เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติระบบดิจิตอลสปีชพาทส์

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

โดย

นายจุมพล จาปะเกษตร์

นายเฉลิมพล จูระมงคล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033238

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2536

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง- เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติแบบดิจิตอลระบบสปีชพาทส์

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

ผู้จัดทำ นายจุมพล จาปะเกษตร์ รหัสประจำตัว 33100062

นายเฉลิมพล จุระมงคล รหัสประจำตัว 33100068

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ประภากร สุวรรณะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทที่ 1	ทฤษฎีเบื้องต้นประกอบการทำงานของวงจร	1
	1.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	1
	1.2 สัญญาณพื้นฐานขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย	5
	1.3 การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของระบบโทรศัพท์ระบบ DTMF	9
บทที่ 2	ระบบชุมสายโทรศัพท์ขนาดย่อย	12
บทที่ 3	หลักการทำงานและการออกแบบวงจร	15
	3.1 ส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน (Slic)	15
	3.2 ส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Control)	17
	3.3 ส่วนถอดรหัสความถี่สัญญาณ (DTMF)	20
	3.4 ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Control)	24
	3.5 ส่วนสวิตซ์ตัดต่อ (DPDT)	28
	3.6 ส่วน Power Supply	28
	3.7 ส่วน Speech Path	28
	3.8 ส่วนที่ใช้ติดต่อกับสายโทรศัพท์ภายนอก	32
	3.9 ส่วนเขียน Ram Control Speech Path และ Interface กับ MCS-51	36
	3.10 Control Board (MCS-51)	36
บทที่ 4	รายละเอียดทาง Software	39
	4.1 หลักการทำงานของโปรแกรม	39
	4.2 ค่าการใช้รีจีสเตอร์ต่างๆ	40
	4.3 แผนภูมิโปรแกรม	43
บทที่ 5	การทดลองและผลการทดลองการใช้งาน	50
	ผลการทดลองแต่ละส่วน	50
	ผลการทดลองเมื่อนำมาประกอบกันทุกส่วน	51
	สรุปผลการทดลอง	51
บทที่ 6	แนวทางการพัฒนา	52
ภาคผนวก ก.	ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	53
ภาคผนวก ข.	โปรแกรม PABX	63
กิตติกรรมประกาศ		74
เอกสารอ้างอิง		75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 2.1 Block Diagram ของ PABX	14
รูปที่ 3.1 ส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน	16
รูปที่ 3.2 สัญญาณโทรศัพท์แต่ละสัญญาณ	18
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์	19
รูปที่ 3.4 แผนภูมิโปรแกรมการทำงานของไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	22
รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสความถี่สัญญาณ (DTMF)	23
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Control)	25
รูปที่ 3.7 วงจรสวิตช์ตัดต่อ	26
รูปที่ 3.8 วงจรไฟเลี้ยง	27
รูปที่ 3.9 วงนับเวลาและมัลติเพล็กเซอร์	28
รูปที่ 3.10 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	31
รูปที่ 3.11 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก	33
รูปที่ 3.12 วงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกจากภายนอกและควบคุม Relay	34
รูปที่ 3.13 วงจรที่ใช้ติดต่อกับสายโทรศัพท์ภายนอก	35
รูปที่ 3.14 วงจรเขียน Ram Control Speech Path และ Interface กับ MCS-51	37
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมบอร์ด MCS-51	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติระบบดิจิตอลสปีซพาทส์
PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

โดย นายจุมพล จาปะเกษตร์ รหัสประจำตัว 33100062
นายเฉลิมพล จูระมงคล รหัสประจำตัว 33100068

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ประภากร สุวรรณะ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ โดยขยายคู่สายจาก 1 คู่สาย เป็น 7 คู่สายภายใน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบดังกล่าวทั้งหมด อีกทั้งสามารถแก้ไข ปรับปรุงโปรแกรมโดยใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ผ่านทาง Serial port RS-232 จึงทำให้ระบบชุมสายดังกล่าวมี ประสิทธิภาพสูง และสามารถแก้ไข ปรับปรุง ประยุกต์ใช้งาน ให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้นต่อไปได้

นอกจากนี้ ระบบชุมสายโทรศัพท์นี้ใช้ระบบดิจิตอลในการติดต่อช่องสัญญาณซึ่งเป็นข้อดีในการขยายคู่สายเครื่องลูกได้มากขึ้น และทำได้ง่ายกว่าระบบครอสพอยน์สวิทช์ หรือรีเลย์

ABSTRACT

This thesis presents the development of PABX by extending one extenal line to seven internal line by using MCS-51 microcontroler to control the whole system to work as we want. Moreover we can improve the program by using the microprocessor through RS-232 interface. Therefore it makes this PABX highly efficient, editable improvable and canbe applied in many uses. .This Private Automatic Branch Exchange used the digital speech path system to communicate between the signal channels which is the advantage to the internal line extension .

Besides it is used easier than the cross point switch or relay system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติแบบดิจิตอล (DPABX)

บทนำ
(INTRODUCTION)

ระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE) เป็นระบบซึ่งนำมาใช้ขยายการใช้ประโยชน์ของคู่สายโทรศัพท์ให้กว้างขึ้น โดยการขยายคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ภายนอกตั้งแต่หนึ่งคู่สายขึ้นไป ให้เป็นคู่สายโทร ศัพท์ภายในหลายๆคู่สายซึ่งปัจจุบันได้มีการทำขึ้นมา ตั้งแต่ระบบใหญ่มากๆที่ใช้ตามโรงงาน โรงแรม ซึ่งมีคู่สายภายในหลายร้อยคู่สาย และระบบเล็กที่ใช้ตามสำนักงาน หรือบ้านพักซึ่ง มีคู่สายภายในไม่กี่คู่สาย ในระบบขนาดเล็กที่มีการทำและพัฒนากันขึ้นมานั้นก็จะมีทั้งระบบที่มี การต่อแบบใช้ระบบรีเลย์ (Relay) ,ระบบครอสพอยน์สวิทช์ (Cross Point Switch) และระบบดิจิตอล (Digital) ซึ่งในระบบดิจิตอลนี้ จะมีข้อได้เปรียบในด้าน การขยายคู่สายในอนาคต รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพของซอฟท์แวร์ที่ควบคุมระบบได้ดีกว่า แต่ทั้งในการทำออกมาในปัจจุบันคงต้องคำนึงถึงราคาต้นทุนการผลิต และขีดความสามารถในการนำไปใช้งานของผู้ใช้

สำหรับโครงงานนี้ ได้พัฒนาและออกแบบระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติใน ระบบดิจิตอลที่มีการควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroler) โดยขยายคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ภายนอก 1 คู่สายให้เป็นคู่สายโทรศัพท์ภายใน 7 คู่ สายภายใน ระบบที่สร้างขึ้นจะใช้กับโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มซึ่งใช้วิธีการผสมความถี่ (Dual Tone Multi Frequency หรือ DTMF) เท่านั้น ซึ่งในการทำงานจะทำการแปลงสัญญาณ เสียงพูดให้เป็นสัญญาณรับและส่งที่แยกจากกัน (2 ออก 4) โดยนำไอซี (Integrated Circuit) โทรศัพท์มาใช้งาน และใช้การแบ่งเวลา (Time Sharing) ในการแบ่งช่องสัญญาณเสียงอุปกรณ์ที่ใช้ทำจะหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป โดยแบ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบได้ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนฮาร์ดแวร์ที่ติดต่อกับโทรศัพท์ทั้งหมด
2. ส่วนทางเดินสัญญาณเสียงระบบดิจิตอล (Digital Speech Path)
3. ส่วนซอฟแวร์ที่ใช้ควบคุมและฮาร์ดแวร์ที่ใช้ติดต่อกับบอร์ดคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 ทฤษฎีเบื้องต้นประกอบการทำงานของวงจร

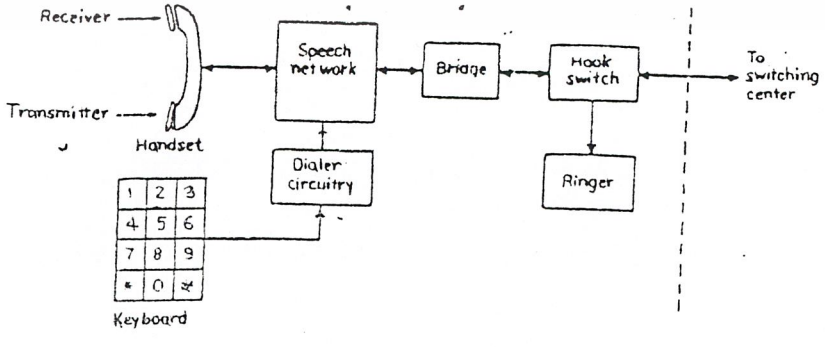
1.ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

อุปกรณ์ที่สำคัญเกือบจะทั้งหมดที่ผู้ใช้มีในระบบโทรศัพท์ ก็คือเครื่องโทรศัพท์ (Subscriberset) อุปกรณ์โทรศัพท์จะมีหน้าที่สร้างสัญญาณส่งไปยังชุมสาย (Dialing) เพื่อให้ชุมสายท ราบถึงหมายเลขที่กำลังติดต่อ ส่วน (ringing) ส่วนส่ง (transmitting) ส่วนรับ (receiving) ซึ่งส่วนทั้งหมดนี้จะอยู่ที่ผู้ใช้อุปกรณ์โทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ ๆ 7 องค์ประกอบด้วย คือ

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. สปีช เนทเวิร์ค (Speech network)
4. ฮุค สวิทซ์ (Hook Switch)
5. กระดิ่ง (Ringer)
6. ไดอัลเลอร์ (Dialer)
7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

Block Diagram ในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการต่อร่วมกันขององค์ประกอบหลักทั้ง 7 ภายในเครื่องโทรศัพท์



รูปที่ 1 แสดง block diagram ของเครื่องรับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูดหูฟัง(Handset)ของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนส่งจะมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ (Switching center) แต่สำหรับส่วนรับ มีหน้า ที่เปลี่ยนสัญญาณ ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบ ด้วย สัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิทชิ่ง เซ็นเตอร์ และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

สำหรับ Speech Network จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่ง และรับภายใน เครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่างสวิทชิ่งเซ็นเตอร์ และเครื่องรับ โทรศัพท์ อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้

ชุดสวิทซ์มีอยู่ 2 สภาวะ คือ ออน-ฮุค หรือ ออฟ-ฮุค ทั้ง 2 ภาวะนี้ขึ้น อยู่กับว่าสัญญาณว่าง(Idle) หรือใช้งาน(Busy) ตามลำดับในสภาวะออฟ-ฮุค ปรกติ จะ ทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหูเมื่อยกหูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิทชิ่งเซ็นเตอร์รับรู้ว่า อยู่ใน ออฟ-ฮุค สวิทชิ่งเซนเตอร์จะปิดกันสัญญาณกระดิ่ง(Ringing Signal) และเตรียมรับสัญญาณ แมวกรน (Dial Signal) ฮุคสวิทซ์จะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสภาวะออน-ฮุค และต่อสายโทรศัพท์กับสปีช เนทเวิร์คในสภาวะออฟ-ฮุค

ในสภาวะออฟ-ฮุค วงจรโทรศัพท์จะรับ DC Bias จาก Power Supply ที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ ส่วนสภาวะออน-ฮุคจะปรากฏสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าประมาณ 80 Vrms และ 20-30 Hz ซึ่งปรกติจะถูกสร้างสัญญาณขึ้น ที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์และ ถูกส่งมาทำให้กระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ทำงาน

มีอยู่ 2 วิธีที่จะใช้ส่งไดอัลไปที่สวิทชิ่ง เซนเตอร์ คือ

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

ไดอัลแบบหมุน (Rotary-type Dialers)จะสร้างพัลซ์ส่งไปตามสายและพัลซ์จะถูกส่งไปและนับที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ Tone Dialer จะสร้างเสียงที่เกิดจากการร่วมกัน ของความถี่ที่ แตกต่างกัน

สวิทชิ่งเซ็นเตอร์สำหรับผู้ใช้โทรศัพท์ก็คือ Central office ซึ่ง Central office นี้จะต่อรวมเป็นกลุ่มในเขตหรือเส้นทางเพื่อความเหมาะสมของสวิทชิ่ง เซ็นทรัล เราต้องจัด ลำดับของ switching center ในการต่อร่วมกันของ central center ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งรวมไปถึงการต่อร่วมกันระหว่างผู้ใช้กับผู้เรียก ซึ่งปกติจะเลือกเส้นทาง ผ่านลำดับของ Toll Trunk ที่ต่ำที่สุดระหว่างเครื่องโทรศัพท์และ Central office อาจมีรีโมทคอนเซนเตเตอร์และตู้ชุมสายส่วนตัว (PBXs) คอนเซ็นเตเตอร์มีหน้าที่ลดการเชื่อมต่อระหว่างทุกๆ คู่สายกับ Central office โดยวิธีการ multiplexing และรูปแบบของ Trunk sharing

ตู้ชุมสายสาขาส่วนตัวทำหน้าที่เหมือนสวิทชิ่ง เซนเตอร์ สำหรับผู้ใช้โทรศัพท์ กลุ่มย่อย เช่น ภายในสำนักงานธุรกิจจะมีตู้ไว้สำหรับใช้ในบริษัท ซึ่งตู้นี้จะต่อกับ central office โดยผ่าน analog หรือ Digital trunks

เครื่องโทรศัพท์หน้าปัดแบบกดปุ่ม (Push-Button Dial Telephone Set)

1.ระบบหน้าปัดแบบกดปุ่ม

ในระบบสวิทช์ สัญญาณเรียกของผู้เช่า (subscriber's address signal) เป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัดเพื่อให้แผงสวิทช์ทำงาน

จากการพัฒนาด้านแผงสวิทช์อิเลคทรอนิคส์ เราจึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ (multi-frequency signal system) ขึ้น ระบบนี้มีลักษณะดังนี้

(1).เวลาของการหมุนของหมายเลขได้ลดลงมาก

(2)การหมุนหมายเลขง่ายกว่า

(3)สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลขเพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นได้ด้วย

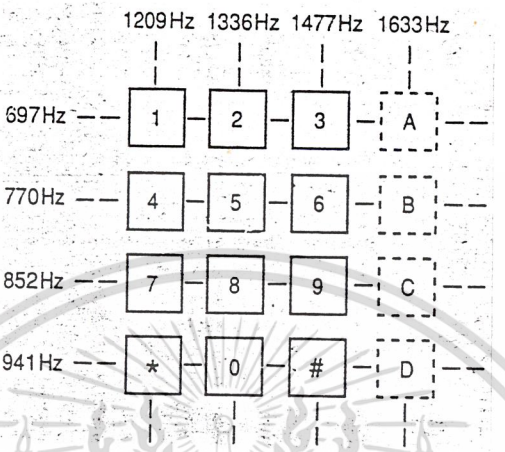
(4)เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง(voice frequency signal) ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานี ได้และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง

2.ระบบสัญญาณ

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดเป็นแบบกดปุ่มและใช้กรรมวิธีของ Dual Tone MultiFrequency (DTMF) ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัดจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 rows และ 3 columns และในเครื่องโทรศัพท์บางแบบอาจจะมีปุ่มถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่ม column ที่ 4 ขึ้นมาอีก ดังแสดงตามรูปที่ 2

ความถี่ที่ใช้ในแต่ละ row และ column จะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 rows เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่ของความถี่สูง การกดปุ่มที่เลขหมายใด ๆ จะทำให้วงจรอิเลคทรอนิคส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิตออกมาคือ 770 Hz และ 1336 Hz เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ

ความถี่ (Hz)		กลุ่มความถี่สูง (K_j)		
		H_1 1,209 (11-15)	H_2 1,336 (11-14)	H_3 1,477 (11-13)
กลุ่มความถี่ต่ำ (K_i)	L_1 697 (1-5)	1	2	3
	L_2 770 (1-4)	4	5	6
	L_3 852 (1-3)	7	8	9
	L_4 941 (1-2)		0	

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสัญญาณและระบบปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม (DTMF DIALING) คือ

1) สามารถลดเวลาในการหมุนหมายเลขลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้ง (holding time) ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ traffic ได้มากขึ้น

2) สามารถใช้วงจรทาง solid state electronic ทนอุปกรณ์ทางด้าน mechanic จึงทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งเลขหมาย

3) สามารถเพิ่มปุ่มกดขึ้นได้อีก 4 ปุ่ม (Column ที่ 4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

4) มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ stored program control

2.สัญญาณพื้นฐานขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

สัญญาณสมาชิก (Subsriber Signal) สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งต่อสภาวะต่างๆ ว่าควรจะทำอย่างไร เมื่อได้ยินสัญญาณนั้นประกอบด้วย

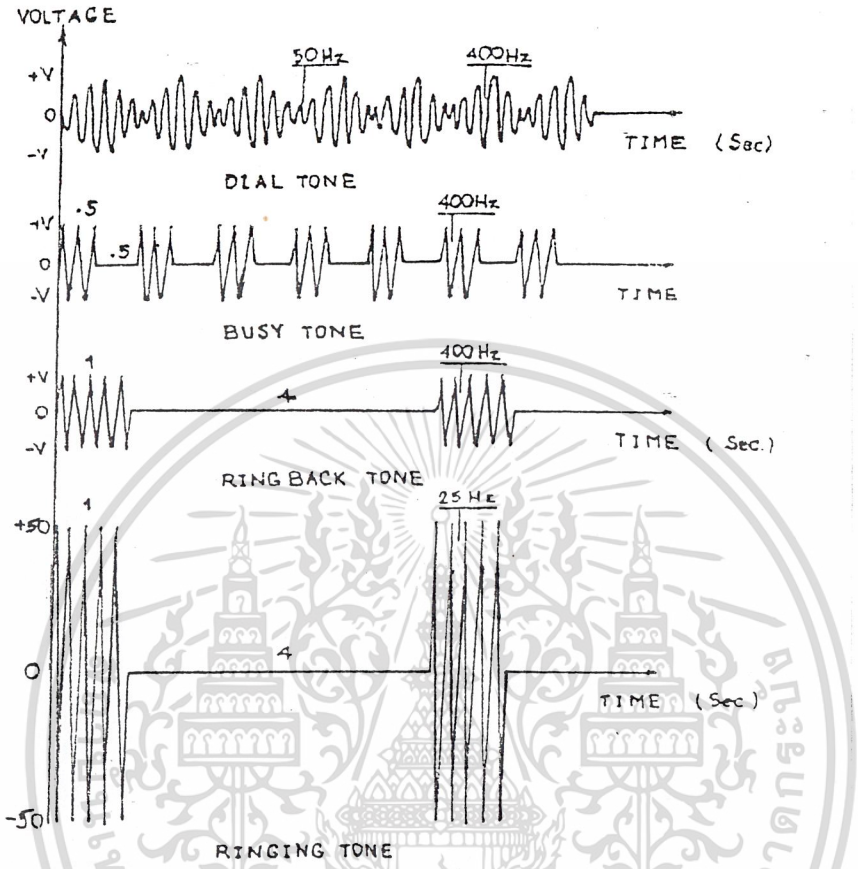
1.สัญญาณให้หมุน (DT : Dial Tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกรู้ว่าให้กดปุ่มเลขหมายผู้รับได้ เป็นสัญญาณต่อเนื่อง 400 Hz modulated ด้วยความถี่ประมาณ 50 Hz แบบ AM

2.สัญญาณไม่ว่าง (BT : Busy Tone) ใช้เพื่อเตือนผู้เรียกว่าผู้รับไม่ว่าง ควร วางหูก่อนสักระยะหนึ่ง แล้วจึงเริ่มเรียกใหม่ เป็นสัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาของการส่งประมาณ 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

3.สัญญาณเรียกกลับ (RBT : Ring Back Tone) ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จแจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าเรียกสำเร็จเป็น สัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที เงียบประมาณ 4 วินาที

4.สัญญาณกริ่งเรียก (RGT : Ringing Tone) ใ ช้เมื่อมีการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของ ผู้เรียกมายังผู้รับ เ ครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่ง เรียกผู้รับมาตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 25 Hz ช่วงเวลาการส่งและเงียบเช่นเดียวกับ สัญญาณเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

2.1.ระบบการต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์และสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์

-ระบบต่อด้านผู้เรียก

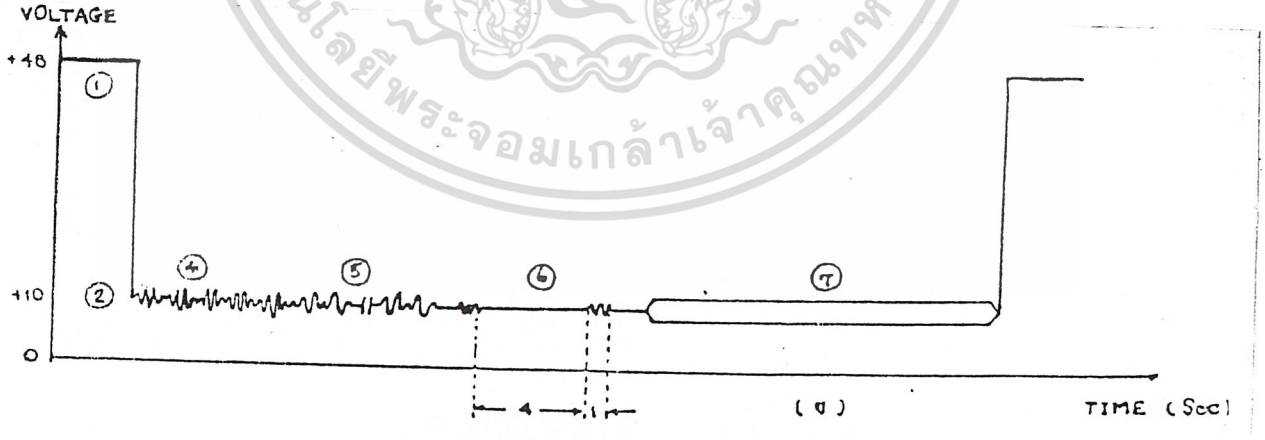
เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้นเพื่อจะทำการเรียกจะทำให้ DC Voltage ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลท์ เป็น 10 โวลท์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเป็นการเริ่มต้น การเรียกก็จะส่งสัญญาณ ให้หมุนไปยังผู้เรียก (ถ้าไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียกทำให้ผู้เรียกวางหูและเริ่มทำการเรียกใหม่) เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน ก็จะ ทำการกดหมายเลขของผู้รับปลายทางเป็นสัญญาณ ดีทีเอ็มเอ็ฟ วงจรคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะทำการแปรรหัสและปฏิบัติการ พร้อมกันนั้นเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะตัดสัญญาณให้ หมุนทันทีที่สัญญาณดีทีเอมเอฟ ที่กดหมายเลขตัวแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์รับหมายเลขของผู้รับ ก็จะทำการแปรตัวเลขระบุ จากปลายทางจากรหัสชุมสายที่กดหมายเลขมา เมื่อรู้ตำแหน่งของผู้รับแล้ว เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะจองผ่านระหว่างผู้เรียกและผู้รับ แล้วส่งสัญญาณกริ่งเรียกกลับไปยังผู้เรียกและในขณะเดียวกันวงจรคู่สายส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังผู้รับ

เมื่อผู้รับมาตอบรับการเรียก สัญญาณตอบรับจะถูกส่งไปยังเครื่อง ชุมสายโทรศัพท์จะทำการตัดสัญญาณกริ่งเรียกด้านผู้รับและยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้เรียก และทำให้ผ่านระหว่าง RBT และผู้เรียกว่าง ขณะเดียวกันก็จะสร้างทางผ่านด้านผู้รับการสนทนา จึงสามารถเริ่มต้นได้

