



ปีการศึกษา 2534

เครื่องชুমสายโทรศัทพ์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิทัลอลลิปซพาทล์



อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ

ปริญญาโทปีการศึกษา 2534

ภาควิชา อิเลคทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องขมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิทัลสปีชพาทล์

ผู้จัดทำ

1. นาย พิรพล ผดุงพจน์ 31.1191
2. นาย ไพโรจน์ วรรณไพศาล 31.1195
3. นาย ภาณุ เจียรมั่งคั่ง 31.1200



(อ. ประภากร สุวรรณ) อาจารย์ที่ปรึกษา

เครื่องขมสายโทรศัพท์อัตโนมัติระบบดิจิตอลสหภาพ

นาย พิรพล ผดุงพจน์
นาย ไพโรจน์ วรธรรมไพศาล
นาย ภาณุ เจียรมั่งคั่ง
อ. ประภากร สุวรรณะ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารกันภายในองค์กรต่างๆ มีความนิยมอย่างสูงในการนำเครื่องขมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบดึงเครื่องลูกโดยไม่ว่าไอเอเปอเรเตอร์มาใช้ ซึ่งอำนวยความสะดวกเป็นอย่างมากในการติดต่อกันภายในและทำหน้าที่ต่อไปยังขมสายที่อื่น ปรินญาณินพจน์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการสร้างและพัฒนาเครื่องขมสายโทรศัพท์อัตโนมัติซึ่งควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ใช้ระบบดิจิตอลในการติดต่อของสัญญาณในการติดต่อและใช้ระบบดิจิตอลสหภาพ แทนการใช้ระบบรีเลย์และทรอสฟอยน์ลิวท์.

DIGITAL SPEECH PATHS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

Mr. Peerapol Phadungpoj
Mr. Pairroj Vorrathampaisal
Mr. Panu Chearramangkang
Mr. Prapakon Suwana Advisor

1991

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 research for design and construction of the private automatic branch exchange which is controlled by the microprocessor system and used the digital speech paths system instead of the relay or the cross point switch system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1-1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 2-1

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 3-1

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 4-1

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 5-1

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

บทนำ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในระบบธุรกิจ อุปกรณ์การติดต่อสื่อสารหลาย ๆ อย่างได้ถูกนำมาใช้อำนวยความสะดวก โทรทัศน์ก็เป็นอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารอย่างหนึ่งซึ่งสะดวก ประหยัดและง่ายต่อการใช้งาน เมื่อเริ่มต้นในการติดต่อทำธุรกิจนั้น เราจะขอเลขหมายจากองค์การโทรศัพท์ตามความต้องการว่าจำเป็นต้องใช้โทรทัศน์ในธุรกิจมากน้อยแค่ไหน เมื่อธุรกิจมีความต้องการใช้โทรทัศน์มากขึ้น การมีโทรทัศน์สายตรงมาเลขหมายก็ไม่ได้อำนวยความสะดวกให้กับผู้คนในสำนักงานเลย กลับเพิ่มภาระความยุ่งยากขึ้นมาเสียอีก สำนักงานที่มีคนมากขึ้น มีเลขหมายมากขึ้น มีเครื่องโทรทัศน์มากขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้ "ระบบโทรศัพท์" เรียกว่าเป็นพัฒนาการของเครื่องโทรทัศน์ขึ้นมาอีกขั้น ระบบโทรศัพท์มีมานานแล้วสมัยก่อนสำนักงานที่เหมาะสมจะใช้ระบบโทรศัพท์ มักจะเป็นสำนักงานที่ทำธุรกิจขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันไม่เป็นเช่นนั้น...เดี๋ยวนี้เรามีระบบโทรศัพท์ใช้แม้แต่ในบ้าน สิ่งเหล่านี้เป็นเหมือนตัวแทนของเทคโนโลยีที่มีบทบาทมากขึ้นทุกที ในชีวิตประจำวันของเราทุกคน

โทรศัพท์ช่วยให้เราสื่อสารอย่างสะดวกสบาย และยิ่งถ้าเป็นระบบโทรศัพท์ก็ยิ่งสะดวกคล้ายคู่หูคู่กายกับเงินที่จ่ายไปเป็นค่าระบบอีกด้วย ระบบโทรศัพท์สามารถใช้เป็นสายติดต่อกันภายใน สามารถรับสายแทนกันเมื่อมีสายนอกเข้ามาก็สามารถรับโทรศัพท์นั้นได้จากทุกจุดที่ต้องการ

เจ้าหน้าที่ในสำนักงานสามารถประชุมร่วมกันโดยใช้สายโทรศัพท์ เป็นสื่อตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป สามารถใช้โทรศัพท์แทนไมโครโฟนประกาศผ่านลำโพงให้ได้ยินกันทั่วทุกคนหรือเฉพาะกลุ่มและยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ระบบโทรศัพท์สามารถทำได้ คุณสมบัติเหล่านี้จะมีอยู่ในระบบโทรศัพท์ขนาดเล็กจำนวนสายนอกเพียง 1 ถึง 2 สาย ไปจนถึงระบบโทรศัพท์ขององค์กรขนาดใหญ่ มีสายนอกเป็นร้อย ๆ สายและจำนวนเครื่องภายในเป็นหมื่นเครื่อง และยิ่งเป็นระบบใหญ่ ความสามารถในการตอบสนองความสะดวกสบายให้แก่สำนักงานก็มีเพิ่มมากขึ้นกว่าระบบเล็ก ๆ

ทุกสำนักงานทุกองค์กรสามารถใช้ระบบโทรศัพท์ได้ทั้งสิ้น ถ้าต้องการความสะดวกสบายในการสื่อสารที่ส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าเป็นระเบียบและความสะดวกสบายในการทำธุรกิจ

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ในสำนักงานมีอยู่ 3 ประเภท คือ

- 1) ระบบคีย์เทเลโฟน (KEY TELEPHONE)
- 2) ระบบตู้สาขา P(A)BX = PRIVATE (AUTOMATIC) BRANCH EXCHANGE
- 3) ระบบโทรศัพท์แบบผสม (HYBRIDGE)

โทรศัพท์แต่ละแบบนั้นจะใช้งานต่างกันที่จำนวนโทรศัพท์ในสำนักงานนั้น ต้องการมากน้อยเพียงใด การทำงานของระบบโทรศัพท์แต่ละแบบจะแตกต่างกัน ไปโดยสิ้นเชิง สำนักงานจะต้องเลือกระบบโทรศัพท์แบบใดแบบหนึ่งมาใช้ ไม่สามารถนำมาผสมปนเปกันได้เลย

ข้อเปรียบเทียบความแตกต่างของระบบโทรศัพท์ทั้งสองแบบมีรายละเอียดดังนี้คือ

ระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟน

ประกอบด้วยตัวตู้และหัวเครื่องโทรศัพท์ที่มีปุ่มการทำงานต่าง ๆ มากมาย อยู่บนเครื่องเราเรียกเครื่องโทรศัพท์แบบนี้ว่า หัวเครื่องคีย์ หัวเครื่องแบบตลาด และอาจมีจอตัวอักษรสามารถฝากข้อความและทำงานอื่น ๆ ได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอีกหรืออาจเรียกว่า ฟีเจอร์ เทเลโฟน (FEATURE TELEPHONE) การเดินสายจากตู้ไปยังหัวเครื่องแบบนี้จะต้องเดินสาย 4 เส้น จากปุ่มต่าง ๆ ที่อยู่บนตัวเครื่อง ผู้ใช้ทุกคนสามารถเห็นภาวะการใช้โทรศัพท์ในสำนักงานได้ เนื่องจากมีปุ่มไฟแสดงไว้

ระบบโทรศัพท์แบบนี้จะมีคุณสมบัติมากน้อยเท่าไร ก็ขึ้นอยู่กับว่าเครื่องที่ใช้จะสามารถทำงานได้ขนาดไหน แต่ยังมีความสามารถมากก็ยิ่งราคาสูง ซึ่งตามปกติถ้าสำนักงานคิดจะใช้ระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟน จะต้องลงทุนสูงในเรื่องของราคา ของหัวเครื่องยิ่งถ้าจำนวนสายภายในมีมาก การลงทุนซื้อหัวเครื่องที่มีราคาสูง จึงเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างมาก ด้วยเหตุนี้เองเราจึงพบว่าระบบโทรศัพท์แบบคีย์เทเลโฟน มักจะมีใช้ในสำนักงานขนาดเล็ก และสำนักงานขนาดกลางที่มีจำนวนสายภายใน และสายภายในไม่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโทรศัพท์แบบตู้สาขา

มีตัวตู้และหัวเครื่อง เช่นเดียวกัน แต่หัวเครื่องของระบบโทรศัพท์แบบนี้จะเป็นเครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไป เราสามารถสร้างตู้สาขาให้มีจำนวนเลขหมายเท่าใดก็ได้ตามต้องการ ตู้สาขาที่ขายอยู่ปัจจุบันมีตั้งแต่ขนาดเล็กจำนวน 1 สายนอก 4 สายใน ซึ่งส่วนใหญ่มักจะผลิตเองโดยคนไทยและสามารถใช้งานได้ดีไปจนถึงตู้สาขานขนาดใหญ่สำหรับองค์กรขนาดใหญ่ที่มีจำนวนเลขหมายเป็นร้อยสายและมีเครื่องภายในเป็นจำนวนมาก

นอกจากระบบโทรศัพท์ทั้งสองแบบแล้ว ยังมีระบบโทรศัพท์อีกระบบหนึ่งที่ใช้กันมาก ซึ่งจะเป็นการผสมผสานระหว่างทั้งสองระบบเข้าด้วยกัน เราเรียกว่าระบบโทรศัพท์แบบ ไฮบริด ระบบนี้จะเรียกว่าเป็น คีย์เทเลโฟนเทียม เพราะสามารถใช้หัวเครื่องแบบคีย์เทเลโฟน ปนกับหัวเครื่องธรรมดา สามารถลดค่าใช้จ่ายในบางจุดที่ไม่มีความจำเป็นในการใช้โทรศัพท์มาก

ในปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงการพัฒนาชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติระบบดิจิทัล (DIGITAL) ซึ่งควบคุมโดยไมโครโพรเซสเซอร์ (MICRO PROCESSOR) และใช้ระบบดิจิทัลในการติดต่อช่องสัญญาณติดต่อ แทนการใช้ระบบรีเลย์ (RELAY) และครอสพอยน์ตสวิทช์ (CROSS POINT SWITCH)

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิตอล

คือเครื่องที่ใช้สำหรับขยายคู่สายโทรศัพท์จากองค์การโทรศัพท์ให้นำมาใช้ภายในได้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นสื่อกลางอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารได้ดียิ่งขึ้นทั้งระหว่างบุคคลภายในกับบุคคลภายในด้วยกัน และบุคคลภายในกับบุคคลภายนอก ซึ่งเครื่องนี้สามารถติดต่อถึงเครื่องลูกได้เลย ทำให้การติดต่อมีความสะดวกรวดเร็วมากกว่าการที่ต้องโทรเข้ามาหาพนักงานรับสายก่อน แล้วถึงให้พนักงานรับสายเรียกผู้ที่เราต้องการติดต่อ ซึ่งการควบคุมการติดต่อของช่องสัญญาณเสียง ที่เป็นระบบดิจิตอลกระทำโดยระบบไมโครโปรเซสเซอร์

2.1 คุณสมบัติของเครื่องชุมสายสาขาอัตโนมัติระบบดิจิตอลที่สร้างขึ้น

1. สามารถต่อกับคู่สายภายนอก (EXTERNAL LINE) หมายถึงคู่สายองค์การโทรศัพท์ได้ 1 คู่สาย
2. มีคู่สายโทรศัพท์ภายใน (INTERNAL LINE) 6 คู่สาย
3. ใช้กับโทรศัพท์ระบบความถี่ (TONE)
4. สามารถโทรเข้ามาถึงโทรศัพท์ภายในได้เลยโดยไม่มีพนักงานรับสายได้ โดยการกดหมายเลข 7 ตัว ซึ่งเมื่อสายว่างอยู่องค์การโทรศัพท์ก็ต่อสายนอกกับเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่ง ที่ว่างอยู่โดยอัตโนมัติ
5. โทรศัพท์ภายในสามารถติดต่อถึงกันได้ โดยกดหมายเลข 1-6
6. เครื่องลูกสามารถเรียกออกข้างนอกได้ โดยกดหมายเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สัญญาณต่างๆภายในระบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ลักษณะสัญญาณต่างๆ ภายในเครื่องเป็นดังนี้

1. สัญญาณให้หมน (DIAL TONE) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์พร้อมแล้ว ที่จะให้ผู้ใช้โทรศัพท์กดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วย มีลักษณะเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต (Hz) ต่อเนื่องกันตลอด

2. สัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้แก่ผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้วว่าสามารถติดต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการได้ มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต ตั้งและเจียบเป็นช่วงๆ กล่าวคือ ตั้งประมาณ 1 วินาทีและเจียบประมาณ 2 วินาที

3. สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งแก่ผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อ ด้วยทราบว่าไม่สามารถติดต่อคู่สายนั้นได้ มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 400 HZ ตั้งและเจียบในช่วงเวลา 0.3 วินาทีเท่า ๆ กัน

4. สัญญาณเรียก (RINGING) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ ภายในเพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้อื่นต้องการจะติดต่อด้วย มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 25 เฮิร์ต มีขนาดประมาณ 100 โวลท์ (VOLT) ติดและดับเป็นช่วงๆ เหมือนและพร้อมับสัญญาณเรียกกลับ

2.3 หลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิทัลโดยสังเขป

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิทัลที่สร้างขึ้น มีโครงสร้างดังแสดงในรูปแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

ส่วนอนาล็อกมัลติเพลกเซอร์ (ANALOG MULTIPLEXER) ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งช่วงเวลาของสัญญาณเสียง ที่มาจากคู่สายโทรศัพท์ภายในและคู่สายโทรศัพท์ภายนอก ก่อนจะส่งให้กับส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER)

ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียง ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 7 บิต (BIT) สัญญาณดิจิทัลที่ได้นี้จะถูกส่งต่อไปยังส่วนที่เรียกว่า บัฟเฟอร์ (BUFFER) ซึ่งเป็นส่วนเปิดปิดช่องทางเดิน

ส่วน บัฟเฟอร์ ทำหน้าที่เป็นส่วนเปิดปิดช่องทางเดินสัญญาณดิจิทัลที่มาจากส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลให้ผ่านไปยังส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายในและภายนอกที่ต้องการติดต่อกัน ซึ่งส่วน บัฟเฟอร์ นี้ถูกควบคุมโดยส่วนที่เรียกว่าส่วนควบคุมและนับช่วงเวลา

ส่วนควบคุมและนับช่วงเวลา (CONTROL & COUNTER) ในส่วนนี้แบ่งเป็นอีก 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนควบคุมและส่วนนับช่วงเวลา ส่วนควบคุม จะเก็บข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลางเป็นเลขฐานสอง และนำมาแปลงค่า เลือกการเปิดปิดช่องทางเดินสัญญาณเสียงโดยใช้บัฟเฟอร์ แบบ 3-สถานะ เป็นตัวควบคุม (คู่สายโทรศัพท์แต่ละคู่สายจะมี บัฟเฟอร์ ของตัวมัน 1 ชุด) ส่วนนับช่วงเวลา จะทำหน้าที่นับช่วงเวลาทางด้านอินพุท ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับการ แปลงค่า เพื่อเลือกการเปิดปิดช่องทางเดินสัญญาณเสียงของบัฟเฟอร์

ส่วนเชื่อมต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายนอก (EXTERNAL LINE) ใช้ไอซี เทเลโฟน สปีชเน็ตเวิร์ค (IC TELEPHONE SPEECH NETWORK) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอกขององค์การให้เป็นสัญญาณรับส่งที่แยกจากกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อยุติการเห็นชอบระเบียบนี้ด้านการค้า (2 สายเป็น 4 สาย) ไม่ว่าจะผิดใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

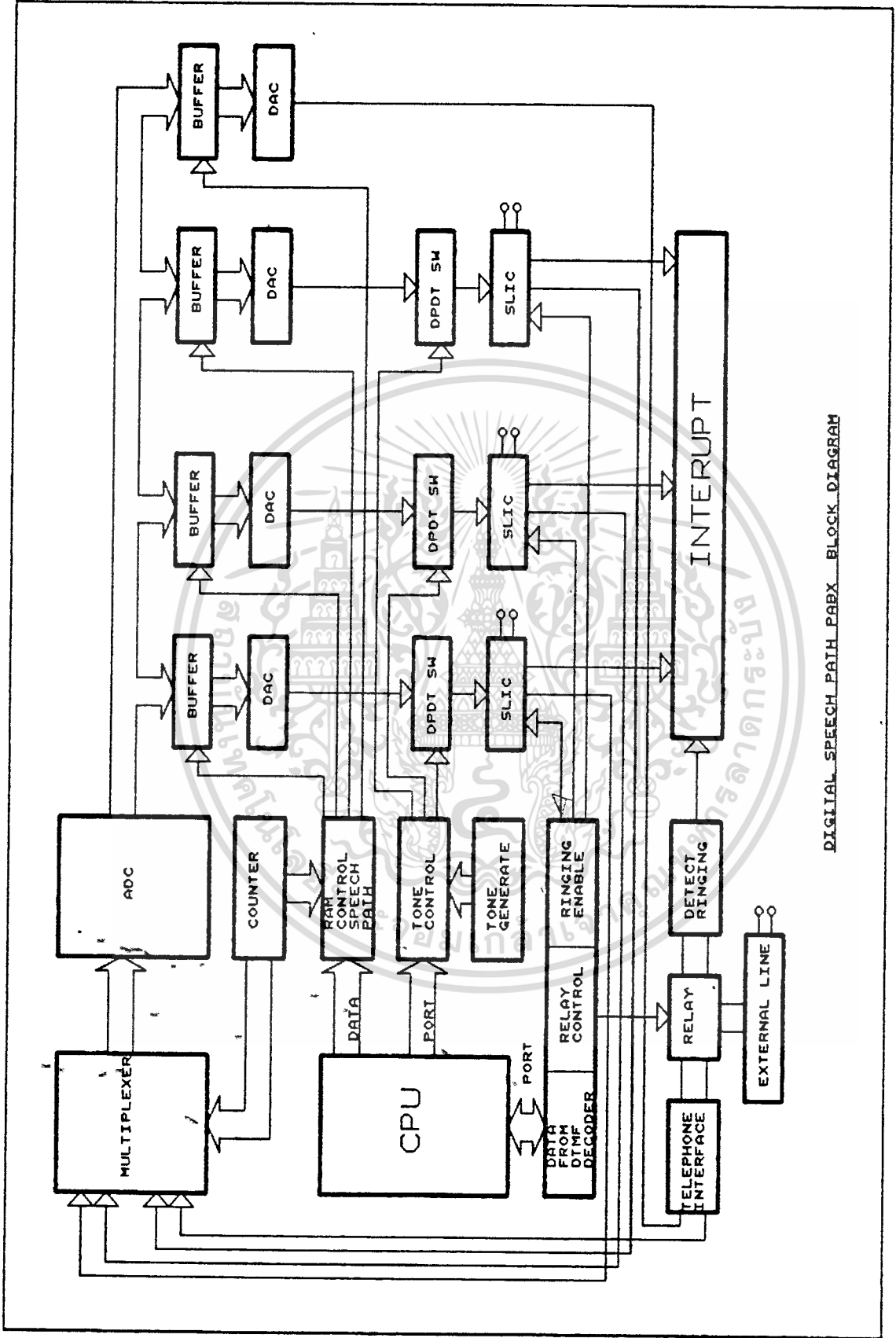
ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน (INTERNAL LINE) ใช้ไอซี ชับสไคร์เบอร์ ลูป อินเตอร์เฟส เซอร์กิต (IC SUBSCRIBER LOOP INTERFACE CIRCUIT) ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงกระแสตรง ให้กับเครื่องโทรศัพท์ภายในแปลงสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ภายในให้เป็นสัญญาณรับส่งที่แยกกัน (2 สายเป็น 4 สาย), แสดงสถานะการยกหู และควบคุมการส่งสัญญาณเรียก

ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียก (RING DETECTOR) ใช้ไอซี เทเลโฟน โทนริงเจอร์ (TELEPHONE RINGER) ทำหน้าที่ในการตรวจสอบว่ามีสัญญาณเรียกจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอกหรือไม่ ถ้ามีสัญญาณเรียกจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอก ก็จะส่งสัญญาณแสดงสถานะให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทราบ

ส่วนตรวจสอบสัญญาณความถี่โทรศัพท์ ทำหน้าที่การแปลงสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐาน 2 และส่งต่อไปให้ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ทราบส่วนสร้างสัญญาณต่าง ๆ เช่น สัญญาณให้หมุ่น, สัญญาณไม่ว่าง, สัญญาณเรียกกลับ จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณต่าง ๆ เพื่อส่งให้กับโทรศัพท์ภายนอก และโทรศัพท์ภายใน ซึ่งควบคุมโดยระบบไมโครโปรเซสเซอร์

ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งเป็นส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิทัล ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z 80

ส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนสร้างสัญญาณกับ ภาครับ ของส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายในเป็นทางผ่านสำหรับสัญญาณต่างๆ ให้เข้าสู่ ภาครับ ของส่วนเชื่อมต่อกู่สายโทรศัพท์ภายใน เป็นทางผ่านสำหรับสัญญาณต่างๆ ให้เข้าสู่ ภาครับ ของไอซีเบอร์ 34F19 เมื่อมีสัญญาณเสียงพูดระหว่างเครื่องโทรศัพท์ส่วนนี้จะถูกตัดออกจากภาครับ ของไอซีเบอร์ 34F19



DIGITAL SPEECH PATH PABX BLOCK DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

สัญญาณต่างๆ ในโทรศัพท์

1. สัญญาณให้หมวน (DIAL TONE) เป็นสัญญาณที่ขุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าเครื่องขุมสายพร้อมที่จะให้ผู้ใช้โทรศัพท์กด หรือหมวนหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อลักษณะของสัญญาณจะมีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต โดยจะใช้ ไอซี เวลา เบอร์ 555 เป็นตัวกำเนิดความถี่ จะมีหลักการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned}
 f(\text{DIAL}) &= 1.44 / (R_a + 2R_b) C \\
 &= 1.44 / (0.5 + 720) \times 1000 \times 0.0047 \mu\text{F} \\
 &= 400 \text{ Hz} \\
 \text{DUTY CYCLE} &= (R_a + R_b) / (R_a + 2R_b) \\
 &= (0.5 + 360) / (0.5 + 720) = 0.5
 \end{aligned}$$

2. สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE) เป็นสัญญาณที่เครื่องขุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการแล้ว แต่ไม่สามารถติดต่อกับสายนั้นได้ ลักษณะของสัญญาณจะมีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต ดังและดับสลับกันทุกๆ 0.5 วินาที

สัญญาณถูกสร้างโดย ไอซี เวลา เบอร์ 556 ซึ่งวงจรที่ 1 กำเนิดความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต (การคำนวณเช่นเดียวกับ สัญญาณให้หมวน) วงจร ที่ 2 กำเนิดความถี่ 1 เฮิร์ต ดิวตี้ไซเคิล (DUTY CYCLE) = 0.5 ป้อนขา รีเซต (RESET) ของวงจร ที่ 1

$$\begin{aligned}
 f &= 1.44 / (1+1360) \times 1000 \times 1 \mu\text{F} \\
 &= 1 \text{ Hz} \\
 \text{DUTY CYCLE} &= (1+680) / (1+1360) = 0.5
 \end{aligned}$$

3. สัญญาณเรียกกลับ (RING BACK TONE) เป็นสัญญาณที่ขมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ว่าสามารถติดต่อกับคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อได้ แล้ว สัญญาณจะมีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ ตั้ง 1 วินาที และดับ 3 วินาที ($f = 0.25 \text{ Hz}$, $D = 0.25$)

การสร้างสัญญาณใช้ ไอซี 556 คล้ายกันกับสัญญาณสายไม่ว่าง แต่ วงจร 2 กำเนิดความถี่ 0.25 เฮิรตซ์ ดิวตี้ ไซเคิล = 0.75 ผ่าน อินเวอร์เตอร์ (INVERTER) เพื่อให้มี ดิวตี้ ไซเคิล เป็น 0.25 แล้วป้อนขา รีเซต ของวงจร ที่ 1

$$\begin{aligned}
 f &= 1.44 / (500+660) \times 1000 \times 4.7 \mu\text{F} \\
 &= 0.25 \text{ Hz} \\
 \text{DUTY CYCLE} &= (500+330) / (500+660) = 0.75
 \end{aligned}$$

4. สัญญาณเรียก (RINGING TONE) เป็นสัญญาณที่ขมสายโทรศัพท์ส่งไปยังโทรศัพท์เพื่อทำการแจ้งให้ทราบว่า มีคู่สายต้องการติดต่อ โดยการทำให้กระดิ่งโทรศัพท์ดัง ลักษณะของสัญญาณ มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ 100 โวลต์ ตั้ง 1 วินาที และ ดับ 3 วินาที

การสร้างสัญญาณใช้ ไอซี 556 วงจรที่ 1 กำเนิดความถี่ 50 เฮิรตซ์ วงจรที่ 2 กำเนิดความถี่ 0.25 เฮิรตซ์ ดิวตี้ ไซเคิล = 0.25 ป้อนขา รีเซต ของวงจร ที่ 1 (เช่นเดียวกับของ สัญญาณเรียกกลับ)

$$\begin{aligned}
 f &= 1.44 / (1+600) \times 1000 \times 0.047 \mu\text{F} \\
 &= 50 \text{ Hz} \\
 \text{DUTY CYCLE} &= 300 / (1+600)
 \end{aligned}$$

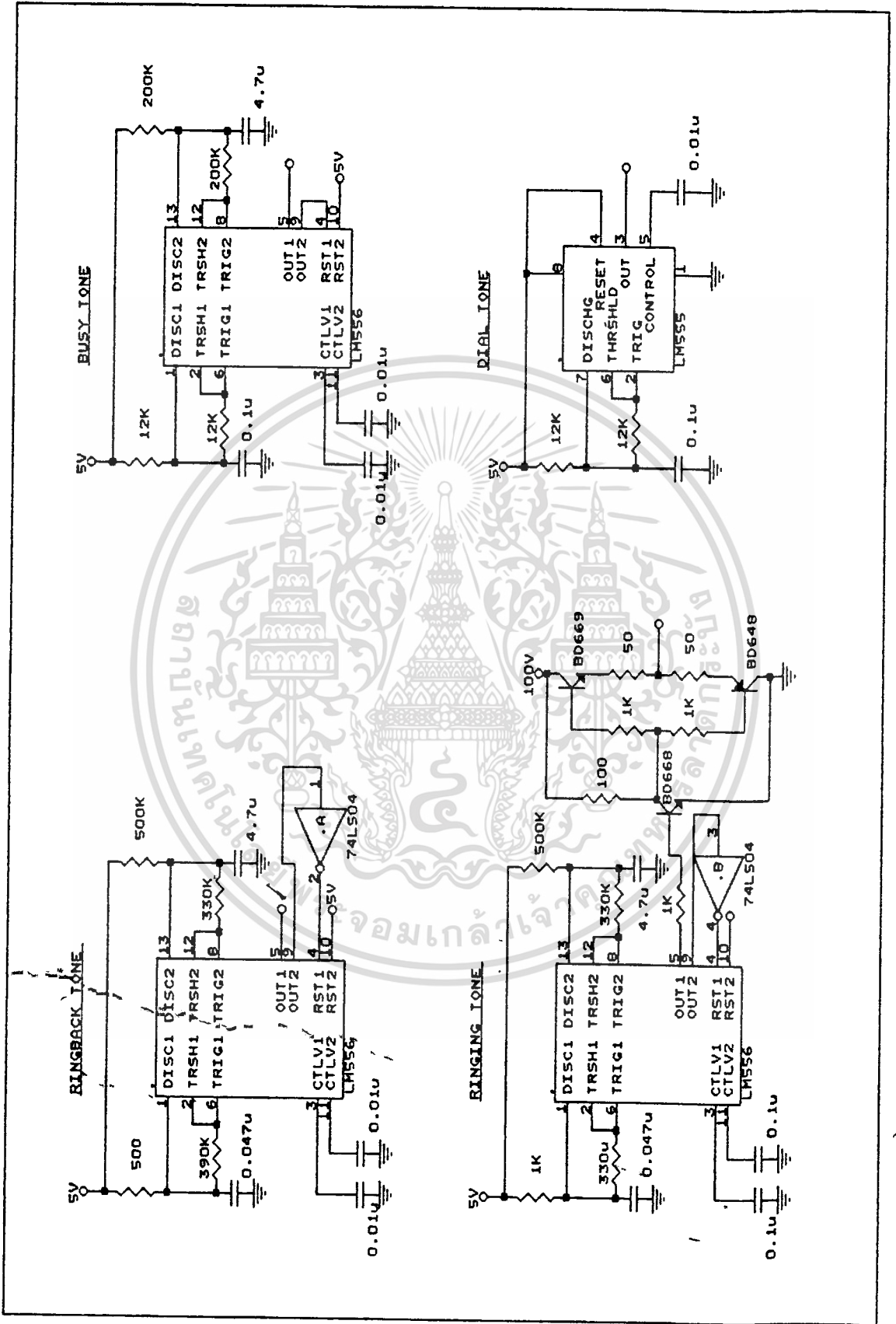
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเราต้องการสัญญาณที่มีค้ำตกถึง 100 โวลต์ ดังนั้นการต่อใช้งาน จะต้องต่อร่วมกับ ทรานซิสเตอร์ กำลัง โดยได้ทำการต่อแบบ คอมพลีเมนทารี (COMPLEMENTARY) เพื่อให้สามารถที่จะจ่ายกระแสได้มากกว่า การต่อแบบใช้ ทรานซิสเตอร์ กำลัง เพียงตัวเดียว

วงจรสร้างสัญญาณต่างๆ ของโทรทัศน์แสดงดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายใน

ในส่วนการติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายในเราใช้ไอซีเบอร์ MC34F19 ของบริษัท โมโตโรล่า ซึ่งถูกออกแบบมา ให้ทำหน้าที่เป็นวงจรไฮบริดทรานสฟอร์มเมอร์ (HYBRID TRANSFORMER CIRCUIT) ในเครื่องชุมสายอัตโนมัติและยังทำหน้าที่เป็นซับสไครเบอร์ แคริเออร์ อีควิปเมนต์ (SUBSCRIBER CARRIER EQUIPMENT) ทำการเปลี่ยนการส่งสัญญาณจากแบบ 2 สาย ให้ไปเป็นแบบ 4 สาย

ก่อนที่จะกล่าวถึงการทำงานของวงจรส่วนติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายในซึ่งใช้ไอซีเบอร์ MC34F19 นี้ จะขอกล่าวถึงทฤษฎีของวงจรไฮบริดทรานสฟอร์มเมอร์ และการแปลงการส่งสัญญาณจากแบบ สองสาย (TWO-WIRE DIFFERENTIAL) ให้ไปเป็นแบบ สี่สาย (FOUR-WIRE SINGLE END) โดยทั่วไปก่อนเพื่อให้เข้าใจและอธิบายการทำงานได้ง่ายขึ้น

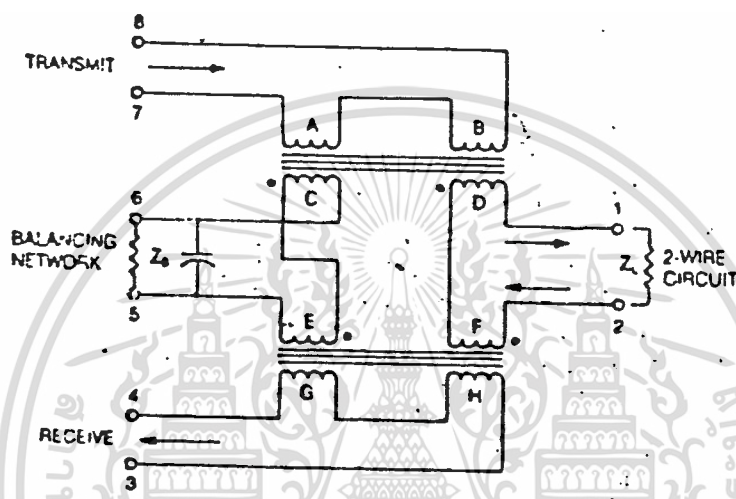
วงจรไฮบริดทรานสฟอร์มเมอร์มีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อของระบบวงจร สองสาย กับวงจร สี่สายเพื่อการทำงานในลักษณะ ฟูลดิวเพล็กซ์ (FULL DUPLEX) (ในการติดต่อสื่อสาร ฟูลดิวเพล็กซ์หมายถึงการส่งสัญญาณ ระหว่างวงจรจะเกิดขึ้นทั้ง 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน) ระบบวงจรสองสาย มักถูกใช้ใน วงจรที่ใช้งานในเครื่องของผู้ใช้ เพราะมีราคาถูกกว่า ระบบวงจรแบบ 4 สาย แต่ในส่วนอื่นนั้นเราจะใช้เน็ตเวอร์คแบบ ระบบวงจรแบบ 4 สาย เกือบทั้งหมด ดังนั้นเราจึงใช้วงจรไฮบริดทรานสฟอร์มเมอร์ ที่ เครื่องศูนย์กลาง สำหรับ เชื่อมต่อ วงจรท้องถิ่น กับ สายหลัก และระหว่าง สายหลัก กับ สายหลัก ในระบบโทรศัพท์

สำหรับในชุมสายโทรศัพท์แบบอัตโนมัติแบบตั้งเครื่องลูก โดยไม่ใช้พนักงานรับสาย (PABX) นั้นเราใช้วงจรไฮบริดนี้เพื่อทำหน้าที่แปลงระบบวงจร 2 สายให้เป็นระบบวงจรแบบ 4 สาย เพื่อให้ติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์เครื่องลูกภายใน

(นอกจากนี้ภายใน ตัวโทรศัพท์เองก็มี ก็มียวงจรแปลง 2 สายให้เป็น 4 สาย อยู่ภายใน 2 สายสำหรับการส่ง และ 2 สายสำหรับการรับ แต่ภายในโทรศัพท์นั้นใช้วงจร ป้องกันเสียงข้างเคียง (ANTI-SIDE TONE) มากกว่าที่จะเป็นวงจรแปลงนำไปใช้

จากระบบ 2 สายให้เป็นระบบ 4 สาย

ไอบริด เป็น มัลติเฟิล ไลน์ดิง ทรานสฟอร์เมอร์ (MULTIPLE WINDING-TRANSFORMER) แบบหนึ่งสามารถแสดงได้ด้วยวงจรถังรูป



จากรูปสัญญาณถูกส่งเข้ามายังปลายสาย (7)-(8) ทำให้เกิด การเหนี่ยวนำทางสนามแม่เหล็กข้ามไปยังขดลวด C และ D โดยกระแสที่ไหลผ่านขดลวด A และ B จะเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้น ในขดลวด D จะทำให้กระแสไหลผ่าน วงจร 2 สาย ซึ่งต่อผู้ทีปลายสาย (1)-(2) สำหรับการส่งผ่านสัญญาณต่อไป และกระแสที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านขดลวด F ซึ่งทำให้เกิด การเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้น ในขดลวด H

- ในทำนองเดียวกัน การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่เกิดในขดลวด C จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน วงจรสมคัลย์ (BALANCE NETWORK) และขดลวด E อิมพีแดนซ์ (IMPEDANCE) Z_L ของวงจรสมคัลย์มีค่าเท่ากับ ไลน์อิมพีแดนซ์ (LINE IMPEDANCE) Z_L เพราะ Z_L เท่ากับ Z_L รอบขดลวดบนขดลวด C และ E และวงจร D และ F เท่ากัน ทำให้การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นบนขดลวด G และ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือขึ้นด้านการค้า (เพราะขดลวด G และ H ก็มีจำนวนรอบเท่ากัน) อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า ขดลวด C และ E มีการต่อขั้วเดียวกันเข้าหากัน ต่างจากขดลวด D และ F ดังนั้น การเหนี่ยวนำไฟฟ้าในขดลวด G มีเฟส (PHASE) ตรงกันข้ามกับขดลวด H (การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ในขดลวด G และ H มีขนาดเท่ากัน) ทำให้หักล้างซึ่งกันและกันจนหมด เหตุผลอันนี้ ทำให้สัญญาณจากตัวส่ง ที่ปรากฏที่ปลายสาย (7)-(8) ถูกส่งไปที่ปลายสาย (1)-(2) แต่ไม่ปรากฏที่ปลายสาย (3)-(4) ซึ่งต่อไปยังตัวรับ (ระดับสัญญาณที่ปลายสาย (1)-(2) จะเป็นเพียงครึ่งหนึ่งของระดับอินพุตที่ปลายสาย (7)-(8) เพราะระดับสัญญาณที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งจะสูญเสียไปใน วงจรสมตลย์

ในทำนองเดียวกัน เมื่อปรากฏสัญญาณเข้ามาที่ปลายสาย (1)-(2) จากสายกระแสไหลผ่านขดลวด D และ F และทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่ขดลวด B และ H โวลเตจที่เกิดขึ้นใน H จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านวงจรตัวรับและขดลวด G และ H กระแสที่ไหลผ่านขดลวด G (ซึ่งเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านขดลวด H) จะทำให้เกิด การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ขึ้นที่ขดลวด E และผ่านขดลวด C ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ขึ้นใน A แต่ การเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นใน A จะต่างเฟส กับใน B 180 องศา (เพราะขดลวด C และ E ต่อขั้วเหมือนกัน) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าไม่มีสัญญาณที่ปลายสาย (1)-(2) จากสายส่งไปปรากฏที่เทอร์มินอล (7)-(8) ซึ่งเป็นปลายสายตัวส่ง

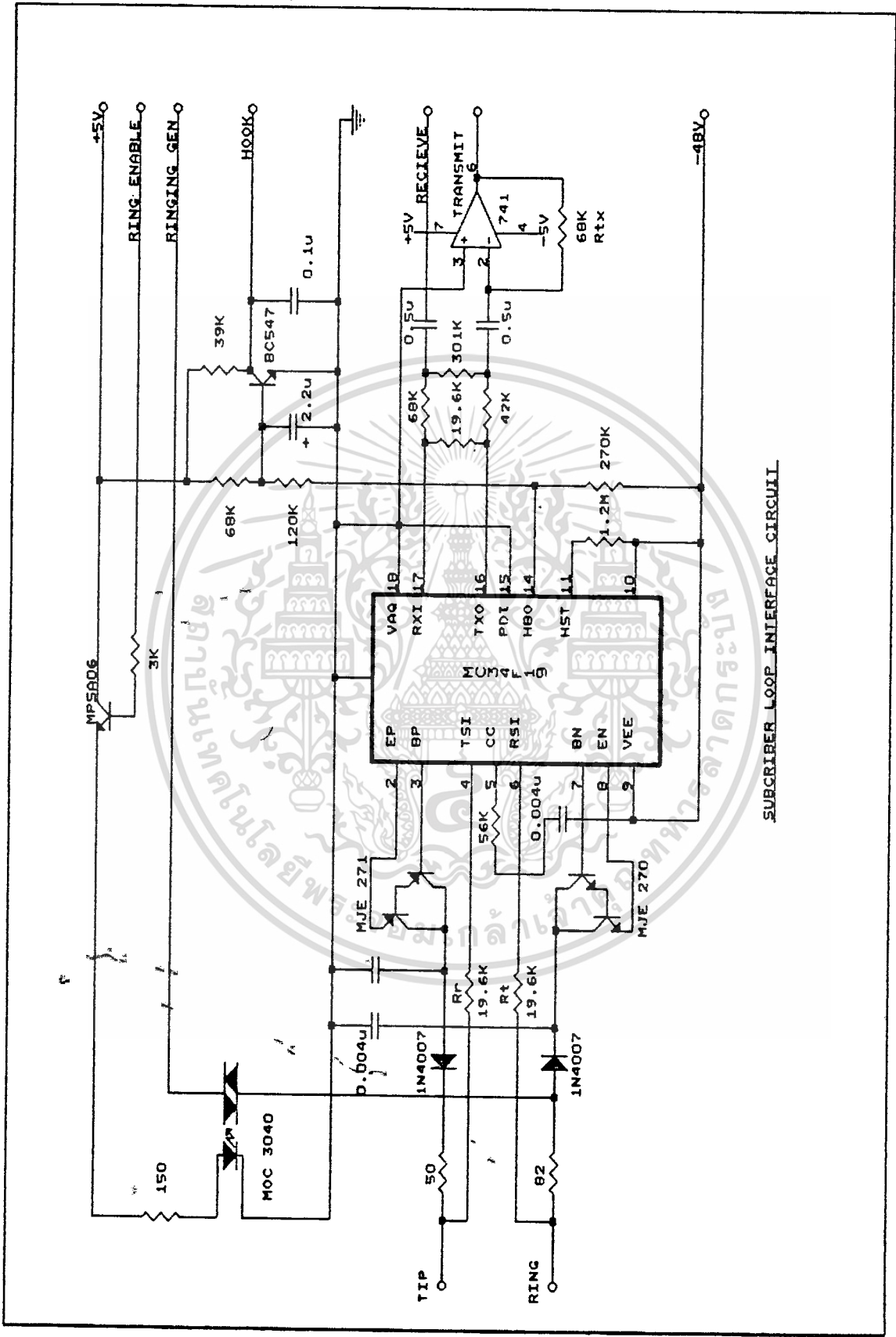
ในไอซีเบอร์ MC34F19 ได้มีส่วนที่ทำหน้าที่เป็นวงจรสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อทำให้เป็นวงจรไฮบริดอย่างสมบูรณ์อยู่แล้วเราเพียงแต่คำนวณตัวความต้านทานอีกเล็กน้อยก็ได้วงจรไฮบริดอย่างสมบูรณ์ โดย ทรานส์ไฮบริด ทรานส์มิทชั่นเกน (TRANSHYBRIDGE TRANSMISSION GAIN) ถูกกำหนดโดย $R_{v_{out}}$ และสัญญาณจะถูกส่งไปยังส่วนตัดต่อของสัญญาณติดต่อ

