จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2529

รายงานผลการวิจัย

ตู้ชุมสายโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก
Small Private Electronic Branch Exchange

โดย

รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

31 พฤษภาคม 2531

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฝ่ายวิจัย สนง. ฯ จุฬาฯ
มอบให้หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
31 / ต.ค. / 31

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

621.385
ก 284 ร
ฉ.2

24 มี.ค. 2532
ก046833

พอมุดลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย	ตู้ชุมสายโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก
ชื่อผู้วิจัย	รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์
	ร.อ.อนุรักษ์ เถื่อนศิริ
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ห้องปฏิบัติการวิจัย	ระบบเชิงเลข
ปี	2529

บทคัดย่อ

รายงานนี้กล่าวถึง การพัฒนาต้นแบบของตู้ชุมสายโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก สำหรับใช้เป็นตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ ในสำนักงาน โรงงาน และที่พักอาศัย ตู้ชุมสายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นมานี้ สามารถต่อเลขหมายภายในได้สูงสุด 36 เลขหมาย และต่อกับเลขหมายภายนอกสูงสุดได้ 8 เลขหมาย เครื่องโทรศัพท์ที่ใช้กับระบบเป็นเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาที่เป็นคู่สายเดี่ยวและเป็นได้ทั้งชนิดหมุนและกดปุ่มความถี่ สายภายนอกก็เป็นได้ทั้งชนิดหมุนและกดปุ่มความถี่เช่นเดียวกัน ในระบบไม่จำเป็นต้องมีโอเปอเรเตอร์ ฟีเจอร์การบริการของระบบได้แก่ การเรียกกลับ การหมุนหาเบอร์สุดท้าย การรับแทนกัน การพักสายและการโอนสาย เป็นต้น ฟีเจอร์เหล่านี้เพียงพอสำหรับการใช้งานในสำนักงาน ตู้ชุมสายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นแกนกลางในการควบคุมระบบจึงเป็นระบบ SPC (Store Program Control) สวิทชิงเนตเวอร์คเป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิทช์ มีคู่สนทนาภายในได้สูงสุดถึง 11 คู่สนทนา สามารถรับแทรฟฟิกได้สูงสุดถึง 0.2 เออรังต่อหนึ่งคู่สายใช้ แมคโครแอสเซมบลีในการพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบโดยใช้เทคนิคการบรรยาย การเปลี่ยนสถานะของโทรศัพท์ด้วยภาษา State Transition Language ที่ได้คิดค้นขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่าย และปรับปรุงแก้ไขง่าย ได้ทดสอบตู้ชุมสายโทรศัพท์ในการใช้งานจริงแล้ว

Project title	Small Private Electronic Branch Exchange
Researcher	Associate Prof. Krisada Visavateeranon
	Captain Anuruk Tuensiri
Laboratory	Digital System Research Laboratory
	Department of Electrical Engineering
	Faculty of Engineering
Year	1986

Abstract

This report describes the development of a prototype of small electronic private branch exchange for small and medium office use. The maximum capacity of the system is 36 extensions and 8 trunk lines. The single line telephone used in the system can be either rotary dial type or DTMF push button type and the trunk line can be either decadic or DTMF signaling. No operator console is need in the system and the major service feature are call back, last number redial, call pick, hold and tranfer line etc. The system is Store Program Control type with 8 bit microprocessor controled the operation of the whole system. Electronic switches are employed as the switching network with 11 internal links which enable the system to service the call traffic up to 0.2 erlang per extension. The State Transition Language technic is used to ease the development of control program. The system has been tested and proved to be workable in office use.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ นายเจริญชัย เจริญทั่งเมือง นายนรินทร์ รักษาคาร นายสมศักดิ์ อัศวรุ่งสกุล นิสิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยงานทดลองในห้องปฏิบัติการและมีส่วนช่วยในการพัฒนาโปรแกรม ขอขอบคุณนายวิเชียร คณาลัยวุฒิพงศ์ ช่างเทคนิคที่ช่วยติดตั้งและทดลองระบบ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณงามตา ขวัญเจริญ ที่ช่วยพิมพ์รายงานวิจัยนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาเบื้องต้น 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขั้นตอนการวิจัย 2

1.4 ตารางเวลาการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

1.6 งบประมาณการวิจัย 3

บทที่ 2 ตู้สาขาโทรศัพท์ 4

2.1 หน้าที่ของตู้สาขาโทรศัพท์ 4

2.2 ชนิดของตู้สาขาโทรศัพท์ 4

2.3 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีของตู้สาขาโทรศัพท์ 5

2.4 การทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ 9

2.5 โครงสร้างภายในของตู้สาขาโทรศัพท์ 10

2.6 คุณสมบัติการบริการพิเศษของตู้สาขาโทรศัพท์ 11

บทที่ 3 ข้อกำหนดในการออกแบบและแนวความคิดในการออกแบบ 13

3.1 ข้อกำหนดของตู้สาขาโทรศัพท์ 13

3.2 แนวความคิดในการออกแบบ 15

บทที่ 4 ฮาร์ดแวร์ของระบบ 21

4.1 ซีพียูบอร์ด 21

4.2 บอร์ดอินพุทเอาท์พุทและสวิทช์แมตริก 26

4.3 บอร์ดสายภายในและภายนอก 30

4.4 บอร์ดสัญญาณโทน 32

4.5 การประกอบระบบ 34

บทที่ 5 ซอฟท์แวร์ของระบบ 35
5.1 ลักษณะโปรแกรมควบคุมการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ 35
5.2 ไดอะแกรมสถานะ 37
5.3 ภาษา STL (State Transition Language) 38
5.4 โปรแกรมหลัก 47
5.5 รายละเอียดไดอะแกรมสถานะของตู้สาขาโทรศัพท์ 52
5.6 ฟีเจอร์ (Service feature) 59
5.7 กลุ่มโปรแกรมควบคุมอินพุทเอาท์พุท 62
5.8 กลุ่มโปรแกรมบริการ 75

บทที่ 6 วิธีการใช้เครื่องโทรศัพท์ 77
6.1 วิธีการติดตั้ง 77
6.2 วิธีการใช้ 78

บทที่ 7 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 80
7.1 สรุปการวิจัย 80
7.2 ข้อเสนอแนะ 81

เอกสารอ้างอิง 83

ภาคผนวก
ก. รายละเอียดวงจร
ข. รายละเอียดโปรแกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของต้น

ตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กหรือที่นิยมเรียกกันว่า ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ (Private Automatic Branch Exchange) เป็นอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ในหน่วยงาน ซึ่งใช้ในการตัดต่อวงจรโทรศัพท์ ทั้งภายในและภายนอก ทำให้การติดต่อโทรศัพท์ภายในเป็นไปอย่างรวดเร็ว เพิ่มประสิทธิภาพให้การติดต่อเป็นอย่างมาก ปัจจุบันองค์การโทรศัพท์ได้ให้สิทธิ บริษัทเอกชนทำการขาย ติดตั้ง และบำรุงรักษาตู้สาขาโทรศัพท์แทนองค์การโทรศัพท์ ทำให้การติดตั้งตู้สาขาโทรศัพท์ในสำนักงานทำได้ง่ายรวดเร็วขึ้น ตู้ชุมสายโทรศัพท์ในปัจจุบันจะใช้เทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ซึ่งมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันสมรรถนะของตู้สาขาโทรศัพท์สูงขึ้นมาก ในขณะที่ราคาของตู้สาขาโทรศัพท์ลดลงทุกปี ทำให้ตลาดของตู้สาขาโทรศัพท์ในประเทศมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ตู้สาขาโทรศัพท์เกือบทั้งหมดต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จากข้อมูลของกรมศุลกากร ในปี 2528 ได้มีการนำเข้าอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์ มูลค่าถึง 1014 ล้านบาท โดยเพิ่มจากปี 2527 ถึง 217 เปอร์เซนต์ นอกจากการซื้ออุปกรณ์โทรศัพท์ตามโครงการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยแล้ว เป็นที่เชื่อกันว่ามีการนำเข้าตู้สาขาโทรศัพท์ ในปริมาณที่สูงมากด้วย

ประเทศไทยมีระบบโทรศัพท์ใช้งานในหมู่ประชาชนมากกว่า 40 ปี ในปีหนึ่งต้องเสียเงินตราต่างประเทศในการซื้ออุปกรณ์โทรศัพท์มากมาย ในแผน 5 ปีขององค์การโทรศัพท์ จะมีการขยายจำนวนคู่สายโทรศัพท์ และเพิ่มบริการมากขึ้น โดยมีงบประมาณเกือบแสนล้านบาทนั้น จะทำให้ประชาชนมีโทรศัพท์ใช้มากขึ้น และความต้องการในการใช้บริการและอุปกรณ์ทางโทรคมนาคมจะมากขึ้นด้วย แต่อุปกรณ์ส่วนใหญ่ทางด้านโทรศัพท์ยังต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็กที่ใช้ในสำนักงาน บริษัท โรงงาน หมู่บ้านจัดสรร และที่อยู่อาศัยเป็นอุปกรณ์หลักตัวหนึ่งซึ่งจะเป็นที่นิยมใช้กันต่อไป ความพยายามในการผลิตตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัตินี้มีใช้เองในประเทศยังมีน้อยมาก และมีงานวิจัยทางด้านนี้น้อยมาก เทคโนโลยีทางด้านนี้ยังเป็นที่หวงปิดจากบริษัทในต่างประเทศ เรายังไม่สามารถที่จะลอกเลียนได้โดยง่าย ตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่จะสร้างขึ้นมานี้ จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ได้ริเริ่มขึ้นมาเอง โดยมีจุดประสงค์ที่จะทำให้สามารถผลิตใช้เองในประเทศและมีราคาถูก ต้นแบบของตู้สาขาโทรศัพท์สามารถนำมาใช้เป็นแบบในการผลิตเพื่อเผยแพร่ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ออกแบบและสร้างต้นแบบตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก โดยใช้เทคโนโลยีไมโครคอมพิวเตอร์

1.2.2 พัฒนาตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กที่มีราคาถูก และเหมาะสำหรับการใช้งานในประเทศ

1.2.3 วางรากฐานของการพัฒนาตู้ชุมสายโทรศัพท์ให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีสมรรถนะสูงขึ้นได้อีกในอนาคต

1.3 ขั้นตอนการวิจัย

1.3.1 ศึกษาตู้ชุมสายโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศโดยละเอียด

1.3.2 ออกแบบฮาร์ดแวร์ของตู้ชุมสายอิเล็กทรอนิกส์ โดยคำนึงถึงอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ หรือสามารถสั่งซื้อจากต่างประเทศได้ง่าย

1.3.3 ทดลองวงจรที่ออกแบบเป็นส่วน ๆ

1.3.4 สร้างบอร์ดทดลองโดยการ Wire Wrap

1.3.5 สร้างฮาร์ดแวร์ของตู้ชุมสายโทรศัพท์ทั้งการทำแผ่นวงจรพิมพ์และตู้

1.3.6 ออกแบบซอฟท์แวร์ของตู้ชุมสายโทรศัพท์โดยใช้แนวความคิดใหม่

1.3.7 พัฒนาซอฟท์แวร์ของตู้ชุมสายโทรศัพท์และทดสอบการทำงาน

1.3.8 ทดสอบระบบโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ

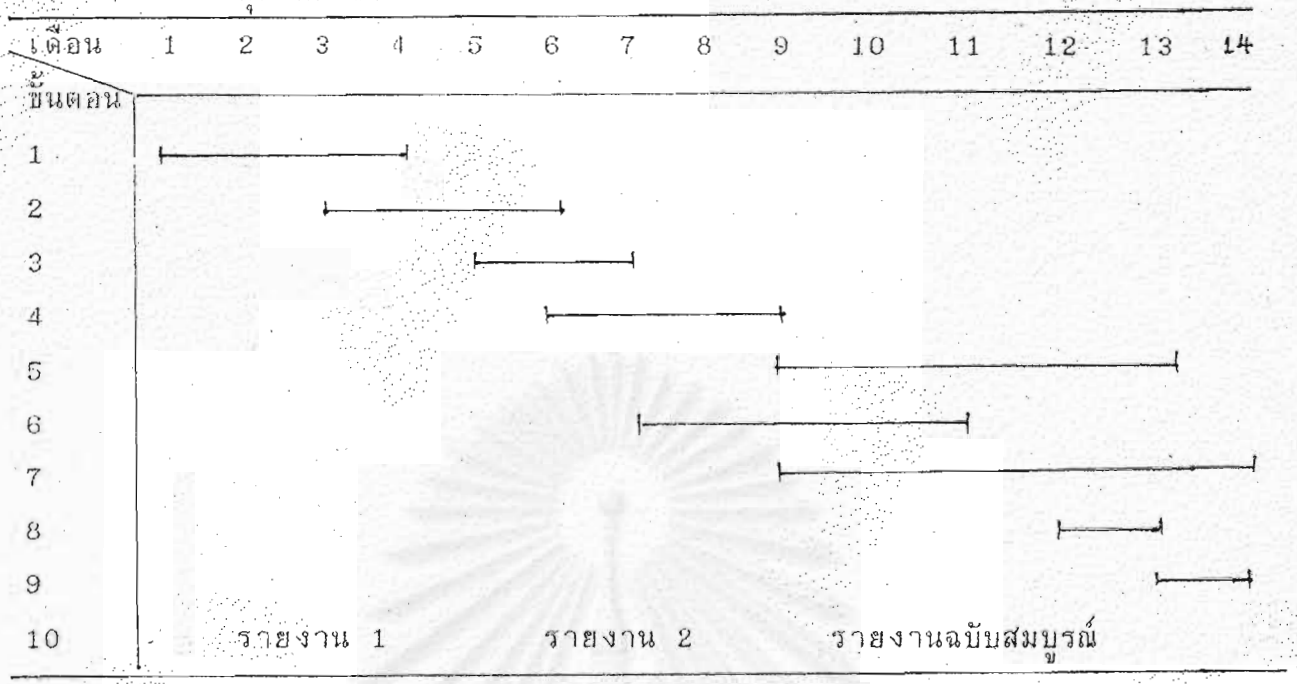
1.3.9 ทดสอบตู้ชุมสายโทรศัพท์โดยนำไปใช้งานจริง

1.3.10 เขียนรายงานการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ตารางเวลาการวิจัย

เริ่มวิจัย เดือนตุลาคม 2529



1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

15.1 ได้ต้นแบบของตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กที่สามารถใช้งานได้จริง 1 ชุด

15.2 ได้เทคโนโลยีในการออกแบบและสร้างตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กซึ่งสามารถขายให้เอกชนที่สนใจจะลงทุนทางด้านนี้

15.3 พัฒนาบุคลากรทางด้านออกแบบและสร้างตู้ชุมสายโทรศัพท์

1.6 งบประมาณการวิจัย

1.	ครุภัณฑ์	9,500	บาท
2.	วัสดุ	56,820	บาท
3.	ค่าตอบแทน	40,180	บาท
4.	ค่าใช้สอย	6,500	บาท
	รวม	110,000	บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ตู้สาขาโทรศัพท์

2.1 หน้าที่ของตู้สาขาโทรศัพท์

ตู้สาขาโทรศัพท์ (Private Branch Exchange) หรือเรียกย่อว่า PBX เป็นอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์ชนิดหนึ่ง มีหน้าที่คล้ายกับชุมสายโทรศัพท์ทั่วไป ในการต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ต่อกับชุมสาย ตู้สาขาโทรศัพท์ธรรมดาจะใช้พนักงานในการสลับสายโทรศัพท์

ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ (Private Automatic Branch Exchange) หรือเรียกย่อว่า PABX เป็นตู้สาขาโทรศัพท์ชนิดที่สามารถต่อคู่สายโทรศัพท์ภายในกันเองได้โดยไม่ต้องใช้พนักงาน ใช้การหมุนรหัสเบอร์โทรศัพท์ จากเครื่องรับโทรศัพท์โดยตรงก็สามารถเรียกไปยังเครื่องรับโทรศัพท์เบอร์อื่น ๆ ได้

ตู้สาขาโทรศัพท์นอกจากจะใช้ในการต่อสายโทรศัพท์ระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์ที่ติดตั้งในระบบแล้ว ยังสามารถต่อกับสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ เพื่อให้เครื่องรับโทรศัพท์ภายในสามารถต่อกับสายขององค์การโทรศัพท์ เพื่อใช้ในการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอกได้ด้วย

ดังนั้น ตู้สาขาโทรศัพท์จึงมีหน้าที่ในการต่อระหว่างสายภายใน และระหว่างสายภายในกับภายนอกได้ การทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์จะเหมือนชุมสายโทรศัพท์ทั่วไป คือใช้สัญญาณกระดิ่งในการเรียก ใช้การหมุนหน้าปัดหรือการกดปุ่มเพื่อเป็นรหัสในการกำหนดจุดหมายของการต่อสายโทรศัพท์

ตู้สาขาโทรศัพท์ยังมีความสามารถพิเศษกว่าชุมสายโทรศัพท์ อีกหลายประการ เช่น สามารถโอนสายที่เรียกมาจากภายนอกให้ต่อกับเครื่องใดเครื่องหนึ่งก็ได้ สามารถตัดจากสายภายในออกไปสู่ภายนอกได้โดยใช้รหัสเพียงเบอร์เดียว นอกจากนั้น ตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่จะมีหน้าที่การทำงานในการอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้อีกมากมาย

2.2 ชนิดของตู้สาขาโทรศัพท์

แบ่งตู้สาขาโทรศัพท์ตามการใช้งานเป็น

1. PMBX (Private Manual Branch Exchange) เป็นตู้สาขาที่ใช้พนักงานเป็น ผู้สลับสาย เป็นตู้สาขาโทรศัพท์แบบง่าย ราคาถูก นิยมใช้ในหอพัก โรงแรม เป็นต้น

2. KTS (Key telephone System) เป็นระบบโทรศัพท์ที่ตัวเครื่องรับโทรศัพท์มีปุ่มกดมากกว่าโทรศัพท์ธรรมดา สามารถกดเลือกสายได้จากเครื่องรับโทร

ศัพท์ จึงไม่จำเป็นต้องมีพนักงานสลับสาย ระบบโทรศัพท์ชนิดนี้จะต้องมีตู้สาขาโทรศัพท์เช่นเดียวกัน นิยมใช้ในสำนักงาน และธุรกิจขนาดเล็กและกลาง

3. PABX (private Automatic Branch Exchange) เป็นตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ สามารถใช้กับเครื่องรับโทรศัพท์แบบธรรมดาทั้งชนิดหมุนหน้าปัดและแบบกดปุ่มความถี่ได้ ขนาดใหญ่มักจะมีพนักงานสำหรับรับสายนอก เพื่อโอนต่อไปยังสายภายใน การโทรออกจากสายภายในไปสู่สายภายนอกสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ

นอกจากนั้น ยังสามารถแบ่งชนิดตู้สาขาออกตามหลักการทำงานของวงจร คือ

1. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบครอสบาร์ ใช้สวิทช์แม่เหล็กไฟฟ้าในการต่อคู่สาย

2. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบ SPC (Stored Program Control) ใช้โปรแกรมในการกำหนดหน้าที่การทำงานของระบบ

หรือถ้าจะแบ่งตามวิธีการต่อคู่สายหรือการสวิทช์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบ Space Division เป็นการใช้วิธีการสลับสายโดยต่อคู่สายของโทรศัพท์โดยตรง มีโครงสร้างที่ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับแบบ Time Division และส่วนใหญ่ใช้กับตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็ก และขนาดกลาง

2. แบบ Time Division เป็นการสลับสายโดยอาศัยเทคนิคแบบดิจิตอล กล่าวคือ ใช้วิธีแบ่งช่วงเวลา (time slot) ให้กับคู่สายที่ต้องการต่อถึงกัน

และถ้าจะแบ่งขนาดของตู้สาขาโทรศัพท์ ซึ่งดูจากจำนวนสายภายใน (Extension line) หรือจำนวนสายของเครื่องรับโทรศัพท์สูงสุดที่สามารถต่อกับตู้สาขาโทรศัพท์ได้ อาจจะยึดถือเกณฑ์ต่อไปนี้ [1]

ขนาดเล็ก	$Ext \leq 16$
ขนาดกลาง	$16 < Ext \leq 50$
ขนาดใหญ่	$50 < Ext \leq 200$
ขนาดใหญ่มาก	$Ext > 200$

2.3 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีของตู้สาขาโทรศัพท์

เทคโนโลยีของตู้สาขาโทรศัพท์นั้นได้มีการพัฒนาตัวเองมาตามลำดับ ซึ่งอาจจะรวบรวมการพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ได้ดังนี้ คือ

1. ตู้สาขาโทรศัพท์ระบบ Manual
2. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบใช้อุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้า
3. ตู้สาขาโทรศัพท์ระบบอิเล็กทรอนิกส์

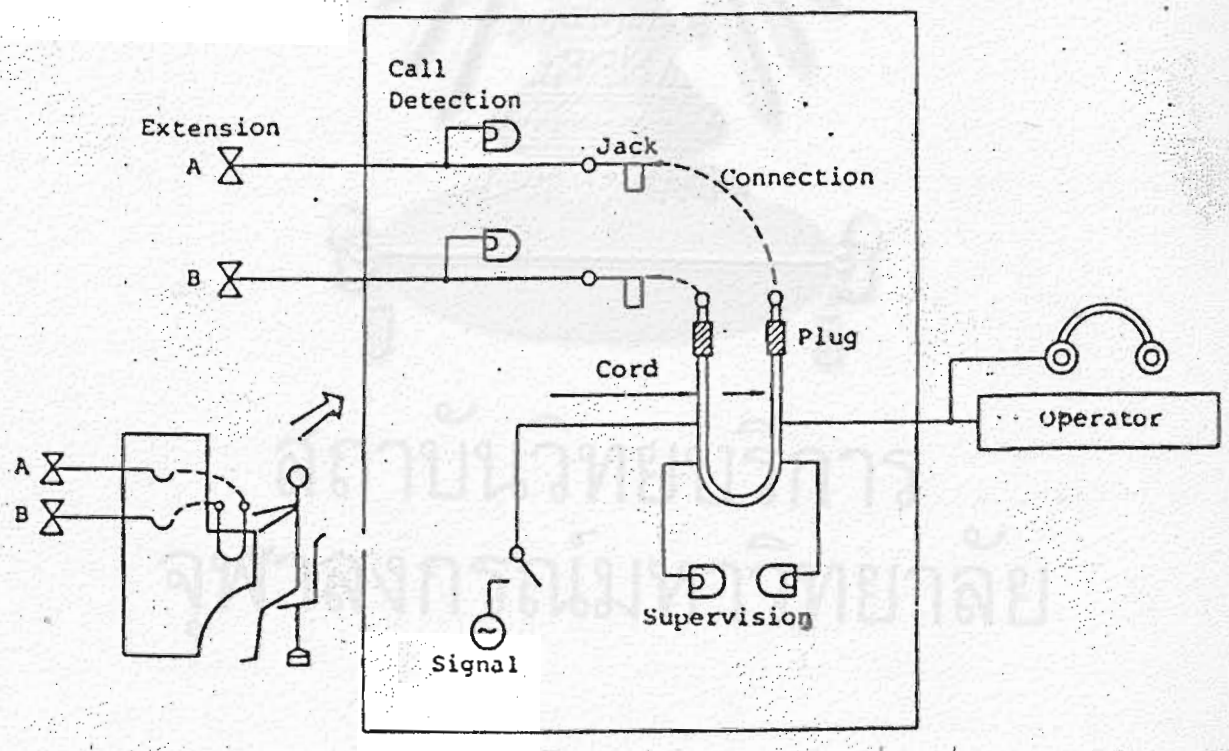
ต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดโดยสังเขปของตู้สาขาโทรศัพท์แบบต่าง ๆ ดังกล่าวนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

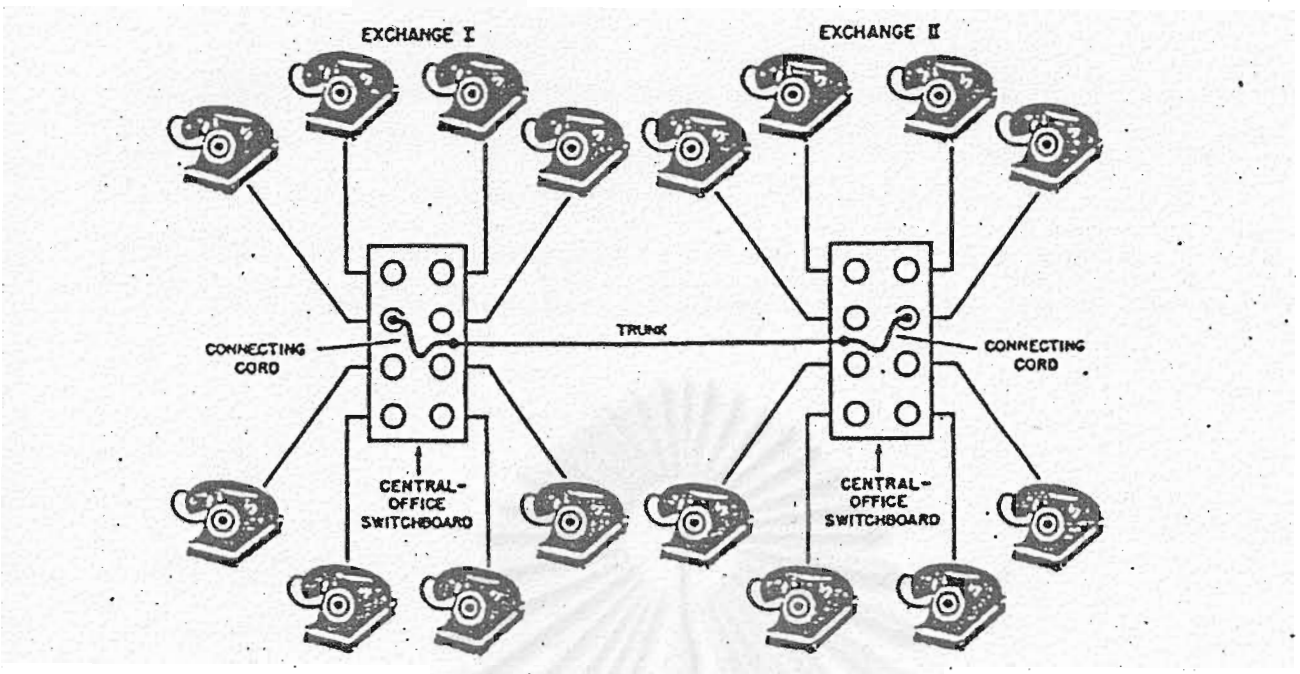
2.3.1 ตู้สาขาโทรศัพท์ระบบ Manual

ตู้สาขาโทรศัพท์แบบนี้เป็นแบบดั้งเดิมที่ใช้กันในสมัยแรก ๆ ลักษณะของตัวตู้สาขานั้น จะจัดทำอยู่ในรูปแผงขั้วสายโทรศัพท์ จะมีขั้วสายโทรศัพท์ของสายภายใน (extension) กับสายภายนอก (trunk) มารวมกันอยู่ และโอเปอร์เรเตอร์จะทำหน้าที่รับสายทั้งภายในและภายนอก จากนั้นก็จะทำการต่อสายให้ตามความต้องการของผู้เรียกเข้ามา การต่อสายก็จะทำการต่อโดยใช้สายโยง (cord) ที่ทำไว้ใช้งานโดยเฉพาะ โยงระหว่างขั้วสายโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อกัน รูปที่ 2.1 แสดงกรณีที่เป็นการติดต่อกันระหว่างสายภายใน สำหรับรูปที่ 2.2 แสดงกรณีของการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์ที่ขึ้นอยู่กับตู้สาขาโทรศัพท์คนละตู้ ซึ่งกรณีนี้จะต้องผ่านสายภายนอกจากตู้หนึ่งไปยังอีกตู้หนึ่ง

ตู้สาขาโทรศัพท์ระบบ Manual นี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุด มีต้นทุนการผลิตต่ำ และไม่ต้องการเทคโนโลยีที่สูง แต่มีข้อเสียในการใช้งานกล่าวคือการต่อสายนั้นจะต้องผ่านโอเปอร์เรเตอร์ทุกครั้ง ทำให้โอเปอร์เรเตอร์ต้องทำงานหนัก ซึ่งก็หมายถึงต้องใช้โอเปอร์เรเตอร์ในอัตราส่วนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบใหม่ ๆ ที่มีเทคนิคในการให้บริการที่ดีกว่า นอกจากนั้น ความสะดวกในการใช้งานก็อยู่ในระดับต่ำ เพราะไม่มีความสามารถพิเศษอะไรทั้งสิ้น



รูปที่ 2.1 การต่อสายของตู้สาขาโทรศัพท์ระบบ Manual กรณีที่ต่อสายภายใน



รูปที่ 2.2 การต่อสายระหว่างโทรศัพท์ที่ขึ้นอยู่กับตู้สาขาโทรศัพท์คนละตู้โดยผ่านสายนอก

2.3.2 ตู้สาขาโทรศัพท์แบบใช้อุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้า

ตู้สาขาแบบนี้เป็นตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ แบบที่ใช้อุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้า (electromechanical device) ในการตอบสนองสัญญาณเรียกต่าง ๆ และต่อสายให้ตามหมายเลขที่เรียกเข้ามา ตู้สาขาที่ใช้ฮาร์ดแวร์ประเภทนี้ ได้แก่ แบบ Step-by-Step และแบบครอสบาร์ (cross bar) และอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าที่ใช้ก็ได้แก่ รีเลย์ นั่นเอง

ตู้สาขาแบบครอสบาร์เป็นแบบที่พัฒนาให้ดีขึ้นจากแบบ Step-by-Step ซึ่งมีความสามารถจำกัดมาก อย่างไรก็ตามตู้สาขาทั้งสองแบบนี้ใช้การเคลื่อนไหวทางกลในการตอบสนองสัญญาณเรียก นอกจากนั้นจุดสัมผัสก็เป็นจุดสัมผัสเชิงกล ดังนั้นจึงมีอายุใช้งานและความเชื่อถือได้จำกัด ตัวอุปกรณ์จะมีขนาดใหญ่ และการบำรุงรักษาทำได้ลำบาก ในปัจจุบันตู้สาขาทั้งสองแบบไม่มีการผลิตใหม่แล้ว ส่วนที่ใช้อยู่ตามที่ต่าง ๆ นั้น จะมีอายุมากกว่า 5 ปีขึ้นไปทั้งสิ้น เพราะในระยะหลังนี้ตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เทคโนโลยีแบบใหม่ซึ่งดีกว่าในหลาย ๆ ด้าน ได้เข้ามาแทนที่

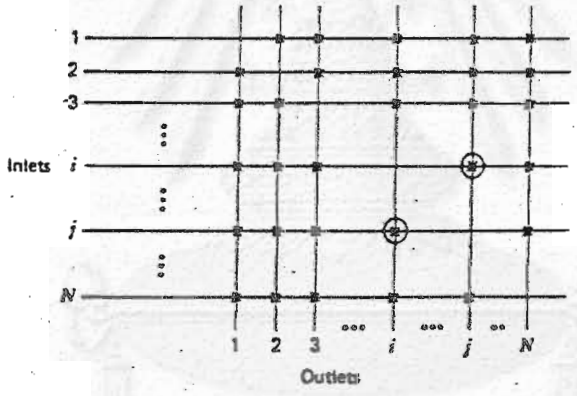
2.3.3 ตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์

ตู้สาขาโทรศัพท์แบบนี้ เป็นแบบที่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาแทนรีเลย์ในการตัดต่อวงจรทั้งหลาย จากการพัฒนาของเทคโนโลยีทางด้านการผลิต IC, LSI และ VLSI ได้ทำให้ขนาดของอุปกรณ์เล็กลงตามลำดับ ในขณะเดียวกันการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการทำงานของระบบก็ทำให้ตู้สาขาระบบนี้มีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้นอีกหลายประการ และ เป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน

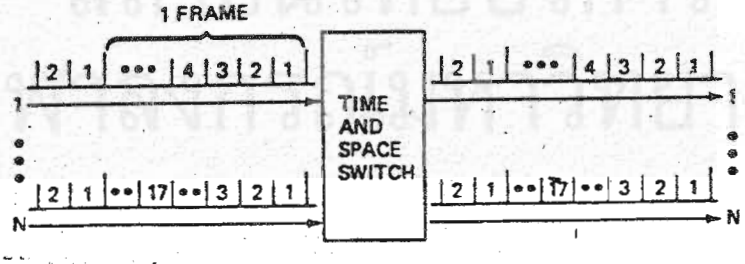
ในตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์นี้ ยังแบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิด ตามวิธีการสลับสายดังนี้ คือ

1. แบบ Space division
2. แบบ Time division

แบบ Space division นั้นเป็นการใช้วิธีการสลับโดยตัดต่อคู่สายของโทรศัพท์โดยตรง ดังนั้นตู้สาขาโทรศัพท์แบบ Manual สายก็ดี แบบ Step-by-step และแบบครอสบาร์ก็ดี ล้วนแต่เป็นแบบ Space division ทั้งสิ้น ในตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นแบบ Space division หรือที่เรียกว่าเป็นแบบอนาล็อกนี้ ก็จะใช้สวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ในการตัดต่อ



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการทำงานของตู้สาขาแบบ Space division



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของตู้สาขาแบบ Time division

คู่สาย มีโครงสร้างที่ง่ายเมื่อเทียบกับแบบ Time division และจะเหมาะสมสำหรับตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็ก และขนาดกลางซึ่งต้องการจำนวนสวิทช์ไม่มากนัก แต่จะไม่เหมาะสำหรับตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดใหญ่ เพราะกลุ่มสวิทช์ที่ใช้จะมีขนาดใหญ่และมีความสลับซับซ้อนมาก

แบบ Time division นั้น เป็นการสลับสายโดยใช้เทคนิคทางดิจิตอล กล่าวคือใช้วิธีแบ่งช่องเวลา (time slot) ให้กับคู่สายที่ต้องการติดต่อกัน แบบ time division นี้ยังแบ่งย่อยออกเป็นแบบ pulse Amplitude modulation (PAM) และ pulse coded modulation (PCM) ตามวิธีการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณเสียง เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคทั้งสองแบบนี้ แบบ PCM จะมีความยุ่งยากกว่า แต่จะมีความคล่องตัวสูง และมีความสามารถในการทำงาน และการให้บริการใหม่ ๆ ที่สูงกว่า

สำหรับระบบการควบคุมการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์แบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะเป็นแบบ Stored program control (SPC) ทั้งสิ้น ซึ่งระบบควบคุมแบบนี้ได้ทำให้อุปกรณ์ชุมสายอิเล็กทรอนิกส์มีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย ในขณะเดียวกันก็ยังเปิดโอกาสให้มีการพัฒนาอุปกรณ์ระบบนี้ให้มีความสามารถสูงขึ้นเรื่อย ๆ

2.4 การทำงานพื้นฐานของตู้สาขาโทรศัพท์

ไม่ว่าจะเป็นตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดใหญ่ หรือตู้สาขาโทรศัพท์ จะมีการทำงานพื้นฐานเหมือนกัน คือ ผู้ใช้เริ่มด้วยการยกหูโทรศัพท์ก่อน จากนั้นจึงหมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ เมื่ออีกฝ่ายหนึ่งตอบรับ ก็เริ่มการสนทนากัน เมื่อจบการสนทนาก็จะวางหูโทรศัพท์ ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อของคู่สนทนาทั้งสองนี้ โดยจะรับสัญญาณจากผู้ใช้ ส่งสัญญาณกระดิ่งและสลับสายให้คู่สนทนาสามารถพูดกันได้ การทำงานในแต่ละขั้นตอน ของตู้ชุมสายโทรศัพท์จะเป็นดังนี้

1. ให้สัญญาณหน้าปัด dial tone

ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะต้องตรวจสอบสถานะของเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่องที่ต่อกับระบบอยู่ตลอดเวลาและตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อพบว่าเครื่องใดเครื่องหนึ่งถูกยกหูโทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้เกิดลูป (loop) กระแสไหลเข้าเครื่องโทรศัพท์นั้น ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณหน้าปัด ไปให้เครื่องโทรศัพท์เครื่องนั้น เป็นการแสดงว่าตู้พร้อมที่จะรับสัญญาณการหมุนหน้าปัด และให้บริการต่อเครื่องโทรศัพท์นั้น

2. รับสัญญาณตัวเลขการหมุนหน้าปัด

เมื่อผู้ใช้ได้ยินสัญญาณหน้าปัด ก็จะเริ่มหมุนหน้าปัดตามมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะต้องรับสัญญาณการหมุนตัวเลขนี้ทั้งหมด พร้อมกับหยุดการส่งสัญญาณหน้าปัด ถ้าเครื่องโทรศัพท์ที่ใช้เป็นแบบกดปุ่มความถี่ สัญญาณตัว

เลขจะเป็นความถี่ ส่งเข้าตู้ชุมสายโทรศัพท์

3. วิเคราะห์ หมายเลขที่รับ

เมื่อตู้ชุมสายโทรศัพท์รับหมายเลขการหมุนจบหมดแล้ว ต่อไปจะนำหมายเลขไปวิเคราะห์หาเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ

4. ส่งสัญญาณเรียกเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อ

เมื่อพบเครื่องโทรศัพท์ที่จะติดต่อแล้ว ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังโทรศัพท์เครื่องนั้น เพื่อทำการเรียกให้รับสาย ในขณะเดียวกันจะส่งสัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) กลับไปยังเครื่องของผู้เรียก

