เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

MICROPROCESSOR CONTROLLED PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

ถนอมศักดิ์ บุญยะลีพรรณ

THANORMSAK BOONYALEEPUN

อาจารย์ที่ปรึกษา

สิทธิชัย โภไคยอุดม Ph.D.

ADVISOR

SITTHICHAI POOKAIYAUDOM Ph.D.

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2527

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

แบบฟอร์มการให้คะแนนการสอบวิทยานิพนธ์

สำหรับนักศึกษาระดับมหาบัณฑิต

ชื่อนักศึกษา ...นายณนอมศักดิ์ บุญยะลีพรรณ..... เลขประจำตัว ...๒๔๐๐๑๐.....

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ...เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์...

...Microprocessor Controlled Private Automatic Branch Exchange...

๑

ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมการสอบ	ลายมือชื่อ	ผลการสอบ
รศ.ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม		ผ่าน
รศ.มนูญ สุขเกษม		ผ่าน
รศ.ชม กิ้มปาน		ผ่าน
ดร.แคเนียล บรีน		ผ่าน
ดร.วัลลภา สุระกำพลธร		ผ่าน
ดร.จเร สุรวัฒนปัญญา		ผ่าน

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ ...๒๗ พฤศจิกายน ๒๕๒๗..... เวลา ...๑๔.๐๐....น. สถานที่ ห้อง A ...๓๐๕

(ดร.ณรงค์ วัฒนศรีพรรณ)

ลงนามในนาม

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

017350

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	III
ABSTRACT	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	3
2.1 ระบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	3
2.2 ขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น	3
2.3 สัญญาณต่าง ๆภายในระบบของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	6
2.4 การทำงานของโทรศัพท์ภายใน	6
2.5 การทำงานของพนักงานต่อโทรศัพท์	7
2.6 การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นมา	7
บทที่ 3 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์	8
3.1 โครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์	8
3.2 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลาง	9
3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์	10
บทที่ 4 การควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์	18
4.1 การกำหนดชื่อจุดสัญญาณเข้าออกที่ใช้ควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลาง	18
4.2 หน่วยควบคุมโทรศัพท์ภายใน	20
4.3 หน่วยแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน	33
4.4 ส่วนคีย์บอร์ด	35
4.5 หน่วยควบคุมคู่สายภายนอก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 5 การทำงานของซีพียูในระบบไมโครโปรเซสเซอร์ 46

5.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหลัก 46

5.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเริ่มต้น 48

5.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมส่วนสแกนคีย์บอร์ด 50

5.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสแกนส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายใน 54

5.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสแกนโทรศัพท์ภายในและคู่สายภายนอก 55

บทที่ 6 บทสรุป 66

กิตติกรรมประกาศ 68

เอกสารอ้างอิง 69

ภาคผนวก 70

ภาคผนวกที่ 1 แสดงโฟล์วชาร์ทการสแกนคีย์บอร์ดและส่วนแสดงผล 70

ภาคผนวกที่ 2 แสดงโปรแกรมที่ใช้งานทั้งหมด 73

ภาคผนวกที่ 3 วิธีใช้โทรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมา 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการนำระบบไมโครโปรเซสเซอร์ไปประยุกต์ใช้กับระบบชุมสาย-โทรศัพท์สาขาขนาดกลาง โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด แทนระบบเก่าที่ใช้วงจรทางอิเลคทรอนิคส์ ซึ่งมีขนาดใหญ่ ทำงานช้า ยากแก่การซ่อมแซม, แก้ไข และดัดแปลง แนวความคิดนี้ยังผลให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางนี้มีขนาดเครื่องทั้งหมดเล็กลง ทำงานรวดเร็วไม่ผิดพลาด ทั้งยังดัดแปลง แก้ไข ซ่อมแซมและเคลื่อนย้ายได้ง่าย ราคาถูกมากและมีขีดความสามารถสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This thesis presents the application of microprocessor control to a PABX (Private Automatic Branch Exchange) system. Usually, a PABX controlled by linear circuits is very big in size, slow in operation, hard to improve, and inflexible. To overcome these disadvantages, we use a microprocessor system instead of previous linear circuits to control a PABX system. The new method allows a PABX of much smaller size, faster and error free operation, greater flexibility and adaptability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

(Introduction)

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความเจริญก้าวหน้าเหล่านี้แผ่ขยายไปทั่วโลกได้ต้องอาศัยการสื่อสารและการคมนาคม จึงสามารถกล่าวได้ว่า การคมนาคมและการสื่อสารเป็นสื่อกลางของความเจริญก้าวหน้าทั้งมวลในโลก

การสื่อสารมีอยู่หลายรูปแบบ ที่จะกล่าวถึงในที่นี้ คือการสื่อสารทางโทรศัพท์ โทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารที่สะดวก, รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน ตลอดจนค่าใช้จ่ายน้อยกว่าถ้าคิดเปรียบเทียบกับการสื่อสารระบบอื่น ๆ เช่น โทรพิมพ์ หรือโทรเลข เป็นต้น

ระบบโทรศัพท์จึงเป็นระบบซึ่งน่าสนใจที่จะค้นคว้าและพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าต่อไป การที่จะโทรศัพท์จากที่หนึ่งไปยังที่ต่าง ๆ ได้จำเป็นต้องผ่านชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นแบบอัตโนมัติ ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติมีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่มาก ๆ แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งาน ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลาง เป็นเครื่องชุมสายที่นิยมใช้กันมากในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรม เช่น บริษัทหรือห้างร้านใหญ่และโรงงานต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งเราต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศทำให้ราคาแพง เครื่องชุมสายมีขนาดใหญ่ ยากแก่การติดตั้ง, ซ่อมแซมและบำรุงรักษา ส่วนควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดใช้วงจรเชิงเส้น (Linear circuit) ซึ่งทำงานช้า, ดัดแปลงแก้ไขและพัฒนาได้ยาก ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่นำเอาระบบไมโครโปรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาแทนระบบเก่าเพราะไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นระบบที่ทำงานได้รวดเร็วมีความผิดพลาดน้อย ทั้งยังดัดแปลงแก้ไขได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานด้วยโปรแกรม (Program) การแก้ไขและพัฒนาโปรแกรมซึ่งเป็นซอร์ฟแวร์ (Software) ย่อมทำได้สะดวก, รวดเร็วและดีกว่าการแก้ไขวงจรทางอิเลคทรอนิคส์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เป็นส่วนควบคุมการทำงานทำให้เครื่องมีขนาดเล็ก ง่ายแก่การเคลื่อนย้ายและติดตั้ง ทั้งยังราคาถูกกว่ามาก ในขณะที่ทำงานได้รวดเร็วและมีความสามารถของเครื่องสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อเรื่องในวิทยานิพนธ์นี้ได้แยกหัวข้อไว้เป็นบท ๆ ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ สาขาอัตโนมัติ และแนวความคิดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 บทนี้กล่าวถึงระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ สาขาอัตโนมัติ และขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงไมโครโปรเซสเซอร์ และระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้งานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่พัฒนาขึ้นมา

บทที่ 4 กล่าวถึงการควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

บทที่ 5 กล่าวถึงการทำงานของส่วนที่เป็นหัวใจในระบบไมโครโปรเซสเซอร์ คือ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Precessing Unit)

บทที่ 6 เป็นการสรุปผลการทดลองใช้งาน และวิจารณ์ข้อดีข้อเสีย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ภาคผนวกแสดงโฟลว์ชาร์ท ขั้นตอนการทำงานของซีพียูโดยละเอียดและโปรแกรมที่ใช้งานจริง โดยใช้ไอซี เบอร์ Z - 80 CPU เป็นหน่วยประมวลผลกลาง รวมทั้งวิธีใช้ไซรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

Private Automatic Branch Exchange (PABX)

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ คือ เครื่องมือที่ใช้ขยายคู่สายโทรศัพท์ให้มากขึ้น เป็นสื่อกลางอำนวยความสะดวกในการสื่อสารให้ดียิ่งขึ้นระหว่างบุคคลในโรงงาน หรือบริษัท เป็นต้น ดังนั้นถ้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติมีขีดความสามารถสูงเท่าใด ก็จะช่วยอำนวยความสะดวกและความคล่องตัวในการติดต่อสื่อสารมากขึ้นเท่านั้น

2.1 ระบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

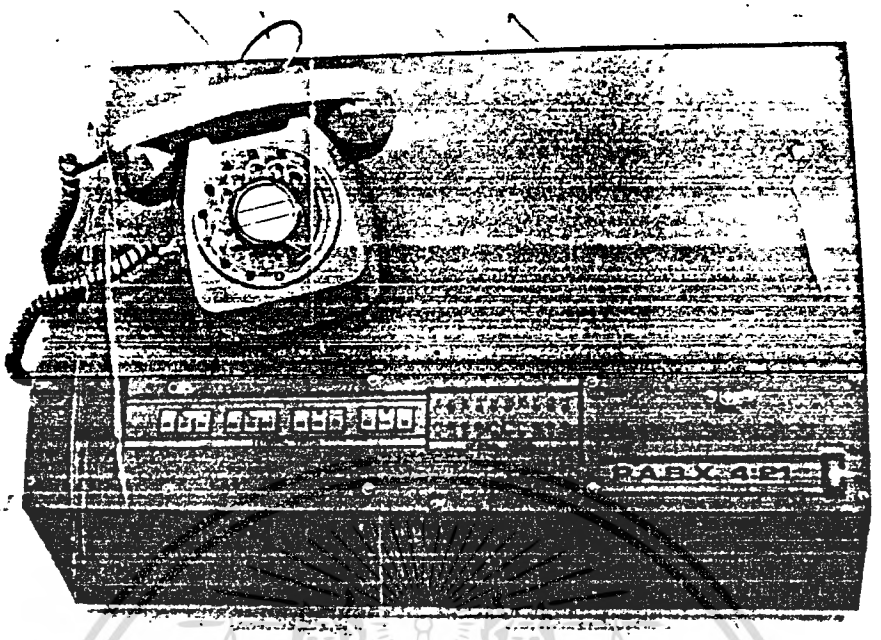
เครื่องชุมสายระบบเก่าส่วนมากจะเป็นระบบครอสบาร์ (Cross bar) ซึ่งใช้กับโทรศัพท์แบบหมุน (Dial) เครื่องโทรศัพท์ชนิดนี้ราคาถูกแต่เครื่องชุมสายมีราคาแพงมาก มีขนาดใหญ่ซ่อมแซมยาก การติดตั้งและการขนย้ายไม่สะดวก ถึงแม้จะได้มีการพัฒนาดัดแปลงมาใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งทำให้เครื่องชุมสายมีขนาดเล็กลง ราคาถูกลง และขีดความสามารถสูงขึ้นก็ตาม แต่ส่วนมากจะต้องใช้กับโทรศัพท์ที่ออกแบบใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้เฉพาะกับเครื่องชุมสายนั้น ๆ ซึ่งโทรศัพท์เหล่านี้มีราคาแพงมากทำให้ราคารวมทั้งหมดของระบบยังคงสูงมาก

เครื่องชุมสายสาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้เน้นถึงราคาในการผลิตต่ำ สามารถผลิตได้เองภายในประเทศอุปกรณ์ที่ใช้ไม่ว่าจะเป็นส่วนของวงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ หรือส่วนของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาดในราคาถูก ทำให้สะดวกต่อการซ่อมแซมแก้ไขและบำรุงรักษา ทั้งยังมีขีดความสามารถสูงไม่แพ้เครื่องชุมสายของต่างประเทศในขณะที่ใช้กับโทรศัพท์แบบหมุนทั่ว ๆ ไปได้ ไม่ว่าจะเป็นระบบ 10 พัลซ์ต่อนาที (10 pulses per second หรือ 10 PPS) หรือ 20 พัลซ์ต่อนาที รวมทั้งสามารถใช้กับโทรศัพท์แบบกดปุ่มที่เป็นระบบพัลซ์ได้ด้วย สาเหตุที่ออกแบบให้ใช้กับโทรศัพท์แบบหมุนได้เพราะว่าเป็นโทรศัพท์ที่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย ทำให้ต้นทุนรวมของเครื่องทั้งหมดมีราคาถูกกว่าเดิมมาก

2.2 ขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

ขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่พัฒนาขึ้นเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 รูปลักษณะของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลาง

1. สามารถต่อกับคู่สายภายนอก (External lines) หมายถึงคู่สายขององค์การโทรศัพท์ได้ 4 คู่สาย

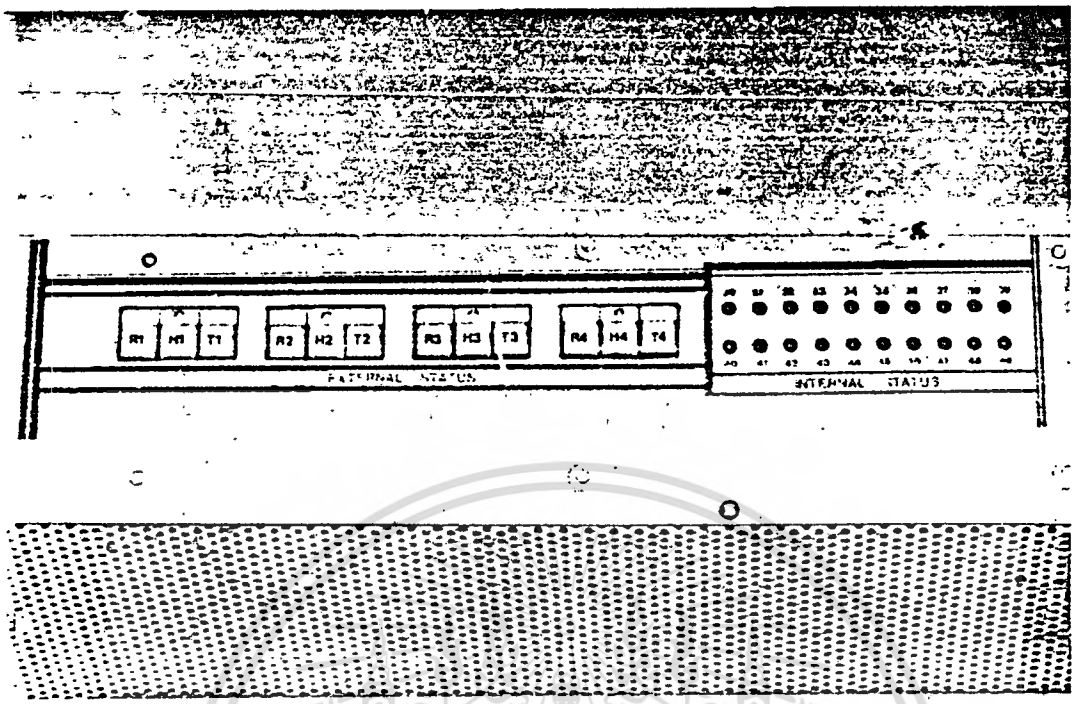
2. มีคู่สายโทรศัพท์ภายใน (Internal lines) 21 คู่สาย รวมทั้งคู่สายของพนักงานต่อโทรศัพท์หรือโอเปอร์เรเตอร์ (Operator) ด้วย

3. ที่ตัวเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ มีส่วนแสดงผลที่แสดงสถานะ (Status) การทำงานของคู่สายภายใน และภายนอกว่าคู่สายใดถูกใช้งานอยู่บ้าง มีลักษณะดังรูปที่ 2.2

4. มีคีย์บอร์ด (Keyboard) เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับโอเปอร์เรเตอร์ (Operator) ในการใช้สายนอก ไม่ว่าจะเป็นการรับ, การพักสาย และการโอนคู่สายนอกไปยังโทรศัพท์ภายใน

5. โอเปอร์เรเตอร์สามารถพักคู่สายภายนอก ได้ทั้ง 4 คู่สายพร้อมกัน เพื่อติดต่อไปยังคู่สายภายใน แล้วจึงค่อยโอนคู่สายภายนอกนั้น ๆ ให้กับคู่สายภายในได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ส่วนแสดงผลของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

6. เครื่องชุมสายนี้สามารถโปรแกรมบังคับเครื่องโทรศัพท์ภายในให้สามารถโทรทางไกลได้หรือไม่ได้ตามที่ต้องการ

7. ในระบบของเครื่องชุมสายนี้มีช่องสัญญาณในการติดต่อ (Channel, Talking path หรือ Route) 4 ช่องสัญญาณ กล่าวคือโทรศัพท์ภายในสามารถใช้ติดต่อกันได้ 8 เครื่อง พร้อม ๆ กัน

8. โทรศัพท์ภายในขณะที่ติดต่อกับสายนอกอยู่สามารถพักสายนอกของตัวเองที่ใช้อยู่ได้ เพื่อติดต่อกับคู่สายภายในด้วยกันเอง แล้วค่อยกลับมาใช้สายนอกที่พักสายไว้ได้อีก หรือสามารถจะโอนคู่สายภายนอกของตนเองไปให้กับโทรศัพท์ภายในเครื่องอื่น ๆ ได้

9. ในกรณีที่ปิดเครื่องชุมสายโทรศัพท์หรือไฟดับ เครื่องจะต่อสายนอกทั้ง 4 คู่สาย เข้าเครื่องโทรศัพท์ภายในโดยตรง 4 เครื่อง โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สัญญาณต่าง ๆ ภายในระบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ในวิทยานิพนธ์นี้

ลักษณะสัญญาณต่าง ๆ ภายในระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เป็นดังนี้

1. สัญญาณให้หมุน (Dial tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ พร้อมแล้วที่จะให้ผู้ใช้โทรศัพท์หมุนหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อด้วย มีลักษณะเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท (400 Hz) ต่อเนื่องกันตลอด

2. สัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้ว ว่าสามารถติดต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการได้ มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท ดังและเงียบเป็นช่วง ๆ กล่าวคือ ดังประมาณ 1 วินาที และเงียบประมาณ 2 วินาที

3. สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วย ทราบว่าไม่สามารถติดต่อคู่สายนั้นได้ มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 500 เฮิร์ท ดังและเงียบในช่วงเวลา 0.3 วินาที เท่า ๆ กัน

4. สัญญาณเรียก (Ringing) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายใน เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้อื่นต้องการติดต่อด้วย มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 25 เฮิร์ท มีขนาด (Amplitude) ประมาณ 100 โวลต์ ติดและดับเป็นช่วง ๆ เหมือนและพร้อมกับสัญญาณเรียกกลับ

2.4 การทำงานของโทรศัพท์ภายใน

การทำงานของโทรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายอัตโนมัตินี้ เป็นดังนี้

เมื่อเริ่มยกหูฟัง (Handset) ผู้ใช้จะได้รับสัญญาณให้หมุน ผู้ใช้จะเลือกว่าจะติดต่อภายนอกหรือภายใน ถ้าหมุนเลข 0 นำหน้าหมายเลขนอกชุมสายก็จะติดต่อภายนอกได้ หมุนเลข 9 เมื่อต้องการติดต่อกับพนักงานต่อโทรศัพท์ ถ้าจะติดต่อโทรศัพท์ภายในด้วยกันเอง ใช้การหมุนหมายเลข 2 ตัว ในการเรียก (หมายเลข 30 ถึง 49) ถ้าติดต่อไม่ได้จะได้รับสัญญาณไม่ว่าง แต่ถ้าติดต่อได้เครื่องชุมสายจะส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียก และส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังเครื่องผู้เรียกในเวลาเดียวกัน จากนั้นจะสามารถติดต่อกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ภายในใช้สายนอกอยู่ สามารถพักสายนอกนั้นได้ โดยการหมุนเลข 5 เครื่องชุมสายจะพักสายนอกนั้นไว้โดยไม่ให้ใครใช้สายนอกนั้นได้ แล้วตอบสัญญาณให้หมุนที่ลับมาให้ทราบ ผู้ใช้สามารถติดต่อกับโทรศัพท์ภายในเครื่องอื่น ๆ ได้ โดยการหมุนหมายเลขประจำตัวของเครื่องโทรศัพท์ภายในนั้น ๆ ในกรณีที่ผู้พักสายนอกนั้นติดต่อไปยังโทรศัพท์ภายในเครื่องอื่น ๆ ไม่ได้หรือติดต่อได้ แต่ผู้ใช้นั้นต้องการเรียกสายนอกที่พักไว้กลับมาก็ทำได้โดยการหมุนเลข 2 และถ้าต้องการโอนสายนอกนั้นไปให้ผู้อื่น หลังจากการพักสายนอกแล้ว หมุนหมายเลขเครื่องภายในที่ต้องการจะโอนสายนอกให้ เมื่อติดต่อกับเครื่องภายในนั้นได้แล้ว แจ้งให้ผู้ถูกเรียกทราบว่าต้องการจะโอนสายนอกให้ หลังจากนั้นตนเองวางหูฟังเสีย ผู้ถูกเรียกหมุนเลข 2 เครื่องชุมสายจะทำการต่อสายนอกนั้น ให้ผู้ถูกเรียกตามที่เราต้องการ

2.5 การทำงานของพนักงานต่อโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ของโอเปอร์เรเตอร์ทำงานเหมือนกับโทรศัพท์ภายในทุกประการต่างกันตรงที่ความสะดวกกว่าในการใช้สายนอก กล่าวคือ พนักงานต่อโทรศัพท์สามารถติดต่อสายนอกได้ โดยการกดคีย์บอร์ดี R1, R2, R3 และ R4 ตามลำดับสายนอกคู่สวยที่ 1,2,3 และ 4 โดยไม่ต้องหมุนเลข 0 ถ้าต้องการจะพักสายนอกทำได้โดยการกดคีย์บอร์ด H1, H2, H3 และ H4 ตามลำดับของคู่สายนอกที่ต้องการจะพักสายโดยไม่ต้องหมุนเลข 5 และเมื่อติดต่อกับเครื่องภายในได้จะโอนสายนอกให้ โดยการกดคีย์บอร์ด T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับที่ต้องการ โดยที่ผู้ที่ถูกโอเปอร์เรเตอร์เรียกไม่ต้องหมุนเลข 2

2.6 การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นมา

ในเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติทั่วไป การหาช่องสัญญาณติดต่อที่ว่าง (Route scanning) เครื่องชุมสายจะสแกน (Scan) ไปตามลำดับตั้งแต่ช่องติดต่อสัญญาณที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับว่าช่องสัญญาณติดต่อใดว่าง ก็จะใช้ช่องสัญญาณติดต่อนั้น จะเห็นได้ว่าช่องสัญญาณติดต่อที่ 1 ถูกใช้งานมากที่สุด และช่องที่ 2, 3, 4, ถูกใช้งานรองตามลำดับลงมา ดังนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับช่องสัญญาณติดต่อที่ 1 จะเสียหายหรือชำรุดก่อนช่องสัญญาณติดต่ออื่น ๆ ซึ่งพบเห็นเป็นประจำในเครื่องชุมสายสาขาทั่วไป แต่สำหรับเครื่องชุมสายในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้ระบบการแบ่งเวลา (Time division) ในการเลือกช่องสัญญาณติดต่อ เพื่อให้การใช้ช่องสัญญาณติดต่อทุก ๆ ช่องเป็นไปอย่างเท่าเทียมกัน ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางยืนยาวกว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบไมโครโปรเซสเซอร์

(Microprocessor system)

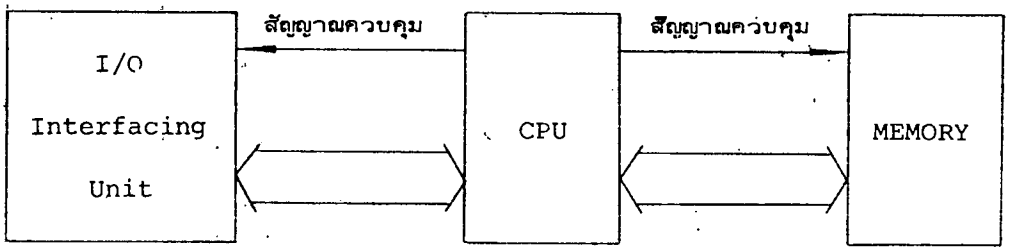
ตามที่เราทราบกันดีอยู่แล้วว่าคอมพิวเตอร์ (Computer) เป็นสมองกลที่สามารถคำนวณ แยกแยะข้อมูล, เก็บข้อมูลและตัดสินปัญหาต่าง ๆ ตามที่เรากำหนดได้รวดเร็วและถูกต้องมากกว่าการที่ให้มนุษย์คิด เนื่องจากคอมพิวเตอร์ สามารถปฏิบัติคำสั่งไม่ว่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์ (Arithematics), ลอจิก (Logic) การเก็บข้อมูล และอื่น ๆ ภายในเวลา 1 วินาทีได้เป็นจำนวนแสน ๆ คำสั่ง จากงานชิ้นเดียวกันถ้าให้มนุษย์คิดจะต้องใช้เวลาเป็นอาทิตย์หรือเป็นเดือนจึงจะได้คำตอบ จากความสามารถสูงนี้เองทำให้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในความเจริญก้าวหน้าใหม่ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านวิทยาศาสตร์, ธุรกิจ และอุตสาหกรรม เป็นต้น

ในปัจจุบันเทคโนโลยีของการผลิตวงจรรวมขนาดใหญ่ (Large Scale Integration หรือ LSI) เจริญก้าวหน้าไปอย่างมากมาย ทำให้สามารถบรรจุวงจรทางอิเลคทรอนิคส์หลาย ๆ วงจรลงในแผ่นวงจรรวมแผ่นเดียว ซึ่งเรียกว่าชิพ (Chip) ได้ ดังนั้นจึงสามารถบรรจุวงจรหน่วยต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ คือ หน่วยควบคุม (Control Unit) หน่วยคำนวณ (Arithematics and Logic unit) หน่วยความจำ (Memory) บางส่วน และวงจรควบคุมการส่งและรับสัญญาณภายนอกบางส่วน เข้าไว้ในชิพเพียงชิพเดียว เรียกว่าไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งสามารถประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ และควบคุมหน่วยอื่น ๆ ให้ทำงานไปด้วยกันได้

3.1 โครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

โครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์โดยทั่วไปสามารถเขียนเป็นบล็อคไดอะแกรมดังรูปที่ 3.1 CPU เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ ลอจิก และแยกแยะข้อมูล มี Memory เป็นที่เก็บโปรแกรมหลัก (Monitor program) รวมทั้งข้อมูลและผลการคำนวณจาก CPU โดยมี I/O Interfacing unit เป็นตัวรับส่งข้อมูลติดต่อกับภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

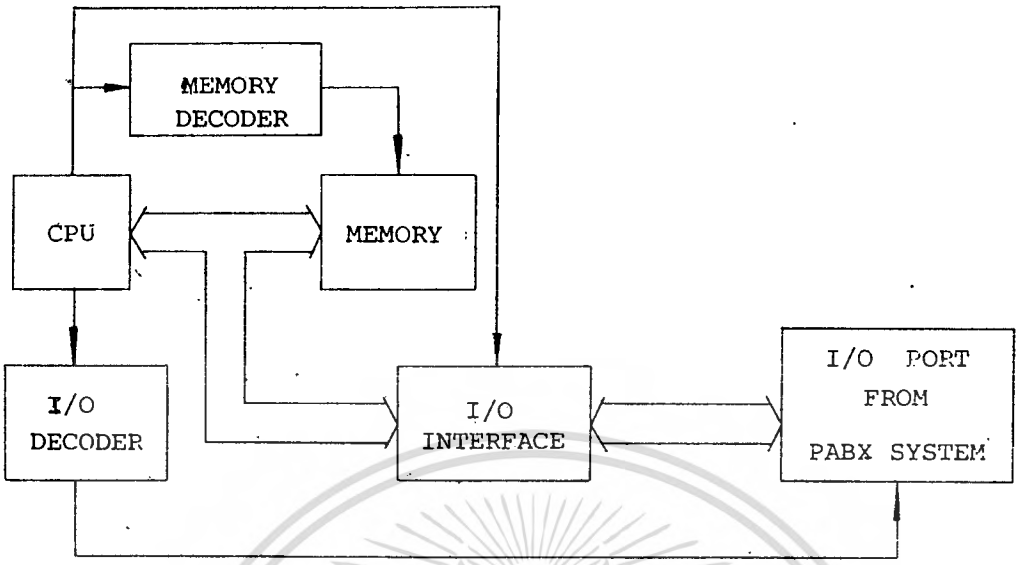
ลำพังแต่ตัวไมโครโปรเซสเซอร์นั้นไม่สามารถทำอะไรได้ต้องอาศัยวงจรประกอบอื่น ๆ เช่น วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock), วงจรถอดระหัส (Decoder) เพื่อทำให้หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit หรือ CPU) ทำงานและติดต่อกับหน่วยควบคุมอื่น ๆ ได้

3.2 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลาง

การออกแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าจะเป็นไปในลักษณะรูปแบบใด เช่นจะนำมาใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติจะมีบล็อคไดอะแกรม ดังในรูปที่ 3.2 จำเป็นจะต้องใช้หน่วยความจำมาก ซึ่งภายในตัว Z - 80 CPU มีไม่เพียงพอ จำเป็นต้องต่อหน่วยความจำเพิ่มเข้าไปอีก ทำให้ต้องมีส่วนถอดระหัสความจำ (Memory decoder) ซีพียูต้องมีการรับข้อมูล (Data) จากระบบชุมสายโทรศัพท์ นำมาคำนวณและตัดสินใจตามข้อกำหนดของโปรแกรม แล้วส่งข้อมูลออกไปควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ การติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างระบบทั้งสองต้องผ่านตัวเชื่อมกลาง เรียกว่าตัวอินเทอร์เฟซ (I/O Interface) ระบบชุมสายโทรศัพท์เป็นระบบใหญ่มีจุดที่ซีพียูจะต้องส่งและรับข้อมูล (I/O Port) หลายจุดจำเป็นต้องมีส่วนถอดระหัสการรับส่งข้อมูลเข้าออก (I/O Decoder)

017350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

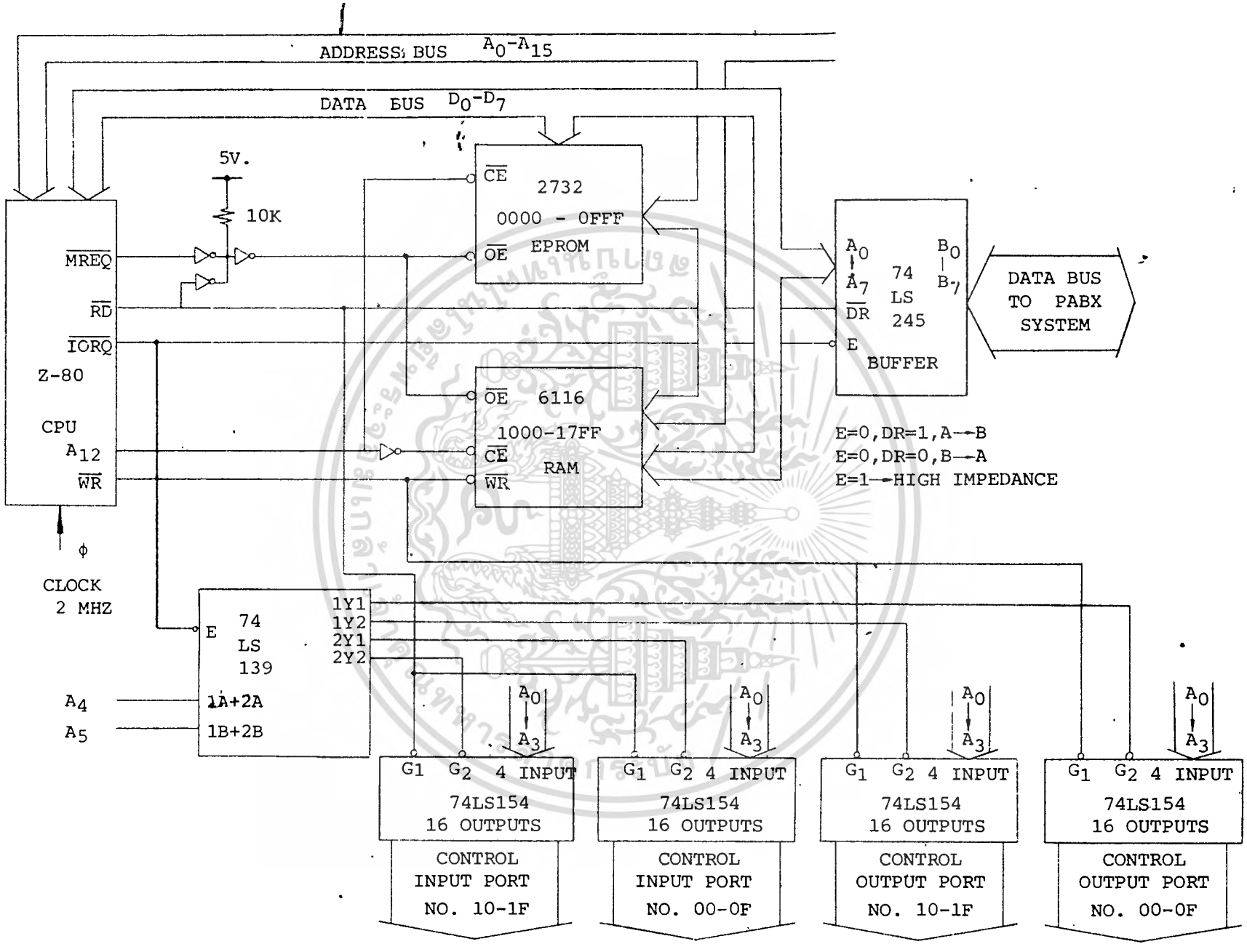


รูปที่ 3.2 แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้กับ PABX

3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์

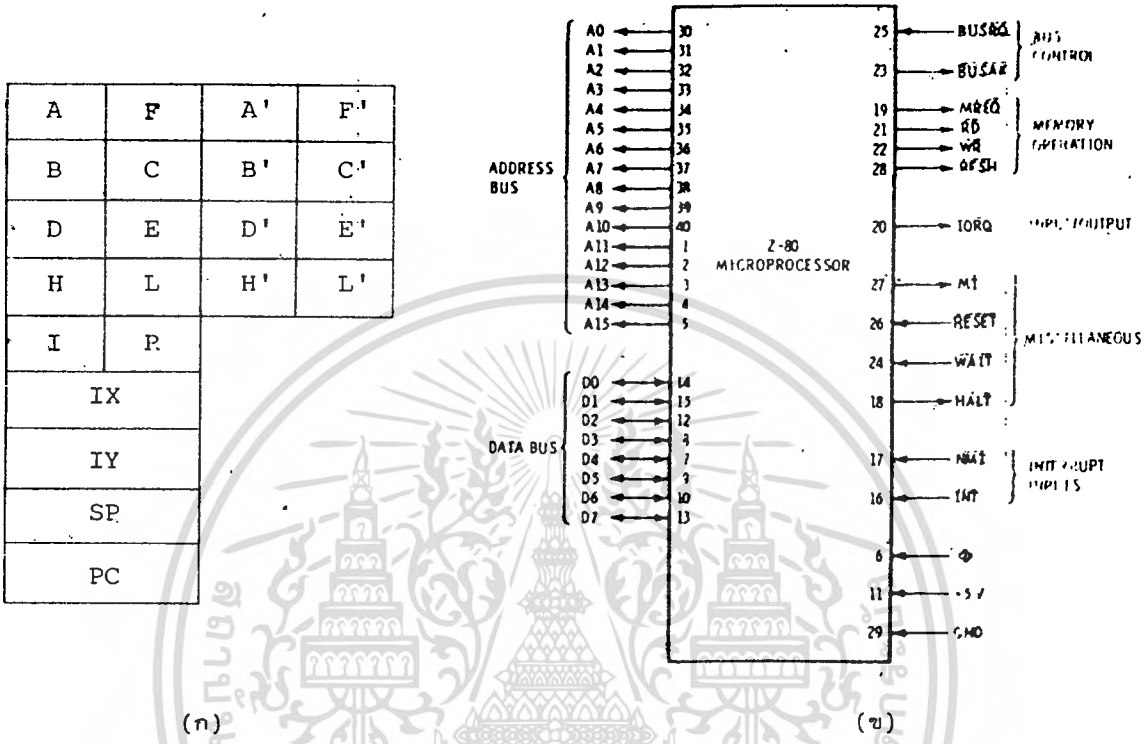
วงจรของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ที่ออกแบบขึ้นมีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

3.3.1 ซีพียู ใช้ Z-80 CPU เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด มีโครงสร้าง (Architecture) ดังนี้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.4 (ก) รีจีสเตอร์ภายใน Z-80 CPU

(ข) โครงสร้างและสัญญาณต่างๆของ Z-80 CPU

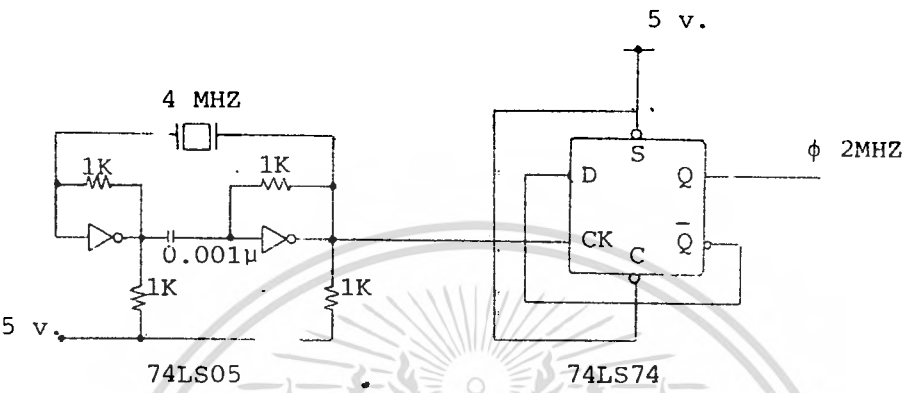
Z-80 CPU เป็นหน่วยประมวลผลกลางที่มีข้อมูลขนาด 8 บิท (D_0 ถึง D_7) ADDRESS BUS ขนาด 16 บิท (A_0 ถึง A_{15}) มีรีจิสเตอร์หลัก ขนาด 8 บิท ใช้งานทั่วไป 8 รีจิสเตอร์ คือ A, F, B, C, D, E, H และ L มีรีจิสเตอร์สำรอง ขนาด 8 บิท ใช้งานอีก 8 รีจิสเตอร์ A', F', B', C', D', E', H' และ L'มีรีจิสเตอร์ ใช้งานเฉพาะ ขนาด 8 บิท 2 รีจิสเตอร์คือ I และ R และมีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ขนาด 16 บิท อีก 4 รีจิสเตอร์ คือ รีจิสเตอร์ IX, IY, SP และ PC และมีคำสั่ง ที่ใช้งานได้ถึง 158 คำสั่ง

3.2.2 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

สัญญาณนาฬิกา เป็นสัญญาณที่สำคัญมากที่ประกอบเข้ากับซีพียู เพื่อให้ซีพียูทำงานได้ วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาที่ออกแบบไว้ เป็น Astable multivibrator มีความถี่ 2 เมกกะเฮิร์ท ได้จากวงจรออสซิเลเตอร์ที่มี Crystal เป็นตัวควบคุมความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลเลทที่ความถี่ 4 เมกกะเฮิร์ท จากนั้นป้อนเข้าวงจร divider (IC 74 LS 74) เพื่อให้ได้ความถี่เป็น 2 เมกกะเฮิร์ท



รูปที่ 3.5 วงจรสร้างความถี่ 2 MHZ

3.3.3 หน่วยความจำ (Memory)

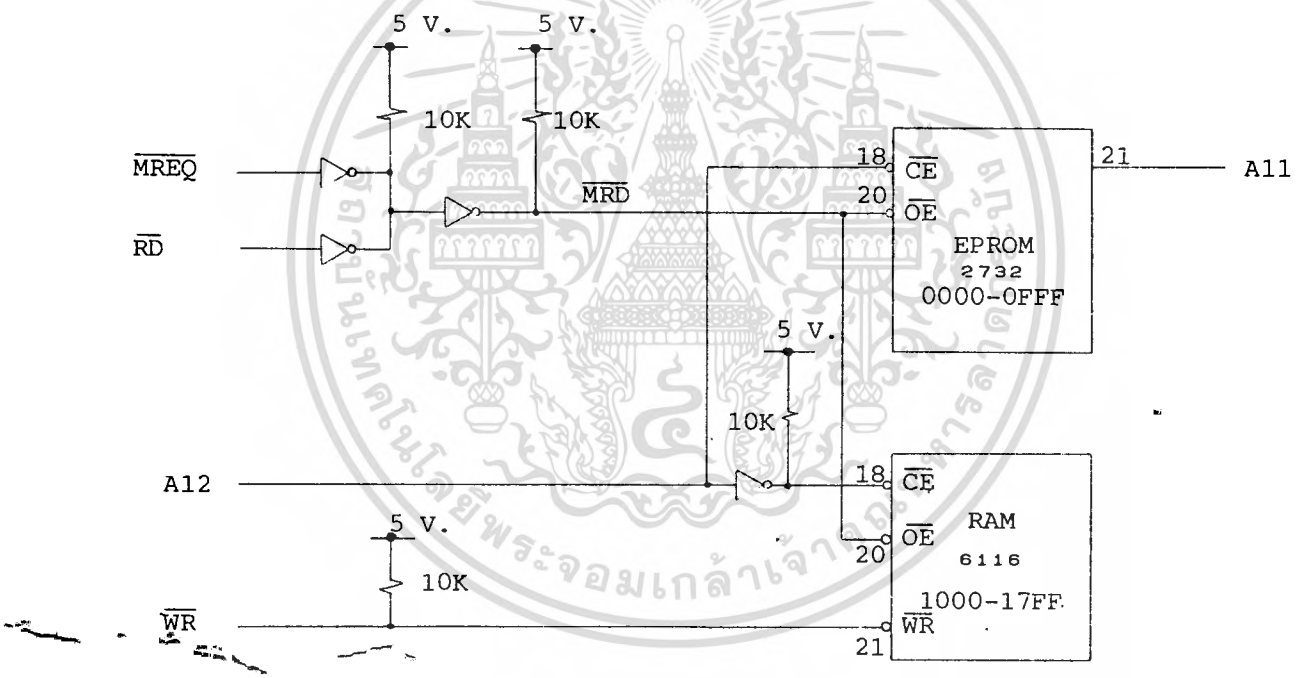
หน่วยความจำที่ออกแบบไว้ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์นี้ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

- หน่วยความจำแบบแรนดอม (Random Access Memory) หรือ RAM) เป็นหน่วยความจำชนิดที่เก็บข้อมูลได้ และขณะเดียวกันซีพียูสามารถจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลในหน่วยความจำนั้นได้หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นหน่วยความจำที่อ่านออกมาหรือเขียนเข้าไปได้ (Read write memory) ตลอดเวลาที่มีไฟเลี้ยง (Supply) อยู่ถ้าเราปิดเครื่องข้อมูลเหล่านั้นจะหายไป ในที่นี้ใช้ ไอซีเบอร์ RAM 6116 ซึ่งมีความจุ 2K x 8 ไบท์ ใช้เก็บสถานะต่าง ๆ ทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์เช่น สถานะของสายนอก, โทรศัพท์ภายใน, ช่องสัญญาณติดต่อ, ส่วนแสดงผล และคีย์บอร์ด เป็นต้น

- หน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียว (Read Only Memory หรือ ROM) เราจะเขียนข้อมูลเข้าไปในหน่วยความจำชนิดนี้เพียงครั้งเดียว และข้อมูลนั้นจะอยู่ตลอดไป แม้จะไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม เวลาใช้งาน ซีพียู จะอ่านข้อมูลออกมาเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยมใช้เก็บโปรแกรมหลัก (Monitor program) คือโปรแกรมขั้นตอนการทำงานของซีพียูในการควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ทั้งหมด ซีพียู จะอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำนี้และปฏิบัติคำสั่ง (Execute) ตามลำดับขั้นตอนของโปรแกรม จะเห็นได้ว่าขีดความสามารถของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้ขึ้นอยู่กับโมนิเตอร์โปรแกรมนี้เอง เราสามารถดัดแปลง. แก้ไขและพัฒนาขีดความสามารถของเครื่องชุมสายได้ก็ด้วยวิธีแก้ไขโปรแกรมส่วนนี้เท่านั้น หน่วยความจำชนิดนี้ใช้ไอซีเบอร์ EPROM 2732 ซึ่งมีความจุ 4Kx 8 ไบท์



รูปที่ 3.6 วงจรแสดงการต่อ MEMORY กับ MEMORY DECODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรถอดระหัสหน่วยความจำ (Memory decoder)

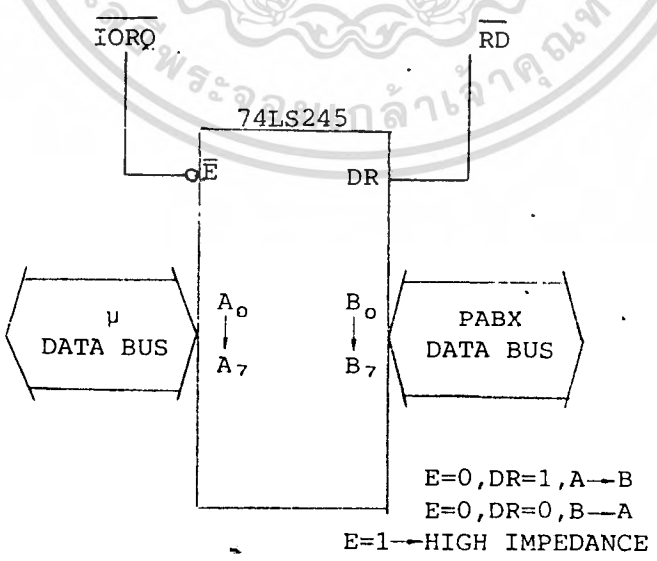
เนื่องจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์มีหน่วยความจำ 2 อย่าง จำเป็นต้องมีวงจรแยกการทำงานของหน่วยความจำทั้ง 2 ชนิด ดังนี้

- ตำแหน่ง (Address) 0000 H. ถึง OFFF H. เป็นตำแหน่งที่ ซีพียู ติดต่อกับโมนิเตอร์โปรแกรม

- ตำแหน่ง 1000 H ถึง 17FF H. เป็นตำแหน่งที่ ซีพียู ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำที่เปลี่ยนแปลงได้ (RAM 6116)

3.3.5 วงจรเชื่อมกลางระหว่างระบบไมโครโปรเซสเซอร์กับระบบ PABX (Input / Output interface)

วงจรนี้ประกอบด้วยบัฟเฟอร์ 2 ทาง (Bidirectional buffer) ต่อกับสัญญาณควบคุมที่มาจาก ซีพียู เพื่อทำหน้าที่ส่งข้อมูลออก เมื่อซีพียูต้องการส่งสัญญาณออกไปควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ หรือรับข้อมูลเข้า เมื่อต้องการจะทราบสถานะต่าง ๆ ภายในระบบชุมสายโทรศัพท์ทางใดทางหนึ่งโดยซีพียูเป็นตัวส่งสัญญาณควบคุมมายังวงจรนี้ และเมื่อไม่มีการติดต่อระหว่าง 2 ระบบนี้ วงจรนี้จะทำหน้าที่ตัดระบบทั้งสองนี้ แยกออกจากกัน โดยทั้งสองระบบจะไม่รบกวนกันเลยใช้ไอซีเบอร์ 74 LS 245 (Tri - state buffer)



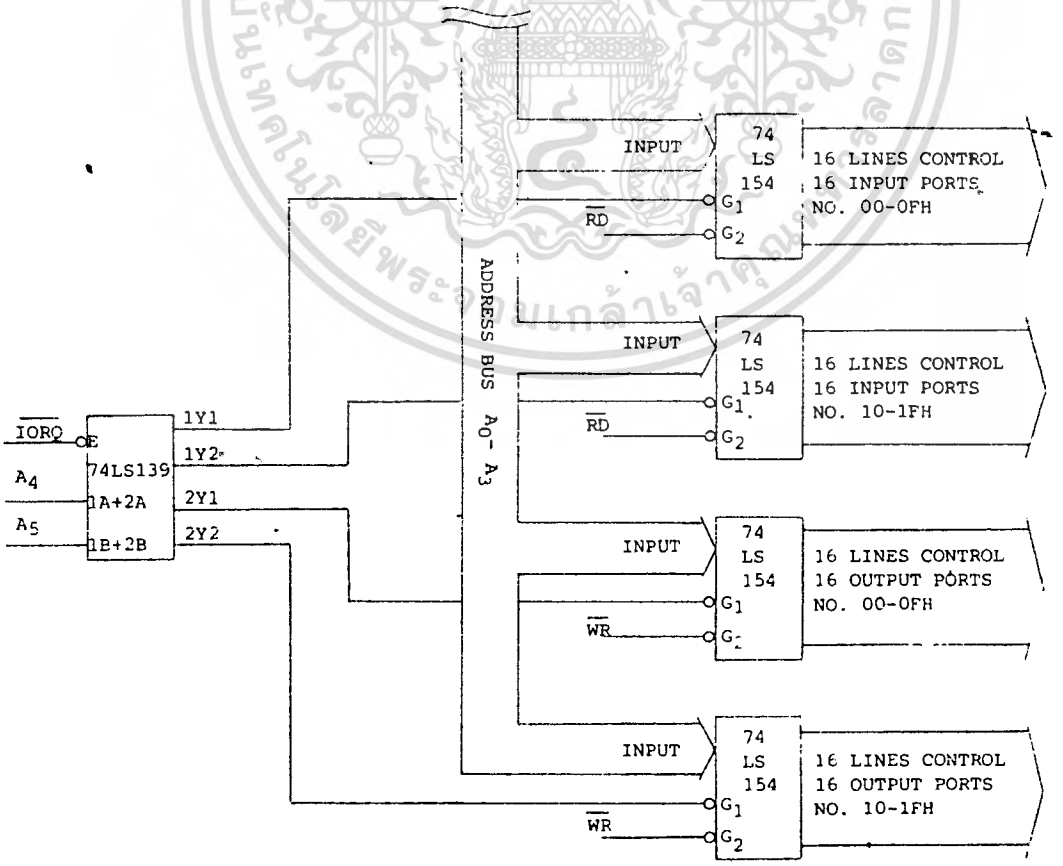
รูปที่ 3.7 แสดงวงจร I/O INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่า เมื่อ $\overline{IORQ}$ และ $\overline{RD}$ เป็นลอจิก 0 ไอซี 74 LS 245 จะส่งข้อมูลจากระบบ PABX มายังระบบไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ถ้า $\overline{RD}$ เป็นลอจิก1 ในขณะที่ $\overline{IORQ}$ เป็นลอจิก 0 74 LS 245 จะส่งข้อมูลจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ออกไปยังระบบ PABX และถ้าสัญญาณ $\overline{IORQ}$ เป็นลอจิก 1 74 LS 245 จะแยก DATA BUS ของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ กับระบบ PABX ออกจากกันโดยสิ้นเชิง โดยที่ไม่สนใจว่าสัญญาณ $\overline{RD}$ จะเป็นลอจิก 0 หรือ 1

3.3.6 วงจรถอดระหัสจุดสัญญาณเข้าออก (Input/Output decoder)

เนื่องจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบใช้ ควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์นี้ต้องใช้จุดสัญญาณออก (Output port) 31 จุด (Port) และ 22 จุดสัญญาณเข้า (Input port) จำเป็นจะต้องมีวงจรเพื่อให้ซีพียูเลือกใช้จุดสัญญาณเข้าและออกใดบ้าง วงจรนั้นคือวงจรถอดรหัส ใช้ไอซีเบอร์ 74 LS 154 (4 to 16 lines decoder) และ 74 LS 139 (Dual 2 to 4 lines decoder) ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมจากซีพียู ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรแสดง I/O DECODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 จุดรับส่งสัญญาณเข้าออก (Input/Output port)

ในหัวข้อนี้ขอกล่าวเพียงสังเขปก่อนและจะกล่าวละเอียดอีกครั้งในบทต่อไป จุดรับส่งสัญญาณเข้าออกแบ่งเป็นดังนี้

- จุดสัญญาณเข้า (Input port) เป็นพอร์ตที่ไมโครโปรเซสเซอร์ใช้รับข้อมูล จากเครื่องโทรศัพท์ภายใน และคีย์บอร์ด ใช้ไอซีเบอร์ 74 LS 244 (8 bit buffer)

- จุดสัญญาณออก (Output port) เป็นพอร์ตที่ไมโครโปรเซสเซอร์ใช้ส่งข้อมูลออกจากซีพียู ไปควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ทั้งหมด ใช้ ไอซีเบอร์ต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของการใช้งานดังนี้

74 LS 273 (8 bit latch) ใช้เป็นพอร์ตควบคุมโทรศัพท์ภายในของระบบเครื่องชุมสายและส่วนแสดงผลสถานะของคู่สายภายใน

74 LS 175 (4 bit latch) ใช้เป็นพอร์ตควบคุมการสแกน (Scan) คีย์บอร์ด, ส่วนแสดงผลของสถานะสายนอกและการพักคู่สายภายนอก

74 LS 174 (6 bit latch) ใช้เป็นพอร์ตควบคุมการใช้ช่องสัญญาณติดต่อของสายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (PABX Controlled Microprocessor system)

การควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ คือการควบคุมโทรศัพท์ภายในทุกเครื่องรวมทั้งโอเปอร์เรเตอร์ให้ทำงานตามขีดความสามารถที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 และการทำงานของส่วนแสดงผลจะเป็นส่วนที่แจ้งให้พนักงานต่อโทรศัพท์ทราบถึงสถานะต่าง ๆ ของคู่สายโทรศัพท์ภายใน และคู่สายภายนอกว่าคู่สายใดถูกใช้งานอย่างไรบ้าง รวมทั้งการทำงานของคีย์บอร์ดทุกตัวด้วย

การควบคุมเครื่องชุมสายจะทำได้โดยอาศัยสัญญาณควบคุม สัญญาณส่วนใหญ่ในระบบชุมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณอนาลอก (Analog) ที่มีศักดาไฟเลี้ยง (Voltage supply) หลายแบบ จึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ เพื่อส่งเข้าทางจุดสัญญาณเข้าให้ซีพียูรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ แล้วนำไปพิจารณาตัดสินใจตามข้อกำหนดของโปรแกรม โดยพิจารณาร่วมกับสถานะเดิมซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บไว้ใน RAM แล้วส่งข้อมูลออกไปควบคุมทางจุดสัญญาณออก พร้อมกับเก็บข้อมูลของสถานะใหม่ไว้ใน RAM เพื่อให้ซีพียูใช้พิจารณาใหม่ต่อไป ข้อมูลที่ซีพียูส่งออกมาทางจุดสัญญาณออกจะถูกป้อนเข้าวงจรสวิทช์ (Switching circuit) ที่ออกแบบไว้เพื่อควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ให้ทำงานตามที่ซีพียูต้องการ

ในการนำระบบไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางนั้น ใช้จุดสัญญาณเข้าออก รวมทั้งวงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ และวงจรสวิทช์หลายแบบ แล้วแต่ลักษณะของการรับข้อมูล และการควบคุม ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การกำหนดชื่อจุดสัญญาณเข้าออกที่ใช้ควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลาง

จุดสัญญาณเข้า และจุดสัญญาณออกที่ซีพียูเรียกใช้งาน ถูกออกแบบและกำหนดโดยวงจรถอดระหัสจุดสัญญาณเข้าออก ในวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนด ชื่อพอร์ตต่าง ๆ เป็นเลขฐาน 16 มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ชื่อเอาท์พุทและอินพุทพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์

หน่วยควบคุม	ชื่อจุดสัญญาณออก เป็นเลขฐาน 16	ชื่อจุดสัญญาณเข้า เป็นเลขฐาน 16
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 30	00	00
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 31	01	01
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 32	02	02
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 33	04	03
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 34	04	04
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 35	05	05
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 36	06	06
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 37	07	07
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 38	08	08
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 39	09	09
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 40	0A	0A
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 41	0B	0B
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 42	0C	0C
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 43	0D	0D
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 44	0E	0E
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 45	0F	0F
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 46	10	10
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 47	11	11
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 48	12	12
โทรศัพท์ภายใน หมายเลข 49	13	13
โทรศัพท์ของโอเปอร์เรเตอร์	14	14
การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของสายนอกคู่ที่ 1	15	

จฬ.
ท 1912 ก
2524

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยควบคุม	ชื่อจุดสัญญาณออก เป็นเลขฐาน 16	ชื่อจุดสัญญาณเข้า เป็นเลขฐาน 16
การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของ สายนอกคู่ที่ 2	16	-
การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของ สายนอกคู่ที่ 3	17	-
การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของ สายนอกคู่ที่ 4	18	-
การพักสายของสายนอกคู่ที่ 1 และ 2	19	-
การพักสายของสายนอกคู่ที่ 3 และ 4	1A	-
ส่วนแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน หมายเลข 30 ถึง 37	1B	-
ส่วนแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน หมายเลข 38 ถึง 45	1C	-
ส่วนแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน หมายเลข 46 ถึง 49	1D	-
คีย์บอร์ด	1E	15

4.2 หน่วยควบคุมโทรศัพท์ภายใน (Internal subscriber controlling unit)

วงจรของหน่วยควบคุมโทรศัพท์ภายในที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะขอกล่าวถึงวงจรที่ใช้ควบคุมทั้งหมดของโทรศัพท์ภายในเพียงเครื่องเดียว เนื่องจากวงจรดังกล่าวที่ประจำอยู่กับโทรศัพท์ภายในทุกเครื่อง จะมีลักษณะเหมือนกันหมด

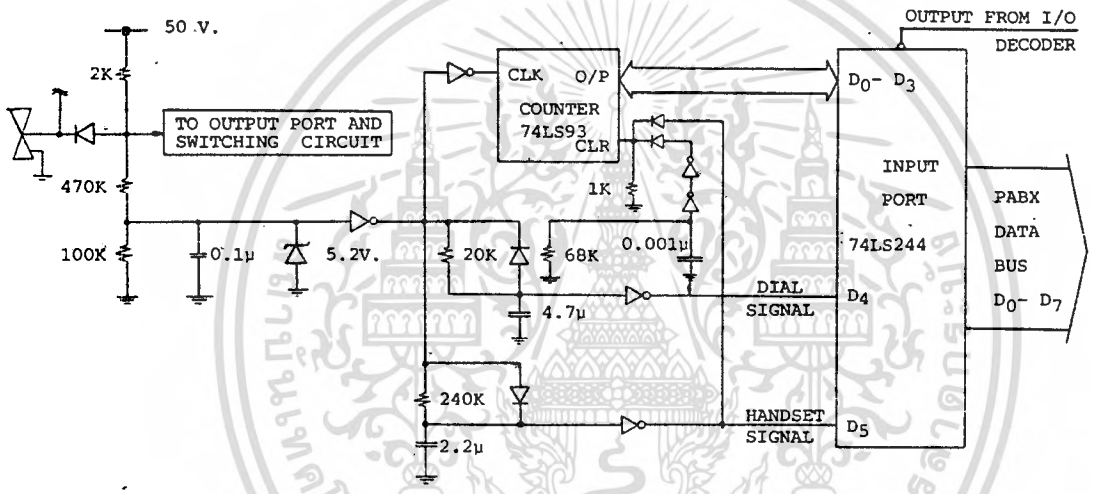
หน่วยควบคุมโทรศัพท์ภายในแยกออกได้ดังนี้

4.2.1 จุดสัญญาณเข้าและวงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ

การควบคุมโทรศัพท์ภายในทุกเครื่องซีพียู จะต้องรับข้อมูลเข้าทางจุดสัญญาณเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจำเป็นต้องมีวงจรที่ออกแบบขึ้นเพื่อสร้างสัญญาณต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณหูฟัง, สัญญาณไดแอลโทรศัพท์ และวงจรนับ เพื่อให้ซีพียูทราบถึงสถานะการยกหูฟัง การหมุนไดแอลโทรศัพท์ และเลขหมายที่ไดแอลโทรศัพท์ถูกหมุนว่าเป็นหมายเลขอะไร ของโทรศัพท์ทุกเครื่องในระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ วงจรส่วนนี้เป็นดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรสร้างสัญญาณหูฟัง, ไดแอลโทรศัพท์, วงจรนับและจุดสัญญาณเข้า

จากรูปที่ 4.1 จะแยกอธิบายเป็นส่วน ๆ ดังนี้

วงจรนับ (Counter)

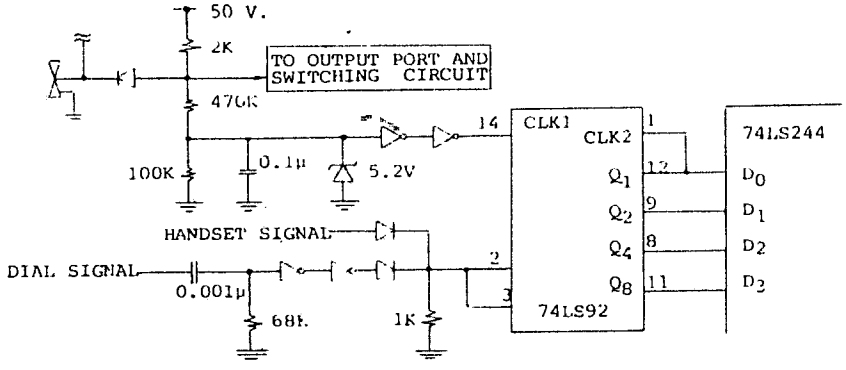
ใช้ไอซีเบอร์ 74 LS 93 ออกแบบไว้เป็นวงจรนับ 16 มีวงจรดังรูปที่ 4.2

เวลาที่ไดแอลโทรศัพท์ถูกหมุน กลไกของหน้าสัมผัส (Mechanical contact) ของโทรศัพท์จะสร้างพัลซ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

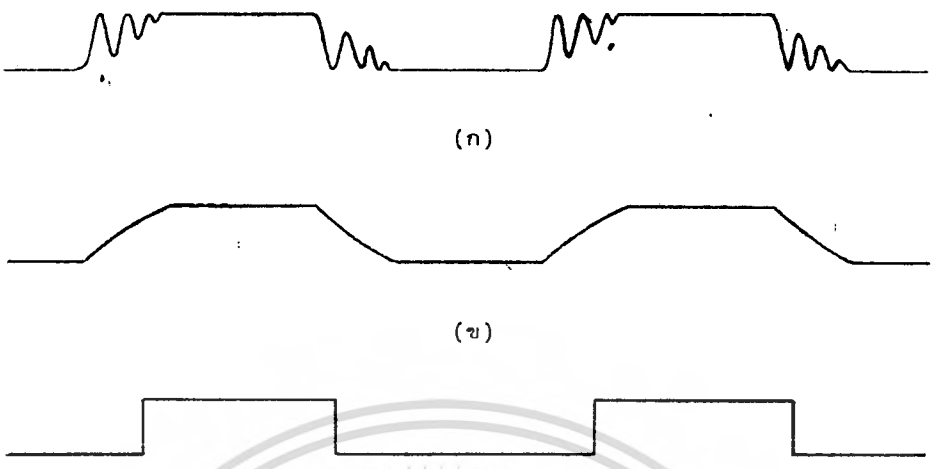
หมุนหมายเลข	1	เกิดพัลซ์	1	พัลซ์
หมุนหมายเลข	2	เกิดพัลซ์	2	พัลซ์
หมุนหมายเลข	3	เกิดพัลซ์	3	พัลซ์
หมุนหมายเลข	4	เกิดพัลซ์	4	พัลซ์
หมุนหมายเลข	5	เกิดพัลซ์	5	พัลซ์
หมุนหมายเลข	6	เกิดพัลซ์	6	พัลซ์
หมุนหมายเลข	7	เกิดพัลซ์	7	พัลซ์
หมุนหมายเลข	8	เกิดพัลซ์	8	พัลซ์
หมุนหมายเลข	9	เกิดพัลซ์	9	พัลซ์
หมุนหมายเลข	0	เกิดพัลซ์	10	พัลซ์

พัลซ์โทรศัพท์ที่เกิดขึ้น เกิดจากหน้าสัมผัส (Contact) ที่สับเข้าออกเป็นจังหวะและจำนวนครั้งจะเท่ากับหมายเลขที่หมุน แต่พัลซ์ที่เกิดขึ้นมักจะมีเบาน์ (Bounce) ซึ่งเกิดจากหน้าสัมผัสมีลักษณะดังรูปที่ 4.3 (ก) ดังนั้นจึงออกแบบวงจรให้มี C 0.1 µF เพื่อกำจัดเบาน์ที่เกิดขึ้น ผลที่ได้จะเป็นดังรูป 4.3 (ข) และเมื่อผ่านอินเวิร์ธเตอร์ (Inverter) 2 ตัว ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) จะได้รูปพัลซ์ดังรูปที่ 4.3 (ค) เป็นอินพุท (Input) ป้อนเข้าวงจรนับ เอาท์พุท (Output) ของวงจรนับมี 4 บิท (Bit) คือ Q_1, Q_2, Q_4 และ Q_8 อยู่ในรูปของเลขฐานสอง 4 บิท ต่อเข้าจุดสัญญาณเข้า D_0, D_1, D_2 และ D_3 และที่ขาเคลีย (Clear) คือ R_0 (1) และ R_0 (2) ของวงจรนับจะมีวงจร R 68 K Ω และ C 0.001 µF. สำหรับสร้างพัลซ์แคบ ๆ เพื่อไปเคลียวงจรนับทุกครั้งเมื่อไดแอลโทรศัพท์เริ่มหมุนและจะเคลียวงจรนับเมื่อวางหูโทรศัพท์



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

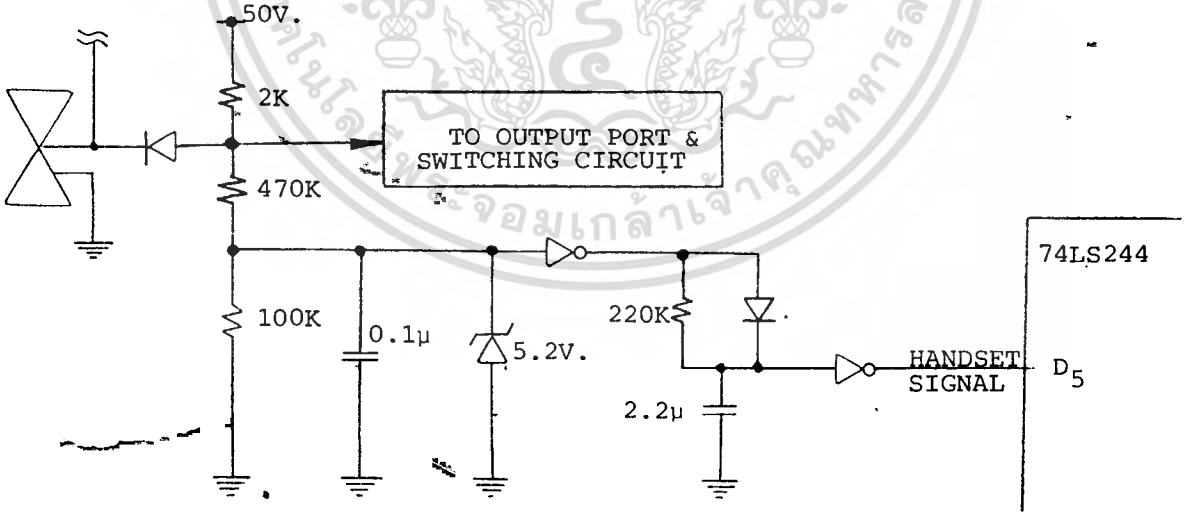
(ข)

(ค)

รูปที่ 4.3 (ก) พัลซ์ที่เกิดจากโทรศัพท์
(ข) พัลซ์เมื่อกำจัดเบาน์ด้วย C 0.1μ แล้ว
(ค) พัลซ์ที่ป้อนเข้าเป็นอินพุทของวงจรนับ

- วงจรสร้างสัญญาณหูฟัง (Handset signal)

วงจรสร้างสัญญาณหูฟังมีรายละเอียดดังนี้



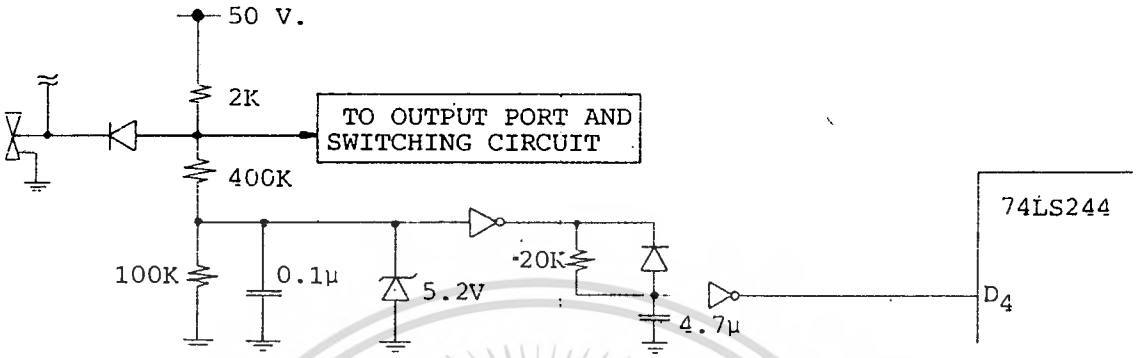
รูปที่ 4.4 แสดงวงจรสร้างสัญญาณหูฟัง

ขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งาน (วางหูฟัง) สัญญาณหูฟังจะเป็นลอจิก 1 และจะเปลี่ยนเป็นลอจิก 0 ตลอดเวลาที่หูฟังโทรศัพท์ถูกยกขึ้น สัญญาณนี้ต่อกับจุดสัญญาณเข้าบิท D_5 จะเรียกบิทนี้ว่าบิทหูฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรสร้างสัญญาณไดแอล (Dial signal)

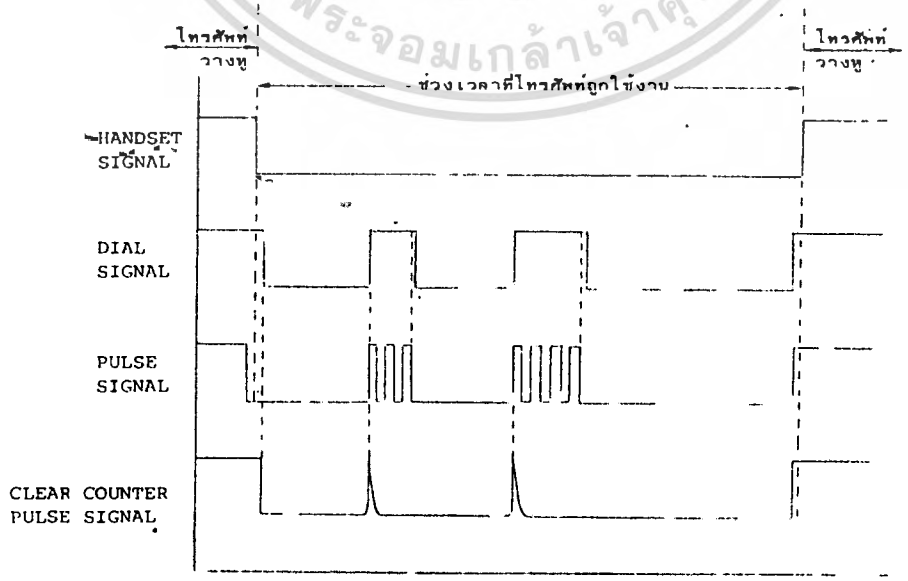
วงจรสร้างสัญญาณไดแอลจะเป็นดังนี้



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรสร้างสัญญาณไดแอลโทรศัพท์

เมื่อโทรศัพท์ไม่ถูกใช้งานสัญญาณไดแอลโทรศัพท์จะเป็นลอจิก 1 เมื่อหูฟังโทรศัพท์ถูกยกขึ้น สัญญาณไดแอลเปลี่ยนจะเป็นลอจิก 0 เมื่อเกิดการหมุนของไดแอลโทรศัพท์ สัญญาณไดแอลโทรศัพท์จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 ครอบคลุมพัลซ์โทรศัพท์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดและเมื่อพัลซ์โทรศัพท์หมดไปแล้ว สัญญาณไดแอลโทรศัพท์จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 0 อีกครั้งหนึ่ง สัญญาณนี้ต่อรับจุดสัญญาณเข้าบิท D_4 จะเรียกบิทนี้ว่าบิทไดแอลโทรศัพท์ (Dial bit)

จากที่กล่าวมา สัญญาณพัลซ์โทรศัพท์, สัญญาณหูฟังโทรศัพท์, สัญญาณไดแอลโทรศัพท์ และสัญญาณพัลซ์ที่ไปเคลียวงจรนับมีความสัมพันธ์กันดังไทม์มิ่งไดอะแกรม รูปที่ 4.6

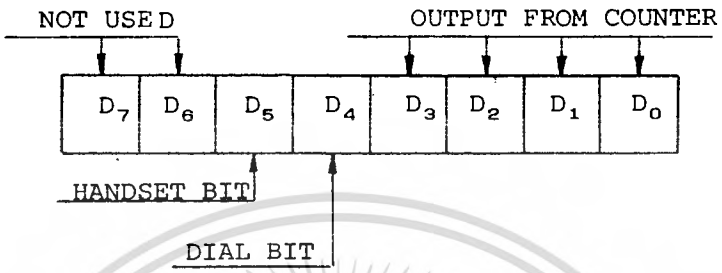


รูปที่ 4.6 Timing diagram แสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณหูฟัง ไดแอลโทรศัพท์ พัลซ์โทรศัพท์และพัลซ์ที่ไปเคลียวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จุดสัญญาณเข้าที่ซีพียูใช้รับข้อมูลจากโทรศัพท์ภายใน

ข้อมูลที่ซีพียูรับมาจากหน่วยควบคุมโทรศัพท์ทางจุดสัญญาณเข้าของโทรศัพท์ภายในแต่ละเครื่องมีลักษณะดังนี้



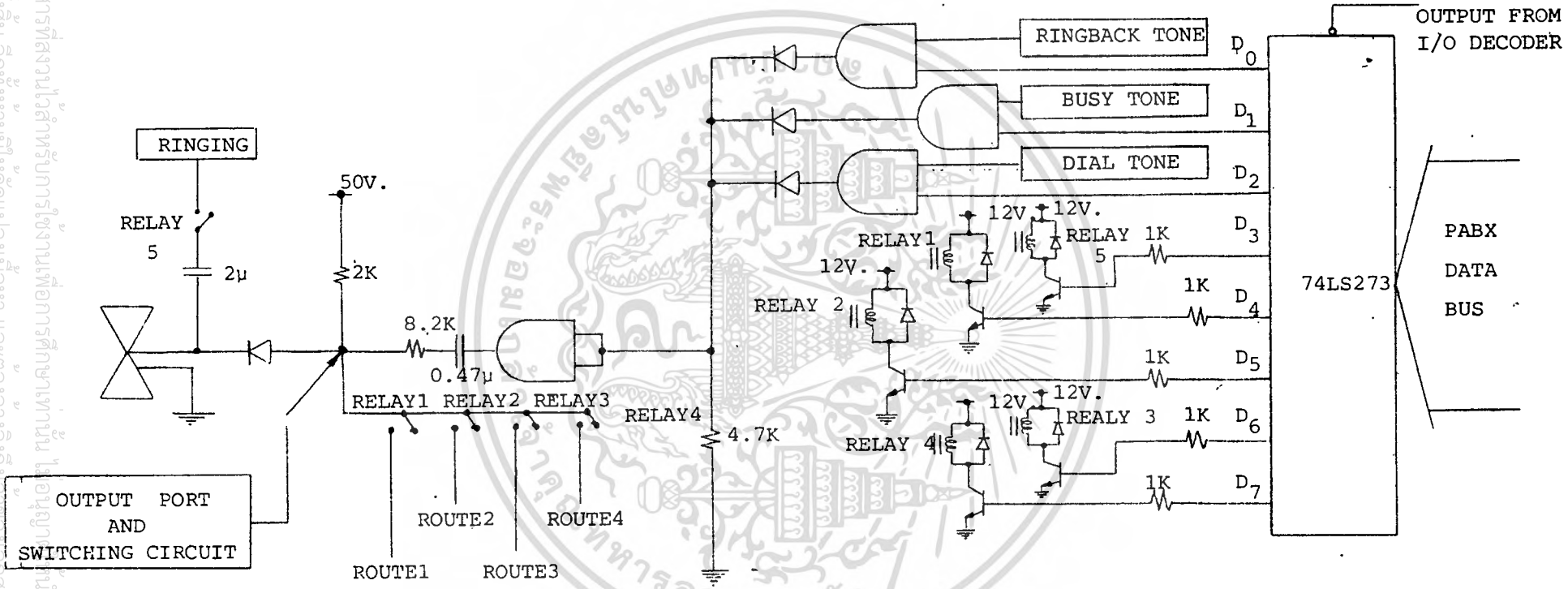
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของข้อมูลบิทต่าง ๆที่ต่อเข้าที่จุดสัญญาณเข้า

ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถตรวจดูว่าโทรศัพท์ภายในเครื่องใดถูกใช้งานหรือไม่ โดยการตรวจบิทหูฟัง D_5 ถ้าเป็น ลอจิก 1 แสดงว่าโทรศัพท์ภายในเครื่องนั้น ๆ ไม่ถูกใช้งาน ถ้าโทรศัพท์ถูกใช้งาน (หูฟังถูกยกขึ้น) บิทหูฟังจะเป็นลอจิก 0 ต่อจากนั้นซีพียูจะตรวจไดแอลบิท เมื่อไดแอลโทรศัพท์หมุน บิทไดแอลโทรศัพท์เป็นลอจิก 1 ซีพียูจะทราบทันทีว่าไดแอลโทรศัพท์กำลังหมุน ซีพียูจะตรวจไดแอลบิทเป็นระยะ ๆ จนกว่าไดแอลบิทเป็นลอจิก 0 อีกครั้งหนึ่ง นั่นคือสิ้นสุดการหมุนของไดแอลโทรศัพท์ ซีพียูจะเก็บข้อมูล D_0 ถึง D_3 ซึ่งเป็นผลลัพธ์มาจากวงจรนับ มาตรวจและจะทราบได้ว่าโทรศัพท์ภายในเครื่องนั้นถูกหมุนหมายเลขอะไร

4.2.2 จุดสัญญาณออก และวงจรสวิทช์ (Output port and Switching cc't)

ซีพียู ควบคุมโทรศัพท์ภายในด้วยการส่งข้อมูล 8 บิท ออกไปค้าง (Latch) ที่จุดสัญญาณออก ข้อมูลที่ออกไปค้างนั้นจะถูกต่อเข้ากับวงจรสวิทช์ เพื่อควบคุมการทำงานของโทรศัพท์ภายในดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

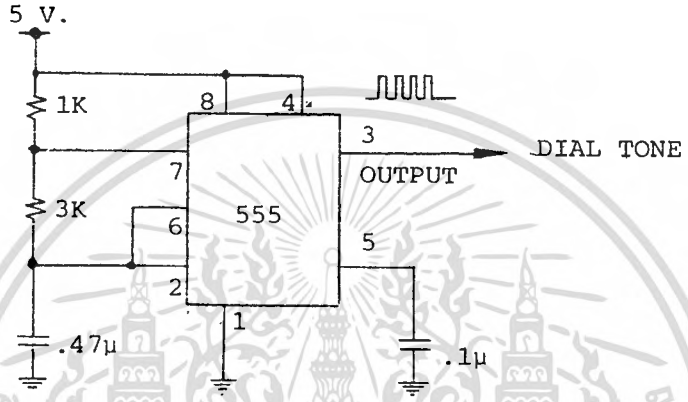


รูปที่ 4.8 แสดงจุดสัญญาณออกและวงจรสวิทช์

ก่อนอื่นขอกล่าวถึงวงจรสร้างสัญญาณให้หมุน, สัญญาณเรียกกลับ, สัญญาณไม่ว่าง และสัญญาณเรียก ก่อนดังนี้

- สัญญาณให้หมุน (Dial tone)

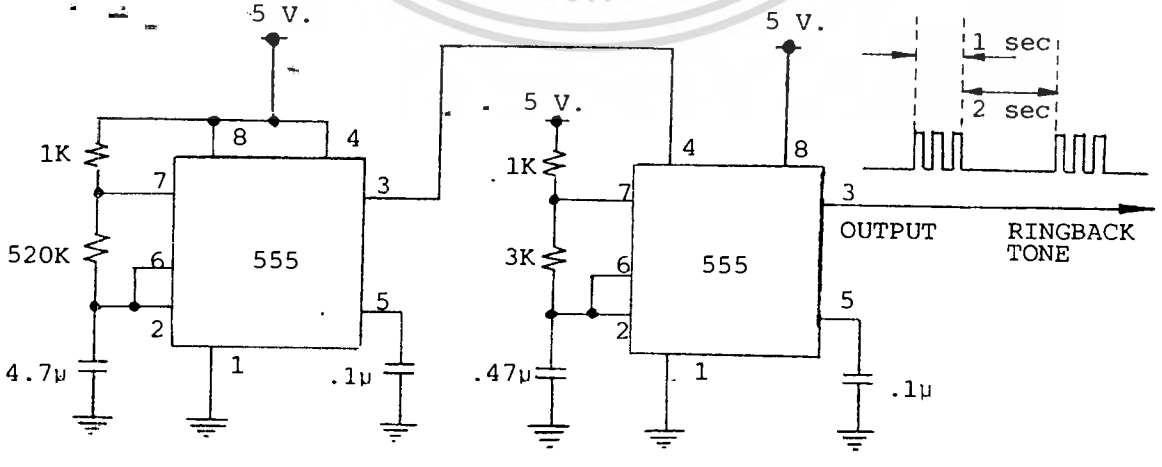
วงจรสร้างสัญญาณให้หมุน ใช้ไอซีเบอร์ 555 สร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท ดังรูป 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงวงจรสร้างสัญญาณให้หมุน

- สัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone)

วงจรสร้างสัญญาณเรียกกลับ ใช้ไอซีเบอร์ 555 2 ตัว สร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ท ติด 1 วินาทีและดับ 2 วินาที ดังวงจรรูปที่ 4.10

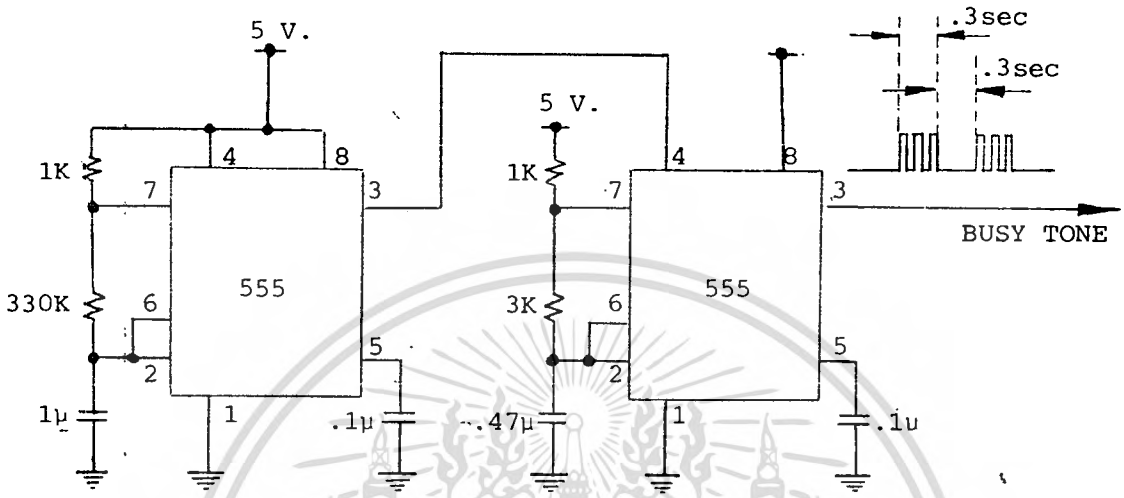


รูปที่ 4.10 แสดงวงจรสร้างสัญญาณเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone)

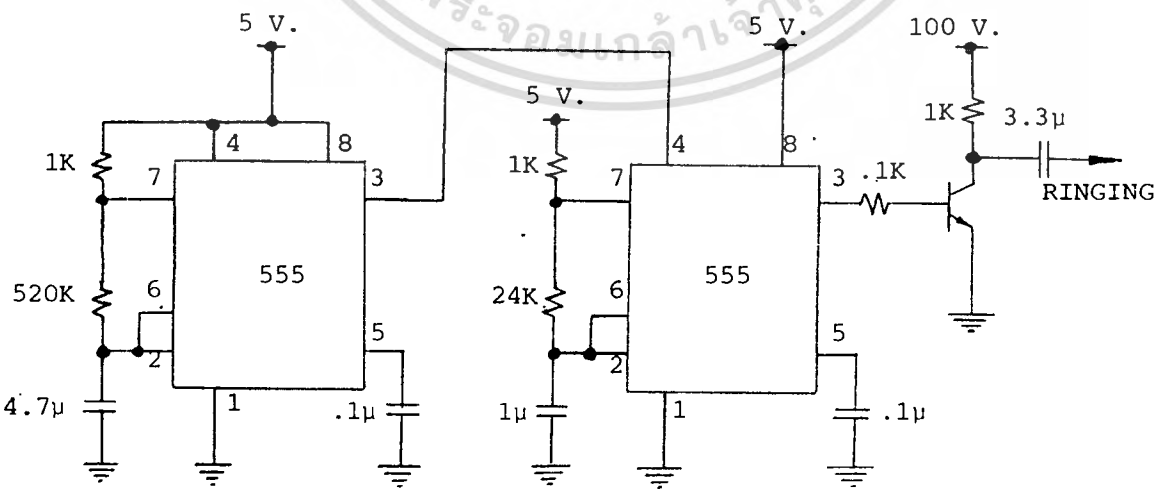
วงจรสร้างสัญญาณไม่ว่างใช้ไอซี 555 2 ตัว สร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีความถี่ประมาณ 500 เฮิร์ท ติดและดับในช่วงเวลาประมาณ 0.3 วินาทีเท่า ๆ กัน ดังนี้



รูปที่ 4.11 แสดงวงจรสร้างสัญญาณไม่ว่าง

- สัญญาณเรียก (Ringing)

วงจรสร้างสัญญาณเรียก ใช้ไอซีเบอร์ 555 2 ตัว สร้างสัญญาณความถี่ประมาณ 25 เฮิร์ท ติดและดับในช่วงเวลาเหมือนสัญญาณเรียกกลับ และจะต่อเข้ากับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ (Power transistor) เพื่อขยายขนาดของสัญญาณให้พอเพียงที่จะขับกระดิ่ง ดังวงจร รูปที่ 4.12

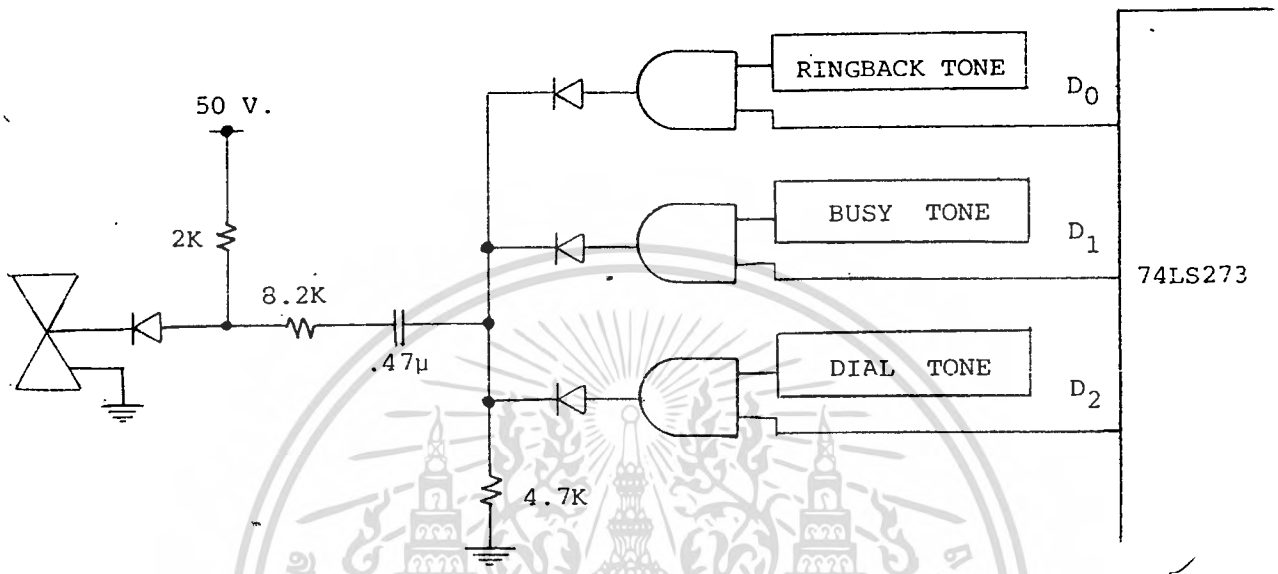


รูปที่ 4.12 แสดงวงจรสร้างสัญญาณเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การควบคุมสัญญาณให้หมุน, สัญญาณไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ

เนื่องจากสัญญาณทั้ง 3 สัญญาณ มีขนาดเล็กคือประมาณ 5 โวลต์ ดังนั้น จึงสามารถใช้แอนเกท (AND gate) เป็นตัวเปิดปิดสัญญาณดังกล่าวได้



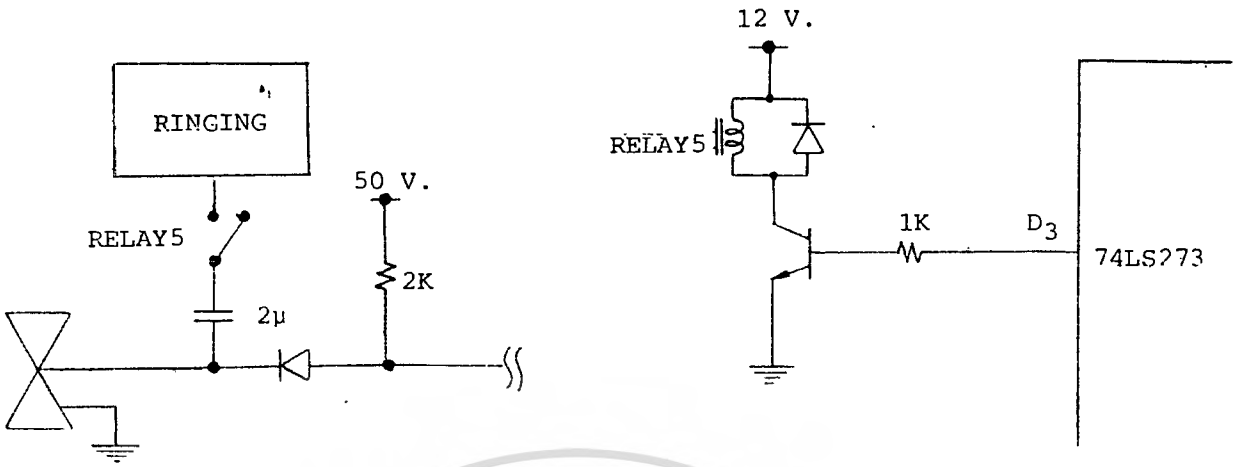
รูปที่ 4.13 แสดงวงจรสวิทช์การเปิดปิดสัญญาณ

จากคุณสมบัติของแอนเกทที่มี 2 อินพุท ถ้าอินพุทหนึ่งเป็นลอจิก 0 เอาท์พุทจะเป็นลอจิก 0 ตลอด หมายถึงการปิดเกทไม่ให้สัญญาณออกไปเลย และถ้าอินพุทขาหนึ่งเป็นลอจิก 1 เอาท์พุทจะเหมือนกับสัญญาณอินพุทอีกขาทุกประการ หมายถึงการเปิดเกทให้สัญญาณอินพุทอีกขาหนึ่งออกไปนั่นเอง ดังนั้น เมื่อ ซีพียูต้องการส่งสัญญาณใดออกไปยังโทรศัพท์ภายในทำได้โดยการส่งข้อมูลลอจิก 1 ออกไปค้างที่บิทนั้นที่จุดสัญญาณออก และในทำนองเดียวกันก็ส่งลอจิก 0 ออกไปค้างที่บิทนั้น ๆ ถ้าไม่ต้องการให้สัญญาณนั้นออกไป

- การควบคุมสัญญาณเรียก

เนื่องจากสัญญาณเรียกเป็นสัญญาณขนาดใหญ่ คือประมาณ 100 โวลต์ ดังนั้น การเปิดปิดสัญญาณเรียกต้องใช้รีเลย์ (Relay) ดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

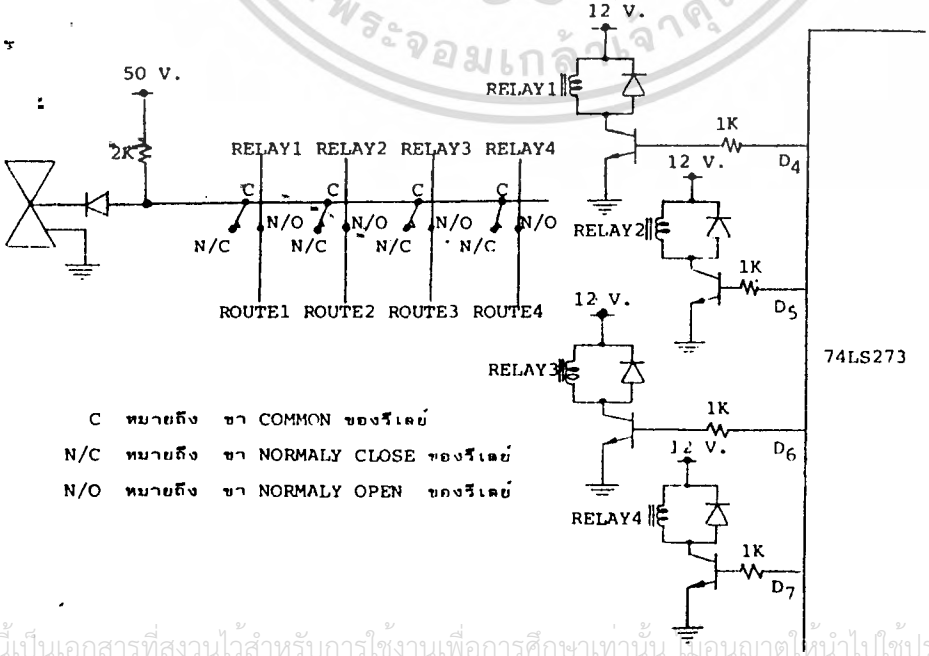


รูปที่ 4.14 แสดงวงจรสวิทช์สัญญาณเรียก

วงจรสวิทช์ที่ใช้นั้นถูกควบคุมด้วยข้อมูลบิท D_3 จากจุดสัญญาณออกไปต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ที่ควบคุมขดลวดของรีเลย์ 5 ดังวงจรรูป 4.14 ดังนั้นซีพียูสามารถส่งข้อมูลบิท D_3 เป็นลอจิก 1 หรือ 0 ออกมาค้างที่จุดสัญญาณออก เพื่อเปิดหรือปิดสัญญาณเรียก ได้ตามต้องการ

- การใช้ช่องสัญญาณติดต่อ (Talking path)

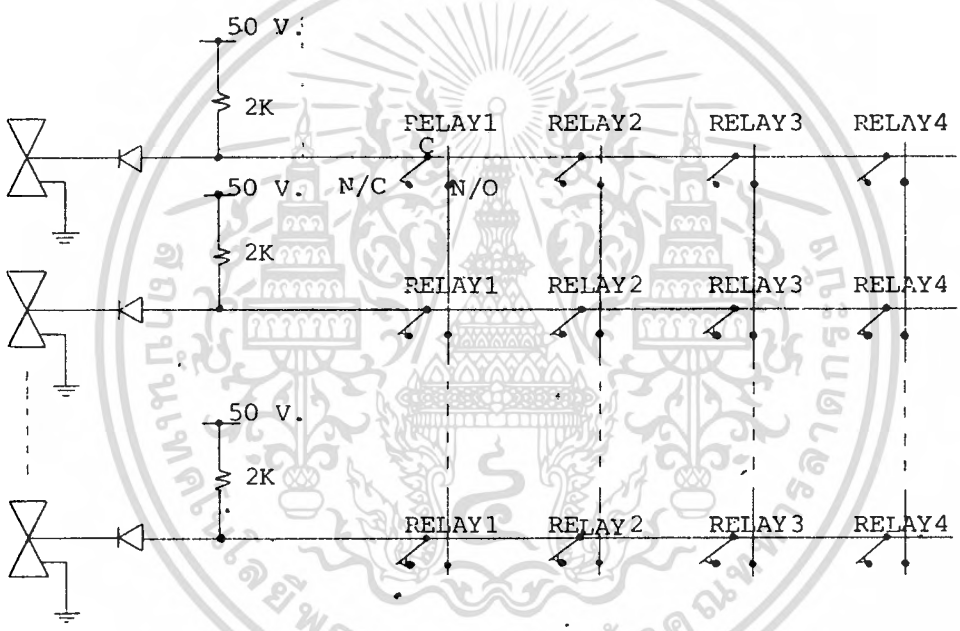
การที่โทรศัพท์สามารถใช้พูดคุย หรือติดต่อกับโทรศัพท์ภายในเครื่องอื่นได้นั้น โทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องจะต้องใช้ช่องสัญญาณติดต่อ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ารูท (Route) เดียวกัน ลักษณะของวงจรสวิทช์ช่องสัญญาณติดต่อใช้รีเลย์ ดังวงจรรูป 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงวงจรสวิทช์ช่องสัญญาณติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

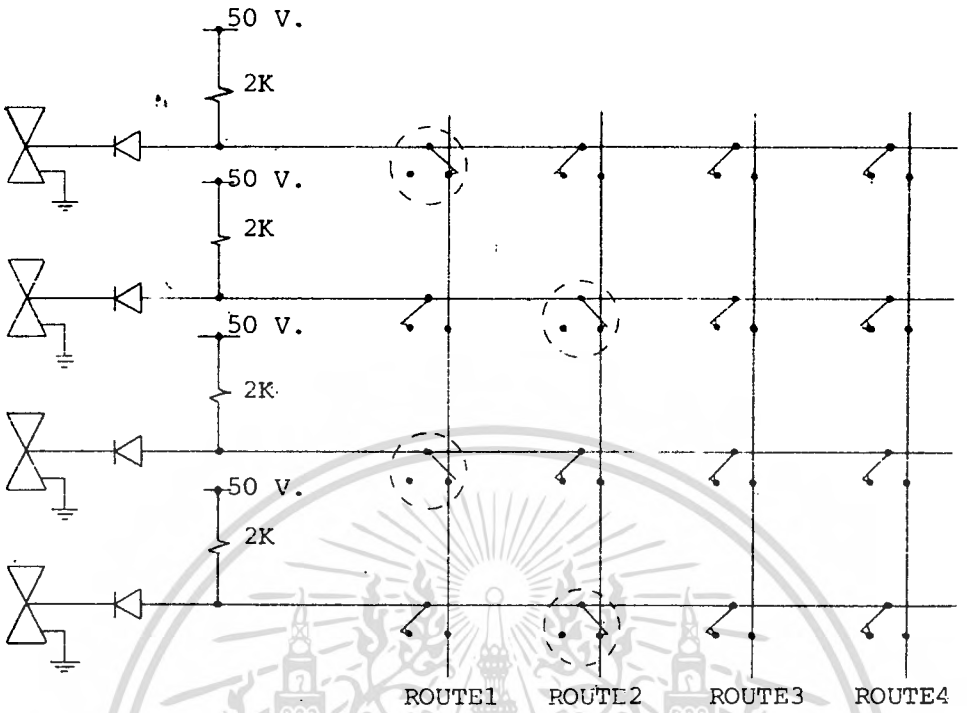
เครื่องโทรศัพท์ภายในทุกเครื่องมีรีเลย์ต่อเป็นวงจรใช้ช่องสัญญาณติดต่อในลักษณะเดียวกันหมดกล่าวคือ คอมมอน (Common) ของรีเลย์ 1, 2, 3 และ 4 จะต่อกันหมด เข้ากับคู่สายโทรศัพท์ภายในประจำเป็นเครื่อง ๆ ไป ขาปกติปิด (Normally close) ของรีเลย์ทุกตัวจะปล่อยว่างไว้ และขาปกติเปิด (Normally open) ของรีเลย์ที่ 1 ของโทรศัพท์ภายในทุกเครื่องจะต่อกันหมดเป็น รูทที่ 1 (Route 1) ในทำนองเดียวกัน รีเลย์ตัวที่ 2, 3 และ 4 จะต่อกันเป็นรูทที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงวงจรของรีเลย์ที่ต่อช่องสัญญาณติดต่อ

จะเห็นได้ว่าถ้าซีพียูต้องการให้โทรศัพท์ภายในคู่ใดติดต่อพูดกันได้ จะทำได้โดยการส่งข้อมูลออกไปค้างที่จุดสัญญาณออกให้รีเลย์ประจำเครื่องโทรศัพท์ภายใน 2 เครื่องนั้นสับเข้าที่รูทเดียวกัน ยกตัวอย่างรูปที่ 4.17 เป็นการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องที่ 1 กับ เครื่องที่ 3 โดยใช้รูทที่ 1 และเครื่องที่ 2 กับเครื่องที่ 4 โดยใช้รูทที่ 2 เป็นต้น

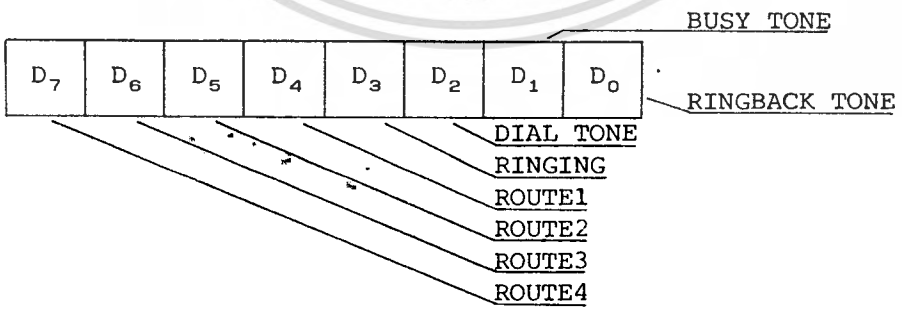
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงการติดต่อของโทรศัพท์ภายในเครื่องที่ 1 และ 3 โดยใช้รูปที่ 1 และเครื่องที่ 2 และ 4 โดยใช้รูปที่ 2

- จุดสัญญาณออกที่ใช้ควบคุมโทรศัพท์ภายใน

ข้อมูลที่ซีพียูส่งออกไปควบคุมโทรศัพท์ภายใน ทางจุดสัญญาณออกนั้น จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ดัง รูปที่ 4.18 และตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.18 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมโทรศัพท์

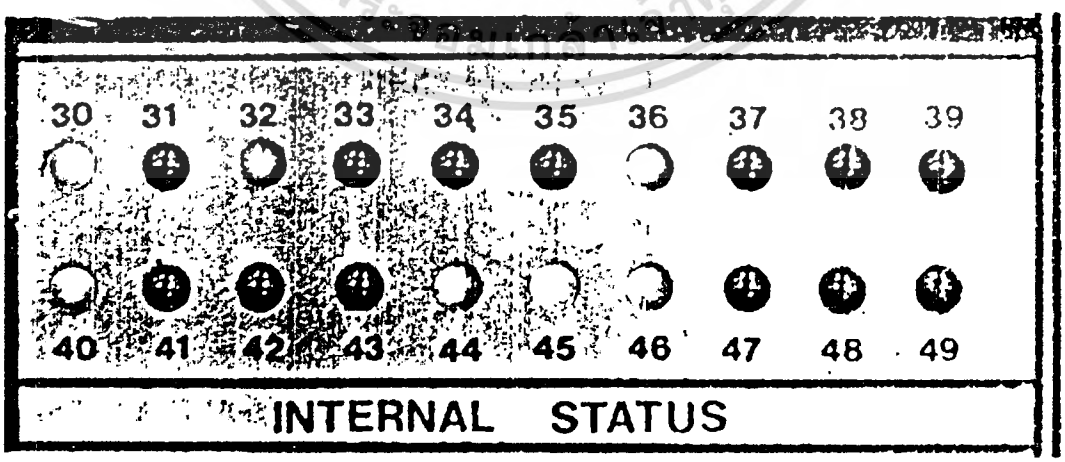
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลทั้ง 9 แบบที่ซีพียูส่งออกมาค้างที่จุดสัญญาณออก

ข้อมูล 8 บิท	ข้อมูลเป็นเลขฐาน 16	ความหมาย
0000 0000	00	ปิด (OFF) เครื่องโทรศัพท์
0000 0001	01	Ringback tone
0000 0010	02	Busy tone
0000 0100	04	Dial tone
0000 1000	08	Ringing
0001 0000	10	ใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 1
0010 0000	20	ใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 2
0100 0000	40	ใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 3
1000 0000	80	ใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 4

4.3 หน่วยแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน (Internal status display unit)

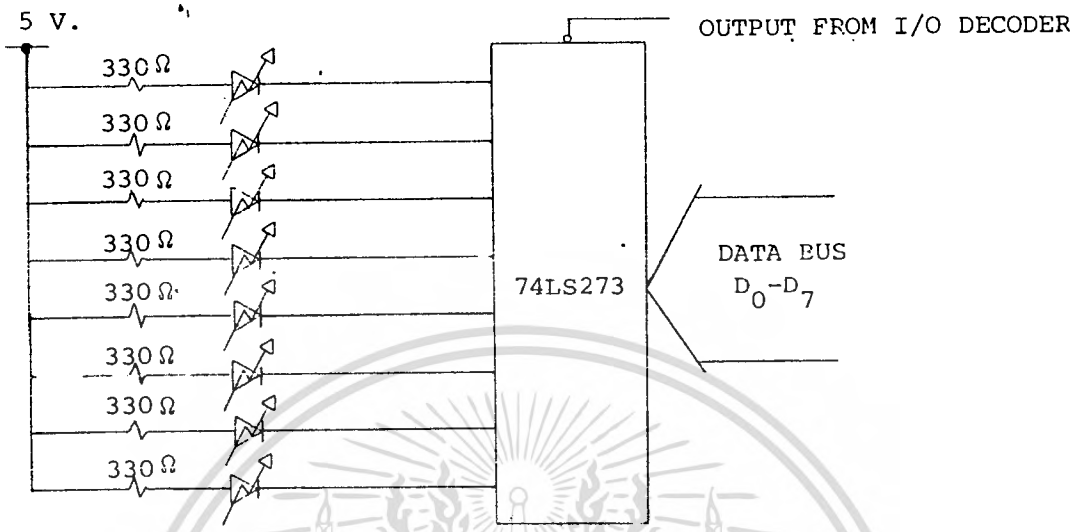
ส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายในทั้ง 20 เครื่อง (ไม่รวมโอเปอร์-เรเตอร์) จะแสดงด้วย LED (Light Emitting Diode) 20 ดวง แต่ละดวงใช้แสดงสถานะของโทรศัพท์ภายในประจำแต่ละเครื่อง ถ้าโทรศัพท์เครื่องใดถูกใช้งาน LED ประจำเครื่องนั้นจะติดสว่างและจะดับเมื่อโทรศัพท์เครื่องนั้น ๆ ไม่ถูกใช้งาน



รูปที่ 4.19 ส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายในทั้ง 20 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรของส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายใน แสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 วงจรของส่วนแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน

ในรูปที่ 4.20 แสดงเพียงการควบคุม LED 8 ดวงด้วยเอาท์พุทพอร์ตเดียว เพราะส่วนวงจรที่ควบคุม LED ที่เหลือมีลักษณะเดียวกัน ข้อมูลแต่ละบิทจะใช้ควบคุม LED แต่ละดวง ข้อมูลบิทใดเป็นลอจิก 0 LED ที่ต่อกับบิทนั้นจะติดสว่างและจะดับเมื่อข้อมูลเป็นลอจิก 1

ซีพียูจะใช้ RAM 3 ตำแหน่ง คือที่ตำแหน่ง 1200 H ถึง 1202 H. เป็นที่เก็บข้อมูลของส่วนแสดงผลสถานะโทรศัพท์ภายใน มีลักษณะดังรูปที่ 4.21

	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
1200H	37	36	35	34	33	32	31	30
1201H	45	44	43	42	41	40	39	38
1202H	← NOT USE →				49	48	47	46

รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะของ RAM 3 ตำแหน่งที่รวมข้อมูล 20 บิท ควบคุม LED 20 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อซีพียูตรวจพบว่าโทรศัพท์ภายในเครื่องใดถูกใช้งาน จะทำการรีเซ็ท (Reset) บิทข้อมูลที่เป็นสถานะของเครื่องนั้นใน RAM ให้เป็น ลอจิก 0 และในทางตรงกันข้าม ถ้าโทรศัพท์ไม่ถูกใช้งานจะเซ็ท (Set) บิทข้อมูลนั้นเป็นลอจิก 1

การควบคุม LED ทั้ง 20 ดวง ให้สว่างหรือดับตามสถานะของโทรศัพท์ภายใน ซีพียูจะนำข้อมูลจาก RAM ทั้ง 3 ตำแหน่งนั้นส่งออกมาค้างไว้ที่จุดสัญญาณออก โดยใช้ 3 เอาท์พุทพอร์ต ดังนี้

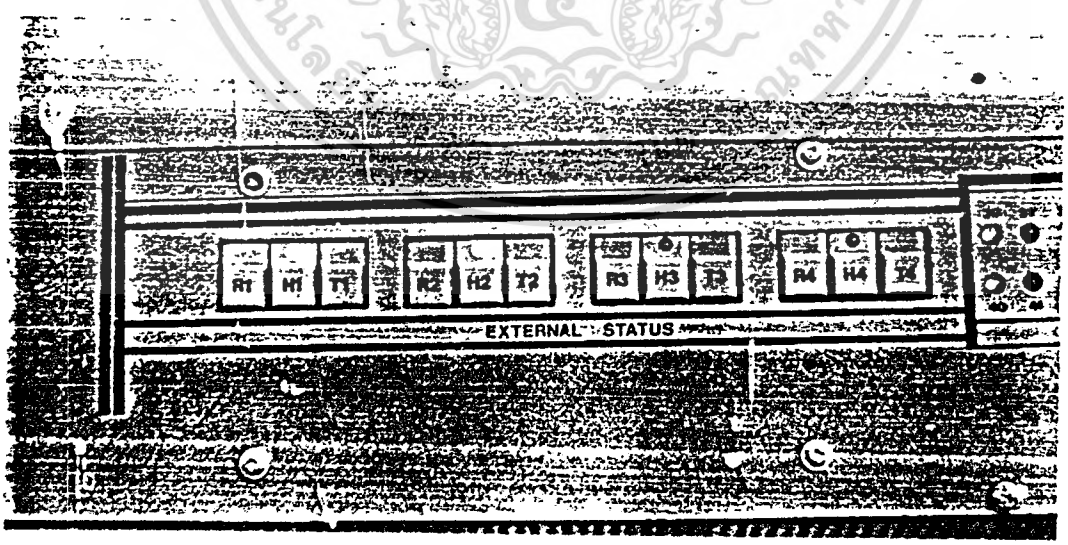
ข้อมูลตำแหน่ง 1200 H ส่งออกทางจุดสัญญาณออก พอร์ต 1B ควบคุม LED 8 ดวง ประจำเครื่องโทรศัพท์ภายในหมายเลข 30 ถึง 37

ข้อมูลตำแหน่ง 1201 H ส่งออกทางจุดสัญญาณออก พอร์ต 1C ควบคุม LED 8 ดวง ประจำเครื่องโทรศัพท์ภายในหมายเลข 38 - 45

ข้อมูลตำแหน่ง 1202 H บิท D_0 ถึง D_3 ส่งออกทางจุดสัญญาณออก พอร์ต 1D ควบคุม LED 4 ดวง ประจำเครื่องโทรศัพท์ภายในหมายเลข 46 ถึง 49

4.4 ส่วนคีย์บอร์ด (Keyboard unit)

คีย์บอร์ดใช้เป็นตัวป้อนข้อมูลต่าง ๆ เข้าไปยังระบบไมโครโปรเซสเซอร์ คีย์บอร์ดของเครื่อง PABX ที่พัฒนาขึ้นมี 12 คีย์ ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดงคีย์บอร์ดของ PABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

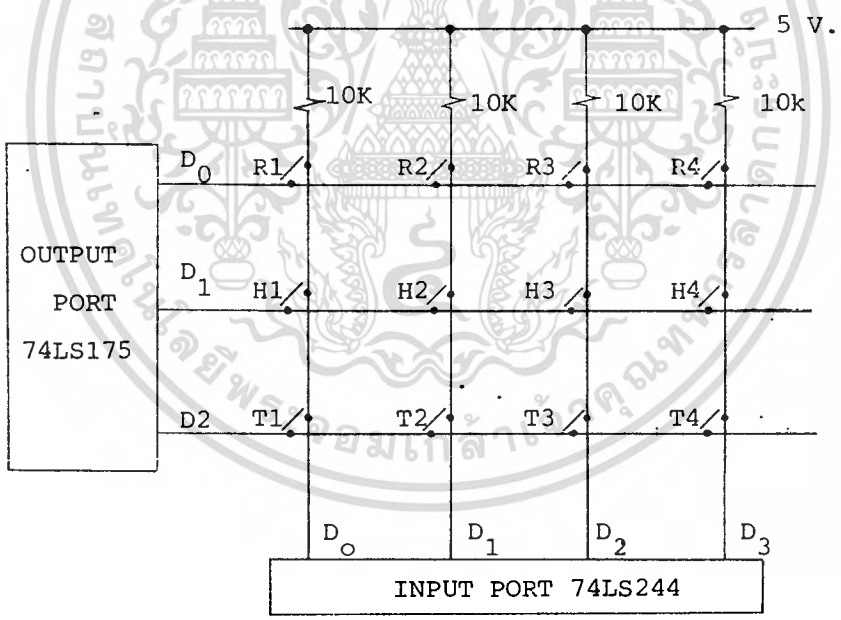
คีย์บอร์ด R1 ถูกใช้เมื่อโอเปอร์เรเตอร์ต้องการติดต่อกับคู่สายนอกที่ 1

คีย์บอร์ด H1 ถูกใช้เมื่อโอเปอร์เรเตอร์ต้องการพักคู่สายนอกที่ 1

คีย์บอร์ด T1 ถูกใช้เมื่อโอเปอร์เรเตอร์ต้องการโอนสายนอกที่ 1 ไปให้โทรศัพท์ภายใน

ในทำนองเดียวกัน คีย์บอร์ด R2, H2 และ T2 ใช้ควบคุมคู่สายนอกที่ 2 คีย์บอร์ด R3, H3 และ T3 ใช้ควบคุมคู่สายนอกที่ 3 และ คีย์บอร์ด R4, H4 และ T4 ใช้ควบคุมสายนอกที่ 4 ในลักษณะเดียวกัน

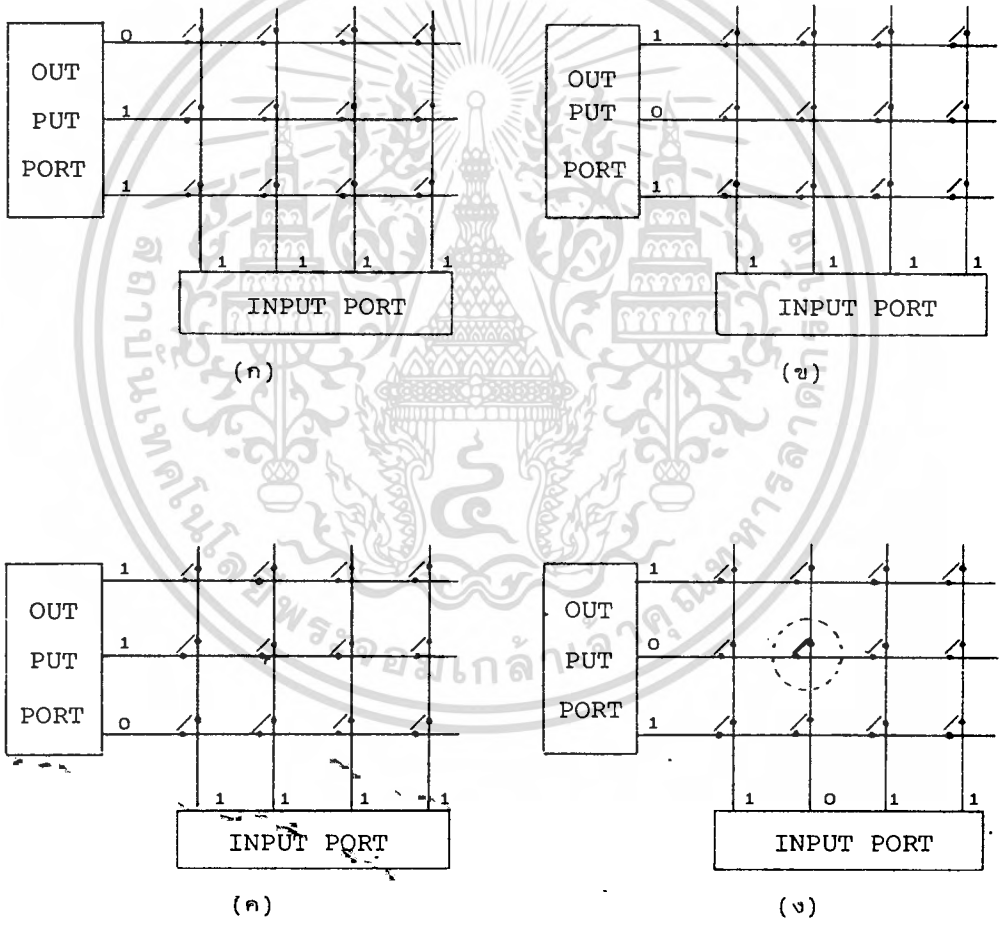
วงจรของส่วนคีย์บอร์ดแสดงในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 แสดงวงจรส่วนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีพียูจะตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด โดยอาศัยหลักการสแกน (Scan) ส่งข้อมูลลอจิก 0 ออกมาค้างไว้ที่จุดสัญญาณออกของเส้นสแกนแนวนอนเส้นแรก (รูปที่ 4.24 ก) แล้วรับข้อมูลจากเส้นสแกนแนวตั้ง แล้วส่งข้อมูลลอจิก 0 ออกมาค้างไว้อีกที่เส้นสแกนแนวนอนเส้นต่อไป ดังรูปที่ 4.24 (ข) และ (ค) ตามลำดับ และรับข้อมูลจากเส้นสแกนแนวตั้ง เข้าไปตรวจดู ทำเช่นนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ

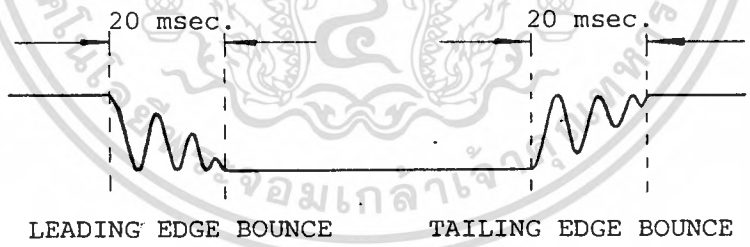


รูปที่ 4.24 แสดงหลักการสแกนคีย์บอร์ด 12 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการสแกนดังกล่าวถ้าคีย์บอร์ดไม่ถูกกด ข้อมูลที่ซีพียูรับเข้ามาจากจุดสัญญาณเข้า D_0 ถึง D_3 จะเป็นลอจิก 1 หมดตลอดเวลา แต่ถ้าข้อมูลที่รับเข้ามาจากเส้นสแกนแนวตั้งดังกล่าวไม่เป็น ลอจิก 1 หมด ซีพียูก็จะทราบทันทีว่าคีย์บอร์ดถูกกด ดังรูปที่ 4.24 (ง) และทราบว่าคีย์บอร์ดตัวใดถูกกดด้วยการตรวจดูข้อมูลที่รับเข้ามาจากเส้นสแกนแนวตั้งว่าบิทใดเป็นลอจิก 0 พร้อมกับตรวจข้อมูลที่ส่งออกไปค้างที่จุดสัญญาณออกว่าส่งลอจิก 0 ออกไปค้างที่เส้นสแกนแนวนอนเส้นใดด้วยวิธีการตรวจสอบ 2 อย่างนี้ ซีพียูจะทราบได้ว่าเป็นคีย์บอร์ดตัวใด

แต่โดยทั่วไป เมื่อมีการกดคีย์บอร์ดจะมีการเกิดเบาน์ขึ้นดังรูปที่ 4.25 การแก้เบาน์ทำได้หลายวิธี แต่ในที่นี้ใช้การหน่วงเวลาเข้าช่วยคือหลังจากเอาสัญญาณเข้ามาและตรวจพบว่าเป็นลอจิก 0 แล้วจะหน่วงเวลาไว้ประมาณ 20 มิลลิวินาที (Millisecond) เนื่องจากช่วงเวลาการเกิดเบาน์จะไม่เกิน 20 มิลลิวินาที หลังจากนั้นจะทำการรับข้อมูลเข้ามาตรวจสอบซ้ำอีก ถ้าสัญญาณที่เข้ามายังคงเป็นลอจิก 0 ตามเดิม แสดงว่ามีการกดคีย์บอร์ดจริง แต่ถ้าเป็นลอจิก 1 ซีพียูจะไม่สนใจและทำการสแกนตามแนวนอนเส้นต่อไป



รูปที่ 4.25 แสดงการเบาน์ของคีบอร์ด

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าถ้าไม่แก้เบาน์ของคีย์บอร์ด ไมโครโปรเซสเซอร์จะตรวจพบว่าคีย์บอร์ดถูกกดซ้ำ ๆ กัน หลายครั้งทั้ง ๆ ที่ทำการกดเพียงครั้งเดียวเท่านั้น เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วข้อมูลที่ซีพียู รับเข้าไปจะผิดพลาดหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 หน่วยควบคุมคู่สายภายนอก (External lines controlling unit)

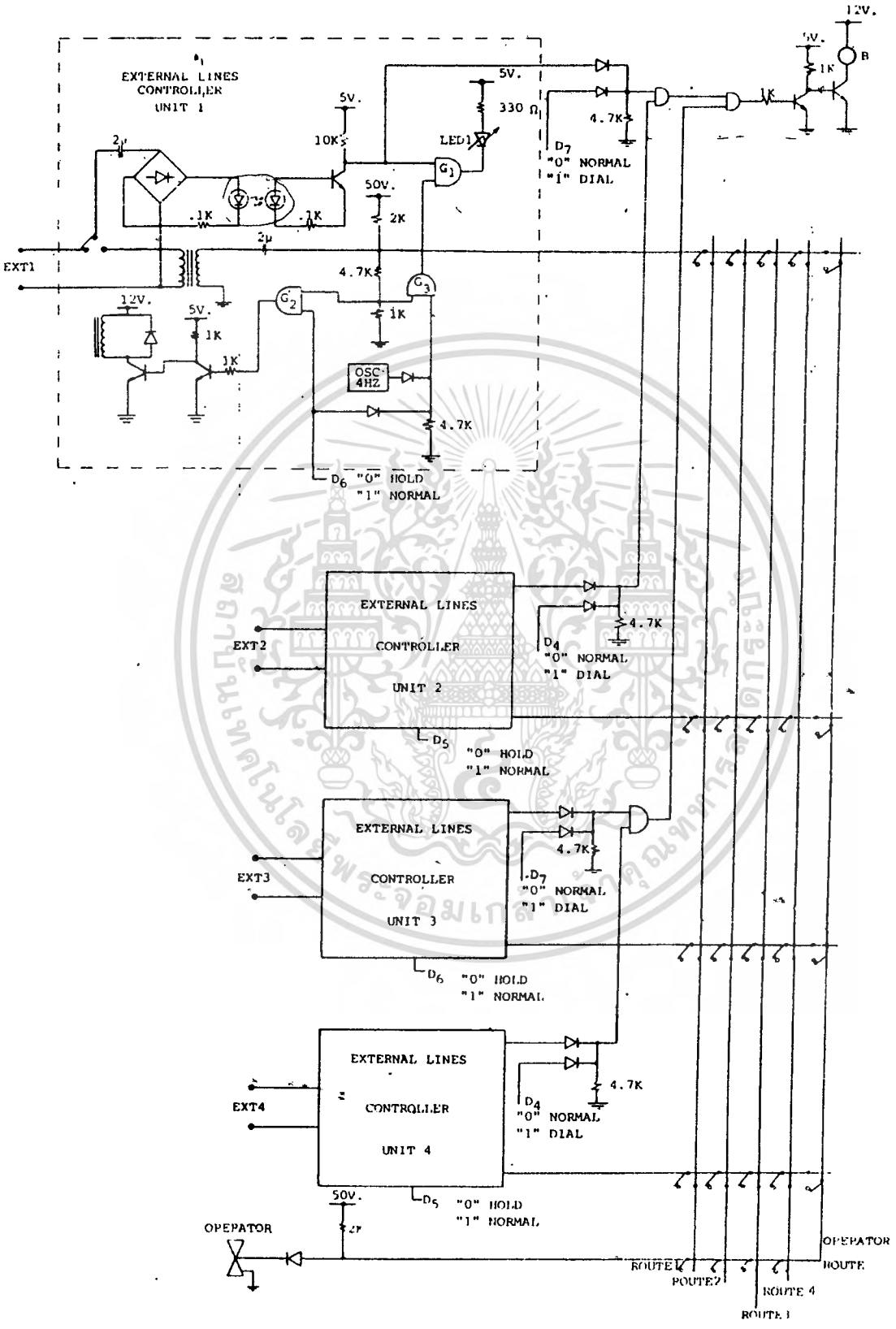
เนื่องจากคู่สายขององค์การโทรศัพท์คู่หนึ่ง ๆ นั้นปกติศักดาไฟฟ้าของเส้นหนึ่งสูงกว่าอีกเส้นหนึ่งประมาณ 48 โวลต์ แต่ศักดาไฟฟ้าที่สูงกว่านี้มีการสลับขั้วไปมาไม่แน่นอน ซึ่งเป็นปัญหากับระบบของ PABX เพราะระบบสายนอกของ PABX จะต้องมีขั้ว (Polarity) ที่แน่นอน จึงได้ออกแบบใช้ไอโซเลททรานส์ฟอร์เมอร์ (Isolate transformer) เพื่อกำจัดปัญหาข้างต้น ขณะเดียวกันได้ออกแบบให้ขดลวด (coil) ของไอโซเลททรานสฟอร์เมอร์มีความต้านทาน (DC. resistance) เท่ากับความต้านทานของโทรศัพท์เครื่องหนึ่งเวลายกหู ทำให้สามารถใช้ขดลวดนั้นเป็นตัวพักสายนอก (Hold line) ได้ วงจรส่วนควบคุมสายนอกที่แสดงในรูป 4.26 นั้น แสดงรายละเอียดของ EXTERNAL LINES CONTROLER UNIT 1 เท่านั้น สำหรับยูนิตที่ 2, 3 และ 4 จะมีลักษณะของวงจรเหมือนกัน หน่วยควบคุมคู่สายภายนอกแบ่งออกได้ดังนี้

4.5.1 ส่วนแสดงผลสถานะของสายนอก และส่วนควบคุมการพักคู่สายภายนอก

ส่วนแสดงผลสถานะของสายนอกมีอยู่ 2 แบบคือ แสดงด้วย LED และบัซเซอร์ (Buzzer) กล่าวคือ มี LED 4 ดวง แสดงสถานะของสายนอก 4 คู่สาย ส่วนบัซเซอร์มีไว้เพื่อแจ้งให้โอเปอร์เรเตอร์ทราบเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาทางสายนอก ทำให้โอเปอร์เรเตอร์ทราบถึงสถานะต่าง ๆ ของสายนอกทั้ง 4 คู่สาย ซึ่งแบ่งเป็น 4 สถานะดังนี้

- สายนอกไม่ถูกใช้งาน LED ประจำสายนอกนั้นจะดับ
- สายนอกถูกใช้งานอยู่ LED ประจำสายนอกนั้นจะติดสว่าง
- สายนอกถูกพักสายอยู่ LED ประจำสายนอกนั้นจะติดดับเป็นจังหวะ ในช่วงเวลาเท่ากับคือประมาณ 0.25 วินาที
- มีสัญญาณเรียกเข้ามาจากสายนอกบัซเซอร์จะดังขึ้นเป็นจังหวะตามสัญญาณเรียก ขณะเดียวกัน LED ประจำสายนอกคู่ที่ถูกเรียก จะติดดับเป็นจังหวะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

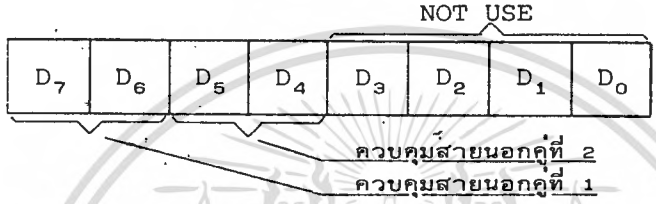


รูปที่ 4.26 แสดงวงจรควบคุมสายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรส่วนควบคุมการพักสายนอกที่ออกแบบไว้ ซีพียูสามารถพักสายนอก 4 คู่สายโดยใช้เอาท์พุทพอร์ต 2 พอร์ต แต่ละ เอาท์พุทพอร์ตใช้ควบคุมคู่สายภายนอกพอร์ตละ 2 คู่สาย ซึ่งมีลักษณะ เหมือนกันทุกประการ

ลักษณะข้อมูลที่ซีพียูใช้ควบคุมสายนอกจะ เป็นดังนี้



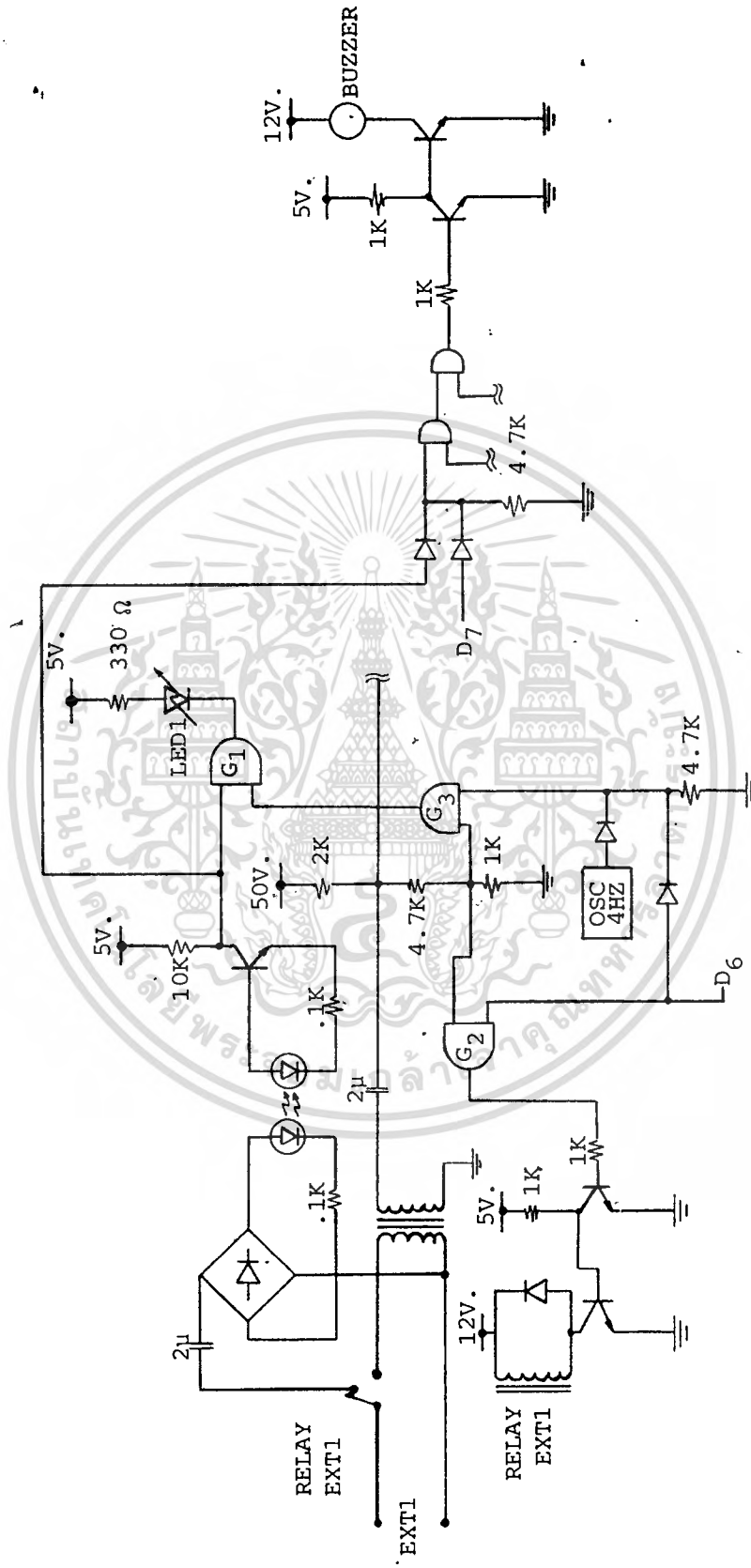
รูปที่ 4.27 แสดงข้อมูลที่ซีพียูใช้ควบคุมสายนอกคู่สายที่ 1 และ 2

บิท D_6 ใช้ควบคุมการพักสายนอกที่ 1 ในทำนองเดียวกัน D_5 ใช้ควบคุมสายนอกที่ 2

บิท D_7 ใช้ควบคุมบัซเซอร์ซึ่งจะดังขึ้น เนื่องจากสายนอกที่ 1 ในทำนองเดียวกัน D_4 ใช้ควบคุมสายนอกที่ 2

เนื่องจากการทำงานของข้อมูล D_4 และ D_5 กับ D_6 และ D_7 มีลักษณะ เช่น เดียวกัน ต่อไปจะอธิบาย เฉพาะการทำงานของข้อมูล D_7 และ D_6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดงวงจรควบคุมสายนอกที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.28 ในกรณีสภาวะปกติ ซีพียูจะส่งข้อมูลให้ D_6 เป็นลอจิก 1 และ D_7 เป็นลอจิก 0 รีเลย์สายนอกที่ 1 (RELAY $_{EXT.1}$) จะต่อสายนอกเข้ากับบริดจ์ไดโอด (Bridge diode) ซึ่งต่อเป็นวงจรกับอินฟาเรดไดโอด (Infared diode) ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณ เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาทางสายนอกที่ 1 อินฟาเรดไดโอดตัวส่งจะส่งสัญญาณพัลซ์ไปยังอินฟาเรดไดโอดอีกตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับตามจังหวะของสัญญาณเรียก วงจรอินฟาเรดไดโอดตัวรับจะส่งพัลซ์ที่รับได้เข้าแอนเกท (G1) ทำให้ LED ติดดับตามจังหวะพัลซ์ และขณะเดียวกันก็ส่งพัลซ์เป็นอินพุทไปออร์เกท (OR GATE) ซึ่งมี D_7 เป็นอีกอินพุทหนึ่ง เมื่อ D_7 เป็นลอจิก 0 เอาท์พุทของออร์เกท ก็จะเป็นลักษณะพัลซ์เช่นเดียวกับอินพุทที่ป้อนเข้าไป ส่งไปยังวงจรของบัซเซอร์ทำให้บัสเซอร์เกิดเสียงดังขึ้น

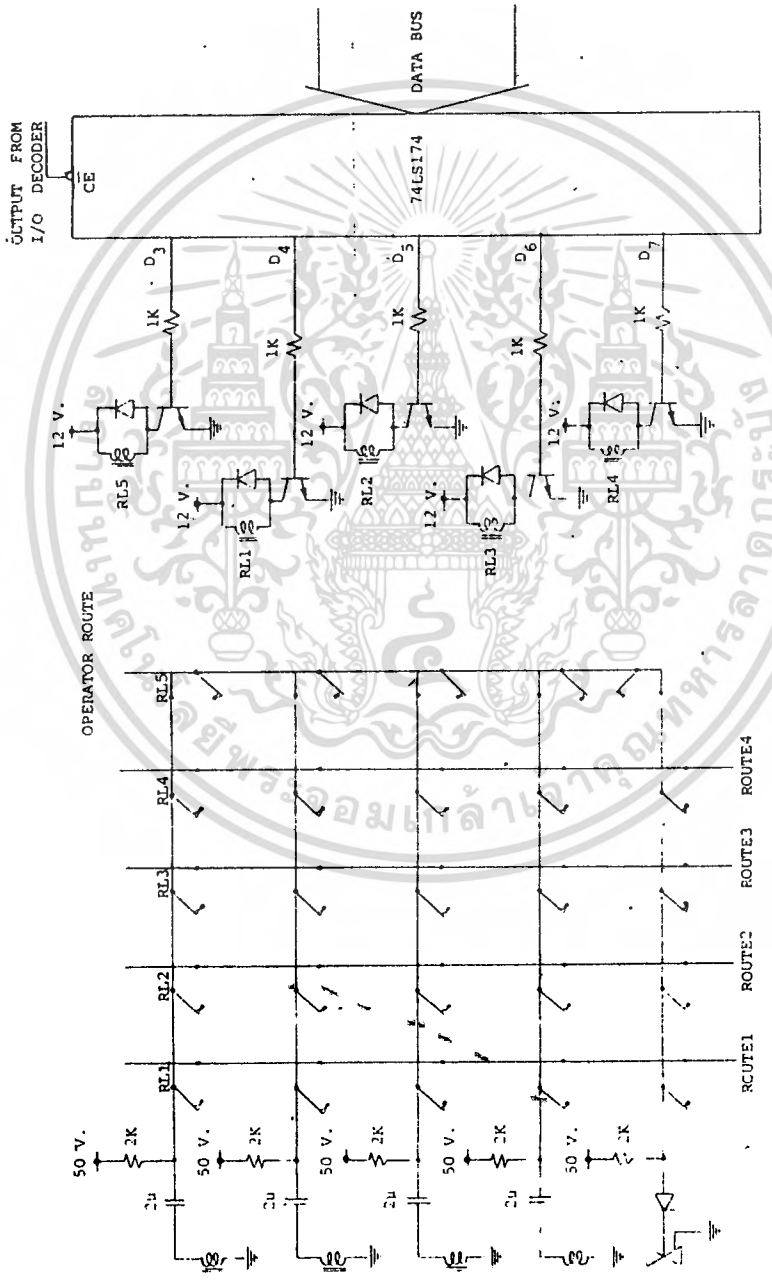
ในกรณีที่ซีพียูต้องการพักสายนอกที่ 1 จะส่งข้อมูล D_6 เป็นลอจิก 0 ดังนั้นเอาพุทของแอนเกท (G2) เป็นลอจิก 0 ทำให้รีเลย์สายนอกที่ 1 (RELAY EXT.1) ทำงานต่อสายนอกเข้ากับขดลวดของไอโซเลททรานส์ฟอร์เมอร์ ขณะเดียวกันเอาท์พุทของออร์เกทที่มีสัญญาณพัลซ์ของออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่ 4 เฮิร์ท และ D_6 เป็นอินพุทจะส่งพัลซ์ความถี่ 4 เฮิร์ทนี้ออกไปยังแอนเกท (G2) และผ่านไปยังแอนเกท (G3) ทำให้ติดดับด้วยความถี่ 4 เฮิร์ท

ในกรณีที่โทรศัพท์ภายในติดต่อกับสายนอก หลังจากที่ซีพียูจัดการให้โทรศัพท์ภายในติดต่อกับสายนอกโดยผ่านทางช่องสัญญาณติดต่อแล้ว ซีพียูจะส่งข้อมูล D_6 และ $\bar{D}_7$ เป็นลอจิก 1 ที่แอนเกท (G1) มี 2 อินพุท คือ D_6 ซึ่งเป็นลอจิก 1 เป็นอินพุทหนึ่ง ส่วนอีกอินพุทหนึ่งนั้นจะเกิดจากโทรศัพท์ภายใน กล่าวคือขณะที่โทรศัพท์ภายในยกหูฟังอยู่สัญญาณอินพุทนี้จะเป็นลอจิก 0 ทำให้รีเลย์สายนอกที่ 1 ทำงาน ต่อสายนอกเข้าไอโซเลททรานส์ฟอร์เมอร์ เมื่อโทรศัพท์ภายในหมุนหมายเลขโทรศัพท์ภายนอกที่ต้องการจะโทร สัญญาณอินพุทนี้ก็จะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลซ์เหมือนกับสัญญาณพัลซ์โทรศัพท์ ที่เกิดขึ้นจากการหมุนไดแอลโทรศัพท์ ยังผลให้รีเลย์สายนอกที่ 1 สับเข้าออกเป็นจังหวะของพัลซ์โทรศัพท์ ส่งพัลซ์ไปยังชุมสายขององค์การโทรศัพท์ได้ เมื่อรีเลย์สายนอกที่ 1 สับเข้าออกจะเกิดสัญญาณส่งมาทางอินฟาเรดไดโอด จึงต้องมีข้อมูลบิท D_7 ซึ่งเป็นลอจิก 1 มาออร์ (OR) กับสัญญาณที่เกิดขึ้น ทำให้เอาท์พุทของออร์เกทเป็นลอจิก 1 ตลอด บัซเซอร์จะไม่ดัง มิฉะนั้น จะสร้างความสับสนให้กับโอเปอร์เรเตอร์ เพราะเสียงบัซเซอร์ที่ดังขึ้นมิได้เกิดจากสัญญาณเรียก แต่เกิดจากพัลซ์โทรศัพท์ของโทรศัพท์ภายในขณะที่กำลังหมุนไดแอลเพื่อติดต่อกับสายนอกนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2. ส่วนควบคุมการใช้ช่องสัญญาณติดต่อของสายนอก

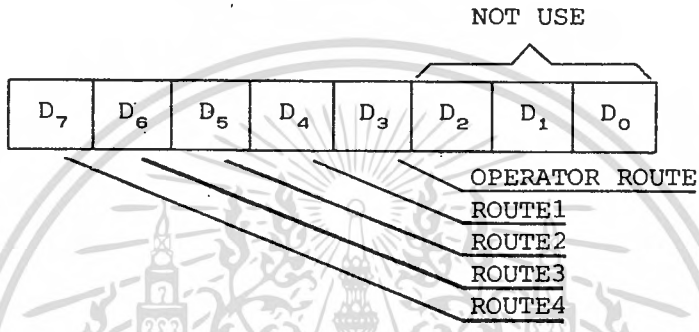
วงจรนี้ใช้ควบคุมสายนอกทั้ง 4 คู่สายให้สามารถติดต่อกับโทรศัพท์ภายในโดยใช้รูททั้ง 4 รูท และสามารถติดต่อกับโอเปอร์เรเตอร์ โดยใช้โอเปอร์เรเตอร์รูท (Operator route) ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 แสดงวงจรช่องสัญญาณติดต่อของสายนอกทั้ง 4 และโอเปอร์เรเตอร์ รูท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของรีเลย์ R1, R2, R3 และ R4 ของสายนอกแต่ละคู่สายเหมือนกับการทำงานของรีเลย์ประจำรูทที่ 1, 2, 3 และ 4 ของโทรศัพท์ภายในทุกประการ และสายนอกจะมีช่องสัญญาณต่อเฉพาะกับโอเปอร์เรเตอร์ (Operator route) โดยออกแบบไว้โดยใช้ D_3 เป็น บิทควบคุมรูทนี้ ดังนั้นซีพียูจะส่งข้อมูลออกไปควบคุมคู่สายภายนอก ผ่านทางเอาท์พุทพอร์ตสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 4.30 แสดงข้อมูลที่ใช้ควบคุมสายนอก

ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะข้อมูลและการทำงานที่ใช้ควบคุมสายนอก

ข้อมูล 8 บิท	ข้อมูลเป็นเลขฐาน 16	ความหมาย
0000 0000	00	ปิด (OFF) สายนอก
0000 1000	08	คู่สายนอกติดต่อกับโอเปอร์เรเตอร์
0001 0000	10	คู่สายนอกใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 1
0010 0000	20	คู่สายนอกใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 2
0100 0000	40	คู่สายนอกใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 3
1000 0000	80	คู่สายนอกใช้ช่องสัญญาณติดต่อที่ 4

ข้อมูลที่ซีพียูส่งออกไปค้างที่จุดสัญญาณออก เพื่อควบคุมคู่สายภายนอกแต่ละคู่สายนั้นจะมีลักษณะเหมือนกันหมด ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกไปมีอยู่ 6 แบบดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทำงานของซีพียู ในระบบไมโครโปรเซสเซอร์

(CPU Operation)

การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินั้น จะต้องศึกษาการทำงานทั้งหมดของ PABX ว่า เครื่อง PABX จะต้องทำอะไรบ้าง จากนั้นนำมาดัดแปลง เขียน เป็นโปรแกรมการประมวลผล (Process) ของซีพียู โดยอาศัยวงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ เพื่อป้อนข้อมูลให้ซีพียูทราบสถานะต่าง ๆ ทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เพื่อให้ซีพียูพิจารณาร่วมกับสถานะเดิมที่เก็บไว้ใน RAM แล้วจึงส่งข้อมูลออกไปควบคุมผ่านทางจุดสัญญาณออก เข้าวงจรสวิทช์ เพื่อควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ต่อไป ขณะเดียวกันก็เก็บสถานะใหม่ไว้ใน RAM

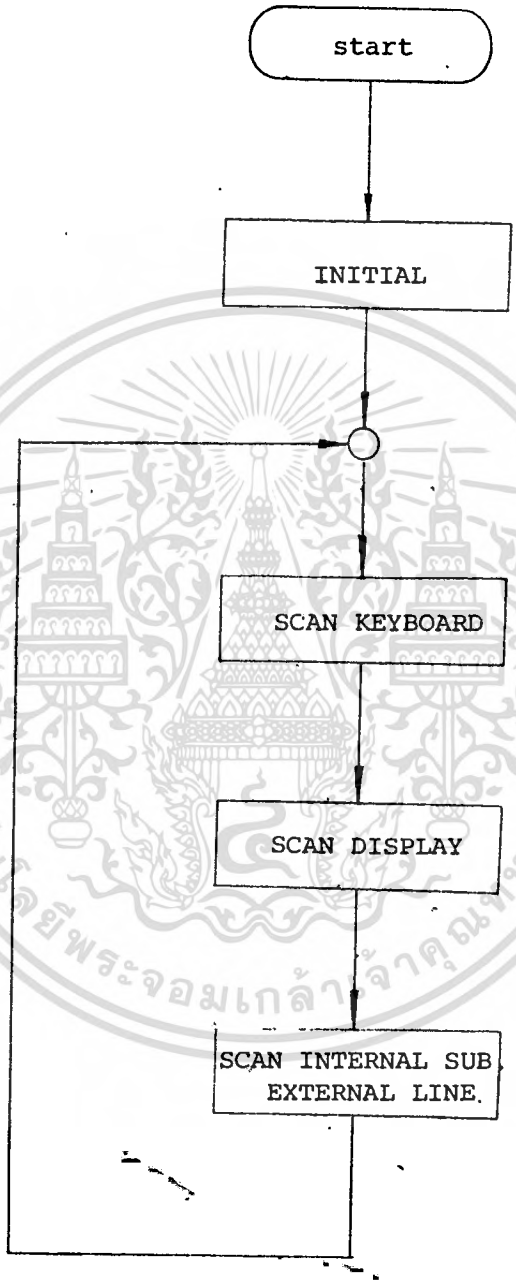
เนื่องจากไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานได้เร็วมาก ดังนั้นจึงเขียนโปรแกรมให้ซีพียู ควบคุมการทำงานของระบบ PABX โดยอาศัยหลักการมัลติเพล็กซ์ ทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่พัฒนาขึ้นมา ทำงานได้รวดเร็วกว่า PABX ระบบเก่าที่ใช้วงจรเชิงเส้นเป็นส่วนควบคุมการทำงาน

5.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหลัก

ซีพียูจะปฏิบัติตามคำสั่งในโปรแกรมหลัก เพื่อควบคุมเครื่องชุมสายให้ทำงานตามที่เราต้องการ ซึ่งขั้นตอนของโปรแกรมหลัก แสดงเป็นโฟล์วชาร์ทได้ดังรูปที่ 5.1

เมื่อเริ่มต้นเปิดเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ซีพียูจะถูกรีเซ็ท (Reset) โดยวงจรเพาเวอร์ออนรีเซ็ท (Power-on reset) ซีพียูจะเริ่มปฏิบัติคำสั่งที่ตำแหน่ง 0000 H. ซึ่งเป็นคำสั่งที่เกี่ยวกับการปรับสถานะปกติเริ่มต้น (Initial) จากนั้นซีพียูจะปฏิบัติคำสั่งในโปรแกรมย่อยของการสแกนคีย์บอร์ดไปจนถึงขั้นตอนหนึ่ง แล้วกลับเข้าสู่โปรแกรมหลักไปปฏิบัติคำสั่งโปรแกรมย่อยของส่วนแสดงผล แล้วกลับเข้าสู่โปรแกรมหลัก แล้วไปปฏิบัติคำสั่งย่อยของส่วนควบคุมโทรศัพท์ภายในและสายนอก ถึงขั้นตอนหนึ่งแล้วกลับเข้าสู่โปรแกรมหลัก กลับไปสแกนคีย์บอร์ด, ส่วนแสดงผล, และโทรศัพท์ภายในถึงสายนอกใหม่ในขั้นตอนต่อไป ทำเช่นนี้วนไปเรื่อย ๆ ลักษณะมัลติเพล็กแบบนี้ จะทำให้ไม่เสีย (Waste) เวลาการทำงานของซีพียูโดยเปล่าประโยชน์ และเนื่องจากซีพียูทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ไฟล์วชาร์ท แสดงขั้นตอนการทำงานของซีพียูทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

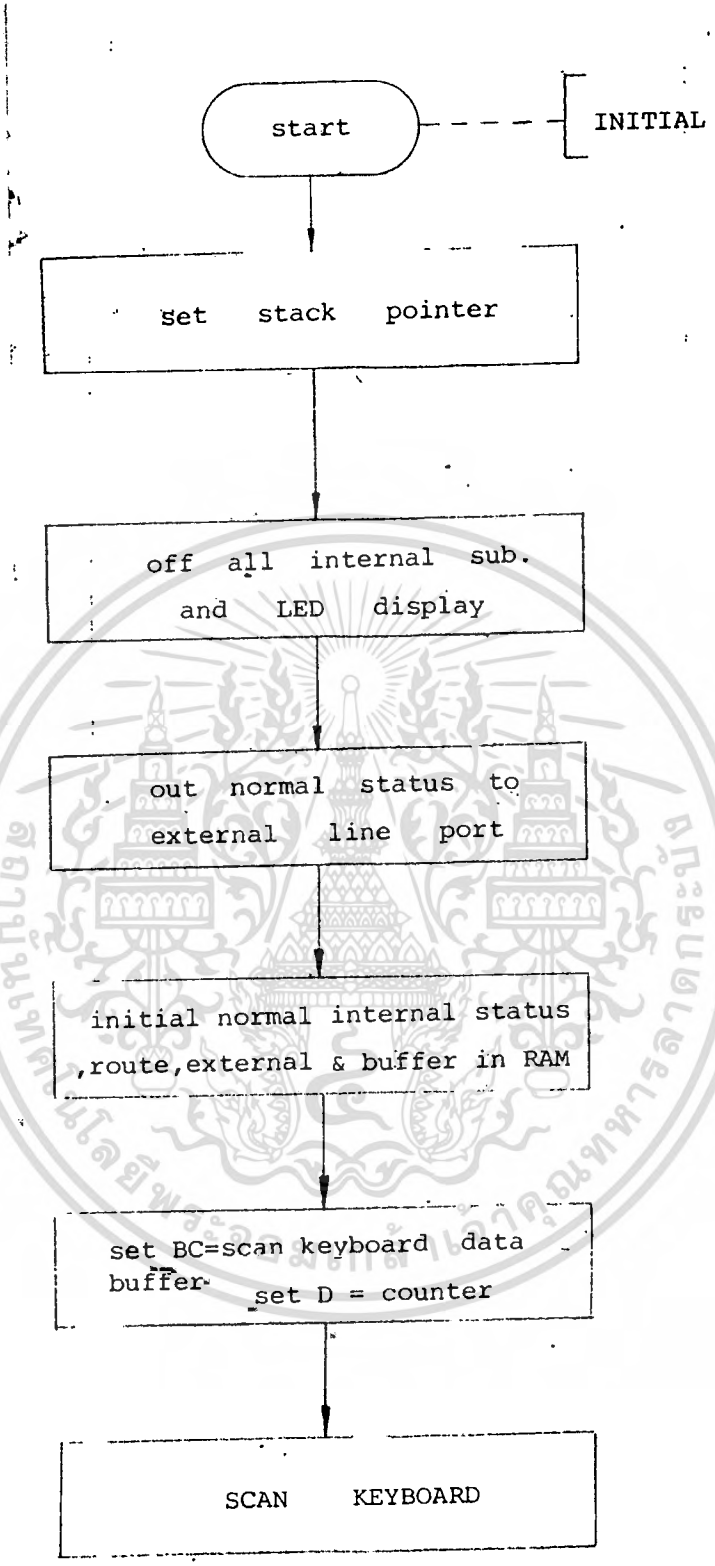
เร็วมาก เมื่อเทียบกับความรู้สึกของคน จึงเสมือนว่าไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานควบคุมทุก ๆ ส่วน ของระบบ PABX ให้ทำงานไปพร้อม ๆ กันหมด

5.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเริ่มต้น (Initial program)

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ จะต้องมีโปรแกรมเริ่มต้นเพื่อให้ซีพียูจัดเตรียมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ให้พร้อมที่จะทำงานต่อไป

จากรูปที่ 5.2 เริ่มต้นซีพียูจะกำหนด STACK POINTER ให้อยู่ใน RAM ตำแหน่งที่ 17F0 H. จากนั้นซีพียูจะส่งข้อมูลออกไปปิด (OFF) โทรศัพท์ภายในทุกเครื่อง, ดับ LED ของส่วนแสดงผลทุกดวง และส่งข้อมูลควบคุมการพักสายนอกและส่วนแสดงผลของสายนอก ให้อยู่ในสถานะปกติ ขั้นต่อไปซีพียูจะกำหนดค่าเริ่มต้นใน RAM ทุกตำแหน่งที่ถูกใช้งาน ให้อยู่ในสภาวะปกติเริ่มแรกหลังจากนั้นซีพียูจะกำหนดค่ารีจีสเตอร์คู่ BC = 0E00 H. ซึ่งเป็น ROM ตำแหน่งแรกของข้อมูลที่ใช้สแกนคีย์บอร์ดมีอยู่ 3 ไบท์ จึงกำหนดรีจีสเตอร์ D = 3 เป็น Counter เพื่อให้ซีพียูตรวจดูว่า ได้สแกนคีย์บอร์ดตามเส้นสแกนแนวนอนครบ 3 เส้นหรือยัง จากนั้นจะเข้าโปรแกรมสแกนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



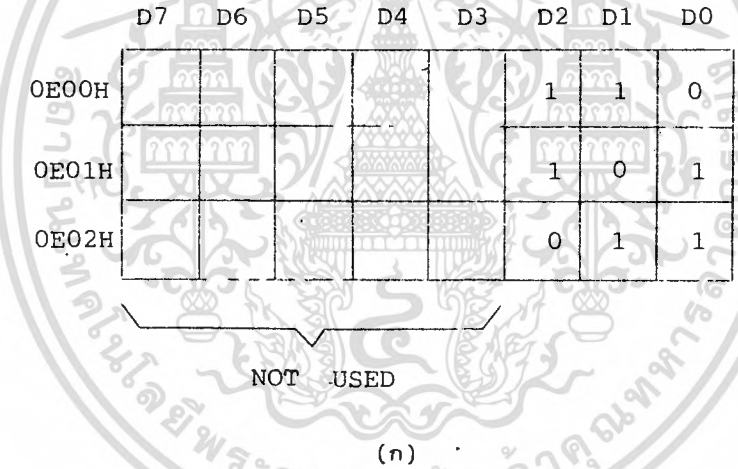
รูปที่ 5.2 ไฟล์วชาร์ทแสดงขั้นตอนของ INITIAL PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

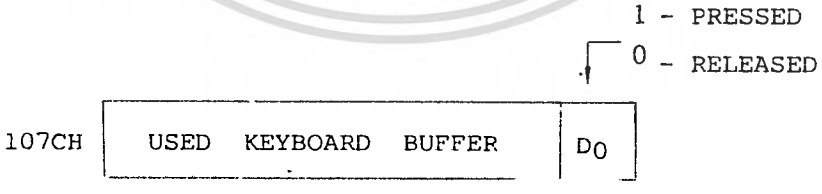
5.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสแกนคีย์บอร์ด

โปรแกรมส่วนนี้เป็นโปรแกรมที่ซีพียูใช้ตรวจคีย์บอร์ดว่าถูกกดหรือไม่ ถ้าถูกกดจะทำการตรวจดูว่าคีย์บอร์ดตัวใดที่ถูกกดจากนั้นก็จะควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ให้ปฏิบัติตามความหมายของคีย์บอร์ดตัวที่ถูกกด

ก่อนอื่นขอกล่าวถึงตำแหน่ง หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลการสแกนคีย์บอร์ดและตำแหน่ง RAM ที่ใช้เก็บสถานะของคีย์บอร์ด จากรูปที่ 5.3 (ก) เป็นตำแหน่งที่ใช้เก็บลักษณะของข้อมูลที่ซีพียูส่งออกไปค้างที่จุดสัญญาณออก เพื่อสแกนคีย์บอร์ดและรูปที่ 5.3 (ข) เป็นตำแหน่งใน RAM ที่ซีพียูใช้บิท D_0 เป็นตัวแสดงสถานะของคีย์บอร์ดว่า ถ้าเป็นลอจิก 0 หมายถึงคีย์บอร์ดไม่ถูกกด และเป็นลอจิก 1 เมื่อคีย์บอร์ดถูกกดอยู่



(ก)

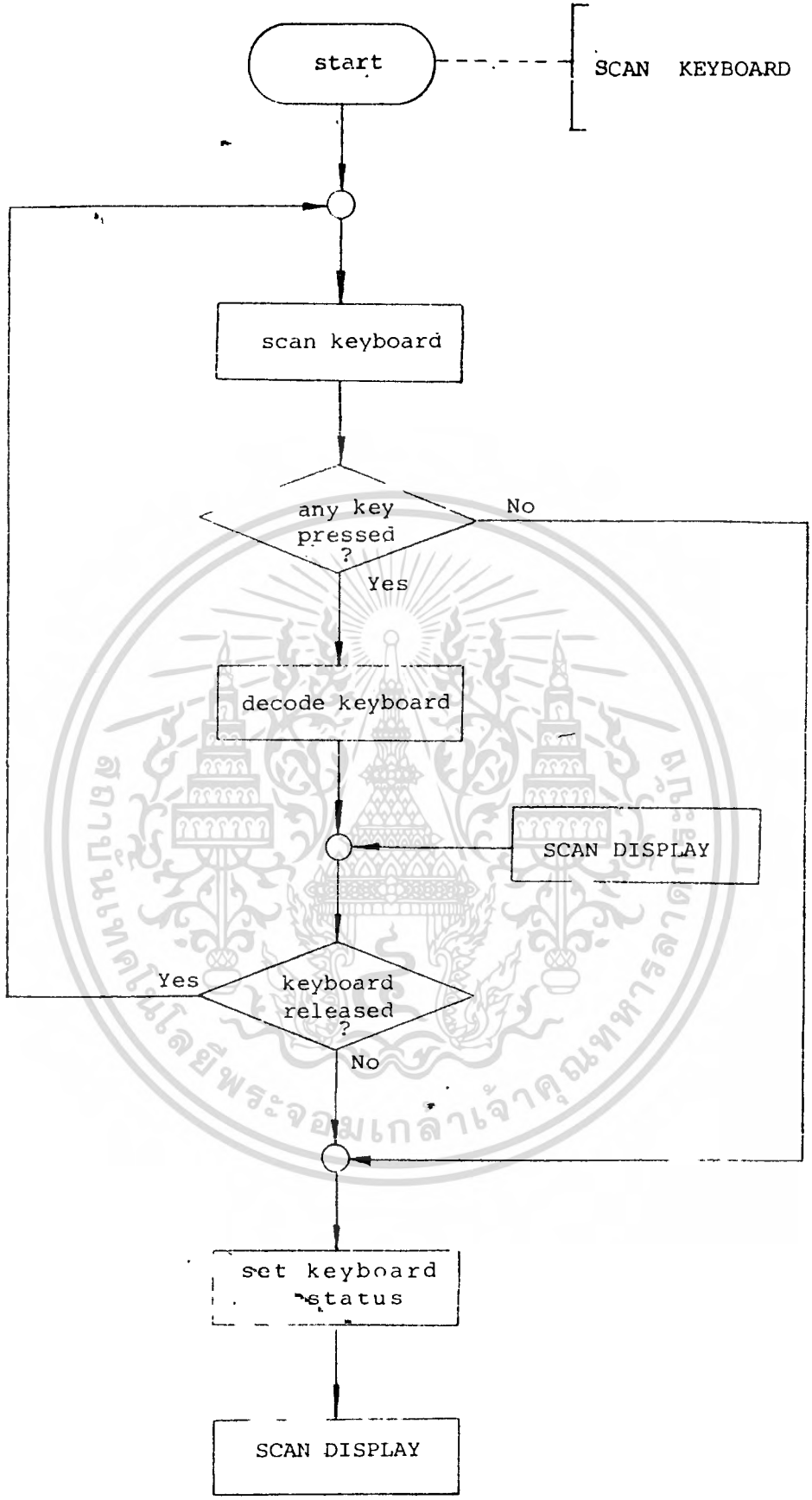


(ข)

รูปที่ 5.3 (ก) แสดงลักษณะข้อมูลที่ซีพียูใช้สแกนคีย์บอร์ด

(ข) ตำแหน่ง RAM ที่ซีพียูใช้เก็บสถานะของคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 โฟล์วชาร์ท แสดงขั้นตอนการสแกนคีย์บอร์ด

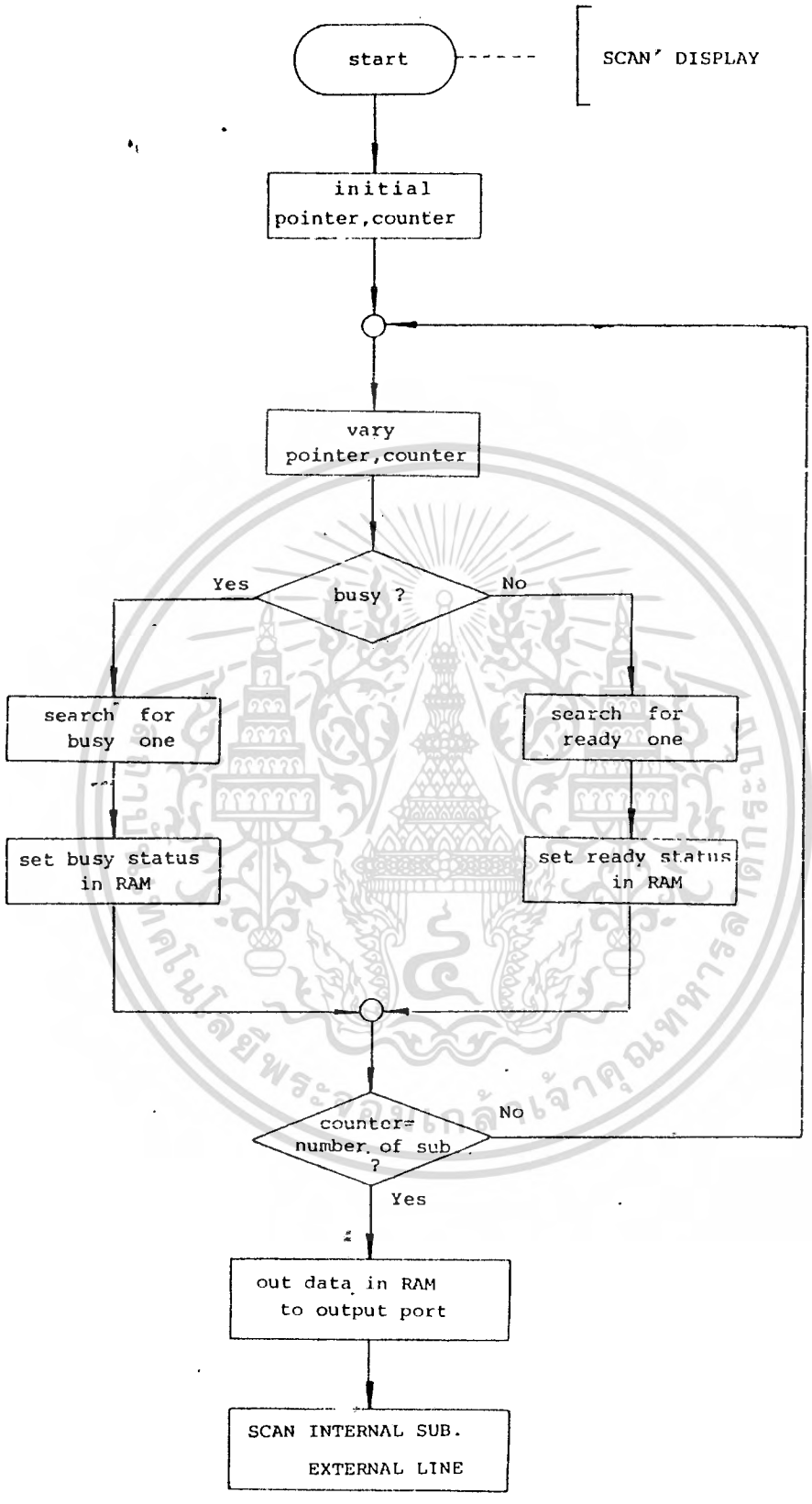
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากคีย์บอร์ดในเครื่องชุมสายโทรศัพท์นี้ ออกแบบไว้ให้โอเปอร์เรเตอร์ใช้ผู้เดียว ดังนั้นก่อนเข้าโปรแกรมการสแกนคีย์บอร์ดซีพียูจะตรวจเครื่องโทรศัพท์ของโอเปอร์เรเตอร์ว่าถูกใช้งานหรือไม่ ถ้าไม่ถูกใช้งานซีพียูจะข้ามโปรแกรมส่วนสแกนคีย์บอร์ดไปเลย ซีพียูจะสแกนคีย์บอร์ดก็ต่อเมื่อ เครื่องโทรศัพท์ของโอเปอร์เรเตอร์ถูกใช้งานเท่านั้น

ฟลอ์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมส่วนสแกนคีย์บอร์ด แสดงดังรูปที่ 5.4

ซีพียูจะส่งลอจิก 1 ออกไปค้างที่จุดสัญญาณออกที่เส้นสแกนแนวนอนเส้นที่ 1 แล้วรับข้อมูลเข้าทางจุดสัญญาณเข้า ในกรณีที่คีย์บอร์ดไม่ถูกกด (ข้อมูลที่รับเข้ามา D_0 ถึง D_3 เป็นลอจิก 1 หมด) ซีพียูจะเก็บสถานะของคีย์บอร์ดว่าไม่ถูกกดไว้ใน RAM ตำแหน่ง 107C H บิท D_0 แล้วไปทำโปรแกรมสแกนส่วนอื่น ๆ ในโปรแกรมหลักต่อไป แล้วเวียนกลับมาสแกนลักษณะเดียวกัน แต่เป็นเส้นสแกนแนวนอนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เมื่อครบเส้นสแกนแนวนอนทั้ง 3 เส้นแล้วก็เริ่มสแกนเส้นแนวนอนที่ 1 ใหม่ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ และเมื่อซีพียูตรวจพบว่ามีการกดคีย์บอร์ดก็จะหน่วงเวลาเพื่อแก้เบาน์ แล้วรับข้อมูลเข้ามาตรวจดูใหม่ ถ้าไม่มีการกดคีย์บอร์ด ซีพียูก็จะผ่านไปสแกนส่วนอื่น ๆ ต่อไป แต่ถ้ามีการกดคีย์บอร์ดจริง ซีพียูจะตรวจดูว่าคีย์บอร์ดตัวที่ถูกกดคือคีย์อะไร จากนั้นก็จะควบคุมให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปฏิบัติตามความหมายของคีย์บอร์ดตัวนั้น แล้วเก็บสถานะว่าคีย์บอร์ดถูกกดอยู่ แล้วซีพียูจะไปสแกนส่วนอื่น ๆ ต่อไป เมื่อเวียนกลับมาถึงโปรแกรมส่วนสแกนคีย์บอร์ดอีก ซีพียูจะตรวจแต่เพียงว่าคีย์บอร์ดที่ถูกกดอยู่นั้นถูกปล่อยออกหรือยัง จากการรับข้อมูลจากจุดสัญญาณเข้ามาตรวจดู ถ้ายังถูกกดอยู่ซีพียูจะผ่านโปรแกรมส่วนสแกนคีย์บอร์ดไปเลย จนกว่าจะเวียนมาตรวจพบว่า คีย์บอร์ดถูกปล่อยออกแล้ว จึงจะทำการสแกนคีย์บอร์ดต่อไป พร้อมกับเก็บสถานะของคีย์บอร์ดไว้ใน RAM ว่าเป็นสถานะปกติคือไม่ถูกกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ไฟล์วชาร์ท แสดงขั้นตอนการสแกนดีสเพลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสแกนส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายใน

โปรแกรมส่วนนี้ เป็นการควบคุมการทำงานของส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายใน ที่แจ้งให้โอเปอร์เรเตอร์ทราบว่ามีโทรศัพท์ภายในเครื่องใด ๆ ถูกใช้งานหรือไม่ ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสแกนส่วนแสดงผลสถานะของโทรศัพท์ภายในเขียนเป็นโฟล์วชาร์ท ดังรูปที่ 5.5

ซีพียูจะตรวจสถานะของโทรศัพท์ภายในจาก RAM ตำแหน่งที่บอกสถานะของโทรศัพท์ภายในแต่ละเครื่องว่าถูกใช้งานหรือไม่โดยอาศัยรีจีสเตอร์คู่ BC เป็นตัวชี้ตำแหน่ง RAM ที่เก็บสถานะของโทรศัพท์ภายใน (RAM ตำแหน่งที่เก็บสถานะของโทรศัพท์ภายในอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 5.5) อาศัยรีจีสเตอร์คู่ HL เป็นตัวชี้ตำแหน่ง LED BUFFER (ตำแหน่ง 1200H - 1202H) และอาศัยรีจิสเตอร์ D เป็น Counter เป็นตัวคอยตรวจนับ ในการสแกนให้ครบ 20 เครื่องโทรศัพท์ภายใน เมื่อครบแล้วจึงส่งข้อมูลจาก RAM ตำแหน่ง LED BUFFER ทั้ง 3 ตำแหน่งออกไปแสดงทางจุดสัญญาณออก เมื่อควบคุม LED ทั้ง 20 ดวง ให้ติดดับตามสถานะของโทรศัพท์ภายในทุกเครื่อง แล้วจึงไปปฏิบัติคำสั่งในโปรแกรมของส่วนสแกนคู่สายภายในและสายนอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสแกนโทรศัพท์ภายในและคู่สายภายนอก

. โปรแกรมส่วนนี้ควบคุมการทำงานทุกอย่างของโทรศัพท์ภายใน ตลอดจนการติดต่อกับสายนอกและการใช้ช่องสัญญาณติดต่อ ก่อนอื่นขออธิบายถึง RAM ตำแหน่งต่าง ๆ และข้อมูลแต่ละบิทที่ใช้เก็บสถานะของโทรศัพท์ภายใน, สายนอก, ช่องสัญญาณติดต่อ และอื่น ๆ

RAM ที่ออกแบบไว้เก็บสถานะของโทรศัพท์ภายใน แต่ละเครื่องนั้นใช้ RAM 6 ตำแหน่ง ในการเก็บสถานะทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 5.6 (ก) เป็น RAM 6 ตำแหน่ง ที่ใช้เก็บสถานะทั้งหมดของโทรศัพท์ภายในหมายเลข 30 และสถานะของโทรศัพท์ภายในหมายเลข 31 - 49 ใช้ RAM 6 ตำแหน่งต่อไป เรียงไปตามลำดับ จนถึง RAM ตำแหน่งที่ 1072H ถึง 1077H เป็นที่เก็บข้อมูลของโทรศัพท์ภายในหมายเลข 49 และตำแหน่ง 1078H ถึง107DH เป็นตำแหน่ง RAM ที่เก็บสถานะของโอเปอร์เรเตอร์

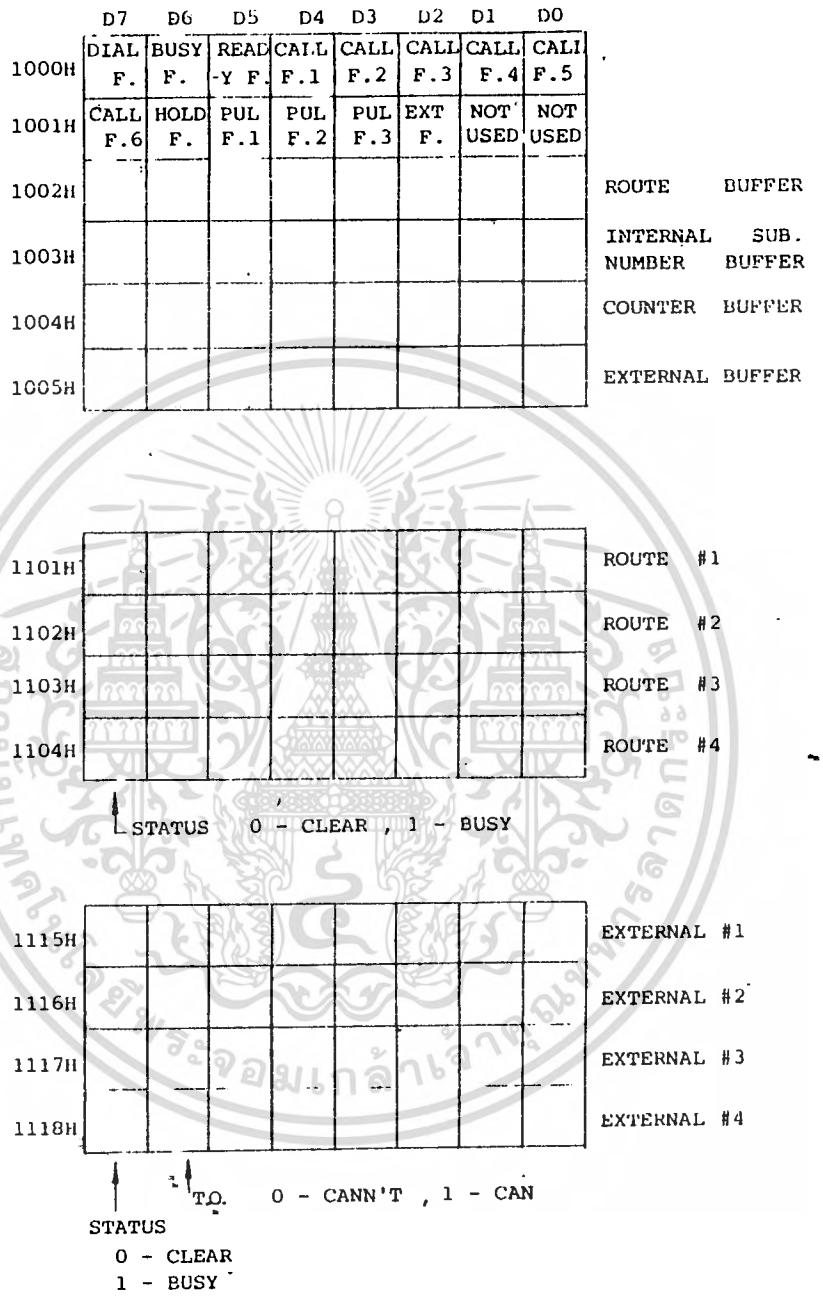
ในที่นี้ขออธิบายสถานะต่าง ๆ ของRAM 6 ตำแหน่งพอสังเขปและ RAM ทั้ง 6 ตำแหน่งที่แสดงสถานะของโทรศัพท์ภายในมีประจำเหมือนกันหมดในโทรศัพท์ภายในทุกเครื่อง RAM 2 ไบท์แรก (1000 H และ 1001H) รวมข้อมูลทั้งหมดมี 14 บิท ที่ใช้งาน แต่ละบิทจะเป็นตัวบอกสถานะของการ service hand-on routine ว่าซีพียูปฏิบัติคำสั่งถึงขั้นตอนใดในขณะที่ซีพียูสแกนแบบมัลติเพล็กซ์ เมื่อเวียนกลับมาอีกครั้งก็จะปฏิบัติขั้นตอนต่อไปตามข้อกำหนดของโปรแกรมและสถานะเดิมที่เก็บไว้ แล้วจึงเก็บสถานะใหม่ไว้ใน RAM 2 ตำแหน่งนี้ จะทำการสแกนแบบมัลติเพล็กซ์เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะปฏิบัติคำสั่ง Hand-on routine จนเสร็จเรียบร้อยทั้ง 21 เครื่อง

RAM ตำแหน่งที่ 3 (ตำแหน่ง 1002H) ใช้เก็บช่องสัญญาณติดต่อที่ใช้ว่าใช้รูทใด ในกรณีที่เครื่องภายในมีการติดต่อกับเครื่องภายในด้วยหรือสายนอกก็ตาม

RAM ตำแหน่งที่ 4 (ตำแหน่ง 1003H) ใช้เก็บหมายเลขของโทรศัพท์ของผู้ที่เรากำลังติดต่ออยู่

RAM ตำแหน่งที่ 5 (ตำแหน่ง 1004H) เป็น COUNTER ที่ใช้นับเวลาที่โทรศัพท์ภายในหมุนเลข 0 เพื่อติดต่อสายนอก เมื่อติดต่อสายนอกได้แล้วหมุนหมายเลขโทรศัพท์ภายนอก จำนวนของเลขหมายที่หมุนจะถูกเก็บไว้ใน RAM ตำแหน่งนี้ว่าหมุนเลขหมายภายนอกกี่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 (ก) แสดงสถานะต่าง ๆของ RAM ประจำเครื่องโทรศัพท์ภายใน หมายเลข 2 , 0

(ข) RAM ตำแหน่งที่เป็นบัฟเฟอร์ของช่องสัญญาณที่จรูท

(ค) RAM ตำแหน่งที่เป็นบัฟเฟอร์ของสายนอกทั้ง 4 คู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM ตำแหน่งที่ 6 (ตำแหน่ง 1005 H) ใช้เก็บข้อมูลในกรณีที่เครื่องภายในติดต่อกับสายนอกคู่สายใด ซีพียูจะเก็บค่าของคู่สายนอกที่ใช้ไว้ใน RAM ตำแหน่งนี้

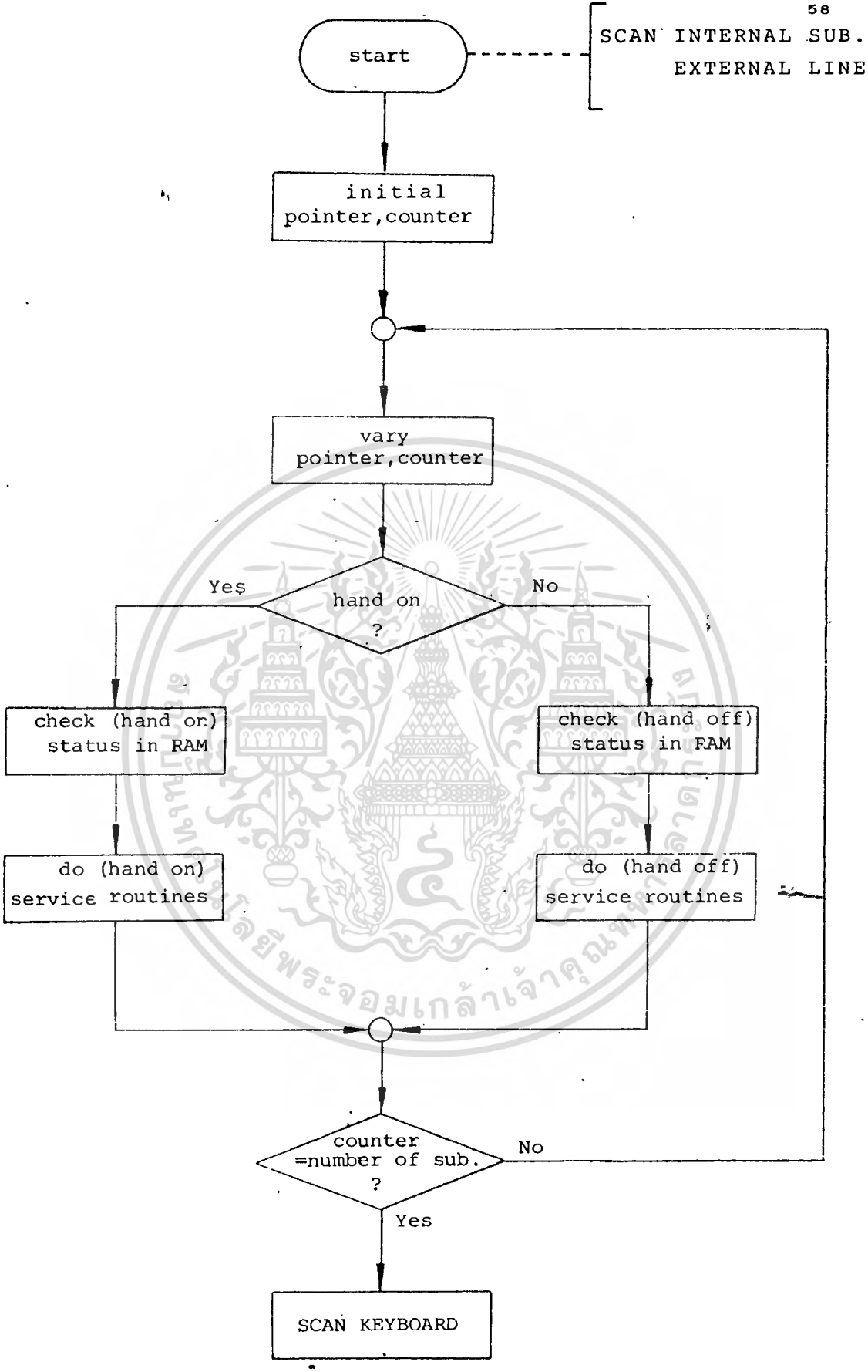
• จากรูปที่ 5.6 (ข) คือ RAM ตำแหน่ง1101 H ถึง 1104 H เป็นที่เก็บสถานะของช่องสัญญาณติดต่อ เมื่อมีผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการติดต่อหลังจากหมุนหมายเลขที่ต้องการแล้วซีพียูจะมาตรวจ RAM 4 ตำแหน่งนี้ เพื่อหาช่องสัญญาณติดต่อที่ว่าง เพื่อใช้ในการติดต่อโดยการตรวจที่บิท D_7 ถ้าเป็นลอจิก 1 แสดงว่าช่องสัญญาณติดต่อนั้นถูกใช้งานอยู่และเป็นลอจิก 0 ถ้าช่องสัญญาณติดต่อนั้นว่าง

ในทำนองเดียวกันจากรูปที่ 5.6 (ค) คือ RAM ตำแหน่ง 1115 H ถึง 1118 H เป็นบัฟเฟอร์เก็บสถานะของสายนอกทั้ง 4 คู่สาย ต่างกันที่บิท D_6 มีเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในกรณีที่โทรศัพท์ภายในต้องการจะโอนสายนอกกลับไปให้โอเปอร์เรเตอร์ บิท D_6 จะเป็นลอจิก 1 ถ้าเครื่องภายในต้องการโอนสายนอกให้กับเครื่องโทรศัพท์ภายในด้วยกันเองบิท D_6 จะเป็นลอจิก 0

โฟล์วชาร์ทการทำงานของการสแกนโทรศัพท์ภายในและคู่สายภายนอกที่แสดงในรูปที่ 5.7 เริ่มต้นซีพียูจะกำหนดรีจิสเตอร์คู่ HL เป็นตัวชี้ตำแหน่งเริ่มต้นของสถานะเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องแรก (หมายเลข 30) รีจีสเตอร์ B เป็น COUNTER นับจำนวนเครื่องโทรศัพท์ภายในให้ครบ 21 เครื่องและรีจีสเตอร์ C เป็นตัวชี้และเป็นชื่อจุดสัญญาณออก เริ่มต้นที่พอร์ต 00H (จุดสัญญาณออกที่ใช้ควบคุมโทรศัพท์ภายในหมายเลข 30) จากนั้นก็เริ่มทำการสแกนโทรศัพท์ภายในโดยอาศัยรีจีสเตอร์ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว

การสแกนโทรศัพท์ภายในซีพียูจะเริ่มรับข้อมูลเข้ามาตรวจดูว่ามีเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องใดยกหูฟังบ้าง เมื่อตรวจพบก็จะปฏิบัติคำสั่ง (Service Hand-on routine) โดยอาศัยสถานะใน RAM 2 ไบท์แรก เป็นตัวช่วยตัดสินใจพร้อมกับส่งข้อมูลออกไปควบคุมโทรศัพท์ภายในเครื่องนั้น ๆ แล้วเก็บสถานะใหม่ไว้ใน RAM 2 ไบท์นั้น แล้วไปตรวจเครื่องอื่น ๆ ต่อไปจนครบทั้ง 21 เครื่อง แล้วกลับเข้าสู่โปรแกรมหลักไปปฏิบัติคำสั่งของส่วนอื่น ๆ ต่อไป เมื่อเวียนมาถึงอีกครั้งหนึ่ง ซีพียูจะตรวจสถานะใน RAM ก่อนว่าได้ serviceไปถึงขั้นตอนใด จากนั้นก็ทำการ service ต่อไปพร้อมกับเก็บสถานะใหม่ไว้ใน RAM ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงขั้นตอนสุดท้ายของโปรแกรม (Service Hand-on routine) เมื่อปฏิบัติคำสั่งหมดเรียบร้อยแล้วก็จะเซ็ท (Set) READY F. เมื่อซีพียูเวียนมา service ถึงโทรศัพท์ภายในเครื่องนี้และตรวจสอบพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 โฟล์วชาร์ท แสดงขั้นตอนการสแกนโทรศัพท์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READY F. เป็นลอจิก 1 ซีพียูจะผ่านการสแกนเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องนี้ไปเลย เพราะถือว่าได้ service เครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องนี้เรียบร้อยแล้ว

ในทำนองเดียวกัน เมื่อซีพียูสแกนพบเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องใด ๆ วางหูฟังก็จะปฏิบัติ service hand-off routine ในลักษณะมัลติเพล็กซ์เช่นเดียวกับการ service hand - on routine

โปรแกรมย่อย Hand-on routine และ Hand-off routine ที่แสดงด้วยโฟลว์ชาร์ทในหน้าที่ 60,61 และ 62 มีรายละเอียดของลำดับการทำงานดังนี้

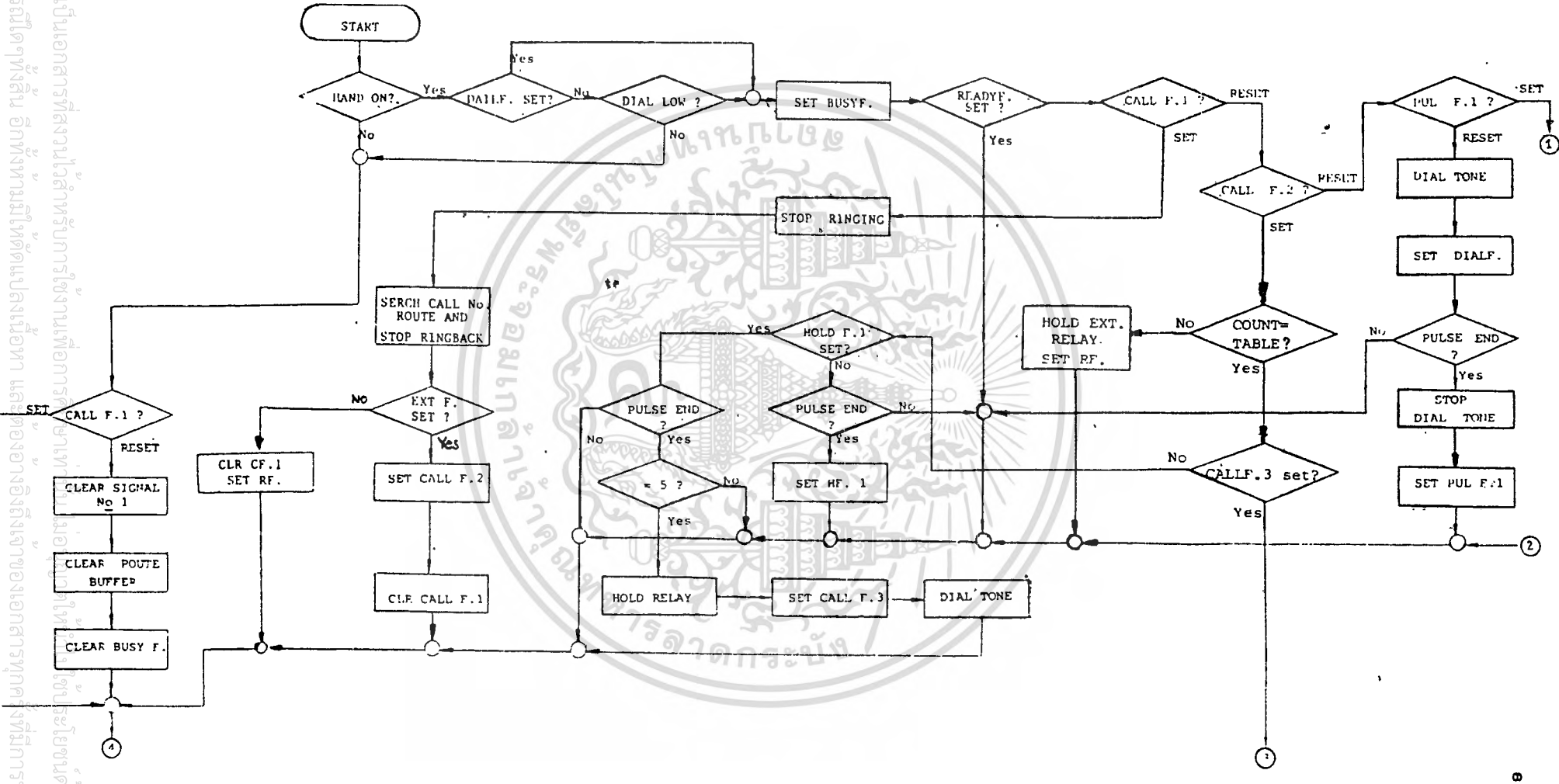
5.5.1 โปรแกรมย่อยของการควบคุมโทรศัพท์ขณะยกหูฟังเพื่อใช้งาน (Hand-on routine)

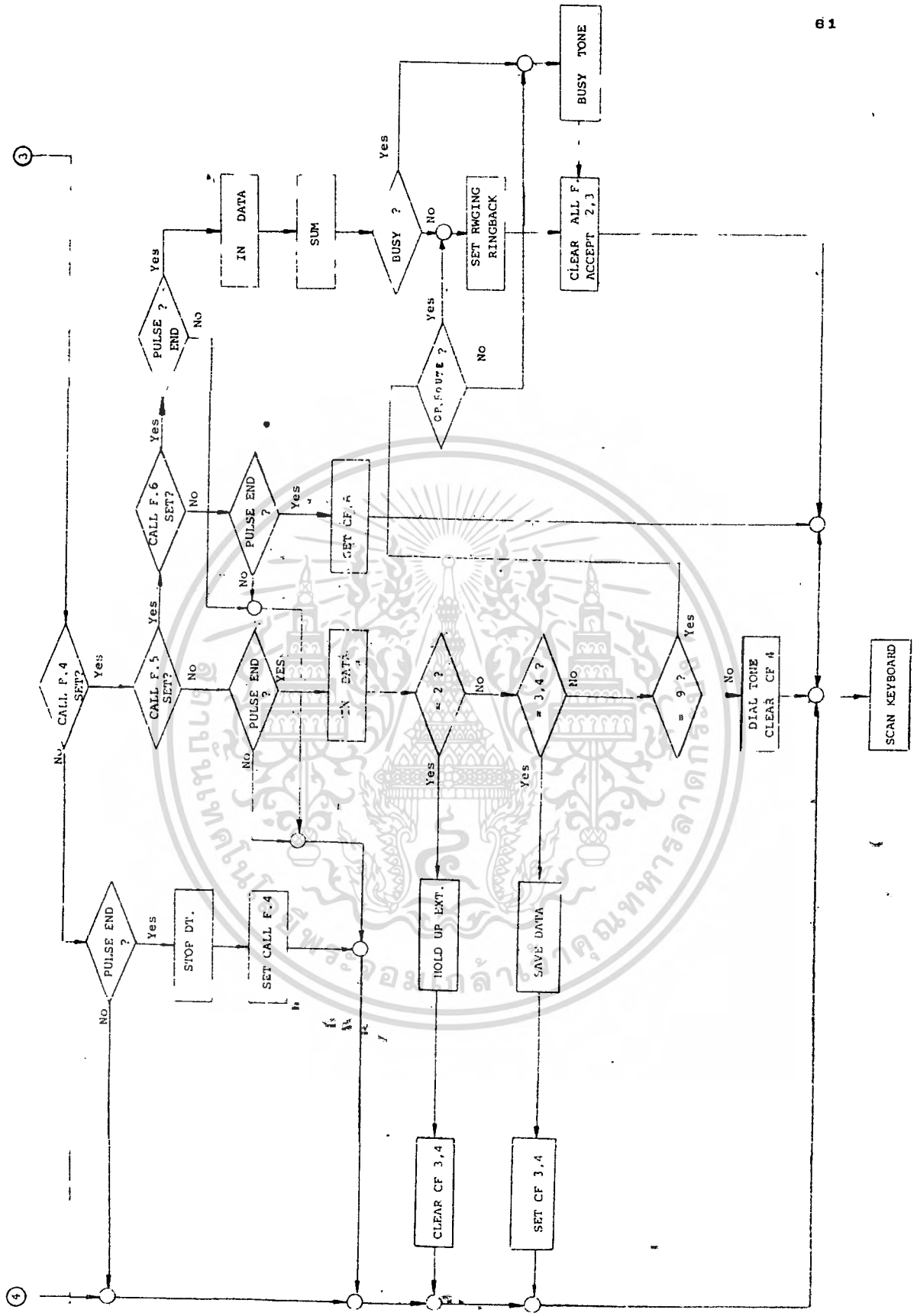
โปรแกรมย่อยส่วนนี้ ซีพียูใช้ service โทรศัพท์ภายในทุกเครื่องที่ยกหูฟังเพื่อใช้งานในลักษณะต่าง ๆ โดย อาศัย ข้อมูลจากจุดสัญญาณเข้า และสถานะที่ออกแบบไว้ใน RAM ทั้ง 6 ตำแหน่งพิจารณาร่วมกันเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มต้นเมื่อซีพียูตรวจพบว่าโทรศัพท์ถูกยกหูฟังขึ้น จาก HANDSET BIT จากจุดสัญญาณเข้า ซีพียูจะตรวจ DIALF. ซึ่งจะต้องรีเซ็ท (เป็นลอจิก 0) เนื่องจากวงจรที่ออกแบบเพื่อสร้างสัญญาณหูฟังและสัญญาณไดแอลนั้น ปกติสัญญาณไดแอลจะตกจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 ช้ากว่าสัญญาณหูฟัง เมื่อเริ่มต้นยกหูฟัง สัญญาณหูฟังจะตกเป็นลอจิก 0 ขณะนั้นสัญญาณไดแอลยังคงเป็นลอจิก 1 อยู่ ซีพียูอาศัย DIALF. เป็นตัวบอกสัญญาณไดแอลที่เป็นลอจิก 1 นั้น เกิดจากการหมุนไดแอลโทรศัพท์หรือเกิดจากสัญญาณไดแอลที่ตกจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 ช้ากว่าสัญญาณหูฟังตอนเริ่มต้น เนื่องจากหูฟังเพิ่งถูกยกขึ้นเพื่อใช้งานในตอนแรก เมื่อ DIALF. เป็นลอจิก 0 ซีพียูจะตรวจ DIAL BIT จากจุดสัญญาณเข้าว่าตกเป็นลอจิก 0 หรือยัง ถ้ายังไม่ตกเป็นลอจิก 0 ซีพียูจะกลับเข้าสู่โปรแกรมหลักเพื่อไปทำงาน (service) อื่น ๆ เมื่อวนกลับมาอีกซีพียูจะตรวจ DIAL BIT อีก ทำเช่นนี้จนกว่าสัญญาณไดแอลจะตกเป็นลอจิก 0 แล้วจึงค่อย service ขั้นตอนต่อไปคือ เซ็ท DIALF. และ BUSY F. ซึ่งเป็นตัวแจ้งให้ทราบว่าขณะนั้นโทรศัพท์ภายในเครื่องนั้น ๆ ถูกใช้งานอยู่

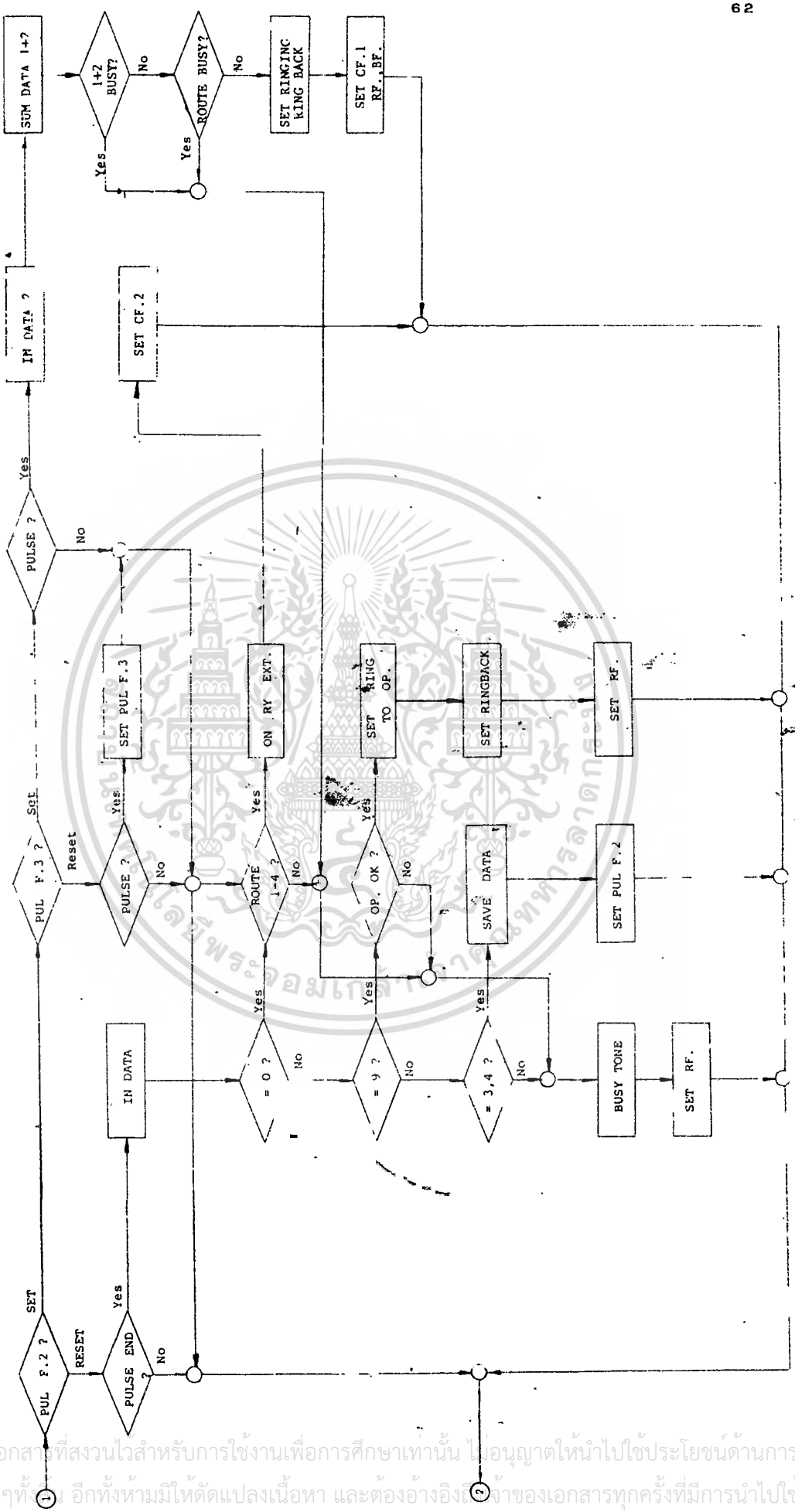
2. ซีพียูจะตรวจ READY F. ซึ่งเป็นตัวแจ้งให้ซีพียูทราบว่าได้ service hand-on routine ให้กับโทรศัพท์ภายในเครื่องนั้น ๆ เรียบร้อยแล้วหรือยัง ถ้า READY F. เป็นลอจิก 1 หมายความว่า ซีพียูได้ service hand-on routine เรียบร้อยแล้ว ซีพียูจะผ่านการสแกนโทรศัพท์เครื่องนั้นไปเลย แต่ถ้าREADY F. ยังเป็นลอจิก 0 อยู่ ซีพียูจะทำการตรวจแฟลกอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


STAKT
HAND ON?
Yes
No
DAILF. SET?
Yes
No
DIAL LOW ?
No
SET BUSYF.
READYF. SET ?
Yes
CALL F.1 ?
RESET
SET
CALL F.2 ?
RESET
SET
PUL F.1 ?
SET
RESET
DIAL TONE
SET DIALF.
PULSE END ?
No
Yes
STOP DIAL TONE
SET PUL F.1
STOP RINGING
SERCH CALL No ROUTE AND STOP RINGBACK
EXT F. SET ?
No
Yes
CLR CF.1 SET RF.
SET CALL F.2
CLR CALL F.1
HOLD F.1 SET?
Yes
No
PULSE END ?
No
Yes
= 5 ?
No
Yes
SET HF. 1
HOLD RELAY
SET CALL F.3
DIAL TONE
HOLD EXT. RELAY. SET RF.
COUNT= TABLE?
No
Yes
CALLF.3 set?
No
Yes
SET
CALL F.1 ?
RESET
CLEAR SIGNAL No 1
CLEAR POUTE BUFFER
CLEAR BUSY F.
A
1
2
3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปคือ CALLF.1,CALLF.2 และ CALLF.3

3.CALLF.1 จะถูกเซ็ทเมื่อโทรศัพท์เครื่องนั้นถูกเรียก ดังนั้นเมื่อ ซีพียูตรวจพบว่า CALLF.1 เป็นลอจิก 1 จะทำการหาช่องสัญญาณติดต่อด้วยจาก RAM แล้วจัดการให้โทรศัพท์เครื่องนั้นติดต่อกับผู้เรียกได้พร้อม ทั้งเคลีย CALLF.1 จากนั้นซีพียูก็จะตรวจว่าคู่สายที่ติดต่อด้วยเป็นคู่สายภายในหรือภายนอก ถ้าเป็นคู่สายภายในซีพียูจะทำการเซ็ท READYF. แต่ถ้าเป็นคู่สายภายนอกซีพียูจะยังไม่เซ็ท READYF. แต่จะเซ็ท CALLF.2 ซึ่งเป็นตัวบอกซีพียูว่าขณะนั้นโทรศัพท์ภายในเครื่องนั้น ๆ ติดต่ออยู่กับคู่สายภายนอก จากนั้นซีพียูจะตรวจ CALL F.3 ต่อไป

4. ถ้า CALL F.3 รีเซ็ท ซีพียูจะตรวจ DIAL BIT จากจุดสัญญาณเข้าว่ามีการหมุนไดแอลหรือไม่ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีการหมุนไดแอล ซีพียูจะเซ็ท HOLD F. แล้วตรวจดูว่าหมายเลขที่หมุนเป็นหมายเลข 5 หรือไม่ ถ้าไม่ใช่เลข 5 ซีพียูยังคงไม่ทำอะไร เพราะถือว่าผู้ใช้หมุนเลขผิด ซีพียูจะรอการหมุนไดแอลใหม่ ถ้าเป็นหมายเลข 5 ซีพียูจะพักสายนอกที่ติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องนั้นไว้ พร้อมกับส่งสัญญาณให้หมุนตอบกลับมาและเซ็ท CALL F.3

5. เมื่อ CALL F.3 เซ็ท ซีพียูจะตรวจ CALL F.4 และ CALL F.5 พร้อมกับ DIAL BIT จากจุดสัญญาณเข้า เพื่อจะรับการหมุนหมายเลขตัวต่อไป ว่าเป็นหมายเลข 2,3,3 หรือ 4 ถ้าไม่เป็นหมายเลขที่กล่าวมา ซีพียูจะถือว่าผู้ใช้หมุนหมายเลขผิด ซีพียูจะไม่ทำอะไรเลย แต่จะส่งสัญญาณให้หมุนมายังเครื่องโทรศัพท์นั้นและรอจนกว่าผู้ใช้จะหมุนหมายเลขใหม่ ถ้าเป็นหมายเลข 2 ซีพียูจะทำการต่อสายนอกที่พักไว้เข้ากับเครื่องโทรศัพท์ภายในตามเดิม ถ้าเป็นหมายเลข 3 ซีพียูจะตรวจดูว่าโทรศัพท์ ของโอเปอร์เรเตอร์ว่างหรือไม่ ถ้าไม่ว่างจะส่งสัญญาณไม่ว่างตอบกลับมา ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณเรียกไปยังโทรศัพท์ของโอเปอร์เรเตอร์ พร้อมกับส่งสัญญาณเรียกกลับมายังผู้เรียก จากนั้นก็สามารถติดต่อกับโอเปอร์เรเตอร์ได้ ถ้าเป็นหมายเลข 3 หรือ 4 ซีพียูจะเก็บข้อมูลไว้ใน RAM พร้อมกับเซ็ท CALL F.6

6. เมื่อ CALL F.6 เซ็ท ซีพียูจะตรวจ DIAL BIT อีกวนไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีการหมุนหมายเลขตัวต่อไป เมื่อมีการหมุนหมายเลขตัวต่อไป ซีพียูจะรวมข้อมูลของการหมุนทั้งสองครั้งหลังเข้าด้วยกัน ซีพียูก็จะทราบว่าเป็นหมายเลขโทรศัพท์ภายในเครื่องใด จากนั้นก็จะทำการตรวจคู่สายภายในที่ถูกเรียกนั้นว่าว่างหรือไม่ทำเช่นเดียวกับเมื่อซีพียู ตรวจพบว่าหมุนหมายเลข 9 เมื่อต้องการติดต่อกับโอเปอร์เรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ในกรณีที่ READ F., CALLF.1,CALL F.2 และ PULF.1 รีเซ็ทหมดนั่น หมายความว่าโทรศัพท์เครื่องนั้นถูกยกหูเพื่อใช้เป็นผู้ติดต่อ ซีพียูจะส่งสัญญาณให้หมุนบ่าให้พร้อมกับรอการหมุนไดแอลโทรศัพท์ เมื่อพบว่า DIAL BIT จากจุดสัญญาณเข้าเป็นลอจิก 1 ซีพียูจะทราบทันที ว่ามีการหมุนไดแอลโทรศัพท์แล้วจะเซ็ท PUL F.1 พร้อมกับหยุดสัญญาณให้หมุน จากนั้นก็จะวนตรวจ PUL F.2 พร้อมกับตรวจดูข้อมูลว่าหมายเลขที่หมุนเป็นหมายเลข 0,9,3 หรือ 4 ถ้าไม่ใช่หมายเลขที่กล่าวมานี้ ซีพียูจะส่งสัญญาณไม่ว่างพร้อมกับเซ็ท READY F. ให้ผู้ใช้ทราบว่าได้หมุนหมายเลขผิดจากระบบที่ออกแบบไว้ เพื่อให้ผู้ใช้วางหูฟัง แล้วค่อยยกหูฟังขึ้นหมุนใหม่

ถ้าเป็นหมายเลข 0 ซีพียูจะตรวจหาช่องสัญญาณติดต่อและคู่สายภายนอกที่ว่าง จากนั้นจะทำการต่อสายนอกผ่านช่องสัญญาณติดต่อให้กับโทรศัพท์เครื่องนั้น ๆ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลของช่องสัญญาณติดต่อและคู่สายนอกที่ใช้ไว้ใน RAM ประจำเครื่องภายในนั้น ๆ จากนั้นซีพียูจะคอยตรวจนับการหมุนหมายเลขสายนอกพร้อมกับเปรียบเทียบกับตาราง ซึ่งเป็นข้อมูลเก็บไว้ใน EPROM ที่จะเป็นตัวกำหนดว่าเครื่องภายในนั้นสามารถหมุนหมายเลขภายนอกได้กี่ตัว ถ้าเป็นไปตามตารางที่กำหนดซีพียูจึงจะเซ็ท CALL F.2 แต่ถ้าไม่เป็นไปตามตารางที่กำหนด ซีพียูจะพักสายนอกนั้นไว้พร้อมกับเซ็ท READY F.ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถหมุนหมายเลขภายนอกได้อีก จะต้องวางหูฟังและจึงเริ่มยกหูฟังขึ้นหมุนหมายเลข 0 เพื่อติดต่อกับสายนอกใหม่อีกครั้งหนึ่ง โปรแกรมส่วนนี้เป็นส่วนที่บังคับ ให้โทรศัพท์ภายในสามารถโทรศัพท์ทางไกลได้ หรือไม่ได้ตามที่เราต้องการ โดยกำหนดค่าของตารางเป็นข้อมูลเก็บไว้ใน EPROM.

แต่ถ้าช่องสัญญาณติดต่อหรือสายนอกไม่ว่าง หลังจากที่ซีพียูตรวจพบว่าหมุนหมายเลข 0 แล้วนั้น ซีพียูจะส่งสัญญาณไม่ว่างเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่าไม่สามารถติดต่อ สายนอกได้พร้อมกับเซ็ท READY F.

ถ้าเป็นหมายเลข 9 ซีพียูก็จะทำการ service ลักษณะเดียวกับการหมุนเลข 0 เพียงแต่เปลี่ยนสายนอกเป็นโอเปอร์เรเตอร์ และจะไม่เซ็ท CALL F.2 แต่จะเซ็ท READY F. แทน

ถ้าเป็นหมายเลข 3 หรือ 4 ซีพียูจะเก็บข้อมูลไว้ใน RAM พร้อมกับเซ็ท PUL F.2 ซีพียูจะตรวจ PUL F.3 และ DIAL BIT เพื่อรอการหมุนหมายเลขอีกตัวหนึ่ง เมื่อผู้ใช้หมุนหมายเลขอีกตัวหนึ่งแล้ว ซีพียูจะรวมข้อมูลทั้งสองเข้าด้วยกัน ก็จะทราบหมายเลขที่หมุนว่าเป็นหมายเลขของโทรศัพท์ภายในเครื่องใด (หมายเลข 30-49) จากนั้นก็จะทำการ service

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเดียวกับการหมุนหมายเลข 9 ทุกประการเพียงแต่เปลี่ยนผู้ถูกเรียกจากโอเปอร์เรเตอร์นั้นคู่สายภายในของหมายเลขที่ถูกหมุนเรียกไปเท่านั้น

ที่กล่าวมานี้เป็นลำดับขั้นตอนการทำงานของซีพียู ซึ่งใช้แฟลก (Flag) ต่าง ๆจาก RAM 2 ไบท์แรก และ RAM อีก 4 ไบท์ที่ใช้ในการเก็บช่องสัญญาณติดต่อที่ใช้, คู่สายภายในที่ติดต่อด้วย, COUNTER ของจำนวนครั้งที่หมุนหมายเลขของสายนอก และคู่สายภายนอกที่ใช้ พิจารณาร่วมกับข้อมูลจากจุดสัญญาณเข้าเพื่อทำการ service hand-on routine

5.5.2 โปรแกรมย่อยที่ใช้ควบคุมโทรศัพท์ขณะวางหูฟัง. (Hand-off routine)

โปรแกรมย่อยส่วนนี้ ซีพียูใช้ service โทรศัพท์ภายในทุกเครื่องขณะวางหูฟัง กล่าวคือ เมื่อซีพียู ตรวจพบว่าโทรศัพท์ภายในเครื่องใด ๆ เพิ่งวางหูฟังหลังจากใช้งานเรียบร้อยแล้ว ซีพียูจะปิด (OFF) โทรศัพท์เครื่องนั้น จากนั้นตรวจดู RAM ตำแหน่ง ROUTE BUFFER ว่าโทรศัพท์เครื่องนี้ ใช้รูทใดในการติดต่อ แล้วทำการรีเซ็ทบิท D_7 ของ ROUTE NUMBER BUFFER นั้นซึ่งเป็นการเคลียช่องสัญญาณติดต่อที่ใช้เพื่อผู้อื่นจะได้ใช้ช่องสัญญาณติดต่อนั้นได้ จากนั้นซีพียูจะตรวจคู่สายที่ติดต่อด้วยว่าเป็นคู่สายภายในหรือภายนอก ถ้าเป็นสายนอกก็ต้องตรวจดู RAM ตำแหน่งของ EXT.BUFFER ว่าใช้คู่สายนอกที่เท่าไร จากนั้นจะไปเคลียบิท D_7 ของ EXTERNAL NUMBER BUFFER ของสายนอกนั้นให้เป็นลอจิก 0 แล้วจึงทำการเคลีย RAM ทั้ง 6 ตำแหน่งที่ประจำเครื่องโทรศัพท์ภายในนั้น ๆให้เป็นลอจิก 0 หมด แต่ถ้าคู่สายที่ติดต่อด้วยเป็นคู่สายภายในซีพียู ก็จะทำการเคลีย RAM ทั้ง 6 ตำแหน่งเลย โดยมิต้องไปยุ่งเกี่ยวกับสายนอก ก็จะเสร็จสิ้นการ service hand-off routine เมื่อซีพียูสแกนมาถึงโทรศัพท์เครื่องนี้อีกครั้ง และตรวจพบว่า RAM ถูกเคลียหมดแล้วก็จะผ่านการสแกนโทรศัพท์ภายในเครื่องนี้ไปเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

(Conclusion)

วิทยานิพนธ์นี้เสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดกลางที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์ทั้งหมด ทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมาทำงานได้รวดเร็ว ไม่มีความผิดพลาด และมีขนาดเครื่องเล็กกว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่ใช้วงจรเชิงเส้นเป็นส่วนควบคุมการทำงานของระบบชุมสายโทรศัพท์ ทั้งยังได้ออกแบบวงจรต่าง ๆ ที่ประกอบเข้ากับระบบไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์ให้ใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ทั่วไปในราคาถูก ทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขา-อัตโนมัติในวิทยานิพนธ์นี้สามารถผลิตได้เองภายในประเทศในราคาถูก และสะดวกต่อการซ่อมแซม ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงกว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่ต้องซื้อจากต่างประเทศ

จากการทดลองใช้งานในตอนแรกประสพปัญหาทางฮาร์ดแวร์ของวงจรสร้างสัญญาณเรียก กล่าวคือสัญญาณเรียกที่สร้างขึ้นบางครั้งไปรบกวนระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ลักษณะของสัญญาณเรียกนั้นมีขนาด 100 โวลต์ ความถี่ 25 เฮิร์ท นานประมาณ 1 วินาที และไม่มีสัญญาณ (0 โวลต์) นานประมาณ 2 วินาที ติดดับเป็นช่วง ๆ เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ถูกควบคุมให้ต่อเข้ากับโทรศัพท์ด้วยรีเลย์ จากการทดลองพบว่าเมื่อรีเลย์สับเข้าเพื่อต่อสัญญาณเรียกหรือสับออกเพื่อตัดสัญญาณเรียกกับเครื่องโทรศัพท์ ในขณะที่สัญญาณเรียกเงียบ (ช่วงที่ไม่มีสัญญาณ) ซีพียูจะทำงานได้อย่างปกติไม่มีอะไรผิดพลาด แต่ถ้ารีเลย์สับเข้าออกในขณะที่สัญญาณเรียกมีขนาด 100 โวลต์ ความถี่ 25 เฮิร์ท บางครั้งมีผลไปรบกวนระบบไมโครโปรเซสเซอร์จนการทำงานของซีพียูล้มเหลว (fail) ได้ทำการแก้ไขโดยการสร้างวงจร Monostable ไปควบคุมวงจรสร้างสัญญาณเรียก เมื่อมีการใช้รีเลย์ควบคุมสัญญาณเรียกทุกครั้ง ซีพียูจะส่งสัญญาณมายังวงจร Monostable นี้เพื่อปิด (OFF) วงจรสร้างสัญญาณเรียกประมาณ 300 มิลลิวินาทีก่อนแล้วจึงให้รีเลย์ทำงานในช่วง 300 มิลลิวินาทีนั้น ลักษณะเช่นนี้จะเห็นว่าทุกครั้งที่รีเลย์ควบคุมสัญญาณเรียกทำงาน ขณะนั้นจะไม่มีสัญญาณเรียกช่วงที่มีขนาด 100 โวลต์ ขนาด 25 เฮิร์ทอยู่เลย ดังนั้นซีพียูจะทำงานได้อย่างปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการแก้ไขแล้ว ผลการทดลองใช้งานได้ผลเป็นที่น่าพอใจ และเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้

แนวความคิดและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติต่อไป สรุปได้ดังนี้

1. ความแยกกราวน์ (Ground) ของวงจรสร้างสัญญาณเรียกออกจากกราวน์ของระบบ PABX และไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อไม่ให้สัญญาณเรียกไปรบกวนระบบอื่นได้อีก

2. สายนอกที่ติดต่อกับ PABX เครื่องนี้ต้องผ่านไอโซเลททรานส์ฟอร์เมอร์ ดังนั้นย่อมมีการสูญเสีย (Loss) ถ้าในกรณีที่สายนอกที่ติดต่อด้วยอยู่ไกล สัญญาณที่มาเบามากเมื่อผ่านไอโซเลททรานส์-ฟอร์เมอร์เข้ามายังโทรศัพท์ภายใน ทำให้สัญญาณพูดยิ่งน้อยลงไปอีก ทำให้การติดต่อพูดคุยกันไม่ค่อยได้ยิน อาจดัดแปลงใช้ Opto coupler เข้าช่วยทำให้สามารถขยายสัญญาณพูดได้

3. วงจรนับ ในหน่วยควบคุมโทรศัพท์ อาจตัดทิ้งได้และชดเชยโดยการเขียนโปรแกรมให้ซีพียูเป็นตัวนับพัลซ์โทรศัพท์แทนวงจรนับ

4. การใช้ช่องสัญญาณติดต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติในวิทยานิพนธ์นี้ใช้รีเลย์ อาจจะพัฒนามาใช้ดิจิตอลสปีดพาธส์ (Digital speed paths) แทนรีเลย์ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้

5. โปรแกรมหลัก (Monitor program) ยังสามารถพัฒนาได้อีก เพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้กับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เช่นในกรณีที่สายนอกทั้ง 4 คู่สายถูกใช้งานอยู่ และมีคนต้องการใช้สายนอกอีก แต่ขณะนั้นยังไม่สามารถใช้ได้ ซีพียูจะจองคิวสายนอกให้กับโทรศัพท์ภายในเครื่องที่ต้องการใช้สายนอกได้ โดยผู้ใช้โทรศัพท์หมุนไดแอลโทรศัพท์เป็นระหัส (Code) แจ้งให้ซีพียูรับทราบได้ หรือกรณีที่โทรศัพท์ภายในด้วยกันเครื่องที่เราต้องการจะติดต่อด้วยไม่ว่างก็สามารถหมุนหมายเลขเป็นระหัสเพื่อแจ้งให้ซีพียูทราบ จากนั้นซีพียูจะแจ้งให้คู่สายที่เราต้องการติดต่อทราบว่าขณะนี้มีเครื่องโทรศัพท์ภายในอื่น ๆ ต้องการจะติดต่อด้วยเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้แนวความคิดจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม ทั้งยังให้คำแนะนำ และสนับสนุนมาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณสุพจน์ องคปราบปราม และคุณจิโรจน์ ศรีนามวงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ แก่ผู้ทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ อาจารย์ภาควิชาอิเลคทรอนิคส์ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

ท้ายสุดนี้ขอกราบระลึกถึงพระคุณบิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านแก่ผู้ทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอดไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. William Barden, Jr., "The Z-80 microcomputer handbook.", Indiana, Howard W. Sam & Co., Inc., 1978.

2. Handbook, "TTL Databook" Texas Instruments Inc., U.S.A, 1981.

3. Handbook, "Z-80 CPU Technical manual.", Zilog Inc., U.S.A, 1978.

4. Handbook, "CMOS Databook", National Semiconductor Inc., U.S.A, 1980.

5. Microprofessor, "MPF-1 User's manual", Multitech Industrial Corp., Taiwan R.O.C., 1981.

6. Don Lancaster, "TTL Cookbook", Indiana, Howard W. Sam & Co., Inc., 1977.

7. Microprofessor, "MPF-1 Monitor program source listing", Multitech Industrial Corp., Taiwan R.O.C., 1981.

8. ยืน ภู่วรวรรณ, วัฒนา เชียงกูล, "ไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พศ. 2521.

9. ถวิล พึ่งมา, "เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ระบบอิเลคทรอนิคส์" วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, พศ. 2525.

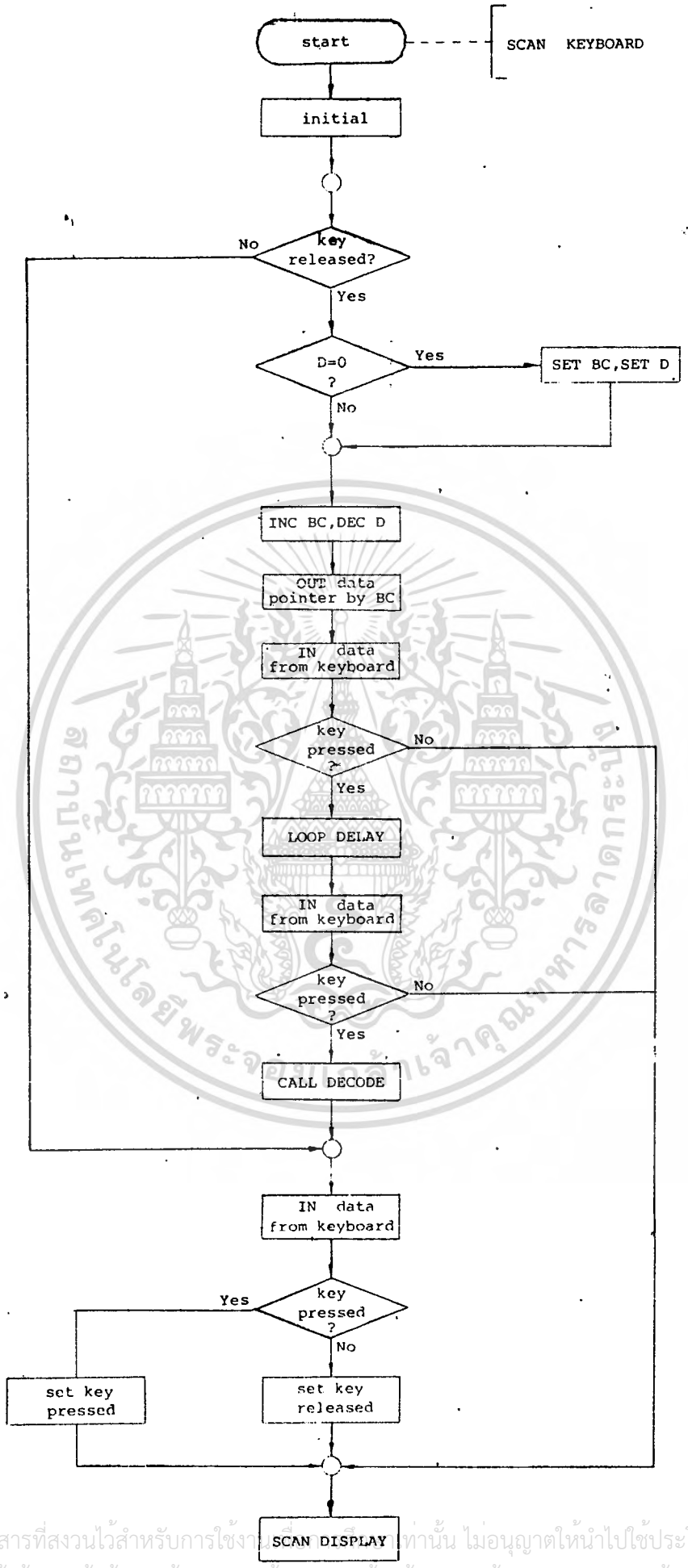
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

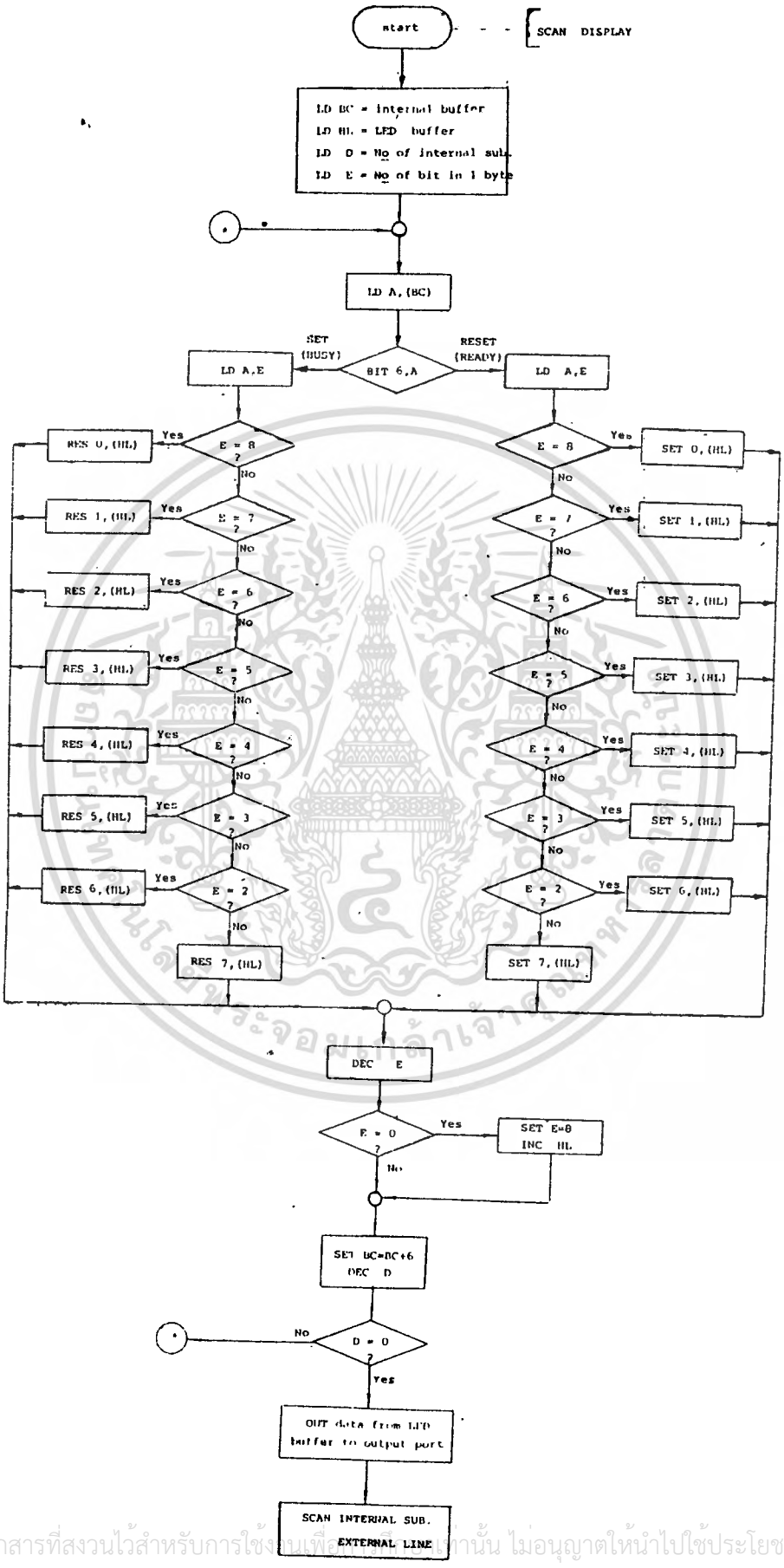
ภาคผนวกที่ 1

แสดงไฟล์วชาร์ทการสแกนคีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลโดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 2

แสดงโปรแกรมที่ใช้งานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
+------ -   ----      -       ------ - --  ----------------------+
I                                                                 I
I                 ----  -----  -------  ---------------          I
I                 *   PABX    SYSTEM    PROGRAM   *              I
I                 - - ---   ---------------------------          I
I                                                                 I
I          --     Executed   by  Z-80  CPU                       I
I                                                                 I
I    Writen  by :  ---    Thanormsak        Boonyaleepun          I
I                                                                 I
I    Advised by :  --->   Dr. Sitthichai    Pokaiyaudom           I
I                                                                 I
+--------- ---- ------------------------------------------------+
.

0000  31 17F0     START:  LD SP,17F0H
0003  0E 00               LD C,00H
0005  16 19               LD D,19H
0007  97                  SUB A
0008  ED 79        IN11:  OUT (C),A       ;OFF ALL SIGNAL
000A  0C                  INC C
000B  15                  DEC D
000C  20 FA               JR NZ,IN11
000E  3E 6F               LD A,6FH        ;STATUS EXT.
0010  D3 19               OUT (19H),A
0012  D3 1A               OUT (1AH),A
0014  3E FF               LD A,0FFH       ;OFF ALL LEDS
0016  D3 1B               OUT (1BH),A
0018  D3 1C               OUT (1CH),A
001A  D3 1D               OUT (1DH),A
001C  21 1000             LD HL,1000H
001F  01 0119             LD BC,0119H
0022  97            IN1:  SUB A
0023  77                  LD (HL),A       ;INT.,ROOT,EXT. BUFF
0024  23                  INC HL
0025  C3 0090             JP HELP
0028  3E 6F         RHELP: LD A,6FH
002A  32 1110              LD (1110H),A    ;EXT. STATUS BUFF.
002D  32 1111              LD (1111H),A
0030  21 1200              LD HL,1200H     ;LED BUFF.
0033  3E FF                LD A,0FFH
0035  77                   LD (HL),A
0036  23                  INC HL
0037  77                  LD (HL),A
0038  23                  INC HL
0039  77                  LD (HL),A
003A  01 0E00       MON1:  LD BC,0E00H      ;DATA SCAN
003D  16 03                LD D,03H         ;COUNT DATA SCAN
003F  21 107B       MLOOP: LD HL,107BH      ;OP. FLAG
0042  CB 76                BIT 6,(HL)       ;BUSY FLAG
0044  CA 008A              JP Z,SCK1
0047  CB 66                BIT 4,(HL)       ;CALL F.1
0049  C2 008A              JP NZ,SCK1
004C  23                   INC HL
004D  23                   INC HL
004E  23                   INC HL
004F  23                   INC HL
0050  CB 46                BIT 0,(HL)       ;STATUS KEY
0052  C2 007D              JP NZ,SCK2
0055  7A                   LD A,D
0056  FE 00                CP 00H
0058  20 05                JR NZ,SCK3
005A  16 03                LD D,03H
005C  01 0E00              LD BC,0E00H
005F  15            SCK3:  DEC D
0060  03                   INC BC
0061  0A                   LD A,(BC)
0062  D3 1E                OUT (1EH),A
0064  DB 15                IN A,(15H)
0066  F6 F0                OR  0F0H
0068  FE FF                CP 0FFH
006A  28 1E                JR Z,SCK1
006C  CD 01A7              CALL DELAY1
006F  DB 15                IN A,(15H)
0071  F6 F0                OR 0F0H
0073  FE FF                CP 0FFH
0075  28 13                JR Z,SCK1
0077  32 1300              LD (1300H),A    ;DATA INPUT BUFF.
007A  CD 01D0              CALL DECODE
007D  0A            SCK2:  LD A,(BC)
007E  D3 1E                OUT (1EH),A
0080  DB 15                IN A,(15H)
0082  F6 F0                OR 0F0H
0084  FE FF                CP 0FFH
0086  20 04                JR NZ,SCK4
0088  CB 86                RES 0,(HL)
008A  18 16         SCK1:  JR MON2
008C  CB C6         SCK4:  SET 0,(HL)
008E  18 12                JR MON2
0090  0B            HELP:  DEC BC
0091  78                  LD A,B
0092  B1                  OR C
0093  C2 0022              JP NZ,IN12
0096  C3 002B              JP RHELP
0099  00                   NOP
009A  00                   NOP
009B  00                   NOP
009C  00                   NOP
009D  00                   NOP
009E  00                   NOP
009F  00                   NOP
00A0  00                   NOP
00A1  00                   NOP
00A2  C5            MON2:  PUSH BC
00A3  D5                   PUSH DE
00A4  E5                   PUSH HL
00A5  01 1000              LD BC,1000H
00A8  21 1200              LD HL,1200H
```

```
00AB  16 14           LD D,14H
00AD  1E 08           LD E,08H
00AF  0A       SCL1:  LD A,(BC)
00B0  CB 77           BIT 6,A
00B2  C2 0124         JP NZ,SCLB
00B5  7B       SCL0:  LD A,E
00B6  FE 08           CP 08H
00B8  28 4E           JR Z,SCL01
00BA  FE 07           CP 07H
00BC  28 4E           JR Z,SCL02
00BE  FE 06           CP 06H
00C0  28 4E           JR Z,SCL03
00C2  FE 05           CP 05H
00C4  28 4E           JR Z,SCL04
00C6  FE 04           CP 04H
00C8  28 4E           JR Z,SCL05
00CA  FE 03           CP 03H
00CC                  JR Z,SCL06
00CE  FE 02           CP 02H
00D0  28 4E           JR Z,SCL07
00D2  CB FE    SCL08: SET 7,(HL)
00D4  1D       OUTSCL: DEC E
00D5  28 2C           JR Z,SETE
00D7  3E 06    SCL2:  LD A,06H
00D9  81              ADD A,C
00DA  4F              LD C,A
00DB  15              DEC D
00DC  20 D1           JR NZ,SCL1
00DE  7E              LD A,(HL)
00DF  D3 1D           OUT (1DH),A
00E1  2B              DEC HL
00E2  7E              LD A,(HL)
00E3  D3 1C           OUT (1CH),A
00E5  2B              DEC HL
00E6  7E              LD A,(HL)
00E7  D3 1B           OUT (1BH),A
00E9  E1              POP HL
00EA  D1              POP DE
00EB  C1              POP BC
00EC  C3 0175         JP MON3
00EF  00              NOP
00F0  00              NOP
00F1  00              NOP
00F2  00              NOP
00F3  00              NOP
00F4  00              NOP
00F5  00              NOP
00F6  00              NOP
00F7  00              NOP
00F8  00              NOP
00F9  00              NOP
00FA  00              NOP
00FB  00              NOP
00FC  00              NOP
00FD  00              NOP
00FE  00              NOP
00FF  00              NOP
0100  00              NOP
0101  00              NOP
0102  00              NOP
0103  1E 08    SETE:  LD E,08H
0105  23              INC HL
0106  18 CF           JR SCL2
0108  CB C6    SCL01: SET 0,(HL)
010A  18 CB           JR OUTSCL
010C  CB CE    SCL02: SET 1,(HL)
010E  18 C4           JR OUTSCL
0110  CB D6    SCL03: SET 2,(HL)
0112  18 C0           JR OUTSCL
0114  CB DE    SCL04: SET 3,(HL)
0116  18 BC           JR OUTSCL
0118  CB E6    SCL05: SET 4,(HL)
011A  18 B8           JR OUTSCL
011C           SCL06: SET 5,(HL)
011E  18 B4           JR OUTSCL
0120  CB F6    SCL07: SET 6,(HL)
0122  18 B0           JR OUTSCL
0124  7B       SCLB:  LD A,E
0125  FE 08           CP 08H
0127  28 1C           JR Z,SCLB1
0129  FE 07           CP 07H
012B  28 1C           JR Z,SCLB2
012D  FE 06           CP 06H
012F  28 1C           JR Z,SCLB3
0131  FE 05           CP 05H
0133  28 1C           JR Z,SCLB4
0135  FE 04           CP 04H
0137  28 1C           JR Z,SCLB5
0139  FE 03           CP 03H
013B  28 1C           JR Z,SCLB6
013D  FE 02           CP 02H
013F  28 1C           JR Z,SCLB7
0141  CB BE    SCLB8: RES 7,(HL)
0143  18 8F    OSCL1: JR OUTSCL
0145  CB 86    SCLB1: RES 0,(HL)
0147  18 FA           JR OSCL1
0149  CB 8E    SCLB2:  RES 1,(HL)
014B  18 F6           JR OSCL1
014D  CB 96    SCLB3: RES 2,(HL)
014F  18 F2           JR OSCL1
0151  CB 9E    SCLB4: RES 3,(HL)
0153  18 EE           JR OSCL1
0155  CB A6    SCLB5: RES 4,(HL)
0157  18 EA           JR OSCL1
0159  CB AE    SCLB6: RES 5,(HL)
015B  18 E6           JR OSCL1
015D  CB B6    SCLB7: RES 6,(HL)
015F  18 E2           JR OSCL1
0161  00              NOP
0162  00              NOP
```

```
0163  00                    NOP
0164  00                    NOP
0165  00                    NOP
0166  00                    NOP
0167  00                    NOP
0168  00                    NOP
0169  00                    NOP
016A  00                    NOP
016B  00                    NOP
016C  00                    NOP
016D  00                    NOP
016E  00                    NOP
016F  00                    NOP
0170  00                    NOP
0171  00                    NOP
0172  00                    NOP
0173  00                    NOP
0174  00                    NOP
0175  E5            MON3:  PUSH H
0176                        PUSH BC
0177  D5                    PUSH DE
0178  21 1000               LD HL,1000H
017B  06 15                 LD B,15H
017D  0E 00                 LD C,00H
017F  E5            MAINLP: PUSH HL
0180  C5                    PUSH BC
0181  CD 040B               CALL HAND
0184  C1                    POP BC
0185  E1                    POP HL
0186  3E 06                 LD A,06H
0188  85                    ADD A,L
0189  6F                    LD L,A
018A  0C                    INC C
018B  10 F2                 DJNZ MAINLP
018D  D1                    POP DE
018E  C1                    POP BC
018F  E1                    POP HL
0190  C3 0D0F               JP MON4
0193  00                    NOP
0194  00                    NOP
0195  00                    NOP
0196  00                    NOP
0197  00                    NOP
0198  00                    NOP
0199  00                    NOP
019A  00                    NOP
019B  00                    NOP
019C  00                    NOP
019D  00                    NOP
019E  00                    NOP
019F  00                    NOP
01A0  00                    NOP
01A1  00                    NOP
01A2  00                    NOP
01A3  00                    NOP
01A4  00                    NOP
01A5  00                    NOP
01A6  00                    NOP
01A7  C5            DELAY1: PUSH BC          ;TIME DELAY 20 M.SE
01A8  01 0077               LD BC,0077H
01AB  0B            D1LOOP: DEC BC
01AC  78                    LD A,B
01AD  B1                    OR C
01AE  20 FB                 JR NZ,D1LOOP
01B0  C1                    POP BC
01B1  C9                    RET
01B2  C5            DELAY2: PUSH BC          ;TIME DELAY 350 M.S
01B3  01 0AFF               LD BC,0AFFH
01B6  0B            D2LOOP: DEC BC
01B7  78                    LD A,B
01B8  B1                    OR C
01B9  20 FB                 JR NZ,D2LOOP
01BB  C1                    POP BC
01BC  C9                    RET
01BD  D3 1F           RING: OUT (1FH),A
01BF                        CALL DELAY2
01C2  3E 08                 LD A,08H
01C4  ED 79                 OUT (C),A
01C6  C9                    RET
01C7  D3 1F           SRING: OUT (1FH),A
01C9  CD 0182               CALL DELAY2
01CC  97                    SUB A
01CD  ED 79                 OUT (C),A
01CF  C9                    RET
01D0  E5            DECODE: PUSH HL
01D1  C5                    PUSH BC
01D2  0A                    LD A,(BC)
01D3  FE FE                 CP 0FEH
01D5  CA 03DE               JP Z,ROW1
01D8  FE FD                 CP 0FDH
01DA  CA 030D               JP Z,ROW2
01DD  3A 1300         ROW3: LD A,(1300H)
01E0  FE FE                 CP 0FEH
01E2  CA 02E1               JP Z,T1
01E5  FE FD                 CP 0FDH
01E7  CA 02E9               JP Z,T2
01EA  FE FB                 CP 0FBH
01EC  CA 02F1               JP Z,T3
01EF  FE F7                 CP 0F7H
01F1  28 17                 JR Z,T4
01F3  C1              RT4:  POP BC
01F4  E1                    POP HL
01F5  C9                    RET
01F6  00                    NOP
01F7  00                    NOP
01F8  00                    NOP
01F9  00                    NOP
01FA  00                    NOP
01FB  00                    NOP
01FC  00                    NOP
```

```
01FD  00              NOP
01FE  00              NOP
01FF  00              NOP
0200  00              NOP
0201  00              NOP
0202  00              NOP
0203  00              NOP
0204  00              NOP
0205  00              NOP
0206  00              NOP
0207  00              NOP
0208  00              NOP
0209  00              NOP
020A  0E 1B       I4: LD C,1BH
020C  3A 1118         LD A,(1,118H)     ;EXT BUFF.
020F  CB 7F       IR: BIT 7,A           ;STATUS EXT.
0211  28 E0           JR Z,RI4
0213  CB 77           BIT 6,A
0215  28 DC           JR Z,RI4
0217  C5              PUSH BC
0218  E5              PUSH HL
0219                  LD HL,1000H
021C  3A 107B         LD A,(107BH)
021F  B7              OR A
0220  28 07           JR Z,TR1
0222  47              LD B,A
0223  3E 06       TR2: LD A,06H
0225  85              ADD A,L
0226  6F              LD L,A
0227  10 FA           DJNZ TR2
0229  23          TR1: INC HL
022A  23              INC HL
022B  3A 107A         LD A,(107AH)
022E  BE              CP (HL)
022F  C2 029A         JP NZ,OTR1
0232  23              INC HL
0233  71              LD (HL),C
0234  23              INC HL
0235  23              INC HL
0236  71              LD (HL),C
0237  2B              DEC HL
0238  2B              DEC HL
0239  2B              DEC HL
023A  2B              DEC HL
023B  2B              DEC HL
023C  CB AE           RES 5,(HL)
023E  CB DE           SET 3,(HL)
0240  23              INC HL
0241  CB D6           SET 2,(HL)
0243  CB CE           SET 1,(HL)
0245  E1              POP HL
0246  C1              POP BC
0247  2B              DEC HL
0248  2B              DEC HL
0249  46              LD B,(HL)
024A  3E 08           LD A,08H
024C  07          RRT: RLCA
024D  10 FD           DJNZ RRT
024F  ED 79           OUT (C),A
0251  41              LD B,C
0252  23              INC HL
0253  4E              LD C,(HL)
0254  ED 79           OUT (C),A
0256  78              LD A,B
0257  FE 15           CP 15H
0259  28 44           JR Z,CHT1
025B  FE 16           CP 16H
025D  28 56           JR Z,CHT2
025F  FE 17           CP 17H
0261  28 68           JR Z,CHT3
0263  3A 1111     CHT4: LD A,(1111H)
0266  CB FF           SET 7,A           ;CLR HOLD EXT.4
0268  CB F7           SET 6,A
026A  D3 1A           OUT (1AH),A
026C  32 1111         LD (1111H),A
026F  3A 1118         LD A,(1118H)
0272  CB B7           RES 6,A
0274  32 1118         LD (1118H),A
0277  2B          DCHT: DEC HL
0278  2B              DEC HL
0279  2B              DEC HL
027A  97              SUB A
027B  D3 14           OUT (14H),A
027D  06 06           LD B,06H
027F  77          TR3: LD (HL),A
0280  23              INC HL
0281  10 FC           DJNZ TR3
0283  C1              POP BC
0284  E1              POP HL
0285  C9              RET
0286  00              NOP
0287  00              NOP
0288  00              NOP
0289  00              NOP
028A  00              NOP
028B  00              NOP
028C  00              NOP
028D  00              NOP
028E  00              NOP
028F  00              NOP
0290  00              NOP
0291  00              NOP
0292  00              NOP
0293  00              NOP
0294  00              NOP
0295  00              NOP
0296  00              NOP
0297  00              NOP
0298  00              NOP
0299  00              NOP
```

```
029A  E1          OTR1:  POP HL
029B  C1                 POP BC
029C  C3 01F3            JP RT4
029F  3A 1110     CH11:  LD A,(1110H)
02A2  CB E7              SET 4,A
02A4  CB EF              SET 5,A
02A6  D3 19              OUT (19H),A
02A8  32 1110            LD (1110H),A
02AB  3A 1115            LD A,(1115H)
02AE  CB B7              RES 6,A
02B0  32 1115            LD (1115H),A
02B3  18 C2              JR OCHT
02B5  3A 1110     CHT2:  LD A,(1110H)
02B8  CB F7              SET 6,A
02BA  CB FF              SET 7,A
02BC  D3 19              OUT (19H),A
02BE  32 1110            LD (1110H),A
02C1  3A 1116            LD A,(1116H)
02C4  CB B7              RES 6,A
02C6  32 1116            LD (1116H),A
02C9  18 AC              JR OCHT
02CB  3A 1111     CHT3:  LD A,(1111H)
02CE  CB E7              SET 4,A
02D1  CB cb              SET 5,A
02D2  D3 1A              OUT (1AH),A
02D4  32 1111            LD (1111H),A
02D7  3A 1117            LD A,(1117H)
02DA  CB B7              RES 6,A
02DC  32 1117            LD (1117H),A
02DF  18 96              JR OCHT
02E1  0E 15       T1:    LD C,15H
02E3  3A 1115            LD A,(1115H)
02E6  C3 020F            JP TR
02E9  0E 16       T2:    LD C,16H
02EB  3A 1116            LD A,(1116H)
02EE  C3 020F            JP TR
02F1  0E 17       T3:    LD C,17H
02F3  3A 1117            LD A,(1117H)
02F6  C3 020F            JP TR
02F9  00                 NOP
02FA  00                 NOP
02FB  00                 NOP
02FC  00                 NOP
02FD  00                 NOP
02FE  00                 NOP
02FF  00                 NOP
0300  00                 NOP
0301  00                 NOP
0302  00                 NOP
0303  00                 NOP
0304  00                 NOP
0305  00                 NOP
0306  00                 NOP
0307  00                 NOP
0308  00                 NOP
0309  00                 NOP
030A  00                 NOP
030B  00                 NOP
030C  00                 NOP
030D  3A 1300     ROW2:  LD A,(1300H)
0310  FE FE              CP 0FEH
0312  28 5F              JR Z,H1
0314  FE FD              CP 0FDH
0316  28 62              JR Z,H2
0318  FE FB              CP 0FBH
031A  28 65              JR Z,H3
031C  FE F7              CP 0F7H
031E  28 03              JR Z,H4
0320  C3 01F3       RH:  JP RT4
0323  0E 18         H4:  LD C,18H
0325  3A 1118            LD A,(1118H)
0328  CB 7F       HOLD:  BIT 7,A
032A  28 F4              JR Z,RH
032C  23                 INC HL
032D  7E                 LD A,(HL)
032E  FE 14              CP 14H
0330  20 EE              JR NZ,RH
0332  79                 LD A,C
0333  FE 15              CP 15H
0335  18 61              JR Z,HOLD1
0337  FE 16              CP 16H
0339  28 63              JR Z,HOLD2
033B  FE 17              CP 17H
033D  28 75              JR Z,HOLD3
033F  3A 1111     HOLD4: LD A,(1111H)
0342  CB FF              SET 7,A
0344  CB B7              RES 6,A
0346  32 1111            LD (1111H),A
0349  D3 1A              OUT (1AH),A
034B  3A 1118            LD A,(1118H)
034E  CB F7              SET 6,A
0350  32 1118            LD (1118H),A
0353  97          OHOLD: SUB A
0354  ED 79              OUT (C),A
0356  06 06              LD B,06H
0358  77           H5:   LD (HL),A
0359  2B                 DEC HL
035A  10 FC              DJNZ H5
035C  C1                 POP BC
035D  E1                 POP HL
035E  C9                 RET
035F  00                 NOP
0360  00                 NOP
0361  00                 NOP
0362  00                 NOP
0363  00                 NOP
0364  00                 NOP
0365  00                 NOP
0366  00                 NOP
0367  00                 NOP
```

```
0368  00              NOP
0369  00              NOP
036A  00              NOP
036B  00              NOP
036C  00              NOP
036D  00              NOP
036E  00              NOP
036F  00              NOP
0370  00              NOP
0371  00              NOP
0372  00              NOP
0373  0E 15     H1:    LD C,15H
0375  3A 1115          LD A,(1115H)
0378  18 AE           JR HOLD
037A  0E 16     H2:    LD C,16H
037C  3A 1116          LD A,(1116H)
037F  18 A7           JR HOLD
0381  0E 17     H3:    LD C,17H
0383  3A 1117          LD A,(1117H)
0386  18 A0           JR HOLD
0388  3A 1110   HOLD1: LD A,(1110H)
038B  CB AF            RES 5,A
038D  CB E7            SET 4,A
038F  32 1110          LD (1110H),A
0392  D3 19            OUT (19H),A
0394  3A 1115          LD A,(1115H)
0397  CB F7            SET 6,A
0399  32 1115          LD (1115H),A
039C  18 B5           JR OHOLD
039E  3A 11     HOLD2: LD A,(1110H)
03A1  CB FF            SET 7,A
03A3  CB B7            RES 6,A
03A5  32 1110          LD (1110H),A
03A8  D3 19            OUT (19H),A
03AA  3A 1116          LD A,(1116H)
03AD  CB F7            SET 6,A
03AF  32 1116          LD (1116H),A
03B2  18 9F           JR OHOLD
03B4  3A 1111   HOLD3: LD A,(1111H)
03B7  CB AF            RES 5,A
03B9  CB E7            SET 4,A
03BB  32 1111          LD (1111H),A
03BE  D3 1A            OUT (1AH),A
03C0  3A 1117          LD A,(1117H)
03C3  CB F7            SET 6,A
03C5  32 1117          LD (1117H),A
03C8  18 89           JR OHOLD
03CA  00              NOP
03CB  00              NOP
03CC  00              NOP
03CD  00              NOP
03CE  00              NOP
03CF  00              NOP
03D0  00              NOP
03D1  00              NOP
03D2  00              NOP
03D3  00              NOP
03D4  00              NOP
03D5  00              NOP
03D6  00              NOP
03D7  00              NOP
03D8  00              NOP
03D9  00              NOP
03DA  00              NOP
03DB  00              NOP
03DC  00              NOP
03DD  00              NOP
03DE  3A 1300   ROW1:  LD A,(1300H)
03E1  FE FE            CP 0FEH
03E3  CA 04AF          JP Z,R1
03E6  FE FD            CP 0FDH
03E8  CA 04B7          JP Z,R2
03EB  FE FB            CP 0FBH
03ED  CA 04BF          JP Z,R3
03F0  FE F7            CP 0F7H
03F2  C2 01F3          JP NZ,RT4
03F5  0E 18      R4:   LD C,18H
03F7  3A 1118          LD A,(1118H)
03FA  47         REC:  LD B,A
03FB  CB 78            BIT 7,B
03FD  28 23            JR Z,REC2
03FF  CB 70            BIT 6,B
0401  CA 01F3          JP Z,RT4
0404  2B         REC1: DEC HL
0405  2B               DEC HL
0406  7E               LD A,(HL)
0407  23               INC HL
0408  23               INC HL
0409  B7               OR A
040A  28 16            JR Z,REC2
040C  23               INC HL
040D  C5               PUSH BC
040E  E5               PUSH HL
040F  46               LD B,(HL)
0410  21 1000          LD HL,1000H
0413  78               LD A,B
0414  B7               OR A
0415  28 06            JR Z,REC3
0417  3E 06      REC4: LD A,06H
0419  85               ADD A,L
041A  6F               LD L,A
041B  10 FA            DJNZ REC4
041D  CB A6      REC3: RES 4,(HL)
041F  E1               POP HL
0420  C1               POP BC
0421  23               INC HL
0422  97         REC2: SUB A
0423  D3 14            OUT (14H),A
0425  2B               DEC HL
0426  7E               LD A,(HL)
```

```
0427  2B                    DEC HL
0428  77                    LD (HL),A
0429  2B                    DEC HL
042A  77                    LD (HL),A
042B  CB D6                 SET 2,(HL)
042D  2B                    DEC HL
042E  77                    LD (HL),A
042F  CB FE                 SET 7,(HL)
0431  CB F6                 SET 6,(HL)
0433  CB EE                 SET 5,(HL)
0435  23                    INC HL
0436  23                    INC HL
0437  23                    INC HL
0438  23                    INC HL
0439  23                    INC HL
043A  71                    LD (HL),C
043B  E5                    PUSH HL
043C  21 1100               LD HL,1100H
043F  79                    LD A,C
0440  85                    ADD A,L
0441  6F                    LD L,A
0442  CB B6                 RES 6,(HL)
0444  E1                    POP HL
0445  79                    LD A,C
0446  FE 15                 CP 15H
0448  28 2F                 JR Z,RCH1
044A  FE 16                 CP 16H
044C  28 3D                 JR Z,RCH2
044E  FE 17                 CP 17H
0450  28 4B                 JR Z,RCH3
0452  3A 1111         RCH4:  LD A,(1111H)
0455  CB F7                 SET 6,A
0457  CB FF                 SET 7,A
0459  32 1111               LD (1111H),A
045C  D3 1A                 OUT (1AH),A
045E  3E 08                 LD A,08H
0460  D3 18                 OUT (18H),A
0462  C1               ORCH:  POP BC
0463  E1                    POP HL
0464  C9                    RET
0465  00                    NOP
0466  00                    NOP
0467  00                    NOP
0468  00                    NOP
0469  00                    NOP
046A  00                    NOP
046B  00                    NOP
046C  00                    NOP
046D  00                    NOP
046E  00                    NOP
046F  00                    NOP
0470  00                    NOP
0471  00                    NOP
0472  00                    NOP
0473  00                    NOP
0474  00                    NOP
0475  00                    NOP
0476  00                    NOP
0477  00                    NOP
0478  00                    NOP
0479  3A 1110         RCH1:  LD A,(1110H)
047C  CB E7                 SET 4,A
047E  CB EF                 SET 5,A
0480  32 1110               LD (1110H),A
0483  D3 19                 OUT (19H),A
0485  3E 08                 LD A,08H
0487  D3 15                 OUT (15H),A
0489  18 D7                 JR ORCH
048B  3A 1110         RCH2:  LD A,(1110H)
048E  CB F7                 SET 6,A
0490  CB FF                 SET 7,A
0492  32 1110               LD (1110H),A
0495  D3 19                 OUT (19H),A
0497  3E 08                 LD A,08H
0499  D3 16                 OUT (16H),A
049B  18 C5                 JR ORCH
049D  3A 1111         RCH3:  LD A,(1111H)
04A0  CB E7                 SET 4,A
04A2  CB EF                 SET 5,A
04A4  32 1111               LD (1111H),A
04A7  D3 1A                 OUT (1AH),A
04A9  3E 08                 LD A,08H
04AB  D3 17                 OUT (17H),A
04AD  18 B3                 JR ORCH
04AF  0E 15            R1:  LD C,15H
04B1  3A 1115               LD A,(1115H)
04B4  C3 03FA               JP REC
04B7  0E 16            R2:  LD C,16H
04B9  3A 1116               LD A,(1116H)
04BC  C3 03FA               JP REC
04BF  0E 17            R3:  LD C,17H
04C1  3A 1117               LD A,(1117H)
04C4  C3 03FA               JP REC
04C7  00                    NOP
04C8  00                    NOP
04C9  00                    NOP
04CA  00                    NOP
04CB  00                    NOP
04CC  00                    NOP
04CD  00                    NOP
04CE  00                    NOP
04CF  00                    NOP
04D0  00                    NOP
04D1  00                    NOP
04D2  00                    NOP
04D3  00                    NOP
04D4  00                    NOP
04D5  00                    NOP
04D6  00                    NOP
04D7  00                    NOP
```

```
04D8  00                  NOP
04D9  00                  NOP
04DA  00                  NOP
04DB  ED 78       HAND:   IN A,(C)
04DD  CB 6F               BIT 5,A          ;HAND BIT
04DF  C2 0C2C             JP NZ,HANDOF
04E2  CB 7E       HANDON: BIT 7,(HL)       ;DIAL FLAG
04E4  20 0E               JR NZ,SETBSY
04E6  CB 66               BIT 4,(HL)       ;CALLF.1
04E8  28 03               JR Z,HAND1
04EA  CD 01C7             CALL SRING
04ED  ED 78       HAND1:  IN A,(C)
04EF  CB 67               BIT 4,A          ;DIAL BIT
04F1  C2 0C2C             JP NZ,HANDOF
04F4  CB F6       SETBSY: SET 6,(HL)       ;SET BUSYF.
04F6  CB FE               SET 7,(HL)       ;SET DIALF.
04F8  CB 6E               BIT 5,(HL)       ;READYF.
04FA  C0                  RET NZ
04FB  CB 66               BIT 4,(HL)       ;CALLF.1
04FD  C2 07F7             JP NZ,CALLN1
0500  CB 5E               BIT 3,(HL)       ;CALLF.2
0502  C2 085D             JP NZ,CALLN2
0505  23                  INC HL
0506  CB 6E              BIT 5,(HL)       ;PULSEF.1
0508  20 14               JR NZ,PUL1
050A  3E 04       PUL:    LD A,04H
050C  ED 79               OUT (C),A
050E  2B                  DEC HL
050F  CB FE               SET 7,(HL)       ;DIALF.
0511  ED 78               IN A,(C)
0513  CB 67               BIT 4,A          ;DIAL BIT
0515  C8                  RET Z
0516  97                  SUB A            ;CLR ACC.
0517  ED 79               OUT (C),A        ;STOP DIALT.
0519  23                  INC HL
051A  CB EE               SET 5,(HL)       ;PULSEF.1
051C  2B                  DEC HL
051D  C9                  RET
051E  CB 66       PUL1:   BIT 4,(HL)       ;PULSEF.2
0520  20 37               JR NZ,PUL2
0522  2B                  DEC HL
0523  ED 78               IN A,(C)
0525  CB 67               BIT 4,A          ;DIAL BIT
0527  C0                  RET NZ
0528  23                  INC HL
0529  E6 0F               AND 0FH          ;GET NO.
052B  FE 0A               CP 0AH
052D  CA 0602             JP Z,EXTOUT
0530  FE 09               CP 09H
0532  CA 0772             JP Z,OPERT
0535  FE 03               CP 03H
0537  28 0C               JR Z,DATA1
0539  FE 04               CP 04H
053B  28 12               JR Z,DATA2
053D  3E 02               LD A,02H         ;BUSYT.
053F  ED 79               OUT (C),A
0541  2B                  DEC HL
0542  CB EE               SET 5,(HL)       ;READYF.
0544  C9                  RET
0545  CB E6       DATA1:  SET 4,(HL)       ;PULSEF.2
0547  23                  INC HL
0548  23                  INC HL
0549  36 30               LD (HL),30H
054B  2B                  DEC HL
054C  2B                  DEC HL
054D  2B                  DEC HL
054E  C9                  RET
054F  CB E6       DATA2:  SET 4,(HL)
0551  23                  INC HL
0552  23                  INC HL
0553  36 40               LD (HL),40H
0555  2B                  DEC HL
0556  2B                  DEC HL
0557  2B                  DEC HL
0558  C9                  RET
0559  CB 5E       PUL2:   BIT 3,(HL)       ;PULSEF.3
055B  20 1F               JR NZ,PUL3
055D  2B                  DEC HL
055E  ED 78               IN A,(C)
0560  CB 67               BIT 4,A          ;DIAL BIT
0562  C8                  RET Z
0563  23                  INC HL
0564  CB DE               SET 3,(HL)       ;SET PULSEF.3
0566  2B                  DEC HL
0567  C9                  RET
0568  00                  NOP
0569  00                  NOP
056A  00                  NOP
056B  00                  NOP
056C  00                  NOP
056D  00                  NOP
056E  00                  NOP
056F  00                  NOP
0570  00                  NOP
0571  00                  NOP
0572  00                  NOP
0573  00                  NOP
0574  00                  NOP
0575  00                  NOP
0576  00                  NOP
0577  00                  NOP
0578  00                  NOP
0579  00                  NOP
057A  00                  NOP
057B  00                  NOP
057C  2B          PUL3:   DEC HL
057D  ED 78               IN A,(C)
057F  CB 67               BIT 4,A          ;DIAL BIT
0581  C0                  RET NZ
0582  E6 0F               AND 0FH
```

```
0584  23                    INC HL
0585  23                    INC HL
0586  23                    INC HL
0587  B6                    OR (HL)
0588  CD 0D05               CALL TABLE
058B  56                    LD D,(HL)
058C  2B                    DEC HL
058D  2B                    DEC HL
058E  E5                    PUSH HL
058F  21 1000               LD HL,1000H
0592  7A                    LD A,D
0593  B7                    OR A
0594  28 07                JR Z,INDB
0596  3E 06          FIND:  LD A,06H
0598  85                    ADD A,L
0599  6F                    LD L,A
059A  15                    DEC D
059B  20 F9                JR NZ,FIND
059D  CB 76           INDB:  BIT 6,(HL)       ;BUSYF.
059F  C2 07DA               JP NZ,BUSY
05A2  11 1101               LD DE,1101H     ;ROOT BUFF.
05A5  1A                    LD A,(DE)
05A6  CB 7F                 BIT 7,A
05A8  28 15                 JR Z,ROOT1
05AA  13                    INC DE
05AB  1A                    LD A,(DE)
05AC  CB 7F                 BIT 7,A
05AE  28 13                 JR Z,ROOT2
05B0  13                    INC DE
05B1  1A                    LD A,(DE)
05B2  CB 7F                 BIT 7,A
05B4  28 11                 JR Z,ROOT3
05B6  13                    INC DE
05B7  1A                    LD A,(DE)
05B8  CB 7F                 BIT 7,A
05BA  28 0F                 JR Z,ROOT4
05BC  C3 07DA               JP BUSY
05BF  3E 01          ROOT1: LD A,01H
05C1  18 0A                 JR OTROOT
05C3  3E 02          ROOT2: LD A,02H
05C5  18 06                 JR OTROOT
05C7  3E 03          ROOT3: LD A,03H
05C9  18 02                 JR OTROOT
05CB  3E 04          ROOT4: LD A,04H
05CD  CB F6         OTROOT: SET 6,(HL)       ;SET BUSYF.
05CF  CB E6                 SET 4,(HL)       ;SET CALLF.1
05D1  23                    INC HL
05D2  23                    INC HL
05D3  77                    LD (HL),A        ;NO.ROOT
05D4  23                    INC HL
05D5  71                    LD (HL),C
05D6  E1                    POP HL
05D7  23                    INC HL
05D8  77                    LD (HL),A        ;NO.ROOT
05D9  1A                    LD A,(DE)
05DA  CB FF                 SET 7,A          ;SET ROOT BUSY
05DC  12                    LD (DE),A
05DD  3E 01                 LD A,01H         ;RINGBACK
05DF  ED 79                 OUT (C),A
05E1  51                    LD D,C
05E2  23                    INC HL
05E3  4E                    LD C,(HL)
05E4  CD 01BD               CALL RING
05E7  4A                    LD C,D
05E8  2B                    DEC HL
05E9  2B                    DEC HL
05EA  2B                    DEC HL
05EB  CB EE                 SET 5,(HL)       ;SET READYF.
05ED  C9                    RET
05EE  00                    NOP
05EF  00                    NOP
05F0  00                    NOP
05F1  00                    NOP
05F2  00                    NOP
05F3  00                    NOP
05F4  00                    NOP
05F5  00                    NOP
05F6  00                    NOP
05F7  00                    NOP
05F8  00                    NOP
05F9  00                    NOP
05FA  00                    NOP
05FB  00                    NOP
05FC  00                    NOP
05FD  00                    NOP
05FE  00                    NOP
05FF  00                    NOP
0600  00                    NOP
0601  00                    NOP
0602  E5           EXTOUT:  PUSH HL
0603  21 1101               LD HL,1101H      ;ROOT BUFF.
0606  CB 7E                 BIT 7,(HL)
0608  28 14                 JR Z,EXTR1
060A  23                    INC HL
060B  CB 7E                 BIT 7,(HL)
060D  28 13                 JR Z,EXTR2
060F  23                    INC HL
0610  CB 7E                 BIT 7,(HL)
0612  28 12                 JR Z,EXTR3
0614  23                    INC HL
0615  CB 7E                 BIT 7,(HL)
0617  C2 07DA               JP NZ,BUSY
061A  3E 04          EXTR4: LD A,04H
061C  18 0A                 JR EXTCHK
061E  3E 01          EXTR1: LD A,01H
0620  18 06                 JR EXTCHK
0622  3E 02          EXTR2: LD A,02H
0624  18 02                 JR EXTCHK
0626  3E 03          EXTR3: LD A,03H
0628  21 1115        EXTCHK: LD HL,1115H      ;EXT BUFF.
```

```
062B  CB 7E              BIT 7,(HL)
062D  CA 068E            JP Z,EXTOT1
0630  23                 INC HL
0631  CB 7E              BIT 7,(HL)
0633  CA 06DA            JP Z,EXTOT2
0636  23                 INC HL
0637  CB 7E              BIT 7,(HL)
0639  CA 0726            JP Z,EXTOT3
063C  23                 INC HL
063D  CB 7E              BIT 7,(HL)
063F  C2 07DA            JP NZ,BUSY
0642  CB FE    EXTOT4:   SET 7,(HL)       ;EXT.4 SET BUSY
0644  57                 LD D,A
0645  21 1100            LD HL,1100H
0648  85                 ADD A,L
0649  6F                 LD L,A
064A  CB FE              SET 7,(HL)        ;SET ROOT BUSY
064C  E1                 POP HL
064D  23                 INC HL
064E  72                 LD (HL),D
064F  23                 INC HL
0650  36 18              LD (HL),18H
0652  23                 INC HL
0653  23                 INC HL
0654  36 18              LD (HL),18H
0656  2B                 DEC HL
0657  2B                 DEC HL
0658  3A 1111            LD A,(1111H)
065B  CB E7              SET 4,A
065D  CB EF              SET 5,A
065F  D3 1A              OUT (1AH),A
0661  32 1111            LD (1111H),A
0664  3E 08              LD A,08H
0666  07       FROOT4:   RLCA
0667  15                 DEC D
0668  20 FC              JR NZ,FROOT4
066A  ED 79              OUT (C),A
066C  D3 18              OUT (18H),A
066E  23                 INC HL
066F  36 00              LD (HL),00H       ;CLR COUNTER
0671  2B                 DEC HL
0672  2B                 DEC HL
0673  2B                 DEC HL
0674  CB D6              SET 2,(HL)        ;SET EXTF.
0676  2B                 DEC HL
0677  CB DE              SET 3,(HL)        ;SET CALLF.2
0679  C9                 RET
067A  00                 NOP
067B  00                 NOP
067C  00                 NOP
067D  00                 NOP
067E  00                 NOP
067F  00                 NOP
0680  00                 NOP
0681  00                 NOP
0682  00                 NOP
0683  00                 NOP
0684  00                 NOP
0685  00                 NOP
0686  00                 NOP
0687  00                 NOP
0688  00                 NOP
0689  00                 NOP
068A  00                 NOP
068B  00                 NOP
068C  00                 NOP
068D  00                 NOP
068E  CB FE    EXTOT1:   SET 7,(HL)        ;EXT.1 SET BUSY
0690  57                 LD D,A
0691  21 1100            LD HL,1100H
0694  85                 ADD A,L
0695  6F                 LD L,A
0696  CB FE              SET 7,(HL)        ;SET ROOT BUSY
0698  E1                 POP HL
0699  23                 INC HL
069A  72                 LD (HL),D
069B  23                 INC HL
069C  36 15              LD (HL),15H
069E  23                 INC HL
069F  23                 INC HL
06A0  36 15              LD (HL),15H
06A2  2B                 DEC HL
06A3  2B                 DEC HL
06A4  3A 1110            LD A,(1110H)
06A7  CB F7              SET 6,A
06A9  CB FF              SET 7,A
06AB  D3 19              OUT (19H),A
06AD  32 1110            LD (1110H),A
06B0  3E 08              LD A,08H
06B2  07       FROOT1:   RLCA
06B3  15                 DEC D
06B4  20 FC              JR NZ,FROOT1
06B6  ED 79              OUT (C),A
06B8  D3 15              OUT (15H),A
06BA  23                 INC HL
06BB  36 00              LD (HL),00H       ;CLR COUNTER
06BD  2B                 DEC HL
06BE  2B                 DEC HL
06BF  2B                 DEC HL
06C0  CB D6              SET 2,(HL)        ;SET EXTF.
06C2  2B                 DEC HL
06C3  CB DE              SET 3,(HL)        ;SET CALLF.2
06C5  C9                 RET
06C6  00                 NOP
06C7  00                 NOP
06C8  00                 NOP
06C9  00                 NOP
06CA  00                 NOP
06CB  00                 NOP
06CC  00                 NOP
```

```
06CD  00              NOP
06CE  00              NOP
06CF  00              NOP
06D0  00              NOP
06D1  00              NOP
06D2  00              NOP
06D3  00              NOP
06D4  00              NOP
06D5  00              NOP
06D6  00              NOP
06D7  00              NOP
06D8  00              NOP
06D9  00              NOP
06DA  CB FE     EXTOT2:  SET 7,(HL)       ;SET EXT.2 BUSY
06DC  57                 LD D,A
06DD  21 1100            LD HL,1100H
06E0  85                 ADD A,L
06E1  6F                 LD L,A
06E2  CB FE              SET 7,(HL)       ;SET ROOT BUSY
06E4  E1                 POP HL
06E5  23                 INC HL
06E6  72                 LD (HL),D
06E7  23                 INC HL
06E8  36 16              LD (HL),16H
06EA  23                 INC HL
06EB  23                 INC HL
06EC  36 16              LD (HL),16H
06EE  2B                 DEC HL
06EF  2B                 DEC HL
06F0  3A 1110            LD A,(1110H)
06F3  CB E7              SET 4,A
06F5  CB EF              SET 5,A
06F7  D3 19              OUT (19H),A
06F9  32 1110            LD (1110H),A
06FC  3E 08              LD A,08H
06FE  07        FROOT2:  RLCA
06FF  15                 DEC D
0700  20 FC              JR NZ,FROOT2
0702  ED 79              OUT (C),A
0704  D3 16              OUT (16H),A
0706  23                 INC HL
0707  36 00              LD (HL),00H      ;CLR COUNTER
0709  2B                 DEC HL
070A  2B                 DEC HL
070B  2B                 DEC HL
070C  CB D6              SET 2,(HL)       ;SET EXTF.
070E  2B                 DEC HL
070F  CB DE              SET 3,(HL)       ;SET CALLF.2
0711  C9                 RET
0712  00                 NOP
0713  00                 NOP
0714  00                 NOP
0715  00                 NOP
0716  00                 NOP
0717  00                 NOP
0718  00                 NOP
0719  00                 NOP
071A  00                 NOP
071B  00                 NOP
071C  00                 NOP
071D  00                 NOP
071E  00                 NOP
071F  00                 NOP
0720  00                 NOP
0721  00                 NOP
0722  00                 NOP
0723  00                 NOP
0724  00                 NOP
0725  00                 NOP
0726  CB FE     EXTOT3:  SET 7,(HL)       ;SET EXT.BUSY
0728  57                 LD D,A
0729  21 1100            LD HL,1100H
072C  85                 ADD A,L
072D  6F                 LD L,A
072E  CB FE              SET 7,(HL)       ;SET ROOT BUSY
0730  E1                 POP HL
0731  23                 INC HL
0732  72                 LD (HL),D
0733  23                 INC HL
0734  36 17              LD (HL),17H
0736  23                 INC HL
0737  23                 INC HL
0738  36 17              LD (HL),17H
073A  2B                 DEC HL
073B  2B                 DEC HL
073C  3A 1111            LD A,(1111H)
073F  CB F7              SET 6,A
0741  CB FF              SET 7,A
0743  D3 1A              OUT (1AH),A
0745  32 1111            LD (1111H),A
0748  3E 08              LD A,08H
074A  07        FROOT3:  RLCA
074B  15                 DEC D
074C  20 FC              JR NZ,FROOT3
074E  ED 79              OUT (C),A
0750  D3 17              OUT (17H),A
0752  23                 INC HL
0753  36 00              LD (HL),00H      ;CLR COUNTER
0755  2B                 DEC HL
0756  2B                 DEC HL
0757  2B                 DEC HL
0758  CB D6              SET 2,(HL)       ;SET EXTF.
075A  2B                 DEC HL
075B  CB DE              SET 3,(HL)       ;SET CALLF.2
075D  C9                 RET
075E  00                 NOP
075F  00                 NOP
0760  00                 NOP
0761  00                 NOP
0762  00                 NOP
```

```
0763  00              NOP
0764  00              NOP
0765  00              NOP
0766  00              NOP
0767  00              NOP
0768  00              NOP
0769  00              NOP
076A  00              NOP
076B  00              NOP
076C  00              NOP
076D  00              NOP
076E  00              NOP
076F  00              NOP
0770  00              NOP
0771  00              NOP
0772  E5        UPER1: PUSH HL
0773  21 1078          LD HL,1078H     ;OP.BUFF.
0776  CB 76            BIT 6,(HL)      ;BUSYF.
0778  C2 07DA          JP NZ,BUSY
077B  21 1101          LD HL,1101H     ;ROOT BUFF.
077E  CB 7E            BIT 7,(HL)
0780  28 14            JR Z,OP1
0782  23               INC HL
0783  CB 7E            BIT 7,(HL)
0785  28 13            JR Z,OP2
0787  23               INC HL
0788  CB 7E            BIT 7,(HL)
078A  28 12            JR Z,OP3
078C  23               INC HL
078D  CB 7E            BIT 7,(HL)
078F  C2 07DA          JP NZ,BUSY
0792  3E 04       OP4: LD A,04H
0794  18 0A            JR OPOUT
0796  3E 01       OP1: LD A,01H
0798  18 06            JR OPOUT
079A  3E 02       OP2: LD A,02H
079C  18 02            JR OPOUT
079E  3E 03       OP3: LD A,03H
07A0  CB FE     OPOUT: SET 7,(HL)      ;SET ROOT BUSY
07A2  21 107A          LD HL,107AH     ;OP.ROOT BUFF.
07A5  77               LD (HL),A
07A6  23               INC HL
07A7  71               LD (HL),C
07A8  2B               DEC HL
07A9  2B               DEC HL
07AA  2B               DEC HL
07AB  CB E6            SET 4,(HL)      ;SET CALLF.1
07AD  CB F6            SET 6,(HL)      ;SET BUSYF.
07AF  E1               POP HL
07B0  23               INC HL
07B1  77               LD (HL),A
07B2  23               INC HL
07B3  36 14            LD (HL),14H
07B5  3E 01            LD A,01H
07B7  ED 79            OUT (C),A
07B9  51               LD D,C
07BA  0E 14            LD C,14H
07BC  CD 01BD          CALL RING
07BF  4A               LD C,D
07C0  2B               DEC HL
07C1  2B               DEC HL
07C2  2B               DEC HL
07C3  CB EE            SET 5,(HL)      ;SET READYF.
07C5  C9               RET
07C6  00               NOP
07C7  00               NOP
07C8  00               NOP
07C9  00               NOP
07CA  00               NOP
07CB  00               NOP
07CC  00               NOP
07CD  00               NOP
07CE  00               NOP
07CF  00               NOP
07D0  00               NOP
07D1  00               NOP
07D2  00               NOP
07D3  00               NOP
07D4  00               NOP
07D5  00               NOP
07D6  00               NOP
07D7  00               NOP
07D8  00               NOP
07D9  00               NOP
07DA  E1         BUSY: POP HL
07DB  3E 02     BUSY1: LD A,02H        ;BUSYTONE
07DD  ED 79            OUT (C),A
07DF  2B               DEC HL
07E0  CB EE            SET 5,(HL)      ;SET READYF.
07E2  C9               RET
07E3  00               NOP
07E4  00               NOP
07E5  00               NOP
07E6  00               NOP
07E7  00               NOP
07E8  00               NOP
07E9  00               NOP
07EA  00               NOP
07EB  00               NOP
07EC  00               NOP
07ED  00               NOP
07EE  00               NOP
07EF  00               NOP
07F0  00               NOP
07F1  00               NOP
07F2  00               NOP
07F3  00               NOP
07F4  00               NOP
07F5  00               NOP
07F6  00               NOP
```

```
07F7  CD 01C7   CALLN1:  CALL SRING
07FA  23                 INC HL
07FB  23                 INC HL
07FC  7E                 LD A,(HL)        ;NO.ROOT
07FD  FE 01              CP 01H
07FF  28 0C              JR Z,RERT1
0801  FE 02              CP 02H
0803  28 0C              JR Z,RERT2
0805  FE 03              CP 03H
0807  28 0C              JR Z,RERT3
0809  3E 80      RERT4:  LD A,80H
080B  18 0A              JR ORERT
080D  3E 10      RERT1:  LD A,10H
080F  18 06              JR ORERT
0811  3E 20      RERT2:  LD A,20H
0813  18 02              JR ORERT
0815  3E 40      RERT3:  LD A,40H
0817  ED 79      ORERT:  OUT (C),A
0819  51                 LD D,C
081A  23                 INC HL
081B  4E                 LD C,(HL)
081C  ED 79              OUT (C),A
081E  4A                 LD C,D
081F  2B                 DEC HL
0820  2B                 DEC HL
0821  CB 56              BIT 2,(HL)       ;EXTF.
0823  20 1A              JR NZ,EXCOM
0825  2B                 DEC HL
0826  CB A6              RES 4,(HL)       ;CLR CALLF.1
0828  CB EE              SET 5,(HL)       ;SET READYF.
082A  C9                 RET
082B  00                 NOP
082C  00                 NOP
082D  00                 NOP
082E  00                 NOP
082F  00                 NOP
0830  00                 NOP
0831  00                 NOP
0832  00                 NOP
0833  00                 NOP
0834  00                 NOP
0835  00                 NOP
0836  00                 NOP
0837  00                 NOP
0838  00                 NOP
0839  00                 NOP
083A  00                 NOP
083B  00                 NOP
083C  00                 NOP
083D  00                 NOP
083E  00                 NOP
083F  CB CE      EXCOM:  SET 1,(HL)       ;SET CALLF.2.1
0841  2B                 DEC HL
0842  CB FE              SET 7,(HL)       ;SET DAILF.
0844  CB DE              SET 3,(HL)       ;SET CALLF.2
0846  CB A6              RES 4,(HL)       ;CLR CALLF.1
0848  C9                 RET
0849  00                 NOP
084A  00                 NOP
084B  00                 NOP
084C  00                 NOP
084D  00                 NOP
084E  00                 NOP
084F  00                 NOP
0850  00                 NOP
0851  00                 NOP
0852  00                 NOP
0853  00                 NOP
0854  00                 NOP
0855  00                 NOP
0856  00                 NOP
0857  00                 NOP
0858  00                 NOP
0859  00                 NOP
085A  00                 NOP
085B  00                 NOP
085C  00                 NOP
085D  23        CALLN2:  INC HL
085E  CB 4E              BIT 1,(HL)       ;CALLF.2.1
0860  C2 08D5            JP NZ,CALL21
0863  23                 INC HL
0864  23                 INC HL
0865  23                 INC HL
0866  7E                 LD A,(HL)
0867  FE 09              CP 09H
0869  CA 0886            JP Z,CALN1
086C  2B                 DEC HL
086D  2B                 DEC HL
086E  2B                 DEC HL
086F  CB 46              BIT 0,(HL)       ;CALLF.2.2
0871  20 09              JR NZ,CALN2
0873  2B                 DEC HL
0874  ED 78              IN A,(C)
0876  CB 67              BIT 4,A          ;DAIL BIT
0878  C8                 RET Z
0879  23                 INC HL
087A  CB C6              SET 0,(HL)       ;SET CALLF.2.2
087C  2B        CALN2:   DEC HL
087D  ED 78              IN A,(C)
087F  CB 67              BIT 4,A          ;DAIL BIT
0881  C0                 RET NZ
0882  E6 0F              AND 0FH
0884  57                 LD D,A
0885  23                 INC HL
0886  23                 INC HL
0887  23                 INC HL
0888  23                 INC HL
0889  7E                 LD A,(HL)
088A  B7                 OR A
088B  28 03              JR Z,CALN3
```

```
088D  34              INC (HL)
088E  18 0B           JR CALN4
0890  7A      CALN3:  LD A,D
0891  FE 0A          CP 0AH
0893  28 04          JR Z,CALN5
0895  36 03          LD (HL),03H
0897  18 02          JR CALN4
0899  36 01    CALN5:  LD (HL),01H
089B  2B        CALN4:  DEC HL
089C  2B              DEC HL
089D  2B              DEC HL
089E  CB 86           RES 0,(HL)
08A0  2B              DEC HL
08A1  C9              RET
08A2  00              NOP
08A3  00              NOP
08A4  00              NOP
08A5  00              NOP
08A6  00              NOP
08A7  00              NOP
08A8  00              NOP
08A9  00              NOP
08AA  00              NOP
08AB  00              NOP
08AC  00              NOP
08AD  00              NOP
08AE  00              NOP
08AF  00              NOP
08B0  00              NOP
08B1  00              NOP
08B2  00              NOP
08B3  00              NOP
08B4  00              NOP
08B5  00              NOP
08B6  36 00     CALN1:  LD (HL),00H
08B8  2B              DEC HL
08B9  2B              DEC HL
08BA  2B              DEC HL
08BB  CB CE           SET 1,(HL)      ;SET CALLF.2.1
08BD  CB 86           RES 0,(HL)      ;CLR CALLF.2.2
08BF  2B              DEC HL
08C0  C9              RET
08C1  00              NOP
08C2  00              NOP
08C3  00              NOP
08C4  00              NOP
08C5  00              NOP
08C6  00              NOP
08C7  00              NOP
08C8  00              NOP
08C9  00              NOP
08CA  00              NOP
08CB  00              NOP
08CC  00              NOP
08CD  00              NOP
08CE  00              NOP
08CF  00              NOP
08D0  00              NOP
08D1  00              NOP
08D2  00              NOP
08D3  00              NOP
08D4  00              NOP
08D5  2B        CALL21: DEC HL
08D6  CB 56           BIT 2,(HL)      ;CALLF.3
08D8  C2 0A46         JP NZ,HOLDIN
08DB  23              INC HL
08DC  CB 76           BIT 6,(HL)      ;HOLDF.1
08DE  20 3E           JR NZ,STOPUL
08E0  2B              DEC HL
08E1  ED 78           IN A,(C)
08E3  CB 67           BIT 4,A         ;DIAL BIT
08E5  C8              RET Z
08E6  23              INC HL
08E7  23              INC HL
08E8  23              INC HL
08E9  7E              LD A,(HL)
08EA  FE 15           CP 15H
08EC  28 5E           JR Z,HOEXT1
08EE  FE 16           CP 16H
08F0  28 79           JR Z,HOEXT2
08F2  FE 17           CP 17H
08F4  CA 097A         JP Z,HOEXT3
08F7  3A 1111   HOEXT4: LD A,(1111H)
08FA  CB AF           RES 5,A
08FC  32 1111         LD (1111H),A
08FF  D3 1A           OUT (1AH),A
0901  97              SUB A
0902  D3 18           OUT (18H),A
0904  2B        OUTHE:  DEC HL
0905  2B              DEC HL
0906  CB F6           SET 6,(HL)      ;SET HOLDF.
0908  2B              DEC HL
0909  C9              RET
090A  00              NOP
090B  00              NOP
090C  00              NOP
090D  00              NOP
090E  00              NOP
090F  00              NOP
0910  00              NOP
0911  00              NOP
0912  00              NOP
0913  00              NOP
0914  00              NOP
0915  00              NOP
0916  00              NOP
0917  00              NOP
0918  00              NOP
0919  00              NOP
091A  00              NOP
```

```
091B  00          NOP
091C  00          NOP
091D  00          NOP
091E  2B    STOPUL: DEC HL
091F  ED 78       IN A,(C)
0921  CB 67       BIT 4,A          ;DIAL BIT
0923  C0          RET NZ
0924  E6 0F       AND 0FH
0926  FE 02       CP 02H
0928  28 74       JR Z,FRE.
092A  FE 05       CP 05H
092C  20 18       JR NZ,CLR1
092E  CB D6       SET 2,(HL)       ;SET CALLF.3
0930  3E 04       LD A,04H         ;DIALTONE
0932  ED 79       OUT (C),A
0934  C9          RET
0935  00          NOP
0936  00          NOP
0937  00          NOP
0938  00          NOP
0939  00          NOP
093A  00          NOP
093B  00          NOP
093C  00          NOP
093D  00          NOP
093E  00          NOP
093F  00          NOP
0940  00          NOP
0941  00          NOP
0942  00          NOP
0943  00          NOP
0944  00          NOP
0945  00          NOP
0946  23    CLR1:   INC HL
0947  23            INC HL
0948  23            INC HL
0949  23            INC HL
094A  23            INC HL
094B  C3 09D4       JP CLHD
094E  23      CLR:  INC HL
094F  CB 86         RES 0,(HL)       ;CLR CALLF.2.1
0951  CB 8E         RES 1,(HL)       ;CLR CALLF.2.2
0953  CB B6         RES 6,(HL)       ;CLR HOLDF.
0955  23            INC HL
0956  23            INC HL
0957  23            INC HL
0958  23            INC HL
0959  C3 09D4       JP CLHD
095C  3A 1110 HOEXT1: LD A,(1110H)
095F  CB B7         RES 6,A
0961  32 1110       LD (1110H),A
0964  D3 19         OUT (19H),A
0966  97            SUB A
0967  D3 15         OUT (15H),A
0969  18 99         JR OUTHE
096B  3A 1110 HOEXT2: LD A,(1110H)
096E  CB AF         RES 5,A
0970  32 1110       LD (1110H),A
0973  D3 19         OUT (19H),A
0975  97            SUB A
0976  D3 16         OUT (16H),A
0978  18 8A         JR OUTHE
097A  3A 1111 HOEXT3: LD A,(1111H)
097D  CB B7         RES 6,A
097F  32 1111       LD (1111H),A
0982  D3 1A         OUT (1AH),A
0984  97            SUB A
0985  D3 17         OUT (17H),A
0987  C3 0904       JP OUTHE
098A  00            NOP
098B  00            NOP
098C  00            NOP
098D  00            NOP
098E  00            NOP
098F  00            NOP
0990  00            NOP
0991  00            NOP
0992  00            NOP
0993  00            NOP
0994  00            NOP
0995  00            NOP
0996  00            NOP
0997  00            NOP
0998  00            NOP
0999  00            NOP
099A  00            NOP
099B  00            NOP
099C  00            NOP
099D  00            NOP
099E  23      FRE:  INC HL
099F  23            INC HL
09A0  23            INC HL
09A1  7E            LD A,(HL)
09A2  2B            DEC HL
09A3  2B            DEC HL
09A4  2B            DEC HL
09A5  FE 15         CP 15H
09A7  30 9D         JR NC,CLR1
09A9  51            LD D,C
09AA  4F            LD C,A
09AB  5F            LD E,A
09AC  E5            PUSH HL
09AD  21 1001       LD HL,1001H
09B0  B7            OR A
09B1  28 07         JR Z,FRE1
09B3  3E 06   FFRE1:  LD A,06H
09B5  85            ADD A,L
09B6  6F            LD L,A
09B7  1D            DEC E
09B8  20 F9         JR NZ,FFRE1
```

```
09BA  CB 96       FRE1:  RES 2,(HL)      ;CLR EXTF.
09BC  E1                 POP HL
09BD  97                 SUB A
09BE  ED 79              OUT (C),A
09C0  4A                 LD C,D
09C1  23                 INC HL
09C2  23                 INC HL
09C3  56                 LD D,(HL)
09C4  3E 08              LD A,08H
09C6  07          FRE2:  RLCA
09C7  15                 DEC D
09C8  20 FC              JR NZ,FRE2
09CA  ED 79              OUT (C),A
09CC  23                 INC HL
09CD  23                 INC HL
09CE  23                 INC HL
09CF  51                 LD D,C
09D0  4E                 LD C,(HL)
09D1  ED 79              OUT (C),A
09D3  4A                 LD C,D
09D4  7E          CLHD:  LD A,(HL)
09D5  FE 15              CP 15H
09D7  28 21              JR Z,CLHD1
09D9  FE 16              CP 16H
09DB  28 31              JR Z,CLHD2
09DD  FE 17              CP 17H
09DF  28 41              JR Z,CLHD3
09E1  3A 1111     CLHD4: LD A,(1111H)
09E4  CB EF              SET 5,A
09E6  32 1111            LD (1111H),A
09E9  D3 1A              OUT (1AH),A
09EB  2B                 DEC HL
09EC  2B                 DEC HL
09ED  2B                 DEC HL
09EE  CD 0A3E            CALL ONROOT
09F1  D3 18              OUT (18H),A
09F3  2B          OCLHD: DEC HL
09F4  CB D6              SET 2,(HL)    ;SET EXTF.
09F6  CB B6              RES 6,(HL)    ;CLR HOLDF.
09F8  2B                 DEC HL
09F9  C9                 RET
09FA  3A 1110     CLHD1: LD A,(1110H)
09FD  CB F7              SET 6,A
09FF  32 1110            LD (1110H),A
0A02  D3 19              OUT (19H),A
0A04  2B                 DEC HL
0A05  2B                 DEC HL
0A06  2B                 DEC HL
0A07  CD 0A3E            CALL ONROOT
0A0A  D3 15              OUT (15H),A
0A0C  18 E5              JR OCLHD
0A0E  3A 1110     CLHD2: LD A,(1110H)
0A11  CB EF              SET 5,A
0A13  32 1110            LD (1110H),A
0A16  D3 19              OUT (19H),A
0A18  2B                 DEC HL
0A19  2B                 DEC HL
0A1A  2B                 DEC HL
0A1B  CD 0A3E            CALL ONROOT
0A1E  D3 16              OUT (16H),A
0A20  18 D1              JR OCLHD
0A22  3A 1111     CLHD3: LD A,(1111H)
0A25  CB F7              SET 6,A
0A27  32 1111            LD (1111H),A
0A2A  D3 1A              OUT (1AH),A
0A2C  2B                 DEC HL
0A2D  2B                 DEC HL
0A2E  2B                 DEC HL
0A2F  CD 0A3E            CALL ONROOT
0A32  D3 17              OUT (17H),A
0A34  18 BD              JR OCLHD
0A36  00                 NOP
0A37  00                 NOP
0A38  00                 NOP
0A39  00                 NOP
0A3A  00                 NOP
0A5A  00                 NOP
0A5B  00                 NOP
0A5C  00                 NOP
0A5D  00                 NOP
0A5E  00                 NOP
0A5F  00                 NOP
0A60  00                 NOP
0A61  00                 NOP
0A62  00                 NOP
0A63  00                 NOP
0A64  00                 NOP
0A65  00                 NOP
0A66  00                 NOP
0A67  00                 NOP
0A68  00                 NOP
0A69  CB 46       FPULST: BIT 0,(HL)      ;CALLF.5
0A6B  C2 0B2F            JP NZ,SECPUL
0A6E  ED 78              IN A,(C)
0A70  CB 67              BIT 4,A          ;DIAL BIT
0A72  C0                 RET NZ
0A73  E6 0F              AND 0FH
0A75  FE 02              CP 02H
0A77  28 52              JR Z,HOLDUP
0A79  FE 03              CP 03H
0A7B  28 24              JR Z,IND03
0A7D  FE 04              CP 04H
0A7F  28 2B              JR Z,IND04
0A81  FE 09              CP 09H
0A83  CA 0BDC            JP Z,CALLOP
0A86  3E 04              LD A,04H
0A88  ED 79              OUT (C),A
0A8A  CB 8E              RES 1,(HL)       ;CLR CALLF.4
0A8C  C9                 RET
0A8D  00                 NOP
```

```
0A8E  00              NOP
0A8F  00              NOP
0A90  00              NOP
0A91  00              NOP
0A92  00              NOP
0A93  00              NOP
0A94  00              NOP
0A95  00              NOP
0A96  00              NOP
0A97  00              NOP
0A98  00              NOP
0A99  00              NOP
0A9A  00              NOP
0A9B  00              NOP
0A9C  00              NOP
0A9D  00              NOP
0A9E  00              NOP
0A9F  00              NOP
0AA0  00              NOP
0AA1  CB C6     IND03:  SET 0,(HL)      ;SET CALLF.5
0AA3  23              INC HL
0AA4  23              INC HL
0AA5  23              INC HL
0AA6  36 30           LD (HL),30H
0AA8  2B              DEC HL
0AA9  2B              DEC HL
0AAA  2B              DEC HL
0AAB  C9              RET
0AAC  CB C6     IND04:  SET 0,(HL)      ;SET CALLF.5
0AAE  23              INC HL
0AAF  23              INC HL
0AB0  23              INC HL
0AB1  36 40           LD (HL),40H
0AB3  2B              DEC HL
0AB4  2B              DEC HL
0AB5  2B              DEC HL
0AB6  C9              RET
0AB7  00              NOP
0AB8  00              NOP
0AB9  00              NOP
0ABA  00              NOP
0ABB  00              NOP
0ABC  00              NOP
0ABD  00              NOP
0ABE  00              NOP
0ABF  00              NOP
0AC0  00              NOP
0AC1  00              NOP
0AC2  00              NOP
0AC3  00              NOP
0AC4  00              NOP
0AC5  00              NOP
0AC6  00              NOP
0AC7  00              NOP
0AC8  00              NOP
0AC9  00              NOP
0ACA  00              NOP
0ACB  23        HOLDUP: INC HL
0ACC  23              INC HL
0ACD  23              INC HL
0ACE  7E              LD A,(HL)
0ACF  FE 15           CP 15H
0AD1  30 23           JR NC,HOUP1
0AD3  2B              DEC HL
0AD4  5E              LD E,(HL)
0AD5  23              INC HL
0AD6  E5              PUSH HL
0AD7  56              LD D,(HL)
0AD8  21 1002         LD HL,1002H
0ADB  97              SUB A
0ADC  B2              OR D
0ADD  28 07           JR Z,HOUP2
0ADF  3E 06     HOUP3:  LD A,06H
0AE1  85              ADD A,L
0AE2  6F              LD L,A
0AE3  15              DEC D
0AE4  20 F9           JR NZ,HOUP3
0AE6  7E        HOUP2:  LD A,(HL)
0AE7  BB              CP E
0AE8  20 08           JR NZ,HOUP4
0AEA  2B              DEC HL
0AEB  2B              DEC HL
0AEC  CB 66           BIT 4,(HL)      ;CALLF.1
0AEE  28 36           JR Z,HOUP6
0AF0  CB A6           RES 4,(HL)      ;CLR CALLF.1
0AF2  23              INC HL
0AF3  CB 96     HOUP8:  RES 2,(HL)      ;CLR EXTF.
0AF5  E1        HOUP4:  POP HL
0AF6  2B        HOUP1:  DEC HL
0AF7  2B              DEC HL
0AF8  2B              DEC HL
0AF9  CB 96           RES 2,(HL)      ;CLR CALLF.3
0AFB  CB BE           RES 1,(HL)      ;CLR CALLF.4
0AFD  23              INC HL
0AFE  CB D6           SET 2,(HL)      ;SET EXTF.
0B00  CB B6           RES 6,(HL)      ;CLR HOLDF.
0B02  23              INC HL.
0B03  56              LD D,(HL)
0B04  3E 08           LD A,08H
0B06  07        HOUP5:  RLCA
0B07  15              DEC D
0B08  20 FC           JR NZ,HOUP5
0B0A  ED 79           OUT (C),A
0B0C  51              LD D,C
0B0D  23              INC HL
0B0E  23              INC HL
0B0F  23              INC HL
0B10  4E              LD C,(HL)
0B11  ED 79           OUT (C),A
0B13  4A              LD C,D
```

```
0B14  C3 09D4           JP CLHD
0B17  00                NOP
0B18  00                NOP
0B19  00                NOP
0B1A  00                NOP
0B1B  00                NOP
0B1C  00                NOP
0B1D  00                NOP
0B1E  00                NOP
0B1F  00                NOP
0B20  00                NOP
0B21  00                NOP
0B22  00                NOP
0B23  00                NOP
0B24  00                NOP
0B25  00                NOP
0B26  E1          HOUP6:  POP HL
0B27  51                LD D,C
0B28  4E                LD C,(HL)
0B29  97                SUB A
0B2A  ED 79             OUT (C),A
0B2C  4A                LD C,D
0B2D  18 10             JR HOUP7
0B2F  23          SECPUL: INC HL
0B30  CB 7E             BIT 7,(HL)      ;CALLF.6
0B32  20 1F             JR NZ,SECPST
0B34  2B                DEC HL
0B35  ED 78             IN A,(C)
0B37  CB 67             BIT 4,A         ;DIAL BIT
0B39  C8                RET Z
0B3A  23                INC HL
0B3B  CB FE             SET 7,(HL)      ;SET CALLF.6
0B3D  2B                DEC HL
0B3E  C9                RET
0B3F  56          HOUP7:  LD D,(HL)
0B40  E5                PUSH HL
0B41  21 1001           LD HL,1001H
0B44  97                SUB A
0B45  B2                OR D
0B46  28 AB             JR Z,HOUP8
0B48  3E 06       HOUP9:  LD A,06H
0B4A  85                ADD A,L
0B4B  6F                LD L,A
0B4C  15                DEC D
0B4D  20 F9             JR NZ,HOUP9
0B4F  18 A2             JR HOUP8
0B51  00                NOP
0B52  00                NOP
0B53  2B          SECPST: DEC HL
0B54  ED 78             IN A,(C)
0B56  CB 67             BIT 4,A         ;DIAL BIT
0B58  C0                RET NZ
0B59  E6 0F             AND 0FH
0B5B  23                INC HL
0B5C  23                INC HL
0B5D  5E                LD E,(HL)
0B5E  23                INC HL
0B5F  B6                OR (HL)
0B60  CD 0D05           CALL TABLE
0B63  56                LD D,(HL)
0B64  23                INC HL
0B65  23                INC HL
0B66  E5                PUSH HL
0B67  C5                PUSH BC
0B68  46                LD B,(HL)
0B69  21 1000           LD HL,1000H
0B6C  7A                LD A,D
0B6D  B7                OR A
0B6E  28 07             JR Z,FINDB
0B70  3E 06       FIND2:  LD A,06H
0B72  85                ADD A,L
0B73  6F                LD L,A
0B74  15                DEC D
0B75  20 F9             JR NZ,FIND2
0B77  CB 76       FINDB:  BIT 6,(HL)      ;BUSYF.
0B79  C2 0BBE           JP NZ,BUSY2
0B7C  CB E6             SET 4,(HL)      ;SET CALLF.1
0B7E  CB F6             SET 6,(HL)      ;SET BUSYF.
0B80  23                INC HL
0B81  CB D6             SET 2,(HL)      ;SET EXTF.
0B83  CB CE             SET 1,(HL)      ;SET CALLF.2.1
0B85  23                INC HL
0B86  73                LD (HL),E       ;ROOT NO.
0B87  23                INC HL
0B88  71                LD (HL),C       ;RINGER NO.
0B89  23                INC HL
0B8A  23                INC HL
0B8B  70                LD (HL),B       ;EXT.BUFF.
0B8C  C1                POP BC
0B8D  E1                POP HL
0B8E  3E 01             LD A,01H        ;RINGBACKT.
0B90  ED 79             OUT (C),A
0B92  51                LD D,C
0B93  2B                DEC HL
0B94  2B                DEC HL
0B95  4E                LD C,(HL)
0B96  CD 01BD           CALL RING
0B99  4A                LD C,D
0B9A  2B          SPST1:  DEC HL
0B9B  2B                DEC HL
0B9C  CB CE             SET 1,(HL)      ;SET CALLF.2.1
0B9E  CB BE             RES 7,(HL)      ;CLR CALLF.6
0BA0  2B                DEC HL
0BA1  CB DE             SET 3,(HL)      ;SET CALLF.2
0BA3  CB D6             SET 2,(HL)      ;SET CALLF.3
0BA5  CB 8E             RES 1,(HL)      ;CLR CALLF.4
0BA7  CB 86             RES 0,(HL)      ;CLR CALLF.5
0BA9  C9                RET
0BAA  00                NOP
0BAB  00                NOP
```

```
0BAC  00                  NOP
0BAD  00                  NOP
0BAE  00                  NOP
0BAF  00                  NOP
0BB0  00                  NOP
0BB1  00                  NOP
0BB2  00                  NOP
0BB3  00                  NOP
0BB4  00                  NOP
0BB5  00                  NOP
0BB6  00                  NOP
0BB7  00                  NOP
0BB8  00                  NOP
0BB9  00                  NOP
0BBA  00                  NOP
0BBB  00                  NOP
0BBC  00                  NOP
0BBD  00                  NOP
0BBE  C1          BUSY2:  POP BC
0BBF  E1          BUSY3:  POP HL
0BC0  3E 02               LD A,02H
0BC2  ED 79               OUT (C),A
0BC4  2B                  DEC HL
0BC5  2B                  DEC HL
0BC6  18 D2               JR SPST1
0BC8  00                  NOP
0BC9  00                  NOP
0BCA  00                  NOP
0BCB  00                  NOP
0BCC  00                  NOP
0BCD  00                  NOP
0BCE  00                  NOP
0BCF  00                  NOP
0BD0  00                  NOP
0BD1  00                  NOP
0BD2  00                  NOP
0BD3  00                  NOP
0BD4  00                  NOP
0BD5  00                  NOP
0BD6  00                  NOP
0BD7  00                  NOP
0BD8  00                  NOP
0BD9  00                  NOP
0BDA  00                  NOP
0BDB  00                  NOP
0BDC  23          CALLOF: INC HL
0BDD  23                  INC HL
0BDE  5E                  LD E,(HL)
0BDF  23                  INC HL
0BE0  36 14               LD (HL),14H
0BE2  23                  INC HL
0BE3  23                  INC HL
0BE4  56                  LD D,(HL)
0BE5  E5                  PUSH HL
0BE6  21 1078             LD HL,1078H     ;OPERATER BUFF.
0BE9  CB 76               BIT 6,(HL)      ;BUSYF.
0BEB  20 D2               JR NZ,BUSY3
0BED  CB E6               SET 4,(HL)      ;SET CALLF.1
0BEF  CB F6               SET 6,(HL)      ;SET BUSYF.
0BF1  23                  INC HL
0BF2  CB D6               SET 2,(HL)      ;SET EXTF.
0BF4  CB CE               SET 1,(HL)      ;SET CALLF.2.1
0BF6  23                  INC HL
0BF7  73                  LD (HL),E
0BF8  23                  INC HL
0BF9  71                  LD (HL),C
0BFA  23                  INC HL
0BFB  23                  INC HL
0BFC  72                  LD (HL),D
0BFD  21 1100             LD HL,1100H
0C00  7A                  LD A,D
0C01  85                  ADD A,L
0C02  6F                  LD L,A
0C03  CB FE               SET 7,(HL)
0C05  CB F6               SET 6,(HL)      ;SET EXT.DUBBLE HOLD
0C07  E1                  POP HL
0C08  3E 01               LD A,01H
0C0A  ED 79               OUT (C),A
0C0C  51                  LD D,C
0C0D  0E 14               LD C,14H
0C0F  CD 01BD             CALL RING
0C12  4A                  LD C,D
0C13  2B                  DEC HL
0C14  2B                  DEC HL
0C15  C3 0B9A             JP SPST1
0C18  00                  NOP
0C19  00                  NOP
0C1A  00                  NOP
0C1B  00                  NOP
0C1C  00                  NOP
0C1D  00                  NOP
0C1E  00                  NOP
0C1F  00                  NOP
0C20  00                  NOP
0C21  00                  NOP
0C22  00                  NOP
0C23  00                  NOP
0C24  00                  NOP
0C25  00                  NOP
0C26  00                  NOP
0C27  00                  NOP
0C28  00                  NOP
0C29  00                  NOP
0C2A  00                  NOP
0C2B  00                  NOP
0C2C  CB 66       HANDOF: BIT 4,(HL)      ;CALLF.1
0C2E  C0                  RET NZ
0C2F  CB 76               BIT 6,(HL)      ;BUSYF.
0C31  C8                  RET Z
0C32  23                  INC HL
```

```
0C33  CB 56           BIT 2,(HL)      ;EXTF.
0C35  20 4A           JR NZ,CEXT
0C37  97        OCEXT: SUB A
0C38  ED 79           OUT (C),A
0C3A  2B              DEC HL
0C3B  77              LD (HL),A
0C3C  23              INC HL
0C3D  77              LD (HL),A
0C3E  23              INC HL
0C3F  7E              LD A,(HL)
0C40  23              INC HL
0C41  B7              OR A
0C42  28 1D           JR Z,OCEXT1
0C44  2B              DEC HL
0C45  11 1100         LD DE,1100H
0C48  83              ADD A,E
0C49  5F              LD E,A
0C4A  97              SUB A
0C4B  12              LD (DE),A
0C4C  77              LD (HL),A
0C4D  23              INC HL
0C4E  56              LD D,(HL)
0C4F  E5              PUSH HL
0C50  21 1000         LD HL,1000H
0C53  7A              LD A,D
0C54  B7              OR A
0C55  28 07           JR Z,OUTHAN
0C57  3E 06     FINHAN: LD A,06H
0C59  85              ADD A,L
0C5A  6F              LD L,A
0C5B  15              DEC D
0C5C  20 F9           JR NZ,FINHAN
0C5E  CB A6     OUTHAN: RES 4,(HL)    ;CLR CALLF.1
0C60  E1              POP HL
0C61  97        OCEXT1: SUB A
0C62  77              LD (HL),A
0C63  23              INC HL
0C64  77              LD (HL),A
0C65  23              INC HL
0C66  77              LD (HL),A
0C67  2B              DEC HL
0C68  2B              DEC HL
0C69  2B              DEC HL
0C6A  2B              DEC HL
0C6B  2B              DEC HL
0C6C  C9              RET
0C6D  00              NOP
0C6E  00              NOP
0C6F  00              NOP
0C70  00              NOP
0C71  00              NOP
0C72  00              NOP
0C73  00              NOP
0C74  00              NOP
0C75  00              NOP
0C76  00              NOP
0C77  00              NOP
0C78  00              NOP
0C79  00              NOP
0C7A  00              NOP
0C7B  00              NOP
0C7C  00              NOP
0C7D  00              NOP
0C7E  00              NOP
0C7F  00              NOP
0C80  00              NOP
0C81  23        CEXT:  INC HL
0C82  23               INC HL
0C83  23               INC HL
0C84  23               INC HL
0C85  51               LD D,C
0C86  4E               LD C,(HL)
0C87  97               SUB A
0C88  ED 79            OUT (C),A
0C8A  79               LD A,C
0C8B  FE 15            CP 15H
0C8D  28 38            JR Z,CEXT1
0C8F  FE 16            CP 16H
0C91  28 42            JR Z;CEXT2
0C93  FE 17            CP 17H
0C95  28 4C            JR Z,CEXT3
0C97  3A 1111   CEXT4: LD A,(1111H)
0C9A  CB A7            RES 4,A
0C9C  CB EF            SET 5,A
0C9E  32 1111          LD (1111H),A
0CA1  D3 1A            OUT (1AH),A
0CA3  79        OCEXT2: LD A,C
0CA4  4A               LD C,D
0CA5  11 1100          LD DE,1100H
0CA8  83               ADD A,E
0CA9  5F               LD E,A
0CAA  97               SUB A
0CAB  12               LD (DE),A
0CAC  2B               DEC HL
0CAD  2B               DEC HL
0CAE  2B               DEC HL
0CAF  2B               DEC HL
0CB0  C3 0C37          JP OCEXT
0CB3  00               NOP
0CB4  00               NOP
0CB5  00               NOP
0CB6  00               NOP
0CB7  00               NOP
0CB8  00               NOP
0CB9  00               NOP
0CBA  00               NOP
0CBB  00               NOP
0CBC  00               NOP
0CBD  00               NOP
0CBE  00               NOP
```

```
0CBF  00              NOP
0CC0  00              NOP
0CC1  00              NOP
0CC2  00              NOP
0CC3  00              NOP
0CC4  00              NOP
0CC5  00              NOP
0CC6  00              NOP
0CC7  3A 1110   CEXT1: LD A,(1110H)
0CCA  CB BF           RES 7,A
0CCC  CB F7           SET 6,A
0CCE  32 1110         LD (1110H),A
0CD1  D3 19           OUT (19H),A
0CD3  18 CE           JR 0CEXT2
0CD5  3A 1110   CEXT2: LD A,(1110H)
0CD8  CB A7           RES 4,A
0CDA  CB EF           SET 5,A
0CDC  32 1110         LD (1110H),A
0CDF  D3 19           OUT (19H),A
0CE1  18 C0           JR 0CEXT2
0CE3  3A 1111   CEXT3: LD A,(1111H)
0CE6  CB BF           RES 7,A
0CE8  CB F7           SET 6,A
0CEA  32 1111         LD (1111H),A
0CED  D3 1A           OUT (1AH),A
0CEF  18 B2           JR 0CEXT2
0CF1  00              NOP
0CF2  00              NOP
0CF3  00              NOP
0CF4  00              NOP
0CF5  00              NOP
0CF6  00              NOP
0CF7  00              NOP
0CF8  00              NOP
0CF9  00              NOP
0CFA  00              NOP
0CFB  00              NOP
0CFC  00              NOP
0CFD  00              NOP
0CFE  00              NOP
0CFF  00              NOP
0D00  00              NOP
0D01  00              NOP
0D02  00              NOP
0D03  00              NOP
0D04  00              NOP
0D05  D5        TABLE: PUSH DE
0D06  11 0F00         LD DE,0F00H
0D09  83              ADD A,E
0D0A  5F              LD E,A
0D0B  1A              LD A,(DE)
0D0C  77              LD (HL),A
0D0D  D1              POP DE
0D0E  C9              RET
0D0F  3A 1110   MON4: LD A,(1110H)
0D12  D3 19           OUT (19H),A
0D14  3A 1111         LD A,(1111H)
0D17  D3 1A           OUT (1AH),A
0D19  C3 003F         JP MLOOP
                      .DEPHASE
                      END
```

ภาคผนวกที่ 3

วิธีใช้โทรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้โทรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมา

1. การติดต่อเลขหมายภายใน

1.1 ยกหูฟัง เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุน เริ่มหมุนเลขหมายที่ต้องการ (30 ถึง 49)

1.2 ถ้าเลขหมายที่หมุนไปนั้นว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับ รอจนกว่าจะมีผู้รับสาย

1.3 ถ้าเลขหมายที่หมุนไปนั้นไม่ว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง วางหูแล้วเริ่มปฏิบัติตามข้อ 1.1 ใหม่

2. การติดต่อกับโอเปอร์เรเตอร์

การติดต่อกับโอเปอร์เรเตอร์ คล้ายกับการติดต่อกับโทรศัพท์ภายใน เพียงแต่เลขหมายของโอเปอร์เรเตอร์คือ หมายเลข 9

3. การติดต่อภายนอก (คู่สายขององค์การโทรศัพท์)

3.1 ยกหูฟัง เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุน แล้วหมุนหมายเลข 0

3.2 ถ้าสายนอกว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุนขององค์การโทรศัพท์ แล้วจึงหมุนเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อภายนอก

3.3 ถ้าสายภายนอกไม่ว่าง จะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง วางหูแล้วเริ่มยกหูหมุน 0 ใหม่

4. การโอนสายนอก

4.1 ในกรณีที่เครื่องภายในติดต่อกับสายภายนอกอยู่แล้วต้องการจะโอนสายภายนอกไปให้โทรศัพท์ภายในเครื่องอื่น ๆ ทำได้โดยการหมุนหมายเลข 5 จะได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุนตอบกลับมา แล้วหมุนหมายเลขภายในที่ต้องการ เมื่อติดต่อกับสายภายในที่ต้องการได้แล้ว แล้วแจ้งให้ผู้ถูกเรียกทราบว่ามีสายนอกต้องการติดต่อด้วย จากนั้นวางหูฟังได้ ผู้ถูกเรียกหมุนเลข 2 ก็จะสามารถติดต่อกับสายนอกนั้นได้

4.2 ในกรณีเดียวกับ 4.1 หลังจากหมุนเลขหมายภายในแล้วไม่สามารถติดต่อโทรศัพท์ภายในที่ต้องการได้หรือติดต่อได้ แต่ต้องการจะติดต่อสายนอกเดิมของตนอีกครั้งหนึ่ง ทำได้โดยผู้ใช้หมุนเลข 2 ก็จะสามารถติดต่อกับสายนอกเดิมนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้