นอกจากไอซีเบอร์ MC34F19 นี้จะทำหน้าที่เป็นวงจรไฮบริดแล้ว ยังทำหน้าที่เป็น ชับสวิตช์เบอร์ แคริเออร์ อีควิปเมนต์ ดังที่ได้กล่าวมาในตอนต้นกล่าวคือมันสามารถที่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ให้กับ วงจรของโทรคัพท์ มีความสามารถในการรับสัญญาณและส่งสัญญาณของโทรคัพท์ และยังบอกถึงสถานะในการรับสัญญาณและส่งสัญญาณของโทรคัพท์ และยังสามารถบอกถึงสถานะของฮุคสวิตช์ (HOOK SWITCH) ได้ (คือสามารถเช็คสถานะ ลูป (LOOP) ได้นั่นเอง)

ตามวงจรเมื่อมีการยกหูใช้งานโทรคัพท์ (ON HOOK) ไอซี MC34F19 จะแสดงสถานะของฮุค (HOOK STATUS) ออกมา เป็นค่าลอจิกศูนย์ ในขณะที่จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ หวังสนับกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารที่พิมพ์นี้ให้นำไปใช้



SUBSCRIBER LOOP INTERFACE CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R_x และตัวต้านทาน R_y เล็กน้อย ค่าแรงดันตกคร่อมคู่สายประมาณ 48 โวลต์ แต่ถ้ามีการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้น ไอซี MC34F19 จะทำการจ่ายกระแสให้กับคู่สาย ซึ่งกระแสจะถูกขับ (DRIVE) โดยทรานซิสเตอร์ ดาร์ลิ่งตัน (DALINGTON TRANSISTOR) เพื่อให้กระแสมีค่ามากพอที่เครื่องลูกจะสามารถทำงานได้ ค่าแรงดันตกคร่อมคู่สายในขณะนี้ จะมีค่าประมาณ 12 โวลต์

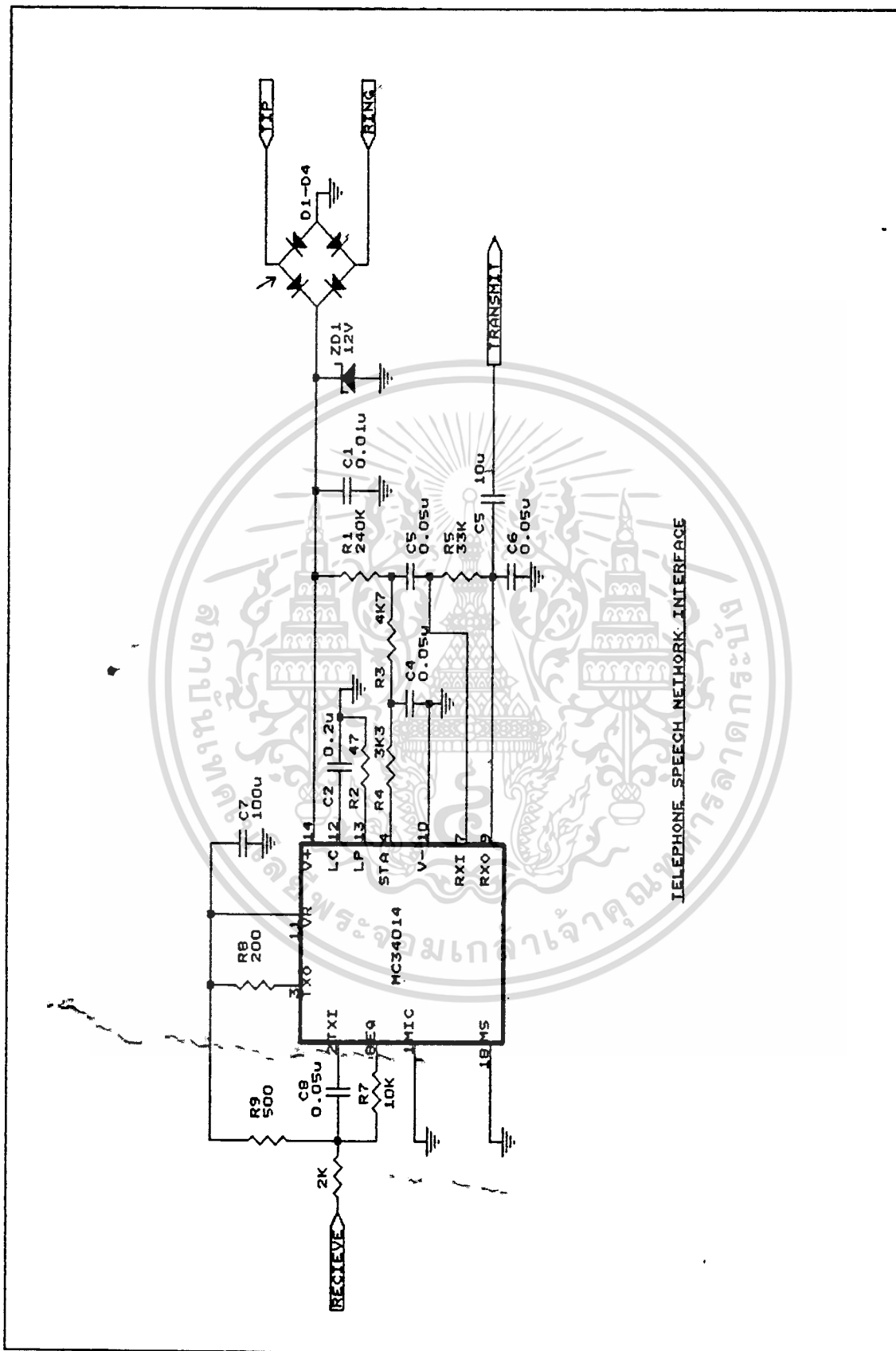
ส่วนการส่งสัญญาณริงกิ้ง (RINGING SIGNAL) ไปยังเครื่องลูกสามารถทำได้โดยให้ค่าลอจิก (LOGIC) เข้าที่จุดริงอีน่าเบิล (RING ENABLE) ซึ่งเราใช้ทรานซิสเตอร์ควบคุมออปโตไอโซเลเตอร์ (OPTO-ISOLATOR) ในการส่งผ่านของสัญญาณริงกิ้งถ้าให้ ลอจิกหนึ่ง ที่จุด ริงอีน่าเบิล ก็จะเป็นการปล่อยให้สัญญาณริงกิ้งผ่านไปเครื่องลูกได้ แต่ถ้าให้ลอจิกศูนย์ จะเป็นการบังคับไม่ให้สัญญาณริงกิ้งผ่านไปเครื่องลูก

สำหรับการส่งสัญญาณให้หมุน , สัญญาณสายไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับเรา จะนำส่วนสร้างสัญญาณต่าง ๆ มา เชื่อมต่อกับส่วนเชื่อมต่อระหว่างส่วนสร้างสัญญาณกับภาครับ ของ 34F19

ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก

ในส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอกนั้น เราใช้ไอซีเบอร์ MC34014 ซึ่งถูกออกแบบมาทำหน้าที่เป็น เทเลโฟน สปีช เนทเวอร์ค อินทิเกรต เซอร์กิต (TELEPHONE SPEECH NETWORK INTEGRATED CIRCUIT) ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อของคู่สายโทรศัพท์ ภายนอก โดยจะทำการแยกสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอก ซึ่งเป็น วงจร สองสาย ให้เป็นวงจร ลีสายส่งไปส่วนติดต่อช่องสัญญาณติดต่อ (ซึ่งในที่นี้เป็นระบบดิจิทัล) สำหรับไอซีเบอร์ MC34014 นี้สามารถใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อร่วมเพื่อกำหนดอัตราการขยายของสัญญาณรับส่ง และสามารถปรับสัญญาณ ความถี่ข้างเคียง (SIDE TONE) ให้เหมาะสมได้ด้วย (ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าเห็นชอบหรือเห็นด้วยในประการใดๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TELEPHONE SPEECH NETWORK INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงกันข้าม ไอซีเบอร์ MC 34014 จะรวมสัญญาณเสียงทั้งรับส่งจากคู่สายโทรศัพท์ ภายในซึ่งเป็นวงจร ลีสาย ไปเป็นวงจร สองสาย เพื่อส่งให้ชุมสายโทรศัพท์ภายนอกต่อไป

ไอซีเบอร์ MC34014 นี้สามารถเลือกโหมด (MODE) ของคู่สายโทรศัพท์ ภายนอกได้ว่าเป็นแบบพัลส์ (PULSE) หรือความถี่ (TONE) ได้อีกด้วย

ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียก (DETECT RINGING)

ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกนี้เป็นส่วนที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ตรวจ สอบว่ามีสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอกเข้ามาหรือไม่ ถ้ามีสัญญาณเรียกจากคู่สายโทรศัพท์ ภายนอกก็จะส่งสัญญาณแสดงสถานะออกไปให้ไมโครโพร เซสเซอร์รับทราบ

ในการออกแบบวงจรส่วนดังกล่าวนี้เราใช้ไอซีเบอร์ MC 34012 ซึ่ง ตามปกติไอซีเบอร์ MC 34012 จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณกริ่งโทรศัพท์ แต่ใน ที่นี้เรานำมาแก้ไขตัดแปลงใช้งานโดยนำเอาเอาท์พุทที่ใช้ต่อกับอุปกรณ์เพียโซ (PIEZO SOND ELEMENT) มาผ่านไดโอดบริดจ์ (DIODE BRIDGE) ทำการแปลงให้เป็นสัญญาณ ไฟฟ้ากระแสตรงแทน (สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่เกิดขึ้นนี้จะมีควมเรียบค่อนข้างสูง เนื่องจากเอาท์พุทที่ใช้ต่อกับ อุปกรณ์เพียโซ นั้นจะอยู่ในช่วง 500-2K เฮิร์ต) เมื่อ มีสัญญาณเรียกเข้ามาไอซีเบอร์ MC 34012 ก็จะทำให้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงออกมา ตามจังหวะสัญญาณเรียก สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้นี้จะนำไปใช้ขับ ออปโต - ไอโซเลเตอร์ ส่งผ่านต่อไปยังไมโครโพรเซสเซอร์ ให้ไมโครโพรเซสเซอร์ทราบ สถานะของสัญญาณเรียก โดยสถานะ ลอจิกเป็นหนึ่งใน เมื่อมีสัญญาณเรียกจากภายนอก เข้ามา แต่ถ้าไม่มีสถานะลอจิกจะเป็นศูนย์

ส่วนสวิทซ์การติดต่อระหว่างคู่สายภายใน 6 คู่สายและคู่สายนอก 1 คู่

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ป็นทางผ่านสัญญาณเสียง โดยทำการติดต่อคู่สัญญาณรับส่งทางเดิน เสียงระบบดิจิทัล (DIGITAL SPEECH PARTHS) แทนระบบเก่าที่ใช้รีเลย์ (RELAY) หรือ ครอสพอยน์สวิทซ์ (CROSS POINT SWITCH)

การทำงานจะเริ่มต้นจากวงจรนับ (CONTER) (ไอซีเบอร์ 7493) เป็นตัว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า นับเลขไบนารี (BINARY) ป้อนให้กับตัวมัลติเพลกเซอร์ (MULTIPLEXER) (ไอซี ไมวากรณใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ 74HC4501) ทำหน้าที่แบ่งเวลา (TIME SHARING) ให้กับสัญญาณเสียงซึ่งเป็นอินพุตที่มาจากคู่สายโทรศัพท์ภายในและคู่สายโทรศัพท์ภายนอก สัญญาณเสียงที่ผ่านการ ไทม์ แชร์ริง แล้วจะถูกส่งต่อไปยัง วงจร เหนือติ (ADC เบอร์ CA3306) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงซึ่งเป็นอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 7 บิต(BIT) ส่งไปยัง บัฟเฟอร์ (ไอซีเบอร์ 74LS244) ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังส่วนวงจรดีทิวเอซึ่งแปลงสัญญาณดิจิตอลกลับไปเป็นสัญญาณอนาล็อกอีกครั้งก่อนจะส่งต่อออกไป ยังคู่สายโทรศัพท์ภายในและภายนอกที่ต้องการติดต่อ (ไอซีเบอร์ DAC 0800) ในส่วนบัฟเฟอร์ นั้นจะยอมให้สัญญาณเสียงซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล ผ่านไปยังวงจรดีทิวเอหรือไม่ขึ้นอยู่กับ การควบคุมของระบบไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

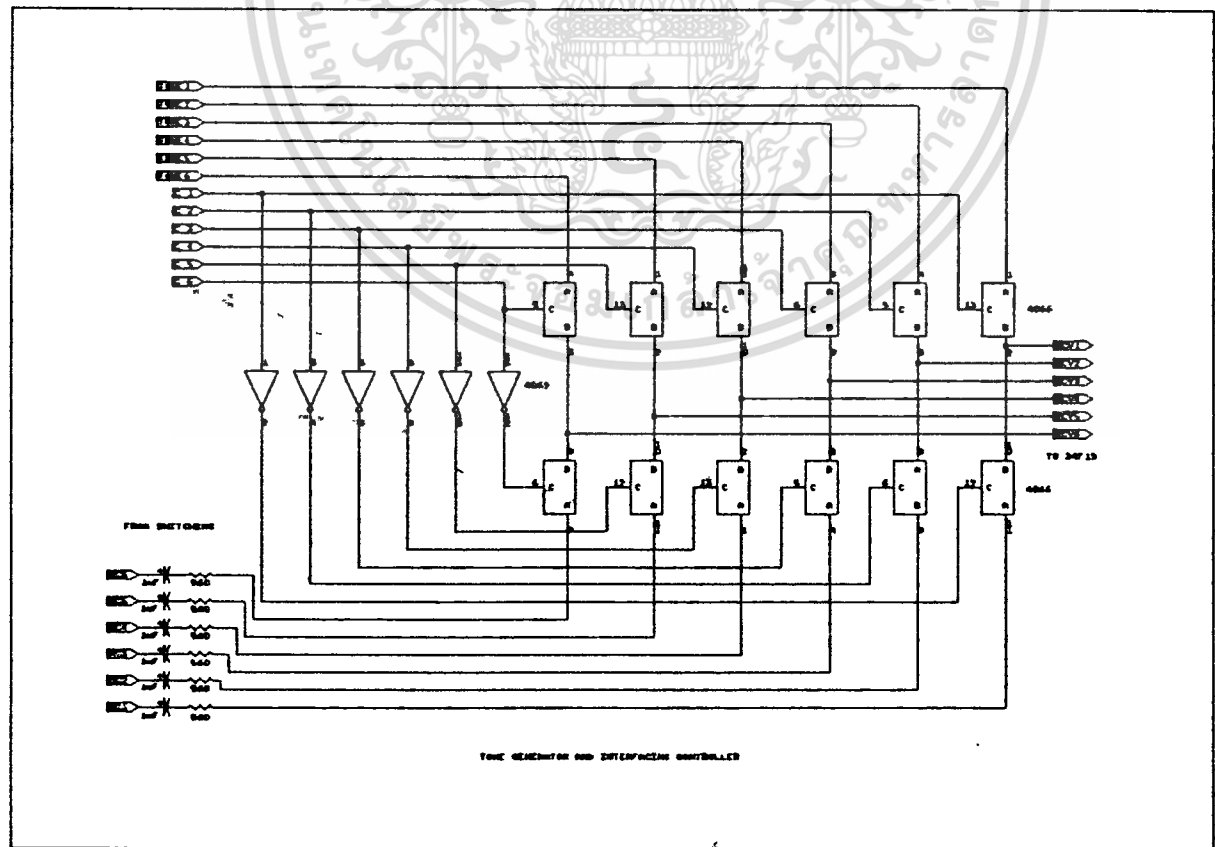
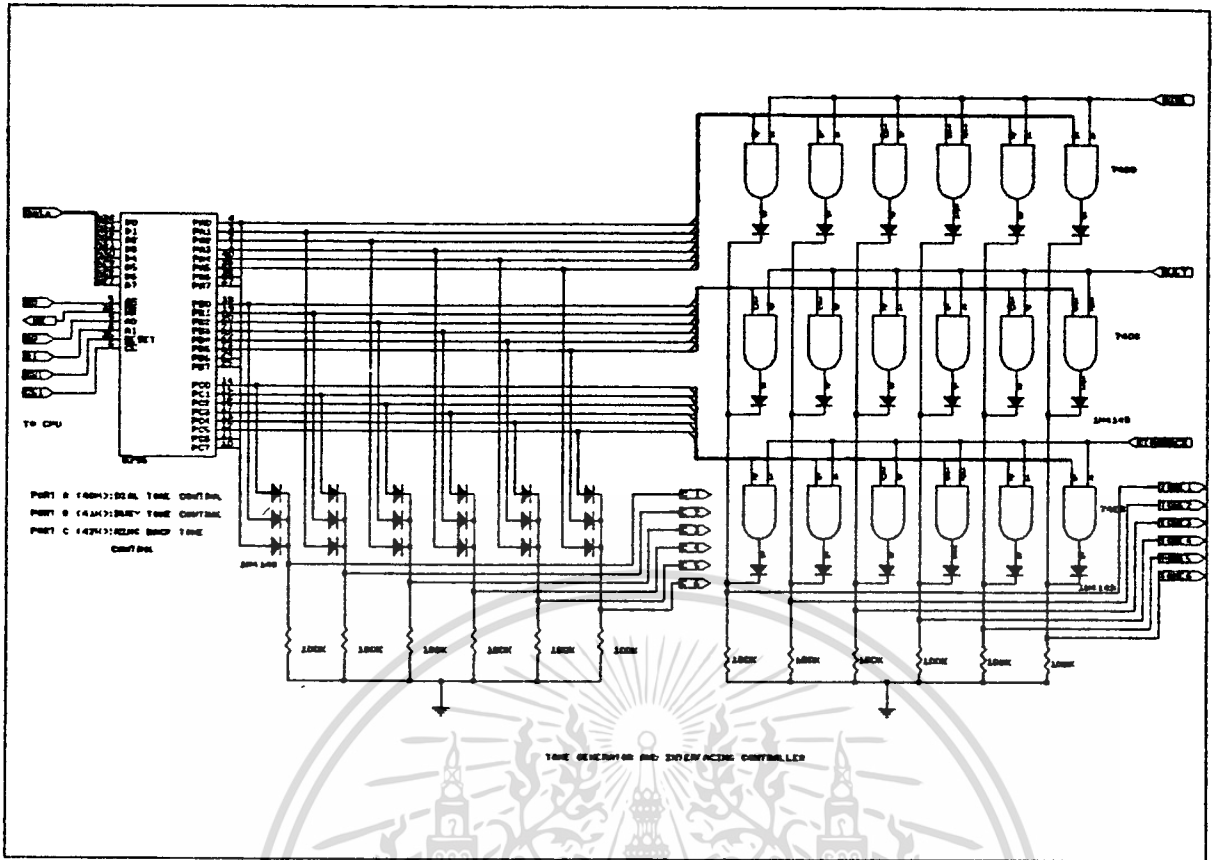
ส่วนตัดต่อรีเลย์ระหว่างสายนอกกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ส่วนนี้ใช้ไอซีเบอร์ 74LS145 มาเป็นตัวถอดรหัสข้อมูลขนาด 4 บิต จากไอซีเบอร์ 8255 เพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งถ้าใช้ข้อมูลเพียงบิตเดียว โอกาสผิดพลาดจะมีมากกว่า เอาท์พุทไอซีเบอร์ 74LS145 เป็นแบบ คอลเลกเตอร์เปิด OPEN COLLECTOR เราจึงต้องต่อทรานซิสเตอร์แบบ PNP เข้ากับเอาท์พุท ของไอซี เพื่อขับรีเลย์

