



เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติระบบ PAM

PULSE AMPITUDE MODULATION

SPEECH PATHS PRIVATE AUTOMATIC

BRANCH EXCHANGE



โดย

นาย ชัยชาญ สว่างนาน 321068

นาย เชวง รอดทรัพย์ 321082

นาย ธานี กิจจะอรพิน 331006

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032536

# เครื่องผสมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบ PULSE AMPITUDE MODULATION

นาย ชัยชาญ สว่างนาน 321068

นาย เขวง รอดทรัพย์ 321082

นาย ธาณี กิจจะอรพิน 331006

อ.มนัส สัจจวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2535

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารกันภายในองค์ต่างๆ มีความนิยมอย่างสูงในการนำเครื่องผสมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบถึงเครื่องลูกโดยไม่ผ่าน โดยไม่ผ่านโอเพอร์เรเตอร์มาใช้ ซึ่งอำนวยความสะดวกเป็นอย่างมากในการติดต่อกันภายในและยังสามารถทำการเชื่อมต่อกับองค์การโทรศัพท์ได้ ปริมาณนี้จึงนับจะกล่าวถึงการสร้างและพัฒนาเครื่องผสมสายโทรศัพท์อัตโนมัติซึ่งควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ใช้ระบบ PULSE AMPITUDE MODULATION ซึ่งใช้อานาล็อก ลวิท เบอร์ 4066 เป็นตัวตัดต่อ

๕

PULSE AMPITUDE MODULATION SPEECH PATHS  
PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

Mr. Chaichan Swangnan 321068  
Mr. Chawang Rordsap 321082  
Mr. Thanee Kitjaorapin 331006  
Mr. Manas Sungworasin advisor  
1992

ABSTRACT

Nowadays the communication system in the organization is very popular to use the private automatic branch exchange (PABX). It is very convenient to use the private automatic branch exchange to communicate inside the organization. This thesis will describe the reseaooh for design and construction of the private automatic branch exchange which is controlled by the microprocessor system and used the pulse ampitude modulation speech paths system that used analog switch for connect paths.

ปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2535

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องขยายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นาย ชัยชาญ สว่างนาน 321068
2. นาย เสง รอดทรัพย์ 321082
3. นาย ธานี กิจจะอรพิน 331006

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ ดร. มนัส สังวรศิลป์)

## สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1-1
บทที่ 2 วงจรสร้างสัญญาณไตรคัพท์	2-1
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	3-1
บทที่ 4 ส่วนประกอบของโปรแกรม	4-1
บทที่ 5 ผลการทดลอง	5-1
บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์	6-1
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

## บทนำ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในระบบธุรกิจ อุปกรณ์การติดต่อสื่อสารหลาย ๆ อย่างได้ถูกนำมาใช้อำนวยความสะดวก โทรศัพท์ก็เป็นอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารอย่างหนึ่งซึ่งสะดวก ประหยัดและง่ายต่อการใช้งาน เมื่อเริ่มต้นในการติดต่อทำธุรกิจนั้น เราขอเลขหมายจากองค์การโทรศัพท์ตามความต้องการว่าจำเป็นต้องใช้โทรศัพท์ในธุรกิจมากน้อยแค่ไหน เมื่อธุรกิจมีความต้องการใช้โทรศัพท์มากขึ้น การมีโทรศัพท์สายตรงมากเลขหมายก็ไม่ได้อำนวยความสะดวกให้กับผู้คนในสำนักงานเลย กลับเพิ่มภาระความยุ่งยากขึ้นมาเสียอีก สำนักงานที่มีคนมากขึ้น มีเลขหมายมากขึ้น มีเครื่องโทรศัพท์มากขึ้นอีกชั้น ระบบโทรศัพท์มีมานานแล้วสมัยก่อนสำนักงานที่เหมาะสมจะใช้ระบบโทรศัพท์ มักจะเป็นสำนักงานที่ทำธุรกิจขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันไม่เป็นเช่นนั้น เดียวนี้เรามีระบบโทรศัพท์ใช้แม้แต่ในบ้าน สิ่งเหล่านี้เป็นเหมือนตัวแทนของเทคโนโลยีที่มีบทบาทมากขึ้นทุกที ในชีวิตประจำวันของเราทุกคน

โทรศัพท์ช่วยให้เราสื่อสารอย่างสะดวกสบาย และยิ่งถ้าเป็นระบบโทรศัพท์ก็ยิ่งสะดวกสบายคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไปเป็นค่าระบบอีกด้วย ระบบโทรศัพท์สามารถใช้เป็นสายติดต่อกันภายใน สามารถรับสายแทนกันเมื่อมีสายนอกเข้ามาก็สามารถรับโทรศัพท์นั้นได้จากทุกจุดที่ต้องการ เจ้าหน้าที่ในสำนักงานสามารถประชุมร่วมกันโดยใช้สายโทรศัพท์เป็นสื่อตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป สามารถใช้โทรศัพท์แทนไมโครโฟนประกาศผ่านลำโพงให้ได้ยินกันทั่วทุกคนหรือเฉพาะกลุ่มและยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ระบบโทรศัพท์สามารถทำได้ คุณสมบัติเหล่านี้มีอยู่ในระบบโทรศัพท์ขนาดเล็กจำนวนสายนอกเพียง 1 ถึง 2 สาย ไปจนถึงระบบโทรศัพท์ขององค์กรขนาดใหญ่ มีสายนอกเป็นร้อย ๆ สายและจำนวนเครื่องภายในเป็นเหมือนเครื่อง และยิ่งเป็นระบบใหญ่ความสามารถในการตอบสนองความสะดวกสบายให้แก่สำนักงานก็มีเพิ่มมากขึ้นกว่าระบบเล็ก ๆ

ทุกสำนักงานทุกองค์กรสามารถใช้ระบบโทรศัพท์ได้ทั้งสิ้น ถ้าต้องการความเป็นระเบียบและความสะดวกสบายในการทำธุรกิจ

## ประเภทของระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ในสำนักงานมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. ระบบคีย์เทเลโฟน (KEY TELEPHONE)
2. ระบบตู้สาขา PABX = PRIVATE (AUTOMATIC) BRANCH EXCHANGE
3. ระบบโทรศัพท์แบบผสม (HYBRIDGE)

โทรศัพท์แต่ละแบบนี้จะใช้งานต่างกันที่จำนวนโทรศัพท์ในสำนักงานนั้น ต้องการมากน้อยเพียงใด การทำงานของระบบโทรศัพท์แต่ละแบบจะแตกต่างกัน ไปโดยสิ้นเชิงสำนักงานจะต้องเลือกระบบโทรศัพท์แบบใดแบบหนึ่งมาใช้ ไม่สามารถนำมาผสมปนเปกันได้เลย

ขอเปรียบเทียบความแตกต่างของระบบโทรศัพท์ทั้งสองแบบมีรายละเอียดดังนี้

### ระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟน

ประกอบด้วยตัวตู้และหัวเครื่องโทรศัพท์ที่มีปุ่มการทำงานต่าง ๆ มากมายอยู่บนเครื่อง เราเรียกเครื่องโทรศัพท์แบบนี้ว่า หัวเครื่องคีย์ หัวเครื่องแบบฉลาดและอาจมีจอตัวอักษร สามารถฝากข้อความและทำงานอื่นๆ ได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอีกหรืออาจเรียกว่า ฟีเจอร์ เทเลโฟน (FEATURE TELEPHONE) การเดินสายจากตู้ไปยังหัวเครื่องแบบนี้จะต้องเดินสาย 4 เส้น จากปุ่มต่าง ๆ ที่อยู่บนตัวเครื่องผู้ใช้ทุกคนสามารถเห็นภาวะการใช้โทรศัพท์ในสำนักงานได้ เนื่องจากมีปุ่มไฟแสดงไว้ระบบโทรศัพท์แบบนี้จะมีคุณสมบัติมากน้อยเท่าไร ก็ขึ้นอยู่กับว่าเครื่องที่ใช้จะสามารถทำงานได้ขนาดไหน แต่ยังมีความสามารถมากก็ยิ่งราคาสูง ยิ่งตามปกติถ้าสำนักงานคิดจะใช้ระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟน จะต้องลงทุนสูงในเรื่องของราคา ของหัวเครื่องยิ่งถ้าจำนวนสายภายในมีมาก การลงทุนซื้อหัวเครื่องที่มีราคาสูง จึงเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างมาก ด้วยเหตุนี้เองเราจึงพบว่าระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟนมักจะมีใช้ในสำนักงานขนาดเล็ก และสำนักงานขนาดกลางที่มีจำนวนสายภายในและสายภายนอกไม่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบโทรศัพท์แบบตู้สาขา

มีตัวตู้และหัวเครื่องเช่นเดียวกัน แต่หัวเครื่องของระบบโทรศัพท์แบบนี้จะเป็นเครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไป เราสามารถสร้างตู้สาขาให้มีจำนวนเลขหมายเท่าใดก็ได้ตามต้องการ ตู้สาขาที่ขายอยู่ปัจจุบันมีตั้งแต่ขนาดเล็กจำนวน 1 สายนอก 4 สายใน ซึ่งส่วนใหญ่มักจะผลิตเองโดยคนไทยและสามารถใช้งานได้ดีไปจนถึงตู้สาขาขนาดใหญ่สำหรับองค์กรขนาดใหญ่ที่มีจำนวนเลขหมายเป็นร้อยสายและมีเครื่องภายในเป็นจำนวนมาก

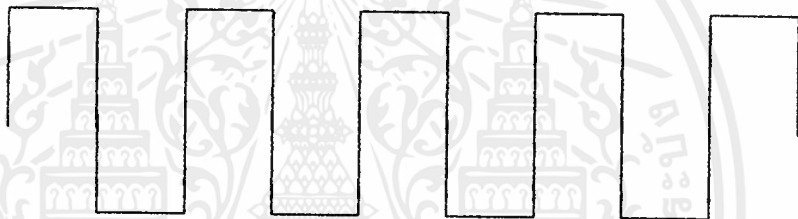
นอกจากระบบโทรศัพท์ทั้งสองแบบแล้ว ยังมีระบบตู้โทรศัพท์อีกระบบหนึ่งที่ใช้กันมาก จึงจะเป็นการผสมผสานระห่อย่างทั้งสองระบบเข้าด้วยกัน เราเรียกว่า ระบบโทรศัพท์แบบ ไฮบริด ระบบนี้น่าจะเรียกว่าเป็นคีย์เทเลโฟนเทียม เพราะสามารถใช้หัวเครื่องแบบคีย์เทเลโฟน ปนกับหัวเครื่องธรรมดา สามารถลดค่าใช้จ่ายในบางจุดที่ไม่มีความจำเป็นในการใช้โทรศัพท์มาก

## วงจรสร้างสัญญาณในโทรศัพท์

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าโทรศัพท์ที่มีสัญญาณต่างๆมาก จุดประสงค์เพื่อต้องการบอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์ ทราบสถานะต่างๆของชุมสายโทรศัพท์ ต้นกำเนิดสัญญาณต่างๆมาจากชุมสายโทรศัพท์ ด้วยเหตุนี้ชุมสายโทรศัพท์ที่เราทำขึ้นมา ก็จำเป็นต้องกำเนิดสัญญาณเหล่านี้ด้วย โดยหัวใจสำคัญของวงจรสร้างสัญญาณเหล่านี้คือ IC time 555 ซึ่งรายละเอียดของวงจรต่างๆที่ใช้ในโทรศัพท์รวมทั้ง รูปวงจร การคำนวณค่าต่างๆจะกล่าวต่อไป

### 1. สัญญาณ Dial tone

คือสัญญาณที่ชุมสายบอกให้ทราบว่าพร้อมรับเลขหมายจากผู้ใช้นี้ ซึ่งหมายถึงผู้กดหมายเลขที่ต้องการได้ ความถี่ที่ใช้ประมาณ 400 Hz



รูปสัญญาณ Dial tone

### 2. สัญญาณ Busy tone

คือสัญญาณที่ชุมสายบอกให้ผู้ใช้ทราบว่า ชุมสายไม่สามารถติดต่อเลขหมายปลายทางได้ ความถี่ที่ใช้ประมาณ 400 Hz ดัง 0.5 วินาที เจริบ 0.5 วินาที

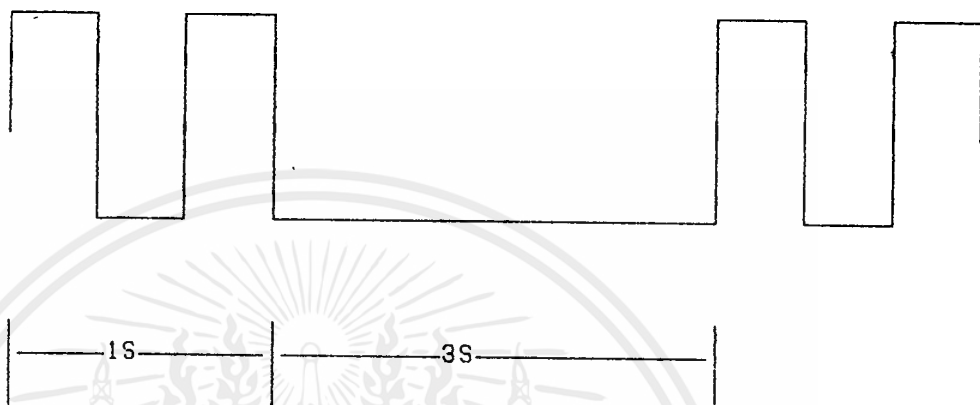


รูปสัญญาณ Busy tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณ Ringback Tone

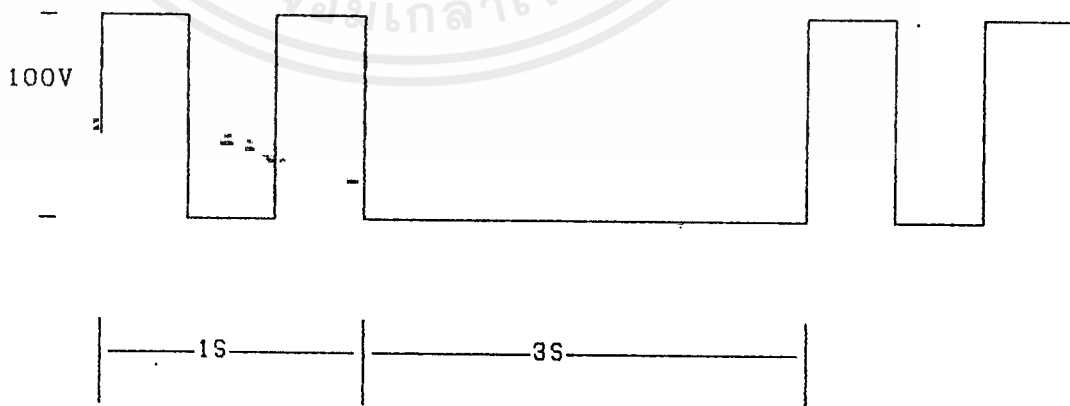
เป็นสัญญาณที่ชุมสายแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่า สามารถติดต่อกับเลขหมายปลายทางได้แล้ว รอจนกระทั่งผู้ใช้ปลายทางยกหูพูด ชุมสายก็จะต่อสวิตให้สนทนากันได้ เป็นสัญญาณ 400 Hz ดัง 1 วินาที เจริบ 3 วินาที



