ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล

Digital Key Telephone System

โดย

นายวุฒิชัย เสียมไธสง

นายสุริยัน ปัญจวิทยาคม

นายสมนึก คงอาษา

วัน เดือน ปี 1 ต.ค. 2541

เลขทะเบียน 038393

เลขเรียกหนังสือ TS941K 1865

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล

Digital Key Telephone System

โดย

นายวุฒิชัย เสียมไธสง เลขประจำตัว 37013265

นายสุริยัน ปัญจวิทยาคม เลขประจำตัว 37013274

นายสมนึก คงอาษา เลขประจำตัว 36013129

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2539

ภาควิชา อิเลกทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล

ผู้จัดทำ

1. นายวุฒิชัย เสียมไชสง เลขประจำตัว 37013265
2. นายสุริยัน ปัญจวิทยาคม เลขประจำตัว 37013274
3. นายสมนึก คงอาษา เลขประจำตัว 36013129

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล

วุฒิชัย เสียมไธสง
สุริยัน ปัญจวิทยาคม
สมนึก คงอาษา
รศ. ดร. มนัส สังวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและนำความรู้ ทางด้านอิเลคทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ประยุกต์ใช้งาน โดยปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเขียนโปรแกรมให้ไมรโครโปรเซสเซอร์ควบคุมระบบโทรศัพท์ภายในและติดต่อภายนอกโดยสามารถติดต่อสายนอกได้ 2 คู่สาย และติดต่อภายในได้ 4 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องสามารถโทรติดต่อพูดคุยกันได้โดยการกดคีย์ จึงเรียกระบบนี้ว่า Digital Key Telephone System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digital Key Telephone

Wuttichai Seamthaisong

Suriyan Panjavittayakorm

Somnueh Khong-arsa

1996

Abstract

This thesis is the study key telephone system and application electronics by using microprocessor control system. The key telephone system is designed for standalane operating by itself or with a private automatic branch exchange. It can increase in size from the two outside lines and four extension.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ABSTRACT)

สารบัญรูป I

สารบัญตาราง IIII

บทที่ 1 : บทนำ 1

บทที่ 2 : โทรศัพท์ 2

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์ 2

2.2 สัญญาณเสียงพูดในระบบโทรศัพท์ 2

2.3 สัญญาณรบกวน 5

2.4 เครื่องโทรศัพท์ 6

2.5 กลไกการเชื่อมต่อ 6

2.6 การสนทนา 9

2.7 โทรศัพท์แบบกดปุ่มและแบบแป้นหมุน 12

2.8 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข 13

2.9 ระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม 15

2.10 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง 17

2.11 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบทั้งสอง 17

บทที่ 3 : ชุมสายโทรศัพท์ 19

3.1 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์ 19

3.2 ข่ายสายแบบต่าง ๆ 21

3.3 แผนการกำหนดเลขหมายโทรศัพท์ 24

3.4 ระบบสวิตชิ่งด้วยมือ 26

3.5 ระบบสวิตชิ่งอัตโนมัติ 30

3.6 สวิตชิ่งอัตโนมัติระบบอิเล็กทรอนิคส์ 34

3.7 ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 4 : ไมโครคอลโทรลเลอร์ 89C51 42

4.1 สมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 42

4.2 โครงสร้างภายนอกของ 89C51 43

4.3 โครงสร้างภายในของ 89C51 46

4.4 การจัดหน่วยความจำ 47

4.5 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) 49

4.6 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 58

บทที่ 5 : วงวรและการทำงานของวงวรโทรศัพท์ 64

บทที่ 6 : การทดลองและผลการทดลอง 70

6.1 การทดลองภาค DTMF 70

6.2 การทดลองภาคคีย์บอร์ด 70

6.3 การทดลองการรับส่งสัญญาณเสียง 70

บทที่ 7 : บทสรุป 92

หนังสืออ้างอิง 127

ภาคผนวก 128

- Data sheet AT89C51 128

- Data sheet 75176 142

- Data sheet DTMF 5089 150

- Data sheet crosspoint 22100 152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูป 2.1 แสดงแถบความถี่ของเสียงพูด	3
รูป 2.2 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง	3
รูป 2.3 วงจรอย่างง่ายในการอธิบาย คำสั่งงานของสัญญาณที่โหลด	4
รูป 2.4 แสดงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์ และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	7
รูป 2.5 แสดงการลดระดับ SIDE TONE แบบ BRIDGE	10
รูป 2.6 แสดงวงจรลดระดับไซด์โทนบริดจ์ขณะพูด	10
รูป 2.7 แสดงวงจรลดระดับไซด์โทนชนิดบริดจ์ขณะรับฟัง	11
รูป 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	12
รูป 2.9 แสดงวงจรหมุนหมายเลขแบบ PULSE อย่างง่าย	14
รูป 2.10 แสดง PULSE ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนหมายเลข 4	15
รูป 2.11 แสดงหน้าปัดของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	16
รูป 2.12 แสดงวงจรพื้นฐานของการกำเนิดความถี่ระบบ DTMF	17
รูป 3.1 แสดงการต่อสวิทช์ ของชุมสายโทรศัพท์แบบอนาล็อก	20
รูป 3.2 แสดงหลักการของชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล	21
รูป 3.3 แสดงการวางสายโทรศัพท์โดยตรง	22
รูป 3.4 แสดงข่ายสายแบบ STAR SHAPED NETWORK	23
รูป 3.5 แสดงข่ายสายท้องถิ่น	24
รูป 3.6 แสดงข่ายสายชนิดสตาร์หลายชั้น	24
รูป 3.7 แสดงวงจรตู้สลับสายโทรศัพท์ระบบแบตเตอรีร่วม	26
รูป 3.8 แสดงดวงไฟ LINE LAMP สว่าง	27
รูป 3.9 แสดงวงจรการทำงานของ RELAY A	27
รูป 3.10 ดวงไฟ LD2 สว่าง	28
รูป 3.11 แสดงวงจรการทำงานของ RELAY C	28
รูป 3.12 แสดงดวงไฟ LS2 ดับ	28
รูป 3.13 แสดงวงจรการสนทนาระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก	29
รูป 3.14 ดวงไฟ LS1 สว่าง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูป 3.15 ควงไฟ LS2 สว่าง	29
รูป 3.16 แสดงการเรียกหมายเลข 3054	30
รูป 3.17 แสดงเมื่อผู้เรียกยกปากพูดหูฟังขึ้น	32
รูป 3.18 แสดงเมื่อผู้เรียกหมุนหมายเลข	32
รูป 3.19 แสดงช่วงดำเนินการต่อวงจร	33
รูป 3.20 แสดงถึงช่วงสนทนา	34
รูป 3.21 แสดงโครงสร้างชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG	35
รูป 3.22 แสดงความแตกต่างของ SPC แบบ ANALOG กับ SPC แบบ DIGITAL	36
รูป 3.23 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL	37
รูป 3.24 แสดง TIME SWITCH	39
รูป 3.25 แสดง SPACE SWITCH	40
รูป 3.26 แสดงการนำเอา CROSSPOINT มาต่อรวมกัน	41
รูป 4.1 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51	43
รูป 4.2 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	46
รูป 4.3 แสดงการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำ	48
รูป 4.4 แสดงการจัดหน่วยความจำตำแหน่งของรีจีสเตอร์	49
รูป 4.5 รีจีสเตอร์ใช้งานพิเศษ	50
รูป 4.6 รีจีสเตอร์ SBUF	52
รูป 4.7 บิตต่าง ๆ ในรีจีสเตอร์ PCON	53
รูป 4.8 บิตต่าง ๆ ภายในรีจีสเตอร์ IE	54
รูป 4.9 บิตต่าง ๆ ภายในรีจีสเตอร์ IP	55
รูป 4.10 ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์	55
รูป 4.11 ตำแหน่งเวคเตอร์ แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์	56
รูป 4.12 บิตต่าง ๆ ภายในรีจีสเตอร์ TMOD	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูป 4.13	บิตต่าง ๆ ภายในรีจีสเตอร์ TCON	57
รูป 4.14	บิตต่าง ในรีจีสเตอร์ T2CON	57
รูป 4.15	บิตต่าง ๆ ภายในรีจีสเตอร์ SCON	58
รูป 5.1	Block Daigram ของโทรศัพท์	65
รูป 5.2	แผนผังระบบโปรแกรม	66
รูป 5.3	Flow Chart โปรแกรม	67
รูป 5.4	วงจร Main Board ของโทรศัพท์	68
รูป 5.5	วงจรส่วนโทรศัพท์	69
รูป 6.1	วงจรแหล่งจ่ายไฟของโทรศัพท์	71
รูป 6.2	วงจรภาครับและส่งสัญญาณดิจิตอล	72
รูป 6.3	วงจรภาคคีย์บอร์ด	73
รูป 6.4	วงจรภาครับและส่งสัญญาณเสียงของโทรศัพท์	82
รูป 6.5	วงจรภาคขยายเสียงของโทรศัพท์	83
รูป 6.6	วงจร ภาคแสดงผล Led ของชุโทรศัพท์	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงความถี่ที่มอดดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข	8
ตารางที่ 4.1	แสดงหน้าที่พิเศษแต่ละขาของพอร์ต P3	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยี่ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้เจริญรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเทคโนโลยี่ทางด้านการสื่อสาร ดังนั้นโทรศัพท์ที่ใช้ตามสำนักงาน ตามบริษัทหรือตามบ้านจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารเพื่อประหยัดเวลา โดยประเทศไทยก็มีการขยาย บริการทางด้านโทรศัพท์ให้ได้หลายล้านเลขหมาย เพื่อให้สัดส่วนการบริการโทรศัพท์ต่อประชากรของไทยเท่ากับ 10 เลขหมายต่อ 100 คน ดังนั้นโครงงานนี้จึงทำขึ้นมาเพื่อจะช่วยในการใช้งานในระบบโทรศัพท์ให้สะดวกขึ้น โดยปกติทั่วไปโทรศัพท์ที่ใช้ตามบ้านหรือสำนักงาน จะใช้โทรศัพท์ที่ต่อโดยตรงกับสายจากองค์การโทรศัพท์ ในกรณีที่มีคู่สายจากองค์การโทรศัพท์จำกัด ก็ต้องมารอในการใช้โทรศัพท์ทำให้เสียเวลาและเสียลูกค้าได้ เนื่องจากระบบโทรศัพท์ภายในไม่สะดวก จะต้องเพิ่มคู่สายทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น

ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงเป็นการศึกษานำเอาระบบที่เรียกว่า KEY TELEPHONE SYSTEM มาช่วยโดยจะมี KEY LED บอกคู่สายว่ามีการใช้หรือว่าง และมีโทรศัพท์ภายในได้ 4 เครื่อง แต่ละเครื่องสามารถติดต่อสายนอกโดยการกด KEY สายนอกได้เลย หรือถ้ามีสายนอกเข้ามาก็จะมีสัญญาณบอกว่ามีสายนอกเข้ามา ขณะที่ใช้โทรศัพท์ภายใน โดยดูที่ KEY LED ดังนั้นจึงเป็นระบบที่อำนวยความสะดวก โดยไม่ต้องเสียเวลาในการเดินติดต่อสื่อสารกันและสามารถทำให้ใช้คู่สายจากองค์การโทรศัพท์ใช้ประโยชน์ในคู่สายนั้นได้เต็มที่ โดยไม่ต้องเพิ่มคู่สายมากขึ้น

ปริญญานิพนธ์นี้จึงศึกษา และนำความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และไมโครโปรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้งาน โดยการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุม ระบบโทรศัพท์ภายใน และการติดต่อสายนอกโดยสามารถต่อสายนอกได้ 2 คู่สาย และติดต่อภายในได้ 4 เครื่อง และแต่ละเครื่องสามารถโทรติดต่อภายในได้ตามหมายเลขที่กำหนด โดยการใช้การกด KEY DTMF หรือถ้ามีสายนอกเข้ามาก็จะมี LED กระพริบและเสียง RINGING เตือนว่ามีการเรียกเข้ามาจึงทำให้ 4 เครื่องติดต่อทั้งภายในและสายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
โทรศัพท์

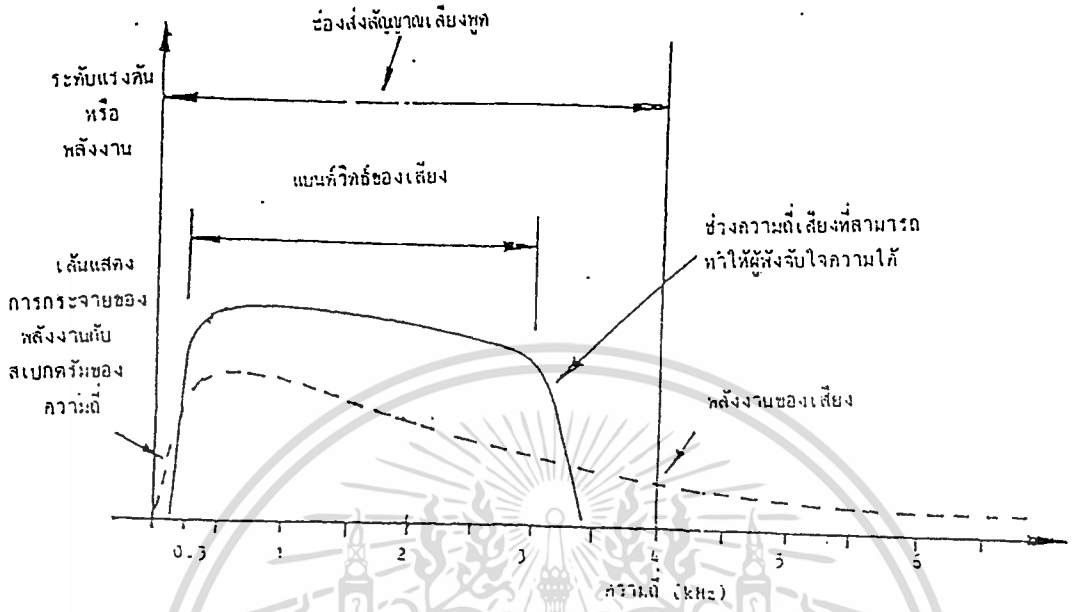
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

ปัจจุบันการสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ในชีวิตประจำวันเรียกได้ว่าต้องมีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลาก็ว่าได้ และระบบโทรศัพท์ก็เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดอีกระบบหนึ่ง ซึ่งโทรศัพท์ที่เห็นกันอยู่ทั่วไปจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบกดปุ่ม และแบบหมุนหน้าปัดทั้ง 2 แบบก็จะมีหน้าที่การใช้งานที่เหมือนกัน คือ จะเปลี่ยนสัญญาณเสียงจากผู้ส่งเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วส่งไปตามสายไปยังผู้รับ และเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าทางผู้รับให้เป็นสัญญาณเสียง เพื่อที่จะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้การติดต่อสื่อสารกันในระบบโทรศัพท์นั้นโดยทั่วไปแล้วจุดมุ่งหมาย คือ การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารซึ่งกันและกันหมายถึงการคุยกันให้รู้เรื่องว่าอะไรเป็นอะไร

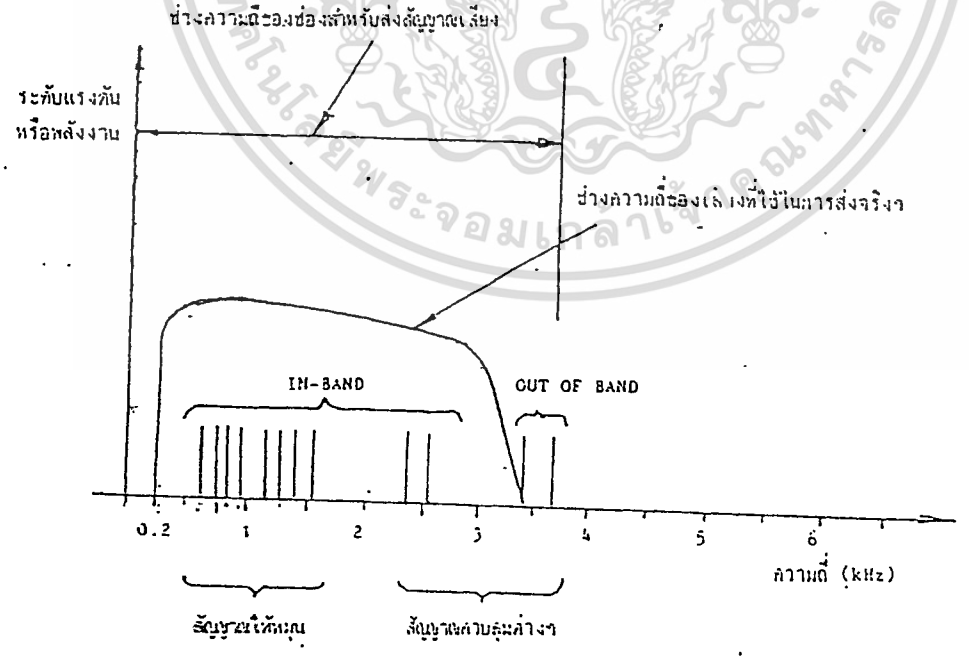
2.2 สัญญาณเสียงพูดในระบบโทรศัพท์

สัญญาณเสียงพูดจัดเป็นสัญญาณอะนาลอกที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเนื่องจากความถี่เสียงของผู้หญิงและผู้ชายจะไม่เท่ากัน ทำให้เกิดแบนด์วิชด์กว้าง ถ้าดูจากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าเสียงพูดมีแบนด์วิชช์ตั้งแต่ 100 เฮิตซ์ไปจนถึง 6 กิโลเฮิตซ์ แต่จริงแล้วเสียงพูดที่ทำให้คนฟังแล้วสามารถจับใจความได้จะอยู่ในช่วง 200 - 4,000 เฮิตซ์เท่านั้น วงจรของความถี่จึงได้ถูกออกแบบมาเพื่อได้ตอบสนองความถี่ในช่วงตั้งแต่ 0 - 4,000 เฮิตซ์สามารถผ่านเข้าไปในระบบได้และย่านความถี่ช่วงนี้ก็ถูกเรียกว่า "ช่องสัญญาณเสียงพูด" (VOICE CHANNEL) แต่อย่างไรก็ตามย่านความถี่ที่ใช้งานจริงจะอยู่ในช่วง 300 - 3,000 เฮิตซ์เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้งานในการส่งได้เต็มช่องความถี่ เพราะเนื่องจากว่า ความถี่ถือเป็นทรัพยากรณ์ธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่สามารถทดแทนได้และอีกอย่าง คือ ถ้าแบนด์วิชด์ยิ่งกว้างวงจรที่ทำงานก็ยิ่งต้องออกแบบให้ตอบสนองต่อแบนด์วิชด์กว้างตามไปด้วย จะทำให้ออกแบบลำบากต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงเกินความจำเป็นของจุดประสงค์ของการติดต่อทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงแถบความถี่ของเสียงพูด



รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าในช่วงความถี่ 300 - 3,000 เฮิตซ์จะประกอบไปด้วยสัญญาณต่าง ๆ หลายสัญญาณไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเสียงพูด (SPEECHTONE) หรือสัญญาณควบคุมต่าง ๆ เช่น

1. สัญญาณพร้อมให้หมุนโทรศัพท์ (DIAL TONE)
2. สัญญาณกระดิ่ง (RINGING TONE)
3. สัญญาณแจ้งว่าสายไม่ว่าง (BUSY TONE)

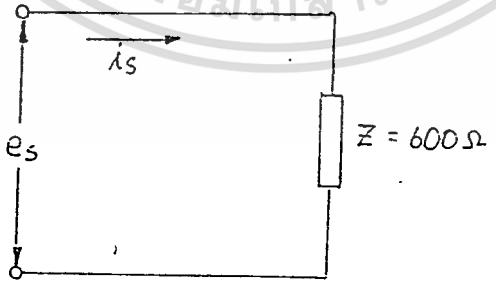
ก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่ทั้งสิ้น

เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยินนั่นก็คือ ขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณซึ่งสามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้ดียิ่งขึ้น โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์โดยอธิบายในรูปของพลังงานที่ปรากฏที่โหลด ดังรูปที่ 2.3 เช่นสายโทรศัพท์คู่หนึ่งมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหลดก็คือ

$$Pload = (E_s)^2 / 600$$

โดยที่ PL คือ คำสั่งที่เกิดขึ้นที่โหลด (วัตต์)

Es คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งออกไป (โวลท์) ซึ่งสามารถเขียนออกมาให้เป็นรูปเพื่อง่ายแก่การทำความเข้าใจได้ตามนี้



รูปที่ 2.3 วงจรอย่างง่ายในการอธิบายคำสั่งงานของสัญญาณที่โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในระบบโทรศัพท์และวงจรอิเล็คทรอนิคส์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงแล้วมักจะใช้การเปรียบเทียบกับคำสั่งขนาด 1 มิลลิวัตต์ อยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้

$$dB = 10 \log (P1 / P2)$$

เนื่องจากว่าสัญญาณเสียงมีขนาดต่ำจึงนิยมใช้คำ 1 มิลลิวัตต์เป็นค่าเปรียบเทียบ (จึงได้ค่า P2 = 1 มิลลิวัตต์ในสมการนั่นเอง) ก็จะใช้สัญลักษณ์เป็น dBm แทน dB ซึ่งความหมายจริง ๆ แล้วก็คือ การเปรียบเทียบคำสั่งที่จุดใด ๆ กับคำสั่งขนาด 1 มิลลิวัตต์ นั่นเอง

ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันจริง ๆ จะมีการกำหนดจุดๆ หนึ่งในสายส่งให้มีค่า dBm = 0 ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า ZERO LEVEL TRANSMISSION POINT (ZERO LTP) ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากการกำหนดจุด ๆ นี้ขึ้นมาก็คือ เพื่อที่จะให้สามารถทราบได้ว่า ที่ระยะต่าง ๆ ห่างจากจุด ZERO LTP มีค่ากำลังของสัญญาณเป็นกี่ dBm เมื่อทราบเพียงค่าแรงดันจากการวัดที่จุดนั้นๆหรือจะช่วยในการวิเคราะห์ว่าสัญญาณรบกวนได้เข้ามามีผลต่อระบบมากน้อยแค่ไหน

2.3 สัญญาณรบกวน

ในระบบใดๆของวงจรอิเล็คทรอนิคส์ย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมออาจจะมีผลทำให้เกิดการผิดเพี้ยน (DISTORY) ของสัญญาณเสียงพูดได้ ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของสัญญาณรบกวน และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้น ก็เป็นสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ข้างนี้เอง เช่น ความร้อน การสวิตช์ของอุปกรณ์ไทรัสเตอร์ สายไฟฟ้ากำลังสูงที่อยู่ใกล้ ๆ กับสายส่งสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่อง สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลให้ประสิทธิภาพของสัญญาณโทรศัพท์ด้อยลงทั้งสิ้น นอกจากนั้นยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่ง คือ เสียงสะท้อน (ECHO) ในสายโทรศัพท์ สาเหตุของการเกิดเสียงสะท้อน คือ เกิดจากการไม่สมดุลกัน (MISMATCHING) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ด้านเอาท์พุท โดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบโทรศัพท์ที่มี 2 สาย กับระบบที่มี 4 สาย และปัญหาของเรื่องเสียงสะท้อนจะทวีความรุนแรงขึ้น ถ้าหากให้ระยะทางระหว่างจุดที่ทำให้เกิดเสียงสะท้อนไกลพ้นมาก ๆ แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะไม่เกิดความรู้สึกถึงขั้นที่ทำให้รำคาญ

ไม่ว่าจะเป็น สัญญาณเสียงพูด สัญญาณควบคุม หรือแม้แต่สัญญาณรบกวนก็จะเกิดขึ้นในระบบโทรศัพท์ด้วยกันทั้งนั้น จะมากจะน้อยอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับวิธีป้องกันสัญญาณที่ไม่พึงปรารถนาจะให้เกิดขึ้นและการขยายสัญญาณพึงประสงค์จะให้เกิดขึ้น ซึ่งเครื่องมือที่เรียกว่า "เครื่องโทรศัพท์" จะเป็นตัวจัดการกับสัญญาณเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องโทรศัพท์

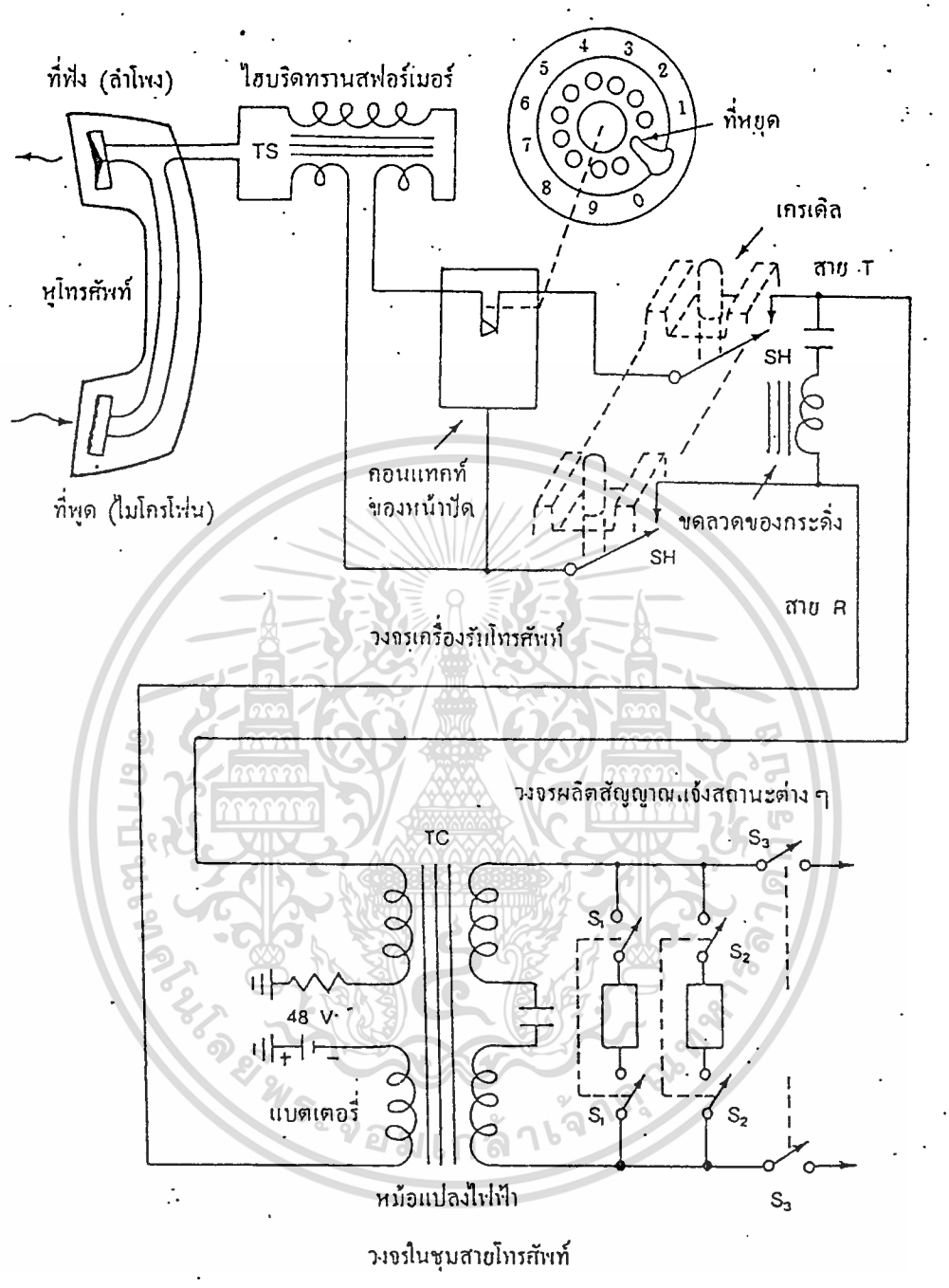
ดังที่เคยกล่าวมาแล้วว่า เครื่องโทรศัพท์มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือแบบกดปุ่มและแบบหมุนจะแตกต่างกันตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ต่อเมื่อการกดปุ่มใด ๆ ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณออกไปเป็นจำนวนพัลซ์ (PULSE) แต่ถึงอย่างไรก็ตามหน้าที่หลักของโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบ ก็ยังคงเหมือนกันอยู่สามารถสรุปได้ดังนี้

- สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง
- เครื่องโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า "สัญญาณพร้อมให้หมุนโทรศัพท์" (DIAL TONE) เป็นการบอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อได้ ซึ่งก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อยกหูโทรศัพท์ หรือที่เรียกกันว่าเสียงแมวกรนเป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิตซ์ กับ 440 เฮิตซ์ มอดดูเลตรวมกัน
- เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลข ที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยไปยังชุมสายที่ควบคุม
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่าหมายเลขที่ต้องการติดต่อว่างหรือไม่ว่าง ถ้าว่างจะส่งสัญญาณกลับ (RING BACK TONE) ที่ความถี่ 440 เฮิตซ์กับ 480 เฮิตซ์ มอดดูเลตกันมา โดยจะมีจังหวะดังนี้ คือ ดัง 2 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้ถูกเรียกจะยกหูจึงหยุดสัญญาณกลับ (RING BACK TONE) แต่ถ้าเลขหมายที่เรียกไปนั้นไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE) บอกผู้เรียก ซึ่งสัญญาณนี้จะมีความถี่ 480 เฮิตซ์ กับ 620 เฮิตซ์ มอดดูเลตกันมา
- เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอัตโนมัติ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงดันเกิดขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปบอกชุมสาย เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้วและให้ชุมสายทำการเลิกติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่ง

2.5 กลไกการเชื่อมต่อวงจร

ในการที่เครื่องโทรศัพท์สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ไม่ว่าจะเป็นผู้เรียก หรือเป็นผู้ถูกเรียกจะประกอบด้วยวงจรพื้นฐานข้างในของเครื่องโทรศัพท์ รวมทั้งการติดต่อชุมสายเบื้องต้น ดังแสดงในรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

จากรูปที่ 2.4 โทรศัพท์สามารถติดต่อกับชุมสายได้ด้วยสาย 2 เส้น คือ T (TIP) และ R (RING) เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ขึ้นปุ่ม เคราดิลจะเป็นอิสระขึ้นทำให้ คอนแทคท์ของ SH (hook-switch) นั้นสัมผัสกันทำให้แหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48 โวลท์) ถูกต่อเข้ากับวงจรของเครื่องรับโทรศัพท์เพื่อเป็นไฟส่งให้อุปกรณ์ในหูโทรศัพท์ทำงานได้รวมไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงไมโครโฟนด้วยนอกจากนี้แล้วยังต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (AUTO TRANSFORMER) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกันเพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจาก POWER จะเกิดขึ้นที่ภาครับได้สูงสุดก็ต่อเมื่ออิมพีแดนซ์ของภาครับและภาคส่งมีค่าเท่ากัน และยังรวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดออกไปด้วย (SIDE TONE) ในระดับที่เหมาะสมด้วยเป็นอันว่าเครื่องรับโทรศัพท์สามารถติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ได้แล้ว เมื่อมีการติดต่อกันระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายแล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตชิ่ง เพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว

สำหรับการติดต่อสื่อสารกันระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์ต่อไปก็คือทางผู้เรียกจะต้องส่งสัญญาณไปบอกชุมสายโทรศัพท์ว่าต่อการใช้ชุมสายโทรศัพท์ต่อไปที่ไหน

ในกรณีที่ว่าเครื่องโทรศัพท์เป็นแบบหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งสัญญาณพัลซ์ (PULSE TRAIN) ตั้งแต่ เลข 0 - 9 หรือตั้งแต่ 1 - 10 พัลซ์ คือถ้ามีการหมุนหมายเลข 1 ก็จะส่งสัญญาณไป 1 พัลซ์ หมุนเลข 2 ก็จะส่งสัญญาณไป 2 พัลซ์ ไปเรื่อย ๆ ตามลำดับหมายเลข แต่ถ้าหมุนเลข 0 จะส่งสัญญาณไป 10 พัลซ์ และความเร็วในการส่งก็คือ 10 พัลซ์ต่อวินาที

สำหรับเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มนั้นเมื่อเครื่องรับโทรศัพท์สามารถติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ได้แล้วผู้เรียกจะต้องกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อในการกดปุ่มหมายเลขทุกตัวก็จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันออกไป 2 ความถี่ ซึ่งความถี่ที่ส่งออกไปนั้นจะเป็นความถี่ในย่านความถี่เสียงเพื่อที่จะให้สายส่งสัญญาณสามารถตอบสนองในความถี่ย่านนี้ได้ดีด้วย ซึ่งความถี่ที่ส่งออกไปทั้ง 2 ความถี่ จะถูกมอดดูเลตเข้าด้วยกัน ตามตารางต่อไปนี้

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

ปุ่มที่ได้รับการเผื่อเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางชุมสายโทรศัพท์เมื่อได้รับสัญญาณจากผู้เรียกแล้วไม่ว่าจะเป็นแบบพัลซ์หรือแบบความถี่ก็จะแปลงสัญญาณที่รับได้มาให้สั่ง ให้อุปกรณ์สวิตชิ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายระหว่างผู้เรียก และ ผู้ถูกเรียก ถ้าปลายสายที่เรียกไป คือผู้ถูกเรียกไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE) ไปยังผู้เรียก เพื่อเป็นการแจ้งให้ทราบว่า ไม่สามารถต่อวงจรไปยังผู้ถูกเรียกได้ แต่ถ้าปลายสายที่เรียกไปว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียกไปยังผู้ถูกเรียก คือสัญญาณ (RINGING SIGNAL) และในขณะเดียวกันก็จะส่งสัญญาณเรียกกลับ (RINGING TONE) มายังผู้เรียกด้วย เพื่อเป็นการแจ้งให้ทราบว่า สามารถต่อวงจรไปยังผู้ถูกเรียกได้แล้ว เมื่อผู้ถูกเรียกได้ยินสัญญาณ (RINGING SIGNAL) ก็จะมายกหูรับโทรศัพท์ ก็เป็นอันว่า ผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกสามารถที่จะสนทนาพูดคุยกันได้

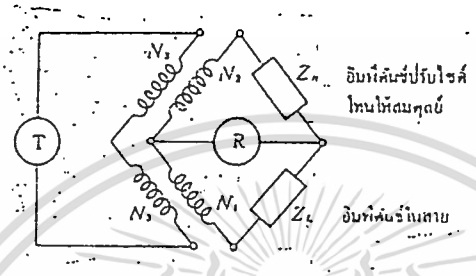
2.6 การสนทนา

เมื่อผู้เรียกสัญญาณหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ และชุมสายส่งสัญญาณ (RINGING SIGNAL) ไปยังคู่สายที่ถูกเรียก และเมื่อฝ่ายถูกเรียกมายกหูโทรศัพท์การสนทนาก็จะเกิดขึ้นทันที การทำงานในส่วนควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุดเพื่อที่จะรอทำงานให้กับคู่สายอื่นต่อไปที่มีการเรียกเข้ามา แต่หน้าที่ของชุมสายโทรศัพท์ในตอนนี้ ก็คือ การทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง โดยที่ชุมสายจะส่งไฟมาที่มิเตอร์ของผู้เรียก ทำให้มิเตอร์ขึ้น 1 ครั้ง

ในระหว่างที่มีการสนทนากันอยู่นั้น เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 โหมด ไปพร้อม ๆ กันคือ ทั้งในการรับ และการส่ง หรือที่เรียกกันการรับส่งแบบ FULL DUPLEX ในโหมดรับสัญญาณ (RECEIVER MODE) เครื่องโทรศัพท์จะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่รับมาได้ให้เป็นสัญญาณเสียง (ACOVSTIC ENERGY) โดยลำโพงหรือหูฟังนั่นเองส่วนในโหมดส่งสัญญาณ (TRANSMITTER MODE) เครื่องโทรศัพท์จะเปลี่ยนพลังงานเสียงที่พูดผ่านเข้าไปในปากพูดโดยไมโครโฟนให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อที่ส่งไปให้ภาครับต่อไป ในโหมดนี้เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องนั่นก็คือ การที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนั้นว่า SIDE TONE เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากที่จะป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่า ควรพูดให้มีเสียงระดับใด จึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาได้ยินเสียงของผู้เรียกอย่างชัดเจน โดยเมื่อผู้พูดได้ยิน SIDE TONE ดังมาก ผู้พูดจะลดระดับเสียงให้ต่ำลงเพราะคิดว่าผู้ฟังคงได้ยินเสียงของเขามากจนเกินไปในทางกลับกันเมื่อได้ยิน SIDE TONE เบาเกินไป ผู้พูดจะคิดว่าผู้ฟังคงไม่ได้ยิน จึงพยายามพูดให้ดังขึ้นในทั้ง 2 กรณีความดังของเสียงที่ผู้ฟังได้รับจะไม่เป็นปกติ SIDE TONE มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการพูดและประสิทธิภาพจะมีค่าต่ำ ถ้าหากมีระดับ SIDE TONE ที่เครื่องรับไม่ถูกต้องเรา

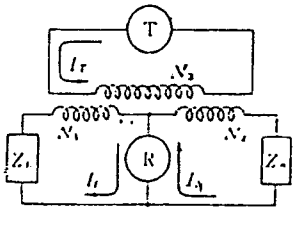
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปรับระดับ SIDE TONE ได้ถูกต้องด้วยการควบคุมกระแสเสียงพูดที่ผ่านเครื่องรับในวงจรโทรศัพท์ดังนั้น เราจะมีขดลวดเหนี่ยวนำอีกขดหนึ่งเป็นขดที่สามเพื่อเป็นวงจรปรับ SIDE TONE ให้สมดุลย์ดังแสดงด้วยรูปวงจรต่อไปนี้ (รูปที่ 2.5) ซึ่งเป็นวงจรด้าน SIDE TONE แบบบริดจ์ (BRIDGETYPE)



รูปที่ 2.5 แสดงการลดระดับ SIDE TONE แบบ BRIDGE

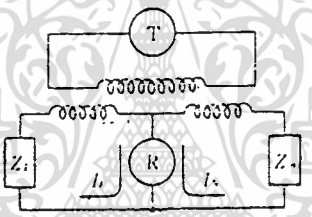
จากวงจรจะเห็นว่าประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ เครื่องส่ง (T) เครื่องรับ (R) อิมพีแดนซ์ของสาย (ZL) และท่อวงจรปรับ SIDE TONE ให้สมดุลย์ (SIDE TONE BALANEING NETWORK) และประกอบให้ด้วยกันเป็นวงจรวิทสโตนบริดจ์ (WHEAT STONE BRIDGE) ดังรูปที่ 2.5 โดยถือว่าเครื่องส่งทำงานเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรนี้จะทำให้ไซด์โทนมีระดับต่ำลงในขณะส่งสัญญาณ และทำให้กระแสในเครื่องรับมีค่าสูงขึ้นเมื่อรับสัญญาณในการส่งสัญญาณสามารถเขียนวงจรในรูป 2.5 ใหม่ ได้เป็นวงจรในรูปที่ 2.6 ดังนี้



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรลดระดับไซด์โทนบริดจ์ขณะพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 2.6 จะเห็นว่ากระแสที่ใช้ส่ง It ที่กำเนิดจากเครื่องส่งไหลในทิศทางดังรูปที่ 2.6 และ เหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดเหนี่ยวนำ N1,N2 และ N3 เป็นสัดส่วนกับจำนวนรอบของขดลวดนั้น ๆ I1 เป็นกระแสที่ไหลผ่านอิมพีแดนซ์ของสาย Z2 ประแส In เป็นกระแสที่ไหลผ่านอิมพีแดนซ์ของวงจรปรับไซด์โทน (SIDE TONE) Zn และในกรณีกระแสในเครื่องรับเท่ากับ I1 - In ดังนั้นไซด์โทน (SIDE TONE) จะถูกลดลงในการรับสัญญาณสามารถเขียนวงจรในรูปที่ 2.5 ใหม่ได้เป็นวงจรในรูปที่ 2.7 ดังนี้



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรลดระดับไซด์โทนชนิดบริดจ์ขณะรับฟัง

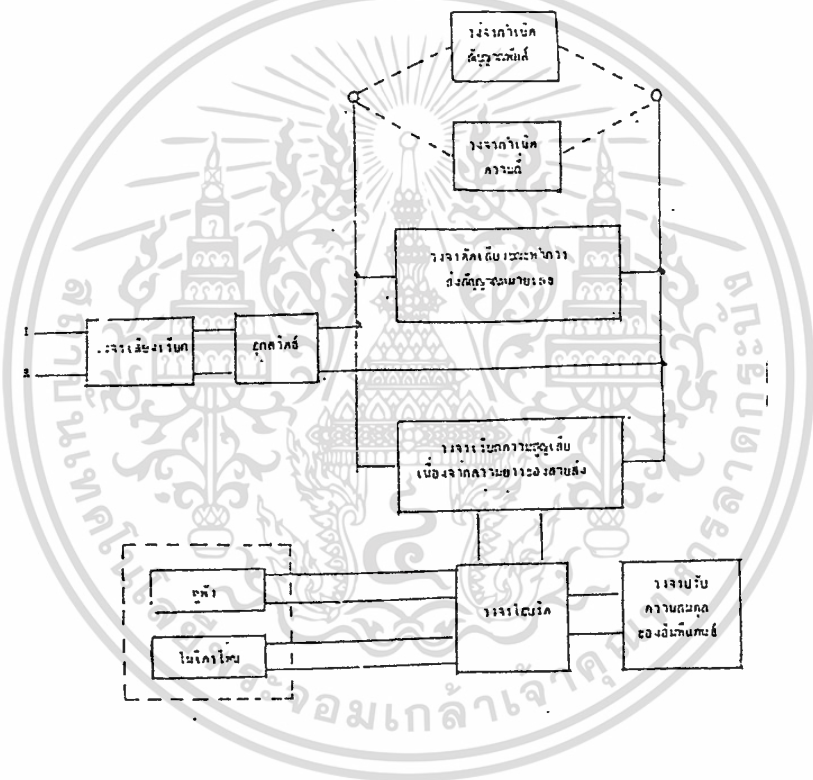
จากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าในขณะที่รับฟังสัญญาณอยู่นั้นกระแส I1 ไหลผ่านขดลวด N1 ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ขด N3 แล้วเหนี่ยวนำต่อมาที่ขด N2 เกิดเป็น In ขึ้นมาทำให้กระแสที่ไหลผ่านเครื่องรับเป็น I1+In นั้นคือขดลวดขดที่ N3 เป็นตัวทำให้การรับมีคุณภาพดีขึ้น

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้งสองฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลงสัญญาณจากฮุกสวิตช์ก็จะบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออกอุปกรณ์ต่าง ๆ ก็จะว่างและพร้อมที่จะรับและบริการในการติดต่อครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โทรศัพท์แบบปุ่มกดและแบบแป้นหมุน

เครื่องโทรศัพท์ โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามการส่งสัญญาณหมายเลข คือ แบบปุ่มกดและแบบแป้นหมุน โดยจะกล่าวถึงวงจรพื้นฐานและวงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้วรวมทั้งการเปรียบเทียบ ข้อดีข้อเสีย ของระบบการส่งหมายเลขทั้ง 2 แบบด้วย ซึ่งความต้องการของเครื่องโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบ ก็มีจุดประสงค์ที่เหมือนกัน และจะประกอบไปด้วยส่วนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พื้นฐานที่เหมือนกันดังนี้



รูปที่ 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์

จากรูปที่ 2.8 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นในเครื่องรับโทรศัพท์โดยทั่วไป โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (TIP) และสาย R (RING) วงจรแรกที่จะเชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในของโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์ก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (RINGER) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (RINGING SIGNAL) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่นเหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงคือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติฮุกสวิตช์ (SWITCH HOOLE) จะเป็นตัวเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

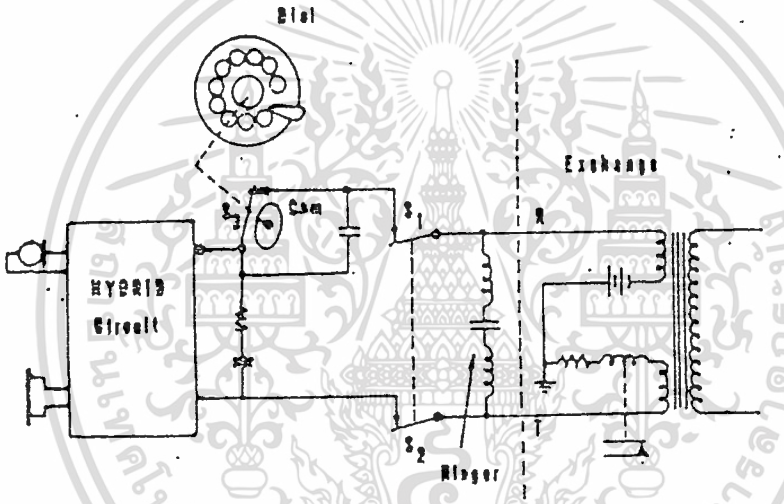
ชุมสายผ่านไปยังวงจรที่อยู่ด้านหลังของสวิตช์ได้ดังนั้น ถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากสุกสวิตช์ ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ ในเวลาที่ผู้อื่นเรียกเข้ามาเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาอุปกรณ์ส่งสัญญาณเรียกก็จะส่งเสียงแล้วทำให้มีผู้ที่อยู่ใกล้เสียงได้ยินก็จะมารับสาย คือ การยกหูโทศัพท์ขึ้นหมายถึง การ ON สุกสวิตช์นั่นเองก็สามารถที่จะสนทนากันได้เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นแบบปุ่มกดหรือแบบแป้นหมุนแต่ทั้ง 2 แบบ จะแตกต่างกันก็ตอนเป็นผู้เรียกเพื่อที่จะทำการติดต่อกับผู้อื่นเท่านั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.8 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข (ROTAING - TYPE)

เมื่อมีการใช้เครื่องโทรศัพท์ไม่ว่าจะเป็นการเรียกออกไป หรือ เป็นการรับโทรศัพท์จากผู้อื่นเข้ามา คือ การยกหูโทรศัพท์ หรือที่เรียกกันว่า ปากพูด หูฟัง (HANDSET) ขึ้นจากที่รองรับ (CRADTE) ทำให้ HOOLE SWITCH (S1 และ S2 ตามรูปที่ 2.9) ปิดวงจรของสายเส้น TIP (T) และ RING (R) เป็นผลทำให้ครบวงจรของ RELAR COIL ในชุมสายโทรศัพท์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านเครื่องโทรศัพท์และ RELAY COIL ที่ชุมสายโทรศัพท์ด้วยก็จะทำให้อุปกรณ์สวิตชิ่งต่าง ๆ ในชุมสายโทรศัพท์ทำงานนั่นก็ คือ ชุมสายโทรศัพท์สามารถติดต่อกับเครื่องรับโทรศัพท์ได้แล้วโดยการส่งสัญญาณหมุนเลขหมาย (DIAL TONE) มายังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกเพื่อให้ผู้เรียกทราบว่าสามารถหมุนเลขหมายที่ผู้เรียกต้องการติดต่อได้แล้วและชุมสายโทรศัพท์ก็พร้อมที่จะรับหมายเลขที่ผู้เรียกหมุนหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งหลังจากที่ชุมสายโทรศัพท์ได้รับสัญญาณหมุนหมายเลขตัวแรกแล้วชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณหมุนหมายเลข (DIAL TONE) ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ นี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อหมุนเสร็จแล้วก็ปล่อยมือหน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์ก็จะกลับมาที่เดิมในขณะที่หน้าปัดหมุนกลับที่เดิมจะมีผล คือ ทำให้ลูกเบี้ยว (CAM) หมุนตามการหมุนของ ลูกเบี้ยวนี้จะทำให้ CONTACT S3 (ในรูปที่ 2.9) ปิดและเปิดวงจรเป็นจำนวนครั้งเท่ากับหมายเลขที่หมุน การที่ CONTACT S3 ปิดเปิดวงจรจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านซึ่งเรียกว่า IMPULSE และเมื่อ CANTACT S3 เปิดวงจร กระแสก็จะหยุดไหล การที่กระแสไหลและหยุดไหลนี้ จะเป็นผลทำให้เกิดพัลซ์ (PULSE) ขึ้นมา และจำนวนพัลซ์ (PULSE) ที่เกิดขึ้นก็จะมีเท่ากับจำนวนหมายเลขที่หมุน เช่น หมุนหมายเลข “1” ก็จะเกิดพัลซ์ (PULSE) 1 ลูกคือ CONTACT S3 จะทำการปิดและเปิดเป็นจังหวะ 1 ครั้งถ้าหมุนหมายเลข 5 ก็จะทำให้เกิดพัลซ์ (PULSE) 5 ลูกคือ CONTACT S3 จะปิดและเปิดเป็นจังหวะ 5 ครั้งแต่ถ้าหมุนเลข “0” ก็จะเกิดพัลซ์ (PULSE) ขึ้นมา 10 ลูก เป็นต้นนั่นก็หมายถึงว่าในการหมุนหมายเลขแต่ละครั้งพัลซ์ (PULSE) ที่เกิดขึ้นจะไม่ได้เกิดตอนที่หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

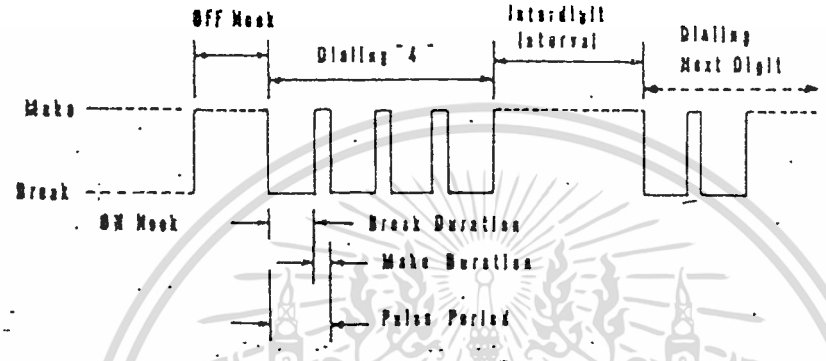
หมายเลข แต่พัลซ์ (PULSE) จะเกิดขึ้นตอนที่หน้าปัดหมุนกลับนั่นเองซึ่งวงจรดังกล่าว (รูปที่ 2.9) สามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรหมุนหมายเลขแบบ PULSE อย่างง่าย

ความเร็วหน้าปัด (DIAL SPEED) ของเครื่องโทรศัพท์ก็มีความสำคัญที่ต้องอยู่ในมาตรฐานเพียงเนื่องจากการติดต่อโดยถ้ามีโอกาสติดต่อกันได้หลายเครื่องจึงต้องอยู่ในขอบข่ายเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วย ความเร็วของกระแส IMPULSE อัตราการติดต่อ (BREAK - MAKE RATIO) ของ CONTACT และช่วงเวลาหยุดระหว่างเลขหมายตามปกติแล้วความเร็วของกระแส IMPULSE จะใช้อยู่ 2 ตัว คือ 10 และ 20 IPS (IMPULSE PER SECOND) ส่วนค่ามาตรฐานสำหรับอัตราส่วนตัด-ต่อ จะมีค่าเท่ากับ 2:1 ซึ่งหมายความว่า CONTACT จะต้องตัดวงจรเป็นเวลา 2 หน่วยเวลาและจะต้องต่อวงจรเป็นเวลา 1 หน่วยเวลา ถ้าหากว่ามีการหมุนหมายเลข "4" ก็สามารถแสดงสัญญาณที่ได้ตามรูปต่อไปนี้ (รูปที่ 2.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดง PULSE ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนหมายเลข 4

ในระบบโทรศัพท์ที่มีการส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลซ์จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณพัลซ์ได้ในอัตรา 10 พัลซ์ต่อวินาทีหรือ 10 IPS (IMPULSE PERIOD SECOND) ก็จะทำให้ได้ค่าของ PULSE PERIOD เป็น 100 ms นั่นเอง ซึ่งความหมายของช่วงเวลาต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- คาบของสัญญาณพัลซ์ (PULSE PERIOD) เท่ากับช่วงเวลาที่ CONTACT ปิด (MAKE DURATION) รวมกับช่วงเวลาที่ CONTACT เปิด (BREAK DURATION) จะได้ค่าเท่ากับ 100 มิลลิวินาที

- ช่วงเวลาต่อวงจร คือช่วงเวลาค่าใน 3 ของคาบเวลาทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 100 ms # 9 / 3 = 33.33 ms

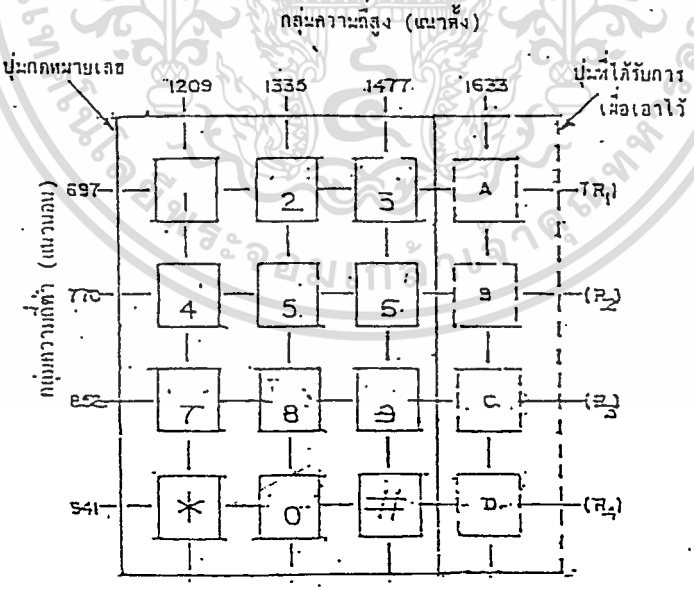
- ช่วงเวลาตัดวงจร คือ ช่วงเวลา 2 ใน 3 ของคาบเวลาทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 100 ms # 2 / 3 = 66.66 ms

ส่วนช่วงเวลาในการหยุดหมุนหมายเลขแต่ละตัว โดยทั่วไปมีค่าเป็น 700 ms แต่ก็อาจใช้ได้ในช่วงตั้งแต่ 600 ms ไปจนถึง 900 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม (PUSH BUTTON)

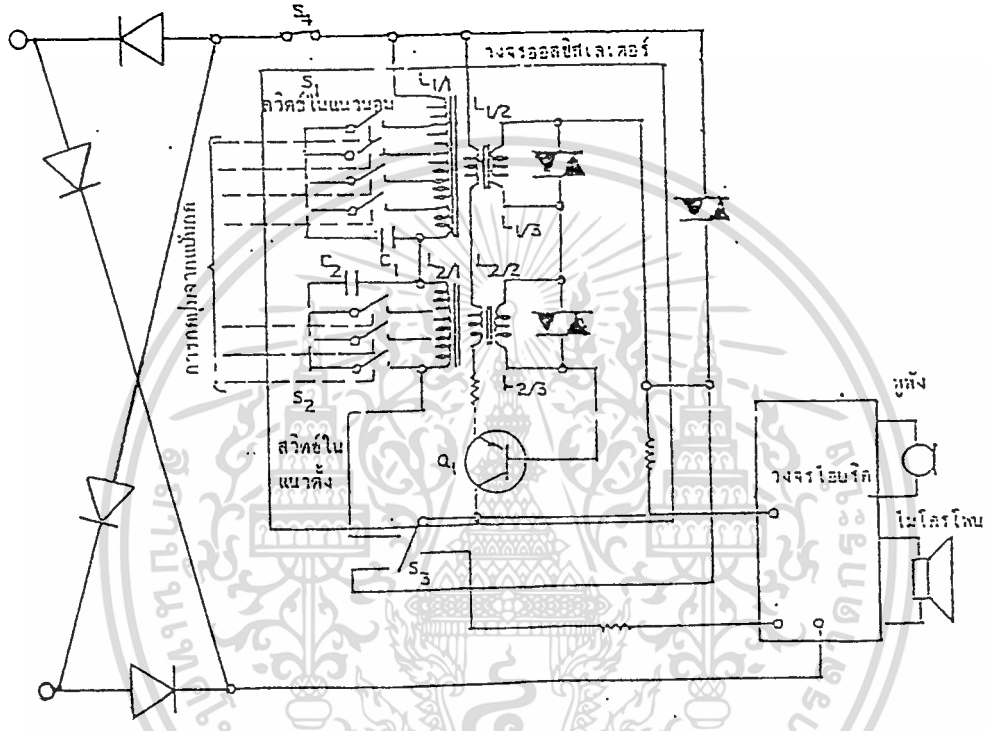
ระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม ซึ่งใช้กรรมวิธีการส่งสัญญาณความถี่คู่ (DULAL TONE MULTI FREQUENCY) หรือรู้จักกันในนามของ DTMF ในการส่งสัญญาณหมายเลขนั่นเอง เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลซ์ คือ จะมีหลักการที่ว่าเมื่อเรากดหมายเลขใด ๆ ก็ตามจะมีการส่งสัญญาณความถี่ออกไป 2 ความถี่ มอดูเลตกันไปซึ่งก็ หมายถึง ตัวแทนของหมายเลขที่กดนั่นเอง ความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านของความถี่เสียง (0 - 4 กิโลเฮิร์ตซ์) ความถี่ต่ำจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน (ROWS) และอีกความถี่หนึ่งจะเป็นความถี่สูงจะอยู่ในแกนแนวตั้ง (COLUMNS) สำหรับหน้าปัดของปุ่มกดโทรศัพท์ โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 3 ROWS 4 COLUMNS และ 4 ROWS 4 COLUMNS สามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้ (รูปที่ 2.11)



รูปที่ 2.11 แสดงหน้าปัดของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป ถ้าสมมุติกดหมายเลข 5 บนหน้าปัดของโทรศัพท์ก็จะส่งสัญญาณความถี่ออกมาคือ 770 เฮิตซ์และ 1336 เฮิตซ์เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนในการผลิตความถี่ต่าง ๆ ออกมาสามารถแสดงได้ดังรูปวงจรต่อไปนี้ (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรพื้นฐานของการกำเนิดความถี่ระบบ DTMF

การทำงานของวงจรเริ่มจาก DIODE (D1 - D4) เป็นวงจร FULL WAVE RECTIFILE ให้กับวงจรโทรศัพท์ เพื่อกำหนดทิศทางของแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามาที่คู่สาย เผื่อไว้ในกรณีที่มีการต่อสายโทรศัพท์กลับกันจะได้ไม่มีปัญหาต่อมาจะเริ่มจากสวิตช์ S1 (สวิตช์ในแนวนอน) S2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และ S3 จะถูกเปิดวงจรอยู่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นกระแสไฟฟ้าจากชุมสายโทรศัพท์จะผ่าน RL1 L1/1 และ L2/1 ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแสก่อนเมื่อมีการกดหมายเลขใด ๆ สวิตช์ S1 และ S2 จะถูกปิดลงตามหมายเลขที่ต้องการกด C1 และ C2 จะถูกต่อกับ L1/1 และ L2/1 ตามลำดับเกิดเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ขึ้น โดย L1/1 และ C1 จะเป็นออสซิเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่ L2/1 และC2 จะทำหน้าที่ผลิตความถี่สูง ในขณะที่ S3 ถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ก็จะทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณจากออสซิเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 2 เข้าด้วยกันและส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์ ในขณะที่มีการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟน ก็จะถูกต่อขนานกันสำหรับชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับสัญญาณเอาไปประมวลผลต่อไป และยังมีวงจรกรองความถี่ป้องกันไม่ให้มี ความถี่แปลกปลอมอื่น ๆ เข้าไปในชุมสาย

2.10 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง

ตามปกติในสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์ จะมีค่าความต้านทานค่าตัวเก็บประจุ และค่าขดลวดเหนี่ยวนำแอบแฝงอยู่โดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ ระยะทาง 1 ไมล์ที่เพิ่มขึ้นของสายส่ง จะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุต่อคร่อมอยู่ระหว่างสายส่งมีค่าประมาณ 0.07 ไมโครฟาราด และมีตัวต้านทานอนุกรมกับขดลวดเหนี่ยวนำ อยู่ประมาณ 42 โอห์ม และ 1 มิลลิเฮนรี่ตามลำดับ ซึ่งอุปกรณ์แฝงพวกนี้จะมีผลต่อสัญญาณที่มีเหลี่ยมมีมุม เช่น สัญญาณพัลซ์ (PULSE) ที่ส่งไปตามสายส่งเกิดความผิดเพี้ยนทั้งขนาด (AMPLITUDE) และคาบเวลา (PERIOD) ดังนั้นชุมสายจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถจะรับรู้สัญญาณที่ผิดเพี้ยนเหล่านี้ได้ และไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสาร

2.11 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบทั้งสอง

จากการที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าในการส่งสัญญาณแบบพัลซ์ 1 ลูกต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (66.66 มิลลิวินาที สำหรับช่วงเวลาการตัดวงจร และ 33.33 สำหรับช่วงเวลาในการต่อวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาระหว่างตัวเลขแต่ละตัวอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที และยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อมีจำนวนถึง 7 ตัวแล้ว ต้องทำให้เสียเวลา ในการส่งสัญญาณเรียกมากยิ่งขึ้น แต่การส่งสัญญาณ ในระบบ DTMF จะใช้เวลาน้อยกว่า และยังสามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ จึงทำให้เกิดความสะดวกและประหยัด
3. สามารถเพิ่มปุ่มเกินจากจำนวนหมายเลข เพื่อให้สามารถใช้ในการส่งสัญญาณที่ใช้ในการบริการพิเศษต่าง ๆ
4. มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับชุมสายโทรศัพท์ระบบที่ทันสมัยขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ชุมสายโทรศัพท์

เพื่อให้การใช้งานของคู่สายโทรศัพท์เกิดประโยชน์เต็มที่มากที่สุด คือ สามารถติดต่อกันได้ทุกคู่สายไม่ว่าจะภายในประเทศ หรือต่างประเทศเนื่องจากจำนวนคู่สายของ โทรศัพท์มีมากจึงไม่สามารถนำโทรศัพท์ทุกคู่สายต่อถึงกันโดยตรงได้ จึงได้มีระบบชุมสายโทรศัพท์ขึ้นมาและจากเหตุผลอีกประการหนึ่ง คือ คู่สายแต่ละคู่สายไม่ได้ใช้งานตลอดเวลาเพราะฉะนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์กับสายส่งเต็มที่ก็จะแบ่งกันใช้เป็นเวลา เมื่อคู่สายคู่หนึ่งไม่มีการใช้ก็ยังสามารถแบ่งไปให้คู่สายอีกคู่หนึ่งใช้งานได้ ซึ่งชุมสายโทรศัพท์ที่มีใช้อยู่มากมายสามารถแบ่งได้ ดังนี้

3.1 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ตามการใช้งาน คือ

1. ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่

- ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (LOCAL EXCHANGE) หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรงชุมสายโทรศัพท์แบบนี้มีขนาดตั้งแต่เป็นร้อย ๆ เลขหมายจนถึงเป็นหมื่นเลขหมาย

- ตู้สาขา (PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE) หรือที่เรียกกันว่า PABX เป็นชุมสายโทรศัพท์ ที่มีลักษณะคล้ายกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น แต่จะใช้ติดต่อกันภายในสำนักงาน โดยไม่ต้องผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น หรือถ้ามีการติดต่อไปยังภายนอกก็สามารถเรียกผ่านชุมสายท้องถิ่นได้

2. ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่าน หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเลขหมายโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ามาโดยตรง แต่จะบริการเรียกระหว่างชุมสายท้องถิ่นกับชุมสายท้องถิ่น ซึ่งการเรียกกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ 2 เลขหมายอาจจะผ่านชุมสายต่อผ่านได้หลาย ๆ ชุมสาย ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านยังแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (TANDEM EXCHANGE) ซึ่งเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ต่อผ่านภายในโครงข่ายท้องถิ่นนั้น เช่น ภายในกรุงเทพฯ

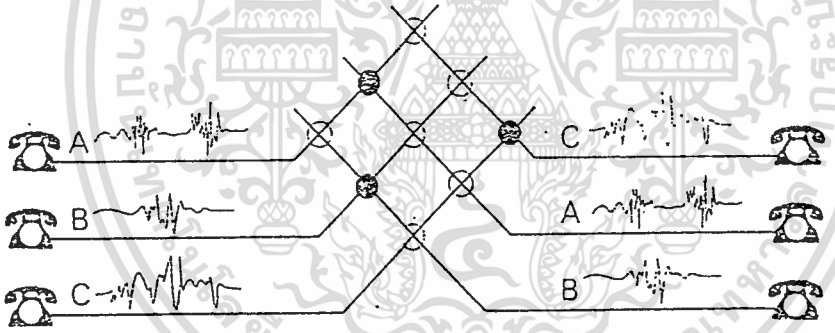
- ชุมสายต่อผ่านทางไกล (TRANSIT EXCHANGE) ซึ่งเป็นชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านไปยังโครงข่ายท้องถิ่นอื่น ๆ เช่น จากกรุงเทพฯไปยังหาดใหญ่ จากชุมสายโทรศัพท์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038398

กล่าวมาทั้งหมดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและสำคัญ คือ อุปกรณ์สวิตชิ่ง (SWITCHING DEVICE) จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อคู่สายผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบอนาล็อก (ANALOG)

การทำงานของอุปกรณ์สวิทชิ่งโทรศัพท์ คือ การรับสัญญาณหมายเลขจากสมาชิกต้นทาง คือ ผู้เรียก อาจจะเป็นแบบพัลซ์ (แบบแป้นหมุน) หรือแบบความถี่ผสม (แบบกดปุ่ม) เพื่อที่จะถอดรหัสหมายเลขปลายทาง และทำการต่อวงจรให้ติดต่อกันได้ โดยที่รูปแบบของสัญญาณต้นทางและปลายทางยังคงเหมือนเดิมทุกประการ เราเรียกสวิทชิ่งแบบนี้ว่า แบบอนาล็อก ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานง่าย ๆ ดังรูปที่ 3.1

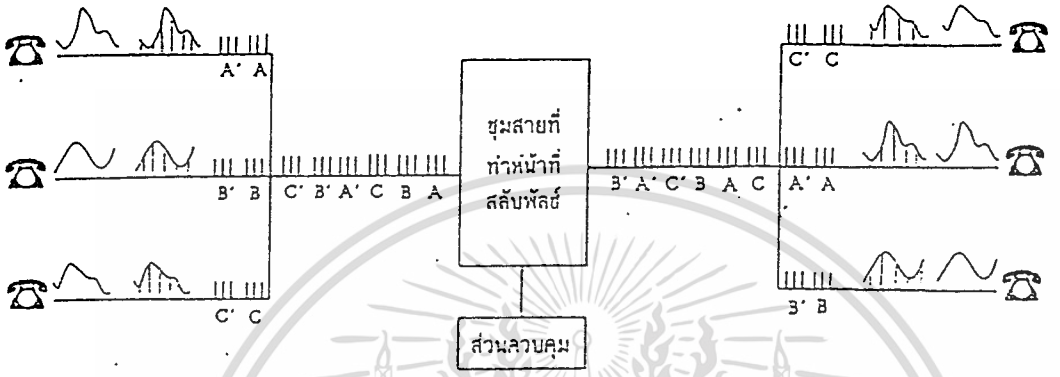


รูปที่ 3.1 แสดงการต่อสวิทช์ของชุมสายโทรศัพท์แบบอนาล็อก

2. แบบดิจิตอล (DIGITAL)

อุปกรณ์ที่ถูกนำมาใช้ในชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล จะมีหลักการที่สำคัญ คือ การเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (รหัส"0"และ"1") ซึ่งต่างจากชุมสายโทรศัพท์แบบอนาล็อก ซึ่งสัญญาณเสียงที่ได้จากเครื่องโทรศัพท์จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของรหัส "0" และ "1" การทำงานอย่างนี้เราเรียกว่า การเข้ารหัส (ENCODER) ซึ่งสัญญาณรหัส "0" และ "1" นี้เราเรียกว่า สัญญาณดิจิตอล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงหลักการของชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล

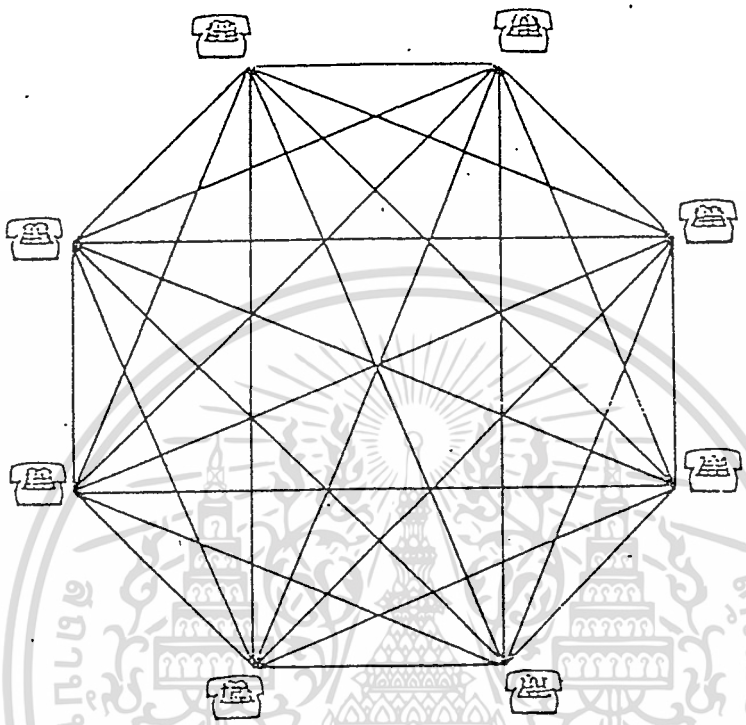
สัญญาณเสียงจากเครื่องโทรศัพท์ เมื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้ว จากหลาย ๆ คู่สายก็จะนำมาเข้าระบบมัลติเพล็กซ์ โดยการจัดแบ่งเวลา แล้วก็ส่งไปในสายส่ง

3.2 ข่ายสายแบบต่าง ๆ

เพื่อให้การเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ เหมาะสมกับจำนวนคู่สายโทรศัพท์ กับ ชุมสายโทรศัพท์จึงได้มีการวางข่ายสายในลักษณะหลายแบบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความประหยัดมากที่สุดด้วย

ในตอนแรกข่ายสายของโทรศัพท์ จะต่อกันเป็นวงจรในลักษณะต่อถึงกันโดยตรงจึงเหมาะกับเครื่องโทรศัพท์ในสมัยก่อนที่มีแบตเตอร์รี่ประจำอยู่ที่เครื่องโทรศัพท์เองเหมาะสำหรับการเชื่อมต่อกันระหว่างโทรศัพท์จำนวนน้อย เมื่อเครื่องใดเครื่องหนึ่งต้องการติดต่อไปยังเครื่องอื่น ก็สามารถทำการกดหมายเลขประจำเครื่องที่ต้องการติดต่อได้เลย สามารถแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการวางสายโทรศัพท์โดยตรง

จากการวางสายโทรศัพท์โดยตรงนี้ จะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองมาก ต้องใช้สายมาก และอีกอย่างคือเมื่อจำนวนเครื่องโทรศัพท์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพที่เครื่องแต่ละเครื่องสามารถใช้งานได้ก็จะมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกันระหว่างจำนวนเครื่องโทรศัพท์และจำนวนคู่สายสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{จำนวนคู่สายทั้งหมด} = N(N-1)/2$$

เมื่อ N = จำนวนเครื่องโทรศัพท์

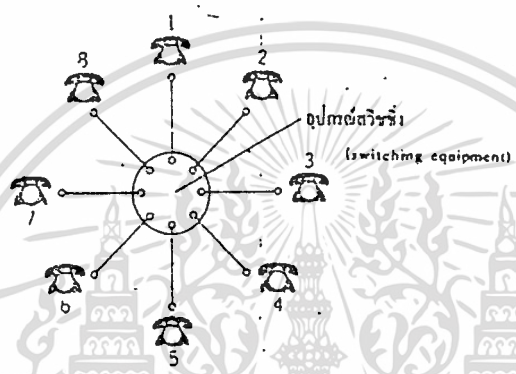
เช่น ถ้าใช้จำนวนเครื่องโทรศัพท์จำนวน 10 เครื่อง สามารถหาจำนวนคู่สายได้ ดังนี้

$$\text{จำนวนคู่สาย} = 10(10-1)/2 \quad \text{คู่สาย}$$

$$= 45 \quad \text{คู่สาย}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เครื่องสามารถใช้ประโยชน์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้เพียง (5/45)*100 คือ เท่ากับ 11.1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จึงได้มีการวางข่ายสายแบบสวิทชิ่ง (SWITCHING NETWORK) ซึ่งข่ายสายสวิทชิ่งนี้มีหลักการอยู่ว่า จะต่อคู่สายทุกคู่สายมายังศูนย์กลางทั้งหมด เราเรียกข่ายสายแบบนี้ว่า STAR SHAPED NETWORK สามารถแสดงได้ตามรูปต่อไปนี้

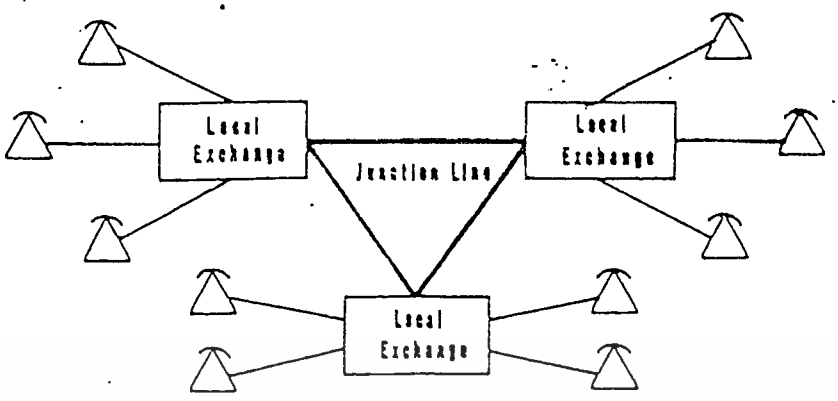


รูปที่ 3.4 แสดงข่ายสายแบบ STAR SHAPED NETWORK

ซึ่งข่ายสายแบบนี้จะทำให้ประหยัดจำนวนสายมากกว่าแบบต่อโดยตรง โดยที่จำนวนคู่สายจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนเครื่องโทรศัพท์สำหรับประโยชน์สูงสุดในการใช้งานของโทรศัพท์ก็ขึ้นอยู่กับ ชุมสายโทรศัพท์ว่าสามารถต่อได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการรับ TRAFFIC ของชุมสายโทรศัพท์เอง

ชุมสายโทรศัพท์แห่งใดแห่งหนึ่งสามารถให้บริการแก่ผู้เช่าโทรศัพท์ได้ในบริเวณพื้นที่ที่จำกัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับราคาของสายเคเบิลโทรศัพท์ การกำหนดพื้นที่บริการของแต่ละชุมสายก็จะเป็นการดีกว่าที่จะมีชุมสายโทรศัพท์ขนาดใหญ่เพียงชุมสายเดียว ซึ่งจะทำให้ต้องใช้คู่สายโทรศัพท์ที่ต่อจากชุมสายไปยังบ้านผู้เช่านั้นยาวมากและไม่เป็นผลดีต่อผู้เช่าโทรศัพท์ที่อยู่ห่างไกลในเมืองที่ขนาดพื้นที่ไม่ใหญ่มากก็อาจจะมีชุมสายท้องถิ่นได้หลายชุมสาย ดังนั้นการเรียกต่างชุมสาย ก็สามารถเรียกได้ก็ต่อเมื่อได้มีการเชื่อมต่อแต่ละชุมสายให้ถึงกันทั้งหมด โดยใช้ JUNCTION LINE เป็นตัวเชื่อมต่อ และเราเรียกข่ายสาย (NETWORK) แบบนี้ว่าข่ายสายท้องถิ่น (LOCAL NETWORK) ดังแสดงตามรูปที่ 3.5

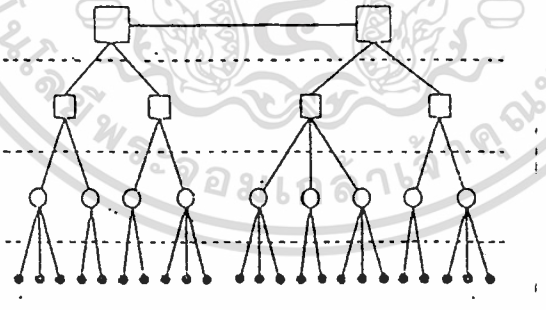
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงข่ายสายท้องถิ่น

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่า จะวางข่ายสายแบบ STAR SHAPED NETWORK กับชุมสายโทรศัพท์ แต่จะเห็นว่าชุมสายแต่ละชุมสายจะเชื่อมต่อกันแบบต่อถึงกันโดยตรง (MESH SHAPED NETWORK)

ส่วนในกรณีของเมืองใหญ่ ๆ ที่มีผู้ใช้บริการโทรศัพท์มาก ๆ จะสามารถทำการวางข่ายสายแบบสตาร์หลายชั้น (MULTISTEP STAR TYPE NETWORK) ดังแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงข่ายสายชนิดสตาร์หลายชั้น

3.3 แผนการกำหนดเลขหมายโทรศัพท์

เนื่องจากว่าเครื่องโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อกันได้มีหลายเครื่องจำเป็นต้องกำหนดหมายเลขประจำเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่อง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันจะเห็นว่าปัจจุบันการใช้โทรศัพท์ในประเทศไทยสามารถใช้เรียกติดต่อทางไกลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติ ไม่ว่าจะเป็นการเรียกทางไกลภายในประเทศหรือการเรียก ทางไกลต่างประเทศโดยผู้เรียก จะเป็นผู้หมุนเลขหมายด้วยตนเองหรือจะให้พนักงานโทรศัพท์กลาง (OPERATOR) เป็นผู้ต่อการเรียกให้ก็ได้ การเรียกทางไกลดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดรหัสทางไกล เพื่อให้โทรศัพท์ทุกเลขหมายทั่วโลกสามารถติดต่อถึงกันได้ ซึ่งเป็นรหัสเลขหมายที่ใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ เรียกว่า AREA CODE (หรือ TRUNK CODE) และ COUNTRY CODE นอกจากจะกำหนดรหัสทางไกลแล้วการใช้โทรศัพท์เรียกทางไกลอัตโนมัติ ก็ต้องหมุนเลขหมายนำ (PREFIX) ก่อน เพื่อให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบว่าเป็นการเรียกทางไกลอัตโนมัติ

การกำหนดเลขหมายโทรศัพท์รหัสเลขหมายของพื้นที่รวมทั้ง PREFIX ต่าง ๆ จะต้องถูกกำหนดให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน จึงจะทำให้โทรศัพท์ทุก ๆ เลขหมายทั่วโลกสามารถติดต่อ ถึงกันได้มาตรฐานการกำหนดเลขหมายดังกล่าวถูกกำหนดโดยCCITT (CONSULTIVE COMMITTEE INTERNATIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE) ซึ่งได้กำหนดไว้ดังนี้

- STATION NUMBER เป็นเลขหมายของผู้เช่าโทรศัพท์ที่อยู่ในชุมสายท้องถิ่น ประกอบด้วยเลขหมาย 4 ตัว เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้คือ ZZZZ

- OFFICE CODE (หรือ EXCHANGE CODE) เป็นรหัสของชุมสายท้องถิ่น ประกอบด้วยเลขหมาย 1-3 ตัว สำหรับประเทศไทยใช้เลขหมาย 3 ตัว ในเขตโทรศัพท์นครหลวงและใช้เลขหมาย 2 ตัว ในเขตโทรศัพท์ภูมิภาค เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้คือ YYY

- AREA CODE (หรือ TRUNK CODE) เป็นรหัสทางไกลที่ถูกกำหนดให้ใช้ใน LOCAL NETWORK หนึ่ง ๆ ประกอบด้วยเลขหมาย 1-3 ตัว เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้คือ XXX เช่น ที่มีการเรียกกันภายใน LOCAL NETWORK เดียวกันจะมีการกดหมายเลขของ STATION NUMBER กับ OFFICE CODE สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้ YYY-ZZZZ

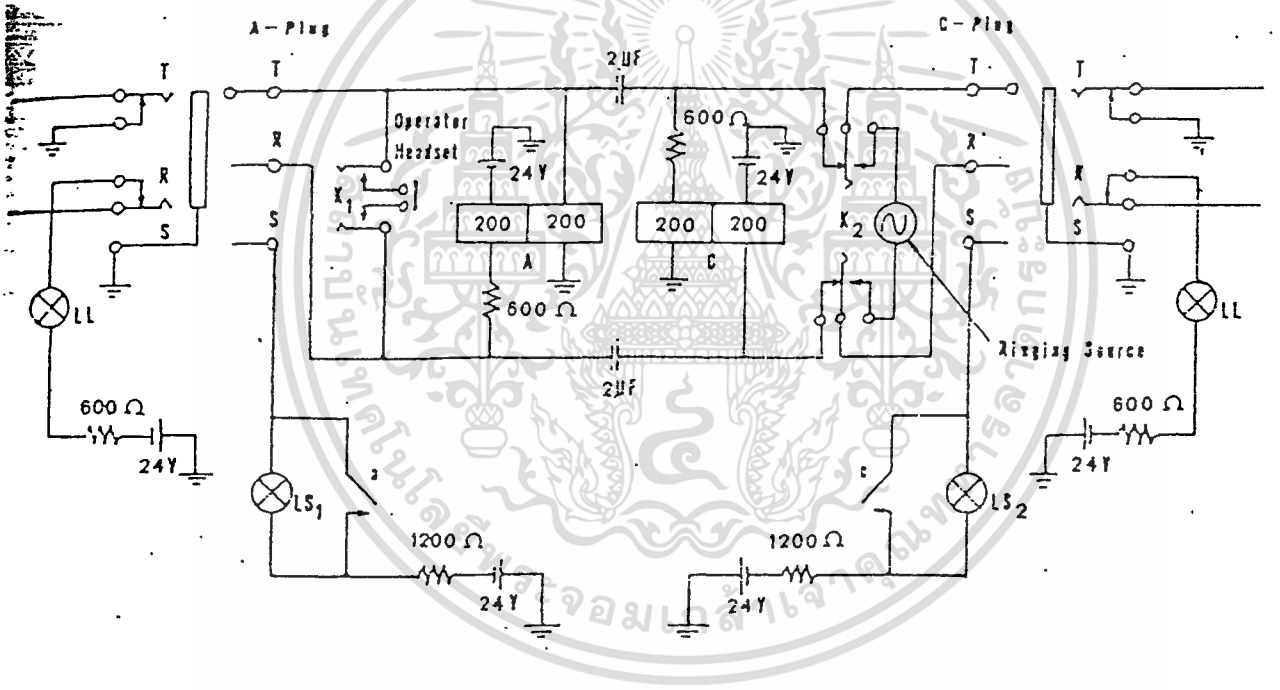
หรือถ้ามีการเรียกทางไกล ก็จะมีการกดรหัสทางไกลก่อนการเรียกในข้างต้นก็จะประกอบไปด้วย AREA CODE OFFICE CODE และ STATION NUMBER ตามลำดับ สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ ดังนี้ XXX-YYY-ZZZ

เมื่อผู้เรียกกดรหัสหรือหมายเลขเรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์ที่สำคัญที่ต้องทำงานต่อไปก็คืออุปกรณ์สวิทชิ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่วิเคราะห์หมายเลขที่รับเข้ามาและทำการต่อเชื่อมให้ระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก จากการแบ่งอุปกรณ์สวิทชิ่งพวกนี้ ทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกได้ 2 ระบบด้วยกัน คือ ระบบสวิทชิ่งด้วยมือ และ ระบบสวิทชิ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบสวิทชิ่งด้วยมือ (MANUAL SWITCHING SYSTEM)

ระบบสวิทชิ่งด้วยมือ หรือที่เรียกกันว่า ระบบใช้พนักงานต่อนั่นเอง หมายถึงว่าขั้นตอนในการเชื่อมต่อระหว่างคู่สายของผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกจะถูกเชื่อมต่อด้วยคน กล่าวคือเมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ทางพนักงานโทรศัพท์กลางก็สามารถทราบได้ทันที และก็จะถามความประสงค์ของผู้เรียก เมื่อทราบแล้วก็จะต่อไปยังผู้ถูกเรียก ทำให้ทั้งคู่สามารถสนทนากันได้ เมื่อจบการสนทนาคือฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเป็นคนวางหูโทรศัพท์ลง ทางพนักงานกลางก็จะทราบและก็จะตัดการเชื่อมต่อของสวิทช์ออกจากกันจึงสามารถเขียนเป็นวงจรได้ ดังนี้

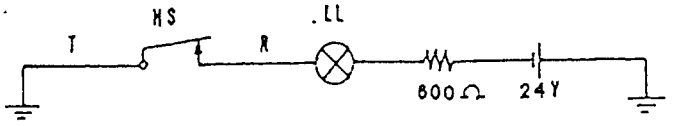


รูปที่ 3.7 แสดงวงจรตู้สลับสายโทรศัพท์ระบบแบตเตอรี่ร่วม

การทำงานของวงจร

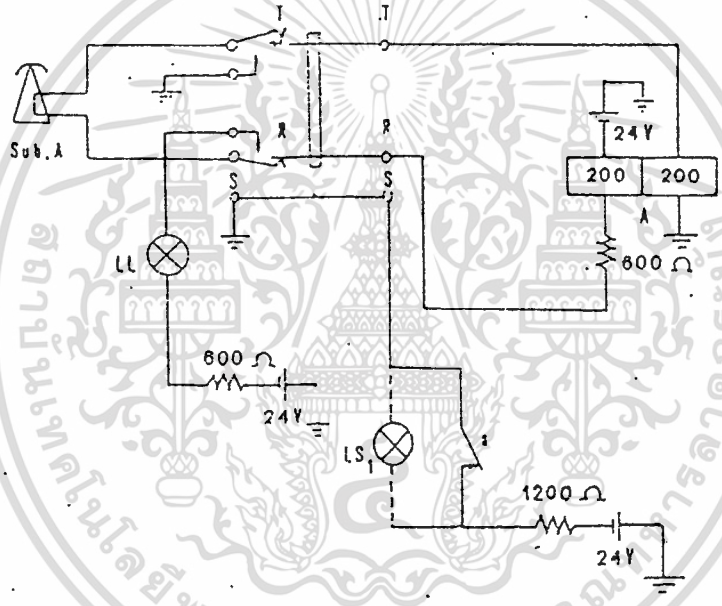
เมื่อผู้เรียก (SUB.A) ต้องการเรียกไปยังเลขหมายใด ๆ ผู้เรียกจะยกปากพูดหูฟังขึ้นจากเครื่องโทรศัพท์ ทำให้ HOOK SWITCH (HS) ของเครื่องโทรศัพท์ต่อสายเส้น TIP (T) และ RING (R) เข้าด้วยกันมีผลทำให้ดวงไฟ LINE LAMP (LL) ประจำเลขหมายของผู้เรียกสว่าง ซึ่งเขียนเป็นวงจรได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงดวงไฟ LINE LAMP สว่าง

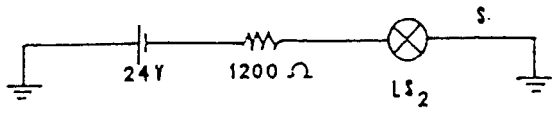
พนักงานโทรศัพท์กลางซึ่งนั่งอยู่หน้าตู้สลับสายก็จะทราบได้ทันทีว่า เลขหมาย A เรียกเข้ามา พนักงานโทรศัพท์กลางก็จะใช้ A-PLUG เสียบเข้าไปยัง JACK ของเลขหมาย A มีผลทำให้ดวงไฟ LL ประจำเลขหมาย A ดับ(เนื่องจาก A-PLUG ไปเปิดวงจรของ LINE LAMP) และครบวงจรของ RELAY A ทำให้ RELAY A ทำงาน CONTACT ของ RELAY A คือ CONTACT A ปิดวงจร วงจรการทำงานของ RELAY A แสดงตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรการทำงานของ RELAY A

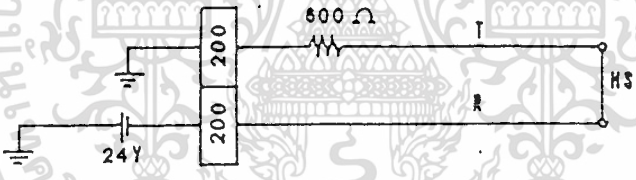
จากนั้นพนักงานโทรศัพท์กลางจะกด TALK KEY (K1) ทำให้พนักงานโทรศัพท์กลางสามารถสนทนากับผู้เรียกได้ และถามความประสงค์ของผู้เรียกว่า จะต้องการต่อไปยังเลขหมายใด เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางทราบความประสงค์ของผู้เรียกว่าต้องการต่อไปยังเลขหมายใดแล้วพนักงานโทรศัพท์กลางก็จะใช้ C-PLUG เสียบเข้าไปยัง JACK ประจำเลขหมายของผู้ถูกเรียก และกด RING KEY (K2) ทำให้กระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกดังขึ้น ขณะนี้ดวงไฟ LS2 จะสว่างเป็นการแสดงว่าผู้ถูกเรียกยังมิได้ยกปากพูดหูฟังตอบรับการเรียก แต่ถ้าหากผู้ถูกเรียกตอบรับการเรียกแล้ว ดวงไฟ LS2 จะดับ วงจรที่ทำให้ดวงไฟ LS2 สว่าง แสดงตามรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

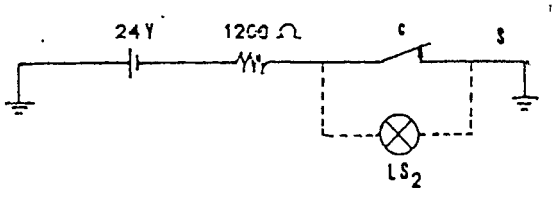


รูปที่ 3.10 ดวงไฟ LD2 สว่าง

เมื่อผู้ถูกเรียกตอบรับการเรียก HOOK SWITCH ที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกจะต่อสายเส้น T และ R เข้าด้วยกันทำให้ครบวงจรของ RELAY C เมื่อ RELAY C ทำงาน CONTACT ของ RELAY C คือ CONTACT C ปิดวงจร มีผลทำให้ดวงไฟ LS2 ดับ วงจรการทำงานของ RELAY C และดวงไฟ LS2 ดับ แสดงตามรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 ตามลำดับ



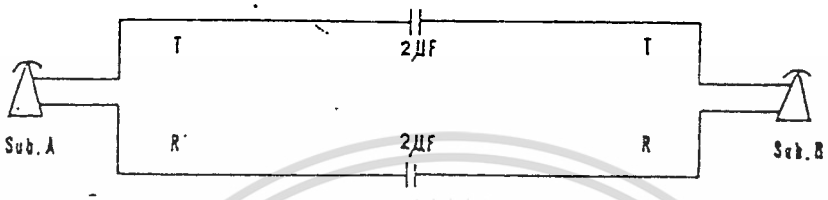
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการทำงานของ RELAY C



รูปที่ 3.12 แสดงดวงไฟ LS2 ดับ

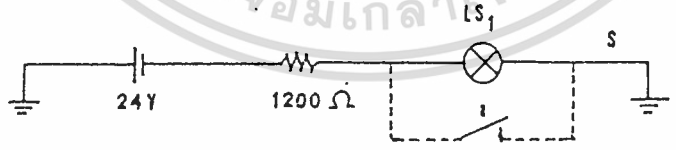
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะนี้ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกสามารถสนทนากันได้วงจรการสนทนาระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกแสดงตามรูปที่ 3.13

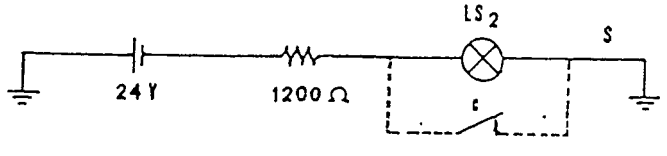


รูปที่ 3.13 แสดงวงจรการสนทนาระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก

เมื่อผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกสนทนากันเสร็จเรียบร้อยแล้วทั้งคู่ก็วางปากพูดหูฟังลงบนเครื่องโทรศัพท์ HOOK SWITCH ของเครื่องโทรศัพท์ทั้งสองจะตัดสายเส้น T และ R ออกจากกัน และมีผลคือ เมื่อผู้เรียกวางปากพูดหูฟังลง RELAY A หยุดการทำงาน (RELEASE) CONTACT A เปิดวงจรและดวงไฟ LS1 สว่าง ในทำนองเดียวกันเมื่อผู้ถูกเรียกวางปากพูดหูฟังลง RELAY C หยุดการทำงาน (RELEASE) CONTACT C เปิดวงจรและดวงไฟ LS2 สว่าง วงจรที่ทำให้ดวงไฟ LS1 และ LS2 สว่าง แสดงตามรูปที่ 3.14 และรูปที่ 3.15 ตามลำดับ



รูปที่ 3.14 ดวงไฟ LS1 สว่าง



รูปที่ 3.15 ดวงไฟ LS2 สว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

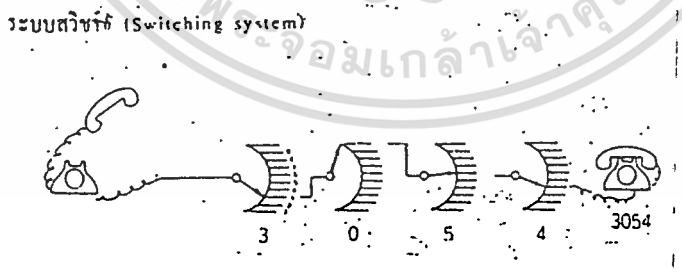
เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางเห็นดวงไฟ LS1 และ LS2 สว่าง ก็จะทำให้ทราบได้ทันทีว่าคู่สนทนานี้เลิกสนทนากันแล้วก็จะดึง A-PLUG และ C-PLUG ออกกลับสู่ตำแหน่งเดิม ดวงไฟ LS1 และ LS2 ดับ พนักงานโทรศัพท์กลางก็พร้อมที่จะบริการผู้เรียกรายอื่น ๆ ต่อไป

เนื่องจากว่าการใช้งานของชุมสายโทรศัพท์ต้องใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง จึงทำให้ต้องจ้างพนักงานกลางมาคอยเชื่อมต่อคู่ใช้ให้สิ้นเปลืองและเกิดการเมื่อยล้าของพนักงาน จึงได้มีระบบชุมสายแบบอัตโนมัติ

3.5 ระบบสวิทชิ่งอัตโนมัติ (AUTOMATIC SWITCHING SYSTEM)

การพัฒนาระบบสวิทชิ่งของโทรศัพท์ยังคงใช้หลักการเดิมเพียงแต่ เปลี่ยนจากการวิเคราะห์และปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ จากคนมาเป็นอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิคส์แทน ทำให้ประหยัดพนักงานไปได้มาก จะมีก็แต่ช่วงซ่อมบำรุงระบบสวิทชิ่งอัตโนมัติ มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น

สวิทชิ่งอัตโนมัติแบบขั้นต่อขั้น (STEP-BY-STEP AUTOMATIC SWITCHING) กระแสของหน้าปัทม์ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นจากการหมุนเลขหน้าปัทม์โทรศัพท์ของผู้เช่า จะขับแผงสวิทช์และการเลือกจะทำทีละหลักของหมายเลขที่เรียกตามลำดับ จากหลักแรกจนถึงหลักสุดท้าย นั่นคือหลักสุดท้ายจะเจาะจงผู้ถูกเรียกในที่สุด ตามรูปที่ 3.16 จะแสดงในกรณีที่เรียกหมายเลข 3054



รูปที่ 3.16 แสดงการเรียกหมายเลข 3054

แต่ระบบขั้นต่อขั้นก็ยังมีขนาดใหญ่ และยังทำงานช้า จึงได้พัฒนามาเป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากยิ่งขึ้น คือ ระบบควบคุมรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทชิงอัตโนมัติแบบควบคุมรวม (COMMAND CONTRO SWITCHING SYSTEM) หลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์แบบควบคุมรวมกล่าวคือระบบนี้ จะประกอบไปด้วย 2 ภาคหลัก ๆ คือ ภาคควบคุม (CONTROL UNIT) และภาคสวิทชิ่ง (SWITCHING UNIT)

- ภาคควบคุม มีหน้าที่ควบคุมการต่อวงจรการสนทนาระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกโดยเริ่มตั้งแต่ส่งสัญญาณ DIAL TONE ไปยังผู้เรียก รับเลขหมายที่ผู้เรียกหมุน วิเคราะห์เลขหมายที่ได้รับและดำเนินการให้ภาค SWITCHING ต่อวงจร เพื่อให้ผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกสนทนากันได้

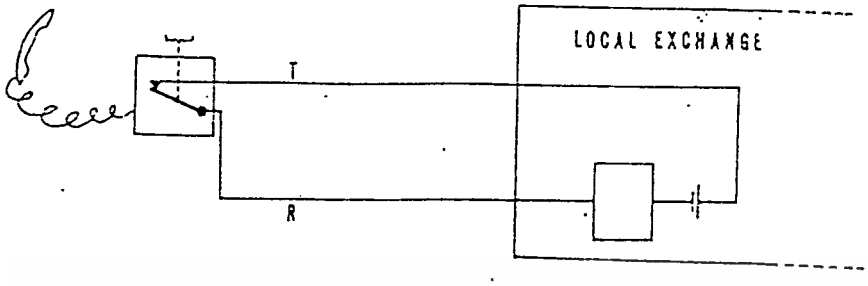
- ภาค SWITCHING มีหน้าที่ต่อวงจรการสนทนาระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก หรือต่อวงจรของผู้เรียกไปยังชุมสายโทรศัพท์อื่น ๆ โดยผ่านวงจร TRUNK

เมื่อผู้เรียกยกปากพูดหูฟัง (HANDSET) ขึ้น จะทำให้ครบวงจรของอุปกรณ์สวิทช์ในชุมสายผู้เรียกก็จะได้ยินสัญญาณ DIAL TONE ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่าขณะนี้เริ่มหมุนเลขหมายได้แล้ว เมื่อผู้เรียกเริ่มหมุนเลขหมายสัญญาณ DIAL TONE จะถูกตัดออกจากวงจร และเมื่อผู้เรียกหมุนเลขหมายของผู้ถูกเรียกครบแล้ว ภาคควบคุมจะทำการวิเคราะห์เลขหมายที่ได้รับและดำเนินการต่อวงจรการสนทนาให้ ซึ่งการเรียกอาจเป็นการเรียกภายในชุมสายเดียวกัน หรือถ้าเป็นการเรียกออกไปยังชุมสายอื่น ๆ ทางชุมสายนี้ก็จะส่งข้อมูลไปให้ ถ้าผู้ถูกเรียกว่างผู้เรียกจะได้ยินสัญญาณ RINGBACK TONE ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่าทางสายของผู้ถูกเรียกว่างและกำลังเรียกอยู่และชุมสายก็จะส่ง RINGING CURRENT ซึ่งเป็นกระแสไฟสลับ 75-90 โวลท์ 18- 25 Hz ไปป้อนกระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียก ทำให้กระดิ่งดัง แต่ถ้าเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกกำลังใช้งานอยู่ ผู้เรียกจะได้ยินสัญญาณ BUSY TONE ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่าทางสายของผู้ถูกเรียกไม่ว่าง ลักษณะการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบ COMMAND CONTROL ซึ่งใช้เป็นชุมสายท้องถิ่นสามารถอธิบายโดยแบ่งช่วงการทำงานออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

ช่วงผู้เรียกยกปากพูดหูฟังขึ้นและหมุนเลขหมาย

เมื่อผู้เรียกต้องการเรียกไปยังเลขหมายอื่น ผู้เรียกก็จะต้องยกปากพูดหูฟังขึ้นทำให้ HOOK SWITCH ของเครื่องโทรศัพท์ต่อสายเส้น T (TIP) และ R (RING) เข้าด้วยกันดังแสดงตามรูปที่ 3.17 มีผลทำให้ครบวงจรของ LINE RELAY ซึ่งเป็น RELAY ประจำเลขหมายของผู้เรียกภาคควบคุมก็จะทำการต่อวงจรระหว่างชุดส่งสัญญาณ DIAL TONE กับผู้เรียกเข้าด้วยกันทำให้ผู้เรียกได้ยินสัญญาณ DIAL TONE ซึ่งเป็นการแสดงว่า เครื่องชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะรับเลขหมายที่ผู้เรียกหมุน

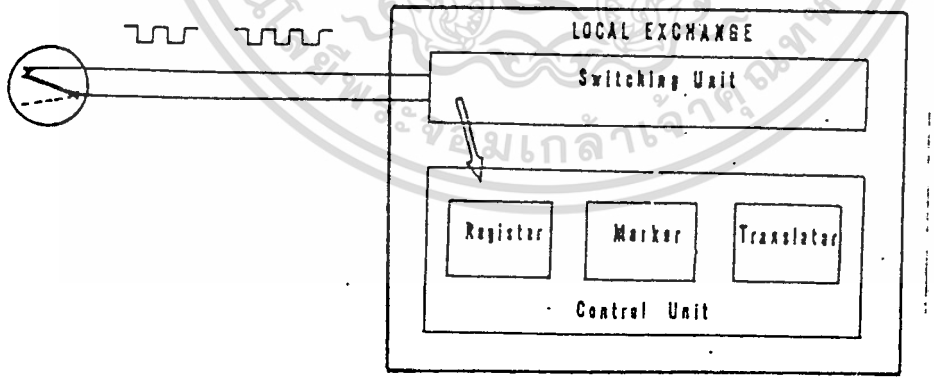
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงเมื่อผู้เรียกยกปากพูดหูฟังขึ้น

เมื่อมีการยกปากพูดหูฟังขึ้น ชุมสายโทรศัพท์จะทราบประเภทของเครื่องโทรศัพท์นั้น ๆ ภาคควบคุมในชุมสายก็จะต่อวงจรระหว่างผู้เรียกกับ REGISTER ตามประเภทของผู้เรียกนั้น ๆ เพื่อเตรียมรับเลขหมายที่ผู้เรียกหมุน

ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกเป็นแบบหมุนหน้าปัด การหมุนหน้าปัดของผู้เรียกจะทำให้เกิด PULSE ขึ้นเป็นจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน และถูกส่งไปเก็บไว้ใน REGISTER ดังแสดงตามรูปที่ 3.18 เพื่อเตรียมปฏิบัติการต่อไป



รูปที่ 3.18 แสดงเมื่อผู้เรียกหมุนหมายเลข

ช่วงดำเนินการกับเลขหมายที่ได้รับ

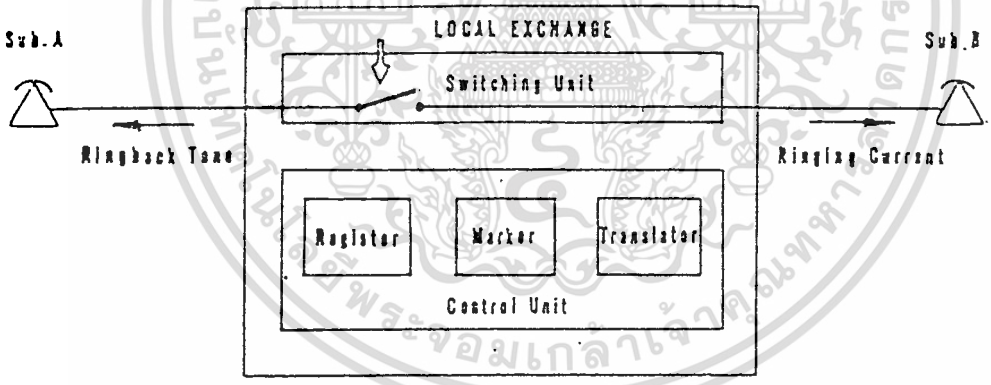
เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ได้รับข้อมูล คือ เลขหมายของผู้เรียกจนครบแล้วก็จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับ เพื่อต้องการทราบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นการเรียกภายในชุมสายเดียวกันหรือต่างชุมสาย

- การส่งสัญญาณจะเป็นไปในลักษณะใด เช่น จะส่งไปยังผู้ถูกเรียกโดยตรง หรือจะส่งไปยังชุมสายอื่น ๆ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์เสร็จแล้วจากนั้นภาคควบคุมก็จะเลือกเส้นทางการต่อวงจรระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก ในภาค SWITCHING ต่อไป

การต่อวงจรการสนทนา ระหว่างผู้เรียก กับ ผู้ถูกเรียก จะดำเนินการ โดยภาค SWITCHING การต่อวงจรการสนทนาจะครบสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อผู้ถูกเรียกได้ตอบรับการเรียกแล้ว นั่นคือในขณะที่มีการส่งสัญญาณซึ่งอาจเป็นการส่งสัญญาณภายในชุมสายเดียวกันหรือส่งไปยังชุมสายอื่น ๆ ก็ตามการต่อวงจรจะยังไม่ครบสมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียกได้ยินเสียงรบกวนจากการส่งสัญญาณ ถ้าหากเลขหมายผู้ถูกเรียกว่าง และเป็นเลขหมายที่อยู่ในชุมสายเดียวกันกับผู้เรียก ภาค SWITCHING จะต่อวงจรเพื่อส่งสัญญาณ RINGBACK TONE ไปยังผู้เรียกและต่อวงจร RINGING ไปยังผู้ถูกเรียกเพื่อส่ง RINGING CURRENT ไปป้อนกระดิ่งเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก ตามรูปที่ 3.19 ดังนี้

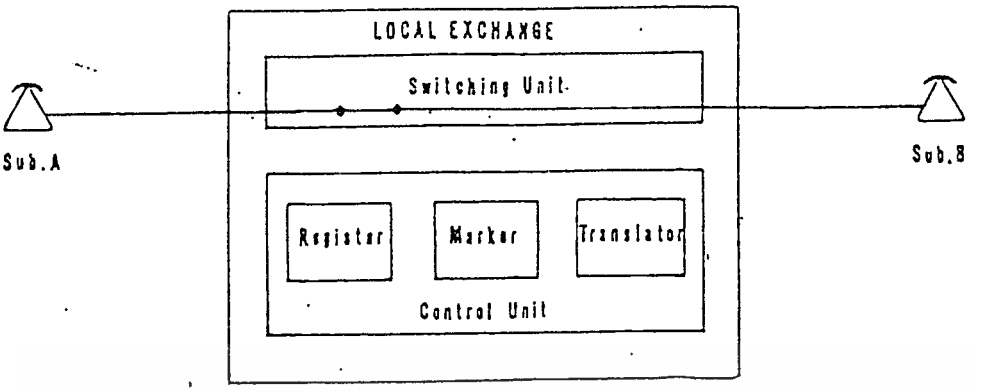


รูปที่ 3.19 แสดงช่วงดำเนินการต่อวงจร

หากหมายเลขของผู้ถูกเรียกเป็นเลขหมายที่อยู่ในชุมสายอื่นก็จะถูกส่งออกจากชุมสายต้นทางไปยังชุมสายปลายทาง

เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ได้ทำการต่อเรียบร้อยแล้ว ก็จะเป็นช่วงของการสนทนากันระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกขณะนั้นภาคควบคุมจะหยุดทำงาน เพื่อที่จะรอการให้บริการหมายเลขอื่นที่เรียกเข้ามายังชุมสายต่อไป ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงถึงช่วงสนทนา

เมื่อฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดเป็นฝ่ายวางหูก่อนอุปกรณ์ภาค SWITCHING ก็จะหยัดทำงานก็เป็นอันว่าหมดช่วงการสนทนา ภาค SWITCHING ก็พร้อมที่จะให้บริการคู่สายต่อไปที่เข้ามาอีก

3.6 สวิทชิ่งอัตโนมัติระบบอิเล็กทรอนิคส์

เนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์มีมาก ทั้งด้านใช้งานทั่วไปและด้านการทำงานเฉพาะอย่างระบบสวิทชิ่ง หรือระบบชุมสายโทรศัพท์ก็ได้นำคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนในการพัฒนาระบบแทนที่จะใช้การเปลี่ยนระบบสายก็จะใช้เปลี่ยนโปรแกรมคำสั่งควบคุม (STORED PROGAM CONTROL) แทนซึ่งจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีความเร็วในการทำงาน อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์แทนการทำงานของรีเลย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้มีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ คือ

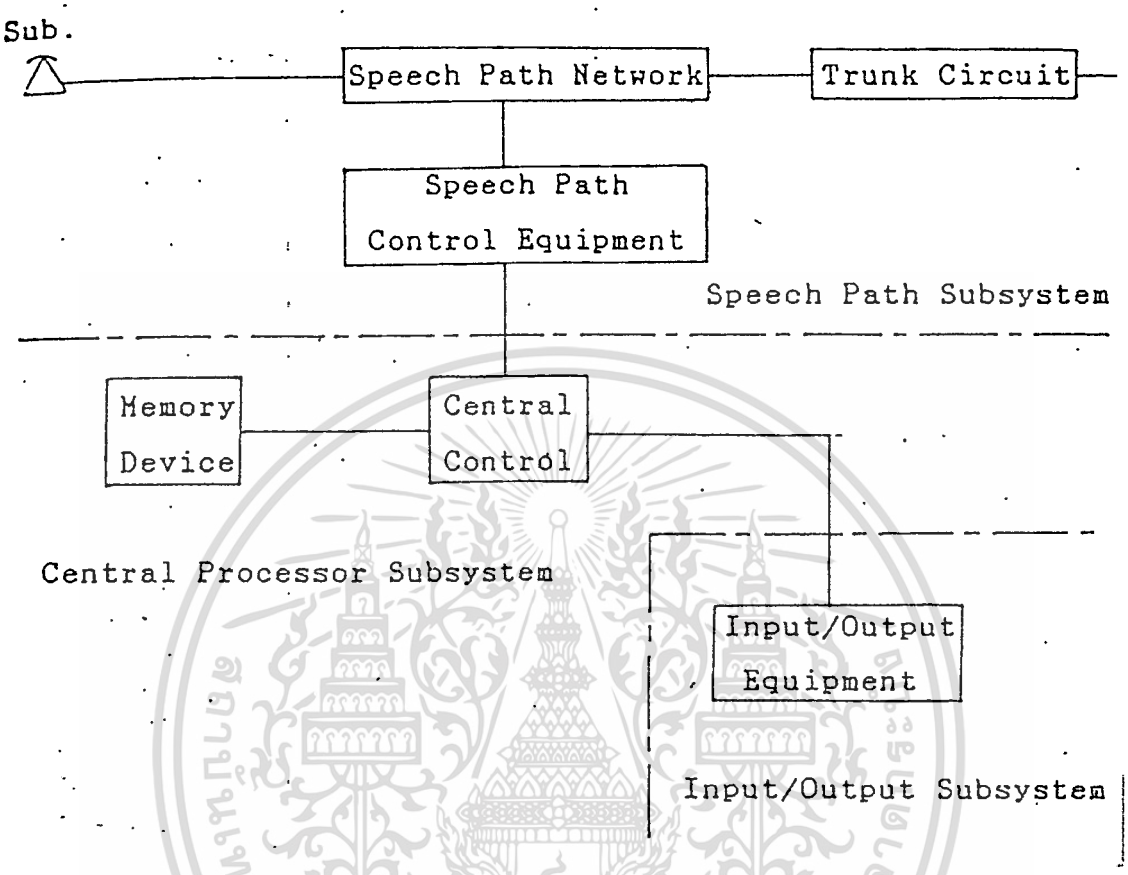
- HARDWARE LOGIC
- PROGRAMMABLE WIRED LOGIC
- STORED PROGRAM CONTROL (SPC)

STORED PROGRAM CONTROL หมายความว่า การทำงานของวงจร LOGIC จะถูกควบคุมด้วย PROGRAM จึงได้กลายมาเป็นชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC ซึ่งชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC ก็จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

3.7 ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG

ชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ SPEECH PATH SUBSYSTEM CONTROL PROCESSOR SUBSYSTEM และ INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM ดังแสดงรูปที่ 3.21 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.21 แสดงโครงสร้างชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG

- SPEECH PATH SUBSYSTEM เป็นส่วนของภาค SWITCHING NETWORK ที่ทำหน้าที่ต่อวงจรการสนทนาระหว่างผู้เช่ากับผู้เช่า หรือต่อวงจรของผู้เช่าไปยังชุมสายโทรศัพท์อื่น ๆ โดยผ่าน TRUNK CIRCUIT หรือ JUNCTION CIRCUIT อุปกรณ์ที่ใช้ใน SUBSYSTEM นี้เป็นพวก ELECTROMAGNETIC DEVICE

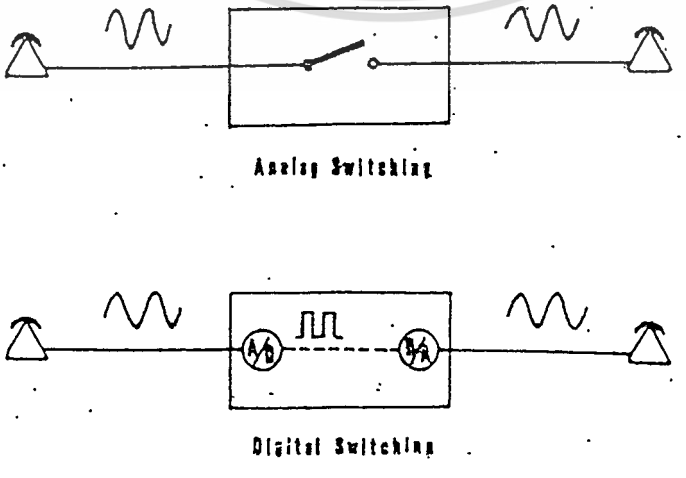
- CENTRAL PROCESSOR SUBSYSTEM เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ โดยจะมี CENTRAL CONTROL เป็นตัวอ่านโปรแกรม (PROGRAM) และข้อมูล (DATA) จากหน่วยความจำ (MEMORY DEVICE) มาใช้ควบคุม SPEECH PATH SUBSYSTEM และ INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM อุปกรณ์ที่ใช้ใน SUBSYSTEM นี้เป็นพวก DIGITAL ELECTRONIC DEVICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM เป็นส่วนที่มีไว้สำหรับให้ช่างติดต่อสื่อสารกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เช่นเปลี่ยนแปลงโปรแกรม หาข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นในชุมสายโทรศัพท์ บันทึกข้อมูลจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้ใน SUBSYSTEM นี้มีทั้ง MECHANICAL DEVICE (เช่น TELETYPEWRITER,PAPER TAPE PUNCHER/READER เป็นต้น) และ ELECTROMAGNETIC RECORDING EQUIPMENT (เช่น MAGNETIC TAPE UNIT, CARTRIDGE MAGNETIC TAPE UNIT เป็นต้น)

ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG ส่วนที่เป็น SPEECH PATH SUBSYSTEM หรือ SWITCHING NETWORK ยังใช้อุปกรณ์จำพวก ELECTROMAGNETIC DEVICE จึงจัดเป็นชุมสายโทรศัพท์ระบบที่เรียกว่า SPACE DIVISION TYPE SEMI-ELECTRONIC SWITCHING SYSTEM คือยังไม่เป็นระบบ FULLY DIGITAL ELECTRONIC จึงเรียกชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้ว่าเป็น SPC ANALOG SWITCHING SYSTEM ชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้มีข้อดีคือ ใช้ในการเชื่อมโยง (INTERFACE) กับชุมสายโทรศัพท์ระบบเดิมที่มีอยู่ได้ง่าย

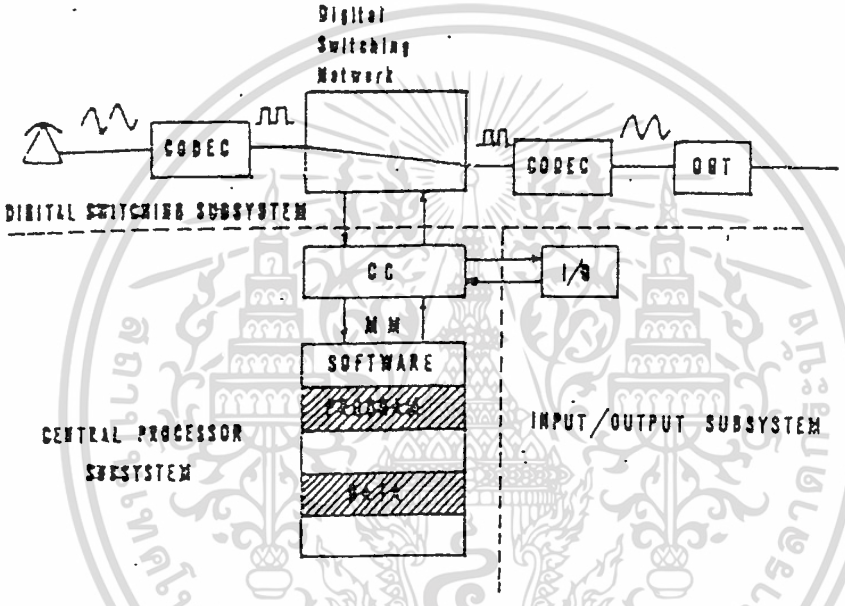
เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG ได้พัฒนามาเป็นระบบ FULLY DIGITAL ELECTRONIC SWITCHING SYSTEM โดยการนำเอา DIGITAL ELECTRONIC COMPONENT มาใช้ใน SPEECH PATH SUBSYSTEM หรือภาค SWITCHING NETWORK เครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบนี้จึงมีชื่อเรียกว่า TIME DIVISION TYPE ELECTRONIC SWITCHING SYSTEM หรือเรียกว่าระบบ SPC DIGITAL SWITCHING SYSTEM เพื่อเป็นการแนะนำให้รู้จักกับชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL จึงขอให้พิจารณาความแตกต่างระหว่าง ANALOG SWITCHING กับ DIGITAL SWITCHING ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงความแตกต่างของ SPC แบบ ANALOG กับ SPC แบบ DIGITAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ ANALOG นั้นสัญญาณจากโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะถูกต่อเข้าหากัน โดยตรงในขณะที่สนทนากันอยู่ ส่วนแบบ DIGITAL สัญญาณจากโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะถูกแปลงจากสัญญาณ ANALOG มาเป็น DIGITAL เสียก่อน แล้วจึงถูกส่งเข้าไปยัง DIGITAL SWITCHING และจาก DIGITAL SWITCHING สัญญาณ DIGITAL จะถูกแปลงกลับไปเป็น ANALOG อีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์อีกเลขหมายหนึ่ง



รูปที่ 3.23 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL

จากรูปที่ 3.23 จะเห็นว่าประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ คือ

- DIGITAL SWITCHING SUBSYSTEM
- CONTROL PROCESSOR SUBSYSTEM
- INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM

การทำงานของแต่ละ SUBSYSTEM สามารถอธิบายได้ดังนี้

- DIGITAL SWITCHING SUBSYSTEM เป็นส่วนของ SWITCHING ที่ถูกใช้ในการต่อวงจรของผู้เช่า สัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่า จะถูกเปลี่ยนจาก ANALOG มาเป็น DIGITAL โดย CODEC ก่อนเข้ามาที่ DIGITAL SWITCHING NETWORK หรือ TIME DIVISION SWITCH และก่อนที่จะต่อออกไปยังผู้เช่าอื่น ๆ หรือ ANALOG TRUNK สัญญาณ DIGITAL จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็น ANALOG อีกครั้งหนึ่ง โดย CODEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- CENTRAL PROCESSOR SUBSYSTEM เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของ DIGITAL SWITCHING SUBSYSTEM และ INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM ส่วนนี้ประกอบด้วย CENTRAL CONTROL (CC) และ MAIN MEMORY (MM) โดยที่ CENTRAL CONTROL จะอ่านโปรแกรมและข้อมูลจาก MAIN MEMORY มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งระบบ

- INPUT/OUTPUT SUBSYSTEM ส่วนนี้ประกอบด้วย TELETYPE WRITER (TTY), CARTRIDGE MAGNETIC TAPE, MAGNETIC TAPE และ OPTION อื่น ๆ

- TTY เป็นอุปกรณ์สำหรับช่างชุมสายโทรศัพท์ พิมพ์คำสั่งป้อนเข้าเครื่องชุมสายโทรศัพท์หรือเครื่องชุมสายโทรศัพท์รายงานการทำงานออกมาทาง TTY ซึ่งจะเห็นว่า TTY มีประโยชน์ในการติดตั้ง การซ่อมบำรุง และการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ

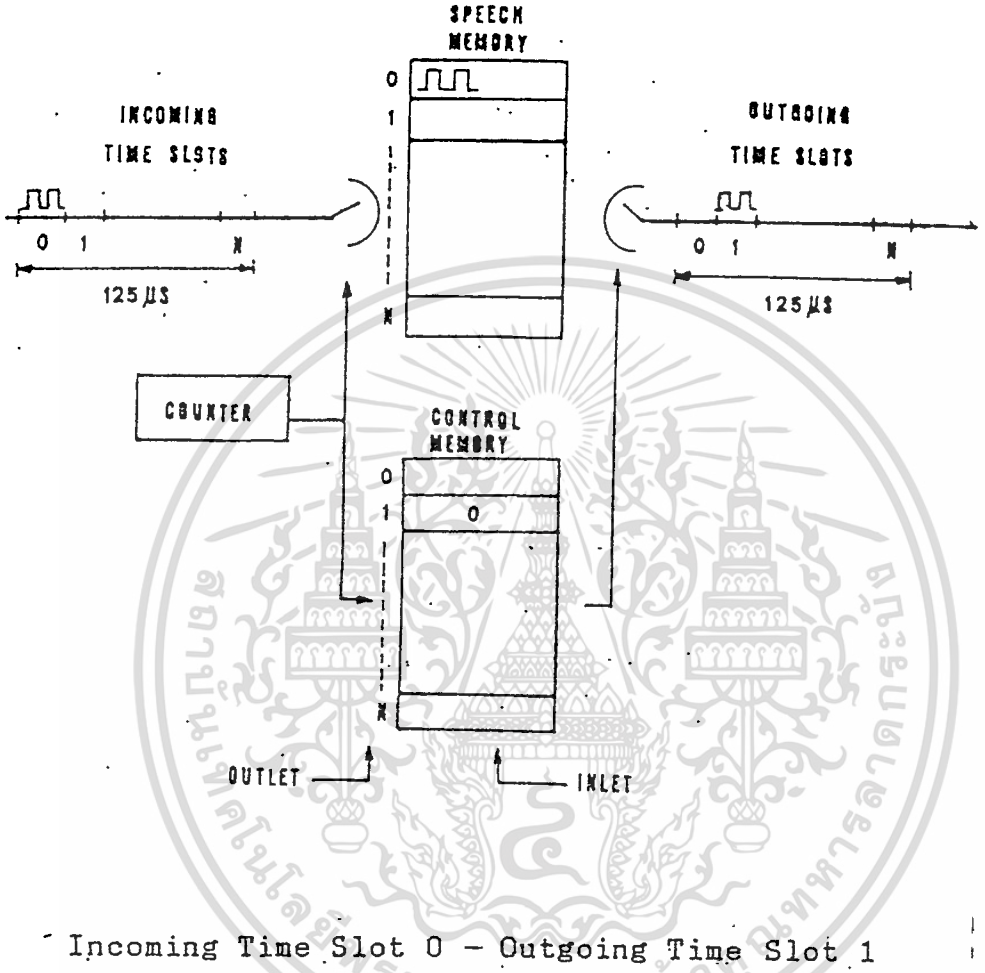
CARTRIDGE MAGNETIC TAPE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ใน MAIN MEMORY มีหน้าที่เป็นตัว BACK UP MAIN MEMORY ในกรณีที่เกิดข้อขัดข้องขึ้นใน MAIN MEMORY

เทคนิคของสวิทชิ่งที่นิยมนำมาใช้ในชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC แบบ DIGITAL มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ

TIME DIVISION SWITCH หรือที่เรียกกันว่า TIME SWITCH

TIME SWITCH ประกอบด้วย SPEECH MEMORY ซึ่งมี PCM WORD อยู่ใน TIME SLOT จำนวนหนึ่ง SPEECH MEMORY จะถูกควบคุมโดย CONTROL MEMORY การนำข้อมูลของ INCOMING TIME SLOT เข้าไปเก็บไว้ใน SPEECH MEMORY สามารถจะกระทำได้โดยถูกควบคุมด้วยวงจรนับ (COUNTER) ข้อมูลใน INCOMING TIME SLOT 0 จะถูกเก็บไว้ใน SPEECH MEMORY ที่ ADDRESS 0 และข้อมูลใน INCOMING TIME SLOT 1 จะถูกเก็บไว้ใน SPEECH MEMORY ที่ ADDRESS 1 และเป็นอย่างนี้เรื่อย ๆ ไป การนำข้อมูลออกหรือการอ่าน SPEECH MEMORY จะถูกควบคุมโดย CONTROL MEMORY ซึ่งมีจำนวน ADDRESS มากเท่ากับจำนวน TIME SLOT ข้อมูลใน CONTROL MEMORY ที่ ADDRESS ต่าง ๆ จะถูกบรรจุไว้ด้วย ADDRESS ของ SPEECH MEMORY ที่เป็น OUTGOING TIME SLOT ดังแสดงตามรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



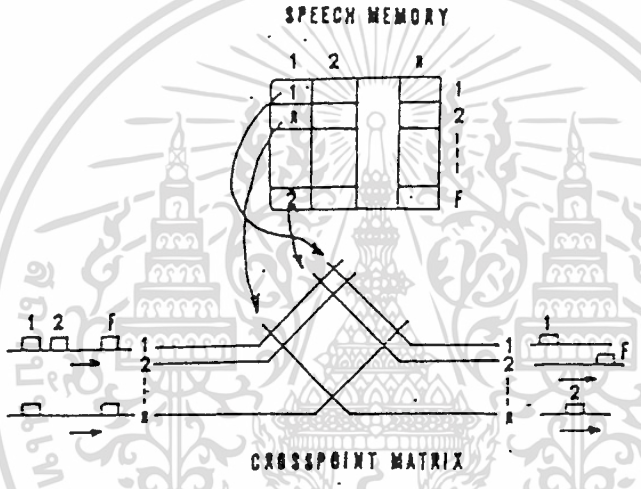
รูปที่ 3.24 แสดง TIME SWITCH

จากรูปที่ 3.24 สมมุติว่า INCOMING TIME SLOT คือ TIME SLOT 0 และ OUT GOING TIME SLOT คือ TIME SLOT 1 ข้อมูลที่ TIME SLOT 0 จะถูกนำไปเก็บไว้ใน SPEECH MEMORY ที่ ADDRESS 0 และที่ ADDRESS 1 ของ CONTROL MEMORY จะมีข้อมูล "0" ซึ่งเป็นค่าของ ADDRESS 0 ของ SPEECH MEMORY บรรจุอยู่ดังนั้น OUTGOING TIME SLOT ที่ TIME SLOT 1 จึงเป็นข้อมูลของ INCOMING SLOT ที่ TIME SLOT 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPACE DIVISION SWITCH หรือที่เรียกกันว่า SPACE SWITCH

SPACE SWITCH ประกอบด้วย CROSSPOINT MATRIX ขนาด n*n ใน CROSSPOINT เป็นวงจร DIGITAL ELECTRONIC GATE ดังรูปต่อไปนี้ (รูปที่ 3.25)

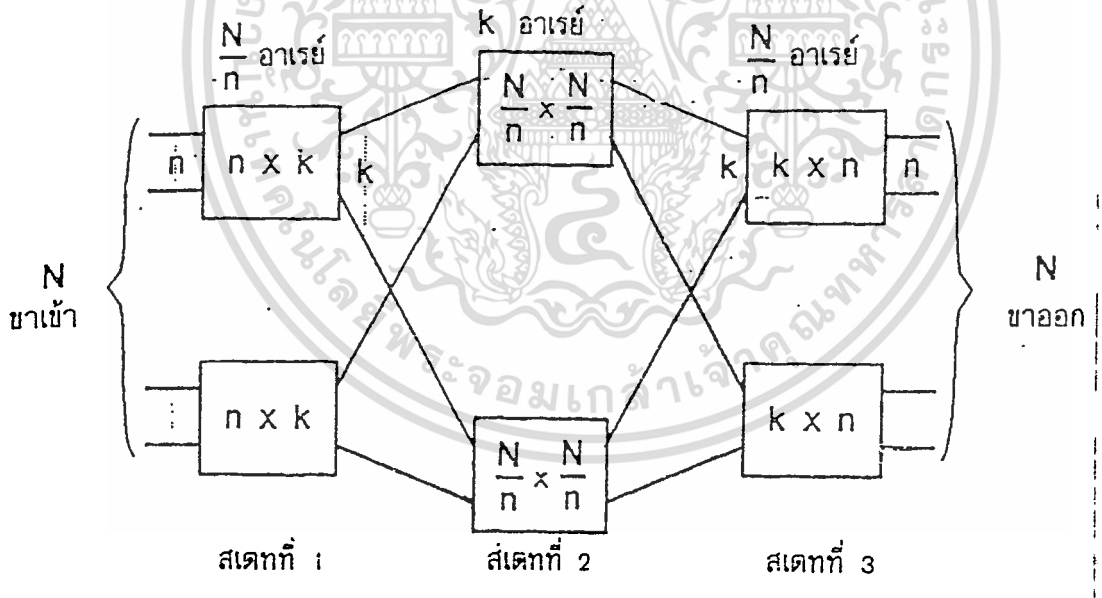


รูปที่ 3.25 แสดง SPACE SWITCH

โดยที่สัญญาณจาก TIME SWITCH (สัญญาณที่ 1 ถึง F) จำนวนหลาย TIME SWITCH สมมุติเป็นจำนวน n TIME SWITCH ถูกนำมาต่อเข้ากับ CROSSPOINT MATRIX ที่ถูกควบคุมโดย SPEECH MEMORY รูปที่ 3.25 แสดงการควบคุมการต่อออกของสัญญาณที่ 1 ถึง F จาก TIME SWITCH ตัวที่ 1 สัญญาณที่ 1 จะถูกต่อออกทาง OUTLET ที่ 1 เป็นสัญญาณที่ 1 สัญญาณที่ 2 จะถูกต่อออกทาง OUTLET ที่ n เป็นสัญญาณที่ 2 และสัญญาณที่ F จะถูกต่อออกทาง OUTLET ที่ 2 เป็นสัญญาณที่ F การทำงานของ SPACE SWITCH ซึ่งถูกควบคุมการต่อโดย SPEECH MEMORY เปรียบเทียบได้คล้ายกับมี CROSSBAR SWITCH จำนวน F ตัว ต่อ INLET ได้ n*F INLET และมี OUTLET ออกจำนวน n*F OUTLET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.25 จะเห็นว่า CROSSPOINT เป็นการใช้ประโยชน์ ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเนื่องจากมี OUTPUT เพียงแค่ n แต่ต้องใช้ CROSSPOINT ถึง n^2 จุดเพื่อให้สามารถให้ทำงานได้ดีกว่า ข้อจำกัดที่กล่าวมาแล้วนี้ จึงได้มีการนำเอามาต่อกันเป็นแบบมัลติสเตท ทางด้านคู่สายของ INPUT จำนวน n คู่สาย จะถูกแบ่งออกเป็น n/N กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ N คู่สายโดยแต่ละกลุ่มของคู่สายจะเข้าสู่ MATRIX ใน STATE แรก และ OUTPUT ของ STATE แรกจะเป็น INPUT ของ STATE ถัดไป จนในที่สุด STATE สุดท้ายจะมี n OUTPUT ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.26 แสดงการนำเอา CROSSPOINT มาต่อรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

ก่อนที่จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ใดไปใช้งานแล้วแต่ผู้ออกแบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้น ๆ ด้วย เบอร์ให้เลือกใช้ ซึ่งแต่ละเบอร์จะมีความสามารถพิเศษมากน้อยแตกต่างกันไป ในที่นี้เราใช้เบอร์ 89C51

4.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 มีดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ compatible กับ MCS-51
- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (external program memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (on-chippro-gram memory) ขนาด 4 K เป็น Reprogrammable Flash Memory สามารถเขียนแล้วล้างโปรแกรมได้ 1,000 ครั้ง มีอายุการใช้งาน 10 ปี
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (on-chip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
- มีไทเมอร์/เคอน์เตอร์ (timer/counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว
- การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)
- มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์

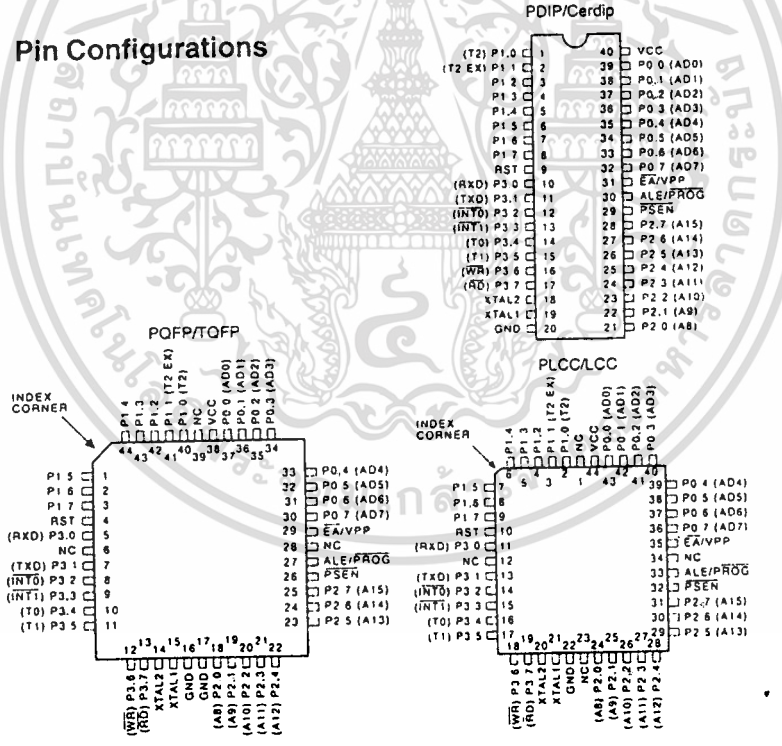
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรซ์
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว

4.2 โครงสร้างภายนอกของ 89C51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 89C51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

- ขา V_{cc} เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลท์
- ขา V_{ss} เป็นขากราวด์



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ขา $P_{0.0}$- $P_{0.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A_0-A_7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D_0 - D_7)
- ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ขา $P_{1.0}$- $P_{1.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต
- ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขาได้แก่ $P_{2.0}$ - $P_{2.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A_8 - A_{15})
- ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขาได้แก่ขา $P_{3.0}$- $P_{3.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1
- ขารีเซต (RS) ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชีนไซเกิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่
- ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (program pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 89C51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P_3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
$P_{3.0}$	RXD (serial input port)
$P_{3.1}$	TXD (serial output port)
$P_{3.2}$	INTO (external interrupt 0)
$P_{3.3}$	INT 1 (external interrupt 1)
$P_{3.4}$	T0 (Timer 0 external input)
$P_{3.5}$	T1 (Timer 1 external input)
$P_{3.6}$	WR (external data memory write strobe)
$P_{3.7}$	RD (external data memory read strobe)

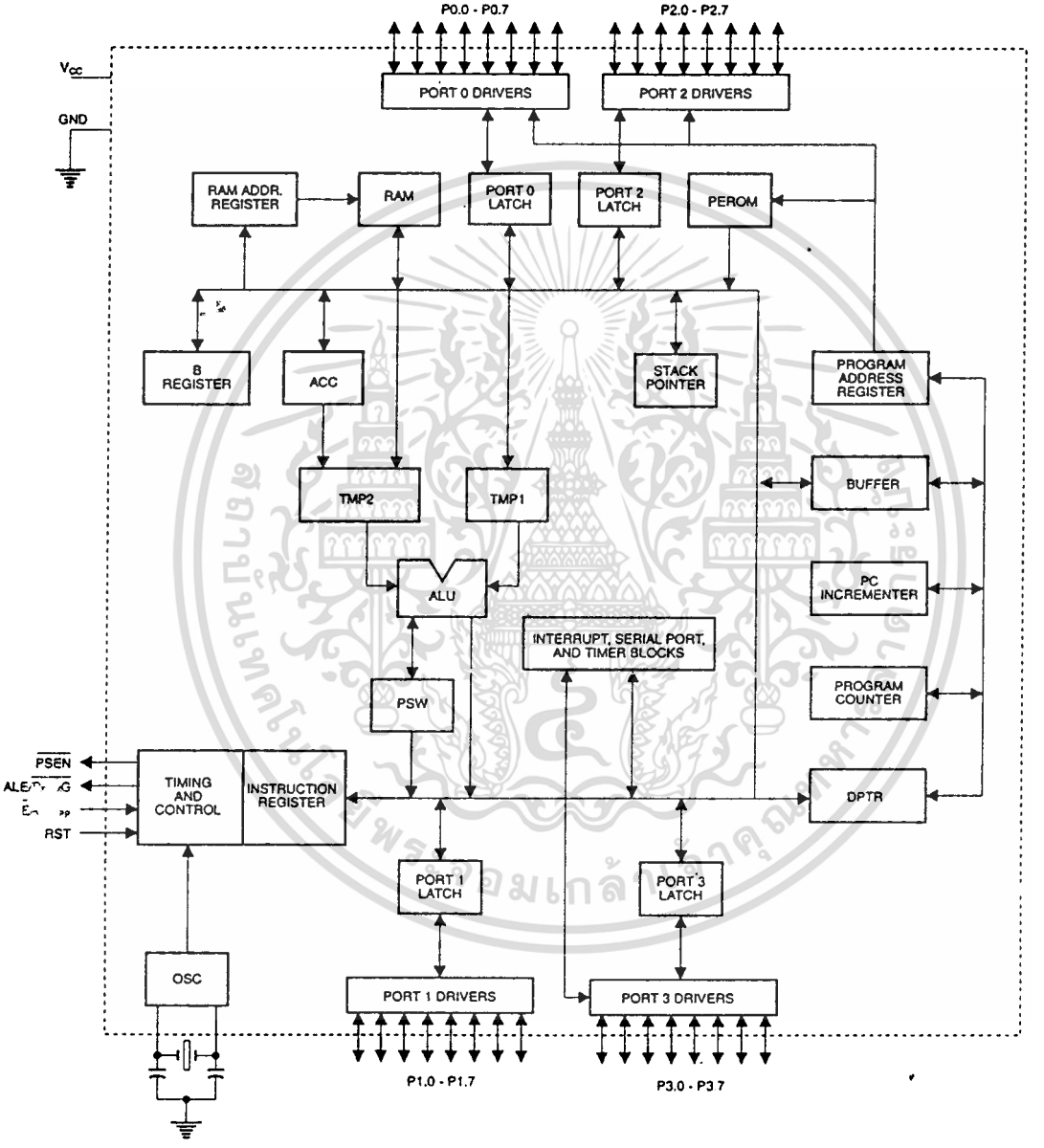
- ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด
- ขา EA/VPP(External Access enable/VPP) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-OFFFH (0-1 FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (V_{pp}) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM
- ขา $XTAL_1$ และขา $XTAL_2$ เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ติ้งออส-ซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โครงสร้างภายในของ 89C51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 แสดงดังในรูปที่ 4.2

Block Diagram



รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การจัดหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ **หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (data memory)**

หน่วยความจำโปรแกรมจะใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ภายในตัว โดยอาจจะมีขนาดไม่เท่ากันหรือเป็นหน่วยความจำต่างชนิดกัน เช่น บางเบอร์เป็น ROM และบางเบอร์อาจเป็น EPROM และบางเบอร์อาจไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้เลย โปรแกรมการทำงานจะถูกเก็บไว้ยังหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

สำหรับหน่วยความจำข้อมูส จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการทำงานของโปรแกรม ซึ่งใน 89C51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่จำนวนหนึ่ง แต่อาจมีขนาดมากน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์ สำหรับการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลแสดงไว้ดังในรูปที่ 4.3

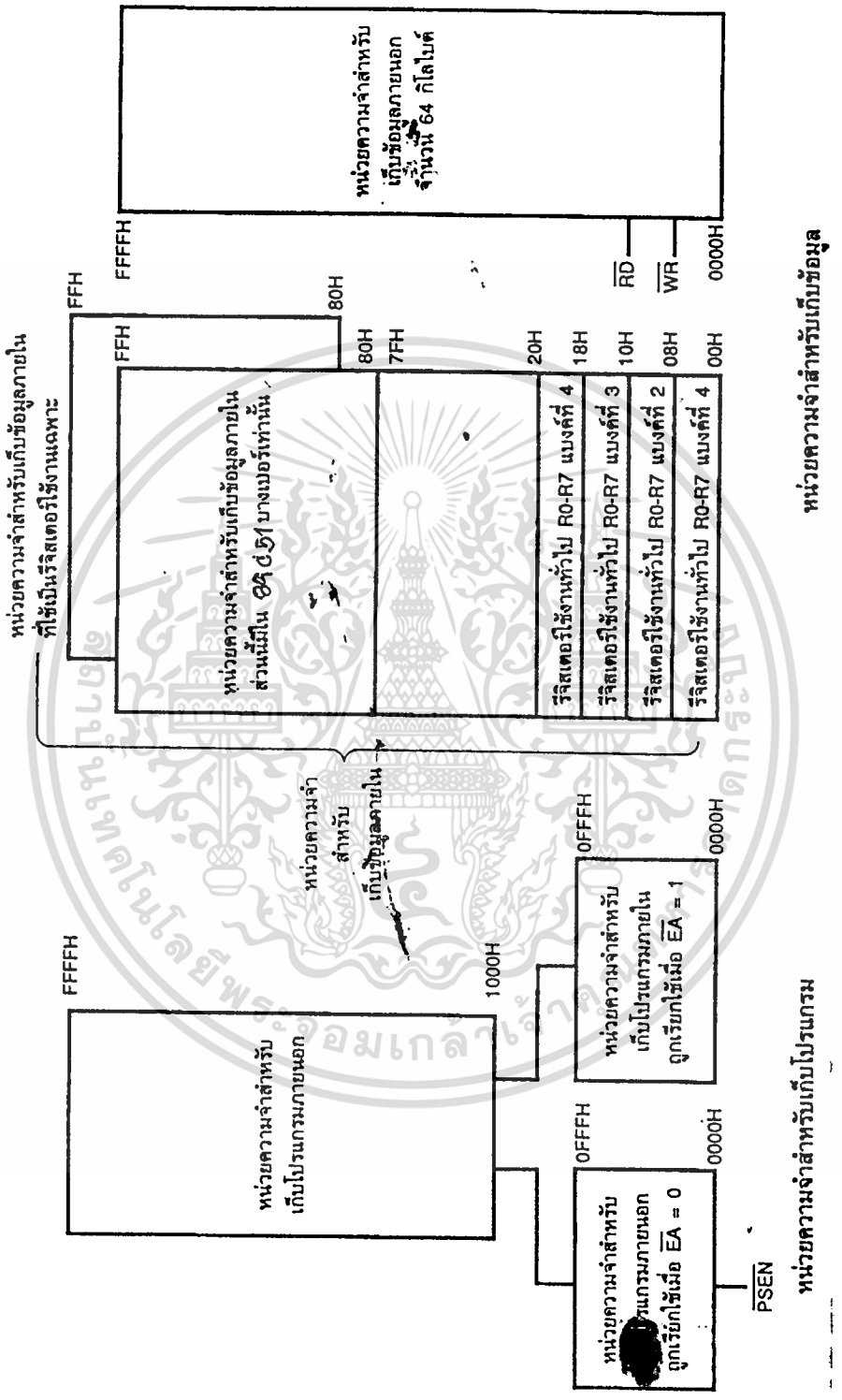
หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมภายในและหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะถูกเลือกใช้งานถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 1 โดยจะถูกใช้งานในช่วงแอดเดรส 0-0FFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFH) นอกเหนือจากช่วงแอดเดรสนี้จะใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด ในกรณีตรงกันข้ามถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 ในช่วงแอดเดรส 0-0FFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFH) จะถูกใช้จากหน่วยความจำภายนอก หรือกล่าวได้ว่าถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 จะเป็นการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมดตลอดช่วงแอดเดรส

หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลภายในและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปและส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษหรือ SFR (Special Function Register) โดยส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปจะถูกใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการทำงานของโปรแกรม ส่วนรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษจะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานและบอกสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ มีบทบาทอย่างมากในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และทำให้การเขียนโปรแกรมสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษทำหน้าที่สำคัญคือควบคุมการทำงานในส่วนต่าง ๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์และทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน ซึ่งในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษบางตัวยังสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (bit addressable) ด้วย ดังแสดงรูปการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ ในรูปที่ 4.4

ตำแหน่งแอดเดรส	(MSB) บิตแอดเดรส							(LSB)	รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ
	WDT	T32	SERR	IZC	P3HZ	P2HZ	P1HZ	ALF	
0F8H	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8	IOCON
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
	CY	AC	F0	RS1	RS0	0V	F1	P	
0D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	PSW
0CDH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TH2
0CCH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TL2
0CBH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								RCAP2H
0CAH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								RCAP2L
	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2	
0C8H	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	T2CON
	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	
0B8H	BF	—	BD	BC	BB	BA	B9	B8	IP
0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
0A8H	AF	—	AD	AC	AB	AA	A9	A8	IE
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	R1	
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TH1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TH0
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TL1
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TL0
89H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								TMOD
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								PCON
83H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิต								SP
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

รูปที่ 4.4 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตขอ 89C51 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH (อ้างถึงรูปที่ 4.5) การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึงชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

ตารางต่อไปนี้แสดงเห็นลักษณะการจัดพื้นที่หน่วยความจำ สำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นจำนวนทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H, 88H, 90H, 98H, A0H, A8H, B0H, B8H, D0H, E0H และ F0H)

ชื่อรีจิสเตอร์	คำจำกัดความ	ความสามารถการอ้างถึงแบบบิต
ACC	Accumulator	ได้
B	B register	ได้
PSW	Program Status Word	ได้
SP	Stack Pointer	ได้
DPTR	Data pointer (DPH & DPL)	ได้
P0	Port 0	ได้
P1	Port 1	ได้
P2	Port 2	ได้
P3	Port 3	ได้
IP	Interrupt Priority	ได้
IE	Interrupt Enable	ได้
TMOD	Timer / counter mode	ไม่ได้
TCON	Timer / counter control	ได้
TH0	Timer / counter 0 (high)	ไม่ได้
TL0	Timer / counter 0 (low)	ไม่ได้
TH1	Timer / counter 1 (high)	ไม่ได้
TL1	Timer / counter 1 (low)	ไม่ได้
SCON	Serial control	ไม่ได้
SBUF	Serial data buffer	ไม่ได้
PCON	Power control	ไม่ได้

รูปที่ 4.5 รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special Function Register หรือ SFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า **รีจิสเตอร์ A**

4.5.2 รีจิสเตอร์ B

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งการคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

4.5.3 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า **รีจิสเตอร์ PC**

4.5.4 สแต็กพอยน์ เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ (Pointer) ของบริเวณสแต็ก (Stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม โดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการเริ่มจ่ายไฟฟ้าหรือมีการรีเซต (Reset) เกิดขึ้นค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสภายในบริเวณเนื้อที่ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า **ริจิสเตอร์ SP**

4.5.5 ตัวชี้ข้อมูล หรือ ดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า **รีจิสเตอร์ DPTR** และสามารถใช้งานแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตสองตัว คือ **รีจิสเตอร์ DPH และ DPL** เพื่อเก็บค่าของแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะต้องใช้งานภายในโปรแกรม หรืออาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอกซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม

4.5.6 โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่าง ๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์ (Bank) ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย ดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 4.6

4.5.7 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port Register)

รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ การดำเนินการใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตทั้งสี่นี้จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้พอร์ต P0 และ P2 ยังสามารถนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิตบนของหน่วยความจำ ส่วนพอร์ต P0 นั้นในช่วงเริ่มแรกจะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิตล่างของหน่วยความจำ ช่วงเวลาต่อมาจึงจะนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสสำหรับการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ต P3 นั้นนอกเหนือจากจะใช้ในฐานะของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตเช่นปกติแล้ว ยังนำมาใช้ในฐานะบัสควบคุมเกี่ยวกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้อีกด้วย

ชื่อบิต : PSW **ตำแหน่ง : D0h** **ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0111**

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	Carry Flag
AC	PSW.6	Auxiliary Carry Flag
F0	PSW.5	Flag 0
RS1	PSW.4	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต 1
RS0	PSW.3	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต 0
OV	PSW.2	Overflow Flag
-	PSW.1	
P	PSW.0	Parity Flag

รูปที่ 4.6 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ PSW (Program Status Word)

4.5.8 รีจิสเตอร์ SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุดและแยกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการจัดการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.9 รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมหน้าที่การทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GR0 และ GR1)

บิต PD (Power down)

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต IDL (Idle Mode)

เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดการทำงานชั่วขณะ (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซตทางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ก็เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดการทำงานชั่วขณะนั้นเป็นเพียงการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโปรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่ปกติ

ชื่อบิต : PCON **ตำแหน่ง : 97h** **ค่าบิตเริ่มต้น : 0xxx 0000**

SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SMOD	PCON.7	บิตกำหนดการทวีคูณของอัตราบอดปกติ
	PCON.6	
	PCON.5	
	PCON.4	
GF1	PCON.3	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป Flag 1
GF0	PCON.2	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป Flag 0
PD	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนด Power down
IDL	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนด Idle mode

รูปที่ 4.7 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ PCON (Power Control Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.10 รีจิสเตอร์ IP, IE, TMOD, TMOD, SCON

เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการอินเตอร์รัปต์ต่าง ๆ ของ 89C51 ซึ่งจะได้กล่าวถึงเป็นลำดับ ดังนี้

การอินเตอร์รัปต์

IE : INTERRUPT ENABLE REGISTER, สามารถอ้างถึงแบบบิตได้

ชื่อ : IE ตำแหน่ง : A8h ค่าบิตเริ่มต้น : 0X000 0000

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
EA	IE.7	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์โดยรวม
	IE.6	
ET2	IE.5	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer 2
ES	IE.4	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรม
ET1	IE.3	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer 1
EX1	IE.2	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT 1
ET0	IE.1	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer 0
EX0	IE.0	อีนาเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT 0

รูปที่ 4.8 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ IE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IP : INTERRUPT PRIORITY REGISTER, สามารถอ้างถึงแบบบิตได้

ชื่อบิต : IP ตำแหน่ง : B8h ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0000

-	-	PT2	PS	PT1	PX	PT0	PX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
	IP.7	
	IP.6	
PT2	IP.5	ระดับความสำคัญของ Timer 2
PS	IP.4	ระดับความสำคัญของพอร์ตอนุกรม
PT1	IP.3	ระดับความสำคัญของ Timer 1
PX1	IP.2	ระดับความสำคัญของ INT 1
PT0	IP.1	ระดับความสำคัญของ Timer 0
PX0	IP.0	ระดับความสำคัญของ INT 0

รูปที่ 4.9 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ IP

ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ประเภทต่าง ๆ

ระดับความสำคัญ	สัญญาณ	ความหมาย
1	IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0
2	TF0	วงจรนับ/จับเวลา 0
3	IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1
4	TF1	วงจรนับ/จับเวลา 1
5	RI หรือ TI	วงจรรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม
6	TF2 หรือ EXF2	วงจรนับ/จับเวลา 2

รูปที่ 4.10 ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ประเภทต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเวกเตอร์แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์ประเภทต่าง ๆ

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปเตอร์	ตำแหน่งแอดเดรส (Hex)
IE0 อินเตอร์รัปต์ภายนอก	0003
TF0 วงจรนับ/จับเวลา 0	000B
IE 1 อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1	0013
TF 1 วงจรนับ/จับเวลา 1	001B
R1 หรือ T1 วงจรรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม	0023

รูปที่ 4.11 ตำแหน่งเวกเตอร์แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์ประเภทต่าง ๆ

TMOD : TIMER/COUNTER MODE CONTROL REGISTER, ไม่สามารถอ้างถึงแบบบิตได้

ชื่อบิต : TMOD ตำแหน่ง : 89h ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0000

GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
GATE1	TMOD.7	บิตควบคุม GATE สำหรับ Timer 1
C/T1	TMOD.6	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer 1 โดยถ้าเป็นค่า 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.5	บิตบนสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 1
M0	TMOD.4	บิตล่างสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 1
GATE0	TMOD.3	บิตควบคุม GATE สำหรับ Timer 0
C/T0	TMOD.2	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer 0 โดยถ้าเป็นค่า 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.1	บิตบนสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 0
M0	TMOD.0	บิตล่างสำหรับการกำหนดโหมดทำงานของ Timer 0

รูปที่ 4.12 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ TMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCON : TIMER/COUNTER CONTROL REGISTER, สามารถอ้างถึงแบบบิตได้

ชื่อบิต : TCON ตำแหน่ง : 88h ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0000

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	TCON.7	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1
TR1	TCON.6	บิตกำหนดการทำงาน/หยุดทำงานของ Timer 1
TF0	TCON.5	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
TR0	TCON.4	บิตกำหนดการทำงาน/หยุดทำงานของ Timer 0
IE1	TCON.3	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT 1
IT1	TCON.2	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT 1
IE0	TCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT0
IT0	TCON.0	บิตเลือกประเภทสัญญาณอินเตอร์รัปต์ INT0

รูปที่ 4.13 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ TCON

T2CON : TIMER/COUNTER 2 CONTROL REGISTER, สามารถอ้างถึงแบบบิตได้

ชื่อบิต : T2COM ตำแหน่ง : C8h ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0000

TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF2	T2CON.7	แฟล็กโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 2
EXF2	T2CON.6	Ttmer 2 External flag
RCLK	T2CON.5	Receive clock flag
TCLK	T2CON.4	Transmit clock flag
EXEN2	T2CON.3	Timer 2 external enable flag
TR2	T2CON.2	แฟล็กกำหนดการทำงาน/หยุดการทำงานของ Timer 2
C/T2	T2CON.1	แฟล็กเลือกโหมดการทำงานเป็นตัวนับหรือจับเวลา
CP/RL2	T2CON.0	แฟล็กแสดงโหมดการแสดง Capture/Reload

รูปที่ 4.14 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ T2CON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCON : SERIAL PORT CONTROL REGISTER, สามารถอ้างถึงแบบบิตได้

ชื่อบิต : SCON ตำแหน่ง : 98h ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0000

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SM0	SCON.7	แฟล็กกำหนดการทำงานแบบมัลติโปรเซสเซอร์
SM1	SCON.6	บิตเลือกโหมดการทำงาน
SM2	SCON.5	บิตเลือกโหมดการทำงาน
REN	SCON.4	แฟล็กยอมให้มีการรับข้อมูล
TB8	SCON.3	ค่าของบิตที่ 9 สำหรับการส่งข้อมูลออก
RB8	SCON.2	ค่าของบิตที่ 9 ของข้อมูลที่รับเข้า
TI	SCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูล
RI	SCON.0	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีข้อมูลรับเข้า

รูปที่ 4.15 บิตต่าง ๆ ภายในรีจิสเตอร์ SCON

4.6 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 โดยมีดังต่อไปนี้

4.6.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ใน 89C51

สัญลักษณ์	ความหมาย
Rn	รีจิสเตอร์ภายใน R0 - R7
direct	รีจิสเตอร์ SFR และหน่วยความจำข้อมูลภายใน
@Ri	ค่าแอดเดรสหน่วยความจำภายใน อ้างแอดเดรส โดยอ้อมผ่านรีจิสเตอร์ R0 หรือ R1
#data	ค่าคงที่ขนาด 8 บิต (ค่าจาก 0 - FF)
#data 16	ค่าคงที่ขนาด 16 บิต (ค่าจาก 0 - FFFF)
addr11	ค่าตำแหน่งแอดเดรสจำนวน 11 บิต สำหรับคำสั่ง ACALL หรือ AJMP
addr16	ค่าตำแหน่งแอดเดรสจำนวน 16 บิต สำหรับคำสั่ง LCALL หรือ LJMP
rel	ค่าออฟเซ็ต (offset) หรือค่าบอกความสัมพัทธ์ (ค่าจาก -17 ถึง 18 ไบต์)
bit	ตำแหน่งบิตของหน่วยความจำภายในที่อ้างถึง ได้แบบบิต หรือ SFR
@DPTR	แอดเดรสของหน่วยความจำภายนอก หรือพอยน์เตอร์ โดยอ้อมผ่านรีจิสเตอร์ DPTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 คำสั่งประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Arithematic Operations)

รูปแบบคำสั่ง	ความหมาย	จำนวนไบต์	จำนวนแมชชีนไซเกิล
ADD A,Rn	บวกค่า Rn กับ A	1	1
ADD A,direct	บวกค่าในหน่วยความจำ direct กับ A	2	1
ADD A,@Ri	บวกค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri กับ A	1	1
ADDC A,#data	บวกค่าคงที่ 8 บิตกับ A	2	1
ADDC A,Rn	บวกค่า Rn กับ A พร้อมแฟล็ก Carry	1	1
ADDC A,direct	บวกค่าในหน่วยความจำ direct กับ A พร้อมแฟล็ก Carry	2	1
ADDC A,@Ri	บวกค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri กับ A พร้อมแฟล็ก Carry	1	1
ADDC A,#data	บวกค่าคงที่ 8 บิตกับ A พร้อมแฟล็ก Carry	2	1
SUBB A,Rn	ลบค่า Rn กับ A พร้อมแฟล็ก Borrow	1	1
SUBB A,direct	ลบค่าในหน่วยความจำ direct กับ A พร้อมแฟล็ก Borrow	2	1
SUBB A,@Ri	ลบค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri กับ A พร้อมแฟล็ก Borrow	1	1
SUBB A,#data	ลบค่าคงที่ 8 บิตกับ A พร้อมแฟล็ก Borrow	2	1
INC A	เพิ่มค่าใน A	1	1
INC Rn	เพิ่มค่าใน Rn	1	1
INC direct	เพิ่มค่าในหน่วยความจำ direct	2	1
INC @Ri	เพิ่มค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri	1	1
DEC A	ลดค่าใน A	1	1
DEC Rn	ลดค่าใน Rn	1	1
DEC direct	ลดค่าในหน่วยความจำ direct	2	1
DEC @Ri	ลดค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri	1	1
INC DPTR	เพิ่มค่าใน DPTR	1	2
MUL: AB	คูณ A กับ B แล้วเก็บค่าใน A	1	4
DIV AB	หาร A ด้วย B แล้วเก็บค่าใน A	1	4
DA A	ทำ decimal adjust ค่าใน A	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 คำสั่งทางตรรก (Logical Operations)

รูปแบบคำสั่ง	ความหมาย	จำนวนไบต์	จำนวนแมชชีนไซเกิล
ANL A,Rn	AND ค่าใน Rn กับ A	1	1
ANL A,direct	AND ค่าในหน่วยความจำ direct กับ A	2	1
ANL A,@Ri	AND ค่าในหน่วยความจำที่เก็บใน Rn กับ A	1	1
ANL A,#data	AND ค่าคงที่ 8 บิตกับ A	2	1
ANL direct,A	AND ค่า A กับหน่วยความจำ direct	2	1
ANL direct,#data	AND ค่าคงที่ 8 บิตกับหน่วยความจำ direct	3	2
ORL A,Rn	OR ค่าใน Rn กับ A	1	1
ORL A,direct	OR ค่าในหน่วยความจำ direct กับ A	2	1
ORL A,@Ri	OR ค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Rn กับ A	1	1
ORL A,#data	OR ค่าคงที่ 8 บิตกับ A	2	1
ORL direct,A	OR ค่า A กับหน่วยความจำ direct	2	1
ORL direct,#data	OR ค่าคงที่ 8 บิตกับหน่วยความจำ direct	3	2
XRL A,Rn	EX-OR ค่าใน Rn กับ A	1	1
XRL A,direct	EX-OR ค่าในหน่วยความจำ direct กับ A	2	1
XRL A,@Ri	EX-OR ค่าในหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri กับ A	1	1
XRL A,#data	EX-OR ค่าคงที่ 8 บิตกับ A	2	1
XRL direct,A	EX-OR ค่า A กับหน่วยความจำ direct	2	1
XRL direct,#data	EX-OR ค่าคงที่ 8 บิตกับหน่วยความจำ direct	3	2
CLR A	ทำค่าใน A ให้เป็นศูนย์	1	1
CPL A	กลับค่าบิตใน A เป็นตรงข้ามทุกบิต	1	1
RL A	หมุนบิตใน A ไปทางซ้าย 1 บิตและบิต 0 มีค่า 0	1	1
RLC A	หมุนบิตใน A ไปทางซ้าย 1 บิตและบิต 0 เป็นค่าบิตที่อยู่ในแฟล็ก Carry	1	1
RR A	หมุนบิตใน A ไปทางขวา 1 บิต และบิต 0 เป็นค่าจากบิต 7	1	1
RRC A	หมุนบิตใน A ไปทางขวา 1 บิต และค่าจากบิต 0 นำไปเก็บในแฟล็ก Carry และบิตที่อยู่ในแฟล็ก Carry เดิมจะย้ายมาเก็บในบิต 7	1	1
SWAP A	สลับค่าสี่บิตบนกับสี่บิตล่างภายใน A	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.4 คำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer)

รูปแบบคำสั่ง	ความหมาย	จำนวนไบต์	จำนวนแมชชีนไซเกิล
MOV A,Rn	ย้ายข้อมูลจาก Rn ไป A	1	1
MOV A,direct	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำ direct ไป A	2	1
MOV A,@Ri	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri ไป A	1	1
MOV A,#data	ย้ายค่าคงที่ 8 บิตไปเก็บที่ A	2	1
MOV Rn,A	ย้ายข้อมูลจาก A ไป Rn	1	1
MOV Rn,direct	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำ direct ไป Rn	2	2
MOV direct,A	ย้ายข้อมูลจาก A ไปยังหน่วยความจำ direct	2	1
MOV direct,Rn	ย้ายข้อมูลจาก Rn ไปยังหน่วยความจำ direct	2	2
MOV direct,direct	ย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายใน	3	2
MOV direct,@Ri	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri ไปยังหน่วยความจำ direct	2	2
MOV direct,#data	ย้ายค่าคงที่ 8 บิตไปยังหน่วยความจำ direct	3	2
MOV @Ri,A	ย้ายข้อมูลในAไปยังหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri	1	1
MOV @Ri,direct	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำ direct ไปยังหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri	2	2
MOV @Ri,#data	ย้ายค่าคงที่8บิตไปยังหน่วยความจำที่เก็บอยู่ในRi	2	1
MOV DPTR,#data16	ย้ายค่าคงที่ 16 บิตไปยัง DPTR	3	2
MOVC A,@A+DPTR	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลที่สัมพัทธ์กับ DPTR ไปยัง A	1	2
MOVC A,@A+PC	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลที่สัมพัทธ์กับ PC ไปยัง A	1	2
MOVX A,@Ri	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำที่เก็บอยู่ในRiไปยังA	1	2
MOVX A,@DPTR	ย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน DPTR ไปยัง A	1	2
MOVX @Ri,A	ย้ายข้อมูลที่เก็บอยู่ใน A ไปยังหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri	1	2
MOVX @DPTR,A	ย้ายข้อมูลที่เก็บอยู่ใน A ไปยังหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน DPTR	1	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSH	direct	ย้ายข้อมูลหน่วยความจำ direct ไปเก็บยัง stack	2	2
POP	direct	ย้ายข้อมูลจาก stack ไปยังหน่วยความจำ direct	2	2
XCH	A,Rn	แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง A กับ Rn	1	1
XCH	A,direct	แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยความจำ direct กับ A	2	1
XCH	A,@Ri	แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri กับ A	1	1
XCHD	A,@Ri	แลกเปลี่ยนข้อมูลสี่บิตล่างจากหน่วยความจำที่เก็บอยู่ใน Ri กับ A	1	1

4.6.5 คำสั่งจัดการข้อมูลแบบบิต (Boolean Variable Manipulation)

รูปแบบคำสั่ง		ความหมาย	จำนวนไบต์	จำนวนแมชชีนไซเกิล
CLR	C	ทำค่าแฟล็ก Carry ให้เป็น 0	1	1
CLR	bit	ทำค่า bit ให้เป็น 0	2	1
SETB	C	ทำค่าแฟล็ก Carry ให้เป็น 1	1	1
SETB	bit	ทำค่า bit ให้เป็น 1	2	1
CPL	C	กลับค่าแฟล็ก Carry ให้เป็นตรงข้าม	1	1
CPL	bit	กลับค่า bit ให้เป็นตรงข้าม	2	1
ANL	C,bit	AND ค่า bit กับแฟล็ก Carry	2	2
ANL	C,/bit	AND ค่าตรงข้ามข้อง bit กับแฟล็ก Carry	2	2
ORL	C,bit	ORL ค่า bit กับแฟล็ก Carry	2	2
ORL	C,/bit	ORL ค่าตรงข้ามของ bit กับแฟล็ก Carry	2	2
MOV	C,bit	ย้ายค่า bit มายังแฟล็ก Carry	2	1
MOV	bit,C	ย้ายค่าแฟล็ก Carry มายัง bit	2	2
JC	rel	กระโดด ถ้าค่าแฟล็ก Carry เป็น 1	2	2
JNC	rel	กระโดด ถ้าค่าแฟล็ก Carry เป็น 0	2	2
JB	bit,rel	กระโดด ถ้าค่า bit เป็น 1	3	2
JNB	bit,rel	กระโดด ถ้าค่า bit เป็น 0	3	2
JBC	bit,rel	กระโดด ถ้าค่า bit เป็น 1 และเปลี่ยนค่า bit เป็น 0	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.6 คำสั่งควบคุมการทำงานโปรแกรม (Program and Machine Control)

รูปแบบคำสั่ง	ความหมาย	จำนวนไบต์	จำนวนแมชชีนไซเกิล
CLR C	ทำค่าแฟล็ก Carry ให้เป็น 0	1	1
ACALL addr 11	ไปทำโปรแกรมย่อยจากค่าแอดเดรส 11 บิต	2	2
LCALL addr 16	ไปทำโปรแกรมย่อยจากค่าแอดเดรส 16 บิต	3	2
RET	คำสั่งสิ้นสุดการทำงานโปรแกรมย่อย	1	2
RETI	คำสั่งสิ้นสุดการทำงานโปรแกรมย่อยอินเตอร์รัปต์	1	2
AJMP addr 11	กระโดดไปยังตำแหน่งจากค่าแอดเดรส 11 บิต	2	2
LJMP addr 16	กระโดดไปยังตำแหน่งจากค่าแอดเดรส 16 บิต	3	2
SJMP rel	กระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน	2	2
JMP @A+DPTR	กระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับ DPTR	1	2
JZ rel	กระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าหากค่า A เป็นค่า 0	2	2
JNZ rel	กระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าหากค่า A เป็นค่า 1	2	2
CJNE A,direct,rel	เปรียบเทียบ A กับหน่วยความจำ direct และกระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าค่าไม่เท่ากัน	3	2
CJNE A,#data,rel	เปรียบเทียบ A กับค่าคงที่และกระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าค่าไม่เท่ากัน	3	2
CJNE Rn,#data,rel	เปรียบเทียบ Rn กับค่าคงที่และกระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าค่าไม่เท่ากัน	3	2
CJNE @Ri,#data,rel	เปรียบเทียบค่าในหน่วยความจำที่เก็บใน Ri กับค่าคงที่และกระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าค่าไม่เท่ากัน	3	2
DJNZ Rn,rel	ลดค่าใน Rn และกระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าค่าไม่เป็น 0	2	2
DJNZ direct,rel	ลดค่าในหน่วยความจำ direct และกระโดดไปยังตำแหน่งที่สัมพัทธ์กับตำแหน่งปัจจุบัน ถ้าค่าไม่เป็น 0	3	2
NOP	ไม่มีการทำงานใด ๆ เกิดขึ้น	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วงจรและการทำงานของวงจรโทรศัพท์

จากความคิดที่ต้องการให้การติดต่อกันภายในองค์กรหน่วยงานหรือสำนักงานขนาดเล็กสามารถติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันและกัน โดยผ่านคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารภายในลดลง และยังทำให้คู่สายต่าง ๆ ภายในสามารถติดต่อกันได้ โดยส่วนของโทรศัพท์แสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมต่อไปนี้

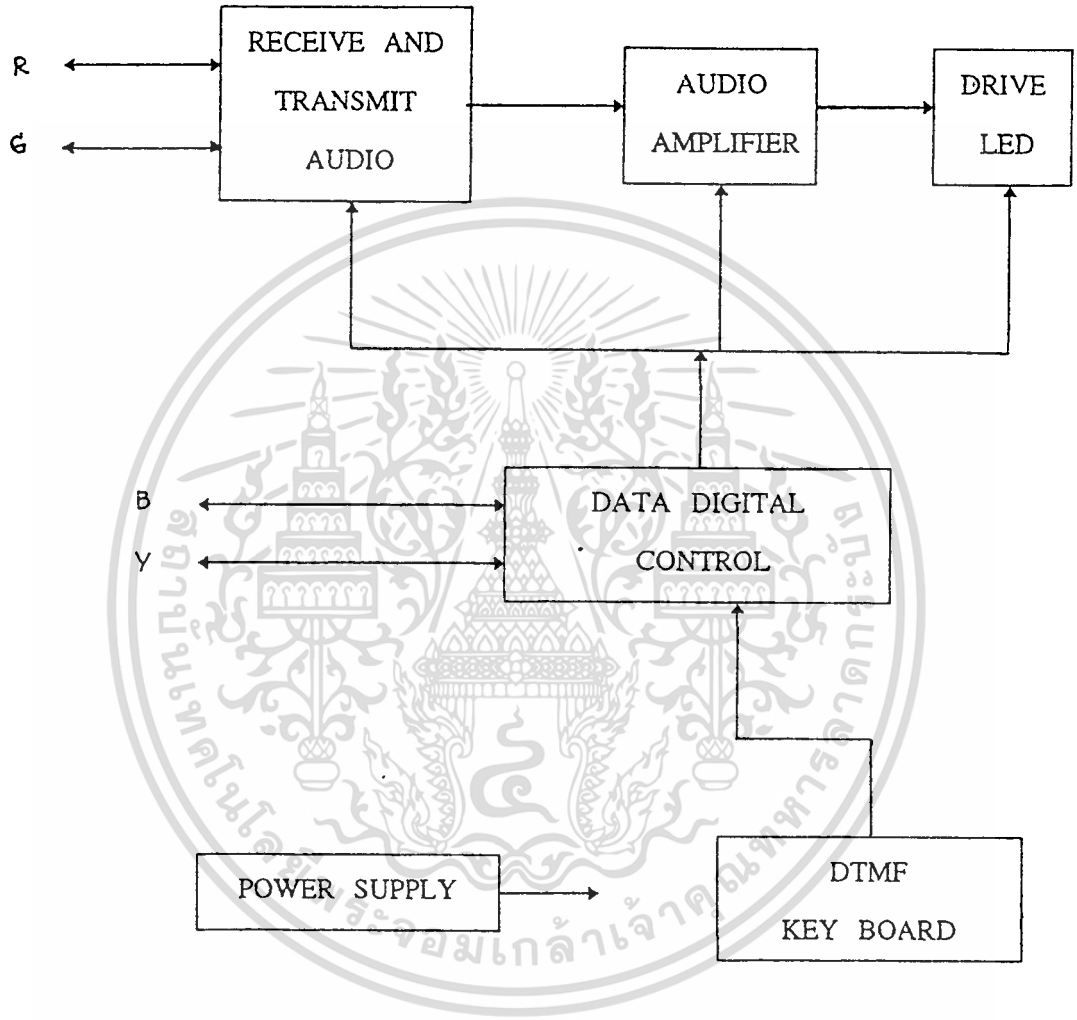
จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 5.1 จะเห็นว่าสามารถแบ่งออกเป็นภาคต่าง ๆได้ 6 ภาค คือ

1. ภาคแหล่งจ่ายไฟ (POWER SUPPLY)
2. ภาครับและส่งสัญญาณควบคุม (DATA DIGITAL CONTROL)
3. ภาครับและภาคส่งเสียง (RECEIVE AND TRANSMITTION AUDIO)
4. ภาคขยายสัญญาณเสียง (AUDIO AMPLIFIER)
5. ภาคคีบอร์ต (KEY BOARD)
6. ภาคขับ LED (DRIVE LED)

จากบล็อคไดอะแกรมภาคต่าง ๆ ซึ่งจะทำงานที่สัมพันธ์กันสามารถอธิบายการทำงานรวมกันได้ดังนี้ การทำงานของวงจรจะแบ่งเป็นสองส่วนที่รับสัญญาณเข้ามา คือ การติดต่อภายในและการติดต่อภายนอก จะทำให้ส่วนของ MAIN BOARD ซึ่งจะมีวงจรตรวจจับเสียงกระดิ่ง แล้วก็จะส่งสัญญาณเข้ามายังภาค DATA DIGITAL CONTROL เมื่อได้รับสัญญาณตัวโทรศัพท์นี้จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังภาค AUDIO AMPLIFIER เพื่อขยายสัญญาณให้มีเสียงกระดิ่งขึ้นเพื่อให้คนได้ยิน เพื่อจะมารับคู่สายที่ติดต่อเข้ามา ถ้ามีการยกหูภาคตรวจจับการยกหูที่ภาค KEY BOARD โดยใช้ OPTO TRANSISTOR ก็จะสามารถรู้ว่ามีการยกหู ก็จะทำให้ภาค DATA DIGITAL ได้รับสัญญาณ CONTROL ก็จะส่งให้ CPU ที่อยู่ใน MAIN BOARD ตัดคู่สายให้มายังส่วนภาค RECEIVE AUDIO ก็สามารถพูดคุยกันได้ที่ทาง HAND SET และเมื่อฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดวางหูก็จะหมดช่วงการสนทนา

ส่วนการติดต่อภายในระหว่างโทรศัพท์ทั้ง 4 เครื่อง เมื่อมีโทรศัพท์เครื่องใดเครื่องหนึ่งยกหู ภาคตรวจจับการยกหู เมื่อตรวจจับได้แล้ว หลังจากนั้น ภาค DATA DIGITAL CONTROL ก็จะรอรับสัญญาณจากภาค KEY BOARD ว่า จากการกดหมายเลขที่ต้องการที่เรียกไปยังหมายเลขโทรศัพท์ภายในหมายเลขใด ก็จะส่งสัญญาณ CONTROL ไปยัง MAIN BOARD และส่งไปยังโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการติดต่อ ก็จะส่งสัญญาณกระดิ่งดังขึ้นที่เครื่องนั้น เมื่อเครื่องนั้นมีการยกหูก็ส่งเสียงพูดคุยหรือสนทนากันโดยใช้ HAND SET ที่อยู่ในภาค RECEIVE และ TRANSMITE AUDIO ก็สามารถพูดคุยติดต่อโทรศัพท์ภายในได้ การสนทนาจะหยุดลงเมื่อฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งวางหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



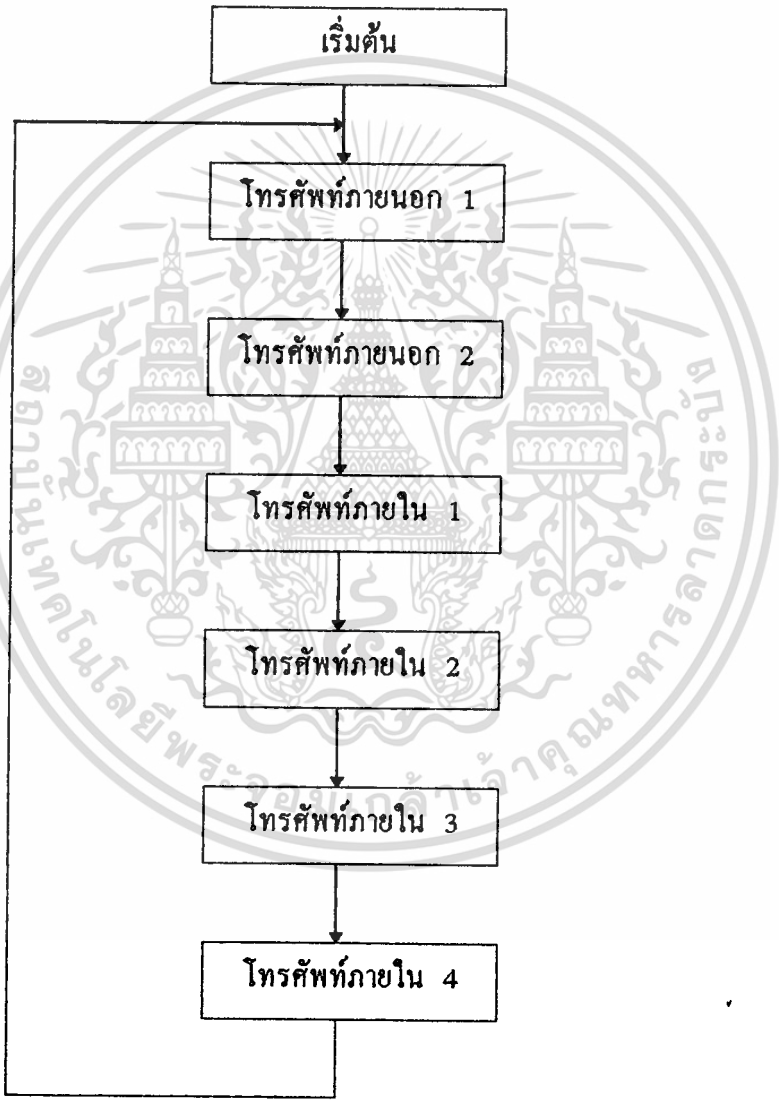
รูปที่ 5.1 Block Diagram ของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังระบบโปรแกรม

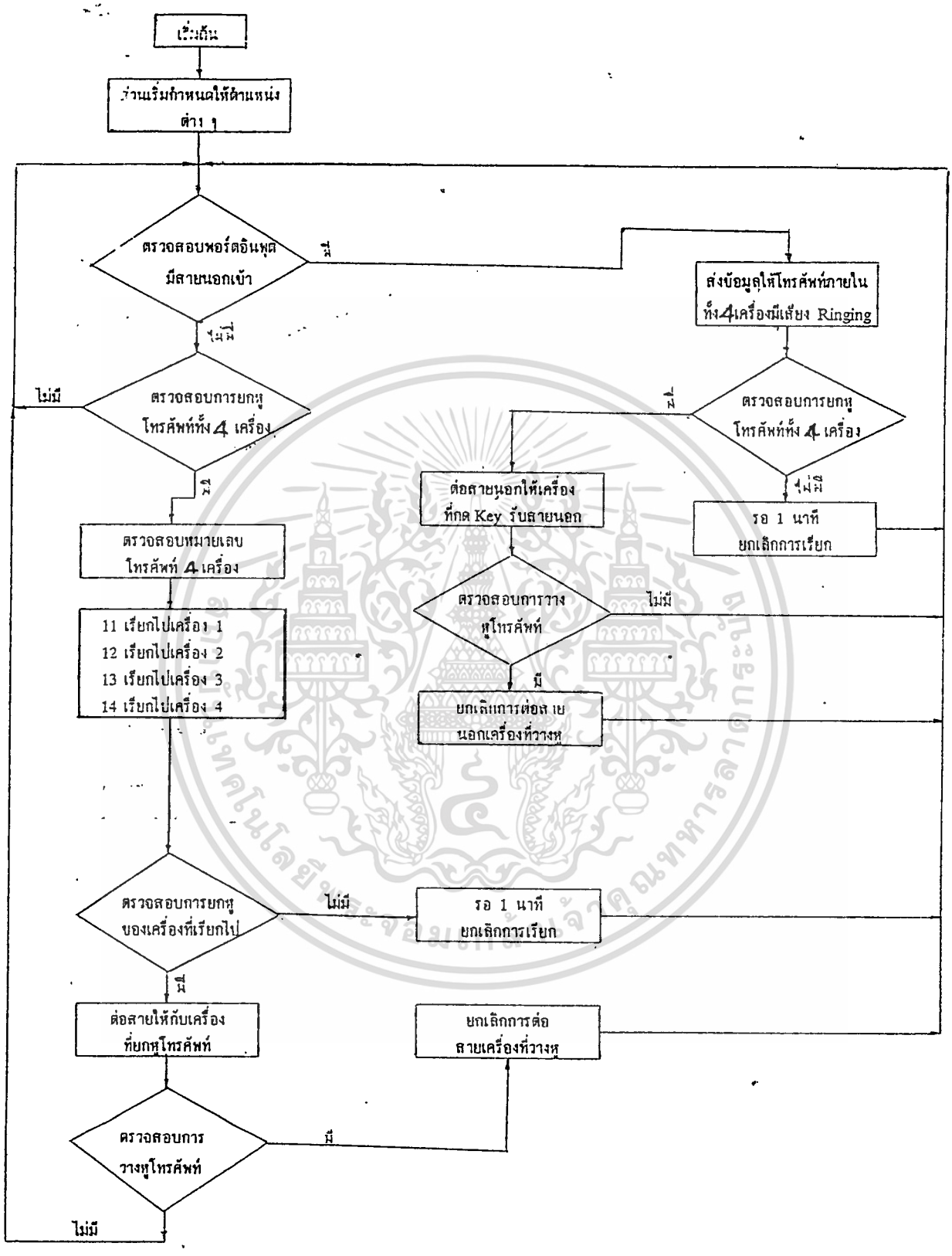
จากขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของเครื่อง ระบบโทรศัพท์ สามารถเขียนเป็น Flow Chart เพื่อจะนำไปเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบต่อไปได้ ดังนี้

แผนผังระบบโปรแกรมของ ระบบโทรศัพท์ 2 TO 4



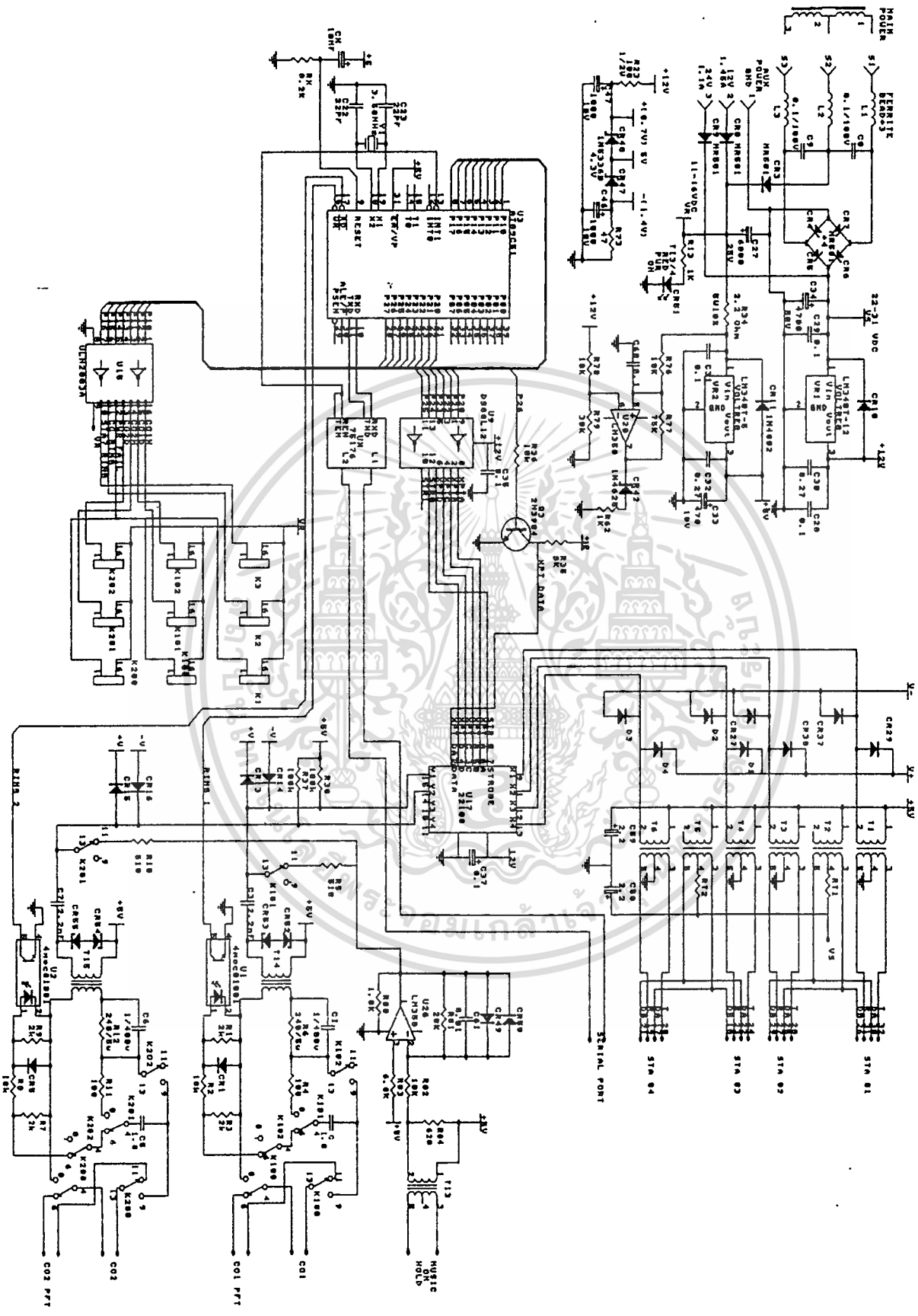
รูป 5.2 แผนผังระบบโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



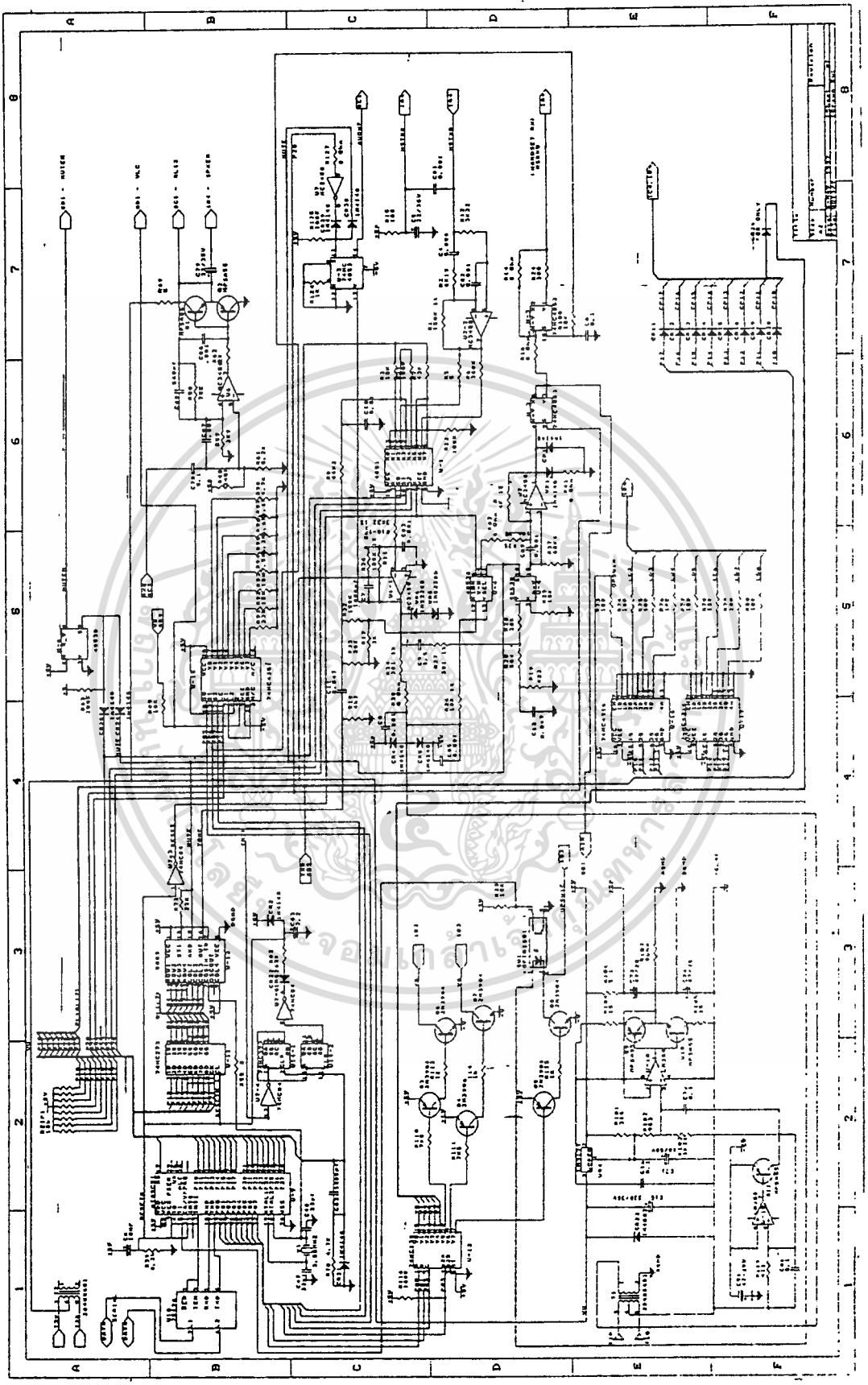
รูปที่ 5.3 Flow Chart Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 วงจร Main Board ของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 วงจรส่วนโทรศัพท์

บทที่ 6

การทดลอง และ ผลการทดลอง

6.1 การทดลองภาค DTMF

- จากวงจรรูปที่ 6.1 เป็นส่วนของภาคแหล่งจ่ายไฟให้กับส่วนวงจรของโทรศัพท์ภายใน
- วงจรรูปที่ 6.2 เป็นภาครับและส่งสัญญาณ ดิจิตอล ในการติดค่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ของโทรศัพท์ภายในและไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Main board
- วงจรรูปที่ 6.3 เป็นส่วนของภาคคีย์บอร์ด

ซึ่งได้ เขียนโปรแกรมส่วน ของ DTMF โดยสั่งให้ IC. U13 ให้ทำงานเมื่อกดที่คีย์บอร์ดของโทรศัพท์โดยกด หมายเลข 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,*,# เพื่อให้ออกที่ Out Put ขา 16 ของ U13 และ ให้กำเนิด Tone Ringing ภายในของโทรศัพท์เพื่อให้ดังออกที่ลำโพงและส่วนของ Busy Tone ในกรณีที่เรียกไปยังคู่สายภายนอกและคู่สายภายในไม่ว่างดัง โปรแกรมที่ 1

ผลการทดลอง

เมื่อกดคีย์บอร์ดแล้วจะได้ยินเสียง DTMF ออกที่ลำโพงและเมื่อ Runโปรแกรมส่วนของ Tone Ringing และ Busy Tone จะได้ยินเสียงออกที่ Hand Set

6.2 การทดลองภาคคีย์บอร์ด

- จากวงจรรูปที่ 6.3 โดยทำการเขียนโปรแกรมส่วนของคีย์บอร์ดเพื่อตรวจสอบการกดคีย์บอร์ดส่วนที่เป็นคีย์ทั้งหมดคือ Key1-9,0,*,#,VUP,VDW,DVT,INT, ATT,ND,MEM,MON,CO1-CO6 ดังโปรแกรมที่ 2

ผลการทดลอง

เมื่อกดคีย์ทั้งหมดจะได้ข้อมูลของคีย์แต่ละคีย์เพื่อจะส่งไปให้ภาค Main Board โดยกดคีย์โดยส่งข้อมูลไปทางพอร์ตอนุกรมได้

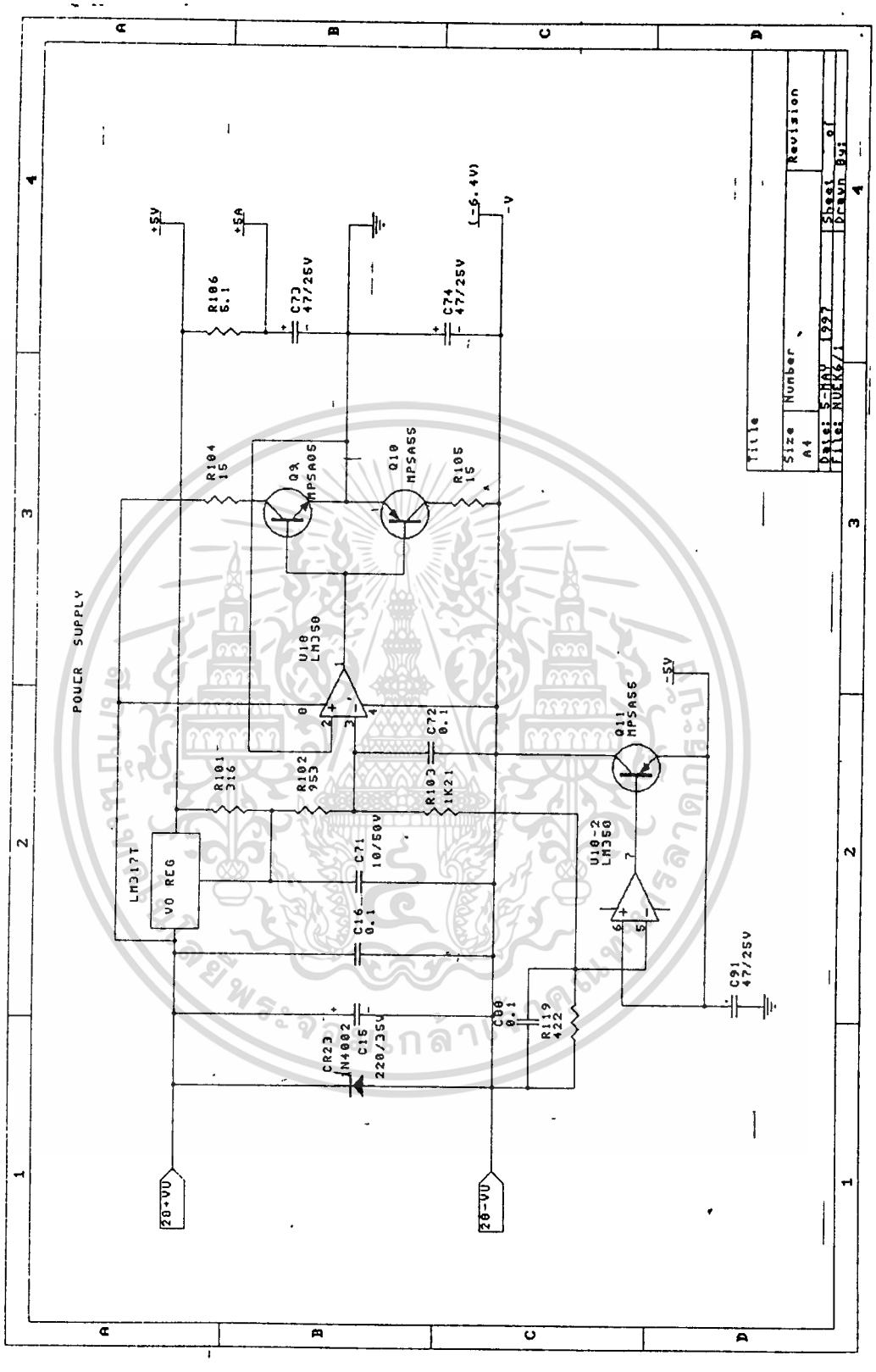
6.3 การทดลอง การรับส่งสัญญาณเสียง

- จากวงจรรูปที่ 6.4 เป็นภาคของการรับและการส่งสัญญาณเสียงทาง Hand Set
- วงจรรูปที่ 6.5 เป็นวงจรภาคขยายสัญญาณเสียงออกทางลำโพง
- วงจรรูปที่ 6.6 เป็นวงจรภาคแสดงผลการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์โดย LED จะติดแสดงการติดต่อโทรศัพท์ระหว่างโทรศัพท์ภายในและติดต่อคู่สายนอก โดยเขียนโปรแกรมทดสอบวงจรทั้งสามวงจรดังโปรแกรมที่ 3

ผลการทดลอง

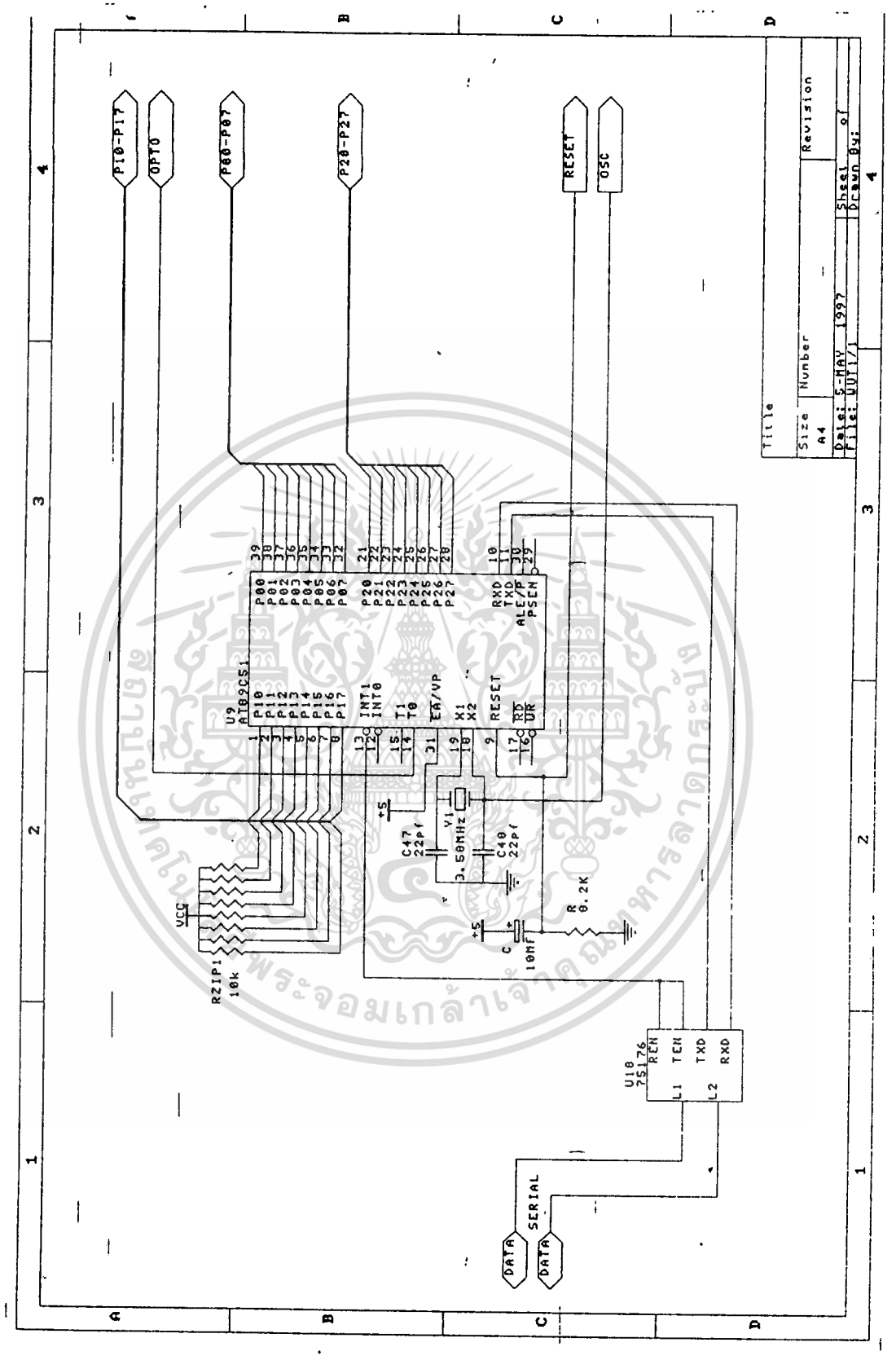
สามารถโทรติดต่อระหว่างโทรศัพท์ทั้งสองเครื่องได้และสามารถพูดคุยรับส่งกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



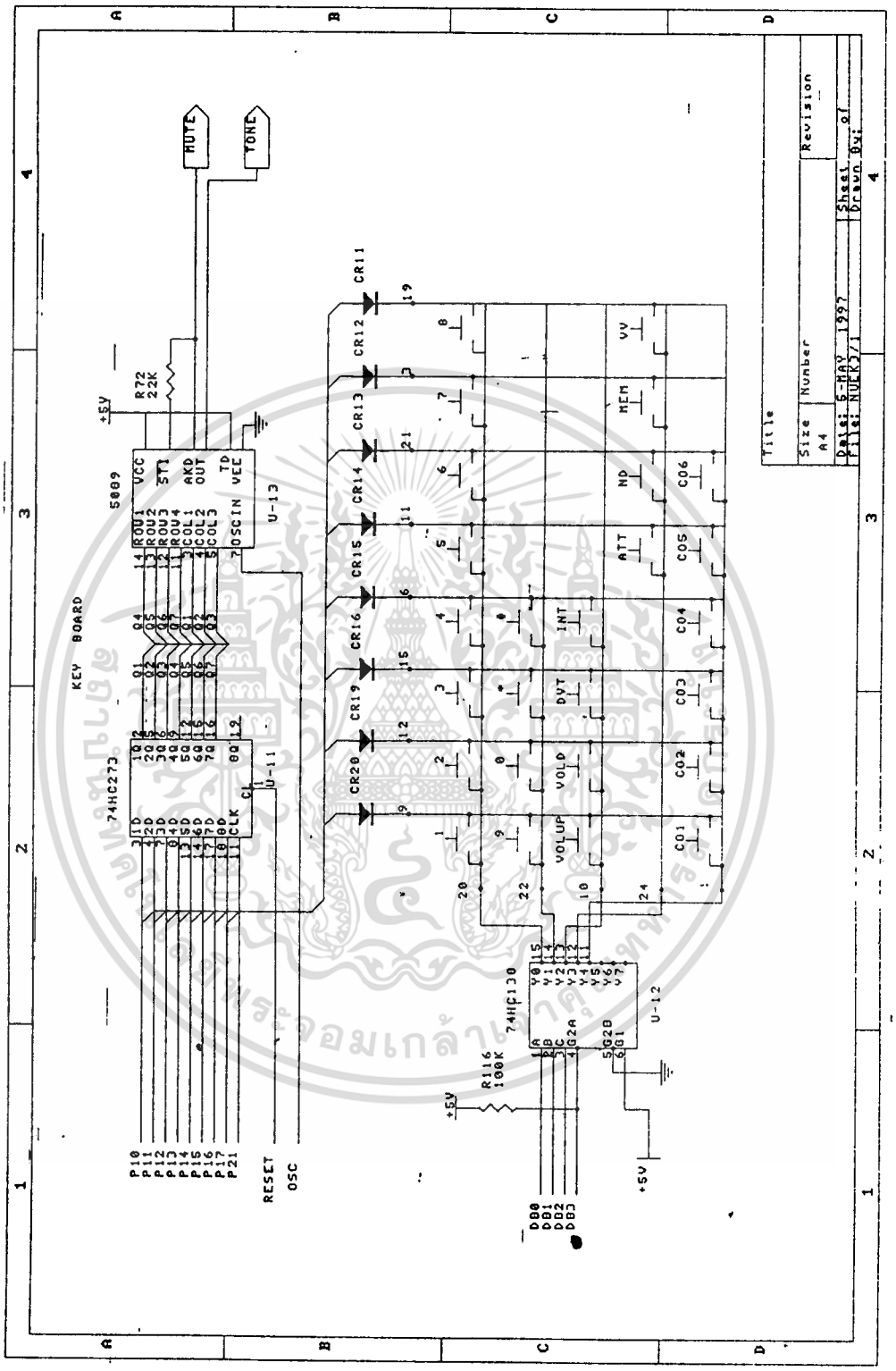
รูปที่ 6.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 วงจรภาครับและส่งสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 วงจรภาคคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************* KEY CONSTANT ************
;01-0A = KEY1,KEY2-KEY0
;0BH=KEY *
;0CH=KEY #
VUP_KEY          EQU     21H
VDW_KEY          EQU     22H
DVT_KEY          EQU     23H
INT_KEY          EQU     24H
CO1_KEY          EQU     11H
CO2_KEY          EQU     12H
CO3_KEY          EQU     13H
CO4_KEY          EQU     14H
CO5_KEY          EQU     15H
CO6_KEY          EQU     16H
ATT_KEY          EQU     1DH
ND_KEY           EQU     1EH
MEM_KEY          EQU     1FH
MON_KEY          EQU     20H
;*************** SOUND GENERATE ********************
LOOP_AD          EQU     01101000B       ;LOOP SOUND
BUSY_AD          EQU     01101000B       ;BUSY SOUND
RING_AD          EQU     01110010B       ;RING SOUND ON
MIC_DS           EQU     00000000B       ;
MIC_EN           EQU     00000111B       ;
DTMF_EN          EQU     00000011B       ;
;************* TIMER CONSTANT **********
TIME0            EQU     -745    ;1/400  SEC
SEC_10           EQU     40      ;1/10   SEC
RING_T           EQU     15
BUSY_T           EQU     05
;*************** REGISTOR ***************
XR0              EQU     00H
XR1              EQU     01H
XR2              EQU     02H
XR3              EQU     03H
XR4              EQU     04H
XR5              EQU     05H
XR6              EQU     06H
XR7              EQU     07H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** PORT CONTORL *************
DATA            EQU     P1      ;DTMF DATA AND KEY COL.
CTRL            EQU     P0      ;
SEL_A           EQU     P0.0    ;KEY ROW SELECT
SEL_B           EQU     P0.1    ;
SEL_C           EQU     P0.4    ;
G2A             EQU     P0.3    ;LOW = ENABLE
VOL_S0          EQU     P0.5    ;VOLUME
VOL_S1          EQU     P0.6    ;
VOL_S2          EQU     P0.7    ;
VOL_LE          EQU     P2.1    ;
SP_SEL          EQU     P2.0    ;0=SPEAKER 1=HAND SET
DTMF_CK         EQU     P2.1    ;CLOCK LATCH
AUD_A           EQU     P2.3    ;AUDIO SELECT
AUD_B           EQU     P2.4    ;
AUD_C           EQU     P2.5    ;
SND1            EQU     P2.7    ;
SND2            EQU     P2.6    ;
HOOK            EQU     P3.3    ;

;************** BIT CONTORL ******************

; STATUS BIT ******************

STATUS          EQU     20H
HOOK_SW         EQU     00H
SP_HAND         EQU     01H
SP_PHONE        EQU     02H
SCAN_EN         EQU     03H
RING_EN         EQU     04H
BUSY_EN         EQU     05H
CYCLE           EQU     06H
END_SND         EQU     07H

; LED BIT **********************

BUFF_LED        EQU     21H
MEM_LED         EQU     09H
MON_LED         EQU     0AH
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CO5_LED         EQU     0BH
CO4_LED         EQU     0CH
CO3_LED         EQU     0DH
CO2_LED         EQU     0EH
CO1_LED         EQU     0FH

;************** BUFFER ************************

                ORG     30H
BUFF_NO:        DS      1
NO1:            DS      1
NO2:            DS      1
BUFF_KEY:       DS      1
ROW:            DS      1
DECT1:          DS      1
BUFF_SEC:       DS      1
STACK:          DS      1

;************** CPU RESET *********************

                ORG     RESET
                JMP     START
                ORG     TIMER0
                JMP     TIMER_0
                ORG     TIMER1
                RETI
                ORG     SINT
                JMP     RECV
;********* setup timer *********

START:          MOV     P0,#11001000B
                MOV     P1,#00000000B
                MOV     P2,#10000101B
                MOV     P3,#00001011B
                MOV     R2,#02
START1:         MOV     R0,#0
START2:         MOV     R1,#0
                DJNZ    R1,$
                DJNZ    R0,START2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R2,START1
                MOV     SP,#STACK
                MOV     A,#0
                CALL    LATCH
                CALL    MIC_OFF
                MOV     ROW,#05H
                MOV     BUFF_LED,#00H
                CALL    SET_TIMER
                CLR     HOOK_SW
                CLR     SP_HAND
                CLR     SP_PHONE
                SETB    SCAN_EN
                MOV     BUFF_KEY,#00H
                MOV     BUFF_NO,#02H

;***************
MAIN:           CALL    KEY_OFF         ;check off key

MAIN1:          JB      HOOK_SW,HOOK_UP ;hook up sw active
                JNB     SP_HAND,MAIN2   ;
                CALL    OFF_HOOK        ;clear hook
MAIN2:          MOV     A,BUFF_KEY      ;check key
                CJNE    A,#00H,CHK_KEY1 ;key on
                JMP     MAIN1           ;

;************** HOOK SW ACTIVE ***************

HOOK_UP:        JB      SP_HAND,MAIN2   ;normal hook up
HOOK_U1:        SETB    SP_HAND         ;first hook
                SETB    MEM_LED         ;hook up led
                CLR     MON_LED         ;
                SETB    SP_SEL          ;hand set sp.
                CALL    WAIT            ;
                CALL    MIC_ON          ;mic on
                JB      CO1_LED,MAIN    ;used co1
                JB      CO2_LED,MAIN    ;used co2
                MOV     A,BUFF_NO       ;
                CJNE    A,#02H,MAIN     ;
                MOV     A,#LOOP_AD      ;tone signal
                CALL    LATCH           ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     MAIN            ;

;************** KEY ACTIVE ********************
;********* CO1 KEY
CHK_KEY1:       CJNE    A,#CO1_KEY,CHK_KEY2     ;co1 key
                CPL     CO1_LED                 ;
                CALL    CO2_OFF                 ;off co2
                JB      CO1_LED,CHK_K2          ;co1 on
CHK_K1:         CALL    OFF_HOOK                ;co1 off
                JMP     MAIN                    ;

;********* CO2 KEY
CHK_KEY2:       CJNE    A,#CO2_KEY,CHK_KEY3     ;co2 key
                CPL     CO2_LED                 ;
                CALL    CO1_OFF                 ;co1 off
                JNB     CO2_LED,CHK_K1          ;co2 off
CHK_K2:         JB      HOOK_SW,CHK_K3          ;use hand set
                SETB    SP_PHONE                ;use speaker ph

                SETB    MEM_LED                 ;
                SETB    MON_LED                 ;
                CLR     SP_SEL                  ;select speaker
                CALL    MIC_OFF                 ;
                JMP     MAIN                    ;
CHK_K3:         SETB    MEM_LED                 ;hand set
                SETB    SP_SEL                  ;
                CALL    MIC_ON                  ;
                JMP     MAIN                    ;
;********* SP-PHONE

CHK_KEY3:       CJNE    A,#MON_KEY,MAIN5        ;key speaker ph

                CPL     SP_PHONE                ;
                JNB     SP_PHONE,CHK_K4         ;
                CALL    SP_ON                   ;on speaker
                JMP     MAIN                    ;
CHK_K4:         JB      HOOK_SW,HOOK_U1         ;hand set
                CALL    OFF_HOOK                ;
                JMP     MAIN                    ;
MAIN5:          CJNE    A,#0CH,MAIN5_1          ;dtmf key
                JMP     MAIN6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MAIN5_1:        JC      MAIN6                   ;key 0-9,#,*
                JMP     MAIN                    ;
MAIN6:          JB      CO1_LED,DTMF_OUT1       ;
                JB      CO2_LED,DTMF_OUT1       ;
                JB      SP_HAND,DTMF_OUT2       ;
                JB      SP_PHONE,DTMF_OUT2      ;
                JMP     MAIN                    ;no used

;************** OUT DTMF
DTMF_OUT1:      MOV     B,A                     ;
                CALL    DTMF_OUT                ;
                JMP     MAIN                    ;
;************** OUT DTMF AND CALL

DTMF_OUT2:      MOV     B,A                     ;
                CALL    DTMF_OUT                ;
                JB      BUSY_EN,DTMF_OX         ;
                JB      RING_EN,DTMF_OX         ;
                MOV     A,BUFF_NO               ;
                CJNE    A,#02H,DTMF_O1          ;
DTMF_O0:        MOV     NO1,B                   ;
                DEC     BUFF_NO                 ;
DTMF_OX:        JMP     MAIN                    ;
DTMF_O1:        CJNE    A,#01H,DTMF_O2          ;
                MOV     NO2,B                   ;
                MOV     BUFF_NO,#02             ;
DTMF_A:         MOV     A,NO1                   ;
                SWAP    A                       ;
                ORL     A,NO2                   ;
                CJNE    A,#11H,DTMF_B           ;
                SETB    RING_EN                 ;
                MOV     BUFF_SEC,#2             ;
                CLR     CYCLE                   ;
                JMP     MAIN                    ;
DTMF_B:         SETB    BUSY_EN                 ;
                MOV     BUFF_SEC,#2             ;
                CLR     CYCLE                   ;
                JMP     MAIN                    ;
DTMF_O2:        MOV     BUFF_NO,#02             ;
                JMP     DTMF_O0                 ;
```

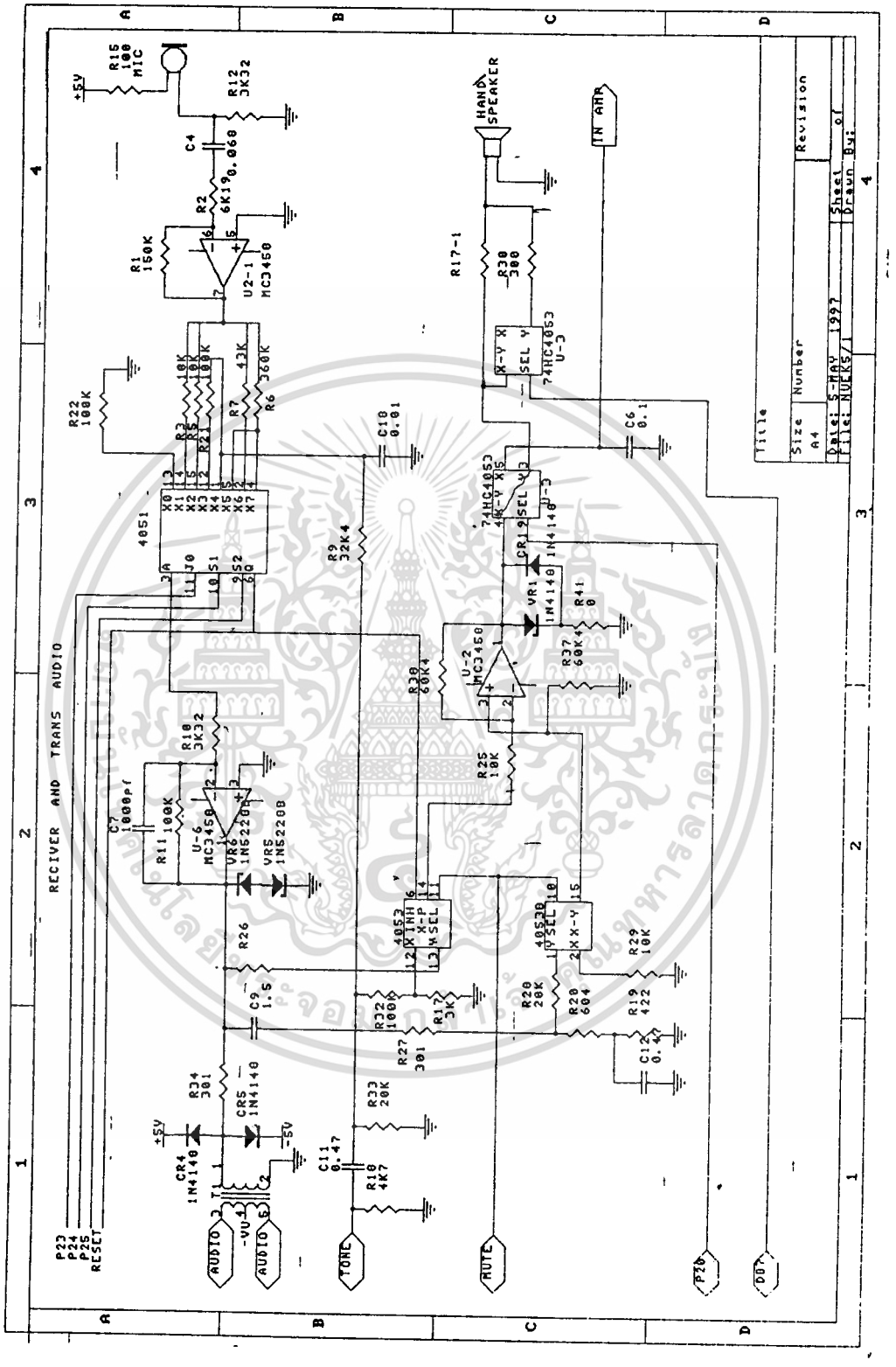
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** OUT DTMF SIGNAL **************
;INPUT  = ACC (DTMF NUMBER)
;
DTMF_OUT:       CALL    DTMF_ON
                MOV     A,B
                MOV     DPTR,#DTMF_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                CALL    LATCH
                CALL    WAIT
                JNB     SP_PHONE,DTMF_X1
                MOV     A,#0FFH
                CALL    LATCH
                CALL    MIC_OFF
                RET
DTMF_X1:        CALL    MIC_ON
                RET

;************** DTMF LATCH **************

LATCH:          CLR     ET0
                PUSH    DATA
                SETB    G2A
                MOV     DATA,A
                NOP
                SETB    DTMF_CK
                NOP
                CLR     DTMF_CK
                NOP
                POP     DATA
                SETB    ET0
                RET

;************** WAIT TIME ***************

DELAY:          PUSH    XR0
                PUSH    XR1
                MOV     R0,#0
DE1:            MOV     R1,#0
DE2:            DJNZ    R1,DE2
                DJNZ    R0,DE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

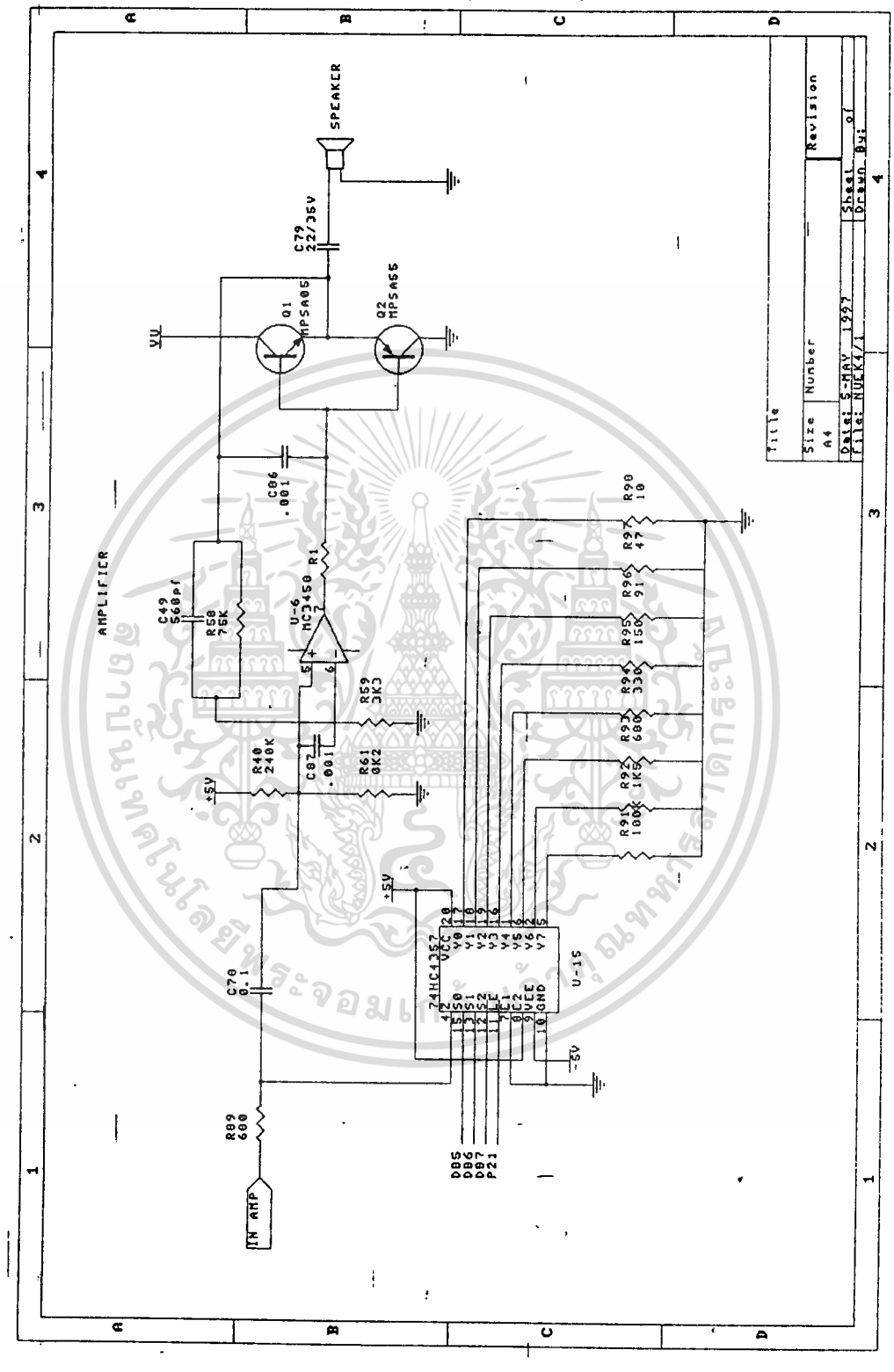
```
                POP     XR1
                POP     XR0
                RET
WAIT:           PUSH    XR0
                PUSH    XR1
                MOV     R0,#50H
DE3:            MOV     R1,#0
DE4:            DJNZ    R1,DE4
                DJNZ    R0,DE3
                POP     XR1
                POP     XR0
                RET
;********** Set start timer **********
SET_TIMER:      CALL    SET_T0
                SETB    ET0
                SETB    TR0
                CALL    SET_SEL
                MOV     TMOD,#21H
                SETB    EA
                RET
;********** START TIMER 0
SET_T0:         MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
                MOV     DECT1,#SEC_10
                RET
;************** DTMF KEY OUTPUT ******************
DTMF_TAB:       DB      00000000B       ;OFF
                DB      11110110B       ;1
                DB      11110101B       ;2
                DB      11110011B       ;3
                DB      11101110B       ;4
                DB      11101101B       ;5
                DB      11101011B       ;6
                DB      11011110B       ;7
                DB      11011101B       ;8
                DB      11011011B       ;9
                DB      10111101B       ;0
                DB      10111110B       ;*
                DB      10111011B       ;#
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



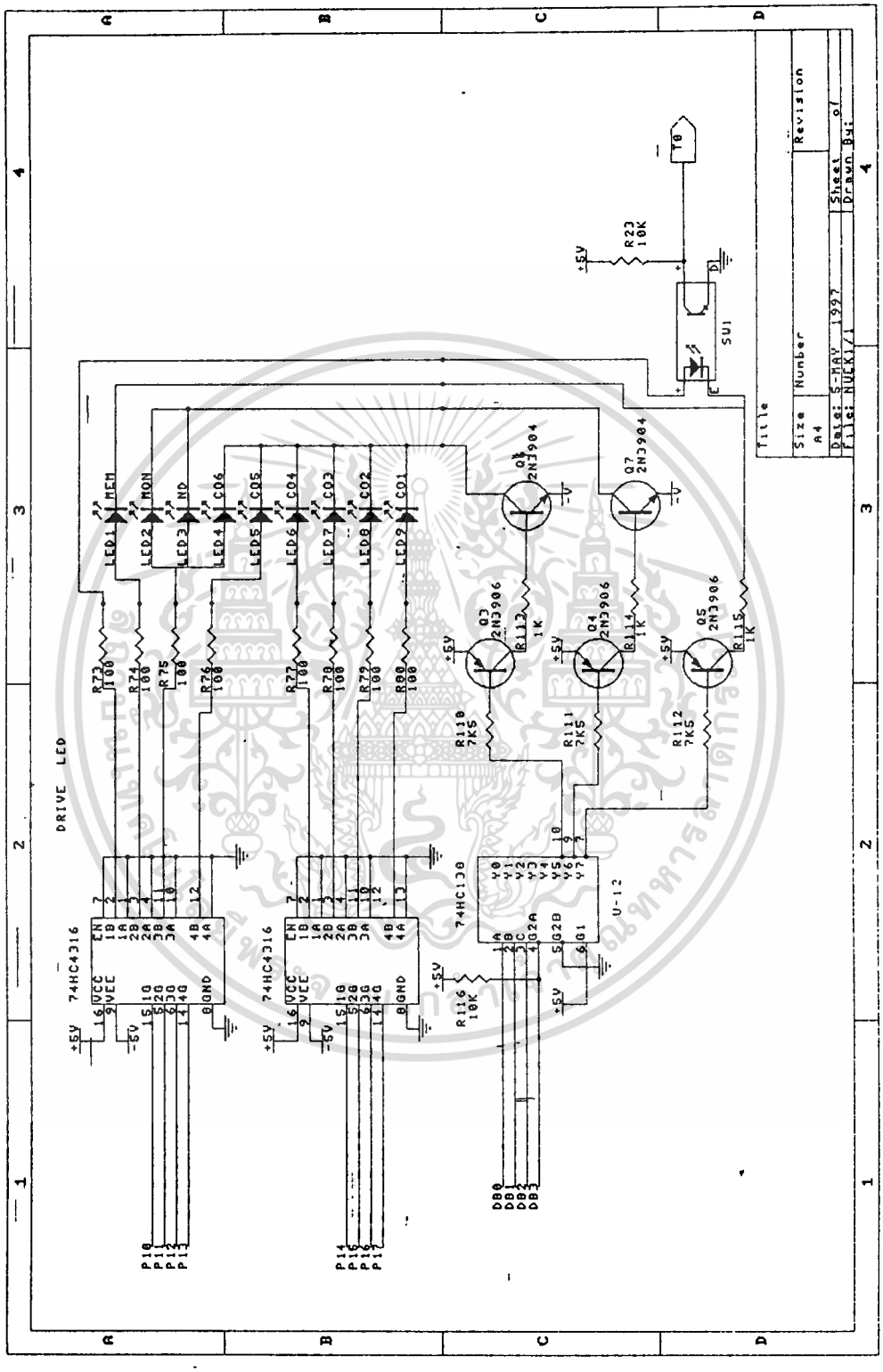
รูปที่ 6.4 วงจรภาครับและส่งสัญญาณเสียงของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 วงจรภาคขยายเสียงของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 วงจรภาคแสดงผล Led ของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 2

```
;************** SCAN KEY ***************

SCAN_KEY:       MOV     ROW,#0
                CALL    READ_KEY        ;KEY 1-8
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;KEY 9,0,*,#
                ORL     A,#0FH
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;VUP,VDW,DVT,INT
                ORL     A,#0FH
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;ATT,ND,MEM,MON
                ORL     A,#0F0H
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;CO1-CO6
                ORL     A,#03H
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                MOV     BUFF_KEY,#00H
                MOV     DATA,#00H
                RET

READ_KEY:       MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOV     A,ROW
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,#10
                DJNZ    ACC,$
                MOV     DATA,#0FFH
                NOP
                NOP
                MOV     A,DATA
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEY_ON:     MOV     BUFF_KEY,#01H
            MOV     A,ROW
            CJNE    A,#00H,KEY_ON1
            JMP     KEY_ON2
KEY_ON1:    MOV     A,BUFF_KEY
            ADD     A,#08
            MOV     BUFF_KEY,A
            DJNZ    ROW,KEY_ON1
KEY_ON2:    MOV     ROW,#08
            MOV     A,DATA
KEY_ON3:    RLC     A
            JNC     KEY_ON4
            INC     BUFF_KEY
            DJNZ    ROW,KEY_ON3
KEY_ON4:    MOV     DATA,#00H
            RET
KEY_OFF:    MOV     A,BUFF_KEY
            CJNE    A,#00H,KEY_OFF
            RET
;***************

ROW_TAB:    DB      10000000B       ;ROW1(KEY)
            DB      10000001B       ;ROW2(KEY)
            DB      10000010B       ;ROW3(KEY)
            DB      10000011B       ;ROW4(KEY)
            DB      10010000B       ;ROW5(KEY)
            DB      10010001B       ;ROW6(LED)
            DB      10010010B       ;ROW7(LED)
            DB      10010011B       ;ROW8(LED)
            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 8

```
;************** SPEAKER PHONE ON-OFF **************

SP_ON:          CALL    MIC_OFF
                SETB    MEM_LED
                SETB    MON_LED
                CLR     SP_SEL
                JB      CO1_LED,SP_O1
                JB      CO2_LED,SP_O1
                MOV     A,BUFF_NO
                CJNE    A,#02H,SP_O1
                CALL    WAIT
                MOV     A,#LOOP_AD
                CALL    LATCH
SP_O1:          CALL    KEY_OFF
                RET
OFF_HOOK:       CLR     CO1_LED
                CLR     CO2_LED
OFF_H1:         CLR     MEM_LED
                CLR     MON_LED
                CLR     SP_HAND
                CLR     SP_PHONE
                CLR     SP_SEL
                CLR     RING_EN
                CLR     BUSY_EN
                CLR     A
                CALL    LATCH
                CALL    MIC_OFF
                MOV     BUFF_NO,#02
                CALL    WAIT
                CALL    WAIT
                CALL    WAIT
                RET
CO1_OFF:        CLR     CO1_LED
                JMP     OFF_H1
CO2_OFF:        CLR     CO2_LED
                JMP     OFF_H1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** SELECT SOUND OUTPUT **********

MIC_ON:         MOV     A,#0FFH
                CALL    LATCH
                MOV     A,#MIC_EN
                JMP     AUD_SEL
MIC_OFF:        CLR     A
                JMP     AUD_SEL
DTMF_ON:        MOV     A,#DTMF_EN
                JMP     AUD_SEL
AUD_SEL:        RRC     A
                MOV     AUD_A,C
                RRC     A
                MOV     AUD_B,C
                RRC     A
                MOV     AUD_C,C
                RET

;************** SCAN KEY AND DISPLAY **************

SCAN:           MOV     A,ROW
                CJNE    A,#05H,SCAN2
                MOV     DATA,#0
                MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,BUFF_LED
                ANL     A,#11111000B
                MOV     DATA,A
                INC     ROW
                RET
SCAN2:          CJNE    A,#06H,SCAN3
                MOV     DATA,#0
                MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,BUFF_LED
                ANL     A,#00000111B
                MOV     DATA,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC     ROW
                RET
SCAN3:          CJNE    A,#07H,SCANX
                MOV     DATA,#0
                MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,BUFF_LED
                ORL     A,#01H
                ANL     A,#11111011B
                MOV     DATA,A
                INC     ROW
                MOV     A,#20H
                DJNZ    ACC,$
                JNB     HOOK,SCAN3_1
                CLR     HOOK_SW
                RET
SCAN3_1:        SETB    HOOK_SW
                RET
SCANX:          CALL    SCAN_KEY
                MOV     ROW,#05H
                RET

;********** SET SERIAL PORT ****

SET_SEL:        MOV     SCON,#52H       ;
                MOV     TH1,#0FDH       ;
                SETB    TR1             ;
                SETB    ES              ;
                CLR     TI              ;
                CLR     RI              ;
                RET                     ;

;********* Interupt timer **********

TIMER_0:        PUSH    PSW
                PUSH    ACC
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TIMER01:    MOV     TL0,#LOW  TIME0
            MOV     TH0,#HIGH TIME0
            JNB     SCAN_EN,TIMER02
            CALL    SCAN
TIMER02:    DJNZ    DECT1,TIMER_X
            MOV     DECT1,#SEC_10
            JNB     RING_EN,TIMER03
            DJNZ    BUFF_SEC,TIMER_X
            MOV     BUFF_SEC,#RING_T
            CPL     CYCLE
            JNB     CYCLE,TIMER04
            MOV     A,#RING_AD
            JMP     TIMER05

TIMER03:    JNB     BUSY_EN,TIMER_X
            DJNZ    BUFF_SEC,TIMER_X
            MOV     BUFF_SEC,#BUSY_T
            CPL     CYCLE
            JNB     CYCLE,TIMER04
            MOV     A,#BUSY_AD
            JMP     TIMER05

TIMER04:    MOV     A,#0FFH
TIMER05:    CALL    LATCH

TIMER_X:    POP     DPL
            POP     DPH
            POP     ACC
            POP     PSW
            RETI

;**** INTERDWT RESIVER *******

RECV:       PUSH    PSW             ;
            PUSH    ACC             ;
            PUSH    XR0             ;
            PUSH    XR6             ;
            PUSH    XR7             ;
            JNB     RI,SEND         ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RECVX:      CLR     RI          ;
            CLR     TI          ;
            POP     XR7         ;
            POP     XR6         ;
            POP     XR0         ;
            POP     ACC         ;
            POP     PSW         ;
            RETI                ;

SEND:       CLR     TI
            JMP     RECVX
            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การทดลองส่วนของภาค Main Board

- จากรูปที่ 5.4 เป็นวงจรส่วนของ Main Board ซึ่งเป็นส่วนที่จะติดต่อสายนอกที่โทรเข้ามาสองคู่สายและเป็นส่วนที่ตัดต่อสัญญาณเสียงและสัญญาณควบคุมให้โทรศัพท์รับรู้ว่ามีสายนอกเข้ามาและตัดต่อให้สามารถพูดคุยติดต่อกันได้ทั้งโทรศัพท์ภายในทั้งสี่เครื่องซึ่งทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมให้ได้การทำงานตามที่ต้องการดังโปรแกรมที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองโดยทดสอบโปรแกรมที่ 4 สามารถรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมที่ส่งมาจากไมโครคอลโทรลเลอร์ของเครื่องโทรศัพท์ภายในและไมโครคอลโทรลเลอร์ของ Main Board สามารถควบคุม Crosspoint Switch ตัดต่อให้โทรศัพท์ทั้ง 4 เครื่อง พูดคุยกันได้และสามารถตัดต่อสายนอกให้กับโทรศัพท์ทั้ง 4 เครื่องได้

6.5 โปรแกรมที่สมบูรณ์ของโทรศัพท์และ ส่วนของ Main Board

- โปรแกรมที่ 5 คือโปรแกรมของส่วน Main Board
- โปรแกรมที่ 6 คือโปรแกรมส่วนของโทรศัพท์

บทที่ 7

บทสรุป

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาและนำความรู้ทางด้านอิเลคทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้งาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 ที่เมนบอร์ด (Main Board) และที่ตัวโทรศัพท์ภายใน (Key Telephone) ทั้ง 4 เครื่อง และใช้การติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เมนบอร์ดและโทรศัพท์ทั้ง 4 เครื่องเป็นระบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor System) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) โดยใช้ไอซีเบอร์ 75176 แล้วเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอลโทรลเลอร์ควบคุมระบบโทรศัพท์ สามารถติดต่อสายนอกได้ 2 คู่สายและติดต่อโทรศัพท์ภายในทั้ง 4 เครื่องโดยแต่ละเครื่องสามารถโทรติดต่อพูดคุยกันได้

จากการทดลองทำให้เราสามารถเขียนโปรแกรม ภาษา แอสแซมบลี (Assembly) ให้ไมโครคอลโทรลเลอร์ควบคุมระบบโทรศัพท์ได้และมีความรู้ในการติดต่อสื่อสารไมโครคอลโทรลเลอร์หลายตัวโดยใช้ระบบการสื่อสารแบบอนุกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 4

```
;************** TIMER CONSTANT **********
TIME0           EQU     -745        ;1/400  SEC
SEC_10          EQU     40          ;1/10   SEC
;*************** CODE FROM EXTENSION
EXT_OFF         EQU     00H
EXT_HOOK        EQU     01H
EXT_EXT         EQU     02H
EXT_CO          EQU     03H
;*************** CODE FROM MAIN
RD_STA          EQU     00H
RNG_CALL        EQU     10H
BUSY            EQU     20H
;*************** REGISTOR *****************
XR0             EQU     00H
XR1             EQU     01H
XR2             EQU     02H
XR3             EQU     03H
XR4             EQU     04H
XR5             EQU     05H
XR6             EQU     06H
XR7             EQU     07H
;*************** PORT CONTORL *************
RING_IN1        EQU     P3.6
RING_IN2        EQU     P3.7
;-------------- CROSS POINT
STR0            EQU     P2.4
STR1            EQU     P2.5
DATA            EQU     P2.6
XPT_A           EQU     P2.0
XPT_B           EQU     P2.1
XPT_C           EQU     P2.2
XPT_D           EQU     P2.3
;-------------- CONTORL RELAY
CO1_H           EQU     P1.0
CO2_H           EQU     P1.1
CO1_D           EQU     P1.2
CO2_D           EQU     P1.3
PWR_F           EQU     P1.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CO_RG           EQU     P1.5
STA7            EQU     P1.6
;-------------- SERIAL CONTORL
TX_RX           EQU     P3.2
;************** BIT CONTORL ******************
; STATUS BIT ******************
STATUS          EQU     20H
END_RCV         EQU     00H
END_SND         EQU     01H
ON_OFF          EQU     02H
EXT1            EQU     04H
EXT2            EQU     05H
EXT3            EQU     06H
EXT4            EQU     07H
;************** BUFFER ************************
                ORG     30H
ADDRESS:        DS      1
CO1_USE:        DS      1
CO2_USE:        DS      1
IT1_USE1:       DS      1
IT1_USE2:       DS      1
;------ SERIAL BUFFER
HEADER:         DS      1
CODE:           DS      1
EXTEN:          DS      1
DECT1:          DS      1
STACK:          DS      1
;************** CPU RESET ********************
                ORG     RESET
                JMP     START
                ORG     TIMER0
                JMP     TIMER_0
                ORG     TIMER1
                RETI
                ORG     SINT
                JMP     RECV
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********* setup timer *********
START:          MOV     P1,#00000000B
                MOV     P2,#0FFH
                MOV     P3,#11000011B
                MOV     R2,#02
START1:         MOV     R0,#0
START2:         MOV     R1,#0
                DJNZ    R1,$
                DJNZ    R0,START2
                DJNZ    R2,START1
                MOV     SP,#STACK
                SETB    PWR_F
                CALL    SET_TIMER
CLR_SW:         SETB    DATA
                MOV     R0,#16
CLR_SW1:        CLR     STR0
                CLR     STR1
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                SETB    STR0
                SETB    STR1
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                DEC     P2
                DJNZ    R0,CLR_SW1
                MOV     P2,#0FFH
                MOV     STATUS,#0
                MOV     IT1_USE1,#01
                MOV     IT1_USE2,#02
                CALL    CONNECT
                JMP $
RD_EXT:         MOV     ADDRESS,#01H
                CALL    CHK_EXT
                INC     ADDRESS
                CALL    CHK_EXT
                INC     ADDRESS
                CALL    CHK_EXT
                INC     ADDRESS
                CALL    CHK_EXT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     RD_EXT
;*************** CHECK EXTEN STATUS
CHK_EXT:        MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#0
                MOV     EXTEN,ADDRESS
                CALL    SEND_CODE
                JNC     RD_E1X
                MOV     A,CODE
                CJNE    A,#EXT_OFF,RD_E11    ;OFF HOOK
RD_E1X:         CALL    CLR_LINE
                RET
RD_E11:         CJNE    A,#EXT_HOOK,RD_E12
                MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#EXT_HOOK
                MOV     EXTEN,IT1_USE1
                CALL    SEND_CODE
                RET
RD_E12:         CJNE    A,#EXT_EXT,RD_E13
                MOV     A,IT1_USE1
                CJNE    A,#00H,RD_E1B
                MOV     IT1_USE1,ADDRESS
                MOV     IT1_USE2,EXTEN
                CALL    CONNECT
                CALL    EXT_RING
                RET
RD_E13:         CJNE    A,#EXT_CO,RD_E1X
                MOV     A,CO1_USE
                CJNE    A,#00H,RD_E14
                CALL    CO1_CONC
                RET
RD_E14:         MOV     A,CO2_USE
                CJNE    A,#00H,RD_E1B
                CALL    CO2_CONC
                RET
RD_E1B:         MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#BUSY
                MOV     EXTEN,ADDRESS
                CALL    SEND_CODE
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** CHECK LAST STATUS
CHK_STA:        ANL     A,STATUS
                CJNE    A,#00H,CHK_S1
                CLR     C
                RET
CHK_S1:         SETB    C
                RET
;************** DISCONNECT
CLR_LINE:       SETB    ON_OFF
                MOV     A,CO1_USE
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_L1
                CALL    CO1_LT
                MOV     CO1_USE,#0
                RET
CLR_L1:         MOV     A,CO2_USE
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_L2
                CALL    CO2_LT
                MOV     CO2_USE,#0
                RET
CLR_L2:         MOV     A,IT1_USE1
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_L3
                CALL    EXT_LT
                MOV     A,IT1_USE2
                CALL    EXT_LT
                MOV     IT1_USE1,#0
                MOV     IT1_USE2,#0
                RET
CLR_L3:         MOV     A,IT1_USE2
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_LX
                CALL    EXT_LT
                MOV     A,IT1_USE1
                CALL    EXT_LT
                MOV     IT1_USE1,#0
                MOV     IT1_USE2,#0
                RET
CLR_LX:         RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************** EXTEN RING
EXT_RING:       MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#RNG_CALL
                MOV     EXTEN,IT1_USE1
                CALL    SEND_CODE
                MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#RNG_CALL
                MOV     EXTEN,IT1_USE2
                CALL    SEND_CODE
                RET
;*************** CO ON LINE
CO1_CONC:       MOV     A,#01
                CLR     ON_OFF
                CALL    CO1_LT
                SETB    CO1_D
                RET
CO2_CONC:       MOV     A,#02
                CLR     ON_OFF
                CALL    CO2_LT
                SETB    CO2_D
                RET
;*************** CONNECT EXT LINE
CONNECT:        CLR     ON_OFF
                MOV     A,IT1_USE1
                CALL    EXT_LT
                MOV     A,IT1_USE2
                CALL    EXT_LT
                RET
;*************** LATCH CROSS POINT
;INPUT = DATA,ADDRESS
EXT_LT:         MOV     DPTR,#EXT_TAB
                DEC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CPL     A
                MOV     P2,A
                MOV     C,ON_OFF
                MOV     DATA,C
                CLR     STR0
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    STR0
                MOV     P2,#0FFH
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                RET
CO1_LT:         MOV     DPTR,#CO1_TAB
                DEC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CPL     A
                MOV     P2,A
                MOV     C,ON_OFF
                MOV     DATA,C
                CLR     STR0
                NOP
                SETB    STR0
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                RET
CO2_LT:         MOV     DPTR,#CO2_TAB
                DEC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CPL     A
                MOV     P2,A
                MOV     C,ON_OFF
                MOV     DATA,C
                CLR     STR0
                NOP
                SETB    STR0
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                RET
;*************** SEND SUB ***************
SEND_CODE:      SETB    TX_RX
                MOV     R7,#10
                DJNZ    R7,$
                CLR     END_SND
                CLR     END_RCV
                CLR     RI
                CLR     TI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     SBUF,HEADER
                JNB     END_SND,$
                CLR     TX_RX
                MOV     R6,#3
SNDR1:          MOV     R7,#0
SNDR2:          JB      END_RCV,SNDR3
                DJNZ    R7,SNDR2
                DJNZ    R6,SNDR1
                CLR     C
                RET
SNDR3:          SETB    C
                RET
;**** INTERUPT RECIVER *******
RECV:           PUSH    PSW             ;
                PUSH    ACC             ;
                PUSH    XR0             ;
                PUSH    XR6             ;
                PUSH    XR7             ;
                JNB     RI,SEND         ;
                MOV     R6,#3           ;
                MOV     R0,#HEADER      ;
RECV1:          CLR     RI              ;
                MOV     @R0,SBUF        ;
                DJNZ    R6,RECV2        ;
                SETB    END_RCV         ;
RECVX:          CLR     RI              ;
                CLR     TI              ;
                POP     XR7             ;
                POP     XR6             ;
                POP     XR0             ;
                POP     ACC             ;
                POP     PSW             ;
                RETI                    ;
RECV2:          INC     R0              ;
                MOV     R7;#0           ;
RECV3:          JB      RI,RECV1        ;
                DJNZ    R7,RECV3        ;
                JMP     RECVX           ;
SEND:           CLR     TI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R6,#02H         ;
                MOV     R0,#CODE        ;
SEND1:          MOV     SBUF,@R0
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                INC     R0
                DJNZ    R6,SEND1
                SETB    END_SND
                JMP     RECVX
;********** Set start timer **********
SET_TIMER:      CALL    SET_T0
                SETB    ET0
                SETB    TR0
                CALL    SET_SEL
                MOV     TMOD,#21H
                SETB    EA
                RET
;********** START TIMER 0
SET_T0:         MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
                MOV     DECT1,#SEC_10
                RET
;********** SET SERIAL PORT ****
SET_SEL:        MOV     SCON,#52H       ;
                MOV     TH1,#0FDH       ;
                SETB    TR1             ;
                SETB    ES              ;
                CLR     TI              ;
                CLR     RI              ;
                RET                     ;
;********* Interupt timer **********
TIMER_0:        PUSH    PSW
                PUSH    ACC
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
TIMER01:        MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
TIMER02:        DJNZ    DECT1,TIMER_X
                MOV     DECT1,#SEC_10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TIMER_X:        POP     DPL
                POP     DPH
                POP     ACC
                POP     PSW
                RETI
CO1_TAB:        DB      00H,01H,02H,03H
CO2_TAB:        DB      04H,05H,06H,07H
EXT_TAB:        DB      08H,09H,0AH,0BH
                END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 5

Program Main Board

```
;************* TIMER CONSTANT **********
TIME0           EQU     -745    ;1/400  SEC
SEC_10          EQU     40      ;1/10   SEC
;************** CODE FROM EXTENSION
EXT_OFF         EQU     00H
EXT_HOOK        EQU     01H
EXT_EXT         EQU     02H
EXT_CO          EQU     03H
;************** CODE FROM MAIN
RD_STA          EQU     00H
RNG_CALL        EQU     10H
BUSY            EQU     20H
;************** REGISTOR ***************
XR0             EQU     00H
XR1             EQU     01H
XR2             EQU     02H
XR3             EQU     03H
XR4             EQU     04H
XR5             EQU     05H
XR6             EQU     06H
XR7             EQU     07H
;************** PORT CONTORL ************
RING_IN1        EQU     P3.6
RING_IN2        EQU     P3.7
;--------------- CROSS POINT
STR0            EQU     P2.4
STR1            EQU     P2.5
DATA            EQU     P2.6
XPT_A           EQU     P2.0
XPT_B           EQU     P2.1
XPT_C           EQU     P2.2
XPT_D           EQU     P2.3
;--------------- CONTORL RELAY
CO1_H           EQU     P1.0
CO2_H           EQU     P1.1
CO1_D           EQU     P1.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CO2_D           EQU     P1.3
PWR_F           EQU     P1.4
CO_RG           EQU     P1.5
STA7            EQU     P1.6
;--------------- SERIAL CONTORL
TX_RX           EQU     P3.2
;************** BIT CONTORL ******************
; STATUS BIT ******************
STATUS          EQU     20H
END_RCV         EQU     00H
END_SND         EQU     01H
ON_OFF          EQU     02H
EXT1            EQU     04H
EXT2            EQU     05H
EXT3            EQU     06H
EXT4            EQU     07H
;************** BUFFER ************************
                ORG     30H
ADDRESS:        DS      1
CO1_USE:        DS      1
CO2_USE:        DS      1
IT1_USE1:       DS      1
IT1_USE2:       DS      1
;------ SERIAL BUFFER
HEADER:         DS      1
CODE:           DS      1
EXTEN:          DS      1
DECT1:          DS      1
STACK:          DS      1
;************** CPU RESET ******************** '
                ORG     RESET
                JMP     START
                ORG     TIMER0
                JMP     TIMER_0
                ORG     TIMER1
                RETI
                ORG     SINT
                JMP     RECV
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********* setup timer *********
START:          MOV     P1,#00000000B
                MOV     P2,#0FFH
                MOV     P3,#11000011B
                MOV     R2,#02
START1:         MOV     R0,#0
START2:         MOV     R1,#0
                DJNZ    R1,$
                DJNZ    R0,START2
                DJNZ    R2,START1
                MOV     SP,#STACK
                SETB    PWR_F
                CALL    SET_TIMER
CLR_SW:         SETB    DATA
                MOV     R0,#16
CLR_SW1:        CLR     STR0
                CLR     STR1
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                SETB    STR0
                SETB    STR1
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                DEC     P2
                DJNZ    R0,CLR_SW1
                MOV     P2,#0FFH
                MOV     STATUS,#0
                MOV     IT1_USE1,#01
                MOV     IT1_USE2,#02
                CALL    CONNECT
                JMP $
RD_EXT:         MOV     ADDRESS,#01H
                CALL    CHK_EXT
                INC     ADDRESS
                CALL    CHK_EXT
                INC     ADDRESS
                CALL    CHK_EXT
                INC     ADDRESS
                CALL    CHK_EXT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     RD_EXT
;************** CHECK EXTEN STATUS
CHK_EXT:        MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#0
                MOV     EXTEN,ADDRESS
                CALL    SEND_CODE
                JNC     RD_E1X
                MOV     A,CODE
                CJNE    A,#EXT_OFF,RD_E11    ;OFF HOOK
RD_E1X:         CALL    CLR_LINE
                RET
RD_E11:         CJNE    A,#EXT_HOOK,RD_E12
                MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#EXT_HOOK
                MOV     EXTEN,IT1_USE1
                CALL    SEND_CODE
                RET
RD_E12:         CJNE    A,#EXT_EXT,RD_E13
                MOV     A,IT1_USE1
                CJNE    A,#00H,RD_E1B
                MOV     IT1_USE1,ADDRESS
                MOV     IT1_USE2,EXTEN
                CALL    CONNECT
                CALL    EXT_RING
                RET
RD_E13:         CJNE    A,#EXT_CO,RD_E1X
                MOV     A,CO1_USE
                CJNE    A,#00H,RD_E14
                CALL    CO1_CONC
                RET
RD_E14:         MOV     A,CO2_USE
                CJNE    A,#00H,RD_E1B
                CALL    CO2_CONC
                RET
RD_E1B:         MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#BUSY
                MOV     EXTEN,ADDRESS
                CALL    SEND_CODE
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** CHECK LAST STATUS
CHK_STA:        ANL     A,STATUS
                CJNE    A,#00H,CHK_S1
                CLR     C
                RET
CHK_S1:         SETB    C
                RET
;************** DISCONNECT
CLR_LINE:       SETB    ON_OFF
                MOV     A,CO1_USE
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_L1
                CALL    CO1_LT
                MOV     CO1_USE,#0
                RET
CLR_L1:         MOV     A,CO2_USE
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_L2
                CALL    CO2_LT
                MOV     CO2_USE,#0
                RET
CLR_L2:         MOV     A,IT1_USE1
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_L3
                CALL    EXT_LT
                MOV     A,IT1_USE2
                CALL    EXT_LT
                MOV     IT1_USE1,#0
                MOV     IT1_USE2,#0
                RET
CLR_L3:         MOV     A,IT1_USE2
                CJNE    A,ADDRESS,CLR_LX
                CALL    EXT_LT
                MOV     A,IT1_USE1
                CALL    EXT_LT
                MOV     IT1_USE1,#0
                MOV     IT1_USE2,#0
                RET
CLR_LX:         RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** EXTEN RING
EXT_RING:       MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#RNG_CALL
                MOV     EXTEN,IT1_USE1
                CALL    SEND_CODE
                MOV     HEADER,#0
                MOV     CODE,#RNG_CALL
                MOV     EXTEN,IT1_USE2
                CALL    SEND_CODE
                RET
;************** CO ON LINE
CO1_CONC:       MOV     A,#01
                CLR     ON_OFF
                CALL    CO1_LT
                SETB    CO1_D
                RET
CO2_CONC:       MOV     A,#02
                CLR     ON_OFF
                CALL    CO2_LT
                SETB    CO2_D
                RET
;************** CONNECT EXT LINE
CONNECT:        CLR     ON_OFF
                MOV     A,IT1_USE1
                CALL    EXT_LT
                MOV     A,IT1_USE2
                CALL    EXT_LT
                RET
;************** LATCH CROSS POINT
;INPUT = DATA,ADDRESS
EXT_LT:         MOV     DPTR,#EXT_TAB
                DEC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CPL     A
                MOV     P2,A
                MOV     C,ON_OFF
                MOV     DATA,C
                CLR     STR0
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    STR0
                MOV     P2,#0FFH
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                RET
CO1_LT:         MOV     DPTR,#CO1_TAB
                DEC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CPL     A
                MOV     P2,A
                MOV     C,ON_OFF
                MOV     DATA,C
                CLR     STR0
                NOP
                SETB    STR0
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                RET
CO2_LT:         MOV     DPTR,#CO2_TAB
                DEC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CPL     A
                MOV     P2,A
                MOV     C,ON_OFF
                MOV     DATA,C
                CLR     STR0
                NOP
                SETB    STR0
                CLR     A
                DJNZ    ACC,$
                RET
;*************** SEND SUB ***************
SEND_CODE:      SETB    TX_RX
                MOV     R7,#10
                DJNZ    R7,$
                CLR     END_SND
                CLR     END_RCV
                CLR     RI
                CLR     TI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     SBUF,HEADER
                JNB     END_SND,$
                CLR     TX_RX
                MOV     R6,#3
SNDR1:          MOV     R7,#0
SNDR2:          JB      END_RCV,SNDR3
                DJNZ    R7,SNDR2
                DJNZ    R6,SNDR1
                CLR     C
                RET
SNDR3:          SETB    C
                RET
;**** INTERUPT RECIVER *******
RECV:           PUSH    PSW             ;
                PUSH    ACC             ;
                PUSH    XR0             ;
                PUSH    XR6             ;
                PUSH    XR7             ;
                JNB     RI,SEND         ;
                MOV     R6,#3           ;
                MOV     R0,#HEADER      ;
RECV1:          CLR     RI              ;
                MOV     @R0,SBUF        ;
                DJNZ    R6,RECV2        ;
                SETB    END_RCV         ;
RECVX:          CLR     RI              ;
                CLR     TI              ;
                POP     XR7             ;
                POP     XR6             ;
                POP     XR0             ;
                POP     ACC             ;
                POP     PSW             ;
                RETI                    ;
RECV2:          INC     R0              ;
                MOV     R7,#0           ;
RECV3:          JB      RI,RECV1        ;
                DJNZ    R7,RECV3        ;
                JMP     RECVX           ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SEND:           CLR     TI
                MOV     R6,#02H         ;
                MOV     R0,#CODE        ;
SEND1:          MOV     SBUF,@R0
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                INC     R0
                DJNZ    R6,SEND1
                SETB    END_SND
                JMP     RECVX
;********** Set start timer **********
SET_TIMER:      CALL    SET_T0
                SETB    ET0
                SETB    TR0
                CALL    SET_SEL
                MOV     TMOD,#21H
                SETB    EA
                RET
;********** START TIMER 0
SET_T0:         MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
                MOV     DECT1,#SEC_10
                RET
;********** SET SERIAL PORT ****
SET_SEL:        MOV     SCON,#52H       ;
                MOV     TH1,#0FDH       ;
                SETB    TR1             ;
                SETB    ES              ;
                CLR     TI              ;
                CLR     RI              ;
                RET                     ;
;********* Interupt timer **********
TIMER_0:        PUSH    PSW
                PUSH    ACC
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TIMER01:        MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
TIMER02:        DJNZ    DECT1,TIMER_X
                MOV     DECT1,#SEC_10
TIMER_X:        POP     DPL
                POP     DPH
                POP     ACC
                POP     PSW
                RETI
CO1_TAB:        DB      00H,01H,02H,03H
CO2_TAB:        DB      04H,05H,06H,07H
EXT_TAB:        DB      08H,09H,0AH,0BH
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 6

Program Telephone

```
;************* KEY CONSTANT ************
;01-0A = KEY1,KEY2-KEY0
;0BH=KEY *
;0CH=KEY #
VUP_KEY          EQU     21H
VDW_KEY          EQU     22H
DVT_KEY          EQU     23H
INT_KEY          EQU     24H
CO1_KEY          EQU     11H
CO2_KEY          EQU     12H
CO3_KEY          EQU     13H
CO4_KEY          EQU     14H
CO5_KEY          EQU     15H
CO6_KEY          EQU     16H
ATT_KEY          EQU     1DH
ND_KEY           EQU     1EH
MEM_KEY          EQU     1FH
MON_KEY          EQU     20H
;*************** SOUND GENERATE ******************
LOOP_AD          EQU     01101000B       ;LOOP SOUND
BUSY_AD          EQU     01101000B       ;BUSY SOUND
RING_AD          EQU     01110010B       ;RING SOUND ON
MIC_DS           EQU     00000000B       ;
MIC_EN           EQU     00000111B       ;
DTMF_EN          EQU     00000011B       ;
;************* TIMER CONSTANT **********
TIME0            EQU     -745    ;1/400  SEC
SEC_10           EQU     40      ;1/10   SEC
RING_T           EQU     15
BUSY_T           EQU     05
;************** REGISTOR ***************
XR0              EQU     00H
XR1              EQU     01H
XR2              EQU     02H
XR3              EQU     03H
XR4              EQU     04H
XR5              EQU     05H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
XR6             EQU     06H
XR7             EQU     07H
;*************** PORT CONTORL *************
DATA            EQU     P1      ;DTMF DATA AND KEY COL.
CTRL            EQU     P0      ;
SEL_A           EQU     P0.0    ;KEY ROW SELECT
SEL_B           EQU     P0.1    ;
SEL_C           EQU     P0.4    ;
G2A             EQU     P0.3    ;LOW = ENABLE
VOL_S0          EQU     P0.5    ;VOLUME
VOL_S1          EQU     P0.6    ;
VOL_S2          EQU     P0.7    ;
VOL_LE          EQU     P2.1    ;
SP_SEL          EQU     P2.0    ;0=SPEAKER 1=HAND SET
DTMF_CK         EQU     P2.1    ;CLOCK LATCH
AUD_A           EQU     P2.3    ;AUDIO SELECT
AUD_B           EQU     P2.4    ;
AUD_C           EQU     P2.5    ;
SND1            EQU     P2.7    ;
SND2            EQU     P2.6    ;
HOOK            EQU     P3.3    ;
;*************** BIT CONTORL ******************
; STATUS BIT ******************
STATUS          EQU     20H
HOOK_SW         EQU     00H
SP_HAND         EQU     01H
SP_PHONE        EQU     02H
SCAN_EN         EQU     03H
RING_EN         EQU     04H
BUSY_EN         EQU     05H
CYCLE           EQU     06H
END_SND         EQU     07H
; LED BIT **********************
BUFF_LED        EQU     21H
MEM_LED         EQU     09H
MON_LED         EQU     0AH
CO5_LED         EQU     0BH
CO4_LED         EQU     0CH
CO3_LED         EQU     0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CO2_LED          EQU     0EH
CO1_LED          EQU     0FH
;************** BUFFER ************************
                 ORG     30H
BUFF_NO:         DS      1
NO1:             DS      1
NO2:             DS      1
BUFF_KEY:        DS      1
ROW:             DS      1
DECT1:           DS      1
BUFF_SEC:        DS      1
STACK:           DS      1
;************** CPU RESET *********************
                 ORG     RESET
                 JMP     START
                 ORG     TIMER0
                 JMP     TIMER_0
                 ORG     TIMER1
                 RETI
                 ORG     SINT
                 JMP     RECV
;********* setup timer *********
START:           MOV     P0,#11001000B
                 MOV     P1,#00000000B
                 MOV     P2,#10000101B
                 MOV     P3,#00001011B
                 MOV     R2,#02
START1:          MOV     R0,#0
START2:          MOV     R1,#0
                 DJNZ    R1,$
                 DJNZ    R0,START2
                 DJNZ    R2,START1
                 MOV     SP,#STACK
                 MOV     A,#0
                 CALL    LATCH
                 CALL    MIC_OFF
                 MOV     ROW,#05H
                 MOV     BUFF_LED,#00H
                 CALL    SET_TIMER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     HOOK_SW
                CLR     SP_HAND
                CLR     SP_PHONE
                SETB    SCAN_EN
                MOV     BUFF_KEY,#00H
                MOV     BUFF_NO,#02H
;***************
MAIN:           CALL    KEY_OFF          ;check off key
MAIN1:          JB      HOOK_SW,HOOK_UP  ;hook up sw active
                JNB     SP_HAND,MAIN2    ;
                CALL    OFF_HOOK         ;clear hook
MAIN2:          MOV     A,BUFF_KEY       ;check key
                CJNE    A,#00H,CHK_KEY1  ;key on
                JMP     MAIN1            ;
;************** HOOK SW ACTIVE ***************
HOOK_UP:        JB      SP_HAND,MAIN2    ;normal hook up
HOOK_U1:        SETB    SP_HAND          ;first hook
                SETB    MEM_LED          ;hook up led
                CLR     MON_LED          ;
                SETB    SP_SEL           ;hand set sp.
                CALL    WAIT             ;
                CALL    MIC_ON           ;mic on
                JB      CO1_LED,MAIN     ;used co1
                JB      CO2_LED,MAIN     ;used co2
                MOV     A,BUFF_NO        ;
                CJNE    A,#02H,MAIN      ;
                MOV     A,#LOOP_AD       ;tone signal
                CALL    LATCH            ;
                JMP     MAIN             ;
;************** KEY ACTIVE ********************
;********* CO1 KEY
CHK_KEY1:       CJNE    A,#CO1_KEY,CHK_KEY2     ;co1 key
                CPL     CO1_LED                 ;
                CALL    CO2_OFF                 ;off co2
                JB      CO1_LED,CHK_K2          ;co1 on
CHK_K1:         CALL    OFF_HOOK                ;co1 off
                JMP     MAIN                    ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********* CO2 KEY
CHK_KEY2:       CJNE    A,#CO2_KEY,CHK_KEY3     ;co2 key
                CPL     CO2_LED                 ;
                CALL    CO1_OFF                 ;co1 off
                JNB     CO2_LED,CHK_K1          ;co2 off
CHK_K2:         JB      HOOK_SW,CHK_K3          ;use hand set
                SETB    SP_PHONE                ;use speaker phon
                SETB    MEM_LED                 ;
                SETB    MON_LED                 ;
                CLR     SP_SEL                  ;select speaker
                CALL    MIC_OFF                 ;
                JMP     MAIN                    ;
CHK_K3:         SETB    MEM_LED                 ;hand set
                SETB    SP_SEL                  ;
                CALL    MIC_ON                  ;
                JMP     MAIN                    ;
;********* SP-PHONE
CHK_KEY3:       CJNE    A,#MON_KEY,MAIN5        ;key speaker phon
                CPL     SP_PHONE                ;
                JNB     SP_PHONE,CHK_K4         ;
                CALL    SP_ON                   ;on speaker
                JMP     MAIN                    ;
CHK_K4:         JB      HOOK_SW,HOOK_U1         ;hand set
                CALL    OFF_HOOK                ;
                JMP     MAIN                    ;
MAIN5:          CJNE    A,#0CH,MAIN5_1          ;dtmf key
                JMP     MAIN6                   ;
MAIN5_1:        JC      MAIN6                   ;key 0-9,#,*
                JMP     MAIN                    ;
MAIN6:          JB      CO1_LED,DTMF_OUT1       ;
                JB      CO2_LED,DTMF_OUT1       ;
                JB      SP_HAND,DTMF_OUT2       ;
                JB      SP_PHONE,DTMF_OUT2      ;
                JMP     MAIN                    ;no used
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** OUT DTMF
DTMF_OUT1:      MOV     B,A                     ;
                CALL    DTMF_OUT                ;
                JMP     MAIN                    ;
;************** OUT DTMF AND CALL
DTMF_OUT2:      MOV     B,A                     ;
                CALL    DTMF_OUT                ;
                JB      BUSY_EN,DTMF_OX         ;
                JB      RING_EN,DTMF_OX         ;
                MOV     A,BUFF_NO               ;
                CJNE    A,#02H,DTMF_O1          ;
DTMF_O0:        MOV     NO1,B                   ;
                DEC     BUFF_NO                 ;
DTMF_OX:        JMP     MAIN                    ;
DTMF_O1:        CJNE    A,#01H,DTMF_O2          ;
                MOV     NO2,B                   ;
                MOV     BUFF_NO,#02             ;
DTMF_A:         MOV     A,NO1                   ;
                SWAP    A                       ;
                ORL     A,NO2                   ;
                CJNE    A,#11H,DTMF_B           ;
                SETB    RING_EN                 ;
                MOV     BUFF_SEC,#2             ;
                CLR     CYCLE                   ;
                JMP     MAIN                    ;
DTMF_B:         SETB    BUSY_EN                 ;
                MOV     BUFF_SEC,#2             ;
                CLR     CYCLE                   ;
                JMP     MAIN                    ;
DTMF_O2:        MOV     BUFF_NO,#02             ;
                JMP     DTMF_O0                 ;
;************** SPEAKER PHONE ON-OFF **************
SP_ON:          CALL    MIC_OFF
                SETB    MEM_LED
                SETB    MON_LED
                CLR     SP_SEL
                JB      CO1_LED,SP_O1
                JB      CO2_LED,SP_O1
                MOV     A,BUFF_NO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#02H,SP_O1
                CALL    WAIT
                MOV     A,#LOOP_AD
                CALL    LATCH
SP_O1:          CALL    KEY_OFF
                RET
OFF_HOOK:       CLR     CO1_LED
                CLR     CO2_LED
OFF_H1:         CLR     MEM_LED
                CLR     MON_LED
                CLR     SP_HAND
                CLR     SP_PHONE
                CLR     SP_SEL
                CLR     RING_EN
                CLR     BUSY_EN
                CLR     A
                CALL    LATCH
                CALL    MIC_OFF
                MOV     BUFF_NO,#02
                CALL    WAIT
                CALL    WAIT
                CALL    WAIT
                RET
CO1_OFF:        CLR     CO1_LED
                JMP     OFF_H1
CO2_OFF:        CLR     CO2_LED
                JMP     OFF_H1
;*************** SELECT SOUND OUTPUT **********
MIC_ON:         MOV     A,#0FFH
                CALL    LATCH
                MOV     A,#MIC_EN
                JMP     AUD_SEL
MIC_OFF:        CLR     A
                JMP     AUD_SEL
DTMF_ON:        MOV     A,#DTMF_EN
                JMP     AUD_SEL
AUD_SEL:        RRC     A
                MOV     AUD_A,C
                RRC     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     AUD_B,C
                RRC     A
                MOV     AUD_C,C
                RET
;*************** SCAN KEY AND DISPLAY **************
SCAN:           MOV     A,ROW
                CJNE    A,#05H,SCAN2
                MOV     DATA,#0
                MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,BUFF_LED
                ANL     A,#11111000B
                MOV     DATA,A
                INC     ROW
                RET
SCAN2:          CJNE    A,#06H,SCAN3
                MOV     DATA,#0
                MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,BUFF_LED
                ANL     A,#00000111B
                MOV     DATA,A
                INC     ROW
                RET
SCAN3:          CJNE    A,#07H,SCANX
                MOV     DATA,#0
                MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,BUFF_LED
                ORL     A,#01H
                ANL     A,#11111011B
                MOV     DATA,A
                INC     ROW
                MOV     A,#20H
                DJNZ    ACC,$
                JNB     HOOK,SCAN3_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     HOOK_SW
                RET
SCAN3_1:        SETB    HOOK_SW
                RET
SCANX:          CALL    SCAN_KEY
                MOV     ROW,#05H
                RET
;*************** SCAN KEY ***************
SCAN_KEY:       MOV     ROW,#0
                CALL    READ_KEY        ;KEY 1-8
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;KEY 9,0,*,#
                ORL     A,#0FH
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;VUP,VDW,DVT,INT
                ORL     A,#0FH
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;ATT,ND,MEM,MON
                ORL     A,#0F0H
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                CALL    READ_KEY        ;CO1-CO6
                ORL     A,#03H
                CJNE    A,#0FFH,KEY_ON
                INC     ROW
                MOV     BUFF_KEY,#00H
                MOV     DATA,#00H
                RET
READ_KEY:       MOV     DPTR,#ROW_TAB
                MOV     A,ROW
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     CTRL,A
                MOV     A,#10
                DJNZ    ACC,$
                MOV     DATA,#0FFH
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                NOP
                MOV     A,DATA
                RET
KEY_ON:         MOV     BUFF_KEY,#01H
                MOV     A,ROW
                CJNE    A,#00H,KEY_ON1
                JMP     KEY_ON2
KEY_ON1:        MOV     A,BUFF_KEY
                ADD     A,#08
                MOV     BUFF_KEY,A
                DJNZ    ROW,KEY_ON1
KEY_ON2:        MOV     ROW,#08
                MOV     A,DATA
KEY_ON3:        RLC     A
                JNC     KEY_ON4
                INC     BUFF_KEY
                DJNZ    ROW,KEY_ON3
KEY_ON4:        MOV     DATA,#00H
                RET
KEY_OFF:        MOV     A,BUFF_KEY
                CJNE    A,#00H,KEY_OFF
                RET
;************** OUT DTMF SIGNAL **************
;INPUT  = ACC (DTMF NUMBER)
;
DTMF_OUT:       CALL    DTMF_ON
                MOV     A,B
                MOV     DPTR,#DTMF_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                CALL    LATCH
                CALL    WAIT
                JNB     SP_PHONE,DTMF_X1
                MOV     A,#0FFH
                CALL    LATCH
                CALL    MIC_OFF
                RET
DTMF_X1:        CALL    MIC_ON
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** DTMF LATCH **************
LATCH:          CLR     ET0
                PUSH    DATA
                SETB    G2A
                MOV     DATA,A
                NOP
                SETB    DTMF_CK
                NOP
                CLR     DTMF_CK
                NOP
                POP     DATA
                SETB    ET0
                RET
;************** WAIT TIME ***************
DELAY:          PUSH    XR0
                PUSH    XR1
                MOV     R0,#0
DE1:            MOV     R1,#0
DE2:            DJNZ    R1,DE2
                DJNZ    R0,DE1
                POP     XR1
                POP     XR0
                RET
WAIT:           PUSH    XR0
                PUSH    XR1
                MOV     R0,#50H
DE3:            MOV     R1,#0
DE4:            DJNZ    R1,DE4
                DJNZ    R0,DE3
                POP     XR1
                POP     XR0
                RET
;********** Set start timer **********
SET_TIMER:      CALL    SET_T0
                SETB    ET0
                SETB    TR0
                CALL    SET_SEL
                MOV     TMOD,#21H
                SETB    EA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
;********** START TIMER 0
SET_T0:         MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
                MOV     DECT1,#SEC_10
                RET
;********** SET SERIAL PORT ****
SET_SEL:        MOV     SCON,#52H       ;
                MOV     TH1,#0FDH       ;
                SETB    TR1             ;
                SETB    ES              ;
                CLR     TI              ;
                CLR     RI              ;
                RET                     ;
;********* Interupt timer **********
TIMER_0:        PUSH    PSW
                PUSH    ACC
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
TIMER01:        MOV     TL0,#LOW  TIME0
                MOV     TH0,#HIGH TIME0
                JNB     SCAN_EN,TIMER02
                CALL    SCAN
TIMER02:        DJNZ    DECT1,TIMER_X
                MOV     DECT1,#SEC_10
                JNB     RING_EN,TIMER03
                DJNZ    BUFF_SEC,TIMER_X
                MOV     BUFF_SEC,#RING_T
                CPL     CYCLE
                JNB     CYCLE,TIMER04
                MOV     A,#RING_AD
                JMP     TIMER05
TIMER03:        JNB     BUSY_EN,TIMER_X
                DJNZ    BUFF_SEC,TIMER_X
                MOV     BUFF_SEC,#BUSY_T
                CPL     CYCLE
                JNB     CYCLE,TIMER04
                MOV     A,#BUSY_AD
                JMP     TIMER05
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TIMER04:        MOV     A,#0FFH
TIMER05:        CALL    LATCH
TIMER_X:        POP     DPL
                POP     DPH
                POP     ACC
                POP     PSW
                RETI
;**** INTERDWT RESIVER *******
RECV:           PUSH    PSW             ;
                PUSH    ACC             ;
                PUSH    XR0             ;
                PUSH    XR6             ;
                PUSH    XR7             ;
                JNB     RI,SEND         ;
RECVX:          CLR     RI              ;
                CLR     TI              ;
                POP     XR7             ;
                POP     XR6             ;
                POP     XR0             ;
                POP     ACC             ;
                POP     PSW             ;
                RETI                    ;
SEND:           CLR     TI
                JMP     RECVX
;***************
ROW_TAB:        DB      10000000B       ;ROW1(KEY)
                DB      10000001B       ;ROW2(KEY)
                DB      10000010B       ;ROW3(KEY)
                DB      10000011B       ;ROW4(KEY)
                DB      10010000B       ;ROW5(KEY)
                DB      10010001B       ;ROW6(LED)
                DB      10010010B       ;ROW7(LED)
                DB      10010011B       ;ROW8(LED)
;*************** DTMF KEY OUTPUT *****************
DTMF_TAB:       DB      00000000B       ;OFF
                DB      11110110B       ;1
                DB      11110101B       ;2
                DB      11110011B       ;3
                DB      11101110B       ;4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
.
DB      11101101B       ;5
DB      11101011B       ;6
DB      11011110B       ;7
DB      11011101B       ;8
DB      11011011B       ;9
DB      10111101B       ;0
DB      10111110B       ;*
DB      10111011B       ;#
END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ธวัชชัย เลื่อนฉวี "เทคโนโลยีโทรศัพท์" สำนักพิมพ์บันเทิงการพิมพ์ พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2533
2. โกศล เพ็ชรสุวรรณ์ "เทคโนโลยีโทรคมนาคม" สำนักพิมพ์ดวงกมล พิมพ์ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2534
3. วิวัฒน์ กิรานนท์ "พื้นฐานการสื่อสาร" พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2533
4. ถวิล พึ่งมา "ชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล" ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2535
5. มงคล อัศวโกวิทกรณ์, วัตสัน ถิรภัทรพงศ์ "การลดสัญญาณรบกวน" สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์
6. Microcontroller Intel User's Guide, Copyrigth 1987
7. MOTOROLA HIGH - SPEED CMOS LOGIC DATA BOOK DL129 REV 4
8. MOTORALA ALS/FAST/LS/TTL DATA BOOK Q 3/89 DL142
9. MOTORALA LINEAR AND INTERFACE ICs Q1/90 REV 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4 Kbytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
  - Data Retention: 10 Years
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Five Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

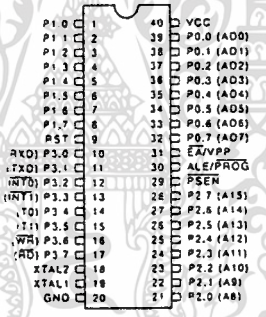
The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4 Kbytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C51 provides the following standard features: 4 Kbytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five source two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is

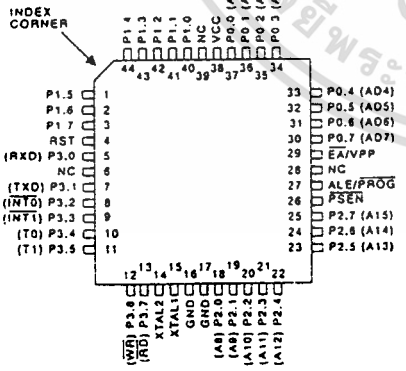
continued

Pin Configurations

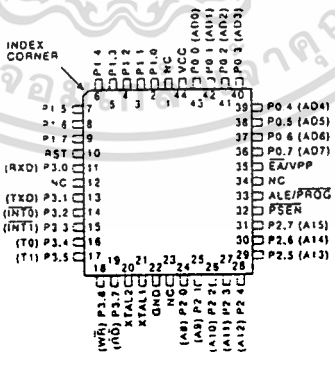
PDIP/Cerdip



PQFP/TQFP



PLCC/LCC

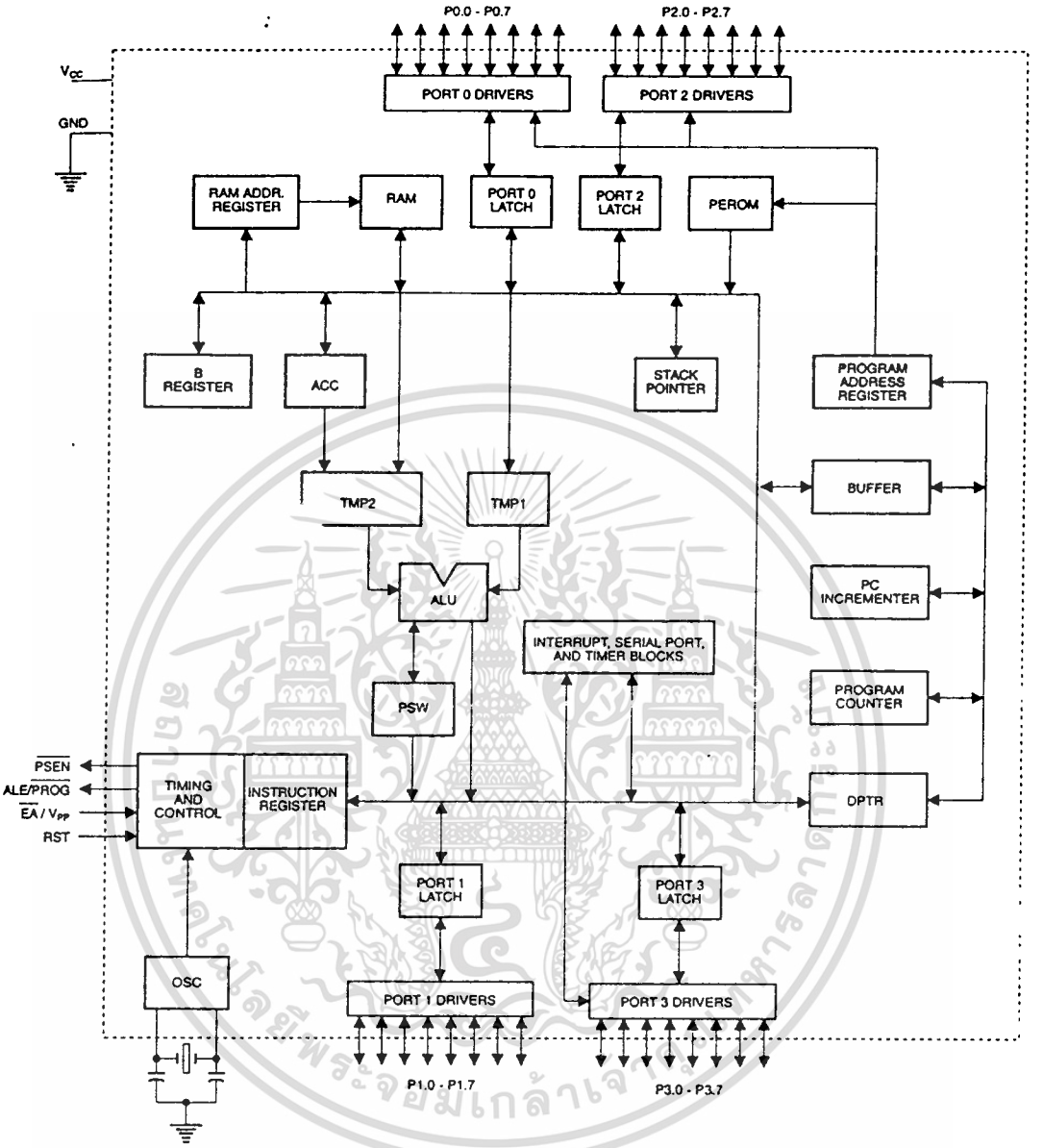


8-Bit Microcontroller with 4 Kbytes Flash

AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description (Continued)

designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be t' multiplexed low-order address/data bus during accesses to al program and data memory. In this mode P0 has interna s.

Port 0 also receives the code bytes d lash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port w rnal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source fo L inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pull high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and program verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and programming verification.

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcrontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

continued

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (Continued)

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

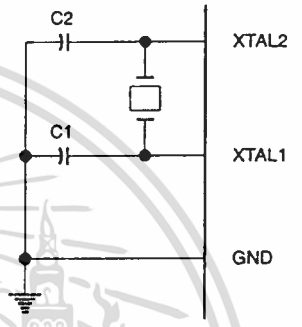
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM a e special functions registers remain unchanged during de. The idle mode can be terminated by any enabled pt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

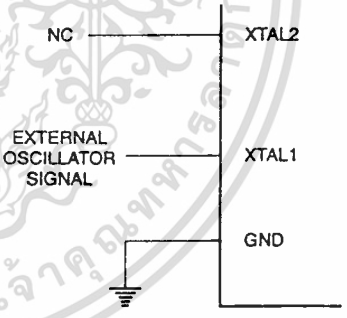
In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 1. Oscillator Connections



Notes: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Flo t	Data	Addres's	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (5-volt) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 in the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12 V	V_{PP} = 5 V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12 V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

$\overline{Data}$ Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12 V programming
(032H) = 05H indicates 5 V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	EA/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L	⌐	H/12V(1)	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock Bit - 1	H	L	⌐	H/12V	H	H	H	H
Bit - 2	H	L	⌐	H/12V	H	H	L	L
Bit - 3	H	L	⌐	H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	⌐(2)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

Notes: 1. The signature byte at location 032H designates whether V_{PP} = 12 V or V_{PP} = 5 V should be used to enable programming.
2. Chip Erase requires a 10 ms $\overline{PROG}$ pulse.

Figure 3. Programming the Flash

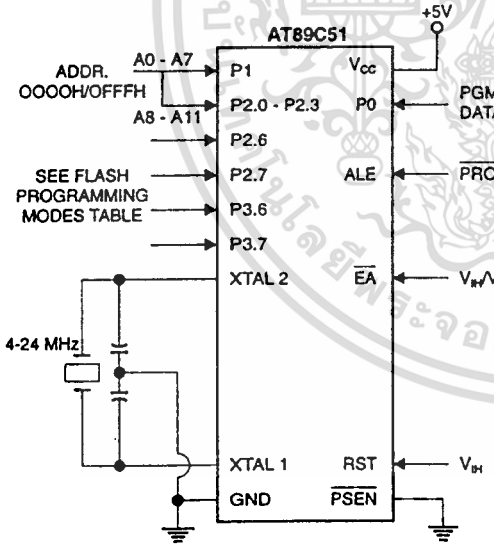
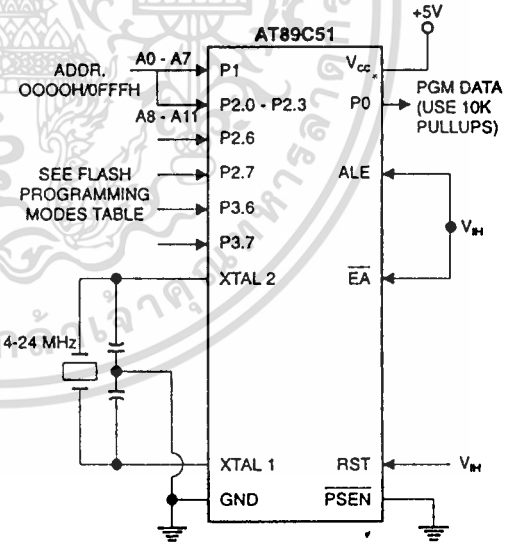


Figure 4. Verifying the Flash



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Characteristics

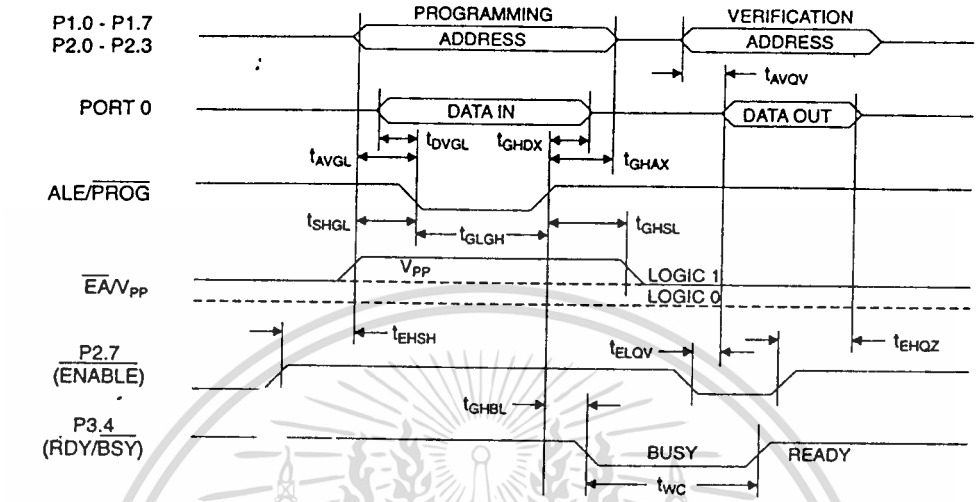
T_A = 21°C to 27°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	4	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	48t_{CLCL}		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	48t_{CLCL}		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	48t_{CLCL}		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	48t_{CLCL}		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	48tCLCL		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		48tCLCL	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		48t_{CLCL}	
t_{EHQV}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	48t_{CLCL}	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

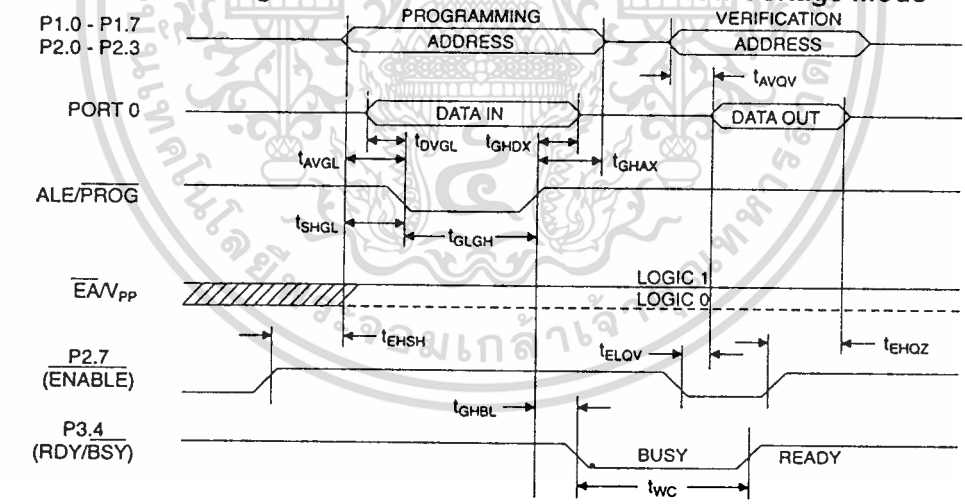
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0 V to +7.0 V
Maximum Operating Voltage	6.6 V
DC Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0 V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC}-0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC}-0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC}+0.9	V_{CC}+0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC}+0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45 V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2 V		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6 V		100	µA
		V_{CC} = 3 V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA
Ports 1,2, 3: 15 mA
Maximum total IOL for all output pins: 71 mA
If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum VCC for Power Down is 2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. Characteristics

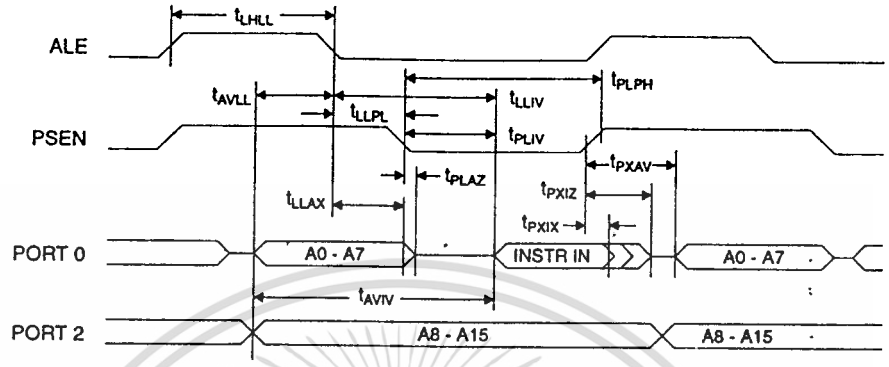
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

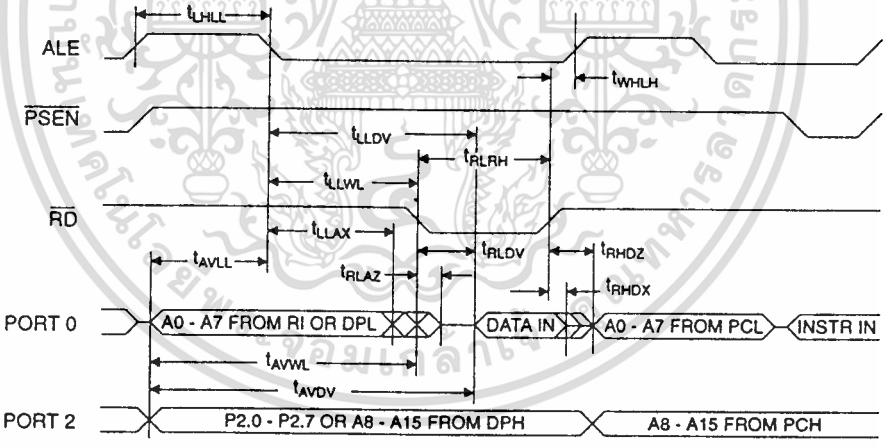
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator Min	12 MHz Oscillator Max	16 to 24 MHz Oscillator Min	16 to 24 MHz Oscillator Max	Units
1/t_{CLCL}	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	28		tCLCL-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		tCLCL-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		4tCLCL-65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid In uction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold ter $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		8tCLCL-150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		9tCLCL-165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

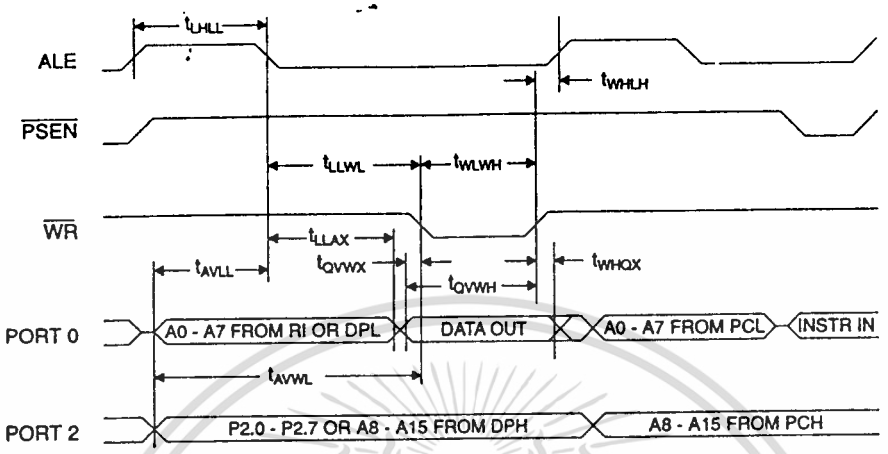


External Data Memory Read Cycle

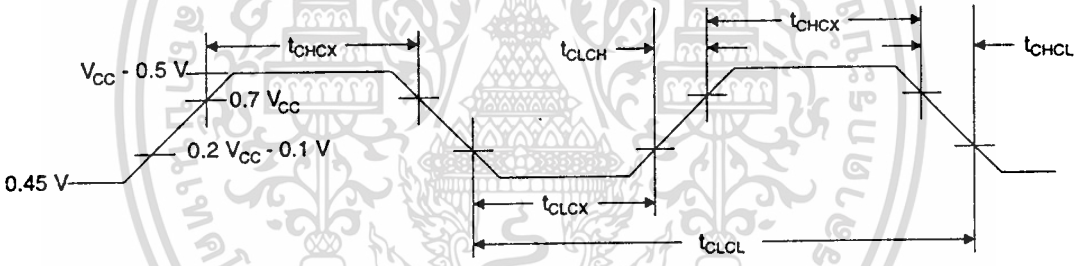


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

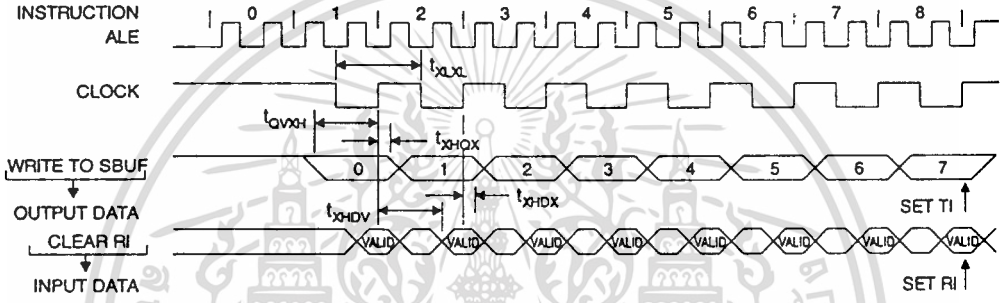
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

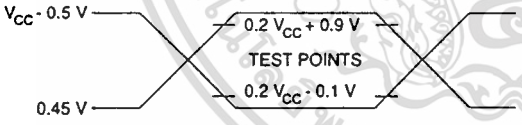
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-33		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10tCLCL-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

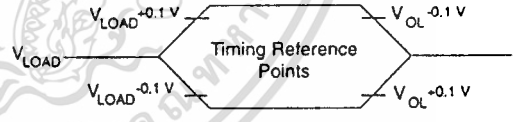


AC Testing Input/Output Waveforms [1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5 V for a logic 1 and 0.45 V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms [1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5 V ± 20%	AT89C51-12AC AT89C51-12JC AT89C51-12PC AT89C51-12QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12AI AT89C51-12JI AT89C51-12PI AT89C51-12QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12AA AT89C51-12JA AT89C51-12PA AT89C51-12QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40°C to 125°C)
	5 V ± 10%	AT89C51-12DM AT89C51-12LM	40D6 44L	Military (-55°C to 125°C)
		AT89C51-12DM/883 AT89C51-12LM/883	40D6 44L	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
16	5 V ± 20%	AT89C51-16AC AT89C51-16JC AT89C51-16PC AT89C51-16QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16AI AT89C51-16JI AT89C51-16PI AT89C51-16QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16AA AT89C51-16JA AT89C51-16PA AT89C51-16QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40°C to 125°C)
20	5 V ± 20%	AT89C51-20AC AT89C51-20JC AT89C51-20PC AT89C51-20QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20AI AT89C51-20JI AT89C51-20PI AT89C51-20QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
24	5 V ± 20%	AT89C51-24AC AT89C51-24JC AT89C51-24PC AT89C51-24QC	44A 44J 44P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24AI AT89C51-24JI AT89C51-24PI AT89C51-24QI	44A 44J 44P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

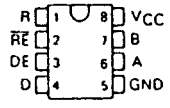
ADVANCE INFORMATION

SN75176B DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

D2619, JULY 1985

- Bidirectional Transceiver
- Meets EIA Standards RS-422A and CCITT Recommendations V.11 and X.27
- Designed for Multipoint Transmission on Long Bus Lines in Noisy Environments
- 3-State Driver and Receiver Outputs
- Individual Driver and Receiver Enables
- Wide Positive and Negative Input/Output Bus Voltage Ranges
- Driver Output Capability. . . ±60 mA Max
- Thermal Shutdown Protection
- Driver Positive and Negative Current Limiting
- Receiver Input Impedance . . . 12 kΩ Min
- Receiver Input Sensitivity . . . ±200 mV
- Receiver Input Hysteresis . . . 50 mV Typ
- Operates from Single 5-Volt Supply
- Low Power Requirements

D, JG, OR P
DUAL-IN-LINE PACKAGE
(TOP VIEW)



FUNCTION TABLE (DRIVER)

INPUT	ENABLE	OUTPUTS	
D	DE	A	B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

FUNCTION TABLE (RECEIVER)

DIFFERENTIAL INPUTS	ENABLE	OUTPUT
A − B	$\overline{RE}$	R
$V_{ID} \geq 0.2$ V	L	H
$0.2\text{ V} < V_{ID} < 0.2$ V	L	?
$V_{ID} \leq -0.2$ V	L	L
X	H	Z

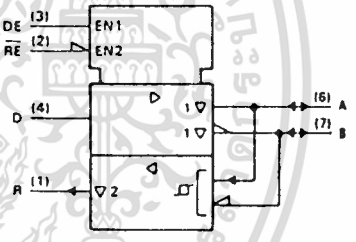
H = high level, L = low level, ? = indeterminate
X = irrelevant, Z = high impedance (off)

description

The SN75176B differential bus transceiver is a monolithic integrated circuit designed for bidirectional data communication on multipoint bus transmission lines. It is designed for balanced transmission lines and meets EIA Standard RS-422A and CCITT Recommendations V.11 and X.27.

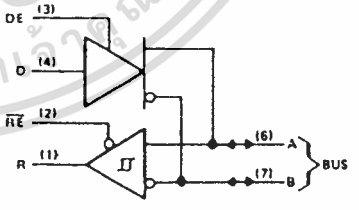
The SN75176B combines a three-state differential line driver and a differential input line receiver both of which operate from a single 5-volt power supply. The driver and receiver have active-high and active-low enables, respectively, that can be externally connected together to function as direction control. The driver differential outputs and the receiver differential inputs are connected internally to form differential input/output (I/O) bus ports that are designed to offer minimum loading to the bus whenever the driver is disabled or $V_{CC} = 0$ volts. These ports feature wide positive and negative common-mode voltage ranges making the device suitable for party-line applications.

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)

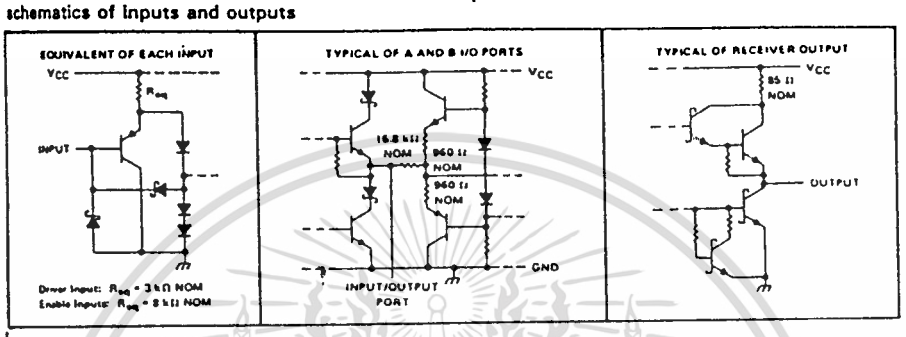


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The driver is designed to handle loads up to 60 milliamperes of sink or source current. The driver features positive- and negative-current limiting and thermal shutdown for protection from line fault conditions. Thermal shutdown is designed to occur at a junction temperature of approximately 150°C. The receiver features a minimum input impedance of 12 kΩ, an input sensitivity of ± 200 millivolts, and a typical input hysteresis of 50 millivolts.

The SN75176B can be used in transmission line applications employing the SN75172 and SN75174 quadruple differential line drivers and SN75173 and SN75175 quadruple differential line receivers.

schematics of inputs and outputs



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Voltage at any bus terminal	10 V to 15 V
Enable input voltage	5.5 V
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 2):	
D Package	725 mW
JG Package	825 mW
P Package	1000 mW
Operating free-air temperature range	0°C to 70°C

NOTES: 1. All voltage values, except differential input/output bus voltage, are with respect to network ground terminal.
2. For operation above 25°C free-air temperature, derate the D package to 464 mW at 70°C at the rate of 5.8 mW/°C, derate the JG package to 528 mW at 70°C at the rate of 6.6 mW/°C, and derate the P package to 640 mW at 70°C at the rate of 8.0 mW/°C. In the JG package, SN75176B chips are glass mounted.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.75	5	5.25	V
Voltage at any bus terminal (separately or common mode), V_I or V_{IC}		-7[1]		12	V
High-level input voltage, V_{IH}	D, DE, and $\overline{RE}$	2			V
Low-level input voltage, V_{IL}	D, DE, and $\overline{RE}$			0.8	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 3)				±12	V
High-level output current, I_{OH}	Driver			-60	mA
	Receiver			-400	μA
Low-level output current, I_{OL}	Driver			60	mA
	Receiver			8	
Operating free-air temperature, T_A		0		70	°C

[1]The algebraic convention, where the less-positive (more negative) limit is designated minimum, is used in this data sheet for common-mode input voltage and threshold voltage levels only.
NOTE 3: Differential input/output bus voltage is measured at the noninverting terminal A with respect to the inverting terminal B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIVER SECTION

driver electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS[1]		MIN	TYP[3]	MAX	UNIT
V_{IK}	Input clamp voltage	I_I = −18 mA				−1.5	V
V_O	Output voltage	I_O = 0		0		6	V
$\|V_{OD1}\|$	Differential output voltage	I_O = 0		1.5		6	V
$\|V_{OD2}\|$	Differential output voltage	R_L = 100 Ω, See Figure 1		¾ V_{OD1}			
				2			V
		R_L = 54 Ω, See Figure 1		1.5	2.6	5	V
V_{OD3}	Differential output voltage	See Note 4		1.5		5	V
$\Delta\|V_{OD}\|$	Change in magnitude of differential output voltage[5]	R_L = 54 Ω or 100 Ω, See Figure 1				±0.2	V
V_{OC}	Common-mode output voltage					+3 −1	V
$\Delta\|V_{OC}\|$	Change in magnitude of common-mode output voltage[5]					±0.2	V
I_O	Output current	Output disabled, See Note 5	V_O = 12 V			1	mA
			V_O = −7 V			−0.8	
I_{IH}	High level input current	V_I = 2.4 V				20	μA
I_{IL}	Low level input current	V_I = 0.4 V				−400	μA
I_{OS}	Short circuit output current	V_O = −7 V				−250	mA
		V_O = 0				−150	
		V_O = V_{CC}				250	
		V_O = 12 V				250	
I_{CC}	Supply current (total package)	No load	Ouputs enabled		57	70	mA
			Outputs disabled		26	35	

[1] Duration of the short-circuit should not exceed one second.
[3] The power-off measurement in EIA Standard RS 422 A applies to disabled outputs only and is not applied to combined inputs and outputs.
[3] All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.
[5] $\Delta|V_{OD}|$ and $\Delta|V_{OC}|$ are the changes in magnitude of V_{OD} and V_{OC} respectively, that occur when the input is changed from a high level to a low level.

NOTES: 4. See EIA Standard RS-485 Figure 3.5, Test Termination Measurement 2.
5. This applies for both power on and off; refer to EIA Standard RS-485 for exact conditions. The RS-422A limit does not apply for a combined driver and receiver terminal.

driver switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{DD}	Differential output delay time	R_L = 54 Ω, See Figure 3		15	22	ns
t_{TD}	Differential-output transition time			20	30	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level	R_L = 110 Ω, See Figure 4		85	120	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level	R_L = 110 Ω, See Figure 5		40	60	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level	R_L = 110 Ω, See Figure 4		160	250	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	R_L = 110 Ω, See Figure 5		20	30	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL EQUIVALENTS

DATA SHEET PARAMETER	RS-422A	RS 485
V_O	V_{oa}, V_{ob}	V_{oa}, V_{ob}
$\|V_{OD1}\|$	V_o	V_o
$\|V_{OD2}\|$	V_t (R_L = 100 Ω)	V_t (R_L = 54 Ω)
$\|V_{OD3}\|$		V_t (Test termination Measurement 2)
$\Delta\|V_{OD}\|$	$\|\|V_t\| - \|\overline{V}_t\|\|$	$\|\|V_t\| - \|\overline{V}_t\|\|$
V_{OC}	$\|V_{os}\|$	$\|V_{os}\|$
$\Delta\|V_{OC}\|$	$\|V_{os} - \overline{V}_{os}\|$	$\|V_{os} - \overline{V}_{os}\|$
I_{OS}	$\|I_{sa}\|$, $\|I_{sb}\|$	
I_O	$\|I_{xa}\|$, $\|I_{xb}\|$	I_{ia}, I_{ib}

RECEIVER SECTION

receiver electrical characteristics over recommended ranges of common-mode input voltage, supply voltage, and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

	PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{TH}	Differential-input high-threshold voltage	V_O = 2.7 V, I_O = −0.4 mA				−0.2	V
V_{TL}	Differential-input low-threshold voltage	V_O = 0.5 V, I_O = 8 mA		−0.2‡			V
V_{hys}	Hysteresis§				50		mV
V_{IK}	Enable-input clamp voltage	I_I = −18 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{ID} = −200 mV, See Figure 2	I_{OH} = −400 μA,	2.7			V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{ID} = −200 mV, See Figure 2	I_{OL} = 8 mA,			0.45	V
I_{OZ}	High-impedance-state output current	V_O = 0.4 V to 2.4 V				±20	μA
I_I	Line input current	Other input = 0 V, See Note 6	V_I = 12 V			1	mA
			V_I = −7 V			−0.8	
I_{IH}	High-level enable-input current	V_{IH} = 2.7 V				20	μA
I_{IL}	Low-level enable-input current	V_{IL} = 0.4 V				−100	μA
r_i	Input resistance			12			kΩ
I_{OS}	Short-circuit output current			−15		−85	mA
I_{CC}	Supply current (total package)	No load	Outputs enabled		57	70	mA
			Outputs disabled		26	35	

†All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡The algebraic convention, where the less-positive (more-negative) limit is designated minimum, is used in this data sheet for common-mode input voltage and threshold voltage levels only.
§Hysteresis is the difference between the positive-going input threshold voltage, V_{T+}, and the negative-going input threshold voltage, V_{T-}. See Figure 4.
NOTE 6: This applies for both power on and power off. Refer to EIA Standard RS-485 for exact conditions.

receiver switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

	PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{ID} = −1.5 V to 1.5 V,			21	35	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	C_L = 15 pF,	See Figure 6		23	35	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level	C_L = 15 pF,	See Figure 7		10	20	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level				12	20	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level	C_L = 15 pF,	See Figure 7		20	35	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level				17	25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

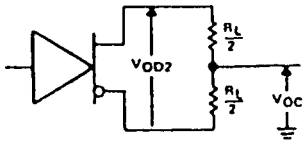


FIGURE 1 DRIVER V_{OD} AND V_{OC}

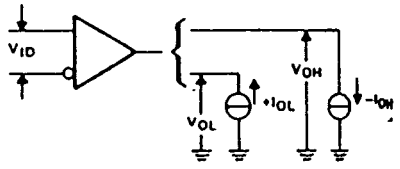


FIGURE 2. RECEIVER V_{OH} AND V_{OL}

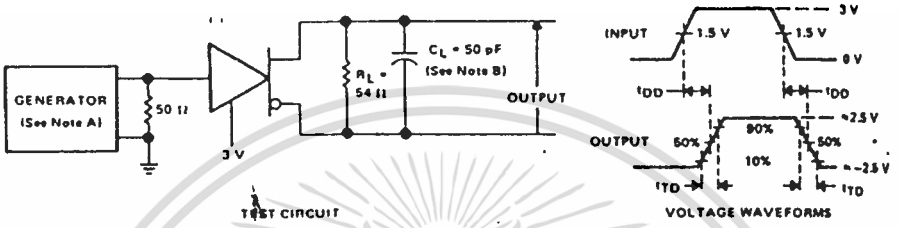


FIGURE 3. DRIVER DIFFERENTIAL-OUTPUT DELAY AND TRANSITION TIMES

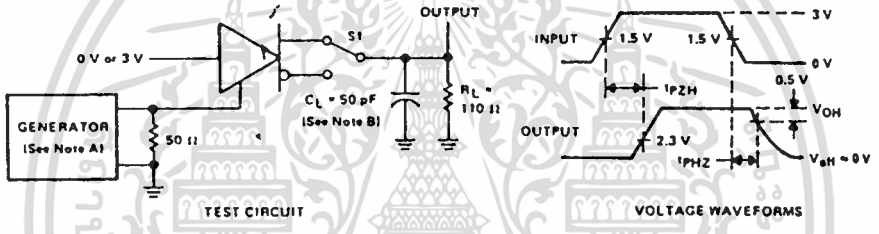


FIGURE 4. DRIVER ENABLE AND DISABLE TIMES

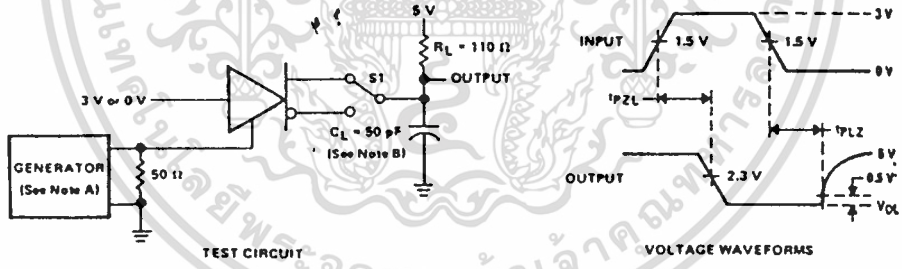


FIGURE 5. DRIVER ENABLE AND DISABLE TIMES

NOTES A The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, 50% duty cycle, t_r ≤ 6 ns, t_f ≤ 6 ns, Z_{out} ≈ 50 Ω
B C_L includes probe and jig capacitance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

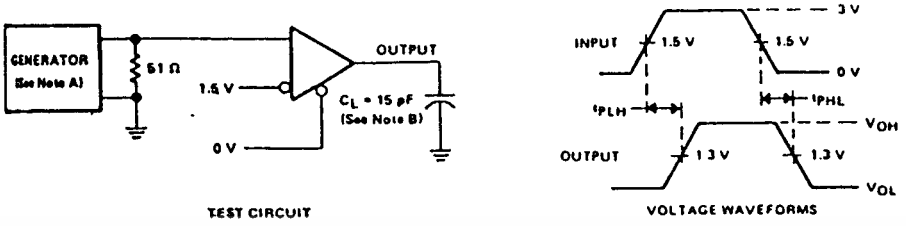


FIGURE 6. RECEIVER PROPAGATION DELAY TIMES

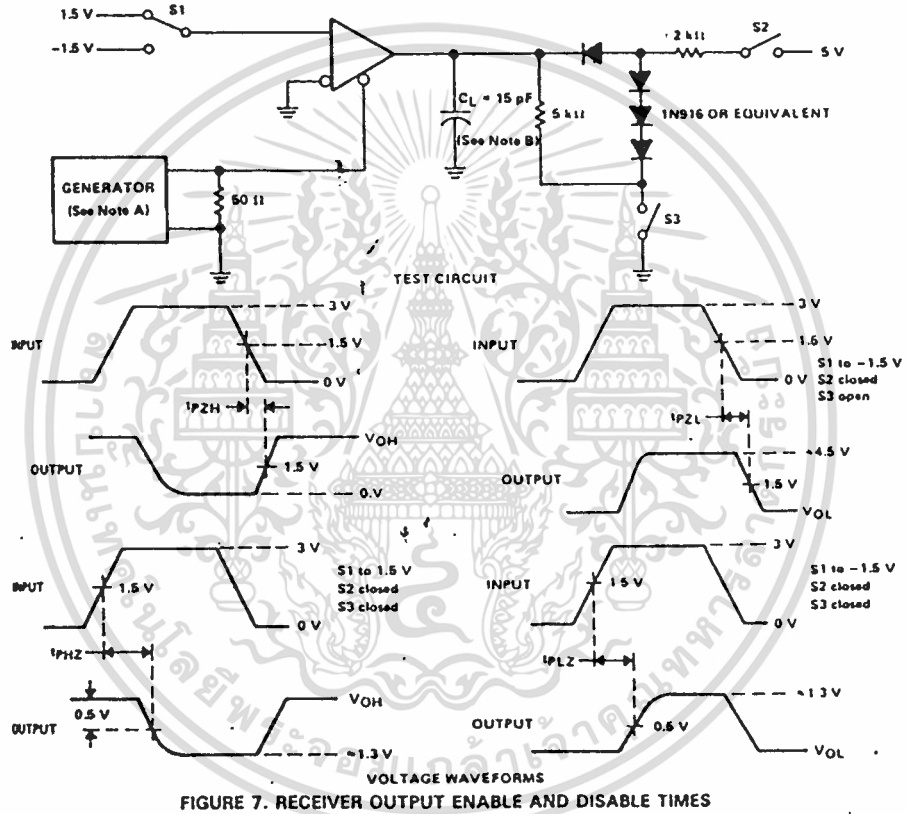


FIGURE 7. RECEIVER OUTPUT ENABLE AND DISABLE TIMES

NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics. PRR ≤ 1 MHz, 50% duty cycle, t_r ≤ 6 ns t_f ≤ 6 ns, Z_{out} = 50 Ω.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

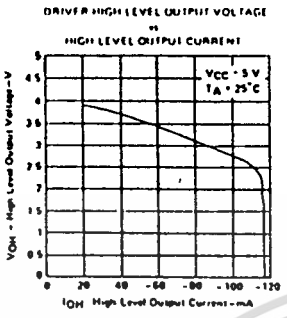


FIGURE 8

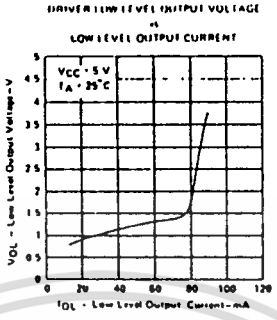


FIGURE 9

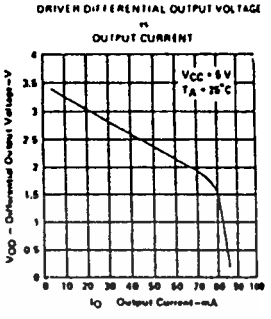


FIGURE 10

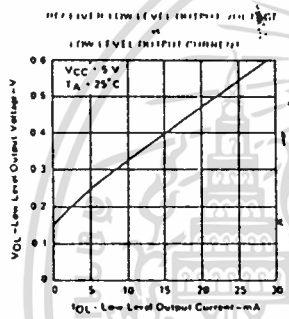


FIGURE 11

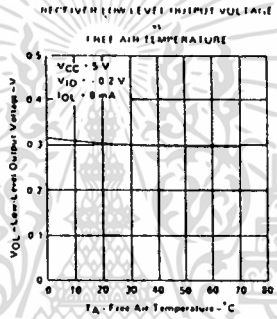


FIGURE 12

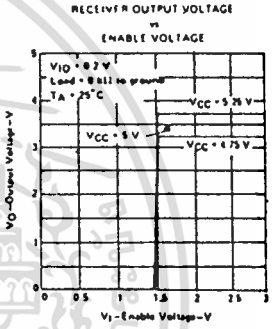


FIGURE 13

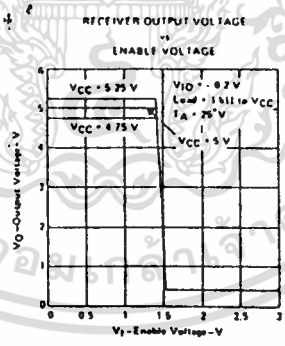


FIGURE 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATION

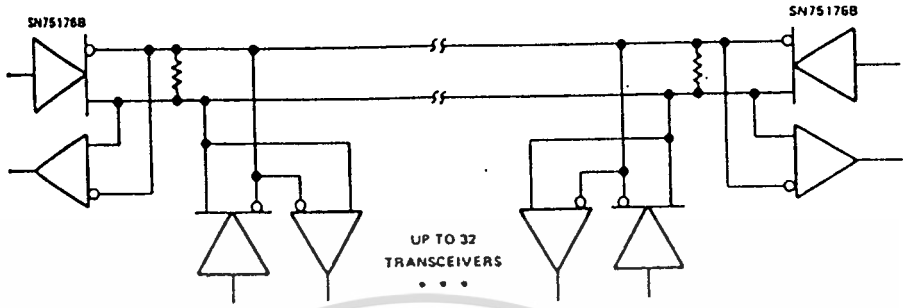


FIGURE 15. TYPICAL APPLICATION CIRCUIT

NOTE): The line should be terminated at both ends in its characteristic impedance. Stub lengths off the main line should be kept as short as possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TP5089 DTMF (TOUCH-TONE) Generator

General Description

The TP5089 is a low threshold voltage, field-implanted, metal gate CMOS integrated circuit. It interfaces directly to a standard telephone keypad and generates all dual tone multi-frequency pairs required in tone-dialing systems. The tone synthesizers are locked to an on-chip reference oscillator using an inexpensive 3.579545-MHz crystal for high tone accuracy. The crystal and an output load resistor are the only external components required for tone generation. A $\overline{\text{MUTE}}$ OUT logic signal, which changes state when any key is depressed, is also provided.

Features

- 3.5V–10V operation when generating tones
- 2V operation of keyscan and $\overline{\text{MUTE}}$ logic
- Static sensing of key closures or logic inputs
- On-chip 3.579545 MHz crystal-controlled oscillator
- Output amplitudes proportional to supply voltage
- High group pre-emphasis
- Low harmonic distortion
- Open emitter-follower low-impedance output
- $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ pin

Block Diagram

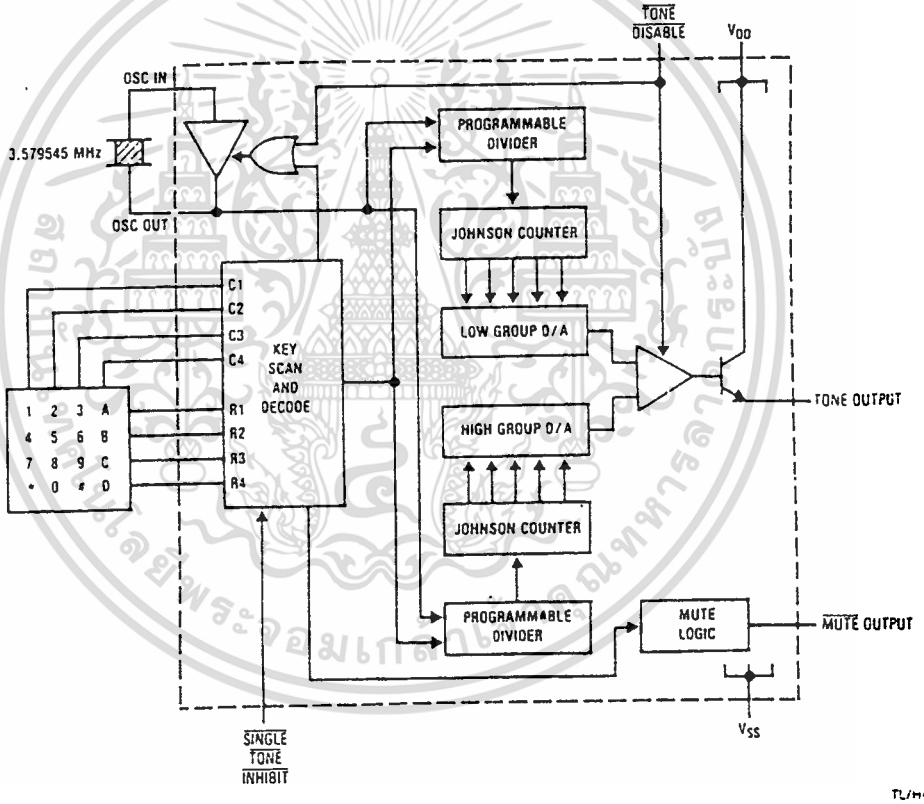


FIGURE 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$)	15V
Maximum Voltage at Any Pin	$V_{DD} + 0.3V$ to $V_{SS} - 0.3V$
Operating Temperature	−30°C to +60°C
Storage Temperature	−55°C to + 150°C
Maximum Power Dissipation	500 mW

Electrical Characteristics

Unless otherwise noted, limits printed in BOLD characters are guaranteed for V_{DD} = 3.5V to 10V, T_A = 0°C to +60°C by correlation with 100% electrical testing at T_A = 25°C. All other limits are assured by correlation with other production tests and/or product design and characterization.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Minimum Supply Voltage for Keysense and $\overline{\text{MUTE}}$ Logic Functions		2			V
Minimum Operating Voltage for generating tones		**3.5**			V
Operating Current Idle Generating Tones	Mute open $R_L = \infty$ $V_{DD} = 3.5V$	**25** **2.5**	2 1.1		µA mA
Input Resistors COLUMN and ROW (Pull-Up) $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ (Pull-Down) $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ (Pull-Up)		 25 120	 50		 kΩ kΩ
Input Low Level				**0.2 V_{DD}**	V
Input High Level		**0.8 V_{DD}**			V
$\overline{\text{MUTE}}$ OUT Sink Current (COLUMN and ROW Active)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_o = 0.5V$	**0.4**			mA
$\overline{\text{MUTE}}$ Out Leakage Current	$V_o = V_{DD}$		1		µA
Output Amplitude Low Group	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	**190**	250	**340**	mVrms
	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 10V$	**510**	700	**880**	mVrms
Output Amplitude High Group	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	**270**	340	**470**	mVrms
	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 10V$	**735**	955	**1265**	mVrms
Mean Output DC Offset	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 10V$		1.3 4.6		V V
High Group Pre-Emphasis		**2.2**	2.7	**3.2**	dB
Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio	$V_{DD} = 4V$, $R_L = 240\Omega$ 1 MHz Bandwidth	**−22**	−23		dB
Start-Up Time (to 90% Amplitude)			3	5	mS

Note 1: R_L is the external load resistor connected from TONE OUT to V_{SS}.

Note 2: Crystal specification: Parallel resonant 3.579545 MHz, $R_S \leq 150\ \Omega$, L = 100 mH, C_O = 5 pF, C_I = 0.02 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

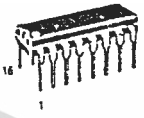
MC142100
MC145100

4 × 4 Crosspoint Switch with Control Memory

The MC142100 and MC145100 consist of 16 crosspoint switches (analog transmission gates) organized in 4 rows and 4 columns. Both devices have 16 latches, each of which controls the state of a particular switch. Any of the 16 switches can be selected by applying its address to the device and a pulse to the strobe input. The selected crosspoint will turn on if during strobe, D_{in} was a 1 and will turn off if during strobe, D_{in} was a 0. In addition the MC145100 will reset all non-selected switches in the same row as the selected switch. Other switches are unaffected. In the MC145100, an internal power-on reset turns off all switches as power is applied.

- Internal Latches Control State of Switches
- Power-On Reset (MC145100 Only)
- Low On Resistance — Typically on 110 Ω @ 10 Vdc
- Large Analog Range (V_{DD}–V_{SS})
- All Pins are Diode Protected
- Matched Switch Characteristics
- High CMOS Noise Immunity
- MC142100 Pin-for-Pin Replacement for CD22100

DW SUFFIX
SOG
CASE 751G

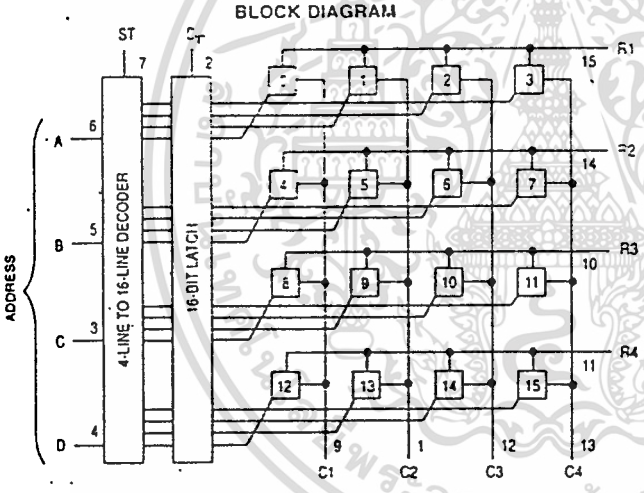


P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648

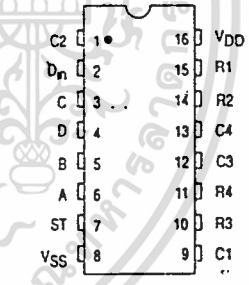
ORDERING INFORMATION

MC14XXXX	SUFFIX	DENOTES
	DW	SOG Package MC142100 ONLY
	P	Plastic DIP
	C	Limited Operating Temperature Range
	A	Extended Operating Temperature Range

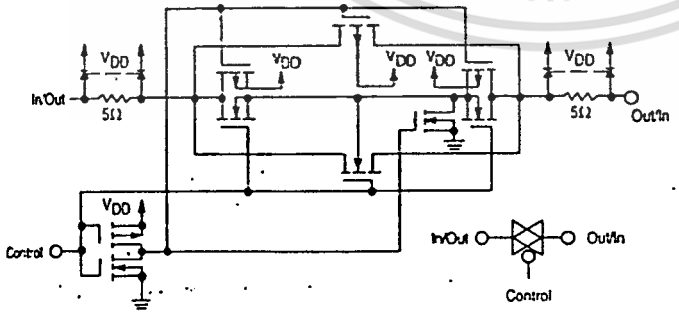
BLOCK DIAGRAM



PIN ASSIGNMENTS



ANALOG TRANSMISSION GATE (CROSSPOINT) SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้