ส่วนเชื่อมต่อระหว่าง TONE GENERATOR กับส่วนสัญญาณของ SUBSCRIBER LOOP INTERFACE

ในส่วนเชื่อมต่อระหว่างวงจรสร้างความถี่ (TONE GENERATOR) กับส่วนรับสัญญาณของ ซับสไครเบอร์ ลูป อินเตอร์เฟส (SUBSCRIBER LOOP INTERFACE) เราใช้สัญญาณจาก พอร์ต (PORT) ต่างๆ ของ 8255 เป็นตัวควบคุมไอซีเบอร์ 4066 ซึ่งเป็นอนาล็อกคลอวิกซ์ ซึ่งนำมาต่อกับไอซีเบอร์ 4069 เพื่อเป็นสวิตช์แบบ DPDT กล่าวคือเมื่อมีการส่งสัญญาณชนิดใดก็ตาม ให้กับส่วนรับของ ซับสไครเบอร์ ลูป อินเตอร์เฟส ส่วน ดิจิตอล สปีช มาร์ก ซึ่งเป็นทางผ่านสัญญาณเสียง จะถูกปลดออกจากส่วนรับของ ซับสไครเบอร์ ลูป อินเตอร์เฟสในทางกลับกันเมื่อส่วน ดิจิตอล สปีช มาร์ก เชื่อมต่ออยู่กับส่วนรับของ ซับสไครเบอร์ ลูป อินเตอร์เฟส ส่วนสร้างสัญญาณเสียง ก็จะถูกปลดออกจากส่วนรับของ ซับสไครเบอร์ ลูป อินเตอร์เฟส

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



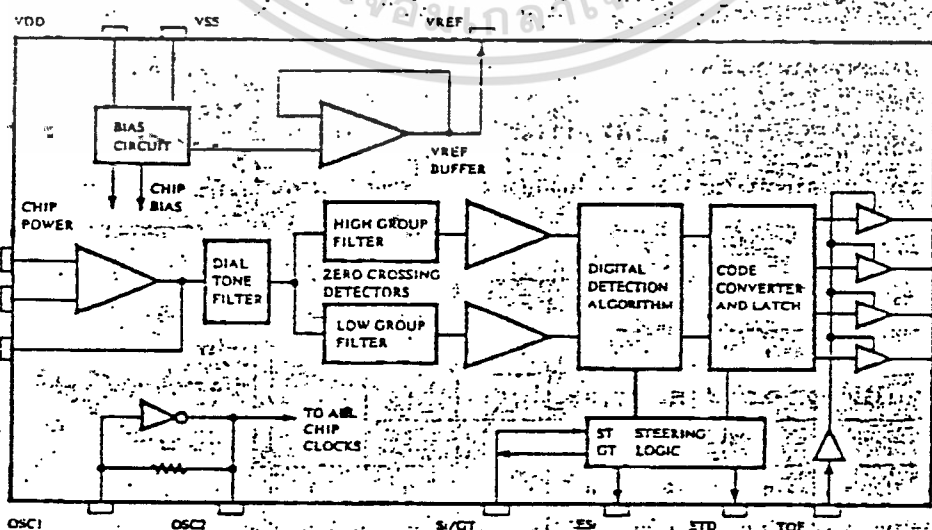
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอดรหัสความถี่จากโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม

ในการถอดรหัสความถี่จากโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม เพื่อส่งไปให้ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ทราบนั้น เราใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ในการแปลงจากการกดปุ่มโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสอง จำนวน 4 บิต ตามหมายเลขที่กด แต่เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางทราบว่าหมายเลขนั้นกดมาจากเครื่องใดจึงใช้ไอซีเบอร์ 7493 ทำหน้าที่เป็นวงจรรับพร้อมกับใช้ไอซีเบอร์ 4051 ทำหน้าที่กำหนด การแบ่งเวลา ของสัญญาณความถี่จากโทรศัพท์แต่ละเครื่อง ป้อนให้กับ ไอซีเบอร์ MT 8870 และป้อนเอาท์พุทของไอซีเบอร์ 7493 และ MT 8870 ป้อนให้กับ ไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำให้ ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ทราบถึงหมายเลขที่กดปุ่มและ ทราบว่ามาจากเครื่องใด

โครงสร้าง ไอซีเบอร์ MT 8870

โครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ MT8870 ภายในประกอบด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัลในส่วนของวงจรกรองความถี่ ใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (SWITCH CAPACITOR FILTER) สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำส่วนวงจรถอดรหัส ใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกมาเป็น เลขฐานสอง ขนาด 4 บิตและเช็คช่วงเวลาสัญญาณเข้ามาส่วนภาค อินพุท เป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ข้างนอกและเอาท์พุทเป็นวงจรถ่าย (LATCH) 3 สถานะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปแสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870 ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT 8870

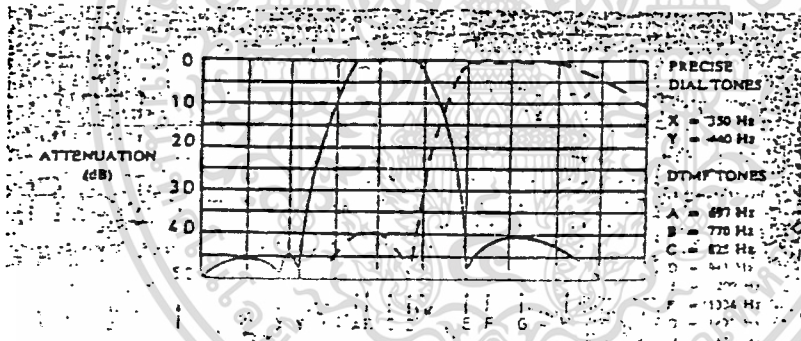
ภายใน MT8870 ประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญคือ

1. ภาคถอดความถี่ (FILTER SECTION)
2. ภาคถอดรหัส (DECODE SECTION)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (STEERING CIRCUIT)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (DIFFERENTIAL INPT)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (OSCILLATOR)

1. ภาคถอดความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณความถี่ทางโทรศัพท์ (DTMF) ที่เข้ามาออกเป็น

- 2 กลุ่มความถี่ คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิด คาปาซิเตอร์ (SIX-ORDER SWITCHED CAPACITOR BAND PASS FILTER) ซึ่งความถี่แยกได้ 2 ช่วง คือช่วงความถี่ สูง และความถี่ต่ำ



รูปแสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ทางโทรศัพท์ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะถูกผ่าน เข้าวงจรถอดรหัส ความถี่ออกมาเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่น เข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (EARLY STEERING) ก็จะทำงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ACTIVE) สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้ จากความถี่นั้น แสดงดังรูป ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

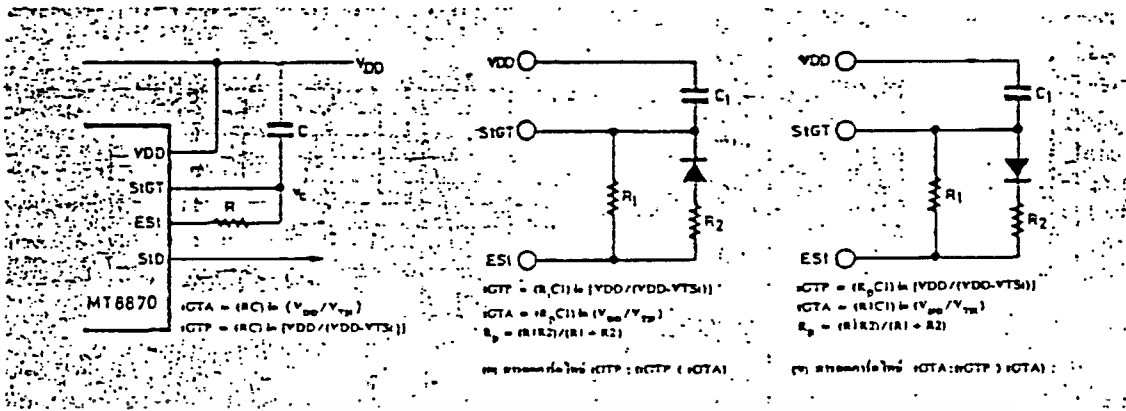
F _{low}	F _{high}	NO	TOE	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	.	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
		ANY	L	Z	Z	Z	Z

รูปแสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจาก ระยะเวลาการกดปุ่มไมโครคัทช์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรจะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลานานเท่าใดสามารถตั้งโดยใช้ค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุภายนอกสัญญาณที่ขา EST จะเป็นระดับสัญญาณสูง (HIGH) นานใกล้เคียงกับระยะเวลา ที่ความถี่ทาง ไมโครคัทช์เข้ามาจากรูปเมือขา EST เป็น ระดับสูง ทำให้ค่าแรงดัน V_c สูงขึ้นตัวเก็บประจุจะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่า เทรชโฮลด์ (TRESHOLD) วงจรถอดรหัสจึงถอดรหัสออกมาเป็นเลขฐานสอง ขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



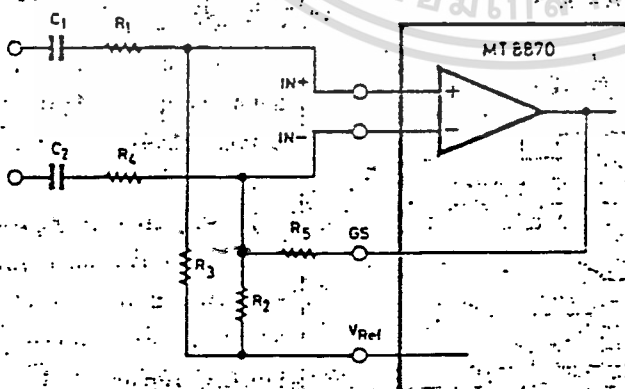
รูปแสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดง
การกำหนดเวลา การ์ตไทม์ พร้อมวิธีคำนวณ

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรอินพุทของ MT 8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตรา
การขยายโดยวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปอีกตั้งรูป การคำนวณอัตราขยายความแตก
ต่างของอินพุทและอิมพแดนซ์ ทำได้ดังนี้

อัตราขยาย ($A_{v \text{ diff}}$) = R_2 / R_1

อินพุทอิมพแดนซ์ ($Z_{in \text{ diff}}$) = $2 \sqrt{(R_1^2 + (1/\omega C)^2)}$



ภาคขยายควมแตกต่างด้วยอินพุท

$C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$

$R_1 = R_4 = R_6 = 100 \text{ K}\Omega$ ค่าผิดพลาด $\pm 1\%$

$R_2 = 60 \text{ K}\Omega, R_3 = 37.5 \text{ K}\Omega$ ค่าผิดพลาด $\pm 5\%$

$R_5 = \frac{R_1 R_6}{R_1 + R_6}$

อัตราขยายวงคืน ($A_{v \text{ diff}}$) = $\frac{R_2}{R_1}$

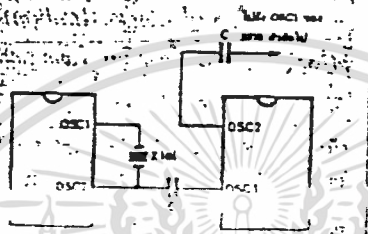
อิมพแดนซ์อินพุท

$(Z_{in \text{ diff}}) = 2 \sqrt{R_1^2 + (1/\omega C)^2}$

5. ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีมีวงจรสร้างสัญญาณเวลาอยู่ภายในแล้ว
คริสตัล (CRISTAL) ขนาด 3.579 MHz ก็จะใช้งานได้ทันที

เพียงแต่ต่อ



รูปแสดงการต่อวงจรกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนควบคุม ระบบหน่วยความจำ และส่วนประมวลผลกลาง

CPU ประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z80

- ROM 2764 ใช้เก็บ ซอฟต์แวร์ ควบคุมการทำงานของ PABX (ดู ซอฟต์แวร์)
- RAM 6264 ใช้สำหรับเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของโทรศัพท์ แต่ละเครื่อง (ดู ตารางหน่วยความจำ (MEMORY MAP))
- DECODER เพื่อเลือกการทำงานของตัว หน่วยความจำ (RAM)
- DECODER เพื่อเลือกการทำงานของ พอร์ต 8255

COUNTER จะรับ สัญญาณ CLK แล้วนับเป็น ไบนารี (BINARY) จาก 0000-0111 โดยนำมาเป็น ตัวนับ เพื่อเลือกข้อมูลให้กับ มัลติเพลกเซอร์ และ ยังใช้เป็น แอดเดรส (ADDRESS) ให้กับ RAM ที่ควบคุม SPEECH PATH ดังนั้น จะได้ข้อมูลที่มาจาก มัลติเพลกเซอร์ เมื่อแปลงเป็น ดิจิตอล แล้วจะถูก ควบคุม ให้ออกไปยัง บัฟเฟอร์ ไคท์ก็ได้ตาม ข้อมูลจาก RAM ที่ควบคุม SPEECH PATH

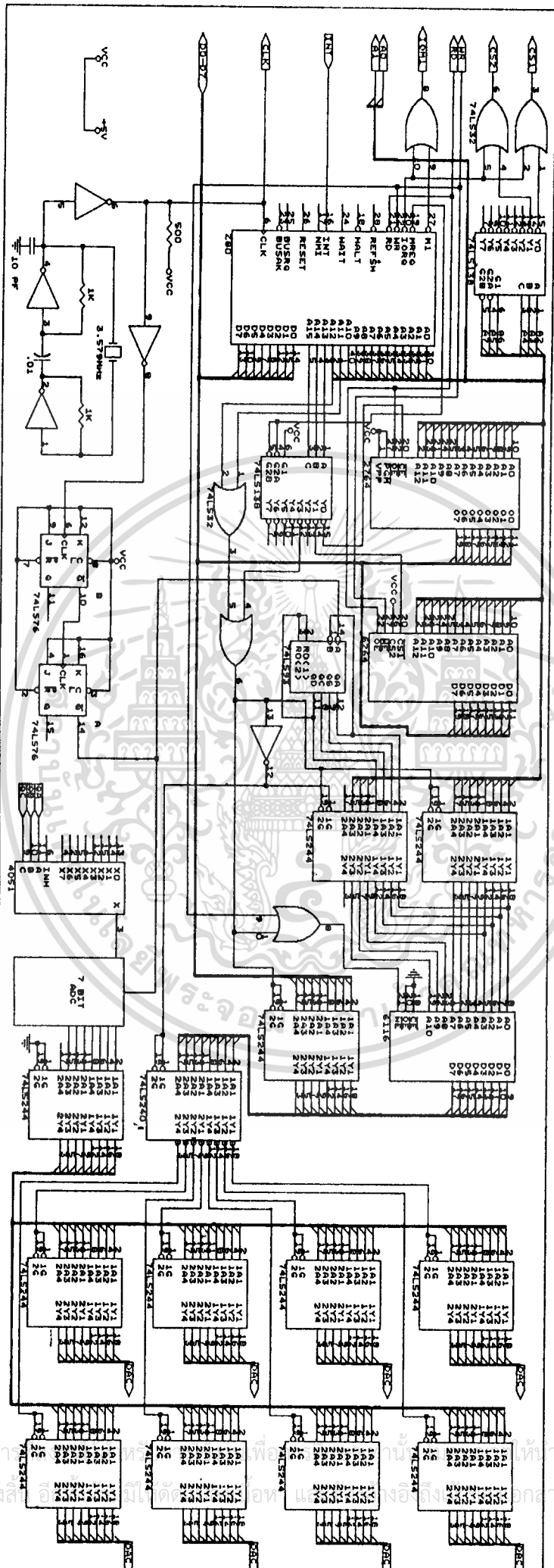
RAM CONTROL SPEECH PATH จะมีการต่อใช้งานต่างกับ RAM 6264 ตรงที่มีการต่อ บัฟเฟอร์ เพื่อเก็บข้อมูล และ ADDRESS จาก ไมโครโปรเซสเซอร์

การทำงานของ RAM มี 2 ช่วง ซึ่งจะมีการทำงานไม่พร้อมกันดังนี้

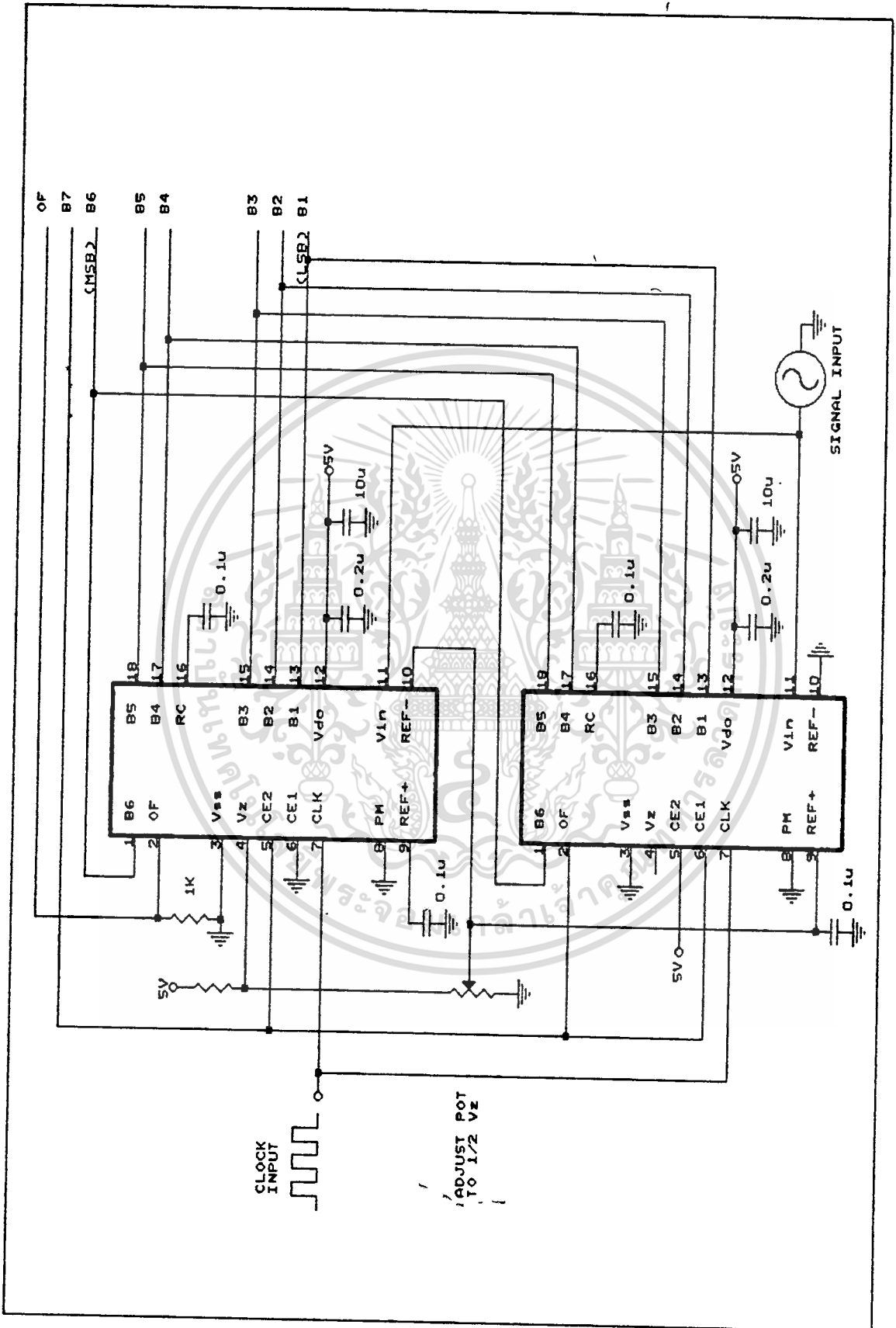
1. ในขณะที่ไม่มีการเขียนข้อมูลที่ใช้ในการควบคุม สปีช พาร์ท เพื่อให้ ไม่เกิดการชนกันของข้อมูล กับ แอดเดรส และให้การทำงานของ RAM ที่ควบคุม SPEECH PATH มีความสัมพันธ์ กับอินพุตที่เข้ามาทาง มัลติเพลกเซอร์ เนื่องจากว่า ใช้ วงจรนับ ร่วมกันอยู่

2. ในขณะที่ CPU ต้องการเขียนข้อมูลลงใน RAM ก็จะมี บัฟเฟอร์ คอย กันตัวนับ ข้อมูลที่จะใช้ ควบคุม SPEECH PATH เอาไว้ เพื่อให้ข้อมูลจาก CPU มาเก็บลงใน RAM เมื่อเสร็จแล้ว RAM ก็จะควบคุม SPEECH PATH ต่อไปโดยให้ข้อมูลใหม่ที่มาจาก CPU