รูปสัญญาณ Ringback tone

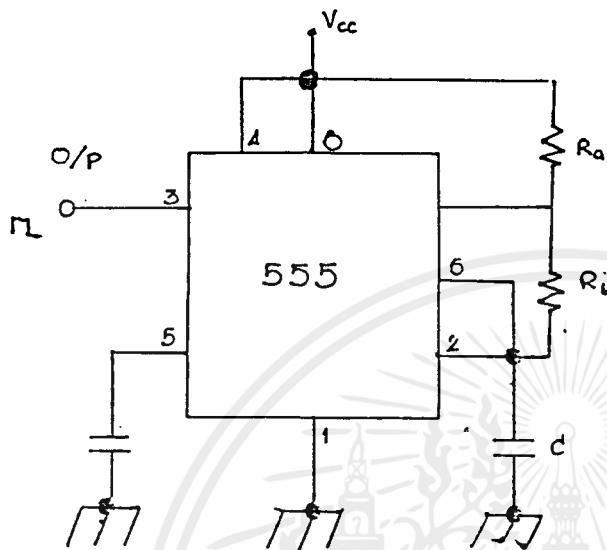
4. Ringing Tone

เป็นสัญญาณที่ชุมสายส่งมาเรียกผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่า มีผู้ต้องการติดต่อด้วยเรียกเข้ามา เป็นสัญญาณ 50Hz 100V ดัง 1s เจริบ 3s



รูปสัญญาณ Ringing Tone

## คำนวณ 555 Astable



1.  $F = ?$

หา C จาก table

2. หา  $R_a + 2R_b$

3.  $D = ?$

$R_b = D(R_a + 2R_b)$

หา  $R_a = ?$

4. หาคำตอบจาก

$t_1 = 0.693(R_a + R_b)C$

$t_2 = 0.693(R_b)C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## การทำงานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

### การขอบริการภายใน

จะเริ่มจาก CPU จะทราบสัญญาณการขอใช้โทรศัพท์ จากการยกหูเครื่องโทรศัพท์โดยสัญญาณการยกหู (Hook) จะถูกส่งเข้ามาทาง IO PORT จากนั้น CPU ก็ทำการต่อช่องสัญญาณ Dial Tone เข้ากับส่วน Receive ของชุมสายและต่อส่วนของวงจรถอดรหัสเข้ากับส่วน Transmit เพื่อรับหมายเลขเครื่องที่จะทำการติดต่อ จากนั้น CPU ก็อ่านหมายเลขเครื่องที่จะทำการติดต่อผ่านทาง IO PORT จากนั้นก็จะทำการส่งสัญญาณ Ringing ไปยังเครื่องที่ถูกเรียก จากนั้นก็จะรอการยกหูของเครื่องรับ หลังจากนั้นก็ทำการต่อ ส่วน Receiver เข้ากับส่วน Transmitter ของเครื่องโทรศัพท์ทั้งสอง

### การขอบริการสายนอก

เริ่มจากการที่ CPU จะได้รับสัญญาณจากส่วน Detect Ringing ผ่านทางส่วน IO PORT จากนั้น CPU ก็ทำการ HOLD สายนอกโดยการส่งสัญญาณควบคุม Relay ให้ Hold on จากนั้นก็จะต่อ SPEECH PATH ของ TRANSMIT เข้ากับส่วนถอดรหัสเพื่อทำการอ่านหมายเลขที่ทำการติดต่อและดำเนินการต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ภายในต่อไป

### การโทรออกสายนอก

CPU จะทำการตรวจสอบว่าคู่สายภายในมีการขอใช้สายนอกหรือไม่จากการกด Key 0 จากนั้น CPU จะตรวจสอบว่าสายนอกว่างหรือไม่ถ้าว่างก็จะทำการ Hold on สายนอกและต่อส่วน Receiver กับ ส่วน Transmitter เข้าด้วยกันซึ่งการกด Key ของสายในนี้จะถูกส่งผ่าน ในส่วนของ Transmitter ของสายในเข้ากับส่วน Receiver ของสายนอกเพื่อส่งให้ชุมสายภายนอกถอดรหัสต่อไป

ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับการติดต่อ Speech Path และการทำงานจะกล่าวอย่างละเอียดต่อไป

### ในส่วนของ Speech Path

หลักการทำงานของ Speech path นี้จะมีการทำงานโดยละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ในการใช้งานโทรศัพท์ที่มีจำนวนเครื่องลูกโทรศัพท์มาก ๆ นั้น เราจำเป็นต้อง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมี Switch ที่ทำการเชื่อมต่อส่วนรับและส่งของเครื่องลูกทั้งหมดเข้ากับ Path เพื่อที่เครื่องลูกจะได้สามารถเลือกคู่สายที่ต้องการติดต่อได้ทั้งหมดซึ่งจะเห็นว่าถ้ามีการติดต่อของโทรศัพท์ 1 คู่ใน Path นั้นจะทำให้โทรศัพท์เครื่องอื่นไม่สามารถใช้ Path นั้นได้ ในกรณีที่เรากำหนดการเชื่อมต่อของ Switch นั้นต่ออยู่ตลอดเวลาของการสนทนา ซึ่งถ้าเราต้องการให้มีการติดต่อระหว่างเครื่องลูกเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งคู่ เราก็จะต้องเพิ่มจำนวน Path ขึ้นมาอีกหนึ่ง Path ซึ่ง Path ที่เพิ่มขึ้นนี้ก็ต้อง Switch เข้ากับตัวเครื่องโทรศัพท์ทั้งหมด

ตัวอย่างเรามีโทรศัพท์  $n$  เครื่องและจำนวน Path ที่สามารถใช้งานได้พร้อมกันหรือจำนวนคู่สายที่สามารถใช้งานได้พร้อมกัน  $m$  คู่สาย จะเห็นได้ว่าเราต้องใช้ switch ในการติดต่อทั้งหมด  $n*m$  switch ซึ่งหลักการนี้ก็คือ ขุมสายโทรศัพท์แบบ Matrix Switch นั่นเอง

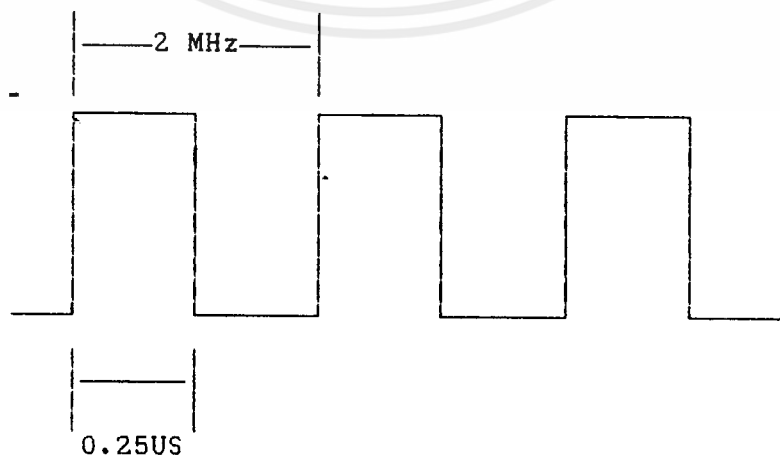
ดังนั้นถ้าเราต้องการใช้คู่สายจำนวนมากๆ ในเวลาเดียวกัน ระบบ Matrix Switch ก็จะไม่เหมาะสมเพราะถ้าเราต้องการใช้คู่สายจำนวนมากๆ ก็จะต้องเป็นการสิ้นเปลือง Switch ที่ทำการเชื่อมต่อ

ในโครงการนี้ ได้มีการนำเสนอส่วส่วนของ Speech Path นี้ใหม่ โดยใช้ Path เดียวแต่แบ่งเวลาการใช้ คือระบบ TDMA ซึ่งสัญญาณที่ผ่าน Path นี้จะเป็นสัญญาณ Pulse Amplitude Modulation ซึ่งก็คือการ Switch สัญญาณรับและส่งผ่าน Path เดียวกันในช่วงเวลาสั้นๆ

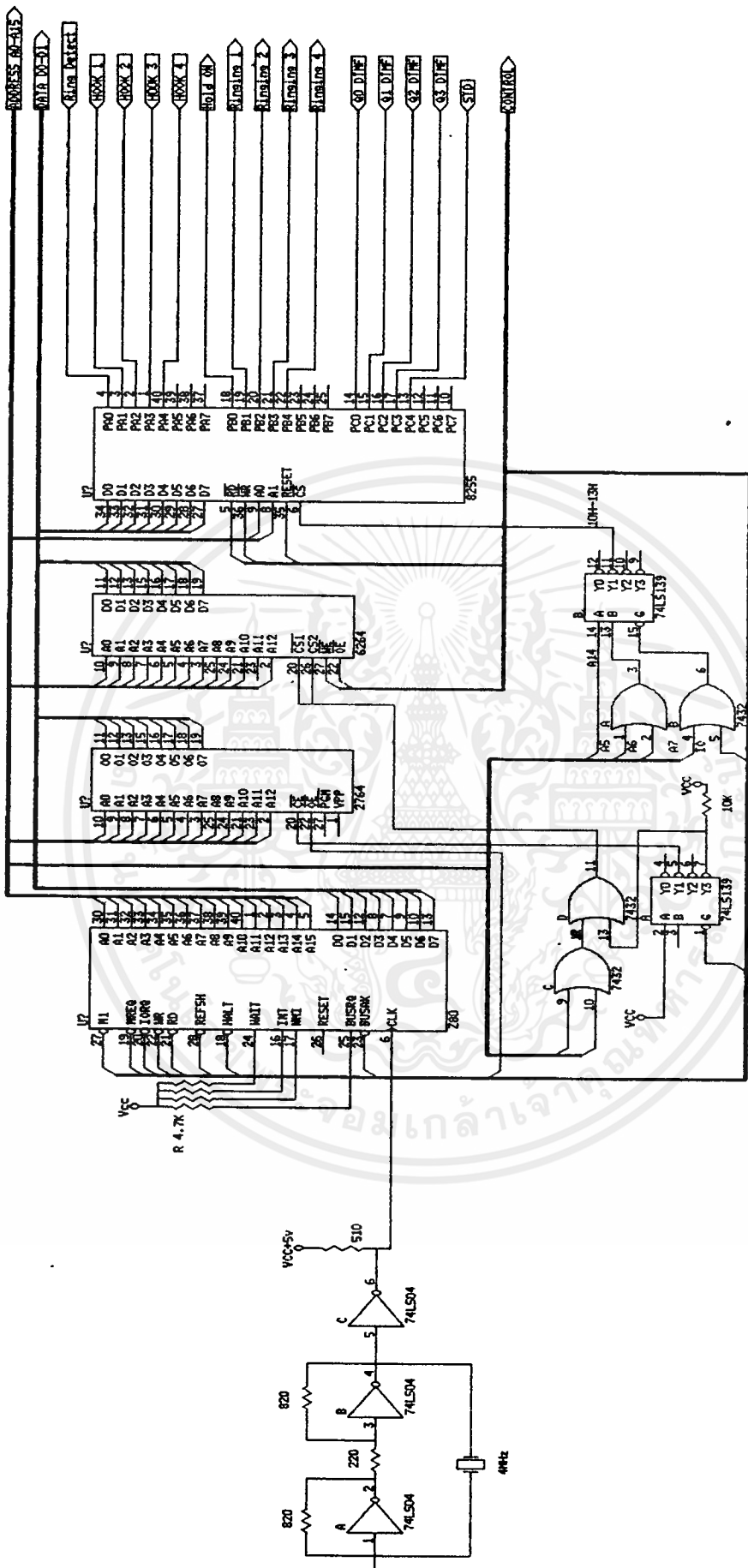
การทำงานโดยสังเขปจะพิจารณาจากการสมมติว่ามีการติดต่อจาก A ไปยัง B และ C ไปยัง D ดังรูป ซึ่งเริ่มจาก A จะถูกแยกออกโดยวงจร Hybrid ออกเป็นสัญญาณส่งและสัญญาณรับ โดยสัญญาณส่งของ A จะถูกส่งผ่านวงจร Low Pass เข้าสู่ส่วนของ Speech path และผ่าน Switch SW1 จากนั้นก็จะผ่าน SW4 เข้ามา ผ่านวงจร Hold เพื่อ Hold สัญญาณเอาไว้ชั่วคราว ผ่านวงจร Low pass เข้ามาสู่ส่วนของ Transmitter ของ B จากนั้นเราก็ทำการ clear path เนื่องจากคุณสมบัติของ Analog switch ที่ใช้นั้นจะมีการเกิดแรงดันตกค้างอยู่ที่ Path ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องกำจัด Voltage ที่เหลือนี้ออกไป โดยการ switch path ผ่าน  $S_4$  ลง GND จากนั้นก็จะทำการ SW3 และ SW2 เพื่อทำการส่งสัญญาณจาก B ไปยัง A จากนั้นก็จะทำการ clear path และทำการ SW5 กับ SW8 เพื่อส่งสัญญาณจาก C ไปยัง D จากนั้นก็จะทำการ Clear path และทำการเชื่อม SW7 เข้ากับ SW6 เพื่อทำการส่งสัญญาณจาก D ไปยัง C ต่อไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการนี้เราสามารถให้ PATH ร่วมกันได้ และจำนวนคู่