รูปที่ 4 แสดงผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ

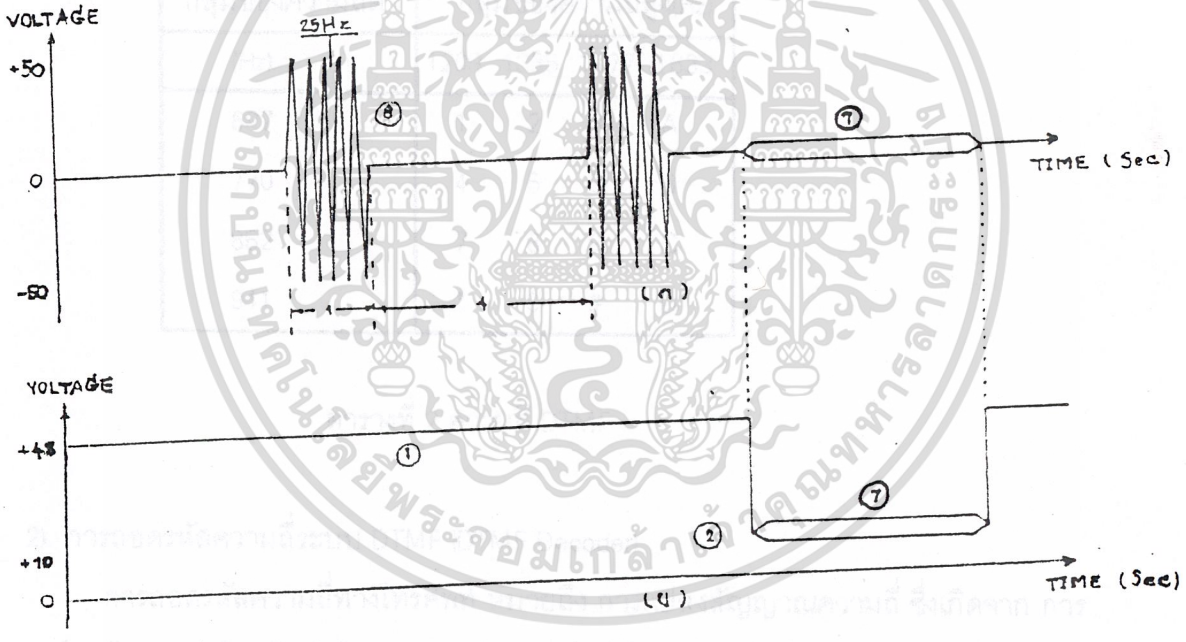


รูปที่ 5 แสดงผู้เรียกทำการเรียกผู้รับสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบการเรียกด้านผู้รับ

เมื่อผู้รับถูกเรียกจากผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียก ขนาด 100 V_{AC} ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับ ดังรูปที่ 5 (ก) เมื่อผู้รับตอบการ เรียกจะทำให้ DC VOLTAGE เปลี่ยนจาก 48 V เป็น 10 V ทำให้วงจรคู่สายตัดสัญญาณกริ่งเรียกระหว่างผู้เรียกกับผู้รับ การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ ดังรูปที่ 5 (ข) สถานะวางหูของผู้เรียก จะเลือกทางเสียงผู้พูดผ่านและทำให้ผู้รับวางหูตาม วงจรคู่สายจะตรวจรู้ว่าเป็นการเลิกสนทนาติดต่อ



รูปที่ 6 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก

ก) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน AC

ข) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ระบบ DTMF

1) การเข้ารหัสความถี่ระบบ DTMF (Dual Tone Multi-Frequency encoder)

ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF นี้จะใช้การส่งสัญญาณไปบนสายส่ง ของระบบโทรศัพท์ ระบบ DTMF มีข้อดีเหนือระบบพัลซ์อยู่หลายอย่าง เช่น หมุนโทรศัพท์ได้รวดเร็วกว่า และสามารถที่ จะส่งสัญญาณไปบนสายส่งเสียงระดับใดๆ ก็ได้ วิธีนี้เป็นการส่งสัญญาณแถบ ความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 16 ค่า โดยแต่ละค่าประกอบด้วยสัญญาณคลื่นรูปซายน์ (sine wave) 2 แบบ แบบหนึ่งมาจากกลุ่มความถี่ต่ำ(low group frequency) และอีกแบบหนึ่งมาจากกลุ่มความถี่สูง(high group frequency) ลักษณะของความถี่ระบบ DTMF แสดงได้ดังตาราง ที่ 1

กลุ่มของความถี่ต่ำ	กลุ่มของความถี่สูง(Hz)			
(Hz)	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

ตารางที่ 2 ความถี่ DTMF

2). การถอดรหัสความถี่ระบบ DTMF (DTMF Decoder)

การถอดรหัสความถี่ทางโทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ ซึ่งเกิดจาก การกดปุ่ม ตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด TONE หรือ DTMF) ให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอล เพื่อนำไปใช้กับระบบดิจิตอล

ข้อกำหนดต่างๆ ที่จำเป็น เพื่อที่จะไม่ทำให้การถอดรหัสสัญญาณ DTMF เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งผู้ออกแบบวงจรจะต้องคำนึงถึงเสมอ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 วงจรจะยังคงสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน+2% และจะไม่ยอมให้สัญญาณ ที่มีค่าเบี่ยงเบนมากกว่า +3% จากค่ามาตรฐาน ผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033238

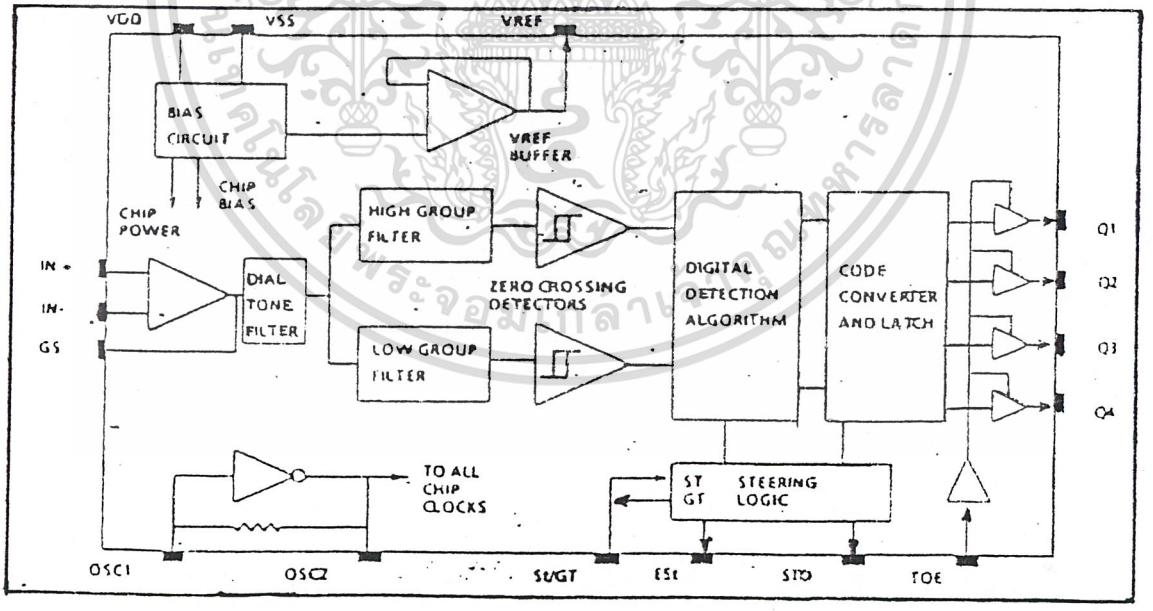
2.2 วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

2.3 วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

2.4 วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 dB ได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง2 ความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF มีแอมปลิจูดแตกต่างกันมากกว่า 6 dB

2.5 วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลาไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูด หรือมีสัญญาณ รบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรถอดรหัส ก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

ไอซี MT8870 สามารถใช้เป็นตัวรับ และแปลงความถี่โทรศัพท์เป็นเลขไบนารี่ขนาด 4 บิท ได้ โดยมีส่วนต่างๆ และการทำงานดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงการทำงานของการถอดรหัส DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีสัญญาณ DTMFเข้ามา จะผ่านวงจรกรองความถี่ แล้วแยกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำ แล้วจึงผ่านวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล ถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขไบนารี่ขนาด 4 บิท และสัญญาณกระตุ้น (steering delay) รวมทั้งตรวจสอบช่วงเวลา ที่สัญญาณเข้ามาให้ถูกต้อง ในส่วนของภาคอินพุทของออปแอมป์ จะสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ส่วนภาคเอาท์พุทเป็นวงจรแลทช์ซึ่งจะคงค่าที่สถานะ tri-state เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลออกจนกว่าจะมีสัญญาณมาสั่ง จึงนำเอาข้อมูลที่แปลงได้ส่งออกมาที่เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ระบบชุมสายโทรศัพท์ขนาดย่อย

ระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ตั้งใจจะพัฒนาขึ้นนี้นั้นจะเป็นแบบ Digital Speech Path คือมีการแบ่งเวลาในช่องทางเดินเสียงแบบDigital โดยใช้หลักการของ TDM (Time Division Multiplex)

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

สำหรับฐานเวลาในส่วน Speech Path จะใช้ฐานเวลาเดียวกัน ในการควบคุม Multiplexer , A/D, RAM Control Speech Path โดยเมื่อ Multiplexer รับสัญญาณเข้ามาในแต่ละช่องโทรศัพท์ จะถูกแปลงโดย A/D ในช่วงนั้นๆ แล้วส่งไปยัง Speech Path เพื่อ Latch ข้อมูลไว้จนกว่าจะมีการควบคุมจาก Ram Control Speech อีกที จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยัง D/A เพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณเสียงและทำการส่งต่อไปยังโทรศัพท์อีกทีหนึ่ง

ตัวบอร์ดซีพียู จะมีการส่งข้อมูลออก พอร์ต เพื่อไป Control สัญญาณเสียงที่สร้างขึ้นใน Tone Gen (Dial,Busy,Ringback) โดยผ่านส่วน Tone Control เพื่อส่งสัญญาณ Tone ที่ต้องการให้กับโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการ

สำหรับ Block Diagram ของ PABX ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

อธิบายหลักการทำงานของรูปที่ 2.1

-**ส่วน CPU** จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาด 8 บิต ทำงานผ่าน Input/Output Port เป็นส่วนประมวลผล

-**Telephone Interface** ใช้ไอซี Telephone Speech Network Interface Circuit แปลงสัญญาณที่มาจากองค์การโทรศัพท์ 2 สาย คือ Tip กับ Ring ให้เป็นสัญญาณ Transmit-Ground , Receive-Ground 4 เส้นด้วยกัน

-**Telephone Detect Ringing** เป็นส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกจากคู่สายภายนอกโดยได้ ใช้ไอซี 34012 เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-**SLIC (Subscriber Loop Interface Circuit)** เป็นส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน โดยการแปลงสัญญาณ Tip/Ring ให้เป็นสัญญาณ Transmit/Recieve เทียบกับ Ground และยังทำหน้าที่ในการจ่ายไฟเลี้ยงกระแสตรงให้แก่โทรศัพท์อีกด้วย

-**Analog Multiplexer** จะรับสัญญาณเสียงจากแต่ละช่องที่มาจากภาคส่งของส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในกับภายนอก มาจัดเวลาแล้วส่งออกไปเป็นรูปของขบวนสัญญาณ แต่ละช่องเรียงไปในคาบเวลาหนึ่ง โดยใช้อัตราการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม

-**Analog to Digital** ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียง (Analog) ที่ผ่านการแบ่งช่วงเวลาแล้วให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 7 บิท

-**Latch** จะเป็นตัวนำข้อมูลเข้าให้ถูกช่องของแต่ละเครื่องโทรศัพท์ และเก็บข้อมูลไว้ระยะหนึ่ง

-**Digital to Analog** ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามาช่องตัวเองให้เป็นสัญญาณอนาลอก

-DPDT เป็นตัวเลือกการเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณโทรศัพท์กับเสียงพูดว่าจะให้สัญญาณใดต่อเข้าสู่ภาครับของส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ทั้งภายในและภายนอก และสัญญาณก็จะถูกส่งผ่านไปยังหูฟังของโทรศัพท์ได้

-**ส่วนควบคุมและนับเวลา (Clock,Counter)** นับเวลาเป็นฐาน 2 จำนวน 3 บิทเพื่อเป็นแอดเดรสในการจัดเวลา

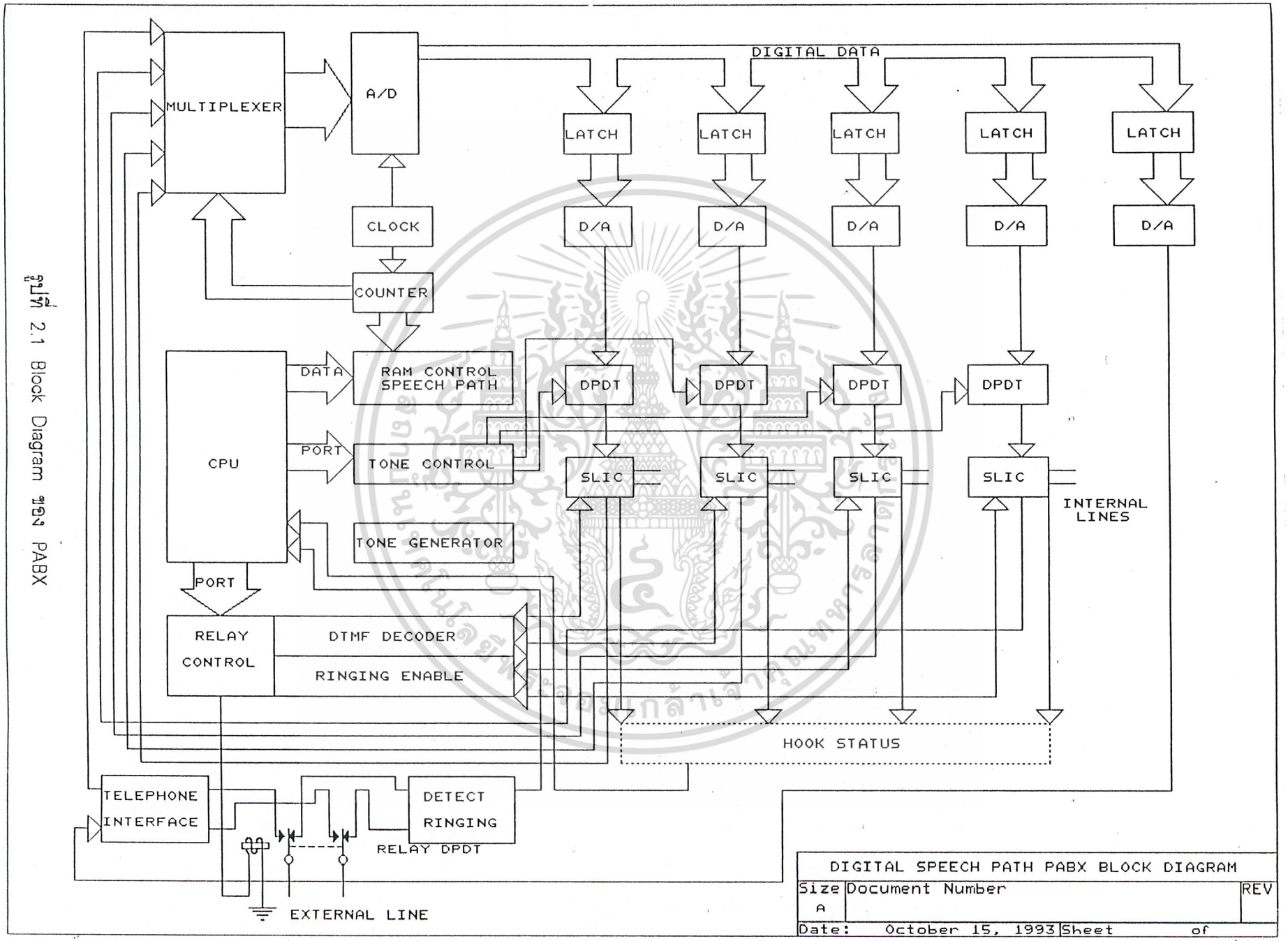
-**Tone Generater** เป็นส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ต่างๆ (Busy,Dial,Ringing,Ringback) ไปยังส่วน Tone Control

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

-**Relay Control** ควบคุม Relay ให้เชื่อมต่อคู่สายภายนอกกับระบบชุมสายย่อย

-**DTMF (Dial Tone Multi Frequency) Decoder** เป็นส่วนรับสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์และแปลงความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มให้เป็นเลขฐานสอง ส่งไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์รับรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 Block Diagram ของ PABX

บทที่ 3 หลักการทำงานและการออกแบบวงจร

ในเทอมนี้ ได้ออกแบบและพัฒนาในส่วนที่เป็น ฮาร์ดแวร์ที่ติดต่อกับโทรศัพท์ โดยแบ่งการทำงานเป็นส่วนๆได้ดังนี้

1. ส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน (SLIC)

ในวงจรส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายในระบบชุมสายย่อย ใช้ไอซีเบอร์ MC 3419 โดยสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานของวงจรในส่วนนี้ได้เป็นดังนี้

1.1 เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณ 2 สาย (2 Wire Differential) ในส่วนของเครื่องผู้ใช้ เป็น 4 สาย (4 Wire Single end) เป็นวงจรประเภทไฮบริด (Hybrid Circuit) เพื่อนำเอาสัญญาณ 4 สายมาใช้ติดต่อกันภายในระบบ เป็นแบบส่งสัญญาณระหว่างวงจรสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) ในไอซีเบอร์นี้มีวงจรอยู่ภายในอยู่แล้ว เพียงแต่ต่ออุปกรณ์ภายนอกอีกเล็กน้อยก็จะได้วงจรไฮบริดอย่างสมบูรณ์ โดยค่า Transhybrid Transmision Gain ถูกกำหนดโดย R_{tx} สำหรับการรับส่งสัญญาณสามารถเพิ่มหรือลดสัญญาณเข้ามา โดยการปรับ R_{rx} (Transhybrid Reception Gain Resistance) และปรับสัญญาณที่ส่งออกโดยปรับ R_{tx} (Transhybrid Transmision Resistance) ที่ขา RXI และ TXO ตามลำดับ

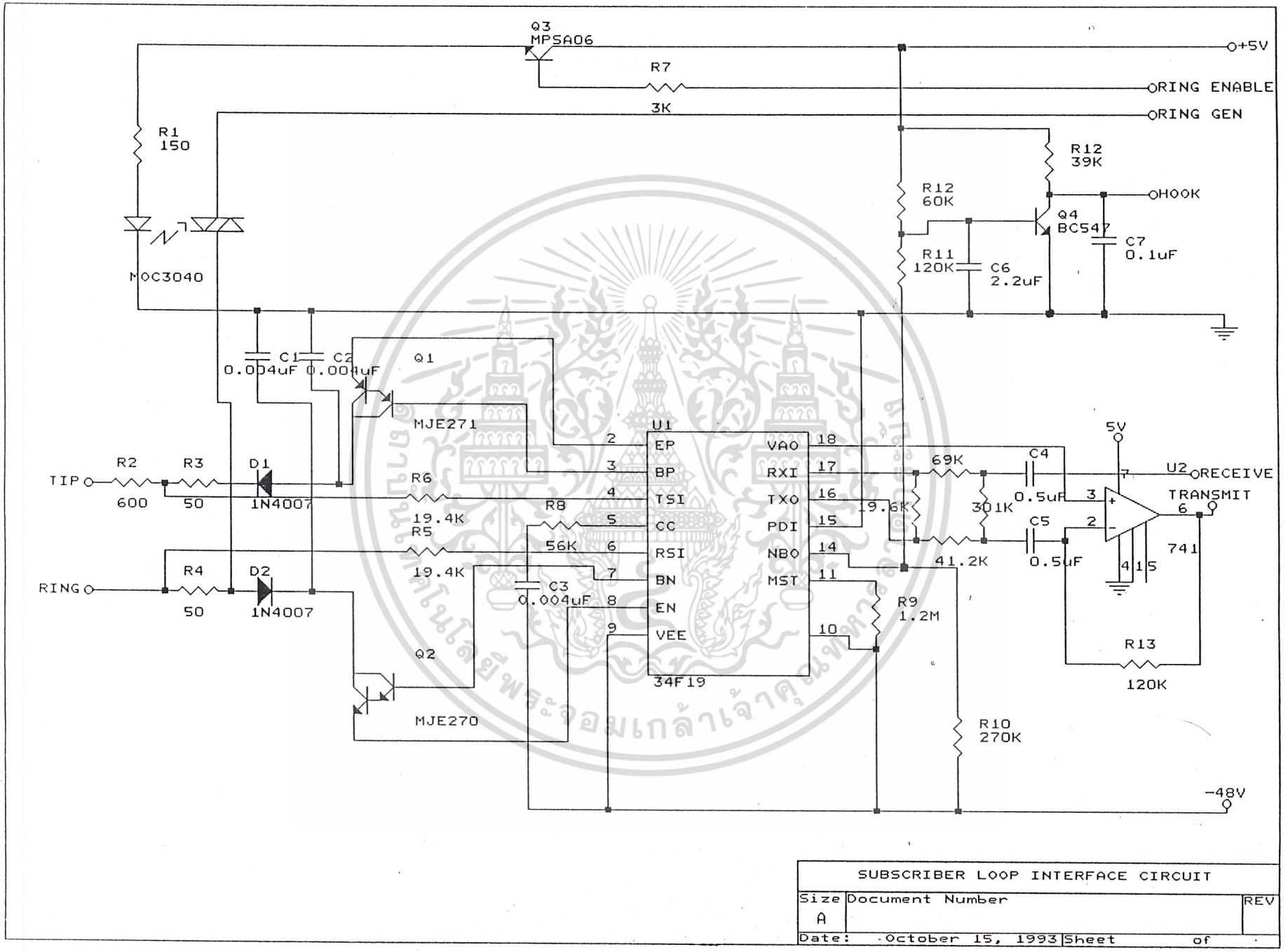
1.2 เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับคู่สายโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นเพื่อใช้งานโดยกระแสจะถูกขับโดยทรานซิสเตอร์ ดาร์ลิงตัน (Darington Transistor)ที่ต่ออยู่กับขา EP,BP,BN,EN

นอกจากนี้ไอซีตัวนี้ยังแสดงสถานะการยกหูเป็นลอจิก ให้รับทราบได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกกับขา HBO สถานะที่แสดงคือ

- เมื่อหูโทรศัพท์วางอยู่ สถานะฮุค (Hook Status) จะมีค่าลอจิกเป็น '1' มีแรงดันตกคร่อมคู่สายประมาณ 48 โวลต์
- เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สถานะฮุค จะมีลอจิกเป็น '0' มีแรงดันตกคร่อมคู่สายประมาณ 12 โวลต์

สำหรับการส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังเครื่องโทรศัพท์สามารถทำได้โดยให้ลอจิกควบคุมที่จุด Ringing Enable ซึ่งใช้ Opto Isolator เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ส่วนติดต่อวงจรสมาชิกโทรศัพท์ภายใน (Subscriber Loop Interface Circuit)

- ถ้าให้ลอจิก '1' ที่ Ringing Enable สัญญาณเรียก จะผ่านไปยังเครื่องโทรศัพท์ได้

- ถ้าให้ลอจิก '0' สัญญาณเรียก จะผ่านไปเครื่องไม่ได้ สัญญาณเรียกจากส่วนสร้างสัญญาณจะป้อนเข้าที่จุด Ringing Gen

2. ส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Generator)

ส่วนนี้มีหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งมีอยู่ 4 แบบ คือ

1.สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

บอกถึงสถานะพร้อมให้ผู้เรียกสามารถกดหมายเลขโทรศัพท์ออกได้ สัญญาณนี้จะมีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ซ

2. สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone)

บอกถึงสถานะที่ผู้เรียกสามารถต่อโทรศัพท์ถึงผู้ถูกเรียกได้แล้ว แต่ผู้ถูกเรียกยังไม่ได้รับสาย จะมีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ซ ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที

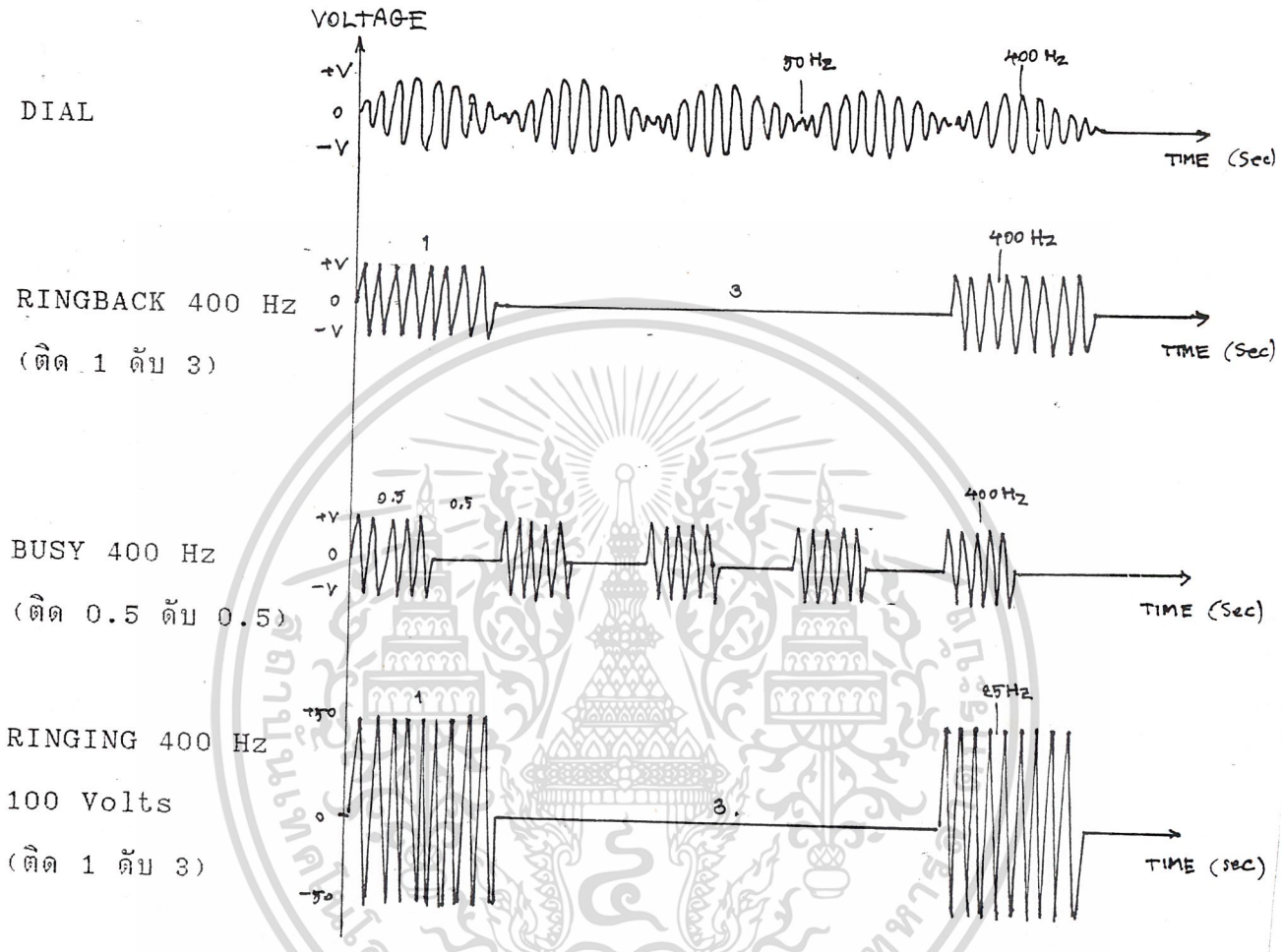
3. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

บอกถึงสถานะที่เมื่อติดต่อผู้ถูกเรียกแล้วสายของผู้ถูกเรียกไม่ว่างอยู่ สัญญาณนี้จะมีความถี่ 400 เฮิร์ซ ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที

4. สัญญาณเรียก(Ringing Tone)

เป็นสัญญาณที่ส่งไปเพื่อให้กระดิ่งโทรศัพท์ดังเมื่อมีการเรียกเข้ามา สัญญาณนี้จะมีความถี่ประมาณ 50 เฮิร์ซ ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที เข้าจังหวะกับการติดและดับของสัญญาณเรียกกลับ และมีระดับสัญญาณโวลเตจประมาณ 80 ถึง 120 โวลต์ **ลักษณะของสัญญาณแสดงดังรูปที่** 3.2

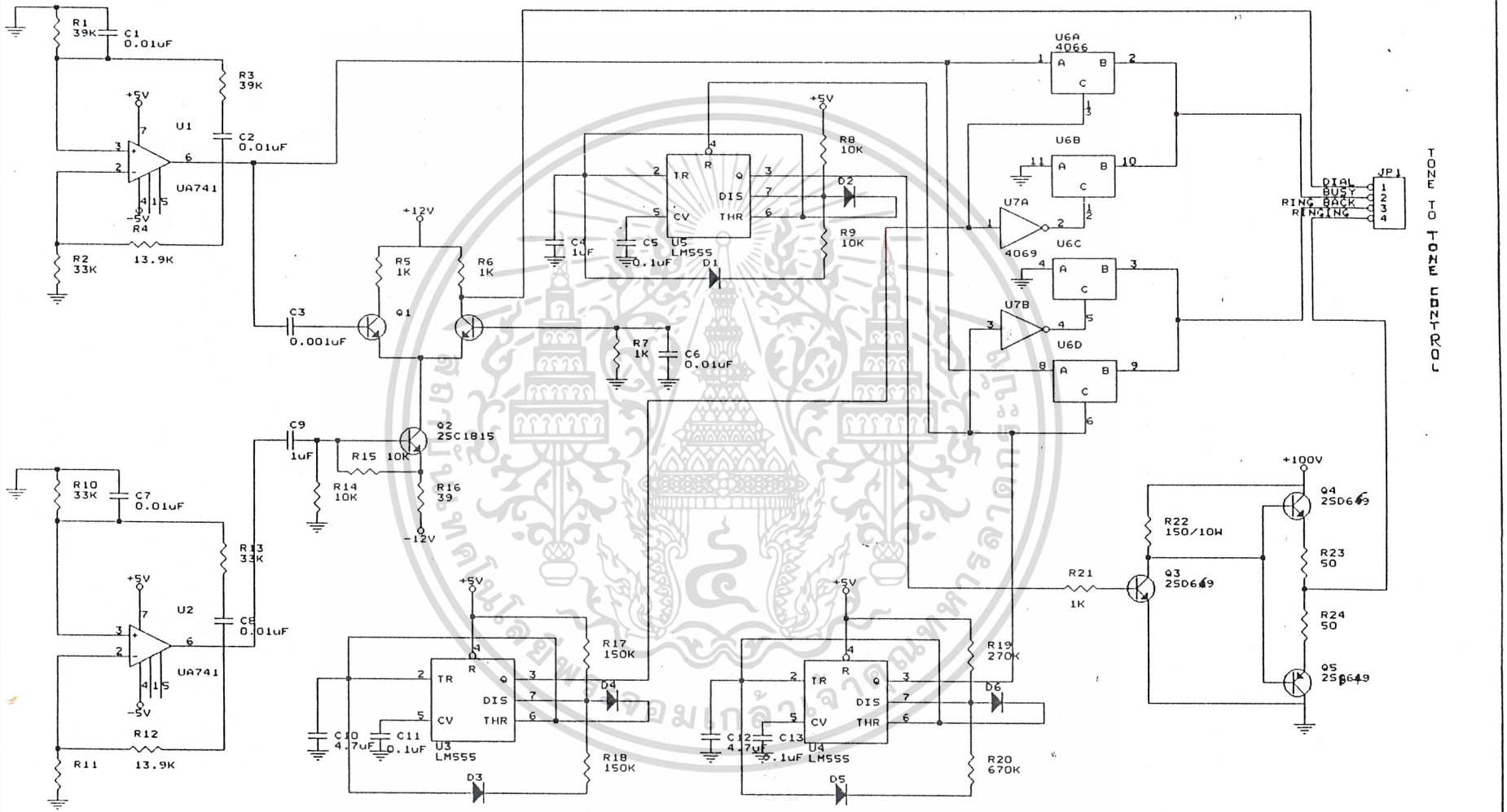
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 สัญญาณโทรศัพท์แต่ละสัญญาณ

ในส่วนของวงจรจะประกอบด้วย ส่วนกำเนิดสัญญาณไดอัล ซึ่งใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ 741 ต่อแบบวินบริดออสซิลเลเตอร์ (Wene Bridge Oscillator) จำนวน 2 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะให้กำเนิดสัญญาณซึ่งมีความถี่ต่างกันเล็กน้อยคือ 395 และ 405 เฮิร์ซ จากสัญญาณสองค่านี้จะนำมาผ่านวงจรมิกเซอร์ ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 1583 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์(Differential Amplifier) ภายในและทรานซิสเตอร์เบอร์ 1815 เป็นส่วนกระแสคงที่ สัญญาณซึ่งผ่านการผสมจะได้สัญญาณเป็นรูปไซน์ ซึ่งมีความถี่รวมกัน 2 ความถี่ สัญญาณ Busy จะได้จากการนำเอาสัญญาณ 1 เฮิร์ซซึ่งได้จากไอซีเบอร์ 555 มาควบคุมการปิดเปิดอนาลอกเบอร์ 4066 ซึ่งจะให้สัญญาณ 400 เฮิร์ซผ่านหรือไม่ผ่าน สัญญาณ Ringing จะได้จากการนำเอาสัญญาณ 0.25 เฮิร์ซ ซึ่งได้จากไอซีเบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่มา: ห้องสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาควบคุมการปิดเปิดอนาลอกสวิตซ์เบอร์ 4066 ซึ่งจะให้สัญญาณ 400 เฮิร์ซ ผ่านหรือไม่ผ่านเช่นกัน สำหรับอินเวอร์เตอร์เบอร์ 7404 จะนำมาใช้เมื่อกรณีจังหวะที่สัญญาณควบคุม (1 เฮิร์ซ หรือ 0.25 เฮิร์ซ) หารปิดเปิดสวิทซ์อนาลอกเป็นค่า '0' จะทำให้สวิทซ์เปิดไม่ให้สัญญาณ 400 เฮิร์ซ ผ่าน แต่ขณะนี้สัญญาณที่เอาพุทต์จะเป็นสัญญาณรบกวนแทน ดังนั้นในจังหวะนี้จะต้องให้เอาท์พุทเป็นกราวด์ ดังนั้นจึงต้องใช้อินเวตเตอร์เบอร์ 7404 มากลับสัญญาณควบคุม คือในจังหวะที่สัญญาณควบคุมเป็น '1' จะให้สัญญาณ 400 เฮิร์ซ ผ่าน แต่เมื่อเป็น '0' จะให้สัญญาณกราวด์ผ่านแทน ในส่วนสัญญาณ Ringing จะได้จากไอซีเบอร์ 555 กำเนิดสัญญาณพัลซ์ 50 เฮิร์ซ ผ่านเข้าอนาลอกสวิทซ์เบอร์ 4066 ซึ่งมีสัญญาณ 0.25 เฮิร์ซ มาควบคุมการปิดเปิด สัญญาณที่ได้นี้ จะนำไปผ่านวงจรขยายดาลิงตันคลาส เอ ซึ่งจะขยายให้ได้ สัญญาณ 100 โวลต์ วงจรขยายนี้จะประกอบไปด้วย ทรานซิสเตอร์เบอร์ 668,669,648 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ที่ทนกระแสได้สูง

3. ส่วนถอดรหัสความถี่สัญญาณ (DTMF)

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ ซึ่งเป็นความถี่ผสมที่เกิดจากการกดปุ่มของตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม ให้เป็นตัวเลขทางดิจิตอล ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับวงจรส่วนควบคุมต่อไปได้

สำหรับวงจรถอดรหัสความถี่สัญญาณโทรศัพท์ในโครงงานนี้ ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ แปลงความถี่โทรศัพท์ ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต ตามค่าความถี่ที่เกิดขึ้น จากการกดปุ่มหมายเลขต่างๆ ของโทรศัพท์ ดังแสดงค่าที่ถอดรหัสได้ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F_{low}	F_{high}	หมายเลข	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
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	1209	0	H	1	0	1	0
941	1336	*	H	1	0	1	1
941	1477	A	H	1	1	0	0
697	1633	B	H	1	1	0	1
770	1633	C	H	1	1	1	0
825	1633	D	H	1	1	1	1
941	1633	Any	H	0	0		
•	•		L	Z	Z	Z	Z

หมายเหตุ

Z หมายถึง สภาพความต้านทานสูง (High Impedance)

F_{low} คือ ช่วงความถี่ต่ำ

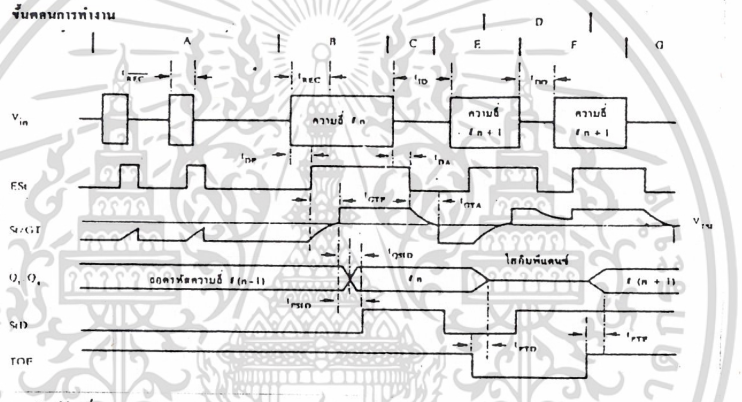
F_{high} คือ ช่วงความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์มีหลักการดังนี้

ไอซี MT8870 จะทำการแยกสัญญาณความถี่ที่เข้ามาทางอินพุตออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่ และทำการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้ความถี่อื่นผสมเข้ามาด้วยนอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดไว้หรือไม่โดยตรวจสอบระยะเวลา การกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงระยะเวลาพอสมควร มิฉะนั้นไอซีจะไม่รับสัญญาณความถี่ที่ถูกกดนั้นมาถอดรหัสเนื่องจากระยะเวลาของสัญญาณความถี่นั้นน้อยเกินไป

การทำงานของไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์สามารถเขียนอธิบายเป็น แผนภูมิโปรแกรมได้ดังนี้



อธิบายคำศัพท์

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

ESt - Early Sterring output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

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

Q_1-Q_4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

StD - Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

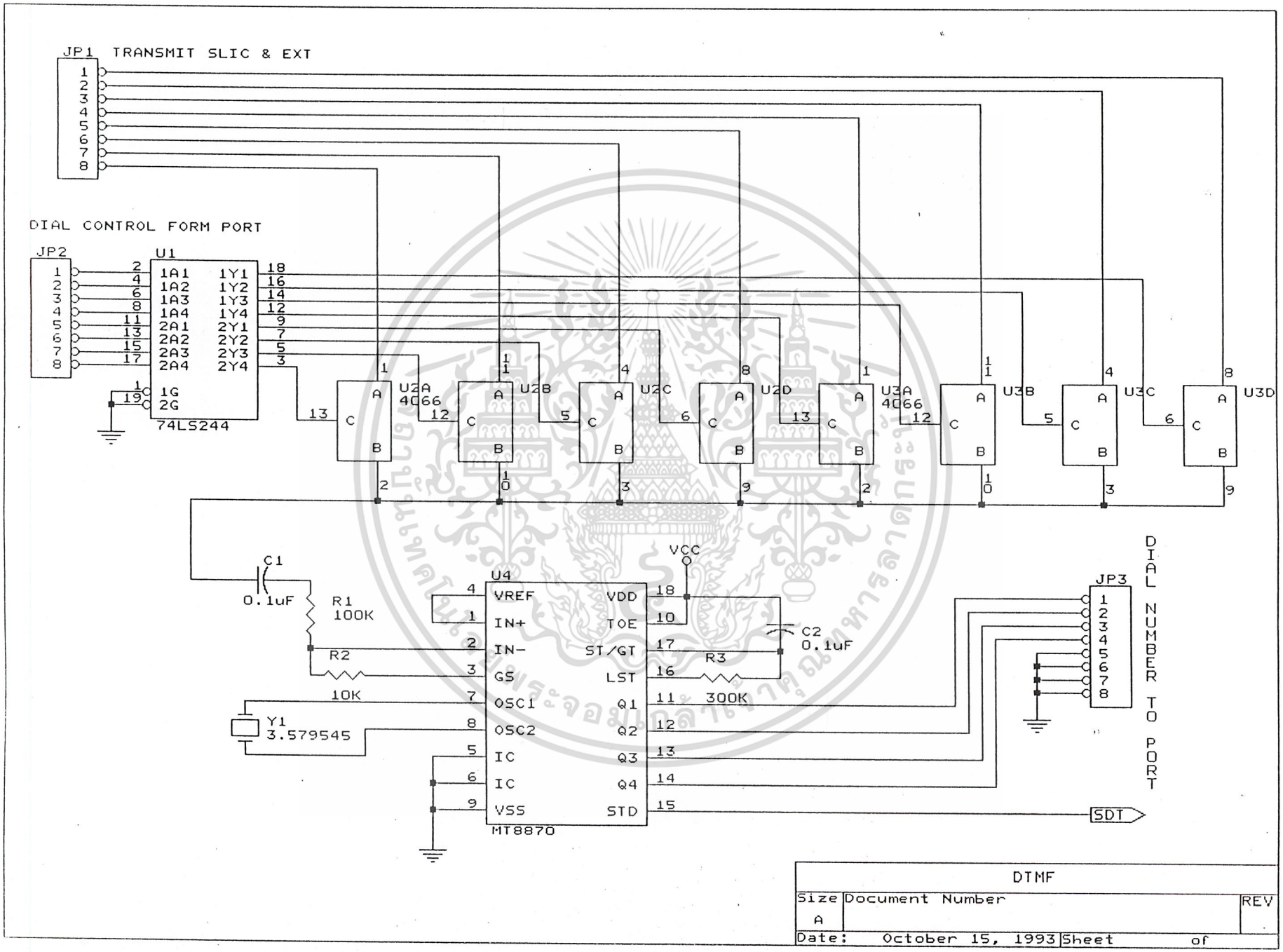
t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

รูปที่ 3.4 แผนภูมิโปรแกรมการทำงานของไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรภาคอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ (DTMF)

ช่วงเวลาที่หนึ่ง (A) สัญญาณที่ขา EST เป็นลอจิกสูงเนื่องจากตรวจพบว่ามีความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาหรือระยะเวลาที่เข้ามาไม่ถูกต้อง (คาบเวลาสั้นไป) จึงไม่ทำการถอดรหัสความถี่นี้ ดังนั้นเอาท์พุทไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ช่วงเวลาที่สอง (B) มีความถี่เข้ามาอีกครั้งหนึ่ง (ความถี่ n) ซึ่งมีคาบเวลาที่ถูกต้อง (เท่ากับ หรือมากกว่าเวลาที่การ์ดไทม์กำหนดไว้) ดังนั้นความถี่ที่เข้ามาใหม่นี้จะถูกถอดรหัสและแลทช์ไว้ที่เอาท์พุท

ช่วงเวลาที่สาม (C) หมดความถี่ n ตรวจสอบช่วงห่างว่าถูกต้อง เอาท์พุทยังคงถูกแลตช์ไว้จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

ช่วงเวลาที่สี่ (D) ความถี่ n+1 เข้ามาใหม่ สัญญาณที่ลอจิก EST เปลี่ยนเป็นลอจิกสูงอีกครั้งหนึ่ง

ช่วงเวลาที่ห้า(E) เอาท์พุตเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพความต้านทานสูง เนื่องจากการดิสเอเบิลเอาท์พุท (สัญญาณที่ TOE เป็นลอจิกต่ำ)

ช่วงเวลาที่หก (F) ความถี่ n+1 เข้ามาใหม่อย่างถูกต้อง และอีนาเบิ้ลเอาท์พุทแล้วจึงทำการถอดรหัสและแลตช์ไว้

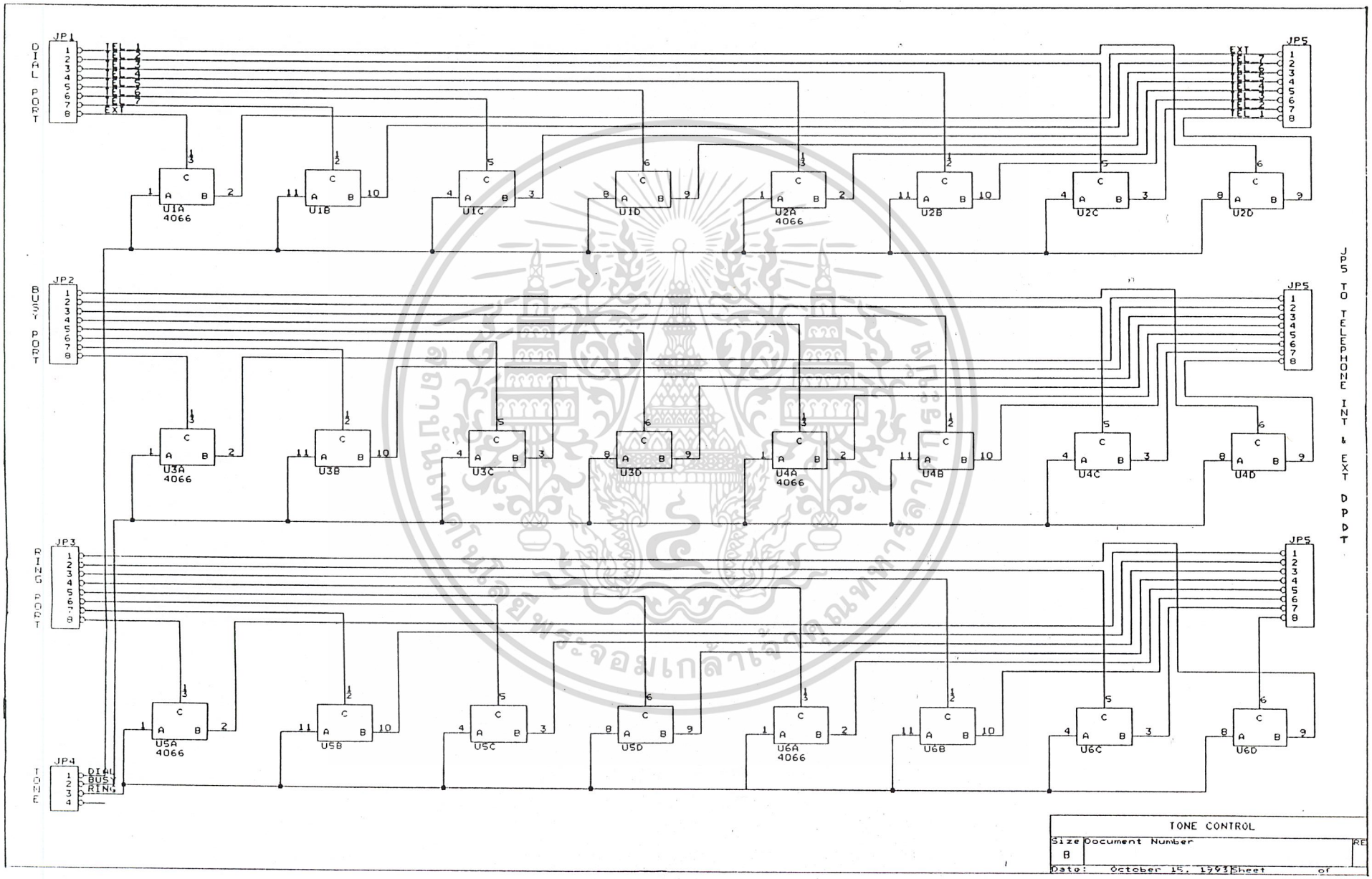
ช่วงเวลาที่เจ็ด (G) หมดความถี่ n+1 ช่วงเวลาห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังแลตช์อยู่จนกว่าจะมีความถี่ใหม่เข้ามา

4. ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Control)

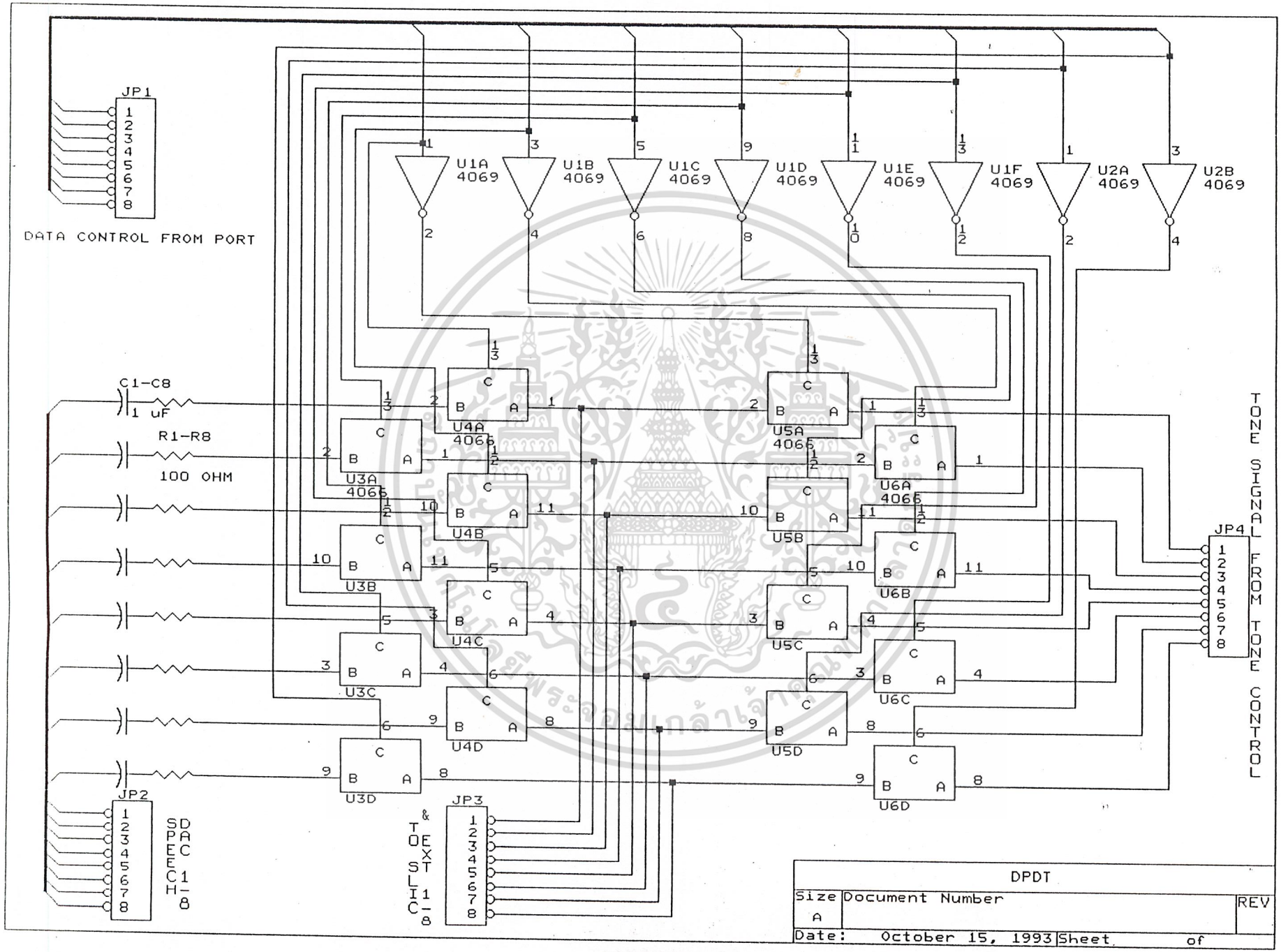
ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์นี้ มีหน้าที่ในการเลือกสัญญาณโทรศัพท์ คือ สัญญาณบิวซี่ , สัญญาณไดอัล,สัญญาณริงแบค ว่าจะให้สัญญาณใดผ่านเข้าไปยังส่วนสวิตช์ตัดต่อสัญญาณซึ่งการทำการควบคุมนี้จะได้รับคำสั่งมาจากพอร์ตของส่วนควบคุมระบบ ซึ่งจะเป็นสัญญาณ '0' หรือ '1' ในกรณีที่เป็นสัญญาณ '1' ก็จะยอมให้สัญญาณผ่านไปได้ แต่เมื่อเป็น '0' ก็จะไม่ยอมให้สัญญาณผ่าน

วงจรส่วนนี้จะประกอบไปด้วย ไอซีเบอร์ 4066 ซึ่งเป็นอนาลอกสวิตช์ซึ่งจะมีอินพุทเป็นสัญญาณโทรศัพท์ต่างๆ และเอาท์พุทต่อกับส่วนตัดต่อ ส่วนสัญญาณที่มาจากพอร์ทแต่ละบิทจะมาเข้าขาของอนาลอกสวิทช์ตรงช่องของสัญญาณ

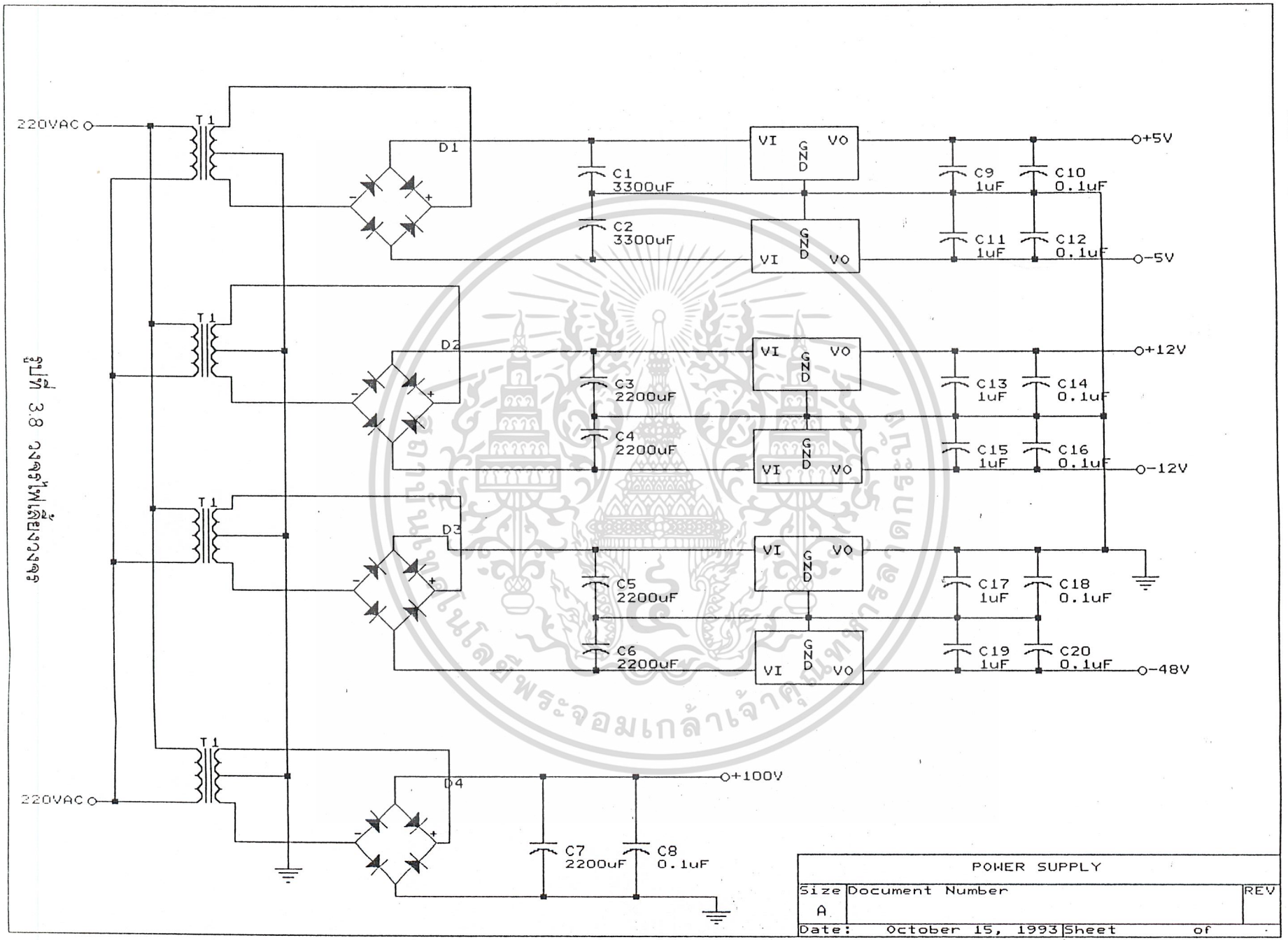
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมสัญญาณเสียง (Tone Control)



รูปที่ 3.7 วงจรสัญญาณโทน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ส่วนสวิตซ์ตัดต่อ (DPDT)

ส่วนสวิตซ์ตัดต่อนี้มีหน้าที่ในการเลือกสัญญาณระหว่างสัญญาณเสียงซึ่งมาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก กับสัญญาณโทรศัพท์ซึ่งมาจากส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ สัญญาณที่สวิตซ์ตัดต่อจะผ่านไปยังวงจรส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน

วงจรในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยไอซีที่สำคัญคือ ไอซีเบอร์ 4066 และ 4069 โดยไอซี 4066 จะเป็นสวิตซ์ตอนาลอกคอยตัดต่อสัญญาณให้ผ่านหรือไม่ผ่าน ส่วนไอซี 4069 จะเป็น Inverter สัญญาณควบคุมการตัดต่อจะมาจากพอร์ทจากวงจรควบคุมระบบโดยเมื่อสัญญาณเป็น '1' จะทำการตัดต่อให้สัญญาณผ่านไปยังวงจรส่วนติดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายในได้ แต่เมื่อเป็น '0' จะยอมให้สัญญาณโทรศัพท์ผ่านเข้าไปแทน

6. ส่วน Power Supply

ใช้สำหรับต่อไฟกระแสตรงต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในวงจร PABX ทั้งหมดนี้

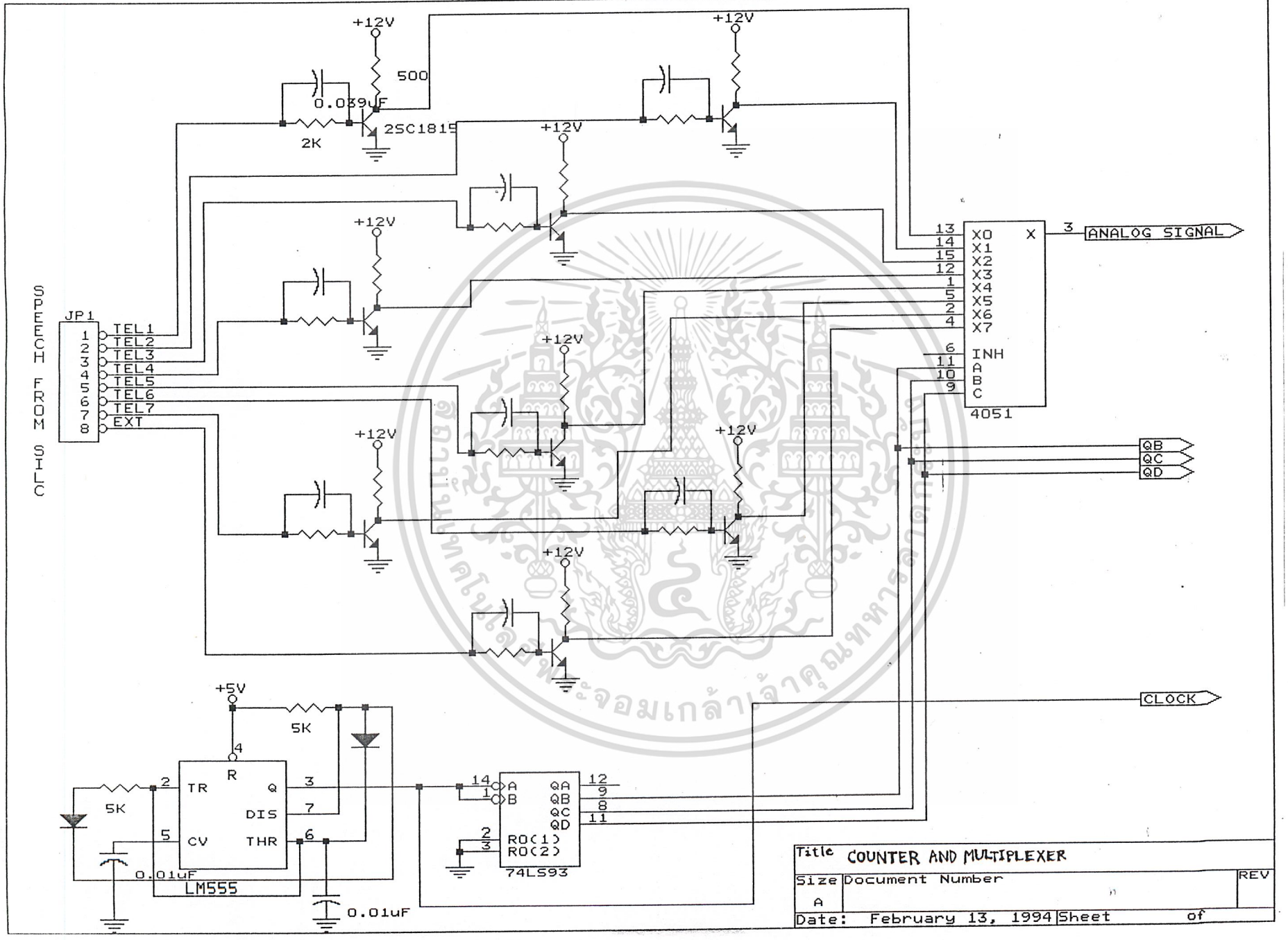
7. ส่วนSpeech Path

เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมในการติดต่อ เพื่อให้โทรศัพท์เครื่องใดสามารถคุยกับโทรศัพท์เครื่องอื่นๆ ได้อาศัยการควบคุมโดยการเขียนข้อมูลผ่าน Ram Control Speech Path(ดูรายละเอียดใน ภาคอธิบาย Software) ส่วนSpeechpath ใน PABX นี้ใช้วิธี การแบ่งสัญญาณตามหลักการ TDM (TIME DIVISION MULTIPLEX) และนำไปผ่าน วงจร A/D เพื่อแปลง Speech ที่เป็น Analog ให้เป็น Digital แล้ว Latch ค่าไว้ที่ Buffer แล้วรอการควบคุมจาก Ram เมื่ออ่านข้อมูลจาก Ram แล้วแสดงให้เปิด Buffer นั้นก็จะผ่านสัญญาณ ซึ่งเป็น Digital แปลงกลับให้เป็น Analog อีกครั้งเพื่อ ส่งให้กับ Slic โทรศัพท์ต่อไป

ในส่วนของ Hardware ส่วนนี้สามารถแบ่งย่อย ได้เป็น 3 ส่วนคือ

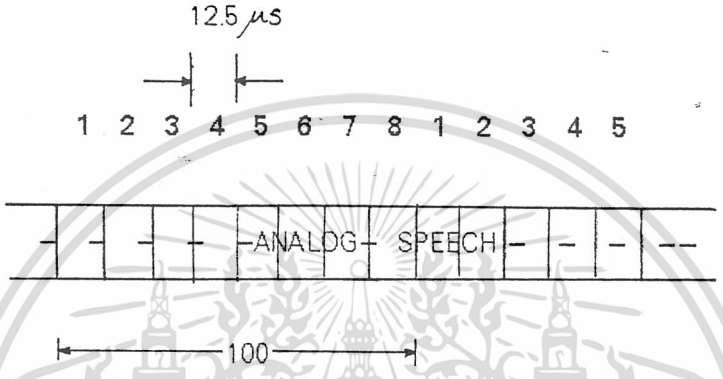
7.1 ส่วน Counter และ Multiplexer นี้จะเป็นส่วนที่สร้างความถี่ที่คงที่ เพื่ออ่านข้อมูลจาก Ram และ Multiplex สัญญาณให้ Synchronize กันและควบคุมการ Convert Data ของส่วน A/D ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรมัลติเพล็กซ์และเคาน์เตอร์

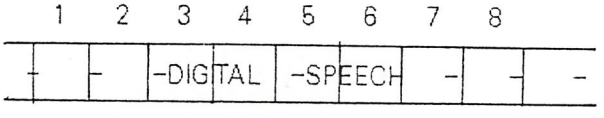
สัญญาณเสียงจะผ่านเข้าทาง Multiplexer (4051) ซึ่งมีทั้งหมด 7 ช่องสัญญาณ ทำการ Multiplex ด้วยความเร็ว 12.5 ไมโครวินาที ต่อ 1 ช่องสัญญาณ หรือ 100 ไมโครวินาทีต่อ 1 รอบ ซึ่งสัญญาณยังคงเป็น Analog อยู่แต่แบ่งเป็นช่องๆตามเวลาดังรูป



กำหนดความเร็วของ clock โดยคำนวณจาก Bandwidth เสียงในโทรศัพท์ 4 KHz Sampling 2 เท่า 8 kHz เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 10 kHz ดังนั้น 1 รอบสัญญาณจึงเป็น 100 ไมโครวินาที แบ่งเป็น 8 ช่อง จึงต้องมีความเร็วเป็น 80 kHz

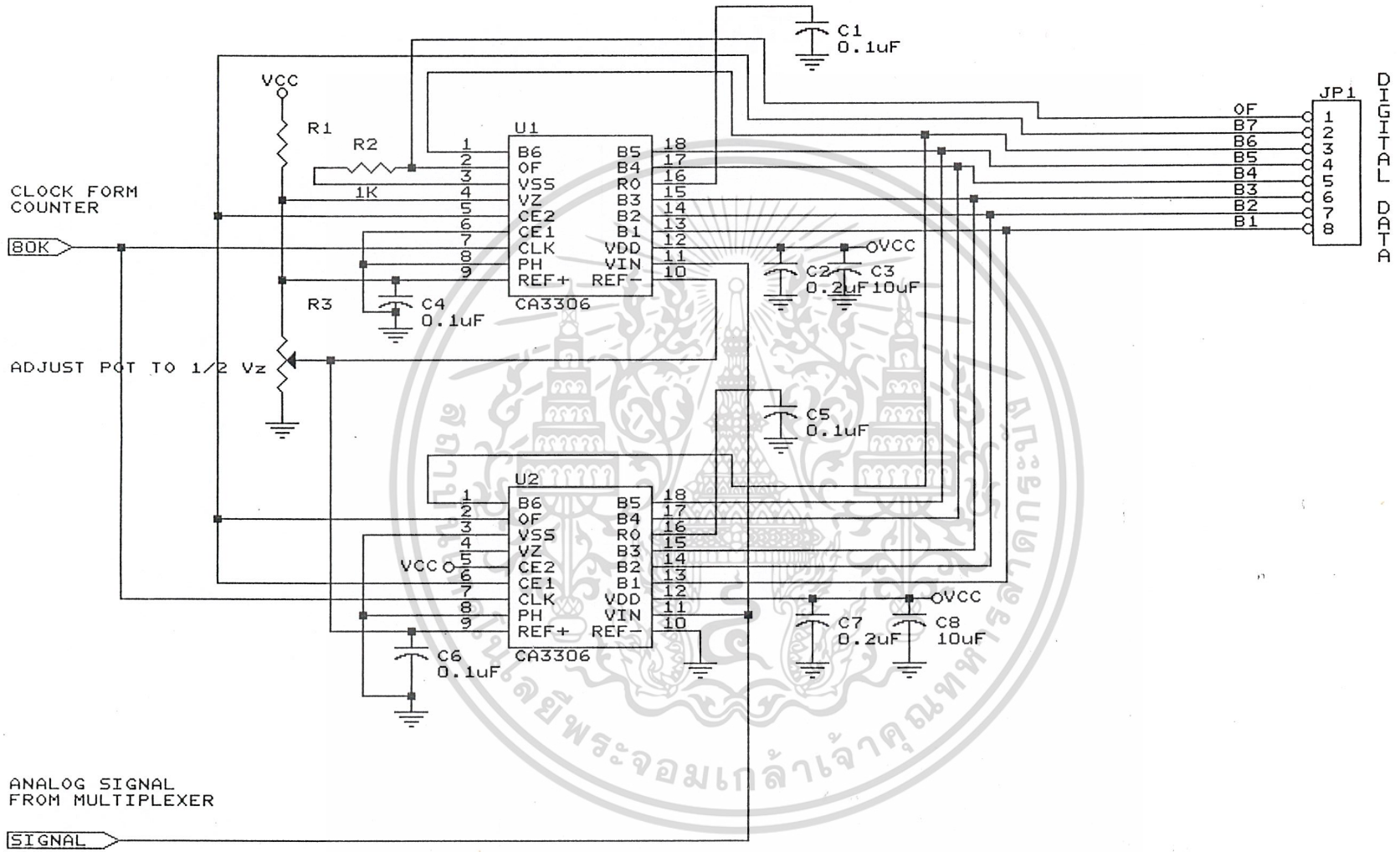
7.2 ส่วน A/D (Analog to Digital Converter) จะแปลงสัญญาณที่ผ่านจาก MUX แปลงเป็น Digital 7 bits โดยใช้ CA3306 ซึ่งเป็น A/D แบบ 6 bits 2 ตัว ต่อ Cascade กัน อาศัย clock ที่เป็น Conversion Time 80 kHz

ทำให้สัญญาณที่ได้ขณะนี้ เป็น Digital ซึ่งถูกแบ่งตามเวลาดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่านี้จะถูกคงค่าไว้ใน Bus ในช่วงเวลานั้นๆโดย 74LS374 ทำหน้าที่ Latch Data ไว้



Title: ANALOG TO DIGITAL 7 BIT CONVERTER		
Size: A	Document Number	REV
Date: February 13, 1994	Sheet of	

รูปที่ 3.10 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

7.3 ส่วน D/A (Digital to Analog Converter)

สัญญาณ Digital ที่ถูก Latch ไว้จะถูกนำไปควบคุมการเปิด Gate โดย Ram Control Speech Path ควบคุมการ Enable Latch ตัวใดๆให้ตรงกันในช่องสัญญาณ D/A นี้จะทำการแปลงสัญญาณที่เป็น Digital Speech ให้กลับไปเป็น Analog Speech โดยใช้ ไอซี DAC 0800 ต่อเข้าในแต่ละช่องสัญญาณ ส่งสัญญาณ Analog ให้กับโทรศัพท์ต่อไป วงจรแสดงไว้ดังรูปที่