5. โทรศัพท์ที่เรียกรับสาย

เมื่อโทรศัพท์ที่เรียกรับสายโดยการยกหูเครื่องโทรศัพท์ ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะต้องตรวจสอบการยกหูนี้ โดยดูที่การเกิดลูปของกระแส ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะหยุดสัญญาณกระดิ่ง พร้อมกับสลับสายเพื่อต่อเครื่องโทรศัพท์ทั้งคู่เข้าหากัน เพื่อเริ่มสนทนาได้

6. จบการติดต่อ

เมื่อจบการสนทนา โทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งวางหูโทรศัพท์ ลูปกระแสจะขาด ตู้ชุมสายโทรศัพท์จะต้องตรวจจับการวางหูนั้น ทำการตัดสายการติดต่อ และส่งสัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ไปให้เครื่องโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งซึ่งยังไม่วางหู

2.5 โครงสร้างภายในของตู้สาขาโทรศัพท์

ตู้สาขาโทรศัพท์ ซึ่งเป็นตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก จะมีโครงสร้างภายในเหมือนกัน ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติซึ่งใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ควบคุมการทำงานอยู่ภายใน จะมีโครงสร้าง ดังแสดงในรูป 2.5

ตู้สาขาโทรศัพท์จะมีทั้งสายภายในและสายภายนอก สายภายในจะต่อไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ที่ต่ออยู่ภายในระบบ ส่วนสายภายนอกจะหมายถึง สายขององค์การโทรศัพท์หรือสายจากตู้สาขาอื่น ทั้งสายภายในและภายนอกจะต่อเข้าไปยังสวิทชิงเนตเวอร์ต (switching network) ซึ่งจะเป็นศูนย์กลางการสลับสาย ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สาย ให้เครื่องโทรศัพท์ภายในสามารถสนทนากันได้ หรือติดต่อให้คู่สายภายในต่อกับสายภายนอก เป็นต้น นอกจากนั้น แหล่งกำเนิดสัญญาณหน้าปัด สัญญาณเรียกกลับ สัญญาณไม่ว่าง ก็จะต่อเข้ากับสวิทชิงเนตเวอร์ตนี้ เพื่อให้สามารถส่งสัญญาณไปให้โทรศัพท์แต่ละเครื่องได้

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ตู้สาขาโทรศัพท์จะต้องควรตรวจการยกหูโทรศัพท์ รับการหมุนหมายเลข รับสัญญาณโทรเข้าจากสายภายนอก การตรวจสถานะของโทร

ศัพท์จะเป็นหน้าที่ของวงจร Line Circuit (LC) และวงจร Outgoing Trunk (OT) สถานะของสายจะถูกส่งผ่านไปให้ หน่วยควบคุมกลางของระบบ ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์และส่งสัญญาณออกไปควบคุมสวิทชิงเนตเวอร์คอีกทีหนึ่ง

การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์จะเป็นไปตามโปรแกรมที่จัดเก็บไว้ในหน่วยความจำ การทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์และความสามารถของตู้สาขาโทรศัพท์จะถูกกำหนดโดยโปรแกรมนี้ ดังนั้น ระบบที่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นหน่วยควบคุมกลาง มักจะถูกเรียกว่าเป็นระบบโทรศัพท์ชนิด Store Program Control หรือเรียกย่อว่า ระบบ SPC ซึ่งใช้โปรแกรมหรือซอฟท์แวร์ในการควบคุมการทำงาน

2.6 คุณสมบัติการบริการพิเศษของตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ

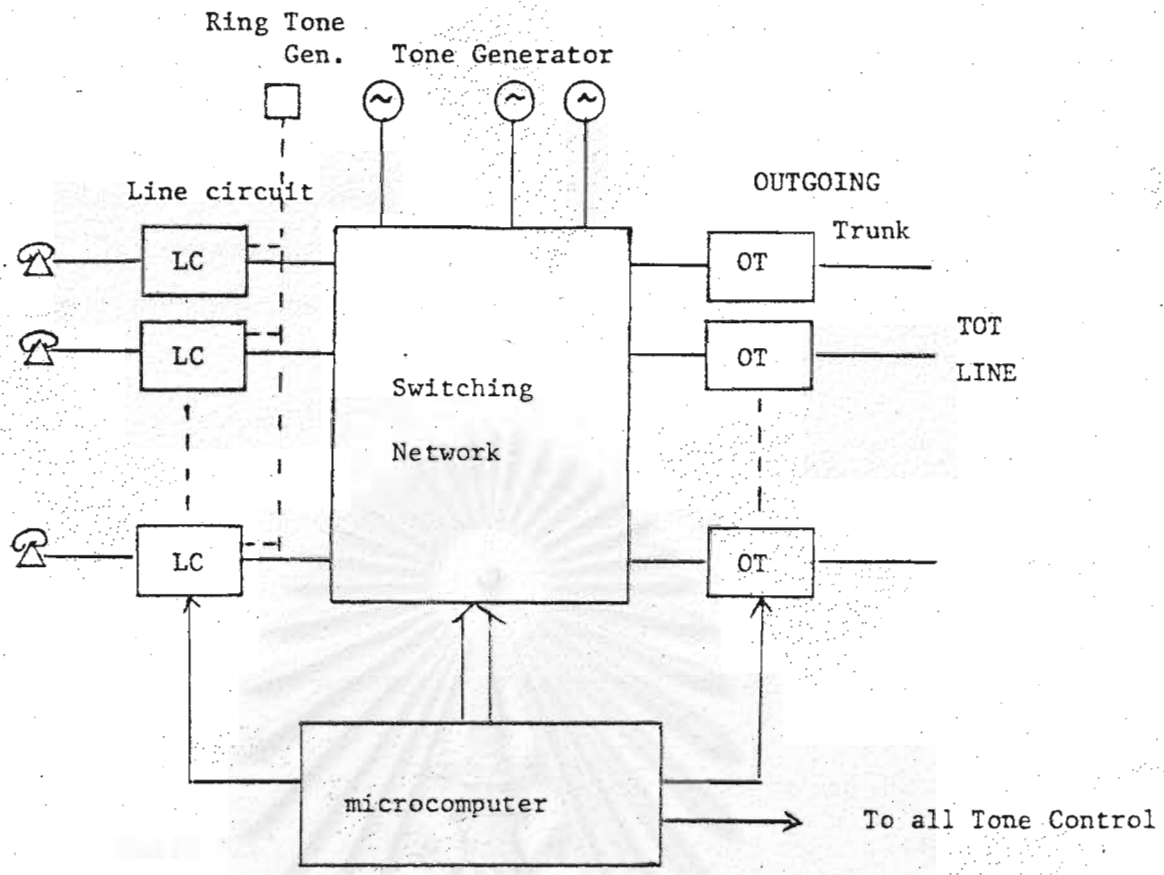
ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ นอกจากจะมีหน้าที่ในการสลับสายให้เครื่องโทรศัพท์ภายใน สามารถติดต่อกันได้แล้ว ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้งานอีก ได้แก่

1. การเรียกออกภายนอก เมื่อต้องการติดต่อกับสายภายนอก เช่นสายจากองค์การโทรศัพท์ ก็สามารถทำได้โดยการหมุนรหัสที่กำหนดให้ระบบ เช่น เลข '0' ตู้สาขาโทรศัพท์จะตรวจดูสายนอกที่ว่าง และทำการต่อสายภายในกับสายนอกนั้น ให้อย่างอัตโนมัติ

2. การโอนสาย เมื่อมีการเรียกจากสายนอกเข้ามายังตู้สาขาโทรศัพท์จะทำการต่อสายภายนอกเข้ากับสายภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่งที่กำหนดไว้ เมื่อเครื่องนั้นรับสายก็สามารถโอนสายภายนอกนั้นไปให้สายภายในเครื่องอื่นได้

3. หมุนหมายเลขทวน เมื่อหมุนหมายเลขโทรศัพท์โดยเฉพาะการติดต่อกับสายนอก ถ้าเครื่องปลายทางไม่ว่าง และต้องการหมุนหมายเลขนั้นซ้ำอีกครั้ง ก็สามารถทำได้โดยการหมุนรหัสที่กำหนด ตู้สาขาโทรศัพท์จะหมุนหมายเลขสุดท้ายทวนให้เองได้อย่างอัตโนมัติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์

4. การจำหมายเลข หมายเลขโทรศัพท์ที่มีการใช้งานบ่อย ๆ สามารถบันทึกเก็บไว้ในหน่วยความจำของตู้สาขาโทรศัพท์ เมื่อต้องการหมุนหมายเลขก็ใช้วิธีหมุนรหัสที่กำหนด

5. การเรียกกลับ เมื่อโทรไปหาเครื่องโทรศัพท์อื่น แต่สายไม่ว่าง ถ้าต้องการให้มีการเรียกกลับโดยอัตโนมัติก็ใช้วิธีหมุนรหัสที่กำหนด เมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นว่าง ตู้สาขาโทรศัพท์จะโทรมาเรียกผู้ใช้ พร้อมกับโทรไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลขที่ต้องการเองโดยอัตโนมัติ

6. การรับสายแทนกัน เมื่อโทรศัพท์เครื่องข้าง ๆ ถูกเรียก แต่ยังไม่มีผู้รับสาย เราสามารถรับสายนั้นได้ โดยการหมุนรหัสที่กำหนด

7. Night transfer การโอนการรับสายนอกเวลาราชการไปให้เครื่องโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น เครื่องที่ตู้ยาม สามารถทำได้โดยการหมุนรหัสที่กำหนด

8. Follow me ในกรณีที่ไม่อยู่และต้องการโอนการเรียกไปยังเครื่องหมายเลขอื่น ก็สามารถทำได้โดยการกดรหัสที่กำหนด ตามด้วยหมายเลขเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการโอนไป

บทที่ 3
ข้อกำหนดและแนวความคิดในการออกแบบ

3.1 ข้อกำหนดของตู้สาขาโทรศัพท์

ข้อกำหนดของตู้สาขาโทรศัพท์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานสำหรับหน่วยงานขนาดเล็กในประเทศ และเป็นเป้าหมายในการออกแบบและสร้าง พอสรุปได้ดังนี้

3.1.1 คุณสมบัติทั่วไป

1. เป็นตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ อิเล็กทรอนิกส์ ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานภายใน เป็นระบบ SPC (Store & Program Control)

2. หลักการสลับสายในสวิทชิงเนตเวอร์คเป็นแบบ Space division โดยใช้สวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำในการตัดต่อคู่สาย ทำให้มีขนาดเล็กและมีความทนทาน

3. ใช้ได้กับเครื่องโทรศัพท์ทั้งที่เป็นชนิดหมุนหน้าปัด (dial pulse) และชนิดกดปุ่มความถี่ (Dual tone multifrequency) เครื่องโทรศัพท์ชนิดหมุนหน้าปัดที่ใช้ได้เป็นได้ทั้งชนิด 10 หรือ 20 พัลส์ต่อวินาที

4. สายภายนอกที่ต่อกับตู้สาขาโทรศัพท์เป็นได้ทั้งชนิดพัลส์ (decadic signaling) และชนิดความถี่ (DTMF signaling)

5. Numbering Plan ซึ่งได้แก่การกำหนดเบอร์ของเครื่องโทรศัพท์ภายใน และเบอร์รหัสของการบริการพิเศษต่าง ๆ สามารถกำหนดได้โดยการโปรแกรม ยกตัวอย่างเช่น เบอร์ภายใน 2 หลัก เริ่มจาก 10-46 เมื่อหมุน "0" เป็นการโทรออกสายนอก หมุน "6" หมายถึงการหมุนทวนหมายเลขสุดท้าย เป็นต้น

6. สามารถใช้กับไฟสลับ 220 V 50 Hz ได้ ในกรณีที่ไฟดับสายภายนอกทุกสายจะต่อเข้ากับเครื่องรับโทรศัพท์ภายในที่กำหนดไว้ (power failure transfer)

3.1.2 ขนาดของตู้สาขาโทรศัพท์

1. สายภายใน (extension) สามารถขยายได้สูงสุด 36 เลขหมาย

2. สายภายนอก (COT line) สามารถขยายได้สูงสุด 8 เลขหมาย

3. คู่สนทนาภายใน ในเวลาเดียวกันสูงสุดได้ถึง 8 คู่สนทนา

3.1.3 คุณสมบัติการบริการ ((Service feature)

1. Melody on Hold เมื่อทำการพักสายนอกจะได้ยินเสียงดนตรี

2. Flexible Co line access เมื่อต้องการจะโทรออกสายนอกโดยการหมุนรหัสเช่น "0" ตู้สาขาโทรศัพท์จะค้นหา สายนอกที่ว่าง และต่อให้กับเครื่องภายในได้อย่างอัตโนมัติ

3. Co line individual ring assignment สามารถกำหนดให้การเรียกจากสายนอกไปต่อที่สายภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่งก็ได้ โดยการโปรแกรม

4. Last number redial สามารถหมุนทวนหมายเลขสุดท้ายที่ได้หมุนไปแล้วโดยการหมุนรหัสที่กำหนด

5. Speed dial สามารถโปรแกรมเบอร์โทรศัพท์ที่โทรบ่อย ๆ ไว้ในหน่วยความจำ เมื่อต้องการโทรเบอร์ใดให้หมุนรหัสย่อของหมายเลขโทรศัพท์นั้น

6. Night service เมื่อเลิกงานและต้องการโอนการเรียกจากสายนอกให้ไปดังที่เครื่องโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น เครื่องโทรศัพท์ที่ป้อมยาม ก็สามารถทำได้

7. Call pickup เมื่อมีการเรียกเครื่องโทรศัพท์เครื่องอื่นที่อยู่ใกล้ ๆ ก็สามารถรับสายนั้นได้โดยการหมุนรหัสที่กำหนด โดยไม่ต้องลุกไปรับสายที่เครื่องนั้น

8. Call back เมื่อเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์เครื่องอื่นแต่สายไม่ว่าง ก็สามารถหมุนรหัสให้เครื่องนั้นโทรกลับมาได้เองอย่างอัตโนมัติ เมื่อสายนั้นว่าง

9. Follow me เมื่อไม่อยู่ในห้องและต้องการฝากสายของเครื่องโทรศัพท์ให้ไปดังที่เบอร์อื่นก็สามารถทำได้ โดยการหมุนรหัส การยกเลิกบริการนี้ก็ต้องหมุนรหัสเช่นเดียวกัน

10. Class of service สามารถแบ่งชนิดของสายภายในตามระดับการใช้งานได้ เช่นกำหนดให้สายภายในบางเบอร์โทรได้เฉพาะเบอร์ภายใน หรือโทรออกภายนอกได้ แต่โทรไปต่างจังหวัดหรือต่างประเทศไม่ได้ เป็นต้น

3.1.4 ข้อกำหนดทางเทคนิค

1. ตู้สาขาโทรศัพท์ควรจะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเพียงพอที่จะรับแทรฟฟิคของการใช้งานได้อย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 0.15 erlang ต่อเครื่อง

2. DC loop resistance ของสายโทรศัพท์และเครื่อง

รับโทรศัพท์ไม่ต่ำกว่า 600 โอห์ม

3. การลดทอนสัญญาณระหว่างสายภายในด้วยกันเอง ควรต่ำกว่า 7 db

4. การลดทอนสัญญาณระหว่างสายภายนอกกับสายภายในควรต่ำกว่า 1.5 db

5. Cross talk ระหว่างสายที่ความถี่ 1 kHz ควรต่ำกว่า 60 db

6. สัญญาณ DTMF Signaling ที่ต่อกับสายองค์การโทรศัพท์ให้เป็นไปตามมาตรฐานสัญญาณของ CCITT Recommendation Q .23

3.2 แนวความคิดในการออกแบบ

3.2.1 เงื่อนไขในการออกแบบ

1. การออกแบบวงจรให้ง่ายไม่ซับซ้อน ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาตรฐานที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด ทำให้ตู้สาขาโทรศัพท์มีราคาถูก

2. ส่วนควบคุมที่เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ ควรใช้ชิพมาตรฐานหาซื้อได้ง่ายในประเทศ และควรเลือกระบบที่มีเครื่องมือในการพัฒนาซอฟท์แวร์อยู่แล้ว

3. ควรออกแบบให้ประกอบระบบได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถติดตั้งได้ง่าย

4. คำนึงถึงความเชื่อถือของระบบ ในระบบจะต้องมีหน่วยตรวจเช็คการทำงานที่ผิดพลาด

5. บำรุงรักษาระบบได้ง่าย สามารถซ่อมได้ง่ายและรวดเร็ว แม้ไฟดับก็ยังสามารถใช้เครื่องโทรศัพท์ได้

6. สามารถขยายระบบจากเล็กไปถึงระบบใหญ่ได้ เช่น เริ่มจาก 4 สายนอก 12 สายใน ไปจนกว่า 8 สายนอก 36 สายใน

7. สามารถพัฒนาซอฟท์แวร์เพื่อเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงานของระบบในอนาคตได้

3.2.2 แนวความคิดในการออกแบบ

1. สวิทชิงแนตเวอร์ตให้ใช้สวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็น Full matrix switch มีความจุของสวิทช์ สูง ทำให้จำนวน LSI ในวงจรลดน้อยลง วงจรง่ายและควบคุมการทำงานได้ง่าย การอินเตอร์เฟสสัญญาณเสียงจากเครื่องโทรศัพท์ต่อมายังสวิทชิงเนตเวอร์ตก็ทำได้ง่ายด้วย จึงทำให้วงจรส่วนรวมลดความซับซ้อนลง

2. ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เลือกใช้ระบบ 8 บิต ใช้ MPU เบอร์ Z-80 ทำงานที่ความถี่ 4 MHz การทำงานเฉลี่ยต่อหนึ่งคำสั่งใช้เวลาเพียง 4 μS ซึ่งเพียงพอกับการควบคุมตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็กนี้ นอกจากนั้นไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 ยังเป็นเบอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก็มีระบบพัฒนาซอฟท์แวร์ของไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 นี้อยู่ ทำให้การพัฒนาซอฟท์แวร์ทำได้ง่าย

3. หน่วยความจำในระบบซึ่งมีทั้ง ROM และ RAM ควรมีอย่างน้อยอย่างละ 2 ตัว ROM ตัวแรกควรใช้บรรจุโปรแกรมควบคุมระบบพื้นฐาน ROM ตัวที่ 2 เอาไว้ใช้ขยายขีดความสามารถของระบบโดยการเพิ่มฟังก์ชันพิเศษ เช่นบริการพิเศษต่าง ๆ ตัวแรกใช้เป็นเนื้อที่ทำงานของโปรแกรมควบคุม ส่วน RAM ตัวที่ 2 เอาไว้เก็บคุณสมบัติและข้อมูลของระบบ เช่น จำนวนสายภายในที่ติดตั้ง Numbering plan เบอร์โทรศัพท์ที่เก็บไว้สำหรับ Speed dial เป็นต้น RAM ตัวที่ 2 นี้ควรมีแบตเตอรีสำรองไฟไว้อยู่ตลอดเวลา ป้องกันการสูญหายของข้อมูล

4. เพื่อให้ประกอบระบบง่าย ซ่อมบำรุงได้ง่ายและขยายระบบได้ง่าย ควรออกแบบระบบให้สามารถแยกออกเป็นบอร์ดต่าง ๆ แต่ละบอร์ดเชื่อมต่อกันด้วยสายบัส ผ่านทางคอนเนคเตอร์บนบอร์ดร่วม (mother board) การแยกวงจรควรแยกตามฟังก์ชันการทำงานเพื่อให้สามารถประกอบและซ่อมบำรุงได้ง่าย ควรแยกบอร์ดเป็นไมโครคอมพิวเตอร์บอร์ด บอร์ดกำเนิดสัญญาณเสียง บอร์ดอินเตอร์เฟสและควบคุมสวิทชิงเนตเวอร์ค บอร์ดวงจรสายภายในและสายภายนอกเป็นต้น

5. วงจรสายภายในและวงจรสายภายนอกควรอยู่ในบอร์ดเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการทำบอร์ดวงจร และสามารถขยายระบบได้ง่าย จำนวนสายภายนอกและสายภายในบอร์ดควรเป็น 2 ต่อ 6 เพราะเป็นสัดส่วนที่ดีในการขยายระบบเช่น เริ่มที่ 2 ออก 6 ขยายเป็น 4 ออก 12 6 ออก 18 8 ออก 24 และขยายออกไปเรื่อย ๆ

6. ควรติดตั้งวงจรตรวจสอบการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ เช่น Watchdog timer เพื่อให้วงจรไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถเริ่มต้นทำงานใหม่ได้โดยอัตโนมัติ ถ้าเกิดทำงานผิดพลาด

7. การทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ในการบริการ เครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่อง มีลักษณะเป็นการเปลี่ยนสถานะ จากสถานะหนึ่งไปสู่สถานะอื่น ๆ โดยที่การทำงานของทุกเครื่องจะเหมือนกัน ดังนั้น ควรออกแบบซอฟท์แวร์ที่ควบคุมระบบในลักษณะที่สามารถกำหนดการเปลี่ยนสถานะได้โดยง่าย เพื่อให้การพัฒนาโปรแกรมทำได้ง่าย

8. ในขณะที่การพัฒนาซอฟท์แวร์จะทำขนานกับการพัฒนาฮาร์ดแวร์ ดังนั้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงฮาร์ดแวร์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของระบบ ซอฟท์แวร์ที่พัฒนาควรแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมฮาร์ดแวร์โดยตรง กับส่วนบรรยายการเปลี่ยนสถานะ โปรแกรมในส่วนหลังนี้จะไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ แต่จะกำหนดคุณสมบัติของระบบในส่วนรวม

3.2.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบ โครงสร้าง

วงจรตู้สาขาโทรศัพท์จะแบ่งออกเป็นบอร์ชนิดต่าง ๆ 4 บอร์ด คือ

1. บอร์ดซีพียู (CPU board)
2. บอร์ดควบคุมอินพุทเอาท์พุท (I/O board)
3. บอร์ดสัญญาณโทน (Tone board)
4. บอร์ดสายภายในและภายนอก (Line interface board)

1. บัส (Bus)

ทุกบอร์ดจะต่อเชื่อมกับบัส ซึ่งบัสในระบบจะมี 2 ชนิดคือ

ก. CPU bus ซึ่งได้แก่ บัสแอดเดรส บัสข้อมูล และบัสควบคุมของไมโครโปรเซสเซอร์

ข. Switching Network bus ซึ่งมี บัสควบคุมสวิทช์ และบัสสัญญาณเสียง บัสควบคุมเสียง จะมีสัญญาณ A,B,C...G และ data ซึ่งจะต่อเข้ากับ LSI ซึ่งเป็นสวิทช์แมตริก ประจำอยู่ในแต่ละบอร์ด

สำหรับบัสสัญญาณเสียง จะมีอยู่ทั้งหมด 12 เส้น ใช้สำหรับการต่อเชื่อมสัญญาณเสียง ระหว่าง เครื่องโทรศัพท์ภายใน และสายภายนอก นอกจากนั้น ยังใช้เป็นเส้นสัญญาณสำหรับต่อสัญญาณโทน สัญญาณดนตรี ไปที่บอร์ดต่าง ๆ ด้วย

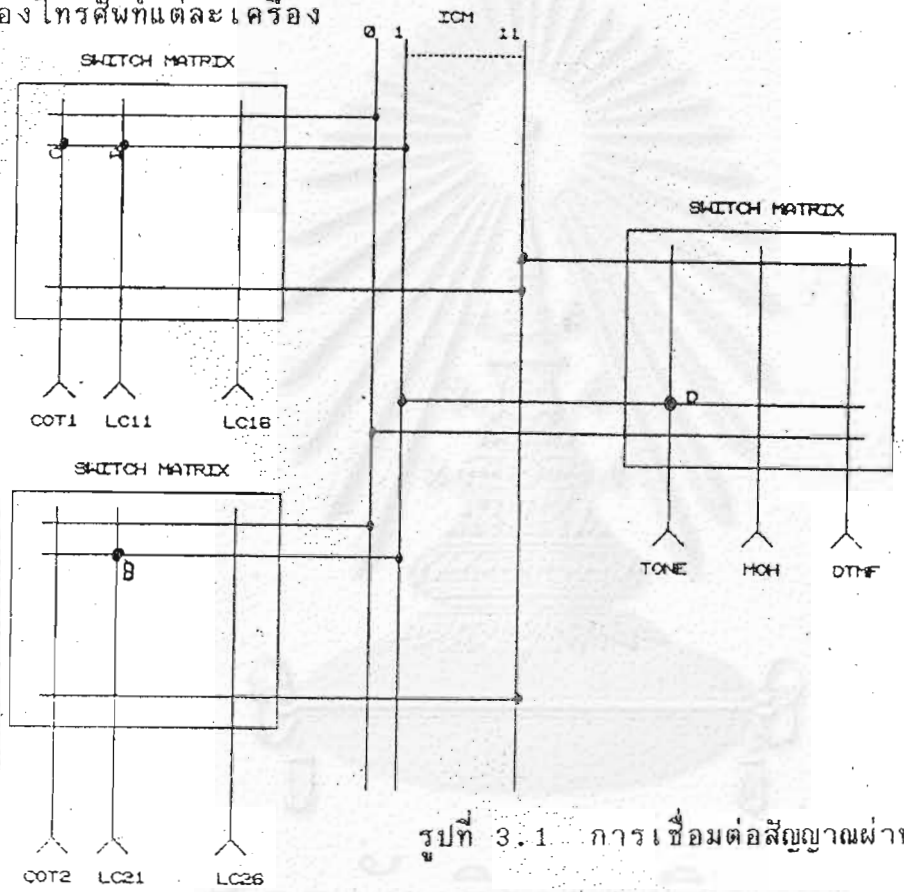
บัสสัญญาณเสียงจะต่อกระจายเข้าสวิทช์แมตริกของทุกบอร์ด ดังในรูป 3.1 ICM 0-11 เป็นบัสสัญญาณเสียงจำนวน 12 เส้น LC เป็น Line Circuit ของเครื่องโทรศัพท์ COT เป็นวงจรต่อเชื่อมกับสายภายนอก ถ้าสามารถควบคุมให้สวิทช์ A และ B ในสวิทช์แมตริก ปิด ก็เป็นการต่อเชื่อม LC_{11} กับ LC_{21} ผ่านสายสัญญาณ ICM_1 ทำให้โทรศัพท์ทั้งสองเครื่องที่ต่อกับ LC สามารถสนทนากันได้

ในทำนองเดียวกันถ้าควบคุมให้สวิทช์ B และ C ปิด จะทำให้ LC_{21} เชื่อมต่อกับ COT_1 ได้โดยผ่าน ICM_1 ทำให้เครื่องโทรศัพท์ภายในสามารถสนทนากับสายภายนอกได้ และถ้าควบคุมให้สวิทช์ A และ D ให้ปิด ก็จะทำให้เครื่องโทรศัพท์ที่ LC_{11} ได้ยินสัญญาณโทนการควบคุมสัญญาณโทนให้เป็นสัญญาณหน้าปิด สัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณไม่ว่าง ก็สามารถทำได้ง่ายโดยการควบคุมให้สวิทช์ D เปิดปิด เป็นจังหวะตามคุณสมบัติของสัญญาณ

ด้วยวิธีการต่อสัญญาณเสียงผ่านทางบัสเช่นนี้ จะทำให้แหล่งสัญญาณ และแหล่งรับสัญญาณในระบบสามารถต่อได้ถึงกันหมด ในระบบเราจะใช้ซอฟท์แวร์ควบคุมการทำงานของสวิทช์ในสวิทช์แมตริก

2. บอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์

เป็นบอร์ดควบคุมกลางของระบบ บนบอร์ดจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ Z80A มี ROM 2 ตัว ขนาด 8KB และ RAM 2 ตัว ขนาด 8KB ภายใน ROMจะบรรจุโปรแกรมควบคุมระบบไว้ทั้งหมด ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมสวิทช์แมตริก และ รับสัญญาณการยกหูหรือการหมุนหมายเลขจาก วงจร LC ของเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่อง



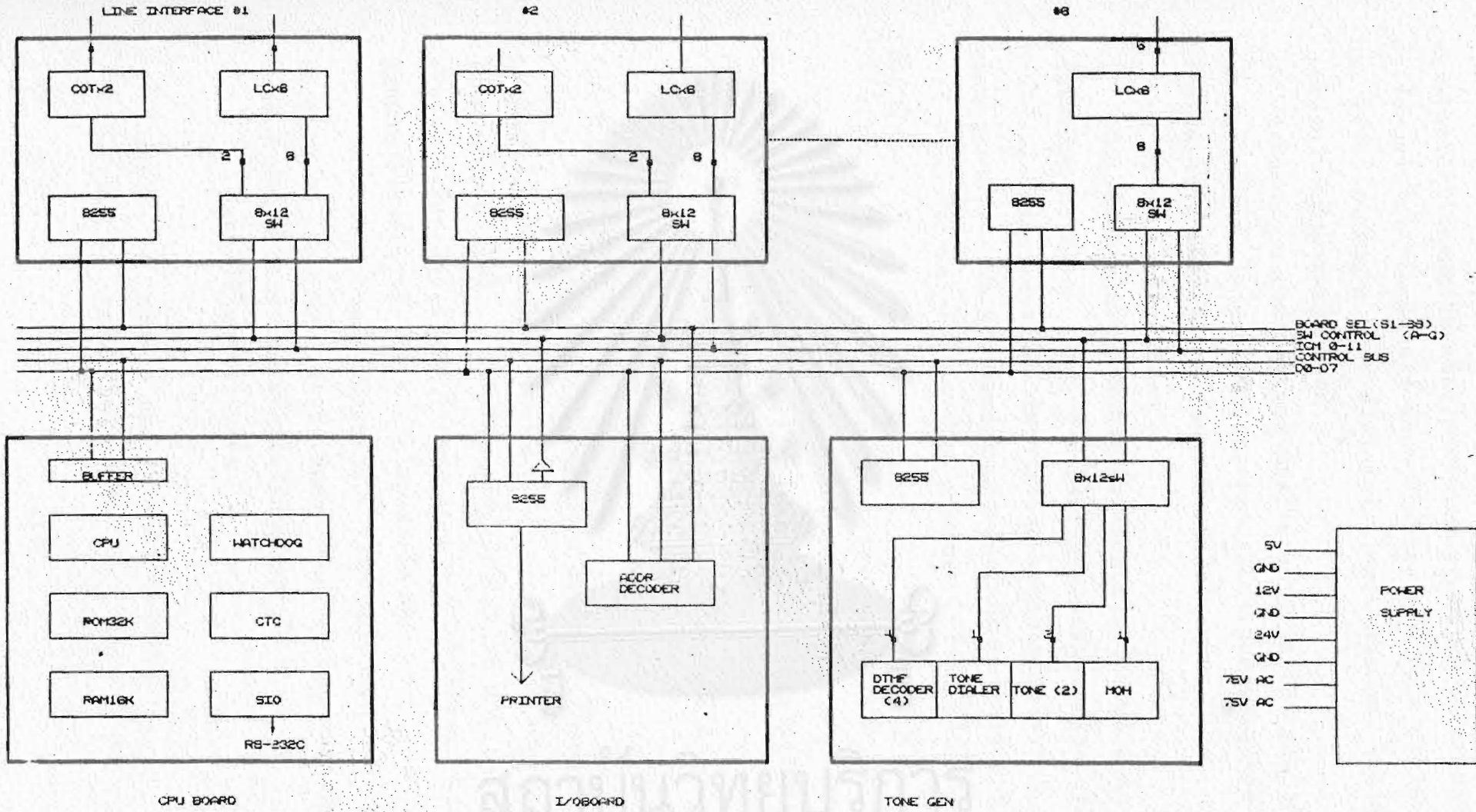
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อสัญญาณผ่านบัสสัญญาณเสียง

3. บอร์ดควบคุมอินพุทเอาท์พุท

เป็นบอร์ดที่ทำหน้าที่ เป็น I/O decoder สำหรับส่งสัญญาณ select ไปให้บอร์ดต่าง ๆ ของระบบ สามารถเลือกบอร์ดได้สูงสุด 8 บอร์ด นอกจากนั้นยังมีพอร์ทเอาท์พุท สำหรับควบคุมสวิทช์เนตเวอร์คในแต่ละบอร์ดด้วย

4. บอร์ดสัญญาณโทน

ในบอร์ดจะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณโทน ซึ่งเป็นสัญญาณรูปซายน์ ความถี่ 400 Hz และ 600 Hz มีวงจรกำเนิดเสียงดนตรีสำหรับให้ต่อกับสายภายนอก ในขณะพักสาย นอกจากนั้นยังมี DTMF decoder จำนวน 4 ตัว สำหรับไว้รับ สัญญาณ



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของตู้สาขาโทรศัพท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเลขและการกดปุ่มจากเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มความถี่ ตัวเลขที่ถอดรหัสได้จะส่งเข้า บอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ ผ่านทางบัสข้อมูล ยังมี Tone dialer ซึ่งเป็น LSI ซึ่งจะกำเนิดสัญญาณ DTMF สำหรับส่งออกไปสู่สายภายนอก ในกรณีที่สายภายนอกต้องการรับสัญญาณกดปุ่มความถี่

วงจรต่าง ๆ เหล่านี้จะต่อเข้ากับสวิทช์เนตเวอร์ต ซึ่งจะต่อเข้ากับบัส สัญญาณเสียงอีกทีหนึ่ง ไมโครคอมพิวเตอร์จะควบคุมการเปิดปิดของสวิทช์ต่าง ๆ ในสวิทช์เนตเวอร์ต เพื่อส่งสัญญาณโทนต่าง ๆ เข้าไปในระบบ

5. บอร์ดสายภายในและภายนอก

เป็นบอร์ดที่ภายในมีวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์ และวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับสายภายนอก นอกจากจะใช้ในการส่งผ่านสัญญาณเสียงและสัญญาณโทนต่าง ๆ แล้ว แต่ละวงจรจะมีหน้าที่ตรวจสอบสถานะของเครื่องโทรศัพท์ ว่ามีการยกหูหรือหมุนหมายเลข และตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งเมื่อมีการเรียกเข้ามายังวงจรสายภายนอก ข้อมูลสถานะเหล่านี้จะถูกป้อนผ่านบัสข้อมูล เข้าไปให้ไมโครคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง

ในบอร์ดนี้จะมีวงจรสายภายใน อยู่ 6 วงจร และมีวงจรสายภายนอกอยู่ 2 วงจร ในระบบจะใช้บอร์ดนี้ในการขยายจำนวนเครื่องโทรศัพท์และสายภายนอก ถ้าเสียบบอร์ดนี้ครบจำนวน 6 บอร์ด ก็จะทำให้ได้หมายเลขโทรศัพท์จำนวน 36 เบอร์ และสายภายนอกได้ 8 เบอร์

รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบตู้สาขาโทรศัพท์ที่ได้ออกแบบขึ้นมานี้

3.2.4 การคำนวณแทรฟฟิก [13]

เนื่องจากในระบบได้ใช้บัสสัญญาณเสียงในการเชื่อมต่อสัญญาณเสียงและสัญญาณโทนให้กับเครื่องโทรศัพท์ในระบบ เครื่องโทรศัพท์ที่ยกหูเพื่อใช้บริการจะใช้คู่สายสัญญาณในบัสนี้ 1 คู่ บัสสัญญาณเสียงมีทั้งหมด 12 สาย และได้เก็บไว้สำหรับสัญญาณเสียงดนตรี 1 สาย จึงเหลือ 11 สาย สำหรับใช้งาน ดังนั้นจึงทำให้คู่สนทนาภายในระบบสูงถึง 11 คู่ ภายในเวลาเดียวกัน

การคำนวณแทรฟฟิกของระบบ จึงคำนวณที่เกรดการบริหาร (Grade of Service) มีค่าเท่า 0.01 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันทั่วไป มีความหมายคือ เมื่อยกหูโทรศัพท์ นาน 3 วินาที โอกาสที่จะไม่ได้สัญญาณหน้าปัด 0.01 %

สูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$p(>3) = p(0) * \exp(-(N-A) * t/t_m)$$

$$p(>0) = NB / (N-A(1-B))$$

B = (A N/(N)) / SUM (A i / (i))

โดยที่ p(>3) คือ เกรดบริการเบอร์ยกหูนาน 3 วินาที

p(>0) คือ เกรดบริการเมื่อยกหูนาน 0 วินาที

B คือ probability of blocking

A คือ แทรฟฟิกทั้งหมด

N คือ จำนวน link ทั้งหมด (= 11)

