ชุมสายโทรศัพท์ดิจิตอล
สำหรับโครงข่ายเส้นใยนำแสง
DIGITAL EXCHANGE FOR
OPTICAL FIBER NETWORK

โดย

สัญชัย วรรณโพธิ์กลาง

สมชาย วงศ์เอกอักษร

เทิดศักดิ์ โป้ชื้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา อิเลคทรอนิกส์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 033249
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ประจำปีการศึกษา 2536

ภาควิชา อิเลคทรอนิคส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง ชุมสายโทรศัพท์ดิจิตอลสำหรับโครงข่ายเส้นใยนำแสง

ผู้จัดทำ

1.นาย สัญชัย วรรณโพธิ์กลาง 33100410

2.นาย สมชาย วงศ์เอกอักษร 33100393

3.นาย เทิดศักดิ์ โป้ชิ้ว 33100129

.....

(อาจารย์ สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล) อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์ดิจิตอลสำหรับโครงข่ายเส้นใยนำแสง

DIGITAL EXCHANGE FOR OPTICAL FIBER NETWORK

โดย นาย สัญชัย วรรณโพธิ์กลาง 33100410
นาย สมชาย วงศ์เอกอักษร 33100393
นาย เทิดศักดิ์ โปธิ้ว 33100129

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล

บทคัดย่อ

เพื่อรองรับเทคโนโลยีดิจิตอล ที่กำลังมีบทบาทอย่างมากต่อการสื่อสารทั่วโลก การเรียนรู้ระบบการส่งข้อมูลและเสียง ผ่านระบบที่เป็นดิจิตอลทั้งหมดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง จึงได้ทดลองสร้างและจำลองแบบการทำงานของชุมสายระดับ End Office ขึ้นมาสองชุมสาย ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการต่อช่องสัญญาณ การส่งสัญญาณ และการบริการอื่น ๆ และสามารถพัฒนาต่อเนื่องเพื่อให้บริการพิเศษได้ตามระบบ SPC (Stored Program Control)ใช้การเข้ารหัสแบบ PCM (Pulse Code Modulation)และใช้การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งช่วงเวลา (Time Division Multiplex) ในการรับส่งสัญญาณตามมาตรฐาน T1 แล้วทำการต่อทั้งสองชุมสายด้วยเส้นใยนำแสง ซึ่งมีคุณสมบัติดีเด่นในด้านต่างเหนือกว่าสายทองแดงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเกือบทุกด้านและกำลังเข้ามาแทนที่สายทองแดงเป็นการถาวรทั้งในระดับเครือข่ายใหญ่ ๆ ลงไปถึงระดับ Local Loop ตามสำนักงานและบ้านเรือน

ABSTRACT

Digital technology play an important role in now telecommunication era especialy in voice,data and immage transmission. We introduce two small digital exchange (End Office Level) for the optical fiber network. Because of using the microprocessor to control switching , signal distribution and any others service so it can develope to service like a stored program control (SPC) system. The combination of PCM and TDM , therefor , had last provid switching and transmission together. The advantage of fiber optic bring many system use it for the transmission line all in large network and the local loop network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ----------	1
บทที่ 2	หลักการของการสื่อสารแบบดิจิตอล เส้นใยนำแสง และ ระบบสวิทชิ่งโทรศัพท์----------	6
บทที่ 3	PCM (PULSE CODE MODULATION)----------	12
	TDM (TIME DIVISION MULTIPLEXING)----------	19
บทที่ 4	หลักการทำงานและการออกแบบวงจร	
	ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์----------	20
	ส่วนสร้างสัญญาณโทรศัพท์----------	23
	วงจรออสซิลเลเตอร์----------	25
	วงจรสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณ----------	27
	วงจรถอดรหัสสัญญาณ----------	27
	วงจรสวิทช์พาธ----------	31
	วงจรส่วนเชื่อมต่อกับสายไฟเบอร์ออปติก----------	33
บทที่ 5	หลักการทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบ----------	35
	วงจรรับส่งข้อมูลระหว่างชุมสาย----------	37
	แผนผังการทำงานของโปรแกรม----------	38
บทที่ 6	การทดลองและผลการทดลอง----------	42
บทที่ 7	บทสรุปและวิจารณ์ผล----------	47
	เอกสารอ้างอิง----------	48

ภาคผนวก ก.

MCS-51 ARCHITECTURE AND APPLICATION.

ADDRESS MANAGEMENT AND DECODER.

โปรแกรมการทำงานของระบบ เฉพาะภายใน ชุมสาย และการจำลองจัดช่องสัญญาณนอกชุมสาย

ภาคผนวก ข.

ภาพถ่ายแสดงต้นแบบชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ภาพแสดง Block Diagram ของระบบชุมสาย

รูปที่ 2.1 การมัลติเพลกซ์,ดีมัลติเพลกซ์ ในระบบการสื่อสารแบบดิจิตอล

รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบระบบการสื่อสารที่ใช้สถานีทวนสัญญาณกับระบบที่ไม่ใช้สถานีทวนสัญญาณ

รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นผลของการผิดพลาดอันเนื่องมาจากความแตกต่างของสัญญาณคล็อก

รูปที่ 2.4 รูปแบบของวงจรสวิทชิ่ง

รูปที่ 2.5 วงจรไทม์สวิทช์

รูปที่ 3.1 การแปลงสัญญาณระหว่างระบบอนาลอกกับดิจิตอล

รูปที่ 3.2 ลักษณะสัญญาณของการแซมปลิ้ง

รูปที่ 3.3 แสดงการเข้ารหัสโดยการคอมแพนดิ้งแบบ μ - Law

รูปที่ 3.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ในการคอมแพนดิ้งแบบ A - Law

รูปที่ 3.5 ลักษณะการมัลติเพลกซ์แบบ TDM

รูปที่ 4.1 วงจร Subscriber Loop Interface Circuit (SLIC)

รูปที่ 4.2 รูปแสดงวงจรสร้างสัญญาณโทรศัพท์

รูปที่ 4.3 รูปแสดงวงจรออสซิลเลเตอร์

รูปที่ 4.4 รูปวงจรสุ่มสัญญาณและวงจรกำหนดช่องสัญญาณ

รูปที่ 4.5 รูปแสดงรายละเอียดของขา MT8870

รูปที่ 4.6 รูปแสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

รูปที่ 4.7 รูปแสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

รูปที่ 4.8 รูปแสดงวงจรสวิทช์พาท

รูปที่ 4.9 รูปวงจรขับ LED สำหรับวงจรส่งสัญญาณ

รูปที่ 4.10 วงจรรับสัญญาณแสง

รูปที่ 5.1 แผนผังการทำงานของระบบรวม (software)

รูปที่ 5.2 แผนผังบริการ ๆ ติดต่อ

รูปที่ 5.3 แผนผังบริการ ๆ ต่อช่องสัญญาณ

รูปที่ 5.4 แผนผังการติดต่อภายในชุมสาย

รูปที่ ผ-1 Block Diagram of MCS-51

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของรหัสแบบ A-Law

ตารางที่ ผ-1 MCS-51 Family of Microcontroller

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ (INTRODUCTION)

ชุมสายโทรศัพท์ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในงานสื่อสาร และส่งผลต่อการพัฒนาประเทศในระยะยาว ชุมสายโทรศัพท์แทบทั้งหมดที่ใช้งานในปัจจุบันถูกนำเข้าจากต่างประเทศด้วยราคาที่ค่อนข้างแพง เนื่องด้วยค่าเทคโนโลยีที่บริษัทต่างประเทศรวมเข้าไว้ในราคาขาย จากสถิติการนำเข้าของกรมศุลกากรพบว่า ในระยะสามปีที่ผ่านมานี้ มีการนำเข้าอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์จากต่างประเทศเป็นมูลค่าประมาณห้าพันล้านบาท ซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้งานในข่ายสื่อสารขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ข่ายสื่อสารขององค์การสื่อสารแห่งประเทศไทย และถูกใช้งานเป็นตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ (PABX) ในอาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

จากรายงานประจำปีขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย (ทศท) เมื่อสิ้นสุดแผนพัฒนาฉบับที่ 5 พบว่ามีจำนวนชุมสายโทรศัพท์ทั่วประเทศประมาณสองล้านเลขหมาย หรือคิดเป็นสามเลขหมายต่อประชากรร้อยคน ซึ่งอัตราดังกล่าวยังถือว่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศข้างเคียง เช่นประเทศมาเลเซียซึ่งมีคู่สายโทรศัพท์ประมาณ 7 เลขหมายต่อประชากร 100 คน ประเทศสิงคโปร์ประมาณ 24 เลขหมาย ฮ่องกงประมาณ 36 เลขหมาย ญี่ปุ่น 54 เลขหมาย และประเทศที่มีจำนวนเลขหมายโทรศัพท์มากที่สุดคือสวีเดน มีถึงประมาณ 86 เลขหมายต่อประชากร 100 คน

ซึ่งถ้าหากสามารถสร้างชุมสายโทรศัพท์ขึ้นได้เองภายในประเทศ จะใช้เงินลงทุนน้อยกว่า นอกจากจะเป็นการลดการนำเข้าแล้วยังจะเป็นการส่งเสริมการส่งออกอีกด้วย ทั้งยังจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 จุดประสงค์

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบการสื่อสารแบบดิจิตอล ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมและนำมาใช้แทนการสื่อสารแบบเดิมที่ใช้การส่งด้วยสัญญาณอนาลอก การสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอลแบบ PCM เป็นชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในระบบชุมสายโทรศัพท์ จึงได้ทดลองสร้างระบบชุมสายโทรศัพท์แบบ PCM ขึ้น 2 ชุมสาย แต่ละชุมสายมีขนาด 24ช่องสัญญาณ ซึ่งตามมาตรฐาน T1 ของ CCITT (The International Telegraph and Telephone Consultative Committee) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศแถบอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น มีขนาดถึง 24 ช่องสัญญาณแต่ละชุมสายสามารถต่อเครื่องลูกโทรศัพท์ได้ 22 เครื่อง และทำการทดลองรับส่งสัญญาณระหว่างกันซึ่งระหว่างชุมสายทั้งสองจะใช้สายส่งสัญญาณเพียง 2 คู่ เพราะใช้การส่งสัญญาณแบบ TDM ตัวสายส่งใช้เส้นใยนำแสง ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับสัญญาณดิจิตอล

สามารถแบ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงงานวิจัยนี้ เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. เพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างโครงข่ายโทรศัพท์ขนาดเล็กแบบดิจิตอล
2. เพื่อศึกษารูปแบบการสื่อสารแบบดิจิตอล
3. เพื่อศึกษาการใช้งานเส้นใยนำแสงสำหรับงานการสื่อสาร
4. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพื่องานควบคุม
5. เน้นโครงร่างของการออกแบบตามมาตรฐานระหว่างประเทศ CCITT

1.2 คุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิตอลที่สร้างขึ้น

1. แปลงสัญญาณเสียงด้วยวิธีพัลส์โคดมอดูเลชัน (Pulse Code Modulation;PCM)
2. มัลติเพลกซ์แบบแบ่งช่วงเวลา (Time Division Multiplex ;TDM)
3. ระบบสวิทชิงแบบดิจิตอล Time switch
4. ใช้เส้นใยนำแสงเป็นช่องสัญญาณระหว่างโครงข่าย
5. มีจำนวนคู่สายในแต่ละโครงข่ายได้สูงสุด 22 คู่สายโดยมีส่วนอุปกรณ์สำหรับคู่สายเพื่อทำการทดลองจำนวน 3 ชุด แต่ละชุดสามารถโปรแกรมให้เป็นคู่สายใดๆในโครงข่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ถ้าต้องการรับ-ส่งข้อมูลเป็นดิจิตอลโดยตรงสามารถทำได้โดยเพิ่มส่วนโปรแกรมควบคุมและวงจรแปลงข้อมูลจากข้อมูลแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรมสำหรับการส่งและวงจรแปลงข้อมูลจากข้อมูลแบบอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนานสำหรับการรับ โดยมีความเร็วในการส่งข้อมูล 64kB/s ต่อหนึ่งช่องสัญญาณ

1.3 ส่วนประกอบของระบบ

แบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. วงจร ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ (Subscriber Loop Interface Circuit) โดยใช้ไอซี เบอร์ MC3419L ทำหน้าที่แยกสัญญาณรับ-ส่ง จ่ายไฟเลี้ยงDC ให้แก่เครื่องโทรศัพท์ แสดงสถานะการยกหู และควบคุมการส่งสัญญาณเรียก (Ringing Tone)

2. วงจรส่วนกำเนิดสัญญาณ (Tone Generator)
ทำหน้าที่สร้างสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) สัญญาณเรียก (Ringing Tone)

3. วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)
ทำหน้าที่กำเนิดความถี่ เพื่อกำหนดจังหวะการทำงานของไอซีสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณโดยจะสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีค่าคงที่ออกมาตลอดเวลา

4. วงจรสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณ (Sampling and Time slot)
ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลดิจิตอลระหว่างคู่สายแต่ละคู่สายผ่านทางโทรศัพท์ วงจรสุ่มสัญญาณใช้ไอซีของโมโตโรลา เบอร์ MC14400 ส่วนวงจรกำหนดช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลของแต่ละช่องสัญญาณใช้ไอซีของโมโตโรลาเบอร์ MC14416

5. วงจรถอดรหัสสัญญาณหรือถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)
ทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone) ให้เป็นระบบตัวเลข BCD ขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วงจรสวิทช์นาย (Switch Path)

ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ควบคุมการผ่านเข้าออกของสัญญาณภายในแต่ละชุมสาย หรือการควบคุมให้เครื่องใดทำหน้าที่รับ หรือส่ง ตามต้องการ วงจรที่ใช้สามารถต่อสัญญาณให้ผ่านได้พร้อมกัน 4 คู่สาย โดยไม่เกิดการต่อช้อน (Crosstalk) รวมทั้งติดต่อได้ 2 ทิศทางอีกด้วย การควบคุมการสวิทช์ใช้การสั่งงานจากไมโครโปรเซสเซอร์

7. วงจรส่วนเชื่อมต่อกับสายไฟเบอร์ออพติก

แบ่งออกเป็นวงจรส่งสัญญาณโดยการส่งสัญญาณข้อมูลไปสวิทช์ตัวส่งสัญญาณแสง และวงจรรับสัญญาณแสงซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนแสงเป็นกระแสไฟฟ้า ผ่านวงจรขยายกระแสและวงจรเปรียบเทียบกับตามลำดับแสงที่ส่งจะส่งผ่านทางสายไฟเบอร์ออพติก (Fiber Optic)

8. วงจรรับส่งข้อมูลระหว่างชุมสาย

วงจรรับส่งข้อมูลระหว่างชุมสายเป็นวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ FAW เพื่อให้อีกชุมสายสามารถทำงานได้สอดคล้องกันและสัญญาณ SIGNALING เพื่อบอกให้อีกชุมสายทราบสถานะโทรศัพท์ของชุมสายตัวเอง โดยจะประกอบไปด้วยวงจรซึ่งคล้ายกันสองชุดคือ ชุดรับ-ส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณ FAW และชุดรับส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณ SIGNALING โดยทั้งสองชุดมีวงจรหลักเหมือนกันคือส่วนวงจรส่ง (แปลงข้อมูลจากแบบขนานเป็นแบบอนุกรม), วงจรรับ(แปลงข้อมูลจากแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน) และวงจรกำหนดช่องสัญญาณในการรับ-ส่ง โดยวงจรทั้งสามจะทำการติดต่อ รับ-ส่งข้อมูลและสั่งกำหนดช่องสัญญาณโดยไมโครโปรเซสเซอร์

9. ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ (Control Unit)

เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ที่สร้างขึ้น มีไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลของโทรศัพท์แต่ละคู่สาย ในโครงงานนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ควบคุมระบบ

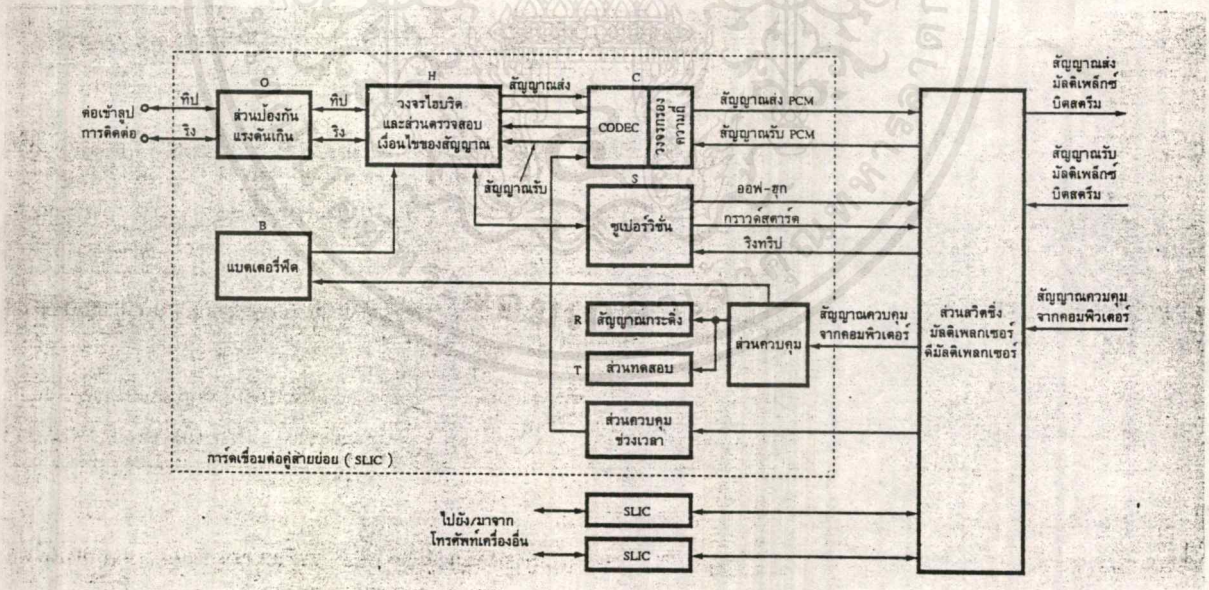
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรายงานฉบับนี้ จะกล่าวถึง

ข้อดีและเหตุผลของการสื่อสารแบบดิจิตอล และความเหมาะสมในการนำเส้นใยนำแสงมาใช้เป็นสายส่งสัญญาณ ในบทที่ 2

PCM และการ Multiplex ระบบสัญญาณแบบ TDM ซึ่งใช้มาตรฐาน CCITT ในการแบ่งช่องเวลา แต่สัญญาณควบคุม (Signalling) ซึ่งใช้ในการติดต่อระหว่างชุมสายได้ดัดแปลงขึ้นใหม่ เพื่อความสะดวกและเหมาะสมสำหรับระบบ ในบทที่ 3

รายละเอียดของวงจรต่าง ๆ และการออกแบบในบทที่ 4 บทที่ 5 เป็นหลักการทำงานของโปรแกรมระบบรวม ส่วนในบทที่ 6 จะเป็นการทดลองและผลการทดลอง ต่าง ๆ บทที่ 7 เป็นการสรุปและวิจารณ์ผล ส่วนท้ายจะเป็นภาคผนวก



รูปที่ 1.1 ภาพแสดง block diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

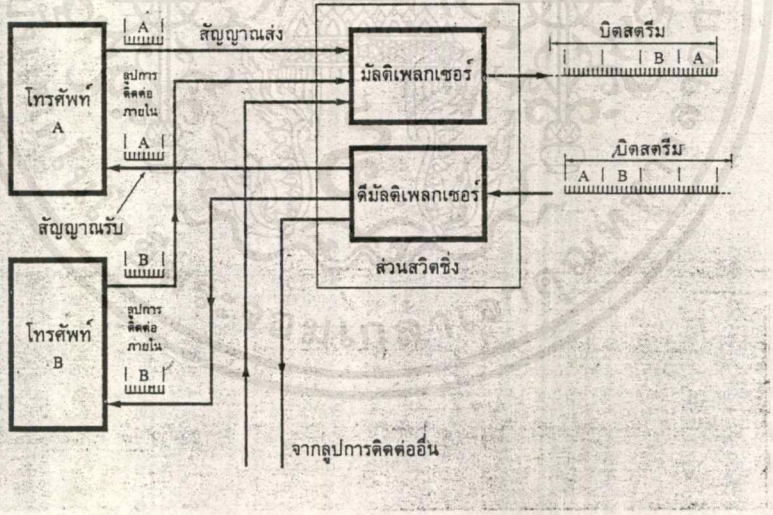
บทที่ 2

หลักการของการสื่อสารแบบดิจิตอล เส้นใยนำแสง และระบบสวิทชิงโทรศัพท์

2.1 คุณสมบัติของการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอล

สัญญาณแบบดิจิตอลสามารถนำมาใช้สื่อสารแทนสัญญาณอนาลอก โดยการแปลงสัญญาณจากอนาลอกให้เป็นดิจิตอล แล้วนำไปเข้ารหัสหรือจัดแปลงให้เหมาะสมกับการส่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการส่งและตัวสายส่ง ข้อดีของการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอล ที่สำคัญมีดังนี้

1. **สะดวกต่อการมัลติเพลกซ์**

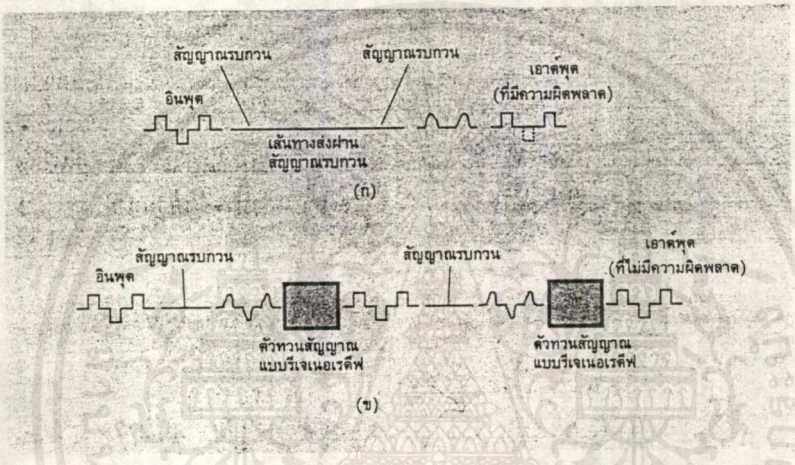


รูปที่ 2.1 การมัลติเพลกซ์, ดีมัลติเพลกซ์ในระบบการสื่อสารแบบดิจิตอล

2. **สะดวกในการส่งสัญญาณควบคุม** โดยจะกำหนดให้ช่องเวลาช่องหนึ่งในระบบ TDM เป็นช่องสำหรับรับส่งสัญญาณควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **สัญญาณรบกวนต่ำ** ในระบบอนาลอกนั้น สัญญาณรบกวน(Noise) และสัญญาณสอดแทรก (Interference) สามารถเข้าไปผสมและผ่านไปยังผู้รับได้ง่าย กล่าวคือ ในระหว่างการส่งถ้ามีการขยายสัญญาณข้อมูล ก็จะทำการขยายสัญญาณรบกวนเหล่านี้ไปด้วย แต่ในระบบดิจิตอลนั้น สัญญาณอยู่ในรูปของระดับแรงดัน 0 (low) และ 1 (high) ถ้าสัญญาณรบกวนมีขนาดไม่มากพอที่จะทำให้สัญญาณจริงเปลี่ยนระดับได้ ก็จะไม่มีผลไปถึงผู้รับ



รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระหว่างระบบการสื่อสารที่ใช้สถานีทวนสัญญาณกับระบบที่ไม่มีสถานีทวนสัญญาณ

4. **ง่ายต่อการเข้ารหัส** ในกรณีที่ต้องการให้ข้อมูลนั้นเป็นความลับ เราสามารถเข้ารหัสข้อมูล เช่น การสแครมเบลอร์ ที่ปลายทางก็จะมีวงจรดีสแครมเบลอร์สำหรับถอดรหัส

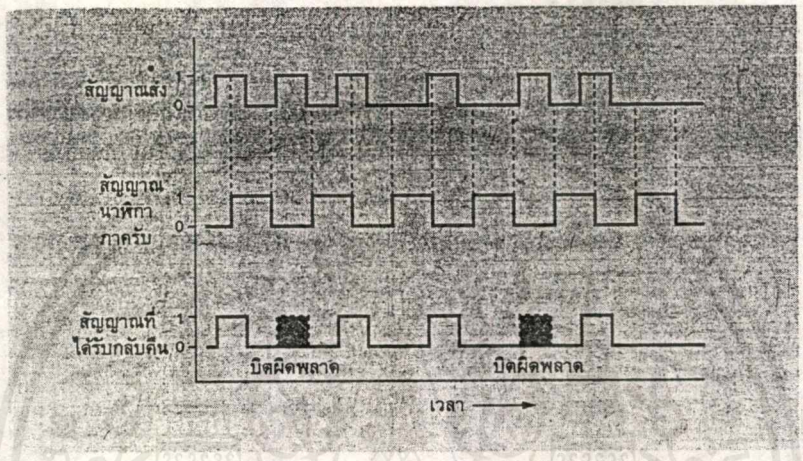
5. **ราคาอุปกรณ์ในระบบดิจิตอลมีราคาถูกลงในอัตราที่เร็วกว่าอุปกรณ์ทางอนาลอก**

อย่างไรก็ตามระบบสื่อสารแบบดิจิตอลก็มีข้อเสียอยู่ ที่สำคัญคือ

1. **เนื้มแบนด์วิดธ์ของสัญญาณ** เช่น สัญญาณเสียงพูดสำหรับโทรศัพท์ ซึ่งกำหนดไว้ว่ามีแบนด์วิดธ์ไม่เกิน 3.4 KHz เมื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งด้วยอัตรา 1.536 Mb/s. อย่างน้อยที่สุดสายส่งที่ใช้ต้องมีผลตอบสนองต่อความถี่ในย่าน 1.536 MHz ได้ ทำให้ต้องใช้สายส่งที่มีราคาแพงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การซิงโครไนเซชัน (Synchronization) ทางด้านรับนั้นต้องมีวงจรสร้างสัญญาณเวลาที่ซิงโครไนซ์ (Synchronize) กับทางด้านส่งสำหรับตรวจจับ (sample) สัญญาณที่เข้ามาแต่ละบิท (bit)ไม่ให้ผิดพลาด รวมทั้งจะต้องรู้จุดเริ่มต้นของขบวนสัญญาณ(data stream) ด้วย ดังนั้นจึงต้องมีวงจรซิงโครไนเซชันที่ทำให้สัญญาณเวลาทางด้านรับซิงโครไนซ์กับทางด้านส่ง



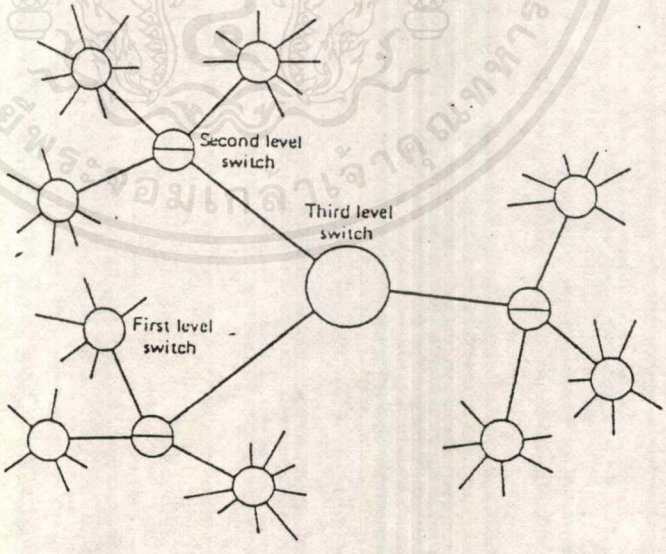
รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นผลของความผิดพลาดอันเนื่องจากความแตกต่างของสัญญาณคล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ระบบสวิทชิ่งโทรศัพท์

ระบบสวิทชิ่งที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการต่อ จึงมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่าระบบ SPC (Stored Program Control) ซึ่งมีข้อดีเหนือระบบสเต็ปบายสเต็ป (step-by-step) และระบบครอสบาร์ (crossbar) ที่ใช้กันอยู่เดิม คือไม่ต้องใช้อุปกรณ์อิเลคโตรเมคคานิคอล (electromechanical) เช่น รีเลย์ (relay) ในการต่อสวิทชิ่งแมททริก (switching matrix) และอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เพราะใช้วิธีการต่อช่องสัญญาณภายในตารางข้อมูลที่เป็นหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ ระบบสวิทชิ่งจึงมีขนาดเล็กลง ราคาถูก ง่ายต่อการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพอื่น ๆ ให้แก่ผู้ใช้ได้ เช่นการหมุนหรือตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ เก็บข้อมูล จัดประชุมทางโทรศัพท์หรือต่อร่วงอุปกรณ์อื่น ๆ เข้ามาใช้รับส่งข้อมูลในระบบได้ เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

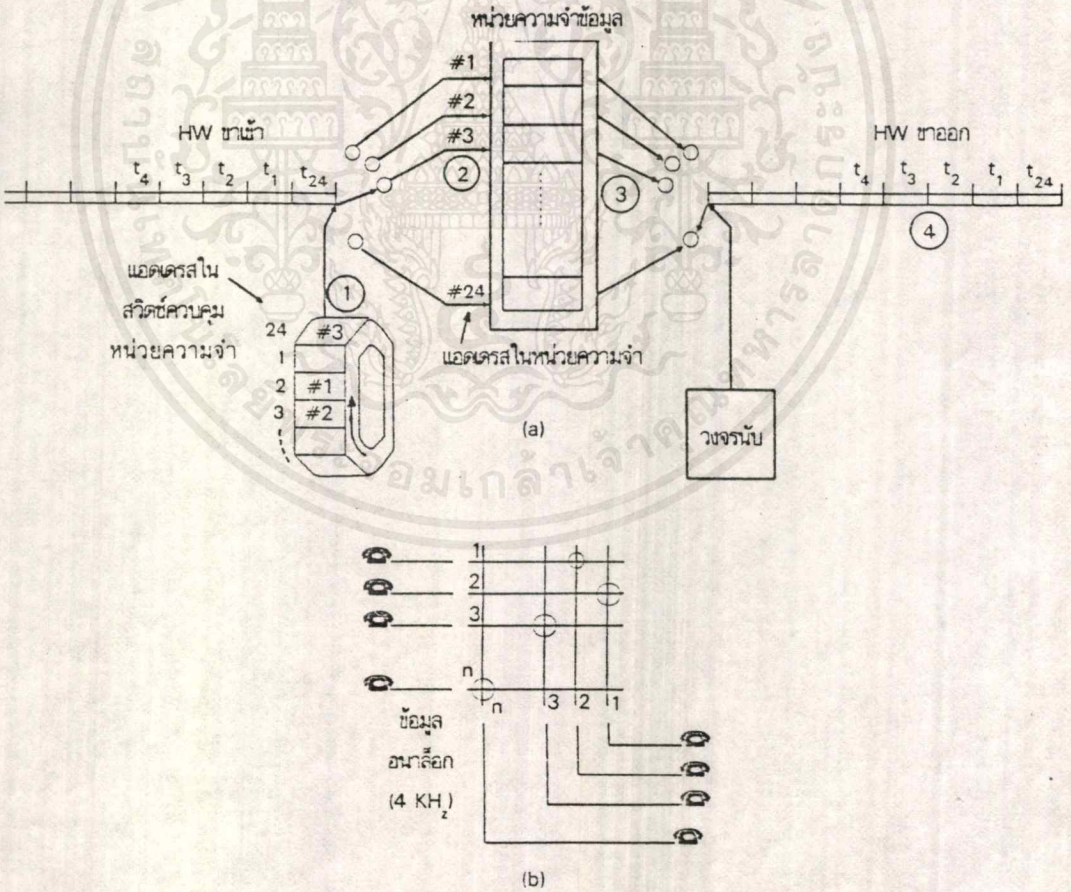


รูป 2.4 รูปแบบของระบบสวิทชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033240

ระบบสวิทชิ่งโดยทั่วไปแสดงได้ด้วยรูป 2.4 ในพื้นที่หนึ่ง ๆ ที่มีผู้ใช้โทรศัพท์จะมีศูนย์รวมเรียกว่า เซ็นทรัลออฟฟิซ (central office หรือ first level switch) ทำหน้าที่ตัดต่อโทรศัพท์ โดยทั่วไปจะเรียกศูนย์รวมในระดับนี้ว่า EO (End Offices) และหลาย ๆ EO ก็จะติดต่อกับศูนย์รวมอีกระดับหนึ่ง คือ ทอลเซ็นเตอร์ (Toll center หรือ second level switch) เพื่อการติดต่อระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ห่างไกลกัน และเช่นเดียวกันก็จะมีศูนย์รวมระดับใหญ่ขึ้นไปเรื่อย ๆ ดังรูป

สำหรับวิธีการตัดต่อช่องสัญญาณนั้น มีหลักการสำคัญอยู่ 2 วิธี คือ ไทม์สวิทช์ (Time switch) และ สเปซสวิท (Space switch) ในระบบใหญ่ ๆ จะใช้ทั้ง 2 วิธีนี้รวมกัน แต่สำหรับระบบขนาดเล็กที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้ใช้เฉพาะวิธีไทม์สวิทช์ ซึ่งมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 2.5 เพราะเหมาะสมในด้านราคารวมทั้งการออกแบบวงจรด้วย



รูปที่ 2.5 วงจรไทม์สวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป ข้อมูลหลาย ๆ ช่องสัญญาณซึ่งถูกมัลติเพลกซ์แบบ TDM จะต้องผ่านวงจรซีเรียล-ทู-พาราเลล (serial-to-parallel) เป็นข้อมูลของแต่ละช่องสัญญาณ ก่อนที่จะถูกเขียนลงในหน่วยความจำตามลำดับของช่องสัญญาณ และจะถูกอ่านออกในช่องเวลาที่ต้องการ ซึ่งการเขียนและการอ่านถูกควบคุมโดยวงจรนับช่องเวลาและหน่วยความจำอีกชุดหนึ่ง ซึ่งเก็บแอดเดรส (address) ของการอ่านไว้ มีชื่อเรียกว่า TSI (Time slot interchange) memory

ช่องสัญญาณเข้า (incoming time slot) ถูกเขียนแบบตามลำดับ (sequential write) คือช่องสัญญาณที่ 1 ถูกเขียนลงบนหน่วยความจำลำดับที่ 1 แล้วเรียงกันไปเรื่อย ๆ โดยแอดเดรสจะถูกชี้ด้วยวงจรนับช่องเวลา ส่วนการอ่านถูกอ่านแบบแรนดอม (Random-read) ด้วยข้อมูลของ TSI ที่จะไปชี้แอดเดรสการอ่าน ข้อมูลของ TSI ถูกเขียนโดย CPU ซึ่งเป็นตัวควบคุมการตัดต่อ แล้วข้อมูลที่ได้จากการอ่านก็จะถูกดีมัลติเพลกซ์เข้าโทรศัพท์แต่ละเครื่องต่อไป

2.3 สายส่ง

การส่งสัญญาณข้อมูลไปยังผู้รับมีได้หลายวิธี ทั้งการส่งออกอากาศหรือส่งผ่านสายเคเบิ้ล (cable) ซึ่งมีใช้หลายชนิด ในปัจจุบันชนิดที่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายคือเส้นใยนำแสง ซึ่งมีข้อดีเหนือสายเคเบิ้ลทั่ว ๆ ไปหลายประการ คือ

1. มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา

2. ไม่ถูกรบกวนจากสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากส่งด้วยสัญญาณแสงและตัวสายส่งเองก็จะไม่แพร่กระจายคลื่นออกไปภายนอก เนื่องจากคุณสมบัติของเส้นใยนำแสง ทำให้คลื่นหักเหไปมาอยู่เฉพาะภายในสาย ดังนั้นจะไม่มีปัญหาเรื่องครอสทอค (crosstalk)

3. การลดทอน (attenuation) ของสัญญาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับสายส่งแบบอื่น ๆ

4. ใช้งานได้ดีที่ความถี่สูง และมีแบนด์วิดธ์กว้างมาก ปัญหาการเกิดดีสเพอชัน (Dispersion) ของสัญญาณที่รับได้ที่ปลายทางจะน้อย เป็นการลดผลของจิทเตอร์(Jitter) อันเนื่องจากสายส่งลงได้มาก

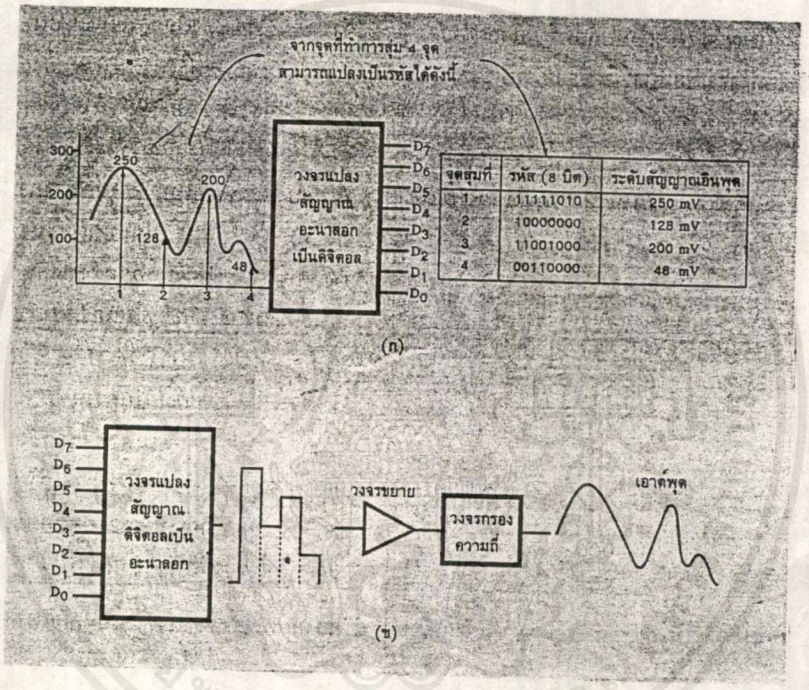
นอกจากเหตุผลดังกล่าวแล้ว ปัจจุบันราคาของอุปกรณ์การสื่อสารด้วยแสงกำลังมีราคาถูกลงเรื่อย ๆ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำเส้นใยนำแสงมาใช้เป็นสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

PCM และการมัลติเพลกซ์แบบ TDM

สำหรับโทรศัพท์ในระบบสวิทชิ่งแบบดิจิตอลนี้ เมื่อติดต่อใช้งานกัน สัญญาณเสียงจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ PCM



รูปที่ 3.1 การแปลงสัญญาณระหว่างระบบอนาลอกและดิจิตอล

(ก) แปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

(ข) แปลงจากระบบดิจิตอลเป็นระบบอนาลอก

กระบวนการแปลงสัญญาณแบ่งออกเป็น

1. การแซมปลิ้ง (sampling)
2. การควอนไทซิ่ง (quantizing)
3. การโคดดิ้ง (coding)

ตามลำดับ

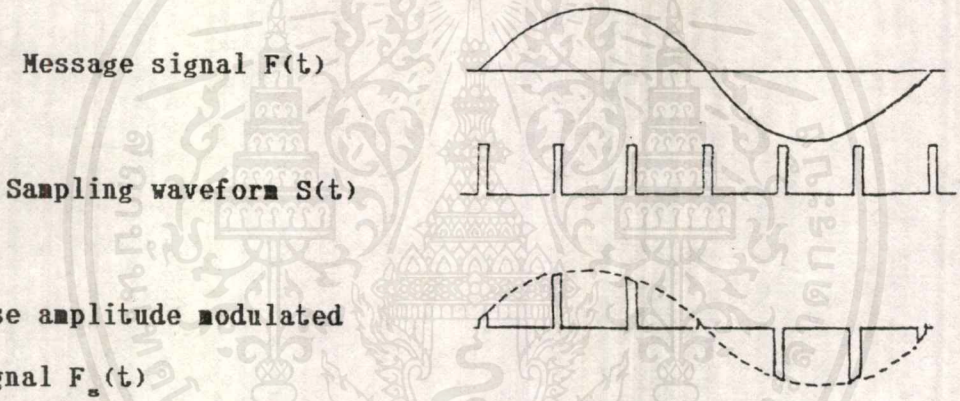
ได้เป็นขบวนสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิท หรือ 1 เวอร์ด สำหรับการแซมปลิ้ง 1 ครั้ง เมื่อนำดิจิตอลเวอร์ดของโทรศัพท์แต่ละเครื่องมาเรียงต่อกันตามลำดับจนครบทุกเครื่องและรวมสัญญาณควบคุมและ FAW (Frame Alignment Word) แล้ว จะได้ขบวนสัญญาณดิจิตอลจัดรวมเป็น 1 เฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Frame) ซึ่งก็คือการมัลติเพลกซ์แบบ TDM แล้วจึงส่งออกไป รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนจะอธิบายในแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 การแซมปลิ้ง

สัญญาณข้อมูลซึ่งเป็นอนาลอกจะถูกแซมเปิ้ล(sampled) แต่ละครั้งโดยมีระยะเวลาห่างเท่าๆ กันทุกครั้ง โดยสัญญาณแซมปลิ้งได้เป็นสัญญาณ PAM (Pulse Amplitude Modulation) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะสัญญาณของการแซมปลิ้ง

สัญญาณ PAM มีความกว้างเท่ากับความกว้างของสัญญาณแซมปลิ้ง และมีขนาดแอมปลิจูด (amplitude) เท่ากับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลในขณะที่ถูกแซมเปิ้ล

ถ้ากำหนดให้สัญญาณข้อมูลมีแบนด์-ลิมิท (band-limited) เท่ากับ f_m Hz (หมายความว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณข้อมูลไม่เกิน f_m Hz) แล้ว สัญญาณแซมปลิ้ง f_s ต้องมีความถี่มากกว่าหรือเท่ากับ $2f_m$ Hz ถ้าใช้ความถี่ต่ำกว่านี้ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "เอเลียสซิ่ง"(aliasing) กล่าวคือเมื่อสัญญาณการแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นอนาลอก สเปกตรัมของสัญญาณจะแตกต่างไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_s >= 2f_m \quad ...(3.1)$$

เพราะว่าที่ปลายทางจะมีวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์(lowpass filter) กรองเอาสัญญาณข้อมูลเดิมกลับมา ถ้า f_s มีค่าน้อยกว่า $2f_m$ จะทำให้สัญญาณข้อมูลที่รับได้ที่ปลายทางผิดเพี้ยนไป (Aliasing , Fold-over) เนื่องจากสเปกตรัมของสัญญาณ PAM จะเกิดการโอเวอร์แลป (overlap) กัน ดังนั้น f_s อย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าเท่ากับ $2f_m$ อัตราความถี่นี้เรียกว่า คริติคอลแซมปลิ้ง เรท *หรือ* ไนควิสท์ เรท (critical sampling rate or Nyquist rate) ในทางปฏิบัติเพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณข้อมูลมีแบนด์-ลิมิทไม่เกิน f_m Hz จะต้องมีวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ที่มีอัตราการลดทอนที่จุดคัทออฟสูง (sharp-cutoff) ทำการกรองสัญญาณข้อมูลก่อนที่จะได้รับการแซมปลิ้ง สำหรับสัญญาณเสียงทางโทรศัพท์นั้นกำหนดว่ามีแบนด์วิดธ์ไม่เกิน 3.4 KHz โดยทั่วไปและในโครงงานนี้จะใช้ f_s มีค่าเท่ากับ 8 KHz ในการสุ่มสัญญาณ

3.2 ควอนไทเซชันและโคดดิ้ง

เป็นการเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณPAM ที่ได้จากการแซมเปิ้ลกับระดับของแรงดันเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงกันที่สุด ซึ่งระดับแรงดันเปรียบเทียบนี้จะแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ จำนวนขั้นของส่วนย่อย ๆ ที่เปรียบเทียบได้ก็จะนำมาแปลงเป็นตัวเลขไบนารี (Binary) ต่อไปโดยจะใช้ค่าแรงดันเทรชโฮล (Threshold voltage)เป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณกับขนาดของรหัสไบนารีใด ๆ ดังในรูปที่ 3.3 ดังนั้นหากต้องการความถูกต้องมากขึ้นการประมาณค่าจึงจำต้องมีความละเอียดมากขึ้น นั่นคือจะต้องใช้ข้อมูลจำนวนหลาย ๆ บิท สิ่งที่ตามมาก็คือแบนด์วิทธ์ของสัญญาณจะกว้างขึ้นอีก แต่จะมีเทคนิคที่เรียกว่า "การคอมแพนดิ้ง"ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

วิธีการควอนไทซ์ที่ใช้กันทั่วไป สำหรับการแปลง PCM คือ วิธีนอนยูนิฟอร์ม ควอนไทเซชัน (Nonuniform Quantization) ซึ่งขนาดของแรงดันเปรียบเทียบที่แบ่งเป็นขั้น ๆ จะไม่เท่ากันตลอด เนื่องจากในความเป็นจริง สัญญาณเสียงพูดมีความเป็นไปได้ ที่จะมีขนาดอยู่ในช่วงแรงดันขนาดต่ำ ๆ มากกว่า ดังนั้นเพื่อการควอนไทซ์ที่ดีที่สุด จึงแบ่งขั้น (quantum level) ในช่วงแรงดันน้อย ๆ ให้เป็นขั้นเล็ก ๆ และค่อย ๆ เพิ่มขนาดของขั้นให้ใหญ่ขึ้นในช่วงแรงดันสูง ๆ ในทางปฏิบัติ จะใช้วิธีการกด (compress) ขนาดของสัญญาณ PAM ที่เรียกว่า การคอมแพนดิ้ง (companding) และในที่นี้จะใช้การคอมแพนดิ้งแบบ A law ตามมาตรฐานของ CCITT ขนาดของสัญญาณจะถูกกดในลักษณะที่เป็นลิเนียร์ (linear) สำหรับสัญญาณที่มีขนาดเล็ก ๆ แต่เป็นล็อค

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การิทมิค (logarithmic) สำหรับสัญญาณที่มีขนาดใหญ่ ตามสมการ ดังนี้

$$F_A(x) = \mathrm{sgn}(x)\left\{\frac{A\,x}{1+\ln(A)}\right\} \qquad 0 \le x \le 1/A$$

$$= \mathrm{sgn}(x)\left\{\frac{1+\ln Ax}{1+\ln(A)}\right\} \qquad 1/A \le x \le 1 \qquad ..(3.2)$$

โดยที่ $F_A(x)$ = สัญญาณที่ถูกกด

x = สัญญาณอินพุท

$\mathrm{sgn}(x)$ = ขั้ว (polarity) ของสัญญาณ x

ที่ปลายทางด้านรับเมื่อแปลงสัญญาณจากดิจิตอลกลับเป็นอนาลอก เพื่อที่จะให้ได้สัญญาณกลับเหมือนเดิม ก็จะต้องมีการขยาย (Expansion) สัญญาณกลับให้เหมือนเดิมด้วยสมการดังนี้

$$F_A^{-1}(y) = \mathrm{sgn}(y)\,\frac{y\,[1+\ln(A)]}{A} \qquad 0 \le |y| \le \frac{1}{1+\ln(A)}$$

$$= \mathrm{sgn}(y)\left(\frac{e^{|y|\,[1+\ln(A)]-1}}{A}\right) \qquad \frac{1}{1+\ln(A)} \le |y| \le 1 \qquad ..(3.3)$$

โดยที่ $y = F_A(x)$

จากนี้ก็จะถึงการโค๊ดดิ้ง คือการนำค่าของสัญญาณเปรียบเทียบที่ได้จากการควอนไทเซชันมาแปลงเป็นรหัสไบนารี ในทางปฏิบัตินั้นเพื่อความสะดวกและประหยัดในการออกแบบวงจร จึงใช้การควอนไทซ์แบบที่เรียกว่าเซกเมนท์ควอนไทเซชัน (segment quantization) คือการแบ่งช่วงของการกดสัญญาณออกเป็นเซกเมนท์ ในแต่ละเซกเมนท์มีขั้นของการควอนไทเซชันที่เรียกว่าควอนตัมสเต็ปในจำนวนเท่า ๆ กัน แตกต่างกันที่ขนาดของขั้นในแต่ละเซกเมนท์ รูปที่ 3.2 คือกราฟแสดงคุณสมบัติของเซกเมนท์ควอนไทเซชันแบบ A law เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการควันไตซิ่งสัญญาณจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างค่าของสัญญาณอินพุทจริง ๆ กับสัญญาณที่ถูกประมาณผลของมันก็คือ การเกิดเสียงช่ารบกวนระหว่างการสนทนา ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณอนาลอกจะไม่ได้รูปสัญญาณเหมือนกับอินพุทเดิมจริง ๆ

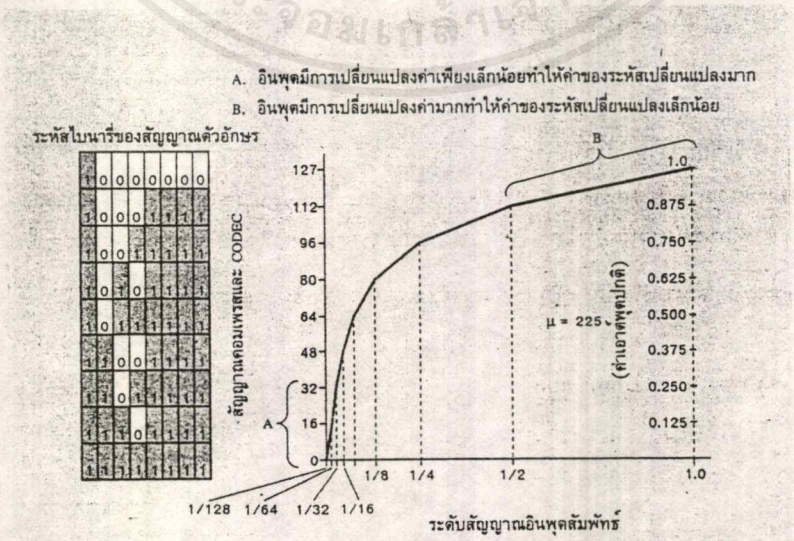
การคอมแพนดิ้ง : ปรับความละเอียดของรหัสให้เหมาะสม

กับสัญญาณอนาลอกบางลักษณะไม่เหมาะที่จะใช้การเข้ารหัสแบบเชิงเส้นจึงต้องมีวิธีการพิเศษบางอย่างเข้ามาช่วยนั่นคือการคอมแพนดิ้ง ในขณะที่สัญญาณอยู่ในระดับต่ำหากยังคงใช้การเข้ารหัสแบบเชิงเส้นจะทำให้เกิดเสัญญาณรบกวนขึ้นมาก จึงต้องทำการปรับระดับความละเอียดของรหัสให้สัมพันธ์กับแอมปลิจูดของสัญญาณอนาลอกทำให้ความสัมพันธ์ที่ออกมาไม่เป็นเชิงเส้นอีกต่อไป แต่จะเป็นลอการิทึมแทน ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วง 1/2 ถึง 1 ของแรงดันอินพุทสัมพัทธ์ จะมีรหัสในช่วงนี้เพียง 16 รหัสเท่านั้น ขณะที่ระดับสัญญาณมีค่าต่ำ ๆ เช่นในช่วง 1/64 ถึง 1/32 รหัสในช่วงนี้ก็มี 16 รหัสเช่นกัน แรงดันอินพุทยิ่งต่ำก็จะยิ่งมีการเข้ารหัสที่ละเอียดยิ่งขึ้น วิธีการในส่วนนี้เรียกว่าการอัดข้อมูลซึ่งจะปรากฏในวงจรภาคส่ง เมื่อเป็นเช่นนี้ทางภาครับก็ต้องมีการแปลงสัญญาณกลับโดยตัวถอดรหัส ซึ่งจะมีกระบวนการถอดรหัสจนในที่สุดสัญญาณก็จะถูกแปลงกลับมาอย่างเดิมซึ่งขบวนการที่ภาคนี้เรียกว่าการขยายข้อมูล (expansion)ดังนั้นในวงจร CODEC ก็จะต้องรวมฟังก์ชั่นทั้ง 2 เข้าด้วยกัน

สำหรับการคอมแพนดิ้งแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1.การคอมแพนดิ้งแบบ μ-LAW มักใช้งานอยู่ในการมอดดูเลทแบบ PCM เป็นมาตรฐานสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์ในทวีปอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในรายละเอียดในที่นี้

2.การคอมแพนดิ้งแบบ A-LAW มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.4

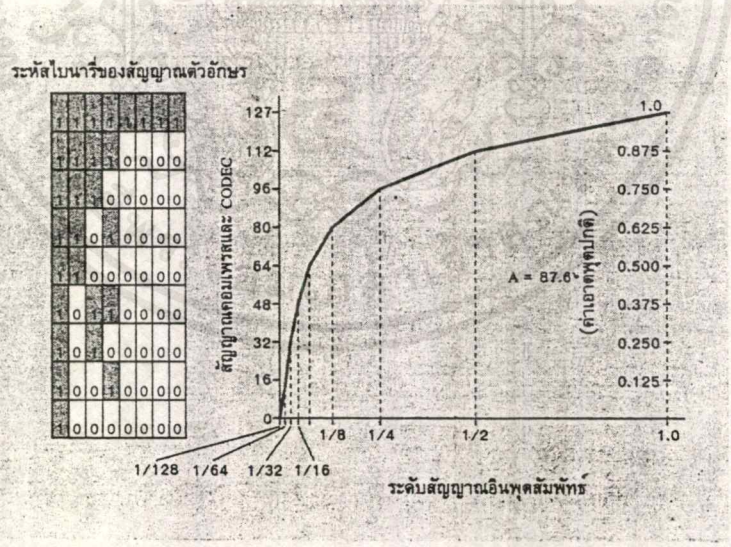


รูป 3.3 แสดงให้เห็นการเข้ารหัสโดยการใช้การคอมแพนดิ้งแบบ μ-LAW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่ได้จากการควอนไทซ์แต่ละครั้งจะแปลงเป็นรหัสไบนารีขนาด 8 บิท โดยที่บิทแรก (MSB) เป็นตัวบอกเครื่องหมาย (sign bit or polarity bit) ถ้าเป็น 1 หมายถึงสัญญาณแซมเปิ้ลเป็น บวก 0 หมายถึงสัญญาณแซมเปิ้ลเป็นลบ 3 บิทต่อมาเป็นเซกเมนท์โค๊ด (segment code) บอกให้ทราบว่าสัญญาณแซมเปิ้ลนั้นมีขนาดอยู่ในช่วงเซกเมนท์ใด ส่วน 4 บิท สุดท้ายเรียกว่า ควอนไทเซชันโค๊ด หรือ ควอนตัมสเต็ป คือจำนวนของขั้นในเซกเมนท์ซึ่งจะมี 16 ขั้น คุณสมบัติของรหัสแบบ A law นี้ ดูได้จากตารางที่ 3.1

ถ้าเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างการคอมแพนด้ิงทั้ง 2 แบบแล้ว จะพบว่าการคอมแพนด้ิงแบบ A-LAW จะให้ค่าอัตราส่วน S/N สูงกว่าแบบ μ-LAW เล็กน้อยที่ระดับสัญญาณค่าต่ำ ๆ แต่จะมีสัญญาณรบกวนมากกว่า



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ในการคอมแพนด้ิงแบบ A-LAW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

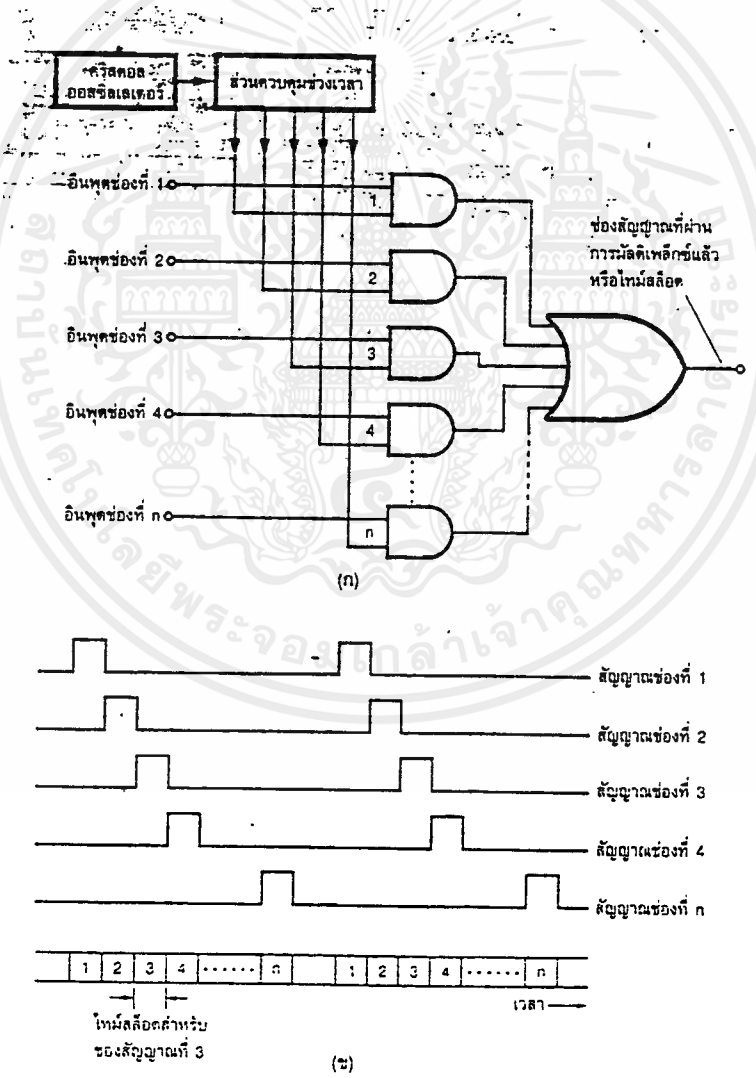
ย่านของระดับสัญญาณอินพุต	ขนาดของแต่ละขั้น	เซกเมนต์รหัส S	ควอนไตเซชันรหัส Q	ค่าของรหัส	ระดับสัญญาณเมื่อถอดรหัสแล้ว
0-2			0000	0	1
2-4		000	0001	1	3
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
30-32	2		1111	15	31
32-34			0000	16	33
.			.	.	.
.		001	.	.	.
.			.	.	.
62-64			1111	31	63
64-68			0000	32	66
.			.	.	.
.	4	010	.	.	.
.			.	.	.
124-128			1111	47	126
128-136			0000	48	132
.		011	.	.	.
.	8		.	.	.
.			.	.	.
248-256			1111	63	252
256-272			0000	64	264
.			.	.	.
.	16	100	.	.	.
.			.	.	.
496-512			1111	79	504
512-544			0000	80	528
.			.	.	.
.	32	101	.	.	.
.			.	.	.
992-1024			1111	95	1008
1024-1088			0000	96	1056
.			.	.	.
.			.	.	.
.	64	110	.	.	.
1984-2048			1111	111	2016
2048-2176			0000	112	2112
.			.	.	.
.			.	.	.
.	128	111	.	.	.
3968-4096			1111	127	4032

ตาราง 3.1 คุณสมบัติของรหัสแบบ A Law

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 TDM

จากหัวข้อที่แล้วหลังจากได้รหัส PCM 8 บิทจากการแซมปลิ้งแต่ละครั้งแล้ว ก็จะถึงการมัลติเพล็กซ์สัญญาณข้อมูลจากหลาย ๆ ช่องสัญญาณให้รวมกันเป็นขบวนสัญญาณเดียวกัน รหัสข้อมูล 8 บิทที่ได้จากสัญญาณแต่ละช่องถูกส่งออกไปแบบซีเรียล (serial) ลงในช่องสัญญาณของตัวเลข ดังรูปที่ 3.5 เป็นลักษณะพื้นฐานของ TDM



รูปที่ 3.5 ลักษณะการมัลติเพลกซ์แบบ TDM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
หลักการทำงานและการออกแบบวงจร

1. วงจรส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์

ในส่วนการติดต่อของคู่สายโทรศัพท์ภายในเราใช้ไอซีเบอร์ MC3419 ของบริษัทโมโตโรลา ซึ่งถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่เป็นวงจรไฮบริดทรานสฟอร์เมอร์ (HYBRID TRANSFORMER CIRCUIT) ในเครื่องชุมสายอัตโนมัติและยังทำหน้าที่เป็นซับสไครเบอร์ แคริเออร์ อีควิปเมนต์ (SUBSCRIBER CARRIER EQUIPMENT) ทำการเปลี่ยนการส่งสัญญาณจากแบบ 2 สาย ให้ไปเป็นแบบ 4 สาย

สำหรับในโครงงานนี้เราใช้วงจรไฮบริดนี้เพื่อทำหน้าที่แปลงระบบวงจร 2 สาย ให้เป็นระบบวงจรแบบ 4 สาย เพื่อใช้ติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์

ในไอซีเบอร์ MC3419 ได้มีส่วนที่ทำหน้าที่เป็นวงจรสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อทำให้เป็นวงจรไฮบริดอย่างสมบูรณ์อยู่แล้ว เราเพียงแต่คำนวณตัวความต้านทานอีกเล็กน้อยก็จะได้วงจรไฮบริดอย่างสมบูรณ์ โดยทรานสไฮบริดทรานสมิทชันเกน (TRANSHYBRIDGE TRANSMITTION GAIN) ถูกกำหนดโดย R_{VTX} และสัญญาณจะถูกส่งไปยังส่วนตัดต่อช่องสัญญาณ

นอกจากเป็นวงจรไฮบริดแล้ว ไอซีเบอร์ MC3419 ยังทำหน้าที่เป็น ซับสไครเบอร์ แคริเออร์ อีควิปเมนต์ ดังที่ได้กล่าวมาในตอนต้น ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรของโทรศัพท์ โดยใช้ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ MJE271และ MJE270 เพื่อช่วยให้สามารถจ่ายกระแสได้สูง และไอซี MC3419 ยังสามารถบอกถึงสถานะการวางหู / ยกหู หรือ สภาวะฮุคสวิทช์ (HOOK SWITCH status) ได้ คือสามารถเช็คสภาวะลูปได้นั่นเอง โดยเปรียบเทียบจากการจ่ายกระแสและความต้านทานของลูปกับค่าความต้านทานที่ตั้งไว้

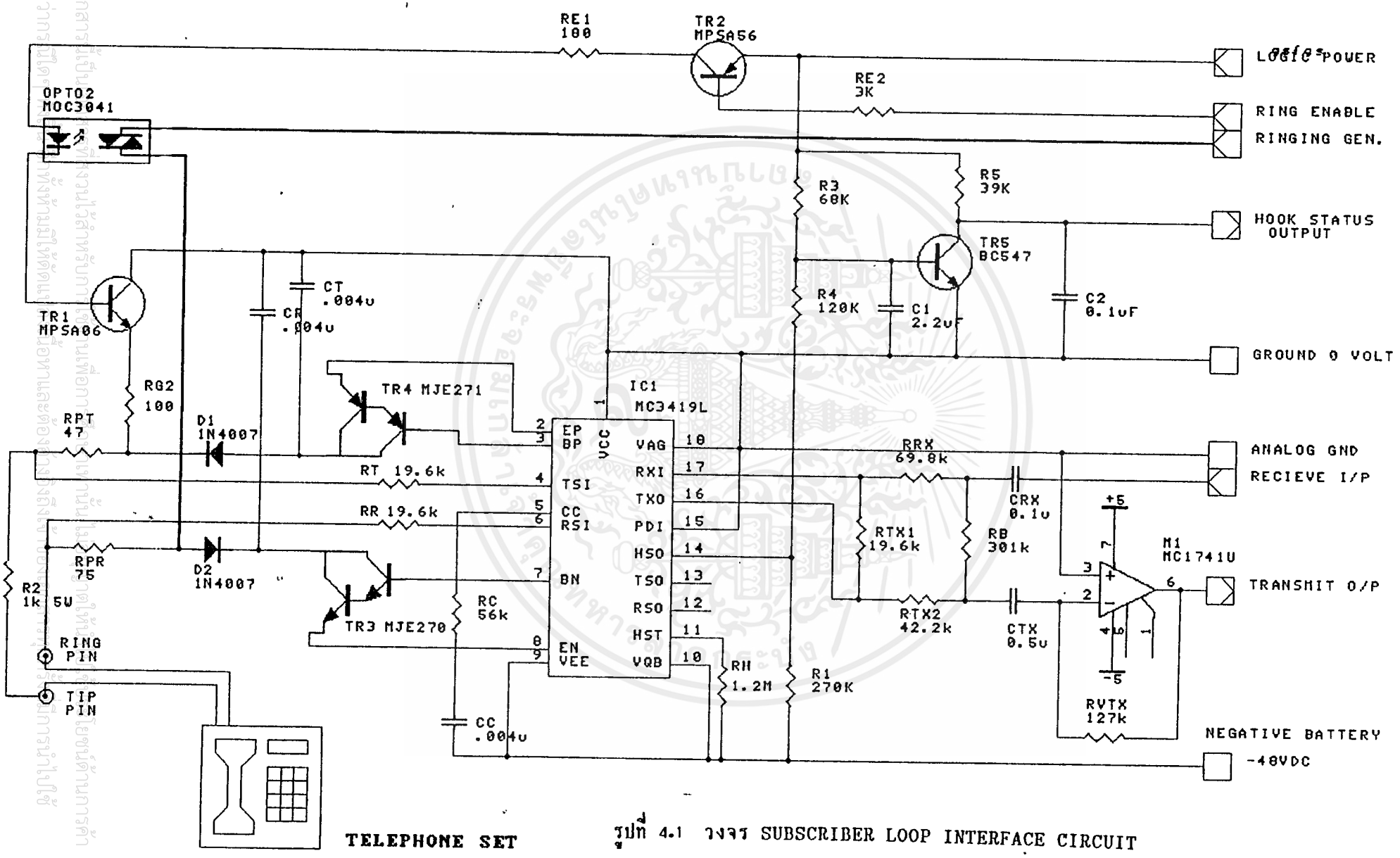
• ตามวงจรเมื่อมีการวางหูโทรศัพท์ (ON HOOK) ไอซี MC3419 จะแสดงสถานะของฮุค (HOOK STATION) ออกมาเป็นค่าลอจิกหนึ่ง ในขณะนี้จะมีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R_R และ R_T เพียงเล็กน้อย ค่าแรงดันตกคร่อมคู่สายประมาณ 48 โวลต์ แต่ถ้ามีการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้น ไอซี MC3419 จะทำการจ่ายกระแสให้กับคู่สาย ซึ่งกระแสจะถูกขับโดยทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน (DARLINGTON TRANSISTOR) เพื่อให้กระแสมีค่ามากพอที่เครื่องลูกจะสามารถทำงานได้ ค่าแรงดันตกคร่อมคู่สายในขณะนี้ จะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการส่งสัญญาณริงกิ้ง (RINGING SIGNAL) ไปยังเครื่องลูกสามารถทำได้โดยให้ค่าลอจิกเข้าที่จุดริงอีนาเบิล (RING ENABLE) ซึ่งเราใช้ทรานซิสเตอร์ควบคุมออปโต้ไอโซเลเตอร์ในการส่งผ่านของสัญญาณริงกิ้ง ถ้าให้ลอจิกศูนย์ที่จุดริงอีนาเบิล ก็จะเป็นการปล่อยให้สัญญาณริงกิ้งผ่านไปเครื่องลูกได้ แต่ถ้าให้ลอจิกหนึ่ง ก็จะเป็นการบังคับไม่ให้สัญญาณริงกิ้งผ่านไปเครื่องลูก

สำหรับการส่งสัญญาณให้หมุน สัญญาณสายไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ เราจะนำสัญญาณที่ได้แต่ละสัญญาณมา AND กับสัญญาณควบคุมจาก Port C ของไอซี 8255 แล้วนำสัญญาณที่ได้จาก AND Gate ทั้งสามมา OR กัน การ AND และ OR กันนี้เลือกใช้ไอซี 74LS54 เพียงตัวเดียวก็ทำงานได้หมด สัญญาณที่ได้ต้องนำมาลดทอนให้มีแรงดันเหมาะสมกับภาครับสัญญาณอนาลอกของไอซี MC3419 การเชื่อมต่อที่จุดนี้ใช้รีเลย์เป็นตัวเลือกว่าจะให้สัญญาณ TONE หรือจากวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกเข้าวงจรรับสัญญาณของความต้านทานไฮบริดจ์ก่อนเข้าขาอนาลอก input ของไอซี MC3419 สำหรับการรับส่งสัญญาณจุดนี้ถ้าหากสัญญาณที่เข้ามามีมากหรือน้อยเกินไปเราสามารถปรับได้โดยการลดหรือเพิ่มค่าตัวต้านทาน R_{**} และถ้าสัญญาณที่จะส่งออกจากขาอนาลอก output จาก ไอซี MC3419 มีค่ามากหรือน้อยเกินไปอีก ก็สามารถทำการแก้ไขได้โดยการปรับค่า R_{**} เช่นกัน ค่า R_{**} และออปแอมป์ที่ต่ออยู่ทำให้เกิด Transmit output ส่งไป นั่นคือ R_{**} นี้จะเป็นตัวกำหนด Transhybrid Transmission Gain และ R_{**} จะเป็นตัวกำหนดค่า Transhybrid Reception Gain นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจร SUBSCRIBER LOOP INTERFACE CIRCUIT

2. วงจรสร้างสัญญาณโทรศัพท์

สัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ ประกอบด้วย

1. สัญญาณเรียก (Ringing Tone)

เป็นสัญญาณที่ใช้ในการบอกแก่ผู้ที่อยู่ปลายทาง ว่าขณะนี้มีผู้ต้องการจะติดต่อด้วยทำการเรียกเข้ามายังโทรศัพท์เครื่องนั้น สัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณไฟสลับที่มีขนาดประมาณ 100 โวลต์ 50 Hz โดยจะดัง 1 วินาที และดับ 4 วินาทีสลับกันไป จนกว่าจะมีผู้รับสาย หรือครบตามเวลาที่กำหนด

2. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

เป็นสัญญาณที่ใช้บอกแก่ผู้เรียก เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์เพื่อจะติดต่อไปยังคู่สายปลายทางให้หมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อนั้นได้ โดยจะเป็นสัญญาณไฟสลับขนาด 5 โวลต์ ความถี่ 400 Hz

3. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

เป็นสัญญาณที่ใช้บอกแก่ผู้เรียก หลังจากที่ผู้เรียกได้ทำการหมุนหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยเรียบร้อยแล้ว ว่าขณะนี้คู่สายปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วยกำลังใช้งานอยู่ จึงไม่สามารถตัดต่อคู่สายให้ได้ โดยจะเป็นสัญญาณไฟสลับขนาด 5 โวลต์ ความถี่ 400 Hz ดัง 0.5 วินาที และดับ 0.5 วินาที สลับกันไป

4. สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone)

สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นในลำดับเดียวกับสัญญาณไม่ว่าง แต่จะเป็นการแจ้งให้ผู้เรียกทราบว่าสามารถติดต่อกับคู่สายปลายทางได้และรอให้ผู้ที่อยู่ปลายทางทำการตอบรับสัญญาณเรียกนั้นอยู่ โดยจะเป็นสัญญาณไฟสลับ ขนาด 5 โวลต์ ความถี่ 400 Hz ดัง 1 วินาที และดับ 4 วินาที สลับกันไป เช่นเดียวกับสัญญาณเรียก

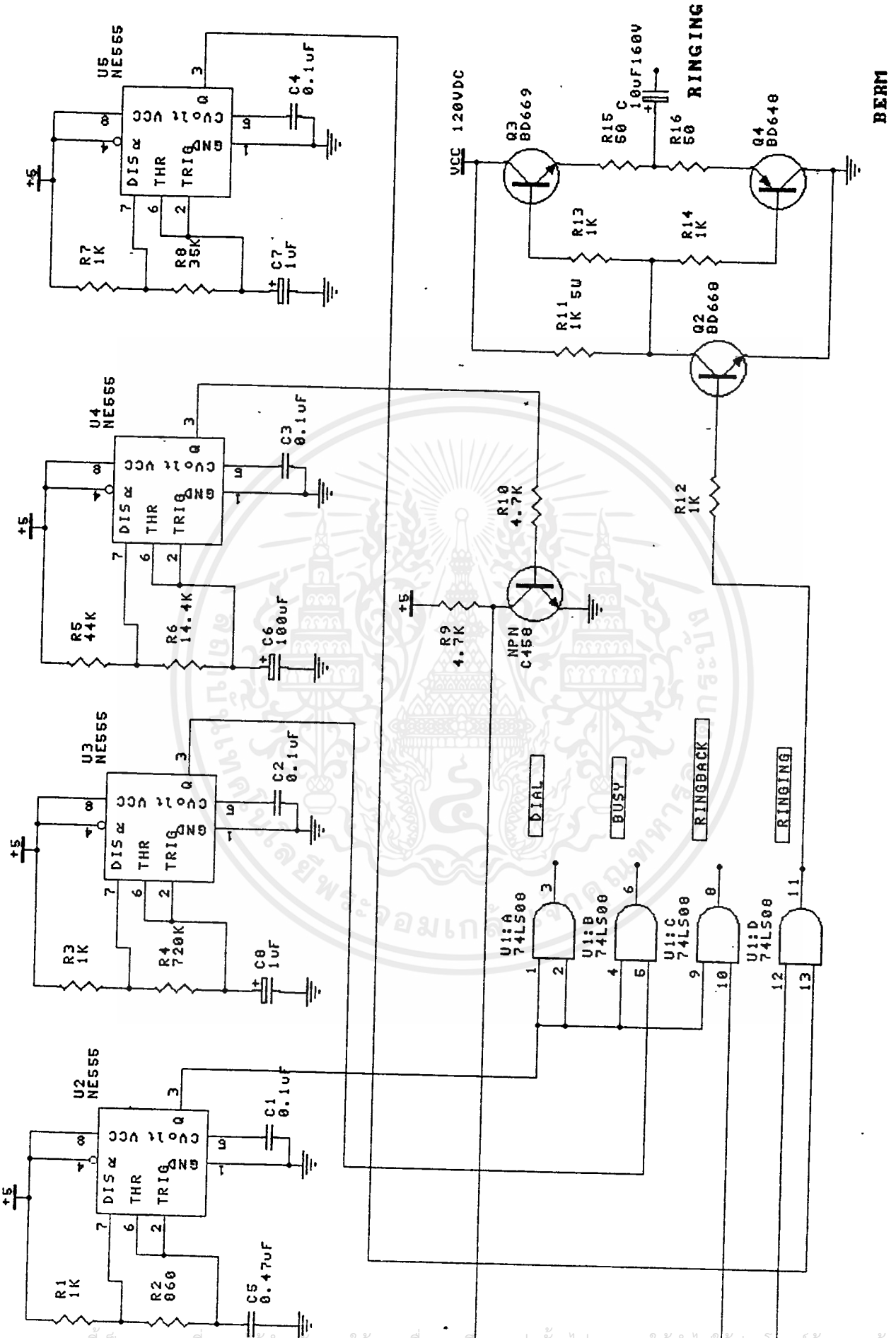
หลักการในการสร้างสัญญาณจะใช้ไอซี 556 เป็นตัวกำเนิดความถี่โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

$$f = 1.44 / (Ra + 2 Rb)C$$

$$DUTY\ CYCLE = (Ra + Rb) / (Ra + 2 Rb)$$

การออกแบบทำการออกแบบโดยใช้ไอซี 556 สองตัว สร้างสัญญาณความถี่ 0.2Hz, 1Hz, 25Hz และ 400Hz และนำสัญญาณที่ได้มาควบคุมการผ่านโดยใช้ แอนด์เกท(AND GATE) 7408 ตามวงจรรูปที่ 4.2 ได้เป็นสัญญาณต่าง ๆ ตามต้องการ โดยส่วนนี้ทำการออกแบบแยกเป็นแผ่น

เอกสารนี้มีไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รูปแสดงวงจรสร้างสัญญาณโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร 1 ชุด (BOARD TONE)

ส่วนสัญญาณริงกิ้งนั้นต้องการให้มีศักดาสูงถึง 100 โวลต์ ดังนั้นการต่อใช้งานจะต้องต่อร่วมกับทรานซิสเตอร์กำลัง โดยทำการต่อแบบ คอมพลีเมนทารี (COMPLEMENTARY) เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสได้มากกว่าการต่อแบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเพียงตัวเดียว โดยใช้สัญญาณเข้าจากชุดสร้างสัญญาณ (สัญญาณริ้งกิ้ง) และสัญญาณออกที่ได้นำไปต่อกับขา 4 ของ OPTO ISOLATER เบอร์ MOC 3040 บน BOARD SLIC ทุกบอร์ด

3. วงจรออสซิเลเตอร์

วงจรออสซิเลเตอร์ เป็นวงจรที่ใช้ในการกำเนิดความถี่ เพื่อกำหนดจังหวะการทำงานของส่วนสุ่มสัญญาณและความเร็วในส่ง-รับข้อมูล โดยจะสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีค่าคงที่ออกมาตลอดเวลา

จากการคำนวณความเร็วในการส่งข้อมูลและความถี่ในการสุ่มสัญญาณข้อมูล ปรากฏว่าต้องการใช้สัญญาณที่มีความถี่ 1.536 MHz และ 8 MHz ซึ่งสัญญาณความถี่ทั้งสอง สร้างได้จากการนำเอาความถี่ที่ได้จากออสซิเลเตอร์ 18.432 MHz มาหารความถี่เพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการ การหารความถี่ใช้ไอซีที่เป็นฟลิปฟลอป และเกทต่าง ๆ มาประกอบกันเป็นวงจรดังรูป

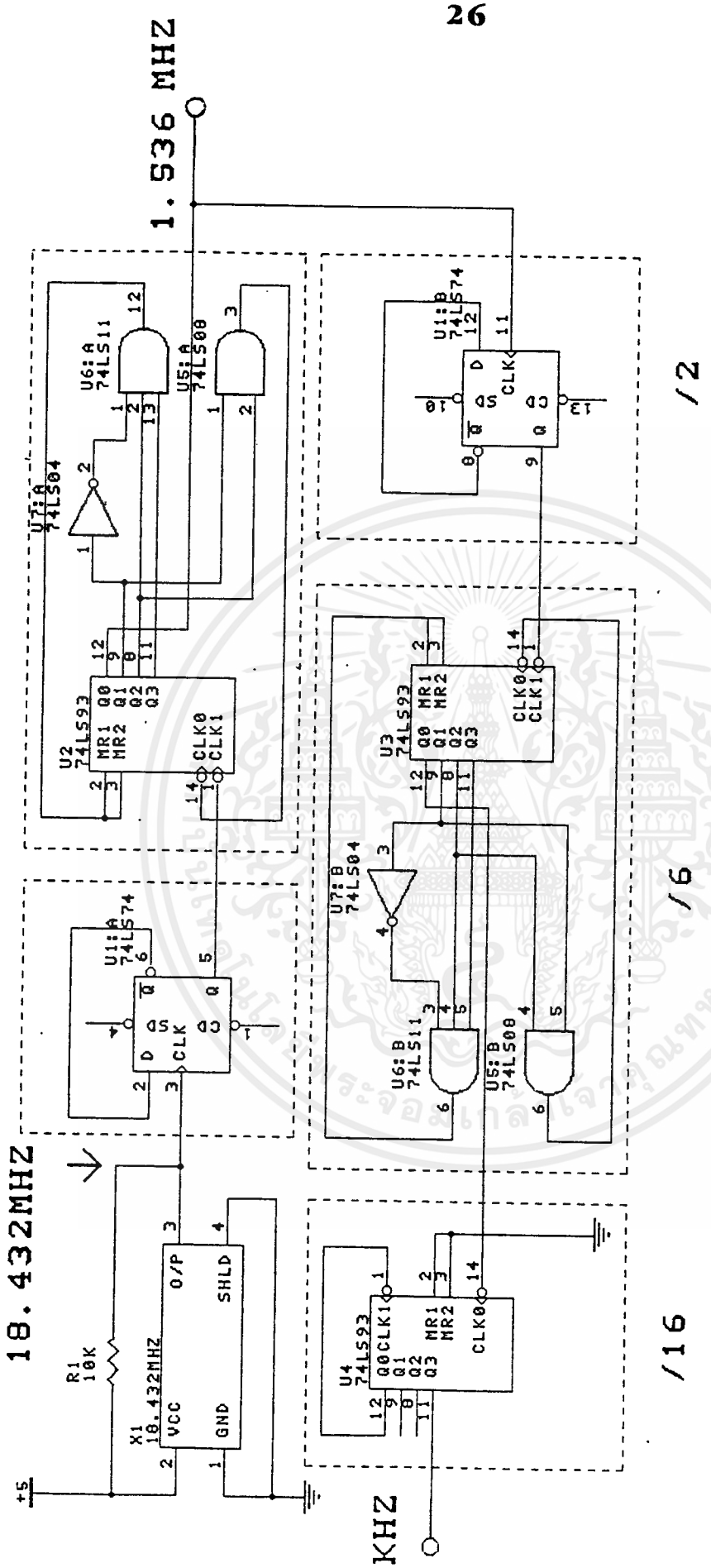
รายละเอียดการทำงานของวงจรหารความถี่มีดังนี้

ออสซิเลเตอร์กำเนิดสัญญาณความถี่ 18.432 MHz จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรหารสอง ซึ่งใช้ไอซีที่เป็นฟลิปฟลอปเบอร์ 74LS74 ซึ่งเป็นดีฟลิปฟลอป ได้ความถี่ออกมาเป็น 9.216 MHz จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรหาร 6 เพื่อให้ได้ความถี่ 1.536 MHz ตามที่ต้องการ ความถี่นี้จะใช้ในการกำหนดความเร็วในการส่งข้อมูลระหว่างคู่สายแต่ละคู่สาย

วงจรหาร 6 ประกอบขึ้นจากไอซีฟลิปฟลอปเบอร์ 7493 ซึ่งภายในประกอบด้วย เจเค-ฟลิปฟลอป 4 ตัว ดังนั้นเราจะต้องดัดแปลงเพื่อให้หาร 6 และให้ได้ Duty Cycle 50 % เมื่อได้สัญญาณความถี่ 1.536 MHz ออกจากวงจรหาร 6 แล้ว จะนำสัญญาณนี้ไปผ่านวงจรหาร 2 ตามด้วยวงจรหาร 6 และวงจรหาร 16 ตามลำดับ สุดท้ายจะได้ความถี่ 8 KHz ตามต้องการ

การออกแบบโดยส่วนนี้ทำการออกแบบแยกเป็นแผ่นวงจรหนึ่งชุด (BOARD CLOCK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปแสดงวงจรออสซิเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณ

วงจรสุ่มสัญญาณใช้ไอซีเบอร์ MC14400 ส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดช่องเวลาในการส่งข้อมูลของแต่ละช่องสัญญาณเลือกใช้ไอซีเบอร์ MC14416 ซึ่งมีรายละเอียดทั้งหมดอยู่ในส่วนท้ายของรายงาน

ส่วนที่ทำหน้าที่สุ่มสัญญาณ และกำหนดช่องสัญญาณ เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากวงจรส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ ส่วนที่ทำหน้าที่สุ่มและกำหนดช่องสัญญาณนี้ จะเป็นส่วนที่รับและส่งข้อมูลดิจิตอลระหว่างคู่สายแต่ละคู่ผ่านทางชุมสายโทรศัพท์ ดังรูปที่ 3.8 4.4

5. วงจรถอดรหัสสัญญาณ

ปัจจุบันนี้วงการโทรศัพท์ได้พัฒนาอย่างรวดเร็วมาก จากการใช้ระบบ Mechanic Relay จนถึงระบบ Common Control ซึ่งเป็นระบบกึ่ง Electronics ฉะนั้นตัวเครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) ก็ได้รับการพัฒนาไปด้วย เพื่อให้ผู้ใช้มีความสะดวกสบายมากขึ้น

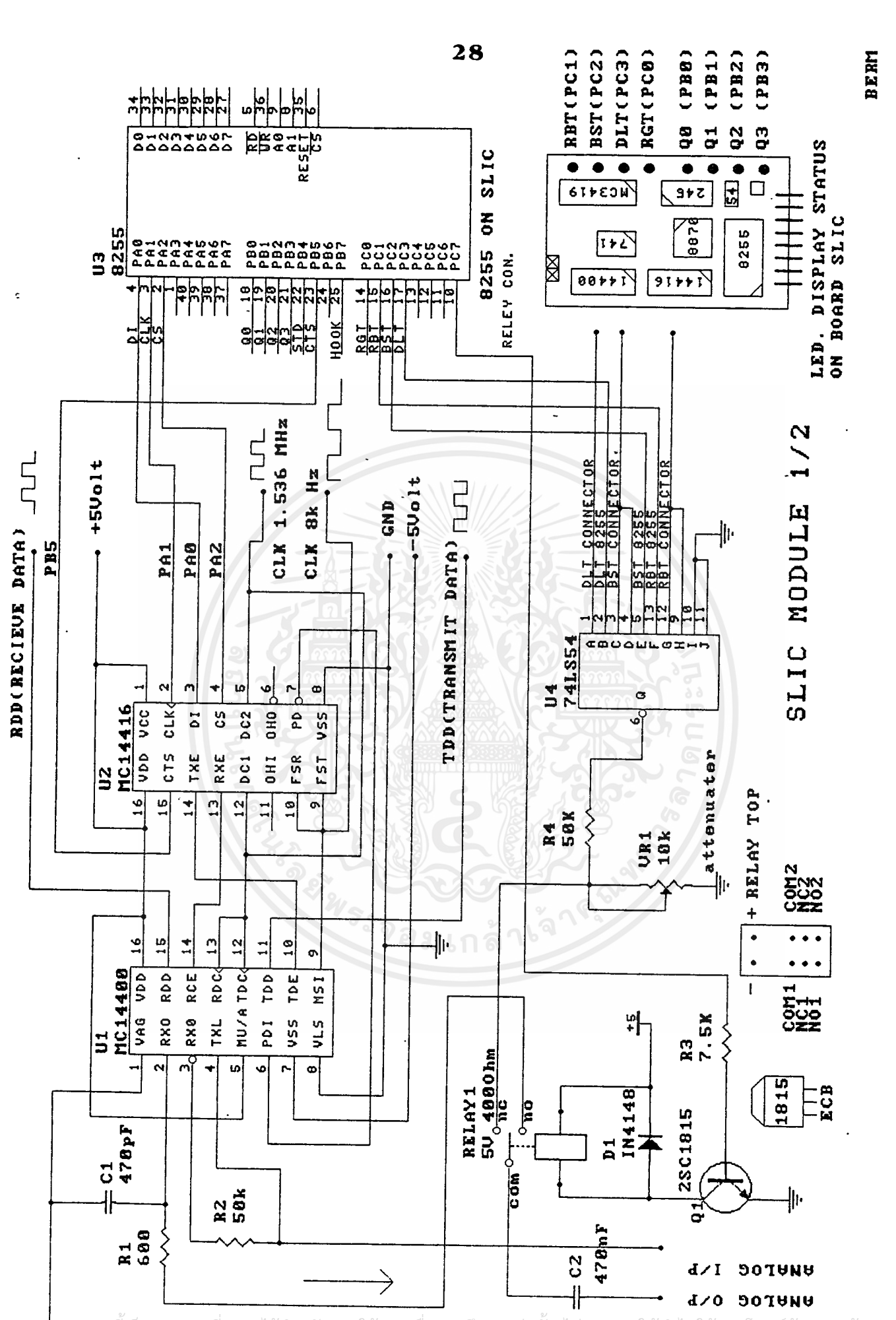
ระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่มนั้น แทนที่จะทำการหมุนหน้าปัทม์ก็เปลี่ยนมาเป็นเพียงแต่กดปุ่มเท่านั้น การกดปุ่มก็เพื่อที่จะส่งสัญญาณความถี่ออกไป ซึ่งเรียกว่าเป็น Multifrequency Signal ประโยชน์ที่ได้รับก็คือ

1. เวลาในการหมุนหน้าปัทม์น้อยลง
2. การกดปุ่มเลขหมายง่ายขึ้น
3. มีความผิดพลาดในการส่งเลขหมายน้อยลง
4. สามารถที่จะเพิ่มปุ่มอื่น ๆ เพื่อการใช้งานอย่างอื่นได้ด้วย
5. ใช้สัญญาณความถี่ระดับเดียวกับคลื่นเสียง

เดิมนั้น การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ มักใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อกลูปซึ่งเกิดปัญหามาก เช่น เรื่องของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจร ขนาดของวงจรที่ใหญ่ เพราะใช้ไอซีจำนวนมาก ปัจจุบันเนื่องจากความก้าวหน้าทางการผลิตไอซี จึงมีไอซีสำเร็จรูปให้เลือกใช้ได้ง่ายและมีราคาถูก

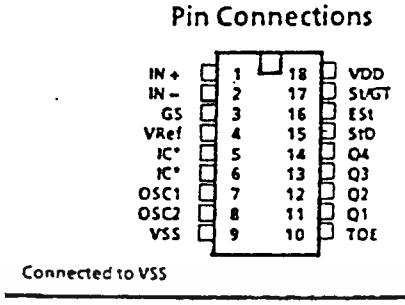
ในการถอดรหัสความถี่จากโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มเพื่อส่งไปให้ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ทราบนั้น เลือกใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver) ซึ่งหมายถึงการแปลงสัญญาณความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งใช้ไอซี MT8870 แปลงความถี่จากการกดปุ่มหมายเลขโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิทแบบ BCD ต่อเข้า Port B ของ 8255 ตามวงจร รูปที่ 3.8 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 รูปวงจรสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณ



รูปที่ 4.5 รูปแสดงรายละเอียดของขา MT8870

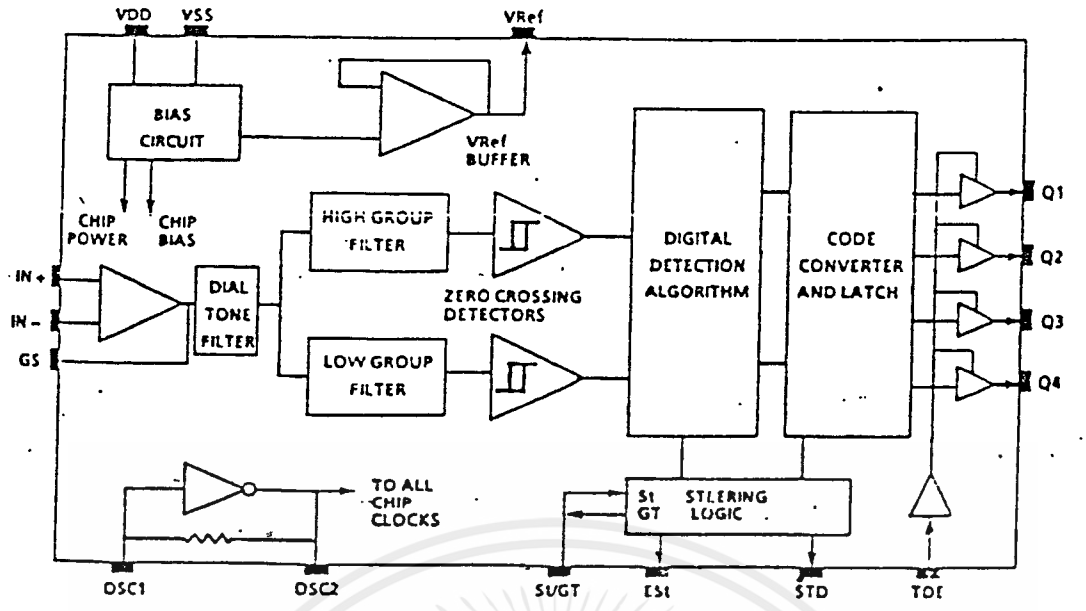
คุณสมบัติของ MT8870

1. เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF Receiver)
2. กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
3. สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
4. สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
5. เป็นไอซีมีคุณภาพสูง

การนำ MT8870 ไปใช้งาน

1. เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
2. ใช้งานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
3. นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
4. ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
5. ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย หรือพีเอบีเอ็กซ์ (PABX)
6. ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
7. ใช้กับเครื่องกันขโมย
8. การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

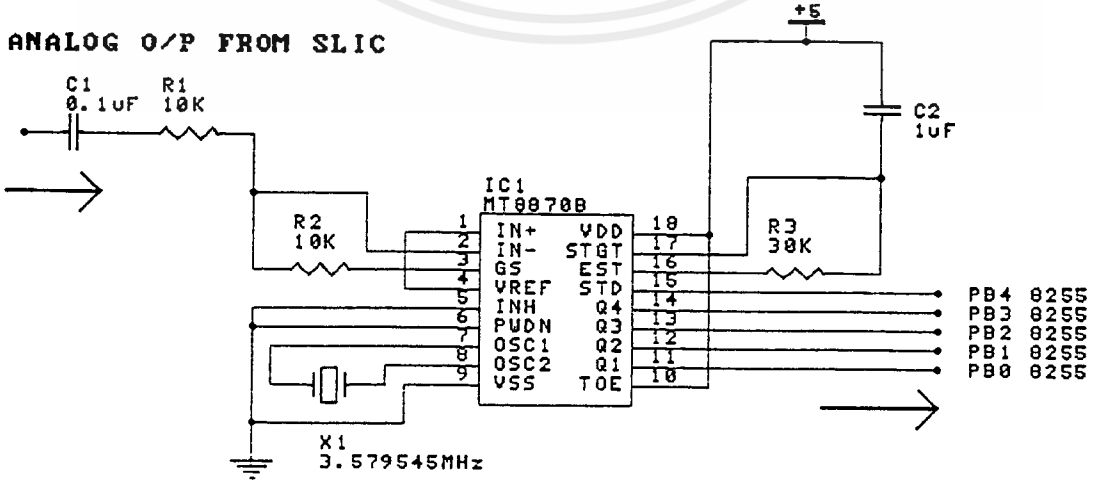
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 รูปแสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)



รูปที่ 4.7 รูปแสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงาน

A) ตรวจสอบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาท์พุทไม่เปลี่ยน

B) ความถี่#nถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้ที่เอาท์พุท

C) จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D) เอาท์พุทเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E) ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F) ความถี่ #n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตช์อยู่

G) จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

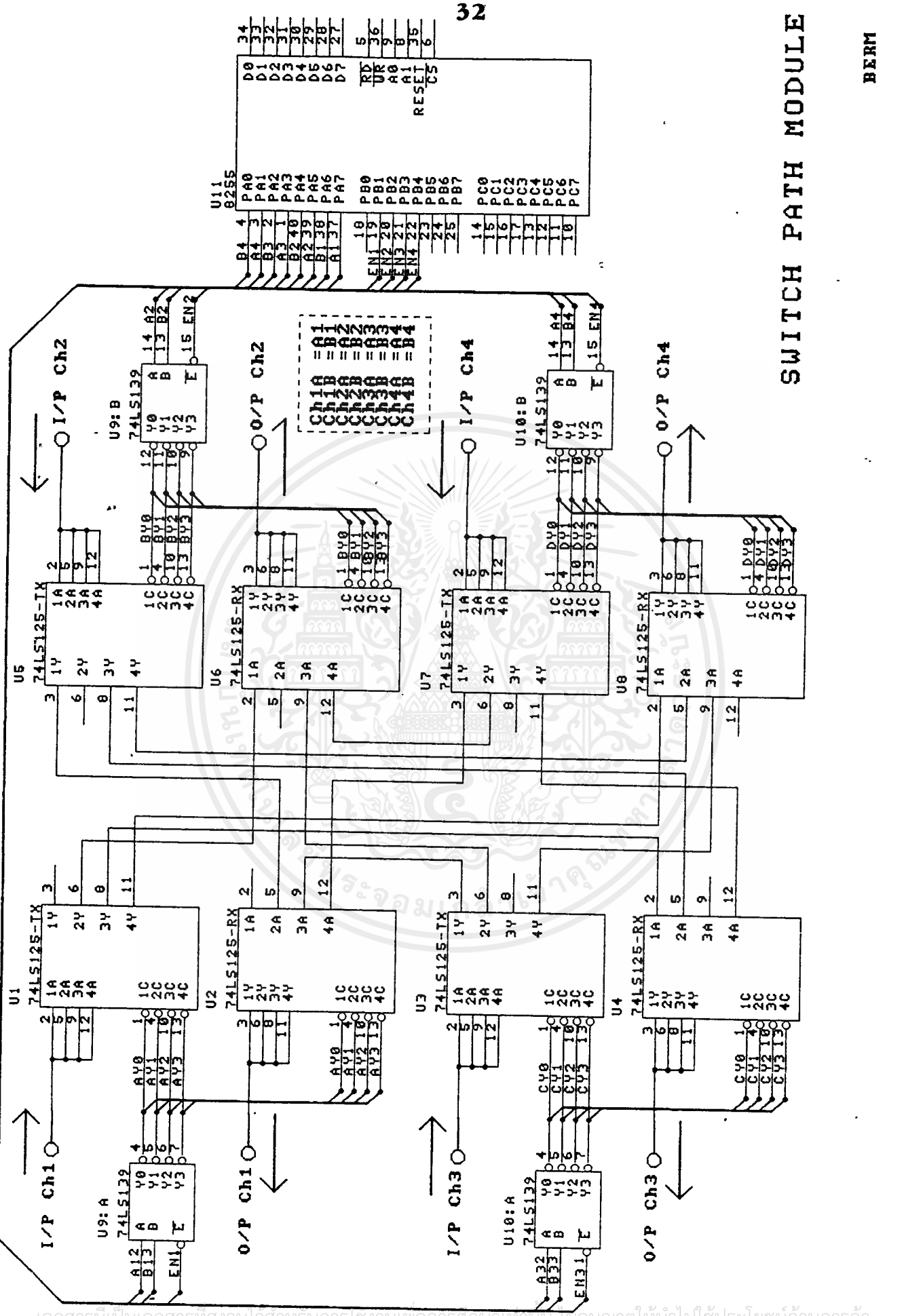
6. วงจรสวิทช์พาธ (Switch Path Circuit)

วงจรเสียงพูดผ่านของชุมสายโทรศัพท์สาขาที่พัฒนาขึ้นนี้ มีโครงสร้างเหมือนกับครอสพอยท์สวิทชิง (Crosspoint Switching) ซึ่งมีขนาด 4 ทางเข้า (Inlet) และ 4 ทางออก (Output) ซึ่งง่ายต่อการออกแบบวงจรควบคุม เนื่องจากสัญญาณที่ผ่านวงจรสวิทช์พาธนี้ เป็นสัญญาณดิจิตอล จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ 74LS125 ซึ่งทำหน้าที่เลือกการติดต่อกับคู่สายที่ต้องการ โดยควบคุมสัญญาณจากไอซีเบอร์ 74LS139 คุณสมบัติของวงจรเสียงพูดผ่านมีดังนี้

- ต่อให้สัญญาณดิจิตอลผ่านได้พร้อมกัน 4 คู่สาย
- ไม่เกิดการต่อข้อน (Crosstalk) อย่างแน่นอน
- ติดต่อกันแบบ 2 ทิศทาง
- การควบคุมการติดต่อทำได้ง่าย โดยควบคุมการตัดต่อจากชุดควบคุมผ่านไอซี 8255

การออกแบบวงจรส่วนนี้ออกแบบแยกเป็นแผ่นวงจรหนึ่งแผ่นเพื่อง่ายต่อการออกแบบและการทดสอบแยกเป็นส่วน การทำงานใช้ไอซี 8255 หนึ่งตัวทำหน้าที่อินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการตัดต่อผ่านทางโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 รูปแสดงวงจรสวิทช์นาย

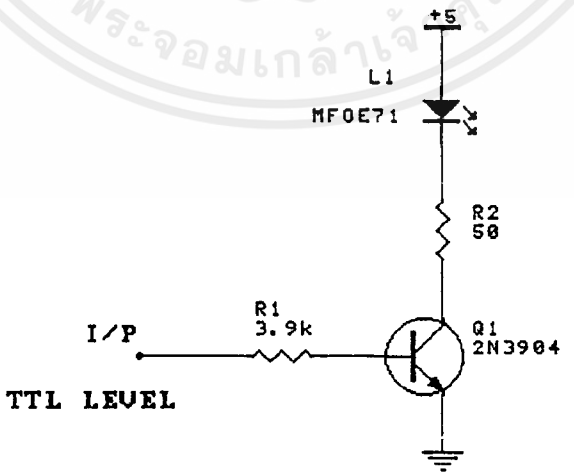
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วงจรส่วนเชื่อมต่อกับสายไฟเบอร์ออนติก

7.1 วงจรส่งสัญญาณ

สัญญาณที่ได้จากการผ่านวงจรแปลงสัญญาณและวงจรจัดช่องสัญญาณจะเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีความถี่ประมาณ1.536 MH$_z$ เพราะฉะนั้นจะต้องการวงจรส่งสัญญาณที่สามารถตอบสนองย่านความถี่ขนาดนี้ได้ ซึ่งสำหรับวงจรประเภทนี้สามารถออกแบบหรือนำมาใช้ได้โดยไม่ยากนัก ไม่ต้องการวงจรมอดดูเลชั่นที่ยุ่งยากเหมือนกับการมัลติเพลกซ์แบบ FDM สำหรับในโครงงานชิ้นนี้จะทดลองใช้วงจรขับ LED พื้นฐานแบบง่าย ๆ เป็นวงจรส่งสัญญาณแสง ทั้งนี้ก็เพื่อจะดูหลักการทำงานและดูศักยภาพของการส่งข้อมูลในรูปแสงผ่านสายใยแก้วนำแสงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้งานจริง ๆ จะต้องใช้วงจรขับเลเซอร์และอุปกรณ์ประเภท Laser Injection แทนซึ่งเทคโนโลยีทางด้านนี้ได้พัฒนาก้าวไกลไปมากสามารถรองรับการส่งข้อมูลในระดับนี้ได้เป็นอย่างดี

สำหรับวงจรตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.15 สัญญาณข้อมูล 0,1 จะเข้าไปทำการไบอัสทรานซิสเตอร์ 2N3904 ส่งผลไปขับ LED MFOE71 ให้ปล่อยแสงออกมาตามจังหวะของข้อมูลส่งเข้าไปตามเส้นใยนำแสง

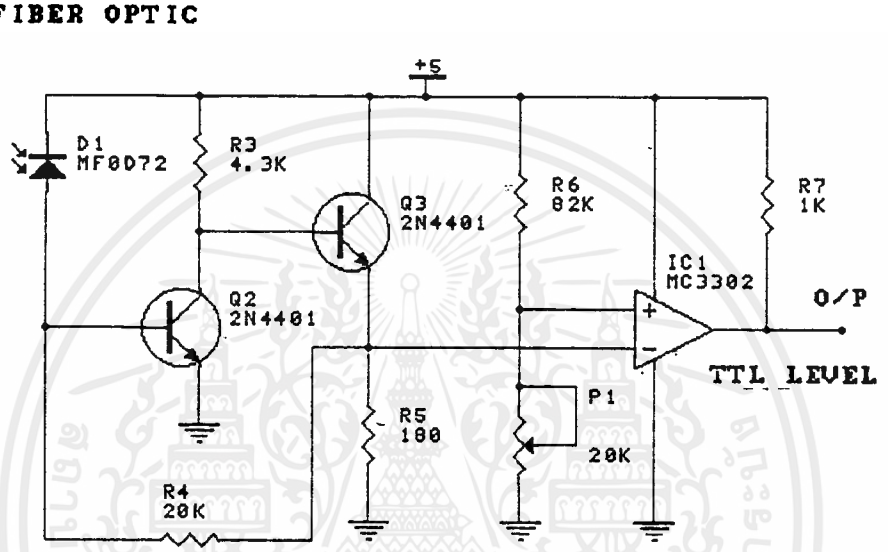


รูปที่ 4.9 วงจรขับ LED สำหรับวงจรส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 วงจรรับสัญญาณแสง

ใช้อุปกรณ์ Photo Detector เป็นตัวรับสัญญาณแสงจากสายใยนำแสงผ่านวงจรขยายกระแสและวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณก็จะได้สัญญาณเอาท์พุทออกมา ในรูปสัญญาณดิจิตอล 1,0 stream ตามที่ต้องการ วงจรส่วนรับดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.10 วงจรรับสัญญาณแสง

<u>การออกแบบและการต่อวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน</u>

การออกแบบแผ่นวงจร

ทำการออกแบบวงจรส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์, วงจรสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณ, วงจรถอดรหัสสัญญาณ, วงจรเลือกสัญญาณโทรศัพท์, วงจรรีเลย์, วงจรแสดงสถานะการเลือกผ่านสัญญาณโทรศัพท์ และแสดงผลการถอดรหัสสัญญาณการกดปุ่ม เป็นแผ่นวงจรเดียวกันดังรูปที่ 1 ในภาคผนวก ส่วนวงจรสร้างสัญญาณโทรศัพท์, วงจรออสซิเลเตอร์, วงจรสวิทช์พาธ (Switch Path Circuit), วงจรส่วนเชื่อมต่อกับสายไฟเบอร์ออพติก (วงจรรับสัญญาณแสง, วงจรส่ง-สัญญาณแสง) ทำการออกแบบแยกเป็นส่วน ๆ ตามรูปที่ 2 และ 3 ในภาคผนวก

สำหรับส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์, วงจรถอด ADDRESS , วงจรส่วนขับสัญญาณ (บัฟเฟอร์) และ connector ที่ใช้ต่อกับวงจรอื่นได้ทำการออกแบบจัดวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรเอนกประสงค์ ดังรูปที่ 4 ในภาคผนวก

รูปที่ 5 ในภาคผนวก แสดงการต่อระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
หลักการทำงานของโปรแกรมระบบ

โปรแกรมของระบบทั้งหมดรวมอยู่ในโปรแกรมเดียวกัน แต่เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงจะแยกอธิบายโปรแกรมเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนติดต่อภายใน และส่วนติดต่อภายนอก

1.ส่วนติดต่อภายในชุมสาย สิ่งสำคัญที่สุดคือสถานะของโทรศัพท์ปัจจุบัน และสถานะที่ผ่านมาเพื่อการตรวจสอบและเปรียบเทียบแล้วใช้ในการตัดสินใจของซีพียู โดยในโครงงานชิ้นนี้เราจะให้เก็บสถานะปัจจุบันของโทรศัพท์ไว้ที่รีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R6 ในที่นี้เรามีโทรศัพท์ในแต่ละชุมสาย 3 เครื่อง จึงใช้แค่ R0-R2 เท่านั้น และเก็บสถานะเดิมของโทรศัพท์ไว้ที่หน่วยความจำภายในของซีพียู ตำแหน่งที่ 20-22H เก็บหมายเลขโทรศัพท์ 2 ตัวไว้ที่ตำแหน่ง 30-35H โดยแต่ละไบท์จะเก็บ 1 หมายเลขอันได้แก่ตำแหน่ง 30-31H, 32-33H, 34-35H ตามลำดับ

เมื่อเริ่มให้โปรแกรมทำงานจะทำการเซ็ต PORT Input,Output ให้เหมาะกับการใช้งานของฟังก์ชั่นต่าง ๆ แล้วเริ่มทำการอ่านค่าสถานะโทรศัพท์เข้ามาเริ่มตรวจสถานะการยกหูวางหูถ้าวางหูอยู่ให้ทำการปิดสัญญาณที่จ่ายให้โทรศัพท์ทั้งหมด ทำการเคลียร์สถานะต่าง ๆ ให้พร้อมให้บริการโทรศัพท์เครื่องต่อไป แต่หากมีการยกหูอยู่จะทำการตรวจสถานะการกดหมายเลข หากมีการกดเลขครบ 2 ตัว ตามที่เราต้องการแล้วก็จะไปทำการบริการตัดสินใจตัดต่อให้ แต่หากมีการกดหมายเลขไปเพียงหมายเลขเดียวก็แค่ทำการปิดสัญญาณเฉย ๆ แต่ถ้าหากยังไม่กดหมายเลขแม้แต่ตัวเดียวก็จะทำการตรวจสถานะว่าขณะนี้ว่าเป็นการยกหูเพื่อจุดประสงค์อะไร ยกเพราะจะเรียกเครื่องอื่นหรือเพราะโดนเรียก โดยดูได้ที่สถานะ TALK ของโทรศัพท์ในหน่วยความจำของแต่ละเครื่อง ถ้าเป็นการยกหูเพื่อเรียก ก็จะปล่อยสัญญาณให้หมุน (DIAL) ออกไปโดยในที่นี้มีข้อตกลงกันไว้ว่าหมายเลขที่กดตัวแรกจะมีค่าได้เฉพาะ 8 และ 9 เท่านั้น ถ้าหากมีการหมายเลขอื่นโทรศัพท์จะให้สัญญาณไม่ว่าง (BUSY) ออกไป เงื่อนไขมีอยู่ว่า หากต้องการติดต่อภายในชุมสายให้กด 8 ก่อน แต่ถ้าต้องการติดต่อภายนอกชุมสายก็ให้กดหมายเลข 9 ก่อน สำหรับหมายเลขที่ 2 เป็นหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ที่เราต้องการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

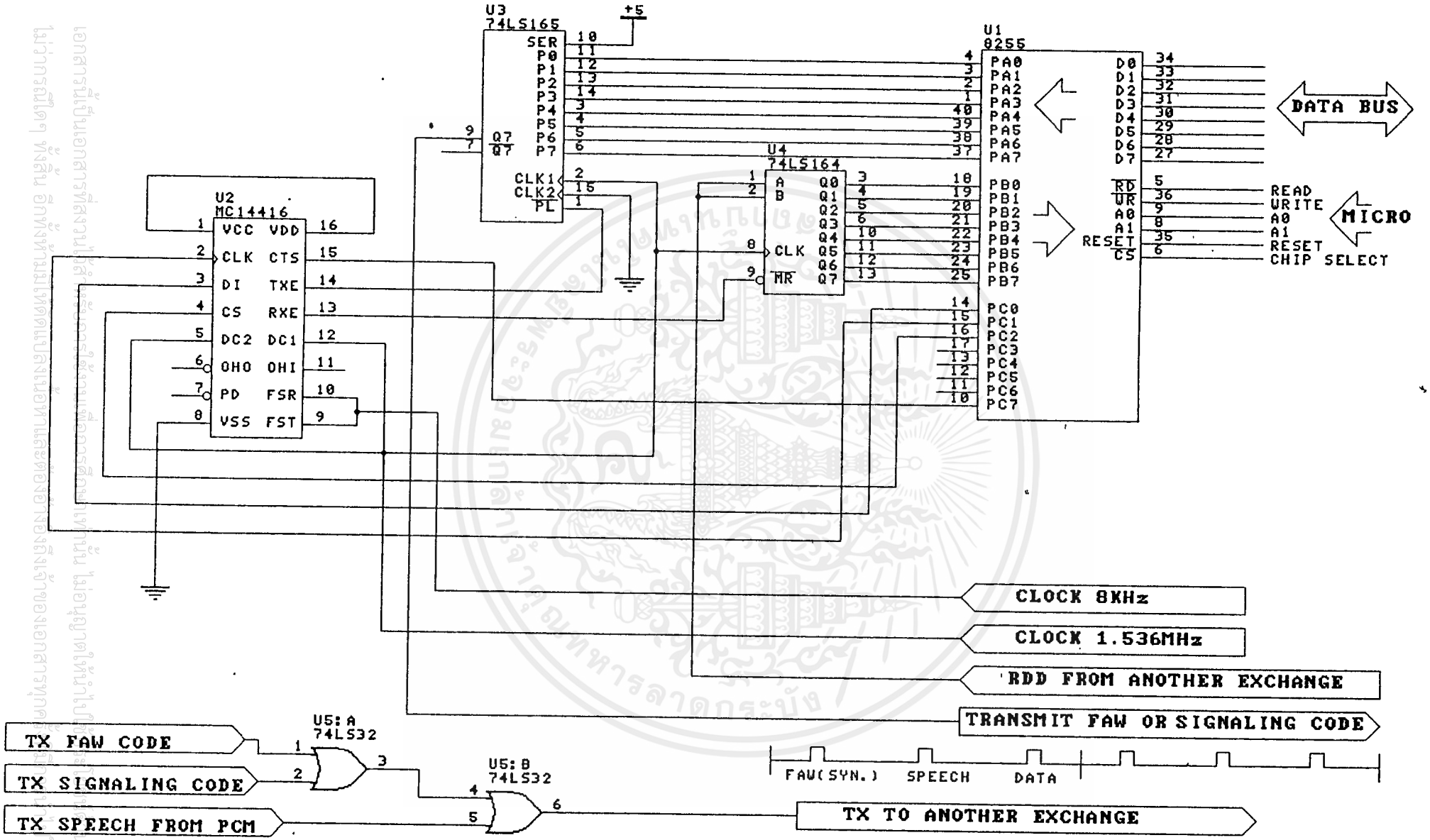
ในบริการ ๆ ตัดต่อ ซีพียูจะดึงค่าในหน่วยความจำออกมาทำการตัดต่อโดยสั่งไปที่ Port I/O ของ Switch Board ซึ่งส่วนนี้ต่ออยู่กับขา R_x และ T_x ของ SLIC อยู่แล้ว จึงทำให้สามารถติดต่อได้ การที่จะทำการติดต่อสำเร็จหรือไม่นั้น ซีพียู จะไปทำการตรวจสถานะการยกหูของโทรศัพท์เครื่องที่เราต้องการจะติดต่อด้วย หากวางหูอยู่ก็จะทำการให้สัญญาณที่ระบุได้ว่าสามารถติดต่อได้ และจะวนทำจนกว่าจะตรวจพบสถานะการยกหูจึงจะทำการต่อช่องสัญญาณให้ และทำการตัดสัญญาณต่าง ๆ ออกให้หมด แต่หากเจอสภาวะการยกหูตั้งแต่แรกก็จะทำการเช็คว่าเป็นการยกหูเพราะถูกเรียกหรือไม่ หากไม่ใช่ก็จะส่งสัญญาณให้หมุนไปให้โทรศัพท์

หลักการทำงานของโปรแกรมบริการสำหรับโทรศัพท์ทุกเครื่องก็จะเป็นดังนี้ โดยซีพียูก็จะทำการวนลูปตรวจสอบไปเรื่อย ๆ

2.ส่วนติดต่อภายนอกชุมสาย

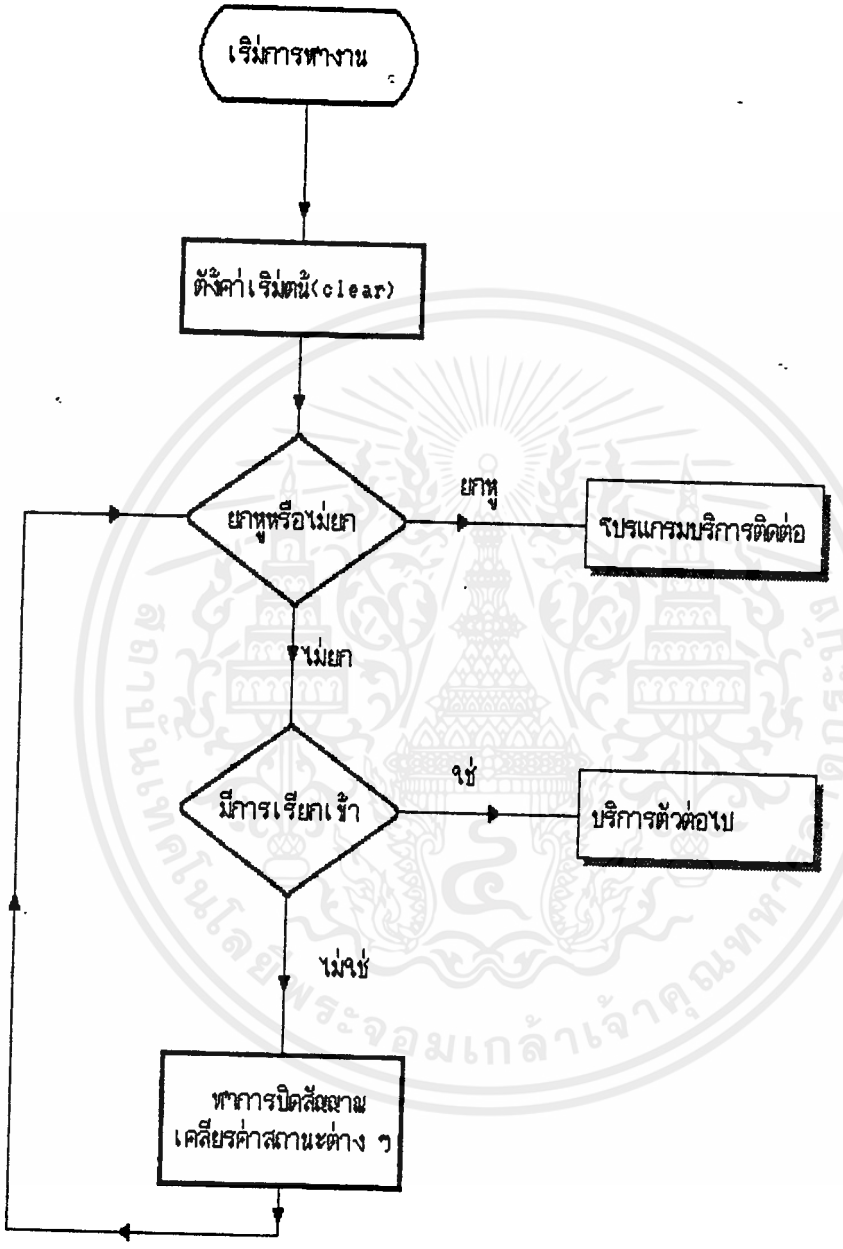
สำหรับการติดต่อภายนอกชุมสายนั้น หลักการและสัญญาณต่าง ๆ ก็จะเหมือนกับการติดต่อภายในชุมสายทุกประการ แต่จะมีรายละเอียดปลีกย่อยอยู่ที่การมัลติเพลกซ์ เพื่อให้คู่สายในแต่ละชุมสายสามารถติดติ่อออกนอกชุมสายได้พร้อม ๆ กัน ซึ่งเราใช้ไอซีเบอร์ MC 14416 เป็นตัวควบคุม และสั่งงานโดยการเขียนโปรแกรมมาควบคุมให้แต่ละคู่สายส่งข้อมูลได้ในแต่ละ TIME SLOT อย่างถูกต้อง และในการส่งเนื่องจากจะต้องทำการส่งสถานะของโทรศัพท์ และส่งสัญญาณส่วนหัว (FAW) ไปด้วยเพื่อให้ฝั่งตรงข้ามสามารถตรวจเช็คความถูกต้องและสถานะโทรศัพท์ได้ จึงจำเป็นต้องทำการโปรแกรมในส่วนนี้ให้สอดคล้องด้วยโดยให้ FAW เป็น TIME SLOT ที่ 1 และสัญญาณของ SIGNAL เป็น TIME SLOT ที่ 24 ส่วน TIME SLOT ที่ 2-23 เป็นช่องสัญญาณสำหรับส่งสัญญาณเสียงซึ่งเป็นดิจิตอลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



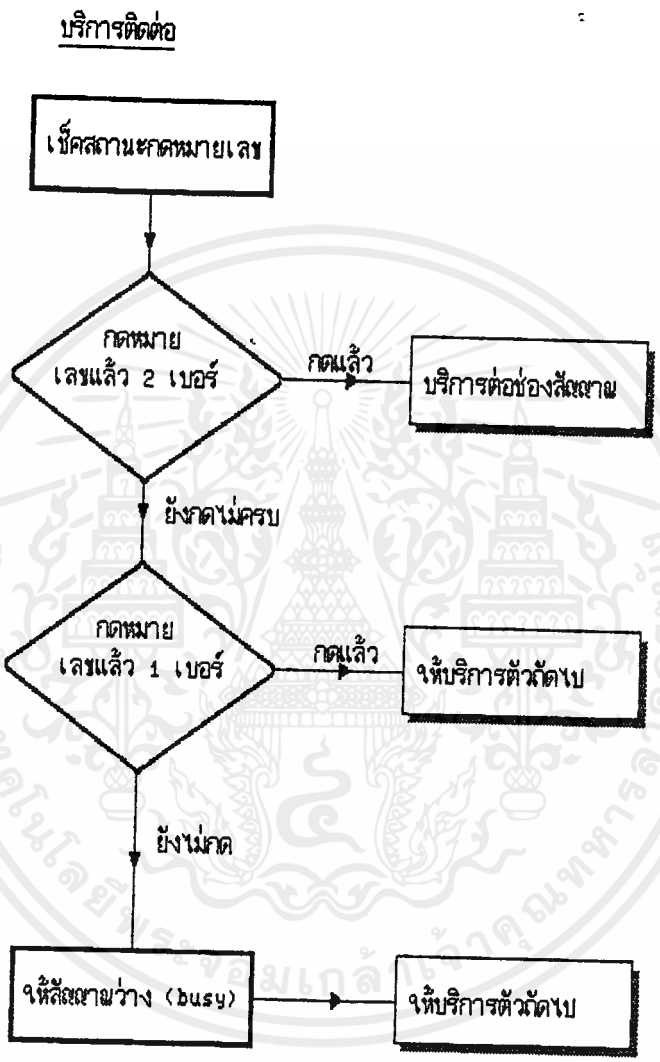
รูปวงจรแสดงส่วนสร้างสัญญาณ FAW ,SIGNAL CODE

และการรวมสัญญาณเพื่อส่งระหว่างชุมสาย



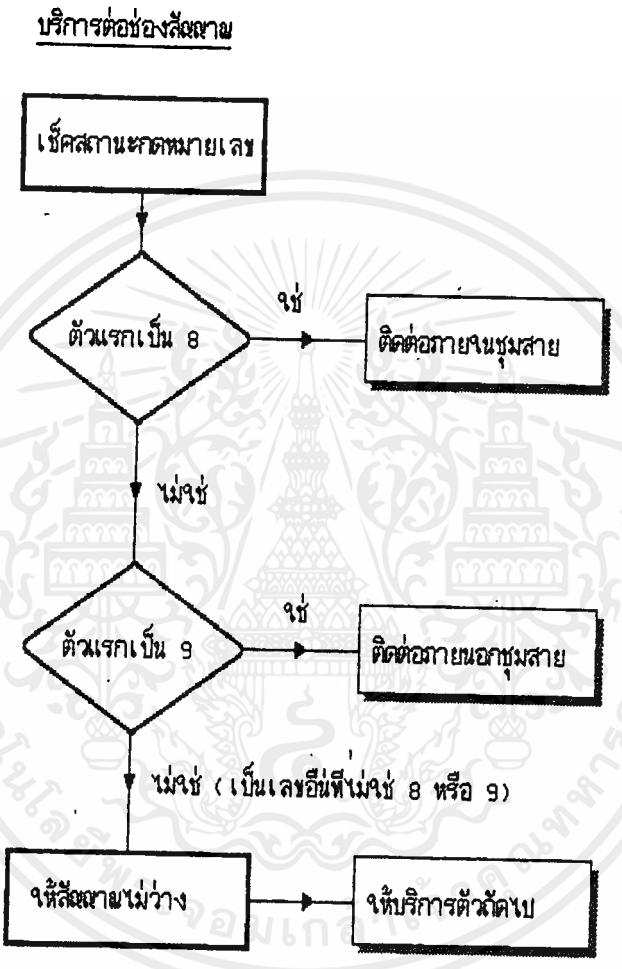
รปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ผังบริการการติดต่อ

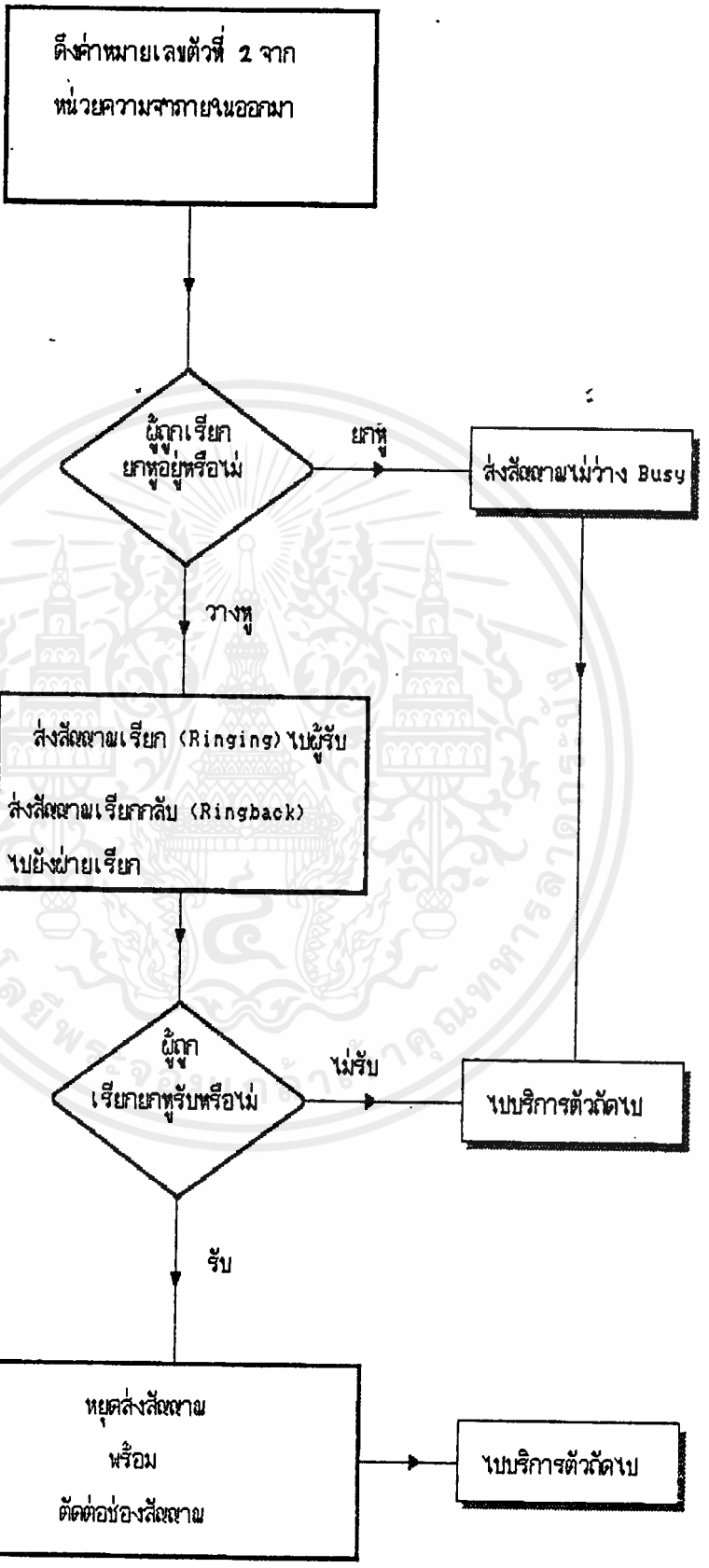
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ผังบริการการต่อช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการติดต่อภายในชมสาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 แผนผังการติดต่อภายในชมสาย

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองและผลการทดลองจะทำการแยกอธิบายเป็นสองส่วนคือการทดสอบแยกแต่ละวงจรกับการทดลองรวมกันทั้งระบบ

การทดลองและผลการทดลองวงจรแยกแต่ละส่วน

1. ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ (Subscriber Loop Interface Circuit,SLIC)

การทดลองในส่วนนี้ ซึ่งมีไอซีเบอร์ 3419L เป็นตัวหลัก หน้าที่ที่สำคัญคือจ่ายไฟให้โทรศัพท์ เช็คสภาวะยกหู/วางหู แยกสายรับ-ส่ง การจ่ายไฟให้โทรศัพท์นั้น สามารถเช็คได้จากการที่ยกหูขึ้นแล้วสามารถได้ยินเสียงครางและเมื่อเราส่งเสียงพูด เราก็จะได้ยินเสียงตัวเองด้วย การเช็คสภาวะยกหู/วางหู อาศัยผลการเช็คจากขาที่ 14 ของไอซี ซึ่งขณะวางหูจะวัดศักดาเทียบกับกราวด์ได้ประมาณ -15 โวลท์ ขณะยกหูจะวัดศักดาได้ประมาณ -0.8 โวลท์การจะทำให้ศักดาค่าเหล่านี้บอกสภาวะลอจิกเพื่อติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ได้ คือ 0 และ 5 โวลท์ นั้น ก็โดยการต่อวงจรปรับระดับสัญญาณแบบกลับเฟสซึ่งในที่นี้ใช้วงจรสวิทช์แบบกลับเฟสธรรมดาโดยการใช้การไบอัสผ่านทรานซิสเตอร์ BC 547 จะทำให้ได้ลอจิก 1 ขณะวางหู และลอจิก 0 ขณะยกหู และในส่วนของการแยกรับ(Receive) / ส่ง(Transmit)นั้น การทดสอบความสามารถในการรับก็โดยการลองป้อนสัญญาณโทรศัพท์ เช่น ไดอัลโทน เข้าทางสายรับ ถ้าขณะเรายกหูขึ้นฟัง เราสามารถได้ยินเสียงไดอัลโทน แสดงว่าภาครับนี้ใช้งานได้ ส่วนความสามารถในการส่ง ก็ตรวจสอบได้โดยการจับสัญญาณที่สายส่ง หรือที่เอาท์พุทของออปแอมป์ ถ้าขณะเรายกหูขึ้นพูด แล้วมีสัญญาณเสียงออกมาก็แสดงว่าภาคส่งนี้ใช้งานได้ ขนาดของเสียงที่ออกมานี้ ปกติที่ขา 16 ซึ่งเป็นขาส่งจะมีขนาดสัญญาณออกมาประมาณ 0.2-0.4 โวลท์ เราสามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยการปรับความต้านทานฟีดแบค (Feedback) ของออปแอมป์ โดยสัญญาณเอาท์พุทนี้จะต้องนำไปต่อเข้ากับวงจรสุ่มสัญญาณซึ่งต้องการสัญญาณขนาดสูงถึงประมาณ 4-6โวลท์

ผลการทดลอง เป็นไปตามเป้าหมาย ทดลองโดยนำส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ของทั้งสองเครื่องมาติดต่อกัน โดยการต่อภาครับเข้ากับภาคส่งของอีกเครื่อง ในทำนองเดียวกัน ต่อภาคส่งเข้ากับภาครับของอีกเครื่องโดยตรง จะสามารถได้ยินเสียงพูดของอีกฝ่ายชัดเจนดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนสร้างสัญญาณโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณโทรศัพท์ ความถี่และดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ที่ต้องการ สามารถหาค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุได้จากสูตร ดังในบทที่ 4 แต่ผลที่ได้ออกมาถึงแม้จะไม่เท่ากับที่คำนวณพอดี คือมีความเบี่ยงเบนไปบ้าง แต่ก็สามารถนำมาใช้งานได้ โดยลองป้อนเข้าทางภาครับของส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ก็สามารถได้ยินเสียงดังชัดเจนดีทุกสัญญาณ

ส่วนที่มีปัญหาคือ ในส่วนของวงจรขับสัญญาณเรียก ที่ต้องการขนาดถึง 100 โวลท์ โดยประมาณ การต่อวงจรใช้งานจริงใช้ทรานซิสเตอร์กำลังทำการต่อแบบคอมพลีเมนทารี (Complementary) เพื่อการจ่ายกระแสสูง เนื่องจากศักดาสูงการต่อใช้งานจริงต้องควรระมัดระวังอย่าให้เกิดความผิดพลาด เพราะการจ่ายสัญญาณในส่วนนี้จะทำโดยการอีนาเบิลอุปกรณ์ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto Isolator) เบอร์ MOC3040 และผ่านสัญญาณไปต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ทางสายริง (Ring) ซึ่งต่ออยู่กับไอซี 3419L ถ้าเกิดความผิดพลาด ศักดาสูงขนาดนี้อาจทำความเสียหายต่อไอซี 3419Lได้ เอาท์พุทที่ได้จากวงจรขับนี้ จะต้องผ่านตัวเก็บประจุซึ่งทนศักดาสูงก่อนที่จะผ่านมา ถึง MOC3040 เพื่อกรองไฟสัญญาณดีซีออก การปรับแต่งเพื่อให้ได้สัญญาณสูงตามต้องการสามารถกระทำได้ โดยการปรับแต่งที่ค่าความต้านทานต่าง ๆ เช่น ความต้านทานที่ใช้ไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ตัวหน้าสุด หรือ ความต้านทานที่ต่อกับขาอีมิตเตอร์ทางเอาท์พุท การเลือกค่าต้องเลือกให้ถูกต้องมิฉะนั้นจะทนกระแสไม่ได้ เนื่องจากใช้ไฟสูงมาก ถ้าสัญญาณยังต่ำไป อาทิเช่น 50 โวลท์ เสียงที่ได้ยินจะไม่ได้ยินเลย หรือขาดเป็นห้วง ๆ แต่เมื่อเพิ่มศักดาขึ้นอีกจนถึงค่า ๆ หนึ่งจะสามารถได้ยินเสียงสัญญาณเรียกชัดเจน

ผลการทดลอง เกิดปัญหาในเรื่องการกระเพื่อมของสัญญาณ 100 โวลท์และการรบกวนวงจรอื่นจึงทำการแก้ไขโดยการ เพิ่มตัวเก็บประจุค่า 0.1μF คร่อมภาคจ่ายไฟ 100 โวลท์บนบอร์ดชุมสายเพื่อการ Bypass สัญญาณรบกวน

3. วงจรออสซิเลเตอร์

วงจรส่วนนี้ใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อให้วงจรทั้งหมดทำงานได้ถูกต้องตามจังหวะเวลา ซึ่งในการสร้างวงจรนี้ใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์ความถี่ 18.432MHz และใช้วงจรหารทำการความถี่ให้ได้ค่าที่ต้องการ ซึ่งจากการสร้างและทดลองปรากฏว่าได้ผลดี ไม่เกิดปัญหาแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรสุ่มสัญญาณและกำหนดช่องสัญญาณ

วงจรส่วนนี้สร้างโดยใช้ไอซีที่ทำหน้าที่กำหนดช่องเวลาโดยตรง โดยไอซีที่ทำหน้าที่กำหนดช่องสัญญาณใช้เบอร์ MC14416 ซึ่งสามารถควบคุมช่องสัญญาณได้จากพอร์ทของ 8255 ซึ่งควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์ ผลการทดลองและใช้งานปรากฏว่าสามารถกำหนดช่องสัญญาณในการรับและส่งข้อมูลได้ดี โดยการกำหนดช่องสัญญาณต้องมีการเขียนโปรแกรมประกอบซึ่งไม่พบปัญหาแต่อย่างใด

วงจรสุ่มสัญญาณใช้ไอซี MC14400 ซึ่งทำหน้าที่สุ่มสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และรับสัญญาณดิจิตอลแล้วแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาลอกรวมทั้งทำการคอมแพนด์และกรองสัญญาณได้ในตัวเดียวกัน โดยถูกกำหนดช่องสัญญาณจากไอซีเบอร์ MC14416 ซึ่งผลการทดลอง ไม่สามารถใช้งานส่วนนี้ได้การตรวจเช็คก็เป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก

5. วงจรถอดรหัสสัญญาณ

การทดลองวงจรนี้ไม่ยุ่งยากนัก เนื่องจากประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่นำมาต่อเข้ากับไอซีที่ใช้ถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ คือ ไอซีเบอร์ MT8870 เพียงไม่กี่ตัว การทดสอบการทำงานก็โดยการตรวจสอบที่ BCD เอาท์พุท ทั้ง 4 บิต ว่าเมื่อกดหมายเลขต่าง ๆ แล้ว ได้ผลดังตารางหรือไม่ อาทิเช่น ที่บิต Q_1 จะมีสภาวะ "High" เมื่อกดปุ่มหมายเลขคี่ หรือ * , A และ C เท่านั้น อีกทั้งต้องตรวจสอบการทำงานที่ขา STD ซึ่งจะ "High" เมื่อมีการกดปุ่ม เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบจึงใช้แอลอีดีแสดงผลการทดลอง

ผลการทดลองเป็นไปตามต้องการทุกประการ

6. วงจรสวิทช์พาธ (Switch Path)

การทดลองวงจรนี้ ทดลองโดยใช้สัญญาณความถี่ประมาณ 1.536 MHzต่อผ่านเข้าไปยังอินพุทของวงจรและวัดเอาท์พุทที่ได้ โดยในการทดลองต้องควบคุมวงจรนี้โดยใช้ 8255 ซึ่งควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์ร่วมกับโปรแกรม ผลการทดลองวัดเอาท์พุทที่ได้ปรากฏว่าสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทมีลักษณะเหมือนกัน นั่นแสดงว่าสามารถทำส่งผ่านสัญญาณดิจิตอลที่แทนสัญญาณเสียงซึ่งถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วได้ (ความถี่ในการส่งข้อมูลเท่ากับ 1.536MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะทำการทดลองโปรแกรมโดยรวม (ยังไม่ส่งข้อมูลจริง) จึงสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ 1Hz โดยใช้ไอซี 555 ส่งจำลองแทนการส่งข้อมูล และมีส่วนแสดงผลแบบ LED แสดงสถานะการติดต่อสัญญาณและแทนค่าสัญญาณในการรับ ส่ง ข้อมูล

7. วงจรส่วนเชื่อมต่อกับสายไฟเบอร์ออพติก

การทดลองแยกเป็นภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณ ดังนี้

7.1 ภาคส่งสัญญาณ

ทดลองส่งสัญญาณที่ความถี่ต่าง ๆ โดยใช้ LED เป็น Indicator ในการเช็คว่าสามารถส่งสัญญาณออกไปในรูปสัญญาณแสงได้หรือไม่ปรากฏว่าสามารถส่งสัญญาณได้ตรงตามความถี่ที่ป้อนเข้ามา

7.2 ภาครับสัญญาณ

จากการทดลองรับสัญญาณที่ส่งผ่านมาจากไฟเบอร์ออปติก ปรากฏว่ามีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย แต่ยังสามารถแยกแยะออกได้ว่าเป็นข้อมูลที่ส่งมาจริง และพบว่าที่ความถี่ไม่สูงมากนักสามารถส่งสัญญาณได้ถูกต้องมีสัญญาณรบกวนเพียงเล็กน้อย แต่ในย่านความถี่ที่กำหนด (1.536 MHz) สามารถรับสัญญาณได้โดยมีสัญญาณรบกวนบ้าง หากสัญญาณที่รับได้มีการผิดเพี้ยนไปก็ให้ทำการปรับแต่งที่ตัวความต้านทานปรับค่าได้ที่มีความละเอียดสูง (trimpot) ที่อินพุทของวงจรเปรียบเทียบก็สามารถรับสัญญาณได้ตามต้องการ มีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย แต่ไปมีปัญหาตรงการ Delay ของสัญญาณค่อนข้างมาก

8. วงจรรับส่งข้อมูลระหว่างชุมสาย

การทดลองวงจรนี้ทำโดยการโปรแกรมกำหนดช่องสัญญาณรับ-ส่งข้อมูลและการส่งข้อมูลไปและทดลองรับข้อมูลที่ส่งไปแล้วเทียบกัน ผลปรากฏว่าข้อมูลที่รับได้ถูกต้องทุกประการ ทดลองส่งข้อมูลอื่นดู ได้ผลการทดลองเป็นที่พอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองระบบรวมในส่วนการติดต่อภายในชุมสาย

สามารถให้ผลการทดลองเป็นไปตามจังหวะที่ต้องการโดยเริ่มจากเมื่อเรายกหูโทรศัพท์จะได้ยินเสียงสัญญาณให้กดหมายเลข เมื่อกดหมายเลขแรกไปสัญญาณให้กดก็จะดับไป ทำการกดหมายเลขต่อไป หากกดตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด ก็จะได้ยินเสียงไม่ว่างกลับมาหากโทรศัพท์เครื่องที่เราเรียกอยู่ในระหว่างการใช้งานอยู่ และจะได้รับสัญญาณเรียกกลับหากเครื่องที่ถูกเรียกว่างจากการใช้งาน ขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณเรียก (RINGING) ไปยังเครื่องที่ถูกเรียก จนกระทั่งมีการรับสายหรือยกหู สัญญาณต่างๆ จะถูกตัดไปหมด ซีพียูก็ทำการตัดต่อช่องสัญญาณให้สามารถสนทนากันได้

ปัญหาที่เจอในการรวมระบบเข้าด้วยกัน

1. เกิดการรบกวนสัญญาณเรียกกลับ (Ringback) เนื่องจากการวนรอบตัดต่อช่องสัญญาณ

2. การกระเพื่อมของสัญญาณเรียก (Ringing) ทำให้โทรศัพท์ระบบอิเลคทรอนิคส์บางเครื่องไม่สามารถถอดสัญญาณ Ringing และให้สัญญาณกระดิ่งออกมาได้

3. เนื่องจากส่วนแปลงสัญญาณมีปัญหาและการต่อช่องสัญญาณก็ต้องทำผ่านส่วนนี้ด้วยทำให้คู่สนทนาไม่สามารถพูดคุยกันได้ถึงแม้จะได้ทำการต่อช่องสัญญาณให้แล้วก็ตาม ถ้าหากเราตัดส่วนแปลงสัญญาณออกไประบบก็ทำงานได้ตามปรกติ คู่สนทนาก็สามารถพูดคุยกันได้ แต่ระบบก็จะกลายเป็นระบบอนาลอกไปทันทีซึ่งผิดวัตถุประสงค์ แต่อย่างไรก็ตามแสดงว่าการทำงานติดต่อภายในชุมสายสามารถกระทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์ผล

สำหรับระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วยชุมสาย 2 ชุมสาย และวงจรอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ (SLIC) 3 เครื่อง รวมทั้งวงจรจ่ายไฟสำหรับโทรศัพท์ -48 โวลท์ สัญญาณเรียก RINGING ขนาด 100 โวลท์ ในการทดลองปรากฏว่าการติดต่อภายในชุมสายสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี ไม่มีปัญหา แต่สำหรับการติดต่อภายนอกชุมสาย วงจรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถทำงานได้ แต่หากนำมารวมกันอาจต้องมีการปรับแต่งทางด้าน Hardware และ Software เพิ่มเติมอีก ทั้งนี้เป็นเพราะว่าชุมสายที่สร้างขึ้นยังคงใช้วงจร Oscillator ร่วมกันอยู่ ทำให้จังหวะการรับส่งไม่มีปัญหา แต่หากมีการใช้วงจร Oscillator แยกกันอย่างอิสระจะต้องใช้วงจรตรวจสอบสัญญาณซิงโครไนซ์และวงจรสร้างสัญญาณ Clock ขึ้นมาใหม่ให้ซิงโครไนซ์กับข้อมูลด้วย

วงจรที่ออกแบบมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในชุมสายใช้การ Wire Wrapping แทนการออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) จึงมักจะเกิดปัญหาการลัดวงจรและความถี่รบกวนจนบางทีซีพียูไม่สามารถถอดรหัสได้ จึงต้องทำการออกแบบวงจรถอดรหัสใหม่ดังได้แสดงรายละเอียดและเหตุผลไว้ในภาคผนวกแล้ว ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจมาก

อนึ่งการใช้ไอซีสำเร็จรูปที่ออกแบบมาเฉพาะงานโทรศัพท์ทำให้ขนาดของชุมสายกระทัดรัดขึ้นมาก แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ติดตามผลการทำงานระหว่างภาคต่าง ๆ ทำได้ยากมาก หากผลการทำงานออกมาไม่ตรงตามความต้องการ และถ้าภาคการงานย่อยภายในเสียหาย ไอซีทั้งตัวก็ใช้งานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1.MOTOROLA, "TELECOMMUNICATION DEVICE DATA" SERIES C ,THIRD PRINTING, MOTOROLA INC.,1989

2.MOTOROLA, "OPTO DEVICE" MOTOROLA INC., 1989

3.INTEL, "MCS-51 ARCHITECTURAL OVERVIEW" INTEL CORPORATION, 1987

4.ชัยบูรณ์ กังสเจียรณ์, "ระบบโทรศัพท์แบบมัลติเพลกซ์สำหรับการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง" วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ปีการศึกษา 2535

5.สุทธินันท์ พรศิริกุล , "ลิกอีกนิดกับโทรศัพท์ ตอน 5-6" ,วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ อิเลคทรอนิคส์, ซีเอ็ดยูเคชั่น,ฉบับที่ 124-125 มกราคม-มีนาคม พศ.2536

6.ปาริฉัตร์ ทรงสุรเวทย์ ,ปิยพงศ์ เผ่าวณิช,ปิยนุช ม่วงยิ้มพงศ์, "โครงข่ายโทรศัพท์แบบดิจิตอลสำหรับเส้นใยนำแสง" ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเลคทรอนิคส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

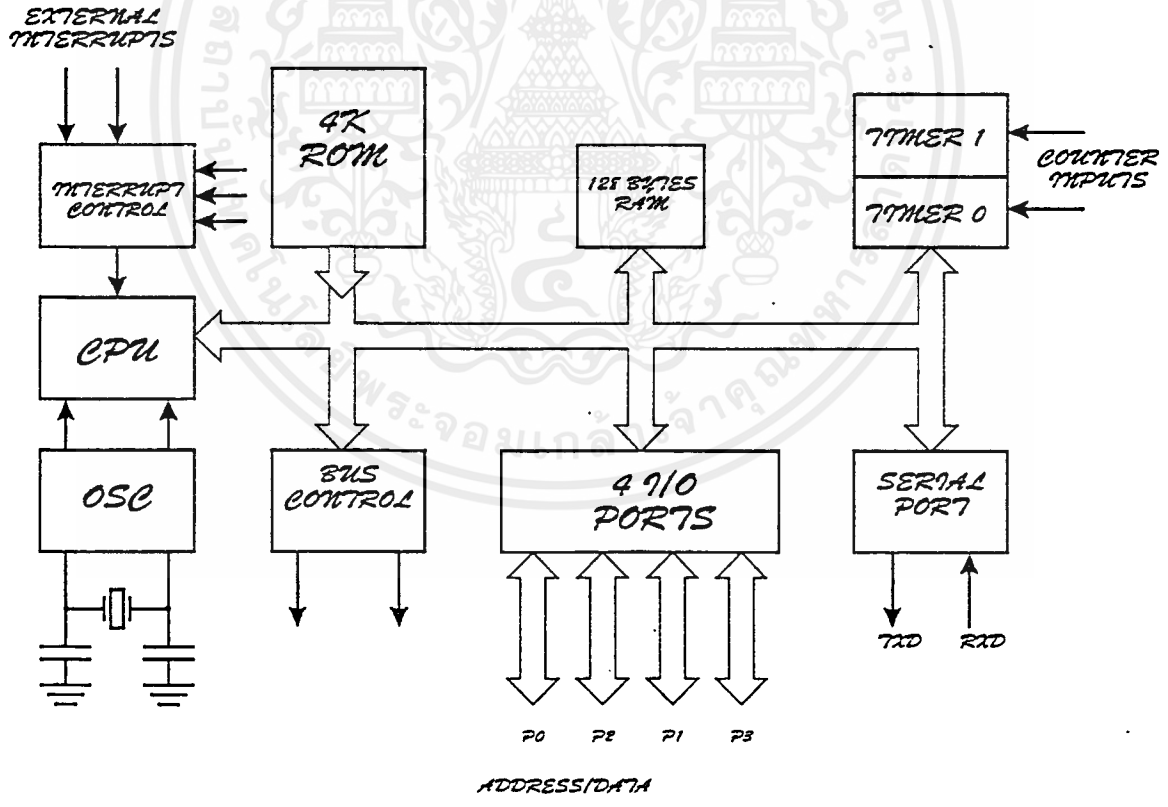
รายละเอียดการเชื่อมต่อกับระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ MCS-51

คุณสมบัติของ CPU ตระกูล MCS-51

- เป็น CPU ขนาด 8 บิท ซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้กับงานควบคุมขนาดเล็ก
- สามารถกระทำคำสั่งแบบ Single-bit logic ได้
- อ้างหน่วยความจำได้ถึง 64 Kbyte + 64 Kbyte สำหรับทั้ง Program memory และ Data memory
- มีหน่วยความจำภายใน 4 Kbyte สำหรับ Program memory และ 128 Kbyte สำหรับ Data memory
- 8 บิท * 4 Port I/O, 2 timer/counter,Full duplex UART
- 6 สัญญาณ Interrupt/ 5 Vector กับ 2 Priority levels
- On chip clock oscillator



รูปที่ 1 block diagram of the MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE	8051	8051AH	8052AH	80C51BH	80C52	83C51FA	83C51FB	83C152JA	83C152JC
ROMLESS VERSION	8031	8031AH	8032AH	80C31BH	80C32	80C51FA	80C51FB	80C152JA	80C152JC
EPROM VERSION		8751AH 8751BH	8752BH	87C51		87C51FA	87C51FB		
ROM byte	4K	4K	8K	4K	8K	8K	16K	3K	8K
RAM byte	128	128	256	128	256	256	256	256	256
8-bit I/O Port	4	4	4	4	4	4	4	5	5
16 bit TIMER/ COUNTER	2	2	3	2	3	3	3	2	2
UART	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Interrupt SOURCE/ VECTOR	6/5	6/5	8/6	6/5	8/6	14/7	14/7	19/11	19/11

ตารางที่ 1 MCS-51 family of microcontrollers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIAL FUNCTION REGISTER

รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษแต่ละตัวมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

- แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator)

มีขนาด 8 บิท คำสั่งส่วนใหญ่จะอ้างถึงรีจีสเตอร์ตัวนี้โดยถือค่าภายในเป็นตัวตั้งและรับค่าผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร เข้ามาเก็บไว้ในตัว ACC และมีความสามารถในการทำงานทางตรรก และใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูล เมื่อต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูลด้วย

- รีจีสเตอร์ B

มักจะใช้งานเมื่อทำคำสั่งการคูณและการหาร โดยใช้เป็นที่เก็บตัวคูณ หรือหาร และเป็นที่เก็บผลลัพธ์ตัวที่ 2 หลังการคูณ และเศษหลังการหาร

- รีจีสเตอร์แสดงสถานะโปรแกรม (PROGRAM STATUS WORD :PSW)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลที่ได้หลังจากใช้คำสั่งต่าง ๆ และเป็นตัวเลือกกลุ่มการทำงานของรีจีสเตอร์กลุ่มต่าง ๆ

- ตัวชี้สแตก (STACK POINTER :SP)

มีขนาด 8 บิท จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อนำข้อมูลเก็บในหน่วยความจำระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้ว โดยคำสั่ง POP และ RETURN

เมื่อ Reset CPU แล้ว SP จะเริ่มที่ตำแหน่ง 07H ดังนั้น SP จะเริ่มบรรจุข้อมูลที่ตำแหน่ง 08H เป็นต้นไป

- ตัวชี้ข้อมูล (DATA POINTER :DPTR)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิท ที่ประกอบด้วยไบท์สูง (DPH) และไบท์ต่ำ (DPL)ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิท 2 ตัว ใช้งานได้อย่างอิสระหรือจะใช้รวมกันทั้ง 16 บิทก็ได้ ในการ INCREMENT หรือ DECREMENT เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นฐานของเลขในรีจีสเตอร์ ในการกระโดดโดยทางอ้อมในการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูล และชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ท 0 ถึง 3

รีจีสเตอร์ P0,P1,P2 และ P3 ของกลุ่มรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ จะเป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการคงค่าของพอร์ท 0,1,2,3 ตามลำดับในขณะใช้งาน

-บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (SERIAL DATA BUFFER :SBUF)

แบ่งออกเป็นรีจีสเตอร์ 2 ตัว เป็นบัฟเฟอร์ในการส่งตัวหนึ่ง และรับตัวหนึ่ง เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF จะทำการถ่ายเทเข้าบัฟเฟอร์ส่งซึ่งจะเป็นตัวถ่ายเทข้อมูลอนุกรม เมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากตัวรับ

- รีจีสเตอร์ควบคุม (CONTROL REGISTER)

กลุ่มรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษเช่น IP, IE, TMOD, TCON, SCON และ PCON จะประกอบด้วยบิที่ใช้ในการควบคุม และแสดงสถานะของการใช้งานในการ Interrupt ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ และพอร์ทอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดแบ่งตำแหน่งของ SFR

Symbol	Name	Address
ACC	Accumulator	0E0H
B	B Register	0F0H
PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Byte	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
P0	Port 0	80H
P1	Port 1	90H
P2	Port 2	0A0H
P3	Port 3	0B0H
IP	Interrupt Priority Control	0B8H
IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
TCON	Timer/Counter Control	88H
TH0	Timer/Counter 0 High Byte	8CH
TL0	timer/Counter 0 Low Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 1 High Byte	8DH
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Buffer	99H
PCON	Power Control	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำ (MEMORY UNIT)

สถาปัตยกรรมของMCS-51 ได้แบ่งหน่วยความจำมาให้บนชิป พร้อมทั้งสามารถที่จะขยายหน่วยความจำภายนอกได้ ซึ่งการแบ่งหน่วยความจำจะประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญคือ

256 ไบท์ เป็นหน่วยความจำข้อมูลภายใน

4 กิโลไบท์ เป็นหน่วยความจำโปรแกรม

64 กิโลไบท์ เป็นหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

64 กิโลไบท์ เป็นหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำข้อมูลภายใน

บริเวณล่างของแรม ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 00H–1FH ประกอบด้วย 4 แบงค์ แต่ละแบงค์มีรีจีสเตอร์ 8 ตัว แบงค์เหล่านี้จะถูกเรียกใช้งานได้คราวละหนึ่งแบงค์เท่านั้นด้วยการกำหนดเริ่มแรกภายใน 2 บิทของรีจีสเตอร์ PSEN ว่าจะเลือกใช้แบงค์ใดใน 4 แบงค์

ส่วนในบริเวณตั้งแต่ 20H ถึง 2FH จำนวน 16 ตำแหน่ง ๆ ละ 1 ไบท์ สามารถกำหนดแอดเดรสของแต่ละบิทได้

การอ่านโปรแกรม และการทำงานตามคำสั่งของโปรแกรมจะกระทำที่ส่วนนี้ด้วย การใช้ส่วนคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์จะทำงานร่วมกับรีจีสเตอร์ A, B, PSW, SP, PC และ DPTR โดยที่ตัวแปรขนาดต่าง ๆจะมีขนาด 8 บิท ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็น บวก ลบ คูณ หาร ส่วนการทำงานทางตรรกศาสตร์ จะอยู่ในลักษณะของการAND OR XOR รวมทั้งการเลื่อนและวนรอบบิท การ เคลียร์ค่า การกลับค่า เป็นต้น หน่วยคณิตศาสตร์ และ ตรรกศาสตร์ ยังสามารถที่จะตัดสินใจในการให้กระโดดไปทำคำสั่งของโปรแกรมในส่วนอื่น ๆ ตามเงื่อนไขที่ตั้งขึ้น และยังแบ่งรีจีสเตอร์ชั่วคราวใช้สำหรับเป็นทางผ่านชั่วคราวของข้อมูลในการถ่ายเทข้อมูลภายในระบบอีกด้วย

สิ่งสำคัญในการทำงานของ MCS-51 คือ ความสามารถในการทำงานสำหรับข้อมูลขนาด 8 บิท และ 1 บิท การใช้งานในระดับบิทในการเซต เคลียร์ หรือกลับค่า การเคลื่อนย้าย การทดสอบ และใช้ในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิท ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับงานควบคุมของสัญญาณเข้าและออกที่มีการคิด และออกแบบทางตรรกด้วยพีชคณิตบูลีน ซึ่งปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่ว ๆไป งานในลักษณะเช่นนี้จึงได้ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า ตัวประมวลผลบูลีน (BOOLEAN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำภายนอก

แบ่งประเภทของการจัดการได้ 2 รูปแบบคือ

-การเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

-การเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะใช้สัญญาณ PSEN แอคทีฟต่ำเป็นตัวควบคุมการอ่าน ส่วนการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะใช้สัญญาณ RD และ WR แอคทีฟต่ำเป็นตัวควบคุม

การเฟทช์โปรแกรมภายนอกจะใช้ขาแอดเดรส 16 บิทเสมอ ส่วนการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลสามารถใช้ได้ทั้ง 16 บิทแอดเดรส และ 8 บิทแอดเดรส

เมื่อใช้ 16 บิทแอดเดรส ไบท์สูงของค่าแอดเดรสจะส่งออกที่พอร์ท 2 และจะคงสถานะนั้นตลอดช่วงสถานะการอ่านและเขียน ตัวแลทช์ของพอร์ท 2 ใน SFR จะต้องไม่ประกอบด้วยค่า 1 และค่าของข้อมูลใน SFR จะไม่มีการเซ็ต ถ้าช่วงวัฏจักรการใช้หน่วยความจำภายนอกไม่มีการเข้าถึงข้อมูลในวัฏจักรต่อมา SFR ในพอร์ท 2 จะปรากฏค่าเดิมออกมาในวัฏจักรต่อมา

ถ้าใช้เป็น 8 บิทแอดเดรส ค่าใน SFR จะยังคงค่าเดิมที่ขาพอร์ท 2 ตลอดช่วงวัฏจักรการใช้งานหน่วยความจำภายนอก ซึ่งลักษณะนี้ จะเป็นการใช้งานด้านเพจของหน่วยความจำ

ในกรณีการใช้แอดเดรสไบท์ต่ำเป็นช่วงเวลามัลติเพลกซ์กับข้อมูลของพอร์ท P0 สัญญาณแอดเดรสและข้อมูลจะขับการเฟทช์ทั้ง 2 ตัวในพอร์ท 0 ให้เป็นบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลออก ดังนั้นในระหว่างการใช้งานพอร์ท 0 จะไม่มีการรับกระแสเข้าจึงไม่จำเป็นต้องพูลอัฟจากภายนอก สัญญาณ ALE (Address Latch Enable)ก็จะใช้เป็นขาควบคุมการรับไบท์แอดเดรสเก็บไว้ภายนอก ซึ่งค่าแอดเดรสจะคงที่ ๆ ช่วงขอบขาลงของ ALE ดังนั้นในวัฏจักรการเขียนข้อมูลจะถูกเขียนออกไปที่ก่อนที่ WR จะแอคทีฟต่ำ ส่วนวัฏจักรการอ่านข้อมูลจะรับเข้ามาที่พอร์ท 0 ก่อนที่สโตรบการอ่านจะปรากฏเล็กน้อย และระหว่างการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก CPUจะส่งค่า 0FFH ออกมาเก็บไว้ที่พอร์ท 0 ของ SFR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์

ในส่วนนี้จะอธิบายวงจรที่ใช้ในการต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อการควบคุมระบบต่าง ๆ เป็นต้นว่า ส่วน SLIC ส่วนตัดต่อช่องสัญญาณ ส่วนเชื่อมต่อภายนอกชุมสาย เป็นต้น

สำหรับวงจรถอดรหัสสามารถใช้ได้หลายวิธี แล้วแต่ความต้องการและความสะดวกในการเชื่อมต่อ สำหรับในที่นี้จะแสดงให้เห็นหลักการถอดรหัส แอดเดรสเพื่อไปควบคุมขา CS(Chip select)ของไอซี 8255 ซึ่งเป็นตัวควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับทุกส่วนต่าง ๆของวงจรภายในชุมสายที่ต้องการควบคุมเพื่อจุดประสงค์ในการกำหนดจังหวะการควบคุมแต่ละส่วน

วิธีที่ 1 เป็นการถอดรหัสโดยตรงจากแอดเดรสของซีพียู (เบอร์ 80c32 คือจากพอร์ท 0 และพอร์ท 2)การถอดรหัสแอดเดรสของ 8255 จะใช้ไอซีเบอร์ 74ls138 เป็นตัวเลือกช่วงแอดเดรสที่ต้องการ โดยทำงานร่วมกับไอซีเบอร์ 74ls373 ซึ่งทำหน้าที่ค้างสถานะแอดเดรสบัส ของซีพียูไว้ (เนื่องจากไอซีเบอร์ 80c32 จะใช้ขาร่วมระหว่างแอดเดรสบัสและบัสข้อมูล จึงต้องใช้ไอซีคงค่าสถานะเป็นตัวแยกแอดเดรสไบท์ต่ำออกจากบัสข้อมูลโดยมีขา ALE เป็นตัวควบคุมการแยก) สำหรับขา A0,A1 ของ 8255 ต่อโดยตรงกับ 80c32 อยู่แล้ว รายละเอียดวงจรดังแสดงในรูปที่ 1

วิธีที่ 2 เป็นการถอดรหัสโดยการกำหนดแอดเดรสเอง แล้วส่งผ่านทางพอร์ท 3 ส่วนข้อมูลต่าง ๆจะส่งผ่านทางพอร์ท 1 การส่งผ่านข้อมูลแต่ละครั้งจะมีการใช้คำสั่งสองจังหวะคือต้องให้แอดเดรสออกไปที่พอร์ท 3 ก่อนแล้วจึงส่งข้อมูลออกทางพอร์ท 1ได้ วิธีการนี้จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมแต่สะดวกในการทำความเข้าใจและการตรวจสอบวงจรสำหรับผู้ที่ยังไม่สันทัดในการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ และผลต่าง ๆ จะออกมาเหมือนกับวิธีแรก ทั้งความเร็วก็ไม่แตกต่างกันเลย สำหรับในรายงานฉบับนี้ก็ได้ทำการออกแบบวงจรถอดรหัสและการอ่านการเขียนผ่านพอร์ท I/O โดยวิธีนี้ไว้แล้วดังแสดงไว้ในรูปที่ 3

จากผลการทดลองใช้งานกับโปรแกรมจริงผลปรากฏว่าการถอดรหัสและการอ่านการเขียนเข้าออกพอร์ทสามารถให้ผลตรงตามความต้องการแต่ในที่นี้จะใช้วงจรที่ 2 เป็นวงจรใช้งานจริงเพราะสามารถตรวจสอบวงจรได้ง่ายเหมาะแก่การใช้งานกับวงจรควบคุมจำลองขนาดเล็กเช่นดังโครงงานชิ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการเชื่อมต่อ

โดยหลักการทั่ว ๆ ไปซีพียู จะมองวงจร SLIC ของโทรศัพท์แต่ละเครื่องเสมือนเป็นหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 1 ไบท์ โดยที่ชุมสายสามารถติดตั้งโทรศัพท์ได้ทั้งหมด 22 เครื่อง แต่ในที่นี้เพื่อความประหยัดและความกระทัดรัดของโครงงาน จึงใช้ SLIC แค่ 3 เครื่อง ต่อ 1 ชุมสาย การเขียนโปรแกรมควบคุมก็จะให้ควบคุมแค่ 3 เครื่องนี้เท่านั้น หากมีการขยายเป็น 22 เครื่อง ก็สามารถขยาย Hardware และปรับปรุง Software ได้อย่างสะดวก

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80c32 มีหน่วยความจำข้อมูลให้ใช้ได้ถึง 256 ไบท์ แต่จะกันตำแหน่ง 00h - 1fh ไว้สำหรับการใช้งานทั่วไปเสีย 4 Bank และส่วนบนตั้งแต่ 80h - ffh ไว้สำหรับ SFR (Special Function Register) ดังนั้นสามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 20h - 7fh แต่เนื่องจากจำนวนโทรศัพท์เรามีน้อยจึงจะใช้แค่แอดเดรสล่างเพียงแค่ไม่กี่ไบท์ ดังนี้

20h - 2fh เป็นตารางสถานะของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง

30h - 3fh เป็นตารางเก็บหมายเลขเรียกของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง

40h - 4fh เป็นตารางเก็บสถานะการตัดต่อ

หน้าที่ของตารางสถานะวงจรโทรศัพท์ จะเก็บสถานะต่าง ๆ ของ การใช้งานโทรศัพท์แต่ละเครื่อง ซึ่งเมื่อซีพียู ทำการบริการโทรศัพท์เครื่องใดก็จะมาตรวจสอบดูสถานะต่าง ๆ ของโทรศัพท์จากตารางนี้ เพื่อที่จะรู้ว่าขณะนี้ถึงขั้นตอนไหนแล้ว สำหรับสถานะต่าง ๆ ของ โทรศัพท์แต่ละไบท์มีลักษณะดังนี้

RE2	S	O	T	CD	R1	P	H

H : ระบุสถานะยกหูหรือวางหู

P : ระบุสถานะกดหมายเลข

RE1 : ได้รับหมายเลขตัวที่ 1 แล้ว

CD : ระบุสถานะถูกเรียก

T : กำลังคุย ใช้งานอยู่

O : กำลังติดต่อภายนอกชุมสาย

S : กำลังจ่ายสัญญาณอยู่

RE2 : ได้รับหมายเลขตัวที่ 2 แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดแอดเดรสของไอซี 8255
และวงจรสร้างสัญญาณควบคุมการอ่านการเขียนสำหรับวิธีถอดรหัสแบบที่ 1

จะกำหนดให้ไอซี 8255 ทั้ง 8 ตัว มีตำแหน่งแอดเดรสดังนี้

0FF00 - 0FF03 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 1 SLIC

0FF10 - 0FF13 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 2 SLIC

0FF20 - 0FF23 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 3 SLIC

0FF30 - 0FF33 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 4 SLIC

0FF40 - 0FF43 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 5 RESERVE

0FF50 - 0FF53 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 6 SWITCH BOARD

0FF60 - 0FF53 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 7 FAW CONTROL

0FF70 - 0FF73 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 8 SIGNAL CONTROL

สำหรับการสร้าสัญญาณควบคุมการอ่าน การเขียนข้อมูลกับ 8255 นั้นเนื่องจากซีพียูต้องทำการอ่านเขียนข้อมูลระหว่าง 8255 ในขณะที่ทำงานตามโปรแกรม ดังนั้นสัญญาณการอ่าน (RD) จะต้องแอคทีฟในช่วงที่มีการเลือกการอ่าน หรือการเขียน เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการนำสัญญาณชิปซีเลค (CS) ทุกตัวมาทำการ OR กัน จากนั้นจึงนำเข้าไปต่อกับขา DIR ของ 74ls245 เพื่อเลือกว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูล สำหรับวงจรสร้างสัญญาณดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 2

การกำหนดแอดเดรสของไอซี 8255
และวงจรสร้างสัญญาณควบคุมการอ่านการเขียนสำหรับวิธีถอดรหัสแบบที่ 2

0E0 - 0E3 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 1 SLIC 1

0E4 - 0E7 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 2 SLIC 2

0E8 - 0EB เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 3 SLIC 3

0EC - 0EF เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 4 SLIC 4

0F0 - 0F3 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 5 SWITCH BOARD

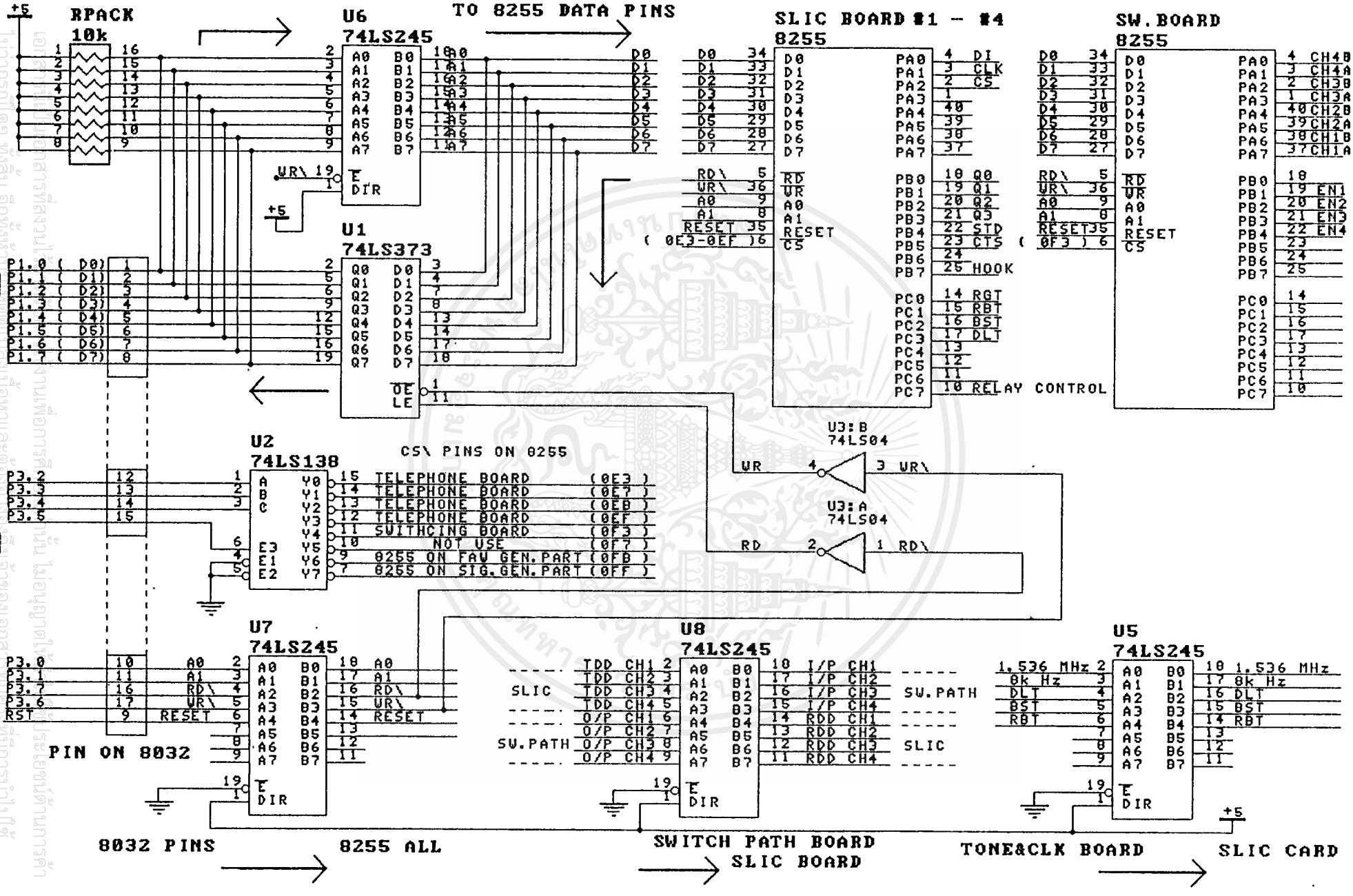
0F4 - 0F7 เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 6 FAW CONTROL

0F8 - 0FB เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 7 SIGNAL CONTROL

0FC - 0FF เป็นแอดเดรสของ 8255 ตัวที่ 8 RESERVE

สำหรับการสร้างสัญญาณควบคุมการอ่านการเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้ทำการออกแบบให้สมบูรณ์ในตัววงจรถอดรหัสอยู่แล้ว โดยใช้สัญญาณ RD และ WR ไปควบคุม Direction ของข้อมูลโดยตรงzjko 74ls245 แต่จะมีวงจรส่วน RD ซึ่งต้องมีวงจรคงค่า (Latch) เพื่อให้สามารถคงค่าไว้ที่พอร์ท และอ่านเข้าซีพียูได้ทันที ซึ่งวงจรนี้สามารถทำงานได้ดีมาก รายละเอียดวงจรดังแสดงในรูปที่ 3

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


RPACK
10k
+5
U6
74LS245
TO 8255 DATA PINS
WR\ 19
DIR
U1
74LS373
P1.0 (D0) 1
P1.1 (D1) 2
P1.2 (D2) 3
P1.3 (D3) 4
P1.4 (D4) 5
P1.5 (D5) 6
P1.6 (D6) 7
P1.7 (D7) 8
OE
LE
SLIC BOARD #1 - #4
8255
SW.BOARD
8255
RD\ 5
WR\ 36
A0 9
A1 8
RESET 35
(0E3-0EF) 6
(0F3) 6
RESET
CS
PA0 4 DI
PA1 3 CLK
PA2 2 CS
PB0 10 Q0
PB1 19 Q1
PB2 20 Q2
PB3 21 Q3
PB4 22 STD
PB5 23 CTS
PB6 24
PB7 25 HOOK
PC0 14 RGT
PC1 15 RBT
PC2 16 BST
PC3 17 DLT
PC4 13
PC5 12
PC6 11
PC7 10 RELAY CONTROL
U2
74LS138
CS\ PINS ON 8255
P3.2 12
P3.3 13
P3.4 14
P3.5 15
A
B
C
E3
E1
E2
Y0 15 TELEPHONE BOARD (0E3)
Y1 14 TELEPHONE BOARD (0E7)
Y2 13 TELEPHONE BOARD (0EB)
Y3 12 TELEPHONE BOARD (0EF)
Y4 11 SWITHCING BOARD (0F3)
Y5 10 NOT USE (0F7)
Y6 9 8255 ON FAU GEN. PART (0FB)
Y7 7 8255 ON SIG.GEN. PART (0FF)
U3:B
74LS04
WR 4
3 WR\
U3:A
74LS04
RD 2
1 RD\
U7
74LS245
P3.0 10
P3.1 11
P3.7 16
P3.6 17
RST 9
RESET
PIN ON 8032
U8
74LS245
SLIC
SW.PATH
TDD CH1 2
TDD CH2 3
TDD CH3 4
TDD CH4 5
O/P CH1 6
O/P CH2 7
O/P CH3 8
O/P CH4 9
I/P CH1 10
I/P CH2 17
I/P CH3 16
I/P CH4 15
RDD CH1 14
RDD CH2 13
RDD CH3 12
RDD CH4 11
U5
74LS245
1.536 MHz 2
8k Hz 3
DLT 4
BST 5
RBT 6
8032 PINS
8255 ALL
SWITCH PATH BOARD
SLIC BOARD
TONE&CLK BOARD
SLIC CARD

```
          ORG     0000H
          NOP
          LCALL   DELAY
          LCALL   DELAY          ;adjust condition
INITIAL:  MOV     P3,#0E3H       ;initial SLIC1
          MOV     P1,#82H
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0E2H
          MOV     P1,#0          ;clear O/P port C
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0E7H
          MOV     P1,#82H        ;initial SLIC 2
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0E6H
          MOV     P1,#0
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0EBH       ;initial SLIC 3
          MOV     P1,#82H
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0EAH
          MOV     P1,#0
          LCALL   WRITE          :finish initial SLIC 1 TO 3
          MOV     P3,#0F3H
          MOV     P1,#89H
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0F0H
          MOV     P1,#0
          LCALL   WRITE
          MOV     P3,#0F1H
          MOV     P1,#1
          LCALL   WRITE          ;finish   initial switch board
          MOV     A,#0           ;clear internal memory -
          MOV     20H,A          ;for telephone flag
          MOV     21H,A
          MOV     22H,A
          MOV     23H,A
          MOV     30H,A
          MOV     31H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     32H,A
                MOV     33H,A
                MOV     34H,A
                MOV     35H,A
                MOV     A,#0FFH         ;clear internal memory -
                MOV     40H,A           ;for switch path ststus
                MOV     41H,A
                MOV     42H,A
                MOV     43H,A
MAINPROGRAM:    NOP                     ;main program
TELEPHONE1:     MOV     P3,#0E1H        ;begin with telephone no.1
                LCALL   READ
                MOV     R0,A
                JNB     ACC.7,SERVICE1  ;check hook status
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,21H
                LCALL   CLR]CALLED      ;clear called flag
                MOV     21H,A
                MOV     A,22H
                LCALL   CLR]CALLED
                MOV     22H,A
                MOV     A,20H
                JB      ACC.3,RELAX1
                JB      ACC.0,RELAX1
                CALL    CLR]ALL         ;clear all status for new loop
                CALL    CLEAR]SW1
                JMP     TELEPHONE2
SERVICE1:       MOV     A,20H           ;service when hand up :hook =0
                LCALL   CLR]HOOK
                MOV     20H,A
                MOV     A,R0
                JNB     ACC.4,CHK]RECEIVE1  ;check press number
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,20H
                JB      ACC.1,RELAX1
                MOV     P3,#0E2H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,20H
                LCALL   SET]PRESS
                MOV     20H,A
RELAX1:         JMP     TELEPHONE2
CHK]RECEIVE1:   MOV     A,20H               ;check number
                JNB      ACC.1,DIALGO
                JB      ACC.2,CHK]RECEIVE2
                LCALL   SET]RECEIVE1
                MOV     20H,A
                MOV     A,R0
                ANL     A,#00001111B
                MOV     30H,A
                MOV     A,20H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     20H,A
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                JMP     TELEPHONE2
DIALGO:         MOV     A,20H
                ANL     A,#10000100B      ;check receive 2 number
                XRL     A,#10000100B
                JZ      SWITCHING1
                MOV     A,20H
                ANL     A,#00000100B      ;check receive 1 number
                XRL     A,#00000100B
                JZ      GET]NO1
                MOV     A,20H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     20H,A
                MOV     A,20H
                JB      ACC.4,TELE1
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   DIAL                ;send dial to telephone
                JMP     TELEPHONE2
                GET]NO1:        MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     20H,A
 TELE1:         JMP     TELEPHONE2
CHK]RECEIVE2:    MOV     A,20H
                JB      ACC.7,SWITCHING1
                LCALL   CLR]PRESS
                LCALL   SET]RECEIVE2
                MOV     20H,A
                MOV     A,R0
                ANL     A,#00001111B
                MOV     31H,A           ;save number in memory
                JMP     TELEPHONE2
SWITCHING1:     MOV     A,30H
                XRL     A,#00001000B    ;check commu. in or out -
                JZ      IN]CENTER       ; exchange
                MOV     A,30H
                XRL     A,#00001001B
                JZ      OUT]CENTER
                MOV     P3,#0E2H        ;press wrong number,send busy
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE2
IN]CENTER:      MOV     A,20H           ;service in exchange
                LCALL   CLR]OTHER
                MOV     20H,A
                MOV     A,31H
                XRL     A,#00000010B
                JZ      SWITCH12
                MOV     A,31H
                XRL     A,#00000011B
                JZ      SWITCH13
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE2
OUT]CENTER:     MOV     A,#1H           ;service out exchange
                MOV     B,31H
                LCALL   ProgramTDM      ;show time slot managing
                JMP     TELEPHONE2
SWITCH12:       MOV     A,21H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     ACC.0,CANT]CALL12
                LCALL   SET]CALLED
                MOV     21H,A
                MOV     P3,#0E2H          ;can connect ,send ringing
                LCALL   RING]BACK         ;to called and send ringback
                MOV     P3,#0E6H          ;to the calling
                LCALL   RINGING
                LCALL   CONNECT12
                JMP     TELEPHONE2
CANT]CALL12:    MOV     A,21H               ; can't connect,send busy
                JB      ACC.4,TELEPHONE2
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE2
SWITCH13:       MOV     A,22H
                JNB     ACC.0,CANT]CALL13
                LCALL   SET]CALLED
                MOV     22H,A
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   RING]BACK
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   RINGING
                LCALL   CONNECT13
                JMP     TELEPHONE2
CANT]CALL13:    MOV     A,22H
                JB      ACC.4,TELEPHONE2
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE2
TELEPHONE2:     MOV     P3,#0E5H          ;service next telephone
                LCALL   READ              ; like telephone1 in all part
                MOV     R1,A
                JNB     ACC.7,SERVICE2
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,20H
                LCALL   CLR]CALLED
                MOV     20H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,22H
                LCALL   CLR]CALLED
                MOV     22H,A
                MOV     A,21H
                JB      ACC.3,RELAX2
                JB      ACC.0,RELAX2
                LCALL   CLR]ALL2
                LCALL   CLEAR]SW2
                JMP     TELEPHONE3

SERVICE2:       MOV     A,21H
                LCALL   CLR]HOOK
                MOV     21H,A
                MOV     A,R1
                JNB     ACC.4,CHK]RECEIVE21
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,21H
                JB      ACC.1,RELAX2
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,21H
                LCALL   SET]PRESS
                MOV     21H,A
RELAX2:         JMP     TELEPHONE3
CHK]RECEIVE21:  MOV     A,21H
                JNB     ACC.1,DIALGO2
                JB      ACC.2,CHK]RECEIVE22
                LCALL   SET]RECEIVE1
                MOV     21H,A
                MOV     A,R1
                ANL     A,#00001111B
                MOV     32H,A
                MOV     A,21H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     21H,A
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     TELEPHONE3
DIALGO2:        MOV     A,21H
                ANL     A,#10000100B
                XRL     A,#10000100B
                JZ      SWITCHING2
                MOV     A,21H
                ANL     A,#00000100B
                XRL     A,#00000100B
                JZ      GET]NO21
                MOV     A,21H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     A,21h
                JB      ACC.4,TELE3
                MOV     21H,A
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   DIAL
                JMP     TELEPHONE3
GET]NO21:       MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,21H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     21H,A
                JMP     TELEPHONE3
CHK]RECEIVE22:  MOV     A,21H
                JB      ACC.7,SWITCHING2
                LCALL   CLR]PRESS
                LCALL   SET]RECEIVE2
                MOV     21H,A
                MOV     A,R1
                ANL     A,#00001111B
                MOV     33H,A
TELE3:          JMP     TELEPHONE3
SWITCHING2:     MOV     A,32H
                XRL     A,#00001000B
                JZ      IN]CENTER2
                MOV     A,32H
                XRL     A,#00001001B
                JZ      OUT]CENTER2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE3
IN]CENTER2:     MOV     A,21H
                LCALL   CLR]OTHER
                MOV     21H,A
                MOV     A,33H
                XRL     A,#00000001B
                JZ      SWITCH21
                MOV     A,33H
                XRL     A,#00000011B
                JZ      SWITCH23
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE3
OUT]CENTER2:    MOV     A,#2H
                MOV     B,33H
                LCALL   ProgramTDM
                JMP     TELEPHONE3
SWITCH21:       MOV     A,20H
                JNB     ACC.0,CANT]CALL21
                LCALL   SET]CALLED
                MOV     20H,A
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   RING]BACK
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   RINGING
                LCALL   CONNECT12
                JMP     TELEPHONE3
CANT]CALL21:    MOV     A,20H
                JB      ACC.4,TELEPHONE3
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE3
SWITCH23:       MOV     A,22H
                JNB     ACC.0,CANT]CALL23
                LCALL   SET]CALLED
                MOV     22H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   RING]BACK
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   RINGING
                LCALL   CONNECT23
                JMP     TELEPHONE3
CANT]CALL23:    MOV     A,22H
                JB      ACC.4,TELEPHONE3
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   BUSY
                JMP     TELEPHONE3
TELEPHONE3:     MOV     P3,#0E9H
                LCALL   READ
                MOV     R2,A
                JNB     ACC.7,SERVICE3
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,20H
                LCALL   CLR]CALLED
                MOV     20H,A
                MOV     A,21H
                LCALL   CLR]CALLED
                MOV     21H,A
                MOV     A,22H
                JB      ACC.3,RELAX3
                JB      ACC.0,RELAX3
                LCALL   CLR]ALL3
                LCALL   CLEAR]SW3
                JMP     MAINPROGRAM
SERVICE3:       MOV     A,22H
                LCALL   CLR]HOOK
                MOV     22H,A
                MOV     A,R2
                JNB     ACC.4,CHK]RECEIVE31
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,22H
                JB      ACC.1,RELAX3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     A,22H
                LCALL   SET]PRESS
                MOV     22H,A
RELAX3:         JMP     MAINPROGRAM
CHK]RECEIVE31:  MOV     A,22H
                JNB     ACC.1,DIALGO3
                JB      ACC.2,CHK]RECEIVE32
                LCALL   SET]RECEIVE1
                MOV     22H,A
                MOV     A,R2
                ANL     A,#00001111B
                MOV     34H,A
                MOV     A,22H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     22H,A
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   SIGNAL]OFF
                LJMP    MAINPROGRAM
DIALGO3:        MOV     A,22H
                ANL     A,#10000100B
                XRL     A,#10000100B
                JZ      SWITCHING3
                MOV     A,22H
                ANL     A,#00000100B
                XRL     A,#00000100B
                JZ      GET]NO31
                MOV     A,22H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     22H,A
                MOV     A,22H
                JB      ACC.4,TELE4
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   DIAL
TELE5:          LJMP    MAINPROGRAM
GET]NO31:       MOV     P3,#0EAH
                LCALL   SIGNAL]OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,22H
                LCALL   CLR]PRESS
                MOV     22H,A
TELE4:          LJMP    MAINPROGRAM
CHK]RECEIVE32:  MOV     A,22H
                JB      ACC.7,SWITCHING3
                LCALL   CLR]PRESS
                LCALL   SET]RECEIVE2
                MOV     22H,A
                MOV     A,R2
                ANL     A,#00001111B
                MOV     35H,A
                JMP     MAINPROGRAM
SWITCHING3:     MOV     A,34H
                XRL     A,#00001000B
                JZ      IN]CENTER3
                MOV     A,34H
                XRL     A,#00001001B
                JZ      OUT]CENTER3
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   BUSY
                LJMP    MAINPROGRAM
IN]CENTER3:     MOV     A,22H
                LCALL   CLR]OTHER
                MOV     22H,A
                MOV     A,35H
                XRL     A,#00000001B
                JZ      SWITCH31
                MOV     A,35H
                XRL     A,#00000010B
                JZ      SWITCH32
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   BUSY
                JMP     MAINPROGRAM
OUT]CENTER3:    MOV     A,#3H
                MOV     B,35H
                LCALL   ProgramTDM
                JMP     MAINPROGRAM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SWITCH31:       MOV     A,20H
                JNB     ACC.0,CANT]CALL31
                LCALL   SET]CALLED
                MOV     20H,A
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   RING]BACK
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   RINGING
                LCALL   CONNECT13
                JMP     MAINPROGRAM
CANT]CALL31:    MOV     A,20H
                JB      ACC.4,GOBACK
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   BUSY
                JMP     MAINPROGRAM
SWITCH32:       MOV     A,21H
                JNB     ACC.0,CANT]CALL32
                LCALL   SET]CALLED
                MOV     21H,A
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   RING]BACK
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   RINGING
                LCALL   CONNECT23
                JMP     MAINPROGRAM
CANT]CALL32:    MOV     A,21H
                JB      ACC.4,GOBACK
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   BUSY
GOBACK:         LJMP    MAINPROGRAM
CONNECT12:      MOV     P3,#0F0H
                MOV     P1,#80H
                LCALL   WRITE
                MOV     P3,#0F1H
                MOV     P1,#0F9H
                LCALL   WRITE
                MOV     A,#0F9H
                MOV     40H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P3,#0F2H
                LCALL   SPEECH]ON
                MOV     P3,#0F6H
                LCALL   SPEECH]ON
                MOV     A,20H
                LCALL   SET]TALK
                MOV     20H,A
                MOV     A,21H
                LCALL   SET]TALK
                MOV     21H,A
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                RET
CONNECT13:      MOV     P3,#0F0H
                MOV     P1,#40H
                LCALL   WRITE
                MOV     P3,#0F1H
                MOV     P1,#0F5H
                LCALL   WRITE
                MOV     A,#0F5H
                MOV     41H,A
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SPEECH]ON
                MOV     P3,#0EAH
                LCALL   SPEECH]ON
                MOV     A,20H
                LCALL   SET]TALK
                MOV     20H,A
                MOV     A,22H
                LCALL   SET]TALK
                MOV     22H,A
                MOV     P3,#0E2H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                MOV     P3,#0E6H
                LCALL   SIGNAL]OFF
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONNECT23:  MOV     P3,#0F0H
            MOV     P1,#18H
            LCALL   WRITE
            MOV     P3,#0F1H
            MOV     P1,#0F3H
            LCALL   WRITE
            MOV     A,#0F3H
            MOV     42H,A
            MOV     P3,#0E6H
            LCALL   SPEECH]ON
            MOV     P3,#0EAH
            LCALL   SPEECH]ON
            MOV     A,21H
            LCALL   SET]TALK
            MOV     21H,A
            MOV     A,22H
            LCALL   SET]TALK
            MOV     22H,A
            MOV     P3,#0E6H
            LCALL   SIGNAL]OFF
            MOV     P3,#0EAH
            LCALL   SIGNAL]OFF
            RET
CLEAR]SW1:  MOV     A,40H
            ORL     A,#00000010B
            MOV     P3,#0F1H
            MOV     P1,A
            LCALL   WRITE
            RET
CLEAR]SW2:  MOV     A,41H
            ORL     A,#00000100B
            MOV     P3,#0F1H
            MOV     P1,A
            LCALL   WRITE
            RET
CLEAR]SW3:  MOV     A,42H
            ORL     A,#00001000B
            MOV     P3,#0F1H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET]HOOK:       ORL     A,#00000001B
                RET
CLR]TALK:       ANL     A,#11101111B
                RET
SET]TALK:       ORL     A,#00010000B
                RET
SIGNAL]OFF:     MOV     P1,#1
                LCALL   WRITE
                RET
DIAL:           MOV     P1,#9H
                LCALL   WRITE
                RET
BUSY:           MOV     P1,#5H
                LCALL   WRITE
                RET
RING]BACK:      MOV     P1,#3H
                LCALL   WRITE
                RET
RINGING:        MOV     P1,#0
                LCALL   WRITE
                RET
SPEECH]ON:      MOV     P1,#81H
                LCALL   WRITE
                RET
WRITE:          CLR     P3.6
                SETB    P3.6
                RET
READ:           CLR     P3.7
                SETB    P3.7
                MOV     A,P1
                RET
DELAY:          MOV     R7,#8
                DJNZ    R7,$
                RET
TDMBufferDataA          EQU     028H            ;Assign Buffer
TDMBufferDataB          EQU     029H            ;Assign Buffer

;+----+----+----+----+----+----+----+----+----+
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;| Rx | Tx | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | ---  DATA FORMAT
;+----+----+----+----+----+----+----+----+
;|  0 |  0 |  x |  x |  x |  x |  x |  x | ---  ASSIGN Tx & Rx
;|  1 |  0 |  x |  x |  x |  x |  x |  x | ---  ASSIGN Rx ONLY
;|  0 |  1 |  x |  x |  x |  x |  x |  x | ---  ASSIGN Tx ONLY
;|  1 |  1 |  x |  x |  x |  x |  x |  x | ---  POWER DOWN TSAC
;+----+----+----+----+----+----+----+----+

                TxBit           EQU     ACC.6
                RxBit           EQU     ACC.7
ProgramTDM:
ProgramTDM]Begin:
                PUSH    ACC
                PUSH    B
                MOV     TDMBufferDataA,A
                MOV     TDMBufferDataB,B
                LCALL   TDMProcess          ;Program CH3
                MOV     A,TDMBufferDataA
                MOV     TDMBufferDataA,TDMBufferDataB
                MOV     TDMBufferDataB,A
                LCALL   TDMProcess          ;Program CH1
                POP     B
                POP     ACC
ProgramTDM]End: RET

;-------------------------------------------------------
;PowerDownByte   EQUU     11111111B

;PCMPowerDown:
;PCMPowerDown]Begin:
;                PUSH    B
;                MOV     B,#PowerDownByte
;                LCALL   TDMControl
;                POP     B
;PCMPowerDown]End:       RET
;=======================================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

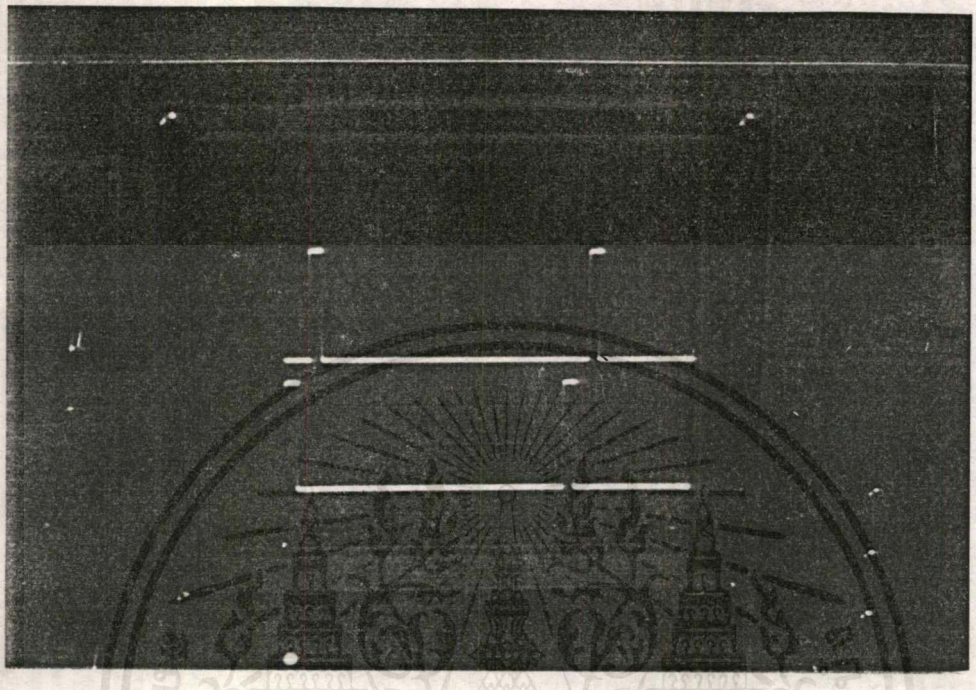
```
TDMProcess:
TDMProcess]Begin:
                MOV     A,TDMBufferDataA
                SETB    TxBit
                MOV     B,A
                MOV     A,TDMBufferDataA
                LCALL   TDMControl
                MOV     A,TDMBufferDataB
                SETB    RxBit
                MOV     B,A
                MOV     A,TDMBufferDataA
                LCALL   TDMControl
                TDMProcess]End: RET


TDMControl:
TDMControl]Begin:
                LCALL   TDMInit
                LCALL   TDMDataLoop
TDMControl]End: RET

;=====================================================
DIMask          EQU     00000110B
DataMask        EQU     00000001B
ClockMask       EQU     00000010B
ClockTrig       EQU     00000101B
ChipSelect      EQU     00000110B
CTS1            EQU     11111110B
TDMNormal       EQU     00000010B

TDMLoopCount    EQU     02AH

TDMInit:
                MOV     P3,#0E0H        ;(#0E0  Out Port A SLIC)
                MOV     P1,#ClockMask
                LCALL   WRITE
                NOP
                MOV     P1,#ChipSelect
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

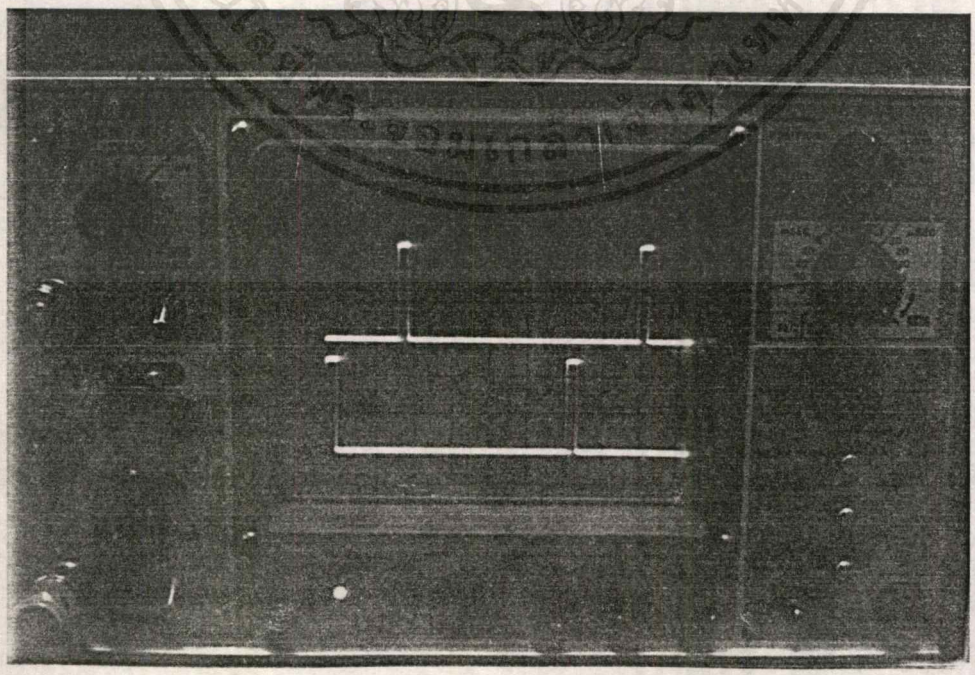
```
                LCALL   WRITE
                MOV     TDMLoopCount,#8h
TDMInit]END:    RET


TDMDataLoop:
TDMDataLoop]Begin:
                MOV     A,B
                RL      A
                MOV     B,A
                ANL     A,#DataMask
                ORL     A,#DIMask
                MOV     P1,A
                LCALL   WRITE
                LCALL   TDMClock
                DJNZ    TDMLoopCount,TDMDataLoop
                MOV     B,#0
                DJNZ    B,$
                MOV     P1,#TDMNormal
                LCALL   WRITE
TDMDataLoop]End:RET

TDMClock:
TDMClock]Begin: ANL     A,#ClockTrig
                MOV     P1,A
                LCALL   WRITE
                ORL     A,#DIMask
                MOV     P1,A
                LCALL   WRITE
TDMClock]End:   RET

;---------------------------------------------------------------
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงการจัดช่องสัญญาณ



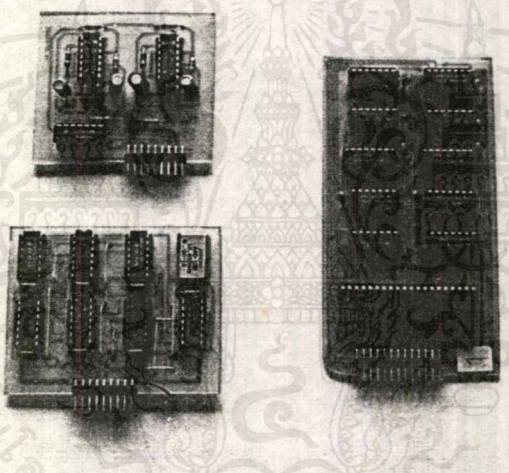
ก. ส่วนส่ง ๆ ไปใน Time Slot ที่ 1 ส่วนรับ ๆ ที่ Time Slot ที่ 3



ข. ส่วนส่ง ๆ ไปใน Time Slot ที่ 1 ส่วนรับ ๆ ที่ Time Slot ที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์

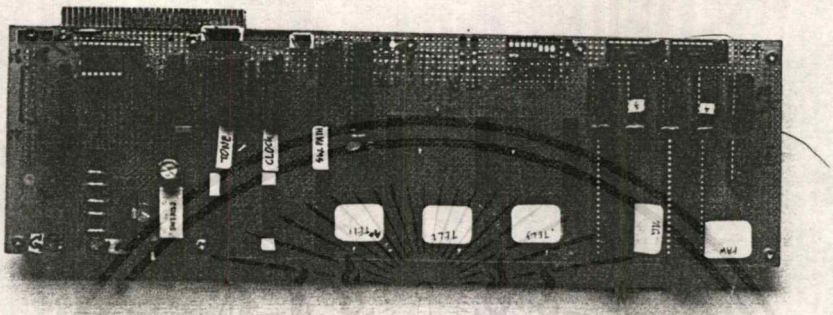


วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

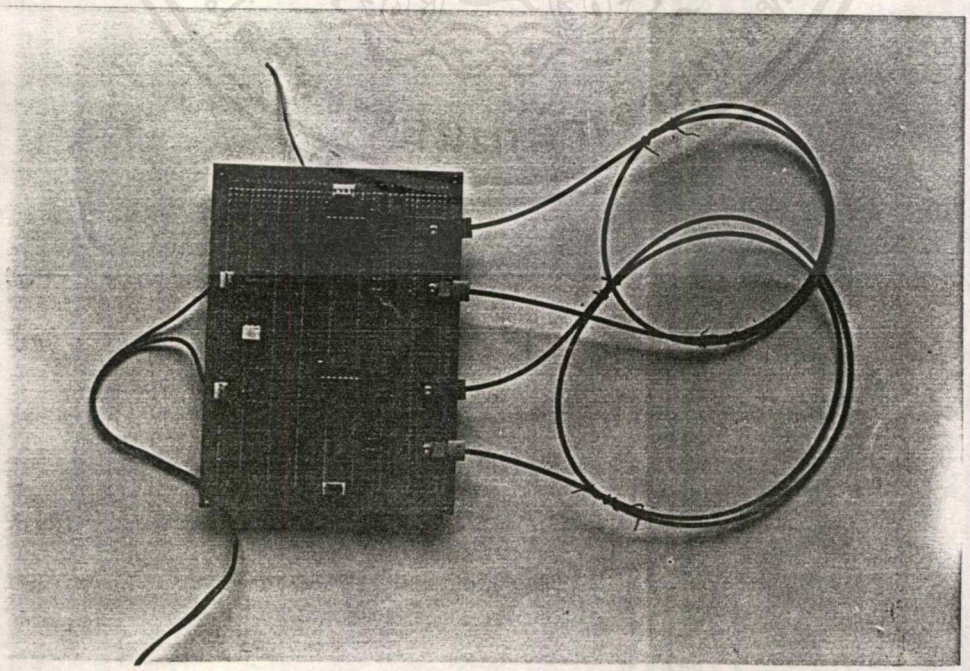
วงจรตัดต่อช่องสัญญาณ

รูปแสดงต้นแบบส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์, ส่วนกำเนิดความถี่สัญญาณนาฬิกา และส่วนสวิทชิ่งแบบครอสพอยท์ 4 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

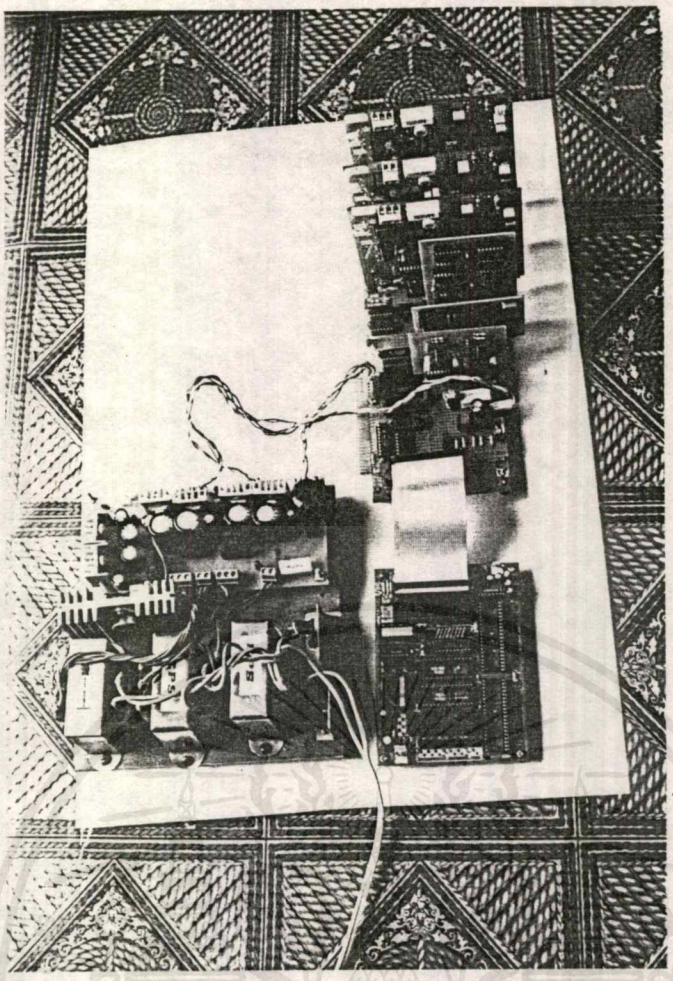


รูปแสดงส่วนชุมสายพร้อมส่วนถอดรหัสแอดเดรส, Ringing Circuit, วงจรสร้างสัญญาณอ่าน/เขียน, วงจรกำเนิดและจัดช่องสัญญาณ FAW และ Signaling Generator

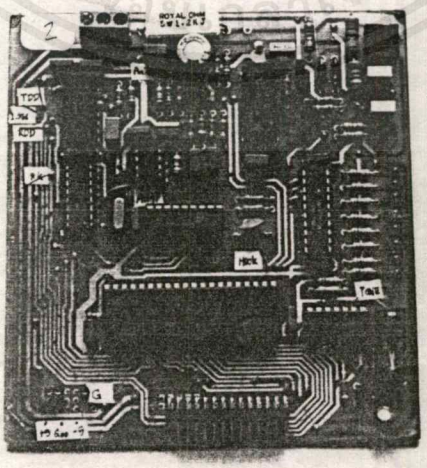


รูปแสดงส่วนรับ/ส่งข้อมูลผ่านสายใยแก้วนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงต้นแบบชุมสายโทรศัพท์ทั้งระบบพร้อมภาคจ่ายไฟและระบบควบคุม



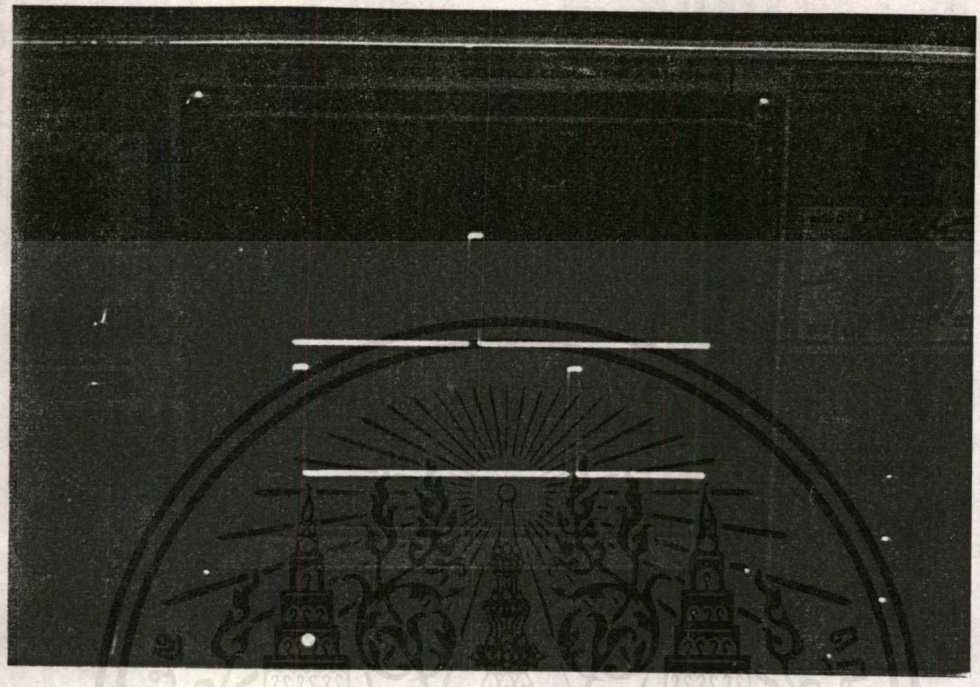
รูปแสดงต้นแบบ SLIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

รูปแสดงเครื่องต้นแบบเครื่องชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค. ส่วนส่ง ๆ ไปใน Time Slot ที่ 1 ส่วนรับ ๆ ที่ Time Slot ที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้