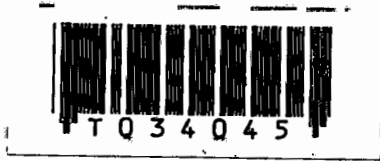


# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE



โดย

นายศุภกร ศรีสงวน 38014507

นายสมพล เจริญพงศ์ 38014532

นายสรรภักดิ์ คูหเจริญ 38014538

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ชินภัทร นันทจิวงกรชัย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 34045  
วัน, เดือน, ปี - 1 ต.ค. 2542

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

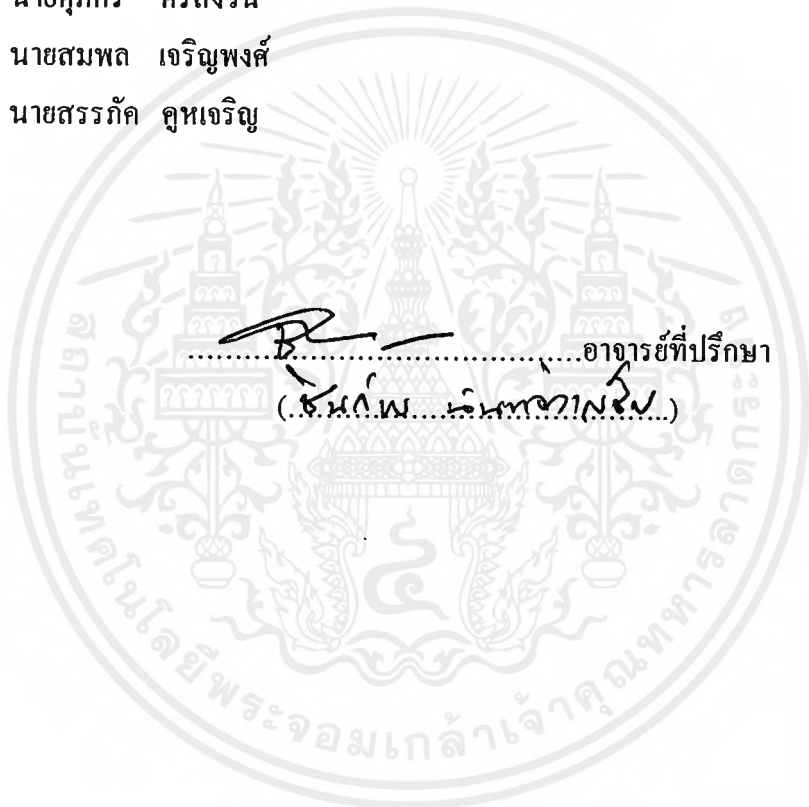
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง: เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นายศุภกร ศรีสงวน
2. นายสมพล เจริญพงษ์
3. นายสรรภักดิ์ คูหเจริญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

นายสุภกร ศรีสงวน 38014507

นายสมพล เจริญพงศ์ 38014532

นายสรรภักดิ์ คูหเจริญ 38014538

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

ศุภกร ศรีสงวน

สมพล เจริญพงศ์

สรรภักดิ์ คูหเจริญ

อ.ชินภัทร นันทจิวารชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541

## บทคัดย่อ

ในปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ซึ่งเป็นระบบดิจิทัลสปีซพาทส์ โดยขยายคู่สายจาก 1 คู่สายเป็น 4 คู่สายภายใน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบดังกล่าวทั้งหมด อีกทั้งสามารถแก้ไข ปรับปรุงโปรแกรมได้ จึงทำให้ระบบชุมสายดังกล่าวมี ประสิทธิภาพสูง และสามารถแก้ไข ปรับปรุง ประยุกต์ใช้งาน ให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้นต่อไปได้

นอกจากนี้ระบบชุมสายโทรศัพท์นี้ใช้ระบบดิจิทัลในการติดต่อช่องสัญญาณจะมีข้อดีในการขยายคู่สายเครื่องภายในได้มากขึ้น

# PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

Supakorn Srisa-nguan

Somphol Charoenphong

Sanpak Kuhacharoen

Chinnapat Nuntajivakornchai Advisor

1998

## ABSTRACT

The main point of this project is to present the development of PABX. This PABX is the digital speech path by extending one external line to four internal lines by using MCS – 51 microcontroller to control the whole system to work as we want. Moreover we can improve the program. Therefore it makes this PABX highly efficient, editable, improvable and can be applied in many uses.

This PABX used the digital speech path system to communicate between the signal channels which is the advantage to the internal line extension.

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	
Abstract	
สารบัญ	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นประกอบการทำงานของวงจร	3
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับทรานซิสเตอร์	3
2.2 สัญญาณพื้นฐานขององค์การ ทรานซิสเตอร์แห่งประเทศไทย	5
บทที่ 3 รายละเอียดการทำงานและการออกแบบวงจร	9
3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกของทรานซิสเตอร์	12
3.2 ส่วนติดต่อของคู่สายทรานซิสเตอร์ภายนอก	15
3.3 การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของทรานซิสเตอร์ระบบดิจิตอลเอ็มเอฟ	17
3.3.1 การเข้ารหัสความถี่ระบบดิจิตอลเอ็มเอฟ	17
3.3.2 การถอดรหัสความถี่ระบบดิจิตอลเอ็มเอฟ	17
3.3.3 เอ็มที 8870 ดิจิตอลเอ็มเอฟ ดีโคเดออร์ ไอซีถอดรหัสความถี่ทรานซิสเตอร์	17
3.4 ส่วนสร้างสัญญาณของทรานซิสเตอร์	27
3.5 ส่วนควบคุมสัญญาณ ทรานซิสเตอร์	29
3.6 ส่วนสวิทช์ตัดต่อ	31
3.7 ส่วนติดต่อคู่สายทรานซิสเตอร์ภายใน	33
3.8 ส่วนสปีชแพท	35
3.9 คอนโทรลเลอร์บอร์ด เอ็มซีเอส 51	41
บทที่ 4 รายละเอียดทางโปรแกรม	43
4.1 หลักการทำงานของโปรแกรม	43
บทที่ 5 ผลการทดลองและสรุปผล	53
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในระบบธุรกิจ อุปกรณ์การติดต่อสื่อสารหลายๆอย่างได้ถูกนำมาใช้อำนวยความสะดวก โทรศัพท์ก็เป็นอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารอย่างหนึ่งซึ่งสะดวก ประหยัดและง่ายต่อการใช้งาน เมื่อเริ่มต้นในการติดต่อทำธุรกิจนั้น เราจะต้องขอเลขหมายจากองค์การโทรศัพท์ตามความต้องการว่าจำเป็นต้องใช้โทรศัพท์มากน้อยแค่ไหน เมื่อธุรกิจมีความต้องการใช้โทรศัพท์มากขึ้น การมีโทรศัพท์สายตรงมาเลขหมายก็ไม่ได้หมายความว่าอำนวยความสะดวกให้กับผู้คนในสำนักงานเลย กลับจะเพิ่มภาระความยุ่งยากขึ้นมาอีก สำนักงานที่มีคนมากขึ้นมีโทรศัพท์มากขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้ “ระบบโทรศัพท์” เรียกว่าเป็นพัฒนาการของเครื่องโทรศัพท์ขึ้นมาอีกขั้น

โทรศัพท์ช่วยให้เราสื่อสารอย่างสะดวกสบาย และยิ่งถ้าเป็นระบบโทรศัพท์ก็ยิ่งสะดวกสบาย คุ่มค่ากับเงินที่จ่ายไปเป็นค่าระบบด้วย ระบบโทรศัพท์สามารถใช้เป็นสายติดต่อกันภายในสามารถรับสายแทนกันเมื่อมีสายนอกเข้ามาก็สามารถรับสายโทรศัพท์นั้นได้จากทุกจุดที่ต้องการ

เจ้าหน้าที่ในสำนักงานสามารถประชุมร่วมกันโดยใช้โทรศัพท์เป็นสื่อตั้งแต่ 3 คนขึ้นไปสามารถใช้โทรศัพท์แทนไมโครโฟนประกาศให้ได้ยินทั่วกันทุกคนหรือจะจัดเป็นเฉพาะกลุ่มก็ได้ และยังมีคุณสมบัติอื่นๆที่ระบบโทรศัพท์สามารถทำได้คุณสมบัติเหล่านี้จะมีอยู่ในระบบโทรศัพท์ขนาดเล็ก จำนวนสายนอกเพียง 1 ถึง 2 สายไปจนถึงระบบโทรศัพท์ขององค์การขนาดใหญ่ มีสายนอกเป็นร้อยๆสาย และมีจำนวนเครื่องภายในเป็นหมื่นเครื่อง และยังเป็นระบบใหญ่ ความสามารถในการตอบสนองความสะดวกสบายให้แก่สำนักงานก็มีเพิ่มมากขึ้นกว่าระบบเล็กๆ

ทุกสำนักงาน ทุกองค์กรสามารถใช้ระบบโทรศัพท์ได้ทั้งสิ้น ถ้าต้องการความสะดวกสบายและความเป็นระเบียบในการทำธุรกิจ

### ประเภทของระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ในสำนักงานมีอยู่ 3 ประเภท คือ

- 1) ระบบคีย์เทเลโฟน ( KEY TELEPHONE )
- 2) ระบบตู้สาขา ( PABX : PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE )
- 3) ระบบโทรศัพท์แบบผสม ( HYBRID )

ระบบโทรศัพท์แต่ละแบบนี้จะใช้งานต่างกันที่จำนวนโทรศัพท์ในสำนักงานนั้นต้องการมากน้อยเพียงใด การทำงานของระบบโทรศัพท์แต่ละแบบจะแตกต่างกันไปโดยสิ้นเชิง สำนักงานจะต้องเลือกระบบโทรศัพท์แบบใดแบบหนึ่งมาใช้ไม่สามารถนำมาผสมปนเปกันได้เลย

ข้อเปรียบเทียบความแตกต่างของระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบมีรายละเอียดดังนี้คือ ระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟน

ประกอบด้วยตัวตู้และหัวเครื่องโทรศัพท์ที่มีปุ่มการทำงานต่างๆ มากมายอยู่บนเครื่อง เราเรียกโทรศัพท์แบบนี้ว่า ตัวเครื่องคีย์ และอาจมีจอตัวอักษรสามารถฝากข้อความและทำงานอื่นๆ ได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอีกหรืออาจเรียกว่าฟิงเจอร์ เทเลโฟน การเดินสายจากตู้ไปยังหัวเครื่องแบบนี้จะต้องเดินสาย 4 เส้น จากปุ่มต่างๆ ที่อยู่บนตัวเครื่อง ผู้ใช้ทุกคนสามารถเห็นภาวะการใช้โทรศัพท์ภายในสำนักงานได้ เนื่องจากมีปุ่มไฟแสดงไว้ ระบบโทรศัพท์แบบนี้จะมีคุณสมบัติมากน้อยเพียงใด ก็ขึ้นอยู่กับว่าเครื่องที่ใช้มีประสิทธิภาพขนาดไหน แต่ราคาก็จะสูงตามไปด้วย ระบบโทรศัพท์แบบตู้สาขา

มีตัวตู้และตัวเครื่องโทรศัพท์เช่นเดียวกัน แต่จะใช้เครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาทั่วไป เราสามารถสร้างตู้สาขาให้มีจำนวนเลขหมายเท่าใดก็ได้ตามต้องการตู้สาขาที่ขายอยู่ในปัจจุบันมีตั้งแต่ขนาดเล็กจำนวน 1 สายนอก 4 สายในซึ่งส่วนใหญ่มักจะผลิตเองโดยคนไทยและสามารถใช้งานได้ดี ไปจนถึงตู้สาขาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนคู่สายภายในและภายนอกจำนวนมาก

นอกจากโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบแล้วยังมีระบบโทรศัพท์อีกระบบหนึ่งที่ใช้กันมากซึ่งจะเป็นการผสมผสานระหว่างทั้งสองระบบเข้าด้วยกัน เราเรียกว่าระบบโทรศัพท์แบบไฮบริด ระบบนี้ น่าจะเรียกว่าเป็นคีย์เทเลโฟนเทียม เพราะสามารถใช้เครื่องแบบคีย์เทเลโฟน ปนกับเครื่องธรรมดาสามารถลดค่าใช้จ่ายในบางจุดที่ไม่มีความจำเป็นในการใช้โทรศัพท์มากนักได้

ในปริญญานิพนธ์ นี้ จะกล่าวถึงการพัฒนาชุมสายอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ และมีการการใช้ไอซีเพื่อทำให้ขนาดของวงจรของผู้ชุมสายมีขนาดที่เล็กลงและมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ซึ่งการทำงานของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะเป็นไปตามโปรแกรมที่เขียนเอาไว้ และสามารถที่จะขยายขีดความสามารถออกไปได้อีกโดยการปรับปรุงส่วนของโปรแกรมนั้นนั่นเอง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีเบื้องต้นประกอบการทำงานของวงจร

#### 2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

อุปกรณ์ที่สำคัญเกือบจะทั้งหมดที่มีผู้ใช้มีในระบบโทรศัพท์ ก็คือ เครื่องโทรศัพท์ (Subscriberset) อุปกรณ์โทรศัพท์ที่มีหน้าที่สร้างสัญญาณส่งไปยังชุมสาย (Dialing) เพื่อให้ชุมสายทราบถึงหมายเลขที่กำลังติดต่อ ส่วนสัญญาณ (ringing), ส่วนส่ง (Transmitting), ส่วนรับ (Receiving) ซึ่งส่วนทั้งหมดนี้จะอยู่ที่ผู้ใช้อุปกรณ์โทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ๆ 7 องค์ประกอบด้วยกันคือ

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. สปีช เนทเวิร์ค (Speech network)
4. ฮุกสวิทช์ (Hook Switch)
5. กระดิ่ง (Ringer)
6. ไดอิลเลอร์ (Dailer)
7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

Block Diagram ในรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงการต่อร่วมกันขององค์ประกอบหลักทั้ง 7 ภายในเครื่องโทรศัพท์

ตำแหน่งของส่วนส่งส่วนรับปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูดหูฟัง (Handset) ของเครื่องโทรศัพท์ซึ่งในส่วนส่ง จะมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางเสียง (Voice Signal) ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปที่สวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่สำหรับส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบด้วยสัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์ และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

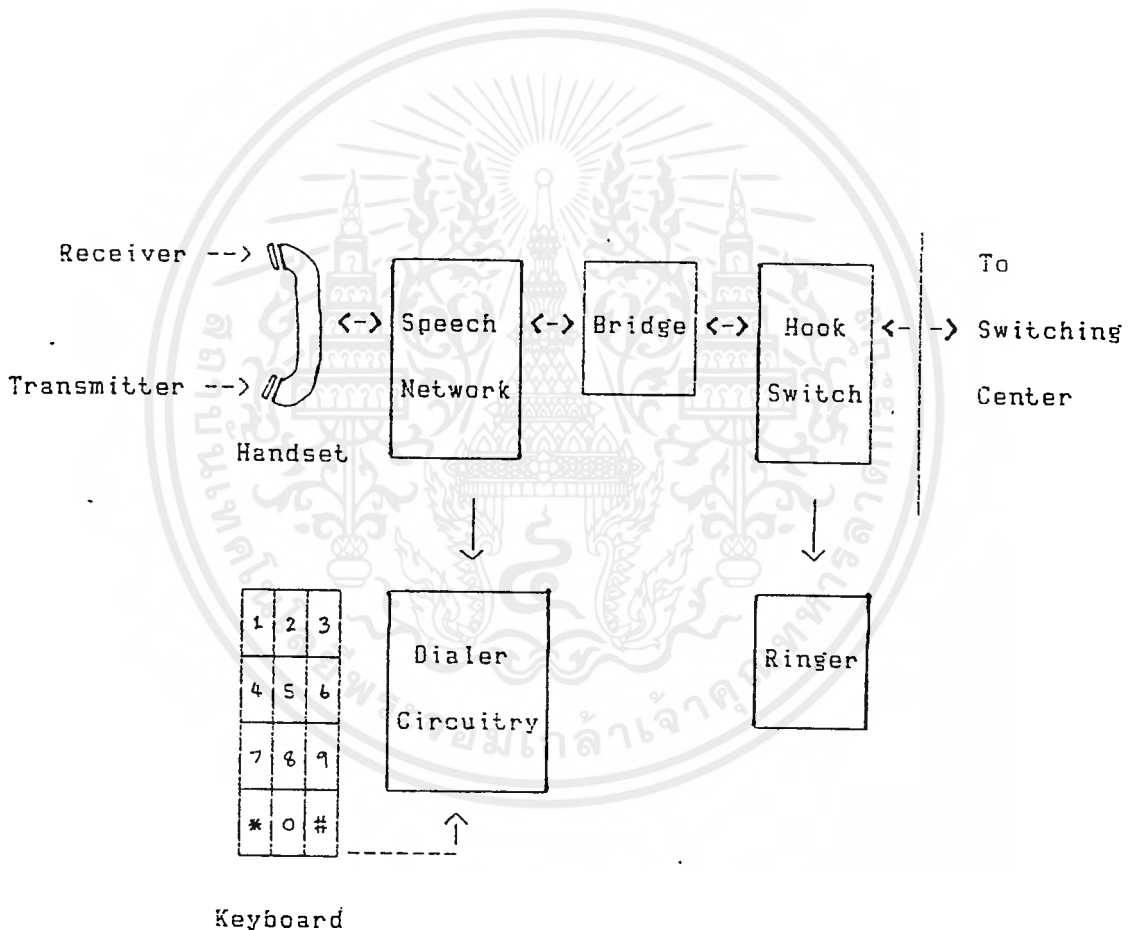
สำหรับ Speech Network จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับภายในเครื่องโทรศัพท์ดังนั้น สัญญาณทั้งหมดระหว่างสวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์ และเครื่องรับโทรศัพท์ อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้

ฮุกสวิทช์มีอยู่ 2 สภาวะคือออนฮุก กับ ออฟฮุก ทั้ง 2 สภาวะนี้ขึ้นอยู่กับว่า สัญญาณว่าง (Dial) หรือใช้งาน (Busy) ตามลำดับ ในสภาวะออฟฮุกปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหู เมื่อยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หูกระสวยที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์รับรู้ว่าอยู่ใน ออฟฮุค สวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์จะปิดกั้น สัญญาณกระดิ่ง (Ringging Signal) และเตรียมรับสัญญาณแมวกรน (Dial Signal) ฮุคสวิทช์จะ ต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสภาวะออนฮุค และต่อสายโทรศัพท์กับ สปีชเนทเวิร์คในสภาวะออฟฮุค

ในสภาวะออฟฮุค วงจรโทรศัพท์จะรับ DC Bias จาก Power Supply ที่สวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์ ส่วนสภาวะออนฮุคจะปรากฏสัญญาณกระดิ่งเมื่อผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ประมาณ 80 Vrms และ 20 – 30 Hz ซึ่งปกติจะถูกสร้างสัญญาณขึ้นที่สวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์และถูกส่งมาทำให้ กระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ทำงาน



รูปที่ 2.1 แสดง Block Diagram ของเครื่องโทรศัพท์

มีอยู่ 2 วิธีที่จะใช้ส่ง Dial ไปที่ สวิทช์ซึ่งเซ็นเตอร์คือ

1. สร้างพัลส์ (Pulse generation)
2. สร้างโทน (Tone generation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dial แบบหมุน (Rotary type Dialers) จะสร้างพัลส์ส่งไปตามสายและพัลส์จะถูกส่งไปและนับที่ สวิตชิงเซ็นเตอร์ ส่วนแบบกด (Tone Dialer) จะสร้างเสียงที่เกิดจากการรวมกันของความถี่ที่แตกต่างกัน

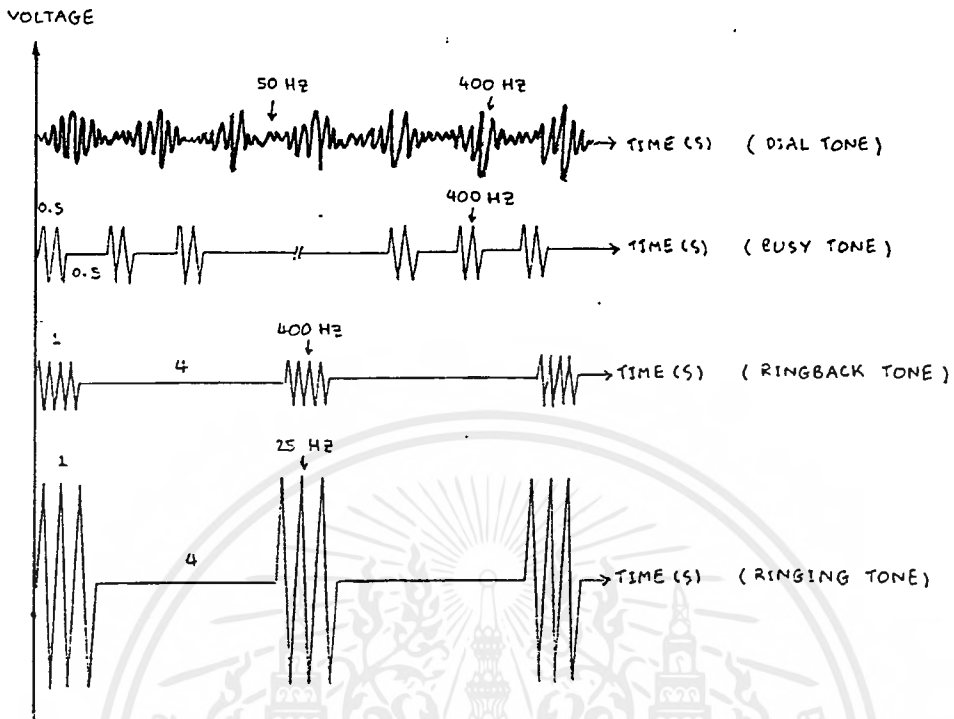
สวิตชิงเซ็นเตอร์สำหรับผู้ใช้งานโทรศัพท์ก็คือ Central office ซึ่ง Central office นี้จะต่อรวมเป็นกลุ่มในเขตหรือเส้นทาง เพื่อความเหมาะสมของสวิตชิงเซ็นเตอร์เราต้องจัดลำดับของสวิตชิงเซ็นเตอร์ให้ต่อร่วมกับ Central office ทั้งหมด ซึ่งรวมไปถึงการต่อร่วมกันระหว่างผู้ใช้งานกับผู้เรียก ซึ่งปกติจะเลือกเส้นทางผ่านลำดับของ Toll Trunk ที่ต่ำสุดระหว่างเครื่องโทรศัพท์และ Central office อาจมีรีโมทคอนเซนเตเตอร์และตู้ชุมสายส่วนตัว (PBXs) คอนเซนเตเตอร์มีหน้าที่ลดการเชื่อมต่อระหว่างทุกๆคู่สาย กับ Central office โดยวิธีการ Multiplexing และรูปแบบของ Trunk sharing

ตู้ชุมสายสาขาส่วนตัวทำหน้าที่เหมือนสวิตชิงเซ็นเตอร์สำหรับผู้ใช้งานโทรศัพท์กลุ่มย่อย เช่น ภายในสำนักงานธุรกิจจะมีตู้ไว้สำหรับใช้ในบริษัท ซึ่งตู้นี้จะต่อกับ Central office โดยผ่าน Analog หรือ Digital trunks

## 2.2 สัญญาณพื้นฐานขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

สัญญาณสมาชิก (Subscriber Signal) สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งต่อสถานะต่างๆ ว่าควรจะทำอย่างไร เมื่อได้ยินสัญญาณนั้นประกอบด้วย

1. สัญญาณให้หมุน (DT : Dial Tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกรู้ว่าให้กดปุ่มเลขหมายผู้รับได้ เป็นสัญญาณต่อเนื่อง 400 Hz modulated ด้วยความถี่ประมาณ 50 Hz แบบ AM
2. สัญญาณไม่ว่าง (BT : Busy Tone) ใช้เพื่อเตือนผู้เรียกว่าผู้รับไม่ว่างควรวางหูก่อนชั่วกระยะหนึ่งแล้วจึงเริ่มเรียกใหม่ เป็นสัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาของการส่งประมาณ 0.5 วินาที เจียบ 0.5 วินาที
3. สัญญาณเรียกกลับ (RBT : Ring Back Tone) ใช้เมื่อการต่อทุกชั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จแจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าเรียกสำเร็จ เป็นสัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที เจียบประมาณ 4 วินาที
4. สัญญาณกริ่งเรียก (RGT : Ringing Tone) ใช้เมื่อมีการต่อทุกชั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่งเรียกผู้รับมาตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 25 Hz ช่วงเวลาการส่งและเจียบเช่นเดียวกับสัญญาณเรียกกลับ



รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

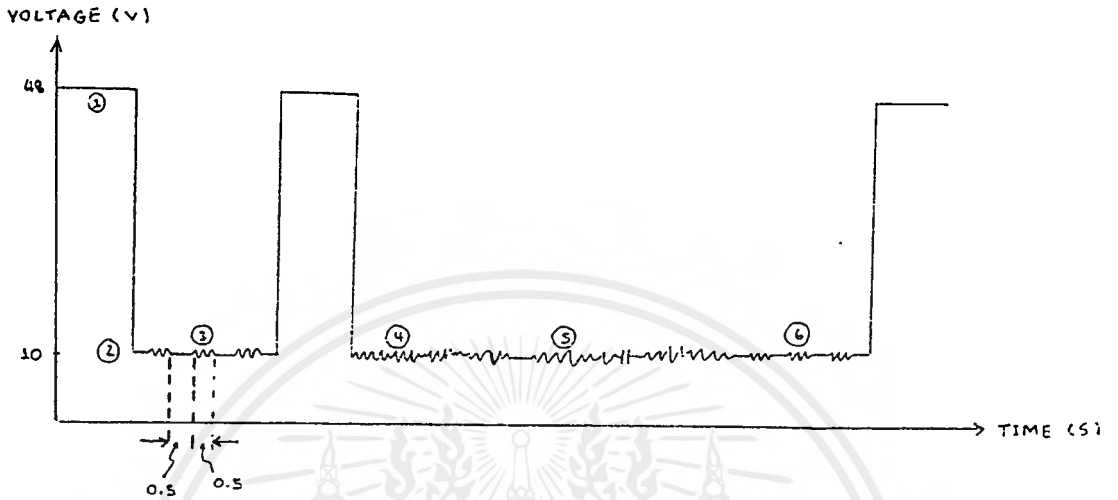
### 1. ระบบต่อต้านผู้เรียก

เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้น เพื่อที่จะทำการเรียก จะทำให้ DC Voltage ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเป็นการเริ่มต้นการเรียกก็จะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังผู้เรียก ( ถ้าไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก ทำให้ผู้เรียกวางหูและเริ่มทำการเรียกใหม่ ) เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน ก็จะทำการกดหมายเลขของผู้รับปลายทางเป็นสัญญาณ DTMF วงจรคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะทำการแปรรหัสและปฏิบัติการ พร้อมกันนั้นเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะทำการแปรรหัสและปฏิบัติการ พร้อมกันนั้นเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะตัดสัญญาณให้หมุนทันทีที่สัญญาณ DTMF ที่กดหมายเลขตัวแรก

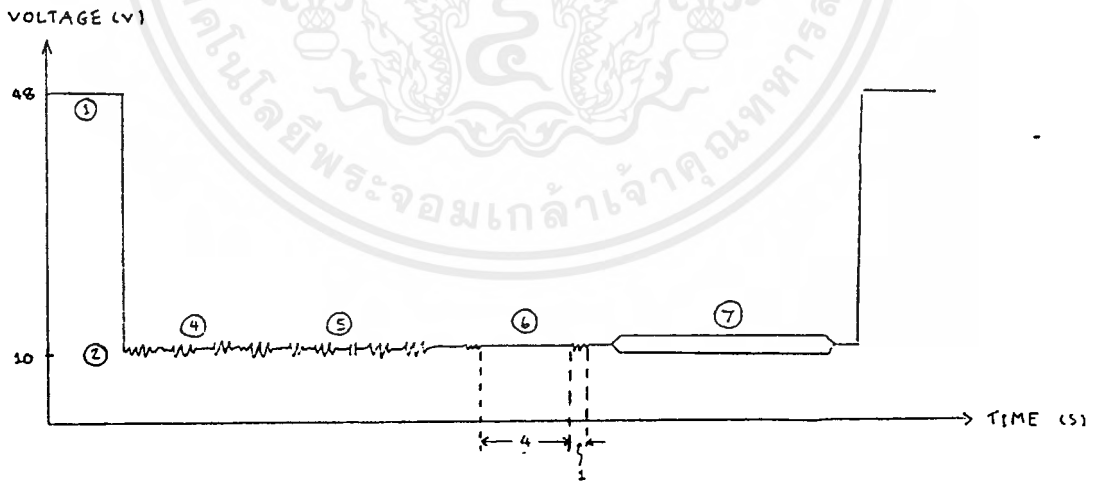
เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์รับหมายเลขของผู้รับ ก็จะทำการแปรตัวเลขระบุจากปลายทางจากรหัสชุมสายที่กดหมายเลขมา เมื่อรู้ตำแหน่งของผู้รับแล้วเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะจองผ่านระหว่างผู้เรียกและผู้รับแล้วส่งสัญญาณกริ่งเรียกกลับไปยังผู้เรียก และในขณะเดียวกันวงจรคู่สายก็ส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังผู้รับด้วย

เมื่อผู้รับมาตอบรับการเรียก สัญญาณตอบรับจะถูกส่งไปยังเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะทำการตัดสัญญาณกริ่งเรียกด้านผู้รับและยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้

เรียก และทำให้ทางผ่านระหว่าง RBT และผู้เรียกว่าง ขณะเดียวกันก็จะสร้างทางผ่านด้านผู้รับ การสนทนาจึงสามารถเริ่มต้นได้



รูปที่ 2.3 แสดงผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ

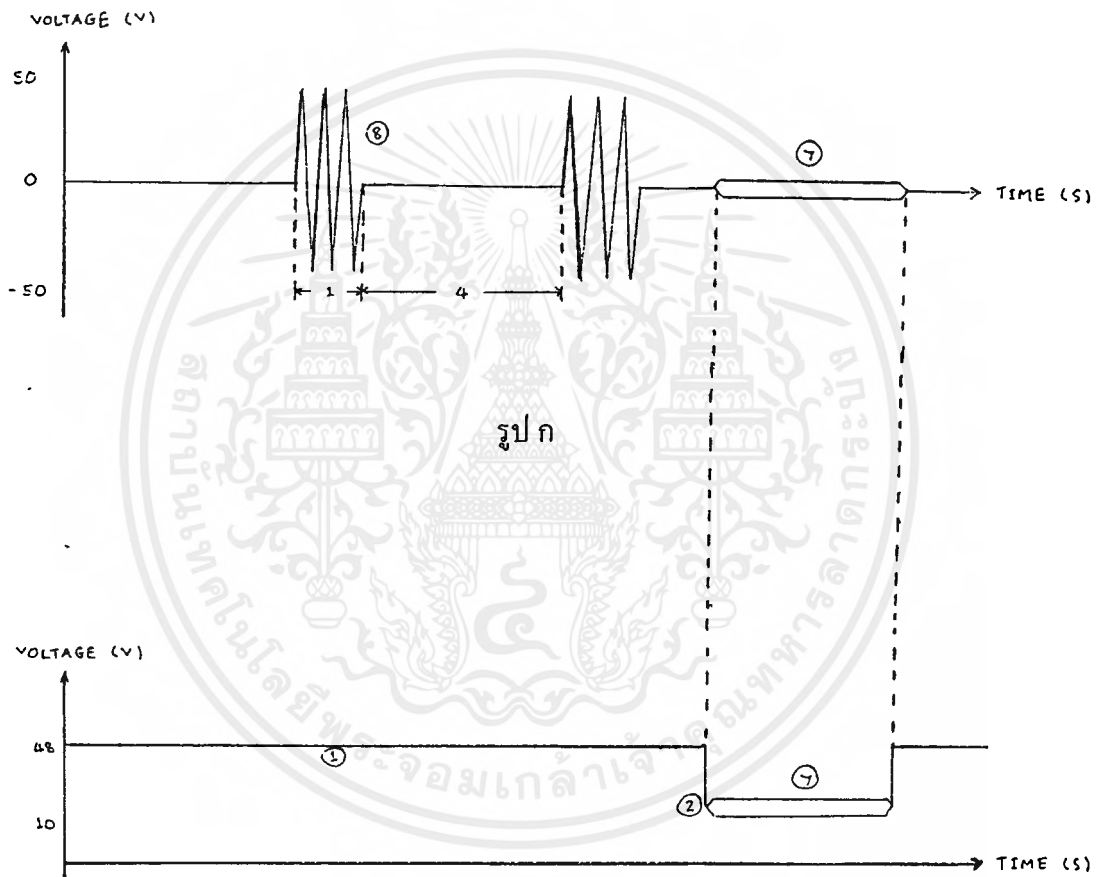


รูปที่ 2.4 แสดงผู้เรียกทำการเรียกผู้รับสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ระบบการเรียกคืนผู้รับ

เมื่อผู้รับถูกเรียกจากผู้เรียก เครื่องขุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียกขนาด 100 Vdc ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับ ดังรูปที่ 2.3 เมื่อผู้รับตอบการเรียกจะทำให้ DC Voltage เปลี่ยนจาก 48 V เป็น 10 V ทำให้วงจรสายตัดสัญญาณกริ่งเรียกระหว่างผู้เรียกกับผู้รับการสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ ดังรูปที่ 2.4 สถานะวางหูของผู้เรียกจะเลือกทางเสียงผู้พูดผ่านและทำให้ผู้รับวางหูตาม วงจรคู่สายจะตรวจรู้ว่าเป็นการเลิกสนทนาติดต่อ



รูป ข

รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก

- ก. ทำการวัดสัญญาณทางด้าน AC
- ข. ทำการวัดสัญญาณทางด้าน DC

## บทที่ 3

### รายละเอียดการทำงานและการออกแบบวงจร

ระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ตั้งใจพัฒนาขึ้นนี้ จะเป็นแบบ Digital Speech Path ก็มีการแบ่งเวลาในช่องทางเดินเสียงแบบ Digital โดยใช้หลักการของ TDM (Time Division Multiplex )

โดยหลักการจะใช้ Microcontroller Board-51 ในการควบคุมระบบทั้งหมด โดยจะให้ซีพียูเขียนข้อมูลลงใน RAM Control Speech Path เพื่อไปควบคุมการเปิดเกต เพื่อให้โทรศัพท์แต่ละตัวติดต่อกันได้