เมื่อให้ p(>3) เป็น 0.01

จะได้ A = 4.7819 erlangs

เนื่องจาก A = (จำนวนสายใน * แทรฟฟิกสายใน + จำนวนสายนอก * แทรฟฟิกสายนอก) / 2

ดังนั้น ถ้าจำนวนสายใน = 36 และสายนอก = 8

จะได้ แทรฟฟิกสายใน = 0.2 erlang / Ext

และ แทรฟฟิกสายนอก = 0.3 erlang / Ext

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

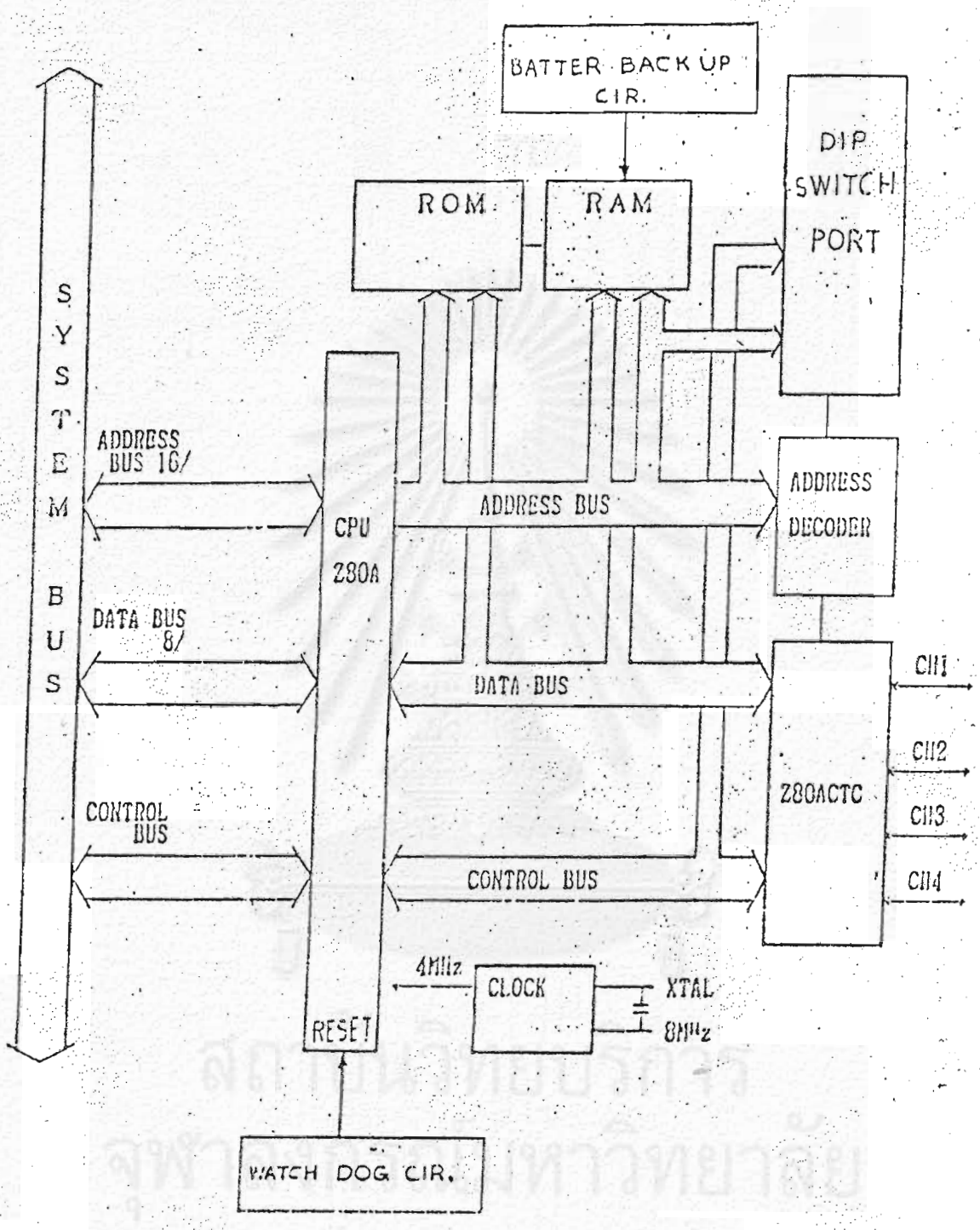
บทที่ 4
ฮาร์ดแวร์ของตู้สาขาโทรศัพท์

4.1 ซีพียูบอร์ด (CPU BOARD)

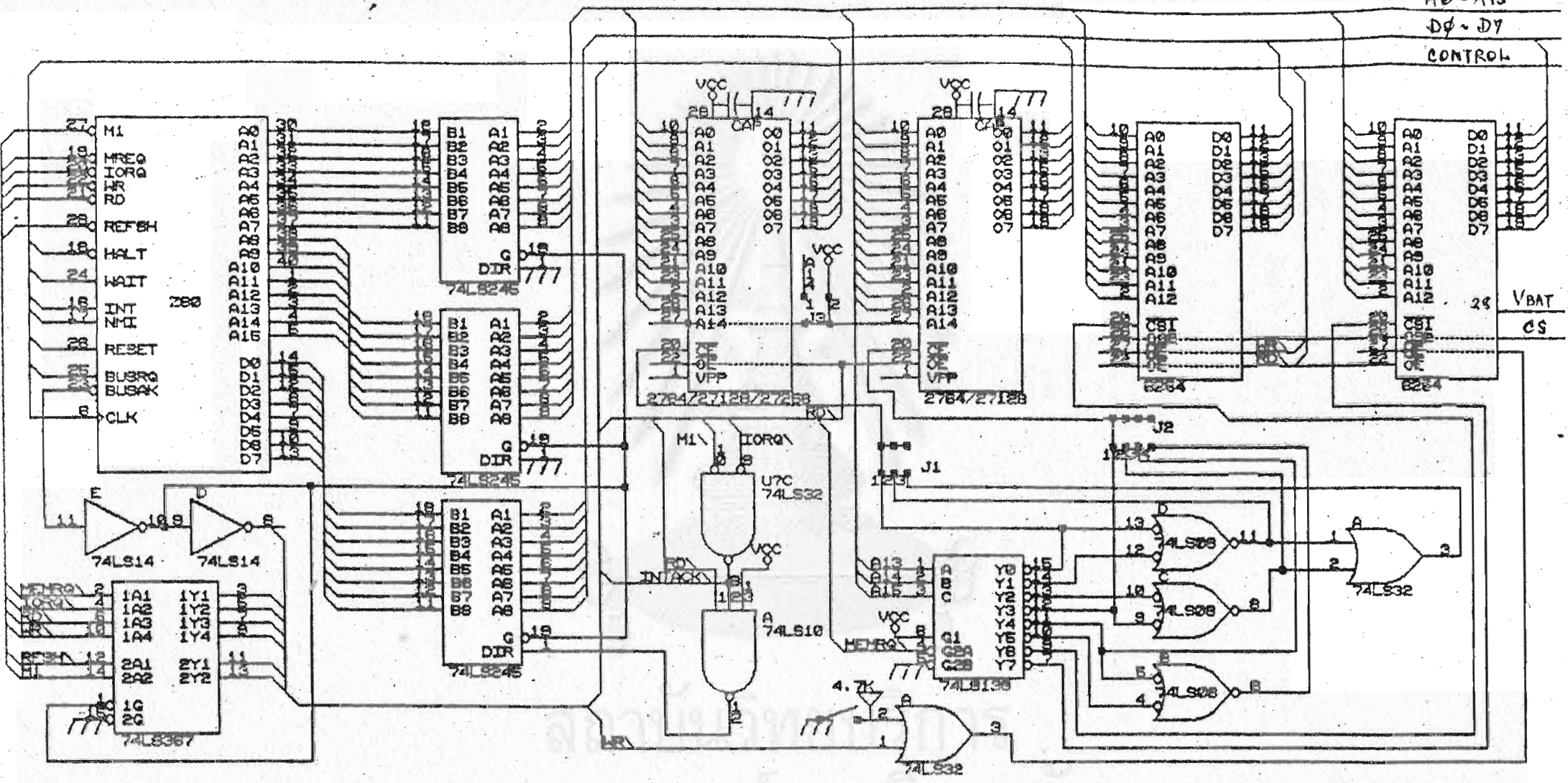
ซีพียูบอร์ดจะประกอบด้วยส่วนหลายส่วน ได้แก่ ส่วนซีพียู ส่วนหน่วยความจำพร้อมแบตเตอรี่สำรอง ส่วนวงจรไทม์เมอร์ (Z80 CTC) ส่วนตรวจการทำงานของซีพียู (watch dog timer) พอร์ทอินพุทขนาด 8 บิต ซึ่งจะได้อธิบายเป็นส่วน ๆ ต่อไป บล็อกไดอะแกรมของซีพียูบอร์ด แสดงในรูป 4.1 การออกแบบซีพียูบอร์ดพยายามให้บอร์ดสามารถใช้กับงานควบคุมอื่น ๆ ได้นอกเหนือจากการใช้งานในระบบโทรศัพท์

4.1.1 ข้อมูลเฉพาะของบอร์ด (SPECIFICATION)

1.	CPU	:	ZILOG Z80A หรือเทียบเท่า
2.	ROM	:	สามารถเลือกใช้เบอร์ 2732 (4Kbyte),(8Kbyte), 27128 (16Kbyte), หรือ 27256 (32 kbyte) โดยการตัดต่อสาย JUMPER
3.	RAM	:	ใช้เบอร์ HM6264 (8Kbyte) หรือเทียบเท่า
4.	TIMER/COUNTER	:	Z80CTC, COUNTER (TIMER) ขนาด 8 BITS 4 ตัว
5.	INTERRUPT	:	เป็นแบบ DAISY CHAIN
6.	RESET	:	Power-on reset และ สวิทช์รีเซท
7.	INPUT PORT	:	เป็นดิพสวิทช์ขนาด 8 บิท 1 พอร์ท
8.	POWER SUPPLY	:	5 โวลท์ (ผิดพลาดไม่เกิน 5 %)
9.	BACKUP BATTERY	:	ใช้ถ่าน Ni-Cd 3.6 V
10.	วงจรความปลอดภัย	:	มีส่วนที่เป็นวงจร watch dog timer
11.	อุณหภูมิทำงาน	:	5-55 องศาเซนเซียส
12.	บัส (bus)	:	ใช้ BUS ขนานขนาด 64 ขา



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของซีพียูบอร์ด



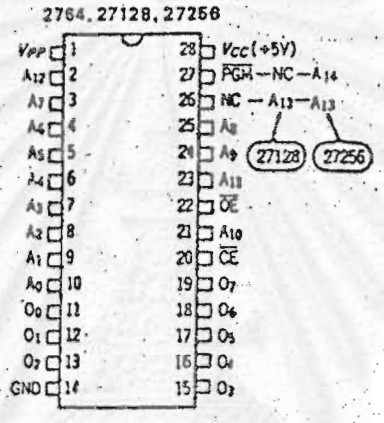
รูปที่ 4.2 วงจรซีพียูและหน่วยความจำ

4.1.2 หน่วยความจำ

รูปที่ 5.2 แสดงวงจรซีพียู Z-80 และหน่วยความจำ หน่วยความจำบนซีพียูบอร์ด ได้เตรียมไว้สำหรับให้ใช้ได้เต็มที่ คือ สามารถใช้ได้ถึง 64 kByte โดยการเปลี่ยนไอซีหน่วยความจำและสายจัมพ์ (JUMPER)

ก) หน่วยความจำ ROM

เนื่องจากหน่วยความจำ ROM เบอร์ 2732, 2764, 27128 และ 27256 ซึ่งเป็นไอซีหน่วยความจำซึ่งมีขนาดหน่วยความจำแตกต่างกัน ได้ถูกออกแบบไว้ให้มีขาซ้ำกันเป็นส่วนใหญ่ โดยมีขาซึ่งทำหน้าที่ต่างกันเพียงบางขา ดังรูป 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของขาของหน่วยความจำ ROM ที่ใช้

ในวงจรของซีพียูบอร์ดที่ได้ออกแบบนี้ได้ใช้ Jumper ในการเลือกขนาดของหน่วยความจำ คือ

ตารางที่ 4.1 ตารางการเลือก ROM บนซีพียูบอร์ด

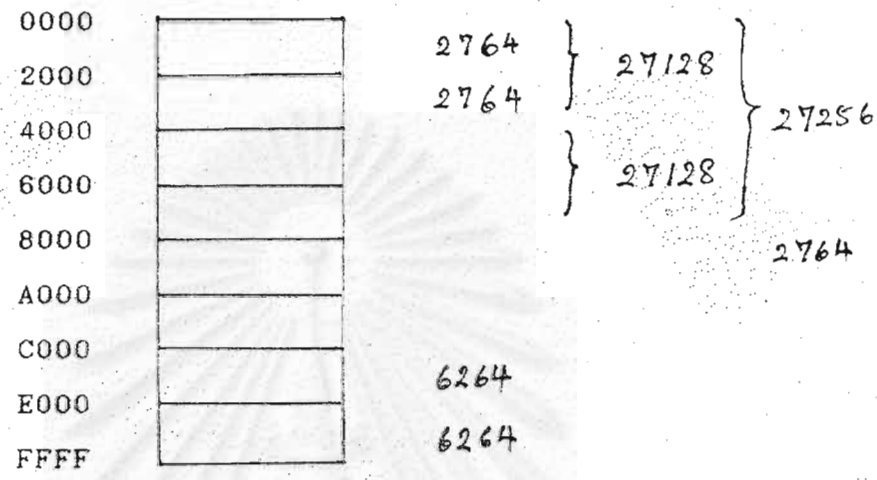
ROM # 1	ROM # 2	J1	J2	j3	หน่วยความจำ ROM รวม
2764	2764	1	1	1	16 k
27128	27128	2	2	2	32 k
27256	2764	3	3	2	40 k
27256	27128	3	4	2	52 k

ข) หน่วยความจำ RAM

บนบอร์ดซีพียูได้เตรียมซ็อกเกตสำหรับหน่วยความจำ RAM ไว้สองซ็อก

เกต เพื่อให้สามารถเสียบไอซีหน่วยความจำชนิด RAM เบอร์6264 ได้สองตัว RAM เบอร์ 6264 นี้มีหน่วยความจำตัวละ 8 k ดังนั้นหน่วยความจำ RAM บนบอร์ดจึงสามารถขยายได้มากที่สุด เท่ากับ 16 k

แผนภูมิหน่วยความจำ (MEMORY MAP) ของซีพียูบอร์ด แสดงตามรูป 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงแผนภูมิหน่วยความจำ (MEMOY MAP)

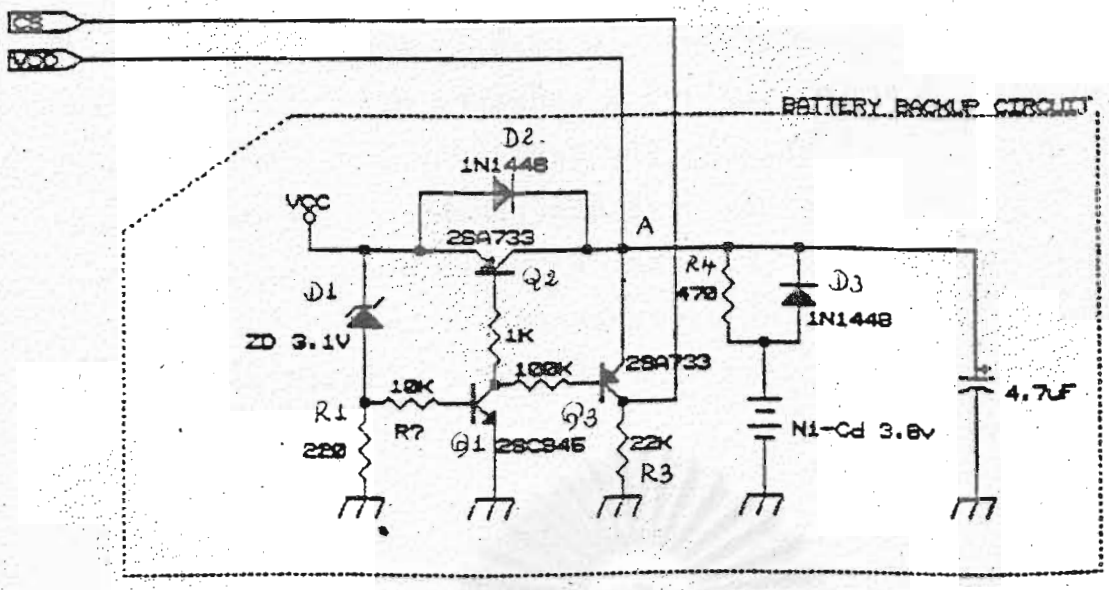
4.1.3 วงจรแบตเตอรีสำรอง

ส่วนวงจรแบตเตอรีสำรอง (Battery BACK UP) ได้ใช้วงจรดังรูป 4.5

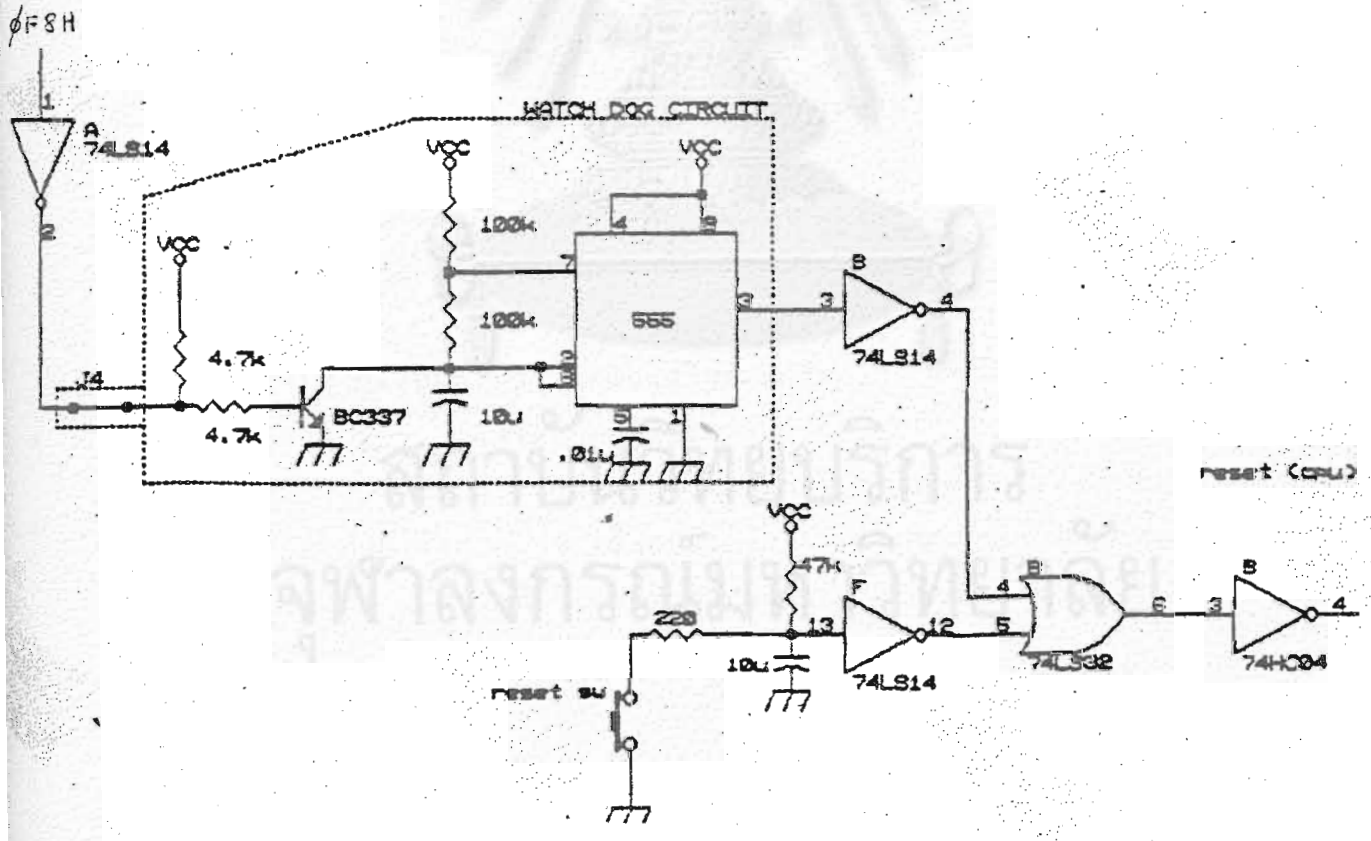
วงจรจ่ายไฟสำรองดังรูปมีหน้าที่ในการจ่ายไฟสำรองให้กับหน่วยความจำ RAM โดยมีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ตอนคือ

- เมื่อแหล่งจ่ายไฟ 5V ยังทำงานปกติ ซีเนอร์ไดโอด D1 จะเบรกดาวน์ที่ 3.3 V ทำให้เกิดการแบ่งแรงดัน แรงดันคล่อม R1 จะเท่ากับ 1.7 V ซึ่งก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน (on) กระแสเบสของ Q2 และ Q3 สามารถไหลผ่าน Q1 ลงสู่กราวน์ได้ ทำให้ Q2 และ Q3 ทำงานเช่นกัน กระแสที่ไหลผ่าน Q3 จะไหลผ่าน R3 ทำให้แรงดันคล่อม R3 เป็น HIGH แรงดันจุดนี้ได้ต่อไปเข้าขา CS2 ของ RAM ซึ่ง ACTIVE HIGH ดังนั้น RAM ในตอนนี้จึงทำให้ได้โดยปกติ โดยไฟเลี้ยงก็ได้มาจากจุด A ซึ่งเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ (5v) ในขณะเดียวกันแรงดันที่จุด A นี้ก็ยังนำไปชาร์ตแบตเตอรี่ Ni-Cd โดยผ่าน R4 อีกด้วย

- เมื่อแหล่งจ่ายไฟ 5v ขาดหายไป แรงดันที่เบสของ Q1



รูปที่ 4.5 วงจรแบตเตอรี่สำรองไฟ



รูปที่ 4.6 วงจร Watch dog timer

ก็ถูกดึงลง low ผ่าน ทาง R1 ดังนั้น Q1 จะอยู่ในสภาพ OFF ซึ่งก็จะทำให้ Q2 และ Q3 OFF ตามไปด้วย แรงดันที่จุด A ซึ่งเป็นแรงดัน CS ของ RAM ด้วยก็จะประมาณศูนย์โวลท์ ส่วนแรงดันที่เข้าขา Vdd ของ RAM ก็จะจ่ายโดยถ่าน Ni-Cd (3.6V) ผ่านทาง D3 ดังนั้นแรงดันที่เข้าขา Vdd จึงประมาณเท่ากับ 3.6-0.6 = 3v ตาม data sheet ของ 6264 ในสภาพนี้ซึ่ง Vdd>2v และแรงดันเข้าขา CS<0.2v ไอซี 6264 จะสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้โดยต้องการกระแสไหลเข้าเพียง 100 ไมโครแอมป์ ดังนั้นข้อมูลใน RAM จะสามารถรักษาไว้ได้

4.1.4 วงจร WATCH DOG Timer

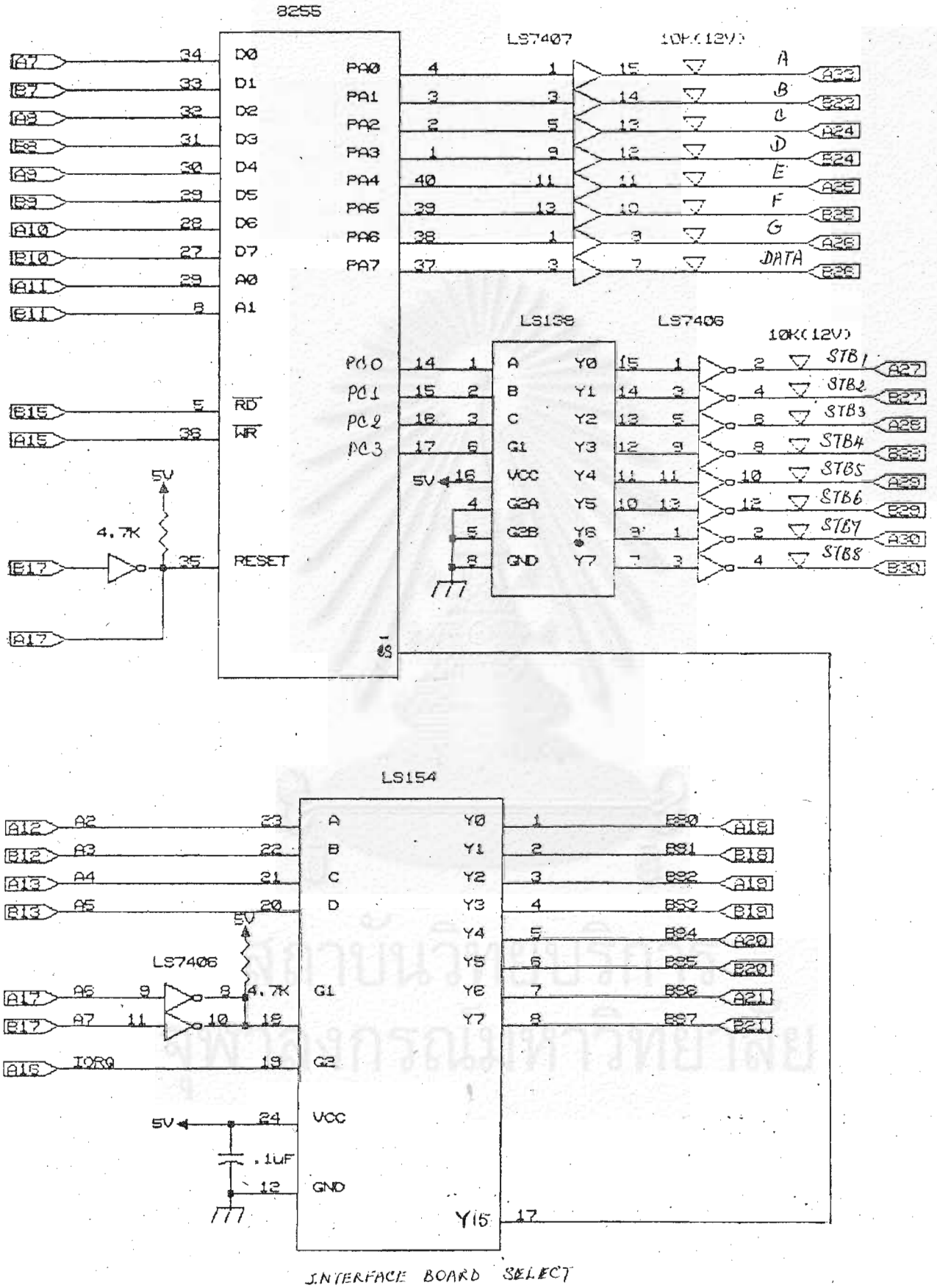
การทำงานจะเป็นรอบซ้ำ ๆ กัน คือจะอ่านสัญญาณอินพุท และนำไปประมวลผลสถานะให้กับโทรศัพท์แต่ละเครื่อง จากนั้น ก็จะกลับไปทำใหม่ ในแต่ละรอบก็จะมีการส่งสัญญาณไปให้วงจร WATCH DOG เพื่อบอกให้รู้ว่ามันยังคงทำงานตาม LOOP เป็นปกติ หน้าที่ของวงจร WATCH DOG ก็คือคอยรับสัญญาณที่ส่งมาจาก CPU นี้ และเมื่อใดก็ตามที่ CPU เกิดการผิดปกติก็คือไม่ทำงานเป็น LOOP ดังที่กล่าวมา ก็จะไม่มีสัญญาณดังกล่าวส่งมาให้แก่วงจร WATCH DOG ก็ให้ส่งสัญญาณ RESET ไปรีเซ็ท CPU

รูปที่ 4.6 แสดงวงจร Watch dog timer ที่ใช้ในระบบ ใช้ ไอซี 555 เป็น Astable multivibrator เอาท์พุทต่อผ่านวงจรเกทไปยังขา Reset ของ Z-80 ทางด้านหน้าใช้ทรานซิสเตอร์ต่อคล่อมตัวเก็บประจุ ถ้าทรานซิสเตอร์นำกระแส 555 จะไม่สามารถออสซิเลท พัลส์จากแอดเดรส F8H จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสได้ ถ้าพัลส์นี้หยุดหายไป 555 จะออสซิเลทและส่งสัญญาณไปรีเซ็ท Z-80 ทันที

4.2 บอร์ดอินพุท เอาท์พุทและสวิทช์แมตริก

4.2.1 วงจรควบคุมสวิทช์

รูป 4.7 แสดงวงจรในบอร์ดอินพุทเอาท์พุท ซึ่งปัจจุบันประกอบด้วยวงจร 2 ส่วน คือ วงจรเลือกบอร์ดวงจรภายในและนอก (Interface board select) และส่วนที่เป็นภาคขับสวิทช์แมตริก (Switch matrix driver)



INTERFACE BOARD SELECT

รูปที่ 4.7 วงจรในบอร์ดอินพุทเอาท์พุท

เนื่องจากสวิทช์แมตริกจะกระจายอยู่ตามบอร์ด วงจรภายในและนอก และวงจรโทน ดังนั้นสัญญาณขับสวิทช์แมตริกจึงต้องต่อออกทางบัส เพื่อกระจายไปยังบอร์ดต่าง ๆ ในระบบ การควบคุมสวิทช์จะใช้การส่งแอดเดรสของสวิทช์ คือ A, B, C, D, E, F พร้อมกับ data ซึ่งเป็นคำสั่งให้เปิดหรือปิด ('0' หรือ "1") ไปยัง LSI ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิทช์แมตริก รูป 4.8(ก)แสดงขาต่าง ๆ ของ LSI ซึ่งเป็นสวิทช์แมตริก ขา STB เป็นขาที่ใช้ในการสโตรปแอดเดรสและข้อมูลเข้าไปใน LSI สัญญาณ STB นี้จะถูกส่งมาจากภาคขับสวิทช์ในบอร์ดอินพุทเอาท์พุทเช่นเดียวกัน

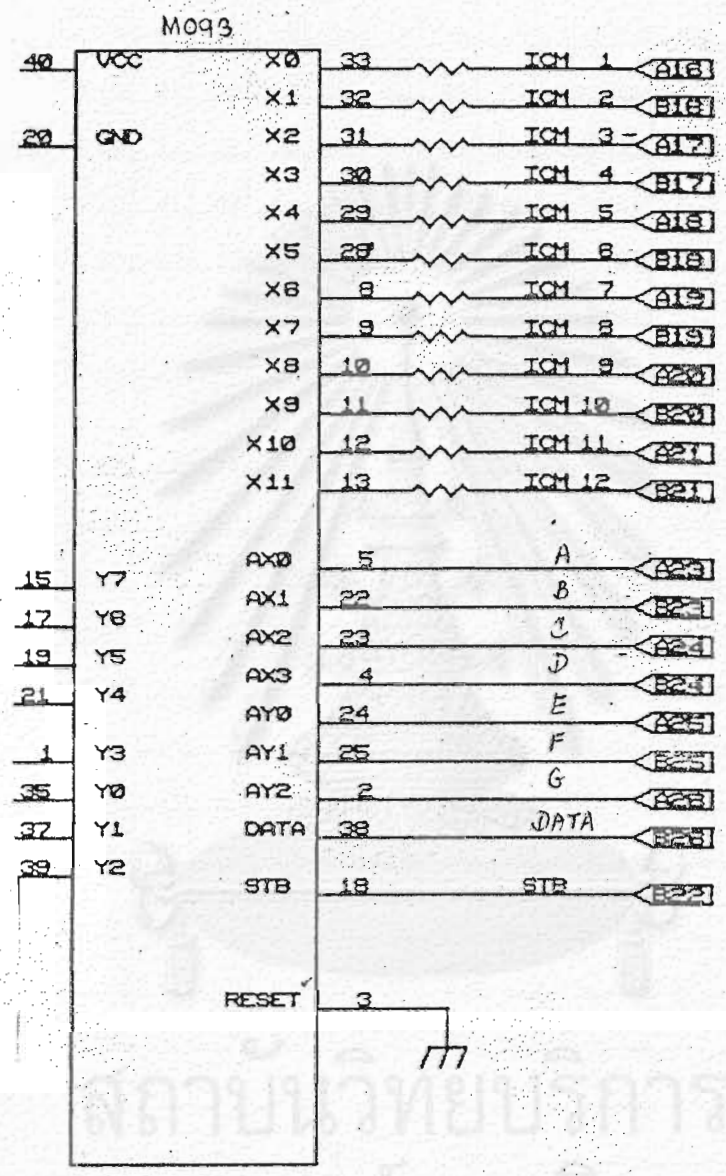
4.2.2 สวิทช์แมตริก [5]

สวิทช์แมตริกที่ใช้ในแต่ละบอร์ดเป็นกลุ่มสวิทช์ขนาด 8 x 12 สวิทช์ เรียงแบบ Full Matrix สัญญาณขาออกจากสวิทช์ จะมี 2แกน คือ แกน x จาก X_0 ไปถึง X_{11} รวม 12 ขั้ว และแกน Y จาก Y_0 ถึง Y_7 รวม 8 ขั้ว เราสามารถควบคุมสวิทช์ภายใน ให้ต่อขั้วทางแกน X เข้ากับขั้วทางแกน Y นี้ได้ทุกรูปแบบ

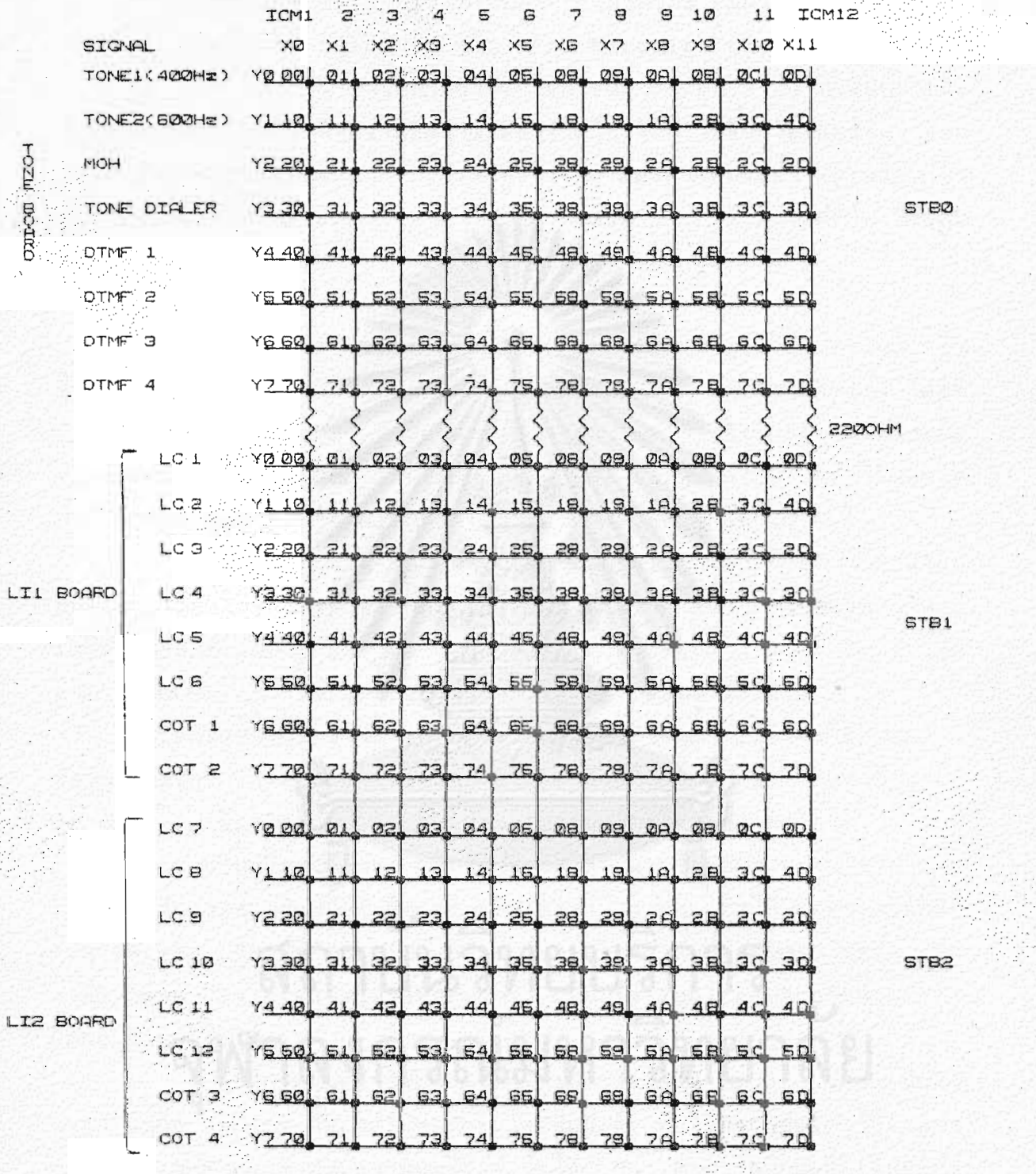
เราเลือกแกน X ซึ่งมีจำนวน 12 ขั้ว เป็นสัญญาณเสียงซึ่งจะต่อเข้ากับสวิทช์แมตริกของทุกบอร์ด ส่วนแกน Y จะใช้ต่อกัน วงจรสายภายใน หรือวงจรสายภายนอกในแต่ละบอร์ด นอกจากนั้น ยังต่อกับวงจรโทนต่าง ๆ ในบอร์ดโทนด้วย

รูปที่ 4.8(ข)แสดงแอดเดรสของสวิทช์ต่าง ๆ ในสวิทช์แมตริก และการเชื่อมต่อของสวิทช์แมตริก ในบอร์ดต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 (ก) LSI ซึ่งใช้เป็นสวิทช์แมตริก



รูปที่ 4.8(ง)รหัสสวิทช์ในสวิทช์แม่ตริกของบอร์ดต่าง ๆ

4.3 บอร์ดสายภายในและภายนอก

ในบอร์ดนี้จะมีวงจรสายภายในอยู่ 6 วงจร และวงจรสายภายนอกอยู่ 2 วงจร แต่ละวงจรจะต่อเข้ากับขั้วทางแกน Y ของสวิทช์ แมตริก

4.3.1 วงจรสายภายใน Line Circuit [6]

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่อินเตอร์เฟส กับเครื่องโทรศัพท์ภายใน โดยมี Speech path ที่จะผ่านสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์ ไปยังสวิทช์แมตริก และมีวงจรสำหรับตรวจสอบสถานะ การยกหู วางหู และการหมุนเลขจากเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งสถานะเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยัง CPU เพื่อทำการประเมินผลต่อไป ลักษณะของวงจรเป็นดังรูป 4.9