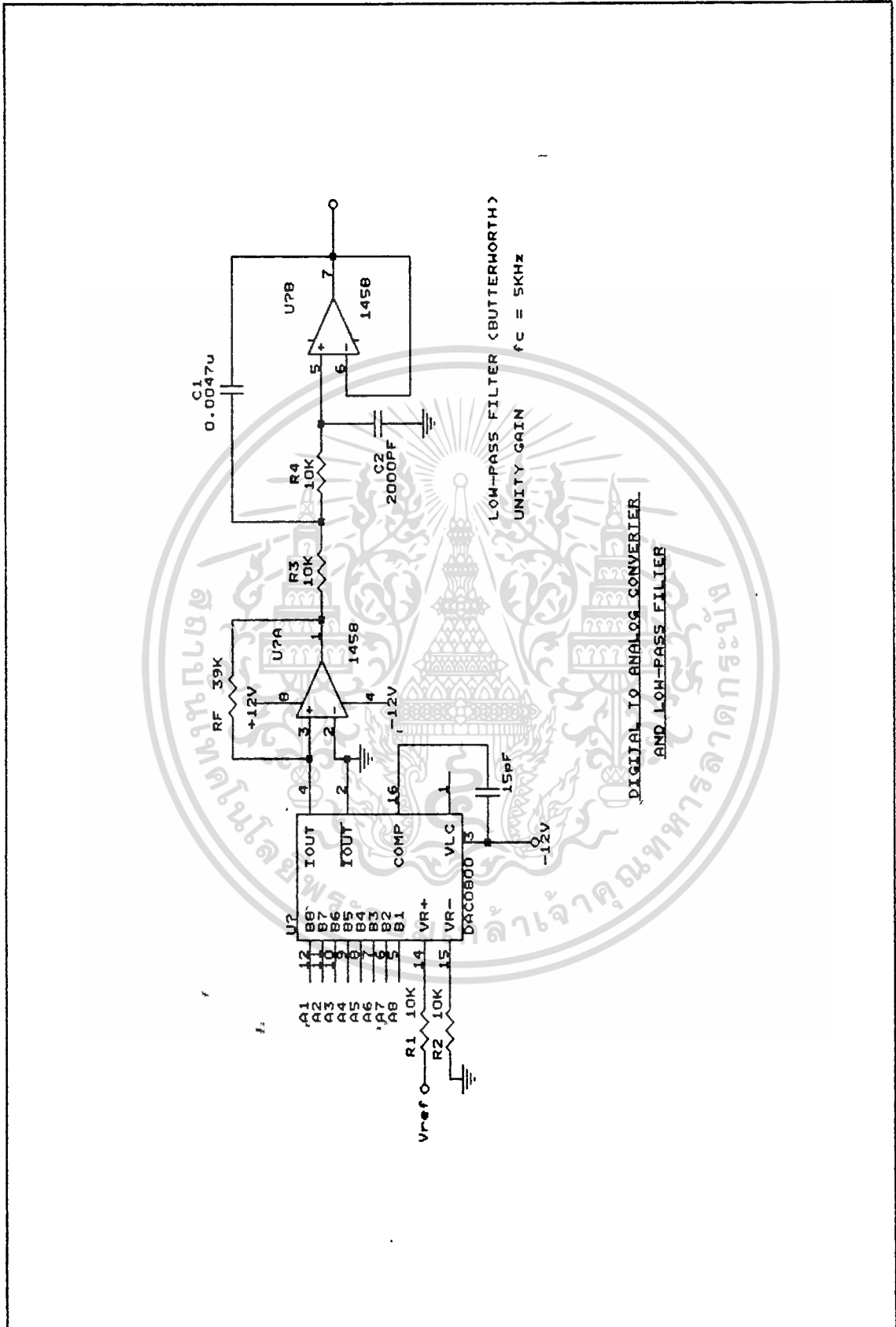
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อนุมัติโดยอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งหวัมมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลของ ไมโครโปรเซสเซอร์โดยใช้ IC 8255 2 ตัว จำนวน พอร์ต ทั้งหมด 6 พอร์ต จะมีการควบคุมการทำงานโดย ไมโครโปรเซสเซอร์ โดยแต่ละ พอร์ต มีหน้าที่การทำงานดังนี้

PORT 40H	ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณ	DIAL TONE
PORT 41H	ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณ	BUSY TONE
PORT 42H	ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณ	RING BACK
PORT 44H	ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณ	RINGING

การทำงานของ PORT 40H , 41H , 42H , 44H เป็นเอาต์พุตพอร์ท จะใช้ข้อมูลแต่ละบิต ควบคุมการให้สัญญาณเสียงต่าง ๆ กับโทรศัพท์ แต่ละเครื่อง โดยข้อมูล 1 จะให้เสียง ใน พอร์ต นั้นๆ แก่โทรศัพท์ ส่วนข้อมูลเป็น 0 ก็จะทำให้เสียงนั้น

PORT 45H เป็นอินพุต พอร์ต ที่ใช้รับข้อมูลเนื่องจากการ อินเทอร์รัพท์ (INTERRUPT) ของการกดแป้นคีย์ของโทรศัพท์ ข้อมูลที่เข้ามานั้น จะประกอบด้วย 4 บิตแรกเป็นข้อมูลของเครื่องที่กดแป้นคีย์ อีก 4 บิตหลังเป็นข้อมูลของคีย์ที่กดข้อมูลทั้ง 8 บิต นี้จะถูกประมวลผลโดย โดยใช้ ซอฟแวร์ จาก ROM

PORT 46H พอร์ต นี้จะทำงานโดยคำสั่งของ ไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อมีโทรศัพท์สายในต้องการใช้สายนอก (สายขององค์การโทรศัพท์) หรือมีโทรศัพท์สายนอกโทรเข้ามา ไมโครโปรเซสเซอร์ จะสั่งให้ รีเลย์ ทำงานตัดสายนอกเข้ากับ เทเลโฟน เนทเวอร์ค อินเตอร์เฟส (TELEPHONE NETWORK INTERFACE)

INTERRUPT CIRCUIT

ไอซีเบอร์ 8214 ใช้กับการอินเตอร์รัพท์ โหมด 2 การทำงานจะประกอบไปด้วย อินพุตที่ต้องการอินเตอร์รัพท์ไมโครโปรเซสเซอร์จากอุปกรณ์ (DEVICE) ได้ 8 อุปกรณ์ โดยไอซีจะสามารถบอกได้ว่า สัญญาณอินเตอร์รัพท์มาจากช่องทางใด อินเตอร์รัพท์แต่ละช่องได้ต่อกับอุปกรณ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

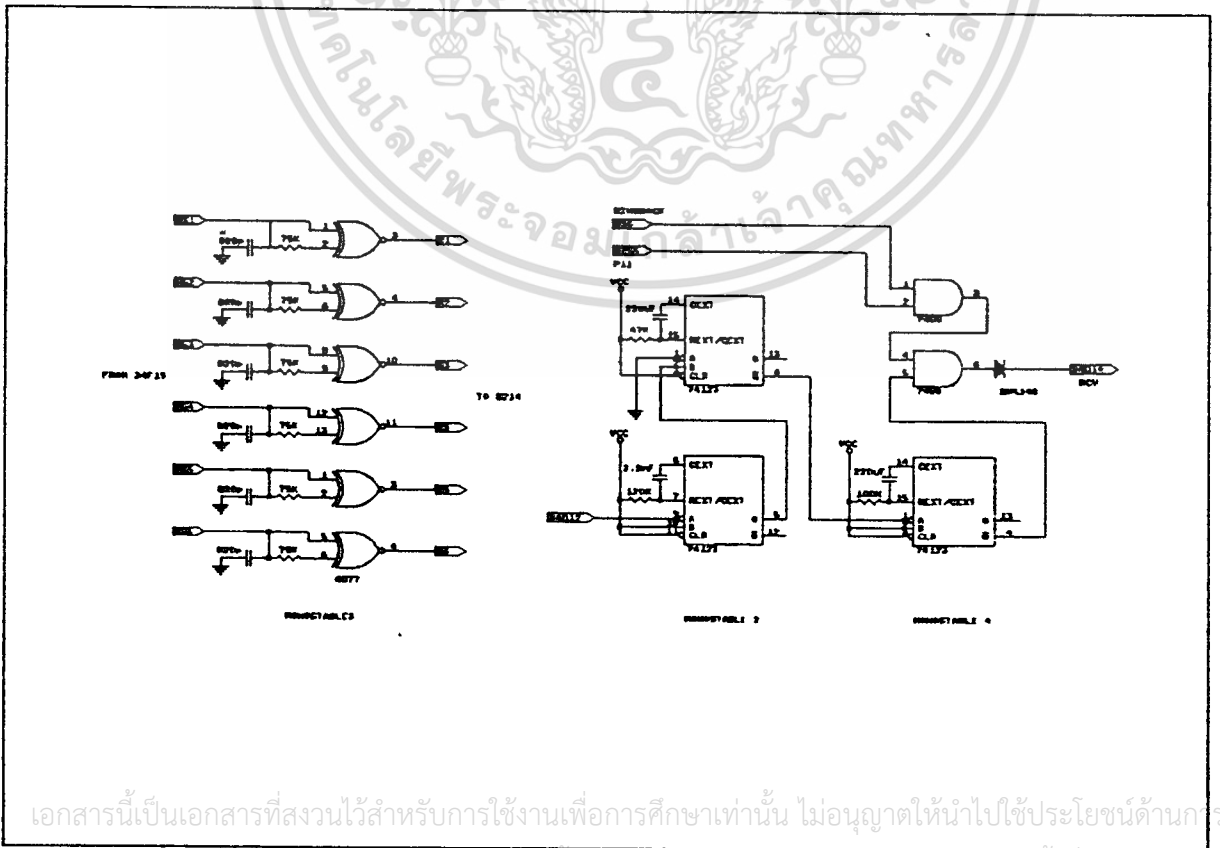
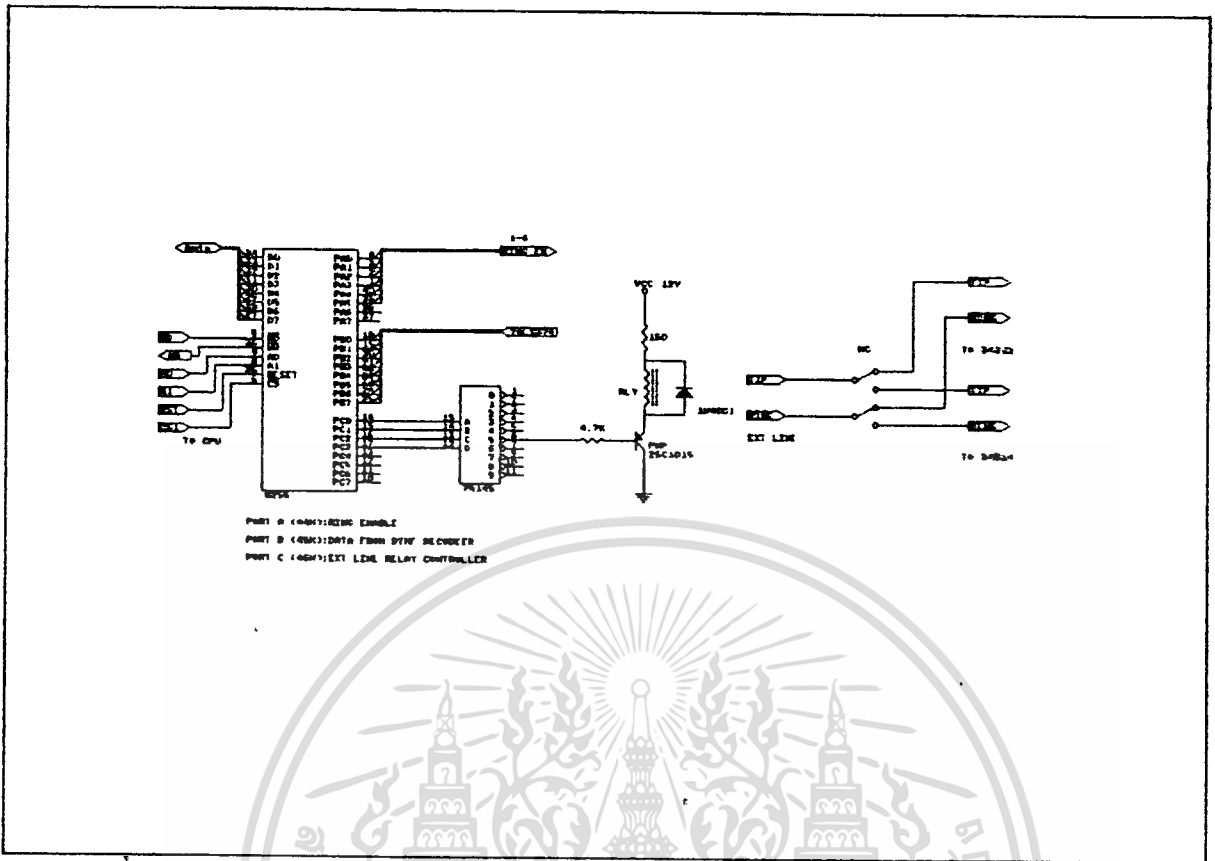
R0 ต่อกับวงจร โมโนสเตเบิล (MONOSTABLE) 1 ซึ่งสร้างสัญญาณ โมโนสเตเบิลไป อินเทอร์รัพท์ ให้กับวงจรตัวถอดรหัส DTMF

R1-R6 ต่อกับวงจร โมโนสเตเบิล 3 ซึ่งสร้างสัญญาณ โมโนสเตเบิลไปอินเทอร์รัพท์ ให้กับวงจรบอกสถานะออก (HOOKSTATUS)

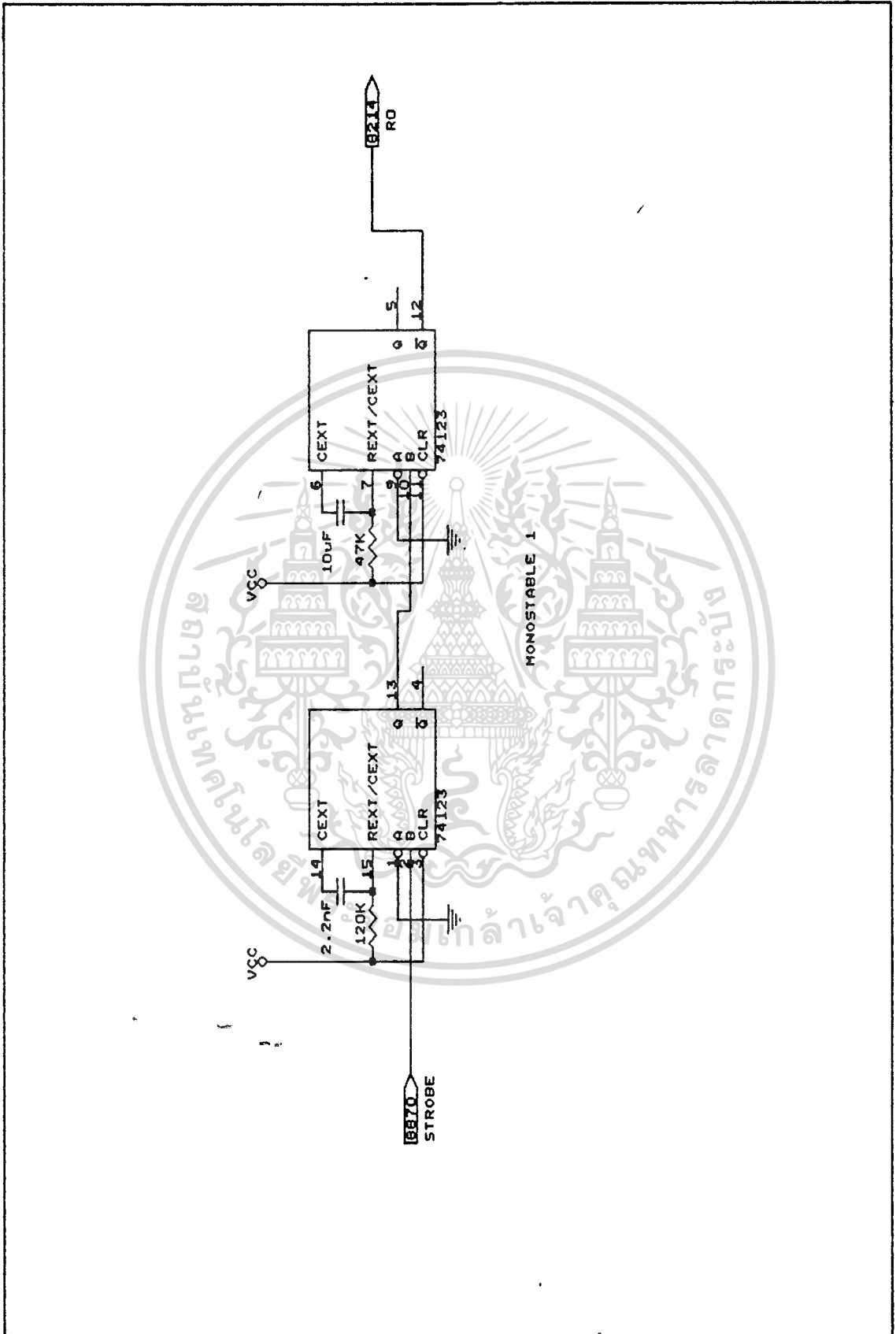
R7 ต่อกับวงจร โมโนสเตเบิล 2 ซึ่งสร้างสัญญาณ โมโนสเตเบิล ไปอินเทอร์รัพท์ ให้กับวงจร ตรวจสอบ RINGING



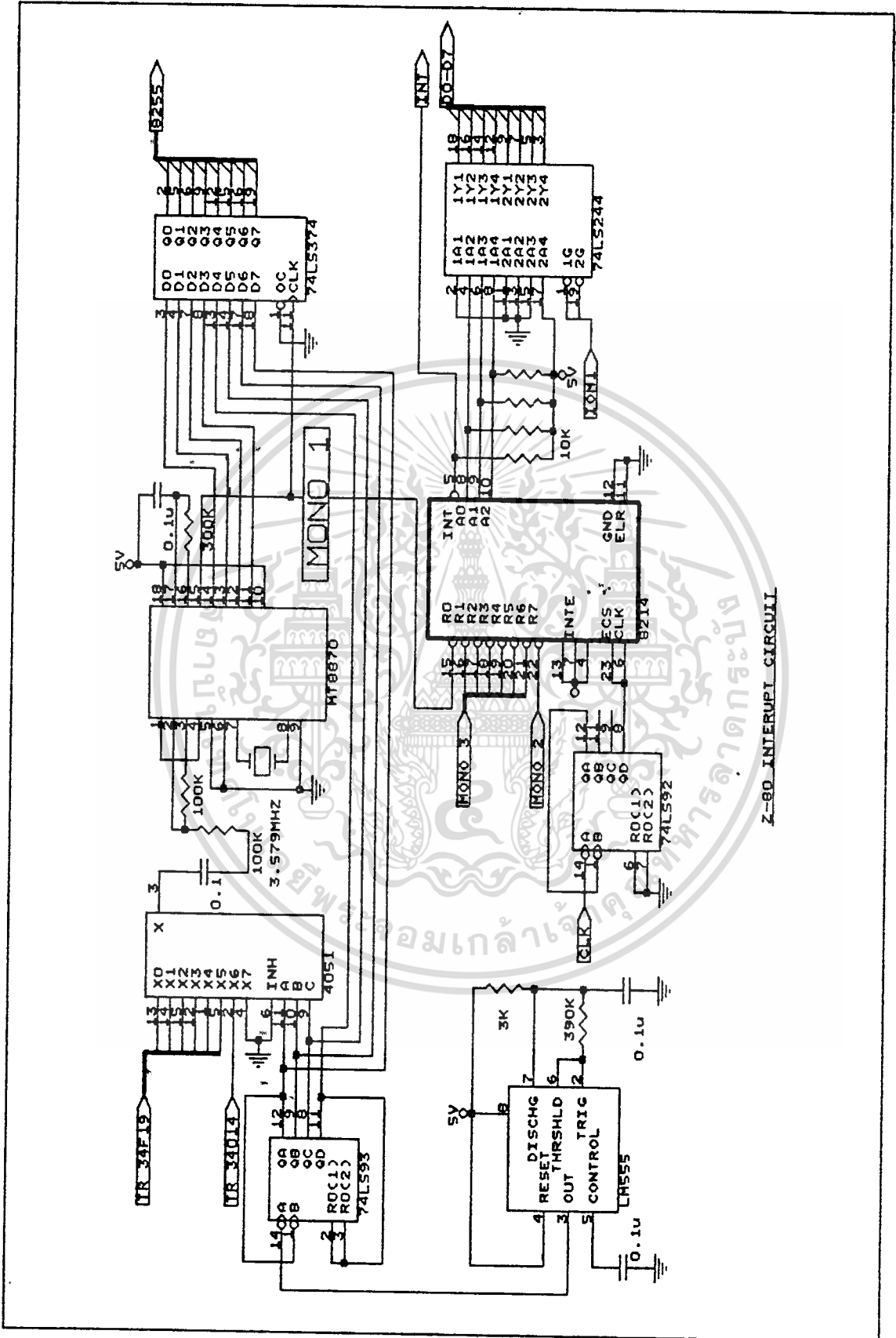
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Z-80 INTERRUPT CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ผลการทดลองวงจรแต่ละวงจรที่สร้างขึ้น