สายที่ใช้ได้พร้อมกันสูงสุด ขึ้นอยู่กับความถี่ที่เราใช้ในการ Sampling สัญญาณและช่วงเวลาในการ Switch ซึ่งจะเห็นว่าในการติดต่อ 1 คู่สายเราจะต้อง ใช้ช่วงเวลาในการ Switch Analogswitch เท่ากับ Pulse 4 ลูก ดังนั้นถ้าเราให้ความถี่ Sampling เท่ากับ 15KHz pulse จะมีความกว้าง 0.25 US ดังนั้นในการติดต่อ 1 คู่สายจะใช้เวลา เท่ากับ  $0.25 * 4$  US ฉะนั้นจำนวนคู่สายที่ใช้ได้พร้อมกัน เท่ากับ  $1 / (15kHz * 0.25US * 4)$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 66 คู่สาย

ในการใช้งานจริงเราจะให้ OUTPUT ของ RAM ในการควบคุมการ Switch โดยหลังจาก CPU ติดต่อกับ 10 PORT แล้ว CPU ก็จะต้องเชื่อมต่อกับส่วนใดเข้าด้วยกัน จากนั้น CPU ก็จะทำการเขียน RAM ที่ทำหน้าที่ควบคุม ANALOGSWITCH หลังจากเขียนเสร็จก็จะปล่อยให้ COUNTER COUNT ADDRESS ให้กับ RAM โดย DATA ที่ออกจาก RAM ก็จะควบคุมการติดต่อของ ANALOGSWITCH ต่อไป ซึ่งในโครงการนี้ใช้ CLK ป้อนให้ COUNTER ด้วยความถี่ 2 MHz โดยที่  $A_0$  ของ COUNTER จะมีความถี่ 2MHz ดังนั้นเมื่อเรานำมาป้อนให้กับ RAM ก็จะได้ DATA ที่มี OUTPUT ไป CONTROL ANALOGSWITCH ที่มีความกว้างของ PULSE = 0.25 US เนื่องจาก COUNTER ที่เราใช้กับ RAM มีจำนวน ADDRESS 8 เส้นคือ  $A_0 - A_7$  ดังนั้นจำนวน BYTE ที่ใช้ในการ COUNT ออกมาจะเท่ากับ 256 BYTE ในการควบคุม 1 คู่สายจะต้องใช้ PULSE 4 ลูก หรือความยาวข้อมูล 4 BYTE ดังนั้นก็จะได้จำนวนคู่สายสูงสุดที่สามารถใช้ได้พร้อมกัน เท่ากับ  $256 / 4 = 64$  คู่สาย ความถี่ที่ใช้ในการ SAMPLING หาได้ดังนี้  $= 1 / (256 * 0.25) = 15.6$  KHz



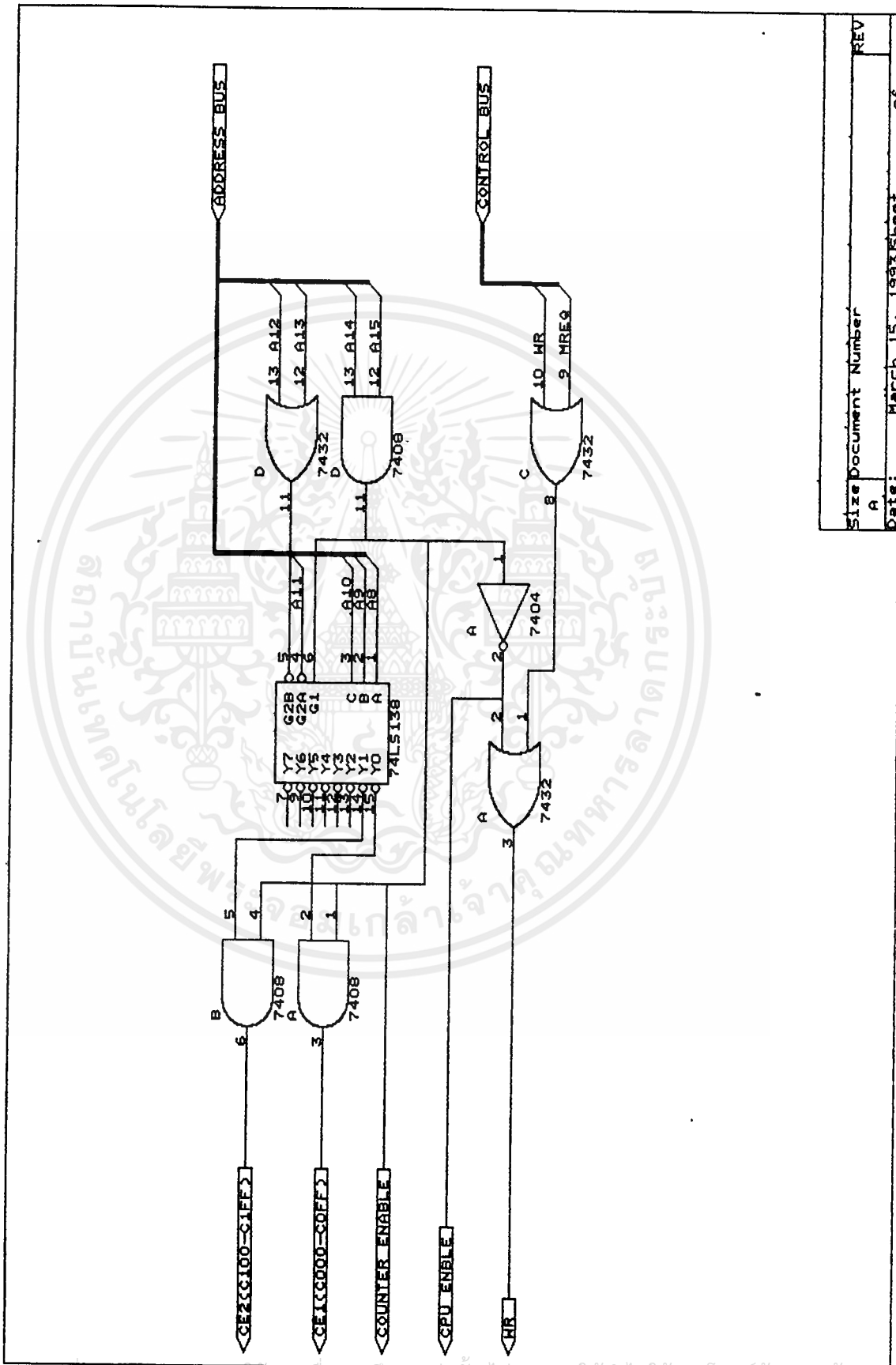
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Size	Document Number	REV
B		
Date:	March 15, 1983	Page

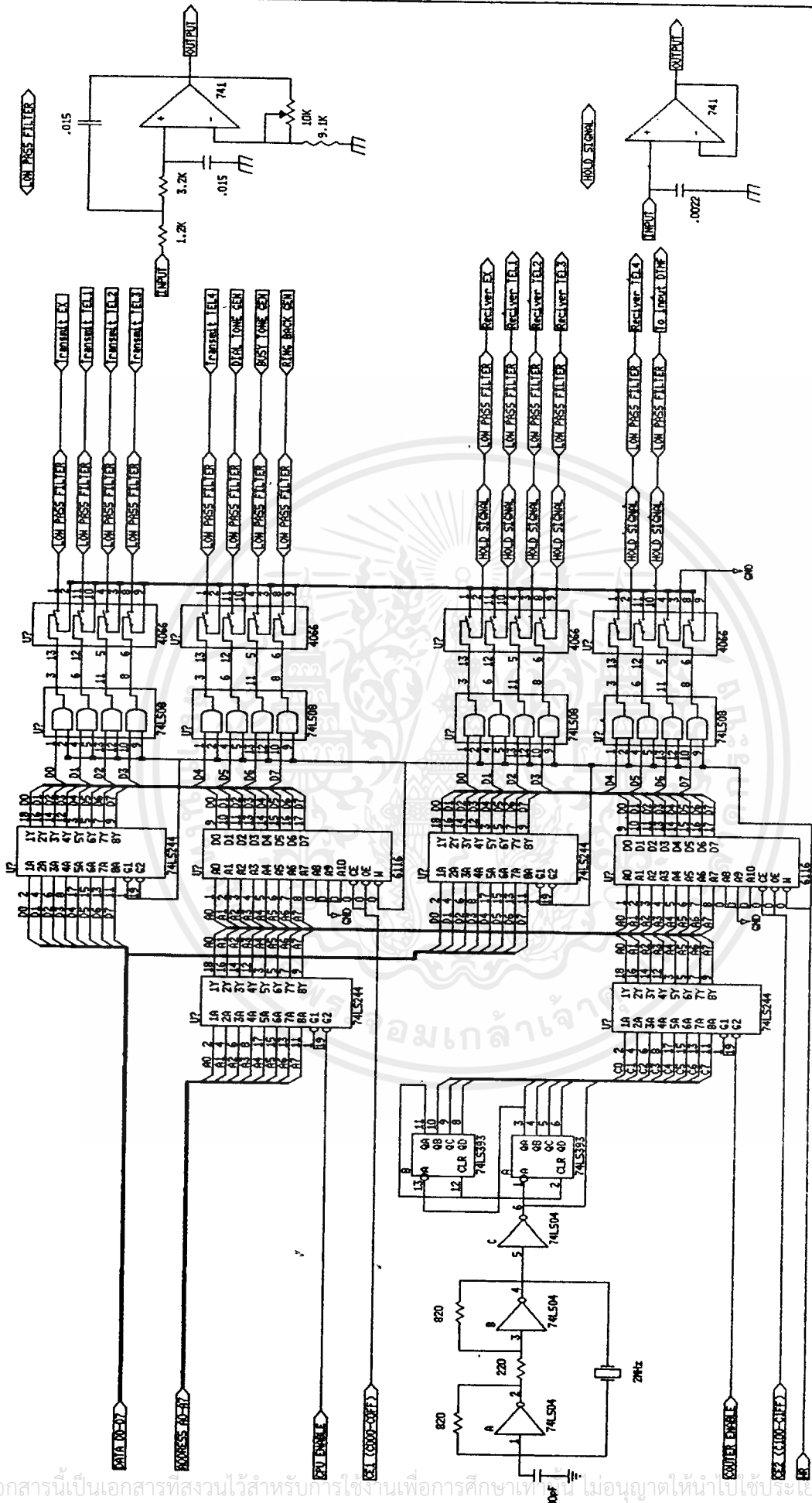
ส่วน CPU CONTROL และ I/O PORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขหรือดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Size	Document Number
A	A
Date:	March 15, 1993
Sheet	of
REV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือขโมยข้อมูล  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



REV	
Sheet	of
Document Number	
Date:	March 15, 1993

ส่วน RAM CONTROL SPEECH PATH ANALOG-SWITCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่ ไม่มีให้ที่แบบสงวนสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเอกสารฉบับนี้

### ส่วนเชื่อมต่อกับสายนอก

ทำหน้าที่เป็นส่วน Interface เครื่องชุมสายกับชุมสายภายนอก ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณที่มาจาก ชุมสายภายนอกจาก 2 สายเป็น 4 สาย ซึ่งในโครงงานนี้ เดิมผู้จัดทำ ได้ใช้ IC เบอร์ MC3414 ซึ่งปรากฏว่าไม่สามารถนำมาใช้ร่วมกับโครงงานนี้ได้ เนื่องจากว่าเมื่อบ่อนสัญญาณเข้าไปที่ Receiver แล้ว สัญญาณกลับออกมาที่ส่วน Transmit เป็นอย่างมาก ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้ใช้วงจร DIFFERENTIAL AMP มาแทนซึ่งก็สามารถใช้ร่วมกับวงจรส่วนอื่นได้ แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่ที่ว่าจะต้องปรับ IMPEDANCE ของวงจรให้เหมาะสมกับ IMPEDANCE ของสายโทรศัพท์ภายนอก และ ผลของการแยกสัญญาณก็ยังไม่ดีพอ

### การปรับแต่ง

เริ่มจากเราปรับ  $R_{in}$  ให้ใกล้เคียงกับ IMPEDANCE ของสายโทรศัพท์ภายนอก วิธีปรับทำได้โดยต่อสายโทรศัพท์เข้ากับวงจรแล้วบ่อนสัญญาณเข้ามาที่ RECEIVE แล้วปรับจนกระทั่ง OUTPUT ที่ส่วน TRANSMIT ต่ำสุด ซึ่งผลการใช้วงจรนี้ก็ใช้ได้ดีพอสมควร

นอกจากนั้นในส่วนนี้ยังประกอบไปด้วย ส่วนที่ทำหน้าที่ DETECT RINGING และส่วน RELAY ทำหน้าที่ตัดต่อชุมสายภายในกับชุมสายภายนอก

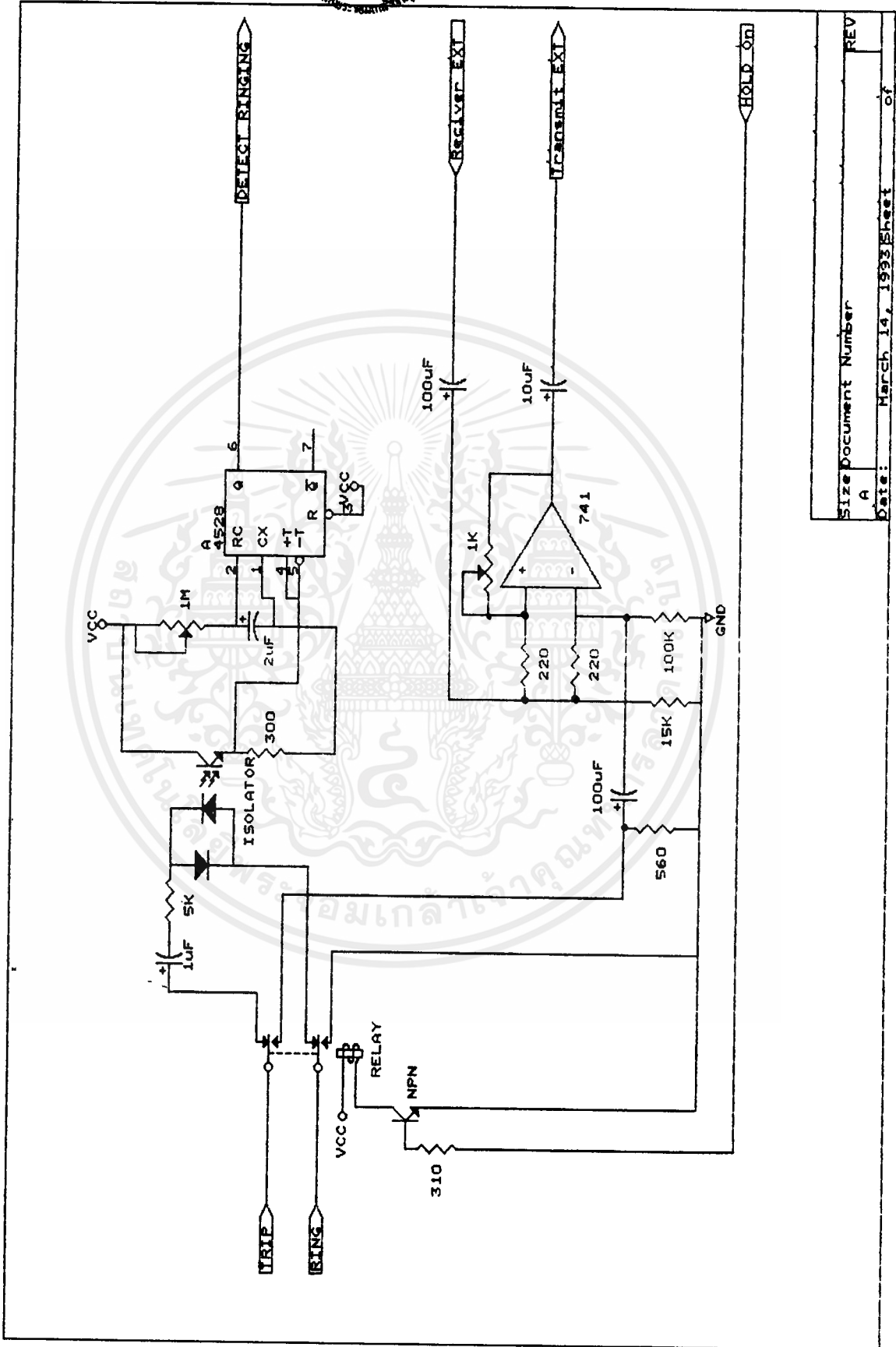
### ส่วนเชื่อมต่อสายใน

จะประกอบไปด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เป็น SUBSCRIBER LOOP INTERFACE ( MC 3419-1L) ซึ่งทำหน้าที่หน้าที่แยกสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์ จาก 2 สายเป็น 4 สาย โดยแยกเป็น TRANSMIT และ RECEIVE และยังทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับเครื่องโทรศัพท์ภายใน รวมทั้งทำหน้าที่แสดงสถานะ HOOK SWITCH ของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะต่อกับ I/O PORT เพื่อส่งสัญญาณขอใช้บริการกับส่วน CPU

นอกจากนั้นยังประกอบไปด้วยส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต่อสัญญาณ RINGING เพื่อส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องลูกด้วย ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

### ส่วนถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์

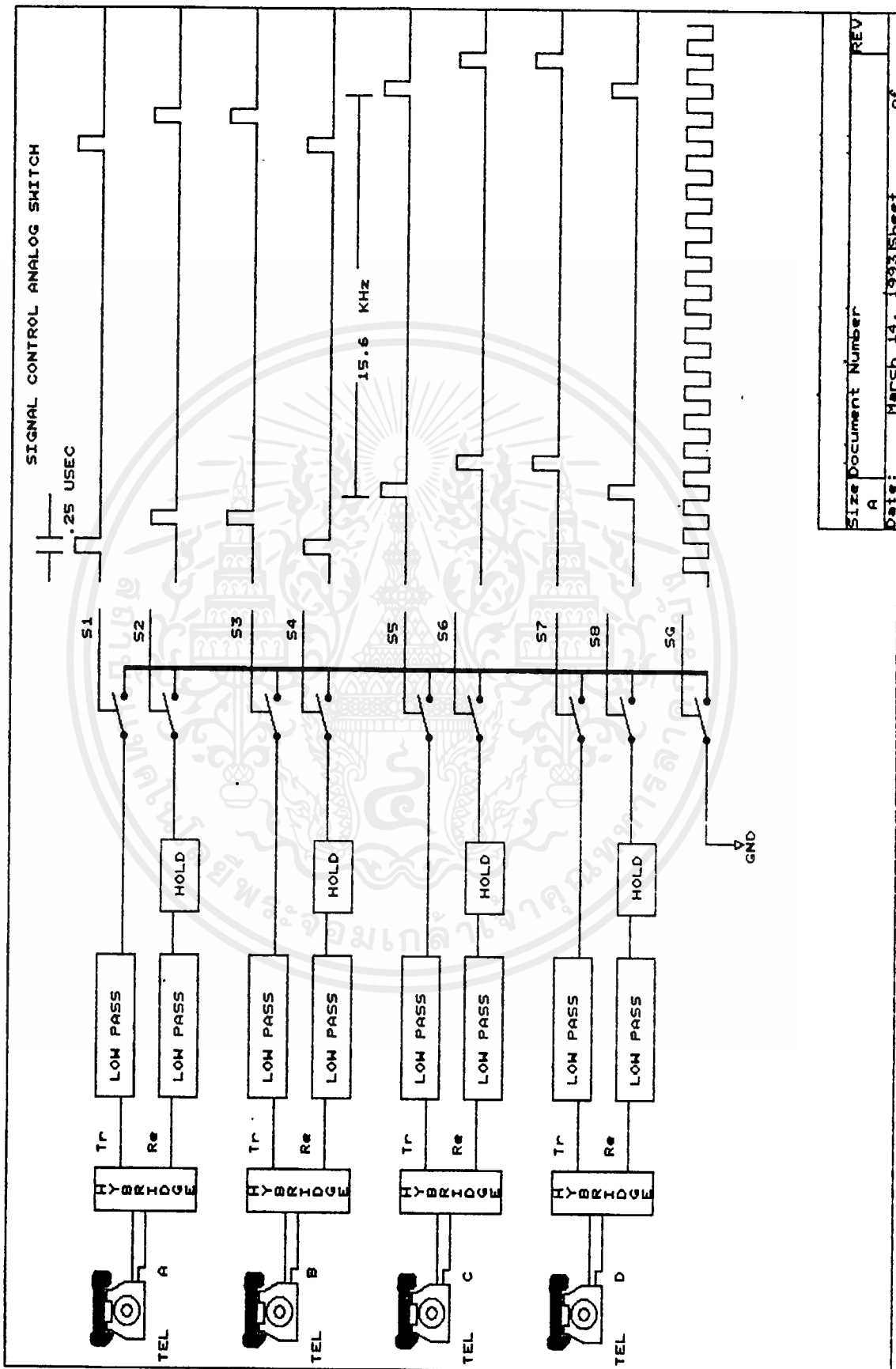
ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ได้ในรูปของเลขฐานสอง และส่งต่อไปยัง I/O PORT เพื่อส่งไปยัง CPU ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป



Size Document Number	A	REV
Date:	March 14, 1993	Sheet of

ส่วน INTERFACE EXTERNAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Size Document Number	REV
A	
Date: March 14, 1993	Sheet of

รูปแสดงการทำงานของส่วน SPEECH PATH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจร SUBSCRIBER LOOP INTERFACE

หน้าที่ของชุมสายโทรศัพท์ในเทคโนโลยีปัจจุบัน นอกจากจะทำหน้าที่ ที่สำคัญในการติดต่อวงจรโทรศัพท์ตามความต้องการของผู้ใช้ แล้วยังเป็นส่วนสร้างสัญญาณต่างๆ และยังเป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โทรศัพท์ของผู้ใช้และเนื่องจากการที่มีการเดินสายโทรศัพท์ที่ไกลๆจากชุมสายโทรศัพท์ทำให้สัญญาณมีการลดทอน จึงมีความจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณพุดที่ชุมสายโทรศัพท์ เพื่อส่งต่อสัญญาณที่ถูกขยายแล้วไปยังผู้รับปลายทาง ปัจจุบันนี้ได้มี IC ลำเส้นรูปเข้ามาทำหน้าที่อย่างเช่น IC เบอร์ MC3419-1Lซึ่งได้นำมาใช้ใน PROJECT นี้ ซึ่งผลิตโดยบริษัท MOTOROLA โดยทำหน้าที่

1. จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โทรศัพท์

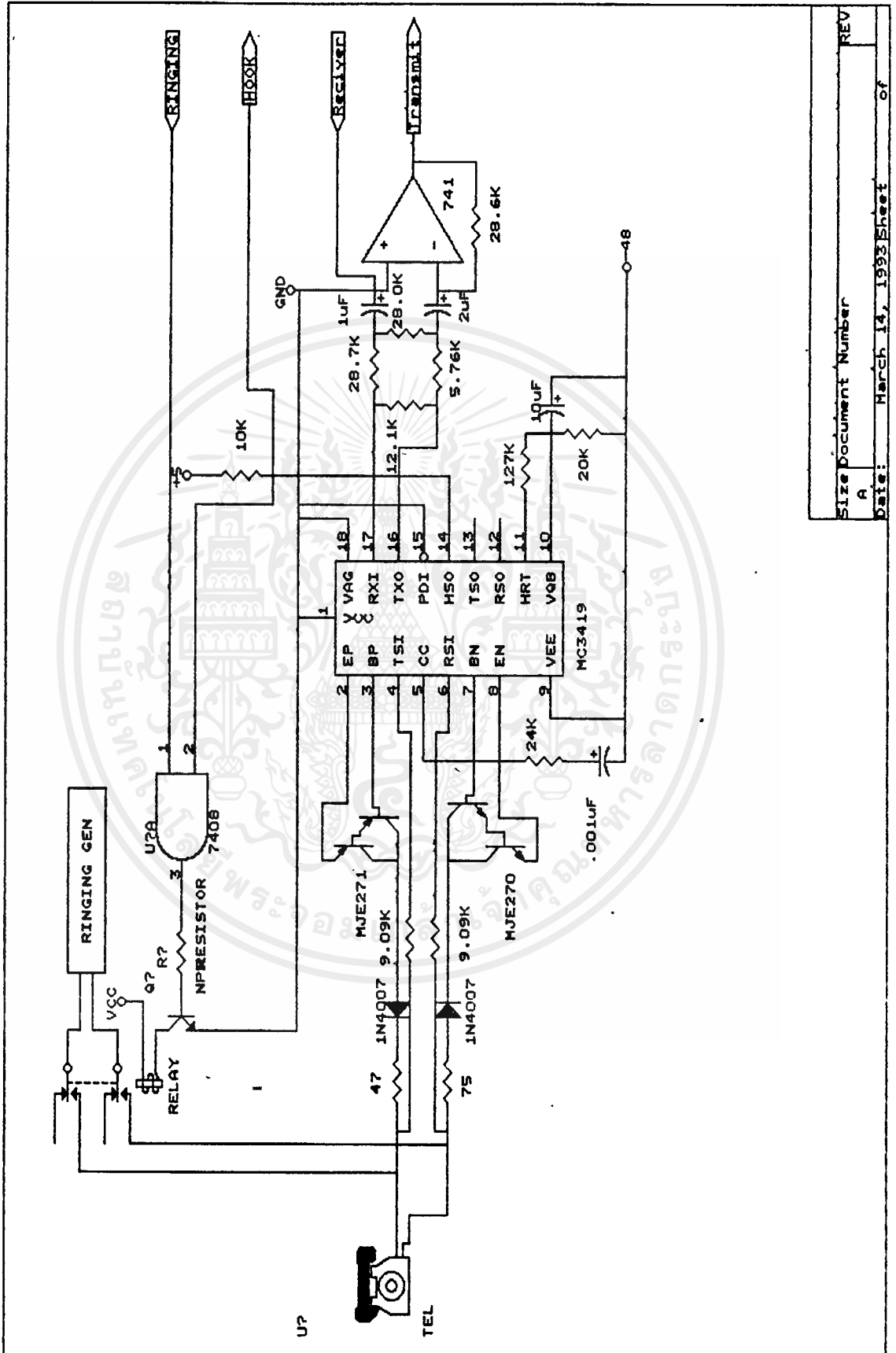
2. แยกสัญญาณแบบ TWO-WIRE DIFFERENTIAL ให้เป็นแบบ FOUR-WIRE SINGLE END

3. ตรวจสอบสถานะการว่างหูโทรศัพท์

หรือเรียก อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้ว่า SUBSCRIBER LOOP INTERFACE CIRCUIT (SLIC) จะเข้ามาทำหน้าที่แทนวงจร HYBRID TRANSFORMER ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนการส่งสัญญาณแบบ 2 สาย ให้เป็นแบบ 4 สาย

ความหมายของการส่งสัญญาณแบบ 2 สาย (TWO-WIRE DIFFERENTIAL) การที่สัญญาณที่ส่งและที่รับรวมกันอยู่ในคู่สายเดียวกันมีการใช้โดยทั่วไปเนื่องจากประหยัดสายที่ใช้ แต่ก็มีความยุ่งยากในการออกแบบวงจรขยาย ส่วนการส่งสัญญาณแบบ 4 สาย หรือเรียกว่า (FOUR-WIRE SINGLE END)

การส่งสัญญาณที่รับและที่ส่งแยกทิศทางกัน ทำให้สะดวกในการ PROCESS สัญญาณ เช่น การขยายสัญญาณ การแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เป็นต้น



Size	document Number
A	REV
Date:	March 14, 1993
Sheet	of

ส่วนวงจร SUBSCRIBER LOOP (SLIC)

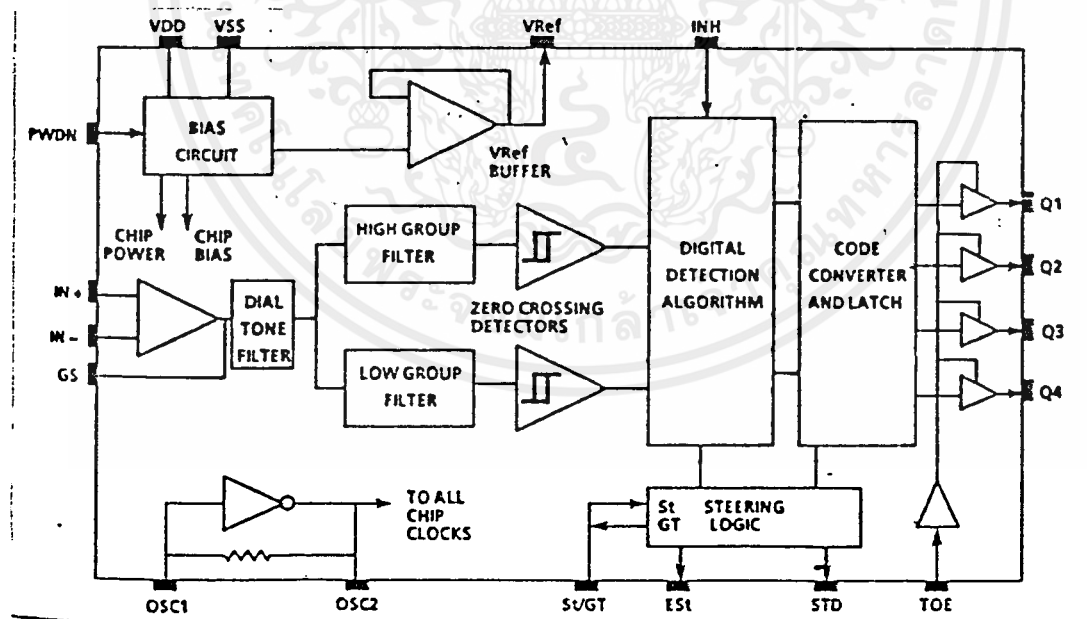
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การถอดรหัสความถี่จากโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม

ในการถอดรหัสความถี่จากโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม เพื่อส่งไปไฟส่วน ไมโครโปรเซสเซอร์ทรานซ์เรเซอร์ เราใช้ IC เบอร์ MT8870 ในการแปลงจากการกดปุ่มโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองจำนวน 4 บิตตามหมายเลขที่กดโดยสัญญาณความถี่จากโทรศัพท์แต่ละเครื่องป้อนให้กับเบอร์ MT8870

### โครงสร้าง IC เบอร์ MT8870

ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ โดยการใช้เทคนิคของ SWITCH CAPACITOR FILTER สำหรับการกรองความถี่ต่ำและสูงและใช้เทคนิคการนับทาง Digital เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสอง 4 บิตและเช็คช่วงเวลาสัญญาณเข้ามาส่วน Input เป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยอุปกรณ์ข้างนอกและ Output เป็นวงจร Latch 3 สถานะ



## ฟังก์ชันการทำงานภายในของ MT8870

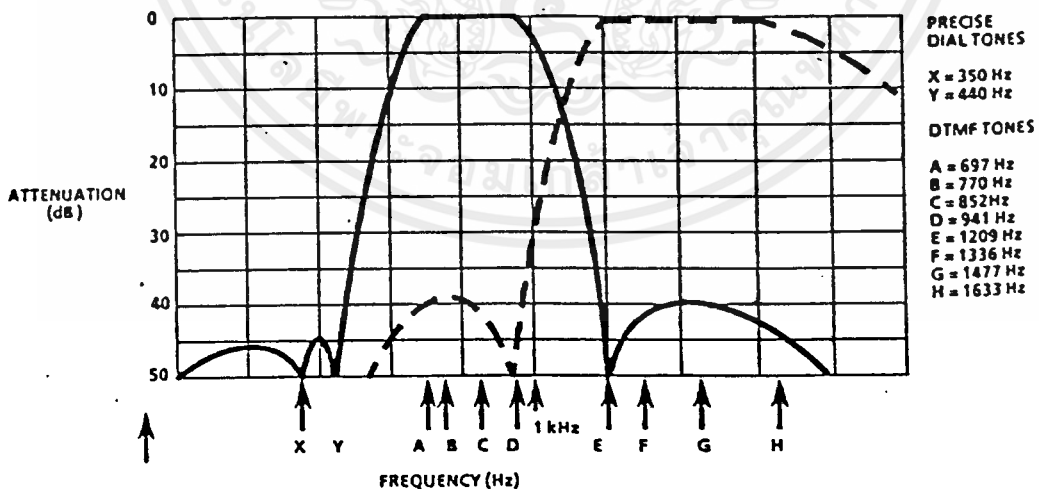
ภายใน MT8870 ประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญคือ

1. ภาคถอดความถี่ (Filter section)
2. ภาคถอดรหัส (Decode section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

## 1. ภาคถอดความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณความถี่ทางโทรศัพท์ (DTMF) ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่ม คือช่วง ความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band pass Filter) ซึ่งจะสามารถแยกความถี่ได้เป็น 2 ช่วงคือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ

รูปแสดงความถี่ที่ได้จากวงจรกรองความถี่



## 2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ทางโทรศัพท์ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะถูกผ่านเข้าวงจรถอดรหัส ความถี่ เพื่อถอดรหัสออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบ Digital และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาเป็นความถี่มาตรฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (Early Steering) ก็จะทำงาน (Active) สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่นั้นแสดงดังรูป

รูปแสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

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

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

Table 1 - Functional Decode Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่ Output จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัฟท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้ความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรจะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ซึ่งช่วงเวลาจะนานเท่าใด สามารถตั้งได้โดยใช้ค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุภายนอก สัญญาณที่ขา EST จะเป็ระดับสัญญาณสูง นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ทางโทรศัฟท์เข้ามาจากรูป เมื่อขา EST เป็นระดับสูงทำให้ค่าแรงดัน  $V_C$  สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุถอดรหัสออกมาเป็นเลขฐานสอง 4 bits รูปแสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลา การ์ดใหม่ พร้อมวิธีการคำนวณ

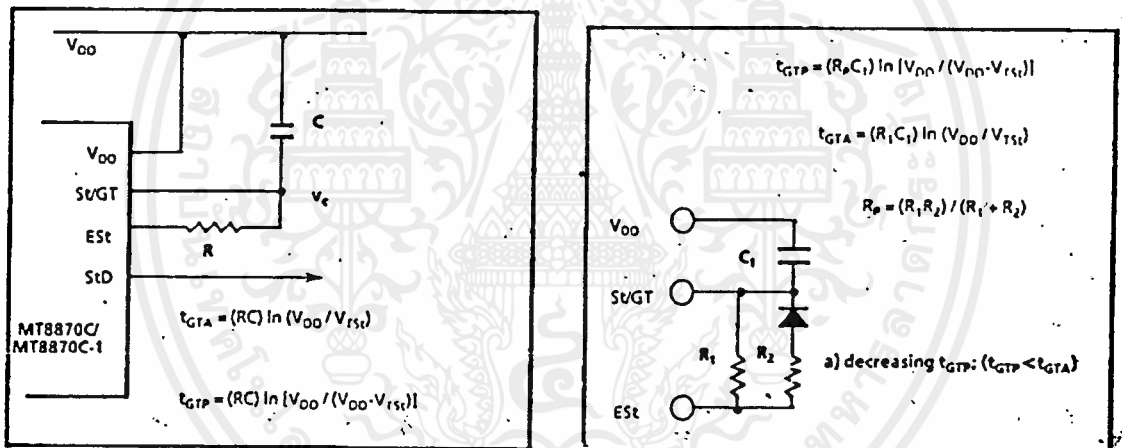


Figure 5- Basic Steering Circuit

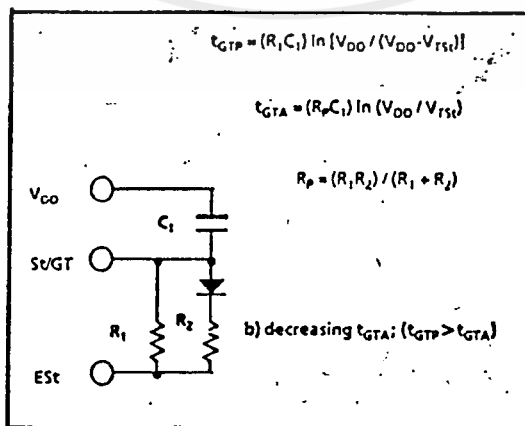


Figure 6- Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจร Input ของ MT8870 เป็นภาคขยาย OPamp ที่สามารถปรับอัตราการขยาย โดยวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปอีกดังรูป การคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของ Input และ Impedance ทำได้ดังนี้

$$\text{อัตราการขยาย (AV Diff)} = R_2 / R_1$$

$$\text{อินพุทอิมพีแดนซ์ (Zin Diff)} = 2(R_1^2 + (1/\omega C)^2)^{1/2}$$

รูปแสดงการต่อวงจรภาคอินพุท

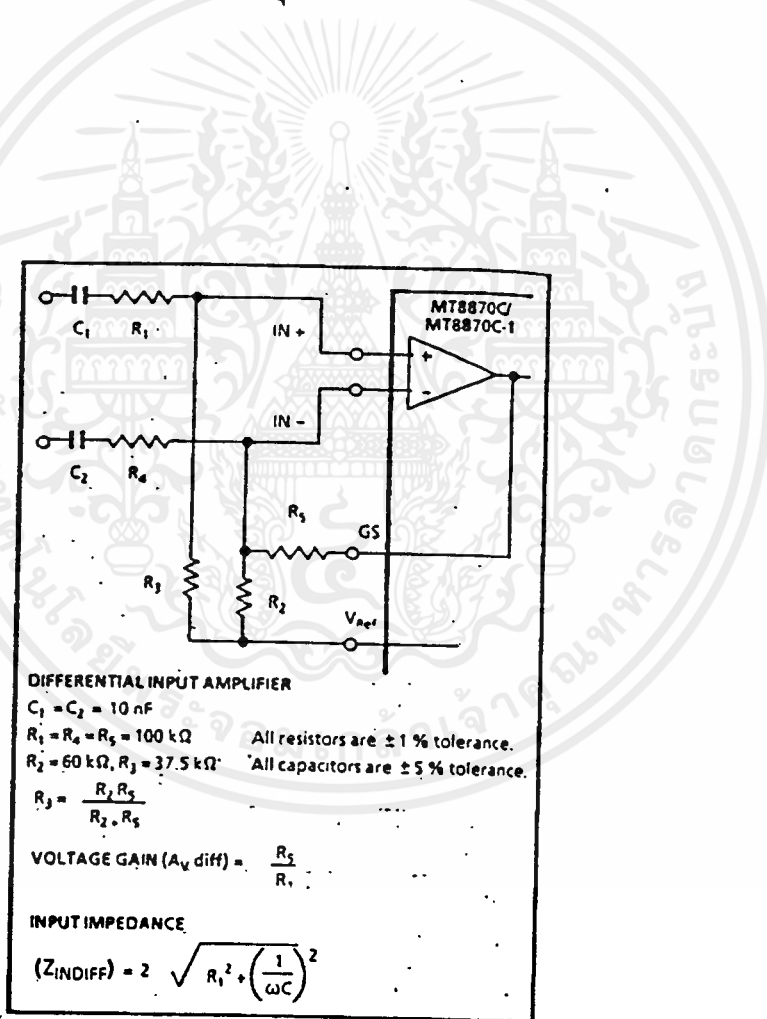


Figure 7- Differential Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5. ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายใน IC มีวงจรสร้างสัญญาณเวลาอยู่ภายในแล้ว เพียงแต่ต่อ Crystal ขนาด 3.579 MHz ก็จะสามารถใช้งานได้ทันที

รูปแสดงวงจรกำเนิดความถี่

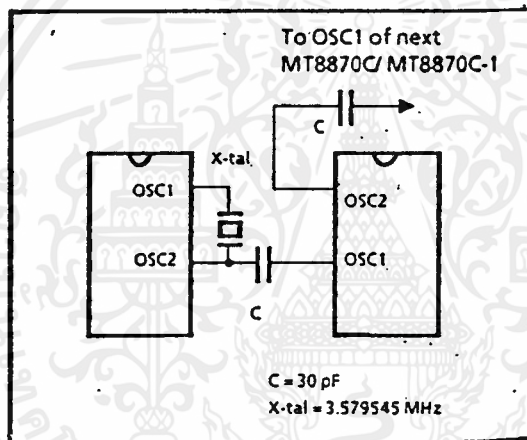


Figure 8- Oscillator Connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SOFTWARE

ในการเขียน SOFTWARE สำหรับควบคุมขุมสายโทรคัมภ์ มีขั้นตอนดังนี้

### 1. เริ่มต้นที่การกำหนด

-port ทั้ง input port และ output port

-switching memory ที่สามารถเขียนได้อย่างเดียว

-error ที่จะเกิดจาก port และ switching memory แล้วเตรียมแก้ไข

### 2. เขียน FLOW CHART การทำงานของระบบเริ่มจากหยาดๆแล้วค่อยๆ

ละเอียดมากขึ้น

เมื่อเครื่อง A ยกโทรคัมภ์

ขุมสายต้องส่ง DIAL TONE  
พร้อมทั้งเตรียมรับเลขที่จะกดจาก A

3. แบ่งงานจาก FLOWCHART ที่คิดว่าถูกต้องจากข้อ 2. มาเขียนเป็น FLOWCHART ที่ละเอียดขึ้นจนสามารถแปลงเป็น OP CODE ได้เช่น ดัง program จะมี main program เรียกการใช้งานจาก subroutine ย่อย เช่น interser subroutine ที่บริการคู่สายในทั้ง 4 คู่สาย จาก subroutine interser ก็จะแบ่งออกเป็น part cc dd ถึง mm เป็นต้น

การกำหนด port สำหรับใช้งาน

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้คือ IC 8255 เป็น programmable i/o port ซึ่งมี port ใช้งานทั้งหมด. 3 port คือ

1. port A ซึ่งมี address port คือ 10H ถูก program ให้เป็น

input port ดังนี้

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

10H

-	-	-	Hd	He	Hb	Ha	R_DET
---	---	---	----	----	----	----	-------

Ha - Hd : รับสถานะของ HOOK SWITCH จากเครื่อง A เครื่อง D  
โดย ว่างหุ : logic = 1

ยกหุ : logic = 0

R\_DET: ตรวจรับการเรียกจากสายนอก

2. port B ซึ่งมี address port คือ 11H ถูก program ให้เป็น output port ดังนี้

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

11H

-	-	-	RD	RC	RB	RA	H_EX
---	---	---	----	----	----	----	------

ซึ่งแต่ละ bit อธิบายดังนี้โดย

RA - RD : เป็นบิตสำหรับการควบคุมสัญญาณ Ringing ของคู่สาย A ถึง D logic 1 = ON Ringing

H\_EX : เป็นบิตควบคุมการยกหุ หรือการว่างหุของชุมสายกับสายนอก logic 1 = ยกหุ

3. port C ซึ่งมี address port คือ 12H ถูก program ให้เป็น input port ดังนี้

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

12H

-	-	-	STD	Q3	Q2	Q1	Q0
---	---	---	-----	----	----	----	----

ซึ่งแต่ละบิตสามารถอธิบายได้ดังนี้

Q0 - Q3 : เป็น DATA จาก DTMF DECODER หรือเลขในการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STD : เป็นสัญญาณจาก DTMF DECODER โดยที่ เมื่อ logic เป็น 1 บอกให้ทราบว่า มีการกด เลขจากผู้ใช้

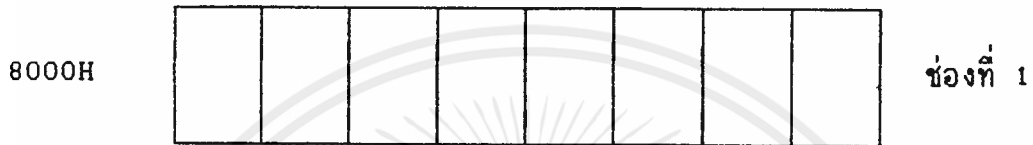
**BUFFER MEMORY**

จะเป็นส่วนของ RAM ที่ทำหน้าที่เก็บสถานะต่างๆ ของชุดสายดังนี้

**1. AVIABLE CHANNEL " AVCH "**

ทำหน้าที่ เก็บสถานะของช่องทางเดินของเสียงซึ่งมี 2 ช่องดังนี้

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0



b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0



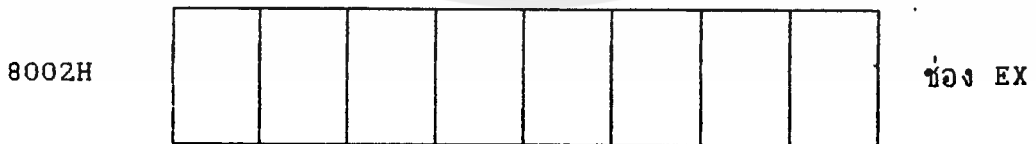
b0 = 1 : แสดงว่า channel นี้ถูกใช้แล้ว

b0 = 0 : แสดงว่า channel นี้ยังไม่ถูกใช้งาน

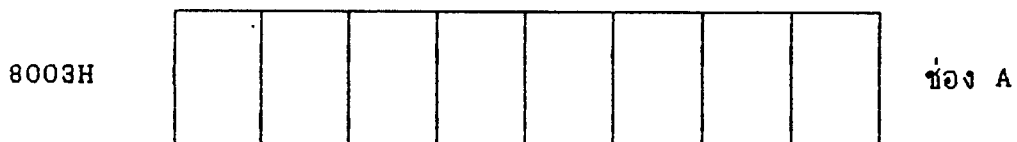
**2. USED BIT " USED\_BIT "**

: ทำหน้าที่เก็บสถานะการใช้งานของคู่สายต่างๆ

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0



b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0



b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

8004H

--	--	--	--	--	--	--	--

ช่อง B

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

8005H

--	--	--	--	--	--	--	--

ช่อง C

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

8006H

--	--	--	--	--	--	--	--

ช่อง D

b0 = 1 แสดงว่าช่องสัญญาณถูกใช้งาน

3. USED CHANNEL " USED\_CH "

ทำหน้าที่เก็บสถานะช่องสัญญาณที่ถูกใช้ สำหรับคู่สายต่างๆ

8007H

NUMBER OF CHANNEL
-------------------

8008H

NUMBER OF CHANNEL
-------------------

8009H

NUMBER	OF	CHANNEL
--------	----	---------

800AH

NUMBER	OF	CHANNEL
--------	----	---------

800BH

NUMBER	OF	CHANNEL
--------	----	---------

โดย CHANNEL 1 = 01 H

CHANNEL 2 = 02 H

4. DTMF BUFFER " DTMF\_BUF "

ทำหน้าที่เก็บค่ารหัสตัวเลขที่กดจากคีย์ต่าง ๆ

b7   b6   b5   b4   b3   b2   b1   b0

800CH

--	--	--	--	--	--	--	--

5. LING\_SERVICE BUFFER " LING\_SER "

ทำหน้าที่เก็บ ข้อมูลที่แสดงว่า ตอนนี้ที่ software กำลังบริ

การคู่สายภายในหมายเลขโดยอยู่

b7   b6   b5   b4   b3   b2   b1   b0

800DH

--	--	--	--	--	--	--	--

## 6. LING\_SERVICE CHANNEL " E\_CH "

ทำหน้าที่เก็บสถานะช่องทางเดินของเสียงที่ software กำลังบริการอยู่

b7    b6    b5    b4    b3    b2    b1    b0

800EH

--	--	--	--	--	--	--	--

## 7. DESTINATION NUMBER " DES\_NUM "

ทำหน้าที่เก็บหมายเลขของคู่สายปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วย

b7    b6    b5    b4    b3    b2    b1    b0

800FH

--	--	--	--	--	--	--	--

## 8. OUTPUT PORT BUFFER " O/P\_BUFF "

ทำหน้าที่เก็บสถานะของ OUTPUT ที่ OUTPUT PORT B

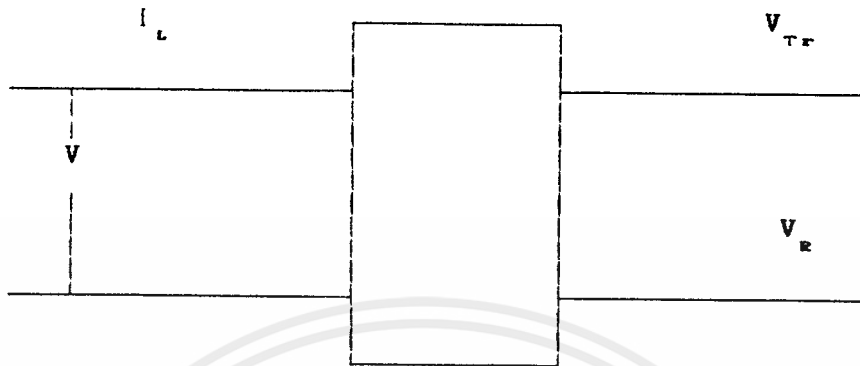
b7    b6    b5    b4    b3    b2    b1    b0

8011H

--	--	--	--	--	--	--	--

## ผลการทดลอง

ทดลองส่วนเชื่อมต่อสายใน (MC 3419-1L)



$V$  : VOLTAGE ระหว่างขา TRIP กับ RING

$V_{TR}$  : VOLTAGE ระหว่างขา TRANSMITTER กับ GND

$V_R$  : VOLTAGE ระหว่างขา RECEIVER กับ GND

ขณะทำการยกหูโทรศัพท์

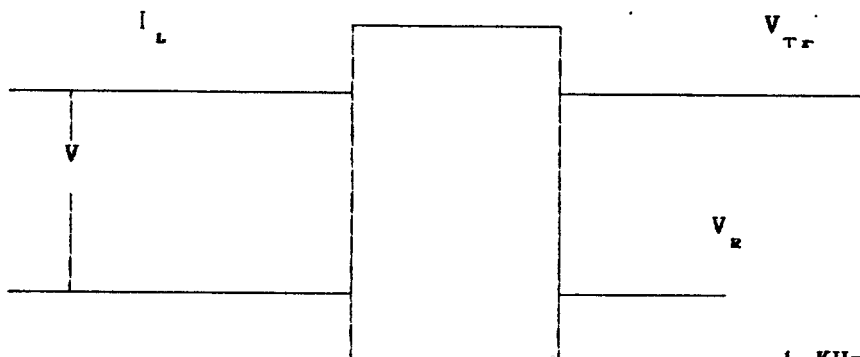
ทำการวัดค่าที่จุดต่างๆเทียบกับกราวด์ ทาง DC

$$V_{TR} = 4.2 \text{ VOLT} \quad I = 0 \text{ A}$$

ขณะทำการวางหูโทรศัพท์

$$V_R = 6.4 \text{ VOLT} \quad I = 35 \text{ mA}$$

ผลของวงจร HYBRIDGE ในการแยกสัญญาณเป็น TRANSMIT และ RECEIVE



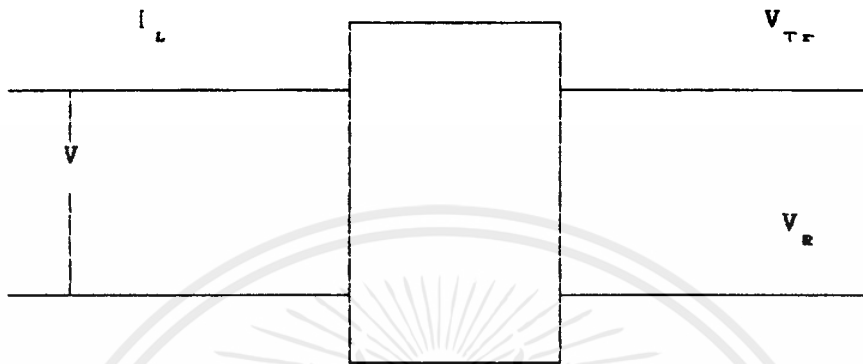
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 KHz 1 V

เมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่ขา RECEIVER จะวัดสัญญาณต่างๆได้ดังนี้

$$V_{TR} = 0.1 V_{P-P}$$

$$V = 1 V_{P-P}$$



เมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่ขา TRIP กับ RING สามารถวัดสัญญาณได้ดังนี้

$$V = 1 V_{P-P}$$

$$V_{TR} = 1 V_{P-P}$$

$$V_R = 0 V_{P-P}$$

\*หมายเหตุ จากผลการทดลองจะขึ้นอยู่กับ เครื่องโทรคัพท์ใช้ว่าจะเหมาะสมกับ BALANCE NETWORK ที่ออกแบบไว้หรือไม่ ซึ่งผลการทดลองนี้ได้เลือกเครื่องโทรคัพท์ที่เหมาะสมกับ BALANCE NETWORK มากที่สุด

```

***** MAIN PROGRAM *****

```

```

ORG 0000H

```

```

**** PAMETER ****

```

```

;BUFFER MEMORY

```

```

BUFFER: EQU 8000H
USED_BIT: EQU 8002H
USED_CH: EQU 8007H
DTMF_BUF: EQU 800CH
LINE_SER: EQU 800DH
E_CH: EQU 800EH
DES_NUM: EQU 800FH
OP_BUFF: EQU 8011H
CH1_AVCH: EQU 8000H
CH2_AVCH: EQU 8001H
STACK: EQU 8200H

```

```

;PORT ADDRESS

```

```

PORTA: EQU 10H
PORTB: EQU 11H
PORTC: EQU 12H
PCTRL: EQU 13H

```

```

;SWITCHING MEMORY

```

```

CH_TX: EQU 0C000H
CH_RX: EQU 0C100H
;
DIAL_TX1: EQU 0C000H
DIAL_TX2: EQU 0C002H
DIAL_RX1: EQU 0C100H
DIAL_RX2: EQU 0C102H
;
BUSY_TX1: EQU 0C008H
BUSY_TX2: EQU 0C00AH
BUSY_RX1: EQU 0C108H
BUSY_RX2: EQU 0C10AH
;
RB_TX1: EQU 0C010H
RB_TX2: EQU 0C012H
RB_RX1: EQU 0C110H
RB_RX2: EQU 0C112H
;
DTMF_TX1: EQU 0C018H
DTMF_TX2: EQU 0C01AH
DTMF_RX1: EQU 0C118H
DTMF_RX2: EQU 0C11AH
;
CH1_TX1: EQU 0C020H
CH1_TX2: EQU 0C022H
CH1_RX1: EQU 0C120H

```

```

CH1_RX2:      EQU      0C122H
;
CH2_TX1:      EQU      0C028H
CH2_TX2:      EQU      0C02AH
CH2_RX1:      EQU      0C128H
CH2_RX2:      EQU      0C12AH
;
;LINE ASSIGN
EX_LINE:      EQU      01H
A_LINE:       EQU      02H
B_LINE:       EQU      04H
C_LINE:       EQU      08H
D_LINE:       EQU      10H
;
;TIME PRESET
T10S:        EQU      0004H      ;MAY BE ADJUSTED
T30S:        EQU      0008H      ;MAY BE ADJUSTED
T60S:        EQU      0009H      ;MAY BE ADJUSTED
;
;
START:        ***** START MAIN PROGRAM *****
LD           SP,STACK           ;ASSIGN STACK ADDRESS
CALL        DELAY10S
CALL        INITIAL
CALL        READY
;
LOOPSYS:     LD           HL,LINE_SER
LD           (HL),00H
CALL        EXSER               ;EXTERNAL SERVICE
;
CALL        INCLINE
CALL        INTERSER           ;A  INTERNAL SERVICE
;
CALL        INCLINE
CALL        INTERSER           ;B  INTERNAL SERVICE
;
CALL        INCLINE
CALL        INTERSER           ;C  INTERNAL SERVICE
;
CALL        INCLINE
CALL        INTERSER           ;D  INTERNAL SERVICE
;
JR          LOOPSYS           ;  SCAN SERVICE
;
;
***** END OF MAIN PROGRAM *****
;
;
READY:       ***** READY SUB *****
LD           A,80H
OUT          (PORTB),A
CALL        DELAY10S
CALL        DELAY10S
XOR         A
OUT          (PORTB),A
RET
;
***** INCLINE SUB *****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INCLINE:      LD      HL,LINE_SRR
              INC      (HL)
              RET
;
POWER:        ***** POWER SUB *****
DELAY:        LD      B,FFH
              DEC      B
              NOP
              NOP
              JR      NZ,DELAY
              RET
;
INITIAL:      ***** INITIAL SUB *****
              LD      A,10011001B ;CONFIGURATE PORT 8255
              OUT     (PCTRL),A ;PORT A =I/P
                                   ;PORT B =O/P
                                   ;PORT C =I/P
              XOR     A
              OUT     (PORTB),A ;CLEAR O/P PORT
;
              LD      HL,BUFFER
              CALL     CLEAR ;CLEAR BUFFER
;
              LD      HL,CH_TX
              CALL     CLEAR ;CLEAR TX_SWITCHING MEMORY
;
              LD      HL,CH_RX
              CALL     CLEAR ;CLEAR RX_SWITCHING MEMORY
;
              LD      HL,OCOFFH
              CALL     FILL_GND ;FILL GROUNDING MEMO TO SWITCHING
                                   ;MEMORY
              RET
;
;
CLEAR:        ***** CLEAR SUB *****
CLR:          LD      B,OOH
              XOR     A
              LD      (HL),A
              INC     HL
              DJNZ    CLR
              RET
;
FILL_GND:     ***** FILL_GND SUB *****
LOOPFG:      LD      B,OOH
              LD      A,11000000B
              INC     HL
              INC     HL
              LD      (HL),A
              DJNZ    LOOPFG
              RET
;
;
;
INTERSER:     ***** INTERSER SUB *****
              CALL     RET_E
              CALL     HOOK_DET ;CHECK OF HOOKSWITCH
              JR      NZ,CLR_TALK
              CALL     RET_E
              CALL     USED_CHK

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                JP      NZ,ENDINT
                CALL   RET_E
                CALL   DIAL
                JP      DD
;
CLR_TALK:      CALL   RET_E
                CALL   USED_CHK
                JP      Z,ENDINT
                CALL   CLR_PATH
                JP      ENDINT
;
;
;
RET_E:         *****  RET_E  SUB  *****
                LD     HL,LINE_SER
                LD     E,(HL)
                RET
;
;
USED_CHK:     *****  USED_CHK  *****
                LD     HL,USED_BIT
                LD     A,L
                ADD    A,E
                LD     L,A           ; HL = USED_BIT + E
                BIT    O,(HL)
                RET
;
;
HOOK_DET:     *****  HOOK_DET  SUB  *****
                IN     A,(PORTA)
                LD     D,A
                LD     A,01H         ;CHECK HOOKSWITCH OF A
                CP     E
                JR     Z,HA
                INC    A           ;CHECK HOOKSWITCH OF B
                CP     E
                JR     Z,HB
                INC    A           ;CHECK HOOKSWITCH OF C
                CP     E
                JR     Z,HC
;
;
HD:           BIT    4,D           ;CHECK HOOKSWITCH OF D
                JR     ENDH
;
;
HC:           BIT    3,D
                JR     ENDH
;
;
HB:           BIT    2,D
                JR     ENDH
;
;
HA:           BIT    1,D
;
;
ENDH:        RET
;
;
;*****  CLR_PATH  SUB  *****
;*** CLEAR PATH OF SPEECH IN SWITCHING MEMORY ***
CLR_PATH:    CALL   RET_E
                CALL   CLR_USED           ;CLEAR USED_BIT OF LINESER
                CALL   RET_E
                CALL   CLR_CHUS          ;CLEAR USED_CHANNEL OF E
                LD     HL,E_CH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD      (HL),D          ;D = USED_CH OF OLD E
LD      A,01H
CP      D
JP      NZ,CC2

;
;CC1:
LD      HL,CH1_TX1      ;CLEAR SWITCHING MEMORY
XOR     A               ;CHANNEL ONE
LD      (HL),A
LD      HL,CH1_TX2
LD      (HL),A
LD      HL,CH1_RX1
LD      (HL),A
LD      HL,CH1_RX2
LD      (HL),A
LD      HL,CH1_AVCH     ;CLEAR AVIABLE CHANNEL ONE
LD      (HL),A
JR      RET_D

;
;CC2:
LD      HL,CH2_TX1      ;CLEAR SWITCHING MEMORY
XOR     A               ;CHANNEL TWO
LD      (HL),A
LD      HL,CH2_TX2
LD      (HL),A
LD      HL,CH2_RX1
LD      (HL),A
LD      HL,CH2_RX2
LD      (HL),A
LD      HL,CH2_AVCH     ;CLEAR AVIABLE CHANNEL TWO
LD      (HL),A

;
;RET_D:
LD      HL,E_CH         ;CLEAR USED_BIT AND USED
LD      A,(HL)          ;CHANNEL OF PAIRED LINE
LD      HL,USED_CH
LD      BC,USED_BIT

CP      (HL)            ;START SCAN CLEARING
JR      Z,HOLD_OFF      ; EXTERNAL LINE (USED BIT)
INC     BC              ;A
INC     HL
CP      (HL)
JR      Z,PAIR_CLR
INC     BC              ;B
INC     HL
CP      (HL)
JR      Z,PAIR_CLR
INC     BC              ;C
INC     HL
CP      (HL)
JR      Z,PAIR_CLR
INC     BC              ;D
INC     HL
JR      PAIR_CLR

;
;HOLD_OFF:
XOR     A
OUT     (PORTB),A

```

```

        JR      PAIR_CLR
;
PAIR_CLR:  XOR      A
          LD      (BC),A
          LD      (HL),A
;
ENDC_PAT:  RET
;
;
CLR_USED:  ***** CLR_USED SUB *****
          LD      HL,USED_BIT ;CLEAR USED_BIT OF E
          LD      A,L
          ADD     A,E
          LD      L,A
          LD      (HL),00H
          RET
;
CLR_CHUS:  ***** CLR_CHUS SUB *****
          LD      HL,USED_CH ;CLEAR CHANNEL OF E
          LD      A,L
          ADD     A,E
          LD      L,A
          LD      D,(HL)
          LD      (HL),00H
          RET
;
;
DIAL:     ***** DAIL SUB *****
          LD      C,20H
          LD      HL,DIAL_TX1
          LD      (HL),C
          LD      HL,DIAL_TX2
          LD      (HL),C
          XOR     A ;A = 00H
          CP      E
          JR      Z,DIAL_EX
          INC     A ;A = 01H
          CP      E
          JR      Z,DIAL_A
          INC     A ;A = 02H
          CP      E
          JR      Z,DIAL_B
          INC     A ;A = 03H
          CP      E
          JR      Z,DIAL_C
;
DIAL_D:   LD      C,D_LINE
          JR      ENDS
;
DIAL_C:   LD      C,C_LINE
          JR      ENDS
;
DIAL_B:   LD      C,B_LINE
          JR      ENDS

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;
DIAL_A:      LD      C,A_LINE
             JR      ENDS

;
DIAL_EX:     LD      C,EX_LINE

;
ENDSD:       LD      HL,DIAL_RX1
             LD      (HL),C
             LD      HL,DIAL_RX2
             LD      (HL),C
             RET

;
;          ***** DD *****
DD:          CALL   RET_E
             CALL   DTMF_IN

;
DHL:         LD      HL,T30S
DHL:         DEC    HL
DHL:         LD      BC,0FFFFH
DBCD:        DEC    BC
DBCD:        IN     A,(PORTC)
DBCD:        BIT    4,A
DBCD:        JP     NZ,EE
DBCD:        PUSH   HL
DBCD:        CALL  RET_E
DBCD:        CALL  HOOK_DET
DBCD:        POP    HL
DBCD:        JP     NZ,FXF
DBCD:        LD     A,B
DBCD:        OR     C
DBCD:        JR     NZ,DBCD
DBCD:        LD     A,H
DBCD:        OR     L
DBCD:        JR     NZ,DHLD
DBCD:        JP     FF

;
DTMF_IN:     ***** DTMF_IN *****
             LD     C,20H
             LD     HL,DTMF_RX1
             LD     (HL),C
             LD     HL,DTMF_RX2
             LD     (HL),C
             XOR    A ; A = 00H
             CP    E
             JR    Z,DTMF_EX
             INC   A ; A = 01H
             CP    E
             JR    Z,DTMF_A
             INC   A ; A = 02H
             CP    E
             JR    Z,DTMF_B
             INC   A ; A = 03H
             CP    E
             JR    Z,DTMF_C

;
DTMF_D:      LD     C,D_LINE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                JR      END_DTMF
;
DTMF_C:        LD      C,C_LINE
                JR      END_DTMF
;
DTMF_B:        LD      C,B_LINE
                JR      END_DTMF
;
DTMF_A:        LD      C,A_LINE
                JR      END_DTMF
;
DTMF_EX:       LD      C,EX_LINE
;
END_DTMF:      LD      HL,DTMF_TX1
                LD      (HL),C
                LD      HL,DTMF_TX2
                LD      (HL),C
                RET
;
;
FXF:           ***** FXF *****
                CALL   STOPDIAL
                CALL   STOPDTMF
                JP      ENDINT
;
;
EE:            ***** EE *****
                CALL   STOPDTMF
                CALL   STOPDIAL
                IN     A,(PORTC)
                LD     B,00001111B
                AND    B
                LD     HL,DTMF_BUF          ;TAKE NUMBER TO BUFFER
                LD     (HL),A
                LD     B,0AH
                CP     B
                JP     GG                    ;CHECK INPUT NUMBER FOR
;                                           ; " 0 "
;
STOPDTMF:      ***** STOPDTMF SUB *****
                XOR    A
                LD     HL,DTMF_TX1
                LD     (HL),A
                LD     HL,DTMF_TX2
                LD     (HL),A
                LD     HL,DTMF_RX1
                LD     (HL),A
                LD     HL,DTMF_RX2
                LD     (HL),A
                RET
;
STOPDIAL:      ***** STOPDIAL SUB *****
                XOR    A
                LD     HL,DIAL_TX1
                LD     (HL),A
                LD     HL,DIAL_TX2
                LD     (HL),A
                LD     HL,DIAL_RX1
                LD     (HL),A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD      HL,DIAL_RX2
LD      (HL),A
RET
;
; FF:
***** FF      *****
CALL    STOPDIAL
CALL    STOPDTMF
JP      II
;
; GG:
***** GG      *****
JR      Z,HH
LD      HL,DTMF_BUF
LD      B,(HL)          ; B = DTMF
LD      A,4             ; A IS ASSIGNED TO BE =4
CP      B               ; ASSIGN - DTMF {4 -DTMF}
JR      C,II            ; CARRY OR NEGATIVE OR X>4
LD      HL,DTMF_BUF
LD      A,(HL)
CALL    RET_E
CP      E               ; A - E FOR CHECK IF THAT NUMBER
                          ; IS ITS OWN NUMBER
JP      JJ
;
;
; HH:
***** HH      *****
LD      E,OOH
CALL    USED_CHK
JP      NZ,II
JP      LL
;
; II:
***** II      *****
CALL    RET_E
CALL    BUSY
LD      HL,T30S         ; SET TIMER TO 30 SEC
                          ; FOR WAITING HOOK SWITCH
                          ; TO BE ON
DHLI:   DEC      HL
LD      BC,OFFFHH
DBCI:   DEC      BC
PUSH    HL
CALL    RET_E
CALL    HOOK_DET
POP     HL
JR      NZ,ST_BUSY
LD      A,B
OR      C
JR      NZ,DBCI
LD      A,H
OR      L
JR      NZ,DHLI
ST_BUSY: CALL    STOPBUSY
JP      ENDINT          ; _____END OF PART II
;
; *****
STOPBUSY: LD      HL,BUSY_TX1
XOR     A
LD      (HL),A
LD      HL,BUSY_TX2
LD      (HL),A
LD      HL,BUSY_RX1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD      (HL), A
LD      HL, BUSY_RX2
LD      (HL), A
RET
;
***** BUSY SUB *****
BUSY:  LD      C, 01000000B
LD      HL, BUSY_TX1
LD      (HL), C
LD      HL, BUSY_TX2
LD      (HL), C
XOR     A
CP      E
JR      Z, BUSY_EX
INC     A
CP      E
JR      Z, BUSY_A
INC     A
CP      E
JR      Z, BUSY_B
INC     A
CP      E
JR      Z, BUSY_C
;
BUSY_D: LD      C, D_LINE
JR      ENDBUSY
;
BUSY_C: LD      C, C_LINE
JR      ENDBUSY
;
BUSY_B: LD      C, B_LINE
JR      ENDBUSY
;
BUSY_A: LD      C, A_LINE
JR      ENDBUSY
;
BUSY_EX: LD      C, EX_LINE
;
ENDBUSY: LD      HL, BUSY_RX1
LD      (HL), C
LD      HL, BUSY_RX2
LD      (HL), C
RET
;
;
***** JJ *****
JJ:    JP      Z, II
CALL   RET_DTMF
CALL   HOOK_DET
JP      Z, II          ;HOOKSWITCH IS ON
JR      KK
***** KK *****
KK:    CALL   RET_DTMF
CALL   RING
CALL   RET_E
CALL   RINGBACK
LD      HL, T60S

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DHLK:      DEC      HL
           LD      BC,OFFFHH
DBCK:      DEC      BC
           PUSH   HL
           CALL   RET_E
           CALL   HOOK_DET
           POP    HL
           JR     NZ,SR
           PUSH   HL
           CALL   RET_DTMF
           CALL   HOOK_DET
           POP    HL
           JR     Z,ST_RING
           LD     A,B
           OR     C
           JR     NZ,DBCK
           LD     A,H
           OR     L
           JR     NZ,DHLK
;
SR:        CALL   STOPRING
           CALL   STOPRB
           JP     ENDINT
;
ST_RING:   CALL   STOPRING
           CALL   STOPRB
           JP     MM
;
RET_DTMF:  ***** RET_DTMF *****
           LD     HL,DTMF_BUF
           LD     E,(HL)
           RET
;
RING:     ***** RING SUB *****
           LD     A,01H
           CP     E
           JR     Z,RING_A
           INC   A
           CP     E
           JR     Z,RING_B
           INC   A
           CP     E
           JR     Z,RING_C
;
RING_D:    LD     HL,OP_BUFF
           SET   4,(HL)
           JR   ENDRING
;
RING_C:    LD     HL,OP_BUFF
           SET   3,(HL)
           JR   ENDRING
;
RING_B:    LD     HL,OP_BUFF
           SET   2,(HL)
           JR   ENDRING
;
RING_A:    LD     HL,OP_BUFF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                SET      1,(HL)
;
ENDRING:      LD        A,(HL)
              OUT      (PORTB),A
              RET
;
RINGBACK:    ***** RINGBACK SUB *****
              LD        C,10000000B
              LD        HL,RB_TX1
              LD        (HL),C
              LD        HL,RB_TX2
              LD        (HL),C
              XOR      A                ;A = 00H
              CP      E
              JR      Z,RB_EX
              INC     A                ;A = 01H
              CP      E
              JR      Z,RB_A
              INC     A                ;A = 02H
              CP      E
              JR      Z,RB_B
              INC     A                ;A = 03H
              CP      E
              JR      Z,RB_C
;
RB_D:        LD        C,D_LINE
              JR      ENDRB
;
RB_C:        LD        C,C_LINE
              JR      ENDRB
;
RB_B:        LD        C,B_LINE
              JR      ENDRB
;
RB_A:        LD        C,A_LINE
              JR      ENDRB
;
RB_EX:       LD        C,EX_LINE
;
ENDRB:       LD        HL,RB_RX1
              LD        (HL),C
              LD        HL,RB_RX2
              LD        (HL),C
              RET
;
;
STOPRING:    ***** STOPRING SUB *****
              LD        HL,OP_BUFF
              LD        A,00000001B
              AND      (HL)
              LD        (HL),A
              OUT      (PORTB),A
              RET
;
;
STOPRB:      ***** STOPRB SUB *****
              STOP SENDING RING BACK
              XOR      A
              LD        HL,RB_TX1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LD      (HL),A
LD      HL, RB_TX2
LD      (HL),A
LD      HL, RB_RX1
LD      (HL),A
LD      HL, RB_RX2
LD      (HL),A
RET
;
;***** LL *****
LL:     LD      HL,DTMF_BUF
LD      (HL),OOH
CALL    SET_PATH
JP      ENDINT
;
;***** SET_PATH SUB *****
SET_PATH: LD      HL,CH1_AVCH
XOR     A
CP      (HL)
JR      NZ,CH2
;
;
;CH1:   LD      (HL),01H      ;SET FOR USING CH1
LD      B,01H
JR      NEXT
;
;
;CH2:   INC     HL      ;SET FOR USING CH2
LD      (HL),01H
LD      B,02H
;
;
;NEXT:  CALL    RET_E      ;SET USE BIT OF E AND X
CALL    SET_USED
CALL    RET_DTMF
CALL    SET_USED
;
;
;CALL    RET_E      ;SET USE CHANNEL OF E AND X
CALL    SETCHUSE
CALL    RET_DTMF
CALL    SETCHUSE
;
;
;LD      A,01H
CP      B      ;B = CHANNEL TO BE USED
JR      NZ,C2
;
;
;C1:   CALL    RET_E
XOR     A      ;A = 00H
CP      E
JR      Z,SW1_EX
INC     A      ;A = 01H
CP      E
JR      Z,SW1_A
INC     A      ;A = 02H
CP      E
JR      Z,SW1_B
INC     A      ;A = 03H
CP      E
JR      Z,SW1_C
;
;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SW1_D:      LD      C,D_LINE
            JR      SW1_E
;
SW1_C:      LD      C,C_LINE
            JR      SW1_E
;
SW1_B:      LD      C,B_LINE
            JR      SW1_E
;
SW1_A:      LD      C,A_LINE
            JR      SW1_E
;
SW1_EX:     LD      C,EX_LINE
;
SW1_E      LD      HL,CH1_TX1
            LD      (HL),C
            LD      HL,CH1_RX2
            LD      (HL),C
            JR      PAUSE1
;
C2:         CALL    RET_E
            XOR     A          ;A = 00H
            CP     E
            JR     Z,SW2_EX
            INC    A          ;A = 01H
            CP     E
            JR     Z,SW2_A
            INC    A          ;A = 02H
            CP     E
            JR     Z,SW2_B
            INC    A          ;A = 03H
            CP     E
            JR     Z,SW2_C
;
SW2_D:      LD      C,D_LINE
            JR      SW2_E
;
SW2_C:      LD      C,C_LINE
            JR      SW2_E
;
SW2_B:      LD      C,B_LINE
            JR      SW2_E
;
SW2_A:      LD      C,A_LINE
            JR      SW2_E
;
SW2_EX:     LD      C,EX_LINE
;
SW2_E      LD      HL,CH2_TX1
            LD      (HL),C
            LD      HL,CH2_RX2
            LD      (HL),C
            JR      PAUSE2
;
PAUSE1:     CALL    RET_DTMF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

XOR    A                ;A = 00H
CP     E
JR     Z,SW1_X_EX
INC    A                ;A = 01H
CP     E
JR     Z,SW1_X_A
INC    A                ;A = 02H
CP     E
JR     Z,SW1_X_B
INC    A                ;A = 03H
CP     E
JR     Z,SW1_X_C
;
SW1_X_D: LD    C,D_LINE
JR     SW1X
;
SW1_X_C: LD    C,C_LINE
JR     SW1X
;
SW1_X_B: LD    C,B_LINE
JR     SW1X
;
SW1_X_A: LD    C,A_LINE
JR     SW1X
;
SW1_X_EX: LD    C,EX_LINE
LD     HL,OP_BUFF
LD     A,00000001B
LD     (HL),A
OUT    (PORTB),A
;
SW1X:   LD    HL,CH1_TX2
LD     (HL),C
LD     HL,CH1_RX1
LD     (HL),C
JR     END_SWIT
;
PAUSE2: CALL   RET_DTMF
XOR    A
CP     E
JR     Z,SW2_X_EX
INC    A
CP     E
JR     Z,SW2_X_A
INC    A
CP     E
JR     Z,SW2_X_B
INC    A
CP     E
JR     Z,SW2_X_C
;
SW2_X_D: LD    C,D_LINE
JR     SW2X
;
SW2_X_C: LD    C,C_LINE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JR      SW2X
;
SW2_X_B: LD      C,B_LINE
JR      SW2X
;
SW2_X_A: LD      C,A_LINE
JR      SW2X
;
SW2_X_EX: LD      C,EX_LINE
LD      HL,OP_BUFF
LD      A,00000001B
LD      (HL),A
OUT     (PORTB),A
;
SW2X:   LD      HL,CH2_TX2
LD      (HL),C
LD      HL,CH2_RX1
LD      (HL),C
END_SWIT: RET
;
;
SET_USED: ***** SET_USED SUB *****
LD      HL,USED_BIT
LD      A,L
ADD     A,E
LD      L,A
LD      (HL),01H
RET
;
;
SETCHUSE: ***** SETCHUSE SUB *****
LD      HL,USED_CH
LD      A,L
ADD     A,E
LD      L,A
LD      (HL),B ;B IS CHANNEL
RET
;
MM:     ***** MM *****
CALL    SET_PATH
;
ENDINT: RET
;
;
;
;
;
;
***** EXTERNAL SERVICE SUBROUTIN *****
***** EXSER SUB *****
EXSER: LD      HL,USED_BIT
BIT     0,(HL)
JP      NZ,ENDEXSER
IN      A,(PORTA)
BIT     0,A
JP      Z,ENDEXSER
LD      HL,CH1_AVCH
BIT     0,(HL)
JR      Z,TALK
INC     HL
BIT     0,(HL)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

END_TALK:      JR      Z,TALK
               CALL    DELAY10S
               JP      00
;
;TALK:         CALL    DELAY10S
               JR      PP
;
;
;***** DELAY10S *****
DELAY10S:     LD      HL,T10S
DHLN:         DEC     HL
               LD      BC,OFFFH
DBCN:         DEC     BC
               LD      A,B
               OR      C
               JR      NZ,DBCN
               LD      A,H
               OR      L
               JR      NZ,DHLN
               RET
;
;
;***** OO *****
OO:           LD      A,00000001B ;DELAY 10 SEC
               LD      HL,OP_BUFF ;AND THEN HOLD LINE
               LD      (HL),A
               OUT     (PORTB),A
               CALL    RET_E
               CALL    BUSY
               CALL    DELAY10S
               CALL    STOPBUSY
               XOR     A ;HOLD OFF LINE
               LD      HL,OP_BUFF
               LD      (HL),A
               OUT     (PORTB),A
               JP      ENDEXSER
;
;
;***** PP *****
PP:           LD      A,00000001B ;HOLD LINE
               LD      HL,OP_BUFF
               LD      (HL),A
               OUT     (PORTB),A
               CALL    RET_E
               CALL    DTMF_IN ;RECIEVE DTMF FROM EX_LINE
               JP      RR
;
;
;***** QQ *****
QQ:           LD      HL,DES_NUM ;ASSIGN DES_NUMBER = OOH
               LD      (HL),OOH
;
;FIND_EX:     CALL    CHECK_UN ;CHECK UNUSED INTERNAL LINE
               CALL    RET_DTMF
               CALL    HOOK_DET
               JP      Z,TT
               CALL    RET_DTMF
               CALL    RING
               LD      HL,T60S

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DHLQ:      DEC      HL
           LD      BC,OFFFHH
DBCQ:      DEC      BC
           PUSH   HL
           CALL   RET_DTMF
           CALL   HOOK_DET
           POP    HL
           JP     Z,YY
           LD     A,B
           OR     C
           JR     NZ,DBCQ
           LD     A,H
           OR     L
           JR     NZ,DHLQ
           JP     TT
;          ***** CHECK_UN SUB *****
CHECK_UN:  LD      HL,DES_NUM ;CHECK USED BIT OF THE
                                           ;REST EXCEPT DES_NUM

           LD     E,(HL)
           LD     HL,USED_BIT
           INC   HL
           LD     A,01H
           CP     E
           JR     NZ,CHE_A
           JR     NOT_A

;
CHE_A:    BIT   0,(HL)
           JR   NZ,NOT_A
           LD   E,A
           JR   ASS_DTMF

;
NOT_A:    INC   A
           INC   HL
           CP   E
           JR   NZ,CHE_B
           JR   NOT_B

;
CHE_B:    BIT   0,(HL)
           JR   NZ,NOT_B
           LD   E,A
           JR   ASS_DTMF

;
NOT_B:    INC   A
           INC   HL
           CP   E
           JR   NZ,CHE_C
           JR   NOT_C

;
CHE_C:    BIT   0,(HL)
           JR   NZ,NOT_C
           LD   E,A
           JR   ASS_DTMF

;
NOT_C:    LD     E,04H
;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ASS_DTMF      LD      HL,DTMF_BUF
              LD      (HL),E
              RET

;
;
RR:           ***** RR *****
DHLR:        LD      HL,T30S
              DEC     HL
              LD      BC,OFFFH
DBCR:        DEC     BC
              IN      A,(PORTC)
              BIT     4,A
              JP      NZ,SS
              LD      A,B
              OR      C
              JR      NZ,DBCR
              LD      A,H
              OR      L
              JR      NZ,DHLR
              CALL    STOPDTMF
              LD      E,OOH          ;SEND RINGBACK TO EXTERNAL
              CALL    RINGBACK      ;LINE
              JP      QQ

;
;
SS:           ***** SS *****
              CALL    STOPDTMF
              IN      A,(PORTC)
              LD      B,00001111B
              AND     B
              LD      HL,DTMF_BUF   ;GET NUMBER
              LD      (HL),A
              LD      E,OOH          ;SEND RINGBACK TO EXTERNAL
              CALL    RINGBACK      ;LINE
              LD      HL,DTMF_BUF
              LD      B,(HL)        ;CHECK IF THIS NUMBER
                                      ;LESS THAN 5
              LD      A,4
              CP      B
              JP      C,QQ
              JP      UU

;
;
TT:           ***** TT *****
              CALL    RET_DTMF
              CALL    STOPRING
              LD      E,OOH
              XOR     A              ;HOLD OFF LINE
              OUT    (PORTB),A
              LD      HL,OP_BUFF
              LD      (HL),A
              JP      ENDEXSER

;
;
UU:           ***** UU *****
              CALL    RET_DTMF
              CALL    USED_CHK
              JR      NZ,TELL_DES
              CALL    RET_DTMF

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL    HOOK_DET
JR      Z,TELL_DES          ;CHECK HOOK SWITCH ALSO
CALL    RET_DTMF
CALL    RING
JP      WW

;
TELL_DES:  CALL    RET_DTMF
           LD      HL,DES_NUM
           LD      (HL),E
           JP      FIND_EX

;
;
VV:        ***** VV *****
           CALL    STOPRING
           CALL    STOPRB
           CALL    SET_PATH
           JP      ENDEXSER

;
;
WW:        ***** WW *****
DHLW:     LD      HL,T60S
           DEC     HL
           LD      BC,OFFFHH
DBCW:     DEC     BC
           PUSH   HL
           CALL   RET_DTMF
           CALL   HOOK_DET
           POP    HL
           JR     Z,VV
           LD     A,B
           OR     C
           JR     NZ,DBCW
           LD     A,H
           OR     L
           JR     NZ,DHLW
           JP     TT

;
;
YY:        ***** YY *****
           CALL    STOPRING
           CALL    STOPRB
           CALL    SET_PATH
ENDEXSER: RET     ;END OF EXTERNAL SERVICE
           END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุปและวิจารณ์

เครื่องขมสายโทรศัพท์อัตโนมัติที่ได้สร้างขึ้นนี้ ใช้ระบบทางผ่านเสียงสัญญาณลปีทพาร์ท เป็นระบบ PULSE AMPITUDE MODULATION ซึ่งการเพิ่มความสามารถ และขยายเลขหมายทำได้ง่ายและประหยัดกว่า ระบบครอสพอยน์สวิทซ์ และระบบดิจิตอล โดยอาศัยการเพิ่มส่วนเชื่อมต่อบางส่วนเท่านั้น นอกจากนั้นสัญญาณเสียงที่รับได้ก็ชัดเป็นที่น่าพอใจ ถึงแม้ว่าเครื่องขมสายโทรศัพท์เครื่องนี้จะสามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการก็ตาม แต่ฟังก์ชันการทำงานก็ยังอยู่ในขอบเขตจำกัด ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนา SOFTWARE ต่อไป

### แนวทางการพัฒนา

1. ฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบไว้สำหรับเครื่องขมสายโทรศัพท์นี้ ออกแบบไว้สำหรับคู่สายโดทรศัพท์ภายใน 4 คู่สาย และคู่สายโทรศัพท์ภายนอก 1 คู่สาย ซึ่งการจะขยายระบบ จะต้องมีการออกแบบ ฮาร์ดแวร์เพิ่มบางส่วน ซึ่งส่วนสำคัญได้แก่ วงจร F19 และอนาลอกสวิทเซอร์ 4066 สำหรับส่วนลปีทพาร์ท และวงจรส่วนประกอบย่อยอื่นๆ
2. การทำงานของเครื่องขมสายโทรศัพท์อัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ ถูกควบคุมโดยซอฟต์แวร์ ดังนั้นการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานต่างๆ สามารถเพิ่มเติมขึ้นได้อีกจากการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีอยู่

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รศ. ดร. มนัส สังวรศิลป์ ในฐานะ  
อาจารย์ที่ปรึกษาและ อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ ซึ่งทางผู้จัดทำได้รับ คำปรึกษาและ  
แนะนำ พร้อมทั้งดูแลเอาใจใส่ระหว่าง การทำปฏิญญาพนธฉบับนี้ตั้งแต่ต้นจนจบการศึกษา  
เพื่อนักศึกษาทุกคนที่ได้ให้การช่วยเหลือ ในการทำปฏิญญาพนธฉบับนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. DENTON J.DAILEY, "OPERATIONAL AMPIFIERS AND LINAR INTERGRATED CIRCUITS ",MCGRAW-MILL ,1989
2. JOHN L.FIKE, " UNDERSTANDING TELEPHONE ELECTROICS ", TAXAS INSTRUMENTS LEARNING CENTER , 1983
3. JOHN L.HILBURN , DAVID E.JOHNSON , "MANUAL OF ACTIVE FILTER DESING ", MCGRAW-HILL , 1973
4. TTL INTEGRATED CIRCUITS MECHANICAL DATA
5. FRANK F.E. OWEN , " PCM AND DIGITAL TRANSMISSION SYSTEM ", TAXAS INSTRUMENTS , MCGRAW-HILL , 1982