การทำงานของวงจร เป็นดังนี้

ขั้ว T(Tip) และ R(ring) จะต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์ ขั้วทั้งสองนี้จะต่อไปยังหน้าสัมผัสของ Relay RG ซึ่งเป็นตัวตัดต่อสัญญาณกระดิ่ง โดยที่

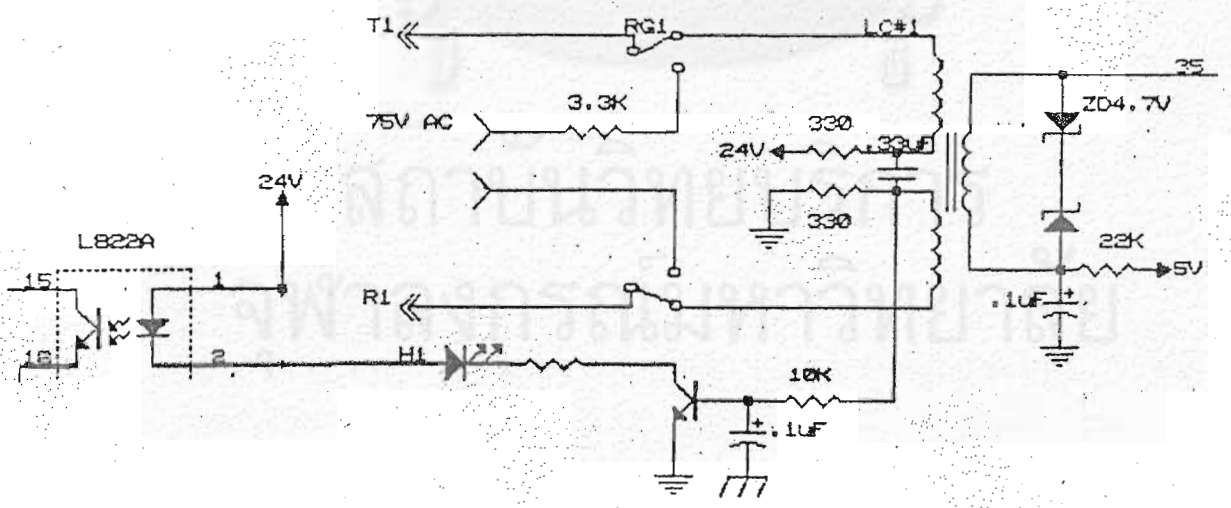
- ถ้า RG ทำงาน หน้าสัมผัสจะต่อไฟ AC 75V ไปยังเครื่องโทรศัพท์เพื่อเป็นสัญญาณกระดิ่ง ดังนั้นการให้สัญญาณกระดิ่ง ดัง-เงียบ สลับกัน ก็ทำได้โดยให้ CPU ควบคุม RG ให้ทำงานและหยุดทำงานตามจังหวะสัญญาณกระดิ่ง
- ถ้า RG ไม่ทำงาน คือ ในสภาวะที่ไม่มีการเรียกเข้ามาในช่วงที่กำลังสนทนากัน เครื่องโทรศัพท์จะต่อเข้ากับคอยล์ ซึ่งจะมีไฟตรง 24V จ่ายออกมาให้แก่เครื่องโทรศัพท์ เพื่อไบแอส ให้สามารถพูดได้ สำหรับกระแสไบแอสนั้นโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 25 mA ซึ่งถ้ากระแสน้อยกว่า 20 mA เสียงพูดจะไม่ชัด
- หม้อแปลงในวงจรนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวคับปลิงสัญญาณเสียงพูดให้ไปออกที่สวิทช์แมตริก โดยที่สัญญาณเสียงจะถูกไบแอสด้วยไฟตรง 5V ทางด้าน Secondary เพื่อยกระดับให้สัญญาณเสียงสามารถสวิทช์ในสวิทช์แมตริกได้
- การยกหูโทรศัพท์จะทำให้เกิดกระแสไหลในรูปโทรศัพท์ ทรานซิสเตอร์จะตรวจการไหลของกระแสนี้ได้ คือ ทรานซิสเตอร์จะทำงาน ทำให้เกิดกระแสไหลที่คอลเลคเตอร์ LED ที่ Opto Coupler จะสว่าง แล้วส่งผ่านสัญญาณไปบอก CPU ว่ามีการยกหู วงจรเครื่องโทรศัพท์กับวงจร CPU จึง Isolate จากกันด้วย Opto Coupler นี้
- เมื่อมีการหมุนหน้าปัดบนเครื่องโทรศัพท์จะทำให้ Loop เปิดปิดเป็นจังหวะ นั่นคือ จะมีการ ON/OFF ของกระแสเป็นพัลส์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ในวงจร LC ON/OFF ตามจังหวะการหมุนนี้ด้วย ทำให้ CPU สามารถนับพัลส์ที่เกิดขึ้นว่าเป็นหมายเลขใด

4.3.2 วงจรสายภายนอก (Central Office Trunk Circuit)

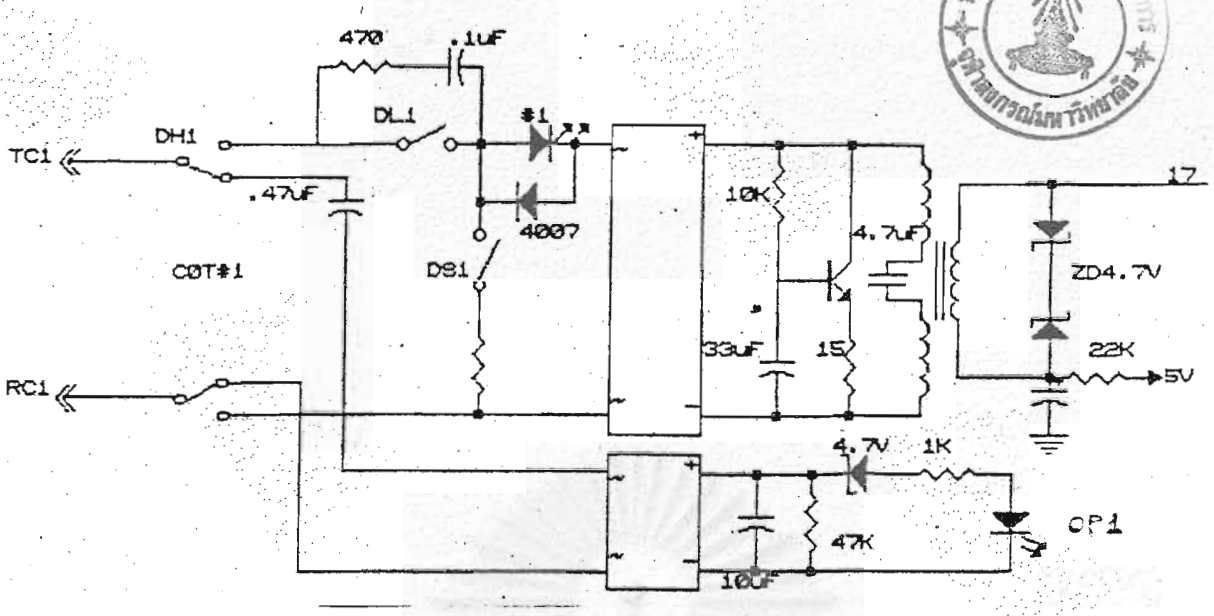
เป็นวงจรที่ทำหน้าที่อินเตอร์เฟส กับสายขององค์การโทรศัพท์ มีวงจร

ที่สำคัญ คือ วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งที่องค์การเรียกเข้ามา วงจรหมุนหมายเลข วงจรพักสาย เป็นต้น มี Speech path ที่จะต่อกับ สวิทช์แมตริกได้ ลักษณะของวงจรเป็นดังรูป 4.10

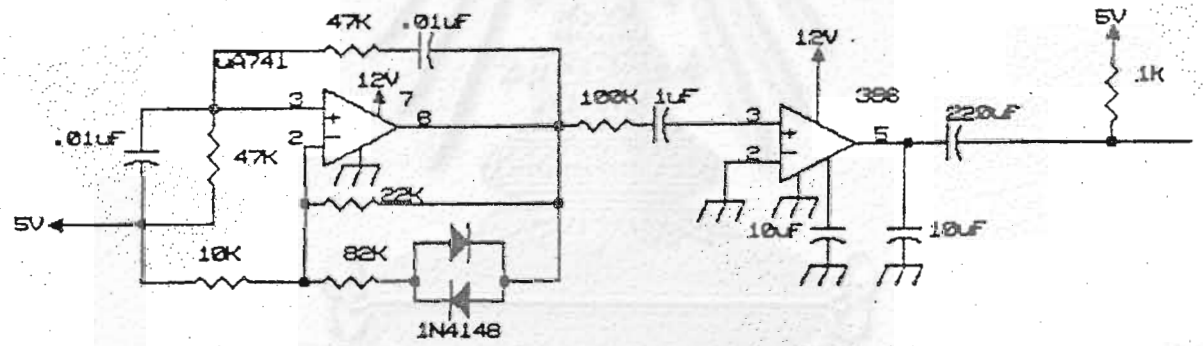
- สายองค์การโทรศัพท์ จะต่อเข้ากับขั้ว TC และ RC
- ในสภาวะวางหู หน้าสัมผัสของ Relay DH จะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับวงจร Ring detect เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งจากสายองค์การโทรศัพท์เข้ามา ไฟสลับจะผ่านตัวเก็บประจุ 0.47 uF เข้ามาในวงจร ผ่าน Bridge Rectifier แปลงเป็นไฟตรงมาขับ Opto Coupler OP1 ผ่านสัญญาณไปแจ้ง CPU ว่ามีการเรียกเข้ามาแล้ว - การรับสาย จะทำได้โดยการ ควบคุมให้รีเลย์ DH ทำงาน หน้าสัมผัสจะต่อเส้นสัญญาณผ่านเข้ามาในวงจร ไฟตรง จากองค์การโทรศัพท์จะผ่าน Bridge Rectifier มา Sink กระแสที่ทรานซิสเตอร์ เป็นการก่อให้เกิด Loop ทำให้ทางองค์การโทรศัพท์สามารถตรวจสอบได้ว่ามีการยกหูรับโทรศัพท์แล้ว จะได้หยุดส่งสัญญาณกระดิ่งมา
- เสียงพูดจากผู้ที่โทรมาจะผ่านชุมสายขององค์การโทรศัพท์ แล้ว Coupling ผ่านหม้อแปลงเข้ามาสู่สวิทช์แมตริก
- การโทรออก จะมีขั้นตอน คือ ควบคุมให้รีเลย์ DH ทำงาน ทำให้เกิด Loop จากสายองค์การ เราจะได้ยินเสียง Dial Tone จากนั้นเมื่อมีการหมุนเลขบนหน้าปัดก็ควบคุมรีเลย์ DL ให้ทำงานเปิดปิด ตามจังหวะการหมุน ก็จะเกิดพัลส์ส่งไปยังองค์การโทรศัพท์ ทำให้ทางองค์การทราบว่าเราหมุนเบอร์อะไร สำหรับ DS มีไว้สำหรับกันเสียงการหมุนย้อนกลับมาเข้าหูฟัง DS นี้จะปิดเฉพาะช่วงเวลาการหมุนเท่านั้น



รูปที่ 4.9 วงจรสายภายใน



รูปที่ 4.10 วงจรสายภายนอก



รูปที่ 4.11 วงจรกำเนิดสัญญาณหน้าปัด

4.4 บอร์ดสัญญาณโทน

ในบอร์ดนี้มีวงจรอยู่หลายส่วน คือ วงจรกำเนิดสัญญาณโทน วงจร DTMF decoder วงจร Tone dialer และวงจรกำเนิดเสียงดนตรี (melody on hold)

4.4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณโทน (Tone Generator)

วงจรสัญญาณโทนในโทรศัพท์ที่ใช้กันมากที่สุด ได้แก่ สัญญาณหน้า

ปัด (dial tone) สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) และสัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) การสร้างสัญญาณเหล่านี้จะเริ่มจากวงจร Oscillator ตามในรูป 4.11 เป็น Wien bridge Oscillator ที่กำเนิดสัญญาณรูปซายน์ ความถี่ 400Hz และถูกขยายด้วยวงจรขยายกำลังเพื่อจ่ายเข้าไปยังสวิทช์แมตริก

วงจร Tone Generator

สัญญาณ Tone ที่ใช้ในโทรศัพท์ทั้ง 3 แบบ จะมีสัญญาณพื้นฐานที่มีความถี่ 400 Hz จากนั้น สัญญาณแบบต่าง ๆ จะได้มาจากการ ON/OFF สวิทช์เป็นจังหวะว่าจะให้เสียงออกหรือไม่ให้ออก นานช่วงละเท่าใด สัญญาณโทนเหล่านี้ได้แก่

1. Dial tone เป็นสัญญาณความถี่ 400 Hz เรียบ สัญญาณนี้เป็นการบอกผู้ใช้ว่าขณะนี้ชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมายจากผู้ใช้ได้แล้ว ดังนั้น เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูขึ้นก็จะได้รับสัญญาณนี้ทันที

2. Busy tone เป็นสัญญาณแสดงความไม่ว่างเมื่อโทรไปแล้วทางฝ่ายปลายทางไม่ว่าง หรือยกหูนานเกินไป หรือเว้นช่วงระหว่างการหมุนเลขนานเกินไป โดยจะมีลักษณะเป็นสัญญาณซายน์ ON/OFF เป็นช่วง ๆ ช่วงละเท่า ๆ กัน ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ช่วงละครึ่งวินาที

3. Ring back tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการเรียก สัญญาณนี้ก็จะปรากฏเมื่อผู้เรียกหมุนหมายเลขจนครบจำนวนแล้ว และผู้ถูกเรียกอยู่ในสภาพว่าง สัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปยังผู้เรียกทันที ส่วนผู้ถูกเรียกก็จะได้รับสัญญาณกระดิ่งขนาดประมาณ 75 - 110 โวลท์ ด้วยจังหวะเหมือนกัน

4.4.2 วงจร DTMF decoder

สำหรับเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มความถี่ เมื่อกดหมายเลขโทรศัพท์สัญญาณที่ส่งเข้ามาที่ตู้สาขาโทรศัพท์จะเป็นความถี่ของสัญญาณ ตามมาตรฐานการรับความถี่นี้เพื่อแยกแยะว่าเป็นตัวเลขอะไร จะต้องใช้วงจร DTMF decoder ปัจจุบันในท้องตลาดมี ไอซีที่ทำหน้าที่เป็น DTMF decoder โดยจะรับสัญญาณความถี่เข้ามาเปรียบเทียบกับความถี่ภายใน แล้วให้สัญญาณออกเชิงเลขที่ตรงกับหมายเลขนั้น วงจร DTMF decoder แสดงในรูป 4.12 ไอซี 4102 ทำหน้าที่เป็น DTMF decoder ให้สัญญาณออกเป็นรหัสไบนารี ในระบบได้ติดตั้งไว้ทั้งหมด 4 ตัว เพื่อให้สามารถรับ Traffic การใช้โทรศัพท์ได้เพียงพอ

4.4.3 วงจร Tone Dialer

ถ้าสายภายนอกที่ต่อกับตู้สาขาโทรศัพท์เป็นสายที่ต้องใช้สัญญาณ DTMF ในระบบจะต้องจัดเตรียมแหล่งกำเนิดสัญญาณ DTMF ขึ้น ไอซี 4802 ในรูป 4.12 ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ DTMF มีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า Tone dialer

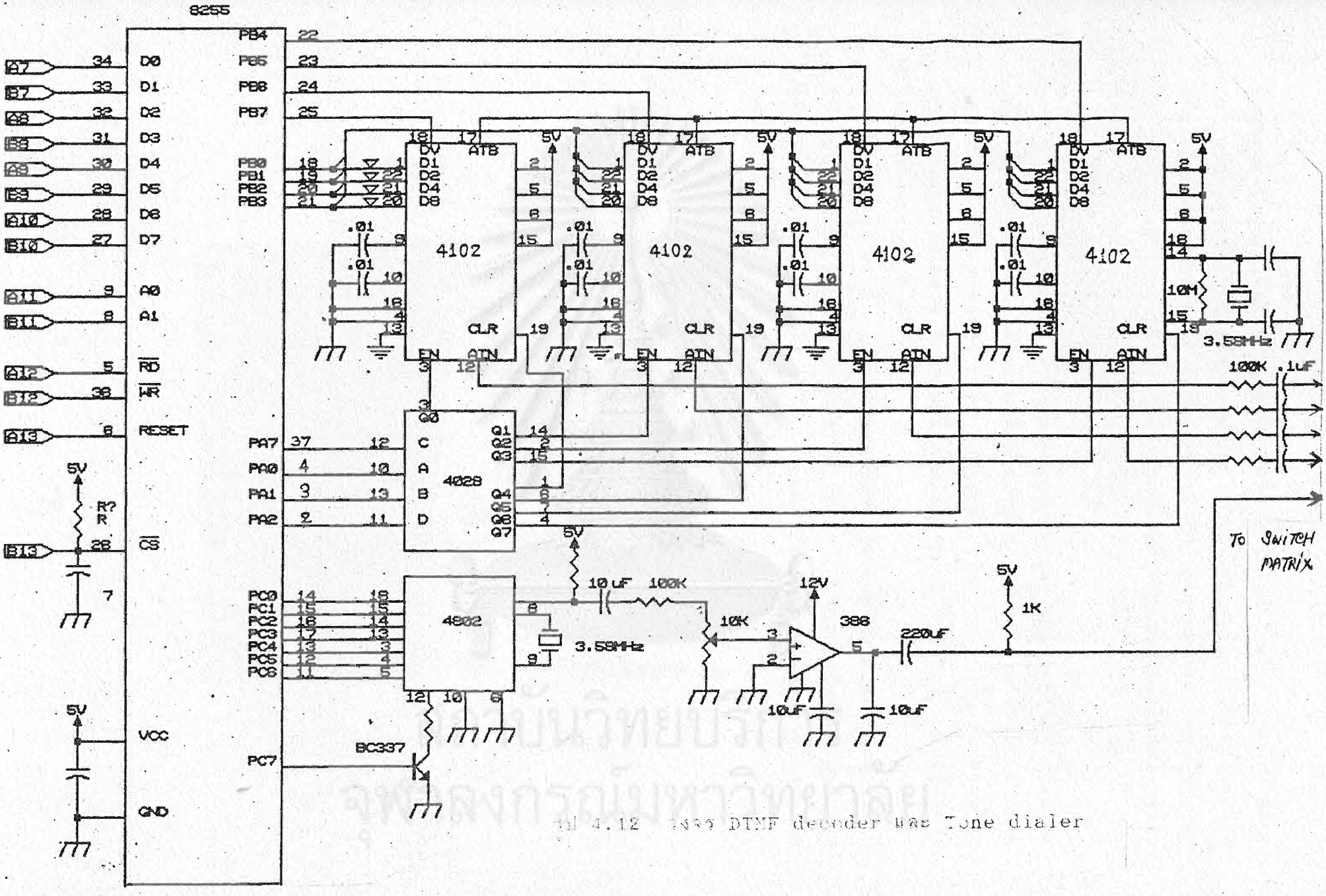


fig 4.12 8255 DTMF decoder and Tone dialer

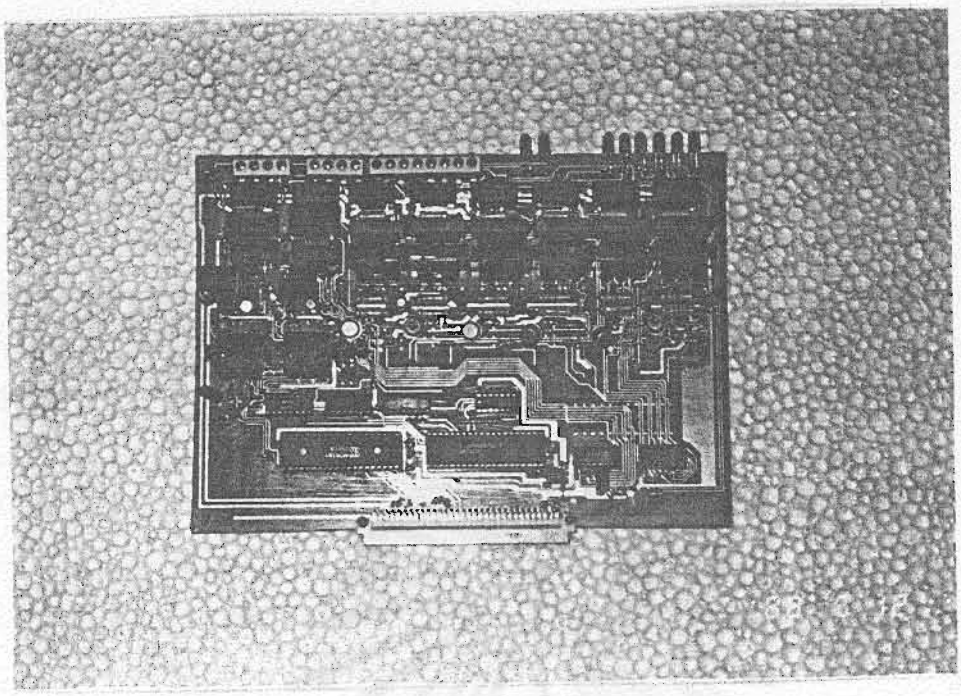
สัญญาณเชิงเลขที่ส่งให้ 4802 จะเป็นรหัสสั่งงานให้ 4802 ผลิต สัญญาณ DTMF เหมือนกับการกดปุ่มความถี่ของโทรศัพท์สัญญาณนี้จะถูกขยายแล้วส่งเข้าสวิทช์แมตริก เพื่อส่งไปที่วงจรสายภายนอก อีกทีหนึ่ง การส่งสัญญาณความถี่นี้จะส่งนานเพียง 200 ms ต่อการส่งตัวเลขหนึ่งตัว ในช่วงเวลาที่เหลือจะไปส่งตัวเลขอื่นของสายนอกอื่นต่อไป

4.5 การประกอบระบบ

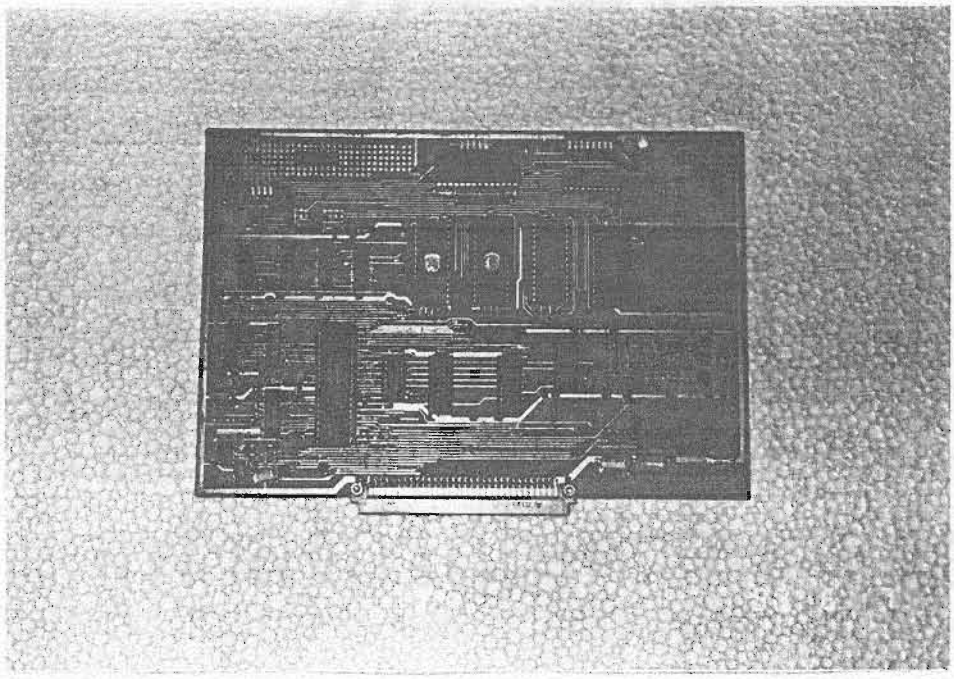
วงจรที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะถูกประกอบลงในบอร์ด บอร์ดทั้งหมดมี 4 ชนิด คือบอร์ดซีพียู บอร์ดอินพุทเอาท์พุท บอร์ดโทน และบอร์ดสายภายในและภายนอก เฉพาะ บอร์ดสายภายในและภายนอกจะมีจำนวนหลายบอร์ดขึ้นอยู่กับความต้องการ ถ้าใส่ครบ 6 บอร์ด จะทำให้ตู้มีขนาด 8 สายนอก 36 สายใน ซึ่งเป็นขนาดใหญ่สุดที่สามารถขยายได้

รูป 4.13 เป็นรูปถ่ายของตู้สาขาโทรศัพท์ที่ประกอบเสร็จ Rack ที่ใช้เสียบบอร์ดเป็น Rack มาตรฐานขนาด 19 นิ้ว และขนาดของบอร์ดก็เป็นไปตามมาตรฐาน Euro Standard รูป 4.14 แสดงรูปถ่ายของบอร์ดสายภายในและภายนอก และรูป 4.15 เป็นรูปบอร์ดซีพียู

รูป 4.13 รูปถ่ายของตู้สาขาโทรศัพท์ที่ประกอบเสร็จ



รูป 4.14 รูปถ่ายของบอร์ดสายภายในและภายนอก



รูป 4.15 รูปถ่ายบอร์ดซีพียู

บทที่ 5
ซอฟท์แวร์

5.1 ลักษณะพิเศษของโปรแกรมควบคุมการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์

5.1.1 ปัญหาของโปรแกรม

งานหลักของการพัฒนาชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก หรือตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กชนิด SPC (Store Program Control) ให้มีสมรรถนะการทำงานสูงขึ้นนั้น คือการพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน ยิ่งต้องการให้ตู้โทรศัพท์มีฟังก์ชันการทำงานที่ซับซ้อนขึ้นเท่าใด ก็ยิ่งทำให้โปรแกรมการควบคุมมีความซับซ้อนมากขึ้น [8] โปรแกรมควบคุมการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ทั่วไปมักจะประกอบด้วย 2 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ โปรแกรมประมวลอินพุทเอาท์พุท (Input output processing) และโปรแกรมประมวลผลการเรียก (Call processing [9] โปรแกรม อินพุทเอาท์พุทมีหน้าที่ในการอ่านสถานะของเครื่องโทรศัพท์ในระบบ ป้อนสัญญาณ และต่อคู่สายภายในเครื่องโทรศัพท์ โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมพื้นฐานซึ่งจะมีรายละเอียดโปรแกรมเปลี่ยนไปตามฮาร์ดแวร์ของระบบ ส่วนโปรแกรมประมวลการเรียกซึ่งเป็นโปรแกรมที่ประมวลข้อมูลสถานะของโทรศัพท์ ควบคุมการต่อคู่สายของสวิทเนตเวอร์ค และจัดแทรฟิกภายในนั้น เป็นโปรแกรมส่วนที่ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ ตู้สาขาโทรศัพท์จะมีสมรรถนะการทำงานสูงหรือไม่นั้น จะขึ้นอยู่กับโปรแกรมส่วนนี้ แต่โปรแกรมประมวลผลการเรียกนี้จะมีความซับซ้อนมาก ถ้าขยายสมรรถนะของระบบให้สูงขึ้นหรือขยายขนาดระบบให้ใหญ่ขึ้น การพัฒนาโปรแกรมส่วนนี้ด้วยภาษาแอสเซมบลีจึงเป็นเรื่องยาก

5.1.2 การทำงานของชุมสายโทรศัพท์แบบง่ายสุด

ลองพิจารณาชุมสายโทรศัพท์แบบง่ายที่สุด คือ ไม่มีความสามารถพิเศษใด ๆ ทำได้แต่เพียงการเรียกจากเครื่องโทรศัพท์เครื่องหนึ่ง ไปยังอีกเครื่องหนึ่งภายในชุมสายเท่านั้น ชุมสายโทรศัพท์จะมีขั้นตอนการทำงานแบ่งออกเป็น

1. ติดตามการยกหูของเครื่องโทรศัพท์
2. รับตัวเลขที่ผู้ใช้โทรศัพท์หมุน หรือกดปุ่มมา เพื่อนำมาตีความว่าผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการเรียกไปยังปลายทางใด
3. ส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทาง
4. เมื่อผู้รับรับสายแล้ว ทำการต่อสัญญาณเสียงของโทรศัพท์ทั้งสองเครื่องเข้าหากัน
5. เมื่อผู้ใช้วางหู ตัดสัญญาณเสียง

เมื่อชุมสายโทรศัพท์มีความสามารถมากขึ้น เช่นสามารถติดต่อไปยังชุมสายอื่น สามารถจองสาย พักสาย การเรียกกลับ การหมุนรหัสย่อ ฯลฯ ขั้นตอนในการทำ

046833

งานก็จะมากขึ้น การตีความหมายของตัวเลขที่ได้รับในขั้นตอนที่ 2 ก็จะซับซ้อนขึ้น ยิ่งชุมสายมี ความสามารถมากขึ้นเท่าไร ขั้นตอนการทำงานก็จะมีหลายขั้น และการตัดสินเงื่อนไขต่าง ๆก็จะซับซ้อนขึ้น ดังนั้นจึงจะต้องหาวิธีที่เหมาะสมมาใช้อธิบายการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

5.1.3 การทำงานเป็นสถานะ

ลักษณะการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์นั้นเป็นการทำงานตามสถานะ (finite state machine) โทรศัพท์แต่ละเครื่องจะอยู่ในสถานะหนึ่ง สถานะนั้นหมายถึงสภาพของเครื่องโทรศัพท์ เช่นกำลังวางหูอยู่เฉย ๆ กำลังวางหูอยู่และกระดิ่งดัง หรือ กำลังยกหูอยู่ เป็นต้น โทรศัพท์ที่อยู่ในสถานะใดก็ตามจะคงอยู่ในสถานะนั้นไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีเงื่อนไขที่เหมาะสมมากระตุ้น โทรศัพท์จึงจะเปลี่ยนแปลงสถานะไป สถานะที่เปลี่ยนไปนั้นก็แล้วแต่ว่าเงื่อนไขที่มากระตุ้นนั้นคืออะไร ตัวอย่างเช่น ถ้าสถานะเดิมโทรศัพท์วางหูอยู่เฉย ๆ ถ้ามีเงื่อนไขมากระตุ้น คือ มีคนโทรเข้ามา กระดิ่งจะดัง การเปลี่ยนจากวางหูอยู่เฉย ๆ เป็นกระดิ่งดัง ก็คือ การเปลี่ยนสถานะ ในสถานะหนึ่งอาจมีเงื่อนไขเข้ามาได้หลายเงื่อนไข แต่ละเงื่อนไขอาจทำให้โทรศัพท์เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในสถานะที่แตกต่างกันได้ เช่น กรณีสถานะโทรศัพท์วางหูอยู่ ถ้าไม่มีใครโทรเข้ามา เราอาจจะยกหูขึ้นมาเพื่อจะโทรออก การยกหูก็เป็นเงื่อนไขอันหนึ่งที่ทำให้โทรศัพท์เปลี่ยนสถานะไปสู่สถานะยกหู ซึ่งสถานะยกหูก็แตกต่างกับสถานะกระดิ่งดัง

การทำงานของโปรแกรมควบคุมนั้นจะเป็นดังนี้ ตรวจสอบดูก่อนว่าในขณะนี้โทรศัพท์อยู่ในสถานะอะไร โปรแกรมจะต้องรู้ว่าในสถานะนั้นมีเงื่อนไขในการย้ายสถานะอะไรบ้าง โปรแกรมก็จะดูว่าเงื่อนไขเหล่านั้นมีเข้ามาหรือยัง เช่น ยกหูหรือยัง มีใครโทรมาบ้าง โดยดูทีละเงื่อนไขเรียงตามลำดับความสำคัญ ถ้าไม่มีเงื่อนไขใดเข้ามาเลยก็จะคงโทรศัพท์ให้อยู่ในสถานะเดิมต่อไป แต่ถ้ามีเงื่อนไขใดเข้ามาก็จะทำการเปลี่ยนสถานะของโทรศัพท์เป็นสถานะใหม่ ซึ่งจะเป็นสถานะใดนั้นโปรแกรมจะเป็นตัวกำหนด ในการทำการเปลี่ยนสถานะนั้นโปรแกรมจะต้องควบคุมการจ่ายสัญญาณหรือควบคุมอินพุทเอาท์พุทตามที่กำหนดในสถานะใหม่ เช่น การจ่ายสัญญาณกระดิ่งเมื่อมีคนโทรเข้ามา ส่งสัญญาณหน้าปัด มาให้เมื่อมีการยกหู

นั่นคือการทำงานแบบสถานะนั้นจะประกอบด้วยสถานะและ การเปลี่ยนสถานะตามเงื่อนไข

5.1.4 การแบ่งโปรแกรมเป็นส่วน ๆ

โปรแกรมควบคุมการทำงานที่พัฒนาขึ้นมานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ โปรแกรมหลัก โปรแกรมควบคุมอินพุทเอาท์พุท (BIOS) และมีโปรแกรมบริการ (Service routine) เรียกย่อว่า SR

โปรแกรมหลัก เป็นส่วนที่เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานแบบสถานะ โปรแกรมส่วนนี้จะไม่อ่านค่าหรือสั่งงานไปยังอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์โดยตรง แต่จะสั่งงานหรืออ่านค่าโดยเรียกผ่านโปรแกรมย่อยใน BIOS และ SR อีกต่อหนึ่ง การที่โปรแกรมหลัก ไม่มีการติดต่อกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์โดยตรงทำให้โปรแกรมส่วนนี้ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ โปรแกรมส่วน BIOS เป็นโปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อยจำนวนหนึ่ง สำหรับให้โปรแกรมหลักเรียกใช้ โปรแกรมย่อยเหล่านี้จะมีวิธีการในการเรียกใช้ที่แน่นอนไม่ว่าจะเป็น BIOS สำหรับฮาร์ดแวร์ใด ดังนั้น โปรแกรมหลักจะสามารถเรียกใช้ BIOS ของฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ได้โดยวิธีเดียวกัน โปรแกรมส่วน SR เป็นโปรแกรมส่วนเล็ก ๆ ที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้โปรแกรมหลัก รวมทั้งทำหน้าที่เรียกโปรแกรมย่อยใน BIOS ให้กับโปรแกรมหลัก โปรแกรมส่วน SR เป็นโปรแกรมย่อยที่ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ด้วย

5.2 ไดอะแกรมสถานะ

5.2.1 ไดอะแกรมสถานะคืออะไร

การทำงานของตู้ชุมสายโทรศัพท์นั้นจะมีการทำงานแบบสถานะ โดยโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะอยู่ในสถานะอันหนึ่งเมื่อมีเงื่อนไขที่เหมาะสมโทรศัพท์ก็จะเปลี่ยนสถานะไป ไดอะแกรมสถานะจะเป็นเครื่องมืออันหนึ่งที่ใช้ในการอธิบายการทำงานแบบสถานะ

ในรูป 5.1 แสดงตัวอย่างของไดอะแกรมสถานะไดอะแกรมสถานะจะประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมซึ่งแทนสถานะและเส้นโยงระหว่างสถานะซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนสถานะตามเงื่อนไข ในแต่ละสถานะจะมีหมายเลขสถานะ ชื่อสถานะ และสภาพของเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ในสถานะนั้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2

ในไดอะแกรมสถานะจะมีการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องโทรศัพท์สัญญาณโทน การเชื่อมผ่านสวิทช์เนตเวอร์ต (ICM LINK) ดังรูป โดยมีตัวอักษร X หมายถึง โทรศัพท์เครื่องที่กำลังพิจารณาอยู่

X ยังแสดงสถานะการยกหูหรือวางหูด้วย คือ X หมายถึงโทรศัพท์กำลังยกหู

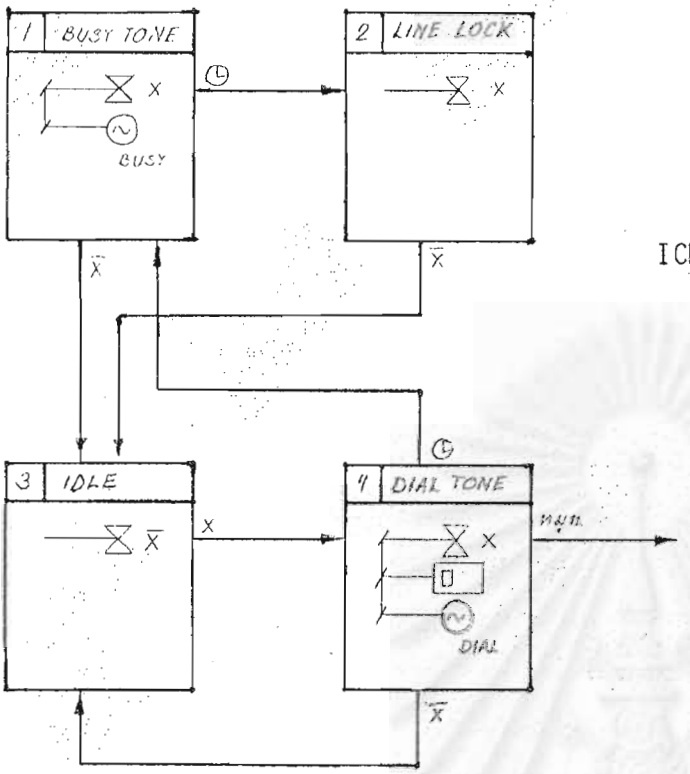
X หมายถึง โทรศัพท์ในสถานะวางหู หรือถ้าเป็นเงื่อนไขก็หมายถึงการวางหูโทรศัพท์ สำหรับสัญญลักษณ์อื่น ๆ ที่จะใช้ในไดอะแกรมสถานะแสดงในรูปที่ 5.3