สำหรับฐานเวลาในส่วน Speech Path จะใช้ฐานเวลาเดียวกันในการควบคุม Multiplexer , A/D , RAM Control Speech Path โดยเมื่อ Multiplexer รับสัญญาณเข้ามาในแต่ละช่องโทรศัพท์ จะถูกแปลงโดย A/D ในช่วงนั้น ๆ แล้วส่งไปยัง Speech Path เพื่อทำการ Latch ข้อมูลไว้จนกว่าจะมีการควบคุมจาก RAM Control Speech Path อีกที จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยัง D/A เพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณเสียงและทำการส่งต่อไปยังโทรศัพท์อีกทีหนึ่ง

ตัวบอร์ด ซีพียู จะมีการส่งข้อมูลออกพอร์ต เพื่อไปควบคุมสัญญาณเสียงที่สร้างขึ้นใน Tone Generator ( Dial , Busy , Ringing ) โดยผ่านส่วน Tone Control เพื่อส่งสัญญาณเสียงที่ต้องการให้กับโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการ

ผังรูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรม ( Block Diagram ) ของ PABX อธิบายการทำงานได้ดังนี้

- ส่วนซีพียู ( CPU ) จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต ทำงานผ่าน อินพุต / เอาท์พุท พอร์ต เป็นส่วนประมวลผล
- Telephone Interface ใช้ไอซี Telephone Speech Network Interface Circuit แปลงสัญญาณที่มาจากองค์การโทรศัพท์ 2 สาย คือ ทิป ( Tip ) กับ ริง ( Ring ) ให้เป็นสัญญาณ Transmit - Ground , Receive - Ground 4 เส้นด้วยกัน
- Telephone Detect Ringing เป็นส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียก จากคู่สายภายนอกโดยใช้ ออปโตคอปเปอเรเตอร์ เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณนี้
- SLIC ( Subscriber Loop Interface Circuit ) เป็นส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน โดยการแปลงสัญญาณ Tip / Ring ให้เป็นสัญญาณ Transmit / Receive เทียบกับ Ground และยังทำหน้าที่ในการจ่ายไฟเลี้ยงกระแสตรงให้แก่โทรศัพท์อีกด้วย

- Analog Multiplexer จะรับสัญญาณเสียงจากแต่ละช่อง ที่มาจากภาคส่งของส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในกับภายนอกมาจัดเวลา แล้วส่งออกไปเป็นรูปของขบวนสัญญาณแต่ละช่องเรียงไปในคาบเวลาหนึ่ง โดยใช้อัตราการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม

- Analog to Digital ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียง ( Analog ) ที่ผ่านการแบ่งช่วงเวลาแล้ว ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล 7 บิต

- Latch จะเป็นตัวนำข้อมูลเข้าให้ถูกช่องของแต่ละเครื่องโทรศัพท์ และเก็บข้อมูลไว้ระยะหนึ่ง

- Digital to Analog ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลที่เข้ามา ให้เป็นสัญญาณอนาลอก

- DPDT เป็นตัวเลือกการเชื่อมต่อ ระหว่างสัญญาณโทรศัพท์กับเสียงพูดว่าจะให้เป็นสัญญาณใดต่อเข้าสู่ภาครับของส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ทั้งภายในและภายนอก และสัญญาณก็จะถูกส่งผ่านไปยังหูฟังของโทรศัพท์ได้

- ส่วนควบคุมและนับเวลา ( Clock , Counter ) นับเวลาฐาน 2 จำนวน 3 บิต เพื่อเป็นเอคเรสในการจัดเวลา

- Tone Generator เป็นส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ต่าง ๆ ( Busy , Dial , Ringing , Ringback ) ไปยังส่วนควบคุมเสียง ( Tone Control )

- Tone Control เป็นส่วนเลือกว่าจะส่งสัญญาณเสียงใด ( Busy , Dial , Ringing , Ringback ) ให้แก่โทรศัพท์เครื่องใด

- Relay Control ควบคุมรีเลย์ให้เชื่อมต่อคู่สายภายนอกกับระบบชุมสายย่อย

- DTMF ( Dial Tone Multi Frequency Decoder ) เป็นส่วนรับสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ และแปลงความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มให้เป็นเลขฐานสอง ส่งไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์รับรู้



### 3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกของโทรศัพท์ ( Detect Ringing )

เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกที่มาจากสายขณะที่มีผู้โทรเข้ามา อาศัยหลักการพื้นฐานของสัญญาณโทรศัพท์คือ ในขณะที่สายว่างคู่สายโทรศัพท์จะมีแรงดันไฟตรง ( DC ) ประมาณ 30 โวลต์ ซึ่งจ่ายมาจากชุมสายโทรศัพท์ และเมื่อมีผู้เรียกหมายเลขเข้ามา ทางชุมสายจะจ่ายสัญญาณกริ่งเรียกมาเป็นแรงดันกระแสสลับที่มีแรงดันประมาณ 70-100 โวลต์ ส่วนตรวจจับสัญญาณจะให้พัลส์ออกมาเมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกดังเข้ามา

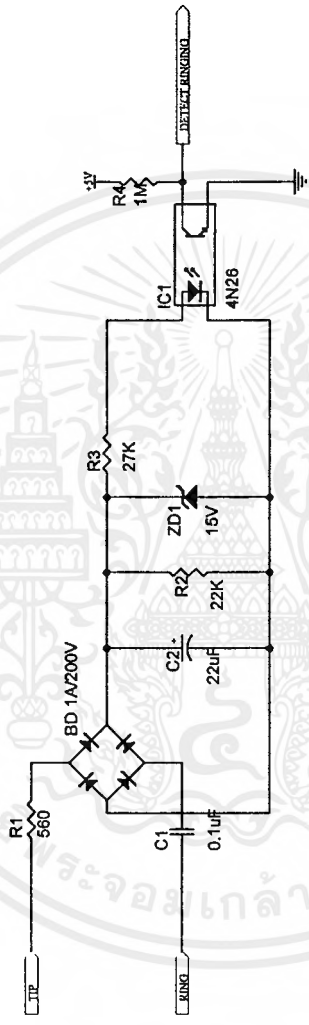
#### 3.1.1 หลักการทำงานของออปโตคอปเปลอร์ ( Optocouple )

การนำเอาออปโตคอปเปลอร์เข้ามาใช้ในวงจร ก็เพื่อจุดประสงค์ในการแยกส่วนของแรงดันไฟสูงที่เกิดจากสายโทรศัพท์ซึ่งมีค่าประมาณ 100 โวลต์เอซี ในขณะที่มีสัญญาณกริ่งดังเข้ามาให้เชื่อมต่อกับวงจรที่มีระดับไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์ดีซี ซึ่งออปโตคอปเปลอร์นี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องนำมาใช้งานเพื่อให้วงจรที่มีระดับแตกต่างกันมากสามารถทำงานร่วมกันได้ ในส่วนของวงจรนี้ใช้ออปโตคอปเปลอร์เบอร์ 4N26

สำหรับรายละเอียดของ 4N26 เป็นดังนี้

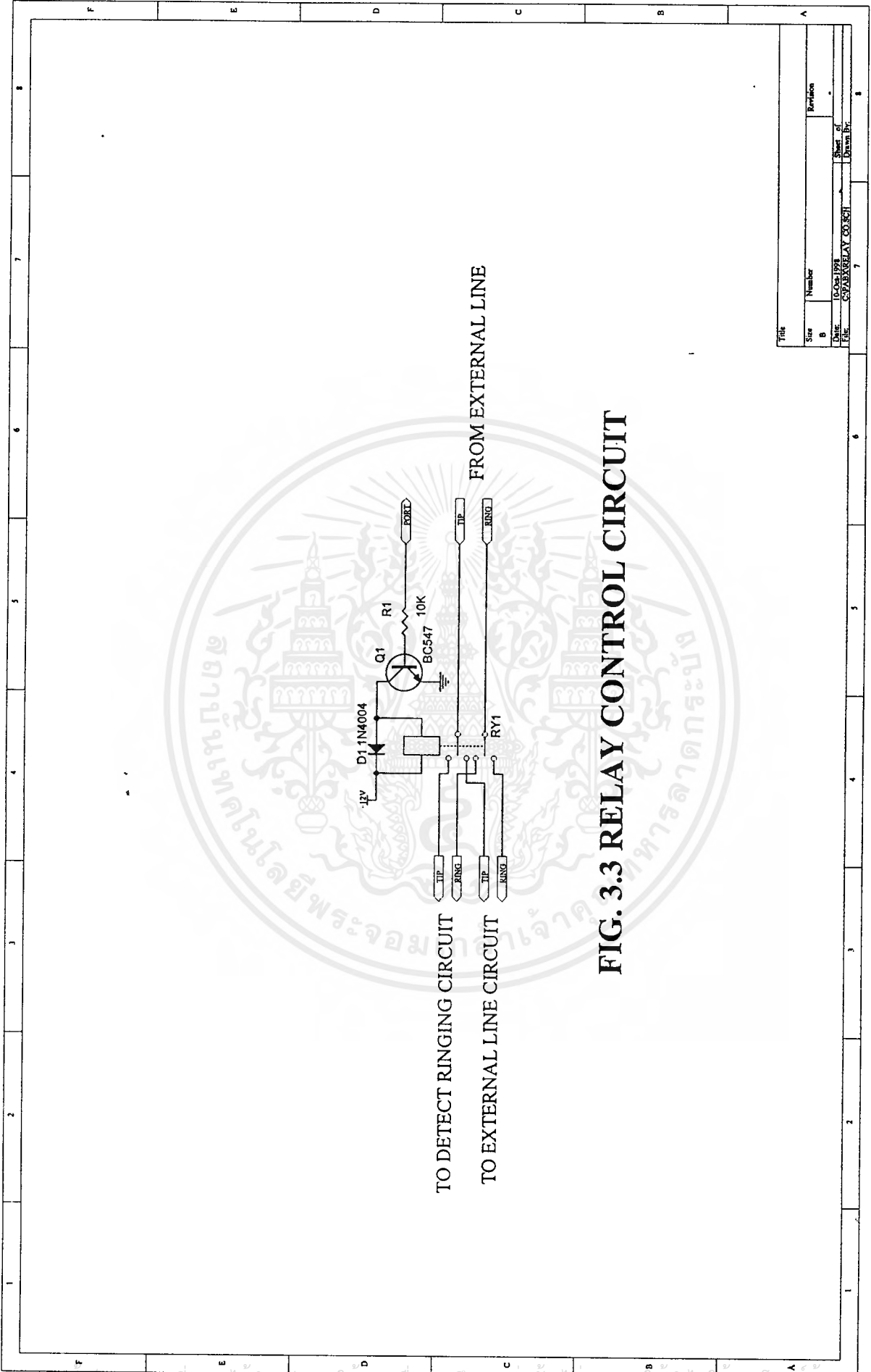
- ใช้ GaAs ไดโอด ซึ่งเปล่งแสงอินฟราเรดไปยัง Silicon NPN Photo Transister
- การแปลง (transfer) ของไฟกระแสตรงมีค่าสูง
- สามารถแยกวงจรที่มีระดับความดันที่ต่างกันได้ถึง 7500 โวลต์เอซี
- ความเร็วในการสวิตชิงสูง

สัญญาณกระแสสลับที่ผ่านตัวเก็บประจุมาจะถูกเรกติไฟร์โดย บริดจ์ไดโอดทำให้เป็นพัลส์ไฟตรงตกคร่อมตัวเก็บประจุ 22  $\mu\text{F}$  และตัวต้านทาน 22  $\text{k}\Omega$  ทำหน้าที่คายประจุให้กับตัวเก็บประจุ 22  $\mu\text{F}$  เพื่อให้เป็นไฟตรงมากขึ้น และจำกัดแรงดันพัลส์ไว้ที่ 15 โวลต์ ด้วยซีเนอร์ไดโอด แรงดันพัลส์ที่ตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดจะถูกไบอัสให้กับ LED เมื่อมีสัญญาณกริ่งเข้ามาจะทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะ ON ทำให้เกิดขบวนการพัลส์ขึ้นมา ซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้ส่งไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ตรวจสอบ



**FIG. 3.2 DETECT RINGING CIRCUIT**

Title		Revision	
Size	Number		
B			
Date	16-Mar-1998	Sheet of	
File	COMPANTECT ELSCH	Drawn By	



**FIG. 3.3 RELAY CONTROL CIRCUIT**

Title		Revision	
Size	Number		
B			
Date:	10-Oct-1994	Sheet of	
File:	C:\PAPER\RELAY CONTROL	Drawn By:	

### 3.2 ส่วนติดต่อของกลุ่มสายโทรศัพท์ภายนอก ( External Line )

ในส่วนเชื่อมต่อกับกลุ่มสายโทรศัพท์ภายนอกนั้น เราใช้ไอซีเบอร์ MC34014 ซึ่งถูกออกแบบมาทำหน้าที่ เป็นเทเลโฟนสปีชเน็ตเวิร์คอินทิเกรตเซอร์กิต ( Telephone Speech Network Integrated Circuit ) ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อของกลุ่มสายโทรศัพท์ภายนอก โดยจะทำการแยกสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากกลุ่มสายโทรศัพท์ภายนอกซึ่งเป็นวงจร 2 สาย ให้เป็นวงจร 4 สาย ส่งไปส่วนตัดต่อของสัญญาณติดต่อ ( ซึ่งในที่นี้เป็นระบบดิจิทัล ) สำหรับไอซีเบอร์ MC34014 นี้ สามารถใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อรวมเพื่อกำหนดอัตราการขยายของสัญญาณรับส่ง และยังสามารถปรับสัญญาณความถี่ข้างเคียง ( Side Tone ) ให้เหมาะสมได้ด้วย ถ้าสัญญาณความถี่ข้างเคียงมีค่าต่ำเกินไปจะทำให้ผู้พูดใช้เสียงดังเกินไป แต่ถ้าสัญญาณความถี่ข้างเคียงมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ผู้พูดใช้เสียงเบาเกินไป และไอซีเบอร์ MC34014 จะรวมสัญญาณทั้งรับส่งจากกลุ่มสายโทรศัพท์ภายในซึ่งเป็นวงจร 4 สาย ไปเป็นวงจร 2 สาย เพื่อส่งให้ชุมสายโทรศัพท์ภายนอกต่อไป

ไอซีเบอร์ MC34014 นี้สามารถเลือกโหมด ( Mode ) ของกลุ่มสายโทรศัพท์ภายนอกได้ว่าเป็นแบบพัลส์ ( Pulse ) หรือแบบความถี่ ( Tone ) ได้อีกด้วย



## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

### 3.3 การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ระบบ DTMF

#### 3.3.1 การเข้ารหัสความถี่ระบบ DTMF (Dial Tone Multi Frequency Encoder)

ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF นี้จะใช้การส่งสัญญาณไปบนสายส่งของระบบโทรศัพท์ ระบบนี้มีข้อดีเหนือระบบพัลส์อยู่หลายอย่าง เช่น หมุนโทรศัพท์ได้รวดเร็วกว่า และสามารถที่จะส่งสัญญาณไปบนสายส่งเสียงระดับใด ๆ ก็ได้ วิธีนี้เป็นการส่งสัญญาณแถบความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 16 ค่า โดยแต่ละค่า ประกอบด้วยสัญญาณคลื่นรูปไซน์ (Sine Wave) 2 แบบ แบบหนึ่งมาจากกลุ่มความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) และอีกแบบหนึ่งมาจากกลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) ลักษณะของความถี่ระบบ DTMF แสดงได้ดังตาราง 1

#### 3.3.2 การถอดรหัสความถี่ระบบ DTMF (Dial Tone Multi Frequency Decoder)

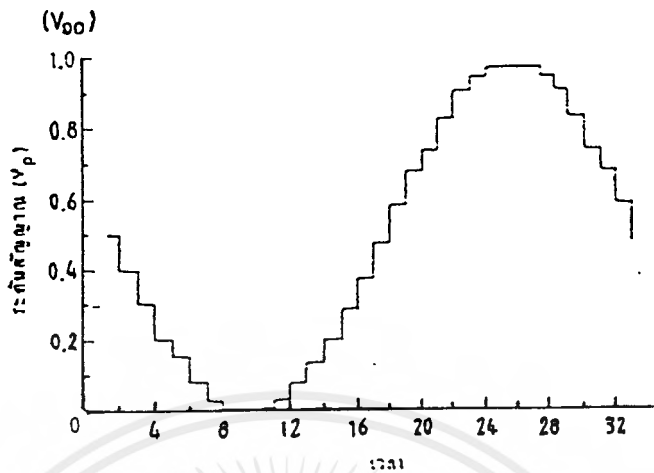
โทรศัพท์ชนิดกดปุ่มแบบ DTMF ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่ม มีการทำงานแบบ Dual Multi Frequency แป้นกดจะแบ่งเป็น Row 4 แถว Column 4 แถว ประกอบกันเป็นรูป Matrix ในแต่ละ Row และ Column จะมีค่าความถี่ประจำตำแหน่งอยู่

การทำงาน เมื่อกดปุ่มหมายเลขใดๆ จะประกอบด้วย โทน เสียง 2 ความถี่ คือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ ซึ่งแต่ละหมายเลขจะให้ค่าความถี่คู่ต่างกัน จากปุ่มกดจะพบว่าหมายเลข 1,4,7 และ \* อยู่ใน Column ที่ 1 โดยหมายเลข 1,2,3 อยู่ใน Row ที่ 1 ตัวเลขแต่ละตัวเป็นการพบกันของความถี่ทาง Row (ความถี่ต่ำ) กับความถี่ทาง Column (ความถี่สูง)

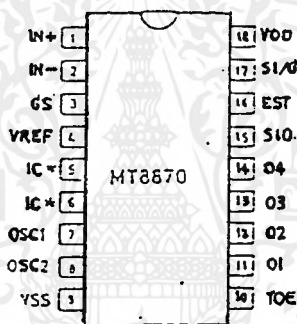
ดังนั้น ในการสร้างวงจรถอดรหัส DTMF โดยการสร้างวงจรเพื่อถอดรหัส ค่าความถี่ ปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ คือ IC เบอร์ MT8870 ของบริษัท MITEL ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงเป็นค่าตัวเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต

#### 3.3.3 MT8870 DTMF Decoder ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

ไอซี เบอร์ MT8870 นี้ทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก 2 ความถี่ ถึงแม้ว่าสัญญาณที่ได้รับจากการกดปุ่มของโทรศัพท์แบบทัชโทน จะมีลักษณะไม่เป็นคลื่นไซน์ที่แท้จริง ดังรูป ไอซี เบอร์นี้ยังสามารถ ขอมรับและถอดรหัสออกมาได้



ลักษณะสัญญาณ DTMF ที่ได้จากโทรศัพท์



รูป 3.5 แสดงรายละเอียดของ MT8870

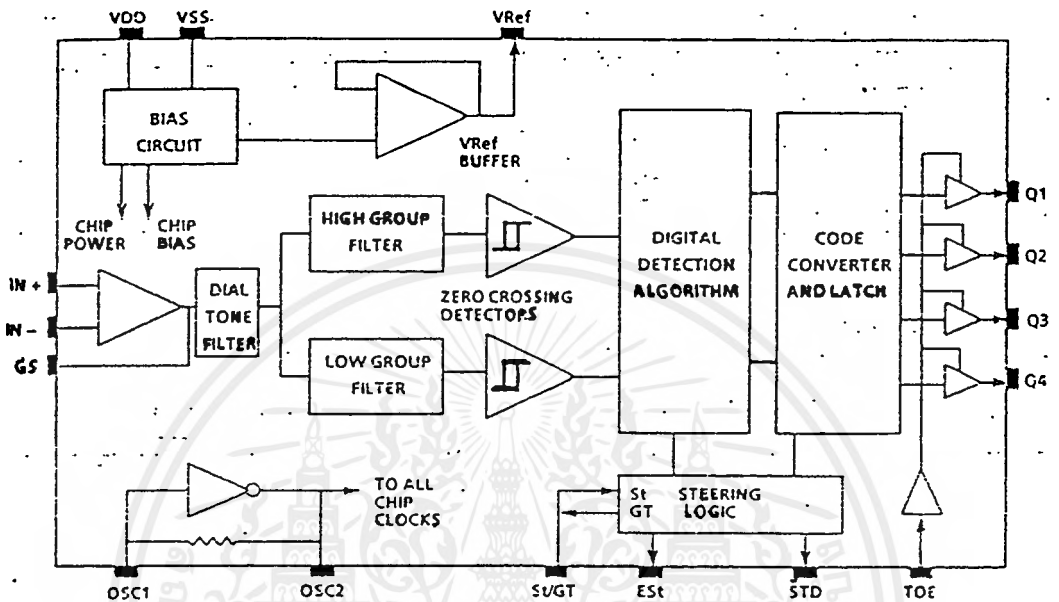
## คุณสมบัติของ MT8870

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

## โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล สำหรับกรองความถี่สูงและความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการเอกสาร์นี้เป็นเอกสาร์ที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

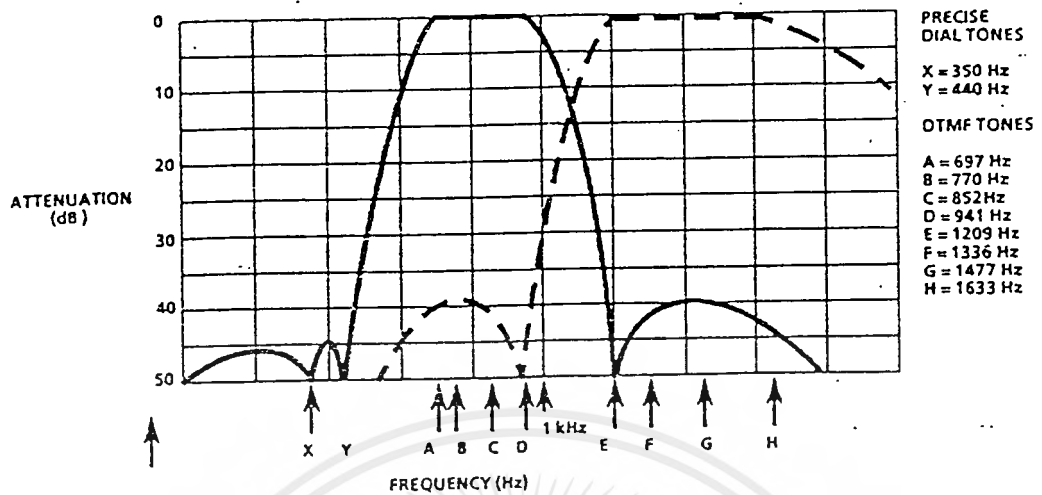
นับทางดิจิทัลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต และตรวจสอบช่วงเวลาที่ยืนยันเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาท์พุทเป็นวงจรถ่ายเลข 3 สถานะ



รูป 3.6 แสดงโครงสร้างภายใน MT8870

ฟังก์ชันแสดงการทำงานภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

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



รูป 3.7 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

## 2. ภาคถอดความถี่ (decoder section)

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบความถี่นั้นว่าถูกต้องสัญญาณที่ขา Est (early steering) จะแอกทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น

F <sub>Low</sub>	F <sub>High</sub>	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตาราง 3.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

### 3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

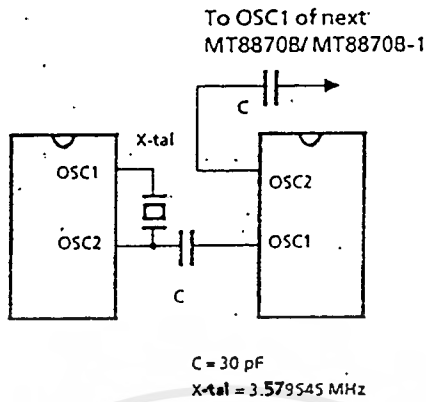
ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพิสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลานานเท่าไรสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น High ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุ ทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานดูได้จากแผนภูมิเวลา ( timing diagram )

### 4.ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

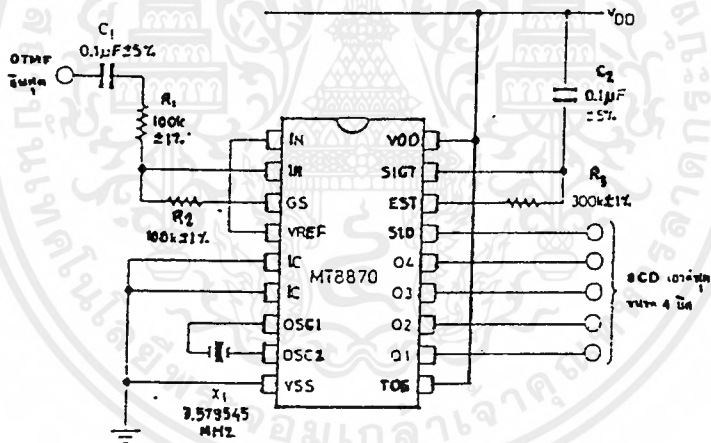
วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเข้าไปด้วย ซึ่งวงจรที่นำมาตอนนี้แล้วแต่ความต้องการ

### 5.ภาคกำเนิดความถี่ ( Oscillator )

ในภาคนี้ไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแค่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 Mhz ก็สามารถใช้งานได้ทันที

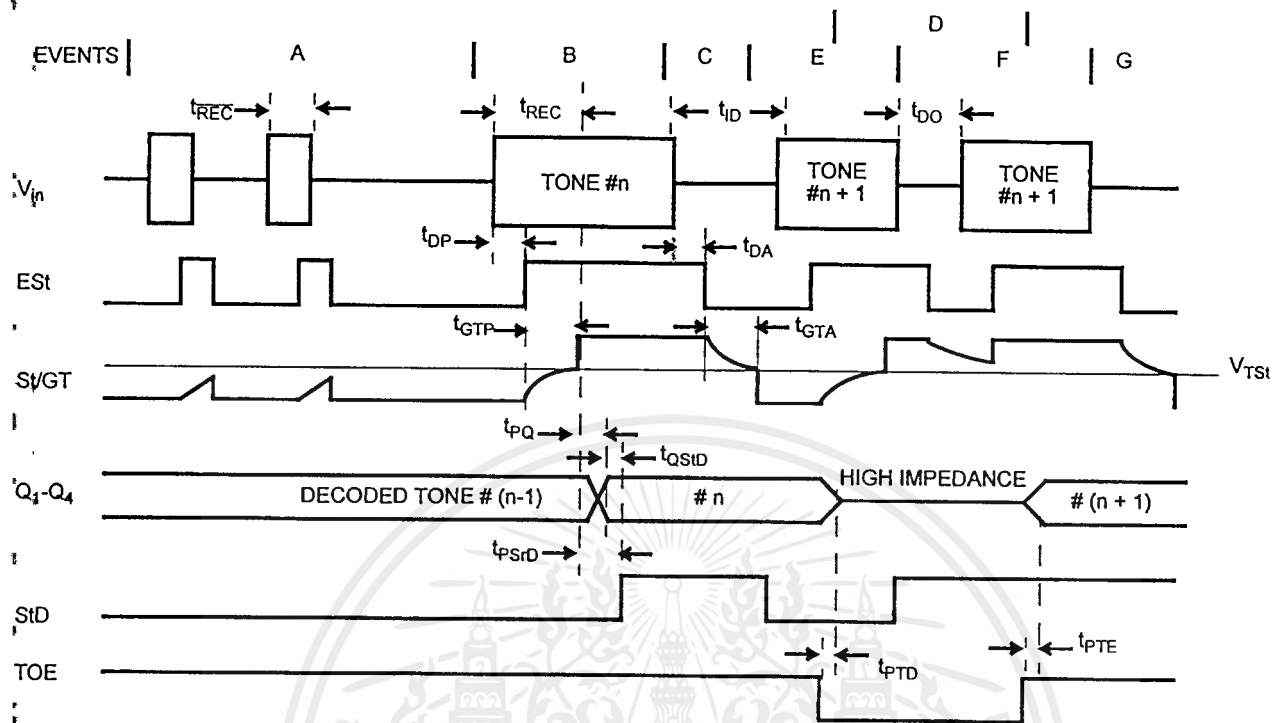


รูป 3.8 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่



รูป 3.9 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.10 แสดงแผนภูมิเวลา ( timing diagram ) ของ MT8870

### อธิบายการทำงาน

- A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอ้าท์พุทไม่เปลี่ยน
- B - ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีค่าเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ที่เอ้าท์พุท
- C - จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้องเอ้าท์พุทยังคงแลตซ์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่
- D - เอ้าท์พุทเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์
- E - ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้
- F - ความถี่ #n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้องเอ้าท์พุทยังคงแลตซ์อยู่
- G - จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอ้าท์พุทยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

### สัญลักษณ์

- Vin - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา
- Est - Early steering output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง
- St/GT - Steering input/Guard time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก
- Q1-Q4 - เอ้าท์พุท BCD ขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

StD	-Delayed Steering output ใช้แสดงค่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ
TOE	-Tone output enable (input) ใช้ควบคุม Q1-Q4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์
$t_{REC}$	-คาบเวลานานที่สุด ที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง
$t_{REC}$	-คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง
$t_{ID}$	-สัญญาณสั้นสุดสำหรับสัญญาณสำหรับ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
$t_{DO}$	-เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไป ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง
$t_{DP}$	-เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
$t_{DA}$	-เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
$t_{GTP}$	-การ์ดใหม่ของการปรากฏความถี่ DTMF
$t_{GTA}$	-การ์ดใหม่ของการหายไปของความถี่ DTMF

สำหรับ การ์ดใหม่ (Guard Time) หมายถึงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามาจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่า สัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือเรียกได้ว่าเวลาที่เรากำหนดได้โดย RC คือ การ์ดใหม่นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป

ข้อกำหนดต่าง ๆ ที่จำเป็นที่จะไม่ทำให้การถอดรหัสสัญญาณ DTMF เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งผู้ออกแบบวงจรจะต้องคำนึงถึงเสมอ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วงจรจะยังคงสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน 2 % และจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมากกว่า 3 % จากค่ามาตรฐาน ผ่านวงจรองความถี่ไปได้

2. วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อ ได้รับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

3. วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้องก็ต่อเมื่อ สัญญาณคิทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างกับสัญญาณคิทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้ เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

4. วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณคิทีเอ็มเอฟ ที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 เดซิเบล ได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง 2 ความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณคิทีเอ็มเอฟ มีแอมพลิจูดแตกต่างกันมากกว่า 6 เดซิเบล

5. วงจรออครหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลาไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูด หรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรออครหัส ก็ไม่ทำให้การออครหัสเกิดความผิดพลาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

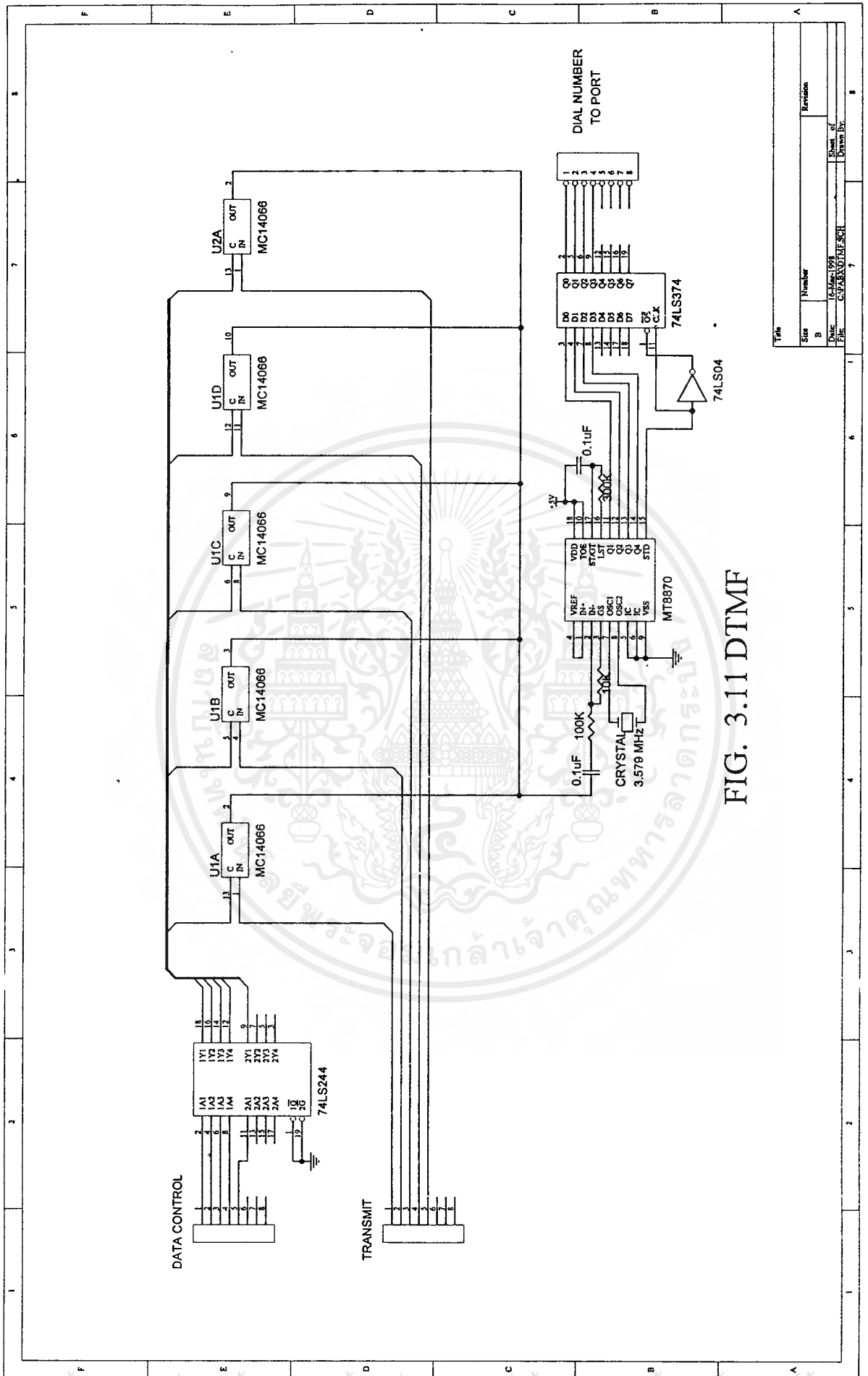


FIG. 3.1.1 DTMF

File	Size	Number	Revision
	B		
Date	12-Mar-1991		
File	C:\PAPER\DTMF.SCH		
Sheet of	7		
Drawn By			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนเว็บไซต์ด้านการศึกษา  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ส่วนสร้างสัญญาณของโทรศัพท์ ( Tone Generator )

วงจรผลิตสัญญาณเราใช้วงจรอะอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ( Astable Multivibrator ) ร่วมกับแอนเกท เป็นตัวผลิตสัญญาณทั้งหมดลักษณะของวงจรผลิตสัญญาณ

ลักษณะของสัญญาณต่าง ๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ มีดังนี้

1. สัญญาณให้หมุน ( Dial Tone ) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้โทรศัพท์ทราบว่าเครื่องชุมสายพร้อมแล้วที่จะให้ผู้โทรศัพท์กดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ ด้วยลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังต่อเนื่องกันตลอด

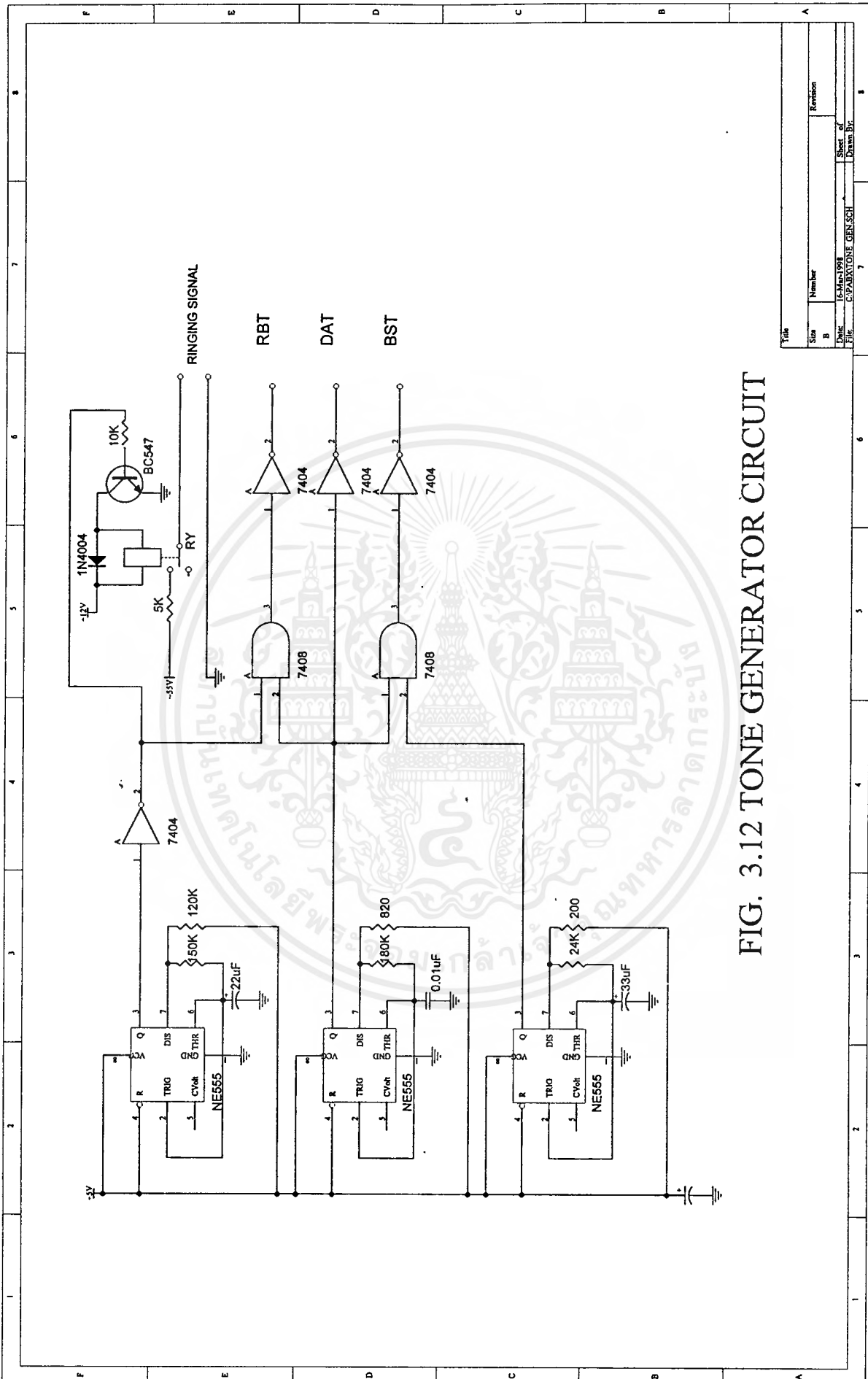
2. สัญญาณไม่ว่าง ( Busy Tone ) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งผู้ใช้โทรศัพท์แจ้งผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วย ให้ทราบว่าไม่สามารถจะติดต่อได้ ลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังและดับทุก ๆ 1 วินาที

3. สัญญาณเรียกกลับ ( Ringback Tone ) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้ว ให้ทราบว่าสามารถติดต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อได้ ลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังประมาณ 1 วินาทีและดับประมาณ 3 วินาที

4. สัญญาณเรียก ( Ringing Signal ) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายใน ทำให้กระดิ่งโทรศัพท์ดัง เพื่อแจ้งให้ทราบว่า มีผู้ต้องการติดต่อด้วยลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณไซน์ เวฟ ที่มีขนาดแอมพลิจูด 100 โวลท์ ความถี่ 50 Hz ดังและดับเป็นช่วง ๆ เหมือนและพร้อมกับสัญญาณเรียกกลับ

คำนวณส่วนที่จะสร้างสัญญาณโดย ไอซีไทมเมอร์ ( IC Timer ) สร้างเป็น ออสซิลเลเตอร์ ( Oscillator ) กำหนดสัญญาณที่มีความถี่ 400 Hz โดยความถี่ของสัญญาณคำนวณจาก

$$f = 1.44 / (R1 + 2R2) C$$



Title	CAPACITORS GENSET		
Size	Number	Revision	
B			
Date	16-March-1993	Sheet of	
File	E:\CAPACITORS GENSET	Drawn By	

FIG. 3.12 TONE GENERATOR CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ ( Tone Control )

ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์นี้ มีหน้าที่ในการเลือกสัญญาณโทรศัพท์ คือ สัญญาณไม่ว่าง ( Busy Tone ) , สัญญาณเรียก ( Ringing Signal ) , สัญญาณเรียกกลับ ( Ringback Tone ) ว่าจะให้สัญญาณใดผ่านเข้าไปยังส่วนสวิตช์ตัดต่อสัญญาณซึ่งการทำการควบคุมนี้จะได้รับคำสั่งมาจากพอร์ตของส่วนควบคุมระบบซึ่งจะเป็นสัญญาณ “0” หรือ “1” ในกรณีที่เป็นสัญญาณ “1” ก็จะยอมให้สัญญาณผ่านไปได้ แต่เมื่อเป็นสัญญาณ “0” ก็จะไม่ยอมให้สัญญาณผ่าน

วงจรส่วนนี้จะประกอบไปด้วย ไอซีเบอร์ 4066 เป็นอนาลอกสวิตช์ ซึ่งจะมีอินพุตเป็นสัญญาณ โทรศัพท์ต่าง ๆ และ เอาท์พุตต่อกับส่วนตัดต่อ ส่วนสัญญาณที่มาจากพอร์ตแต่ละบิตจะมาเข้าขาของอนาลอกสวิตช์ตรงช่องของสัญญาณ



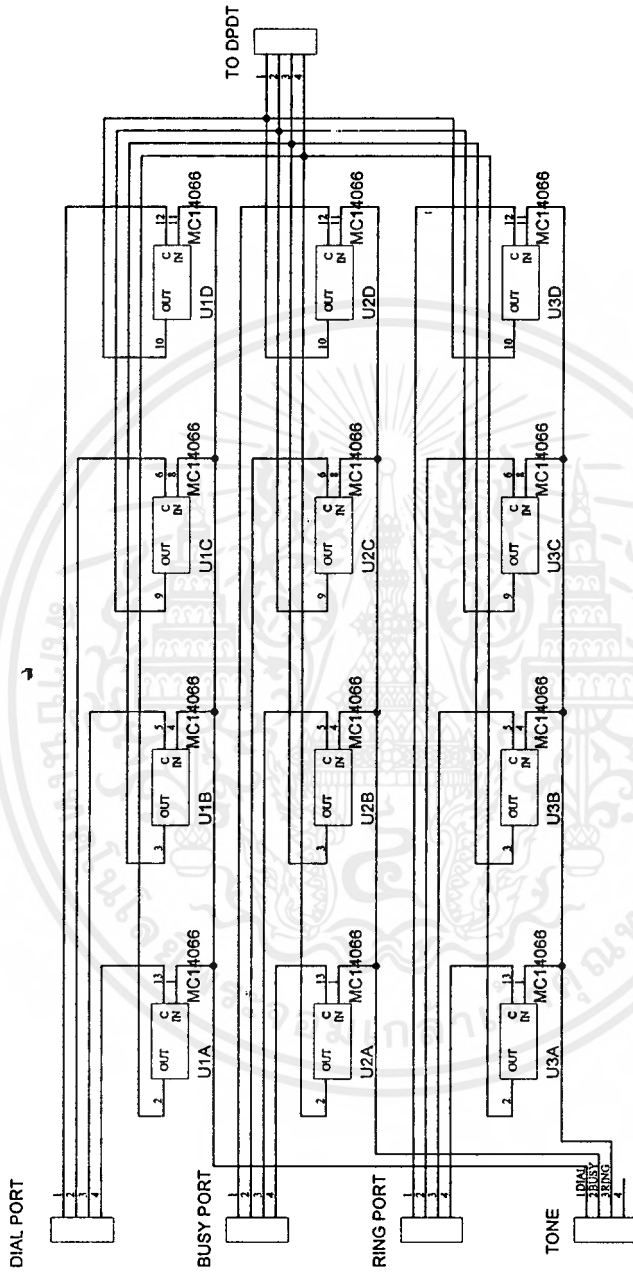


FIG. 3.13 TONE CONTROL

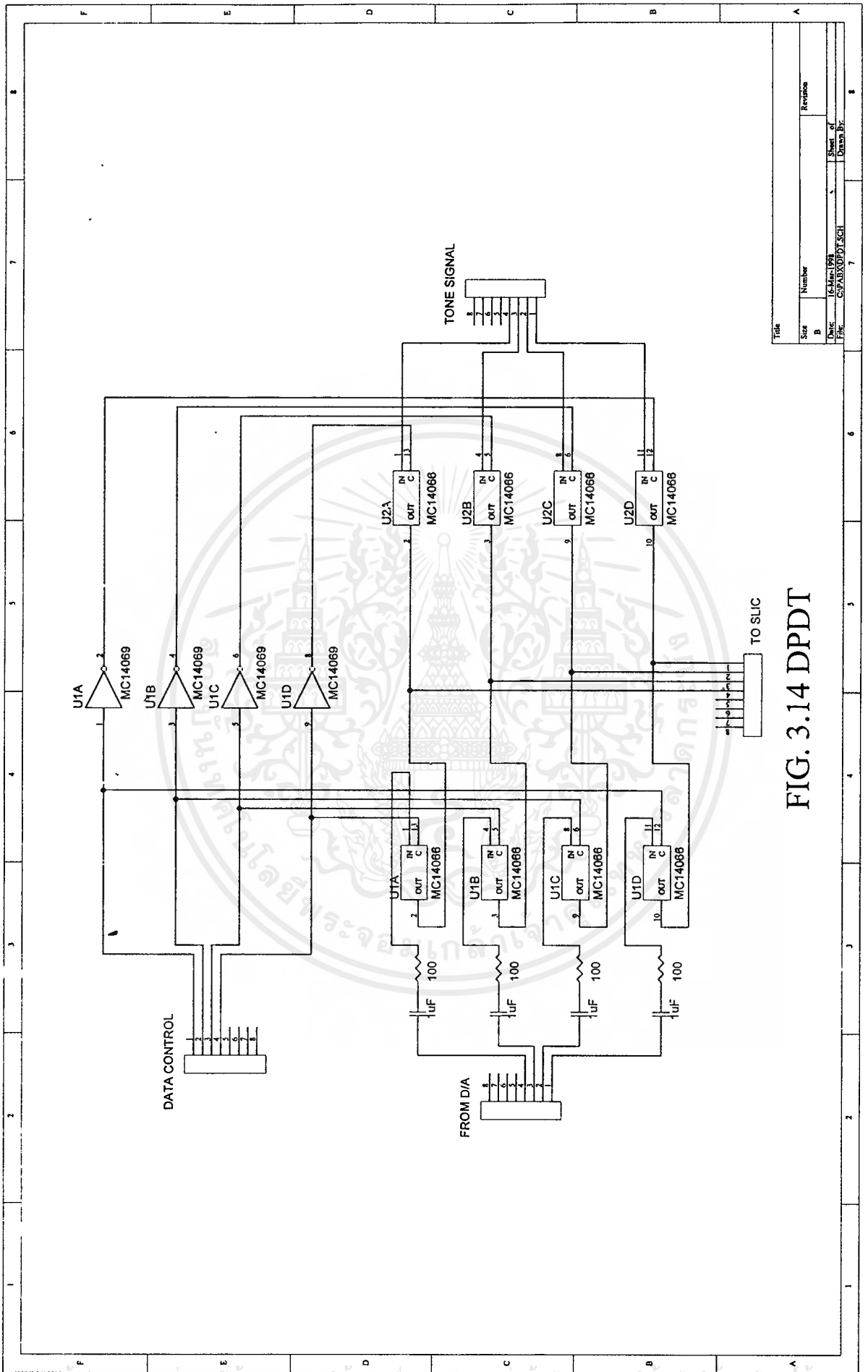
Title		Revision	
Size	Number		
B			
Date: 16-Mar-1978		Sheet of	
File: C:\LAB\TONE CONTROL		Drawn By:	

### 3.6 ส่วนสวิทช์ตัดต่อ ( DPDT )

ส่วนสวิทช์ตัดต่อนี้ มีหน้าที่ในการเลือกสัญญาณระหว่างสัญญาณเสียงซึ่งมาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก กับสัญญาณโทรศัพท์ซึ่งมาจากส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ สัญญาณที่สวิทช์ตัดต่อจะผ่านไปยังวงจรส่วนติดต่อกู่สายโทรศัพท์ภายใน

วงจรในส่วนนี้จะประกอบด้วยไอซีที่สำคัญคือ ไอซีเบอร์ 4066 และ 4069 โดยไอซี 4066 จะเป็นสวิทช์อนาลอกคอยตัดต่อสัญญาณให้ผ่านหรือไม่ผ่าน ส่วนไอซี 4069 จะเป็น อินเวอร์เตอร์ สัญญาณควบคุมการตัดต่อจะมาจากพอร์ทจากวงจรควบคุมระบบ โดยเมื่อสัญญาณเป็น “1” จะทำการตัดต่อให้สัญญาณผ่านไปยังวงจรส่วนติดต่อกู่สายโทรศัพท์ภายในได้ แต่เมื่อเป็น “0” จะยอมให้สัญญาณโทรศัพท์ผ่านเข้าไปแทน





Title	Number	Revision
Size	B	
Date	16-Mar-1998	Sheet of
File	C:\PAB\DPDT.TECH	Drawn By

FIG. 3.14 DPDT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 ส่วนติดต่อกู่สายโทรศัพท์ภายใน ( SLIC )

ในวงจรส่วนเชื่อมต่อกู่สายโทรศัพท์ภายในระบบชุมสายย่อย ใช้ไอซีเบอร์ MC3419 - 1L โดยสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานของวงจรในส่วนนี้ได้เป็นดังนี้

1. เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณ 2 สาย ( 2 Wire Differential ) ในส่วนของเครื่องผู้ใช้เป็น 4 สาย ( 4 Wire Single End ) เป็นวงจรประเภทไฮบริด ( Hybrid Circuit ) เพื่อนำเอาสัญญาณ 4 สายมาใช้ติดต่อกัน ภายในระบบเป็นแบบส่งสัญญาณระหว่างวงจรสองทิศทางในเวลาเดียวกัน ( Full Duplex ) -ซึ่งในไอซีเบอร์นี้มีวงจรอยู่แล้ว เพียงแต่ต่ออุปกรณ์ภายนอกอีกเล็กน้อยก็จะได้วงจรไฮบริดอย่างสมบูรณ์ โดยค่าทรานส์ไฮบริด ทรานส์มิสชันเกน ( Transhybrid Transmission Gain ) สำหรับการรับส่งสัญญาณสามารถเพิ่มหรือลดสัญญาณเข้ามา โดยการปรับ Rx ( Transhybrid Reception Gain Resistance ) และปรับสัญญาณที่ส่งออกโดยปรับ Rtx ( Transhybrid Transmission Resistance ) ที่ขา Rxi และ Txo ตามลำดับ

2. เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับกู่สายโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นเพื่อใช้งาน โดยกระแสจะถูกขับโดย ทรานซิสเตอร์คาร์ลิงตัน ( Darlington Transistor ) ที่ต่ออยู่กับขา EP,BP,BN,EN

นอกจากนี้ไอซีตัวนี้ยังแสดงสถานะการยกหูเป็นลอจิกให้รับทราบได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกกับขา HBO สถานะที่แสดงคือ

+ เมื่อหูโทรศัพท์วางอยู่สถานะฮุก ( Hook Status ) จะมีค่าลอจิกเป็น “1” มีแรงดันตกคร่อมกู่สายประมาณ 48 โวลท์

- เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นสถานะฮุก จะมีค่าลอจิกเป็น “0” มีแรงดันตกคร่อมกู่สายประมาณ 12 โวลท์

สำหรับการส่งสัญญาณเรียก ( Ringing Signal ) ไปยังเครื่องโทรศัพท์สามารถทำได้โดยผ่านแอนเกท กล่าวคือเมื่อลอจิกที่จุดริงกิงเอนเอเบิล ( Ringing Enable ) และที่จุดเอาต์พุทของสถานะฮุก ( Hook Status Output ) เป็น “1” จะส่งสัญญาณเรียก

- ถ้าให้ลอจิก “1” ที่ Ringing Enable สัญญาณเรียกจะผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์

- ถ้าให้ลอจิก “0” สัญญาณเรียกจะผ่านไม่ไปเครื่องไม่ได้ สัญญาณเรียกจากส่วนสร้างสัญญาณจะป้อนเข้าที่จุด Ringing Gen

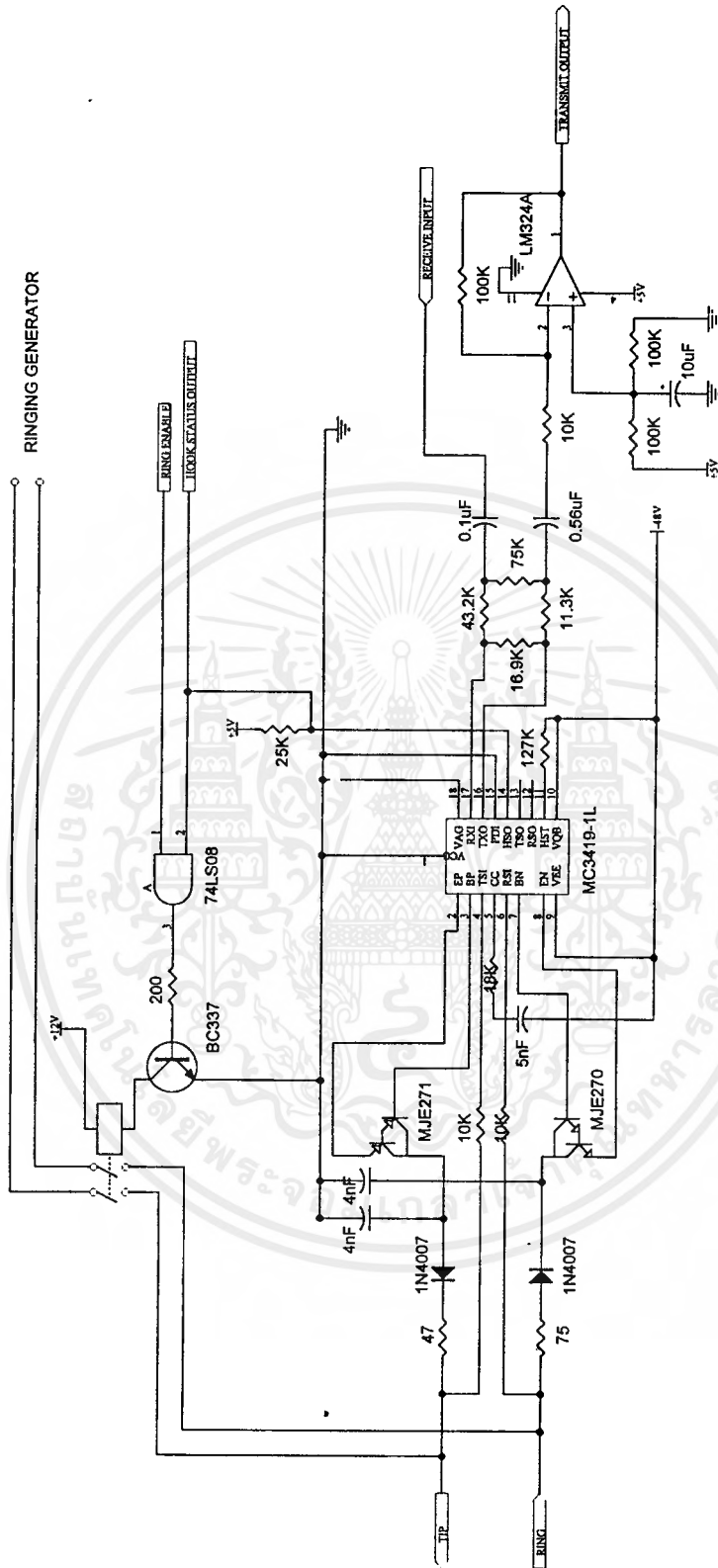


FIG. 3.15 SUBSCRIBER LOOP INTERFACE CIRCUIT

Title			
Size	Number	Revision	
B			
Date:	6-Mar-1981	Sheet	of
File:	CP2ABXSLC-5CH	Drawn By:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 ส่วนสปีชพาท ( Speech Path )

เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมในการติดต่อ เพื่อให้โทรศัพท์สามารถคุยกับโทรศัพท์เครื่องอื่น ๆ ได้อาศัยการควบคุมโดยการเขียนข้อมูลผ่านแรมคอนโทรลสปีชพาท ส่วน Speech Path ใน PABX นี้ใช้วิธี การแบ่งสัญญาณตามหลักการ TDM ( Time Division Multiplex ) และนำไปผ่าน วงจร A/D เพื่อแปลงคำพูดที่เป็นอนาลอกให้เป็นดิจิตอลแล้วคงค่าไว้ที่ส่วนบัฟเฟอร์ ( Buffer ) แล้วรอกการควบคุมจากแรม เมื่ออ่านข้อมูลจากแรมแล้วให้เปิดบัฟเฟอร์นั้น ก็จะผ่านสัญญาณซึ่งเป็นดิจิตอลแปลงกลับให้เป็นอนาลอกอีกครั้ง เพื่อส่งให้กับ SLIC โทรศัพท์ต่อไป

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ส่วนนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ส่วน คือ

#### 1. ส่วนเคาน์เตอร์และมัลติเพลกเซอร์ ( Counter and Multiplexer )

เป็นส่วนที่สร้างความถี่ที่คงที่ เพื่ออ่านข้อมูลจากแรมและมัลติเพลกสัญญาณให้ซิงโครไนส์ ( Synchronize ) กัน และควบคุมการคอนเวิร์ตข้อมูล ( Convert Data ) ของส่วน A/D ด้วยสัญญาณเสียงจะผ่านเข้าทางมัลติเพลกเซอร์ ( 4067 ) ซึ่งมีทั้งหมด 16 ช่องสัญญาณ กำหนดความเร็วของสัญญาณนาฬิกา ( Clock ) โดยคำนวณจากช่วงกว้างความถี่ ( Bandwidth ) เสียงในโทรศัพท์ 4 กิโลเฮิร์ต แซมปลิง ( Sampling ) 7 เท่า 28 กิโลเฮิร์ต ดังนั้น 1 คาบสัญญาณจึงเป็น 35.71 ไมโครวินาที แบ่งเป็น 5 ช่อง จึงต้องมีความถี่เป็น 140 กิโลเฮิร์ต

#### 2. ส่วน A/D ( Analog to Digital Converter )

จะแปลงสัญญาณที่ผ่านจากมัลติเพลกเซอร์ ( MUX ) แปลงเป็นดิจิตอล 7 บิต โดยใช้ CA3306 ซึ่งเป็น A/D แบบ 6 บิต 2 ตัวต่อคาสเคด ( Cascade ) กัน อาศัยคล็อกที่เป็นคอนเวอร์ชันไทม์ ( Conversion Time ) 300 กิโลเฮิร์ต

ทำให้สัญญาณที่ได้ขณะนี้ เป็นดิจิตอลซึ่งถูกแบ่งตามเวลา ซึ่งค่านี้จะถูกคงค่าไว้ในบัส ( Bus ) ในช่วงเวลานั้น ๆ โดย 74LS374 ทำหน้าที่คงค่าข้อมูลไว้

#### 3. ส่วน D/A ( Digital to Analog Converter )

สัญญาณดิจิตอลที่ถูกคงค่าไว้ จะถูกนำไปควบคุมการเปิดเกทโดยแรมคอนโทรลสปีชพาท ( RAM Control Speech Path ) ควบคุมการ Enable Latch ตัวใด ๆ ให้ตรงกันในช่วงสัญญาณ D/A นี้จะทำการแปลงสัญญาณที่เป็นดิจิตอลให้กลับเป็นอนาลอกโดยใช้ไอซีเบอร์ DAC0808 ต่อเข้าไปในแต่ละช่องสัญญาณ ส่งสัญญาณอนาลอกให้กับโทรศัพท์ต่อไป

#### 4. ส่วนเขียนแรมคอนโทรลสปีชพาท และ อินเตอร์เฟซ กับ เอ็มซีเอส 51 ( RAM Control Speech Path and Interface with MCS - 51 )

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ดีโคดแอดเดรส ( Decode Address ) ในส่วนของดาต้าเมโมรี่ ( Data Memory ) ของเอ็มซีเอส 51 ขณะที่เขียนข้อมูลที่ใช้เชื่อมต่อโทรศัพท์ในแรม 6116

ส่วนในเวลาที่ไม่เขียนข้อมูลลงในแรม จะใช้สัญญาณจากเคาน์เตอร์มาควบคุมการอ่านข้อมูลออกจากแรม ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นจะนำไปควบคุมการ Enable Latch ในส่วนของ D/A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

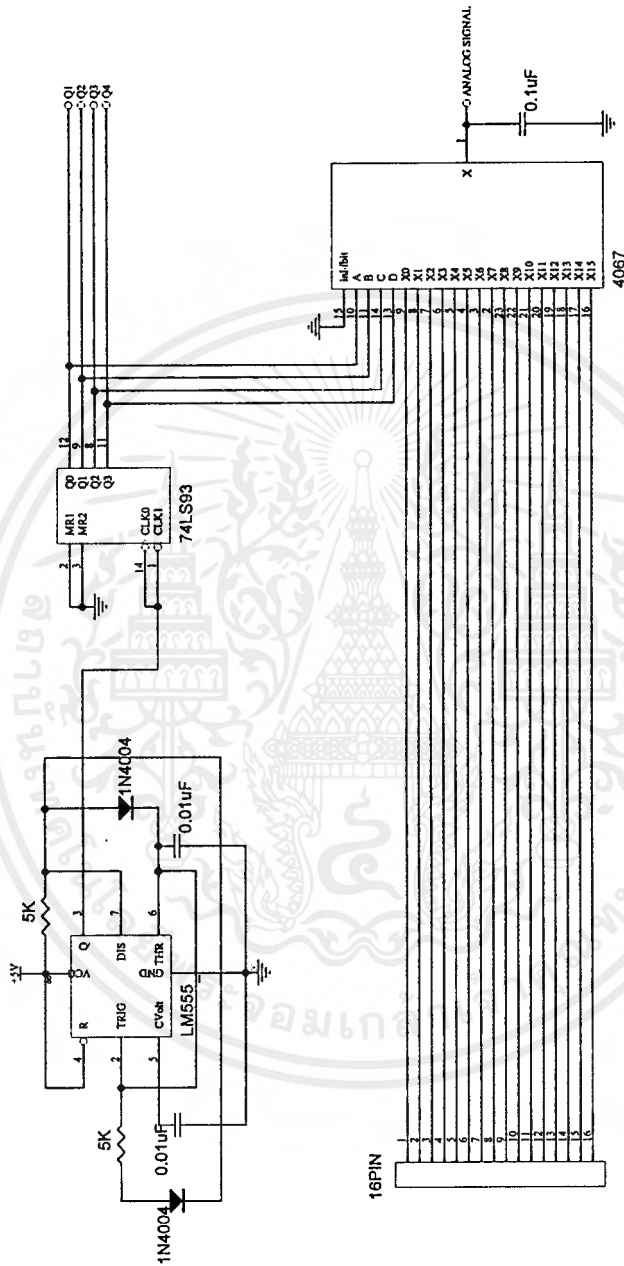


FIG. 3.16 COUNTER & MULTIPLEXER

Title	Number	Revision
Size	B	
Date	[6-Mar-1994]	Sheet of
File	C:\PDX\COUNT_MU.SCH	Drawn By

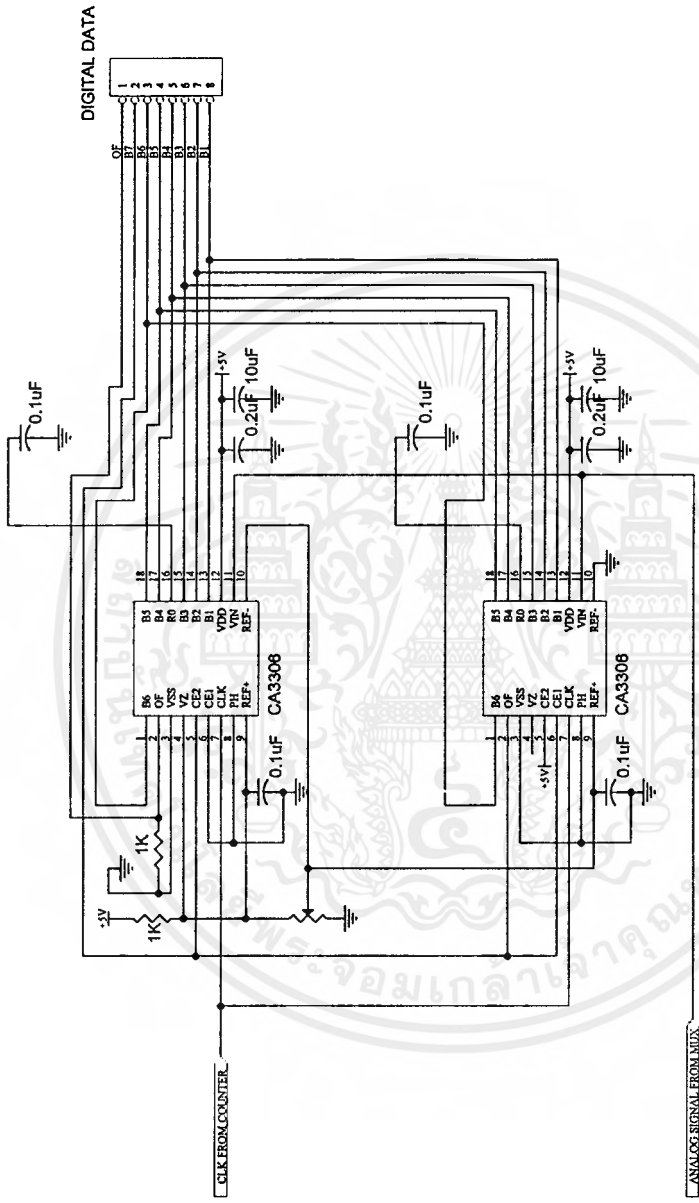


FIG. 3.17 ANALOG TO DIGITAL 7 BIT CONVERTER

Title			
Size	Number	Revision	
B			
Date	16-Mar-1993	Sheet of	
File	C:\FAB\1001-1SCH	Drawn By	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

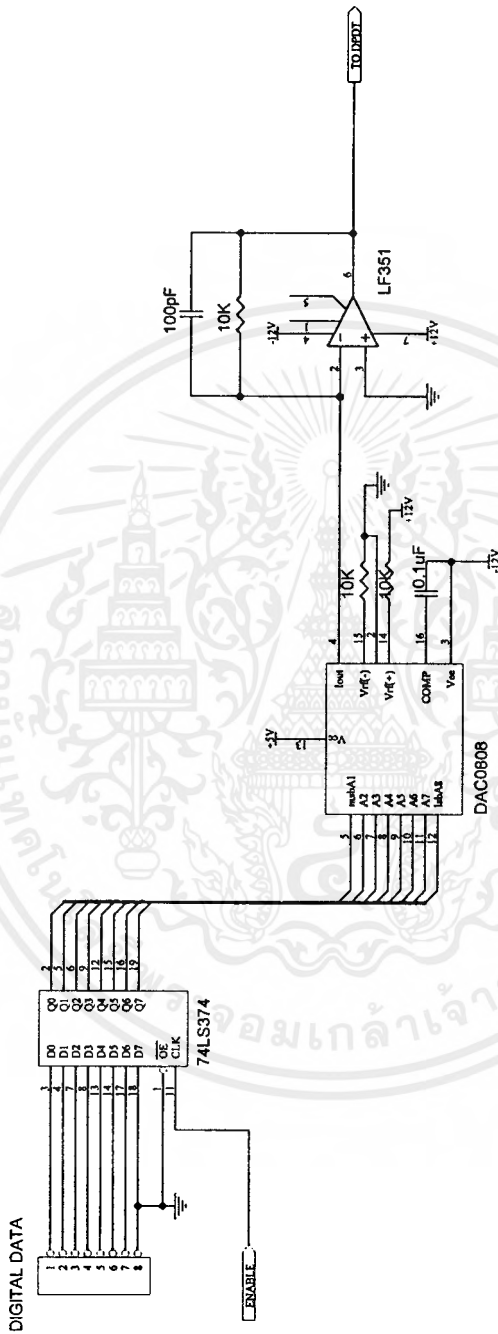


FIG. 3.18 LATCH & DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

Title			
Size	Number	Revision	
B			
Date	Checked By	Drawn By	Sheet of
18/03/2014	SC1		7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