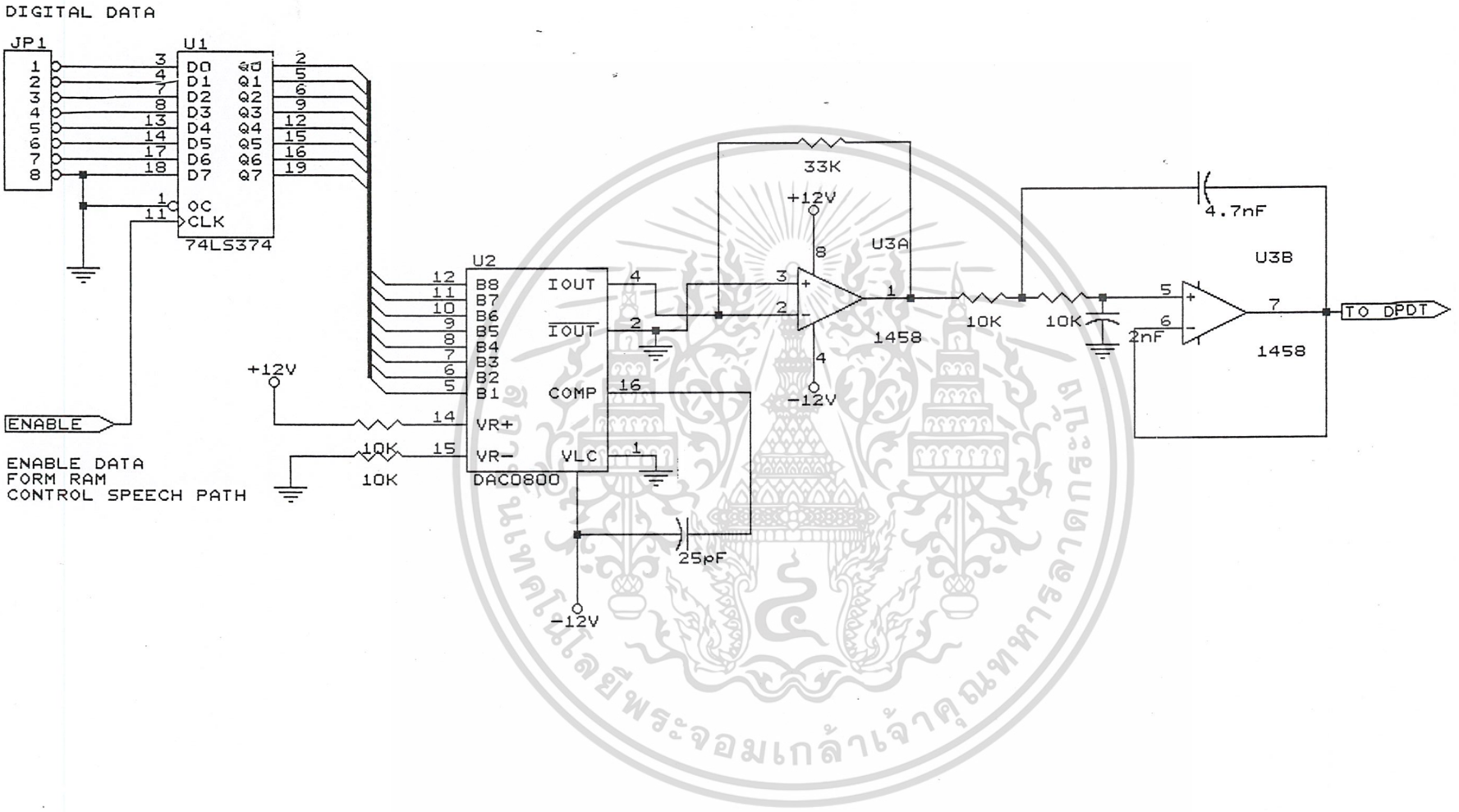
8. ส่วนที่ใช้ติดต่อกับสายโทรศัพท์ภายนอก

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

8.1 ส่วนที่ใช้ตรวจสอบสัญญาณเรียกภายนอก และควบคุม Relay ส่วนนี้จะคอยตรวจเช็คสัญญาณ Ringing จากองค์การโทรศัพท์ โดยใช้ ไอซี MC34012 (Detect Ringing IC) เมื่อมีสัญญาณ Ringing จะแปลงให้เป็นค่า Low แล้วส่งเข้า Port ของ MCS-51 เมื่อ MCS-51 ได้รับสัญญาณ ก็จะส่ง Ring Enable ออกไปเพื่อ Enable Relay Control ให้ องค์การโทรศัพท์รับทราบสัญญาณการยกหูของ PABX และตัด Ringing ไป ดังวงจรที่แสดงดังรูปที่

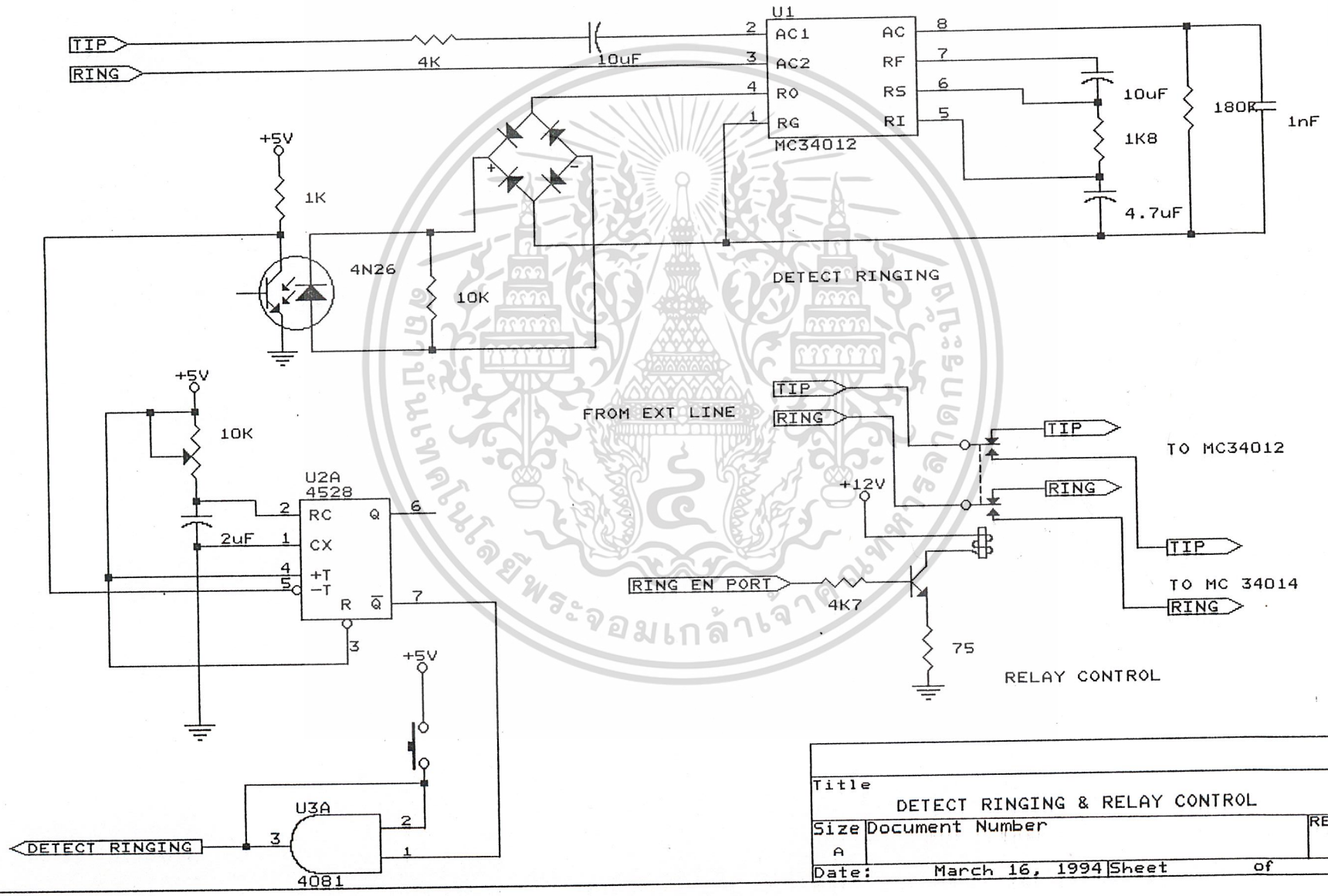
8.2 ส่วนที่ใช้ในการพูดคุยกับสายโทรศัพท์จากภายนอก เมื่อ Relay ตัดเข้าส่วนนี้จะแสดงถึงการยกหูของ PABX ซึ่งใช้ ไอซี 34014 เป็นวงจร Hybrid แปลง Tip,Ring สายนอกให้เป็น Transmit, Receive เพื่อคุยกับโทรศัพท์ภายใน PABX ไอซีตัวนี้จะใช้ไฟเลี้ยงจากองค์การโทรศัพท์เลยโดยผ่าน Bridge Rectifier ดังวงจรที่แสดงดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

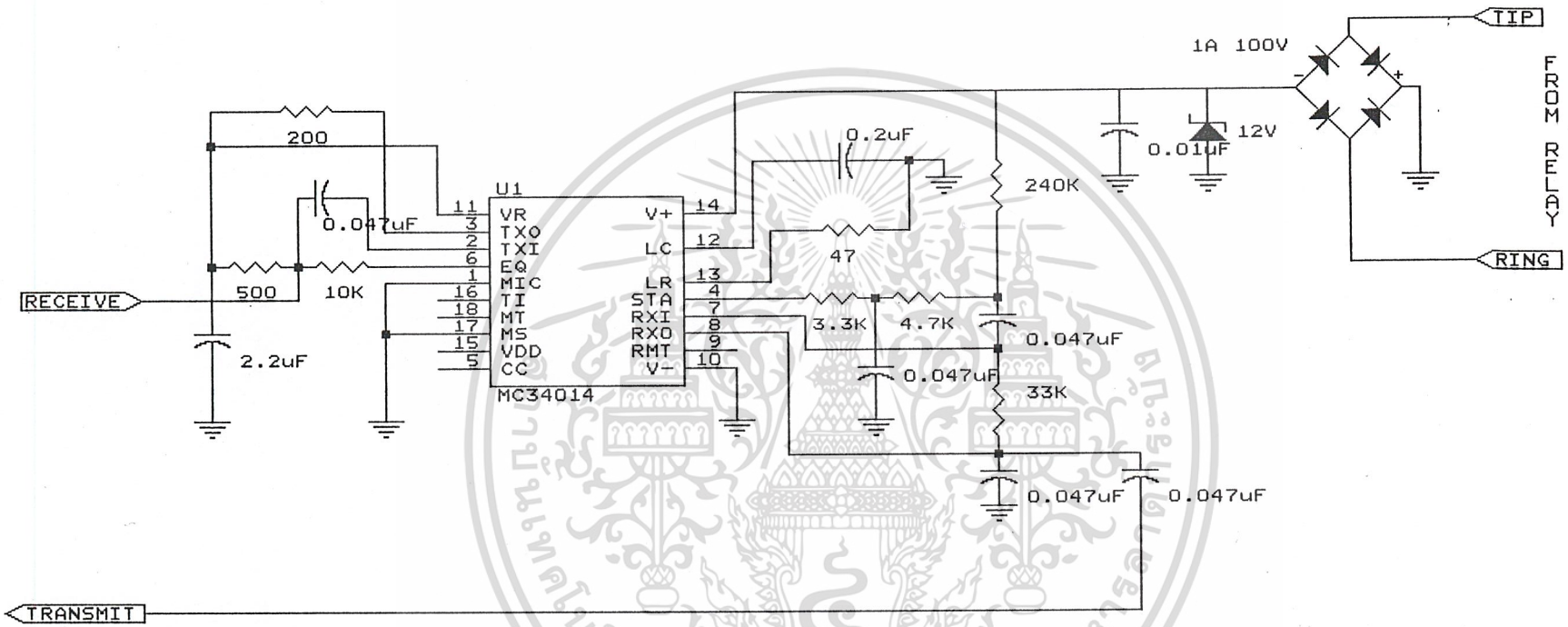


Title: LATCH & DIGITAL TO ANALOG CONVERTER		
Size: A	Document Number	REV
Date: February 13, 1994	Sheet of	

รูปที่ 3.11 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก



รูปที่ 3.12 วงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้าและควบคุม Relay



Title	EXTERNAL LINE	
Size A	Document Number	REV
Date: February 13, 1994	Sheet of	

รูปที่ 3.13 วงจรที่ใช้ติดต่อกับสายโทรศัพท์ภายนอก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

9. ส่วนเขียน Ram Control Speech Path และ Interface กับ MCS-51

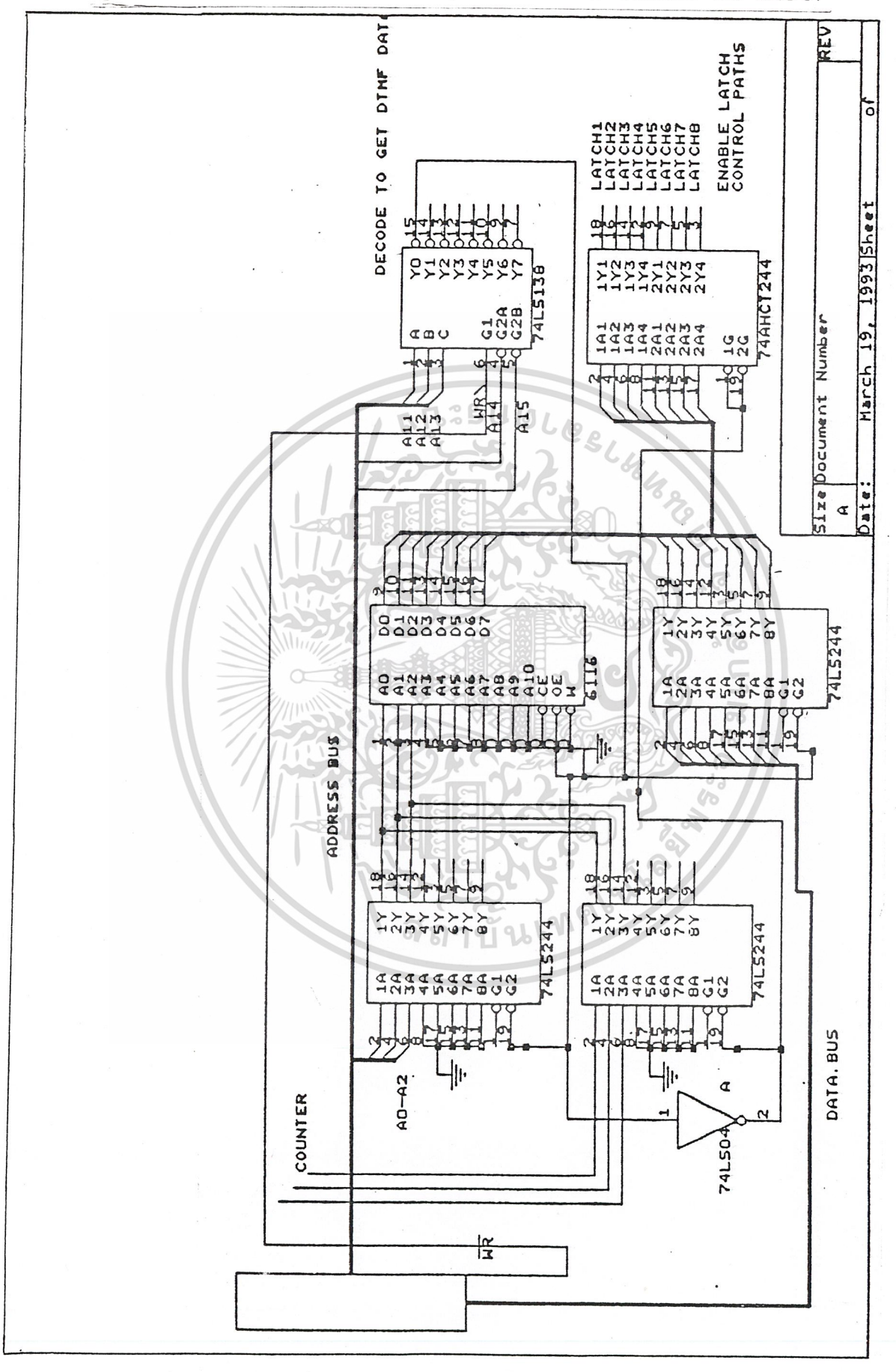
ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ Decode Address ในส่วนของ Data Memory ของ MCS-51 ขณะที่เขียนข้อมูลที่ใช้เชื่อมต่อโทรศัพท์ใน RAM 6116 ส่วนในเวลาที่ไม่เขียนข้อมูลลงใน RAM จะใช้สัญญาณจาก Counter มาควบคุมการ Read Data ออกจาก RAM ซึ่ง Data เหล่านั้นจะนำไปควบคุมการ Enable Latch ในส่วนของ D/A วงจรแสดงดังรูปที่

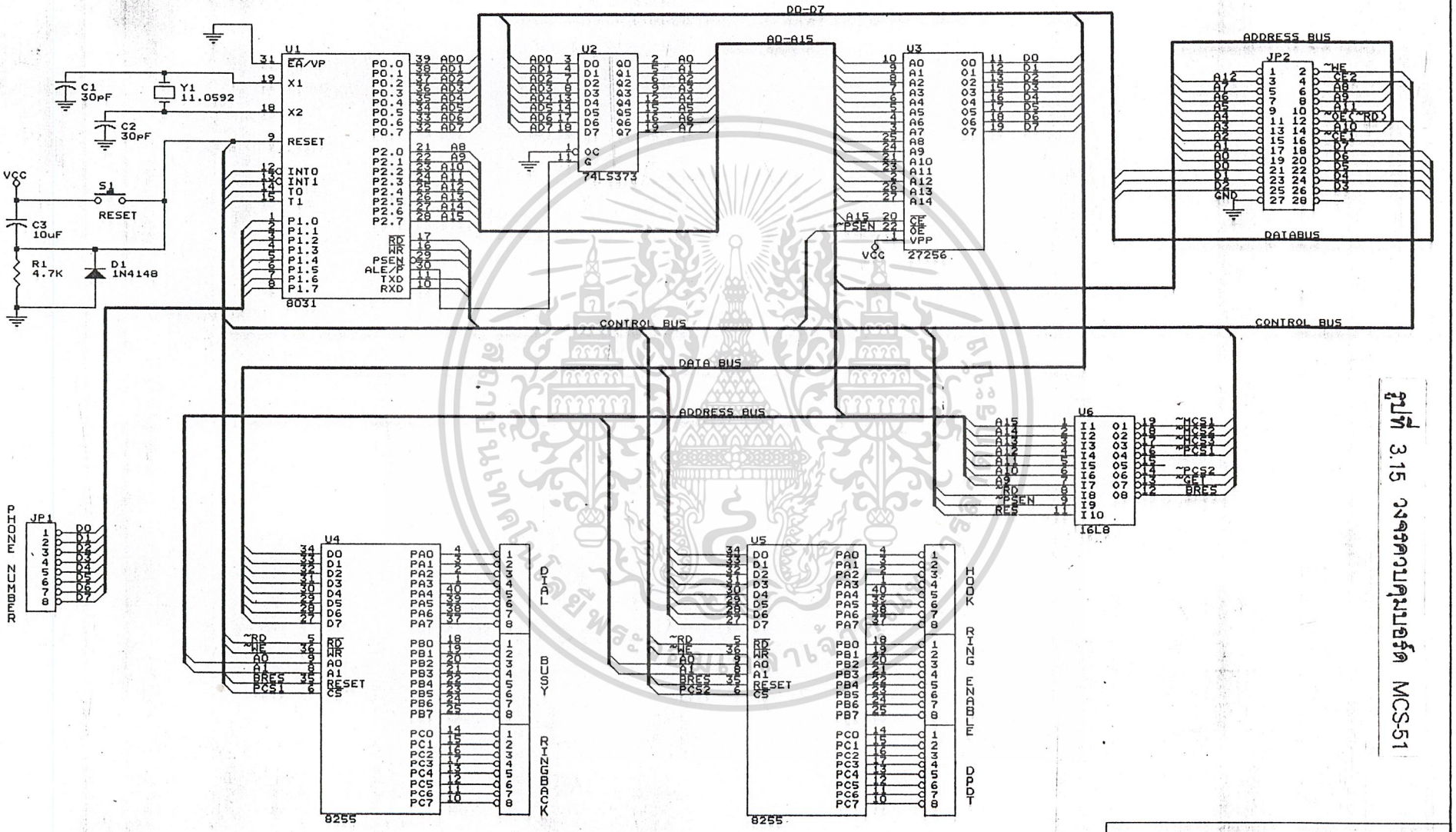
10. Control Board (MCS-51)

ส่วนนี้เป็นหัวใจในการควบคุมทั้งหมดใน PABX ใช้ Microcontroler 8031 เป็นตัวควบคุม และเขียนข้อมูลออกPort โดยผ่านทาง 8255 2 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 6 Port คือ Dial, Busy,Ringing, Ringback, Hook, DPDT รับค่าการกดหมายเลขผ่าน Port 1 ของ 8031 และ Write ข้อมูล ลง Ram Control-Speech Path ในพื้นที่ของ Data Memory วงจรแสดงดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 วงจรเขียน Ram Control Speech Path และ Interface กับ MCS-51





ภาพที่ 3.15 วงจรควบคุมเบอร์โทร MCS-51

Title	CONTROL BOARD	
Size B	Document Number	RE
Date: February 13, 1994	Sheet	of

บทที่ 4 รายละเอียดทาง SOFTWARE

1. หลักการทำงานของโปรแกรม

1.1 หลักการทำงานของโปรแกรมหลัก (Main Program)

การทำงานจะเริ่มจากการ Set ค่าเริ่มต้นของโปรแกรม คือการ Set Port ควบคุมของ 8255 ทำการเคลียร์ค่าที่อยู่ภายใน Register ที่ใช้ทั้งหมด และค่าของ Port 1 ที่รับค่าตัวเลขจากการกดปุ่ม Port ทุก Port ที่เป็น Output Port (Dial, Busy, Ringback, Ringenable, DPDT)และเคลียร์ Ram Control Speech Path เมื่อเสร็จแล้วให้ Scan ค่า Hook ซึ่งเป็นค่าที่บอกให้ PABX เริ่มการทำงาน และตรวจสอบ Register อื่นๆด้วย เป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ

1.2โปรแกรมตรวจสอบการยกหู (Wait Hook) เป็นโปรแกรมที่ตรวจสอบการยกหูของโทรศัพท์ทุกเครื่องว่ามีการยกหูเพิ่ม หรือวางหูใดๆหรือไม่ และแปลงเลขเครื่องให้เป็นเลขฐาน 2

1.3 โปรแกรมส่งค่าสัญญาณให้กดหมายเลข (Dial) เป็นโปรแกรมที่ใช้ส่งค่า Dial ออก Port โดยเช็คค่าจาก Register

1.4 โปรแกรมรับหมายเลขโทรศัพท์ (Get Number) จะคอยรับหมายเลขโทรศัพท์ และแปลงหมายเลขซึ่งเป็นฐาน 2 ให้เป็นหมายเลขเครื่อง (bit)

1.5 โปรแกรมส่งสัญญาณที่ใช้ติดต่อโทรศัพท์ (Tone) เป็นส่วนในการส่งสัญญาณต่างๆให้กับเครื่องโทรศัพท์ เพื่อบอกสถานะการติดต่อ

1.6 โปรแกรมเขียนข้อมูลลง Ram Control Speech Path เป็นส่วนที่จะนำหมายเลขที่ยกหูและเครื่องที่จะติดต่อ ให้สามารถพูดคุยกันได้ผ่าน Speech Path โดยข้อมูลที่เขียนลง Ram จะเป็นช่อง 8 Byte แรก เมื่อต้องการให้เครื่องใดคุยก็ให้ Bit นั้นๆเป็น Low (เพื่อ Enable Latch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูปที่ 4.1 แสดงข้อมูล 8 Byte แรกใน RAM (เครื่อง 2 คุยกับเครื่อง 7)

1.7 โปรแกรมวางหูโทรศัพท์ (HOODEC) ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่จัดการเกี่ยวกับการวางหูโทรศัพท์และให้สัญญาณที่สำคัญในการติดต่อต่างๆแก่เครื่องลูก

2. ค่าการใช้ REGISTER ต่าง ๆ

Register ที่ใช้ทั้งหมด จะอยู่ในส่วนที่เป็นBitAddressableคือ 20H - 2FH ของ RAM ภายใน MCS-51 ซึ่งใช้ในการเก็บค่าสถานะต่างๆที่สำคัญของ PABX ว่าขณะนั้นๆกำลังจะทำอะไรและควรจะทำอะไรต่อไป โดยแต่ละ Bit ใน Register 1 ตัวจะหมายถึง โทรศัพท์ 1 เครื่องใน PABX ที่ทำเป็นแบบ เข้า 1 ออก 7 (สายนอก 1 เครื่อง สายภายใน 7 เครื่อง) จึงใช้ 8 Bit ครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ Register ต่างๆ มีดังนี้

2.1 HOOK (20H) บอกสถานะการยกหูที่ Port (0FC00) ในขณะนั้น ซึ่งจะบอกว่าในขณะนั้นมีโทรศัพท์เครื่องใดที่ยกหูอยู่หรือไม่

1 = การที่โทรศัพท์ถูกยกหูขึ้น

0 = การที่โทรศัพท์วางหูอยู่

2.2 DIAL(21H) บอกสถานะว่าเครื่องใดได้รับสัญญาณ Dialอยู่ที่ Port (0F800)

1 = ให้ Dial ที่โทรศัพท์เครื่องนั้น

0 = ไม่มี Dial ที่โทรศัพท์เครื่องนั้น

2.3 BUSY (22H) บอกสถานะว่าเครื่องใดได้รับสัญญาณ Busy อยู่ที่ Port (0F801)

1 = มีสัญญาณไม่ว่างที่โทรศัพท์เครื่องนั้น

0 = ไม่มีสัญญาณไม่ว่างที่โทรศัพท์เครื่องนั้น

2.4 RINGBACK (23H) บอกสถานะเครื่องใดได้รับสัญญาณ Ringback ที่ Port(0F802)

1 = มีสัญญาณ Ringback ที่โทรศัพท์เครื่องนั้น

0 = ไม่มีสัญญาณ Ringback ที่โทรศัพท์เครื่องนั้น

2.5 RING ENABLE (24H) เป็นตัวบอกว่าเครื่องใดจะได้รับสัญญาณ Ringing (สำหรับเครื่องลูกภายใน) แต่สายนอกจะเป็นตัวกำหนดการสับสวิตช์ Relay

1 = ให้สัญญาณ Ringing แก่โทรศัพท์เครื่องนั้น

0 = ไม่ให้สัญญาณ Ringing แก่โทรศัพท์เครื่องนั้น

2.6 DPDT (25H) บอกสถานะเครื่องใดที่จะเป็นเครื่องที่สนทนา (ตัวที่ได้ Speech) โดยส่งค่าออก Port (0FC02)

1 = สัญญาณเสียงพูด (Speech)

0 = สัญญาณเสียงต่างๆที่ใช้ในโทรศัพท์ (Tone)

2.7 DTMF (26H) เป็นตัวบอก หมายเลขโทรศัพท์ที่ ถูกถอดรหัสจาก DTMF ผ่านเข้าทาง PORT 1

2.8 DTMX (27H) เป็นค่า DTMF ที่ถูกแปลงเป็นแบบบิตเพื่อบอกเครื่องโทรศัพท์ที่จะติดต่อด้วย

2.9 HOOADD (28H) เป็นค่าบอกว่าโทรศัพท์เครื่องใดยกหูเพิ่มขึ้นในเวลาที่ใกล้ที่สุดขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 HOOADD 2 (29H) เป็นค่าแปลง HOOADD ซึ่งเป็นแบบบิต ให้เป็นเลขฐาน 2 เพื่อใช้ในการชี้ตำแหน่งใน RAM

2.11 HOODEC (2AH) เป็นค่าบอกว่าโทรศัพท์เครื่องใดวางหู ลงในเวลาที่ใกล้ขณะนั้นมากที่สุด

2.12 COM1 (2BH) เป็นค่าที่บอกว่าโทรศัพท์คู่ใดเป็นคู่สนทนาคู่แรก ซึ่งยังคงสนทนาอยู่

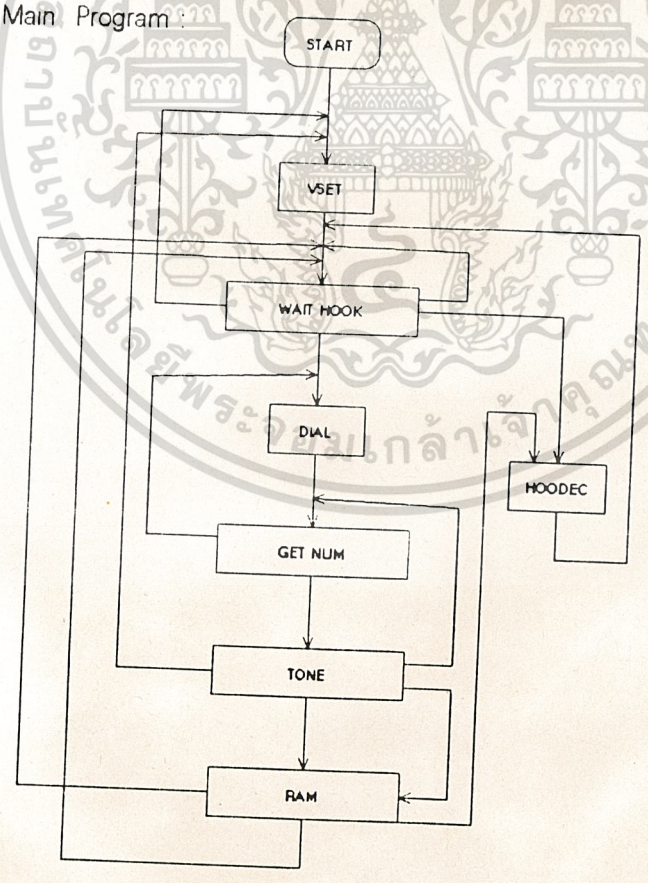
2.13 COM2 (2CH) เป็นค่าที่บอกว่าโทรศัพท์คู่ใดเป็นคู่สนทนาคู่ที่ 2 ซึ่งยังคงสนทนาอยู่

2.14 SPECIAL (2DH) เป็นค่า REGISTER เพื่อการพักข้อมูลไว้ชั่วคราว

2.15 COM3 (2EH) เป็นค่าที่บอกว่าโทรศัพท์คู่ใดเป็นคู่สนทนาคู่ที่ 3 ซึ่งยังคงสนทนากันอยู่

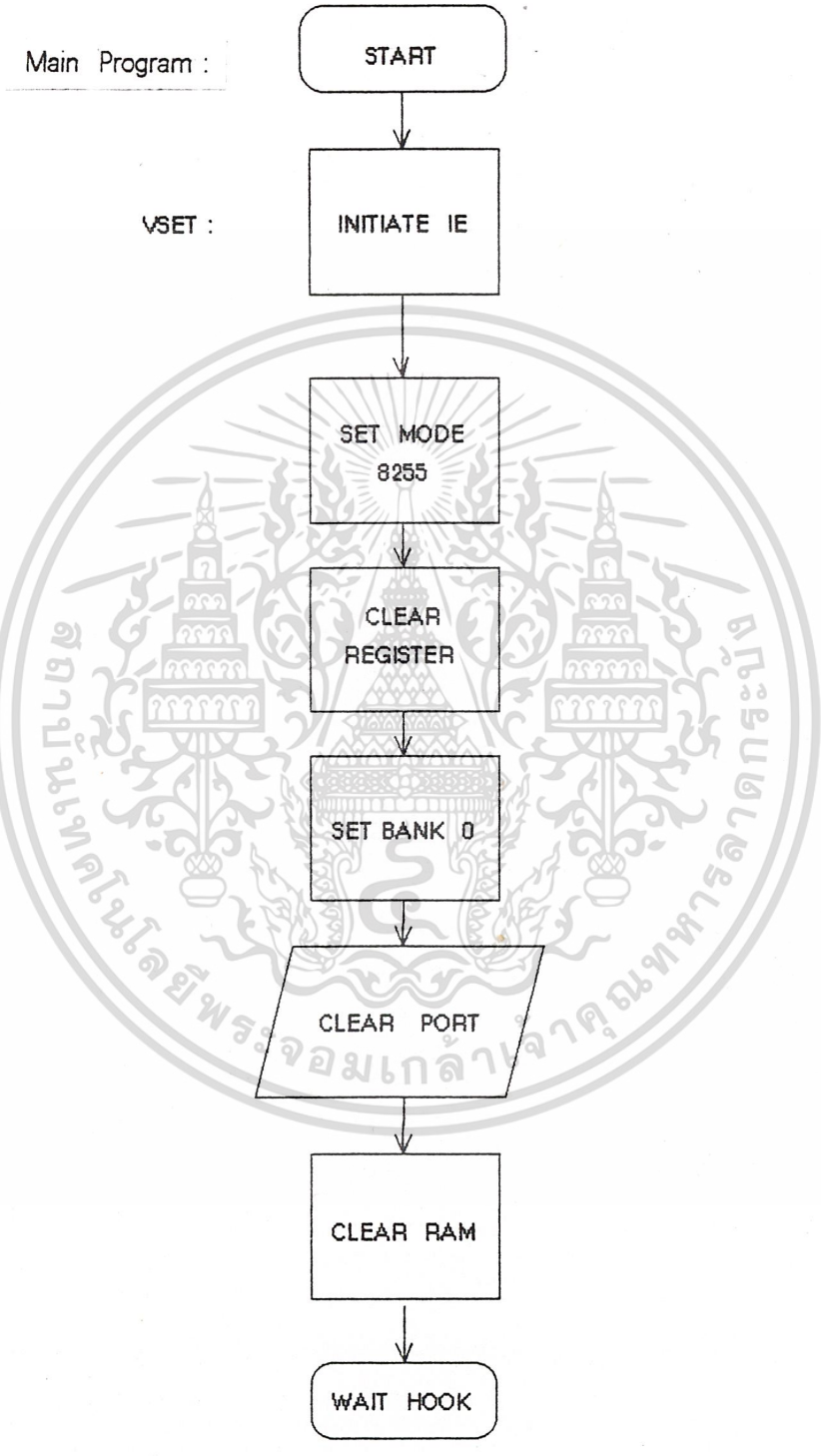
2.16 BUFCOM & COM4 เป็นค่า REGISTER เพื่อพักข้อมูลของการสนทนา ในขณะนั้นๆไว้

Main Program :



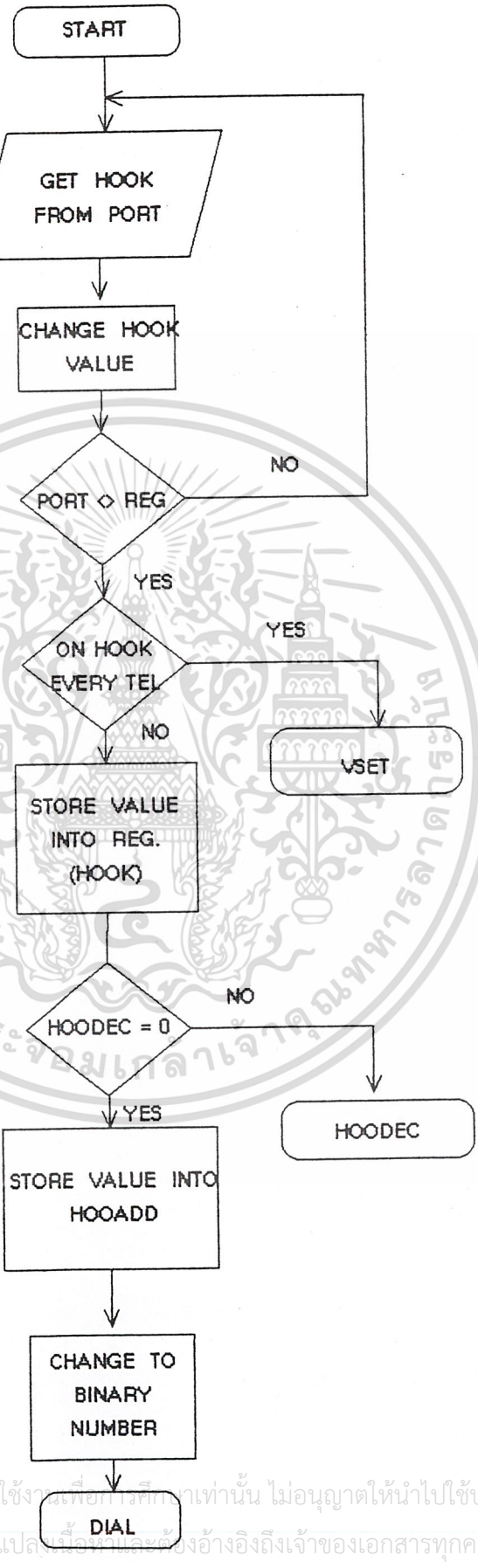
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิของโปรแกรม

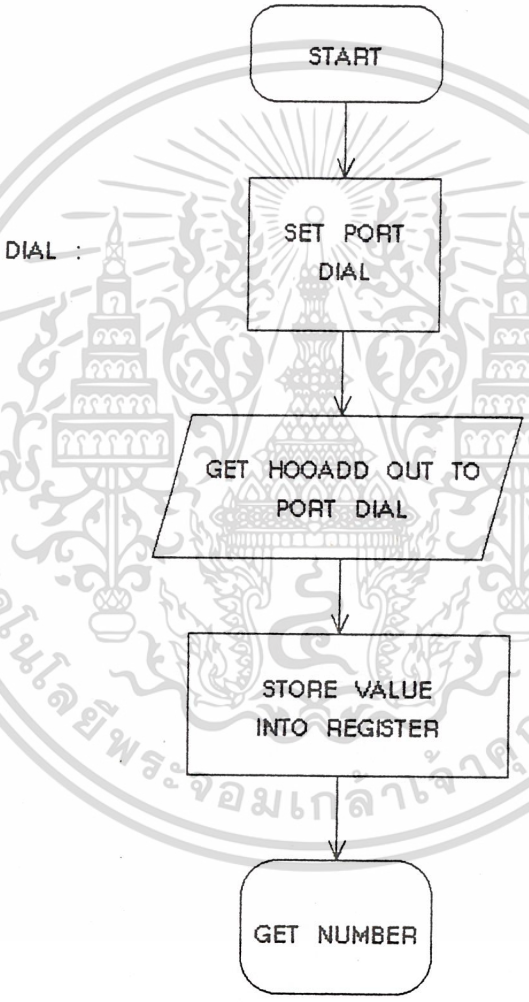


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

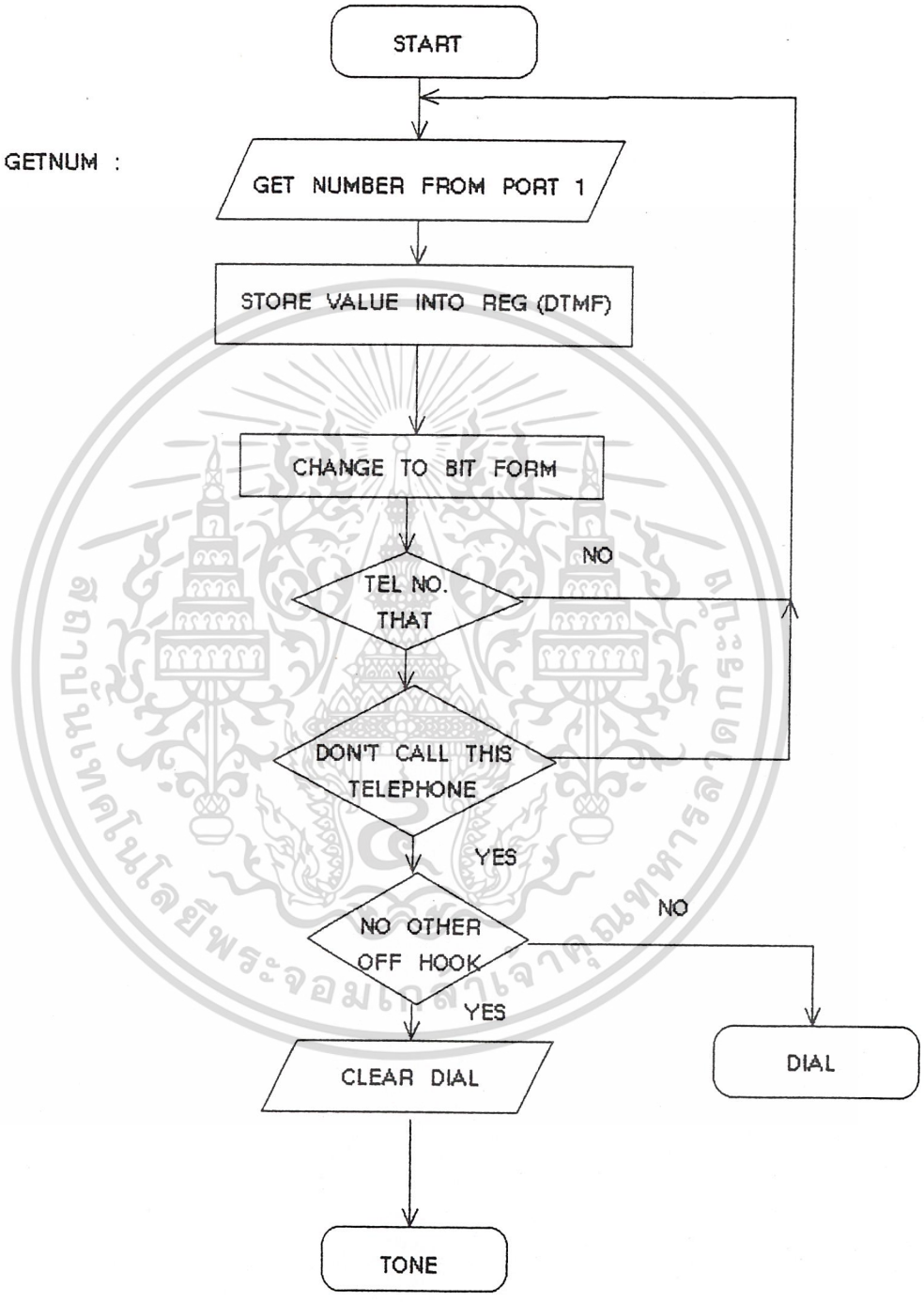
WAIT HOOK :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

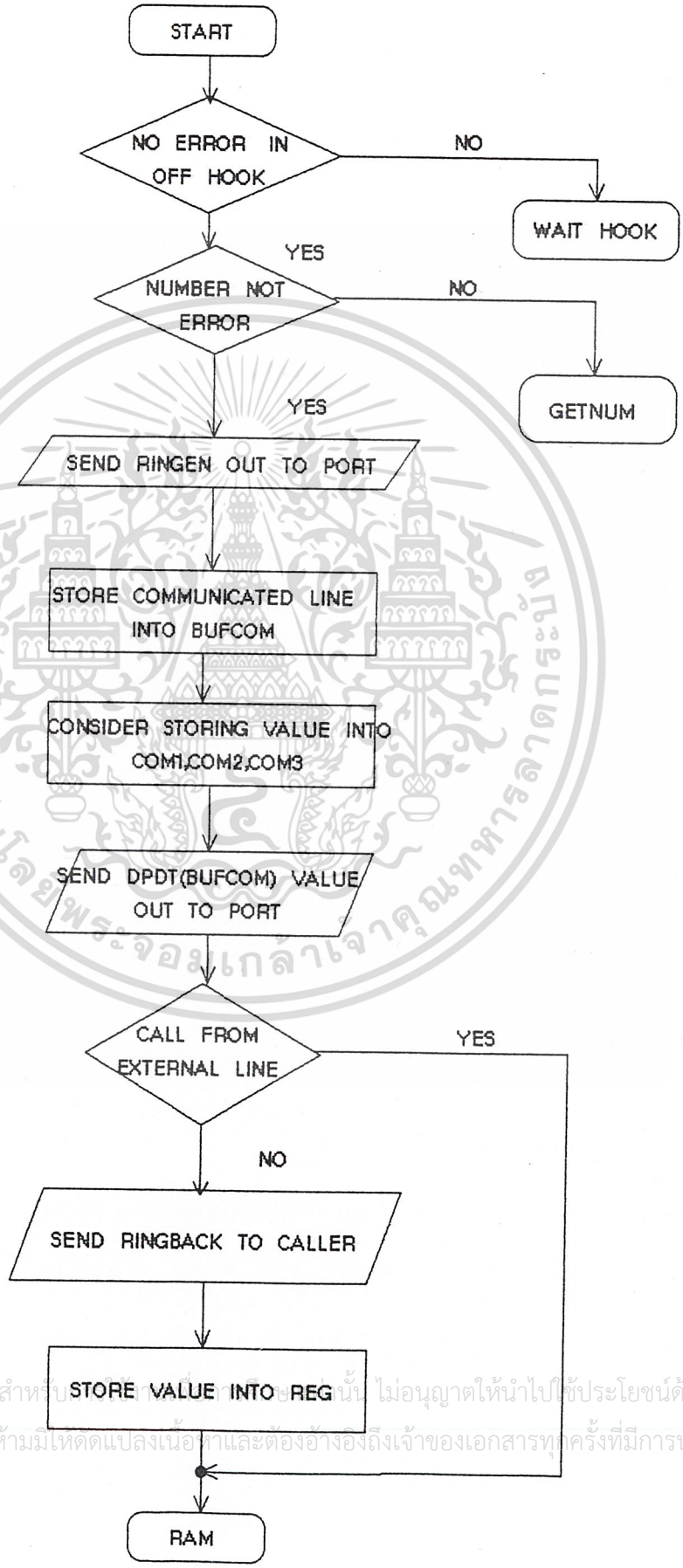


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



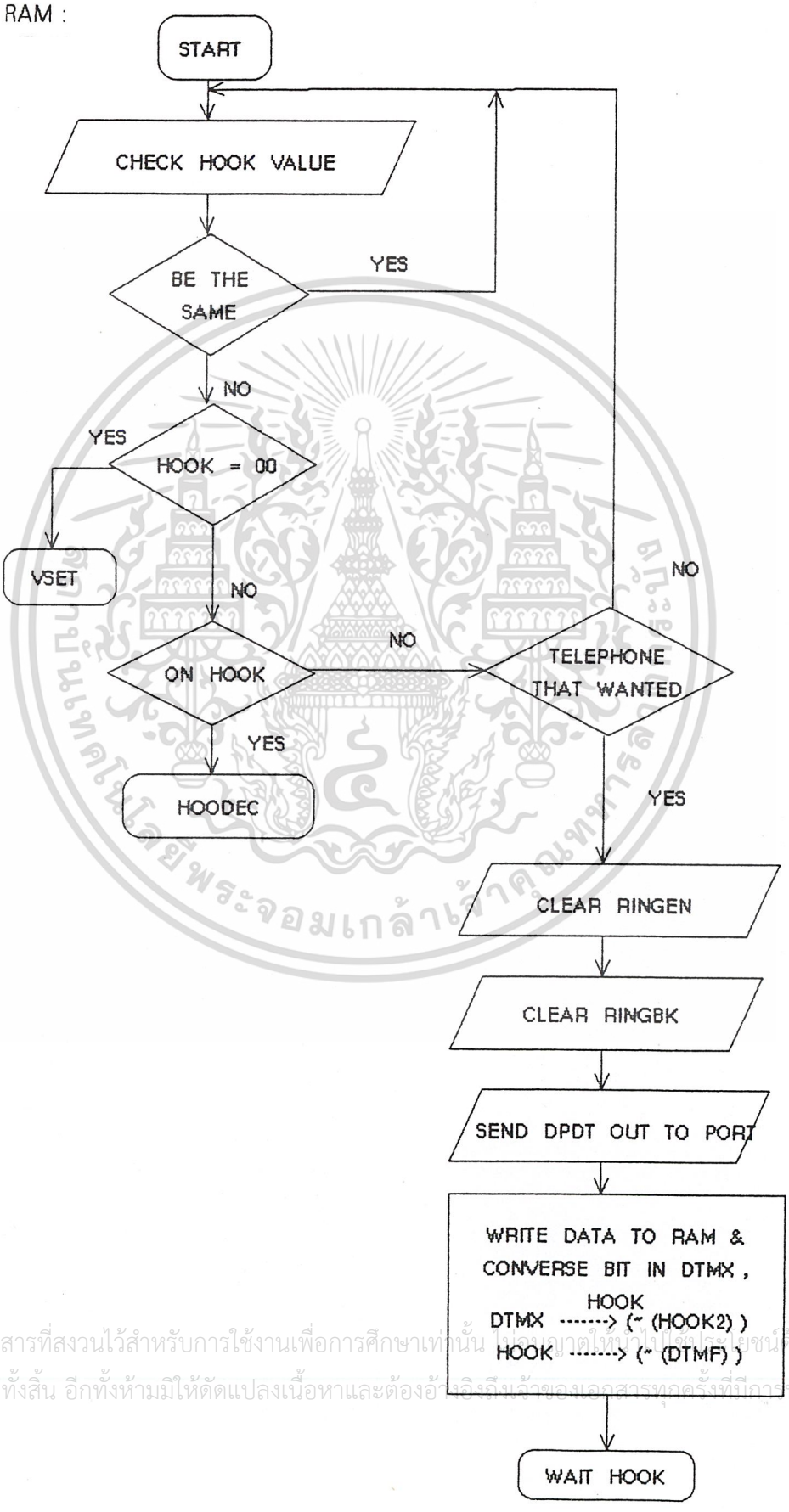
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TONE :

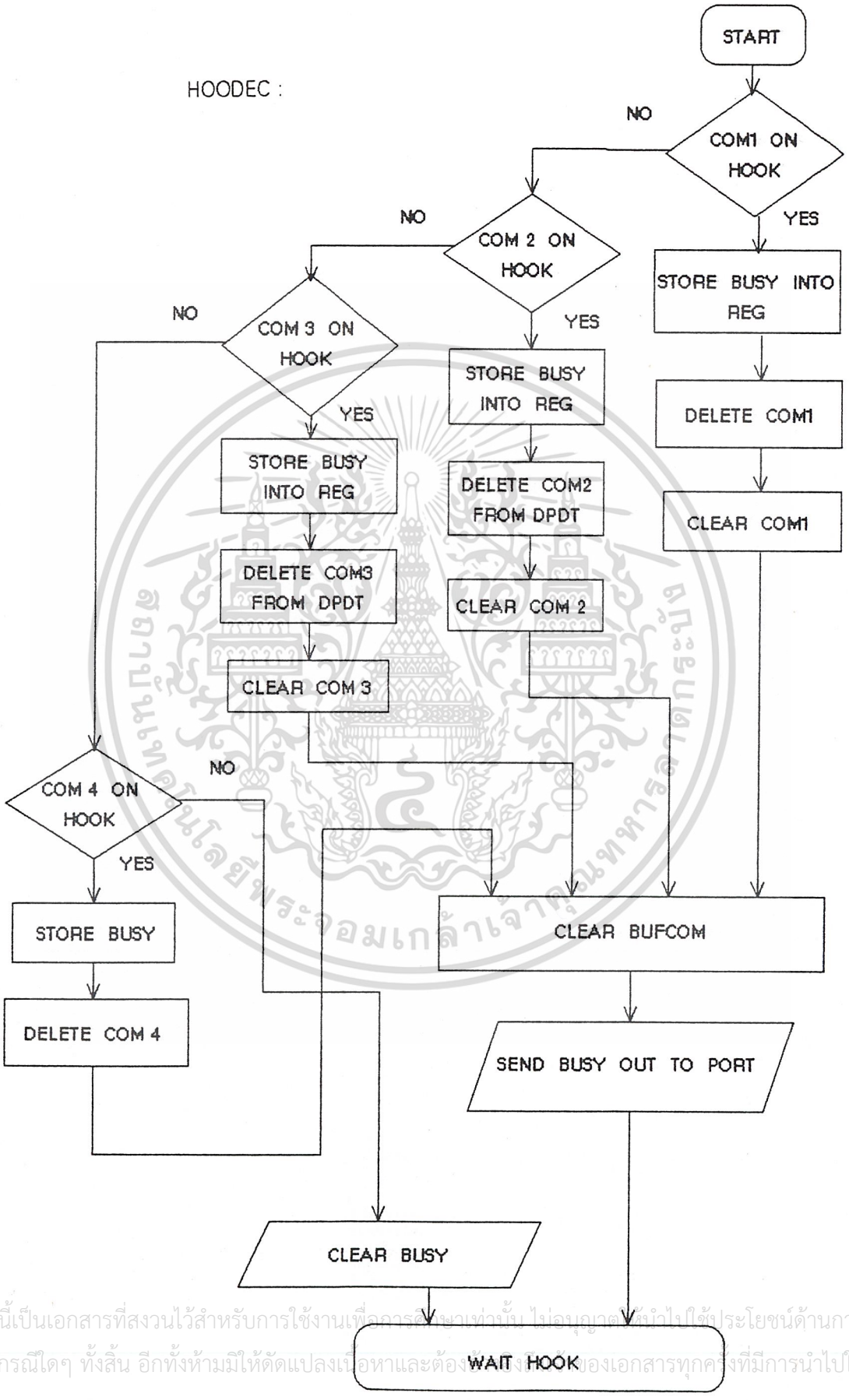


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ[illegible]นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5. การทดลองและผลการทดลองการใช้งาน

ผลการทดลองแต่ละส่วน

1. ส่วนติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายใน (SLIC)

เมื่อนำส่วนติดต่อ (Transmit & Receive) ของ Slic แต่ละโทรศัพท์มาต่อตรงกัน คือ Transmit ของ Slic เครื่องหนึ่งก็จะต่อกับ Receive ของอีกเครื่องหนึ่ง แล้วระดับสัญญาณที่ได้อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ โดยไม่มีสัญญาณรบกวน คือสามารถพูดติดต่อกันได้ ระหว่างโทรศัพท์ 2 เครื่องผ่านส่วน Slic นี้ แต่เสียงที่ได้ยินไม่ค่อยดังมากนัก

2. ส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Gen)

วงจรในส่วนนี้สามารถให้กำเนิดสัญญาณความถี่ของแต่ละสัญญาณตามต้องการได้ เมื่อนำมาต่อกับคู่สายภายในก็จะได้ยินสัญญาณซัดเจน แต่สัญญาณ Ringing ที่ได้ยังค่อนข้างเบาอยู่

3. ส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (DTMF)

ทดสอบโดยกดหมายเลขโทรศัพท์ภายในแล้ว สามารถถอดรหัสได้ถูกต้องตามหมายเลขที่กด

4. ส่วนสวิตช์ต้ดต่อ (DPDT)

สามารถใช้งานได้ดี โดยทดลองใส่สัญญาณ Sine เข้าไปที่อนาลอกสวิตช์ เอาท์พุทที่ออกมาอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ สามารถเลือกสัญญาณระหว่างสัญญาณเสียงและสัญญาณโทรศัพท์ได้โดยการป้อน ลอจิก '0' หรือ '1' ให้แก่วงจร

5. ส่วนควบคุมสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Control)

สามารถใช้งานได้ดี ให้ผลสัญญาณที่ออกมาเป็นสัญญาณตัวเดิม เอาท์พุทของสัญญาณเมื่อลองใส่สัญญาณ Sine ลงไปอยู่ในระดับใช้ได้ สามารถกำหนดได้ว่าต้องการสัญญาณโทรศัพท์ใดไปออกที่โทรศัพท์หมายเลขใดได้

6.ส่วน SPEECH PATH

ทุกส่วนทำงานได้ดี แต่ยังมี Noise ที่ออกมาจากการแปลงเป็นสัญญาณ Analog แล้วการพูดคุยยังคงเป็นไปได้ แต่ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ส่วน INTERFACE BOARD

สามารถทำงานได้ดี สามารถเขียนข้อมูลลงใน RAM ได้ไม่ผิดพลาด เมื่อเช็คข้อมูลโดยอาศัย RAM PACK แล้วใช้ COUNTER นับ ADDRESS ก็ไม่มีปัญหาใดๆ

8.ส่วนติดต่อกับโทรศัพท์ภายนอก

สามารถใช้ได้แต่เสียงที่สายในได้ยินจะค่อนข้างเบา ส่วนสายนอกสามารถได้ยินชัดเจน แต่ระหว่างการติดต่อจะมีสัญญาณรบกวนอยู่ตลอดเวลา

9.ส่วน SOFTWARE

การทำงานพื้นฐานที่ถูกปฏิบัติการโดยโปรแกรมในส่วนพื้นฐานยังคงใช้งานได้ดี แต่เมื่อมีการใช้งานที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นยังมีปัญหาอยู่บ้าง อีกทั้งยังขาดฟังก์ชั่นพิเศษบางอย่างเช่น การประชุมร่วมกันทางโทรศัพท์ เป็นต้น

ผลการทดลองเมื่อนำมารวมกันทุกส่วน

เมื่อนำมารวมกันแล้วนับว่าอยู่ในระดับที่พอใช้ได้ แต่มีข้อเสีย คือ เนื่องจากเป็น Board หลายๆ Board ต่อกันอยู่ การลากสายเชื่อมต่อให้ถึงกันนั้น มักมีปัญหาเสมอ และการเช็คหาจุดเสียค่อนข้างจะวุ่นวายพอสมควร อีกทั้งยังมีสัญญาณรบกวนอยู่พอสมควร ความคงทนยังน้อยอยู่ การควบคุมทางโปรแกรมยังทำไม่ได้ซับซ้อนมาก

สรุปผลการทดลอง

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติที่ได้สร้างขึ้นนี้ ใช้ระบบการผ่านสัญญาณเสียงสปีชพาร์ทเป็นแบบดิจิตอลซึ่งสามารถขยายระบบได้ง่ายกว่าแต่ปัญหาที่เกิดขึ้นยังคงมีสัญญาณรบกวนแทรกอยู่ในส่วนดิจิตอลสปีชพาร์ท และฟังก์ชั่นการทำงานยังไม่สมบูรณ์พอแต่สามารถพัฒนาทางด้านซอฟท์แวร์เพิ่มเติมได้ง่ายโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทาง RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 แนวทางการพัฒนา

ปัจจุบันการสื่อสารได้พัฒนาไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว ระบบชุมสายระบบดิจิตอล เป็นสิ่งที่น่าสนใจ โครงงานที่ทำนี้น่าจะทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนการแปลงแบบ ดิจิตอลให้เป็นแบบ PCM เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกับ เทคโนโลยีปัจจุบัน อีกทั้งน่าจะเพิ่มวงจร มัลติเพล็กซ์ เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อ แบบ ดิจิตอลระหว่างชุมสายกันโดยตรง หรืออาจเป็นแบบ ISDN ซึ่งขณะนี้กำลังเป็นที่สนใจอยู่ สำหรับ Option ต่างๆซึ่งเป็นความพิเศษทางด้าน Software นั้นอาจจะสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นกว่าเดิมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทาง RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ทางไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ปัจจุบันจะทวีความสำคัญและความนิยมในการนำไปใช้งานมากขึ้น เนื่องจากมีความสามารถและความคล่องตัวในการทำงานสูง บางเบอร์สามารถที่จะทำงานควบคุมระบบได้โดยที่ไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ทำให้สะดวก และประหยัดงบประมาณได้มาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลที่นิยมใช้กันมากในขณะนี้คือ ตระกูล MCS-51

สถาปัตยกรรม MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้รับการออกแบบให้ในตัวมันมีพอร์ตอินพุต พอร์ตเอาท์พุต หน่วยความจำ สายควบคุมต่างๆ และมีชุดคำสั่งมากเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลถึงระดับบิตทั้งยังมีวงจรตั้งเวลา และวงจรนับอยู่ครบครัน ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกมาก ลักษณะทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มีดังนี้

1. สร้างโดยใช้เทคโนโลยี CHMOS ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์
2. หน่วยประมวลผลกลาง 8 บิต
3. มีวงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรนาฬิกาบนชิพ
4. มีชุดรีจิสเตอร์แบงค์ 4 ชุด
5. มีวงจรตั้งเวลา/วงจรนับขนาด 16 บิต 2 ชุด สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 จะมี 3 ชุด
6. มีอินพุต-เอาต์พุตพอร์ต 2 ทิศทางแบบขนาน จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต รวม 32 เส้น แต่จะเหลือเพียง 16 เส้นสำหรับเบอร์ 8031 เนื่องจากอีก 16 เส้นถูกใช้ในการเข้าถึงบัสตำแหน่ง และบัสข้อมูล
7. มีพอร์ตแบบอนุกรม ที่สามารถจะรับส่งโปรแกรมแบบ full duplex ความเร็วสูง
8. หนึ่งวัฏจักรคำสั่ง จะใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที ด้วยคริสตอล 11.0592
9. ติดต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

11. สามารถกำหนดตำแหน่งข้อมูลขนาดไบต์หรือบิตได้โดยตรง

12. ตัวโปรเซสเซอร์สามารถใช้งานแบบบูลลีนได้ จึงเหมาะที่จะใช้ในงานควบคุม

13. มีคำสั่งคูณและหารทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งสามารถทำได้ในเวลา 4 ไมโครวินาที

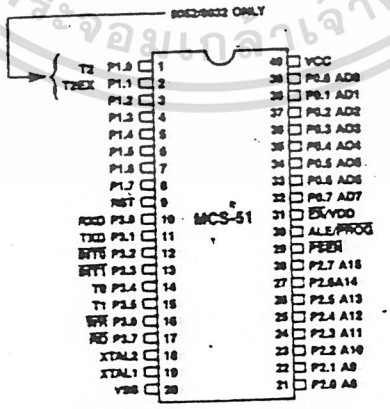
14. สามารถรับการอินเตอร์รัพได้ 5 ตำแหน่ง พร้อมสามารถจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ

15. การใช้พื้นที่สแตก สำหรับโปรแกรมย่อยต่างๆ ทำได้ง่ายและกว้างกว่า

16. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์สามารถใช้ได้ทั้งฐานสองและฐานสิบ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะมีทั้งแบบมีหน่วยความจำอยู่ภายในและไม่มีหน่วยความจำภายใน

การจัดลักษณะภายนอกของ MCS-51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1ก แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

-ขา Vss (ขา20) เป็นขาสำหรับต่อลงกราวด์

-ขา Vcc (ขา40) เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์

-ขา PORT0 (P0.0-P0.7/AD0-AD7:ขา 32-39) เป็นพอร์ตอินพุต-เอาต์พุต หากเขียนค่า '1' ไปที่พอร์ตนี้จะกลายเป็นพอร์ตอินพุต สำหรับการใช้งานกับหน่วยความจำภายนอกจะทำงานมัลติเพล็กซ์ระหว่างสัญญาณตำแหน่งไบต์ต่ำกับบัสข้อมูล นอกจากนี้ยังเป็นพอร์ตส่งข้อมูลออกไปเมื่อใช้บริการด้านการตรวจสอบโปรแกรม ROM ภายใน และการโปรแกรมตัว EPROM ภายในหากใช้งานในลักษณะนี้ต้องต่อตัวความต้านทานค่า 10 กิโลโอห์มพูลอัพภายนอก

-ขา PORT1 (P1.0-P1.7:ขา 1-8) เป็นพอร์ตอินพุต-เอาต์พุตขนาด 8 บิต พร้อมด้วยการพูลอัพภายใน สามารถขับโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว หากเขียนค่า '1' มาที่พอร์ตนี้จะกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต สำหรับเบอร์ 8052 ขา P1.0 และ P1.7 จะใช้งานเป็นอินพุตผ่านเข้าวงจรตั้งเวลาชุดที่ 2

ขาพอร์ต	หน้าที่
P3.0	RXD (อินพุตของพอร์ตอนกรุมที่เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์)
P3.1	TXD (เอาต์พุตของพอร์ตอนุกรมที่เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์)
P3.2	INT0 (อินเตอร์รัพภายนอก 0)
P3.3	INT1 (อินเตอร์รัพภายนอก 1)
P3.4	T0 (อินพุตจากภายนอกสำหรับวงจรตั้งเวลา 0)
P3.5	T1 (อินพุตจากภายนอกสำหรับวงจรตั้งเวลา 1)
P3.6	WR (สโตรปสำหรับการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
P3.7	RD (สโตรปสำหรับการอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

ตารางที่ 2 รายละเอียดของ PORT 3

-ขา PORT 2(P2.0-P2.7/AD8-AD15:ขา21-28) เป็นพอร์ตอินพุต-เอาต์พุตแบบพูลอัพภายใน เมื่อทำงานเป็นเอาต์พุต จะสามารถจ่ายโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวส่งบัสตำแหน่งในไบต์สูงด้วยเมื่อใช้งานกับหน่วยความจำภายนอก เพื่อให้ทำงานได้ 16 บิต และยังใช้เป็นขาสำหรับควบคุมการใช้งานและเขียนโปรแกรมเบอร์ 8751 และตรวจสอบโปรแกรมภายในด้วย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขา PORT 3 (P3.0-P3.7:ขา 10-17) เป็นพอร์ตอินพุต-เอาท์พุตขนาด 8 บิต นอกจากจะใช้งาน

กับโหลดทีทีแอลได้แล้ว ยังสามารถทำหน้าที่พิเศษได้อีกดังแสดงในตารางที่ 2 การที่จะให้พอร์ตทำงานตามที่กำหนดในตาราง จะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่า '1' ไปแลตช์ที่บิตของรีจีสเตอร์ควบคุมต่างๆไว้ก่อนที่จะให้ทำงานตามตารางที่กำหนดมา

-ขา RST (ขา 9) เป็นขาสำหรับทำการรีเซ็ตตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยต่อตัวต้านทาน 8.2 กิโลโอห์มจากขา RST ลงกราวด์ และต่อตัวเก็บประจุค่า 10 uf ระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง

-ขา ALE/PROG คือขาแอดเดรสแลทช์อินาเบิล เมื่อส่งพัลส์ออกมา จะใช้ในการแลทช์ค่าชี้ตำแหน่งไบต์ต่ำจาก PORT0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจากภายใน

-ขา PSEN (ขา 29) คือขา Program Storage Enable เป็นสโตรปใช้อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

-ขา EA/V_{pp} (ขา 31) เมื่อขานี้มีสถานะ '1' ซิพก็จะทำงานตามโปรแกรมที่มีอยู่ในหน่วยความจำภายใน หากขานี้มีสถานะ '0' จะเป็นการควบคุมให้ทำงานตามโปรแกรมในหน่วยความจำภายนอก

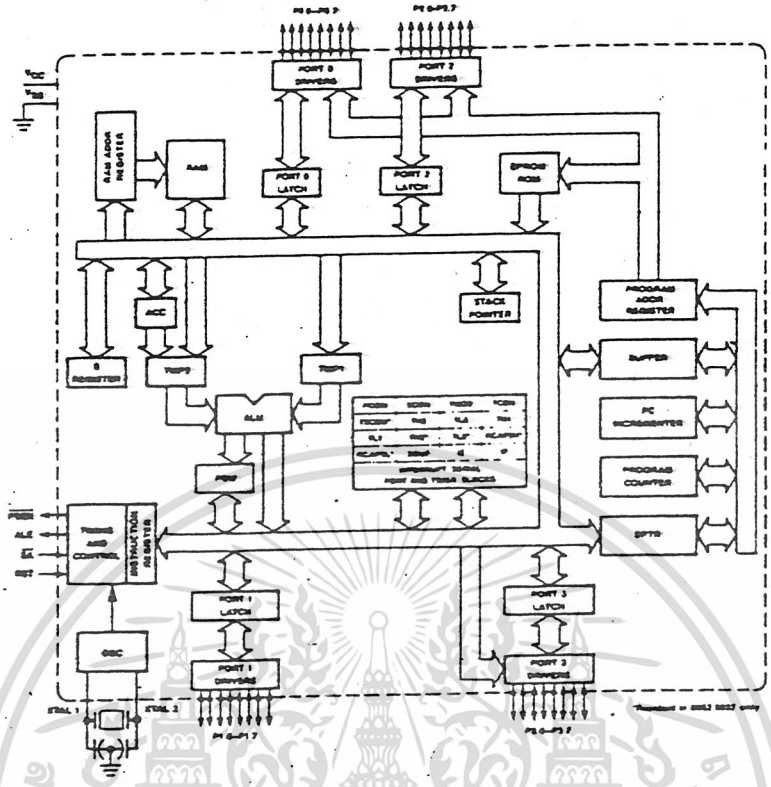
-ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้เป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

-ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้เป็นเอาต์พุตออกจากออสซิลเลเตอร์

การจัดโครงสร้างภายในของ MCS-51

รูปที่ 2ก. แสดงบล็อคไดอะแกรมโครงสร้างภายในของ MCS-51 ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำทั้งแบบ RAM และ ROM หรือ EPROM พอร์ตอินพุต พอร์ตเอาต์พุต โหมดรีจีสเตอร์สถานะ แต่ละส่วนจะติดต่อกันด้วยบัสข้อมูลขนาด 8 บิต และจะมีบัฟเฟอร์สำหรับการติดต่อข้อมูลภายนอกผ่านพอร์ตอินพุต-เอาต์พุตเมื่อต้องการขยายหน่วยความจำ และพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2ก แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

การจัดหน่วยความจำ

MCS-51 มีการจัดหน่วยความจำแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม จำนวน 64 กิโลไบต์

2. หน่วยความจำข้อมูลภายนอก จำนวน 64 กิโลไบต์

3.หน่วยความจำข้อมูลภายใน จำนวน 256 ไบต์ ; หากเป็นเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีขนาด 384 ไบต์

<u>เนื้อที่หน่วยความจำโปรแกรม</u>(Program memory)

หน่วยความจำโปรแกรม มีได้ทั้งภายในและภายนอก หากที่ขา EA มีสถานะ '1' MCS-51 จะบริการหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งต้องมีความยาวไม่เกิน 4 กิโลไบต์สำหรับ 8051 และไม่เกิน 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8052 หากที่ขา EA เป็น '0' MCS-51 จะบริการหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

เนื้อที่หน่วยความจำข้อมูล(Data memory)

เช่นเดียวกับหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูลก็แบ่งเป็นภายในและภายนอก หน่วยความจำข้อมูลภายในจะแบ่งตามลักษณะงานดังนี้คือ 128 ไบต์ของบริเวณตำแหน่งล่างในเนื้อที่RAM ภายใน ที่บริเวณตำแหน่งบนในเนื้อที่ RAM ภายในอีก 128 ไบต์ ซึ่งในเนื้อที่หน่วยความจำในส่วนนี้จะมีเฉพาะในเบอร์ 8052 เท่านั้น และอีก 128 ไบต์จะใช้เป็นที่เก็บรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register; SFR)

รีจีสเตอร์ใน MCS-51

แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator:ACC)

เป็นรีจีสเตอร์ที่คำสั่งส่วนใหญ่จะอ้างถึง ใช้เป็นแหล่งกระทำหรือถูกกระทำในการทำงานทางลอจิก โดยจะถือว่าค่าภายในรีจีสเตอร์นี้เป็นตัวตั้ง เมื่อ MCS-51 ทำงานในคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร ACC จะเป็นตัวเก็บค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการกระทำคำสั่ง และยังใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูล เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์หรือหน่วยความจำภายนอก รวมไปถึงการตรวจสอบตารางข้อมูลด้วย

รีจีสเตอร์ B

เป็นรีจีสเตอร์พิเศษที่ใช้งานสำหรับคำสั่งคูณและหาร โดยรีจีสเตอร์นี้ใช้เป็นที่เก็บตัวคูณหรือตัวหาร และเป็นที่เก็บผลลัพธ์ตัวที่สองของการคูณและเศษที่ได้หลังจากการหาร

รีจีสเตอร์แสดงสถานะโปรแกรม (Program Status Word:PSW)

เป็นรีจีสเตอร์ซึ่งใช้แสดงผลที่ได้หลังจากการใช้คำสั่งต่างๆ และเป็นตัวเลือกการทำงานของกลุ่มรีจีสเตอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ควบคุม (Control register)

ประกอบด้วยกลุ่มรีจีสเตอร์ดังต่อไปนี้

1.รีจีสเตอร์ควบคุมโหมดตั้งเวลาและวงจรนับ(Timer/Counter mode control:TMOD)

2.รีจีสเตอร์ควบคุมวงจรตั้งเวลาและวงจรนับ (Timer/Counter control :TCON)

3.รีจีสเตอร์ควบคุมวงจรตั้งเวลาและวงจรนับ2(Timer//Counter control 2:T2CON)

4.รีจีสเตอร์ควบคุมพอร์ตอนุกรม (Serial port control register:SCON)

5.รีจีสเตอร์การอินเตอร์รัพต์อินาเบิล (Interrupt enable register:IE)

6.รีจีสเตอร์ควบคุมลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt priority:IP)

7.รีจีสเตอร์ควบคุมพลังงาน (Power control register:PCON)

ตัวชี้ข้อมูล (Data pointer:DPTR)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต สามารถเลือกแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ 8 บิต 2 ตัวใช้งานอิสระต่อกันได้ ใช้เป็นฐานของตำแหน่งในรีจีสเตอร์ เมื่อมีการกระโดดโดยทางอ้อม อันเป็นผลมาจากการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูล และชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

ตัวชี้สแตก(Stack Pointer:SP)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราว หรือเก็บสถานะระหว่างการบริการอินเตอร์รัพต์ จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะถูกนำมาเก็บในหน่วยความจำระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าลงหลังจากที่สแตกถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้ว ด้วยการใช้คำสั่ง POP และ RET

ใน MCS-51 สแตกมีเนื้อที่ 128 ไบต์ และเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07H ดังนั้นสแตกจะเริ่มบรรจุข้อมูลเข้าที่ตำแหน่ง 08H นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงค่าในตัวรีจีสเตอร์ได้ ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสแตกไปยังที่ใดๆของ RAM ภายในชิพ

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial data buffer:SBUF)

แบ่งเป็นรีจีสเตอร์ 2 ตัว ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์การส่ง อีกตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์การรับเมื่อข้อมูลถ่ายเข้า SBUF จะเข้าไปยังบัฟเฟอร์ตัวส่ง ซึ่งถูกจัดเตรียมไว้สำหรับการส่งข้อมูลอนุกรมเมื่อข้อมูลจะออกจาก SBUF ก็จะเป็นการนำข้อมูลออกจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

ชุดคำสั่งของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51 มีคำสั่งทั้งสิ้น 111 คำสั่ง ประกอบด้วยคำสั่งหนึ่งไบต์จำนวน 49 คำสั่งคำสั่งสองไบต์จำนวน 45 คำสั่ง และอีก 17 คำสั่งมีความยาวสามไบต์ โดยแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 4 กลุ่มคือ

1.กลุ่มการโอนย้ายข้อมูล

2.กลุ่มคณิตศาสตร์

3.กลุ่มตรรกศาสตร์ (ลอจิก)

4.กลุ่มควบคุมการโอนย้ายข้อมูล

1. <u>กลุ่มการโอนย้ายข้อมูล</u> ยังแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1.1 การโอนย้ายข้อมูลเพื่อจุดประสงค์ทั่วไป ได้แก่คำสั่ง MOV,PUSH และ POP

1.2 การโอนย้ายข้อมูลโดยใช้แอคคิวมูเลเตอร์ ได้แก่คำสั่ง XCH,XCHD,MOVX และ MOVC

1.3 การโอนย้ายข้อมูลกำหนดตำแหน่งข้อมูลรหัส ได้แก่คำสั่ง MOV,DPTR,#DATA

2. <u>กลุ่มคณิตศาสตร์</u> แบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ

2.1 คำสั่งการบวกกัน ได้แก่ INC,ADD,ADDC และ DA

2.2 คำสั่งการลบกัน ได้แก่ DEC และ SUBB

2.3 คำสั่งการคูณกัน ได้แก่ MUL

2.4 คำสั่งการหารกัน ได้แก่ DIV

3. <u>กลุ่มตรรกศาสตร์(ลอจิก)</u> แบ่งได้ 2 กลุ่มคือ

3.1 คำสั่งการทำงานโอเปอร์แรนด์ภายในตัวมันเอง ได้แก่ CLR,SETB,CPL,RL,RLC,RR,RRC และ SWAP

3.2 คำสั่งการทำงานโอเปอร์แรนด์ร่วมระหว่าง 2 โอเปอร์แรนด์ ได้แก่ ANL,ORL และ XRL

4. <u>กลุ่มคำสั่งควบคุมการโอนย้ายข้อมูล</u> แบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ

4.1 เรียกโปรแกรมย่อยโดยไม่ต้องตั้งข้อแม้ แล้วกลับคืนมาที่โปรแกรมหลัก ได้แก่ ACALL,LCALL,RET,AJMP,LJMP และ JMP @ A+DPTR

4.2การกระโดดแบบมีข้อแม้ ได้แก่ JZ,JNZ,JC,JNC,JB,JNB,JBC,CJNZ และ DJNZ

4.3 การกลับคืนจากการอินเตอร์รัพต์ ได้แก่ RETI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************VARIABLE SET**********************;
                ORG   8100H
VSET:           MOV   A,#80H            ;  Control word p1
                MOV   DPTR,#0F803H      ;  Mode port1
                MOVX  @DPTR,A           ;  P1A,B,C=out

                MOV   A,#90H            ;  Control word p2
                MOV   DPTR,#0FC03H      ;  Mode port2
                MOVX  @DPTR,A           ;  P2A=in, P2B,C=out
                CLR   EA
                CLR   A
                MOV   20H,A             ;  HOOK(reg)
                MOV   21H,A             ;  DIAL(reg)
                MOV   22H,A             ;  BUSY(reg)
                MOV   23H,A             ;  RINGBACK(reg)
                MOV   24H,A             ;  RING ENABLE(reg) relay active low
                MOV   25H,A             ;  DPDT(reg)
                MOV   26H,A             ;  DTMF(reg)
                MOV   27H,A             ;  DTMX(reg)
                MOV   28H,A             ;  HOOADD(reg)
                MOV   29H,A             ;  HOOADD2(reg)
                MOV   2AH,A             ;  HOODEC(reg)
                MOV   2BH,A             ;  HOOCOM/1(reg)
                MOV   2CH,A             ;  HOOCOM/2(reg)
                MOV   2DH,A             ;
                MOV   2EH,A             ;  HOOCOM/3(reg)
                MOV   2FH,A             ;  BUFCOM(reg)(com/4)
                CLR   RS1
                CLR   RS0               ;  Select register bank 0
    ;*****************************************************;
  INITIAL:  MOV   8CH,#00H              ;
                MOV   8AH,#00H          ;  clear TH0,TL0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   P2,#0F8H          ;
                MOV   R0,#00H           ;
                MOVX  @R0,A             ;  clear DIAL port
                MOV   R1,#01H           ;
                MOVX  @R1,A             ;  clear BUSY port
                MOV   DPTR,#0F802H      ;
                MOVX  @DPTR,A           ;  clear RINGBK port
                SETB  P2.2              ;  hi port2
                MOVX  @R1,A             ;  clear RINGEN port
                MOV   DPTR,#0FC02H      ;  DPDT port
                MOVX  @DPTR,A           ;  set all to tone
                MOV   P2,#00H
                MOV   A,#0FFH
        FILL:   MOVX  @R0,A             ;
                INC   R0                ;
                CJNE  R0,#09H,FILL      ;  clear ram 00-07
                MOV   P2,#0F8H
                MOV   R0,#00H
;*******************************************************************************;

;********CHECK HOOK TO COMMUNICATE MORE OR LESS ************************;
 WAITHOOK:      SETB  P2.2              ; hi port 2
                MOVX  A,@R0             ; read HOOK port
                CPL   A
                CJNE  A,20H,CHECK1      ; hook no change
                SJMP  WAITHOOK          ; inport new hook
        CHECK1: CJNE  A,#00H,CHECK2     ; hangup tel every line
                SJMP  VSET              ; finish program
        CHECK2: MOV   20H,A
                ANL   A,25H
                XRL   A,25H             ; HOOK and & xor DPDT(reg)
                MOV   2AH,A             ; store hangup line to HOODEC(reg)
                CJNE  A,#00,KB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SJMP   KK
KB:     AJMP   HOODEC
KK:     MOV    A,20H              ; have new line
        XRL    A,25H              ;
        ANL    A,20H              ; del everycom(dpdt)
        MOV    28H,A              ; store in HOOADD(reg)
        JB     40H,HOOADD1
        JB     41H,HOOADD2
        JB     42H,HOOADD3
        JB     43H,HOOADD4
        JB     44H,HOOADD5
        JB     45H,HOOADD6
        JB     46H,HOOADD7
        JB     47H,HOOADDEX       ; check HOOK
        SJMP   WAITHOOK           ; have no HOOADD
HOOADD1: MOV   29H,#00H
        SJMP   HOOKEND
HOOADD2: MOV   29H,#01H
        SJMP   HOOKEND
HOOADD3: MOV   29H,#02H
        SJMP   HOOKEND
HOOADD4: MOV   29H,#03H
        SJMP   HOOKEND
HOOADD5: MOV   29H,#04H
        SJMP   HOOKEND
HOOADD6: MOV   29H,#05H
        SJMP   HOOKEND
HOOADD7: MOV   29H,#06H
        SJMP   HOOKEND
HOOADDEX: MOV  29H,#07H           ; transfer from bit(HOOADD)
HOOKEND: SJMP  DIAL               ; store in binary(HOOADD2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******************SEND DIAL TO PORT ROUTINE************************;
```

```
DIAL:           MOV   A,#0FFH
                MOV   P1,A              ; initial DTMF
                CLR   P2.2              ; byte-hi port1
                MOV   A,28H
                JB    47H,RELAY
                MOVX  @R0,A             ; mov data HOOADD to port DIAL
                MOV   21H,A             ; store data to dial(reg)
                SJMP  GETNUM
        RELAY:  SETB  P2.2
                MOVX  @R1,A             ; switch relay(pabx accept)
                MOV   21H,A
    ;*********************************************;
GETNUM:         SETB  P2.2              ; hi-port 2
                MOVX  A,@R0             ; inport HOOK
                CPL   A
                MOV   2DH,A             ; use store data(SPECIAL)
                CJNE  A,20H,CEC1        ; hook no change
                SJMP  GETN              ; inport new hook
        CEC1:   CJNE  A,#00H,CEC2       ; hangup tel every line
                AJMP  VSET              ; finish program

        CEC2:   ANL   A,25H
                XRL   A,25H             ; HOOK and & xor DPDT(reg)
                MOV   2AH,A             ; store hangup line to HOODEC(reg)
                CJNE  A,#00H,JHA
                SJMP  JKA
         JHA:   AJMP  HOODEC
         JKA:   MOV   A,20H             ; have new line
                XRL   A,2DH             ; detect for only hang on hook
                CLR   P2.2
                ORL   A,22H
                MOVX  @R1,A             ; send BUSY
;***************GETNUM  ROUTINE*************************************;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GETN:     MOV   27H,#00H          ; clear DTMF
          MOV   A,P1              ; get number from port 1
          ANL   A,#0fH            ; mask not use bit
          MOV   26H,A             ; store in DTMF(reg)
          CJNE  A,#0AH,NOEXT
          SETB  3FH
          SJMP  NEXT
NOEXT:    CJNE  A,#01H,NOT1
          SETB  38H
          SJMP  NEXT
NOT1:     CJNE  A,#02H,NOT2
          SETB  39H
          SJMP  NEXT
NOT2:     CJNE  A,#03H,NOT3
          SETB  3AH
          SJMP  NEXT
NOT3:     CJNE  A,#04H,NOT4
          SETB  3BH
          SJMP  NEXT
NOT4:     CJNE  A,#05H,NOT5
          SETB  3CH
          SJMP  NEXT
NOT5:     CJNE  A,#06H,NOT6
          SETB  3DH
          SJMP  NEXT
NOT6:     CJNE  A,#07H,NOTALL     ; convert number to telephone bit
          SETB  3EH               ; store tel in DTMX(reg 27)
          SJMP  NEXT
NOTALL:   SJMP  GETNUM            ; (wait new number)
NEXT:     MOV   A,27H             ;
          CJNE  A,#00H,NNEXT      ; nonumber to call
          SJMP  GETNUM            ; get new number
NNEXT:    CJNE  A,28H,NOERR       ; samenumber(caller)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   27H,#00H          ; clear samenumber(caller)
                SJMP  GETNUM            ; get new number
        NOERR:  CLR   TR0               ; stop timer
                MOV   8CH,#00H
                MOV   8AH,#00H          ; clear timer
                CLR   A
                MOV   21H,A             ; clear DIAL(reg)
                CLR   P2.2
                MOVX  @R0,A             ; clear DIAL(port)

;*********GET TONE TO TELEPHONE THAT COMMUNICATE*****************************;
  TONE:         MOV   A,27H
                CJNE  A,#00H,TONE2      ; wait for number
                SJMP  TONE
        TONE2:  SETB  P2.2              ; hi port 2
                JB    07H,RELAY2
                MOVX  @R1,A             ; send RINGEN to reciever
                SJMP  TOUCH2
        RELAY2: ORL   A,#80H
                MOVX  @R1,A
        TOUCH2: MOV   24H,A             ; store in RINGEN(reg)
                ORL   A,28H             ; add send & receive = bufcom
                MOV   2FH,A             ; store in BUFCOM(reg)
                CLR   A
                CJNE  A,2BH,NOCOM1
                MOV   2BH,2FH           ; com/1 empty, store bufcom in it
                SJMP  CON
        NOCOM1: CJNE  A,2CH,COM3
                MOV   2CH,2FH           ; com/2 empty, store bufcom in it
                SJMP  CON
        COM3:   MOV   2EH,2FH           ; com/3 empty, store bufcom in it
        CON:    MOV   A,2FH
                ORL   A,25H             ; add bufcom & dpdt
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   25H,A             ; store in DPDT(reg)
                JB    3FH,GO            ; don't send RINGBACK to ext caller
                SJMP  RINGBK
        RINGBK: MOV   DPTR,#0F802H      ; port RINGBACK
                MOV   A,28H
                MOVX  @DPTR,A           ; send RINGBACK to caller
                MOV   23H,A             ; store in RINGBACK(reg)
        GO:     SETB  TR0               ; start timer0

;**************WAIT HOOK AND SEND TONE & SPEECH TO COMMUNICATE ROUTINE********;
 WAIT1:         SETB  P2.2              ; hi-port 2
                MOVX  A,@R0             ; inport HOOK
                CPL   A
                MOV   2DH,A             ; use store data(SPECIAL)
                CJNE  A,20H,CHEC1       ; hook no change
                SJMP  WAIT1             ; inport new hook
        CHEC1:  CJNE  A,#00H,CHEC2      ; hangup tel every line
                AJMP  VSET              ; finish program

        CHEC2:  ANL   A,25H
                XRL   A,25H             ; HOOK and & xor DPDT(reg)
                MOV   2AH,A             ; store hangup line to HOODEC(reg)
                CJNE  A,#00H,JH
                SJMP  JK
           JH:  AJMP  HOODEC
           JK:  MOV   A,20H             ; have new line
                XRL   A,2DH             ; detect for only hang on hook
                CJNE  A,27H,WAIT1       ;
                ; right hook for number ;
                MOV   20H,2DH           ; correct HOOK that want
                CLR   TR0               ; stop timer
                MOV   8CH,#00H
                MOV   8AH,#00H          ; clear timecount
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JB    47H,RELAY1
            CLR   A
            MOVX  @R1,A              ; clear RINGEN(port)
            MOV   24H,A              ; clear RINGEN(reg)
            SJMP  TOUCH
   RELAY1:  MOV   A,#80H
            MOVX  @R1,A
            MOV   24H,A
    TOUCH:  MOV   DPTR,#0F802H
            MOVX  @DPTR,A            ; clear RINGBACK(port)
            MOV   23H,A              ; clear RINGBACK(reg)

;********SEND SPEECH*****************************************;
            MOV   A,25H
            MOV   DPTR,#0FC02H
            MOVX  @DPTR,A            ; out port DPDT speech

;***********WRITE RAM CONTROL SPEECH PATH ROUTINE***********;
     TALK:  CLR   A
            JB    38H,A7
            JB    39H,A6
            JB    3AH,A5
            JB    3BH,A4
            JB    3CH,A3
            JB    3DH,A2
            JB    3EH,A1
            JB    3FH,A0
        A7: SETB  ACC.7
            SJMP  G27
        A6: SETB  ACC.6
            SJMP  G27
        A5: SETB  ACC.5
            SJMP  G27
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   A4: SETB  ACC.4
       SJMP  G27
   A3: SETB  ACC.3
       SJMP  G27
   A2: SETB  ACC.2
       SJMP  G27
   A1: SETB  ACC.1
       SJMP  G27
   A0: SETB  ACC.0              ; tranfer
  G27: CPL   A                  ; complement DTMX
       MOV   P2,#00H
       MOV   R0,29H             ;  R0=(H00K2)
       MOVX  @R0,A              ; ~DTMX --> ((H00K2))
       CLR   A
       JB    40H,AA7
       JB    41H,AA6
       JB    42H,AA5
       JB    43H,AA4
       JB    44H,AA3
       JB    45H,AA2
       JB    46H,AA1
       JB    47H,AA0
  AA7: SETB  ACC.7
       SJMP  G28
  AA6: SETB  ACC.6
       SJMP  G28
  AA5: SETB  ACC.5
       SJMP  G28
  AA4: SETB  ACC.4
       SJMP  G28
  AA3: SETB  ACC.3
       SJMP  G28
  AA2: SETB  ACC.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SJMP   G28
        AA1: SETB  ACC.1
            SJMP   G28
        AA0: SETB  ACC.0
        G28: CPL   A                    ; complement HOOK(reg)
            MOV    R0,26H               ; R0=(DTMF)
            DEC    R0
            MOVX   @R0,A                ; ^HOOK --> ((DTMF))
            MOV    P2,#0F8H             ;
            MOV    R0,#00H              ; initail value port
            AJMP   WAITHOOK

;*****************************************************;
HOODEC:     MOV    A,2AH
            ANL    A,2BH                ; HOODEC AND COM/1
            CJNE   A,#00H,HCOM1         ;
            SJMP   XCOM1
      HCOM1: MOV   A,2AH                ; com/1 hangup
            XRL    A,2BH                ; tel in com/1 no hangup
            MOV    22H,A                ; store in BUSY(reg)
            MOV    A,2BH
            XRL    A,25H                ; del com/1 from DPDT
            MOV    25H,A                ; store in DPDT(reg)
            MOV    2BH,#00              ; clear com/1
            SJMP   GETBUSY
     XCOM1:  MOV    A,2AH
            ANL    A,2CH                ; HOODEC AND COM/2
            CJNE   A,#00H,HCOM2
            SJMP   XCOM2
     HCOM2: MOV    A,2AH                ; com/2 hangup
            XRL    A,2CH                ; tel in com/2 no hangup
            MOV    22H,A                ; store in BUSY(reg)
            MOV    A,2CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        XRL   A,25H             ; del com/2 from DPDT
        MOV   25H,A             ; store in DPDT(reg)
        MOV   2CH,#00           ; clear com/2
        SJMP  GETBUSY
XCOM2:  MOV   A,2AH
        ANL   A,2EH             ; HOODEC AND COM/3
        CJNE  A,#00H,HCOM3
        SJMP  XCOM3
HCOM3:  MOV   A,2AH             ; com/3 hangup
        XRL   A,2EH             ; tel in com/3 no hangup
        MOV   22H,A             ; store in BUSY(reg)
        MOV   A,2EH
        XRL   A,25H             ; del com/3 from DPDT
        MOV   25H,A             ; store in DPDT(reg)
        MOV   2EH,#00           ; clear com/3
        SJMP  GETBUSY
XCOM3:  MOV   A,2AH
        ANL   A,2FH
        CJNE  A,#00H,HCOM4
        SJMP  NOCOM
HCOM4:  MOV   A,2AH             ; com/4 hangup
        XRL   A,2FH             ; tel in com/4 no hangup
        MOV   22H,A             ; store in BUSY(reg)
        MOV   A,2FH
        XRL   A,25H             ; del com/4 from DPDT
        MOV   25H,A             ; store in DPDT(reg)
GETBUSY: MOV  2FH,#00           ; clear com/4
        MOV   DPTR,#0FC02H      ; DPDT(port)
        MOVX  @DPTR,A           ; get tone to tel no hangup
        CLR   P2.2
        MOV   A,22H             ;
        MOVX  @R1,A             ; get BUSY to tel no hangup
        AJMP  WAITHOOK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NOCOM:  SETB  P2.2
        CLR   A
        MOVX  @R1,A             ; clear BUSY(port)
        MOV   22H,A             ; clear BUSY(reg)
        AJMP  WAITHOOK
        END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ธวัชชัย เลื่อนฉวี , 'เทคโนโลยีโทรศัพท์' , ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์ บางกอกน้อย กรุงเทพฯ

2. บรรณาธิการ , 'ไอซีหน้าสน MT8870' , เซมิคอนดักเตอร์อิเลกทรอนิคส์ ซีเอ็ดยูเคชั่น , ฉบับที่ 88 กันยายน-ตุลาคม 2531 , หน้า 210-214

3. บรรณาธิการ , 'ลึกอีกนิดกับโทรศัพท์ ตอน 1-5' ,เซมิคอนดักเตอร์อิเลคทรอนิคส์ , ซีเอ็ดยูเคชั่น , ฉบับที่ 120-124 กันยายน 2534 - กุมภาพันธ์ 2535

4. Motorola Technical Information Center , ' Motorola Telecommunication Device Data' , Motorola U.S.A. , 1989

5. คู่มือไอซีดิจิตอล , กฤษดา วิศวธีรานนท์ , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

6.The 8051 Microcontroller, Architecture Programing,and Application , Kenneth J. Ayala , Western Carolina University

7. REM31 User Manual , บริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด

8. ANT-31 User Manual , บริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประภากร สุวรรณะเป็นอย่างสูง ที่กรุณาช่วยดูแล เอาใจใส่ อบรม สั่งสอน ตักเตือน ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้พื้นฐานมาตลอดเวลา 4 ปี ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลงได้

และสุดท้าย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่คอยไถ่ถาม ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ตลอดจนให้กำลังใจในการทำโครงงานชิ้นนี้

ความดีความชอบของโครงงานชิ้นนี้ ขอมอบให้กับทุกคนที่กล่าวมานี้ด้วยและขอบคุณธรรมชาติที่ทำให้เรายังมีชีวิตอยู่ได้บนโลกนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้