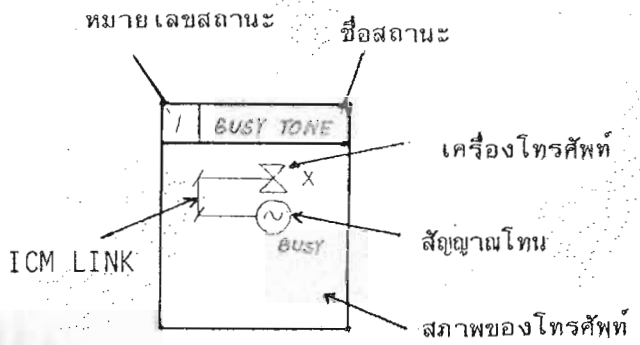
5.2.2 ตัวอย่างไดอะแกรมสถานะ

สำหรับไดอะแกรมสถานะในรูปที่ 5.1 มีการทำงานดังนี้ ถ้าเริ่มต้นที่สถานะ 3 ซึ่งเป็นสถานะ IDLE ในสถานะนี้โทรศัพท์วางหูอยู่ ถ้ามีการยกหูก็จะเปลี่ยนไปสถานะ 4 DIAL TONE

ในสถานะ 4 โทรศัพท์ยกหูอยู่จะได้รับสัญญาณหน้าปัดและโปรแกรม

5.1 ตัวอย่างไดอะแกรมสถานะ





รูป 5.2 ความหมายของสถานะ

โทรศัพท์

ตัวรับการหมุนเลข (หรือกดปุ่ม)

สัญญาณเสียง

X ยกหู

X วางหู

X กำลังกระดิ่งดัง

X เคาะที่วางหู

อยู่ในสถานะนานเกินไป

การเชื่อมต่อสัญญาณเสียง

รูป 5.3 สัญลักษณ์ต่าง ๆ

พร้อมจะรับตัวเลขการหมุนในสถานะนี้สามารถเปลี่ยนไปสถานะอื่นอีกได้ 3 ทาง คือ ทางที่ 1 ถ้าวางหูก็จะกลับไปสถานะ 3 ซึ่งเงื่อนไขการวางหูคือ X ทางที่ 2 ถ้าอยู่เฉย ๆ นาน ๆ จนครบกำหนดเวลา (TIMEOUT) ก็จะเปลี่ยนไปเป็นสถานะ 1 BUSY TONE จากรูปที่ 5.1 สัญญลักษณ์ของ TIME OUT คือ L ทางที่ 3 ถ้ามีการหมุนเลขก็จะเปลี่ยนไปเป็นสถานะอื่น ซึ่งในรูปยังไม่ให้รายละเอียด

สถานะ 1 (BUSY TONE) เป็นสถานะที่โทรศัพท์ได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง ในสถานะนี้ถ้าวางหูจะกลับไปสถานะ 3 IDLE ถ้านานเกินไปจะไปสถานะ 2 LINE LOCK

สถานะ 2 LINE LOCK เป็นสถานะที่โทรศัพท์ไม่ได้รับการบริการจากตู้สาขาโทรศัพท์เนื่องจากยกหูนานเกินไป การออกจากสถานะมีเงื่อนไขเดียวคือการวางหูซึ่งจะทำให้เปลี่ยนกลับไปสู่สถานะ 3 IDLE ต่อไป

5.3 ภาษา State Transition Language (STL)

5.3.1 ปัญหาของไดอะแกรมสถานะ

ถึงแม้ว่าไดอะแกรมสถานะจะสามารถอธิบายการทำงานของโทรศัพท์ได้ดี ดูเข้าใจง่าย มีลักษณะคล้าย flow chart ของโปรแกรม แต่มีข้อเสียตรงที่การเพิ่มเติม การแก้ไข ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีลักษณะเป็นรูปภาพ และนอกจากนั้นไดอะแกรมสถานะสามารถอธิบายการทำงานของโทรศัพท์เพียงคราว ๆ ไม่สามารถให้รายละเอียดได้มากนัก เช่น การเก็บหมายเลขของ ICM LINK หมายเลขของตัวรับการหมุน เป็นต้น การแปลงไดอะแกรมสถานะเป็นโปรแกรมโดยตรงก็ไม่สามารถจะทำได้

เนื่องจากโปรแกรมการควบคุมการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์เป็นโปรแกรมที่ซับซ้อน มีรายละเอียดค่อนข้างมาก และมีการปรับปรุง แก้ไขโปรแกรมอยู่เสมอ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการแปลงไดอะแกรมสถานะไปเป็นโปรแกรมอย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.2 ลักษณะของภาษา

ภาษา STL นี้เป็นภาษาที่มีลักษณะเป็น PSEUDO CODE ซึ่งจะใช้อธิบายการทำงานของตู้ชุมสายโทรศัพท์การที่ STL เป็น PSEUDO CODE นี้จะทำให้การเขียนโปรแกรมค่อนข้างยืดหยุ่น

ถ้ามาพิจารณาการทำงานของตู้ชุมสายโทรศัพท์ที่มีการทำงานแบบสถานะโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะถูกกำหนดให้มีหน่วยความจำประจำเครื่องจำนวนหนึ่งเครื่องละหนึ่งชุด แยกเป็นอิสระต่อกัน หน่วยความจำนี้จะใช้เก็บข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดเกี่ยวกับเครื่องโทรศัพท์ โปรแกรมจะรู้ว่าโทรศัพท์มีสภาพเป็นอย่างไรโดยการมาดูที่ตัวแปรเหล่านี้ ตัวแปรที่มีใช้อยู่ในโปรแกรมในขณะนี้มีดังนี้คือ

STATE	ใช้เก็บสถานะของโทรศัพท์
EX	ใช้เก็บหมายเลขของโทรศัพท์คู่สนทนา (ถ้ามี)
ICM	ใช้เก็บหมายเลขของ ICM LINK
TEMP	เป็นตัวแปรใช้งานชั่วคราว
NUMBER	เป็นตัวเก็บเลขที่หมุนเข้ามาเก็บได้มากสุด 10 หลัก
CO	ใช้เก็บหมายเลขของสายนอกที่ต่ออยู่
FN	สำหรับทำฟีเจอร์พิเศษ (service feature)
FN.EX	สำหรับทำฟีเจอร์พิเศษ
LAST	ใช้เก็บเบอร์ภายนอกที่โทรออกหลังสุดสำหรับโทรซ้ำ

การทำงานของโปรแกรม โปรแกรมจะมาตรวจสอบสถาพของเครื่องโทรศัพท์จากหน่วยความจำประจำเครื่องก็จะรู้สถานะของโทรศัพท์และสภาพแวดล้อมของมัน ก็จะรู้ได้ว่าจะต้องตรวจสอบ เงื่อนไขอะไรในการเปลี่ยนสถานะ และเนื่องจากโทรศัพท์มีหลายเครื่อง โปรแกรมจะต้องวนทำทีละเครื่อง โดยมีตัวแปรพิเศษตัวหนึ่ง คือ X เก็บหมายเลขของโทรศัพท์เครื่องที่โปรแกรมกำลังจัดการอยู่

ภาษา STL จะเลียนแบบการทำงานของโปรแกรมควบคุม โดย STL จะแบ่งออกเป็นท่อน ๆ แต่ละท่อนก็คือสถานะหนึ่ง ในแต่ละสถานะ ก็จะมีการตรวจสอบเงื่อนไขในการเปลี่ยนสถานะ ถ้าไม่ตรงก็ไม่ทำอะไร แต่ถ้าเงื่อนไขถูกต้องก็จะเปลี่ยนสถานะโดยจะต้องเปลี่ยนแปลงสภาพของเครื่องโทรศัพท์ให้ไปอยู่ในลักษณะใหม่และต้องเปลี่ยนแปลงตัวแปรประจำเครื่องโทรศัพท์ให้ตรงกันด้วย ตัวอย่างของภาษา STL แสดงในรูปที่ 5.4

5.3.3 โครงสร้างของภาษา STL

1. ตัวแปร

เพื่อให้ตัวแปรมีความแตกต่างจากคำอื่น ๆ ในภาษา STL จะใช้รูปแบบเป็น $ ตัวแปร เช่น $X $STATE $EX $ICM เป็นต้น การใช้ $ นำหน้าทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าเป็นตัวแปร และไม่ต้องกลัวซ้ำกับคำอื่นในภาษา ดังที่ได้กล่าวมาบ้างแล้วว่า $X คือตัวแปรพิเศษบอกว่าโปรแกรมจัดการโทรศัพท์เครื่องไหนอยู่ ค่า $X จะเป็น 0,1,2,3,... ในขณะที่โปรแกรมทำการจัดการกับโทรศัพท์หมายเลข 0,1,2,3,... ตามลำดับ สำหรับตัวแปรที่เป็นหน่วยความจำของโทรศัพท์แต่ละเครื่องนั้นถ้าอ้างเฉย ๆ เช่น $STATE $EX ก็จะหมายถึงหน่วยความจำของเครื่อง $X ถ้าหากต้องการอ้างถึงหน่วยความจำเครื่องอื่นสามารถทำได้โดยใช้ $ ตัวแปรที่เก็บหมายเลขของโทรศัพท์ .$ ตัวแปร เช่น $EX.$STATE ก็

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((

st 1 { busy_tone } ;

  if on_hook then
    tone ($icm,stop) ;
    cut ($icm,$x) ;
    close ($icm) ;
    goto 3 { idel }
  end

  if time_out then
    tone ($icm,stop) ;
    cut ($icm,$x) ;
    close ($icm) ;
    goto 2 { line lock } ;
  end

((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((

st 2 { line_lock } ;

  if on_hook ($x) then
    goto 3 { idel } ;
  end

((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((

st 3 { idel } ;

  if off_hook ($x) then
    if open ($icm) then
      if open ($reg) then
        connect ($icm,$x) ;
        connect ($icm,$reg) ;
        tone ($icm,dial_tone) ;
        goto st 4 { dial_digit } ;
      end
    end
  end

((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((

st 4 { dial_tone } ;

  if on_hook ($x) then
    cut ($icm,$reg) ;
    close ($reg) ;
    tone ($icm,stop) ;
    cut ($icm,$x) ;
    close ($icm) ;
    goto 3 { idel } ;
  end

  if dial ($x,$temp) then
    ....
    ....
    ....
  end

  if time_out then
    cut ($icm,$reg) ;
    close ($reg) ;
    tone ($icm,busy_tone) ;
    goto 1 { busy_tone } ;
  end

((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.4 การบรรยายการทำงานในแต่ละสถานะด้วย STL

หมายถึงสถานะของโทรศัพท์เครื่อง $EX เป็นต้น

2. สถานะในภาษา STL

โครงสร้างของสถานะใน STL จะขึ้นต้นด้วย คำว่า STATE ตามด้วยหมายเลขสถานะและชื่อสถานะ โดยมีรูปแบบดังนี้

```
STATE หมายเลข (ชื่อสถานะ) ;
        เนื้อภายในสถานะ
```

โครงสร้างนี้ไม่ใช่โครงสร้างที่ตายตัว ผู้เขียนอาจจะเขียนแบบอื่นก็ได้ โดยจะต้องให้ดูออกว่า นี่คือจุดเริ่มต้นของสถานะ สถานะหมายเลขอะไร มีชื่อว่าอะไร และสถานะจบตรงไหน

3. คำสั่งในการตัดสินใจ

เนื่องจากการทำงานแบบสถานะจะต้องตัดสินใจอยู่ตลอดเวลาว่าจะคงอยู่สถานะเดิมหรือกระโดดไปยังสถานะอื่น คำสั่งในการตัดสินใจในภาษา STL จึงมีความจำเป็น โครงสร้างที่ใช้อยู่ในขณะนี้คือ โครงสร้าง IF. THEN. ELSE. END โดยมีรูปแบบดังนี้

```
IF  เงื่อนไข THEN
    สิ่งที่จะทำเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง
ELSE
    สิ่งที่จะทำเมื่อเงื่อนไขไม่จริง
END
```

ส่วน ELSE จะไม่มีก็ได้ถ้าหากเมื่อเงื่อนไขไม่จริงแล้วไม่ต้องทำอะไร และในทำนองเดียวกันกับโครงสร้างของสถานะ การตัดสินใจจะเขียนในรูปแบบอื่นก็ได้แต่ต้องให้ดูออก โดยต้องบอกเงื่อนไขไว้และสิ่งที่จะทำหลังจากเงื่อนไขเป็นจริงต้องเห็นได้ชัดเจน เช่น อาจจะเขียนโดยใช้รูปแบบดังนี้ เป็นต้น

```
เงื่อนไข :
    สิ่งที่จะทำเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง
```

4. ฟังก์ชั่นต่าง ๆ

ฟังก์ชั่นในภาษา STL เป็นการแทนการตรวจสอบ อินพุท และสั่งการเอาท์พุท

ของโปรแกรมควบคุมการทำงานของตู้ชุมสายโทรศัพท์ การตั้งชื่อฟังก์ชั่นในภาษา STL จะต้องตั้งชื่อให้ดูออกว่าฟังก์ชั่นทำหน้าที่อะไร รูปแบบของฟังก์ชั่นจะเป็นชื่อฟังก์ชั่น(พารามิเตอร์) สำหรับ STL ที่เขียนขึ้นมีฟังก์ชั่นต่อไปนี้

ON-HOOK (หมายเลขโทรศัพท์)	ใช้ถามว่าโทรศัพท์วางหูอยู่ใช่หรือไม่
OFF-HOOK (หมายเลขโทรศัพท์)	ใช้ถามว่าโทรศัพท์ยกหูอยู่ใช่หรือไม่
OPEN (ตัวแปร)	เป็นการสั่งให้จองอุปกรณ์ เช่น OPEN ($ICM) หมายถึงให้ทำการจอง ICM-LINK ถ้าได้เอาหมายเลข ICM-LINK ใส่ในตัวแปร $ICM แล้วให้ค่าจริงกลับมา ถ้าจองไม่ได้จะให้ค่าเท็จกลับมา
CLOSE (ตัวแปร)	ใช้คู่กับคำสั่ง OPEN สั่งให้คืนอุปกรณ์ที่จองไว้ให้กับระบบ
CONNECT ($ICM,ตัวแปร)	สั่งให้ทำการต่อสัญญาณเสียงเข้ากับ ICM LINK เช่น CONNECT ($ICM,$X) เป็นการสั่งให้ต่อสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์เครื่องที่ $X เข้ากับ ICM LINK. หมายเลข $ICM
CUT ($ICM, ตัวแปร)	ใช้คู่กับคำสั่ง CONNECT แต่เป็นการตัดสัญญาณเสียงออกจากกัน
TONE ($ICM, ชื่อสัญญาณ)	ใช้สำหรับส่งสัญญาณเสียง เช่น DIALTONE BUSY-TONE เข้าไปใน ICM LINK ที่มีหมายเลข $ICM เช่น TONE($ICM,DIAL) เป็นการสั่งต่อ DIALTONE ถ้าต้องการหยุดส่งสัญญาณเสียงใช้คำสั่ง TONE($ICM,STOP)
RING (หมายเลขโทรศัพท์)	เป็นการสั่งให้โทรศัพท์กระดิ่งดัง
RING-STOP(หมายเลขโทรศัพท์)	ใช้คู่กับคำสั่ง RING เป็นการสั่งให้กระดิ่งหยุด

5.3.4 การแปลงไดอะแกรมสถานะเป็น STL

จะยกตัวอย่างการแปลงไดอะแกรมสถานะในรูปที่ 5.1 สถานะที่ 1

BUSY TONE มาเป็นภาษา STL ตามรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าเริ่มต้นด้วย บรรทัดแรก บอกว่าเป็นจุดเริ่มต้นของสถานะ (คำว่า ST ย่อมาจาก STATE) และบอกว่าเป็นสถานะที่ 1 ชื่อว่า BUST TONE ภายในสถานะแบ่งออกเป็นคำสั่ง IF 2 ชุด บอกให้รู้ว่ามีเงื่อนไขสำหรับการออกจากสถานะนี้ 2 ทาง ทางแรกคือ $X วางหู ทางที่สองคือ TIME.OUT

ภายในคำสั่ง IF คือสิ่งที่จะทำเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง จะบอกว่าโปรแกรมจะต้องทำอะไรบ้าง ซึ่งในส่วนนี้ไดอะแกรมสถานะไม่สามารถให้รายละเอียดได้ กรณี $X วางหู จะทำการตัดสัญญาณสายไม่ว่าง (BUSY TONE) ออกจาก ICM LINK หมายเลข $ICM ตัดโทรศัพท์เครื่อง $X ออกจาก ICM LINK หมายเลข $ICM โดยที่ $ICM เก็บหมายเลขของ ICM LINK อันที่ใช้งานอยู่ หลังจากนั้น ทำการคืน ICM LINK ให้กับระบบ (คำสั่ง CLOSE) จะเห็นได้ว่าตอนนี้โทรศัพท์ถูกปลดออกมาอยู่โดด ๆ แล้ว และวางหูแล้วด้วยซึ่งตรงกับโทรศัพท์ในสถานะ 3 IDLE แล้ว จึงทำการเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในสถานะ 3 IDLE

การเปลี่ยนสถานะไปสถานะ 2 LINE LOCK ตามเงื่อนไข TIME OUT ก็เช่นเดียวกัน STL จะบอกถึงการเปลี่ยนสถานะของโทรศัพท์แล้วจึงจะไปยังสถานะ 2 LINE LOCK

5.3.5 การแปลง STL ให้เป็นโปรแกรมจริง

ภาษา STL เป็นเพียง PSEUDO CODE ซึ่งใช้บรรยายไดอะแกรมสถานะ ยังไม่สามารถนำไปในการป้อนเป็นคำสั่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์ จึงจำเป็นต้องทำการแปลงภาษา STL ให้เป็นโปรแกรมซึ่งสามารถ execute ได้ ในการวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการแปลงเป็นภาษาแอสเซมบลีของ Z80 การแปลงโปรแกรมทำได้โดยทำโปรแกรมย่อยขึ้นมาจำนวนหนึ่ง ให้มีการทำงานตรงกับฟังก์ชั่นของภาษา STL แล้วแปลงแต่ละบรรทัดของภาษา STL มาเป็นการเรียกใช้โปรแกรมย่อยเหล่านั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.5

แต่การแปลงโดยวิธีนี้ยังไม่สะดวกนัก เนื่องจากต้องบรรยายเป็นภาษาแอสเซมบลีเป็นส่วนใหญ่ เพื่อแปลงได้ง่ายขึ้น จึงต้องใช้เทคนิคของ Macro ในภาษาแอสเซมบลี เพื่อให้สามารถแปลงโปรแกรมจากภาษา STL หนึ่งบรรทัดมาเป็น ภาษาแอสเซมบลีหนึ่งบรรทัด ก็จะสามารถทำได้โดยการยุบ การเรียกใช้โปรแกรมย่อย ซึ่งประกอบไปด้วยการส่งพารามิเตอร์ การเรียกโปรแกรมย่อย การ PUSH POP รีจีสเตอร์ต่าง ๆ มาเป็น Macro ซึ่งก็จะเหลือเพียงบรรทัดเดียว ดังแสดงในรูปที่ 5.6 วิธีการเรียกโปรแกรมย่อยด้วย Macro นี้ จะทำให้การแปลง STL เป็นภาษาแอสเซมบลีง่ายขึ้นมาก และไม่เกิดความผิดพลาดในการแปลง นอกจากนั้นยังสามารถแก้ไขโปรแกรมได้ง่ายด้วย

```
                             ; ((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((
                             ; st 1 { busy_tone } ;
                             ;
                             ;   if on_hook then
                             ;     tone ($icm,stop) ;
                             ;     cut ($icm,$x) ;
                             ;     close ($icm) ;
                             ;     goto 3 { idel }
                             ;   end
                             ;
                             ;   if time_out then
                             ;     tone ($icm,stop) ;
                             ;     cut ($icm,$x) ;
                             ;     close ($icm) ;
                             ;     goto 2 { line lock } ;
                             ;   end
                             ;
20E3
000A                         stltime:        equ     10
20E3
20E3                         stl:            XJLCOFF (IX+LC),STIN1          ; jump if $x off hook
20E3                         +               XLCOFF  (IX+LC)
20E3   3E 26                 +               LD      A,_LC_OFF_HOOK/2
20E5   DD 5E 05              +               LD      E,(IX+LC)
20E8   CD 12 20              +               CALL    HELP
20EB   2D                    +               DEC     L
20EC   CA 27 21              +               JP      Z,STIN1
20EF                                         XTONE   (IY+@ICM),TNO          ; tone ($icm,stop)
20EF   3E 25                 +               LD      A,_TONE/2
20F1   FD 56 03              +               LD      D,(IY+@ICM)
20F4   1E 00                 +               LD      E,TNO
20F6   CD 12 20              +               CALL    HELP
20F9                                         XCUTLC  (IY+@ICM),(IX+LC)      ; cut $icm,$x
20F9   3E 17                 +               LD      A,_OFF_ICM_LC/2
20FB   FD 56 03              +               LD      D,(IY+@ICM)
20FE   DD 5E 05              +               LD      E,(IX+LC)
2101   CD 12 20              +               CALL    HELP
2104                                         XCLOSEI (IY+@ICM)              ; close $icm
2104   3E 81                 +               LD      A,_CLOSE_ICM/2
2106   FD 5E 03              +               LD      E,(IY+@ICM)
2109   CD 12 20              +               CALL    HELP
210C                                         XGOTO   (IX+LC),ST_IDEL        ; goto idel
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 5.5 ตัวอย่างการแปลงไดอะแกรมสถานะเป็น STL

```
; ((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((
  st_busy_tone:
; st 1 { busy_tone } ;
;
; if on_hook then
;   tone ($icm,stop) ;
;   cut ($icm,$x) ;
;   close ($icm) ;
;   goto 3 { idel }
; end
;
; if time_out then
;   tone ($icm,stop) ;
;   cut ($icm,$x) ;
;   close ($icm) ;
;   goto 2 { line lock } ;
; end
;

st1time:        equ     10

st1:            XJLCOFF (ix+lc),st1n1           ; jump if $x off hook
                XTONE   (iy+@icm),tno           ; tone ($icm,stop)
                XCUTLC  (iy+@icm),(ix+lc)       ; cut $icm,$x
                XCLOSEI (iy+@icm)               ; close $icm
                XGOTO   (ix+lc),st_idel         ; goto idel
                ret

st1n1:          XJNTOUT (ix+lc),st1time,st1n2   ; jump if $x time out
                XTONE   (iy+@icm),tno           ; tone ($icm,stop)
                XCUTLC  (iy+@icm),(ix+lc)       ; cut $icm,$x
                XCLOSEI (iy+@icm)               ; close $icm
                XGOTO   (ix+lc),st_line_lock    ; goto lock_out
                ret

st1n2:  ret

; ((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((((
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 5.6 การใช้ Macro ช่วยในการเขียน STL

```
FN:             EQU     3

HELP:           PUSH    IX
                PUSH    IY
                CALL    FN
                POP     IY
                POP     IX
                RET

; macro        : XLCOFF
; full name    : ask LC OFF hook or not
; format       : XLCOFF (lc#)
; when return  : L = 1 yes
;              : L = 0 no

XLCOFF:         macro   #lc
                ld      a,_LC_OFF_HOOK/2
                ld      e,#lc
                call    HELP
                endm
```

รูป 5.7 ตัวอย่างของ Macro

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
; macro         : XLCOFF
; full name     : ask LC OFF hook or not
; format        : XLCOFF (lc#)
; when return   : L = 1 yes
;               : L = 0 no


; macro         : XTONE
; full name     : assign TONE to icm
; format        : XTONE (icm#),(tone#)
; when return   : ---


; macro         : XCONLC1
; full name     : CONnect icm with LC method 1
; formal        : XCONLC1 (icm#),(lc#)
; when return   : ---


; macro         : XCONLC2
; full name     : CONnect LC with icm method 2
; formal        : XCONLC2 (icm#),(lc#)
; when return   : ---


; macro         : XCUTLC
; full name     : CUT LC from icm
; format        : XCUTLC (icm#),(lc#)
; when return   : ---


; macro         : XCONCO1
; full name     : CONnect icm with CO method 1
; formal        : XCONCO1 (icm#),(co#)
; when return   : ---


; macro         : XCONCO2
; full name     : CONnect CO with icm method 2
; formal        : XCONCO2 (icm#),(co#)
; when return   : ---
```

```
; macro         : XCUTCO
; full name     : CUT CO from icm
; format        : XCUTCO (icm#),(lc#)
; when return   : ---


; macro         : XCLOSEI
; full name     : CLOSE Icm
; format        : XCLOSEI (icm#)
; when return   : ---


; macro         : XGOTO
; full name     : clear short timer and GOTO next state
; format        : XGOTO (lc#),(state#)
; when return   : ---


; macro         : XRING
; full name     : RING control
; format        : XRING (lc#),(ring#)
; when return   : ---


; macro         : XONMU
; full name     : ON MUsic
; format        : XONMU (co#)
; when return   : ---


; macro         : XOFFMU
; full name     : OFF MUsic
; format        : XOFFMU (co#)
; when return   : ---


; macro         : XLCMIY
; full name     : Memory of LC to register IY
; format        : XLCMIY (lc#)
; when return   : IY = memory of lc#