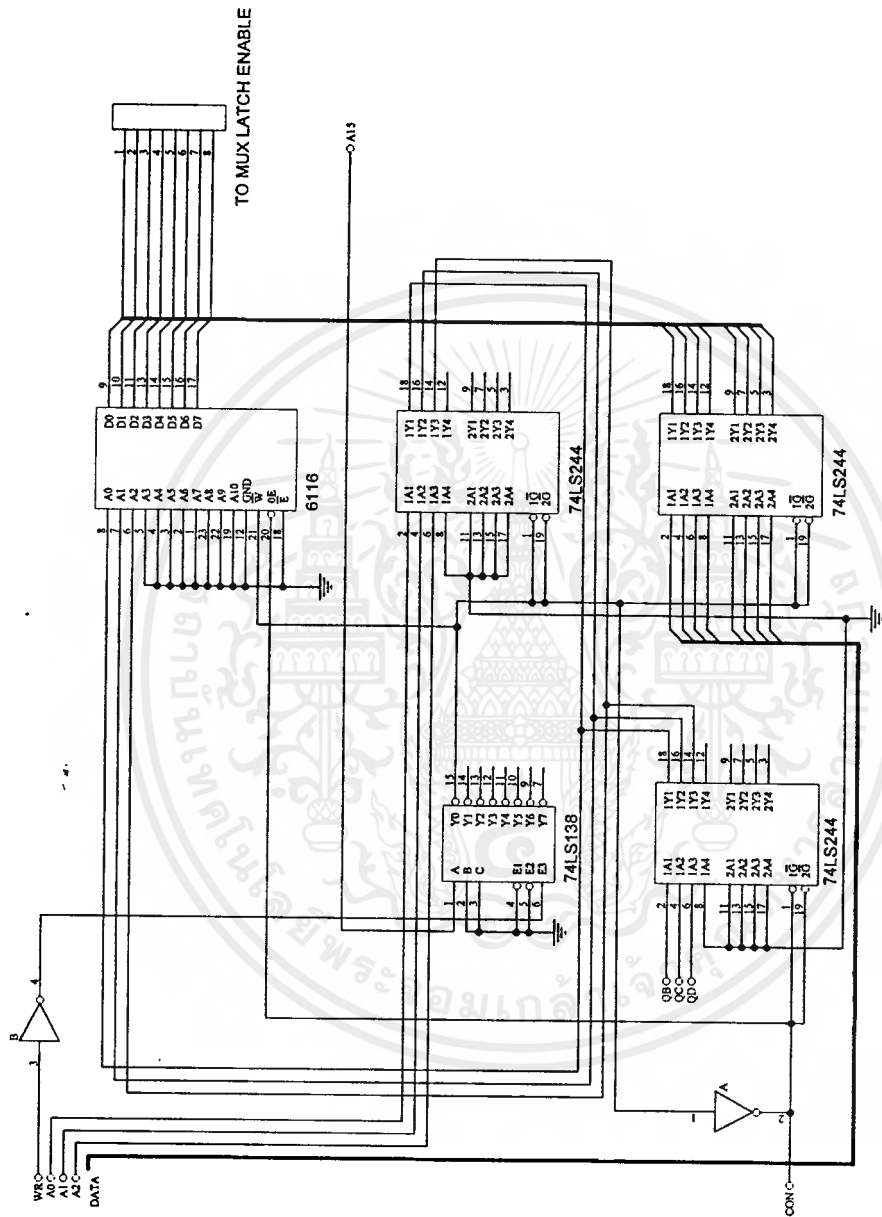


FIG. 3.19 RAM SPEECH PATH

Title	
Size	Number
B	Revision
Drawn	Checked
File	Sheet of
COXRAMSCH	Pages 8

### 3.9 คอนโทรลบอร์ด เอ็มซีเอส 51 ( Control Board MCS-51 )

ส่วนนี้เป็นหัวใจในการควบคุมทั้งหมดใน PABX ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 เป็นตัวควบคุม และเขียนข้อมูลออกพอร์ต โดยผ่านทาง 8255 จำนวน 3 ตัว แบ่งออกเป็น 7 พอร์ต คือ สัญญาณให้หมุน , สัญญาณเรียกกลับ , สัญญาณไม่ว่าง , สัญญาณเรียก , สถานะการยกหู , สวิตช์ตัดต่อ และสวิตช์ควบคุมการรับค่าหมายเลข รับค่าการกดหมายเลขผ่านพอร์ต 1 ของ 8031 และเขียนข้อมูลลง แรมคอนโทรล สปีซพาท ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูล





## บทที่ 4

### รายละเอียดทางโปรแกรม

#### 4.1 หลักการทำงานของโปรแกรม

##### 1. หลักการทำงานของโปรแกรมหลัก

การทำงานจะเริ่มจากการเซ็ทค่าเริ่มต้นของโปรแกรมคือ การเซ็ทพอร์ทควบคุมของ 8255 ทำการเคลียร์ค่าที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ที่ใช้ทั้งหมด และค่าของพอร์ท 1 ที่รับค่าตัวเลขที่เกิดจากการกดปุ่ม พอร์ททุกพอร์ทที่เป็นเอาต์พุตพอร์ท ( Dial , Busy , Ringback , Ringenable , Hook , DPDT ) และเคลียร์แรมคอนโทรลสปีชพาท

##### 2. โปรแกรมตรวจสอบการยกหู

เป็นโปรแกรมที่ตรวจสอบการยกหูของโทรศัพท์ทุกเครื่องว่ามีการยกหูเพิ่มขึ้นหรือวางหูหรือไม่ โดยทำการสแกนสถานะสุค ซึ่งเป็นค่าที่บอกให้ PABX เริ่มการทำงาน และทำการแปลงเลขเครื่องให้เป็นเลขฐานสอง แล้วจัดเก็บค่าในรีจิสเตอร์

##### 3. โปรแกรมส่งสัญญาณให้กดหมายเลข

เป็นโปรแกรมที่ใช้ส่งค่าไดอัลออกพอร์ท โดยทำการตรวจสอบค่าจากรีจิสเตอร์ของเครื่องที่มีการยกสายเพื่อโทรออก แล้วทำการเก็บเลขเครื่องที่จ่ายสัญญาณไดอัลในรีจิสเตอร์

##### 4. โปรแกรมรับหมายเลขโทรศัพท์

เป็นโปรแกรมที่ใช้รับหมายเลขโทรศัพท์และแปลงหมายเลขให้เป็นเลขฐานสอง ซึ่งจะหมายถึงหมายเลขเครื่อง

##### 5. โปรแกรมส่งสัญญาณที่ใช้ติดต่อโทรศัพท์

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการส่งสัญญาณต่าง ๆ ให้กับเครื่องโทรศัพท์เพื่อบอกสถานะการติดต่อ

##### 6. โปรแกรมเขียนข้อมูลลงในแรมคอนโทรลสปีชพาท

เป็นโปรแกรมที่จะนำหมายเลขเครื่องที่ยกหู และเครื่องที่จะติดต่อให้สามารถพูดคุยกันได้ ผ่านสปีชพาทโดยข้อมูลที่เขียนลงในแรมจะเป็นช่อง 8 ไบท์แรก และเมื่อต้องการให้เครื่องใดคุยกับเครื่องใดก็เคลียร์บิทนั้นให้เป็นศูนย์

ADDRESS	BYTE	LSB	MSB						
		0	1	2	3	4	5	6	7
000	0	1	1	1	1	1	1	1	1
001	1	1	1	1	1	1	0	1	
010	2	1	1	1	1	1	1	1	
011	3	1	1	1	1	1	1	1	
100	4	1	1	1	1	1	1	1	
101	5	1	1	1	1	1	1	1	
110	6	1	0	1	1	1	1	1	
111	7	1	1	1	1	1	1	1	

ตาราง 4.1 แสดงข้อมูล 8 ไบท์แรกในแรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROGRAM

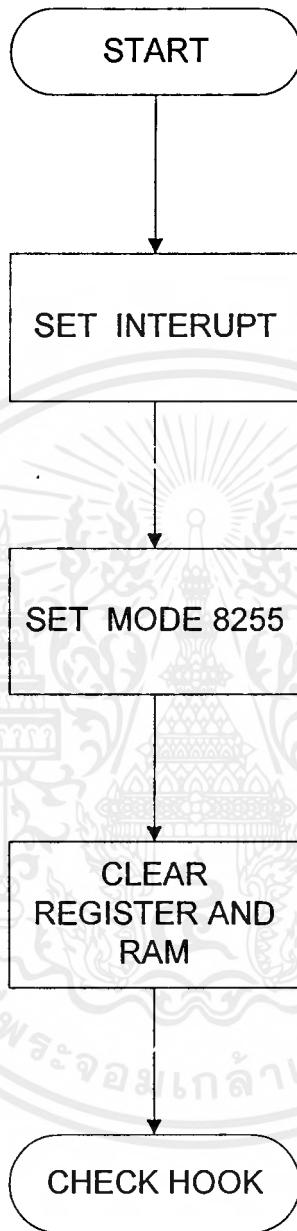


FIGURE 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHECK HOOK

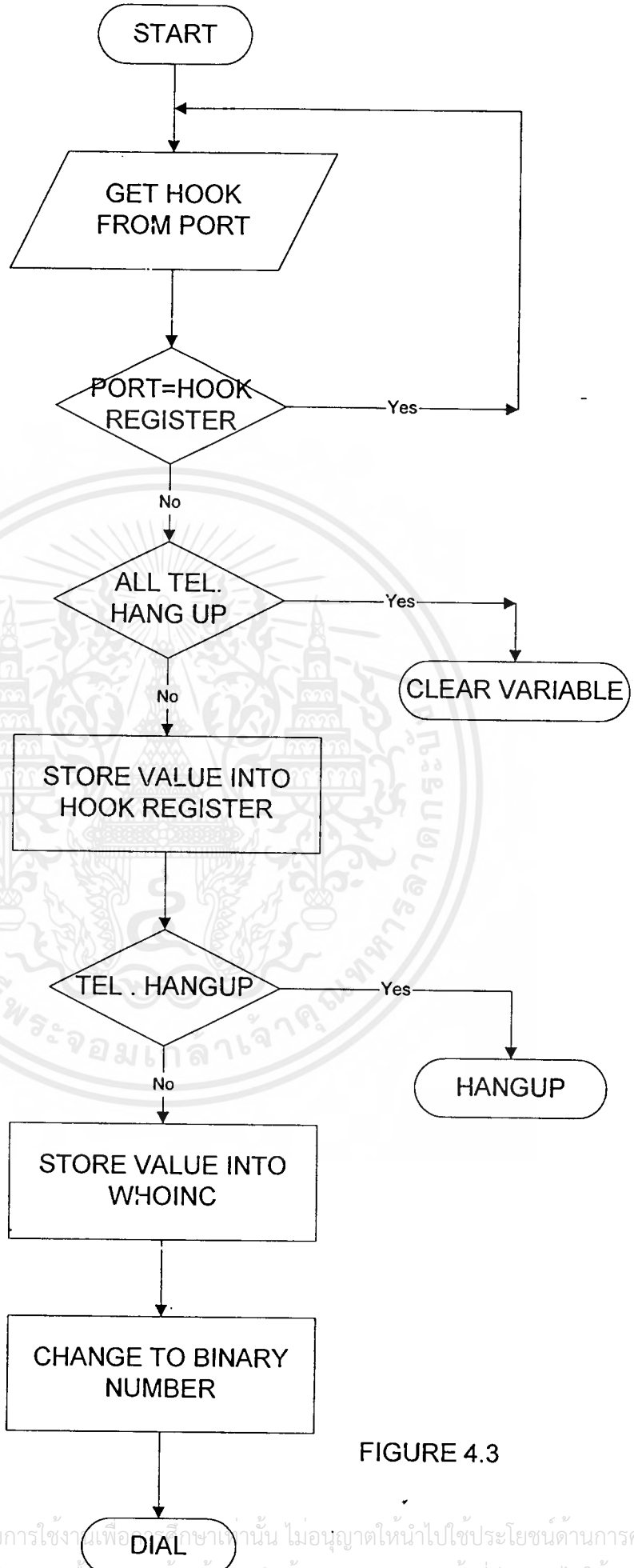


FIGURE 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและห้องข้อมูลถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DIAL

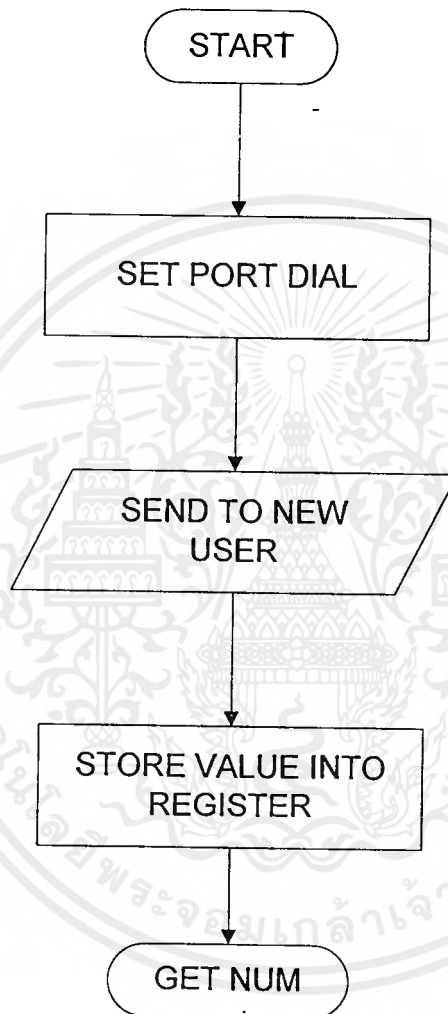
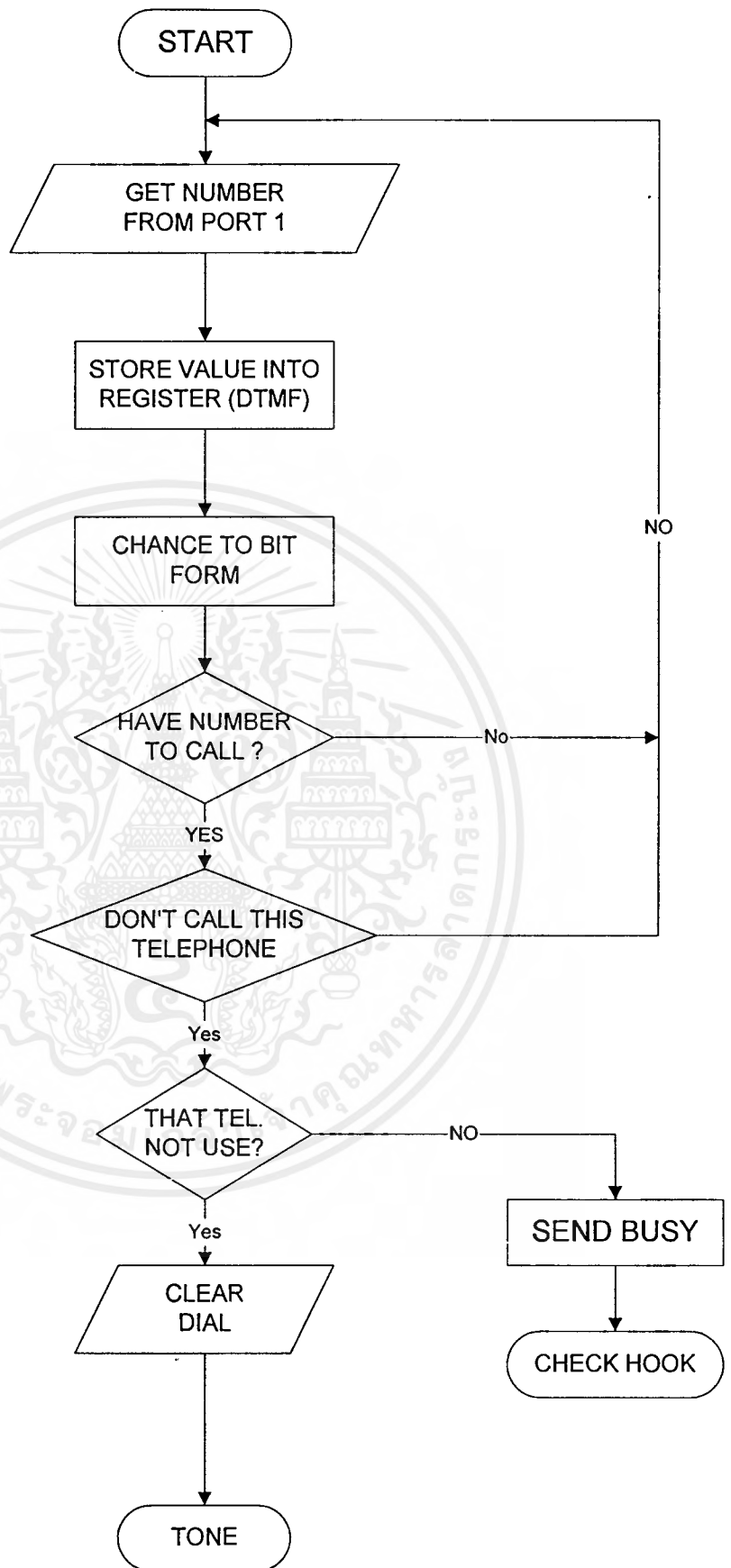


FIGURE 4.4

## GET NUMBER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ **FIGURE 4.5** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TONE:

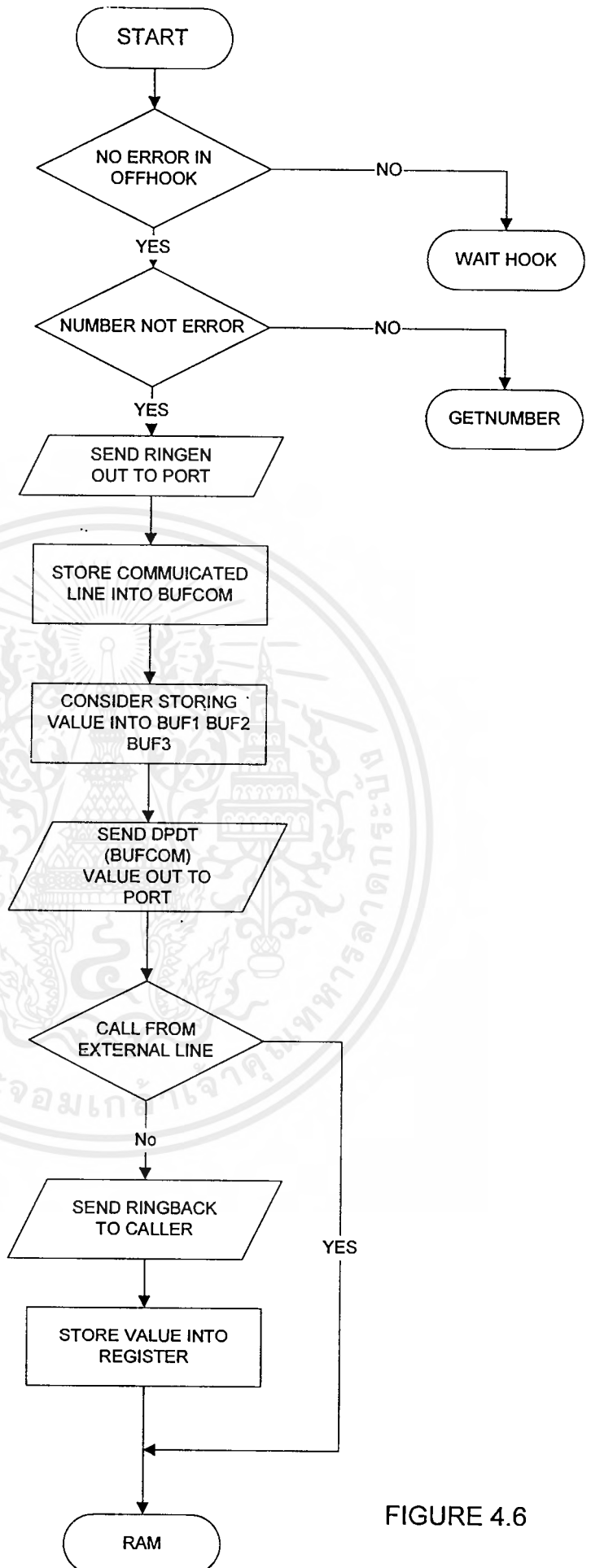
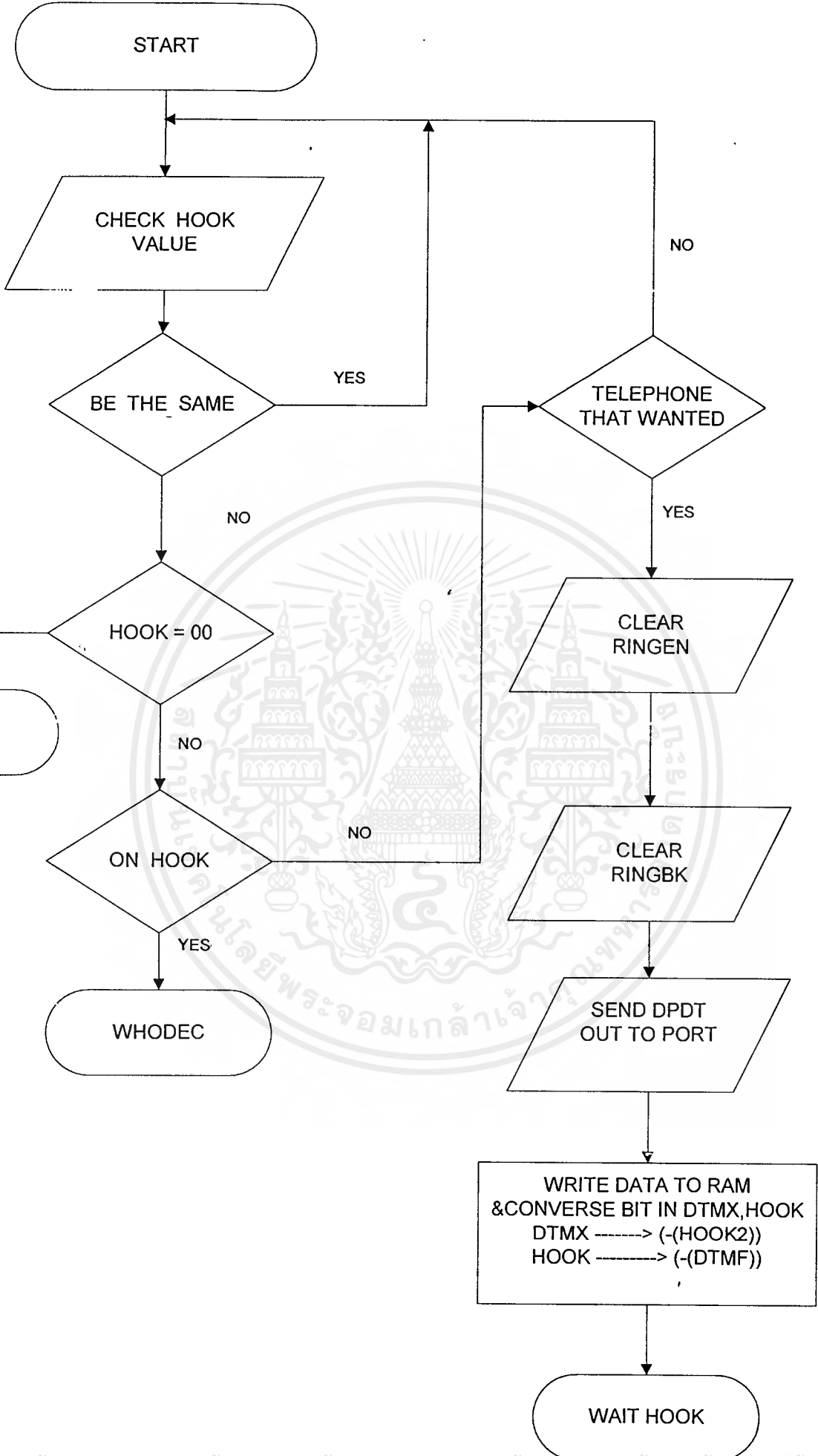


FIGURE 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

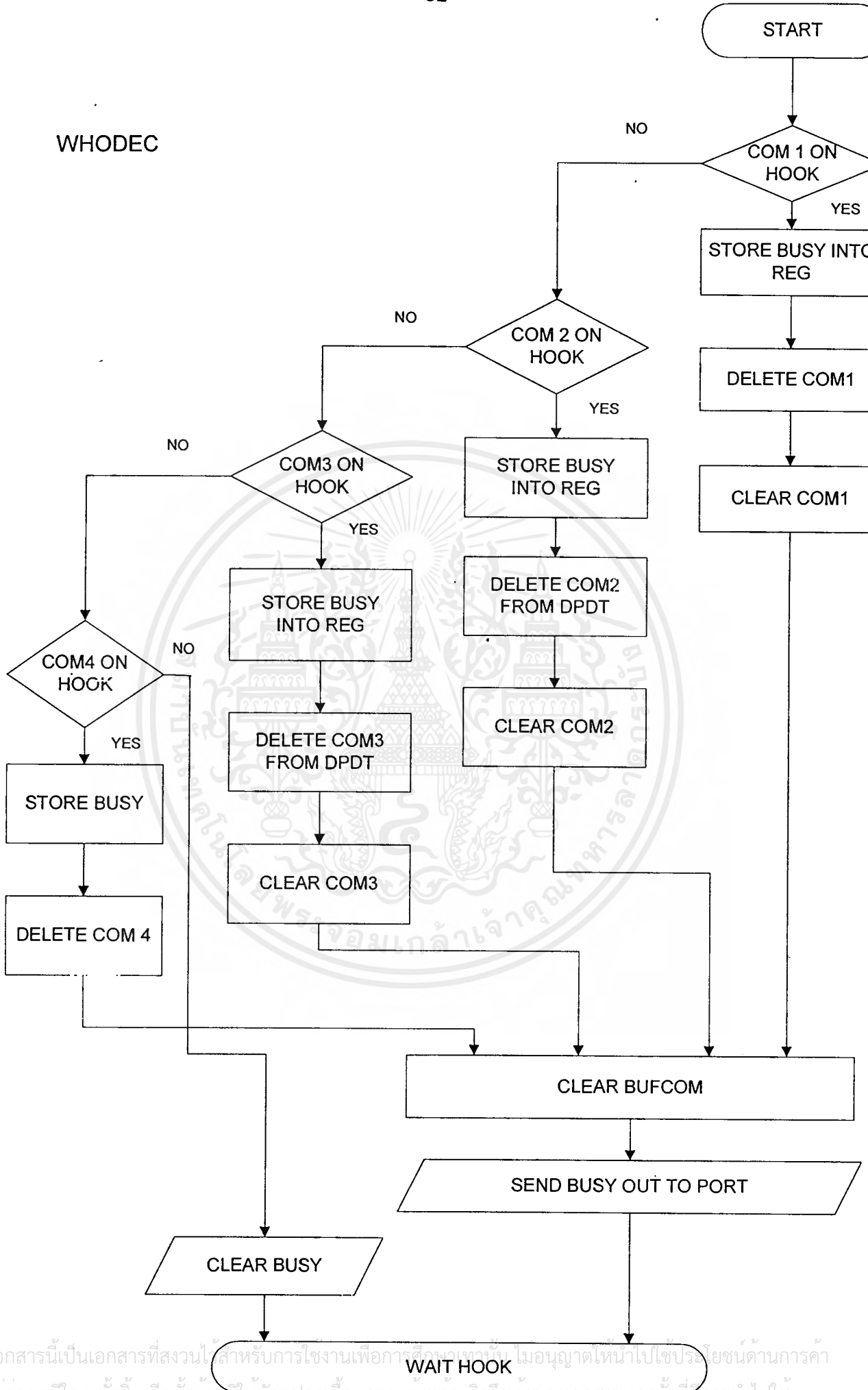
AM :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FIGURE 4.7**

WHODEC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 4.8

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและสรุปผล

#### ผลการทดลอง

##### 1. ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกของโทรศัพท์ ( Detect Ringing )

สามารถตรวจจับได้ โดยเมื่อมีการเรียกเข้ามาจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ และจะส่งค่าลอจิก 0 ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นการบอกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่า มีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามา

##### 2. ส่วนควบคุมรีเลย์ ( Relay Control )

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่า มีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามา รีเลย์จะสามารถทำหน้าที่สับสวิทช์ไปที่ส่วนติดต่อคู่สายภายนอกได้

##### 3. ส่วนติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายนอก ( External line )

สามารถส่งสัญญาณเสียงออกไปได้ แต่เนื่องจากสัญญาณทางด้านส่งมีขนาดต่ำ จึงต้องมีการใช้ออปแอมป์ในการขยายสัญญาณ ส่วนทางด้านรับใช้การได้ดี

##### 4. ส่วนถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ระบบ DTMF

ในช่วงของการทดลองบนโปรโตบอร์ดเกิดสัญญาณรบกวนเล็กน้อย ซึ่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการถอดรหัสในบางหมายเลข แต่เมื่อทดสอบในแผ่นลายวงจรที่ใช้งานจริง สามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้องทุกหมายเลข

##### 5. ส่วนสร้างสัญญาณของโทรศัพท์ ( Tone Generator )

ในส่วนนี้สามารถทำให้เกิดสัญญาณความถี่ของแต่ละสัญญาณตามต้องการ และมีเสียงชัดเจน

##### 6. ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ ( Tone Control )

สามารถใช้งานได้ดีให้ผลของสัญญาณที่ออกมาเป็นสัญญาณเดิม แต่เกิดสัญญาณรบกวนเล็กน้อย

##### 7. ส่วนสวิทช์ตัดต่อ ( DPDT )

สามารถใช้งานได้ดี โดยเลือกสัญญาณระหว่าง สัญญาณเสียง และ สัญญาณโทรศัพท์ได้ โดยการควบคุมลอจิกของวงจร

##### 8. ส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน ( SLIC )

สามารถรับและส่งสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ได้ และสามารถตรวจสอบสถานะการยก  
และวางหูได้ดี

#### 9. ส่วนสปีชพาท ( Speech Path )

เมื่อวัดสัญญาณที่ออกมาหลังจากผ่านวงจรส่วนเกนเนอร์และมัลติเพลกเซอร์, ส่วน A/D,  
ส่วน D/A เสียงที่ผ่านออกมาสามารถได้ยินชัดเจน แต่มีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย

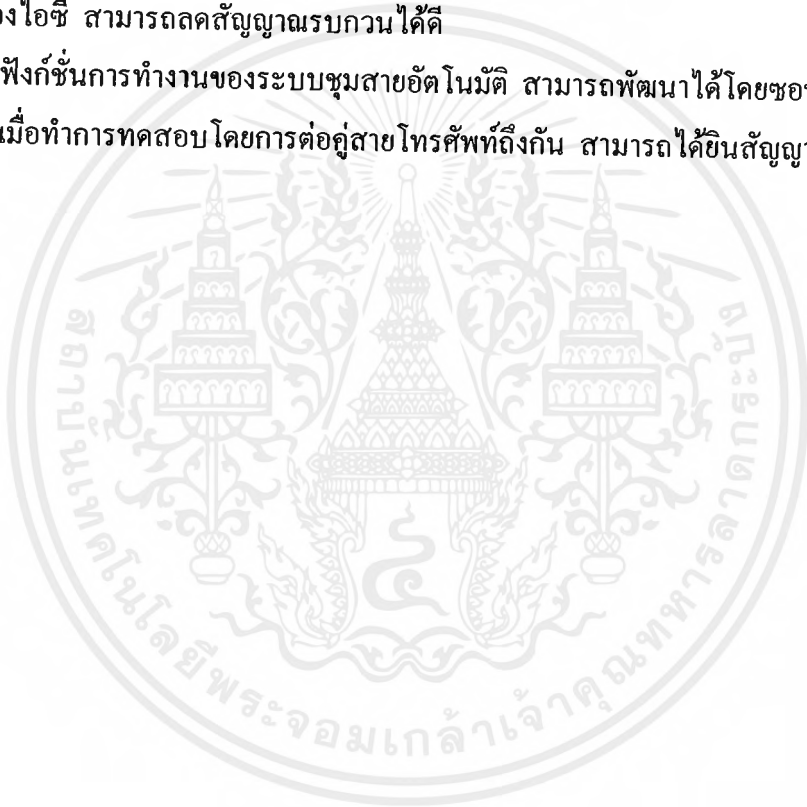
#### 10. ส่วนซอฟต์แวร์

สามารถควบคุมการทำงานของวงจรทุกส่วนได้ดี



## บทสรุปและวิจารณ์

1. เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ใช้ระบบทางผ่านเสียงสัญญาณสปีซพาทเป็นระบบดิจิทัล ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพหรือขยายเลขหมายได้ง่ายกว่า โดยอาศัยเพียงแค่ส่วนเชื่อมต่อเพิ่มขึ้น
2. สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของวงจรทำให้คุณภาพของสัญญาณเสียงลดลง
3. เมื่อทำการแยกกราวด์ อนุลือกและดิจิทัลออกจากกันและนำตัวเก็บประจุมาต่อคร่อมที่ไฟเลี้ยงของไอซี สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดี
4. ฟังก์ชันการทำงานของระบบชุมสายอัตโนมัติ สามารถพัฒนาได้โดยซอฟต์แวร์
5. เมื่อทำการทดสอบโดยการต่อคู่สายโทรศัพท์ถึงกัน สามารถได้ยินสัญญาณเสียงชัดเจนทุกคู่สาย



# ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

; START
RES:    MOV        R2,#80H
RES1:   MOV        R3,#00H
        DJNZ       R3,$
        DJNZ       R2,RES1
INITIAL: MOV        P1,#00H
        MOV        A,#80H
        MOV        DPTR,#0F803H
        MOVX       @DPTR,A      ;P1 A,B,C=OUT
        MOV        DPTR,#0FE03H
        MOVX       @DPTR,A
        CLR        A
        MOV        DPTR,#DIALP
        MOVX       @DPTR,A
        MOV        DPTR,#BUSYP
        MOVX       @DPTR,A
        MOV        DPTR,#RINGBKP
        MOVX       @DPTR,A
        MOV        DPTR,#DTMFP
        MOVX       @DPTR,A
        MOV        DPTR,#TMRCP
        MOVX       @DPTR,A
        MOV        A,#90H
        MOV        DPTR,#0FC03H
        MOVX       @DPTR,A      ;P2 A=IN B,C=OUT
        CLR        A
        MOV        DPTR,#RINGENP
        MOVX       @DPTR,A
        MOV        DPTR,#DPDTP
        MOVX       @DPTR,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLR	EA
MOV	HOOKR,A
MOV	DIALR,A
MOV	BUSYR,A
MOV	RINGBKR,A
MOV	RINGENR,A
MOV	DPDTR,A
MOV	DTMF,A
MOV	DTMB,A
MOV	HON,A
MOV	HON2,A
MOV	HUP,A
MOV	COMM1,A
MOV	COMM2,A
MOV	SPECIAL,A
MOV	COMM3,A
MOV	COMM4,A
CLR	RS1
CLR	RS0
MOV	DPTR,#RSTART
MOV	A,#0FFH
MOV	R0,#08H
INITRAM: MOVX	@DPTR,A
INC	DPTR
DJNZ	R0,INITRAM ;CLEAR RAM 00-07
MOV	R0,#00H
MOV	R1,#01H

;\*HOOK CHECKING\*

```
CHECKHOOK: MOV          DPTR,#HOOKP
                MOVX     A,@DPTR      ;READ HOOK PORT
                CPL      A
                CJNE     A,HOOKR,CHECK1 ;HOOK CHANGE JUMP TO
CHECK1
                SJMP     CHECKHOOK     ;INPORT NEW HOOK
CHECK1:        CJNE     A,#00H,CHECK2  ;ALL TEL. HANG UP
                AJMP     INITIAL      ;JUMP TO INITIAL
CHECK2:        MOV      R2,A
                SUBB    A,HOOKR      ;HANG ON OR HANG UP
                JBC     PSW.7,HANG_UP  ;JUMP IF HANG UP
                SJMP     HANG_ON
HANG_UP:       MOV      A,R2
                XRL     A,HOGKR
                MOV     HUP,A
                MOV     HOOKR,R2
                AJMP    HANGUP
HANG_ON:       MOV      A,R2
                XRL     A,HOOKR
                MOV     HON,A
                MOV     HOOKR,R2
                JB      40H,CHEC_HON1
                JB      41H,CHEC_HON2
                JB      42H,CHEC_HON3
                JB      43H,CHEC_HON4
                JB      44H,CHEC_HON5
                JB      45H,CHEC_HON6
                JB      46H,CHEC_HON7
                JB      47H,CHEC_HONEXT
                SJMP    CHECKHOOK     ;NOT HANG ON
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHEC_HON1: MOV          HON2,#00H      ;WHO HANG ON=TEL. NO.0-
>HON2=00
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HON2: MOV          HON2,#01H
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HON3: MOV          HON2,#02H
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HON4: MOV          HON2,#03H
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HON5: MOV          HON2,#04H
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HON6: MOV          HON2,#05H
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HON7: MOV          HON2,#06H
          SJMP          HOOKEND
CHEC_HONEXT: MOV        HON2,#07H
HOOKEND:  LJMP          DIAL

```

;@@

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

; SEND DIAL

;@@

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

```

DIAL:    MOV        A,#0FFH
         MOV        P1,A
         MOV        A,HON
         JB         47H,RELAY
         MOV        DPTR,#DIALP
         MOVX       @DPTR,A
         MOV        DIALR,A
         MOV        DPTR,#DTMFP ;OPENGATE
         MOV        A,DIALR ;.....
         MOVX       @DPTR,A ;.....
         LJMP      GETNUM
RELAY:   MOV        DPTR,#RINGENP
         MOVX       @DPTR,A
         MOV        DIALR,A
         MOV        DPTR,#DTMFP ;OPENGATE
         MOVX       @DPTR,A ;.....
         SJMP      GETNUM

```

\*\*\*\*\*

; GETNUMBER FROM 8870

\*\*\*\*\*

GETNUM:	MOV	DTMB,#00H
	MOV	A,P1
	ANL	A,#0FH
	MOV	DTMF,A
	CJNE	A,#0AH,NOEXT
	SETB	3FH
	SJMP	NEXT
NOEXT:	CJNE	A,#01H,NOT1
	SETB	38H
	SJMP	NEXT
NOT1:	CJNE	A,#02H,NOT2
	SETB	39H
	SJMP	NEXT
NOT2:	CJNE	A,#03H,NOT3
	SETB	3AH
	SJMP	NEXT
NOT3:	CJNE	A,#04H,NOT4
	SETB	3BH
	SJMP	NEXT
NOT4:	CJNE	A,#05H,NOT5
	SETB	3CH
	SJMP	NEXT
NOT5:	CJNE	A,#06H,NOT6
	SETB	3DH
	SJMP	NEXT
NOT6:	CJNE	A,#07H,NOTALL
	SETB	3EH
	SJMP	NEXT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOTALL:    SJMP          GETNUM
NEXT:      MOV          A,DTMB
           CJNE        A,#00H,NNEXT
           SJMP        GETNUM
           CJNE        A,HON,NOERR
           MOV         DTMB,#00H
           MOV         DPTR,#BUSYP      ;MOV BUSY TO HON
           MOV         A,HON           ;
           ORL         A,BUSYR        ;
           MOVX        @DPTR,A        ;
           MOV         BUSYR,A        ;
           MOV         A,HON          ;0000 0001
           CPL         A              ;1111 1110
           MOV         DPTR,#DIALP    ;
           ANL         A,DIALR        ;1000 0001 * 1111 1110 =1000 0000
           MOVX        @DPTR,A        ;
           MOV         DIALR,A        ;
           LJMP        CHECKHOOK      ;REAL GETNUM
NOERR:     MOV         A,DTMB
           ANL         A,HOKR
           JZ          NOTBUSY
           MOV         A,HON          ;
           CPL         A              ;
           ANL         A,DIALR        ;
           MOV         DPTR,#DIALP    ;
           MOVX        @DPTR,A        ;
           MOV         A,HON
           MOV         DPTR,#BUSYP
           ORL         A,BUSYR
           MOVX        @DPTR,A
           MOV         BUSYR,A
           LJMP        CHECKHOOK

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



;??

; GET TONE

;??

```

TONE:    MOV        A,D
         CJNE       A,#00H,TONE2
         LJMP      GETNUM; BEFORE IS "TONE"
TONE2:   MOV        DPTR,#RINGENP
         JB         07H,RELAY2
         MOVX      @DPTR,A
         JB         3FH,ROBBIE ;*****
         SJMP     TOUCH2
ROBBIE:  MOV        DPTR,#TMRCP ;*****
         MOV        A,HON ;*****
         MOVX      @DPTR,A ;*****
         SJMP     TOUCH2 ;*****
RELAY2:  ORL        A,#80H
         MOVX      @DPTR,A ;SUB RELAY WAI~ &RINGEN TO
CALLEE
         MOV        DPTR,#TMRCP ;OPENGATE TMRC
         MOVX      @DPTR,A ;CONNECT
TOUCH2:  MOV        A,DTMB
         MOV        RINGENR,A
         ORL        A,HON
         MOV        COMM4,A
         CLR        A
         CJNE       A,COMM1,NOCOM1
         MOV        COMM1,COMM4
         SJMP     CON
NOCOM1:  CJNE       A,COMM2,COM3
         MOV        COMM2,COMM4
         SJMP     CON
COM3:    MOV        COMM3,COMM4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CON:           MOV                           ,COMM4  
                  ORL                           A,DPDTR  
                  MOV                           DPDTR,A  
                  JB                            3FH,GO  
                  JB                            47H,GO  
                  SJMP                       RINGBK  
RINGBK:       MOV                           DPTR,#RINGBKP  
                  MOV                           A,HON  
                  MOVX                       @DPTR,A  
                  MOV                           RINGBKR  
                  JB                            37H,SPEECH



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	MOVX	@DPTR,A
	MOV	RINGENR,A
	SJMP	TOUCH
RELAY1:	MOV	DPTR,#RINGENP
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	RINGENR,A
TOUCH:	MOV	DPTR,#RINGBKP
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	RINGBKR,A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;|||||

; SEND SPEECH

;|||||

SPEECH: JB 47H, LAST ;FOR TMRC CONNECTION EXT-  
CALLER

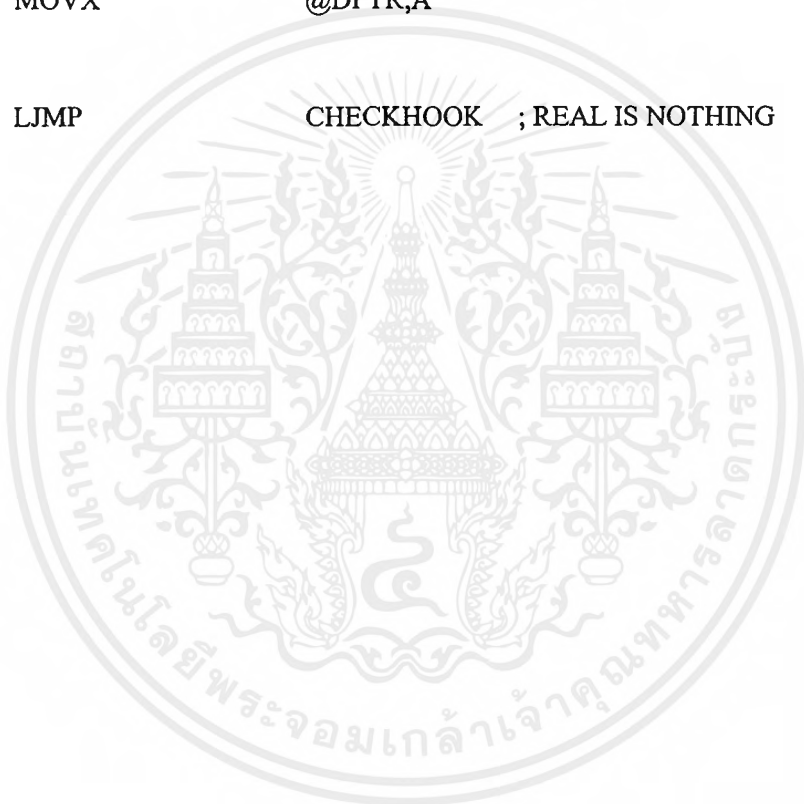
JB 3FH, LAST ;... EXT-CALLEE

MOV A, DPDTR

MOV DPTR, #DPDTP

MOVB @DPTR, A

LAST: LJMP CHECKHOOK ; REAL IS NOTHING



;/;;;

; WRITE RAM SPEECH PATH

;/;;;

TALK:	CLR	A
	JB	38H,A7
	JB	39H,A6
	JB	3AH,A5
	JB	3BH,A4
	JB	3CH,A3
	JB	3DH,A2
	JB	3EH,A1
	JB	3FH,A0
A7:	SETB	ACC.0
	SJMP	G27
A6:	SETB	ACC.1
	SJMP	G27
A5:	SETB	ACC.2
	SJMP	G27
A4:	SETB	ACC.3
	SJMP	G27
A3:	SETB	ACC.4
	SJMP	G27
A2:	SETB	ACC.5
	SJMP	G27
A1:	SETB	ACC.6
	SJMP	G27
A0:	SETB	ACC.7
G27:	CPL	A
	MOV	P2,#00H
	MOV	R0,HON2
	MOVX	@R0,A
	CLR	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	JB	40H,AA7
	JB	41H,AA6
	JB	42H,AA5
	JB	43H,AA4
	JB	44H,AA3
	JB	45H,AA2
	JB	46H,AA1
	JB	47H,AA0
AA7:	SETB	ACC.0
	SJMP	G28
AA6:	SETB	ACC.1
	SJMP	G28
AA5:	SETB	ACC.2
	SJMP	G28
AA4:	SETB	ACC.3
	SJMP	G28
AA3:	SETB	ACC.4
	SJMP	G28
AA2:	SETB	ACC.5
	SJMP	G28
AA1:	SETB	ACC.6
	SJMP	G28
AA0:	SETB	ACC.7
G28:	CPL	A
	MOV	R0,#04H
	DEC	R0
	MOVX	@R0,A
	LJMP	CHECKHOOK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

HCOM2: MOV      A,COMM2
        XRL      A,DPDTR
        MOV      DPDTR,A
        MOV      DPTR,#DPDTP
        MOVX     @DPTR,A
        CLR      A      ;CLR TMRC
        MOV      DPTR,#TMRCP ;CLR TMRC
        MOVX     @DPTR,A ;CLR TMRC
        MOV      A,HUP
        CPL      A
        ANL      A,COMM2
        ORL      A,BUSYR
        MOV      DPTR,#BUSYP
        MOVX     @DPTR,A
        MOV      BUSYR,A
        MOV      COMM2,#00H
        LJMP     CHECKHOOK
XCOM2:  MOV      A,HUP
        ANL      A,COMM3
        CJNE     A,#00H,HCOM3
        SJMP     XCOM3
HCOM3:  MOV      A,COMM3
        XRL      A,DPDTR
        MOV      DPDTR,A
        MOV      DPTR,#DPDTP
        MOVX     @DPTR,A
        CLR      A      ;CLR TMRC
        MOV      DPTR,#TMRCP ;CLR TMRC
        MOVX     @DPTR,A ;CLR TMRC
        MOV      A,HUP
        CPL      A
        ANL      A,COMM3

