
C12	100	pF 50 V	เซรามิก	1 ตัว
C17	0.0015	uF 50 V	ไมลาร์	1 ตัว
C19	0.001	uF 50 V	ไมลาร์	1 ตัว
C20	47	uF 16 V	อิเล็กทรอไลต์	1 ตัว
C22	100	uF 16 V	อิเล็กทรอไลต์	1 ตัว
C24,C28,C32	3.3	nF 16 V	ไมลาร์	3 ตัว
C25,C29,C33	47	uF 50 V	อิเล็กทรอไลต์	3 ตัว
C26,C30,C34	0.05	uF 50V	ไมลาร์	3 ตัว
C27,C31,C35	250	uF 50V	อิเล็กทรอไลต์	3 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC1	BA5101	1 ตัว
D1	1N4148	1 ตัว
D2,D3,D4,D5,D6	1N4001	5 ตัว
Q1, Q2	C1213	2 ตัว
Q3	C1815	1 ตัว
Q4	C945	1 ตัว
Q5,Q6,Q7	BD139	3 ตัว

ZD1	ซีเนอร์ไดโอด 9 โวลท์ ½ วัตต์	1 ตัว

อื่นๆ

T1	หม้อแปลงออสซิลเลเตอร์ 45 kHZ	1 ตัว

RELAY1,RELAY2 ,RELAY3

ภาคผนวก ข

MITEL®

Applications of The MT8870 Integrated DTMF Receiver

ISSUE 1 June 1983

Contents

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.

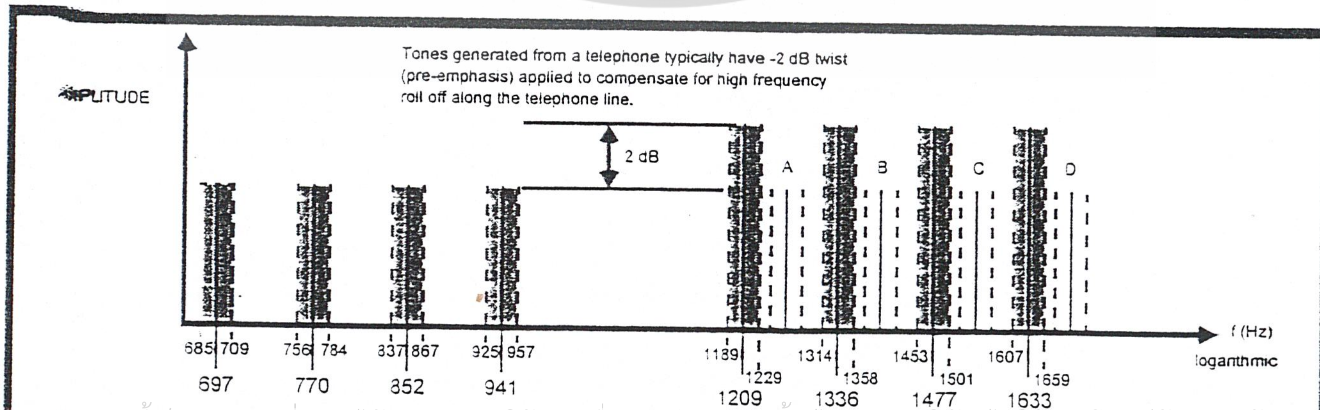
More than 25 years ago the need for an improved method for transferring dialling information through the telephone network was recognized. The traditional method, Dial pulse signalling, was not only slow suffering severe distortion over long wire loops, but required a DC path through the communications 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

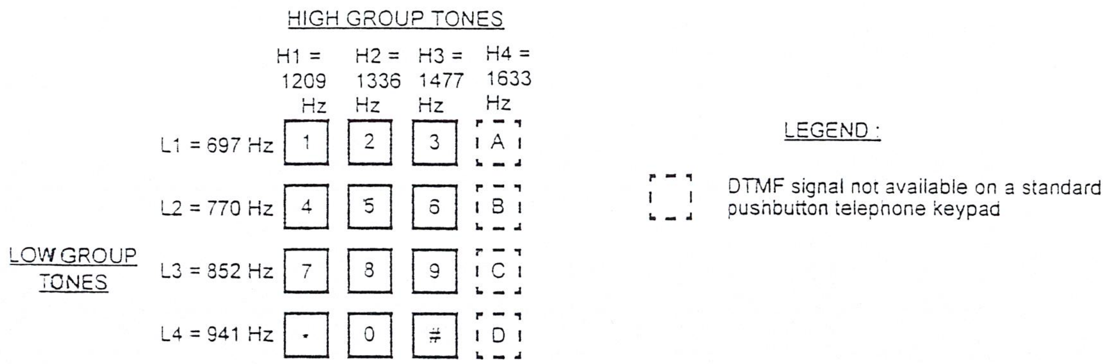
Early DTMF decoders (receivers) utilized banks of bandpass filters making them somewhat cumbersome and expensive to implement. This generally restricted their application to central offices (telephone exchanges).

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



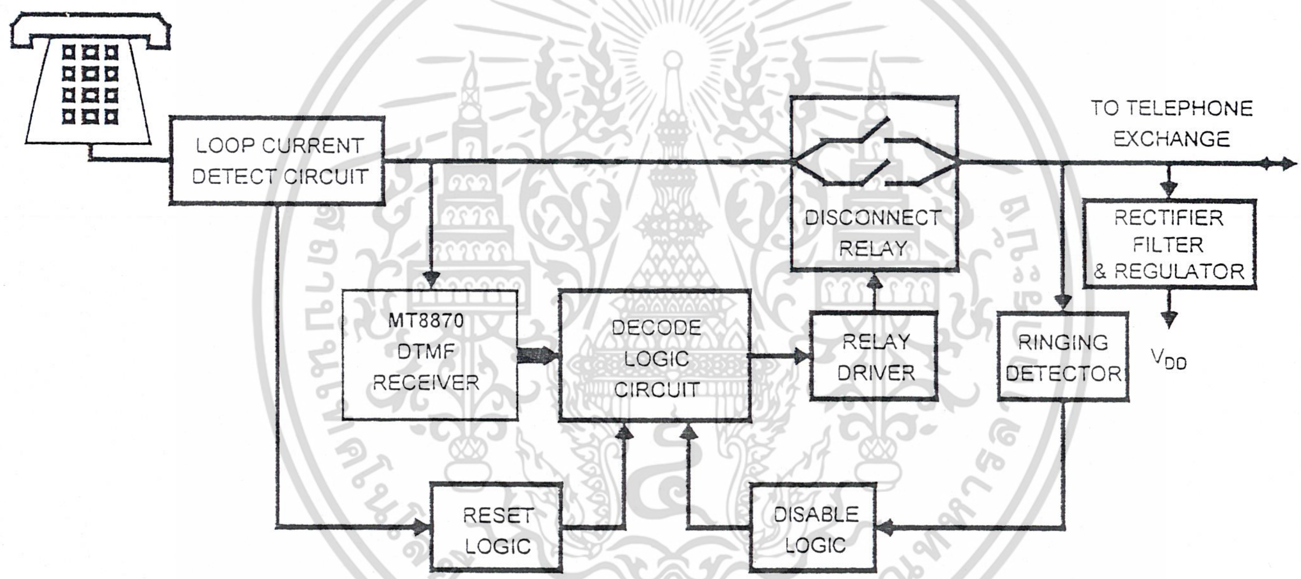
Standard DTMF frequency spectrum ± (1.5% + 2 Hz). Second harmonics of the low group (possibly created due to a non-linear channel) fall within the passband of the high group (Indicated by A,B,C,D). This is a potential source of interference.

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

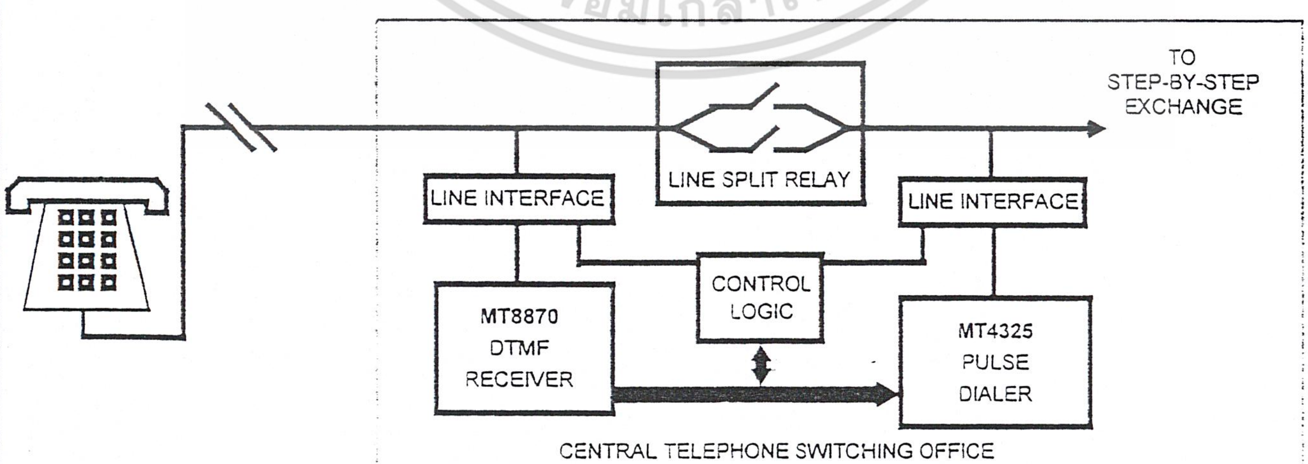


Telephone DTMF keypad matrix. Column H_4 is normally not available on a telephone keypad and is reserved for special signalling.

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



a) Block diagram of a toll call restrictor. This could be implemented on a small pc board and installed in a telephone to disallow long distance calling.



b) Block diagram of a simple tome to pulse converter to allow TOUCH-TONE dialing into a step-by-step or crossbar exchange.

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.

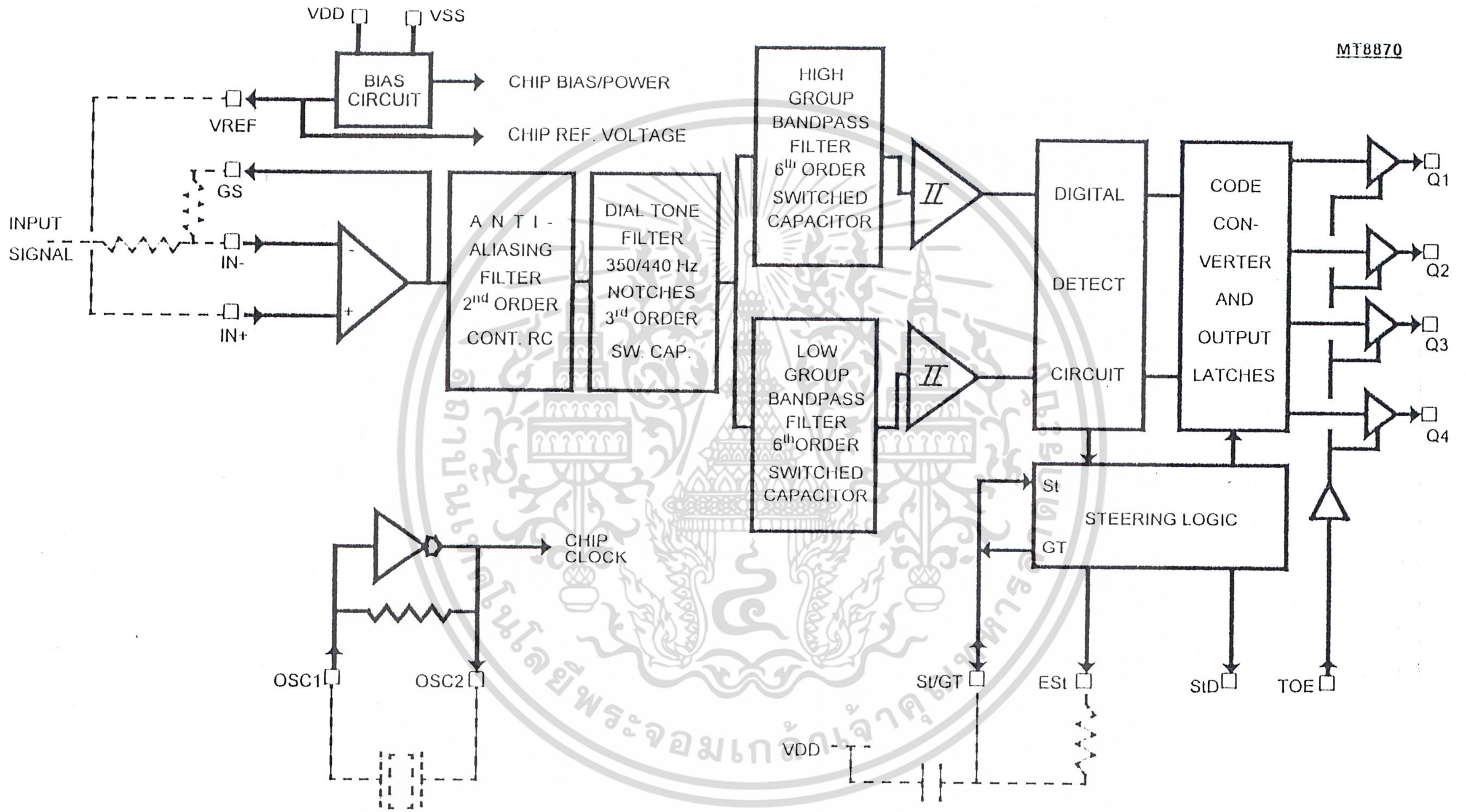
The timing diagram (Fig. 4) illustrates the sequence of events which follow digital detection of a DTMF tone pair. Upon recognition of a valid frequency from each tone group the Early Steering (ESt) output is raised. The time required to detect the presence of two valid tones, t_{DP} is a function of the decode algorithm, the tone frequency and the previous state of the decode logic. ESt 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	1633	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 "1010_2 (ie:10_{10})" 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 Q_1 and Q_2 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



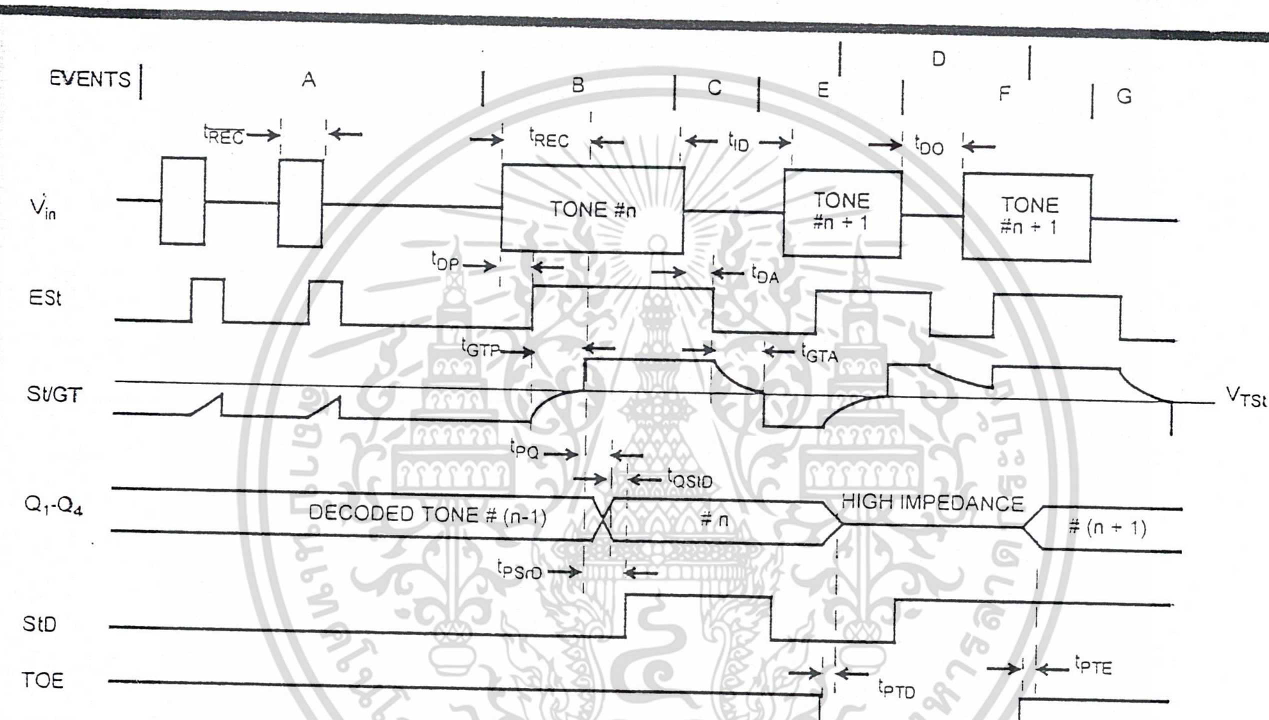
External guard time, input, and clock components (dashed) are included for clarity.

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_{TSt} is maintained StD will remain high indicating the presence of a valid DTMF signal.

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 persists for the tone-present guard time, t_{GTP} the voltage at St/GT rises above V_{TSt} 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.

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.



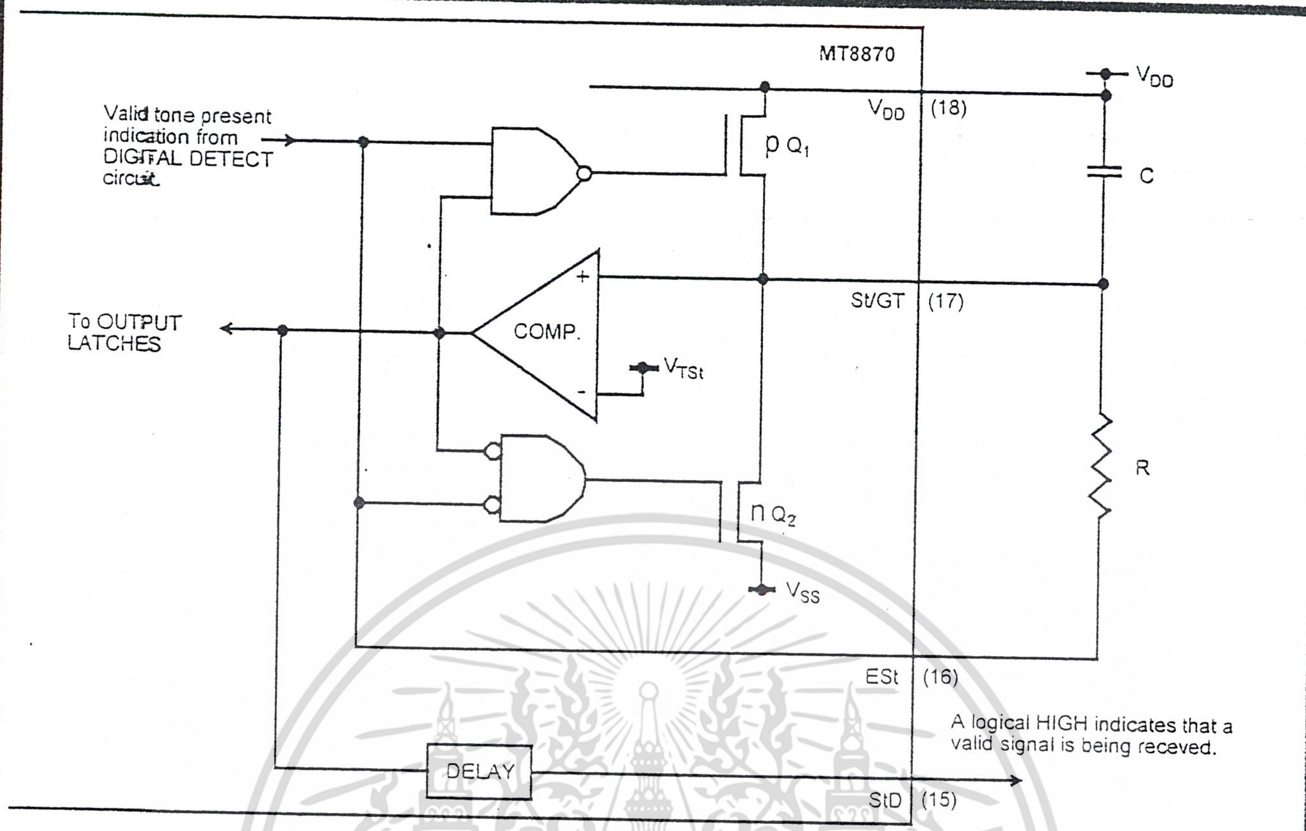
EXPLANATION OF EVENTS

A)	TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.
B)	TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS
C)	END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.
D)	OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.
E)	TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).
F)	ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.
G)	END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in}	DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
ESt	EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
St/GT	STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
Q_1-Q_4	4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
StD	DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
TOE	TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
t_{REC}	MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
t_{REC}	MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
t_{ID}	MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
t_{DO}	MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
t_{DP}	TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{DA}	TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{GTP}	GUARD TIME, TONE PRESENT.
t_{GTA}	GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 4 - MT8870 Timing Diagram



Simplified steering circuit. Initially ESt is low, C is fully charged applying 0V to St/GT and Q_2 is on. Upon reception of a valid tone pair ESt is raised turning off Q_2 and allowing C to discharge through R which increases the voltae at St/GT. When VTSt is reached the comparator output goes high indicating a valid signal, latches the outputs and turns on Q_1 which discharges C. When the tone pair is lost ESt goes low Q_1 turns off and C charges through R decreasing the voltage at St/GT. When V_{TSt} is reached StD goes low and Q_2 turns on resetting the timing circuit.

STEERING TRUTH TABLE

ESt	St(/GT)	(St/)GT	StD
0	$<V_{TSt}$	0	0
0	$>V_{TSt}$	Z	1
1	$<V_{TSt}$	Z	0
1	$>V_{TSt}$	1	1

0 - LOGIC LOW
1 = LOGIC HIGH
Z = HIH IMPEDANCE
V_{TSt} = Threshold Voltqae (typically 1/2 V_{DD})

Steering circuit truth table. Note that pin 17 (St/GT) acts as both an input and an output depending on the relative states of ESt 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 St/GT falls below V_{TSt} which resets the timing circuit via Q_2 and prepares the device to receive another signal. If the same valid tone-pair reappears before t_{GTA}, ESt is raised turning on Q_1 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

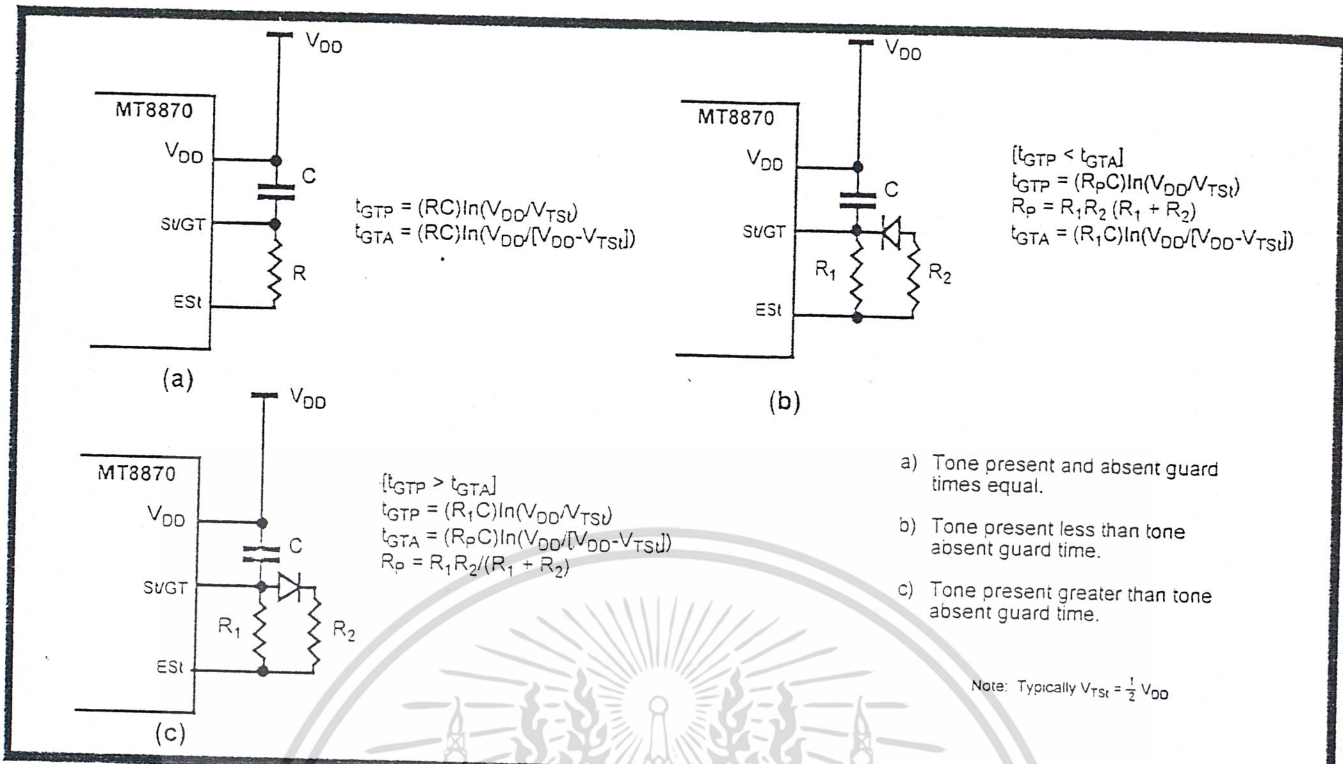


Figure 6 - Guard Time Circuits

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 Mitel 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.

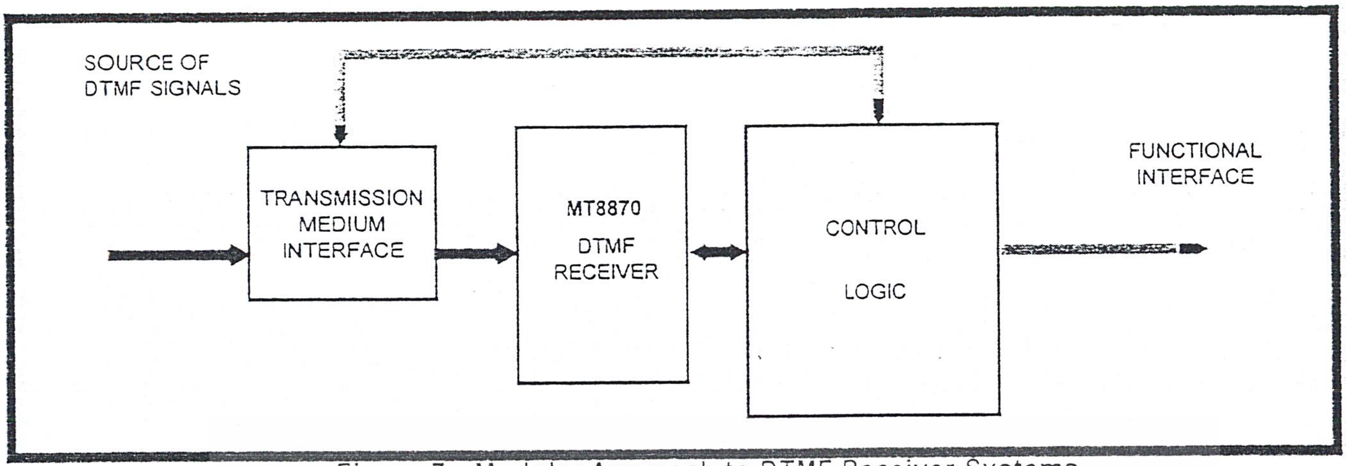


Figure 7 - Modular Approach to DTMF Receiver Systems

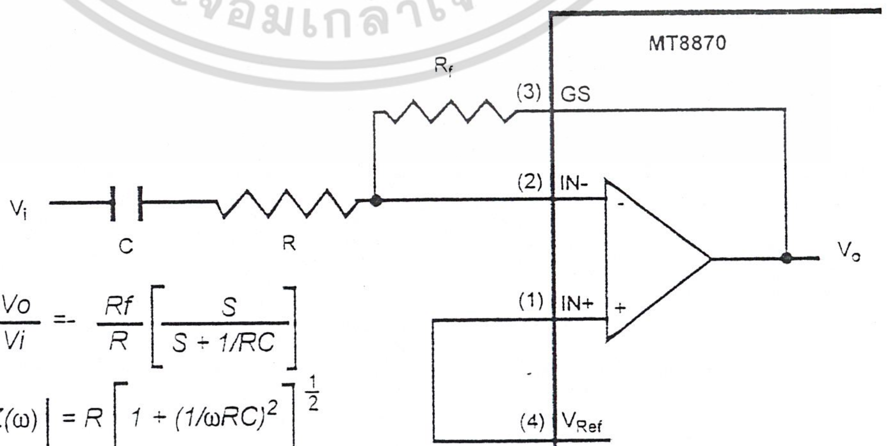
The design of a DTMF receiving system can generally be broken down into three functional blocks (Fig. 7). The first consideration is the interface to the transmission medium. This may be as simple as a few passive components to adequately configure the MT8870's input stage or as complex as some form 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



Voltage Gain; $AV = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{Rf}{R}\left[\frac{S}{S + 1/RC}\right]$

Input Impedance; $\left|Z(\omega)\right| = R\left[1 + (1/\omega RC)^2\right]^{\frac{1}{2}}$

3dB Cutoff Frequency; $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

Figure 8 - Single Ended Input Configuration

attenuation at 685Hz, the required input time constant may be derived from;

$$M(\omega)_{dB}=20\ log_{10}\frac{R_f}{R}+20\ log_{10}\ \frac{\omega\tau}{\left\{(\omega\tau)^2+1\right\}^{1/2}}$$

where $M(\omega)_{dB}$ *is the amplifier gain in decibels*

ω *is the radian frequency*

τ *is the input time constant*

$$\text{Therefore}\quad -0.1=20\ log_{10}\frac{(2\pi)685\tau}{\left\{[(2\pi)685\tau]^2+1\right\}^{1/2}}$$

$$\text{or } \tau = 1.52mS$$

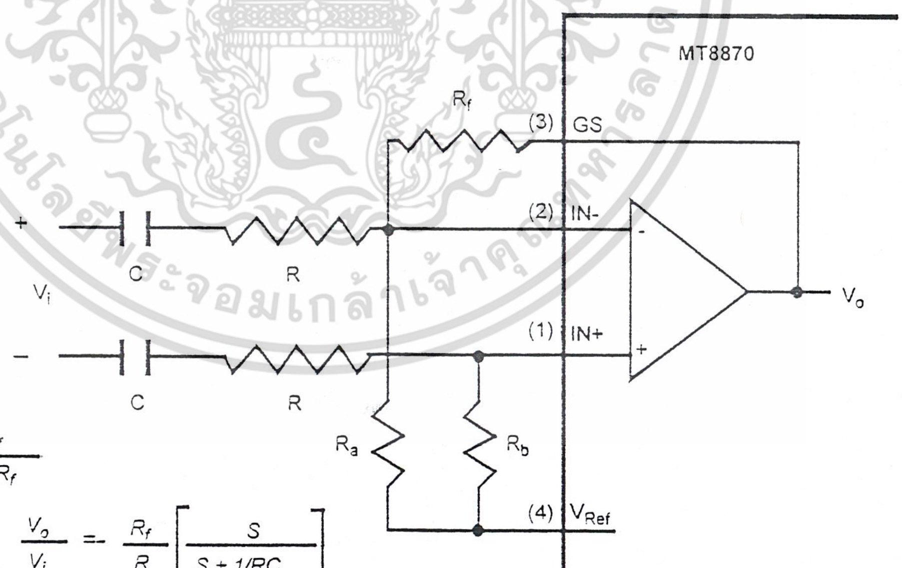
Now, choosing R=220K gives a high input impedance (440K in the passband) and C= τ/R=6.9nF (use a standard value of 10 nF). For unity gain in the passband we choose R_f=R. R_a and R_b are biasing resistors. The choice of R_a is not critical and could be set at, say... 68K. Bias resistor R_a adds a zero to the non-inverting path through the differential amplifier but has no affect on the inverting path. This zero can be exactly cancelled by the added pole due to R_b if R_b is chosen as;

$$R_b=\frac{R_aR_f}{R_a+R_f}\ .$$

With appropriate input transient protection, this circuit will provide an excellent bridging interface across a properly terminated telephone line for end-to-end or key system applications. Transient protection may be achieved by splitting the input resistors and inserting zener diodes to achieve voltage clamping (Fig. 10). This allows the transient energy to be dissipated in the resistors and diodes and limits the maximum voltage that may appear at the op-amp inputs.

It is important to consider the amount of shunt capacitance introduced by the protection devices. In this case the parasitic capacitances of the zener diodes are in series which reduces their effect. Relatively large shunt capacitances will attenuate the high group frequencies causing the input signal to "twist" which degrades receiver performance.

R_a can be chosen to be a convenient value greater than 30KΩ.



R_b selection; $R_b=\dfrac{R_aR_f}{R_a+R_f}$

Voltage Gain; $AV=\dfrac{V_o}{V_i}=-\dfrac{R_f}{R}\left[\dfrac{S}{S+1/RC}\right]$

Input Impedance; $\left|Z(\omega)\right|=2R\left[1+(1/\omega RC)^2\right]^{\frac{1}{2}}$

3dB Cutoff Frequency; $f_C=\dfrac{1}{2\pi RC}$

Figure 9 - Differential Input Configuration

"Twist" is known as the difference in amplitude between the low and high group tones. It is specified in dB as:

$$TWIST = 20log_{10}\frac{V_L}{V_H}$$

where V_L is the amplitude of the low frequency tone

and V_H is the amplitude of the high frequency tone.

Twist is usually caused by the frequency response characteristic of the communication channel. Along a telephone line higher frequencies tend to roll off faster than the lower ones so the line response is usually compensated for by applying pre-emphasis (negative twist) to the originating DTMF signal. In extreme cases the receiver may require compensation. This could be realized with a filter arrangement utilizing the input op amp.

Any communication path that can pass the human voice spectrum is eligible for DTMF signalling. Therefore a variety of "front-end" interfaces may be applicable in a given control system. More commonly used media are copper wire and RF channels. An optical fibre could carry a light beam modulated by DTMF. Although this would incur a large overhead in terms of bandwidth utilization, optical fibres do offer isolation from external electro-magnetic interference. For example, if control or data signals must be sent near a high power transmission line environment, strong electric and magnetic fields could have a devastating effect on signals transmitted over wires. DTMF over fibre-optics could easily be employed as a highly reliable communications method in a harsh interference infested environment.

In modern digital switching equipment the MT8870 can easily be interfaced to a digital PCM line by using a codec as an input interface (Fig. 11). Actually, all that is required for the interface is a PCM decoder. In fact, the output filter that normally is associated with PCM decoders is not required since the high group DTMF bandpass filter has an upper cutoff frequency low enough to meet the required roll-off of the PCM filter.

DTMF In Mobile Radio Applications

DTMF signalling plays an important role in distributed communications systems, such as multi-user mobile radio (Fig. 12). It is a "natural" in the two-way radio environment since it slips neatly into the center of the voice spectrum, has excellent noise immunity and highly integrated methods of implementation are currently available. It is also directly compatible with telephone signalling, simplifying automatic phone patch systems.

Several emergency medical service networks currently use DTMF signals to control radio repeaters. Functions are, typically, mobile identification, selection of appropriate repeater links, selection of repeater frequencies, reading of repeater status, and for completing automatic phone patch links.

If available in a system of this type, audio from a long distance communications link (microwave,

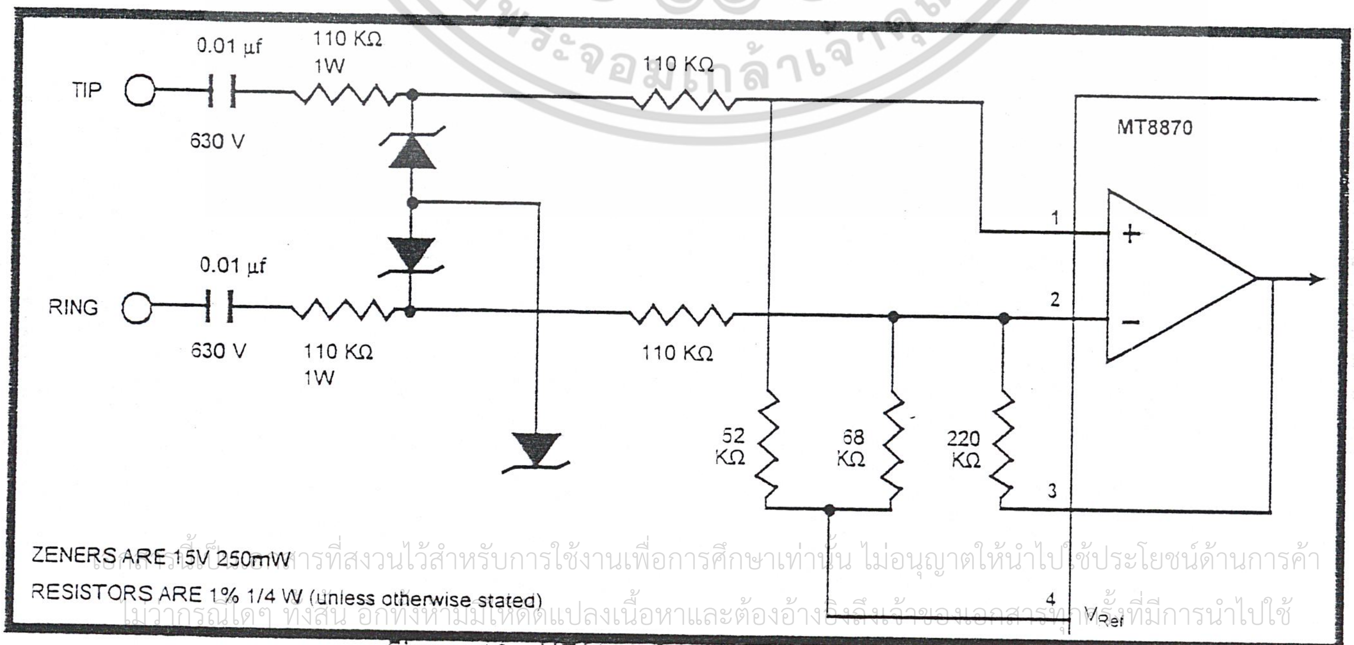


Figure 10 - MT8870 Front End Protection Circuit

Conclusion

The applications for DTMF signalling are tremendous and due to innovative technological advances its use is increasingly widespread. DTMF offers highly reliable, cost effective signalling solutions which require no development effort on the user's part. The advent of single chip receivers has allowed many products that were previously not cost-effective to be manufactured in production quantities.

DTMF signalling was originally designed for telephony signalling over voice quality telephone lines. This signalling technique has been applied to a multitude of control and data communications systems. All that is required is a voice quality communication channel with appropriate interfacing. The applications are limited only by one's imagination.

Appendix

ASCII TO DTMF CONVERSION

Partial ASCII coding and conversion to 2 sequential DTMF signals

ASCII	HEX	DTMF	ASCII	HEX	DTMF	ASCII	HEX	DTMF
ACK	06	11	!	21	44	A	41	21
BEL	07	01	"	22	45	B	42	22
BS	08	34	#	23	54	C	43	23
CAN	18	58	$	24	55	D	44	31
CR	0D	19	%	25	56	E	45	32
DC1	11	37	&	26	79	F	46	33
DC2	12	38	'	27	16	G	47	41
DC3	13	39	(	28	25	H	48	42
DC4	14	47	)	29	26	I	49	43
DEL	7F	24	*	2A	64	J	4A	51
DLE	10	29	+	2B	65	K	4B	52
EM	19	59	,	2C	74	L	4C	53
ENQ	05	09	-	2D	66	M	4D	61
EOT	04	08	.	2E	46	N	4E	62
ESC	1B	14	/	2F	36	O	4F	63
ETB	17	57	0	30	00	P	50	71
ETX	03	07	1	31	10	Q	51	02
FF	0C	18	2	32	20	R	52	72
FS	1C	68	3	33	30	S	53	73
GS	1D	69	4	34	40	T	54	81
HT	09	12	5	35	50	U	55	82
LF	0A	13	6	36	60	V	56	83
NAK	15	48	7	37	70	W	57	91
NUL	00	04	8	38	80	X	58	92
RS	1E	77	9	39	90	Y	59	93
S0	0E	27	:	3A	76	Z	5A	03
S1	0F	28	;	3B	75	[	5B	87
SOH	01	05	<	3C	84	\	5C	35
SP	20	*	=	3D	85	]	5D	88
STX	02	06	>	3E	86	^	5E	96
SUB	1A	67	?	3F	94	_	5F	89
SYN	16	49	@	40	95		60	15
US	1F	78				DEL	7F	24
VT	0B	17						

National Semiconductor

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value up to 200.

The inputs are ground referenced while the output is automatically biased to one half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

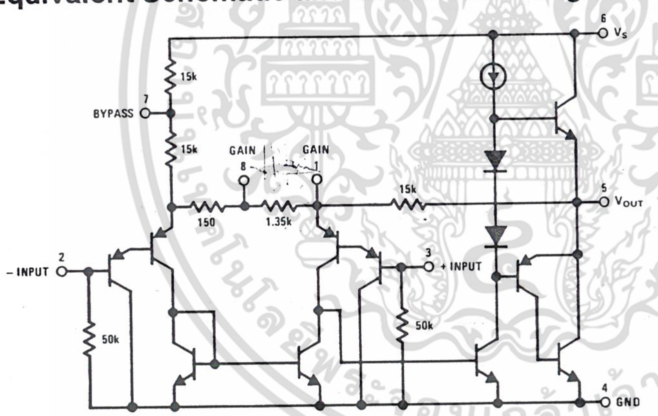
Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain 4 mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion
- Eight pin dual-in-line package

Applications

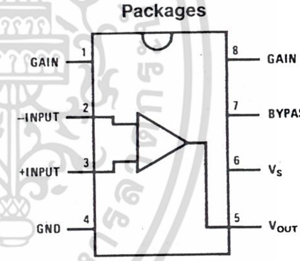
- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

Equivalent Schematic and Connection Diagrams



TL/H/6976-1

Dual-In-Line and Small Outline Packages



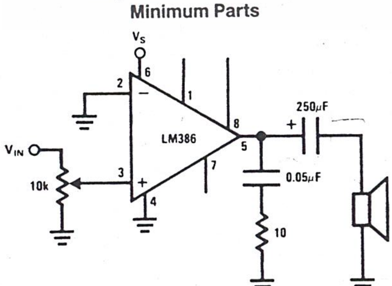
TL/H/6976-2

Top View

Order Number LM386M-1, LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4
See NS Package Number M08A or N08E

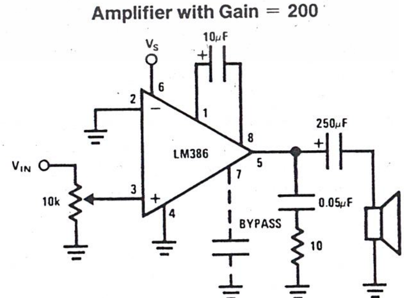
Typical Applications

Amplifier with Gain = 20 Minimum Parts



TL/H/6976-3

Amplifier with Gain = 200



TL/H/6976-4

Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 1) (LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.73W
Input Voltage	±0.4V
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec)	+260°C
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.

Thermal Resistance

θ_{JC} (DIP)	37°C/W
θ_{JA} (DIP)	107°C/W
θ_{JC} (SO Package)	35°C/W
θ_{JA} (SO Package)	172°C/W

Electrical Characteristics $T_A = 25°C$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_S)					
LM386N-1, -3, LM386M-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_Q)	$V_S = 6V$, $V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1, LM386M-1	$V_S = 6V$, $R_L = 8\Omega$, THD = 10%	250	325		mW
LM386N-3	$V_S = 9V$, $R_L = 8\Omega$, THD = 10%	500	700		mW
LM386N-4	$V_S = 16V$, $R_L = 32\Omega$, THD = 10%	700	1000		mW
Voltage Gain (A_V)	$V_S = 6V$, f = 1 kHz		26		dB
	10 μF from Pin 1 to 8		46		dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6V$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6V$, $R_L = 8\Omega$, $P_{OUT} = 125$ mW f = 1 kHz, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6V$, f = 1 kHz, $C_{BYPASS} = 10\ \mu F$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		kΩ
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_S = 6V$, Pins 2 and 3 Open		250		nA

Note 1: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 80°C/W junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of 170°C/W for the small outline package.

Application Hints

GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.35 kΩ resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 kΩ resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15 kΩ resistor). For 6 dB effective bass boost: R ≅ 15 kΩ, the lowest value for good stable operation is R = 10 kΩ if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 kΩ can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

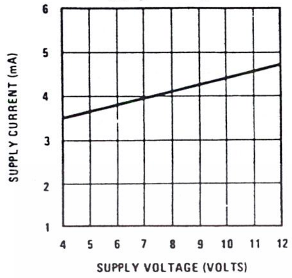
INPUT BIASING

The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 kΩ resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 kΩ it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 kΩ, then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

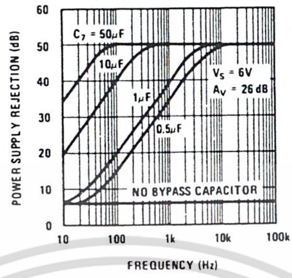
When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.35 kΩ resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1 μF capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

Typical Performance Characteristics

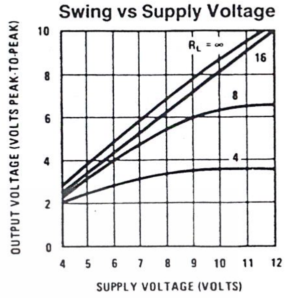
Quiescent Supply Current vs Supply Voltage



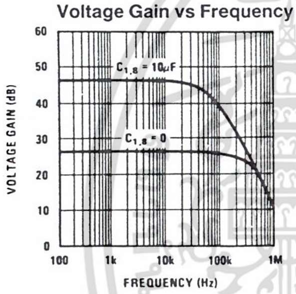
Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency



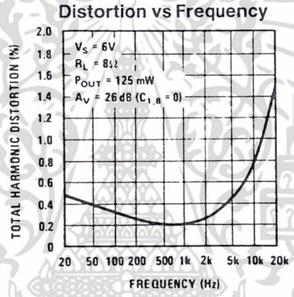
Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage



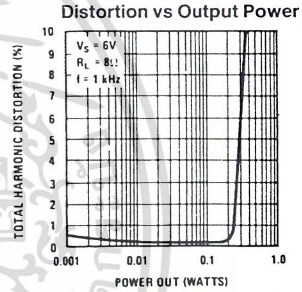
Voltage Gain vs Frequency



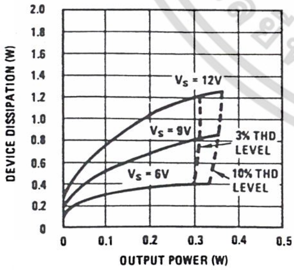
Distortion vs Frequency



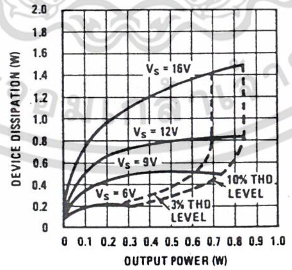
Distortion vs Output Power



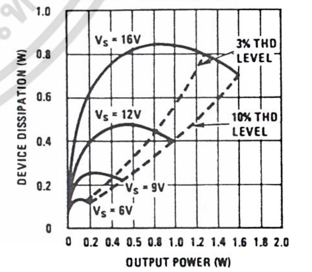
Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load



Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load



Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load

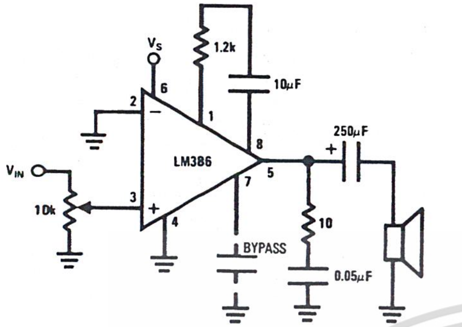


TL/H/6976–5

1

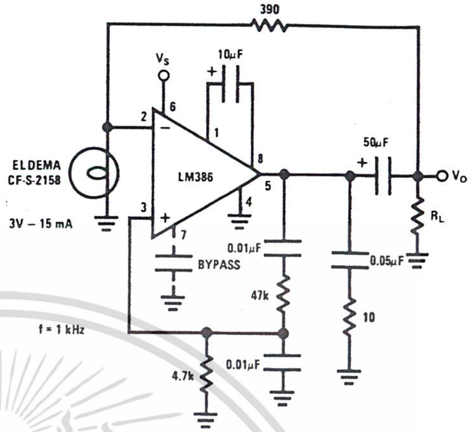
Typical Applications (Continued)

Amplifier with Gain = 50



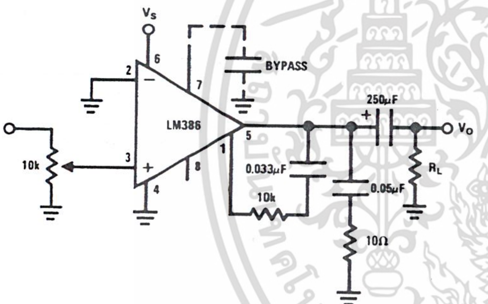
TL/H/6976-6

Low Distortion Power Wienbridge Oscillator



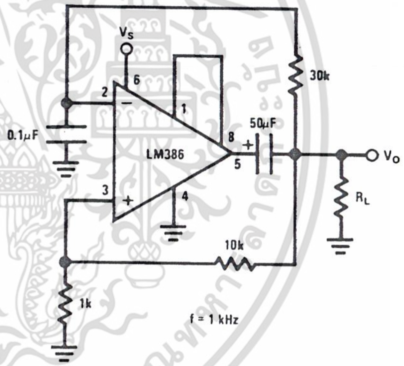
TL/H/6976-7

Amplifier with Bass Boost



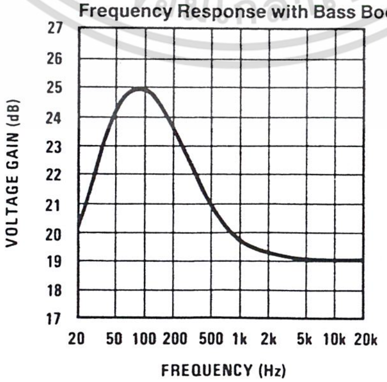
TL/H/6976-8

Square Wave Oscillator



TL/H/6976-9

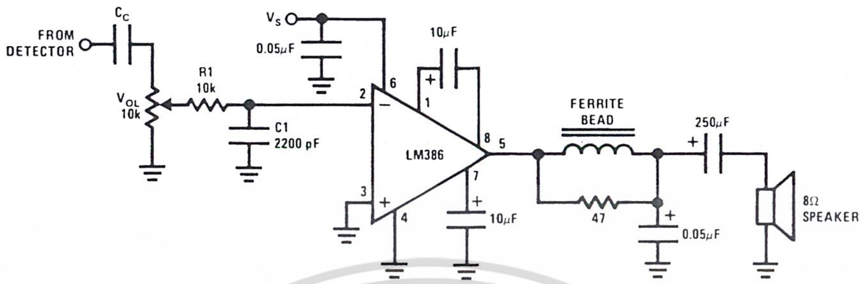
Frequency Response with Bass Boost



TL/H/6976-10

Typical Applications (Continued)

AM Radio Power Amplifier



TL/H/6976-11

Note 1: Twist supply lead and supply ground very tightly.

Note 2: Twist speaker lead and ground very tightly.

Note 3: Ferrite bead is Ferroxcube K5-001-001/3B with 3 turns of wire.

Note 4: R1C1 band limits input signals.

Note 5: All components must be spaced very close to IC.

ภาคผนวก ค

```
;AA   BB    CC    DELAY  TONE   RECEIVE MISS
;UU    LISTEN1
;TT   CHANGE  SS    CONFIRM XXX    NEWPASS
;WRONG  QQ    NOTMATCH
;LISTEN CHECK  PP    CATCH   PICKUP  RING
START   RLSTART RECEIVE1E
            ORG    0000H
            AJMP   RLSTART
            ORG    100H
RLSTART:
        MOV    30H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    31H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    32H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    33H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    34H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    35H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    36H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    37H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    38H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    39H,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    3AH,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    3BH,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    3CH,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    3DH,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    3EH,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    3FH,#01H            ;KEEP PASSWD
        MOV    40H,#01H
        MOV    41H,#01H
        MOV    42H,#01H
        MOV    43H,#01H
        MOV    70H,#00H
        MOV    71H,#00H
        MOV    72H,#00H
        MOV    73H,#00H
        MOV    74H,#00H

START:    CLR    P1.5
        CLR    PSW.3
        MOV    SP,#10H
        MOV    A,#3FH
        MOV    P1,A
RING:     MOV    R7,#02H
RINGS:  JB     P3.2,$
                  ;CHECK RINGING 3 TIMES
        JNB    P3.2,$
                  ;CHECK RINGING 3 TIMES
        DJNZ   R7,RINGS
PICKUP:    SETB   P1.6
                  ;PICK UP TELEPHONE
        ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS
        MOV    R4,#03H

CATCH:     ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS
        ACALL  TONE               ;MAKE VOICE 1
TIMES
        ACALL  PRESS

CHECK:     JB     P1.3,CATCHS
        JB     P1.4,CATCHS
        JNB    P1.2,RECEIVE1        ;TO LEAVE
MESSAGE
        JNB    P1.1,LISTEN1         ;TO LISTEN
MESSAGE
        SJMP   SYSTEM              ;TO CHANGE
PASSWD
RECEIVE1:   JNB    P1.1,CATCHS
        AJMP   RECEIVED
LISTEN1:    AJMP   LISTEN
CATCHS:     DJNZ   R4,CATCH
START1:     AJMP   MAINW
;**********************************
;
;  MODE CHANGE PASSWORD
;**********************************
;
```

```
SYSTEM:   MOV    R2,#03H
SYSS:      ACALL  DELAYS
           ACALL  DELAYS
           MOV    R7,#04H
SYSSSSS:     ACALL  TONE
           DJNZ   R7,SYSSSSS
                      ;MAKE VOICE 4 TIMES
           ACALL  WHO
SYSSS:     CJNE   A,#00H,SYS
           AJMP   QQQ
SYS:       DJNZ   R2,SYSS
           AJMP   MAINW
     ;*****************LOOKING FOR SOMEONE WHO
WANT TO CHANGE
     ;**********************************************************
WHO:        ACALL  PRESS
        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        MOV    R4,A                ;KEEP NUMBER OF
DELAY
        DEC    A
        JNZ    TWOUP
        MOV    R0,#30H
        MOV    R1,#70H
        AJMP   PP
TWOUP:     DEC    A
        JNZ    THREEUP
        MOV    R0,#34H
        MOV    R1,#71H
        AJMP   PP
THREEUP:    DEC    A
        JNZ    FOUR
        MOV    R0,#38H
        MOV    R1,#72H
        AJMP   PP
FOUR:     DEC    A
        JNZ    SYSSSS
        MOV    R0,#3CH
        MOV    R1,#73H
     ;************MOVE DATA TO BUFFER
PP:        MOV    50H,@R0
        INC    R0
        MOV    51H,@R0
        INC    R0
        MOV    52H,@R0
        INC    R0
        MOV    53H,@R0
        MOV    74H,@R1
SYSSSS:      RET
     ;************CHECK OLD PASSWORD PART
     ;************************************
     ;

QQQ:        DEC    R0
        DEC    R0
        DEC    R0

        MOV    R2,#03H
QQQQ:      MOV    R3,#04H
        ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS
        MOV    R7,#02H
QQ:       ACALL  TONE
        DJNZ   R7,QQ

        ACALL  PRESS               ;RECEIVED
VALUE1

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,50H,WRONG
```

```
        ACALL  PRESS              ;RECEIVED
VALUE 2

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,51H,WRONG

        ACALL  PRESS              ;RECEIVED
VALUE 3

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,52H,WRONG

        ACALL  PRESS              ;RECEIVED
VALUE 4

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,53H,QQQQQ
        SJMP   NEWPASS
WRONG:     ACALL  PRESS
        DJNZ   R3,WRONG

QQQQQ:     DJNZ   R2,QQQQ
MAINW:     ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS
        MOV    R7,#05H
MAINWW:    ACALL  TONE
        DJNZ   R7,MAINWW
SUREW:     AJMP   START
    ;**********GET 1ST TIME NEW PASSWORD
        MOV    R2,#03H
NEWPASS:   ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS

RR:        MOV    R7,#03H
RRRRR:     ACALL  TONE              ;MAKE
VOICE 1 TIMES
        DJNZ   R7,RRRRR
        MOV    R3,#04H
        MOV    R1,#46H

XXX:       ACALL  PRESS

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        MOV    @R1,A
        INC    R1
        DJNZ   R3,XXX
    ;***************CONFIRM NEW PASSWORD
CONFIRM:   ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS
        MOV    R7,#02H
SS:        ACALL  TONE
        DJNZ   R7,SS              ;MAKE VOICE 2
TIMES

        MOV    R3,#04H            ;VALUE 1

        ACALL  PRESS

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,46H,NOTMATCH
        ACALL  PRESS

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,47H,NOTMATCH

        ACALL  PRESS

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,48H,NOTMATCH

        ACALL  PRESS

        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        DEC    R3
        CJNE   A,49H,EE
        AJMP   CHANGE
NOTMATCH:  ACALL  PRESS
        DJNZ   R5,NOTMATCH

EE:        DJNZ   R2,NEWPASS
        AJMP   MAINW

CHANGE:    MOV    @R0,46H
        INC    R0
        MOV    @R0,47H
        INC    R0
        MOV    @R0,48H
        INC    R0
        MOV    @R0,49H
        ACALL  DELAYS
        ACALL  DELAYS
TT:        ACALL  TONE
                  ;MAKE VOICE 1 TIMES
BBBBB:     AJMP   START

;****************************
;     DELAY HALF SECOND
;****************************
DELAYS:    SETB   PSW.3
        MOV    R5,#0FFH
AAAA:      MOV    R6,#0F4H
BBBB:      JB     P1.0,BBBBB
        DJNZ   R6,BBBB
        NOP    AB
        NOP    AB
        DJNZ   R5,AAAA
        CLR    PSW.3
        RET
;****************************
;     CHECK PORT 1.0
;****************************
PRESS:     SETB   PSW.3
        MOV    R5,#0F8H
CCCCC:     MOV    R6,#0C8H
CCCC:      MOV    R7,#0C8H
CCC:       JB     P1.0,RETURN
        DJNZ   R7,CCC
        DJNZ   R6,CCCC
        DJNZ   R5,CCCCC
        AJMP   START
RETURN:    CLR    PSW.3
        JB     P1.0,$
        RET
;****************************
; MODE LISTEN
;****************************
LISTEN:    MOV    R2,#03H
        ACALL  DELAYS
```

```
        ACALL   DELAYS
        MOV    R7,#03H
UU:       ACALL   TONE
        DJNZ   R7,UU             ;MAKE VOICE 3
TIMES
UUUUUU:      ACALL   WHO
        CJNE   A,#00H,UUUUU
        AJMP   PAASS
UUUUU:       DJNZ   R2,UUUUUU
        AJMP   MAINW

PAASS:      ACALL   DELAYS
        ACALL   DELAYS

        DEC    R0
        DEC    R0
        DEC    R0
        MOV    R2,#03H
UUUU:       ACALL   TONE
        MOV    R3,#04H
        ACALL   PRESS
        DEC    R3
        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        CJNE   A,50H,MISS
        ACALL   PRESS
        DEC    R3
        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        CJNE   A,51H,MISS

        ACALL   PRESS

        DEC    R3
        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        CJNE   A,52H,MISS

        ACALL   PRESS

        DEC    R3
        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        CJNE   A,53H,CANT
        AJMP   VOICE
MISS:       ACALL   PRESS
        DJNZ   R3,MISS
CANT:       DJNZ   R2,UUUU
        AJMP   MAINW
        ;************LISTEN THE MESSAGE
VOICE:      ACALL   DELAYS
        ACALL   DELAYS
        ACALL   TONE
        ACALL   TONE
        MOV    74H,@R1
        MOV    A,#00H
        CJNE   A,74H,LLL
        AJMP   MAINW

LLL:        CLR    P3.4
        CLR    P3.5
        CLR    P3.3
        SETB   P1.5
        ACALL   DELAYT
        CLR    P1.5
        SJMP   TTTT

NOTYOU:      MOV    R7,#0F0H
NOTTTT:     ACALL   DELAYS
        DJNZ   R7,NOTTTT
TTTT:       DJNZ   R4,NOTYOU

        SETB   P3.5             ;SET PORT TO
LISTEN SOUND

        ;************COUNT TIMING LISTEN
LL:         MOV    R2,#0F9H
PPP:        MOV    R3,#0C8H
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
NN:         JB     P1.0,NNN
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        DJNZ   R3,NN
        DJNZ   R2,PPP
        DJNZ   74,LL

EENDING:     MOV    @R1,#00H
ENDING:      CLR    P3.4
        CLR    P3.5
        SETB   P1.5
        ACALL   DELAYT
        ACALL   DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL   DELAYT
        ACALL   DELAYT
        SETB   P1.5
        ACALL   DELAYT
        ACALL   DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL   DELAYT
        ACALL   DELAYT
        AJMP   MAINW2

NNN:        MOV    A,P1
        ANL    A,#1EH
        RR     A
        CJNE   A,#00H,ENDING
        AJMP   EENDING

MAINW2:      ACALL   DELAYS
        ACALL   DELAYS
        MOV    R7,#05H
MAINWW2:     ACALL   TONE
        DJNZ   R7,MAINWW2
        CLR    P1.6
        SETB   P1.5
        ACALL   DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL   DELAYT
        SETB   P1.5
        ACALL   DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL   DELAYT
        MOV    R7,#0C8H
ZZZZ:       MOV    R6,#0C8H
ZZZ:        MOV    R5,#0C8H
        DJNZ   R5,$
        DJNZ   R6,ZZZ
        DJNZ   R6,ZZZZ
        SETB   P1.5
        ACALL   DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL   DELAYT
SUREW2:      AJMP   START

;**********************************
;    MODE LEAVE THE MESSAGE
;**********************************
RECEIVED:    MOV    R2,#03H
        ACALL   DELAYS
        ACALL   DELAYS
```

```
        MOV    R7,#02H            ;SET PORT TO
RECEIVE MODE
II:     ACALL  TONE
        DJNZ   R7,II              ;MAKE VOICE 2
TIMES
IIII:   ACALL  WHO
        CJNE   A,#00H,IIIII
        AJMP   CON
IIIII:  DJNZ   R2,IIII
        AJMP   MAINW
        ;************CHECK THE LAST POSITION
RECORD
CON:      MOV    74H,@R0
        MOV    A,#0F0H
        CJNE   A,74H,III
        AJMP   MAINW

III:    CLR    P3.4
        CLR    P3.5
        SETB   P3.3
        SETB   P1.5
        ACALL  DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL  DELAYT

        SJMP   JJJJ

NOYOU:     MOV   R7,#0F0H
NOTJJJ:    ACALL  DELAYS
        DJNZ   R7,NOTJJJ
JJJJ:     DJNZ   R4,NOYOU

JJ:       ACALL  DELAYR
        DJNZ   74H,JJ

        ;************SET PORT FOR RECORD
JJJ:      SETB   P3.5
        SETB   P3.4
        ACALL  TONE
        ;************COUNT TIMIMG RECORD
KK:       INC    74H
        ACALL  DELAYR
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        CJNE   A,74H,KK

FULL:     MOV    SP,#10H
        ACALL  TONE
        CLR    P3.5
        CLR    P3.4
        SETB   P1.5
        ACALL  DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL  DELAYT
        SETB   P1.5
        ACALL  DELAYT
        CLR    P1.5
        ACALL  DELAYT
        MOV    @R1,74H
        AJMP   MAINW2

DELAYR:    MOV   R3,#0A7H
RO:       MOV    R2,#0BBH
RRR:      NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        JB     P1.0,FULL
        DJNZ   R2,RRR
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        DJNZ   R3,RO
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        NOP    AB
        RET
;*************************************
;     MAKE TONE PATH
;*************************************
TONE:      SETB   PSW.3
        MOV    R5,#0FFH
AA:       SETB   P1.7
        ACALL  DELAY
        CLR    P1.7
        ACALL  DELAY
        DJNZ   R5,AA
        MOV    R5,#0FFH
BB:       CLR    P1.7
        ACALL  DELAY
        ACALL  DELAY
        ACALL  DELAY
        ACALL  DELAY
        ACALL  DELAY
        ACALL  DELAY
        DJNZ   R5,BB
        CLR    PSW.3
        RET
DELAY:     MOV    R6,#0AAH
        DJNZ   R6,$
        RET
     ;************DELAY OF SETTING PLAY TAPE
DELAYT:    SETB   PSW.3
        MOV    R6,#0FFH
AAAAA:     MOV    R5,#0FFH
        DJNZ   R5,$
        DJNZ   R6,AAAAA
        CLR    PSW.3
        RET

END
```

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานชิ้นนี้สามารถดำเนินไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของบุคคลในหลายๆฝ่าย ขอขอบพระคุณ อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้แนวคิดและความคำแนะนำเกี่ยวกับโครงงานชิ้นนี้เสมอมา ขอขอบพระคุณอาจารย์ประภากร สุวรรณะ ผู้ให้คำปรึกษาเรื่องวงจรPRE-AMP ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้ความรู้ ขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนๆ และขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่สำหรับทุกๆอย่างในวันนี้

....

(นายรัฐพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์)

ศุภญาณี ปิตุวงศ์

(นางสาวศุภญาณี ปิตุวงศ์)

ผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

1. รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ โทรศัพท์และอินเตอร์คอม, “ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์” ,2540 ,หน้า 92-99 และ 115-119

2.สุนทร วิฑูสุรพจน์ ,“ การโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051 ” , ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537 , หน้า 1-201

3.รัชนัย อินทุใส และ ไตรภพ อินทุใส, “ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051” , หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ ,2537, หน้า 1-174

4.รวมเครื่องเสียงปรีแอมป์และเครื่องปรับแต่งเสียง “ ปรีเทปเล่น-บันทึก” ,2540,หน้า49-57

5.ดร.โกศล เพ็ชร์สุวรรณ์ และ มร.ชิเงกิ โชจิ , “ เทคโนโลยีโทรคมนาคม” , 2534 ,หน้า 1-9

6.ธีรวัฒน์   ประกอบผล , “ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ”,ส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรมสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ,2540,หน้า 1-149