; macro         : XCOMIY
; full name     : Memory of CO to register IY
; format        : XLCMIY (co#)
; when return   : IY = memory of co#
```

5.3.6 MACRO

MACRO สำหรับให้เรียกใช้มีประมาณ 20 คำสั่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ MACRO สำหรับสั่งงาน ถามค่าและ MACRO อีกชนิดหนึ่งสำหรับตรวจสอบเงื่อนไขตารางสรุป MACRO ได้แสดงไว้ในตาราง 5.1 ส่วนตัวอย่างของ MACRO แสดงในรูป 5.7

5.4 โปรแกรมหลัก

5.4.1 การทำงานแบบสถานะ

การทำงานแบบสถานะจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ 1 หน่วยความจำ RAM จำนวนหนึ่ง ซึ่งจัดสรรให้กับโทรศัพท์แต่ละเครื่อง หน่วยความจำนี้จะใช้เก็บข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับเครื่องโทรศัพท์ ข้อมูลที่จำเป็นอันหนึ่งก็คือ สถานะของโทรศัพท์ ซึ่งจะบอกว่าในขณะนี้โทรศัพท์กำลังอยู่ในขั้นตอนใดของการทำงานแบบสถานะ เช่น กำลังวางหูอยู่เฉย ๆ (สถานะ IDLE) หรือ ยกหูอยู่กำลังจะหมุนเลขตัวเลขหรือกำลังอยู่ในระหว่างคุยกับโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่ง เป็นต้น แต่เพียงสถานะอย่างเดียวนั้น ยังไม่พอที่จะให้ข้อมูลทั้งหมดของโทรศัพท์ได้ เช่น ถ้าอยู่ในสถานะกำลังคุยอยู่ สถานะก็จะบอกเพียงแต่ว่ากำลังคุยอยู่ แต่ไม่รู้คุยอยู่กับใคร สัญญาณเสียงพูดนั้น ผ่านวงจรสวิทชิ่งส่วนไหน ดังนั้น นอกจากสถานะแล้ว ยังต้องมีข้อมูลอื่น ๆ อีกหลายส่วน เช่น หมายเลขของโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่ง หมายเลขของ ICM LINK ที่จองไว้ให้สัญญาณเสียงผ่าน เป็นต้น

ส่วนที่สำคัญในการทำงานแบบสถานะอีก 2 ส่วน ก็คือ โปรแกรมสำหรับแต่ละสถานะ และโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบสถานะ โปรแกรมสำหรับแต่ละสถานะนั้นมีลักษณะเป็นโปรแกรมย่อยจะมีจำนวนโปรแกรมเท่ากับจำนวนสถานะ โปรแกรมเหล่านี้จะถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบสถานะ โดยโปรแกรมควบคุมจะเรียกใช้โปรแกรมของสถานะที่ตรงกับสถานะของโทรศัพท์ โปรแกรมสำหรับแต่ละสถานะนั้น จะดูหน่วยความประจำโทรศัพท์เครื่องนั้นว่าในขณะนี้อยู่ในสถานะใด มีสภาพแวดล้อมอย่างไร ซึ่งจะทำให้รู้ได้ว่า ต้องตรวจสอบเงื่อนไขอะไรบ้างในการเปลี่ยนสถานะ ถ้าไม่พบเงื่อนไขที่ถูกต้องก็จะไม่มีการย้ายสถานะ ก็จะทำการออกจากโมรแกรมโดยไม่เปลี่ยนแปลงหน่วยความจำของโทรศัพท์เครื่องนั้น แต่ถ้าพบเงื่อนไขที่เป็นจริง ซึ่งต้องเปลี่ยนสถานะการเปลี่ยนสถานะอาจจะต้องมีการสั่งงานให้สถานะของโทรศัพท์เปลี่ยนไป เช่น ถ้ายกหูโทรศัพท์ขึ้นมา ต้องสั่งต่อสัญญาณหน้าปัด ให้โทรศัพท์ โปรแกรมจะต้องปรับข้อมูลในหน่วยความจำของโทรศัพท์ ให้ตรงกับสภาพของโทรศัพท์ด้วย โปรแกรมสำหรับแต่ละสถานะนั้นจะเขียนโดยอ้างอิง

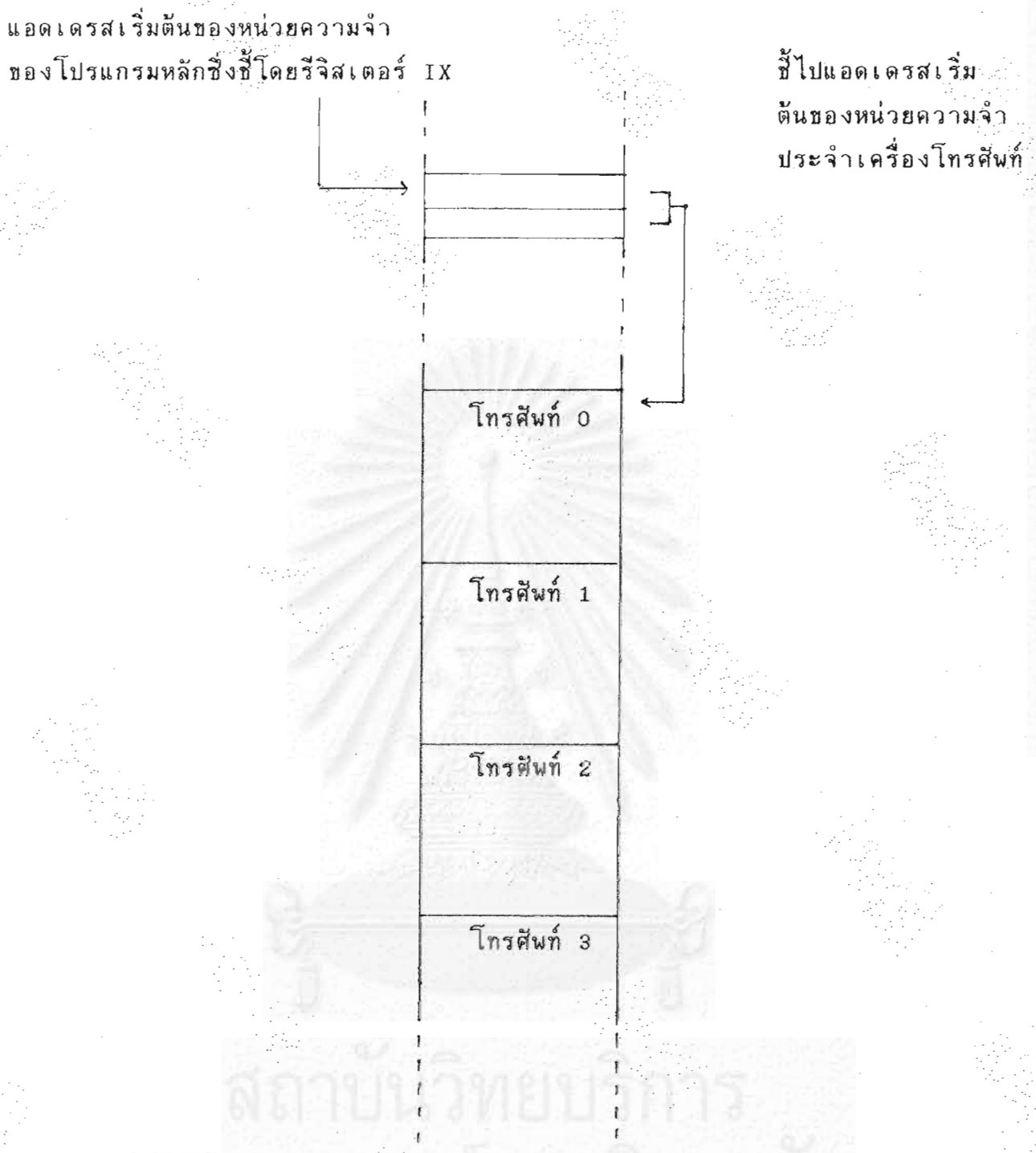
กับ ไดอะแกรมสถานะ และภาษา STL

โปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานแบบสถานะ เป็นโปรแกรมเล็ก ๆ ตัวหนึ่ง แต่เป็นส่วนหลักภายในโปรแกรม โปรแกรมส่วนนี้จะทำงานเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกจะทำการ INITIALIZE ระบบโดยการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับหน่วยความจำของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง ในกรณีที่โทรศัพท์อยู่ในสภาวะใช้งาน สถานะเริ่มต้นจะเป็น IDLE เมื่อทำการตั้งค่าเริ่มต้นเสร็จแล้ว จะเข้าสู่ขั้นที่ 2 ซึ่งทำงานวนอยู่ตลอดไป โดยในแต่ละรอบจะทำการอ่านสถานะของโทรศัพท์ว่าอยู่ในสถานะใดแล้วเรียกใช้โปรแกรมย่อยสำหรับสถานะนั้น ถ้าไม่มีการเปลี่ยนสถานะในรอบต่อไปก็จะยังคงเรียกโปรแกรมย่อยตัวเดิม จนกว่าจะมีการเปลี่ยนสถานะ ในรอบต่อไป ก็จะเรียกใช้โปรแกรมย่อยของสถานะใหม่

5.4.2 การใช้งานหน่วยความจำในโปรแกรมหลัก

ก่อนที่จะรู้วิธีการใช้งานหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์ ต้องรู้การใช้งานหน่วยความจำ RAM โดยรวมก่อน ในช่วงเริ่มต้นของโปรแกรมหลัก จะทำการขอหน่วยความจำจาก BIOS ซึ่ง BIOS จะกันที่หน่วยความจำ และส่งแอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำที่จองให้กลับมาทางรีจิสเตอร์ HL ค่าแอดเดรสนี้จะนำไปเก็บไว้ใน 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกคือ เอาไปใส่ในหน่วยความจำ 2 ไบท์ที่ BIOS จองเอาไว้ส่วนหน้าที่สำหรับให้โปรแกรมหลัก ตำแหน่งที่สองก็คือนำไปไว้ใน IX และเพื่อรักษา IX ไว้ดังนั้นในโปรแกรมหลัก ห้ามแก้ไขหรือทำลายค่าใน IX และเมื่อรีจีสเตอร์ IX ชี้ที่จุดเริ่มต้นของหน่วยความจำแล้ว การอ้างหน่วยความจำจะอ้างอิงเทียบกับรีจิสเตอร์ IX ซึ่งทำให้การอ้างหน่วยความจำทำได้ง่าย นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าการเข้าถึงหน่วยความจำเป็นแบบ RELATIVE ทำให้โปรแกรมหลักไม่ขึ้นกับแอดเดรสของหน่วยความจำเลย

สำหรับหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์จะแยกออกจากหน่วยความจำที่ชี้โดยรีจิสเตอร์ IX เนื่องจากหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์นั้นมีขนาดขึ้นอยู่กับจำนวนเครื่องโทรศัพท์ ก่อนจะขอต้องคำนวณก่อนว่าทั้งหมดจะใช้เท่าไรเมื่อทำการขอแล้วจะได้แอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์ จากนั้นจะนำไปเก็บไว้ที่ 2 ไบท์แรก ของหน่วยความจำของโปรแกรมที่ชี้โดยรีจีสเตอร์ IX นั่นคือ แอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์ จะเก็บเอาไว้ที่ (IX) และ (IX+1) ตามลำดับ โดยจะเก็บไบท์ต่ำไว้ก่อน ไบท์สูงไว้หลัง ตามรูป 5.8



รูปที่ 5.8 แอดเดรสเริ่มต้นของโปรแกรมหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

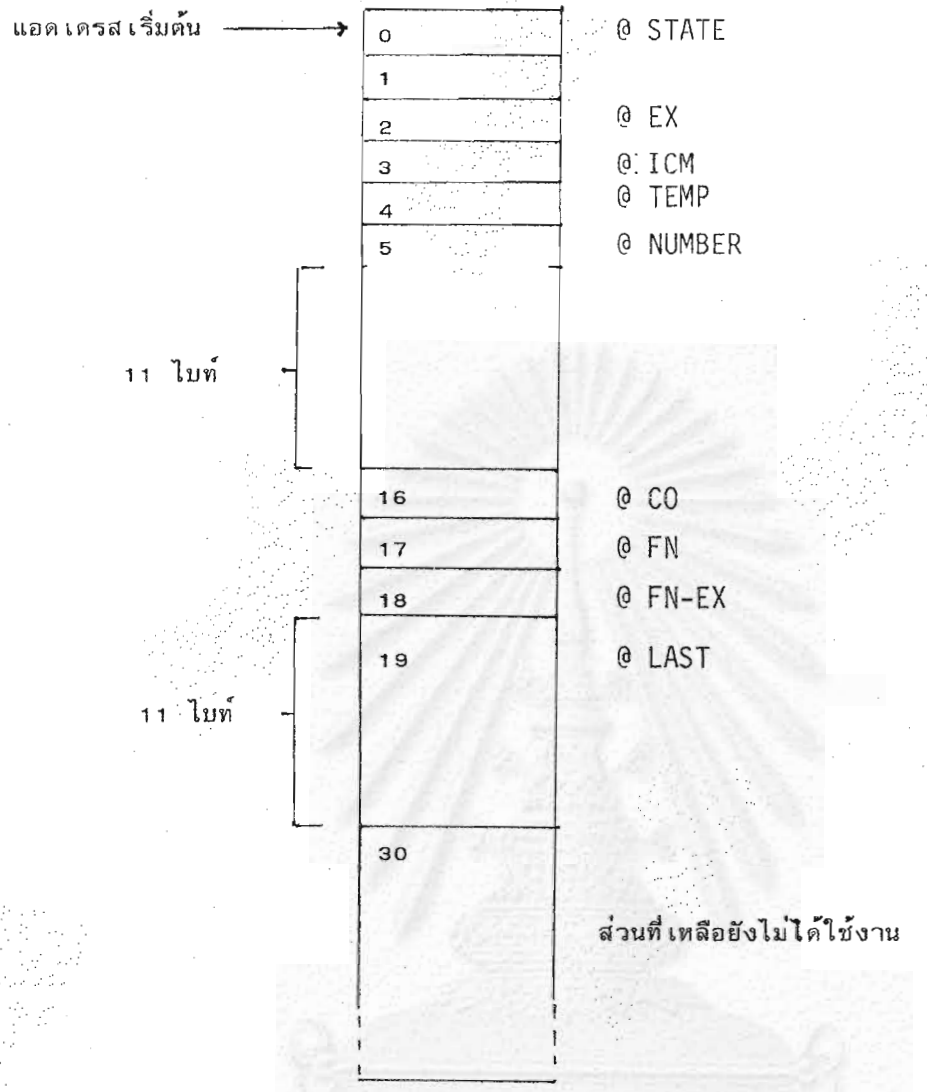
5.4.3 การเข้าถึงหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์

จากที่ผ่านมาจะพบว่าการจะเข้าถึงหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์ค่อนข้างจะยุ่งยาก เช่นต้องการแก้ไขหน่วยความจำ ไบท์ 3 ของโทรศัพท์หมายเลข 2 ต้องหาแอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์ โดยดูที่รีจิสเตอร์ IX แอดเดรสที่ได้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นของเครื่องหมายเลข 0 ต้องบวกด้วย 48 x 2 (ในกรณีนี้แต่ละเครื่องใช้หน่วยความจำ 48 ไบท์) ก็จะได้แอดเดรสเริ่มต้นของโทรศัพท์หมายเลข 2 ต้องบวกด้วย 3 อีกครั้งจึงจะได้ไบท์ 3 ของโทรศัพท์หมายเลข 2 ดังนั้น เพื่อให้ง่ายขึ้นจึงได้เตรียมโปรแกรมย่อยเอาไว้ตัวหนึ่งมีชื่อว่า LCMEMIY เป็นโปรแกรมย่อยภายในโปรแกรมหลักของ การเรียกใช้โดยใส่หมายเลขของโทรศัพท์ไปทางรีจิสเตอร์ E แล้วเรียกโปรแกรมย่อย LCMEMIY โปรแกรมย่อยนี้จะคำนวณแอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำของโทรศัพท์เครื่องนั้น และส่งมาทางรีจิสเตอร์ IY ซึ่งสามารถจะอ้างหน่วยความจำเทียบกับ IY ได้ทันที เช่น ต้องการหน่วยความจำไบท์ 3 ของโทรศัพท์หมายเลข 2 ก็ทำโดยให้รีจิสเตอร์ E เป็น 2 แล้วเรียกโปรแกรมย่อย LCMEMIY เมื่อกลับมาจากโปรแกรมย่อยรีจิสเตอร์ IY จะชี้ไปยังหน่วยความจำของโทรศัพท์หมายเลข 2 หน่วยความจำที่ต้องการจะอยู่ที่ 1Y + 3

5.4.4 หน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์

หน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับโทรศัพท์แต่ละเครื่องดังได้กล่าวมาแล้ว โทรศัพท์จะมีหน่วยความจำเครื่องละ ชุด ชุดละ 48 ไบท์ โดยมีรูปแบบดังในรูปที่ 5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 รายละเอียดหน่วยความจำประจำเครื่องโทรศัพท์

ไบท์ที่ 0 และ 1 คือตัวแปร @STATE เป็นตัวแปรขนาด 2 ไบท์ ใช้สำหรับเก็บสถานะของเครื่องโทรศัพท์ โดยการเก็บจะเก็บโดยเก็บแอดเดรสเริ่มต้นของโปรแกรมประจำสถานะ การที่ไม่เก็บหมายเลขสถานะ เพราะว่าถ้าเก็บหมายเลขสถานะจะทำให้โปรแกรมควบคุมต้องไปเปิดตารางหาแอดเดรสของโปรแกรมประจำสถานะ ซึ่งจะเป็นการยุ่งยากและต้องเตรียมตารางไว้ นอกจากนี้ การเก็บแอดเดรสจะเป็นการอ้างอิงสถานะ โดยชื่อ (LABEL) ซึ่งจะทำให้สื่อความหมายได้ดีกว่า หมายเลข

ไบท์ 2 คือตัวแปร @EX ใช้ในกรณีที่ในสถานะนั้นมีโทรศัพท์เครื่องอื่นอยู่ด้วย โดยตัวแปร @EX จะใช้เก็บหมายเลขอ้างอิงของโทรศัพท์เครื่องอื่นนั้น ไบท์ 3 คือตัวแปร @ICM ใช้สำหรับเก็บหมายเลขของ ICM LINK ในกรณีที่อยู่ในสถานะ

ที่มีการใช้งาน ICM LINK ไบท์ 16 คือตัวแปร @CO ใช้สำหรับเก็บหมายเลขสาย นอกในกรณีที่อยู่ในสถานะที่มีการใช้สายนอก ตัวแปรทั้ง 3 ตัวนี้ จะใช้งานหรือไม่ขึ้นกับสถานะ ตัวแปรอีกตัวหนึ่ง คือ @REG ซึ่งจะใช้เก็บหมายเลขของตัวรับสัญญาณกดปุ่ม

ไบท์ที่ 4 คือตัวแปร @TEMP ใช้ในการเก็บค่าชั่วคราวสำหรับส่งค่าจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง

ไบท์ที่ 5 ถึง 15 คือตัวแปร @NUMBER และไบท์ที่ 19ถึง 29 คือตัวแปร @LAST ตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้มีโครงสร้างเป็น STRING (ดูโครงสร้าง STRING ในเรื่อง BIOS เรื่องถามลักษณะฮาร์ดแวร์ โปรแกรมย่อยหมายเลข 7) ตัวแปรทั้งสองใช้เนื้อที่ 11 ไบท์ ใช้เก็บตัวเลขความยาวสูงสุด 10 หลัก ตัวแปร @NUMBER ใช้เป็นบัฟเฟอร์เก็บเลขที่ผู้ใช้โทรศัพท์หมุน ตัวแปร @LAST ใช้เก็บเบอร์ภายนอกที่โทรออกครั้งหลังสุด ใช้ในการโทรเบอร์เก่า

ไบท์ที่ 17 คือตัวแปร @FN ใช้เก็บว่าโทรศัพท์กำลังทำงานอยู่ใน FEATURE ใดหรือไม่ ถ้าค่าของ @FN เป็น 0 หมายความว่าไม่ได้ทำ FEATURE แต่ถ้ามีค่าอื่นแสดงว่าทำ FEATURE อยู่ เช่น ถ้าเป็น 2 หมายความว่าโทรศัพท์เครื่องนั้นได้ทำการจองสาย (CALL BACK) โทรศัพท์เครื่องอื่นไว้ เป็นต้น

ไบท์ที่ 18 คือตัวแปร @FN.EX ใช้เก็บหมายเลขอ้างอิงของเครื่องโทรศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับ FEATURE เช่นในกรณีจองสาย ก็จะใช้ @FN.EX เก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ถูกจอง กรณีพักสายก็จะใช้เก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ถูกพักสาย

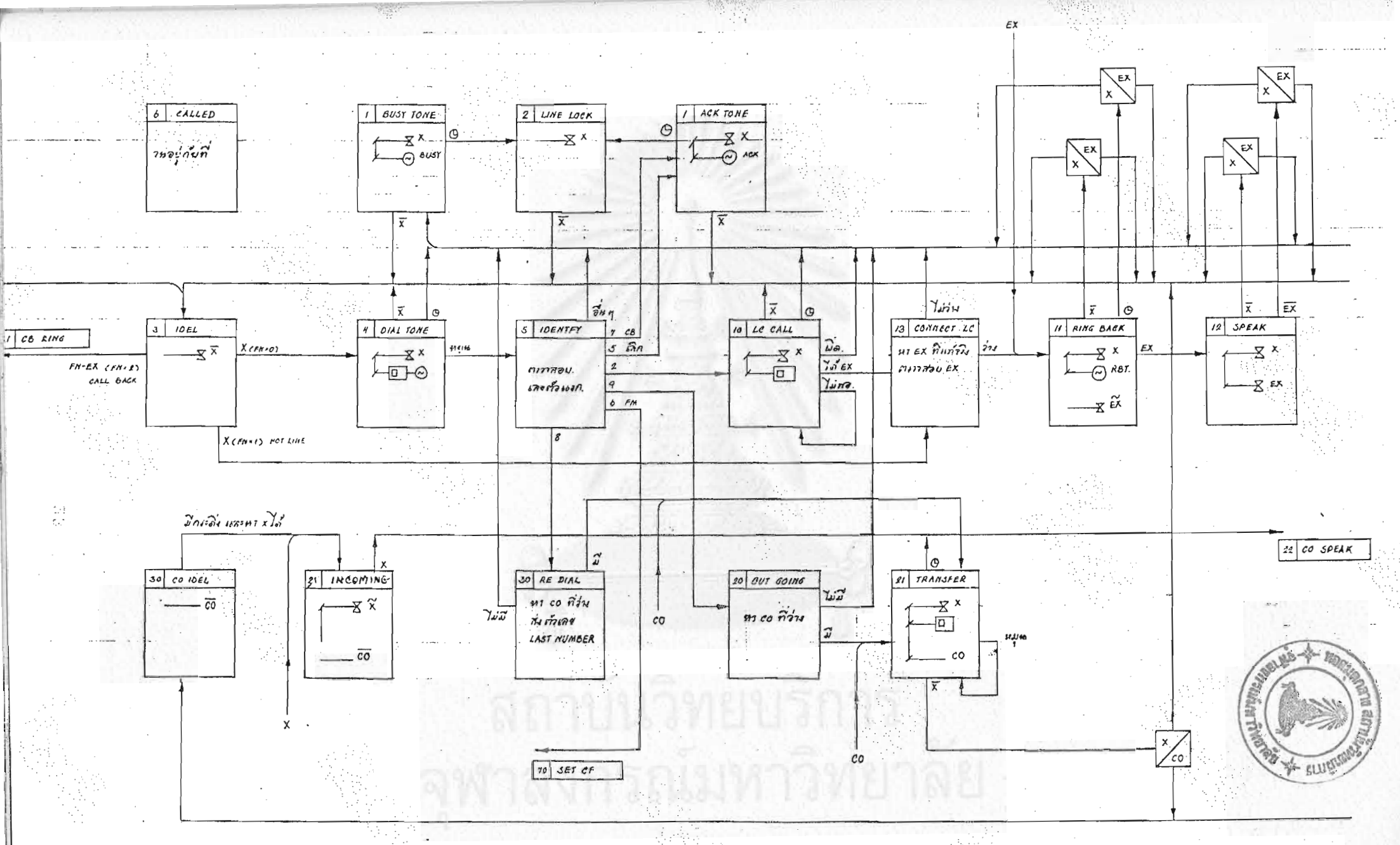
5.5 ไดอะแกรมสถานะของตู้สาขาโทรศัพท์

รูปที่ 5.10 แสดงไดอะแกรมสถานะของตู้สาขาโทรศัพท์ที่ได้ออกแบบขึ้นมา การอธิบายไดอะแกรมนี้จะใช้วิธีการอธิบายในแต่ละสถานะ

5.5.1 ส่วนพื้นฐาน

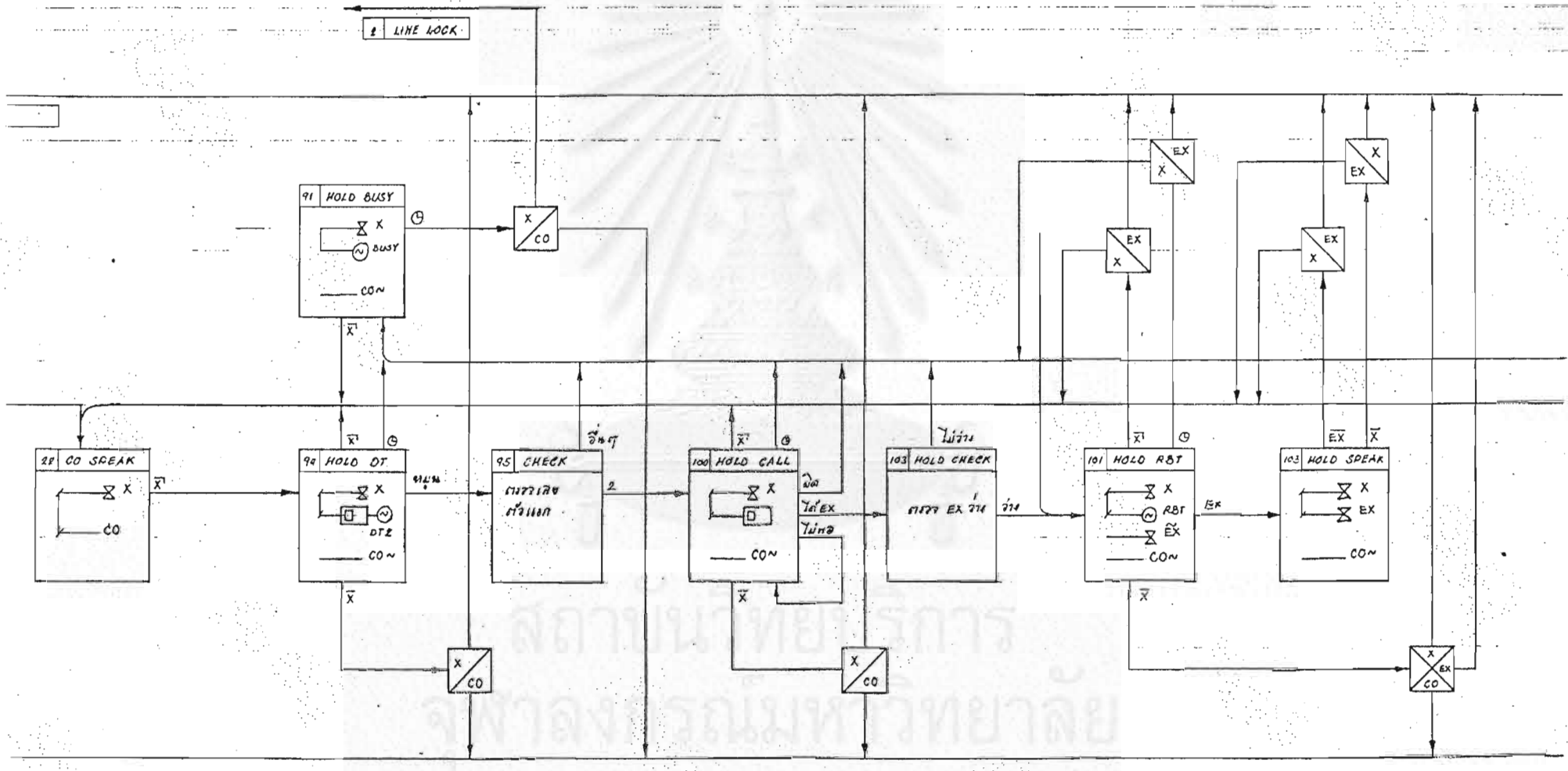
สถานะเริ่มต้นของโทรศัพท์จะอยู่ที่สถานะ 3 IDLE สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้งานในกรณีโทรศัพท์ที่จะไม่ใช้งานสถานะเริ่มต้นจะเป็นสถานะ 0 NOT ACTIVE ในสถานะนี้จะไม่มีการทำงานใด ๆ ไม่มีการเคลื่อนย้ายไปยังสถานะอื่น โทรศัพท์ที่อยู่ในสถานะนี้จะคงอยู่ที่นี่ตลอดไป

สำหรับสถานะ 3 IDLE เป็นสถานะที่โทรศัพท์วางหูอยู่ เงื่อนไขที่จะทำให้เปลี่ยนสถานะคือ โทรศัพท์ถูกยกหู เมื่อโปรแกรมประจำสถานะพบว่าโทรศัพท์ยกหูแล้ว จะทำการจอง ICM LINK (ถ้าเป็นกรณีโทรศัพท์แบบกดปุ่ม ต้องทำการจองตัวรับสัญญาณแบบกดปุ่มด้วย) ถ้าหากจองไม่ได้โปรแกรมจะรอโดยละเลยไม่สนใจการยกหูโทรศัพท์และจะคงสถานะเดิมต่อไป ถ้าหากสามารถจอง ICM LINK ได้แล้ว โปรแกรมเก็บหมายเลขของ ICM LINK ไว้ในตัวแปร @ICM แล้วสั่งให้ส่งสัญญาณเสียงหน้าปัดให้กับโทรศัพท์โดยผ่าน ICM LINK ตั้งค่าตัวแปร @NUMBER

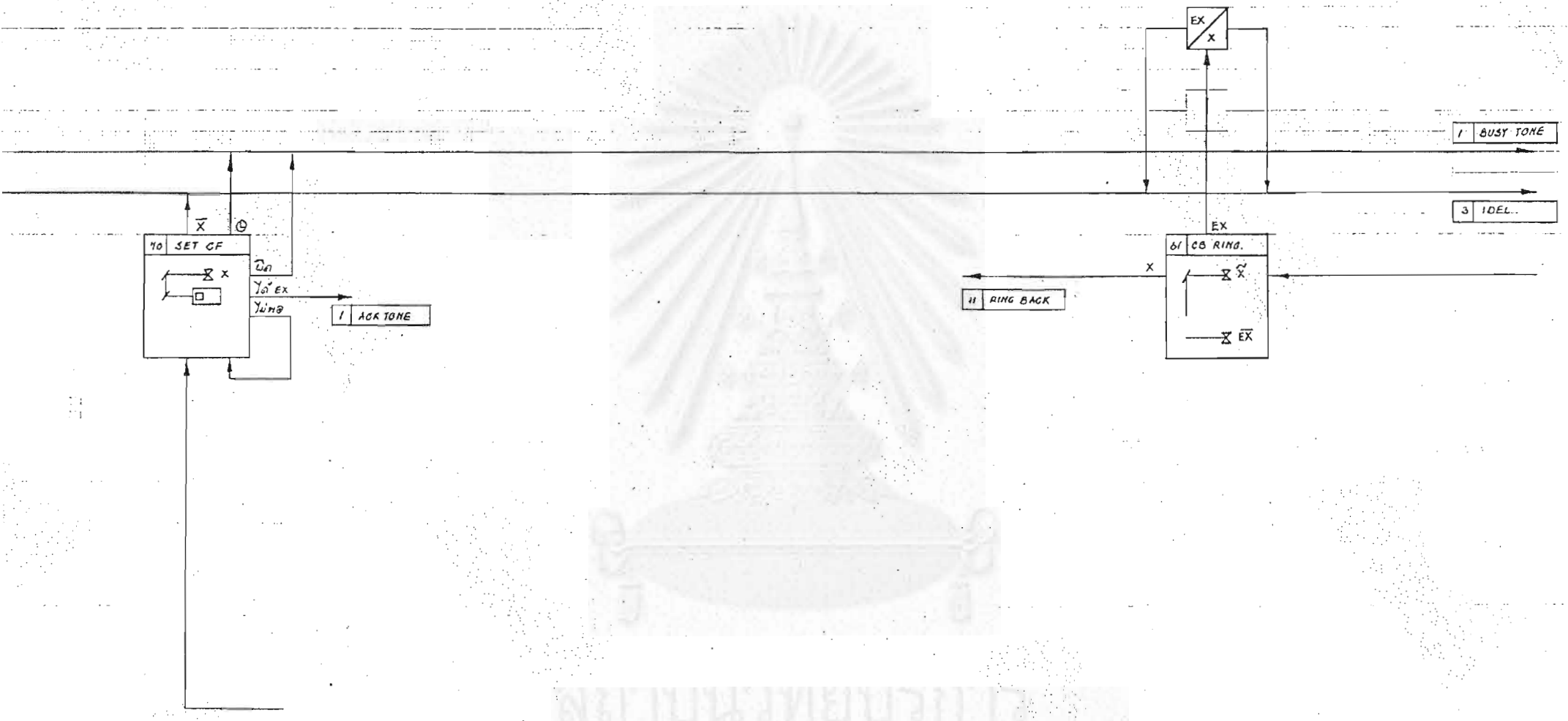


รูปที่ 5.10 ไดอะแกรมสถานะของตู้สาขาโทรศัพท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


1 LINE LOCK
91 HOLD BUSY
BUSY
CON
X
CO
98 CO SPEAK
CO
90 HOLD DT
DTE
CON
ขนาน
95 CHECK
ตรวจเสียงสัญญาณแรก
อื่นๆ
2
100 HOLD CALL
CON
ไม่มี
ได้ EX
ไม่ได้
103 HOLD CHECK
ตรวจ EX ว่าง
ไม่ว่าง
ว่าง
101 HOLD RBT
RBT
EX
CON
EX
103 HOLD SPEAK
EX
CON

รูปที่ 5.10 (ต่อ)


EX
X
1 BUSY TONE
3 IDEL..
EX
61 CB RING.
X
11 RING BACK
EX
10 SET CF
X
1 ACK TONE

รูปที่ 5.10 (ต่อ)

ให้ว่างเปล่า เพื่อเตรียมเก็บตัวเลขที่หมุนแล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่สถานะ 4 DIAL TONE โดยเปลี่ยนค่าในตัวแปร @STATE ให้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นของโปรแกรมประจำสถานะ 4 DIAL TONE

สถานะ 1 BUSY TONE เป็นสถานะที่สำคัญอีกสถานะหนึ่ง เมื่อผู้ใช้ทำผิดขั้นตอน โทรศัพท์ก็จะมาอยู่ที่สถานะนี้ ในสถานะนี้ โทรศัพท์ต่ออยู่กับสัญญาณสายไม่ว่า (BUSY TONE) โดยผ่านทาง ICM LINK หมายเลขตาม @ICM เงื่อนไขในการออกจากสถานะนี้มี 2 ทาง ทางแรกวางหูโทรศัพท์ โปรแกรมจะทำการตัดสัญญาณสายไม่ว่าง และตัดโทรศัพท์ให้ขาดจาก ICM LINK ทำการคืน ICM LINK แล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่สถานะ 3 IDLE (ที่จุดนี้ก็จะเห็นความจำเป็นของตัวแปร @ICM ซึ่งบอกให้รู้ว่าตอนนี้ใช้ ICM LINK เส้นไหนอยู่) เงื่อนไขอีกอันหนึ่งคือ อยู่ในสถานะนี้นานเกินไป (TIME OUT) โปรแกรมจะตัดสัญญาณเสียงตัดโทรศัพท์ออกจาก ICM LINK และคืน ICM LINK ในทำนองเดียวกัน แต่จะเปลี่ยนสถานะไปอยู่สถานะ 3 IDLE ไม่ได้เพราะโทรศัพท์ยังไม่วางหู ดังนั้นจะเปลี่ยนสถานะไปอยู่สถานะ 2 LINE LOCK เพื่อรอการวางหู

สถานะ 2 LINE LOCK ในสถานะนี้ขอให้โทรศัพท์วางหูแล้วจะเปลี่ยนสถานะไปอยู่สถานะ 3 IDLE

สถานะ 4 DIAL TONE ในสถานะนี้เป็นสถานะที่โทรศัพท์ยกหูขึ้นมาใหม่ ๆ ยังไม่หมุนเลขเลย จะมีสัญญาณหน้าปัดต่ออยู่ด้วย เงื่อนไขในการเปลี่ยนสถานะมี 3 ทาง ทางแรกคือวางหู ทางที่สองอยู่ในสถานะนี้นานเกินไป สองกรณีนี้จะย้ายสถานะไปอยู่สถานะ 3 IDLE และสถานะ 1 BUSY ตามลำดับ เงื่อนไขทางที่ 3 ก็คือ เมื่อมีการหมุนตัวเลข โปรแกรมจะทำการตัดสัญญาณหน้าปัดออกแล้วเปลี่ยนไปอยู่สถานะ 5 IDENTIFY

สถานะ 5 IDENTIFY ในสถานะนี้ โทรศัพท์ยกหูอยู่และหมุนเลขตัวแรกเข้ามาแล้ว โปรแกรมจะทำการตรวจสอบความหมายของตัวเลขตัวแรกนั้น โปรแกรมในขณะนี้แยกแยะความต้องการของผู้ใช้โดยใช้ตัวเลขตัวแรก ดังนี้ เลข 2 หมายถึง ต้องการโทรภายใน เลข 9 หมายถึงโทรออก เลข 8 หมายถึงโทรออกซ้ำเบอร์เดิม (LAST NUMBER REDIAL) เลข 7 หมายถึงจองสายโทรศัพท์ภายใน เลข 6 หมายถึงสั่งทำ FOLLOW ME เลข 5 หมายถึงสั่งยกเลิก FOLLOW ME ถ้าโปรแกรมพบว่าตัวเลขตัวแรกเป็นค่าเหล่านี้ก็จะทำงานดังนี้ ในกรณีเลข 2 โทรภายใน จะทำการลบตัวแปร @NUMBER ให้ว่างแล้วตั้งสถานะต่อไปเป็น LC-CALL ในกรณีเลข 9 โทรออกโปรแกรมจะทำการลบ @NUMBER แล้วตั้งสถานะต่อไปเป็นสถานะ 20 OUT.GOING ในกรณีเลข 8 โทรออกซ้ำเบอร์เดิมก็จะลบ @NUMBER กลับเป็นว่างเปล่า แล้วตั้ง @STATE เป็นสถานะ REDIAL กรณีเลข 6 ทำคำสั่ง

FOLLOW ME ก็ทำในทำนองเดียวกัน แต่สถานะต่อไปเป็นสถานะ SET.CF

กรณีเลข 7 โปรแกรมจะทำการตั้งค่า @FN ให้เป็นโค้ดของ FEATURE จองสาย (CALL BACK) และนำค่า @EX มาใส่ใน @FN.EX นั่นคือการจองสายจะจองสายไปยังโทรศัพท์ที่โทรไปครั้งหลังสุด แล้วต่อสัญญาณรับรู้บอกว่าได้ทำตามคำสั่งแล้ว และจะทำการตั้ง @STATE ให้เป็นสถานะ 1 ACK.TONE (โปรแกรมของสถานะ ACK.TONE ใช้ร่วมกับสถานะ BUSY.TONE)

กรณีเลข 5 ยกเลิก FOLLOW ME โปรแกรมจะทำการตั้งค่า @FN ให้เป็น 0 แล้วจะต่อสัญญาณรับรู้บอกให้รู้ว่าทำตามคำสั่งแล้ว แล้วจะตั้ง @STATE ให้เป็นสถานะ ACK TONE

สถานะ 6 CALLED เป็นสถานะที่โทรศัพท์ถูกควบคุมโดยโทรศัพท์เครื่องอื่น จะมีบางสถานะที่มีโทรศัพท์ 2 เครื่องอยู่ในสถานะเดียวกัน เช่นการโทรหากันภายใน ในกรณีเหล่านั้นจะมีโทรศัพท์เครื่องเดียวที่ทำงานโดยควบคุมการทำงานของโบรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งนั้นด้วย โทรศัพท์ที่ถูกควบคุมนั้นจะอยู่ในสถานะ CALLED การเข้ามาอยู่ที่สถานะCALLED นี้ โทรศัพท์จะถูกเครื่องอื่นเปลี่ยน @STATE ให้มาอยู่ที่นี่ การออกจากสถานะนี้โทรศัพท์เครื่องที่มาทำการควบคุมจะมาเปลี่ยน @STATE ให้เอง ดังนั้น ในสถานะนี้โปรแกรมประจำสถานะไม่ต้องทำอะไรเลย

5.5.2 การโทรภายใน

สถานะที่เกี่ยวกับการโทรภายในจะเริ่มที่สถานะ 10 LC-CALL สถานะ 10 LC-CALL นี้มาจากสถานะ 5 IDENTIFY หลังจากที่พบว่าหมุนเลข 2เป็นตัวแรก เมื่อเริ่มเข้ามายังสถานะ 10 LC-CALL ตัวแปร @NUMBER จะถูกล้างให้ว่างเปล่า เลข 2 ก็หายไปด้วย ในสถานะ 10 จะรอเลขตัวต่อไป ถ้าวางหูหรืออยู่เฉย ๆ เป็นเวลานาน โทรศัพท์จะย้ายไปสถานะ 3 IDLE หรือ 1 BUSY TONE ในกรณีที่มีการหมุนเลขเข้ามาโปรแกรมจะนำไปเติมที่ตัวแปร @NUMBER ทีละหลัก ทุกครั้งที่เติมเลขเข้าไปจะนำเลข @NUMBER เปรียบเทียบกับ เบอร์โทรศัพท์ที่มีอยู่ใน BIOS ผลการเปรียบเทียบมี 3 กรณีคือ 1.ตรงกับเบอร์ของโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่ง 2.ยังไม่แน่เพราะว่า @NUMBER ยังมีจำนวนหลักไม่พอ ต้องดูหลักต่อ ๆ ไป จึงจะตัดสินใจได้ 3.ไม่มีโอกาสตรงกับเบอร์โทรศัพท์เครื่องใดเลย ถ้าเป็นกรณี 3 ไปสถานะ BUSY TONE ถ้าเป็นกรณี 2 วนทำสถานะ LC-CALL ต่อไปเพื่อรับเลขเพิ่ม ถ้าเป็นกรณี 1 เอาหมายเลขอ้างอิงของโทรศัพท์เครื่องนั้นใส่ตัวแปร @EX แล้วไปสถานะ 13 CONNECT

สถานะ 13 CONNECT ในสถานะนี้ทำการตรวจสอบโทรศัพท์เครื่องหมายเลข @EX ว่าว่างหรือไม่ โดยดูตัวแปร @STATE ของโทรศัพท์เครื่องนั้น ถ้า

เป็นสถานะ 3 IDLE แสดงว่าว่าง ถ้าไม่ใช้แสดงว่าไม่ว่าง ไปสถานะ BUSY TONE ถ้าว่างจะทำการแก้ @STATE ของโทรศัพท์เครื่อง @EX ให้เป็นสถานะ 6 CALLED แล้วไปสถานะ 11 RING BACK TONE

สถานะ 11 RING BACK TONE ในสถานะนี้โทรศัพท์เครื่องนี้ต่ออยู่กับสัญญาณรอยกหู (RING BACK TONE) และมีโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่ง @EX ถูกควบคุมอยู่ ขณะนี้กระดิ่งดังอยู่ ถ้าโทรศัพท์นั้น วางหูหรือไม่มีคนรับเป็นเวลานานเกินไป จะเปลี่ยนสถานะไป IDLE หรือ BUSY TONE ตามลำดับ แต่เนื่องจากควบคุมโทรศัพท์ @EX อยู่ด้วยก่อนไปต้องปล่อย @EX กลับไปสถานะ IDLE ด้วย ถ้ากรณีที่โทรศัพท์ @EX ตอบรับโดยการยกหูจะไปสู่สถานะ 12

สถานะ 12 SPEAK ในสถานะนี้โทรศัพท์ 2 เครื่องต่อคุยกันอยู่ ในสถานะนี้ถ้าโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งวางหูเครื่องนั้นจะไปยังสถานะ IDLE อีกเครื่องหนึ่งที่ไม่วางหูจะไปยังสถานะ BUSY

5.5.3 การโทรสายนอก

ความจริงแล้วสายนอกก็มีการทำงานแบบสถานะเหมือนกับกรณีเครื่องโทรศัพท์ มีโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบสถานะ มีโปรแกรมย่อยประจำสถานะ มีหน่วยความจำประจำสายนอก ทำนองเดียวกันกับเครื่องโทรศัพท์ แต่ขนาดเล็กกว่า คือ ใช้หน่วยความจำ 3 ไบท์ ต่อสายนอก 2 ไบท์แรกชื่อ @@STATE ไบท์ต่อมาชื่อ @@EX มีการใช้งานทำนองเดียวกับ @STATE และ @EX ของเครื่องโทรศัพท์ การเข้าถึงหน่วยความจำของสายนอกใช้โปรแกรมย่อย COMEMIY การใช้งานเหมือน LCMEMIY ของเครื่องโทรศัพท์ คือ เมื่อเรียกใช้ส่งค่าหมายเลขสายนอกทางรีจิสเตอร์ E แล้วจะได้แอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำประจำสายนอกนั้นทางรีจิสเตอร์ IY

การโทรออกเริ่มต้นจากสถานะ 5 IDENTIFY เมื่อพบว่าหมุนเลขตัวแรกเป็นเลข 9 จะมายังสถานะ 20 OUT-GOING ที่สถานะ OUT-GOING นี้จะทำการหาสายนอกที่ว่างโดยตรวจสอบจากสายนอกหมายเลข 0,1,2, เรียงไปเรื่อย ๆ การตรวจสอบว่าว่างหรือไม่ทำโดยตรวจสอบสถานะของสายนอกจากตัวแปร @@STATE ของสายนอกว่าเป็นสถานะ CO-IDLE หรือไม่ ถ้าหาไม่พบจะไปยังสถานะ BUSY-TONE แต่ถ้าพบ จะจองสายนอกโดยให้ @@STATE ของสายนอกนั้นเป็น 6 CALLED แล้วไปยังสถานะ 21 TRANSFER

สถานะ 21 TRANSFER ทำหน้าที่รับตัวเลขจากเครื่องโทรศัพท์แล้วส่งออกทางสายนอก ถ้าว่างหูจะไปยังสถานะ 3 IDLE พร้อมทั้งปล่อยสายนอกกลับไปยังสถานะ CO-IDLE ถ้าหยุดหมุนเลขไปเป็นเวลานานจะถือว่าหมุนเลขเสร็จแล้วจะไปยังสถานะ 22 CO-SPEAK

สถานะ 22 CO-SPEAK ในสถานะนี้โทรศัพท์ต่ออยู่กับสายนอก ในสถานะนี้ถ้าโทรศัพท์วางหูก็จะไปยัง สถานะ IDLE และปล่อยสายนอกกลับไป สถานะ CO-IDLE

สำหรับการโทรเข้านั้นเริ่มจากสถานะ 30 CO-IDLE สถานะ CO-IDLE จะคอยตรวจสอบว่ามีกระดิ่งเข้ามาหรือไม่ ถ้ามีกระดิ่งเข้ามาโปรแกรมก็จะการหาเครื่องโทรศัพท์ที่ว่างโดยการหาเรียงลำดับ 0,1,2,...เรียงไปเรื่อย ๆ เมื่อพบจะทำการเปลี่ยนสถานะของโทรศัพท์นั้นไปอยู่สถานะ 31 INCOMING ส่วนสายนอกจะไปยังสถานะ 6 CALLED

สถานะ 31 INCOMING ในสถานะนี้มีสายนอกโทรเข้ามา ซึ่งมากระตุ้นโทรศัพท์จากสถานะ IDLE มายังสถานะนี้ ในสถานะโทรศัพท์กระดิ่งดังอยู่ สายนอกที่โทรเข้ามานั้นอยู่ในตัวแปร @CO ในสถานะนี้จะตรวจสอบการยกหูเมื่อยกหูแล้วจะไปยังสถานะ CO-SPEAK

5.6 ฟีเจอร์ (Service feature)

สำหรับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมีฟีเจอร์ดังนี้คือ โทรออกซ้ำเบอร์เดิม (LAST NUMBER REDIAL) จองสายภายใน (CALL BACK) กำหนดเครื่องรับแทน (FOLLOW ME) พักสายและโอนสายนอก (HOLD TRANSFER)

5.6.1 โทรออกซ้ำเบอร์เดิม (LAST NUMBER REDIAL)

การใช้งานฟีเจอร์นี้ หลังจากที่ทำการโทรออก โทรออกทำโดยหมุน 9 แล้วรอจนได้ยินเสียงสัญญาณหน้าปัด (DIAL TONE) ขององค์การโทรศัพท์จึงหมุนเบอร์สายนอก) แล้ว ปรากฏว่าสายไม่ว่างหรือไม่มีคนรับ ถ้าต้องการโทรไปซ้ำอีกทำได้โดยวางหูไปก่อน แล้วยกขึ้นมาใหม่หมุนเลข 8 ตู้สาขาโทรศัพท์ก็จะทำการโทรออกแล้วหมุนเบอร์เดิมให้เอง โดยที่ PABX จะจำเบอร์สายนอกครั้งหลังสุดเอาไว้

การทำงานของฟีเจอร์นี้เป็นดังนี้คือ จากสถานะ 5 IDENTIFY เมื่อตรวจสอบได้ว่าผู้ใช้หมุนเลข 8 ก็จะรู้ว่าต้องทำการโทรออกซ้ำเบอร์เดิมก็จะไปยังสถานะ 50 RE-DIAL ในสถานะนี้จะทำการหาสายนอกที่ว่างถ้าไม่มีก็จะไปสถานะ 1 BUSY TONE ถ้าพบสายนอกที่ว่าง ในสถานะ CO IDLE ก็จะทำการจองสายนอกนั้น โดยการให้ @@STATE ของสายนอกเป็นสถานะ 6 CALLED แล้วสั่งหมุนเลขออกไปตามตัวแปร @LAST ซึ่งใช้เก็บเบอร์สายนอก เบอร์หลังสุดจนหมด แล้วไปยังสถานะ CO SPEAK