1. ส่วนติดต่อระหว่างคู่สายโทรคัมภ์ภายใน

เมื่อนำส่วนติดต่อของคู่สายโทรคัมภ์ภายในแต่ละชุดมาต่อกันโดยตรง สามารถใช้โทรคัมภ์ 2 เครื่องติดต่อกันได้ สัญญาณเสียงอยู่ในเกณฑ์ดี มีสัญญาณรบกวนน้อยมาก แต่สัญญาณเสียงยังค่อนข้างเบา

2. ส่วนติดต่อคู่สายโทรคัมภ์ภายในกับภายนอก

เมื่อนำส่วนติดต่อของคู่สายโทรคัมภ์ภายในมาเชื่อมต่อกับส่วนเชื่อมต่อกู่สายโทรคัมภ์ภายนอก สามารถใช้โทรคัมภ์โทรออกไปยังคู่สายโทรคัมภ์ภายนอกได้ และสัญญาณเสียงที่ได้ยินอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ แต่ยังคงมีสัญญาณรบกวนอยู่บ้าง

3. ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกจากคู่สายภายนอก พบว่าเมื่อมีสัญญาณเรียก จากคู่สายโทรคัมภ์ภายนอก วงจรส่วนนี้ จะส่งลोजิกไปบอกให้ส่วน ไมโครโปรเซสเซอร์ทราบตามที่ออกแบบไว้

4. ส่วนสร้างสัญญาณต่าง ๆ คือ สัญญาณให้หมุน , สัญญาณไม่ว่าง , สัญญาณเรียกกลับ และ สัญญาณเรียก เมื่อนำมาบ้อนกับ ส่วนเชื่อมต่อกู่สายโทรคัมภ์ภายใน จะได้ยินเสียงจากโทรคัมภ์ได้ชัดเจนตามที่ต้องการ

5. ส่วนถอดรหัสคำความถี่จากเครื่องโทรคัมภ์ เมื่อทำการทดสอบกดหมายเลขโทรคัมภ์จากโทรคัมภ์ภายใน (ซึ่งเชื่อมต่อกับส่วนติดต่อระหว่าง คู่สายโทรคัมภ์ภายใน) และจากเครื่องโทรคัมภ์ภายนอก (ซึ่งเชื่อมต่อกับส่วนติดต่อกู่สายโทรคัมภ์ภายนอก) ส่วนถอดรหัสคำความถี่สามารถที่จะถอดรหัสคำความถี่ออกมาเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตได้ พร้อมกับสามารถบอกว่โทรคัมภ์เครื่องใดโทรเข้ามาได้ ตามที่ได้ออกแบบไว้

6. ส่วนตัดต่อรีเลย์ระหว่างคู่สายโทรคัมภ์ภายนอก กับคู่สายเครื่องชุมสาย โทรคัมภ์อัตโนมัติ สามารถทำการตัดรีเลย์ได้ตามที่ต้องการ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ส่วน ดิจิตอลสปีซพาร์ท ทำการทดลองป้อนสัญญาณ ซายน์ เวฟ SINE WAVE ขนาดต่าง ๆ จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (ความถี่ในช่วง 0-4 KHz) พบว่าสัญญาณเอาท์พุท มีลักษณะใกล้เคียงกับอินพุทมากแทบไม่มีความเพี้ยนเลย แม้จะมีการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณบ้าง

8. ส่วนตรวจสอบสถานะฮุคของโทรคัมภ์ภายในแต่ละเครื่อง ได้ทำการทดลองโดยการกด ฮุค สวิตช์ ของเครื่องโทรคัมภ์แต่ละเครื่องพบว่า วงจรที่ออกแบบไว้สามารถที่จะทราบสถานะการกด ฮุค สวิตช์ ได้และสามารถส่งสัญญาณไปบอกส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ให้ทราบได้

9. ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณต่าง ๆ และสัญญาณเสียงกับส่วนรับสัญญาณของส่วนติดต่อระหว่างคู่สายโทรคัมภ์ภายใน ซึ่งนำไอซีเบอร์ 4066 มาต่อเป็นสวิตช์ 2 ทาง (DPDT SWITCH) นั้น สามารถเป็นทางผ่านของสัญญาณต่าง ๆ และสัญญาณเสียงได้ดีโดยไม่ได้ทำให้คุณภาพของสัญญาณลดลงแต่อย่างใด

ผลการทดลองเมื่อนำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบกัน

1. เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นเมื่อนำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบรวมเข้าด้วยกัน ซึ่งสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นมีค่ามากจนกระทั่งทำให้ระบบควบคุมการทำงานเกิดการผิดพลาดขึ้น

2. เมื่อทำการแยกกราวด์ (GROUND) อนุล็คและดิจิตอลออกจากกัน ทำการลงกราวด์ที่จุดเดียวกัน SINGLE POINT GROUND , นำคาปาซิเตอร์แทนทาลัมมาคร่อมที่ไฟเลี้ยงและกราวด์ ของไอซีในบอร์ดควบคุม สามารถลดปริมาณสัญญาณรบกวนลงไปได้มาก จนบอร์ดควบคุมสามารถทำงานได้ตามปกติ

3. เมื่อทดลองใช้โทรคัมภ์โทรถึงกัน จะได้ยินสัญญาณรบกวนอยู่บ้างแต่สัญญาณเสียง อยู่ในเกณฑ์ดีพอสมควร เมื่อลากสายไปต่อกับเครื่องโทรคัมภ์ภายในที่อยู่ห่างออกไปประมาณ 100 เมตร คุณภาพเสียงและความดังยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4. เมื่อทำการทดสอบโดยการต่อคู่สายโทรคัมภ์ภายนอกกับเครื่องชุมสายโทรคัมภ์อัตโนมัติ สัญญาณเสียงที่มาจากองค์การโทรคัมภ์ ที่ได้ยินจากเครื่องโทรคัมภ์ภายในเครื่องชุมสายโทรคัมภ์อัตโนมัติ ได้ยินค่อนข้างเบาแม้ว่าจะสามารถที่จะโทรออกไปข้างนอกได้ก็ตาม แต่ผู้ติดต่อที่อยู่อีกทางด้านหนึ่งสามารถได้ยินเสียงจากเครื่องโทรคัมภ์ภายในเครื่องชุมสายโทรคัมภ์ได้ชัดเจน

บทสรุปและวิจารณ์

เครื่องชุมสายโทรศัพย์อัตโนมัติที่ได้อสร้างขึ้น ใช้ระบบทางผ่านเสียงสัญญาณสปีซพาร์ท เป็นระบบดิจิทัล แทนที่จะใช้เป็นระบบรีเลย์ หรือ ครอสพอยน์สวิทซ์ ซึ่งการเพิ่ม ความสามารถ หรือขยายเลขหมายทำได้ง่ายกว่า โดยอาศัยส่วนเชื่อมต่อเพิ่มขึ้นเท่านั้น

แม้ว่าการทดลองการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพย์จะให้ผลได้ ตามที่ต้องการก็ตาม แต่ฟังก์ชันการทำงานก็ยังอยู่ในขอบเขตที่จำกัด ทั้งนี้เนื่องจากซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ก็ยังเป็นอุปสรรคที่สำคัญ ในการสร้างเครื่องชุมสายอัตโนมัติดังกล่าว

แนวทางการพัฒนา

1. ฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบไว้สำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพย์นี้ ออกแบบไว้สำหรับคู่สายโทรศัพย์ภายใน 6 คู่สาย และ คู่สายโทรศัพย์ภายนอก 1 คู่สาย การจะขยายระบบ จะต้องมีการออกแบบฮาร์ดแวร์บางส่วน โดยเฉพาะส่วนควบคุมผ่านทางารเดินของสัญญาณเสียงใหม่
2. การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพย์อัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ ถูกควบคุมโดย ซอฟต์แวร์ ดังนั้นการพัฒนาฟังก์ชันต่างๆ สามารถเพิ่มเติมขึ้นได้อีกจาก ซอฟต์แวร์
3. การลดขนาดของสัญญาณรบกวนให้เหลือน้อยมากเท่าไรก็จะยิ่งส่งผลดีให้กับคุณภาพของสัญญาณเสียงมากขึ้นเท่านั้น ทั้งยังทำให้โอกาสการทำงานผิดพลาดของระบบลดลงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ซอฟต์แวร์ เนื่องจากระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติในปฏิญาณฉบับนี้ ถูกควบคุมการทำงานโดย ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ดังนั้นโปรแกรมที่ใช้งานจะอยู่ในรูปของภาษาแอสเซมบลี Z-80 โปรแกรมมีหน้าที่หลักคือ การคุมช่องทางเดินของเสียง (Speech Path) สำหรับแต่ละอินพุตจากการพูดของโทรศัพท์เครื่องหนึ่ง ให้ผ่านออกไปยังโทรศัพท์อีกเครื่องที่ต้องการ โดยอาศัยข้อมูลจากหน่วยความจำควบคุมช่องทางเดินของเสียง (Ram control speech path) นอกจากนี้โปรแกรมจะต้องควบคุมสัญญาณเสียง (Tone) ของโทรศัพท์ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง โปรแกรมที่ใช้ควบคุมชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ สามารถแบ่งได้เป็นส่วน ๆ โดยมีหน้าที่ และหลักการทำงานดังต่อไปนี้

1) ส่วนหน่วยความจำ หน่วยความจำที่ใช้งานมี 2 ส่วน ดังนี้

- ทำหน้าที่เก็บสถานะการทำงานของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง และสถานะของสัญญาณเสียง (Tone) ดังจะมีตำแหน่งการทำงานของหน่วยความจำดังนี้

แอดเดรส 2000H-2067H ทำหน้าที่เก็บข้อมูลการเชื่อมต่อของโทรศัพท์แต่ละเครื่องกับ โทรศัพท์เครื่องที่ติดต่อด้วย โดยมีการแบ่งหน่วยความจำให้กับโทรศัพท์แต่ละเครื่องในแอดเดรสที่กำหนดจำนวนเท่า ๆ กัน

แอดเดรส 2070H-2076H ทำหน้าที่เก็บข้อมูลสถานะการยก หรือวางหูของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบของโปรแกรม

แอดเดรส 2080H-2087H เก็บข้อมูลการให้สัญญาณเสียงพร้อมโทร (dial tone) กับโทรศัพท์ เพื่อบอกถึงการพร้อมที่รับข้อมูลจากการกดแป้นคีย์

แอดเดรส 2090H-2097H เก็บข้อมูลการให้สัญญาณเสียงไม่ว่าง (busy tone) บอกลถึงการติดต่อรหว่างโทรศัพท์เครื่องนั้น กับโทรศัพท์เครื่องปลายทางเกิดความบกพร่องไม่สามารถติดต่อกันได้

แอดเดรส 20A0H-20A7H ทำหน้าที่เก็บข้อมูลการให้สัญญาณเสียงเรียกกลับ (ringback) เพื่อแสดงว่าขณะนี้ชุมสายได้ทำการตัดต่อโทรศัพท์เครื่องนั้นกับ เครื่องปลายทางที่ต้องการติดต่อเรียบร้อยแล้ว แต่ยังไม่มีการรับสายจากเครื่องนั้น

แอดเดรส 20B0H-20B7H ใช้เก็บข้อมูลการให้สัญญาณเรียก (ringing) เพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่า ขณะนั้นมีโทรศัพท์เครื่องอื่นต้องการจะติดต่อด้วยให้มารับสายนี้ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำหน้าที่ควบคุมทางเดินของเสียง (Ram Control Speech Path) โดยการใช้อุปกรณ์ถ่ายข้อมูลจากหน่วยความจำส่วนแรก การที่ต้องมีหน่วยความจำสองส่วนเพราะในระหว่างการทำงานจะได้ไม่เกิดการชนกัน หรือความล้นของข้อมูล

2) โปรแกรมหลัก (Main Program) โปรแกรมในส่วนนี้ทำหน้าที่ขณะมีการเริ่มต้นใช้งานของชุมสายโทรศัพท์ จะทำการล้างหน่วยความจำให้พร้อมสำหรับการทำ งานใหม่ การโปรแกรมพอร์ทให้มีสถานะต่าง ๆ ตามที่ต้องการ และการเลือกใช้ การทำงานของอินเตอรัพท์ในโหมด 2 เมื่อเสิร์จลีนแล้ว โปรแกรมก็จะรอจนกว่าจะมี การอินเตอรัพท์เข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอก

3) โปรแกรมส่งสัญญาณควบคุมเสียง (Tone control Program) เป็น โปรแกรมย่อยเพื่อให้โปรแกรมในส่วนอื่นเรียกใช้งาน ในการส่งสัญญาณเสียงเพื่อบอก ถึงสถานะการทำงานให้โทรศัพท์

4) โปรแกรมตัดต่อรีเลย์ ใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์ เพื่อต่อโทรศัพท์ สายนอก เข้ากับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ เมื่อมีการขอเรียกใช้โทรศัพท์ขององค์การ จากโทรศัพท์สายใน หรือเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้าจากสายขององค์การ ชุมสายจะทำหน้าที่เป็นผู้รับสายให้ก่อน แล้วจะทำการตัดต่อให้กับโทรศัพท์สายในต่อไป

5) โปรแกรมควบคุมหน่วยความจำ (Memory control Program) ส่วนนี้ เป็นโปรแกรมย่อยทำหน้าที่ในการเช็ค หรือรีเช็คค่าในหน่วยความจำ โปรแกรมส่วนนี้ มีความสำคัญมาก เพราะถ้าเกิดความผิดพลาดแล้วจะทำให้การทำงานของชุมสายเกิด ความล้น

6) โปรแกรมบริการอินเตอรัพท์ มีทั้งหมด 8 ส่วนดังนี้

- INT0 โปรแกรมบริการอินเตอรัพท์ เมื่อมีการกดแป้นคีย์ โปรแกรมจะทำการ นำข้อมูลจากพอร์ทมาตรวจสอบว่าข้อมูลนั้นมาจากเครื่องใด และคีย์ที่กดเป็นคีย์อะไร ถ้าคีย์ที่กดแทนเลขเครื่อง โปรแกรมจะทำการตรวจสอบสายว่าง แล้วทำการตัดต่อ ทั้งสองเครื่องเข้าหากัน ส่วนถ้าต้องการใช้สายขององค์การโทรศัพท์ ต้องกดเบอร์ เพื่อตัดรีเลย์ให้ต่อสายขององค์การโทรศัพท์ เข้ากับชุมสาย

- INT1 - INT6 โปรแกรมบริการอินเตอรัพท์ สำหรับการยกหู และการวางหู เครื่องโทรศัพท์ โปรแกรมจะคอยควบคุมการเช็ค หรือรีเช็ค การยก-วางหู การให้ สัญญาณเสียงต่าง ๆ ลงในหน่วยความจำ

- INT7 โปรแกรมบริการอินเตอรัพท์เมื่อ มีสัญญาณเรียกจากสายขององค์การ โทรศัพท์เข้ามา โปรแกรมจะทำการหาเครื่องว่างให้ก่อนแล้วส่งให้รีเลย์ตัดสายนอก ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

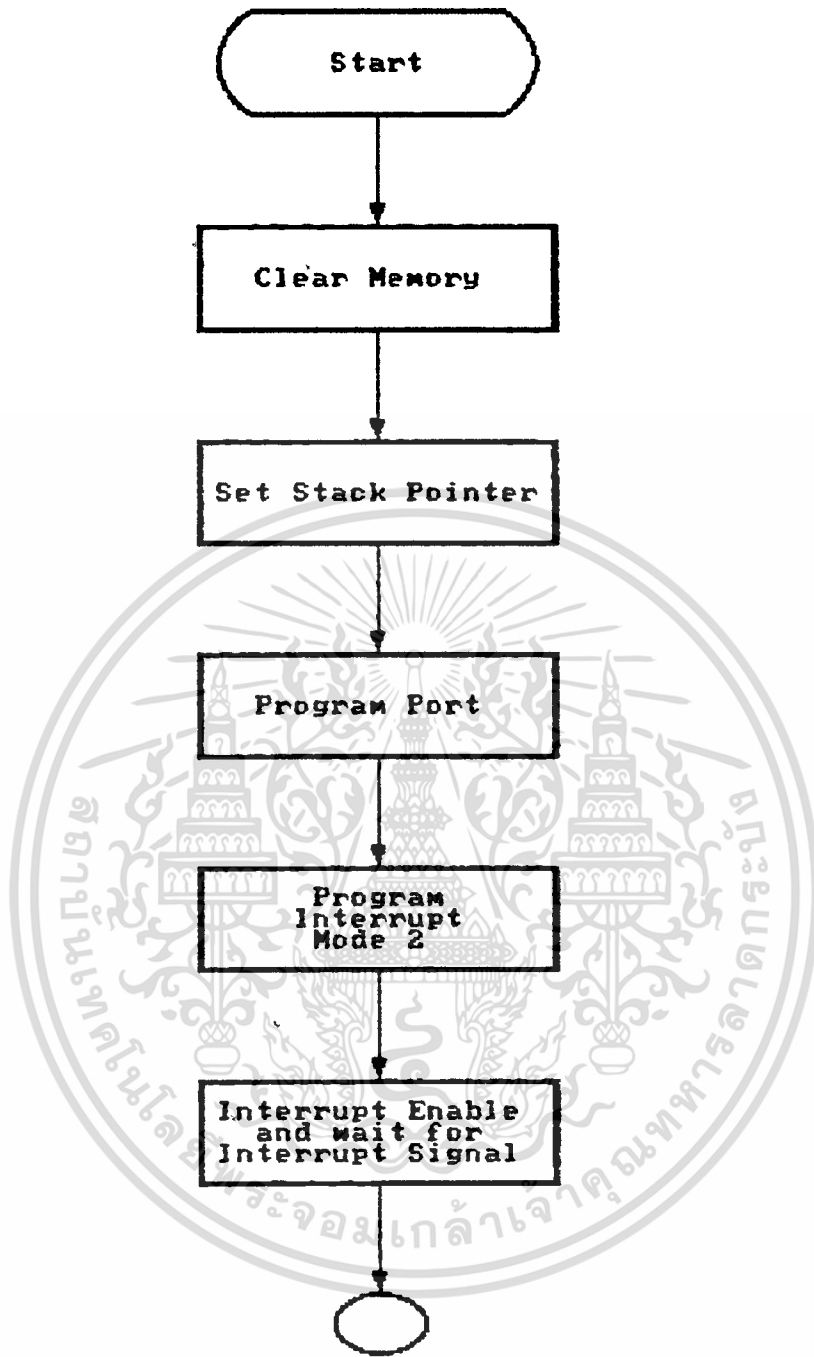


Fig 1 : Main Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

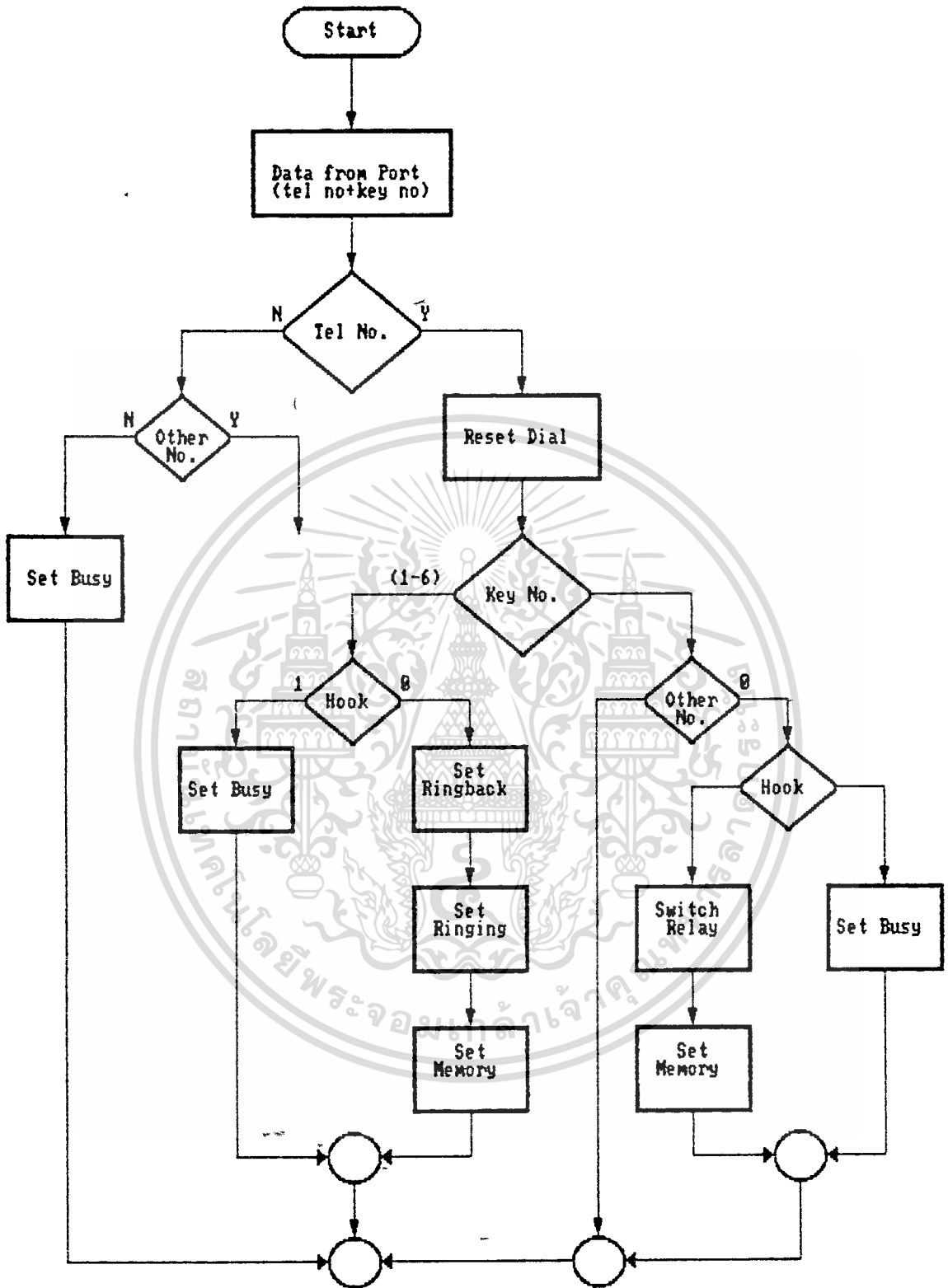


Fig 2 : DTMF Decoder Interrupt Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

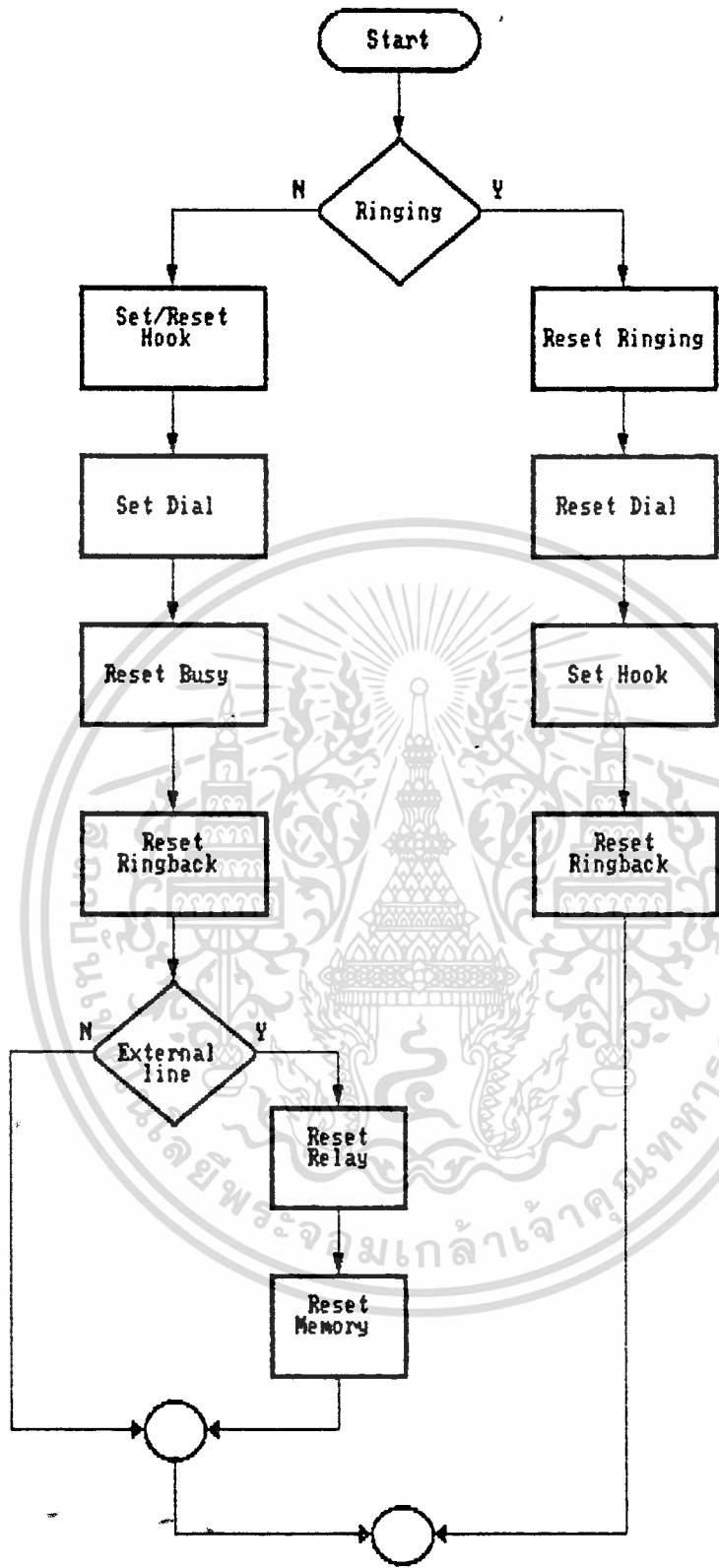


Fig 3: Hook Interrupt Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

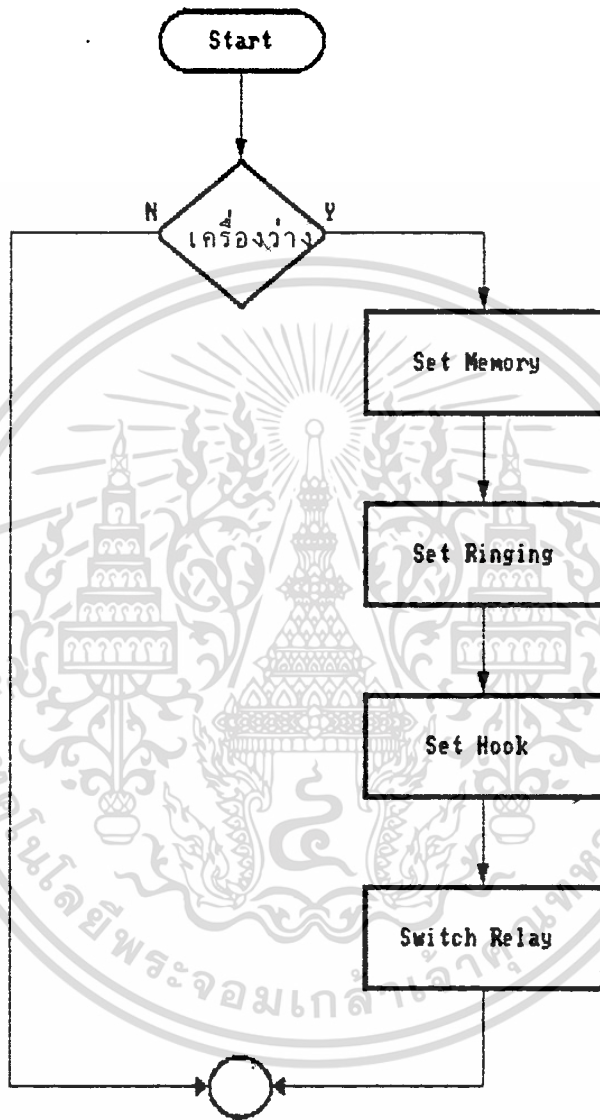


Fig 4 : External Interrupt Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0000 CPU "E80.TBL"
0000 HOF "INT8"

0000 ORG 0000H'

;**** MAIN PROGRAM ****

```
0000 210021 LD HL,2100H
0003 3600 CLEAR: LD (HL),00H
0005 2B DEC HL
0006 7C LD A,H
0007 FE19 CP 19H
0009 C20300 JP NZ,CLEAR
000C 31003D LD SP,3D00H
000F 3E00 LD A,00H
0011 320060 LD (6000H),A
0014 320160 LD (6001H),A
0017 320260 LD (6002H),A
001A 320360 LD (6003H),A
001D 320460 LD (6004H),A
0020 320560 LD (6005H),A
0023 320660 LD (6006H),A
0026 320760 LD (6007H),A
0029 3E80 LD A,80H
002B D343 OUT (43H),A
002D 3E82 LD A,82H
002F D347 OUT (47H),A
0031 3E80 LD A,80H
0033 D34B OUT (4BH),A
0035 3E00 LD A,00H
0037 ED5E IM 2
0039 3E25 LD A,25H
003B ED47 LD I,A
003D FB LOOP: EI
003E 00 NOP
003F 00 NOP
0040 00 NOP
0041 00 NOP
0042 00 NOP
0043 00 NOP
0044 00 NOP
0045 00 NOP
0046 00 NOP
0047 00 NOP
0048 F3 DI
0049 C33D00 JF LOOP
```

;**** TONE CONTROL ****

```
004C 3A8720 DIAL: LD A,(2087H)
004F D340 OUT (40H),A
0051 C9 RET
0052 3A9720 BUSY: LD A,(2097H)
0055 D341 OUT (41H),A
0057 C9 RET
0058 3AA720 RINB: LD A,(20A7H)
005B D342 OUT (42H),A
005D C9 RET
005E 3AB720 RING: LD A,(20B7H)
0061 D344 OUT (44H),A
0063 C9 RET
```

```

;**** RELAY CONTROL ****
0064 3E40      EXT: LD A,40H
0066 327620   LD (2076H),A
0069 CDDF01   CALL COPY6
006C 3E05     LD A,05H
006E D346     OUT (46H),A
0070 C9       RET
0071 3E00     CEXT: LD A,00H
0073 D346     OUT (46H),A
0075 3E00     LD A,00H
0077 327620   LD (2076H),A
007A 216720   LD HL,2067H
007D CD2301   CALL CRAM
0080 CDDF01   CALL COPY6
0083 C9       RET

```

```

;**** HOOK STATUS ****
0084 7E       HOOK: LD A,(HL)
0085 FE00     CP 00H
0087 C28C00   JP NZ,HK
008A 71       LD (HL),C
008B C9       RET
008C 3600     HK: LD (HL),00H
008E C9       RET

```

```

;**** TONE PROGRAM ****
008F 7E       SDIAL: LD A,(HL)
0090 FE00     CP 00H
0092 C2A000   JP NZ,S1
0095 71       LD (HL),C
0096 3A8720   LD A,(2087H)
0099 81       ADD A,C
009A 328720   LD (2087H),A
009D CD4C00   CALL DIAL
00A0 C9       S1: RET
00A1 7E       RDIAL: LD A,(HL)
00A2 FE00     CP 00H
00A4 CAB300   JP Z,R1
00A7 3600     LD (HL),00H
00A9 3A8720   LD A,(2087H)
00AC 91       SUB C
00AD 328720   LD (2087H),A
00B0 CD4C00   CALL DIAL
00B3 C9       R1: RET

```

```

00B4 7E       SBUSY: LD A,(HL)
00B5 FE00     CP 00H
00B7 C2C500   JP NZ,S2
00BA 71       LD (HL),C
00BB 3A9720   LD A,(2097H)
00BE 81       ADD A,C
00BF 329720   LD (2097H),A
00C2 CD5200   CALL BUSY
00C5 C9       S2: RET
00C6 7E       RBUSY: LD A,(HL)
00C7 FE00     CP 00H
00C9 CAD800   JP Z,R2
00CC 3600     LD (HL),00H
00CE 3A9720   LD A,(2097H)
00D1 91       SUB C
00D2 329720   LD (2097H),A
00D5 CD5200   CALL BUSY
00D8 C9       R2: RET

```

```

00D9 7E      SRINB: LD A, (HL)
00DA FE00    CP OOH
00DC C2EA00  JP NZ, S3
00DF 71      LD (HL), C
00E0 3AA720  LD A, (20A7H)
00E3 81      ADD A, C
00E4 32A720  LD (20A7H), A
00E7 CD5800  CALL RINB
00EA C9      S3: RET
00EB 7E      RRINB: LD A, (HL)
00EC FE00    CP OOH
00EE CAFD00  JP Z, R3
00F1 3600    LD (HL), OOH
00F3 3AA720  LD A, (20A7H)
00F6 91      SUB C
00F7 32A720  LD (20A7H), A
00FA CD5800  CALL RINB
00FD C9      R3: RET

```

```

00FE 7E      SRING: LD A, (HL)
00FF FE00    CP OOH
0101 C20F01  JP NZ, S4
0104 71      LD (HL), C
0105 3AB720  LD A, (20B7H)
0108 81      ADD A, C
0109 32B720  LD (20B7H), A
010C CD5E00  CALL RING
010F C9      S4: RET
0110 7E      RRING: LD A, (HL)
0111 FE00    CP OOH
0113 CA2201  JP Z, R4
0116 3600    LD (HL), OOH
0118 3AB720  LD A, (20B7H)
011B 91      SUB C
011C 32B720  LD (20B7H), A
011F CD5E00  CALL RING
0122 C9      R4: RET

```

```

;**** CLEAR MEMORY ****
0123 0608    CRAM: LD B, 08H
0125 3600    CR: LD (HL), OOH
0127 2B      DEC HL
0128 10FB    DJNZ CR
012A C9      RET

```

```

012B 0608    CLR: LD B, 08H
012D 210720  LD HL, 2007H
0130 1A      VC: LD A, (DE)
0131 FE00    CP OOH
0133 C23E01  JP NZ, VAC
0136 13      INC DE
0137 7D      LD A, L
0138 C610    ADD A, 10H
013A 6F      LD L, A
013B 10F3    DJNZ VC
013D C9      RET
013E CD2301  VAC: CALL CRAM
0141 C9      RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;**** SET BUSY TONE ****
0142 0607 SBUS: LD B,07H
0144 219620 LD HL,2096H
0147 1A SB: LD A,(DE)
0148 FE0C CP OOH
014A C25201 JP NZ,TT
014D 1B DEC DE
014E 2B DEC HL
014F 10F6 DJNZ SB
0151 C9 RET
0152 47 TT: LD B,A
0153 77 LD (HL),A
0154 3A9720 LD A,(2097H)
0157 80 ADD A,B
0158 329720 LD (2097H),A
015B CD5200 CALL BUSY
015E C9 RET

```

```

;**** CLEAR RINGBACK ****
015F 0607 CRINB: LD B,07H
0161 21A620 LD HL,20A6H
0164 1A CB: LD A,(DE)
0165 FE0C CP OOH
0167 C26F01 JP NZ,XX
016A 1B DEC DE
016B 2B DEC HL
016C 10F6 DJNZ CB
016E C9 RET
016F 46 XX: LD B,(HL)
0170 360C LD (HL),OOH
0172 3AA720 LD A,(20A7H)
0175 90 SUB B
0176 32A720 LD (20A7H),A
0179 CD5E00 CALL RINB
017C C9 RET

```

```

;**** CLEAR RINGING ****
017D 0607 CRING: LD B,07H
017F 21B620 LD HL,20B6H
0182 1A CG: LD A,(DE)
0183 FE0C CP OOH
0185 C28D01 JP NZ,YY
0188 1B DEC DE
0189 2B DEC HL
018A 10FE DJNZ CG
018C C9 RET
018D 46 YY: LD B,(HL)
018E 360C LD (HL),OOH
0190 3AB720 LD A,(20B7H)
0193 90 SUB B
0194 32E720 LD (20B7H),A
0197 CD5E00 CALL RING
019A C9 RET

```

```

019B 7E EEXX: LD A,(HL)
019C FE0C CP OOH
019E CAA901 JP Z,EXEX
01A1 3E0C LD A,OOH
01A3 327620 LD (2076H),A
01A6 CD7100 CALL CEXT
01A9 C9 EXEX: RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;**** PROGRAM IN MEMORY ****
01AA 7E      SMEM:  LD  A,(HL)
01AB FE00    CP    00H
01AD C2B401  JP    NZ,M1
01B0 71      LD    (HL),C
01B1 1A      LD    A,(DE)
01B2 81      ADD  A,C
01B3 12      LD    (DE),A
01B4 C9      M1:   RET

;**** COPY TO RCSP ****
01B5 3A0720  COPY0: LD  A,(2007H)
01B8 320060  LD    (6000H),A
01BB C9      RET
01BC 3A1720  COPY1: LD  A,(2017H)
01BF 320160  LD    (6001H),A
01C2 C9      RET
01C3 3A2720  COPY2: LD  A,(2027H)
01C6 320260  LD    (6002H),A
01C9 C9      RET
01CA 3A3720  COPY3: LD  A,(2037H)
01CD 320360  LD    (6003H),A
01D0 C9      RET
01D1 3A4720  COPY4: LD  A,(2047H)
01D4 320460  LD    (6004H),A
01D7 C9      RET
01D8 3A5720  COPY5: LD  A,(2057H)
01DB 320560  LD    (6005H),A
01DE C9      RET
01DF 3A6720  COPY6: LD  A,(2067H)
01E2 320660  LD    (6006H),A
01E5 C9      RET

;**** FIND TONE NUMBER ****
01E6 7E      NNN:  LD  A,(HL)
01E7 FE00    CP    00H
01E9 C21703  JP    NZ,E2
01EC 3A0125  NOO:  LD  A,(2501H)
01EF FE0A    CP    0AH
01F1 C21302  JP    NZ,NO1
01F4 3A7620  LD    A,(2076H)
01F7 FE00    CP    00H
01F9 C21503  JP    NZ,E1
01FC 216020  LD    HL,2060H
01FF 116720  LD    DE,2067H
0202 7D      LD    A,L
0203 80      ADD  A,B
0204 6F      LD    L,A
0205 CDAA01  CALL SMEM
0208 CDDF01  CALL COPY6
020B 0E40    LD    C,40H
020D 0606    LD    B,06H
020F CD6400  CALL EXT
0212 C9      RET
0213 3A0125  NO1:  LD  A,(2501H)
0216 FE01    CP    01H
0218 C23E02  JP    NZ,NO2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

021B 3A7020		LD	A, (2070H)
021E FE00		CP	00H
0220 C21503		JP	NZ, E1
0223 EB		EX	DE, HL
0224 CDD900		CALL	SRINB
0227 210020		LD	HL, 2000H
022A 110720		LD	DE, 2007H
022D 7D		LD	A, L
022E 80		ADD	A, B
022F 6F		LD	L, A
0230 CDAA01		CALL	SMEM
0233 0E01		LD	C, 01H
0235 0600		LD	B, 00H
0237 21B020		LD	HL, 20B0H
023A CDFE00		CALL	SRING
023D C9		RET	
023E 3A0125	NO2:	LD	A, (2501H)
0241 FE02		CP	02H
0243 C26902		JP	NZ, NO3
0246 3A7120		LD	A, (2071H)
0249 FE00		CP	00H
024B C21503		JP	NZ, E1
024E EB		EX	DE, HL
024F CDD900		CALL	SRINB
0252 211020		LD	HL, 2010H
0255 111720		LD	DE, 2017H
0258 7D		LD	A, L
0259 80		ADD	A, B
025A 6F		LD	L, A
025B CDAA01		CALL	SMEM
025E 0E02		LD	C, 02H
0260 0601		LD	B, 01H
0262 21B120		LD	HL, 20B1H
0265 CDFE00		CALL	SRING
0268 C9		RET	
0269 3A0125	NO3:	LD	A, (2501H)
026C FE03		CP	03H
026E C29402		JP	NZ, NO4
0271 3A7220		LD	A, (2072H)
0274 FE00		CP	00H
0276 C21503		JP	NZ, E1
0279 EB		EX	DE, HL
027A CDD900		CALL	SRINB
027D 212020		LD	HL, 2020H
0280 112720		LD	DE, 2027H
0283 7D		LD	A, L
0284 80		ADD	A, B
0285 6F		LD	L, A
0286 CDAA01		CALL	SMEM
0289 0E04		LD	C, 04H
028B 0602		LD	B, 02H
028D 21B220		LD	HL, 20B2H
0290 CDFE00		CALL	SRING
0293 C9		RET	
0294 3A0125	NO4:	LD	A, (2501H)
0297 FE04		CP	04H
0299 C2BF02		JP	NZ, NO5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

029C SA7320		LD	A, (207SH)
029F FE00		CP	00H
02A1 C21503		JP	NZ, E1
02A4 EB		EX	DE, HL
02A5 CDD900		CALL	SRINB
02A8 213020		LD	HL, 2030H
02AB 113720		LD	DE, 2037H
02AE 7D		LD	A, L
02AF 80		ADD	A, B
02B0 6F		LD	L, A
02B1 CDAA01		CALL	SMEM
02B4 0E08		LD	C, 08H
02B6 0603		LD	B, 03H
02B8 21B320		LD	HL, 20B3H
02BB CDFE00		CALL	SRING
02BE C9		RET	
02BF 3A0125	NO5:	LD	A, (2501H)
02C2 FE05		CP	05H
02C4 C2EA02		JP	NZ, NO6
02C7 3A7420		LD	A, (2074H)
02CA FE00		CP	00H
02CC C21503		JP	NZ, E1
02CF EB		EX	DE, HL
02D0 CDD900		CALL	SRINB
02D3 214020		LD	HL, 2040H
02D6 114720		LD	DE, 2047H
02D9 7D		LD	A, L
02DA 80		ADD	A, B
02DB 6F		LD	L, A
02DC CDAA01		CALL	SMEM
02DF 0E10		LD	C, 10H
02E1 0604		LD	B, 04H
02E3 21B420		LD	HL, 20B4H
02E6 CDFE00		CALL	SRING
02E9 C9		RET	
02EA 3A0125	NO6:	LD	A, (2501H)
02ED FE06		CP	06H
02EF C21503		JP	NZ, E1
02F2 3A7520		LD	A, (2075H)
02F5 FE00		CP	00H
02F7 C21503		JP	NZ, E1
02FA EB		EX	DE, HL
02FB CDD900		CALL	SRINB
02FE 215020		LD	HL, 2050H
0301 115720		LD	DE, 2057H
0304 7D		LD	A, L
0305 80		ADD	A, B
0306 6F		LD	L, A
0307 CDAA01		CALL	SMEM
030A 0E20		LD	C, 20H
030C 0605		LD	B, 05H
030E 21B520		LD	HL, 20B5H
0311 CDFE00		CALL	SRING
0314 C9		RET	
0315 3E5A	E1:	LD	A, 5AH
0317 C9	E2:	RET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;**** KEY PRESS INTERRUPT ****
0318 DB45      INTO:  IN   A,(45H)
031A 0604      LD   B,04H
031C 0E00      LD   C,00H
031E CB3F      QQ:   SRL  A
0320 CB11      RL   C
0322 10FA      DJNZ QQ
0324 320025    LD   (2500H),A
0327 79        LD   A,C
0328 320125    LD   (2501H),A

032B 0E01      TEL1:  LD   C,01H
032D 3A0025    LD   A,(2500H)
0330 FE00      CP   00H
0332 C26203    JP   NZ,TEL2
0335 218020    LD   HL,2080H
0338 CDA100    CALL RDIAL
033B 11A020    LD   DE,20A0H
033E 210720    LD   HL,2007H
0341 0600      LD   B,00H
0343 CDE601    CALL NNN
0346 FE5A      CP   5AH
0348 C25203    JP   NZ,T1
034B 219020    LD   HL,2090H
034E CDB400    CALL SBUSY
0351 C9        RET
0352 210020    T1:   LD   HL,2000H
0355 110720    LD   DE,2007H
0358 7D        LD   A,L
0359 80        ADD  A,B
035A 6F        LD   L,A
035B CDAA01    CALL SMEM
035E CDB501    CALL COPYO
0361 C9        RET
0362 0E02      TEL2:  LD   C,02H
0364 3A0025    LD   A,(2500H)
0367 FE01      CP   01H
0369 C29903    JP   NZ,TEL3
036C 218120    LD   HL,2081H
036F CDA100    CALL RDIAL
0372 11A120    LD   DE,20A1H
0375 211720    LD   HL,2017H
0378 0601      LD   B,01H
037A CDE601    CALL NNN
037D FE5A      CP   5AH
037F C28903    JP   NZ,T2
0382 219120    LD   HL,2091H
0385 CDB400    CALL SBUSY
0388 C9        RET
0389 211020    T2:   LD   HL,2010H
038C 111720    LD   DE,2017H
038F 7D        LD   A,L
0390 80        ADD  A,B
0391 6F        LD   L,A
0392 CDAA01    CALL SMEM
0395 CDBC01    CALL COPY1
0398 C9        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0399 0E04	TEL3:	LD	C, 04H
039B 3A0025		LD	A, (2500H)
039E FE02		CP	02H
03A0 C2D003		JP	NZ, TEL4
03A3 218220		LD	HL, 2082H
03A6 CDA100		CALL	RDIAL
03A9 11A220		LD	DE, 20A2H
03AC 212720		LD	HL, 2027H
03AF 0602		LD	B, 02H
03E1 CDE601		CALL	NNN
03E4 FE5A		CP	5AH
03EE C2C003		JP	NZ, T3
03E9 219220		LD	HL, 2092H
03EC CDB400		CALL	SBUSY
03EF C9		RET	
03CC 212020	T3:	LD	HL, 2020H
03C5 112720		LD	DE, 2027H
03C6 7D		LD	A, L
03C7 80		ADD	A, B
03C8 6F		LD	L, A
03C9 CDA001		CALL	SMEM
03CC CDC301		CALL	COPY2
03CF C9		RET	
03E0 0E08	TEL4:	LD	C, 08H
03D2 3A0025		LD	A, (2500H)
03E5 FE03		CP	03H
03D7 C20704		JP	NZ, TEL5
03DA 218320		LD	HL, 2083H
03DE CDA100		CALL	RDIAL
03E0 11A320		LD	DE, 20A3H
03E3 213720		LD	HL, 2037H
03E6 0603		LD	B, 03H
03E9 CDE601		CALL	NNN
03EE FE5A		CP	5AH
03ED C2F703		JP	NZ, T4
03F0 219320		LD	HL, 2093H
03F3 CDB400		CALL	SBUSY
03FE C9		RET	
03F7 213020	T4:	LD	HL, 2030H
03FA 113720		LD	DE, 2037H
03FD 7D		LD	A, L
03FE 80		ADD	A, B
03FF 6F		LD	L, A
0400 CDA001		CALL	SMEM
0403 CDCA01		CALL	COPY3
0406 C9		RET	
0407 0E10	TEL5:	LD	C, 10H
0409 3A0025		LD	A, (2500H)
040C FE04		CP	04H
040E C23E04		JP	NZ, TEL6
0411 218420		LD	HL, 2084H
0414 CDA100		CALL	RDIAL
0417 11A420		LD	DE, 20A4H
041A 214720		LD	HL, 2047H
041D 0604		LD	B, 04H
041F CDE601		CALL	NNN
0422 FE5A		CP	5AH
0424 C22E04		JP	NZ, T5
0427 219420		LD	HL, 2094H
042A CDB400		CALL	SBUSY
042D C9		RET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

042E 214020	T5:	LD HL, 2040H
0431 114720		LD DE, 2047H
0434 7D		LD A, L
0435 80		ADD A, B
0436 6F		LD L, A
0437 CDAA01		CALL SMEM
043A CDD101		CALL COPY4
043D C9		RET
043E 0E20	TEL6:	LD C, 20H
0440 3A0025		LD A, (2500H)
0443 FE05		CP 05H
0445 C27504		JP NZ, TEL7
0448 218520		LD HL, 2085H
044B CDA100		CALL RDIAL
044E 11A520		LD DE, 20A5H
0451 215720		LD HL, 2057H
0454 0605		LD B, 05H
0456 CDE601		CALL NNN
0459 FE5A		CP 5AH
045B C26504		JP NZ, T6
045E 219520		LD HL, 2095H
0461 CDB400		CALL SBUSY
0464 C9		RET
0465 215020	T6:	LD HL, 2050H
0468 115720		LD DE, 2057H
046B 7D		LD A, L
046C 80		ADD A, B
046D 6F		LD L, A
046E CDAA01		CALL SMEM
0471 CDD801		CALL COPY5
0474 C9		RET
0475 0E40	TEL7:	LD C, 40H
0477 3A0025		LD A, (2500H)
047A FE06		CP 06H
047C C2B104		JP NZ, TX
047F 116020		LD DE, 2060H
0482 CD2B01		CALL CLR
0485 21B620		LD HL, 20B6H
0488 116620		LD DE, 2066H
048B CD7D01		CALL CRING
048E 11A620		LD DE, 20A6H
0491 0606		LD B, 06H
0493 CD1302		CALL NO1
0496 FE5A		CP 5AH
0498 C2A204		JP NZ, T7
049B 219620		LD HL, 2096H
049E CDB400		CALL SBUSY
04A1 C9		RET
04A2 216020	T7:	LD HL, 2060H
04A5 116720		LD DE, 2067H
04A8 7D		LD A, L
04A9 80		ADD A, B
04AA 6F		LD L, A
04AB CDAA01		CALL SMEM
04AE CDDF01		CALL COPY6
04B1 C9	TX:	RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;**** TEL#1 HOOK INTERRUPT ****
04B2 0E01      INT1: LD C,01H
04B4 3AB020    LD A,(20B0H)
04B7 FE00      CP 00H
04B9 CAD704    JP Z,RR1
04BC 21B020    LD HL,20B0H
04BF CD1001    CALL RRING
04C2 218020    LD HL,2080H
04C5 CDA100    CALL RDIAL
04C8 217020    LD HL,2070H
04CB CD8400    CALL HOOK
04CE 110620    LD DE,2006H
04D1 CD5F01    CALL CRINB
04D4 C30D05    JP RX1
04D7 217020    RR1: LD HL,2070H
04DA CD8400    CALL HOOK
04DD 218020    LD HL,2080H
04E0 CD8F00    CALL SDIAL
04E3 219020    LD HL,2090H
04E6 CDC600    CALL RBUSY
04E9 21A020    LD HL,20A0H
04EC CDEB00    CALL RPINB
04EF 210620    LD HL,2006H
04F2 CD9B01    CALL EEXX
04F5 110620    LD DE,2006H
04F8 CD7D01    CALL CRING
04FB 110020    LD DE,2000H
04FE CD2B01    CALL CLR
0501 110620    LD DE,2006H
0504 CD4201    CALL SBUS
0507 210720    LD HL,2007H
050A CD2301    CALL CRAM
050D CDB501    RX1: CALL COPYO
0510 C9        RET

```

```

;**** TEL#2 HOOK INTERRUPT ****
0511 0E02      INT2: LD C,02H
0513 3AB120    LD A,(20B1H)
0516 FE00      CP 00H
0518 CA3605    JP Z,RR2
051B 21B120    LD HL,20B1H
051E CD1001    CALL RRING
0521 218120    LD HL,2081H
0524 CDA100    CALL RDIAL
0527 217120    LD HL,2071H
052A CD8400    CALL HOOK
052D 111620    LD DE,2016H
0530 CD5F01    CALL CRINB
0533 C36C05    JP RX2
0536 217120    RR2: LD HL,2071H
0539 CD8400    CALL HOOK
053C 218120    LD HL,2081H
053F CD8F00    CALL SDIAL

```

```

0542 219120      LD HL,2091H
0545 CDC600      CALL RBUSY
0548 21A120      LD HL,20A1H
054B CDEB00      CALL RRINB
054E 211620      LD HL,2016H
0551 CD9B01      CALL EEXX
0554 111620      LD DE,2016H
0557 CD7D01      CALL CRING
055A 111020      LD DE,2010H
055D CD2B01      CALL CLR
0560 111620      LD DE,2016H
0563 CD4201      CALL SBUS
0566 211720      LD HL,2017H
0569 CD2301      CALL CRAM
056C CDBC01      RX2:  CALL COPY1
056F C9          RET

```

;**** TEL#3 HOOK INTERRUPT ****

```

0570 0E04          INT3: LD C,04H
0572 3AB220      LD A,(20B2H)
0575 FE00          CP 00H
0577 CA9505      JP Z,RR3
057A 21B220      LD HL,20B2H
057D CD1001      CALL RRING
0580 218220      LD HL,2082H
0583 CDA100      CALL RDIAL
0586 217220      LD HL,2072H
0589 CD8400      CALL HOOK
058C 112620      LD DE,2026H
058F CD5F01      CALL CRINB
0592 C3CB05      JP RX3
0595 217220      RR3:  LD HL,2072H
0598 CD8400      CALL HOOK
059B 218220      LD HL,2082H
059E CD8F00      CALL SDIAL
05A1 219220      LD HL,2092H
05A4 CDC600      CALL RBUSY
05A7 21A220      LD HL,20A2H
05AA CDEB00      CALL RRINB
05AD 212620      LD HL,2026H
05B0 CD9B01      CALL EEXX
05B3 112620      LD DE,2026H
05B6 CD7D01      CALL CRING
05B9 112020      LD DE,2020H
05BC CD2B01      CALL CLR
05BF 112620      LD DE,2026H
05C2 CD4201      CALL SBUS
05C5 212720      LD HL,2027H
05C8 CD2301      CALL CRAM
05CB CDC301      RX3:  CALL COPY2

```

```

;**** TEL#4 HOOK INTERRUPT ****
05CF 0E08      INT4: LD C,08H
05D1 3AB320    LD A,(20B3H)
05D4 FE00      CP 00H
05D6 CAF405    JP Z,RR4
05D9 21B320    LD HL,20B3H
05DC CD1001    CALL RRING
05DF 218320    LD HL,2083H
05E2 CDA100    CALL RDIAL
05E5 217320    LD HL,2073H
05E8 CD8400    CALL HOOK
05EB 113620    LD DE,2036H
05EE CD5F01    CALL CRINB
05F1 C32A06    JP RX4
05F4 217320    RR4: LD HL,2073H
05F7 CD8400    CALL HOOK
05FA 218320    LD HL,2083H
05FD CD8F00    CALL SDIAL
0600 219320    LD HL,2093H
0603 CDC600    CALL RBUSY
0606 21A320    LD HL,20A3H
0609 CDEB00    CALL RRINB
060C 213620    LD HL,2036H
060F CD9B01    CALL EEXX
0612 113620    LD DE,2036H
0615 CD7D01    CALL CRING
0618 113020    LD DE,2030H
061B CD2B01    CALL CLR
061E 113620    LD DE,2036H
0621 CD4201    CALL SBUS
0624 213720    LD HL,2037H
0627 CD2301    CALL CRAM
062A CDCA01    RX4: CALL COPY3
062D C9        RET

```

```

;**** TEL#5 HOOK INTERRUPT ****
062E 0E10      INT5: LD C,10H
0630 3AB420    LD A,(20B4H)
0633 FE00      CP 00H
0635 CA5306    JP Z,RR5
0638 21B420    LD HL,20B4H
063B CD1001    CALL RRING
063E 218420    LD HL,2084H
0641 CDA100    CALL RDIAL
0644 217420    LD HL,2074H
0647 CD8400    CALL HOOK
064A 114620    LD DE,2046H
064D CD5F01    CALL CRINB
0650 C38906    JP RX5
0653 217420    RR5: LD HL,2074H
0656 CD8400    CALL HOOK
0659 218420    LD HL,2084H
065C CD8F00    CALL SDIAL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

065F 219420      LD HL,2084H
0662 CDC600      CALL RBUSY
0665 21A420      LD HL,20A4H
0668 CDEB00      CALL RRINB
066B 214620      LD HL,2046H
066E CD9B01      CALL EEXX
0671 114620      LD DE,2046H
0674 CD7D01      CALL CRING
0677 114020      LD DE,2040H
067A CD2B01      CALL CLR
067D 114620      LD DE,2046H
0680 CD4201      CALL SBUS
0683 214720      LD HL,2047H
0686 CD2301      CALL CRAM
0689 CDD101      RX5: CALL COPY4
068C C9           RET

```

```

;**** TEL#6 HOOK INTERRUPT ****
068D 0E20      INT6: LD C,20H
068F 3AB520      LD A,(20B5H)
0692 FE00      CP 00H
0694 CAD704      JP Z,RR1
0697 21B520      LD HL,20B5H
069A CD1001      CALL RRING
069D 218520      LD HL,2085H
06A0 CDA100      CALL RDIAL
06A3 217520      LD HL,2075H
06A6 CD8400      CALL HOOK
06A9 115620      LD DE,2056H
06AC CD5F01      CALL CRINB
06AF C3E806      JP RX6
06B2 217520      RR6: LD HL,2075H
06B5 CD8400      CALL HOOK
06B8 218520      LD HL,2085H
06BB CD8F00      CALL SDIAL
06BE 219520      LD HL,2095H
06C1 CDC600      CALL RBUSY
06C4 21A520      LD HL,20A5H
06C7 CDEB00      CALL RRINB
06CA 215620      LD HL,2056H
06CD CD9B01      CALL EEXX
06D0 115620      LD DE,2056H
06D3 CD7D01      CALL CRING
06D6 115020      LD DE,2050H
06D9 CD2B01      CALL CLR
06DC 115620      LD DE,2056H
06DF CD4201      CALL SBUS
06E2 215720      LD HL,2057H
06E5 CD2301      CALL CRAM
06E8 CDD801      RX6: CALL COPY5
06EB C9           RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;**** EXT RINGING INTERRUPT ****

```
06EC 0E40      INT7:  LD  C,40H
06EE 3A7020    KO:    LD  A,(2070H)
06F1 FE00      CP  00H
06F3 C21907    JP  NZ,K1
06F6 210620    LD  HL,2006H
06F9 110720    LD  DE,2007H
06FC CDAA01    CALL SMEM
06FF CDB501    CALL COPY0
0702 0E01      LD  C,01H
0704 216020    LD  HL,2060H
0707 116720    LD  DE,2067H
070A CDAA01    CALL SMEM
070D CDDF01    CALL COPY6
0710 21B020    LD  HL,20B0H
0713 CDFE00    CALL SRING
0716 C3ED07    JP  LL
0719 3A7120    K1:    LD  A,(2071H)
071C FE00      CP  00H
071E C24407    JP  NZ,K2
0721 211620    LD  HL,2016H
0724 111720    LD  DE,2017H
0727 CDAA01    CALL SMEM
072A CDBC01    CALL COPY1
072D 0E02      LD  C,02H
072F 216120    LD  HL,2061H
0732 116720    LD  DE,2067H
0735 CDAA01    CALL SMEM
0738 CDDF01    CALL COPY6
073B 21B120    LD  HL,20B1H
073E CDFE00    CALL SRING
0741 C3ED07    JP  LL
0744 3A7220    K2:    LD  A,(2072H)
0747 FE00      CP  00H
0749 C26F07    JP  NZ,K3
074C 212620    LD  HL,2026H
074F 112720    LD  DE,2027H
0752 CDAA01    CALL SMEM
0755 CDC301    CALL COPY2
0758 0E04      LD  C,04H
075A 216220    LD  HL,2062H
075D 116720    LD  DE,2067H
0760 CDAA01    CALL SMEM
0763 CDDF01    CALL COPY6
0766 21B220    LD  HL,20B2H
0769 CDFE00    CALL SRING
076C C3ED07    JP  LL
076F 3A7320    K3:    LD  A,(2073H)
0772 FE00      CP  00H
0774 C29A07    JP  NZ,K4
0777 213620    LD  HL,2036H
077A 113720    LD  DE,2037H
077D CDAA01    CALL SMEM
0780 CDCA01    CALL COPY3
0783 0E08      LD  C,08H
0785 216320    LD  HL,2063H
0788 116720    LD  DE,2067H
078B CDAA01    CALL SMEM
078E CDDF01    CALL COPY6
0791 21B320    LD  HL,20B3H
0794 CDFE00    CALL SRING
0797 C3ED07    JP  LL
```

079A 3A7420	K4:	LD A,(2074H)
079D FE00		CP 00H
079F C2C507		JP NZ,K5
07A2 214620		LD HL,2046H
07A5 114720		LD DE,2047H
07A8 CDAA01		CALL SMEM
07AB CDD101		CALL COPY4
07AE 0E10		LD C,10H
07B0 216420		LD HL,2064H
07B3 116720		LD DE,2067H
07B6 CDAA01		CALL SMEM
07B9 CDDF01		CALL COPY6
07BC 21B420		LD HL,20B4H
07BF CDFE00		CALL SRING
07C2 C3ED07		JP LL
07C5 3A7520	K5:	LD A,(2075H)
07C8 FE00		CP 00H
07CA C2F007		JP NZ,LR
07CD 215620		LD HL,2056H
07D0 115720		LD DE,2057H
07D3 CDAA01		CALL SMEM
07D6 CDD801		CALL COPY5
07D9 0E20		LD C,20H
07DB 216520		LD HL,2065H
07DE 116720		LD DE,2067H
07E1 CDAA01		CALL SMEM
07E4 CDDF01		CALL COPY6
07E7 21B520		LD HL,20B5H
07EA CDFE00		CALL SRING
07ED CD6400	LL:	CALL EXT
07F0 C9	LR:	RET
07F1		END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ ในฐานะ
อาจารย์ที่ปรึกษา ทางผู้จัดทำได้รับ คำปรึกษาและแนะนำ พร้อมทั้งดูแลเอาใจใส่ระหว่าง
การทำปริญญาโทฉบับนี้ตั้งแต่ต้นจนจบการศึกษา ให้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

เนื่องนักศึกษาทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในการทำปริญญาโทฉบับนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. JOHN L. PIKE, " UNDERSTANDING TELEPHONE ELECTRONICS ",
TAXAS INSTRUMENTS LEARNING CENTER , 1983
2. DENTON J. DAILEY, " OPERATIONAL AMPLIFIERS AND LINEAR
INTEGRATED CIRCUITS " , MCGRAW-HILL , 1969
3. JOHN L. HILBURN , DAVID E. JOHNSON , "MANUAL OF ACTIVE
FILTER DESIGN " , MCGRAW-HILL , 1973
4. FRANK F.E. OWEN , " PCM AND DIGITAL TRANSMISSION
SYSTEM " , TAXAS INSTRUMENTS , MCGRAW HILL , 1982