```

```

    ORL            A,BUSYR
    MOV            DPTR,#BUSYP
    MOVX           @DPTR,A
    MOV            BUSYR,A
    MOV            COMM3,#00H
    LJMP           CHECKHOOK
XCOM3: MOV        A,HUP
    ANL            A,COMM4
    CJNE           A,#00H,HCOM4
    SJMP           NOCOM
HCOM4: MOV        A,COMM4
    XRL            A,DPDTR
    MOV            DPDTR,A
    MOV            DPTR,#DPDTP
    MOVX           @DPTR,A
    CLR            A ;CLR TMRC
    MOV            DPTR,#TMRCP ;CLR TMRC
    MOVX           @DPTR,A ;CLR TMRC
    MOV            A,HUP
    CPL            A
    ANL            A,COMM4
    ORL            A,BUSYR
    MOV            DPTR,#BUSYP
    MOVX           @DPTR,A
    MOV            BUSYR,A
    MOV            COMM4,#00H
    LJMP           CHECKHOOK
NOCOM: MOV        A,HUP
    CPL            A
    ANL            A,BUSYR
    MOV            DPTR,#BUSYP
    MOVX           @DPTR,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV

BUSYR,A

LJMP

CHECKHOOK

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# CD4066BM/CD4066BC Quad Bilateral Switch

## General Description

The CD4066BM/CD4066BC is a quad bilateral switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with CD4016BM/CD4016BC, but has a much lower "ON" resistance, and "ON" resistance is relatively constant over the input-signal range.

## Features

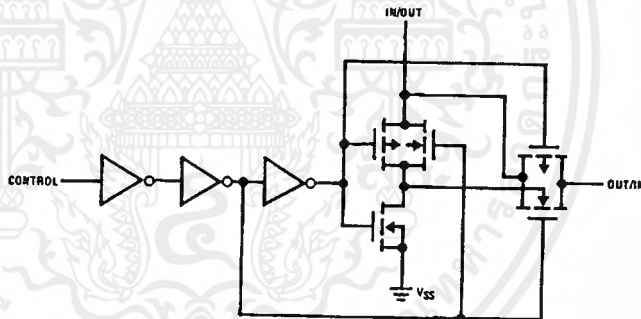
- Wide supply voltage range 3V to 15V
- High noise immunity 0.45 V<sub>DD</sub> (typ.)
- Wide range of digital and analog switching ±7.5 V<sub>PEAK</sub>
- "ON" resistance for 15V operation 80Ω
- Matched "ON" resistance over 15V signal input ΔR<sub>ON</sub> = 5Ω (typ.)
- "ON" resistance flat over peak-to-peak signal range
- High "ON"/"OFF" output voltage ratio 65 dB (typ.) @ f<sub>is</sub> = 10 kHz, R<sub>L</sub> = 10 kΩ
- High degree linearity 0.1% distortion (typ.) @ f<sub>is</sub> = 1 kHz, V<sub>is</sub> = 5V<sub>p-p</sub>, V<sub>DD</sub> - V<sub>SS</sub> = 10V, R<sub>L</sub> = 10 kΩ
- High degree linearity

- Extremely low "OFF" switch leakage 0.1 nA (typ.) @ V<sub>DD</sub> - V<sub>SS</sub> = 10V, T<sub>A</sub> = 25°C
- Extremely high control input impedance 10<sup>12</sup>Ω (typ.)
- Low crosstalk between switches -50 dB (typ.) @ f<sub>is</sub> = 0.9 MHz, R<sub>L</sub> = 1 kΩ
- Frequency response, switch "ON" 40 MHz (typ.)

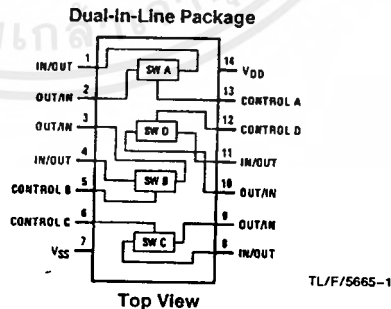
## Applications

- Analog signal switching/multiplexing
  - Signal gating
  - Squelch control
  - Chopper
  - Modulator/Demodulator
  - Commutating switch
- Digital signal switching/multiplexing
- CMOS logic implementation
- Analog-to-digital/digital-to-analog conversion
- Digital control of frequency, impedance, phase, and analog-signal-gain

## Schematic and Connection Diagrams



Order Number CD4066B



CD4066BM/CD4066BC Quad Bilateral Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	-0.5V to +18V
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-0.5V to $V_{DD} + 0.5V$
Storage Temperature Range ( $T_S$ )	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature ( $T_L$ ) (Soldering, 10 seconds)	300°C

### Recommended Operating Conditions (Note 2)

Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	3V to 15V
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	0V to $V_{DD}$
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	
CD4066BM	-55°C to +125°C
CD4066BC	-40°C to +85°C

### DC Electrical Characteristics CD4066BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		0.25		0.01	0.25		7.5	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V$		0.5		0.01	0.5		15	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V$		1.0		0.01	1.0		30	$\mu A$

### SIGNAL INPUTS AND OUTPUTS

$R_{ON}$	"ON" Resistance	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ $V_C = V_{DD}$ , $V_{IS} = V_{SS}$ to $V_{DD}$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		800 310 200		270 120 80	1050 400 240		1300 550 320	$\Omega$ $\Omega$ $\Omega$
$\Delta R_{ON}$	$\Delta$ "ON" Resistance Between any 2 of 4 Switches	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ $V_C = V_{DD}$ , $V_{IS} = V_{SS}$ to $V_{DD}$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$				10 5				$\Omega$ $\Omega$
$I_{IS}$	Input or Output Leakage Switch "OFF"	$V_C = 0$ $V_{IS} = 15V$ and $0V$ , $V_{OS} = 0V$ and $15V$		$\pm 50$		$\pm 0.1$	$\pm 50$		$\pm 500$	nA

### CONTROL INPUTS

$V_{ILC}$	Low Level Input Voltage	$V_{IS} = V_{SS}$ and $V_{DD}$ $V_{OS} = V_{DD}$ and $V_{SS}$ $I_{IS} = \pm 10\ \mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		1.5 3.0 4.0		2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.0		1.5 3.0 4.0	V V V
$V_{IHC}$	High Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ (see note 6) $V_{DD} = 15V$	3.5 7.0 11.0		3.5 7.0 11.0	2.75 5.5 8.25		3.5 7.0 11.0		V V V
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} - V_{SS} = 15V$ $V_{DD} \geq V_{IS} \geq V_{SS}$ $V_{DD} \geq V_C \geq V_{SS}$		$\pm 0.1$		$\pm 10^{-5}$	$\pm 0.1$		$\pm 1.0$	$\mu A$

### DC Electrical Characteristics CD4066BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		1.0		0.01	1.0		7.5	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V$		2.0		0.01	2.0		15	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V$		4.0		0.01	4.0		30	$\mu A$

### DC Electrical Characteristics (Continued) CD4066BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
<b>SIGNAL INPUTS AND OUTPUTS</b>										
$R_{ON}$	"ON" Resistance	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ $V_C = V_{DD}, V_{SS}$ to $V_{DD}$ $V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		850		270	1050		1200	$\Omega$
				330		120	400		520	$\Omega$
				210		80	240		300	$\Omega$
$\Delta R_{ON}$	$\Delta$ "ON" Resistance Between Any 2 of 4 Switches	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ $V_{CC} = V_{DD}, V_{IS} = V_{SS}$ to $V_{DD}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$				10				$\Omega$
						5				$\Omega$
$I_{IS}$	Input or Output Leakage Switch "OFF"	$V_C = 0$		$\pm 50$		$\pm 0.1$	$\pm 50$		$\pm 200$	nA

### CONTROL INPUTS

$V_{ILC}$	Low Level Input Voltage	$V_{IS} = V_{SS}$ and $V_{DD}$ $V_{OS} = V_{DD}$ and $V_{SS}$ $I_{IS} = \pm 10\mu\text{A}$ $V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		1.5		2.25	1.5		1.5	V
				3.0		4.5	3.0		3.0	V
				4.0		6.75	4.0		4.0	V
$V_{IHC}$	High Level Input Voltage	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ (See note 6) $V_{DD} = 15\text{V}$	3.5		3.5	2.75		3.5		V
			7.0		7.0	5.5		7.0		V
			11.0		11.0	8.25		11.0		V
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} - V_{SS} = 15\text{V}$ $V_{DD} \geq V_{IS} \geq V_{SS}$ $V_{DD} \geq V_C \geq V_{SS}$		$\pm 0.3$		$\pm 10^{-5}$	$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	$\mu\text{A}$

### AC Electrical Characteristics\* $T_A = 25^\circ\text{C}, t_r = t_f = 20\text{ ns}$ and $V_{SS} = 0\text{V}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Propagation Delay Time Signal Input to Signal Output	$V_C = V_{DD}, C_L = 50\text{ pF}$ , (Figure 1) $R_L = 200\text{ k}\Omega$ $V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		25	55	ns
				15	35	ns
				10	25	ns
$t_{PZH}, t_{PZL}$	Propagation Delay Time Control Input to Signal Output High Impedance to Logical Level	$R_L = 1.0\text{ k}\Omega, C_L = 50\text{ pF}$ , (Figures 2 and 3) $V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$			125	ns
					60	ns
					50	ns
$t_{PHZ}, t_{PLZ}$	Propagation Delay Time Control Input to Signal Output Logical Level to High Impedance Sine Wave Distortion	$R_L = 1.0\text{ k}\Omega, C_L = 50\text{ pF}$ , (Figures 2 and 3) $V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$ $V_C = V_{DD} = 5\text{V}, V_{SS} = -5\text{V}$ $R_L = 10\text{ k}\Omega, V_{IS} = 5\text{V}_{p-p}, f = 1\text{ kHz}$ , (Figure 4)		0.1	125	ns
					60	ns
					50	ns
	Frequency Response-Switch "ON" (Frequency at -3 dB)	$V_C = V_{DD} = 5\text{V}, V_{SS} = -5\text{V}$ , $R_L = 1\text{ k}\Omega, V_{IS} = 5\text{V}_{p-p}$ , $20\text{ Log}_{10} V_{OS}/V_{OS}$ (1 kHz) - dB, (Figure 4)		40		MHz

## AC Electrical Characteristics\* (Continued) $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $t_r = t_f = 20\text{ ns}$ and $V_{SS} = 0\text{V}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	Feedthrough — Switch "OFF" (Frequency at -50 dB)	$V_{DD} = 5.0\text{V}$ , $V_{CC} = V_{SS} = -5.0\text{V}$ , $R_L = 1\text{ k}\Omega$ , $V_{IS} = 5.0\text{V}_{p-p}$ , $20\text{ Log}_{10}$ , $V_{OS}/V_{IS} = -50\text{ dB}$ (Figure 4)		1.25		
	Crosstalk Between Any Two Switches (Frequency at -50 dB)	$V_{DD} = V_{C(A)} = 5.0\text{V}$ ; $V_{SS} = V_{C(B)} = 5.0\text{V}$ , $R_L = 1\text{ k}\Omega$ , $V_{IS(A)} = 5.0\text{ V}_{p-p}$ , $20\text{ Log}_{10}$ , $V_{OS(B)}/V_{IS(A)} = -50\text{ dB}$ (Figure 5)		0.9		MHz
	Crosstalk; Control Input to Signal Output	$V_{DD} = 10\text{V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $R_{IN} = 1.0\text{ k}\Omega$ , $V_{CC} = 10\text{V}$ Square Wave, $C_L = 50\text{ pF}$ (Figure 6)		150		mV <sub>p-p</sub>
	Maximum Control Input	$R_L = 1.0\text{ k}\Omega$ , $C_L = 50\text{ pF}$ , (Figure 7) $V_{OS(f)} = \frac{1}{2} V_{OS}(1.0\text{ kHz})$		6.0		MHz
		$V_{DD} = 5.0\text{V}$		8.0		MHz
		$V_{DD} = 10\text{V}$		8.5		MHz
$C_{IS}$	Signal Input Capacitance			8.0		pF
$C_{OS}$	Signal Output Capacitance	$V_{DD} = 10\text{V}$		8.0		pF
$C_{IOS}$	Feedthrough Capacitance	$V_C = 0\text{V}$		0.5		pF
$C_{IN}$	Control Input Capacitance		5.0	7.5		pF

\*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The tables of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provide conditions for actual device operation.

Note 2:  $V_{SS} = 0\text{V}$  unless otherwise specified.

Note 3: These devices should not be connected to circuits with the power "ON".

Note 4: in all cases, there is approximately 5 pF of probe and jig capacitance in the output; however, this capacitance is included in  $C_L$  wherever it is specified.

Note 5:  $V_{IS}$  is the voltage at the in/out pin and  $V_{OS}$  is the voltage at the out/in pin.  $V_C$  is the voltage at the control input.

Note 6: Conditions for  $V_{IHC}$ : a)  $V_{IS} = V_{DD}$ ,  $I_{OS} = \text{standard B series } I_{OH}$  b)  $V_{IS} = 0\text{V}$ ,  $I_{OL} = \text{standard B series } I_{OL}$ .

## AC Test Circuits and Switching Time Waveforms

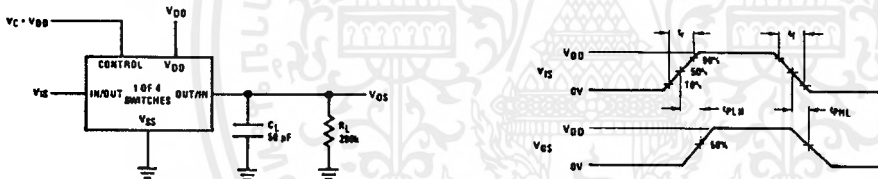


FIGURE 1.  $t_{PHL}$ ,  $t_{PLH}$  Propagation Delay Time Signal Input to Signal Output

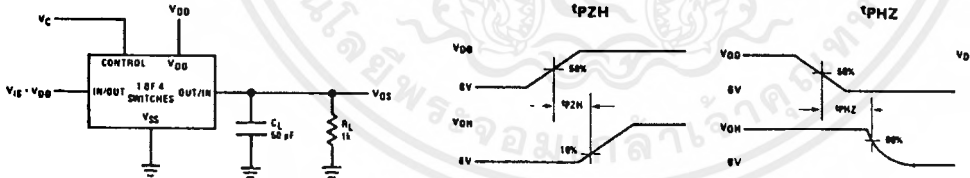


FIGURE 2.  $t_{PZH}$ ,  $t_{PHZ}$  Propagation Delay Time Control to Signal Output

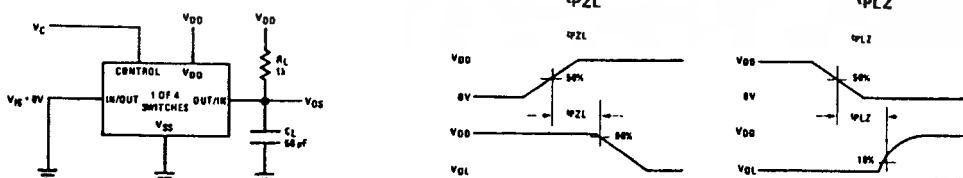


FIGURE 3.  $t_{PZL}$ ,  $t_{PLZ}$  Propagation Delay Time Control to Signal Output

TL/F/5685-2

## AC Test Circuits and Switching Time Waveforms (Continued)

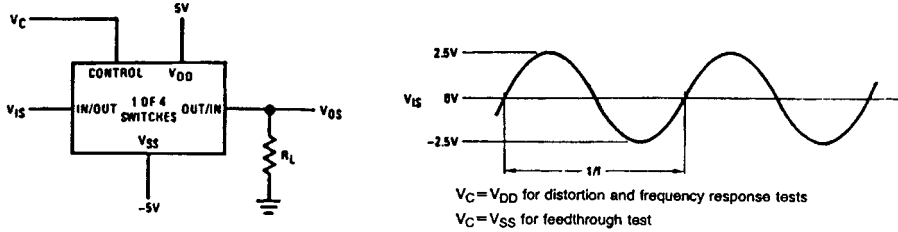


FIGURE 4. Sine Wave Distortion, Frequency Response and Feedthrough

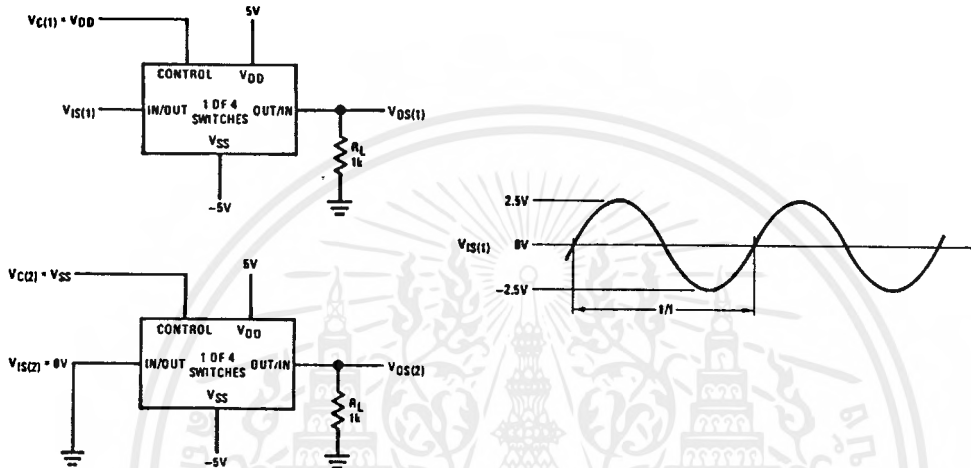


FIGURE 5. Crosstalk Between Any Two Switches

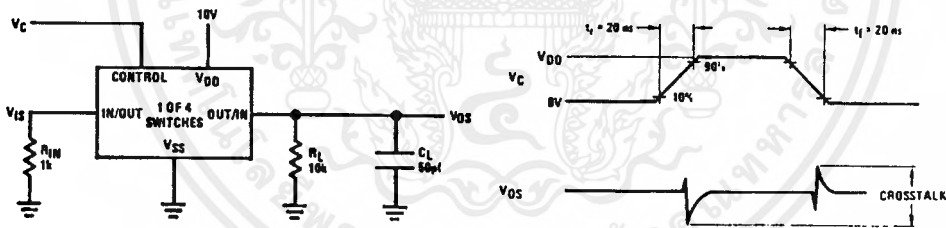


FIGURE 6. Crosstalk: Control Input to Signal Output

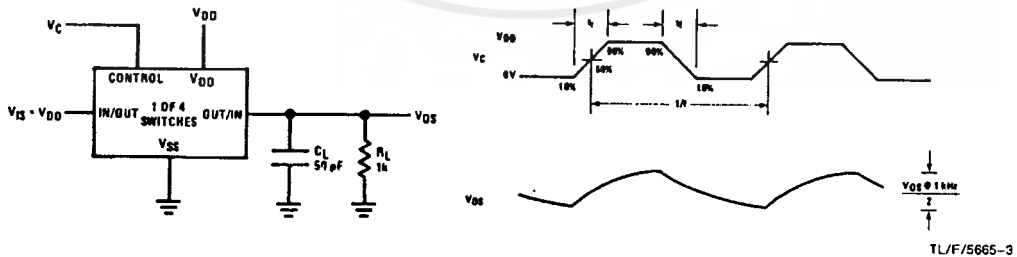
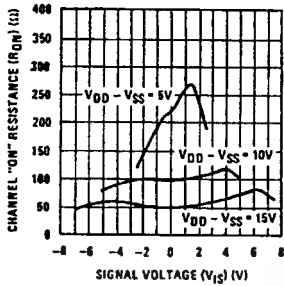


FIGURE 7. Maximum Control Input Frequency

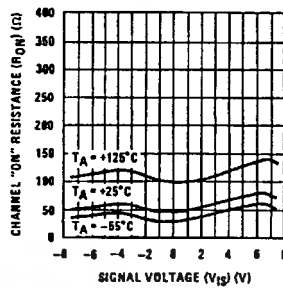
TL/F/5665-3

## Typical Performance Characteristics

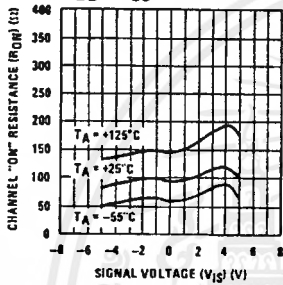
"ON" Resistance vs Signal Voltage for  $T_A = 25^\circ\text{C}$



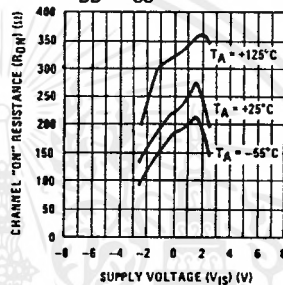
"ON" Resistance as a Function of Temperature for  $V_{DD} - V_{SS} = 15\text{V}$



"ON" Resistance as a Function of Temperature for  $V_{DD} - V_{SS} = 10\text{V}$



"ON" Resistance as a Function of Temperature for  $V_{DD} - V_{SS} = 5\text{V}$



TL/F/5665-4

### Special Considerations

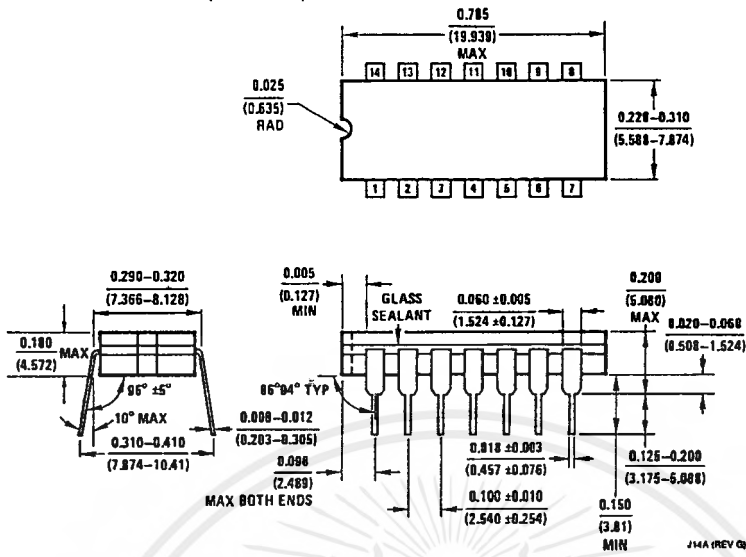
In applications where separate power sources are used to drive  $V_{DD}$  and the signal input, the  $V_{DD}$  current capability should exceed  $V_{DD}/R_L$  ( $R_L$  = effective external load of the 4 CD4066BM/CD4066BC bilateral switches). This provision avoids any permanent current flow or clamp action of the  $V_{DD}$  supply when power is applied or removed from CD4066BM/CD4066BC.

In certain applications, the external load-resistor current may include both  $V_{DD}$  and signal-line components. To avoid

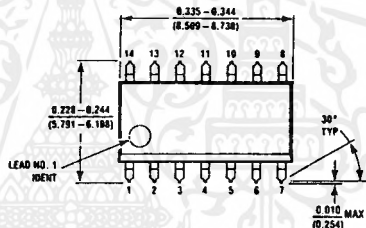
drawing  $V_{DD}$  current when switch current flows into terminals 1, 4, 8 or 11, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.6V at  $T_A \leq 25^\circ\text{C}$ , or 0.4V at  $T_A > 25^\circ\text{C}$  (calculated from  $R_{ON}$  values shown).

No  $V_{DD}$  current will flow through  $R_L$  if the switch current flows into terminals 2, 3, 9 or 10.

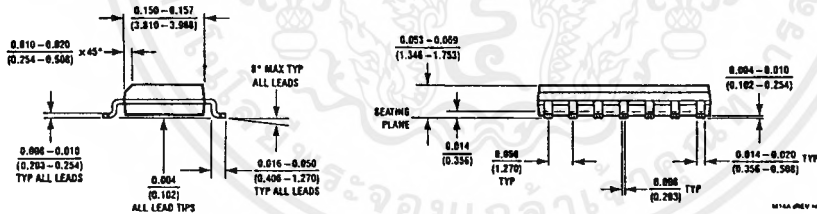
**Physical Dimensions** inches (millimeters)



**Cerdip (J)**  
**Order Number CD4066BMJ or CD4066BCJ**  
**NS Package Number J14A**

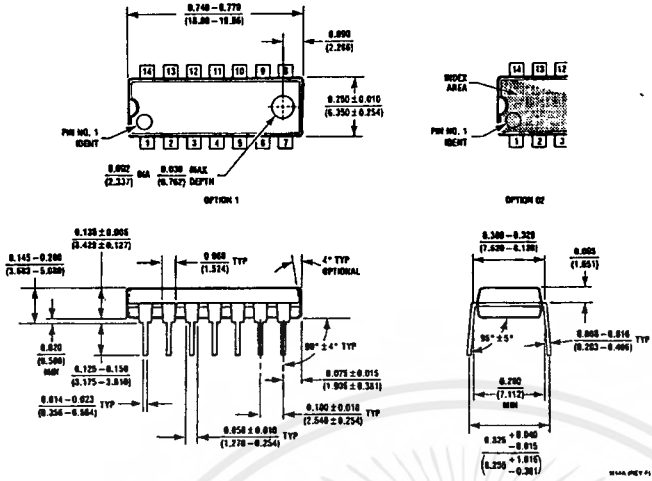


**S.O. Package (M)**  
**Order Number CD4066BCM**  
**NS Package Number M14A**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) (Continued)




**Dual-In-Line Package (N)**  
**Order Number CD4066BMN or CD4066BCN**  
**NS Package Number N14A**

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 <p><b>National Semiconductor Corporation</b>          1111 West Bardin Road          Arlington, TX 76017          Tel: 1(800) 272-9959          Fax: 1(800) 737-7018</p>	<p><b>National Semiconductor Europe</b>          Fax: (+49) 0-180-530 85 86          Email: crjwge@tevm2.nsc.com          Deutsches Tel: (+49) 0-180-530 85 85          English Tel: (+49) 0-180-532 78 32          Française Tel: (+49) 0-180-532 93 58          Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80</p>	<p><b>National Semiconductor Hong Kong Ltd.</b>          13th Floor, Straight Block,          Ocean Centre, 5 Canton Rd.          Tsimshatsui, Kowloon          Hong Kong          Tel: (852) 2737-1600          Fax: (852) 2736-9960</p>	<p><b>National Semiconductor Japan Ltd.</b>          Tel: 81-043-299-2309          Fax: 81-043-299-2408</p>
--	---	---	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

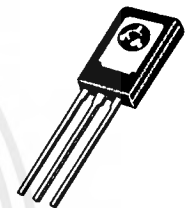
# Complementary Silicon Power Transistors

... designed specifically for use with the MC3419 Solid-State Subscriber Loop Interface Circuit (SLIC).

- High Safe Operating Area  
IS/B @ 40 V, 1.0 s = 0.375 A — TO-126
- Collector-Emitter Sustaining Voltage  
V<sub>CEO(sus)</sub> = 100 Vdc (Min)
- High DC Current Gain  
h<sub>FE</sub> @ 120 mA, 10 V = 1500 (Min)

**NPN**  
**MJE270**  
**PNP**  
**MJE271**

**2.0 AMPERE**  
**COMPLEMENTARY**  
**POWER DARLINGTON**  
**TRANSISTORS**  
**100 VOLTS**  
**15 WATTS**



CASE 77-08  
TO-225AA TYPE

## MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	100	Vdc
Collector-Base Voltage	V <sub>CB</sub>	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V <sub>EB</sub>	5.0	Vdc
Collector Current — Continuous — Peak	I <sub>C</sub>	2.0 4.0	Adc
Base Current	I <sub>B</sub>	0.1	Adc
Total Power Dissipation @ T <sub>C</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	15 0.12	Watts W/°C
Total Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	1.5 0.012	Watts W/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-65 to +150	°C

## THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	R <sub>θJC</sub>	8.33	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	R <sub>θJA</sub>	83.3	°C/W



# MJE270 MJE271

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

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector-Emitter Sustaining Voltage (1) ( $I_C = 10 \text{ mAdc}$ , $I_B = 0$ )	$V_{CEO(sus)}$	100	—	Vdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 100 \text{ Vdc}$ , $I_B = 0$ )	$I_{CEO}$	—	1.0	mAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CB} = 100 \text{ Vdc}$ , $I_E = 0$ )	$I_{CBO}$	—	0.3	mAdc
Emitter Cutoff Current ( $V_{BE} = 5.0 \text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ )	$I_{EBO}$	—	0.1	mAdc

## SECOND BREAKDOWN

Second Breakdown Collector Current with Base Forward Biased ( $V_{CE} = 40 \text{ Vdc}$ , $t = 1.0 \text{ s}$ , non-repetitive)	$I_{S/b}$	375	—	Adc
--	-----------	-----	---	-----

## ON CHARACTERISTICS (1)

DC Current Gain ( $I_C = 20 \text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 3.0 \text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 120 \text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$ )	$h_{FE}$	500 1500	— —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 20 \text{ mAdc}$ , $I_B = 0.2 \text{ mAdc}$ ) ( $I_C = 120 \text{ mAdc}$ , $I_B = 1.2 \text{ mAdc}$ )	$V_{CE(sat)}$	— —	2.0 3.0	Vdc
Base-Emitter On Voltage ( $I_C = 120 \text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$ )	$V_{BE(on)}$	—	2.0	Vdc

## DYNAMIC CHARACTERISTICS

Current Gain — Bandwidth Product (2) ( $I_C = 0.05 \text{ Adc}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ Vdc}$ , $f_{test} = 1.0 \text{ MHz}$ )	$f_T$	6.0	—	MHz
--	-------	-----	---	-----

### NOTES:

- (1) Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .
- (2)  $f_T = |h_{fe}| \cdot f_{test}$ .

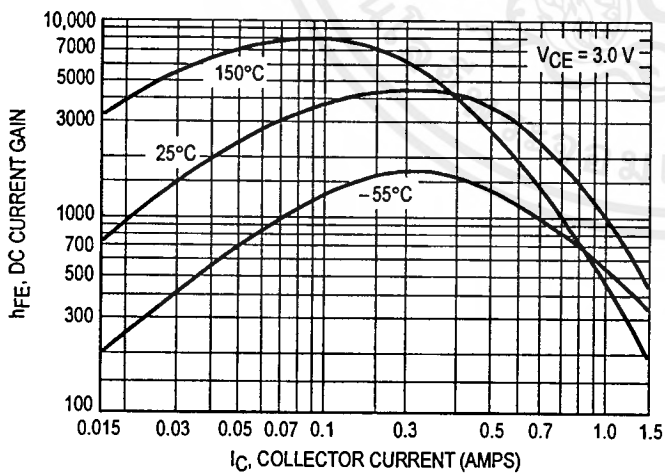


Figure 1. DC Current Gain

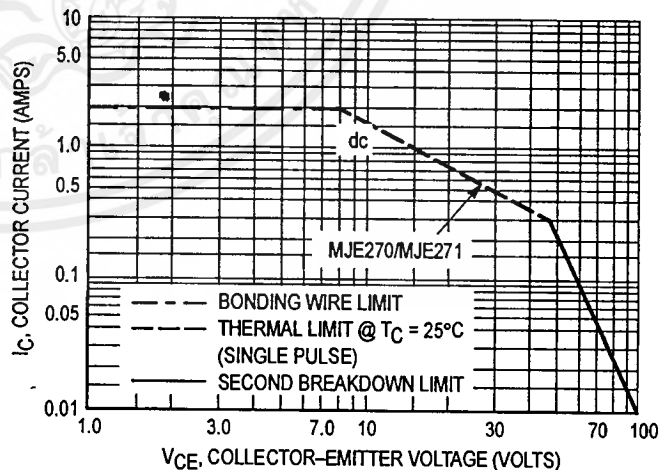
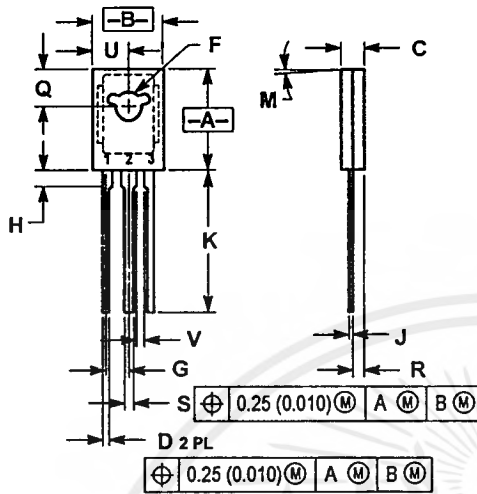


Figure 2. Safe Operating Area

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:  
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.  
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.425	0.435	10.80	11.04
B	0.295	0.305	7.50	7.74
C	0.095	0.105	2.42	2.66
D	0.020	0.026	0.51	0.66
F	0.115	0.130	2.93	3.30
G	0.094 BSC		2.39 BSC	
H	0.050	0.095	1.27	2.41
J	0.015	0.025	0.39	0.63
K	0.575	0.655	14.61	16.63
M	5° TYP		5° TYP	
Q	0.148	0.158	3.76	4.01
R	0.045	0.055	1.15	1.39
S	0.025	0.035	0.64	0.88
U	0.145	0.155	3.69	3.93
V	0.040	—	1.02	—

- STYLE 3:  
 PIN 1. BASE  
 2. COLLECTOR  
 3. EMITTER

CASE 77-08  
 TO-225AA TYPE  
 ISSUE V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Contents

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

## Introduction

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

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

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

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

## Development

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

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

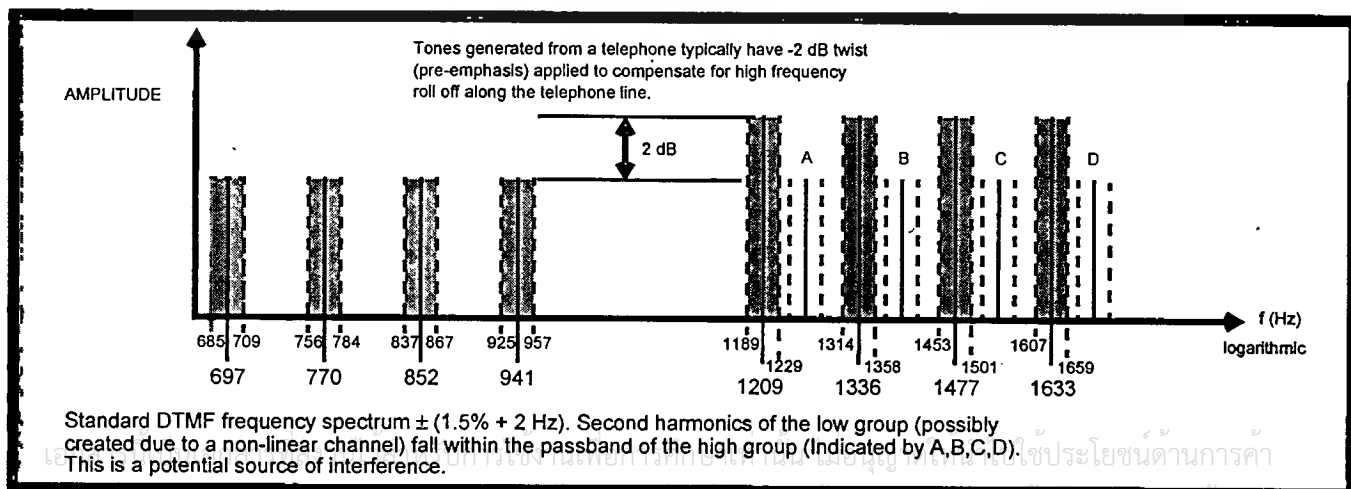


Figure 1a - The Dual Tone Multifrequency (DTMF) Spectrum

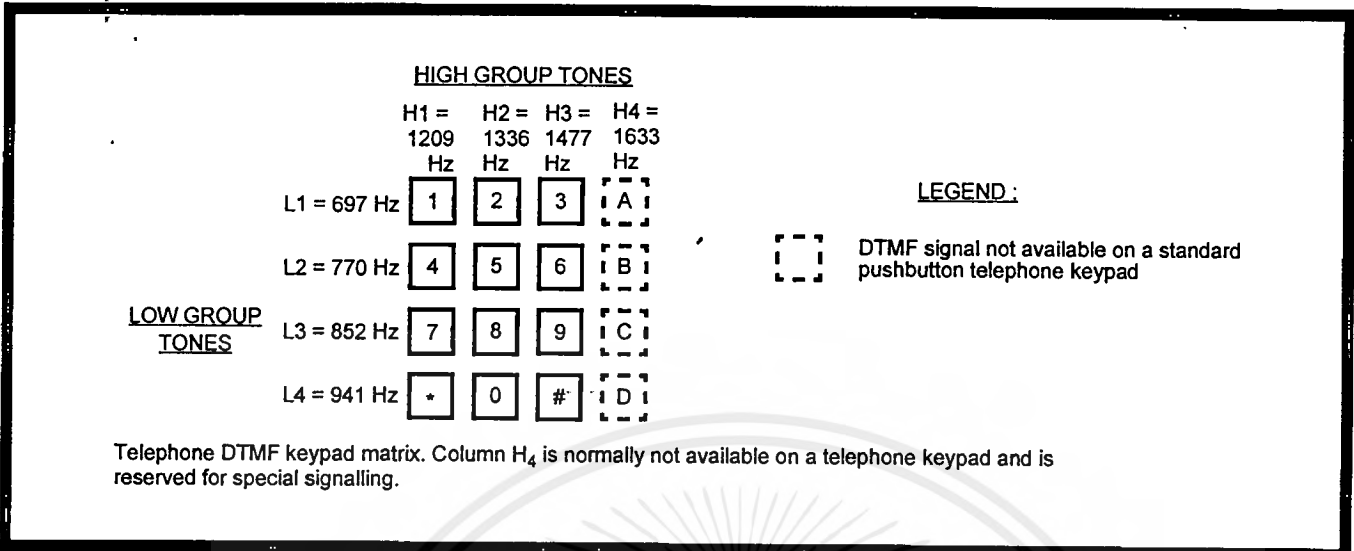
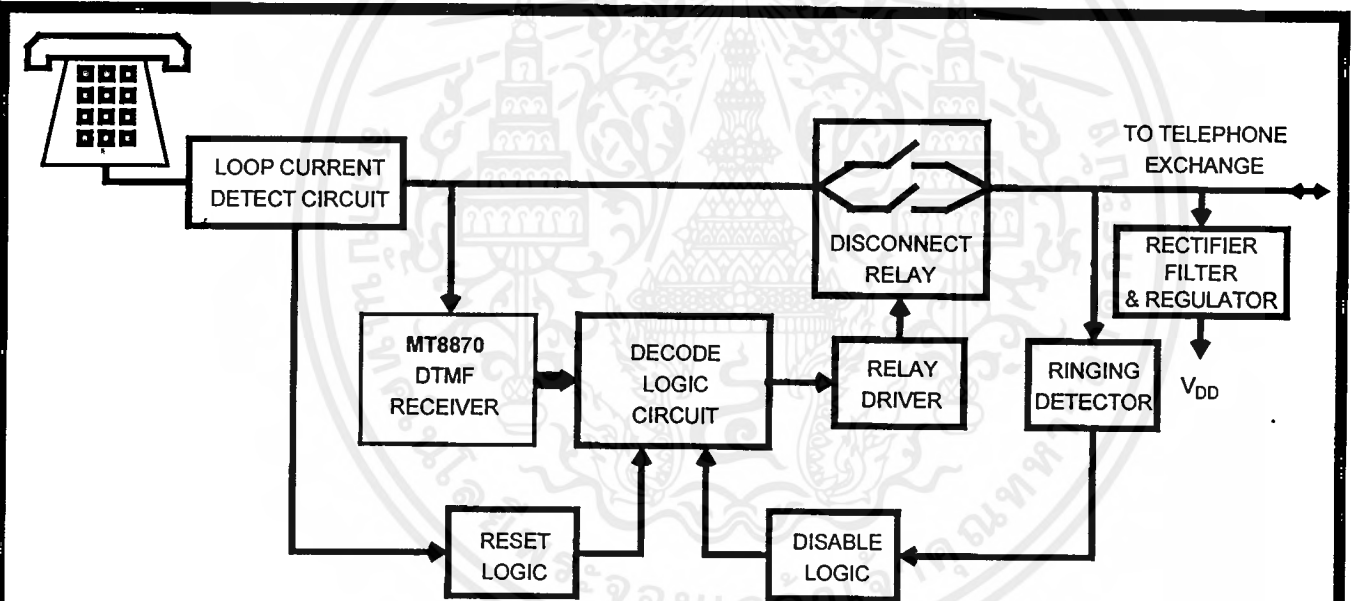
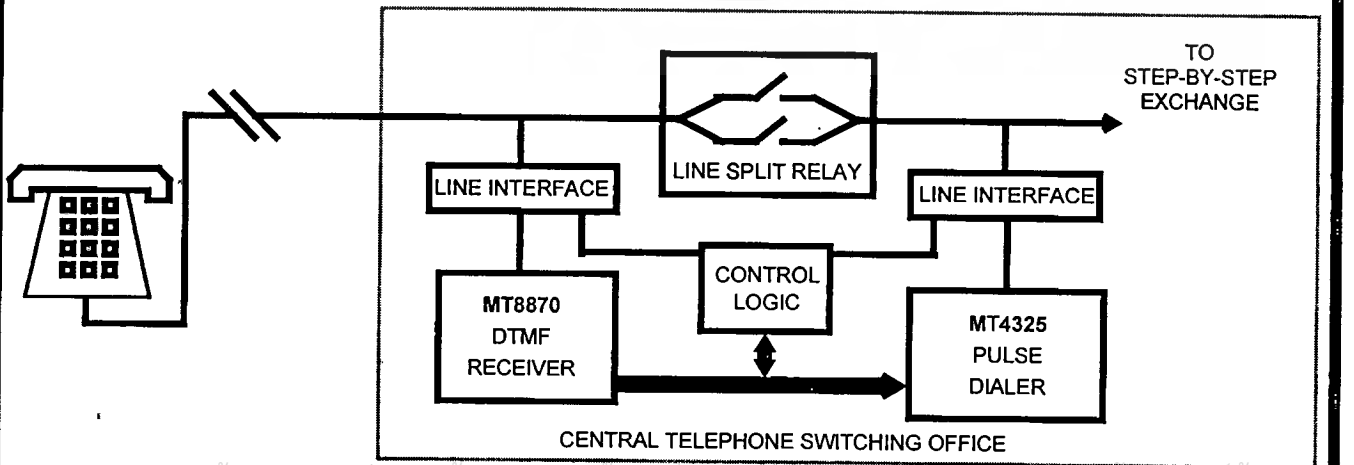


Figure 1b - The Dual Tone Multifrequency (DTMF) Keypad



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 tone 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.

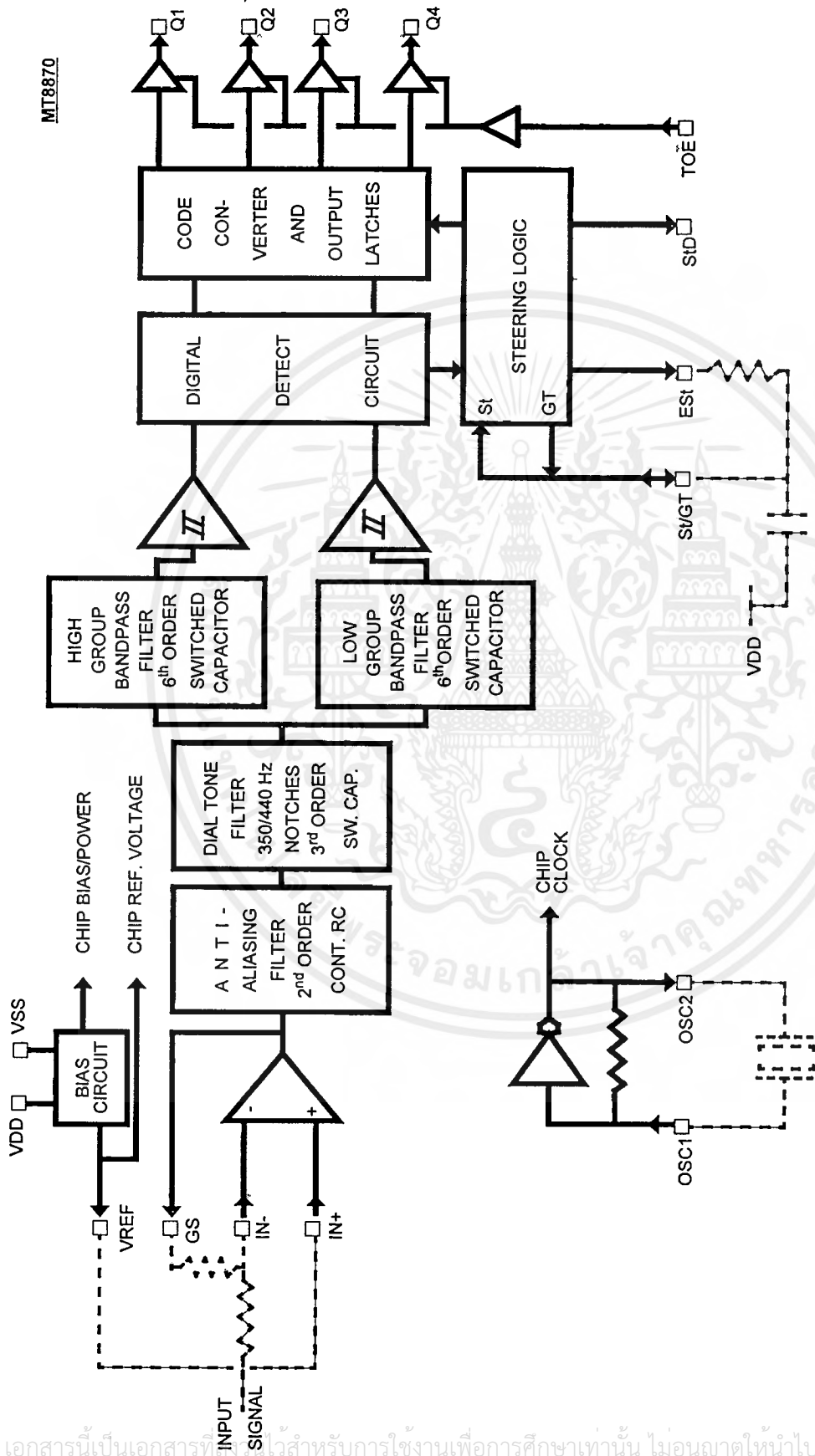
The timing diagram (Fig. 4) illustrates the sequence of events which follow digital detection of a DTMF tone pair. Upon recognition of a valid frequency from each tone group the Early Steering (EST) output is raised. The time required to detect the presence of two valid tones,  $t_{DP}$  is a function 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 <sub>LOW</sub>	f <sub>HIGH</sub>	KEY	TOE	Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>
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<sub>2</sub> (ie:10<sub>10</sub>)" 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<sub>1</sub> and Q<sub>2</sub> 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>1</sub> which discharges C and initializes the tone-absent guard time,  $t_{GTA}$ . After the DTMF signal is removed, Est is lowered, Q<sub>1</sub> turns off placing St/GT in its input mode and C begins to charge through R.

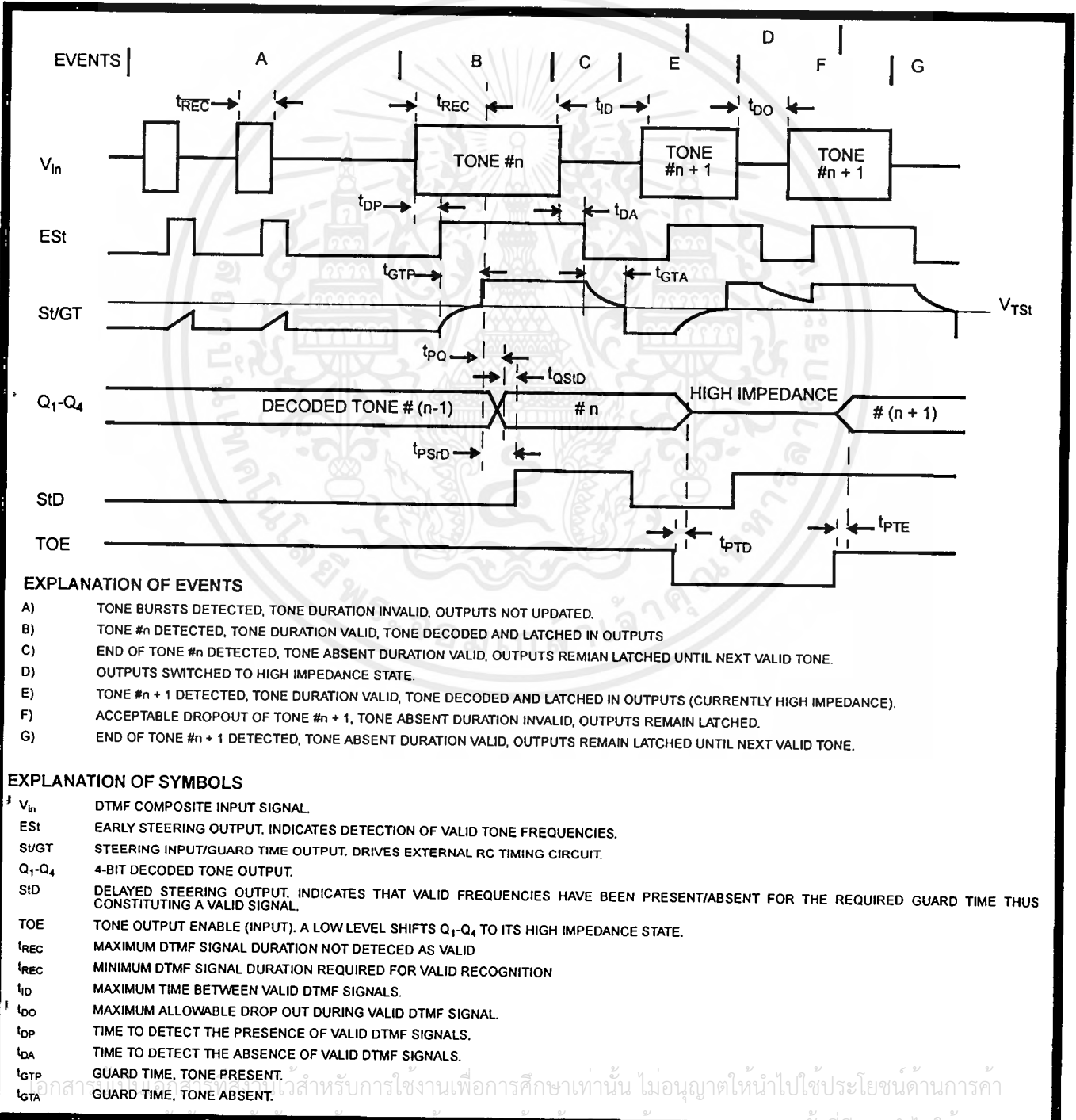


Figure 4 - M18870 Timing Diagram

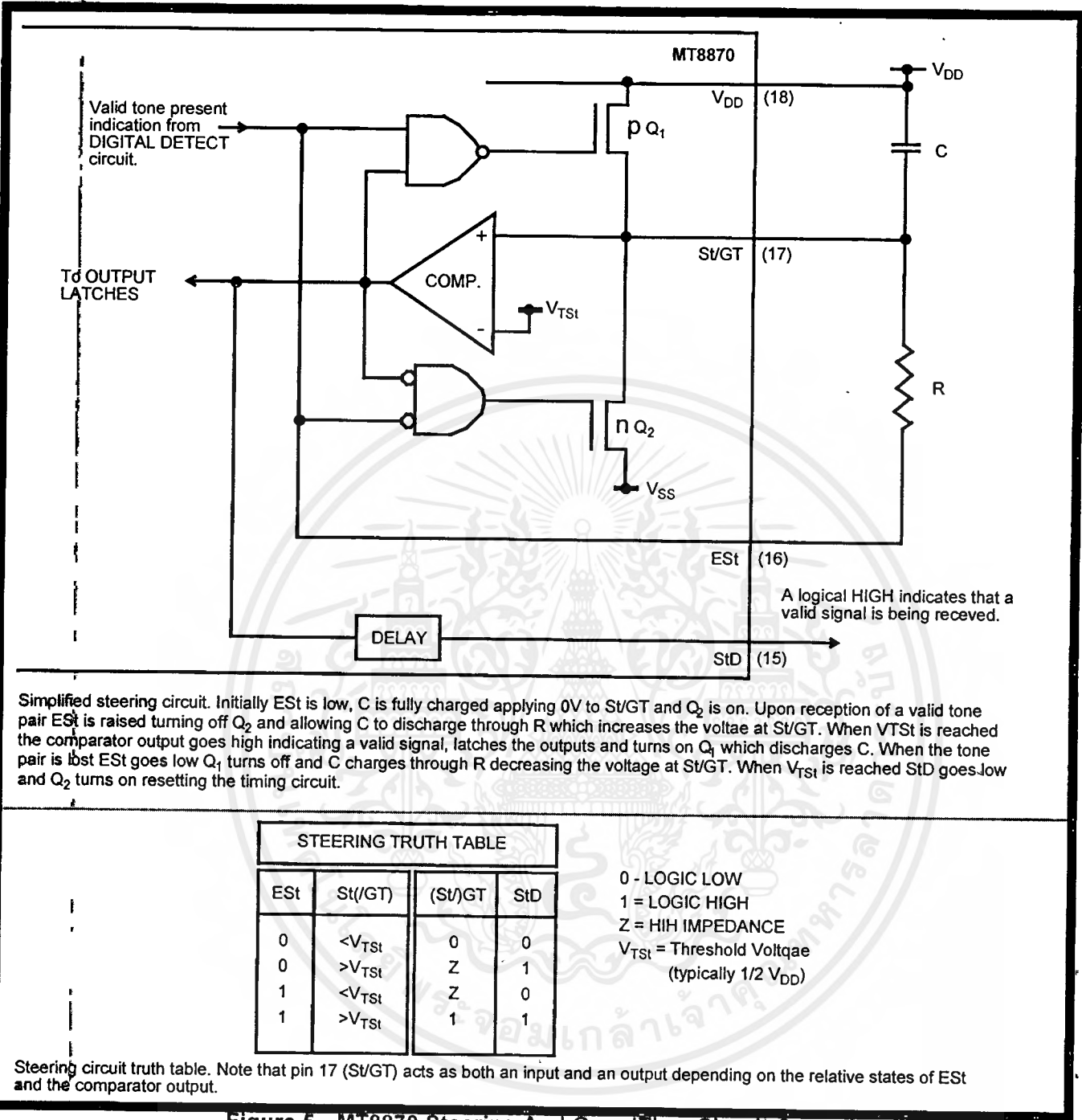


Figure 5 - MT8870 Steering And GuardTime Circuit Operation

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.

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.

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

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

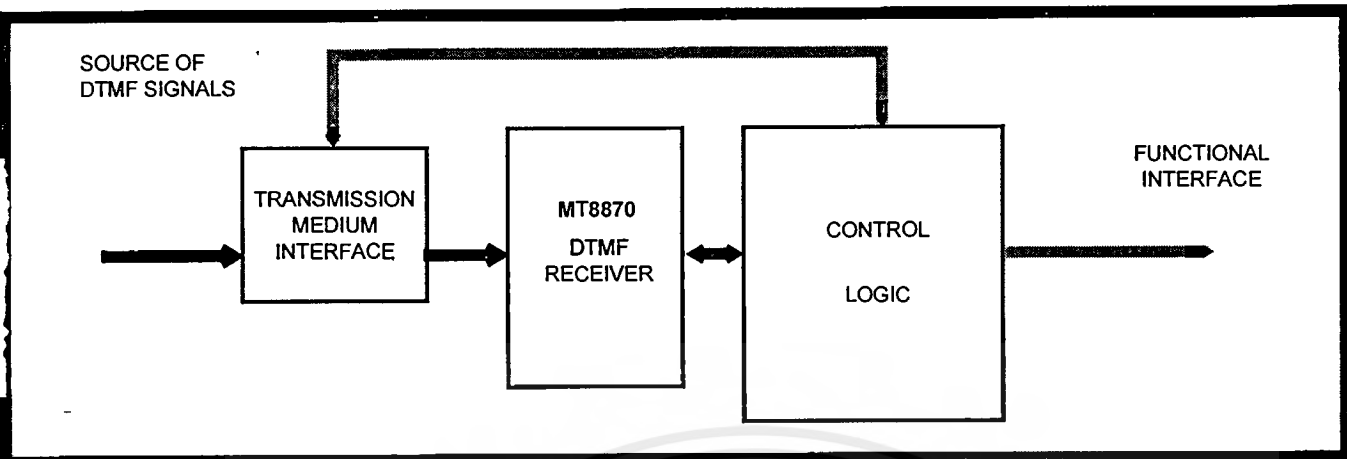


Figure 7 - Modular Approach to DTMF Receiver Systems

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  $600\Omega$  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  $600\Omega$ ). The lowest DTMF frequency that must be detected is approximately 685Hz. Allowing 0.1dB of

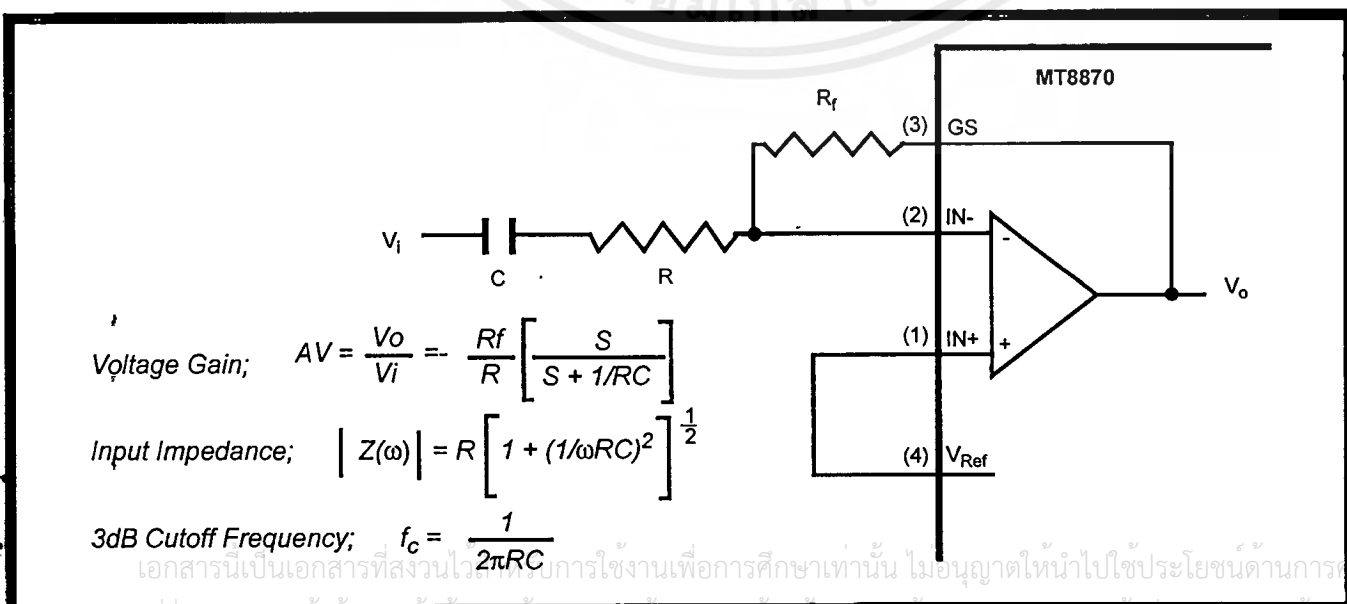


Figure 8 - Single Ended Input Configuration

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

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

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

$\omega$  is the radian frequency

$\tau$  is the input time constant

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

or 
$$\tau = 1.52mS$$

Now, choosing  $R=220K$  gives a high input impedance (440K in the passband) and  $C = \tau/R = 6.9nF$  (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;

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

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.

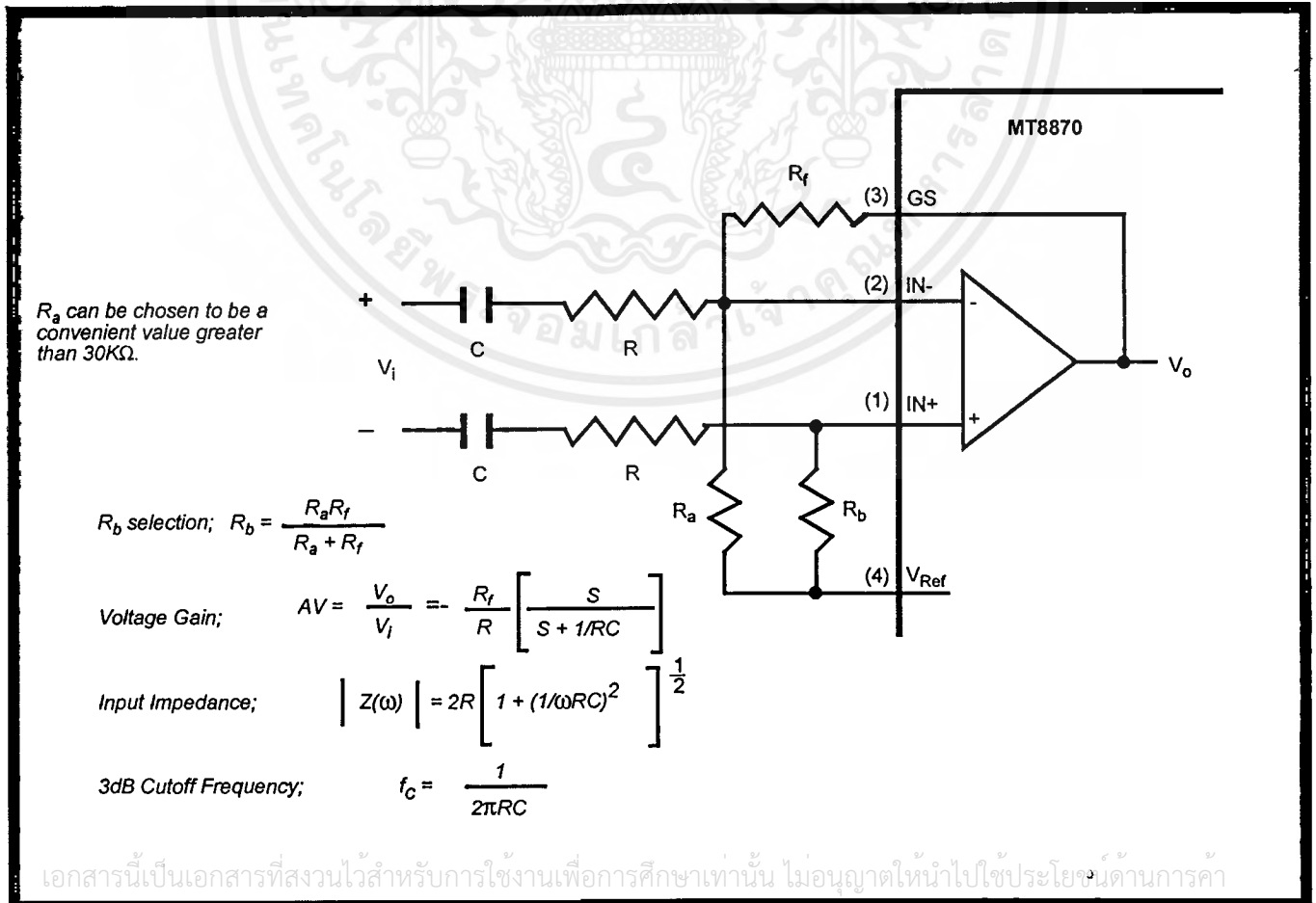


Figure 9 - Differential Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้เพื่อส่งเสริมให้และขยาย นวัตกรรม เทคโนโลยี การศึกษา การวิจัย การพัฒนา การสร้างสรรค์ การนำ ไปใช้

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

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

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 electromagnetic 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,

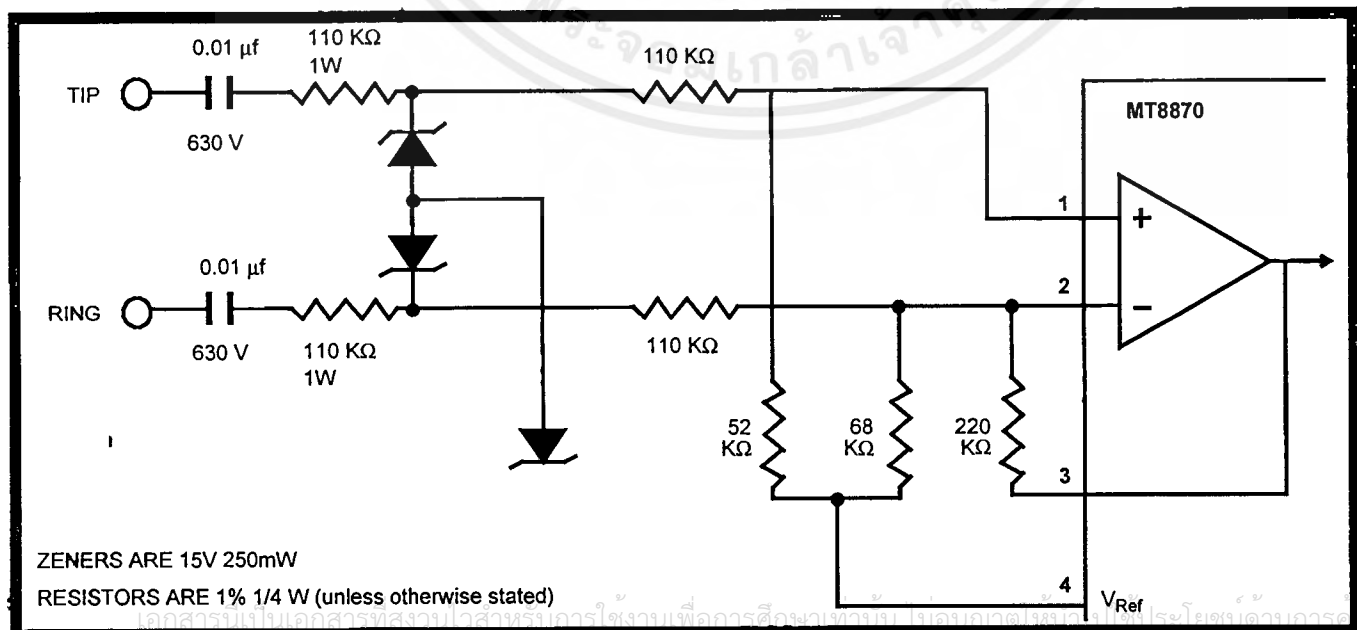


Figure 10 - MT8870 Front End Protection Circuit

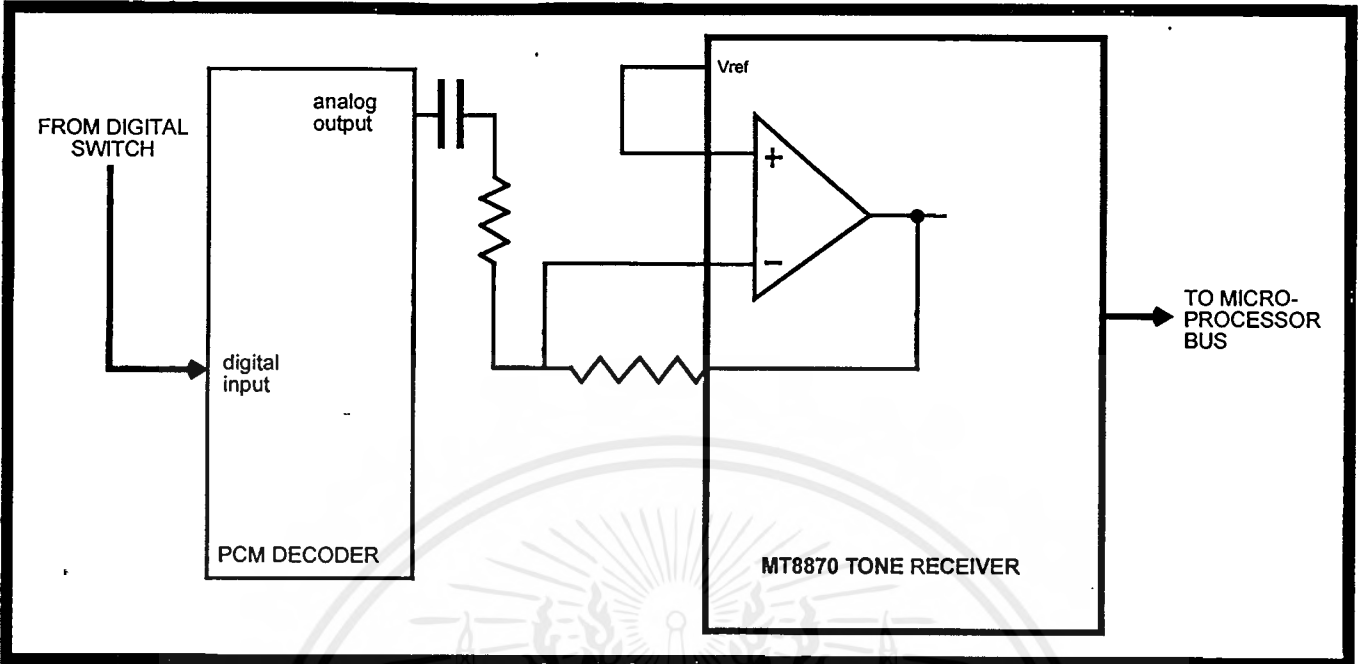
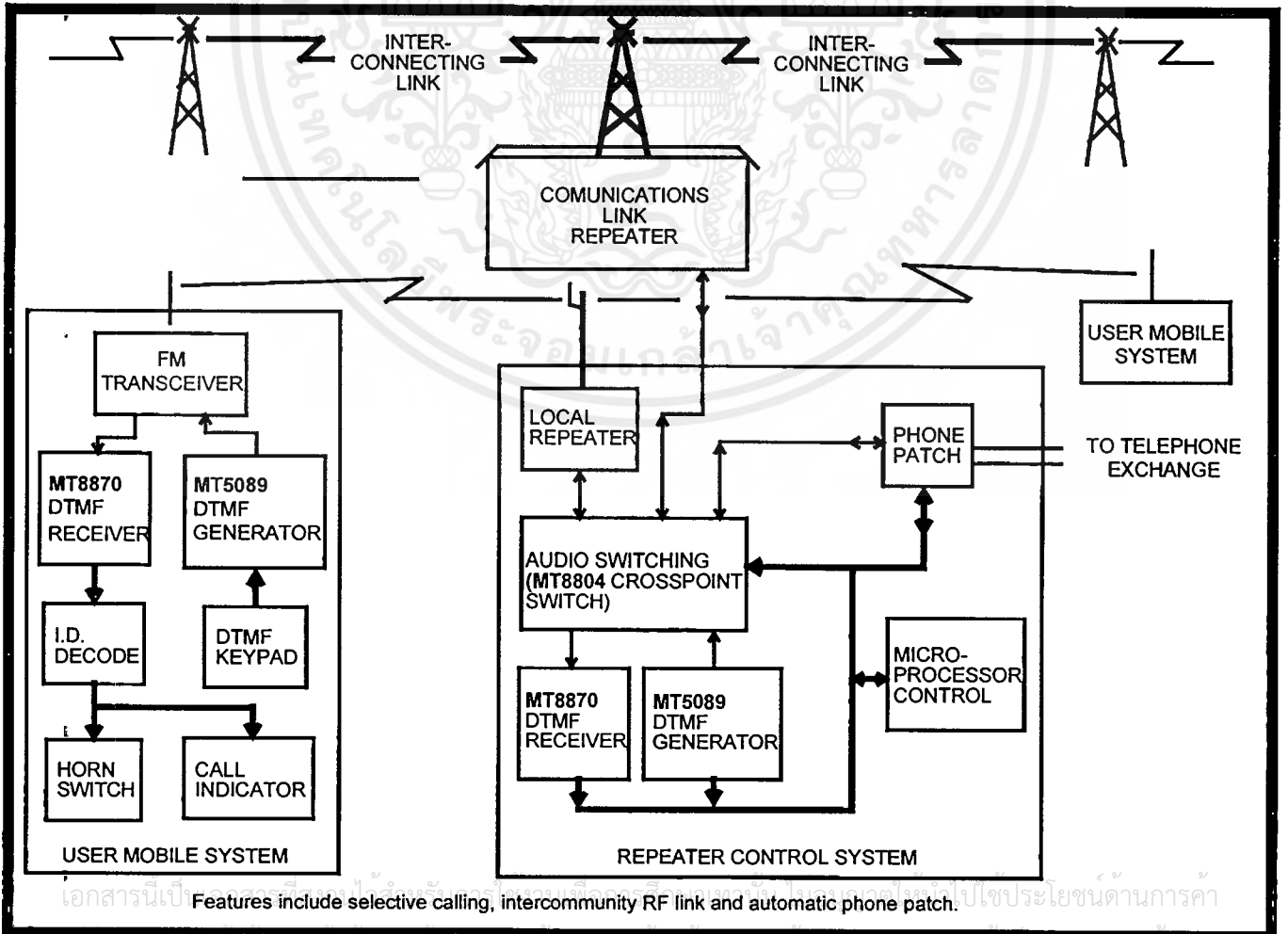


Figure 11 - Interfacing The MT8870 To A Digital PABX Or Central Office

satellite, etc.) could be switched, via commands from the user's DTMF keypad, into the local repeater. This would offer the mobile user a variety of paths for

communication without the assistance of a human operator.



Features include selective calling, intercommunity RF link and automatic phone patch.

Figure 12 - DTMF Controlled Radio Repeater

A multi-channel repeater system serving a multitude of user groups may be found to achieve its most effective performance in the "trunked" mode. In this case, one RF channel is reserved for system signalling. System operation could be achieved as follows.

Each mobile plus the repeater system contain a DTMF receiver, DTMF generator and appropriate control logic. Mobiles are assigned individual DTMF I.D. codes and always monitor the signalling channel when idle. An originating mobile automatically sends a DTMF sequence containing its own I.D. and the I.D. of the called party. This is recognized by the repeater control which retransmits the called party's I.D. The answering mobile returns a DTMF handshake indicating to the repeater control that it is available to accept a call. At this time the repeater control sends a DTMF command sequence to both the originating and answering mobiles which instructs their logic circuits to switch to a specific, available channel. If all channels are busy the repeater control could send DTMF sequences to put both mobiles on "hold" and add their I.D.'s to a "channel-request" queue. This arrangement would

allow users to access any available frequency and converse privately instead of being restricted to one assigned channel which is shared among several user groups.

As well as an individual I.D., each mobile belonging to a particular organization could also have a common group I.D. This would allow dispatch messages to be sent to all company mobiles simultaneously. Since mobiles would be under DTMF control, messages could be sent to an unattended vehicle and, at the user's convenience, displayed on a readout.

Each radio link either established or attempted would result in DTMF I.D. codes being sent to the repeater control. These occurrences could easily be collected by a computer for statistical analysis or billing information. Customers who have defaulted on rental payments could be denied access to the system.

Simplified block diagrams of the control systems for both the repeater and mobiles are shown in Figures 13 and 14 respectively.

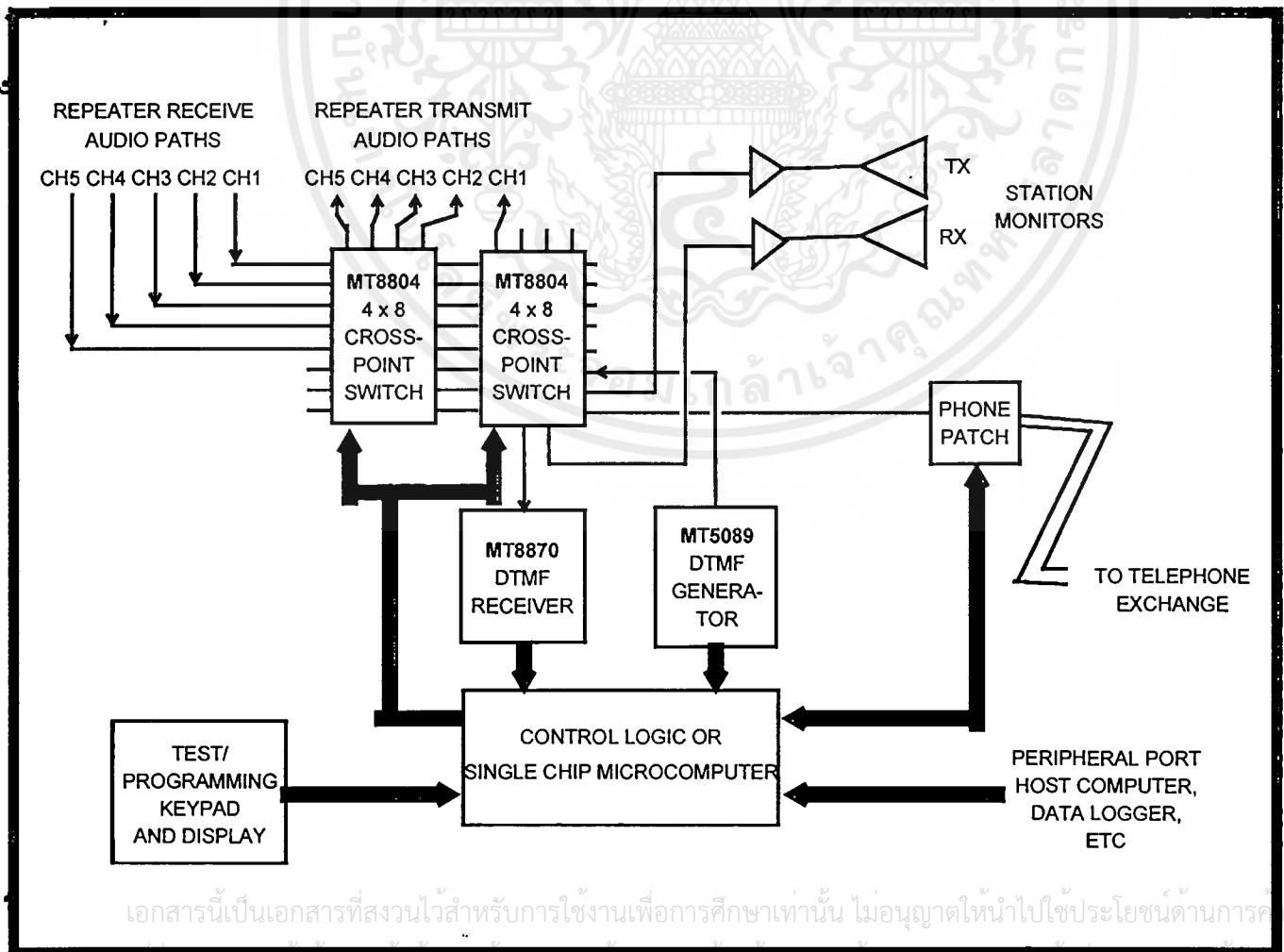


Figure 13 - Block Diagram of Control for "Trunked" Repeater System

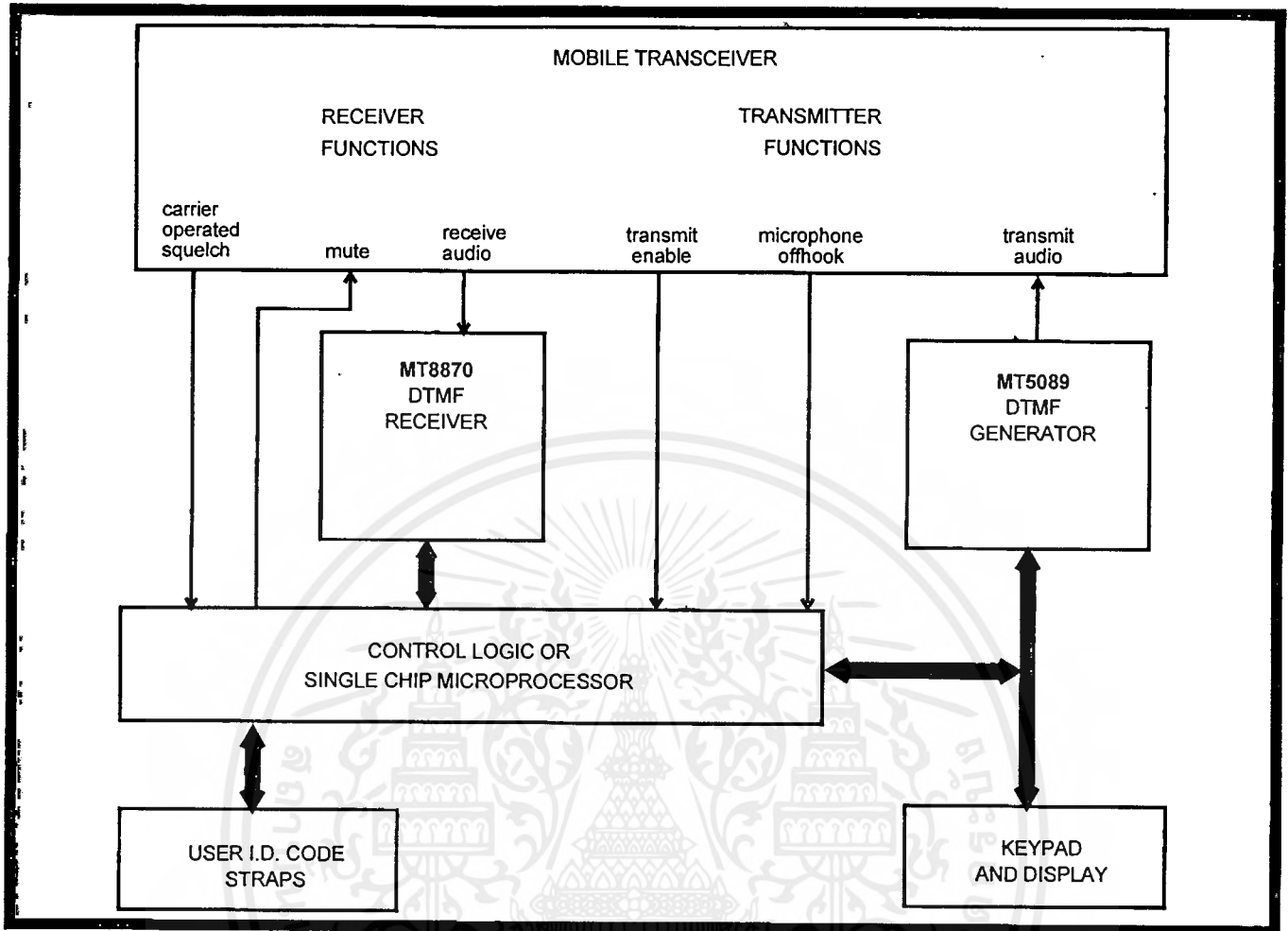


Figure 14 - Block Diagram of Mobile Radio Control System

**Distributed Control Systems**

There are many other applications which also fall into the distributed communications/control class. That is, several devices being controlled via a common communications medium whether it be RF, copper wire or optical fibres, etc.

Consider, for example, an existing pair of wires circulating throughout a plant. By connecting DTMF receivers at strategic points along this path one could conceivably control the whole plant from a single DTMF transmitter (Fig. 15). Each DTMF receiver would monitor the common line until its specific I.D. was received, at which time it would transfer data to its functional control logic.

With some simple logic a circuit can be devised to recognize a sequence of programmed DTMF code. Figure 16 illustrates a method of detecting a DTMF code sequence of arbitrary length, N. The object is to compare N sequential 4-bit DTMF data words to N preprogrammed 4-bit I.D. words. Programming the I.D. code is accomplished by applying the desired logic levels to the inputs of N 4-bit bus buffers. This may be achieved with straps as

shown, dipo switches or thumbwheels. Pull-up resistors should be applied to the buffer inputs. Initially, after a RESET has occurred, Q<sub>0</sub> of the presetable shift register is set logically high, the remaining outputs are reset. This activates the first bus buffer which applies its outputs to the Y inputs of a 4-bit comparator. The "LAST DIGIT" latch is reset, the "ERROR-" flip-flop and "VALID DIGIT" latch are set. These three signals are ANDed indicating a "no-match" condition. When a valid DTMF signal is received its data appears at the comparators "X" inputs, a comparison occurs and the result appears at the "X=Y" output. After 3.4 μS (typical) Std rises indicating that the MT8870 output data is valid and strobes "X=Y" into the "VALID DIGIT" latch. The shift register advances one position which enables the next bus buffer. If the result of the comparison was true then the "VALID DIGIT" output is high. If all digits of the sequence match then the high output from the shift register "wraps around" from Q<sub>N-1</sub> to Q<sub>0</sub>, which strobes the "LAST DIGIT" latch high. This activates the three input AND gate indicating a "match" condition. If non-matching data is received any time during the detection sequence the "ERROR-" flip-flop is reset which disables the AND gate until a system "RESET" occurs. "RESET" may be generated in a variety of ways depending on the

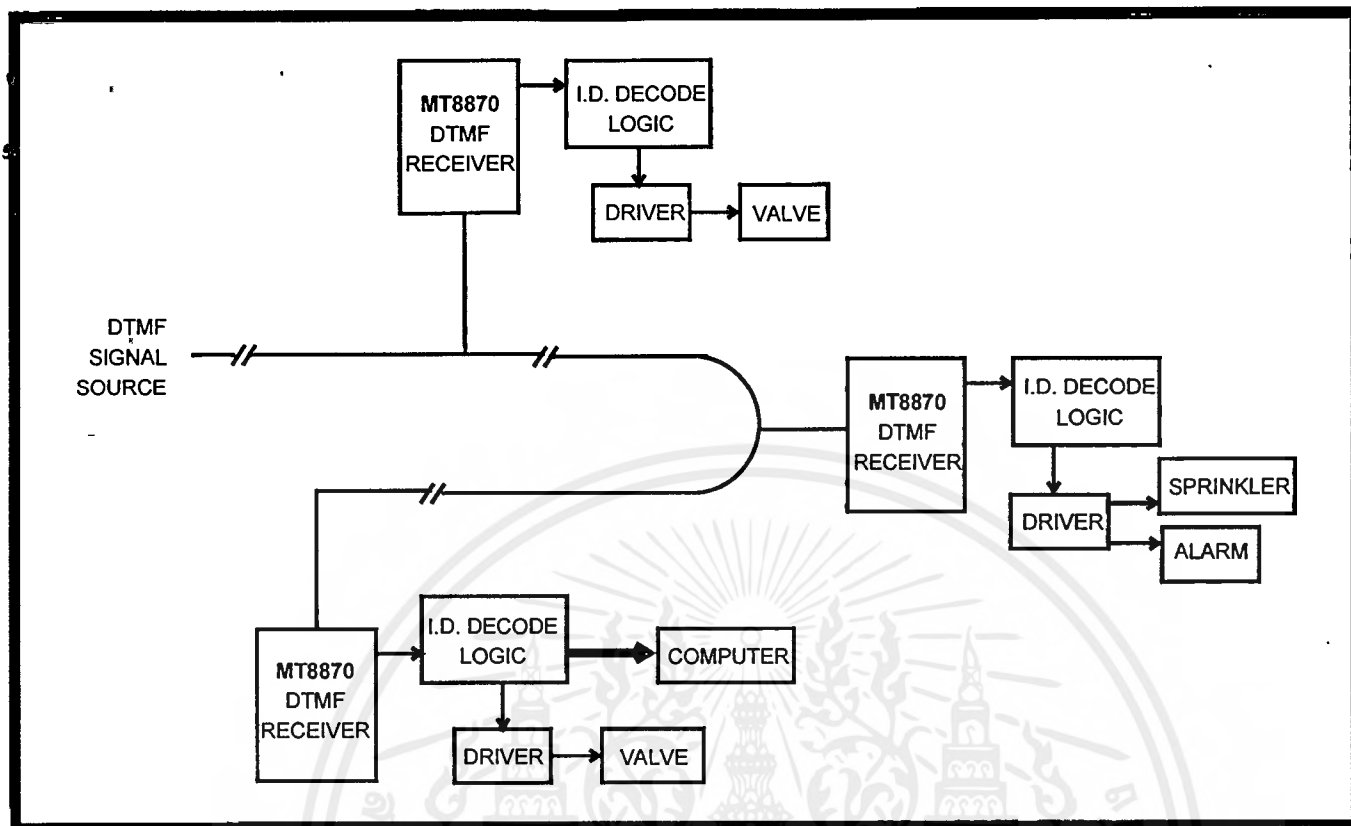


Figure 15 - Distributed Control System

system design objective. If one DTMF code is reserved exclusively for the "RESET" function then the MT8870 outputs can be decoded directly. This requires that the controller send a "RESET" command prior to sending an I.D. sequence. Alternatively a "time-out" timer, triggered by StD, could serve to generate a system reset if a certain time lapse occurs between received signals. This method places time constraints on the system but eliminates the need to consume a DTMF command for the "RESET" function.

The concept of using a common transmission medium for control signalling applies to several possible situations. Plant process control, remote measurement control, selective intercom call systems, institutional intercom systems, two way radio control, pocket pagers and model car or boat remote control, just to mention a few.

Conversely, data could be collected from distributed sources. Implemented on a circulating wire or an RF channel, as illustrated in Figure 17, information could be collected by a central unit which individually polls each monitor to ask for data. Alternatively, the system could be interrupt driven (Fig.18). In this case each monitor, when ready to send data, generates an interrupt request by sending a DTMF I.D. sequence followed by a data stream. Interrupt masking or prioritizing could be achieved from the the central control end by applying DC levels across

a wire pair or sending a pilot tone in an RF system. Remote data collection units would monitor this signal to detect when a higher priority interrupt is being handled or the communications channel is busy.

### Data Communication Using DTMF

There is a vast array of potential applications for DTMF signalling using the existing telephone network. Considering that there are millions of ready-made data sets installed in convenient locations (i.e. the Touch Tone telephone) remote control and data entry may be performed by users without requiring them to carry around bulky data modems.

Potential applications include:

- home remote control
- remote data entry from any Touch-Tone keypad
- credit card verification and inquiry
- salesman order entry
- catalogue store (stock/price returned via voice synthesis)
- stock broker buy/sell/inquire -using stock exchange listing mnemonics
- answering machine message retrieval
- automatic switchboard extension forwarding

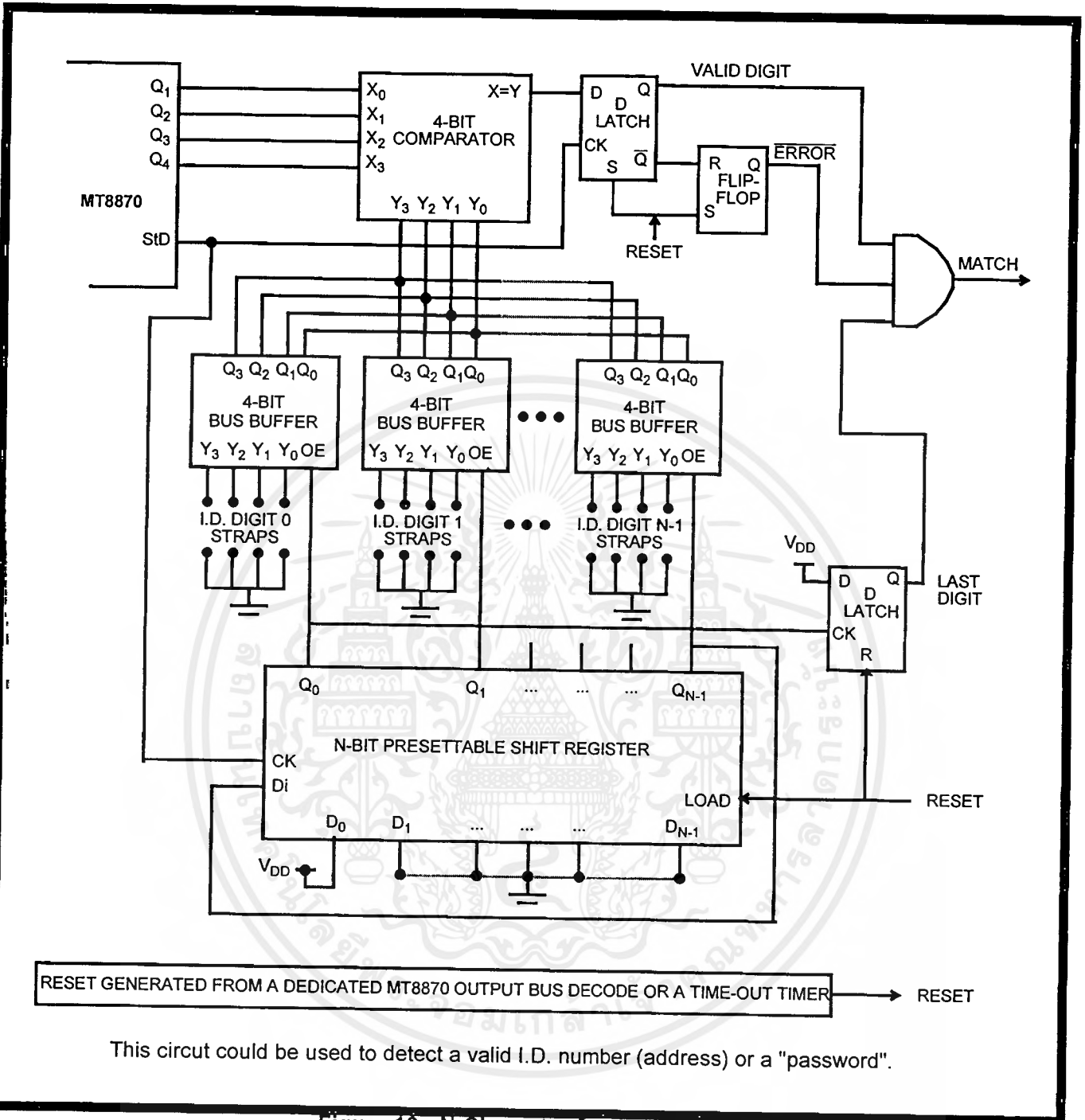


Figure 16 - N-Character Sequence Identifier

A household DTMF remote control system with an optional data port can boast a variety of conveniences (Fig. 19). Remote ON/OFF control may be given to electric appliances such as a slow cooker, exterior lighting and garage heater. An electro-mechanical solenoid operated valve allows remote control of a garden sprinkler. Video buffs could interface to their VCR remote control inputs and record T.V. shows with a few keystrokes of their friend's telephone. This would enhance the function of timers which are currently available on most VCR's. อกลา Schedule changes or unexpected broadcasts could be captured from any remote

location featuring a Touch-Tone™ phone. Security systems could be controlled and a microphone could be switched in for remote audio monitoring. Interfacing a home computer to the data port makes an excellent family message center. At the remote end messages are entered from a telephone keypad. The computer responds with voice messages generated by a speech synthesizer. In the home, messages to be left are entered via the computer keyboard. Messages to be read may be displayed on the computer monitor or "played back" through the speech synthesizer.

ไม่มีการมีได้ฯ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดบังเงาหน้าและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

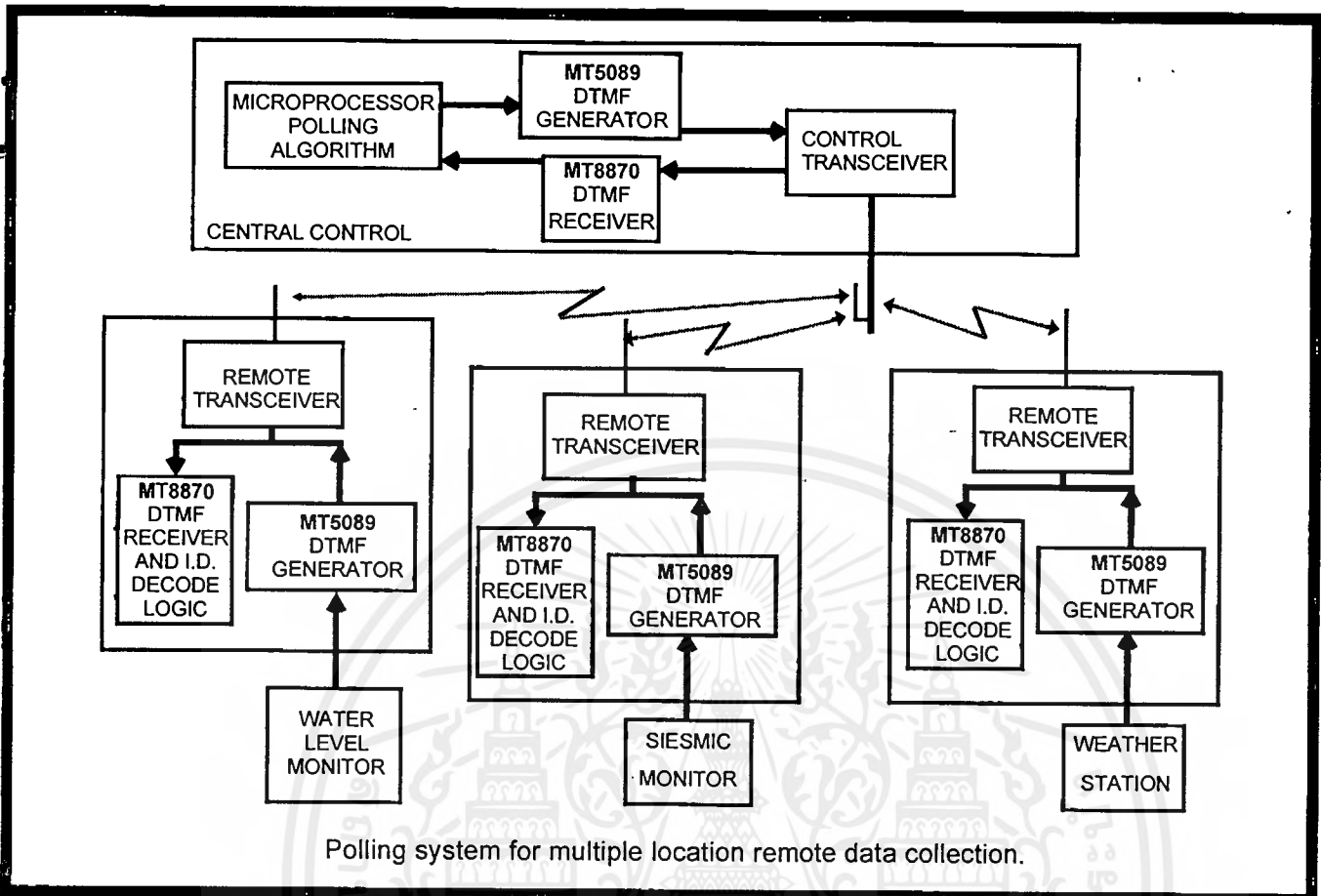


Figure 17 - DTMF Controlled Data Collection

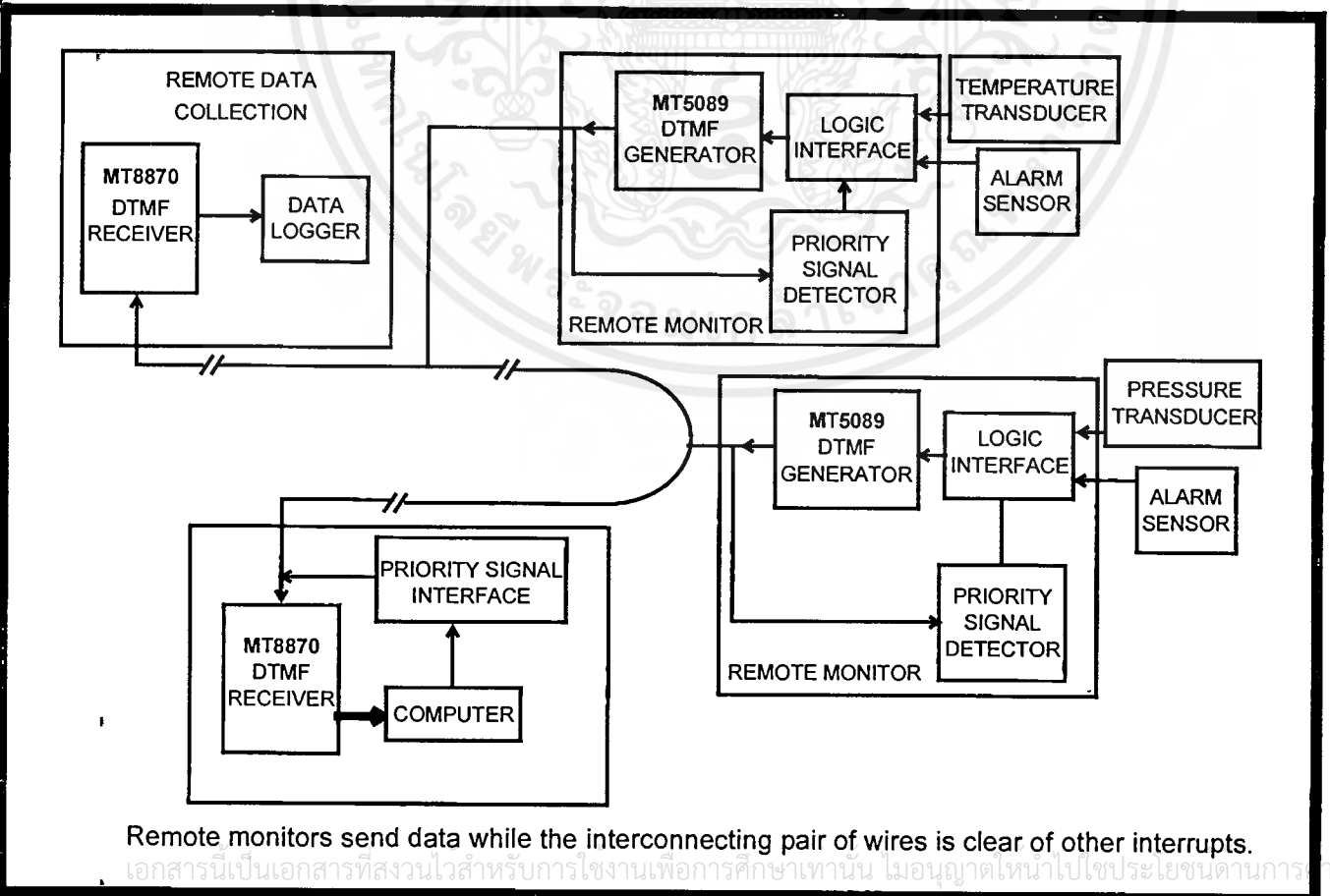


Figure 18 - Interrupt Driven Data Collection System

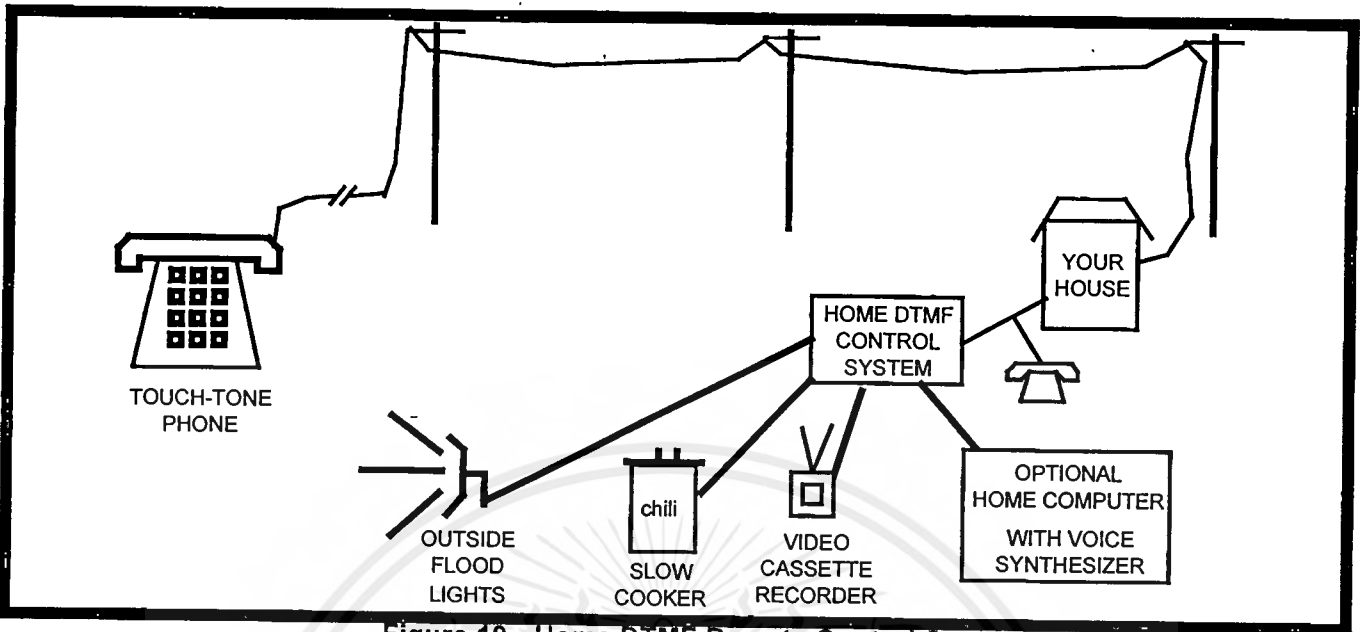


Figure 19 - Home DTMF Remote Control System

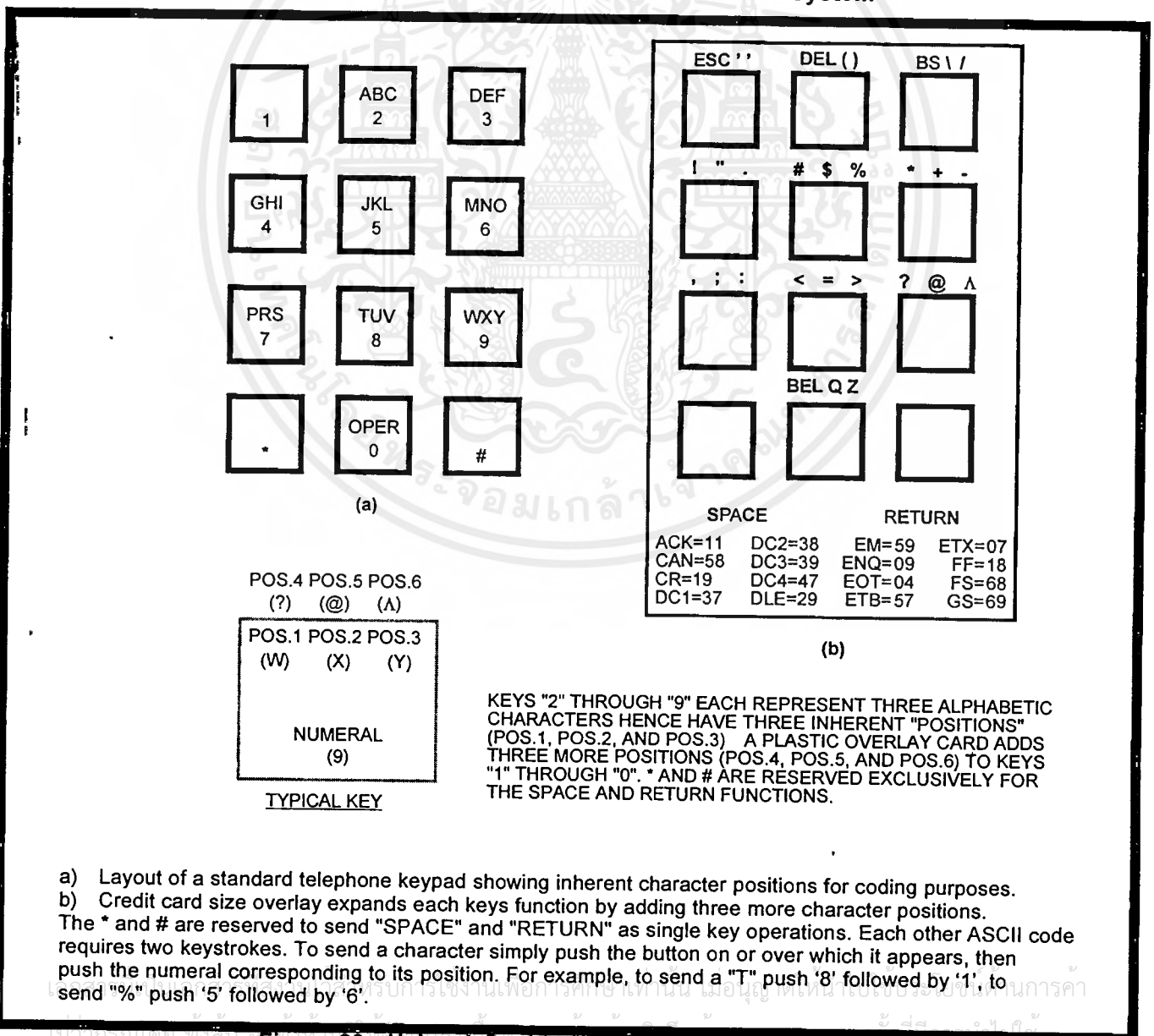


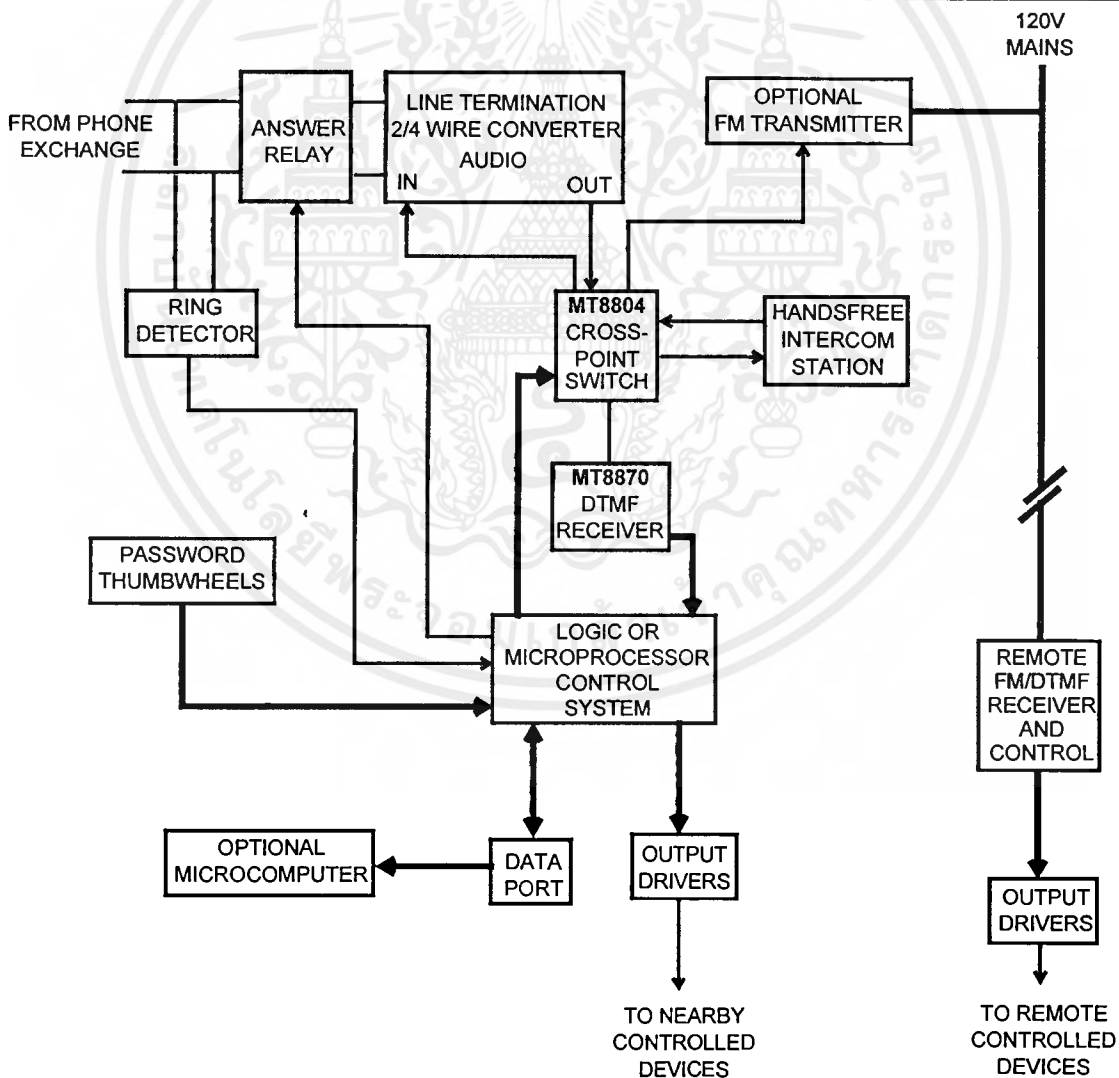
Figure 20 - Using A Pushbutton Phone As A Data Terminal

A scheme for coding ASCII characters using one and two digit DTMF signals is outlined in the appendix. Notice that on a telephone keypad keys 2 through 9 are represented by three alpha-characters as well as a numeral. To send an alpha-character, using this scheme, first press the key on which the character appears then press the key corresponding to the position in which the character appears on its key (1, 2 or 3). Numerals are sent by touching the desired number followed by a zero. The asterisk (\*) and octothorp (#) have been reserved for "space" and "return" respectively. A plastic overlay the size of a credit card expands the number of useable "positions" on each button (Fig. 20). This serves as a guide for sending other ASCII codes and fits snug into a credit card wallet. ASCII control characters that are not commonly used could be listed at the bottom of the card. This user-friendly algorithm

eliminates the need to memorize conversion codes and allows significant functionality even without the overlay reference.

A simple block diagram shows how this scheme may be implemented for a home DTMF control system (Fig. 21). A ringing voltage detector signals the microprocessor of an incoming call. The microprocessor, after the prescribed number of rings, closes the answer relay engaging the proper terminating impedance. A two-to-four wire converter splits bidirectional audio from the balanced telephone line into separate single ended transmit and receive paths.

Receive audio is then switched to the DTMF receiver through the crosspoint switch. Upon receiving a valid DTMF signal, the microprocessor is alerted by



An FM transmitter could be used to couple control signals for distribution over existing power lines. This would eliminate the need for installing wires between the DTMF control unit and remote controlled devices.

Figure 21 - Block Diagram of Home DTMF Remote Control System

the rising edge of StD. The microprocessor then checks for a valid password sequence and decodes subsequent commands. A command can be entered to put the system into remote-control mode. In this case the crosspoint switch is configured to route DTMF signals into the FM-over-mains transmitter as well as the system tone receiver. Forwarding of control signals is accomplished by applying an FM carrier to the power line. This eliminates the need to string control wires haphazardly about the house. The appropriate device is selected by its unique DTMF I.D. code. The microcomputer keeps track of all device locations and their I.D. codes since it must decide when to supply function outputs to the "nearby" devices and when to let the "remote" receivers handle the data. Subsequent data is transmitted to a selected device until a 'reset' command is entered.

Upon receiving any DTMF signal, answer back tones are returned by the microprocessor to acknowledge valid or invalid operations and to indicate the state of an interrogated device. For example, a low to high tone transition could indicate that a particular device is on, a high to low transition indicating the off state. A command could be entered to put the system in an 'external' mode which would allow communications through the data port. A host computer could be connected to this port to broaden the scope of the system.

The resident microprocessor unit contains the software and hardware to control ringing verification,

password and command decoding, answer back tone generation, audio routing, output function latches and an optional data port. Output drivers buffer the latches and switch relays or SCRs to control peripheral devices.

An infinite variety of devices could be controlled by such a system, the spectrum of which is limited only by the ability to provide appropriate interfacing. This system could also be the heart of a DTMF intercom system allowing intercommunication, "phone-patching", and remote control from varied household locations. This type of system concept is, of course, anything but limited to home use. Many applications can provide conveniences to consumers, salespeople and executives.

For example, a merchant could verify credit card accounts quickly utilizing only a telephone keypad for data entry (Fig. 22). Each credit card company could reserve one or more telephone lines to provide this function, reducing the human effort required. The receiving end system would be required to answer the call, provide a short answer back tone or message, receive and decode the credit card account number, verify it, verify the owner's name and give a go/no-go authorization. This return data could easily be provided with the aid of a voice synthesizer. An auto-dialler containing appropriate phone numbers could be installed at the merchant end as an added time saver.

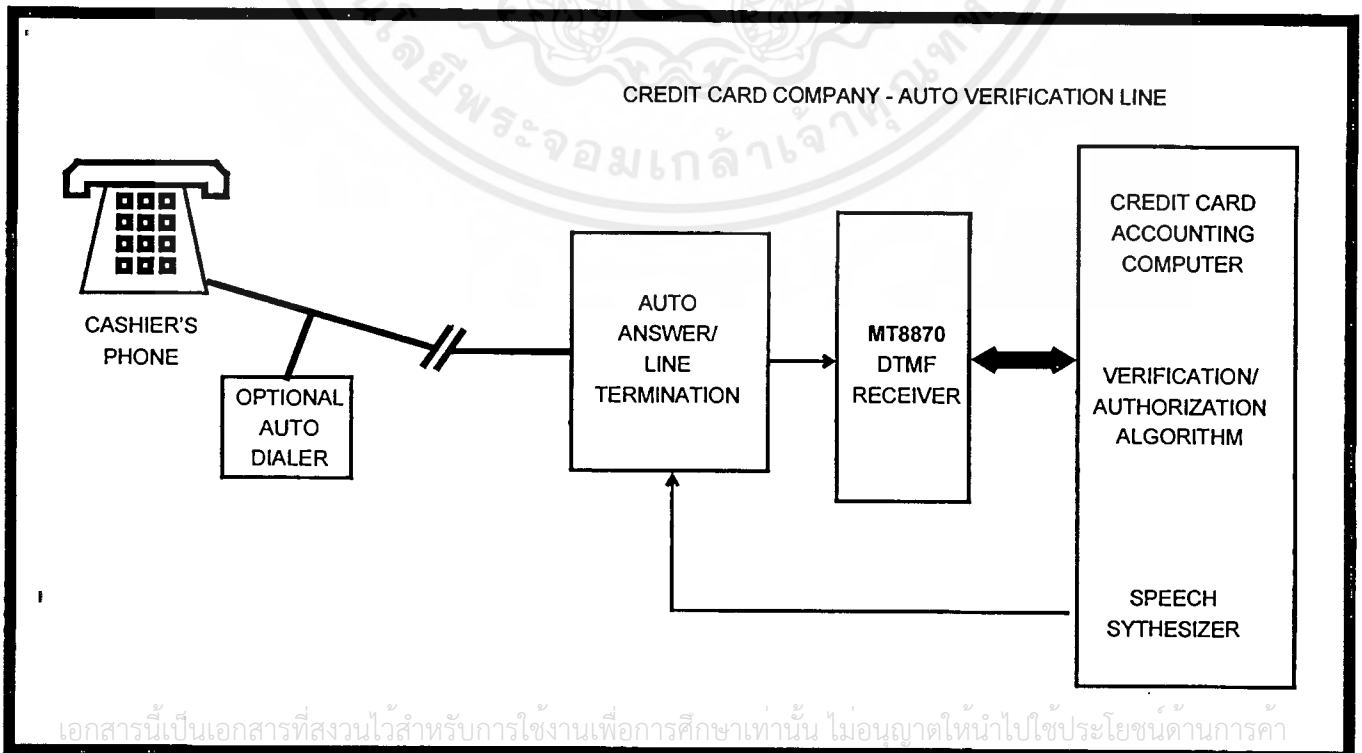


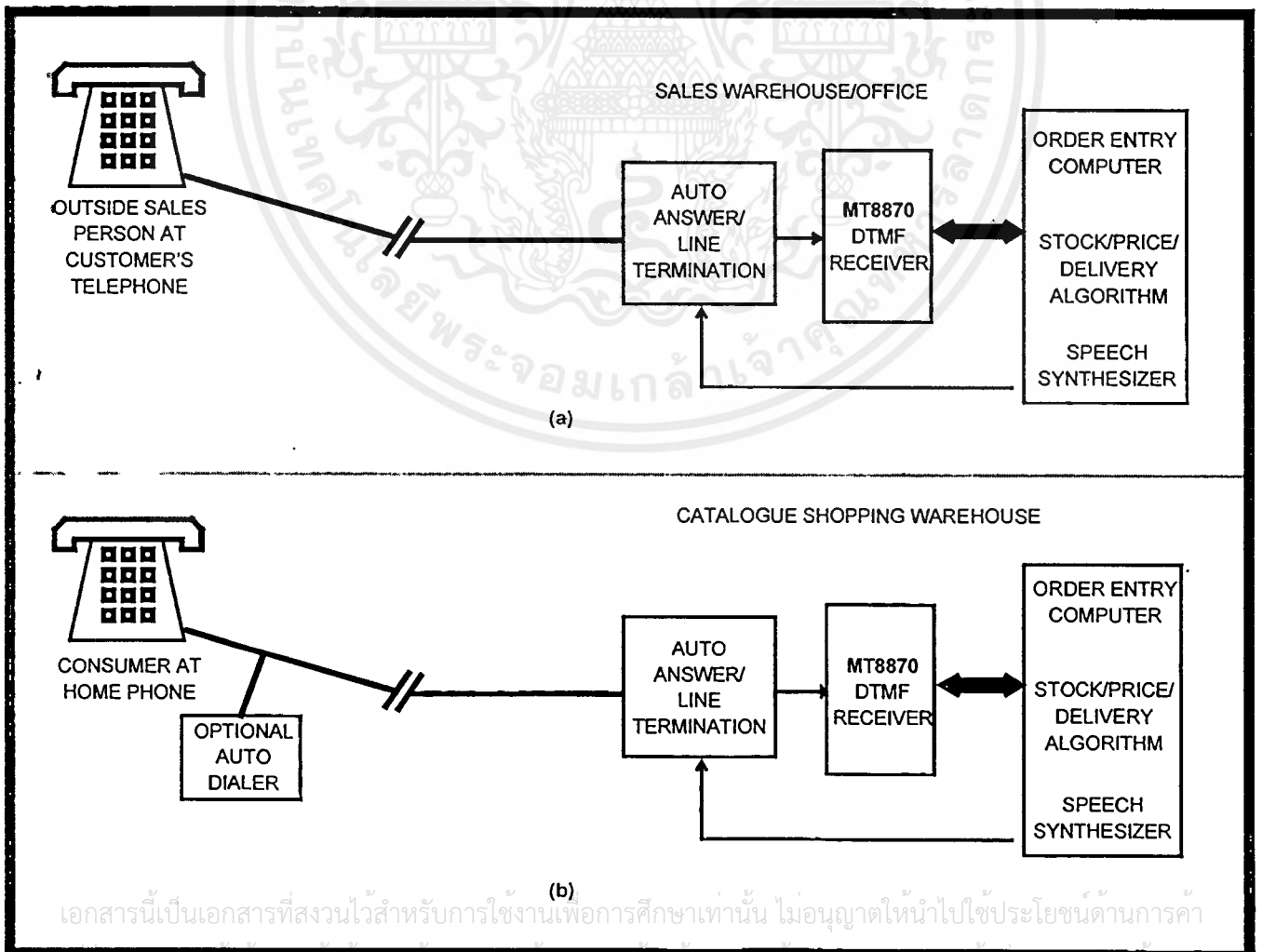
Figure 22 DTMF Data Communications For An Auto Verification Line

With a similar arrangement, a travelling salesman could access price, delivery and customer status, enter or delete merchandise orders and retrieve messages all from the comfort of the customer's office (Fig. 23a). A department store could provide shop-by-phone service to its customers using telephone keypad data entry (Fig. 23b). Brokerage firms, utilizing the stock exchange mnemonic listings could provide trading price information and buy/sell service via telephone keypad entry. A voice synthesizer could provide opening and current trading price, volume of transactions and other pertinent data. A telephone answering system manufacturer could apply this technique, allowing users to access and change outgoing and incoming messages from a Touch-Tone phone.

A PBX manufacturer could offer a feature that relieves the switchboard attendant from unnecessary interaction. A call could be answered automatically and a recording may reply "Thank you for calling XYZ. Please dial the extension you wish to contact or zero for the switchboard". If the caller knows the called party's extension in advance it is not necessary to wait for the switchboard attendant to

forward the call. The attendant could be notified to intervene if there is no action by the caller say, ten seconds after the recording ends. This provides a similar function to a "Direct Inward Dialling" (DID) trunk but without the additional overhead incurred with renting a block of phone numbers as in the DID case.

Now that a DTMF receiver is so easy and inexpensive to implement there are many simple dedicated uses that become attractive. A useful home and office application for DTMF receivers is in a self-contained telephone-line-powered toll call restrictor similar to the block diagram in Fig. 2a. This could be installed in an individual telephone or at the incoming main termination depending on which phone or phones are to be restricted. While disallowing visitors from making unauthorized long distance calls, the owner may still desire access to toll dialling. This could be provided by adding a logic circuit that disables the toll restrictor upon receiving a predetermined sequence of DTMF characters (Fig. 16). In this case, the user must enter his password before dialling a long distance number.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Figure 23 - Two Applications Of DTMF Data Communications

## 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.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lix

**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	DEL	7F	24
US	1F	78						
VT	0B	17						

## กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้นลงได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือของทุกๆฝ่าย ขอ  
ขอบพระคุณ อาจารย์ชินภัทร นันทจิวงกรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาผู้คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ  
นำเสมอมา ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ทุกท่านที่ให้ความรู้และให้ความช่วย  
เหลือในด้านต่างๆ ขอขอบคุณรุ่นพี่ที่ให้ความรู้ในเรื่องต่างๆ และขอบคุณเพื่อนๆภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์  
ที่เอื้อเฟื้ออุปการณ์และให้กำลังใจมาโดยตลอด

.....ศุภกร.....ศรีสงวน.....

( นายศุภกร ศรีสงวน )

.....สมพล.....เจริญพงศ์.....

( นายสมพล เจริญพงศ์ )

.....สรรภัค.....คูหาเจริญ.....

( นายสรรภัค คูหาเจริญ )

ผู้จัดทำ

## หนังสืออ้างอิง

1. สุนทร วิฑูรพจน์ “ การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051 ” ,  
ซีเอ็ดยูเคชั่น, 201 หน้า, 2537
2. รัชชัย อินทุโส และ ไตรภพ อินทุโส “ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051” , หจก.  
สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , 174 หน้า, 2537
3. รัชชัย เลื่อนฉวี, “เทคโนโลยีโทรศัพท์” , ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์ บางกอกน้อย กรุงเทพฯ
4. Motorola Technical Information Center, “Motorola Telecommunication Device Data” ,  
Motorola U.S.A. , 1989.