สำหรับการเก็บเบอร์โทรศัพท์เบอร์หลังสุดใส่ใน@LAST จะทำในขณะทำการโทรออก แบบธรรมดา เมื่อผู้ใช้หมุนเลข 9 แล้วโปรแกรมทำการหาสายนอกที่ว่างได้ โปรแกรมจะลบตัวแปร @LAST ให้ว่าง และเมื่อผู้ใช้หมุนตัวเลขออกไป โปรแกรมก็จะเก็บตัวเลขเหล่านั้นเข้าไปไว้ใน @LAST ทีละตัว (ทำในสถานะ 21

TRANSFER DIGIT)

5.6.2 จองสายภายใน (CALL BACK)

การใช้งานการจองสายภายใน หลังจากที่ทำการโทรภายในแล้วพบว่าสายไม่ว่าง สามารถทำการจองสายนั้นไว้ โดยการวางหูแล้วยกขึ้นมาใหม่ แล้วกดเลข 7 ก็จะได้ยินสัญญาณ ตอบรับกลับมา หลังจากนั้น เมื่อโทรศัพท์เครื่องที่ถูกจองไว้ว่างแล้ว PABX จะทำการเรียกกลับมาโดยส่งสัญญาณกระดิ่งมาบอก เมื่อยกหูขึ้นมาก็จะได้สัญญาณรอการยกหู (RING BACK TONE)

การทำงานของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เริ่มทำการจองสาย และส่วนที่ 2 ทำหน้าที่ตรวจสอบโทรศัพท์เครื่องที่จองไว้ แล้วเรียกกลับมา สำหรับส่วนแรกโดยการเพิ่มเติมโปรแกรมเข้าไปในสถานะ 5 IDENTIFY เมื่อพบว่าเลขตัวแรกที่กดเป็นเลข 7 จะทำการตั้ง @FN ให้มีค่าเป็น 2 CALL BACK และเอาค่าใน @EX ซึ่งเป็นหมายเลขเครื่องโทรศัพท์ที่ติดต่อด้วยครั้งหลังสุด ไปใส่ใน @FN-EX แล้วทำการต่อสัญญาณตอบรับ (ACKNOWLAGE TONE) แล้วไปยังสถานะ 2 ACK-TONE

สำหรับส่วนที่ทำหน้าที่เรียกกลับ เริ่มต้นจากการเพิ่มเติมโปรแกรมเข้าไปในสถานะ 3 IDLE โดยเพิ่มการตรวจสอบหากพบว่า @FN มีค่าเป็น 2(CALLBACK) จะทำการตรวจสอบว่าโทรศัพท์เครื่องที่ @FN-EX ว่าง (อยู่ในสถานะ 3 IDLE) หรือไม่ ถ้าไม่ก็จะทำงานต่อไปตามเดิม แต่ถ้าว่างจะทำการจองโทรศัพท์เครื่องนั้นโดยให้ @STATE ของเครื่องนั้นเป็น สถานะ 6 CALLED แล้วทำการส่งสัญญาณกระดิ่งกลับมา แล้วไปยังสถานะ 31 CALL-BACK-RING

ในสถานะ 61 CALL-BACK-RING ซึ่งโทรศัพท์กำลังกระดิ่งดังอยู่ และโทรศัพท์เครื่องปลายทางที่ทำการจองสายไว้วางหูอยู่ ในสถานะนี้จะตรวจสอบการยกหูของเครื่องโทรศัพท์ ทั้ง 2 เครื่อง ถ้าเครื่องปลายทางยกหูก่อนจะทำการปล่อยโทรศัพท์เครื่องนั้นซึ่งขณะนี้อยู่ในสถานะ 6 CALLED ให้ไปอยู่สถานะ 3 IDLE ตามเดิม ส่วนโทรศัพท์เครื่องอื่นจะหยุดสัญญาณกระดิ่งแล้วไปยังสถานะ 3 IDEL แต่ในกรณีที่โทรศัพท์เครื่องนี้ ยกหูก่อนก็จะไปยังสถานะ RING-BACK-TONE

5.6.3 การกำหนดเครื่องรับแทน (FOLLOW ME)

ฟีเจอร์นี้ใช้กำหนดให้เมื่อมีการโทรเข้ามา กระดิ่งจะไปดังที่อีกเครื่องหนึ่งแทน การใช้งานจะทำโดยเมื่อยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาให้หมุนเลข 6 แล้วตามด้วยเบอร์โทรศัพท์ภายใน (ไม่ต้องหมุนเลข 2 ตัวแรก) จะได้ยินสัญญาณตอบรับ หลังจากนั้นเมื่อมีใครโทรเข้ามาจะไปดังที่เครื่องที่กำหนดไว้

การทำงานก็แบ่งออกเป็น 2 ส่วน เช่นเดียวกับกรณี การจองสาย คือ ส่วนแรกทำหน้าที่รับการกำหนดให้เครื่องอื่นรับแทน เริ่มต้นจากสถานะ 5

IDENTIFY ถ้าพบว่ากดเลข 6 ก็จะกระโดดไป สถานะ 70 SET-CF ที่สถานะ 70 SET-CF นี้มีการทำงานคล้าย สถานะ LC-CALL คือจะทำการรับตัวเลขจากการหมุนมาทีละตัว แล้วตรวจสอบว่าตัวเลขนั้นตรงกับเบอร์โทรศัพท์ใดหรือไม่ ถ้าตัวเลขยังไม่พอที่จะตัดสินใจก็จะวนรอเลขตัวต่อไป ถ้าเลขตรงกับเบอร์โทรศัพท์ก็จะตั้งค่าตัวแปร @FN ให้เป็น 3 และนำหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ที่มีเบอร์ตรงกับเลขที่หมุนเข้ามาใส่ใน @FN-EX แล้วไปยังสถานะ 2 ACK-TONE ถ้ากรณีเลขที่หมุนเข้ามาไม่ตรงกับเครื่องใดเลย หรือไม่หมุนเลขนาน ๆ ก็จะไปยังสถานะ 2 BUSY-TONE (สถานะ ACK-TONEกับ BUSY-TONE เป็นคนละสถานะกัน แต่มีโปรแกรมประจำสถานะเป็นตัวเดียวกัน จึงมีหมายเลข 2 เหมือนกัน)

สำหรับส่วนที่ 2 นั้นเป็นส่วนที่ทำการเปลี่ยนเครื่องที่จะรับ โดยทำการแก้ไขที่สถานะ 13 CONNECT-LC ซึ่งสถานะนี้มาจากสถานะ 10 LC-CALL หลังจากได้หมายเลขโทรศัพท์เครื่องที่จะโทรไปหา แล้วจะตรวจสอบว่าเครื่องว่างหรือไม่ โดยจะแทรกโปรแกรมให้ตรวจสอบโทรศัพท์เครื่องที่จะโทรไป คือ @EX ว่าตัวแปร @FN ของเครื่องนั้นเป็น 3 หรือไม่ ถ้าไม่ก็ทำงานไปตามปกติ แต่ถ้าใช่หมายความว่าโทรศัพท์เครื่องนั้นมีการกำหนดเครื่องรับแทนไว้ ก็จะอ่านค่า @FN-EX ของโทรศัพท์เครื่อง @EX มาใส่ไว้ใน @EX แทนแล้วทำงานต่อไปตามปกติ แต่คราวนี้ @EX เปลี่ยนไปเป็นอีกเครื่องหนึ่งแล้ว

5.6.5 การพักสายและการโอนสาย

วิธีการพักสายทำได้โดยในขณะที่สนทนากับสายนอก ให้เคาะที่วางหูหนึ่งครั้ง สายนอกจะถูกพักไว้ โดยสายนอกจะได้ยินเสียงดนตรีที่โทรศัพท์จะได้ยินสัญญาณหน้าปัดแบบที่ 2 (DIAL TONE) ในระหว่างที่พักสายอยู่สามารถกลับมาสนทนากับสายนอกได้อีกโดยการเคาะที่วางหูอีกครั้ง ในขณะพักสายอยู่สามารถจะทำการโอนสายได้โดย โทรไปหาเครื่องภายในอีกเครื่องหนึ่ง ในขณะที่โทรศัพท์ภายใน 2 เครื่อง คุยกันอยู่นั้น ถ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งวางหูอีกเครื่องหนึ่งที่เหลืออยู่จะมาต่อกับสายนอก

สำหรับการทำงานของโปรแกรมจะเพิ่มการตรวจสอบการเคาะที่วางหูเข้าไปในสถานะ 22 CO-SPEAK ถ้ามีการเคาะที่วางหู จะไปยังสถานะ 94 HOLD-DT ซึ่งมีการทำงานคล้ายกับสถานะ 4 DIAL TONE แต่เป็น DIAL TONE ที่มีสายนอกถูกพักอยู่

จะมีการเพิ่มเติมสถานะอีกจำนวนหนึ่ง คือ สถานะ 91 HOLD-BUSY สถานะ 94 HOLD-DT สถานะ 95 HOLD-CHECK สถานะ 100 HOLD-LC-CALL สถานะ 101 HOLD-RING-BACK สถานะ 102 HOLD-SPEAK และสถานะ 103 HOLD-CONNECT-CL ซึ่งมีการทำงานคล้ายคลึงกับ สถานะ 1 BUSY สถานะ 4

DIAL-TONE สถานะ 5 DENTIFY สถานะ 30 LC-CALL สถานะ 11 RING-BACK-TONE สถานะ 12 SPEAK และสถานะ 13 CONNECT-LC

สิ่งที่แตกต่างกันในสถานะ 2 ชุดนี้ก็คือ ในชุดหลังซึ่งเป็นกรณีไม่พักสาย ถ้ามีการวางหูจะไปยังสถานะ IDLE แต่ในชุดแรกกรณีพักสายเปลี่ยนเป็น ถ้ามีการเคาะที่วางหูจะกลับไปยังสถานะ CO-SPEAK และในกรณีที่พักสายอยู่ถ้าวางหูจะไปยังสถานะ 3 IDLE และสายนอกจะหลุดไป

5.7 กลุ่มโปรแกรมควบคุมอินพุท เอาท์พุท (BIOS)

กลุ่มโปรแกรมควบคุมอินพุทเอาท์พุท (Basic Input Output System) เรียกย่อว่า BIOS เป็นกลุ่มโปรแกรมย่อย ทำหน้าที่ควบคุมอินพุทเอาท์พุทโดยตรง กลุ่มโปรแกรมเหล่านี้จะถูกเรียกใช้จากโปรแกรมหลัก

5.7.1 การทำงานของ BIOS

โปรแกรมส่วน BIOS ทำหน้าที่ในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์ และทำงานที่เป็น REALTIME โปรแกรมใน BIOS จะมีอยู่ 3 พวก คือ 1.เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตั้งค่าเริ่มต้นในการทำงาน (INITIAL) 2.ส่วนที่เป็นอินเตอรีรัพท์โปรแกรมทำหน้าที่ทำงานแบบ REALTIME 3.โปรแกรมส่วนที่เป็นโปรแกรมย่อยให้เรียกใช้ โปรแกรมย่อยเหล่านี้ ใช้สำหรับการอ่านค่า ส่งค่าไปยังอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ หรืออาจจะใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ BIOS ส่วนที่เป็นโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ การสั่งงานให้ BIOS ทำงานหรือจะถามอะไรจาก BIOS ก็ตามจะต้องผ่านโปรแกรมย่อยเหล่านี้เสมอ

5.7.2 การเรียกใช้โปรแกรมย่อยของ BIOS

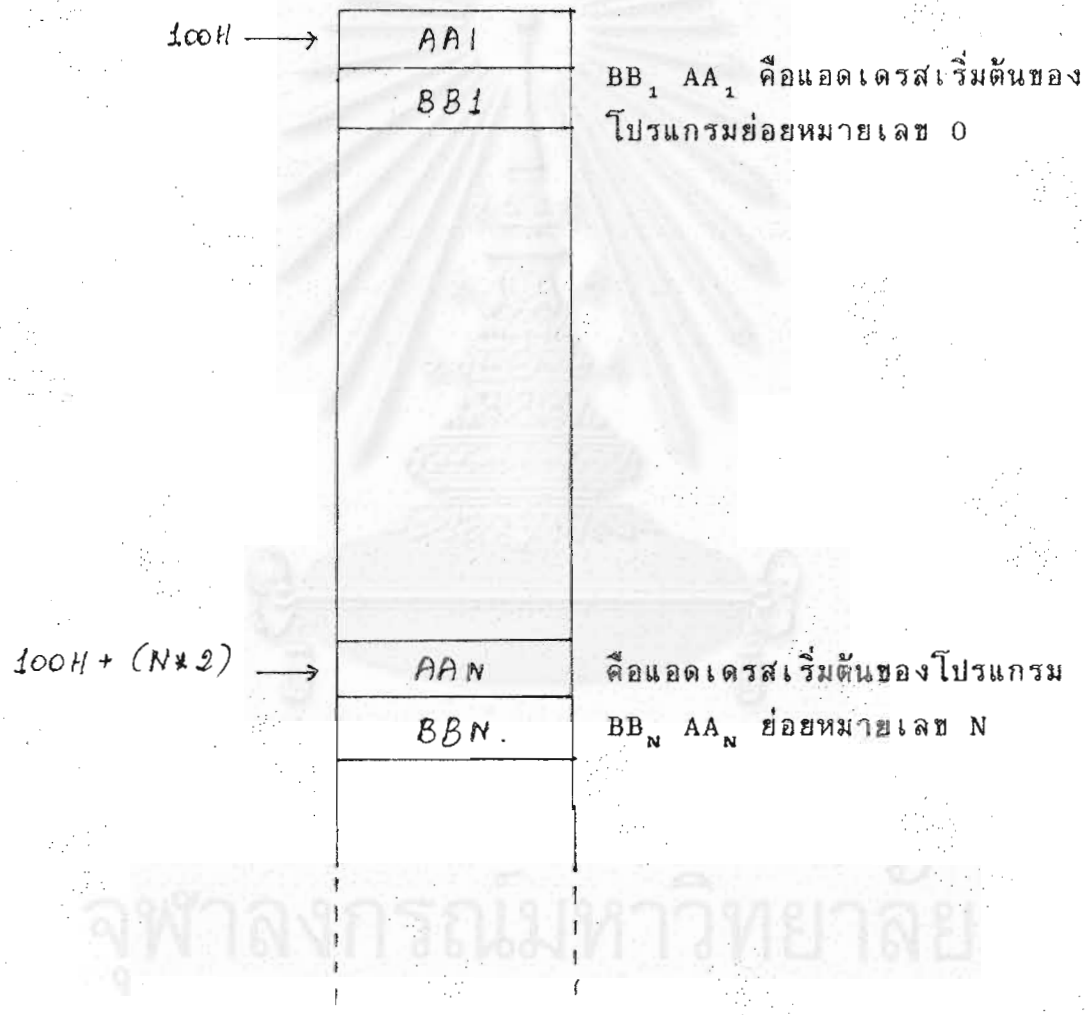
โปรแกรมย่อยสำหรับเรียกใช้มีอยู่ประมาณ 50 โปรแกรม แบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ดังนี้ 1. กลุ่มสำหรับถามลักษณะของฮาร์ดแวร์ เช่น จำนวนโทรศัพท์ จำนวนสายนอก 2. กลุ่มจัดการหน่วยความจำ ทำหน้าที่ในการจัดสรรการใช้หน่วยความจำ RAM 3. กลุ่มสำหรับทำหน้าที่ติดต่อวงจรสวิทชิ่งของสัญญาณเสียง 4. กลุ่มที่ทำหน้าที่อ่านค่า ตั้งค่าให้กับตัวนับเวลา (TIMER) 5.กลุ่มทำหน้าที่สร้างสัญญาณเสียงและสัญญาณกระดิ่ง 6. กลุ่มที่ทำหน้าที่ตรวจสอบการยกหู วางหู ของเครื่องโทรศัพท์ 7. กลุ่มที่ทำการจัดการกับสายนอก เช่น สั่งยกหู วางหู หมุนเลขออก 8. กลุ่มทำหน้าที่พิเศษอื่น ๆ

การเรียกโปรแกรมย่อยเหล่านี้ จะต้องรู้หมายเลขของโปรแกรมย่อยที่ต้องการจะเรียกใช้ก่อน จากนั้นก็หาตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมย่อยนั้น โดยการเปิดตารางที่แอดเดรส 100 H ที่แอดเดรส 100 H และ 101 H จะเก็บตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมย่อยหมายเลข 1 ที่แอดเดรส 104 H และ 105 H เก็บตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรมย่อยหมายเลข 2 เช่นนี้เรื่อยไป โดยที่จะเก็บไบท์ต่ำไว้

ก่อนเสมอ

เมื่อได้ตำแหน่งเริ่มต้น หรือ แอดเดรสเริ่มต้นของโปรแกรมย่อยมาแล้ว ก็สามารถจะเรียกใช้โปรแกรมย่อยนั้นโดยการ CALL ไปยังแอดเดรสนั้น ถ้าต้องการส่งพารามิเตอร์ไปให้โปรแกรมย่อยด้วยจะส่งไปโดยใส่ไว้ในรีจิสเตอร์ DE และถ้าโปรแกรมย่อยจะส่งค่ากลับมาจะใส่ไว้ในรีจิสเตอร์ HL

รูปที่ 5.11 แสดงตารางซึ่งเก็บตำแหน่ง (แอดเดรส) เริ่มต้นของโปรแกรมย่อย



5.7.3 โปรแกรมย่อยสำหรับถามลักษณะฮาร์ดแวร์

ใช้สำหรับถามเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับสวิทชิ่งเนตเวอร์ต เช่นจำนวนเครื่องรับโทรศัพท์ จำนวนสายนอก จำนวน ICM LINK เป็นต้น รายละเอียดเป็นดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

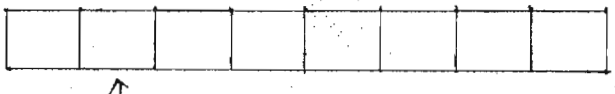
- โปรแกรมหมายเลข '4 ถามจำนวนโทรศัพท์ เมื่อเรียกใช้จะให้ค่าจำนวนโทรศัพท์กลับมาทางรีจิสเตอร์ L ถ้าค่าที่ส่งกลับมาเป็น N หมายความว่าโทรศัพท์มีอยู่ N เครื่อง ตั้งแต่เครื่องที่ 0 ถึงเครื่องที่ N-1 เช่น ถ้าให้ค่ากลับมาว่า 100 หมายความว่ามีโทรศัพท์อยู่ 100 เครื่อง มีหมายเลขตั้งแต่ 0-99 โปรแกรมนี้มีขึ้นเพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับตู้โทรศัพท์ขนาดต่าง ๆ กันได้

- โปรแกรมหมายเลข 5 ถามว่าโทรศัพท์อยู่ในสภาวะใช้งานอยู่หรือไม่ ตอนเรียกใช้จะต้องส่งค่าหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ (เครื่องแรก หมายเลข 0) ไปทางรีจิสเตอร์ E และจะให้ค่าสภาวะกลับมาทางรีจิสเตอร์ L ถ้าค่าที่ส่งกลับมาเป็น 1 หมายความว่าโทรศัพท์ใช้งานอยู่ตามปกติ ถ้าค่าที่ส่งกลับมาเป็น 0 หมายความว่าไม่ใช้งานให้โปรแกรมควบคุมถือว่าโทรศัพท์เครื่องนั้นไม่มีอยู่ โปรแกรมย่อยนี้มีขึ้น เพื่อใช้ในกรณีที่ฮาร์ดแวร์ที่ทำหน้าที่อินเตอร์เฟส กับเครื่องโทรศัพท์เกิดเสียขึ้นมา แล้วซ่อมได้ยาก หรือไม่คุ้มที่จะซ่อม (เช่น โทรศัพท์หลายเครื่องใช้ IC ร่วมกันแล้ว IC เกิดเสียบางส่วน ทำให้ การใช้งานโทรศัพท์เสียไปเครื่องหนึ่ง แล้วถ้า IC ตัวนั้นราคาแพงมาก (เช่น IC ANALOG SW เกิดใช้งานไม่ได้ 1 CROSS POINT) จะทิ้งไปก็ไม่คุ้มก็สามารถกำหนดให้โทรศัพท์เครื่องนั้นอยู่ในสภาวะเสียได้)

- โปรแกรมหมายเลข 6 ถามว่าโทรศัพท์เป็นชนิดหมุนหรือ DTMF ตอนเรียกจะต้องส่งหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ไปทางรีจิสเอตร์ E และจะส่งค่ากลับมาทางรีจิสเตอร์ L ถ้าเป็น 0 หมายถึงแบบหมุน ถ้าเป็น 1 หมายถึงแบบ DTMF

- โปรแกรมหมายเลข 7 ถามเบอร์ของเครื่องโทรศัพท์ ตอนเรียกใช้จะต้องส่งหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ไปทางรีจิสเตอร์ E เมื่อออกจากโปรแกรมรีจิสเตอร์ HL จะเป็นค่าแอดเดรสซึ่งเป็นแอดเดรสของ STRING ซึ่งเป็นเบอร์ของเครื่องโทรศัพท์ รูปแบบของ STRING เป็นดังนี้

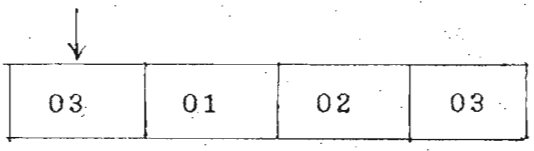
ที่แอดเดรสเริ่มต้นเก็บความยาว (ความยาวไม่นับไบท์แรก)



ไบท์ที่ 2 เก็บตัวเลขตัวแรก

ตัวอย่างถ้าเบอร์โทรศัพท์เป็น 123 จะเป็นดังนี้

ความยาว 3 หลัก (คือ 123 มี 3 หลัก)



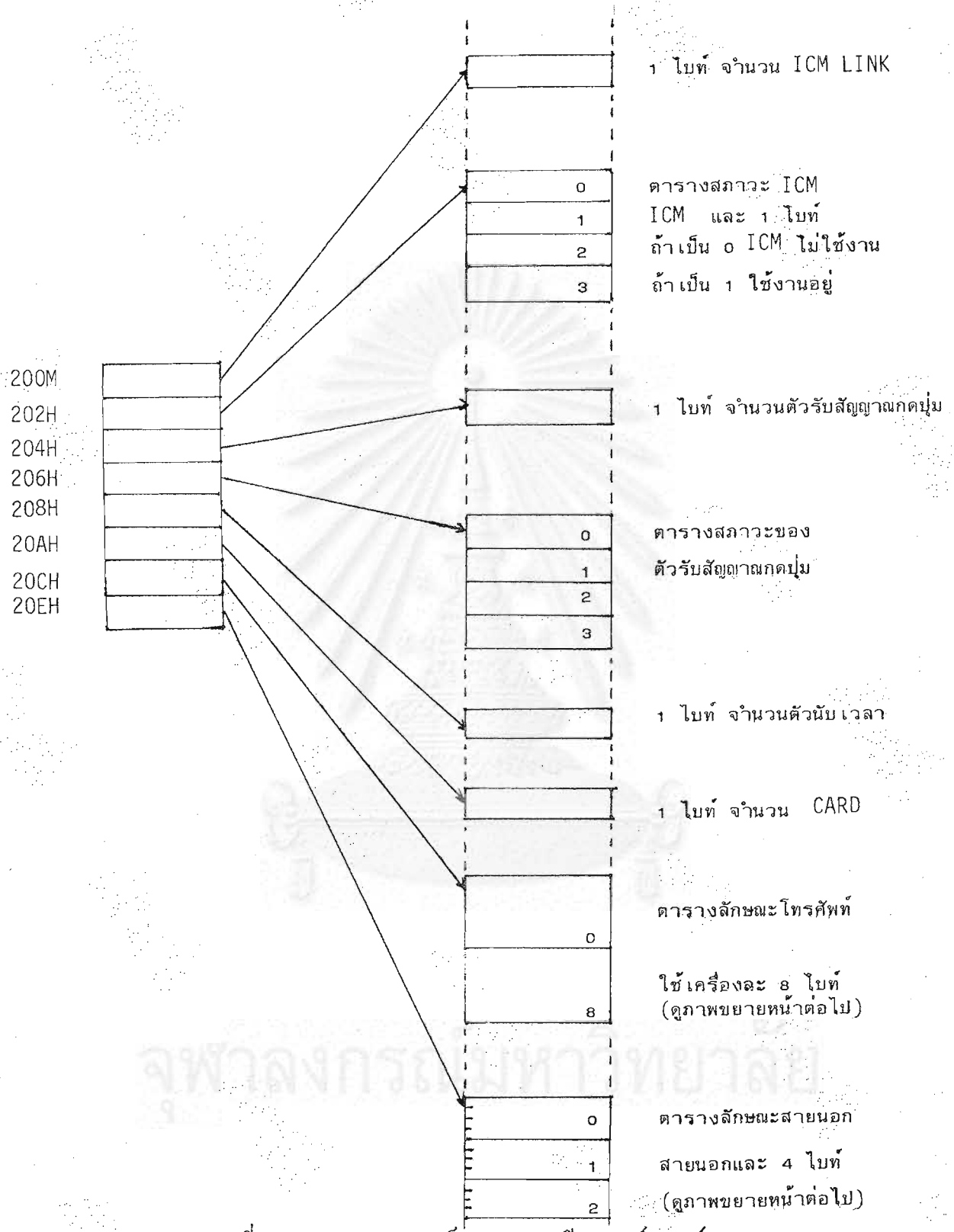
หมายเหตุ เลข 0 จะเก็บด้วยค่า 10 หรือ OAH

- โปรแกรมหมายเลข 8 ถาม FEATURE ของโทรศัพท์ตอนเรียกจะต้องส่งหมายเลขของโทรศัพท์ไปทางรีจีสเตอร์ E โปรแกรมจะให้ค่า กลับมาทางรีจิสเตอร์ L โปรแกรมย่อยนี้ใช้สำหรับกำหนด FEATURE ให้กับโทรศัพท์แต่เนื่องจากจำนวน FEATURE ขึ้นอยู่กับโปรแกรมส่วนควบคุมไม่ใช่ BIOS และการที่ BIOS จะต้องเป็นอิสระจากโปรแกรมส่วน MAIN ดังนั้นการมาถาม BIOS ว่าจะให้ FEATURE ใดเป็นอย่างไรนั้นจึงทำไม่ได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีให้ค่า FEATURE เป็นโค้ดไปให้โปรแกรมควบคุมไปกำหนดเอาเองว่าจะให้โค้ดใดแทนอะไร

นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมย่อยหมายเลข 9 ถึง 16 ซึ่งถามเกี่ยวกับสายนอก ตัวรับสัญญาณกดปุ่ม (DTMF) และ ICM LINK (เป็นตัวทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณเสียงอาจเรียกว่า ช่องสัญญาณเสียง หรือ VOICE CHANNEL) เรียกใช้ทำนองเดียวกับกรณีถามเครื่องโทรศัพท์

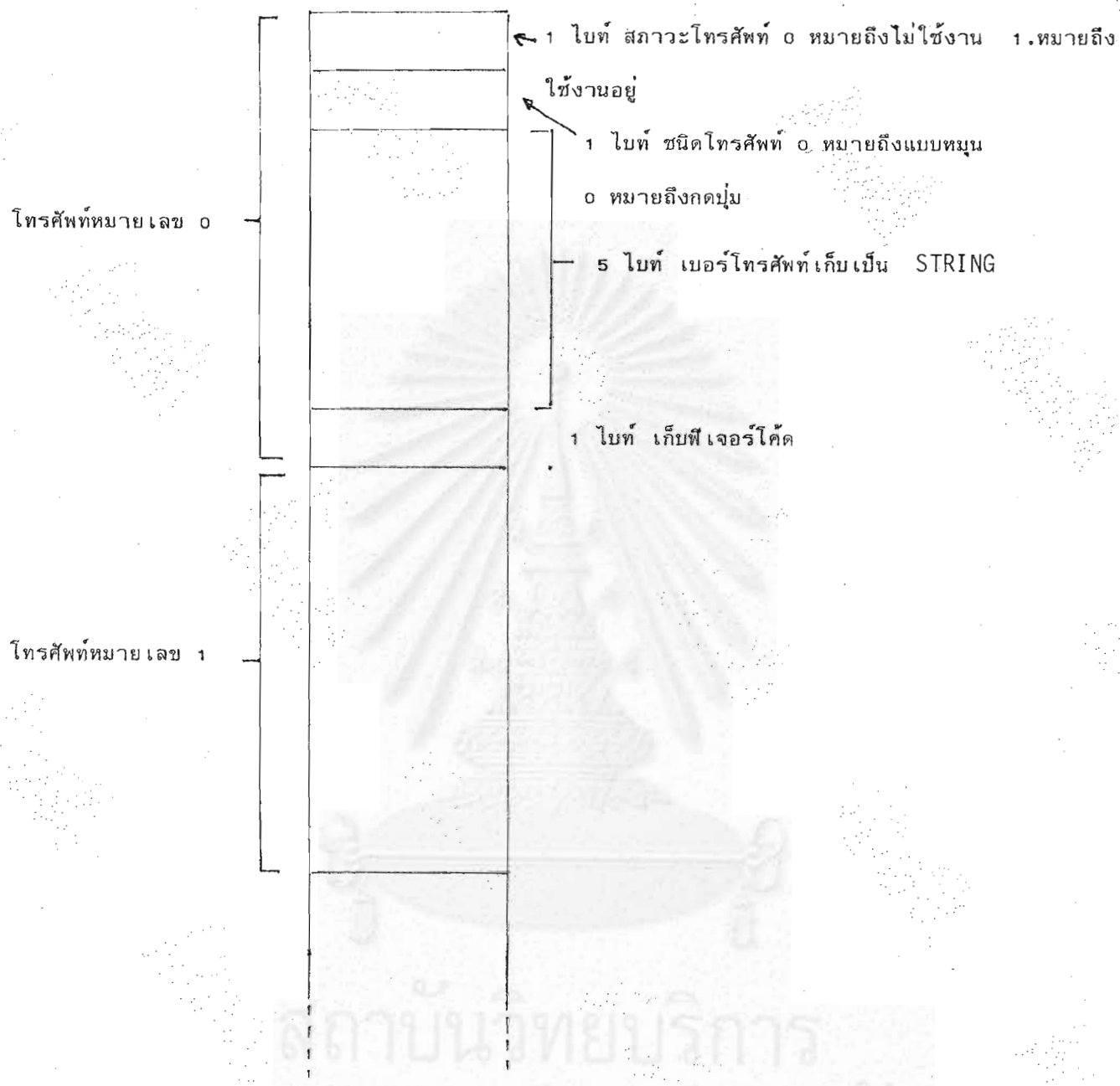
- โปรแกรมหมายเลข 17 ถามจำนวนตัวนับเวลา เมื่อเรียกใช้จะให้จำนวนตัวนับเวลา โดยส่งมาทางรีจิสเตอร์ L เป็นจำนวนชุดของตัวนับเวลาหนึ่งชุดประกอบด้วยตัวนับเวลา 2 ตัวเป็นแบบตัวนับสั้นและยาวอย่างละตัว ปกติจำนวนตัวนับ (จำนวนชุด) เวลาจะเท่ากับจำนวนโทรศัพท์รวมกับจำนวนสายนอก การทำงานโปรแกรมในกลุ่มนี้สำหรับกรณี BIOS ที่เขียนขึ้นใช้การเปิดตาราง ตารางมีลักษณะดังนี้ เริ่มต้นที่แอดเดรส 200 H มีเก็บตัวเลขขนาด 2 ไบท์ จำนวน 8 ตัว แต่ละตัวจะชี้แอดเดรสของตารางย่อยแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

1. ที่แอดเดรส 200 H จะเก็บตัวเลขขนาด 2 ไบท์ (ที่ 201 H เก็บไบท์สูงที่ 200 H เก็บไบท์ต่ำ) ตัวเลขนี้จะชี้ไปยังแอดเดรสอีกที่หนึ่งซึ่งที่นั่นเก็บจำนวน ICM LINK เป็นตัวเลข 1 ไบท์
2. ตัวชี้ที่แอดเดรส 202 H ชี้ไปยังตารางเก็บสภาพของ ICM LINK ว่าใช้งานอยู่หรือไม่ ในตารางย่อยนี้จะเก็บสภาพ 1 ไบท์ ต่อ 1 ICM LINK ไบท์แรกสำหรับ ICMO ถ้าค่าเป็น 0 ไม่ได้ใช้ ถ้าค่าเป็น 1 ใช้งานอยู่
3. ตัวชี้ตัวที่ 3 ที่แอดเดรส 204 H ชี้ไปหา จำนวนตัวรับสัญญาณกดปุ่ม (1 ไบท์) ตัวที่ 4 ที่แอดเดรส 206 H ชี้ไป ตารางเก็บสภาพของตัวรับสัญญาณกดปุ่มว่า



รูปที่ 5.12 ตารางเก็บรายละเอียดฮาร์ดแวร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.13 รายละเอียดตารางลักษณะโทรศัพท์

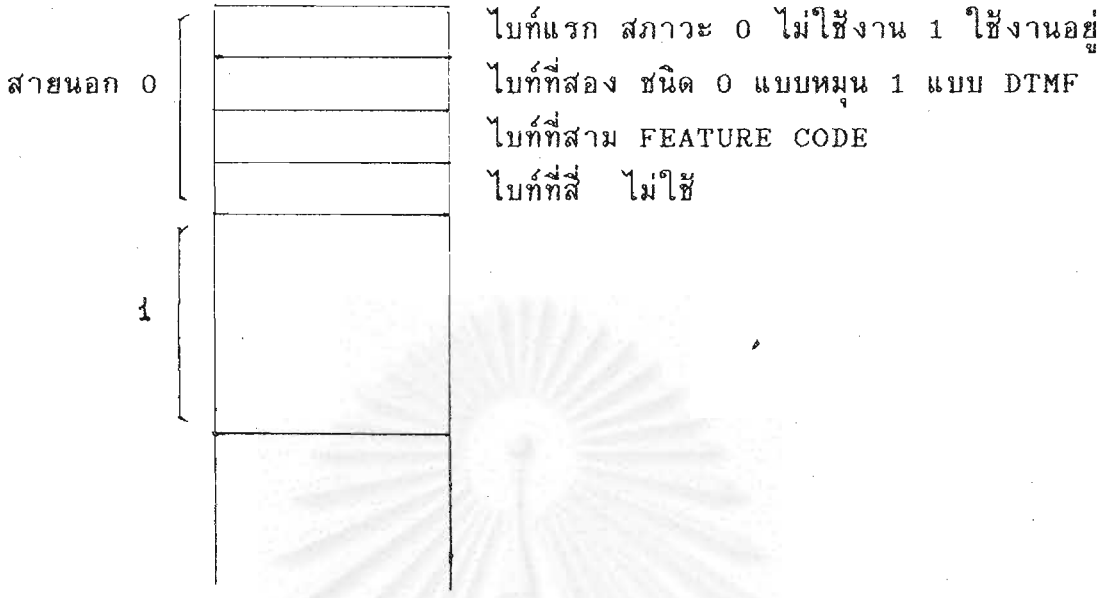
ใช้งานอยู่หรือไม่ ลักษณะตารางทำนองเดียวกับข้อ 2 ตัวที่ 5 ที่แอดเดรส 208 H ชี้ไปหาจำนวนตัวนับเวลา หน่วยเป็นชุด (เป็นตัวเลข 1 ไบท์)

4. ตัวชี้ตัวที่ 6 ที่แอดเดรส 20AH ชี้ไปหาจำนวนบอร์ด ของโทรศัพท์และสายนอก เป็นตัวเลข 1 ไบท์ ใน 1 บอร์ด มีโทรศัพท์ 6 เครื่อง และสายนอก 2 สาย

5. ตัวชี้ตัวที่ 7 ที่แอดเดรส 20CH ชี้ไปตารางย่อยบอกลักษณะโทรศัพท์ ลักษณะตารางย่อยนี้จะเก็บลักษณะโทรศัพท์จำนวน 8 ไบท์ต่อเครื่อง โดย 8 ไบท์แรก ของโทรศัพท์ หมายเลข 0 ในแต่ละ 8 ไบท์นั้น ไบท์แรกเก็บสภาพโทรศัพท์ 0 ไม่ใช้งาน 1 ใช้งานอยู่ ไบท์ที่ 2 เก็บชนิด 0 แบบหมุน 1 แบบกดปุ่ม (DTMF) ไบท์ที่ 3,4,5,6,7 เก็บ STRING ที่เป็นเบอร์โทรศัพท์ รูปแบบ STRING เหมือนกับที่เคยกล่าวถึงแล้ว ไบท์ที่ 8 เก็บ CODE FEATURE

6. ตัวชี้ตัวที่ 8 ที่แอดเดรส 20 EH ชี้ไปตารางย่อยบอกลักษณะสายนอก ลักษณะตารางใช้ 4 ไบท์ต่อหนึ่งสายนอก ไบท์แรก เก็บสถานะ 0 ไม่ใช้งาน 1 ใช้อยู่ ไบท์ที่สองเก็บชนิดสายนอก 0 แบบหมุน 1 แบบกดปุ่ม ไบท์ที่ 3 เก็บ CODE FEATURE ไบท์ที่ 4 ไม่ใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 รายละเอียดตารางลักษณะสายนอก

5.7.4 โปรแกรมย่อยกลุ่มควบคุมหน่วยความจำ

เนื่องจากเรามีความต้องการให้โปรแกรมควบคุมสามารถใช้งานได้ตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดใด ๆ ก็ได้ แต่เมื่อมาพิจารณาการใช้งานหน่วยความจำ RAM จะพบว่า ความต้องการหน่วยความจำ RAM จะเปลี่ยนไปตามขนาดของตู้ชุมสาย ถ้ามีจำนวนโทรศัพท์มากก็ต้องการหน่วยความจำมาก การกำหนดการใช้หน่วยความจำแบบธรรมดาแล้ว จะทำให้โปรแกรมควบคุมไม่สามารถใช้กับตู้ชุมสายหลายขนาดได้ ต้องหาวิธีพิเศษในการจัดการหน่วยความจำ ทางออกวิธีหนึ่งก็คือ ทำการกันที่ไว้ นั่นคือ ไม่ว่าตู้ชุมสายจะใหญ่เล็กอย่างไรก็ตาม จะกันที่หน่วยความจำ RAM เอาไว้มีขนาดเท่ากับ ความต้องการของกรณีตู้ชุมสายขนาดใหญ่สุด แต่จะเห็นได้ว่า วิธีนี้มีข้อเสียตรงที่ ถ้ากรณีที่ตู้ชุมสายมีขนาดเล็ก จะมีหน่วยความจำ RAM จำนวนมากที่ถูกจองเอาไว้แล้วไม่ถูกนำไปใช้งาน ทำให้สิ้นเปลือง ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ ทางแก้อีกวิธีหนึ่ง ก็คือ ใช้วิธีการขอหน่วยความจำ RAM โปรแกรมควบคุม

ตาราง 5.2 รายการโปรแกรมส่วน BIOS และ SR

		FUNCTION	: INPUT	: RETURN		
0	_VERSION:	version	: ---	: L = version		
1	_SERVICE_INIT:	service routine initial	: ---	: ---		
2	_SERVICE_FN:	service routine function	: ???	: ???		
3	_MAIN:	main entry point	: ---	: ---		
ASK HARDWARE						
4	_NLC:	ask number of LC	: ---	: L = number		
5	_LCACT:	ask LC active or not	: E = LC#	: L = active	0 not active	1 active
6	_LCTYPE:	ask LC type	: E = LC#	: L = type	0 pulse	1 tone
7	_LCNAME:	ask LC name	: E = LC#	: HL = string address		
8	_LCF:	ask LC initial feature	: E = LC#	: L = feature		
9	_NCOT	ask number of COT	: ---	: L = number		
10	_COTACT:	ask COT active or not	: E = COT#	: L = active	0 not active	1 active
11	_COTTYPE:	ask COT type	: E = COT#	: L = type	0 pulse	1 tone
12	_COTF	ask COT initial feature	: E = COT#	: L = feature		
13	_NREG:	ask number of DTMF	: ---	: L = number		
14	_REGACT:	ask DTMF active or not	: E = DTMF#	: L = active	0 not active	1 active
15	_NICM:	ask number of ICM	: ---	: L = number		
16	_ICMACT:	ask ICM active or not	: E = ICM#	: L = active	0 not active	1 active

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

17	_NTIMER:	ask number of timer	: ---		: L = number	

MEMORY CONTROL

18	_MALLOC:	memory allocation	: DE = byte		: HL = allocated ram start address	
19	_SERVICE_MEM:	address of service ram	: ---		: HL = address of 2 byte ram	
20	_MAIN_MEM:	address of main program ram	: ---		: HL = address of 2 byte ram	

SWITCHING NETWORK

21	_ON_ICM_LC1:	connect ICM - LC	: D = ICM#	E = LC#	: ---	
22	_ON_ICM_LC2:	connect ICM - LC	: D = ICM#	E = LC#	: ---	
23	_OFF_ICM_LC:	cut ICM - LC	: D = ICM#	E = LC#	: ---	
24	_ON_ICM_COT1:	connect ICM - COT	: D = ICM#	E = COT#	: ---	
25	_ON_ICM_COT2:	connect ICM - COT	: D = ICM#	E = COT#	: ---	
26	_OFF_ICM_COT:	cut ICM - COT	: D = ICM#	E = COT#	: ---	
27	_ON_ICM_REG1:	connect ICM - DTMF	: D = ICM#	E = DTMF#	: ---	
28	_ON_ICM_REG2:	connect ICM - DTMF	: D = ICM#	E = DTMF#	: ---	
29	_OFF_ICM_REG:	cut ICM - DTMF	: D = ICM#	E = DTMF#	: ---	
30	_ON_MUSIC:	on music COT	: E = COT#		: ---	
31	_OFF_MUSIC:	off music COT	: E = COT#		: ---	

TIMER

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
32      _CLST:          clear short timer       : E = timer#                    : ---
33      _CLLT:          clear long  timer       : E = timer#                    : ---
34      _ST:            ask   short timer       : E = timer#                    : L  = timer value
35      _LT:            ask   long  timer       : E = timer#                    : HL = timer value

 RING AND TONE

36      _RING:          set ring pattern        : D = pattern   E = LC#         : ---
37      _TONE:          set tone                : D = ICM#      E = tone#       : ---

 SCAN TELEPHONE INPUT

38      _LC_OFF_HOOK:   ask off hook or not     : E = lc #                      : L  = hook status
39      _LC_FLASH:      ask and clear flash     : E = lc #                      : L  = flash status
40      _GET_P_DIGIT:   get , delete degit pulse reg : E = lc #                 : L  = digit or 0
41      _GET_P_STRING:  get pulse reg string    : E = lc #                      : HL = address of string
42      _P_RESET:       reset pulse reg         : E = lc #                      : ---

 CO

43      _ON_HOOK_CO:    on hook co              : E = co #                      : ---
44      _OFF_HOOK_CO:   off hook co             : E = cO #                      : ---

45      _DP_RESET:
46      _DP_SEND_DIGIT: send digit to P dialer  : E = co #      D = digit       : ---
47      _DT_RESET:
48      _DT_SEND_DIGIT:

 ELSE

49      _ERROR:         error                   : E = error code                : ---
50      _CO_RING:       ask co is ringing       : E = co #                      : L = 1 ring  = 0 no ring


 SR

128     _OPEN_ICM       open icm                : ---                           : H = 0 no  = 1 yes  L = icm #
129     _CLOSE_ICM      close icm               : E = icm #                     : ---
130     _MATCH_NAME     match string to ic name : DE = string start address     : H = see prog  L = lc #
```

(หรือแม้แต่ BIOS เอง) จะมาขอเอาไปเท่าที่ต้องการและต้องขอก่อนจึงจะใช้ได้ เมื่อขอมา BIOS จะหาที่ให้แล้วจะบอกกลับมาว่าหน่วยความจำนั้นอยู่ที่ใด โดยส่งค่าแอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำ RAM ที่จองเอาไว้ให้ ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการจัดการหน่วยความจำแบบนี้คือ RAM จะเริ่มที่แอดเดรสใดก็ได้

- โปรแกรมย่อย 18 ขอหน่วยความจำ RAM เมื่อต้องการใช้หน่วยความจำ RAM จะต้องขอผ่านทางโปรแกรมย่อยนี้โดยส่งจำนวนไบท์ที่ต้องการมาทางรีจิสเตอร์ DE โปรแกรมย่อยนี้จะทำการหาที่ว่างในหน่วยความจำ RAM แล้วจองที่ไว้ เมื่อกลับมาจากโปรแกรมจะให้แอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำที่จองไว้ กลับมาทางรีจิสเตอร์ HL

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมย่อย 18 สมมติว่า ต้องการใช้หน่วยความจำ RAM 10 ไบท์ ก็เอาค่า 10 ใส่ในรีจิสเตอร์ DE แล้วเรียกโปรแกรมย่อย 18 เมื่อกลับมาจากโปรแกรมย่อยจะได้ แอดเดรสเริ่มต้นของหน่วยความจำ 10 ไบท์ ที่ขอได้ มาทางรีจิสเตอร์ HL สมมติว่าถ้า HL มีค่า 3000 H หมายความว่าหน่วยความจำ 3000 H ถึง 3009 H เป็นหน่วยความจำที่ถูกจองเอาไว้ให้แล้วนำมาใช้งานได้

นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมย่อย อีก 2 โปรแกรม คือ หมายเลข 19 และ 20 ซึ่งเมื่อเรียกไปแล้วจะให้ค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่ได้จองเอาไว้ก่อนแล้ว หน่วยความจำมีขนาด 2 ไบท์จำนวน 2 ชุด ไว้ในโปรแกรม SR และโปรแกรมหลัก สาเหตุที่ต้องมีโปรแกรมย่อยอันนี้ก็คือ ในโปรแกรมหลักและ SR นั้นหน่วยความจำ RAM ทั้งหมดต้องขอเอามาแต่เมื่อขอมาแล้วจะไม่มีที่ให้เก็บ แอดเดรสเริ่มต้นของกน่วยความจำที่ขอได้ จะเก็บในรีจิสเตอร์ก็ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงเตรียมที่ 2 ไบท์ ไว้ให้เก็บแอดเดรสเริ่มต้นนั้น

5.7.5 โปรแกรมย่อยกลุ่มควบคุมตัวนับเวลา

ในส่วนนี้ BIOS จะทำงานแบบ REAL TIME เพื่อทำตัวนับเวลาโดยจะมีหน่วยเป็นวินาที มีทั้งตัวนับ หนึ่งไบท์และสองไบท์ สามารถสั่งตั้งค่าให้เป็น 0 ได้ สามารถถามค่าได้ ตัวนับเมื่อนับไปถึงค่าสูงสุดแล้ว (OFFH หรือ OFFFFH แล้วแต่ชนิด) จะไม่กลับมาเป็น 0 อีกแต่จะหยุดนับ คงค่าสูงสุดต่อไป จนกว่าจะถูกตั้งค่าใหม่

สำหรับ BIOS ตัวที่เขียนขึ้น จะมีหลักการทำงาน ดังนี้คือ จะมีการจองหน่วยความจำไว้ 3 ไบท์ ต่อตัวนับ 1 ชุด 1ไบท์ สำหรับตัวนับแบบไบท์เดียว และอีก 2 ไบท์สำหรับตัวนับแบบ 2 ไบท์ และให้โปรแกรมส่วนที่เป็นอินเตอร์รัพท์มานับทุก ๆ 1 วินาที การตั้งค่าให้เป็น 0 หรืออ่านค่าจะทำโดยโปรแกรมย่อยสำหรับเรียกใช้

โปรแกรมย่อยในกลุ่มนี้มี 4 อันคือ สั่งตั้งค่า สั่งอ่านค่า ตัวนับเวลาแบบสั้น (1ไบท์) และแบบยาว (2ไบท์) ตามลำดับ หมายเลข 32 ถึง 35

5.7.6 โปรแกรมย่อยกลุ่มควบคุมสัญญาณเสียง

ในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเสียงและสัญญาณกระดิ่ง สำหรับ BIOS ที่เขียนขึ้นจะมีหน่วยความจำเก็บรูปแบบของสัญญาณเสียงอยู่ใน RAM โดยในตอนเริ่มต้นจะถูกตั้งค่าให้เป็น 0 หมด ซึ่งจะหมายถึงเงียบ และจะมีโปรแกรมอินเตอร์รัพท์มาคอยอ่านรูปแบบสัญญาณเสียงแล้วสั่งปิดเปิดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ตามรูปแบบนั้น การเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นรูปแบบอื่น ทำได้โดยแก้ไขรูปแบบในหน่วยความจำ โดยผ่านทางโปรแกรมย่อย

โปรแกรมย่อยในกลุ่มนี้มี 2 อันคือ โปรแกรมย่อยสำหรับเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณเสียง (TONE) และสัญญาณกระดิ่ง หมายเลขคือ 36 และ 37 ตามลำดับ

5.7.7 โปรแกรมส่วนตรวจสอบการยกหูวางหู

โปรแกรมส่วนนี้ ทำหน้าที่ตรวจสอบการยกหู วางหู เคาะที่วางหู และหมุนเลข สำหรับกรณี BIOS ที่เขียนขึ้น จะให้โปรแกรมอินเตอร์รัพท์ทำหน้าที่ตรวจสอบแล้วนำผลการตรวจสอบไปใส่ไว้ที่ หน่วยความจำ การถาม BIOS ว่ายกหูวางหู เคาะที่ที่วางหู มีการหมุนเลขเข้ามาหรือไม่ ทำได้โดยการผ่านโปรแกรมย่อย

- โปรแกรมย่อย 38 ถามว่าโทรศัพท์ยกหูอยู่หรือวางหู การเรียกใช้ใส่ค่าหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการถามไปทางรีจิสเตอร์ E โปรแกรมจะให้ค่ากลับมาทางรีจิสเตอร์ L ถ้าเป็น 0 หมายถึง วางหู ถ้าเป็น 1 ยกหู

- โปรแกรมย่อย 39 ถามว่ามีการเคาะที่วางหูหรือไม่ เวลาเรียกส่งค่าหมายเลขโทรศัพท์ทางรีจิสเตอร์ E ตอนกลับมา รีจิสเตอร์ L ถ้าเป็น 0 แสดงว่าไม่มีการเคาะที่วางหูมาก่อน ถ้าเป็น 1 แสดงว่ามีการเคาะที่วางหู เมื่อเรียกใช้โปรแกรมนี้แล้วเมื่อกลับมาจะยกเลิกการเคาะที่วางหูที่มีมาก่อนหน้านี้แล้วเริ่มต้นตรวจสอบใหม่

- โปรแกรมย่อย 40 ถามว่ามีการหมุนเลขหรือไม่ เรียกใช้โดยส่งหมายเลขโทรศัพท์ทางรีจิสเตอร์ E และจะให้ค่าตัวเลขกลับมาทางรีจิสเตอร์ L ค่า 0 หมายถึงไม่มีการหมุนเลข ค่า 1 ถึง 10 หมายถึงหมุนเลข 1,2,3 ถึง 0 ในทำนองเดียวกัน BIOS จะจำตัวเลขที่หมุนเข้ามาเอาไว้และเมื่อมีการถาม BIOS จะให้เลขตัวนั้นมา แล้วจะลืมตัวเลขนั้น

- โปรแกรมย่อย 41 ขอ STRING ของการหมุนเลข ในกรณีที่ไม่ต้องการขอตัวเลขจาก BIOS ทีละตัว ก็สามารถขอมาเป็น STRING ได้ โดยส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปทางรีจิสเตอร์ E และจะได้แอดเดรสของ STRING ของตัวเลขที่หมุนเข้ามาในรีจิสเตอร์ HL โปรแกรมย่อยนี้จะไม่ทำให้ BIOS ลืมตัวเลขที่

หมุนเข้ามา

- โปรแกรมย่อย 42 ทำการ RESET ระบบรับตัวเลขแบบหมุน เรียกใช้โดยส่งค่าหมายเลขโทรศัพท์ไปทางรีจิสเตอร์ E โปรแกรมนี้จะสั่งให้ BIOS ลืมตัวเลขที่หมุนเข้ามาให้หมด

ในการรับตัวเลขแบบหมุนนั้น BIOS จะมี BUFFER เป็น STRING ที่เก็บตัวเลขได้ 10 หลัก แอดเดรสเริ่มต้นของ STRING นี้ถามโดยผ่านโปรแกรมย่อย 41 นั่นเอง เมื่อมีการหมุนเลข BIOS จะเอาเลขใส่เติมลงใน STRING เมื่อมีการถามโดยโปรแกรมย่อย 40 BIOS จะเอาตัวเลขออกจาก STRING ทีละตัว และถ้าเรียกโปรแกรมย่อย 42 BIOS จะสร้าง STRING ทิ้ง

5.8 กลุ่มโปรแกรมบริการ (Service Routine)

กลุ่มโปรแกรมบริการ (SERVICE ROUTINE) เรียกย่อว่า SR เป็นโปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้กับโปรแกรมควบคุมโดยจะประกอบด้วยโปรแกรมย่อย จำนวนหนึ่งให้เรียกใช้ และทำหน้าที่เรียก BIOS ให้โปรแกรมย่อยใน SR ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ การเรียกใช้โปรแกรมย่อยของ SR ทำได้โดยนำค่าหมายเลขของโปรแกรมย่อยใส่ในรีจิสเตอร์ A ถ้ามีค่าพารามิเตอร์จะส่งไปให้โปรแกรมย่อยให้ใส่ไปทางรีจิสเตอร์ DE แล้วทำการ CALL 3 เมื่อกลับมาจากโปรแกรมย่อยจะส่งค่ากลับมาทางรีจิสเตอร์ HL

ในกรณีที่หมายเลขของโปรแกรมย่อยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 127 โปรแกรม SR จะเรียกโปรแกรมย่อยของ BIOS ที่มีหมายเลขตรงกัน โปรแกรมย่อยของ SR เองเริ่มที่หมายเลข 128 ในขณะนี้ SR มีโปรแกรมย่อย 3 ตัวคือ

โปรแกรมย่อย 128 ขอ ICM LINK เป็นการขอ ICM LINK จากระบบ ถ้าขอได้ตอนกลับมา H จะเป็น 1 และรีจิสเตอร์ L จะเป็นหมายเลขของ ICM LINK ถ้าขอไม่ได้ H จะเป็น 0

โปรแกรมย่อย 129 คืน ICM LINK ตอนเรียกใช้ให้นำหมายเลข ICM LINK ที่จะคืนใส่ในรีจิสเตอร์ E

โปรแกรมย่อย 130 ตรวจสอบเบอร์โทรศัพท์ ตอนเรียกใช้ส่งแอดเดรสเริ่มต้นของสตริงที่จะตรวจสอบไปทางรีจิสเตอร์ DE โปรแกรมย่อยจะทำการตรวจสอบกับเบอร์จาก BIOS ตอนกลับมามี 4 กรณี คือ กรณี H เป็น 0 หมายความว่าเบอร์ที่ส่งไปตรวจสอบไม่ตรงกับโทรศัพท์เครื่องไหนเลย กรณี H เป็น 1 หมายความว่าเบอร์ที่ส่งไปความยาวน้อยเกินไปไม่พอที่จะตรวจสอบ กรณี H เป็น 2

หมายความว่า พบโทรศัพท์ที่เบอร์ตรงกัน กรณีนี้ L จะเป็นหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ กรณี H เป็น 3 หมายความว่าเบอร์ที่ส่งไปยาวเกินไป แต่ตอนต้นตรงกับโทรศัพท์ในกรณีนี้ L ก็จะเป็นหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ที่เบอร์ตรงกรณีนี้เช่น โทรศัพท์เบอร์ 123 แต่ส่งสตริง 1234 ไปตรวจสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
วิธีการใช้ตู้สาขาโทรศัพท์

6.1 วิธีการติดตั้ง

ตู้สาขาโทรศัพท์ที่ได้ออกแบบขึ้นมานี้ สามารถขยายให้ต่อกับสายภายนอกสูงสุดได้ 8 สาย และใช้เครื่องโทรศัพท์ภายในสูงสุดได้ 36 สาย การติดตั้งระบบใช้วิธีเสียบบอร์ดเข้าไปที่ช่องเสียบภายในตู้ ช่องเสียบมีทั้งหมด 9 ช่อง จะต้องเสียบบอร์ดตามตำแหน่งที่กำหนดดังนี้

		หมายเหตุ
ช่องที่ 1	บอร์ดซีพียู	บอร์ดพื้นฐาน
" 2	บอร์ดควบคุมอินพุทและเอาท์พุท	"
" 3	บอร์ดสัญญาณโทน	"
" 4	บอร์ดสายภายในและนอกที่ 1	สำหรับระบบ 2 สายนอก 6 สายใน
" 5	" 2	" 4 สายนอก 12 สายใน
" 6	" 3	" 6 สายนอก 18 สายใน
" 7	" 4	" 8 สายนอก 24 สายใน
" 8	" 5	" 8 สายนอก 30 สายใน
" 9	" 6	" 8 สายนอก 36 สายใน

บอร์ดซีพียู บอร์ดควบคุมอินพุทเอาท์พุทและบอร์ดสัญญาณโทน จะต้องเสียบที่ช่อง 1,2,และ 3 ตามลำดับ ไม่ว่าจะเป็นตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดใด เนื่องจากเป็นบอร์ดพื้นฐานในการควบคุมระบบ สำหรับบอร์ดสายภายในและสายนอก จะใช้เท่ากับจำนวนที่ต้องการ เช่นต้องการระบบ 3 สายนอก 10 สายใน ก็ให้เสียบ 2 บอร์ด ลงในช่องเสียบที่ 4 และ 5 ทำให้ระบบสามารถขยายได้สูงถึง 4 สายนอก 12 สายใน ซึ่งเป็นการเพียงพอกับความต้องการ

ในกรณีที่ขยายระบบจนเป็น 8 สายนอก 36 สายในนั้น บอร์ดสายในและสายนอกที่ 5 และ 6 จะไม่ใช้วงจรสายภายนอก

6.2 การตั้งค่าลักษณะสมบัติให้กับระบบ

ก่อนการใช้งานจะต้องตั้งค่าลักษณะสมบัติให้ระบบเสียก่อน ลักษณะสมบัติได้แก่

1. Numbering plan ได้แก่การตั้งเบอร์เครื่องโทรศัพท์ภายในและการหมุนหมายเลขเพื่อให้ได้ Service feature ต่าง ๆ

2. การกำหนด Class ของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง ให้โทรภายนอกได้ ให้โทรต่างจังหวัดได้

3. จำนวนสายภายใน และสายนอกที่ติดตั้ง

การตั้งค่าลักษณะสมบัตินี้จะใช้การโปรแกรมลงใน EPROM แล้วนำไปเสียบลงในบอร์ดซีพียู ทำให้การเปลี่ยนแปลงแก้ไขระบบทำได้ง่าย โดยการโปรแกรม EPROM เท่านั้น

ตัวอย่างการตั้งค่าลักษณะสมบัติให้ระบบ

Numbering Plan

200 - 235	เป็นเบอร์เครื่องโทรศัพท์ภายใน จำนวน 36 เครื่อง
5	ยกเลิกการจองสายหรือการฝากสาย
6	การฝากสาย
7	การจองสายหรือการเรียกกลับ
8	โทรออกซ้ำเบอร์เดิม
9	โทรออกสายนอก
Class of service	ทุกเครื่องสามารถโทรภายในและภายนอกได้ ไม่สามารถหมุนออกไปต่างจังหวัดได้

จำนวนสายภายในและภายนอก สายภายใน 36 ภายนอก 8

6.3 วิธีการใช้

1. การโทรภายใน

ยกหูโทรศัพท์ แล้วหมุนเบอร์โทรศัพท์ภายใน ถ้าสายว่างจะได้ยินสัญญาณเรียกกลับ ถ้าสายไม่ว่างหรือ DTMF decoder ไม่ว่าง (กรณีเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มความถี่) จะได้ยินสัญญาณสายไม่ว่าง

2. การโทรออกสายนอก

ยกหูโทรศัพท์แล้วหมุนหมายเลข "9" เพื่อต่อสายนอกได้ จะได้ยินสัญญาณหน้าปัดขององค์การโทรศัพท์ จากนั้นจึงหมุนหมายเลขโทรศัพท์ 7 หลัก ของเบอร์การติดต่อ ภายนอกนั้น ในกรณีที่สายนอกไม่ว่าง หรือ DTMF decoder หรือ Tone dialer ไม่ว่าง จะได้ยินสัญญาณสายไม่ว่าง

3. การรับสายนอก

เมื่อมีการโทรเข้ามาจากสายนอก ตู้สาขาโทรศัพท์จะทำการเรียกไปที่เครื่องโทรศัพท์ภายในเบอร์ 200 ก่อน ถ้าเบอร์ 200 ไม่ว่างก็จะเรียกไปที่ 201 ถ้าไม่ว่างอีกจะเรียกไปที่ 202 เรียงตามลำดับไปเรื่อย ๆ เช่นนี้

4. การพักสายและการโอนสาย

เมื่อรับการเรียกจากสายภายนอก สามารถโอนสายไปเครื่องโทรศัพท์เบอร์อื่น ตามที่ต้องการได้คือ ครั้งแรกให้ทำการเคาะแป้นวางหู (Flash Hook)

การเคาะแป้นให้นานประมาณ 1 วินาที สายนอกจะอยู่ในภาวะพักสายจะได้ยินเสียงดนตรีจากตู้สาขาโทรศัพท์ ส่วนสายภายในจะได้ยินเสียงสัญญาณหน้าปัด ให้หมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะโอนไป ถ้าสายว่างจะได้ยินเสียงเรียกกลับ เมื่อเครื่องโทรศัพท์ที่เรียกรับสายก็เริ่มสนทนากันได้ เมื่อฝ่ายแรกวางหู จะทำการต่อเครื่องโทรศัพท์นั้นกับสายนอกที่พักสายไว้ทันที ทำให้ขั้นตอนการโอนสายเสร็จสมบูรณ์ สายนอกนั้น สามารถโอนไปหาสายอื่น ๆ ได้อีก ตามกรรมวิธีเดียวกัน

5. การโทรออกซ้ำเบอร์เดิม บางครั้งในการโทรออกสายนอก โดยการหมุน "9" และตามด้วยหมายเลข 7 หลักแล้ว ปรากฏว่าสายไม่ว่าง ถ้าต้องการหมุนเบอร์นั้นซ้ำใหม่ สามารถทำได้ง่าย โดยไม่ต้องเสียเวลาคือ ให้วางหูเครื่องโทรศัพท์ก่อน เมื่อยกหูขึ้นมาใหม่เมื่อได้ยินสัญญาณหน้าปัดให้หมุนเลข "8" ตู้สาขาโทรศัพท์จะหาสายนอกที่ว่าง จากนั้นจะหมุนหมายเลข 7 หลัก ของเบอร์โทรศัพท์ที่ต้องการให้อย่างอัตโนมัติ การหมุนทวนหมายเลขสุดท้ายนี้จะหมุนให้เพียงครั้งเดียว ถ้าต้องการอีกให้หมุน "8" อีกครั้ง

6. การจองสายภายในหรือการเรียกกลับ เมื่อโทรไปหาเครื่องภายในแต่ปรากฏว่าไม่ว่าง ถ้าต้องการให้เรียกกลับเองโดยอัตโนมัติสามารถทำได้ โดยการวางหูแล้วหมุนหมายเลข "7" เมื่อโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อว่างลง ตู้สาขาโทรศัพท์จะเรียกมาที่เครื่องของเราทันที เมื่อยกหูตู้สาขาโทรศัพท์จะเรียกไปที่เครื่องปลายทางให้เองโดยอัตโนมัติ ทางเราจะได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับ เมื่อโทรศัพท์เครื่องนั้นยกหู ก็สามารถสนทนากันได้อย่างปรกติ

7. การฝากสายหรือการกำหนดเครื่องรับแทนกัน เมื่อต้องการฝากการรับสายให้กับเครื่องอื่นสามารถทำได้ โดยการหมุน เลข "6" แล้วตามด้วยเบอร์ภายในของเครื่องที่ต้องการจะฝาก เมื่อมีการเรียกมาที่เครื่องของเรา จะไปดังที่เครื่องที่ฝากนั้นแทน

8. การยกเลิกการฝากสาย ให้หมุนหมายเลข "5" จะทำให้กลับมาสู่ภาวะปรกติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปการวิจัย

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความพยายามในการสร้างตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก ให้ได้โดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในประเทศ ตู้ชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กหรือตู้สาขาโทรศัพท์ มีใช้งานในประเทศมาก ไม่เพียงแต่ในธุรกิจเอกชน ตามสำนักงาน โรงงานเท่านั้น แม้แต่ในหน่วยงานรัฐบาลหรือรัฐวิสาหกิจ ก็จำเป็นต้องใช้เช่นเดียวกัน การสามารถสร้างตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดเล็กให้ใช้งานในประเทศได้นั้น ทำให้สามารถทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศได้สูงสุดถึงปีละ 100 ล้านบาท [1]

ตู้สาขาโทรศัพท์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมานี้มีขนาด คือ สามารถต่อกับสายนอกสูงสุดได้ 8 คู่สาย มีสายภายในที่ต่อกับเครื่องรับโทรศัพท์ได้ถึง 36 เบอร์ โดยสามารถขยายระบบจากคู่สายน้อย ๆ ไปสู่คู่สายมาก เช่น เริ่มต้นที่ สายนอก 2 สายใน 6 เพิ่มเป็นสายนอก 4 ภายใน 12 โดยการเพิ่มบอร์ดสายภายในและภายนอกไปเรื่อย ๆ จนได้ขนาดสูงสุด ตู้สาขาโทรศัพท์มีฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับตู้สาขาโทรศัพท์ทั่วไป เช่น สามารถใช้กับเครื่องโทรศัพท์ทั้งที่เป็นชนิดหมุนหน้าปัดและชนิดกดปุ่มความถี่ สายนอกเป็นได้ทั้งชนิด Decadic หรือ DTMF Signaling มีเสียงดนตรีในระหว่างพักสายนอก สามารถรับสายนอกและโอนสายให้เครื่องอื่น ๆ ในระบบได้ โดยการเคาะแป้นวางหู นอกจากนั้นยังมีฟังก์ชั่นบริการพิเศษอื่น ๆ อีกเช่น การหมุนทวนหมายเลขสุดท้าย การฝากสาย การเรียกกลับ เป็นต้น

คุณสมบัติทางด้านเทคนิค คือ ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการทำงานภายใน ระบบจึงเป็นแบบ Store Program Control สวิทชิงเนตเวอร์คเป็นแบบ Space division ซึ่งใช้การตัดต่อของสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ในการสลับสายคู่สนทนาภายในได้สูงสุด ถึง 11 คู่สนทนา ตู้โทรศัพท์สามารถรับแทรฟฟิกได้สูง คือ สายภายใน 0.2 เออริงค์ต่อคู่สายและสายภายนอก 0.3 เออริงค์ ต่อคู่สาย ในกรณีที่ขยายระบบใหญ่สุด

จุดเด่นของโครงการได้แก่ การใช้เทคนิคการพัฒนาโปรแกรมควบคุมระบบโดยใช้ภาษา State Transition Language (STL) ที่ได้คิดค้นขึ้นเอง ภาษา STL นี้จะทำให้การบรรยายการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ในรูป ของไดอะแกรมสถานะ สามารถแปลงเป็นโปรแกรมควบคุมได้ง่ายลง ย่นระยะเวลาในการพัฒนาซอฟท์ให้สั้นลงไปมาก นอกจากนั้นการแก้ไขการทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ก็สามารถทำได้ง่ายด้วย

7.2 ข้อเสนอแนะ

งานการพัฒนาตู้ชุมสายโทรศัพท์นั้น เป็นงานที่ยากและใช้เวลามาก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ งานพัฒนาตู้ชุมสายโทรศัพท์ยังต้องทำต่อไปอยู่ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงานของตู้ให้สูงมากขึ้น ให้สามารถทัดเทียมกับผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ งานที่ควรพัฒนาต่อไปคือ

1. พัฒนาชุดออปเปอเรเตอร์ (Operator console) ทำหน้าที่จะเป็นจุดศูนย์กลางในการรับสายนอก สามารถรับสายและพักสายได้ไม่ต่ำกว่า 6 สาย ได้พร้อมกัน เนื่องจากระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมีสายนอกมากขึ้น การโทรเข้าจะมีมาก จุดอ่อนในระบบปัจจุบันคือ การใช้เครื่องโทรศัพท์เบอร์แรก ๆ ทำการรับสาย ชุดออหเปอเรเตอร์นี้ สามารถทำการโอนสายได้รวดเร็ว และสามารถทราบสภาวะการใช้สายของเครื่องโทรศัพท์ภายในและสายนอกทุกสาย

2. พัฒนาระบบโทรเข้าหาเครื่องภายในโดยตรง (Direct Inward Dialing) เพื่อลดภาระของการรับสาย โดยการให้สายนอกสามารถหมุนเบอร์ภายในเข้ามาโดยตรง สายนอกที่ใช้ต้องเป็นเครื่องชนิดกดปุ่มความถี่ ภายในตู้สาขาโทรศัพท์จะมีเครื่องกำเนิดเสียงเพื่อให้คำแนะนำในการกดปุ่มเลขหมายภายในมี DTMF decoder สำหรับรับหมายเลขที่จะกดตามมา และมีโปรแกรมควบคุมให้มีการเรียกเข้าไปที่เบอร์ภายในได้โดยตรง

3. พัฒนาระบบโทรศัพท์ชนิดคีย์ (Key Telephone) เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานโทรศัพท์เครื่องโทรศัพท์ชนิดคีย์จะติดต่อถึงตู้สาขาโทรศัพท์โดยใช้คู่สาย 2 คู่ คู่หนึ่งเป็นสัญญาณเสียง อีกคู่หนึ่งจะเป็นสายข้อมูล ภายในเครื่องโทรศัพท์ชนิดคีย์จะมีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานอยู่ทำให้ สามารถลดภาระของตู้สาขาโทรศัพท์ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ เช่นลด DTMF decoder ลดการเรียกด้วยสัญญาณกระดิ่ง ลดความซับซ้อนของโปรแกรมในการตรวจจับตัวเลข การยกหู การวางหู การเคาะแป้น เป็นต้น

4. พัฒนาตู้สาขาโทรศัพท์ขนาดใหญ่สำหรับกิจการเช่น คอนโดมิเนียม แฟลต โรงเรียน โรงแรม เป็นต้น ตู้สาขาโทรศัพท์มีขนาดใหญ่ถึง 100 หมายเลข แต่มีสายภายนอกน้อย เช่น ไม่เกิน 8 คู่สาย แทรฟฟิกภายในต่ำ แต่ภายนอกสูง ใช้การสลับสายโดยออปเปอเรเตอร์ในการรับสายนอก และการโอนสาย การโทรออกจะมีเครื่องพิมพ์สำหรับบันทึกการโทรออก โดยอัตโนมัติ

5. พัฒนาเทคนิคการเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ภาษา STL ให้เป็นระบบขึ้น โดยการแบ่งส่วนที่เป็น BIOS และ SR ให้ชัดเจน ส่วนที่เป็น BIOS ควรสั้นลงและขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์โดยตรง เมื่อนำโปรแกรมไปติดตั้งในระบบอื่นก็สามารถทำได้ง่ายขึ้นโดยการแก้ไขเฉพาะส่วนที่เป็น BIOS เท่านั้น

6. เพิ่มเติมคุณสมบัติการให้บริการแก่ตู้สาขาโทรศัพท์โดยการพัฒนาซอฟท์แวร์ต่อไป เช่นคุณสมบัติการบริการ Night Service Transfer การจองสายนอก การจัดกลุ่มของสายภายใน การจัดกลุ่มของสายภายนอก เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษดา วิศวธีรานนท์ และคณะ "การศึกษาลู่ทางการลงทุนผลิตตู้สาขาโทรศัพท์" รายงานการวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน สำนักบริการวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 18 มกราคม 2530
2. ร.อ. อนุรักษ์ เถื่อนศิริ "การสร้างชุมสายโทรศัพท์สาขาขนาดเล็กระบบอิเล็กทรอนิกส์" วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2528
3. ร.อ.อนุรักษ์ เถื่อนศิริ กฤษดา วิศวธีรานนท์ "การสร้างชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กแบบอัตโนมัติระบบอิเล็กทรอนิกส์" วิศวกรรมสาร ปีที่ 39 เล่มที่ 4 สิงหาคม 2529
4. พฤกษ์ พูนเกษม "Lift Controller Hardware" ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2530
5. SGS Telecommunications Product 2nd Edition
6. นรินทร์ โกษาคาร สมศักดิ์ อัศวรุ่งสกุล "การพัฒนาชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก EPABX" ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2530
7. JL Fike, GE Friend "Understanding Telephone Electronics" Radio Shack 1987
8. D.H. CARBAUGH, G. G. DREW, H. GHIRON and MRS. E.S. HOOVER" No. 1 ESS Call Processing " THE BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL, SEPTEMBER 1986
9. M.T. HILLS, S. KANO "Programming Electronic Switching System; real time aspects and their language application " Peter Peregrinus LTD
10. ถาวร อานุภาพไตรรงค์ "เทคนิคสำหรับการออกแบบโปรแกรม" ก.ค 2528
11. เจริญชัย เจริญทั้งเมือง กฤษดา วิศวธีรานนท์ "การพัฒนาโปรแกรมควบคุมตู้สาขาโทรศัพท์โดยใช้ภาษา STL" การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 10 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พฤศจิกายน 2530
12. RJ Andrew etal "Service features and Call Processing Plan" The Bell System Technical Jounal Vol 48 No. 8 1969

13. J. Bellamy "Digital Telephony" John wiley & Sons 1982
14. B.E. Briley "Introduction to Telephone Switching" Addison Wesley 1983
15. A.E. Joel Jr. "Electronic Switching : Digital Central Office Systems of the World" IEEE Press 1981
16. S. Savitzby "Real time Microprocessor Systems" Van Nostrand Reinhold 1985

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย