เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

โดย

นาย ณรงค์ชัย ขวัญเกลี้ยง

วัน เดือน ปี 22 ก.ค. 2541
เลขทะเบียน 039121
เลขเรียกหนังสือ โ ม036ป ณ14ค.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

039121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

โดย

นาย ณรงค์ชัย ขวัญเกลี้ยง

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

นาย ณรงค์ชัย ขวัญเกลี้ยง

.....

(อ. ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE (PABX)

โดย นาย ณรงค์ชัย ขวัญเกลี้ยง
อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ชินภัทร นันทจิวากรชัย

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาดเล็ก ที่สามารถขยายระบบจากโทรศัพท์สายนอก 1 คู่สายออกเป็น 4 คู่สายในเพื่อใช้ในสำนักงาน โดยที่ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถติดต่อโดยตรงกับโทรศัพท์เครื่องต่างๆได้ โดยไม่ต้องผ่านพนักงานต่อสาย และยังสามารถติดต่อกันเองระหว่างสายในด้วยกัน การควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงาน และใช้ไอซีในระบบโทรศัพท์มาประยุคต์เข้าด้วยกันทำให้ควบคุมการทำงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และสามารถพัฒนาฟังชั่นการใช้งานต่างๆได้โดยง่ายโดยอาศัยการพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ABSTRACT

This thesis is study about the small "Private Automatic Branch Exchange"(PABX) that can extend from one line to four lines for use indoor. By using PABX,it can decrease the costsuch as the installation. The user will have direct contact to other users without an operator and contact one-by-one the internal line.

The PABX is controlled by microcontroller (MCS-51) and IC. Thus,it will operate rapidly and can developed easily. The usefunctions can be applied by developing operation-controlled programs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีระบบชุมสาย PABX	3
2.1 สัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์	3
2.2 สัญญาณจากอุปกรณ์ SWITCHING	4
2.3 โครงสร้างของ SLIC	5
2.4 SWITCHING UNIT	6
2.5 CONTROL PATH	8
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	9
2.7 AT89C51/52 และ AT89C1051/2051	30
2.8 DTMF	38
บทที่ 3 พื้นฐานโทรศัพท์	45
3.1 SIGNALING	46
3.2 เครื่องโทรศัพท์	48
3.3 ชุมสายโทรศัพท์	52
3.4 ระบบโทรศัพท์ไร้สาย	52
บทที่ 4 การทำงานและการทดลอง	56
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	65
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านโทรคมนาคม ได้พัฒนาไปมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม ระบบการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้ว ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเฉพาะระบบ PUBLIC SWITCHING TELEPHONE NETWORK ที่เป็นระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์ โดยโครงข่ายขององค์การโทรศัพท์ฯ ซึ่งปัจจุบันยังไม่อาจตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้เพียงพอจึงทำให้มีการพัฒนาระบบชุมสายโทรศัพท์ตู้สาขา (PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE) ขึ้นมาใช้งาน เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโครงขายขององค์การโทรศัพท์ ที่มีเลขหมายจำนวนน้อยและทำให้ขยายระบบเลขหมายภายในซึ่งมีจำนวนมากกว่าให้สามารถใช้งานได้

ชุมสาย PABX ในยุคแรกยังมีการทำงานในแบบ SEMI-AUTOMATIC โดยยังต้องใช้ผู้ที่เป็น OPERATOR ทำหน้าที่รับ, ตัดต่อสาย, โอนสาย แต่ในยุคต่อมาเทคโนโลยีทางด้านนี้ได้พัฒนาขึ้น ทำให้ชุมสาย PABX นี้ จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานในสำนักงานต่างๆ บ้านพักขนาดใหญ่, อพาทเมนต์, คอนโดมิเนียม ฯลฯ

ที่มาของโครงงาน

ระบบโทรศัพท์ในปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้มากขึ้นกว่าสมัยก่อน อีกทั้งการติดต่อสื่อสารต่างๆ เช่น เครื่องโทรสาร, เครื่องโทรภาพ, ระบบ COMPUTER NETWORK, ระบบ ATM ล้วนแต่ต้องผ่านระบบโครงข่ายโทรศัพท์ทั้งสิ้น แต่ว่าการขยายโครงข่ายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนทั่วไป และธุรกิจภาคเอกชนต่างๆ ทำให้มีการนำชุมสายโทรศัพท์ PABX มาใช้งานจำนวนมาก ณ บริษัท และสำนักงานต่างๆ อีกทั้งยังมีความต้องการใช้งานมากขึ้น ทำให้ผู้จัดทำโครงงานมีความคิดเห็นร่วมกันที่จะวิจัยและพัฒนาชุมสายโทรศัพท์ PABX ขึ้นมาเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสังคม

โครงงานนี้ผู้จัดทำได้วิจัยและพัฒนา โดยนำอุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีอันทันสมัยมาประยุกต์ใช้งาน โดยตั้งในให้ระบบชุมสาย PABX ที่สร้างขึ้นนี้ ทำงานแบบ AUTOMATIC อย่างสมบูรณ์แบบเท่าที่ความสามารถของผู้จัดทำจะทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- ต้องการพัฒนาระบบชุมสาย PABX
- นำอุปกรณ์ที่สามารถจัดซื้อได้ภายในประเทศมาใช้งาน
- เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพึ่งพาเทคโนโลยีของตนเองได้

โครงงานนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน

1. HARDWARE ประกอบด้วย
   - CPU
   - ELECTRONICS SWITCHING SYSTEM
   - SUBSCRIBER LINE INTERFACE CIRCUIT
   - TOT LINE INTERFACE CIRCUIT
   - SIGNALLING ต่างๆ ที่ใช้ในระบบ
   - INPUT/OUTPUT PORT
2. SOFTWARE
   - PART OF SWITCHING SYSTEM

คุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

1. ขยายคู่สายโทรศัพท์ของหมายเลขโทรศัพท์เดิม 1 คู่สายให้ผู้เช่าสามารถใช้ได้ถึง 4 เครื่องลูก
2. สามารถใช้กับเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม ซึ่งให้กำเนิดสัญญาณแบบ DTMF โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องโทรศัพท์แต่อย่างใด
3. เครื่องลูกสามารถต่อสายนอกได้โดยกดหมายเลข 9 เพื่อทำการโอนสายนอกขององค์การโทรศัพท์ต่อเข้ากับเครื่องลูกโดยตรง
4. เครื่องลูกสามารถติดต่อกันเองภายในได้
5. เครื่องลูกเครื่องอื่นที่ไม่ใช่คู่สนทนาไม่สามารถดักฟังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีระบบชุมสาย PABX

SUBSCRIBER LINE INTERFACE CIRCUIT (SLIC) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณที่ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ SWICHING ซึ่งสัญญาณนี้เรียกว่า SUBSCRIBER SIGNALLING จะประกอบด้วยสัญญาณต่อไปนี้

2.1 สัญญาณที่ส่งจากเครื่องโทรศัพท์ไปยังอุปกรณ์ SWICHING

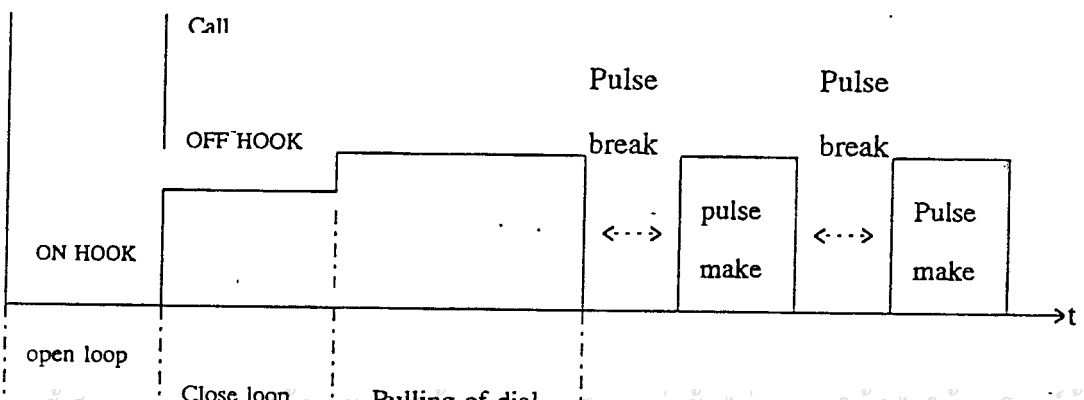
2.1.1 ON HOOK หมายถึงสภาพวางหูหรือสภาพว่าง (IDLE) ลักษณะของวงจร OPEN LOOP HIGH IMPEDANCE

2.1.2 OFF HOOK สภาพผู้เช่ายกหู (BUSY) สายจะมีสภาพ CLOSED LOOP LOW IMPEDANCE

2.1.3 Dialling ถ้าเครื่องโทรศัพท์เป็นแบบ ROTARY DIAL สัญญาณจะเป็นแบบ PULSING ค่า IMPEDANCE จะสูงต่ำสลับกันตามโค้ดที่หมุนตามรูปที่ 2.1 แต่ในเครื่องระบบกดปุ่มจะมีสัญญาณ DIMF ส่งออกไป

สัญญาณ DTMF (DIAL TONE MULTI FREQUENCY) เป็นสัญญาณโค้ดเลขหมายของผู้ที่เรียกส่งในรูปสัญญาณ 2 ความถี่ ซึ่งให้ข้อดีในแง่ลดเวลาในการส่งหมายเลขลงเหลือ 0.7 วินาที/เลขหมาย เมื่อเทียบกับระบบ PULSE ความผิดพลาดมีโอกาศน้อยมากเพราะมีการตรวจสอบความถี่ 2 ชุด พร้อมกัน นอกจากนั้นยังใช้โค้ดได้มากกว่า เช่น เพิ่มโค้ด * (START) และ # (SQUARE) ซึ่งใช้ในงานบริการพิเศษ

การกำเนิดความถี่ที่ใช้ใน DTMF แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มความถี่สูงตั้งแต่ความถี่ 1029 HZ และกลุ่มความถี่ต่ำตั้งแต่ 942 HZ ลงมา ดังแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ROTARY DIAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FREQUENCY Hz		
BUTTON	GROUP1	GROUP2
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1447
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1447
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1447
*	941	1209
0	941	1336
#	941	1447

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ DTMF

2.2 สัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์ SWITCHING

2.2.1 DIALLING TONE เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าขณะนี้อุปกรณ์ SWITCHING พร้อมที่จะรับโค้ดการหมุนเลขหมาย จากผู้เรียกให้ผู้เรียกทำการส่งเลขหมายได้สัญญาณ DIAL TONE นี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 400 Hz MODULATE ด้วย 50 Hz

2.2.2 BUSY TONE เป็นสัญญาณที่ส่งมาบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไม่ว่าง เช่น ถ้า ยกหูเครื่องโทรศัพท์แล้วได้ยินเสียงนี้ (แทนที่จะได้ยินเสียง (DIAL TONE) แสดงว่าอุปกรณ์ SWITCHING ไม่พร้อมทีจะรับเลขหมายที่หมุนแต่ถ้าได้ยินเสียง BUSY TONE และ หลังจากหมุนเลขหมายครบแล้วแสดงว่าผู้ถูกเรียก (B SUBSCRIBER) ไม่ว่าง หรืออุปกรณ์ SWITCHING ที่ต่อออกไปไม่ว่าง สัญญาณ BUSY TONE เป็นสัญญาณ SINE WAVE ความถี่ 400Hz ส่งเป็นช่วงๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที

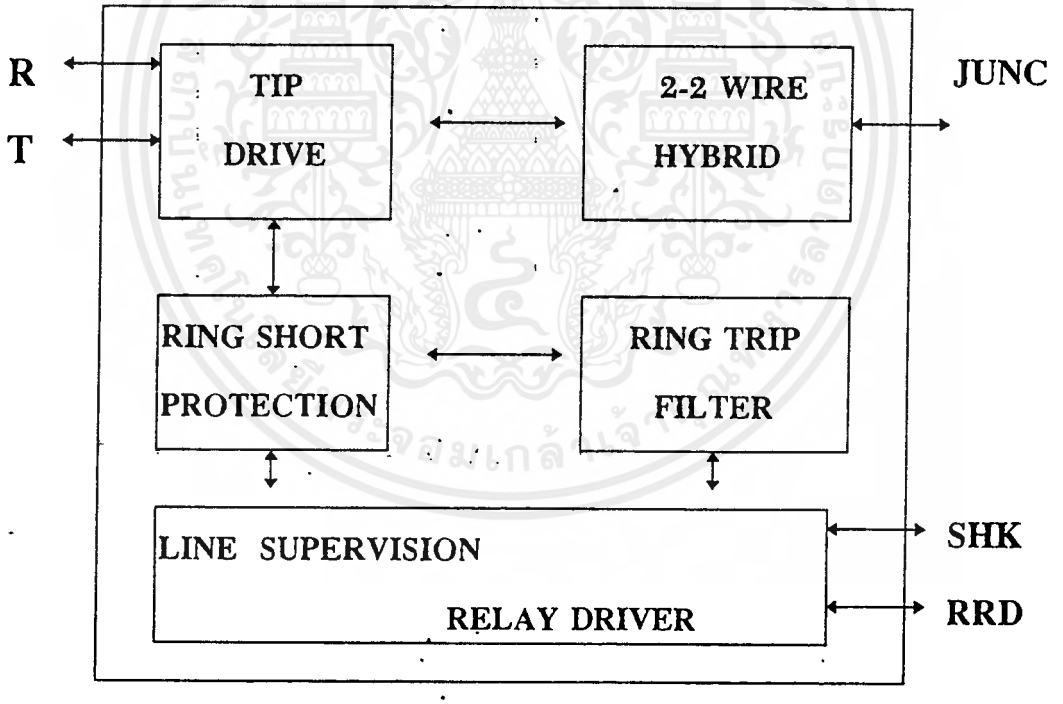
2.2.3 RINGING TONE เป็นสัญญาณที่ผู้เรียก (A SUBSCRIBER) ได้ยินหลังจากหมุนเลขหมายครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อสำเร็จ โดยขณะนี้อุปกรณ์ส่งสัญญาณเรียก (RINGING SIGNAL) ไปยังผู้ถูกเรียก (B SUBSCRIBER) โดยใช้สัญญาณ SINE WAVE ความถี่ 400 Hz โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 RINGING SINGAL เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังผู้ถูกเรียกซึ่งจะทำให้กระดิ่งดัง ซึ่งใช้สัญญาณ SINE WAVE ความถี่ 25 Hz ค่าแรงดัน 70-90 V_{rms} ช่วงการส่ง ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.3 โครงสร้างของ SUBSCRIBER LINE INTERFACE CIRCUIT (SLIC)

โครงสร้างของ SLIC จะประกอบด้วยวงจรที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ กับอุปกรณ์ทางด้าน SPEECH PATH และ CONTROL UNIT โดยสามารถรับ-ส่งสัญญาณ LINE SIGNALLING ติดต่อกันได้ซึ่งต้องประกอบวงจร LINE SUPERVISION 1 วงจร PROTECTION ใน SLIC จะต้องมีค่า LINE IMPEDANCE (Zi) ที่เหมาะสมกับเครื่องโทรศัพท์ และ OUTPUT IMPEDANCE (Zo) ซึ่งเหมาะสมวงจร SPEECH PATH โดยโครงสร้างของ SLIC ประกอบด้วย BLOCK DIAGRAM



LINE INTERFACE UNIT

TIP DRIVE ทำหน้าที่เป็น I/P รับสัญญาณ ANALOG ซึ่งเป็นสัญญาณ ANALOG นี้ จะประกอบไปด้วยสัญญาณเสียงกับไฟ DC แล้วทำการเปลี่ยนให้เหลือเพียงสัญญาณเสียงส่งไปวงจร HYBRID ในวงจร TIP DRIVE ยังเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ BATTERY FEED จ่ายกระแสไฟให้กับ LOOP ของ TIP-RING เพื่อนำไปใช้จ่ายกระแสให้เครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RING SHORT PROTECTION เป็นวงจรป้องกันการ SHORT CIRCUIT ระหว่างสาย TIP-RING กรณีไม่มีเครื่องโทรศัพท์ต่ออยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้วงจร TIP DRIVE เสียหายจาก SHORT CIRCUIT ระหว่าง TIP-RING และยังมีหน้าที่พิเศษอีกกรณีที่อุปกรณ์ SWITCHING ส่ง RINGING CURRENT ไปแล้วผู้ถูกเรียกยกหูทำให้มีกระแสไหลผ่านสูงเกินอัตราที่ทนได้ของวงจร TIP DRIVE

2-2 WIRE HYBRID เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณแบบสองทิศทาง โดยแยกเป็น TX และ RX แล้ว OUTPUT ก็นำมาเข้าวงจร HYBRID ทำให้เป็น 2 WIRE เพื่อที่จะส่งออกไปยัง JUNCTOR เพื่อส่งต่อไปยัง SPEECH PATH ต่อไป

RING TIP FILTER ทำหน้าที่ตรวจสอบว่า TIP-RING เป็น OPEN LOOP หรือ CLOSED LOOP แล้วส่งสัญญาณที่ได้ไปยัง LINE SUPERVISION

LINE SUPERVISION ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ OFF/ON HOOK และ LINE STATUS เพื่อให้อุปกรณ์ CONTROL UNIT ทราบว่า มีการยกหู , วางหู

RELAY DRIVER เป็นวงจรที่ออกแบบไว้ทำการขับตัว RELAY เพื่อใช้ในการตัดต่อ RINGING CURRENT หรือ ไว้ทำการต่ออุปกรณ์การ TEST LINE เพื่อไว้ตรวจสอบต่ออุปกรณ์ปลายทาง

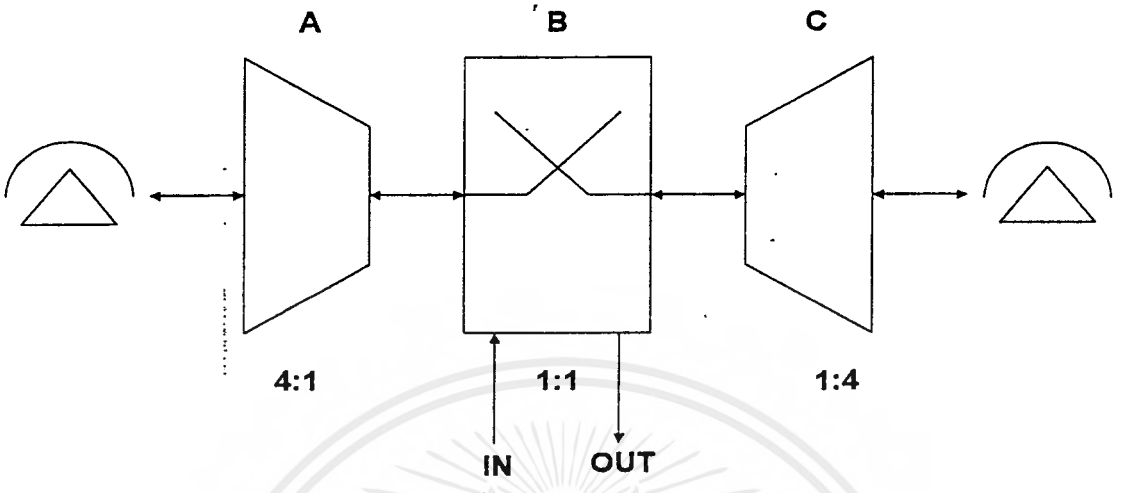
2.4 SWITCHING UNIT

SWITCHING Unit แบ่งเป็นส่วนประกอบได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. SPEECH PATH
2. CONTROL PATH

1. ระบบ SPEECH PATH จะประกอบด้วยภาคตัดต่อหลายๆ ภาคแต่ในโครงานนี้จะใช้ภาคต้อต่อเป็นแบบ ELECTRONIC CROSS POINT ซึ่งควบคุมโดยสัญญาณ DIGITAL โดยทั่วไป SPEECH PATH จะเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนของเครื่องต่ออัตราส่วนของอุปกรณ์ SWITCHING ซึ่งเรียกว่า CONCENTRATION RATIO ในระบบ SWITCHING จะกำหนดค่า CONCENTRATION RATIO ว่ามีค่ามากน้อยเท่าไร ขึ้นอยู่กับว่า TRAFFIC ในการใช้งานมีมากเท่าไร CONCENTRATION ตามมาตรฐาน CCITT มีค่า 2:1, 4:1, 8:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- จาก BLOCK DIAGRAM A เป็น CONCENTRATION มี ขนาด 4 : 1 หมายถึง เครื่องโทรศัพท์ 4 เครื่อง ใช้อุปกรณ์ SWITCHING ได้เพียง 1 ช่อง ใน BLOCK DIAGRAM A เรียกว่า CONCENTRATION - BLOCK DIAGRAM B เป็น DISTRIBUTION มีอัตรา CONCENTRATION RATIO เท่า 1: 1 โดยจะไม่มีการจำกัดการ CALL

- BLOCK DIAGRAM C เป็น GROUP SWITCH ทางปลายทางเรียกว่า EXPANSION มีอัตรา ส่วน CONCENTRATION RATIO เท่ากับ 1 : 4

โครงงานนี้เป็นการออกแบบใช้กับ HOME USED ทั่วไป เลือกใช้ CONCENTRATION RATIO 4 : 1 ซึ่งเพียงพอต่อการตัดต่อ

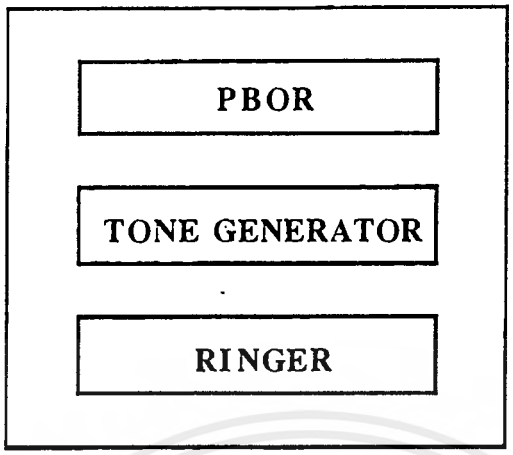
<u>SUPERVISION</u> เป็นอุปกรณ์ที่รับส่งสัญญาณของระบบ PABX ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. PBOR (PUSHBUTTON REGISTER) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณ DTMF จากเครื่องโทรศัพท์ แปลงสัญญาณ DIGITAL เพื่อนำไปใช้ต่อไป

2. TONE GENERATOR เป็นอุปกรณ์ผลิตสัญญาณสำหรับบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ที่ติดต่อมีสภาวะ อย่างไร

3. RINGER ใช้ผลิตสัญญาณ RINGING CURRENT เพื่อส่งไปบอกอุปกรณ์ปลายทางให้รู้ว่ากำลัง ถูกติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.5 CONTROL PATH

DIGITAL SWITCHING SYSTEM ถูกควบคุมด้วย CONTROL PATH ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการเรียกออก , การเรียกเข้า , การต่อเลขหมายภายใน ฯลฯ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

- ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในระบบชุมสายโทรศัพท์ PABX หรือ ระบบอื่น ที่ทำงานแบบ AUTOMATIC มีความจำเป็นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการสั่งงานและควบคุมงานต่างๆของระบบชุมสายทั้งหมด ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดของระบบ โดยในระบบชุมสายนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เนื่องจากชุมสายที่ออกแบบเป็นขนาดเล็ก ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพียงตัวเดียวก็พอต่อปริมาณงานต่างๆ แล้ว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกใช้ควบคุมการทำงาน ELETRONICS SWITCHING UNIT, SLIC, TOT, LIC ฯลฯ โดยจะทำงานตาม SOFTWARE ที่เขียนขึ้น และบรรจุอยู่ในระบบ MEMORY รวมทั้งยังทำหน้าที่รับคำสั่งการต่อเลขหมายจาก SLIC และ LIC

CONTROL PATH จะทำงาน PROGRAM ที่อ่านข้อมูลเข้ามาอย่างต่อเนื่องจากหน่วยความจำและควบคุมการทำงานของวงจรลอจิกต่างๆ ให้เป็นไปตาม PROGRAM ที่กำหนดไว้โดยจะทำงานที่ความเร็วสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.6.1 คุณสมบัติของ MCS-51

คุณสมบัติที่สำคัญๆของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031 , 8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้ ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้ 8 กิโลไบต์ และ สำหรับ เบอร์ 83C51FB จะมีหน่วยความจำนี้ทั้งสิ้น 16 กิโลไบต์)
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ภายในชิป จำนวน 128 ไบต์ (ใน8031,8051) หรือ 256 ไบต์ (ในเบอร์ 8032,8052)
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรม และ ข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64กิโลไบต์แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกกะเฮิรตซ์
- มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต หรือ สามารถ ใช้งาน เป็นพอร์ตขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เหมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิต ใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต
- รับ และ ส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัวโดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับ และ ส่งข้อมูล (bard rate) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งาน เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิตจำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา (ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบท์ และระดับบิต เพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS -48 (upwardly compatible) ได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่จัดว่าเป็นเบอร์พื้นฐานในตระกูลนี้คือ เบอร์ 8051,8751 และเบอร์ 8031 ซึ่งมีขาภายนอก 40 ขาเท่ากัน ใช้เวลาและสัญญาณในการปฏิบัติคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละคำสั่งเท่ากัน (มีไทม์มิ่งไดอะแกรมเหมือนกัน) ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างเบอร์ทั้งสามคือขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (on chip program memory) ซึ่งมีไว้เพื่อสนองความต้องการที่ไม่เหมือนกัน ดังจะกล่าวต่อไปนี้

- เบอร์ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM (Erasable Program Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ ทำให้สามารถใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลตในการลบโปรแกรมเก่าที่มี อยู่และบรรจุโปรแกรมใหม่ลงไปได้ทันที ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8751 มีไว้ใช้งานที่เป็นการพัฒนาเบื้องต้น (prototryeing) ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาด (bugs) และแก้ไขให้เรียบ ร้อยก่อนทำการผลิตจริง การแก้ไขโดยการใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลตและการบรรจุโปรแกรมที่แก้ไขใหม่สามารถทำได้จำนวนครั้งที่จำกัด ทั้งนี้เพราะหน่วยความจำที่เป็น EPROM เมื่อใช้ไปนานๆจะเกิดการเสื่อมสภาพทำให้ไม่สามาถบรรจุโปรแกรมเข้าไปได้

- เบอร์ 8051 หลังจากทดสอบโปรแกรมจนไม่พบข้อผิดพลาดแล้ว จะเป็นช่วงของการผลิตจริง ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนเป็นอันดับแรก ในการผลิตจริงจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในเป็น ROM (Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์แทน เพราะราคาต่ำกว่ามาก แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมที่ได้บรรจุไปแล้วไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม

- เบอร์ 8031 เบอร์นี้ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป แต่สามารถใช้หน่วยความจำ เพื่อเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายนอกได้มากถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งอาจใช้เป็น ROM, PROM, EPROM ตามความต้องการของผู้ผลิต เบอร์ 8031 นี้มีไว้ใช้ในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็กกว่า 4 กิโลไบต์มาก

(เบอร์ 8751 และ 8051 จะใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกได้เองเมื่อโปรแกรมมีความยาวเกิน 4 กิโลไบต์ หรืออาจบังคับให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองเบอร์ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ ภายนอกเพียงอย่างเดียวด้วยการต่อขา 31 (EA) ลงกราวด์ ทำให้มีคุณสมบัติเหมือนเบอร์ 8031 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดคร่าวๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านทำความเข้าใจและมองเห็นภาพกว้างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษารายละเอียดในบทต่อๆไป ดังนั้นในบทอื่นๆอาจจะมีเนื้อเรื่องบางส่วนที่ซ้ำซ้อนกับในบทนี้อยู่บ้างเป็นบางครั้ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกัน เช่น มีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในชิพเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็น ไทม์เมอร์ หรือ เคาท์-เตอร์ เพิ่มขึ้น คุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันของไมโครคอลโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูลนี้ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ที่นับได้ว่าเป็นเบอร์พื้นฐานสำหรับตระกูล MCS-51 นี้ได้แก่ เบอร์ 8051,8031,8751 โดยเบอร์ 8051 จัดเป็นสมาชิกตัวแรกในตระกูล ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51 (RAM) เองจำนวน 128 ไบต์ มีพอร์ตขนาด 8 บิท 4 พอร์ท มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาท์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว รรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม มีวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานในตัวเอง ส่วนเบอร์ 8751 จะมีคุณสมบัติเหมือนเบอร์ 8051 ทุกอย่าง ต่างกันเพียงชนิดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปของเบอร์ 8751 จะเป็น EPROM แทนที่จะเป็น ROM ส่วนเบอร์ 8031 จะเหมือนเบอร์ 8051 ต่างกันเพียงในเบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเท่านั้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันเพียง 5 โวลต์ในการทำงานส่วนกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์ เช่น 80C31,80C51 จะเป็นเบอร์ที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CHMOS ซึ่งใช้พลังการทำงานน้อยกว่าและสามารถควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

MCS-51 เป็นตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนามาจากตระกูล MCS-48 ดังนั้นจึงมีความสามารถเหนือกว่าหลายอย่าง ซึ่งจะไม่กล่าวรายละเอียดไว้ในที่นี้ แต่จะเปรียบเทียบให้เห็นข้อดีของ MCS-51 เมื่อเทียบกับ MCS-48 ให้เห็นเป็นช่วงเช่นความเร็วในการประมวลผลของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงความแตกต่างของสมาชิกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit I/O Ports	16-Bit Timer/ Counters	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion port (SEP)	Global Serial Channel (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/ Vectors	Power Down and Idle Modes
8051	8031	-	4K	128	4	2		✓					6/5	
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		✓					6/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		✓					8/6	
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2		✓					6/5	✓
83C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C51FB	80C51FA	87C51FB	16K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C51GA	80C51GA	87C51GA	4K	128	4	2		✓	✓			8	8/7	✓
83 C152JA	80 C152JA	-	8K	256	5	2		✓		✓	2		19/11	✓
-	80C152JB	-	-	256	7	2		✓		✓	2		19/11	✓
83C152JC	80C152JC	-	8K	256	5	2		✓		✓	2		19/11	✓
-	80 C152JD	-	-	256	7	2		✓		✓	2		19/11	✓
83C451	80C451	-	4K	128	7	2		✓					6/5	✓
83C452	80C452	87C452P	8K	256	5	2		✓					9/8	✓

2.6.3 ตำแหน่งขาของ MCS-51

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอลโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์

- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC. .5 volt)

- ขาพอร์ต 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-PO.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high impedance) นอกจากใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสบัสต่ำ (A0-A7) และ มัลติเพลกซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก ในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุต หรือ เป็นเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

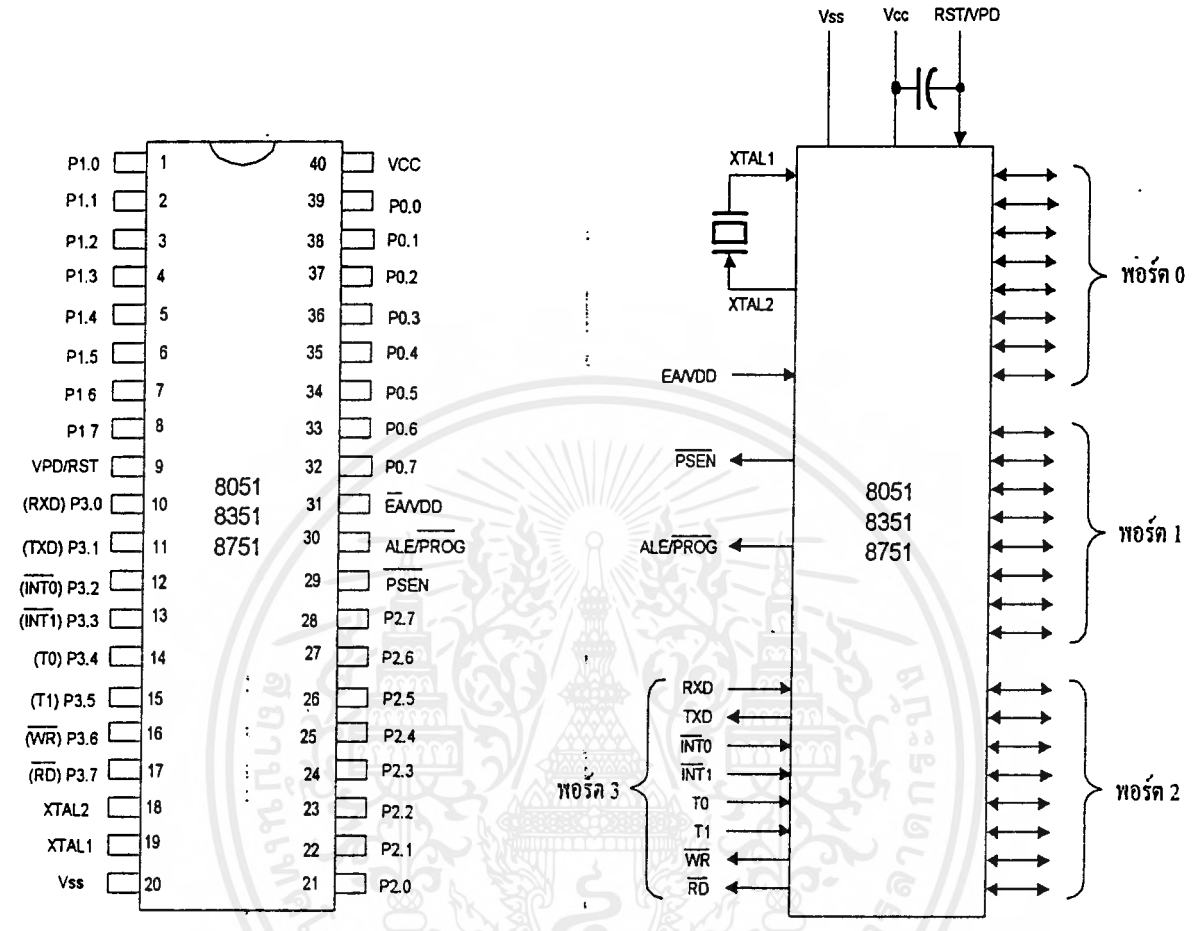
ไมโครคอลโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังการแสดงในรูปที่ 2.2

ขา P1.0, P1.1 ในเบอร์ 8052 จะใช้งานในหน้าที่อย่างอื่นนอกเหนือจากใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปด้วย รายละเอียดจะกล่าวต่อไปภายหลัง

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.) ขนาด 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ high impedance นอกจากจะใช้เป็นอินพุตพอร์ตเอาต์พุตทั่วไปแล้วพอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับ เก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มีขา 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งาน ในหน้าที่พิเศษต่างๆอีกหลายอย่างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอล์โทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1

ขา P3.4 สัญญาณอินพุตให้เคาต์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

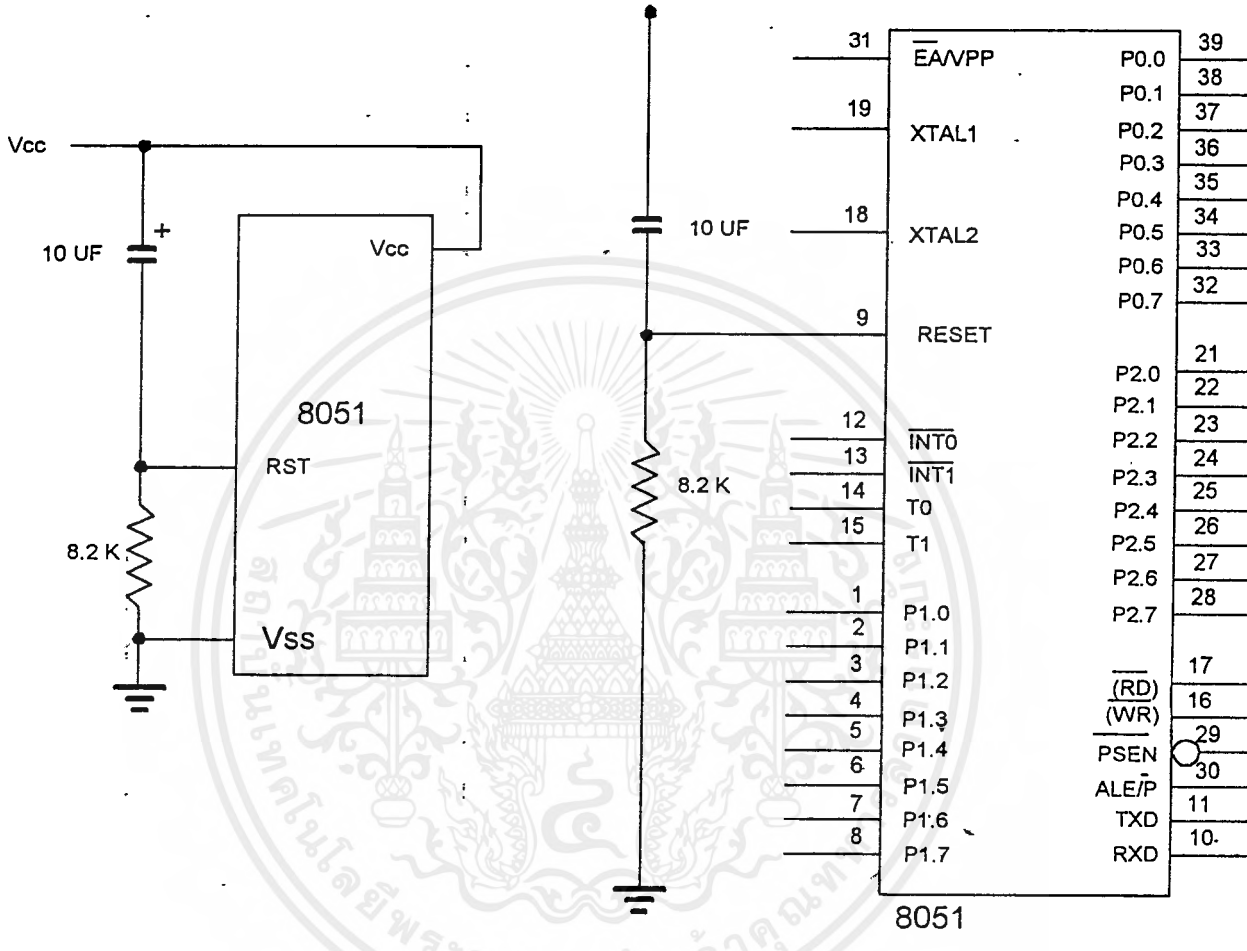
ขา P3.5 สัญญาณอินพุตให้เคาต์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

ขา P3.6ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูล ไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภาย..
ในชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภาย
นอกชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง



รูปที่2.3 แสดงวงจรสำหรับรีเซ็ตไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานโดยอัตโนมัติ (power on reset)

- ขา RST (ขาที่ 9) ใช้สำหรับการรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ การรีเซต ใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดการทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซต ชิป MCS-51 ขา *นี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่* โดย ต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตเอง เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc ดังแสดงในรูปที่ 2.2

- ขา ALE/ PROG (ขา 30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่า แอดเดรสไบต์ต่ำ (address latch enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งใน ระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่นอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำ สำหรับเก็บโปรแกรมภายในเป็นชิป EPROM

- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรปเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (program strobe enable) เมื่อชิปทำงานโปรแกรมจากภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบสองครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในช่วงการเขียนหรือการอ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก หรือใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

- ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับเลือกให้ MCS-51 ทำจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิป หรือโปรแกรมที่เก็บ ไว้ในหน่วยภายนอกชิปด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป *ให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ*

- ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

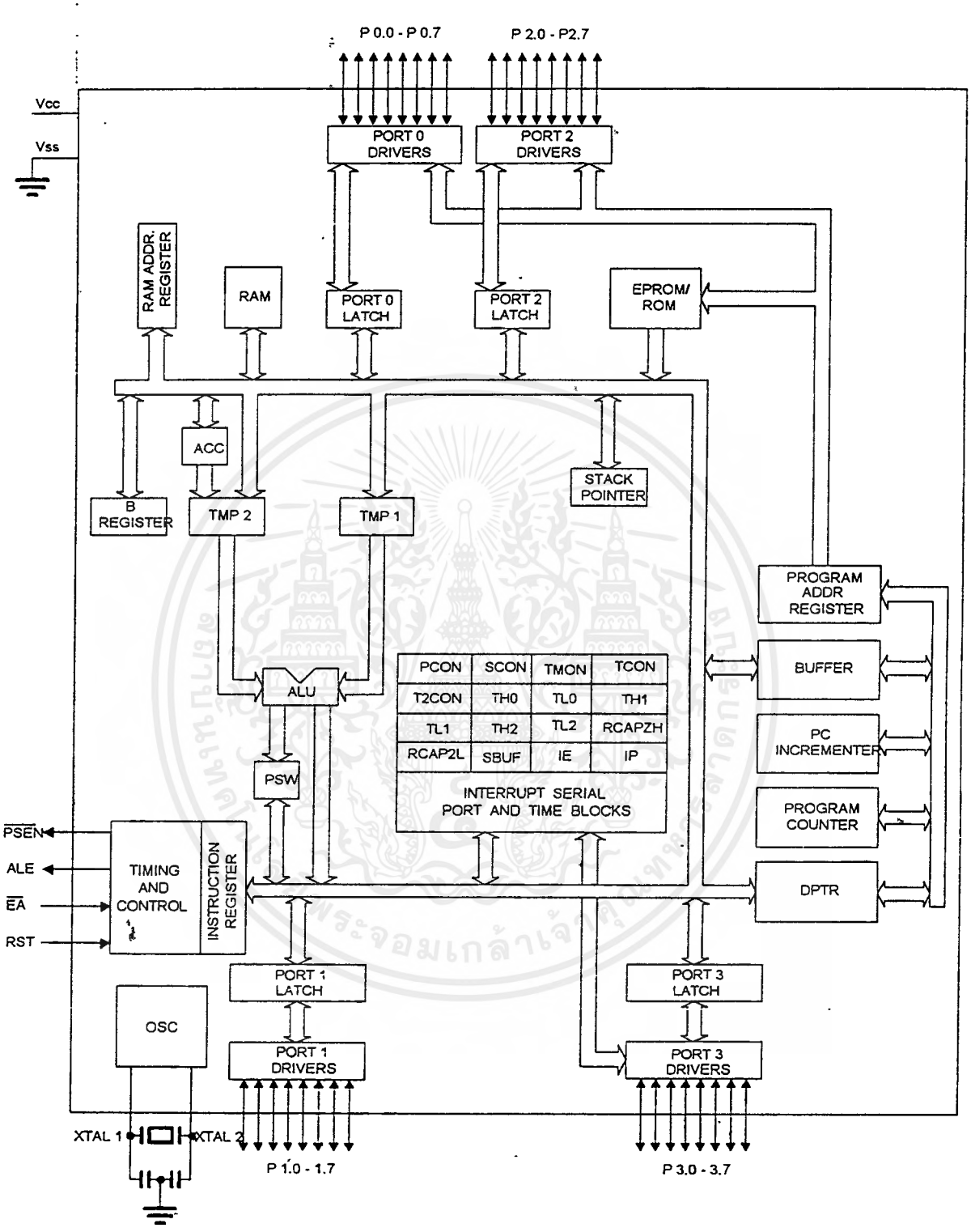
- ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

2.6.4 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีแสดงในรูปที่ 2.4 โครงสร้างหน่วยความจำภายใน MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำเป็นสองส่วน คือ

- *หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)*
- *หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (data memory)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

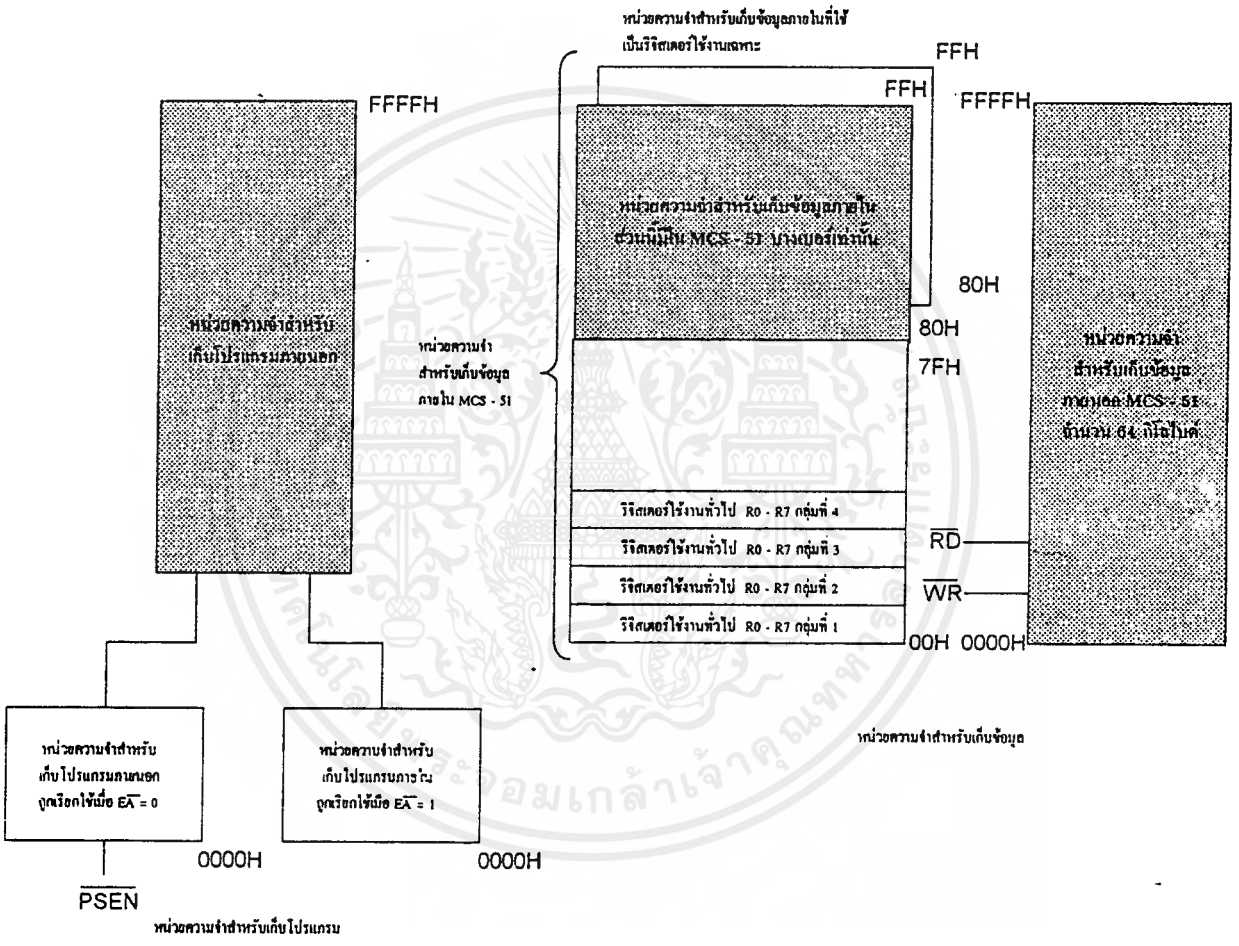


รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิป แต่บางเบอร์จะไม่มี ทำให้เก็บโปรแกรมไว้ในหน่วย

เอกสารนี้เ... ไม่... ...การค้า

ความจำภายนอกทั้งหมด ส่วนหน่วยความจำส่วนที่สองคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงาน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิปจำนวนหนึ่ง แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นกับเบอร์ของชิป (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1) โครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51มีดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51

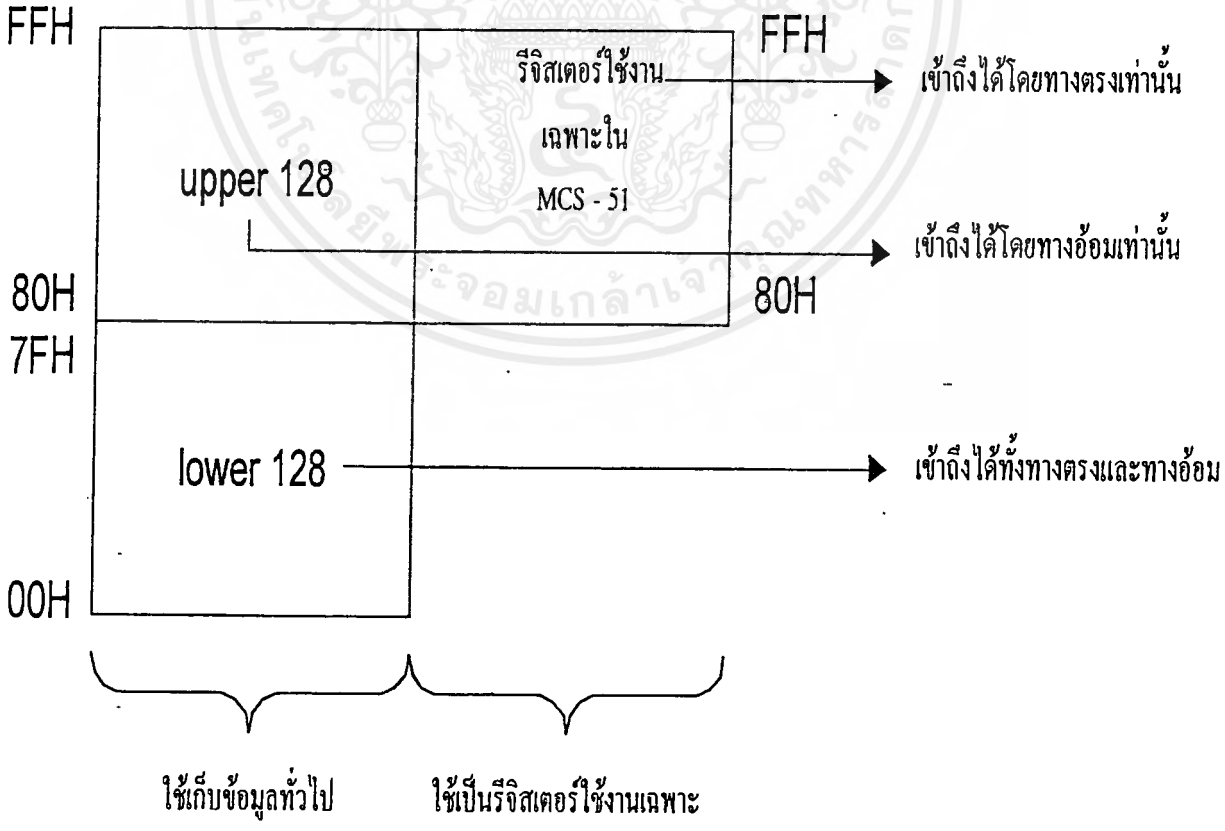
2.6.4.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใน MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (internal program memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0,4,8,16 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปของ MCS-51 ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

- *ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (internal ram)*
- *ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (special function register)*

หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS-51 หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเป็นหน่วยความจำใช้สำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียู แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังรูปที่ 2.5

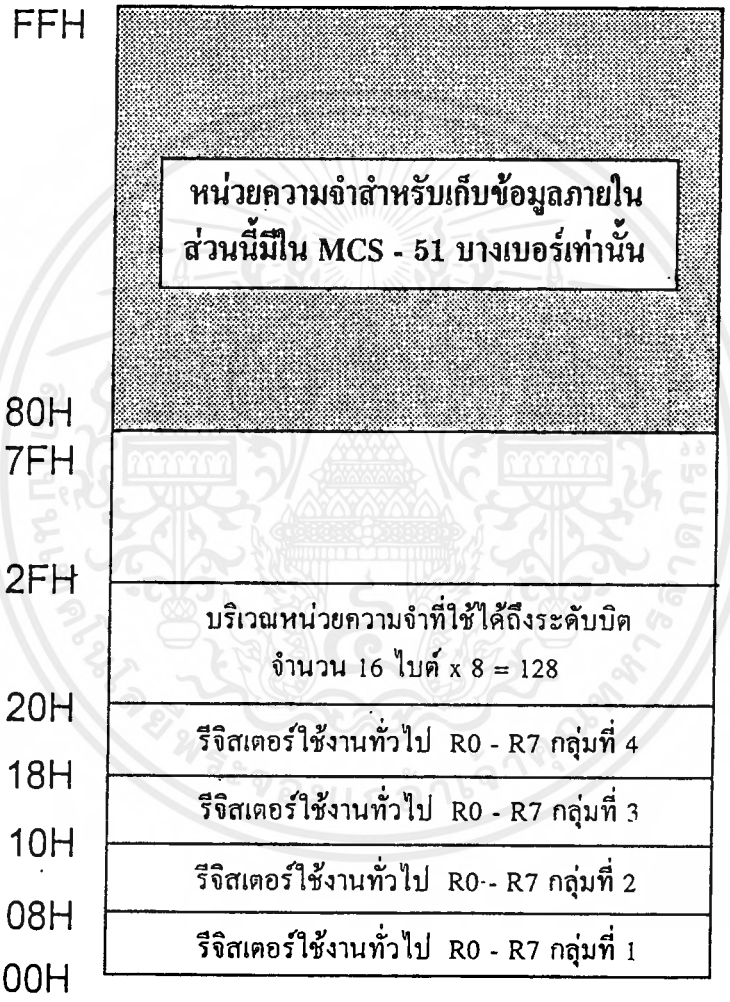


039121

รูปที่ 2.6 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51 ทุกเบอร์มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปอย่างน้อย 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ขึ้นกับเบอร์ของชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรกมีชื่อเรียกว่า lower 128 และใน 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า upper 128 ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.7 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์หลัง (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไป)จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไปเช่นกัน) โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน ดังจะได้กล่าวต่อไปในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ เนื่องจาก MCS-51 ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอลโทรลเลอร์จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการมใช้ MCS-51 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียดรีจิสสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้เป็นรีจสเตอร์ใช้งานเฉพาะดังได้กล่าวมาแล้วรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดใน MCS-51 มีแสดงในรูปที่ 2.8

8 ไบต์

F8								FF
F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	(T2CON)		(RCAP2L)	(RCAP2H)	(TL2)	(TH2)		CF
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A7
98	SCON	SBUF						9F
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPL				PCON 87

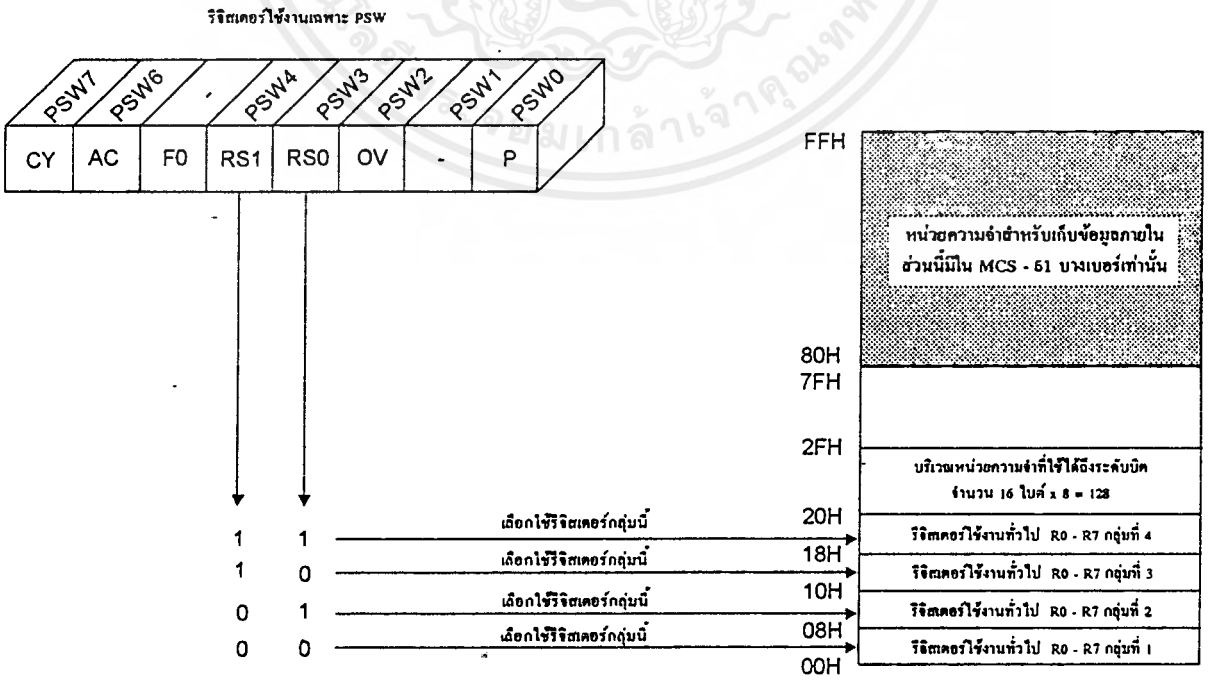
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51

ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS -51 ซึ่งผู้ใช้จะต้องติดตั้งเพิ่มเอง การติดต่อระหว่าง MCS-51 กับหน่วยความจำทั้งสองส่วน จะใช้ขา 32 ถึง 39 (พอร์ต 0) เป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0- A7) จะใช้ขา 21-28 (พอร์ต 2) ดังนั้นเมื่อพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (ทั้งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล) จะทำให้เหลือพอร์ตสำหรับใช้งานอื่นๆน้อยลง

รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือรีจิสเตอร์ A,B (อยู่ภายในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ *แต่นับเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปเพราะไม่ถูกกำหนดหน้าที่ใช้งานโดยตรง*)และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก ดังแสดงในรูปที่ 2.6 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS -51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกันดังนั้นจำนวนรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (R0-R7) ใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัวในการทำงานขณะใดๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มจะทำโดยการเซ็ต หรือ เคลียร์ บิต RS0, RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แต่ละกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง R0-R7 จะมีอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งจะถูกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนไปในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้นจะไม่มีผลต่อรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลย โครงสร้างเช่นนี้ทำให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมากโดยเฉพาะกับการเขียนโปรแกรมที่มีการเรียนใช้โปรแกรมย่อย (Subroutine) ดังจะได้กล่าวในเรื่องของการเขียนโปรแกรมต่อไป

2.6.5 โครงสร้างพอร์ต MCS-51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตขนาด 8 บิตจำนวน 4 พอร์ต (P0.P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ตขนานขนาด 8 บิต 4 พอร์ต หรือจะใช้เป็นพอร์ตขนาด 1 บิตได้ถึง 32 พอร์ต ทั้งนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ตใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรือเอาต์พุตพอร์ตอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอก ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับโปรแกรม พอร์ต 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัสและแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ต 2 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตังส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ต 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลบัส (สัญญาณที่ใช้ควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล) แต่หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ต 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสบัสไบต์สูงจะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมด แต่ พอร์ต 0 จะถูกใช้หมดทั้ง 8 เส้น เพราะต้องใช้เป็นดาต้าบัส ส่วนพอร์ต 3 จะนำมาใช้ติดต่อกบหน่วยความจำด้วยหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับหน่วยควมจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่ (ต้องการสัญญาณควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูลหรือไม่นั่นเอง) ดังนั้นในการออกแบบระบบ หากต้องการใช้หน่วยวามจำภายนอกมากขึ้นเพียงใดก็จะยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ตที่จะนำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจริงจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด

พอร์ต 3 ซึ่งมีขนาด 8 บิต นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้วมันยังถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (INT0,INT1) สัญญาณอินพุตที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์ (T0,T1) รวมทั้งใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก (รับและส่งข้อมูลผ่านขา RXD,TXD) อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ตถูกใช้เป็นอินพุตในช่วงเวลาหนึ่ง และเอาต์พุตในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

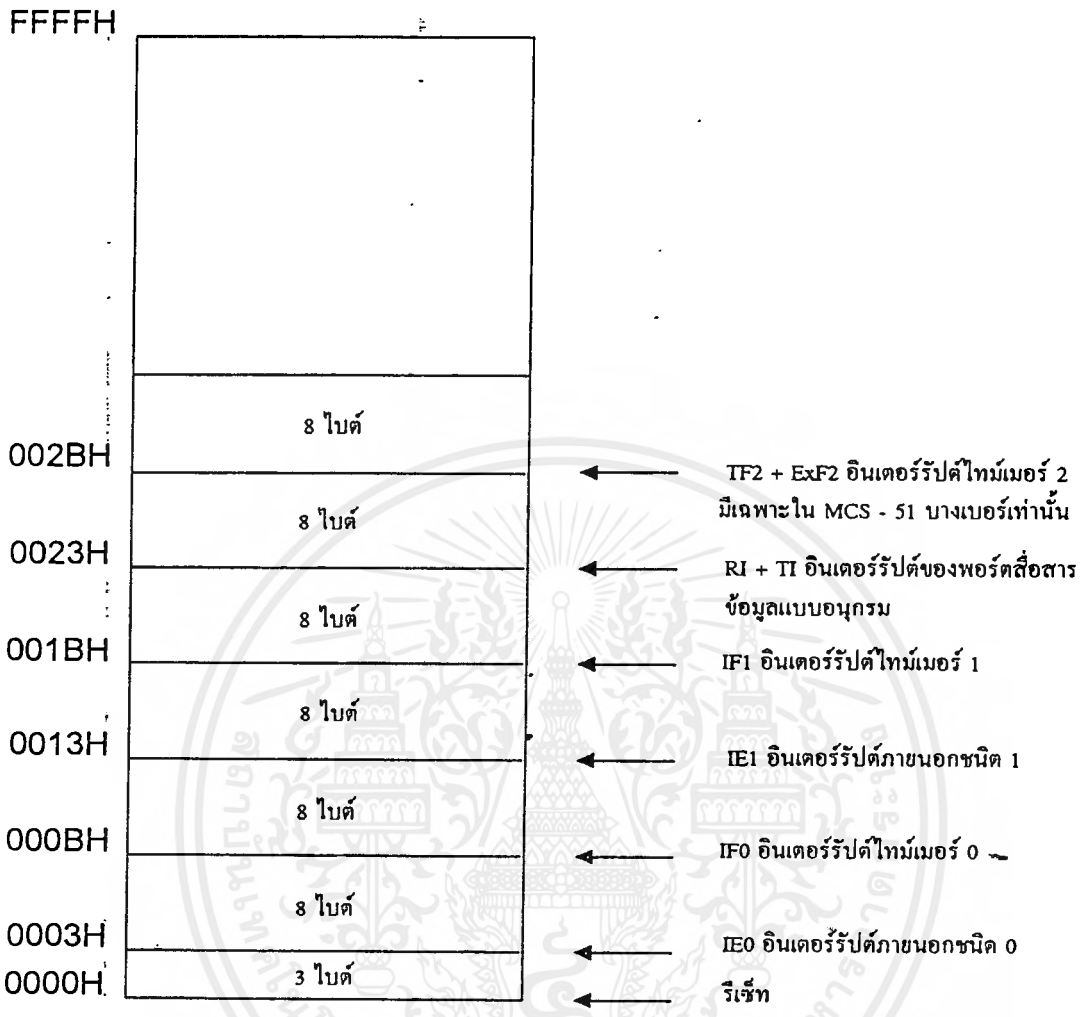
2.6.6 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ใน MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนำจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมชชีนไซเกิลของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขา T0,T1 ของพอร์ต 3 (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ (ในเบอร์ 8052 มีรีจิสเตอร์ไทม์เทอร์ 2 เพิ่มให้อีก 1 ตัว) เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไปไว้ในรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 หรือรีจิ-สเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรภายนอก (ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INT0,INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS-51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาแน่นอนได้

2.6.7 พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม MCS-51 สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆแต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็สามารถกำหนดค่าได้ตามต้องการของผู้ใช้ โดยสามารถเลือกอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (baud rate) มาตรฐานได้ตั้งแต่ 110, 1.2K, 2.4K, 4.8K, 9.6K, 19.2K, 37.5K ตามมาตรฐานของ UART นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 รูปแบบ ตามความเหมาะสมในแต่ละงาน

2.6.8 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ถึง 5 ชนิด โดยจะเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก 2 ชนิด และที่เกิดภายในชิปอีก 3 ชนิดเมื่อมีสัญญาณอินเตอร์-รัปต์เกิดขึ้น MCS-51 จะละการทำงานโปรแกรมที่กำลังทำอยู่และข้ามไปทำงานโปรแกรมบริการอินเตอร์-รัปต์ (interrupt service routine) ที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งต่างๆขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณอินเตอร์-รัปต์ดังแสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

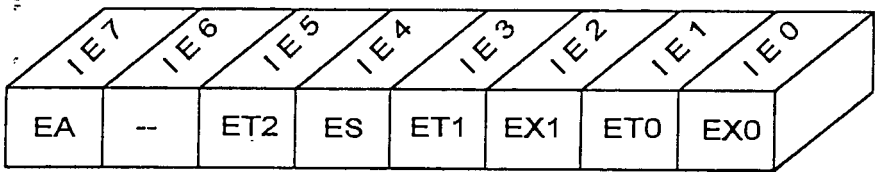


รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดใน MCS-51

เราสามารถเลือกให้ซีพียูใน MCS-51 ถูกอินเตอร์รัปต์โดยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้ โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้ด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

2.6.8.1 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE (Interrupt Enable-Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต รายละเอียดมีดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



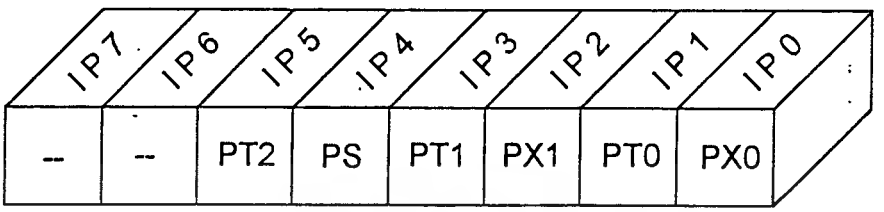
บิต	ชื่อบิต	
IE7	EA	ใช้ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปทั้งหมด 0: MCS-51 จะไม่ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ใดๆ ทั้งสิ้น 1: การตอบสนองต่อสัญญูยณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดจะถูกควบคุมโดยตรงจากบิตทีทำหน้าที่ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์นี้เช่นกัน
IE6	__	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆในอนาคต)
IE5	ET2	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2 เมื่อเกิด overflow (มีใช้เฉพาะ MCS-51 บางเบอร์ที่มีไทม์เมอร์ 2 เช่น 8052)
IE4	ES	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IE3	ET1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อเกิด overflow
IE2	EX1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IE1	ET0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0
IE0	EX0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

หมายเหตุ ถ้าบิตที่ควบคุมการตอบสนองสัญญาณต่ออินเตอร์รัปต์แต่ละบิต มีค่าเป็น 1 หมายถึง อนุญาติให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ หากมีค่าเป็น 0 หมายถึง ไม่ให้ MCS-51 ตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น

รูปที่ 2.11 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (IE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.8.2 **รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP (RegisterInterrupt Priority)** เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต รายละเอียดมีดังแสดงในรูปที่ 2.12



บิต	ชื่อบิต	
IP7	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆ ในอนาคต)
IP6	--	ไม่ถูกกำหนดการใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆ ในอนาคต)
IP5	PT2	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2
IP4	PS	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IP3	PT1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1
IP2	PX1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1
IP1	PT0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0
IP0	PX0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

หมายเหตุ ค่าในบิตที่กำหนดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิด หากเป็น 1 หมายถึงกำหนดให้มีลำดับความสำคัญสูง หากเป็น 0 หมายถึงกำหนดให้มีลำดับความสำคัญต่ำ

รูปที่ 2.12 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

2.6.9 กลุ่มคำสั่งใน MCS-51 คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของ MCS-51 มีสองประเภทคือ คำสั่งที่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และคำสั่งที่ไม่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการ คำสั่งที่ต้องการข้อมูลจะมีวิธีเข้าถึงข้อมูลได้หลายวิธีดังนี้

วิธีการเข้าถึงข้อมูลในคำสั่ง

- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (direct addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (indirect addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (register instructions)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์เฉพาะของตัวคำสั่ง (register-specific instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (immediate constants)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่มีตัวชี้อ้างอิง (indexed addressing)

คำสั่งแต่ละคำสั่งที่ต้องการข้อมูลหรือโอเปอร์แรนด์ (operand) อาจจะมีวิธีเข้าถึงข้อมูลในโอเปอร์แรนด์ได้วิธีเดียวหรือหลายวิธีขึ้นกับคำสั่งแต่ละคำสั่ง รายละเอียดของวิธีการเข้าถึงข้อมูลของโอเปอร์แรนด์แต่ละวิธีมีดังนี้

2.6.9.1 วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (Direct Addressing) เป็นวิธีการกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำโดยตรงในคำสั่ง บริเวณหน่วยความจำที่สามารถอ้างได้โดยวิธีนี้จะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปเฉพาะบริเวณ 128 ไบต์แรก และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปรวมทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ดูรูปที่ 2.6)

2.6.9.2 วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (Indirect Addressing) เป็นวิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม โดยค่าตำแหน่งหน่วยความจำอยู่ในรีจิสเตอร์เฉพาะบางตัว นั่นคือวิธีจะใช้ค่าในรีจิสเตอร์เป็นตัวชี้ตำแหน่งหน่วยความจำ หน่วยความจำที่สามารถใช้วิธีการเข้าถึงแบบนี้ได้คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปบริเวณ 128 ไบต์ล่างและ 128 ไบต์บน รวมทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป รีจิสเตอร์ที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำมีดังต่อไปนี้

- รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0,R1 ของแต่ละกลุ่ม
- รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SP (stack pointer)
- รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR (data pointer)

การใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมนี้ รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะต้องระบุเครื่องหมาย "@" ไว้ข้างหน้า ดังตัวอย่าง

```
MOV A,@R0          MOVX @DPTR,A
```

2.6.9.3 วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (Register Instruction) ข้อมูลที่ต้องการจะอยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ของแต่ละกลุ่มรีจิสเตอร์ที่ถูกเลือกการใช้งานในขณะนั้น โดยในการทำงานจริงๆซีพียูจะตรวจสอบกลุ่มรีจิสเตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจากบิต RS0,RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW เอง

2.6.9.4 วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์เฉพาะของคำสั่ง (Register- Specific) คำสั่งบางคำสั่งของ MSC-51 จะระบุไว้แล้วว่าต้องดำเนินการกับข้อมูลในรีจิสเตอร์ตัวใดเช่น ACCUMULATOR,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PTR, SP ดังนั้นในรหัสคำสั่ง (opcode) ของคำสั่งประเภทนี้ MSC-51 จะรู้ได้เองว่าต้องประมวลผลกับรีจิสเตอร์ตัวใด ด้วยเหตุผลนี้คำสั่งในกลุ่มนี้จึงไม่ต้องบอกตำแหน่งของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะคำสั่งนี้แต่อย่างใดเลย เช่น MOV A,#data

MOV DPTR,#data

จากตัวอย่างนี้เราไม่จำเป็นต้องระบุตำแหน่งของรีจิสเตอร์ A,DPTR ในรหัสคำสั่งของคำสั่งทั้งสองแต่อย่างใด เพราะ MCS-51 จะทราบเองว่าเป็นรีจิสเตอร์ทั้งสองจากรหัสคำสั่ง

2.6.9.5 วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (**Immediate Constants**) เป็นการกำหนดค่าข้อมูลให้กับคำสั่งโดยตรง ข้อมูลที่นำมาประมวลผลในคำสั่งจะอยู่ตามหลังรหัสคำสั่ง ทั้งนี้จะต้องใช้เครื่องหมาย "#" ระบุหน้าข้อมูลที่ต้องการ เช่น

MOV A,#100

2.6.9.6 วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ตัวชี้อ้างอิง **(Indexed Addressing)** ข้อมูลที่ใช้วิธีการอ้างแบบนี้ จะเป็นข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในหรือภายนอกชิปเท่านั้น จุดประสงค์ของการอ้างข้อมูลแบบนี้ มีไว้เพื่อใช้ในการเปิดหาค่าข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมซึ่งข้อมูลไม่สูญหายแม้ไม่มีพลังงาน ในการทำงานของคำสั่งที่ใช้ในการอ้างวิธีนี้ จะใช้ค่าของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR หรือ PC มารวมกับค่าในรีจิสเตอร์ A เพื่อชี้ไปยังตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมซึ่งเก็บข้อมูลไว้ ดังนั้นค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR,PC จะต้องมีค่าเท่ากับตำแหน่งต้นของหน่วยความจำส่วนที่เก็บข้อมูลที่ต้องการ ส่วนค่ารีจิสเตอร์ A จะเป็นตัวเลือกข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำ เช่น

MOVC A,@A+DPTR

MOVC A,@A+PC

ความจริงการอ้างข้อมูลวิธีนี้ยังมีที่ใช้ในกลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม โดยการบังคับให้โปรแกรมกระโดดข้ามไปทำงานที่ตำแหน่งใดๆ ในหน่วยความจำซึ่งมีค่าตำแหน่งเท่ากับผลรวมของค่าในรี -จิสเตอร์ต่อไปนี้ใช้งานเฉพาะ DPTR กับรีจิสเตอร์ A ดังตัวอย่าง

JMP @A+DPTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 AT89C51/52 และ AT89C1051/2051

AT89C51/52 และ AT89C1051/2051 พลิกรูปแบบการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต (MCU) ที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทำการลบและทำการเขียนโปรแกรมได้โดยตรง ไม่ต้องถอด MCU ออกจากการ์ดหรือแผงวงจรในลักษณะที่เรียกว่า in system programming หรือจะใช้เครื่องโปรแกรม (universal programmer) โดยตรงก็ได้โดยไม่ต้องใช้การลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลต (UV eraser) เพื่อทำการลบโปรแกรมให้ยุ่งยากต่อไป ทำให้ใช้เวลาลบเพียงเสี้ยววินาที และนั่นคือ AT89C51/52 ประดิษฐ์กรรมอุป-กรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชอยู่ภายในตัวขนาดตั้งแต่ 1 กิโลไบต์ถึง 8กิโลไบต์ ที่สามารถโปรแกรมทับลงไปได้อีกนับเป็นพันครั้งเหมือนกับการโปรแกรมในลักษณะเดียวกันกับ EEPROM

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) โดยทั่วไปมักมีหน่วยความจำภายในตัวเป็นแบบ MASK ROM, OTP (one time programming) ,หรือ EPROM ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และพัฒนาโปรแกรมคำสั่งต่างๆ ที่ต้องการโดยเฉพาะในแบบ OTP ซึ่งเป็นแบบโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียวถ้ามีการเขียนโปรแกรมผิดพลาดเพียงนิดเดียวก็ต้องทิ้ง MCU ตัวนั้นไปเลยเป็นเพราะเป็นแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียว ถ้าเป็น แบบ MASK ROM ถึงแม้ว่าจะมีราคาถูกกว่า แต่มีความยุ่งยากมากกว่าเนื่องจากผู้ผลิต MCU จะต้องเป็นผู้โปรแกรมให้ เป็นเหตุทำให้ต้องสั่งผลิตจำนวนคราวละมากๆ และค่อนข้างจะเสียเวลา ทำให้การวางแผนที่จะส่งผลิตภัณฑ์สู่ตลาดต้องใช้เวลา ส่วนแบบ EPROM นั้น มีราคาแพงและต้องใช้วิธีการลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลตด้วยเครื่อง UV eraser ในกรณีที่จะต้องแก้ไขหรือโปรแกรมข้อมูลใหม่และจำนวนครั้งในการลบก็จำกัด ดังนั้นการเลือกใช้ MCU ที่ผ่านมามักเกิดมีปัญหาในการเลือกเบอร์หรือเลือกชนิดที่ไว้ใจได้มาตลอด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AT89C51 สามารถใช้งานร่วมและแทนกันได้กับไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล MCS-51 ได้แก่เบอร์ 80C31, 80C51, 80C52, หรือ 87C51/52 เป็นต้น ซึ่ง AT89C51 เหมือนกับตระกูลเหล่านี้ของอินเทล (INTEL) ทั้งในด้านชุดคำสั่งและการจัดเรียงขานั่นคือเราสามารถนำ AT89C51 ของแอตเมล (ATMEL) มาใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ของ INTEL ได้เลย

2.7.1 คุณสมบัติทั่วไป

ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ AT89C51, AT89C52, AT89C1051 และ AT89C2051 โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังตารางที่ 2.3

AT89C51 และ AT89C52 เป็น CMOS 8 บิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูงกินกำลังไฟต่ำ มีหน่วยความจำแบบแฟลช บรรจุอยู่ภายในตัวขนาด 4 กิโลไบต์ และ 8 กิโลไบต์ ตามลำดับทั้งใช้งานร่วมและทดแทนไมโครแชนเนล กับ MCS-51 80C51 ได้ ทั้งทางด้านชุดคำสั่งและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเรียงขา โดยมีรูปแบบตัวถังบรรจุและการจัดเรียงขาในแบบ DIP, PLCC และ QFP ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.13

การที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในตัวนั้นทำให้ MCU นี้สามารถโปรแกรมใหม่ได้ในลักษณะ "In-System Programming" บนการ์ดคอนโทรลที่เราออกแบบขึ้นมาได้เลย หรือจะโปรแกรมโดยใช้เครื่องโปรแกรมทั่วๆไป เช่น Hilio , Data I/O โดยไม่ต้องลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลตอีกต่อไปเมื่อต้องการลบโปรแกรมเดิม กรณีที่มีการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรมเดิมหรือการโปรแกรมใหม่

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ AT89C1051/2051 และ AT89C51/52

คุณสมบัติ	AT89C1051	AT89C2051	AT89C51	AT89C52
ขนาดหน่วยความจำแฟลช	1 กิโลไบต์	2 กิโลไบต์	4 กิโลไบต์	8 กิโลไบต์
ขนาดหน่วยความจำ RAM	64 ไบต์	128 ไบต์	128 ไบต์	256 ไบต์
จำนวนขาต่อใช้งาน	20 ขา	20 ขา	40 ขา	40 ขา
พอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O)	15 I/O	15 I/O	32 I/O	32 I/O
รูปแบบตัวถังบรรจุ	PDIP, SOIC	PDIP, SOIC	PDIP, SOIC, QFP	PDIP, SOIC, QFP
คาบเวลาและชุดวงจรนับ	16 บิต 1 ชุด	16 บิต 2 ชุด	16 บิต 2 ชุด	16 บิต 3 ชุด
ย่านแรงดันไฟเลี้ยง	2.7 - 6.0 V	2.7 - 6.0 V	2.7(89LV52) - 6.0 V	2.7(89LV52) - 6.0
ระดับการล็อคบิต	2 ระดับ	2 ระดับ	3 ระดับ	3 ระดับ
ย่านความถี่การทำงาน	0 - 24 MHz	0 - 24 MHz	0 - 24 MHz	0 - 24 MHz
วงจรเปรียบเทียบอนาลอก	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
อินเตอร์รัปต์เอาต์พุต	3 เอาต์พุต	5 เอาต์พุต	5 เอาต์พุต	8 เอาต์พุต
โหมดสภาวะสงบ, ประหยัดกำลังงาน	มี	มี	มี	มี
ขับ LED ได้โดยตรง	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้

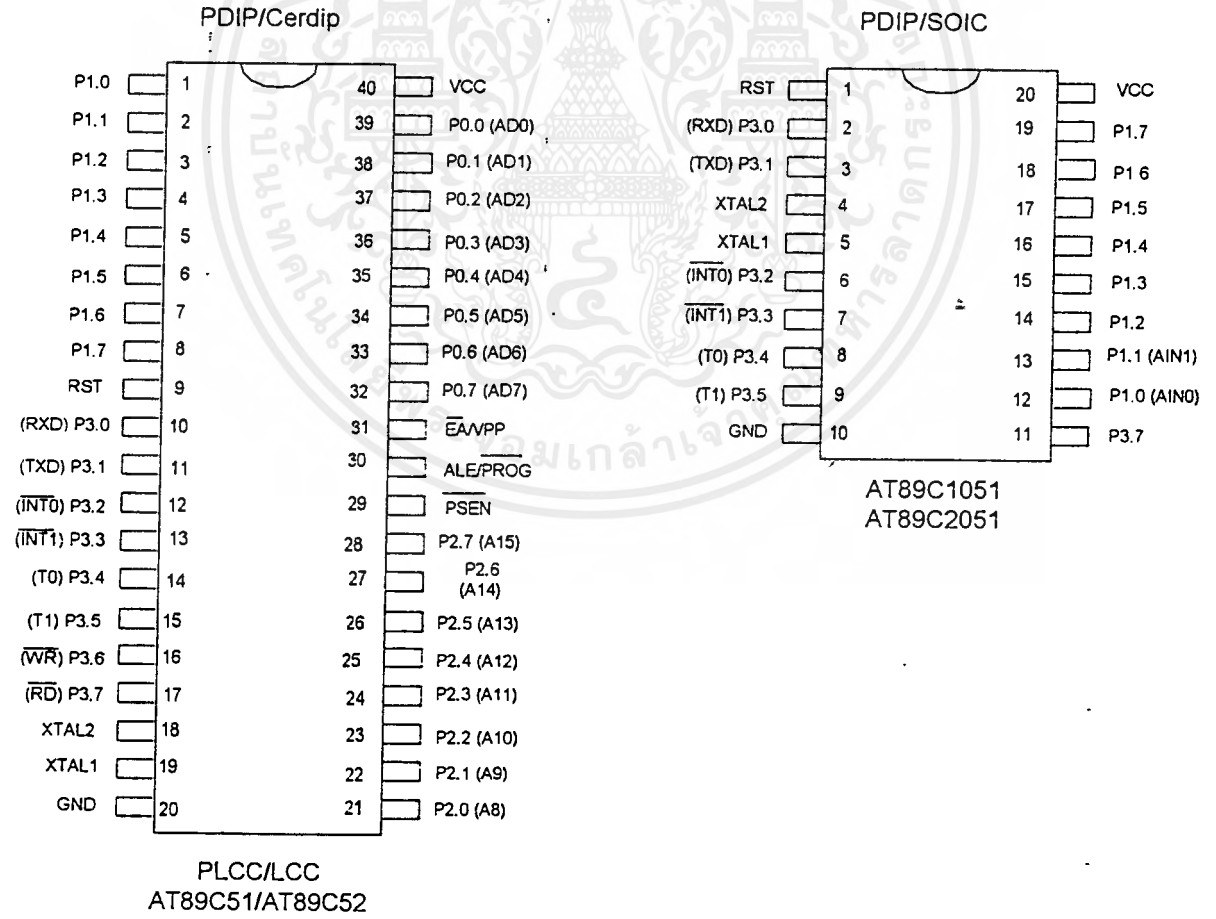
AT89C1051 และ AT89C2051 MCU รุ่นประหยัด ขนาดเล็กเพียง 20 ขา แต่เปี่ยมไปด้วยคุณสมบัติพิเศษ ที่เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายๆ หน้าที่ควบคุม นอกจากจะมีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในขนาด 1กิโลไบต์และ 2 กิโลไบต์ ตามลำดับแล้วยังมีวงจรเปรียบเทียบทางอนาลอกและฟังก์-ชั่นอื่นๆอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของ ATMEL ยังถูกพัฒนาด้วยเทคโนโลยีในแบบที่เป็น "Full Static Operation" ตั้งแต่ ย่านดีซีจนถึง 24 MHz ทำให้ MCU มีคุณสมบัติที่สามารถทำงานได้ในแบบสภาวะสงบ (Idle Mode) และโหมดประหยัดพลังงาน (Power Down Mode)

2.7.2 สภาวะสงบ

ในโหมดนี้ CPU จะหยุดการทำงานแต่อุปกรณ์ที่ทำงานในส่วนอื่นๆ เช่นหน่วยความจำ RAM , ส่วนที่นับเวลาและรีจิสเตอร์ฟังก์พิเศษยังคงสภาวะการทำงานอยู่ที่สถานะสุดท้ายและจะวนลูปอยู่ใน-สถานะนี้จนกว่าจะถูกอินเตอร์รัปต์หรือถูกรีเซ็ท จะสังเกตุได้ว่าโหมดนี้หยุดลงการทำงานของระบบจะกลับมาทำงานในคำสั่งสุดท้ายก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะสงบ ในโหมดนี้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึง 4 เท่าของสภาวะปกติ



รูปที่ 2.13 แสดงการจัดขาใช้งานของ AT 89C51/52 และ AT89C1051/2051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 โหมดประหยัดพลังงาน

ส่วนในโหมดนี้ออสซิลเลเตอร์จะถูกหยุด ส่วน RAM และ รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษยังคงเก็บค่าต่างๆ ไว้จนกระทั่งสิ้นสุดการอยู่ในสภาวะนี้ การที่จะออกโหมดนี้ สามารถกระทำได้โดยการรีเซ็ททางฮาร์ดแวร์ซึ่งการรีเซ็ทจะเป็นการกำหนดค่าใหม่ให้รีจิสเตอร์และควรทิ้งช่วงเวลาให้ออสซิลเลเตอร์กลับเข้าสู่สภาวะปกติและ Vcc อยู่ระดับปกติ ในโหมดนี้สามารถลดการกินกระแสได้มากถึง 200 เท่า

นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AT89C51/52 ยังมีโหมดป้องกันการเลียนแบบด้วย "Program Memory Lock Bits" ดังแสดงการเซ็ทระหัสการล็อคไว้ในตารางที่ 2.12 โดย AT89C51/52 จะสามารถใช้โหมดการป้องกันได้ 3 ระดับ ส่วน AT89C1051/2051 จะสามารถป้องกันได้ 2 ระดับ ซึ่งก็นับได้ว่าเพียงพอแล้ว

ความหมายในตารางที่ 2.12 นั้น อักษร U (unprogramed) หมายถึง การกำหนดไม่ให้ล็อค ส่วนอักษร P (Programed) คือเป็นการใช้คุณสมบัติของการป้องกันแบบล็อคบิตและ LB_1 , LB_2 , LB_3 คือ

การล็อคบิตที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่นเมื่อล็อคบิตที่ 1 (LB_1) ถูกโปรแกรมเป็น P ระดับลอจิกที่ขา $\overline{EA}$ จะถูกกำหนดให้มีสถานะถูกรีเซ็ทอยู่ตลอด ถ้ามีระดับลอจิกสูงมาเข้าที่ MCU โดยไม่มีการเซ็ท การแล็ทสัญญาณจะเริ่มทำการสุ่มและเลือกค่าๆ หนึ่งไว้และเก็บค่านั้นๆไว้จนกว่าจะมีการ

ตารางที่ 2.4 ตารางการล็อคบิตเพื่อป้องการเลียนแบบโปรแกรมของ AT89C51/52

การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C51/52				ประเภทของการป้องกัน	การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C1051/2051		
ระดับการล็อค	LB_1	LB_2	LB_3		ระดับการล็อค	LB_1	LB_2
1	U	U	U	ไม่มีการตั้งโปรแกรมล็อคใดๆ	1	U	U
2	P	U	U	ไม่สามารถใช้คำสั่ง MOVC จากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกมาอ่านรหัสคำสั่งภายในออกมาได้นอกจากนี้การโปรแกรมหรือเขียนคำสั่งใดๆ ลงบนหน่วยความจำแฟลชจะทำไม่ได้อีก	2	P	U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	P	P	P	เช่นเดียวกับแบบที่ 2 และการตรวจสอบรหัส (Verify) จะทำไม่ได้	3	P	P
4	P	P	P	เช่นเดียวกับแบบที่ 3 และการอ่านจากภายนอกเช่น ROM ทำไม่ได้			

ตารางที่ 2.5 ตารางการเซ็ทค่าสัญญาณขณะทำการโปรแกรม AT89C51/52

ขาต่อใช้งาน / โหมดการทำงาน	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/ $\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/ Vpp	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
เขียนรหัสข้อมูล	H	L	⎍	H/12V[1]	L	H	H	H
อ่านรหัสข้อมูล	H	L	H	H	L	L	H	H
ล็อคบิตการเขียน 1	H	L	⎍	H/12V	H	H	H	H
ล็อคบิตการเขียน 2	H	L	⎍	H/12V	H	H	L	L
ล็อคบิตการเขียน 3	H	L	⎍	H/12V	H	L	H	L
การลบข้อมูลในชิป	H	L	⎍[2]	H/12V	H	L	L	L
กำหนดไบต์การอ่าน	H	L	H	H	L	L	L	L

-รีเซ็ทซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ ขา $\overline{EA}$ ถูกแลตช์สัญญาณไว้ทำให้ไม่สามารถใช้คำสั่งภายนอกมาอ่านรหัสคำสั่งภายในได้และการจะโปรแกรมแบบแฟลชเข้าไปใหม่ ก็ทำไม่ได้ส่วนการป้องกันแบบอื่นๆ ดูได้ตามที่ระบุตามตาราง

หมายเหตุ (1) ระดับแรงดันในการเขียนและลบข้อมูลที่ระดับแรงดันค่าสูง (+12 โวลต์)

(2) คาบเวลาของพัลส์ในการลบข้อมูลในชิปเท่ากับ 10 มิลลิวินาที

2.7.4 การโปรแกรม AT89C51/52

โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะอยู่ในสภาวะว่าง (contect=FFH) และพร้อมที่จะได้รับการโปรแกรม ซึ่งสามารถโปรแกรมได้ทั้งใช้แรงดันค่าสูง (+12 โวลต์) และในแบบใช้ค่าแรงดันต่ำ (ที่ระดับแรงดัน Vcc นั่นคือ +5 โวลต์) กรณีโปรแกรมในโหมดแรงดันไฟค่าสูง 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำได้โดยง่าย เพียงแต่ใช้เครื่องโปรแกรมทั่วๆไป ที่จะสามารถโปรแกรมลงใน EPROM ได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่สามารถโปรแกรมตระกูล AT89C51/52 ส่วนการโปรแกรมแบบค่าแรงดันต่ำนั้น ทำให้สามารถโปรแกรมได้ในแบบ In-Systems Programming ได้

2.7.4.1 ขั้นตอนการโปรแกรม

ก่อนโปรแกรม AT89C51/52 ไลน์แอดเดรสข้อมูลและสัญญาณควบคุมจะต้องกำหนดขึ้นตามตารางที่ 2.5 และจะต่อขาใช้งานและสัญญาณเข้าไปยัง MCU ตามรูปที่ 2.30 และการตรวจสอบโปรแกรมต่อตามรูปที่ 2.5 จากนั้นจะเริ่มกระทำตามขั้นตอนดังนี้

1) ป้อนตำแหน่งแอดเดรสบนไลน์แอดเดรส

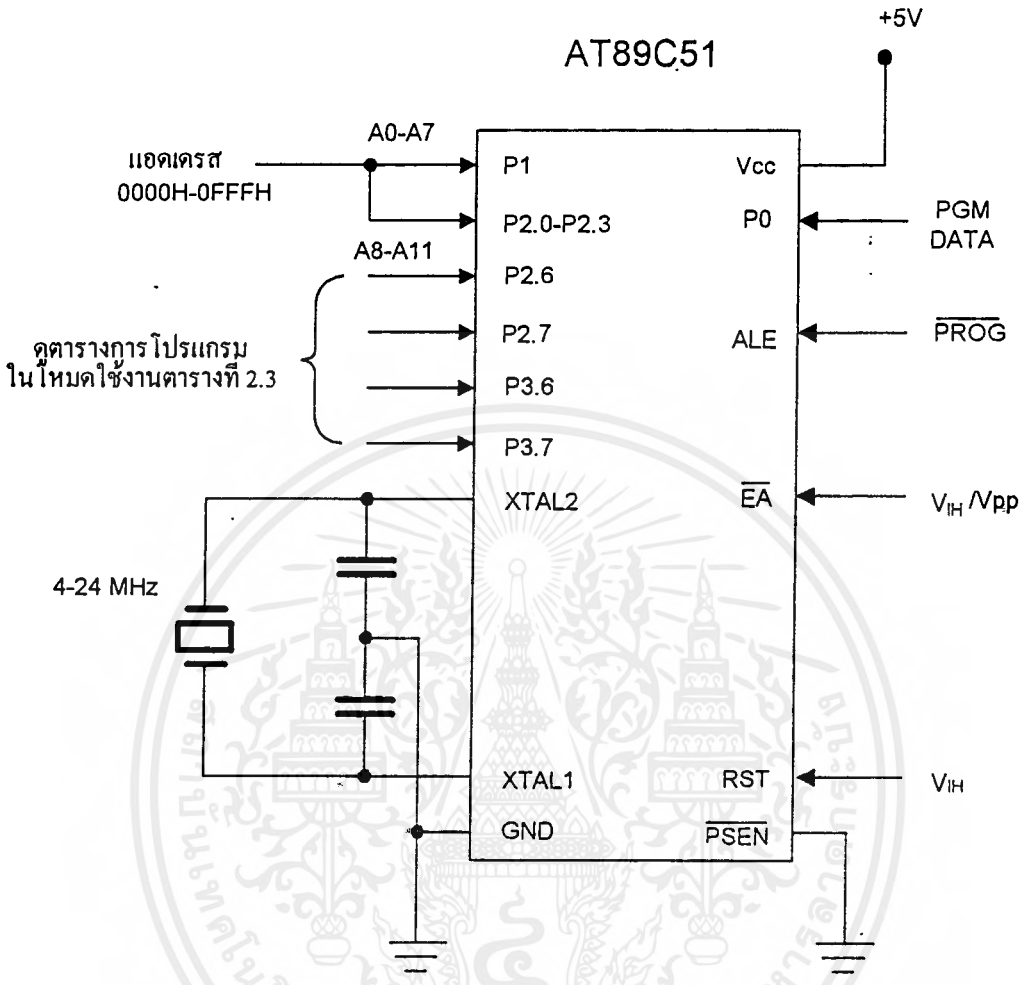
2) ป้อนไบต์ข้อมูลทางไลน์ข้อมูล

3) กำหนดค่าสัญญาณควบคุมที่ถูกต้องเข้าทางขา P2.6, P2.7, P3.6, P3.7

4) กำหนดค่าแรงดันป้อนให้ขา $\overline{EA}$/ Vppไว้ที่ +12 โวลต์ ในกรณีโปรแกรมที่ค่าแรงดันสูง

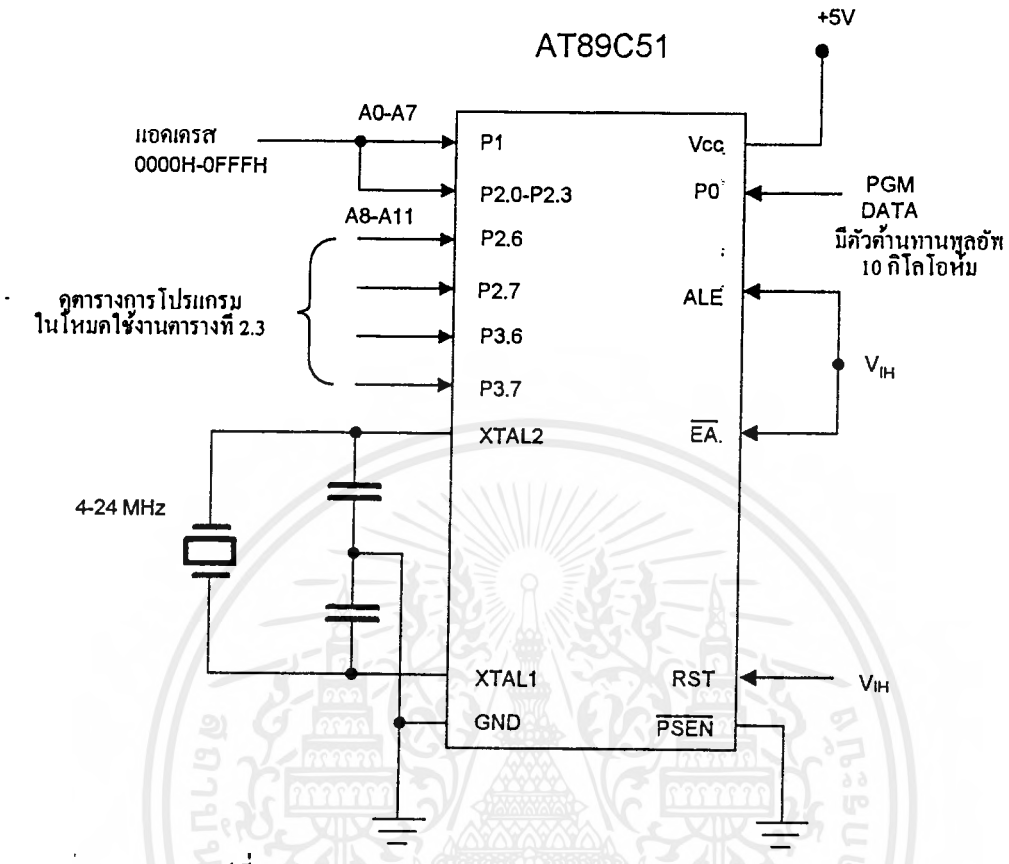
5) ป้อนพัลส์ที่ขา ALE/$\overline{PROG}$ เมื่อจะโปรแกรมหนึ่งไบต์เข้าไปในหน่วยความจำแฟลชหรือในล็อคบิต จากนั้นวงรอบการเขียนข้อมูลจะเกิดขึ้นเองตามมาโดยระยะเวลาใน 1 วงรอบ จะไม่เกิน 1.5 มิลลิวินาที เสร็จแล้วเริ่มต้นทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 โดยการเปลี่ยนแอดเดรสและข้อมูลชุดถัดไปจนครบทั้งหมดหรือได้รับ Object File ที่ต้องการแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การต่อใช้งานขณะโปรแกรมเข้าไปใน AT89C51/52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การทดสอบการโปรแกรมใน AT89C51/52

2.7.5 การโปรแกรม AT89C1051/2051

เนื่องจาก AT89C1051/2051 นี้มีอัลกอลิทึมในการโปรแกรมที่แตกต่างในบางส่วน เพราะขาลดลงถึง 20 ขาแม้ว่าจะมีความเข้ากันได้กับ MCS-51 ไมโครแชนเนล แต่ไม่สามารถเข้ากันได้ในด้านจำนวนขา

จึงแนะนำว่าการโปรแกรมโดยใช้เครื่องโปรแกรมจะเป็นวิธีที่สะดวกกว่า อย่างไรก็ตามสามารถศึกษาขั้นตอนการโปรแกรมโดยตรงได้จากคู่มือของ AT89C1051/2051 เพื่อเข้าใจหลักการเพิ่มเติมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 DTMF DECODER MT8870

2.8.1 คุณสมบัติ

MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสความถี่ (INTEGATED DTMF RECEIVER)หรือเป็นตัวแปลงสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

การนำ MT8870 ไปใช้งาน

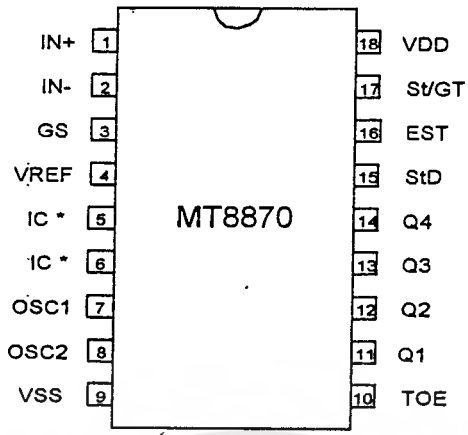
- นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยหรือ PABX
- ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

2.8.2 โครงสร้างของ MT8870

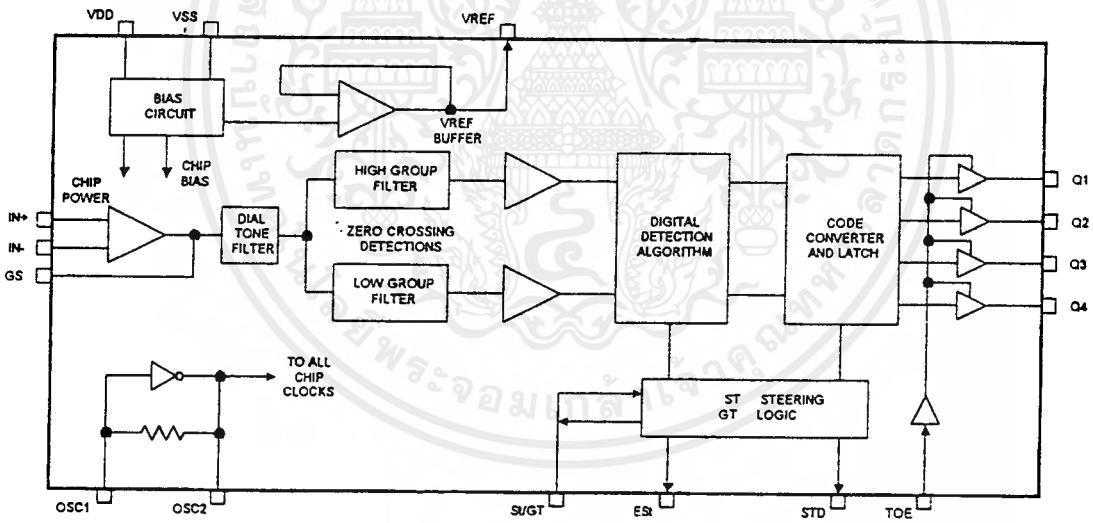
โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO^2 - CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทาง

ดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาต์พุตเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ รูปที่ 2.161 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงรายระเอียดขาของ MT8870



รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

2.8.3 ฟังก์ชั่นการทำงานภายใน MT8870

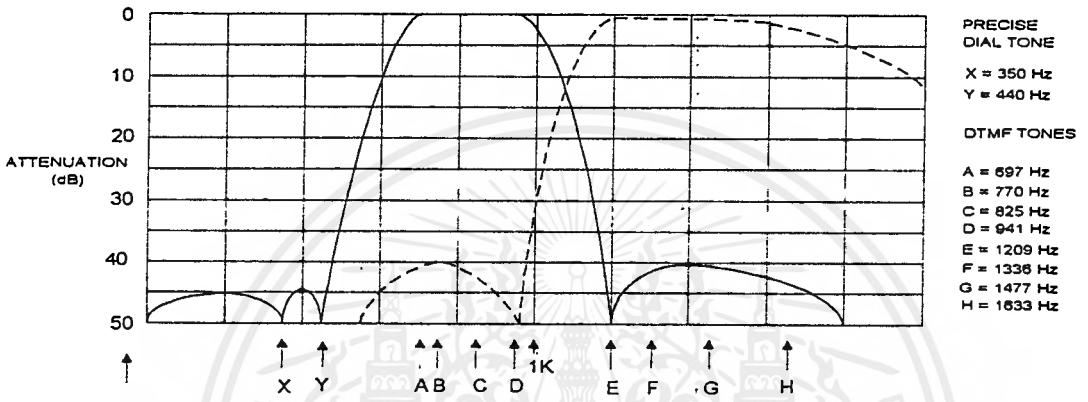
โครงสร้างภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็นสองกลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิด สวิตช์คาปาซิเตอร์ (six order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้นี้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.18 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2.8.5 ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆนั้นแสดงในรูปที่ 2.19

FOW	FHIGH	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

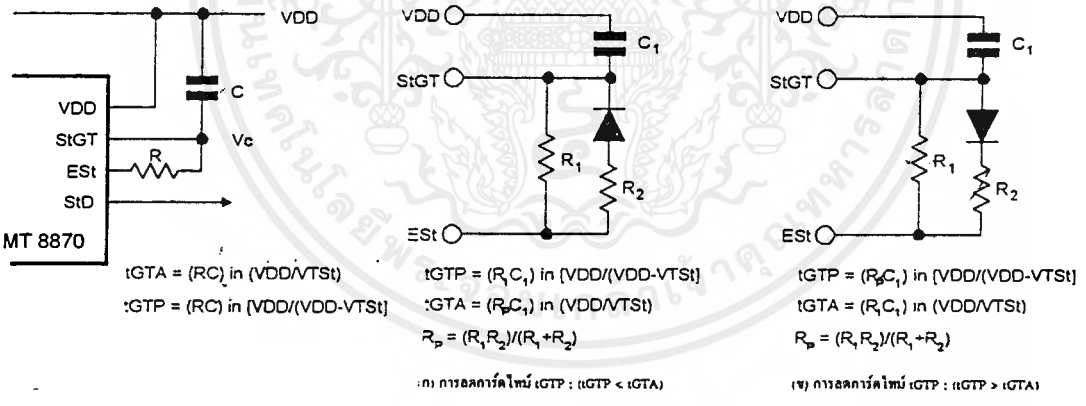
รูปที่ 2.19 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดนั้นสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา ESt จะเป็น "HIGH" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.20 เมื่อขา ESt เป็น "HIGH" ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัส จึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิท รายละเอียดการทำงานขอให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม (timing diagram) ในรูปที่ 2.24 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (gard time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์ (gard time) พร้อมวิธีคำนวณ

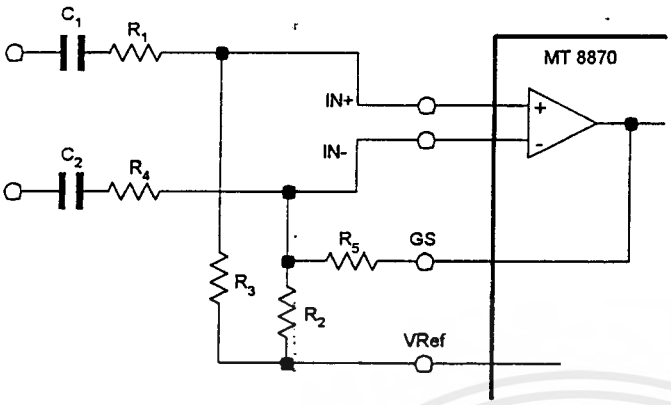
2.8.7 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปรูปที่ 2.21 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุทซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของสัญญาณอินพุทและอิมพิแดนซ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย } (A_v \text{ diff}) = R_5 / R_1$$

$$\text{อินพุทอิมพิแดนซ์ } (Z_{in} \text{ diff}) = 2\sqrt{R_1^2 + (1/wc)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคขยายความแตกต่างด้านอินพุต

$C_1 = C_2 = 10$ nF

$R_1 = R_4 = R_5 = 100K\Omega$ ค่าผิดพลาด ± 1%

$R_2 = 60K\,\Omega$, $R_3 = 37.5K\,\Omega$ ค่าผิดพลาด ± 5%

$R_3 = R_2R_5/R_2+R_5$

อัตราการขยายแรงดัน (Av diff) $=R_5/R_1$

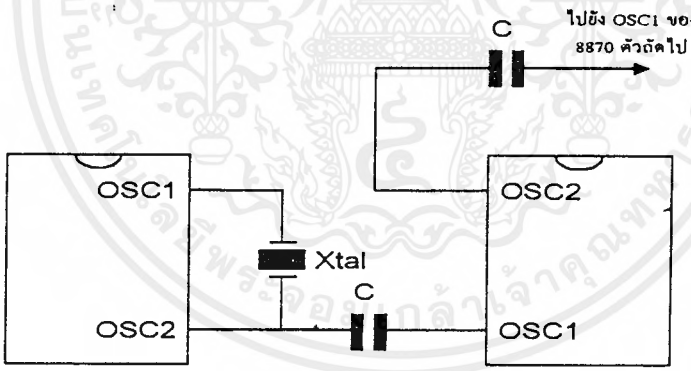
อินพุตอิมพีแดนซ์

$(Z_{INDIFF}) = 2\sqrt{R_1^2 + (1/\omega C)^2}$

รูปที่ 2.21 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

2.8.9 ภาคกำเนิดความถี่

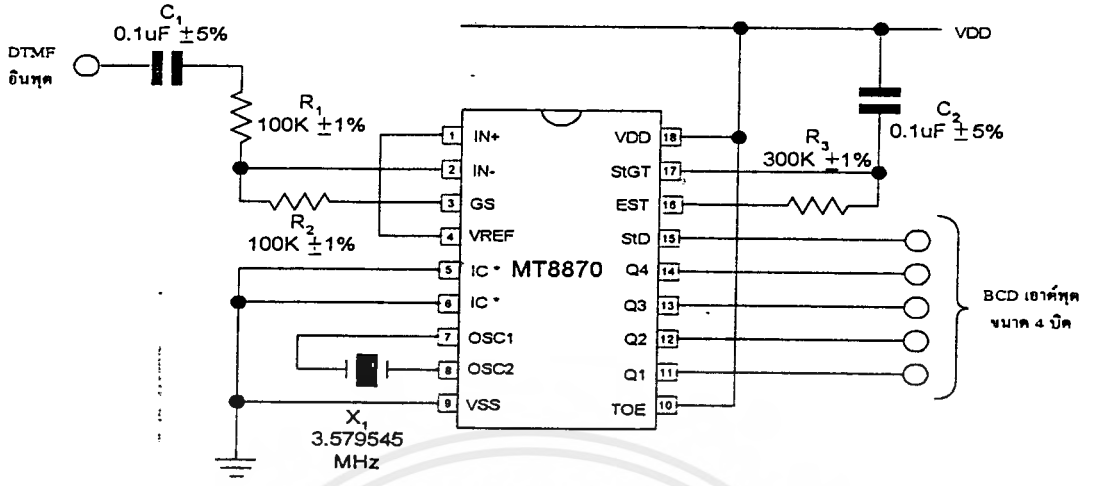
ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันทีการต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.22



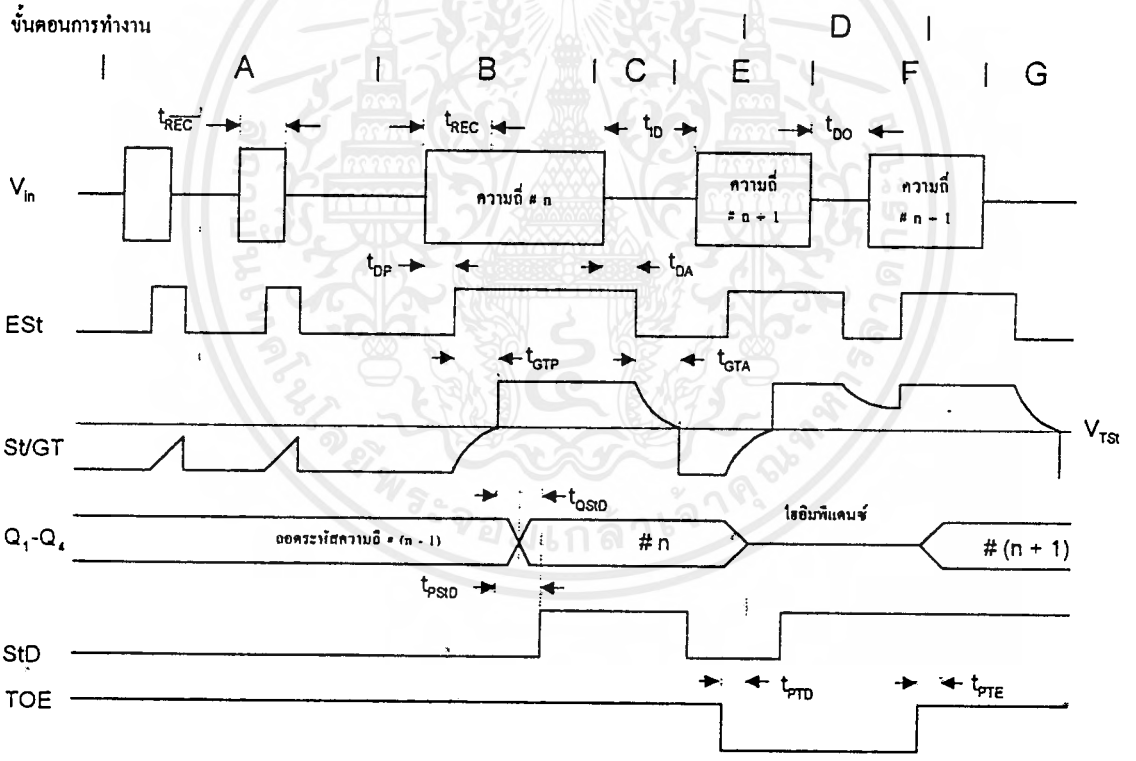
C = 30 pF Xtal = 3.58MHz

รูปที่ 2.22 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงวงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870



รูปที่ 2.24 แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์-พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E - ความถี่ # n + 1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้

F - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่

G - จบความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

Est - Early Sterring 0utput ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

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

Q_1-Q_4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

StD - Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

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

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

t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{Dp} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

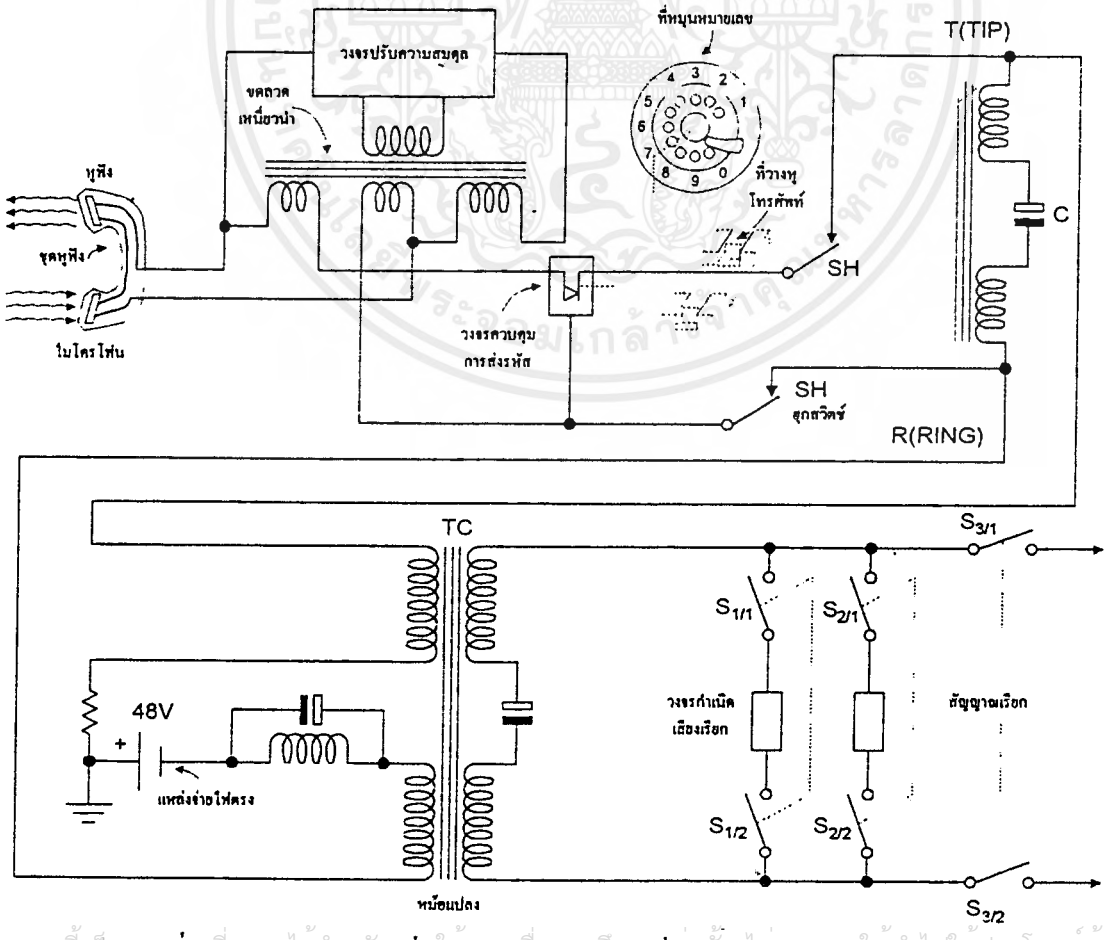
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
พื้นฐานโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ถือกำเนิดขึ้นโดยการคิดค้นของอเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ โทรศัพท์ระบบแรกที่เกิดขึ้นคือ ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์ (pulse) การเรียกหมายเลขต่างๆ จะใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวกำเนิดทั้งสิ้น เช่น เลข 0 ก็คือสัญญาณพัลส์ 1 ลูก เลข 9 คือ สัญญาณพัลส์ 10 ลูก เป็นต้น

ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบโทรศัพท์คือ

1. เครื่องโทรศัพท์
2. สายโทรศัพท์
3. ชุมสายโทรศัพท์ ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายต่างๆให้ผู้เรียกต้นทางสามารถติดต่อกับปลายทางได้



รูปที่ 3.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 SIGNALING

สัญญาณ (Signaling) คือข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ คือ

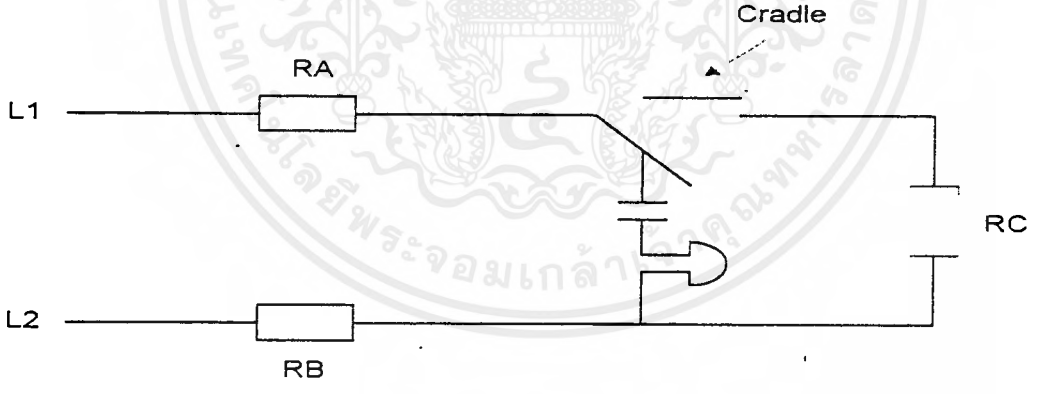
1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting address information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting information Signaling)

3.1.1 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

1. สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่าไปยังชุมสาย

1.1 OFF HOOK คือ สภาพผู้เช่ายกหูโทรศัพท์สายจะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)

1.2 ON HOOK คือ สภาพผู้เช่าวางหู หรือสภาพว่าง สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)



RA,RB = ค่าความต้านทานของสายโทรศัพท์

RC = ค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์

1.3 Dialing คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary Dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่า Impedance จะสูง,ต่ำ สลับกันไปตามที่หมุนเลขหมาย ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่ม TouchTone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ

2.1 สัญญาณให้หมุน (Dialing Tone) คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสายและชุมสายพร้อมจะรับสัญญาณที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณ Dial Tone นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 Hz Modulated ด้วยความถี่ 50 Hz ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อยกหูโทรศัพท์

2.2 สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่างแต่ถ้ายกหูแล้วได้สัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนเลขหมายไปแล้วแสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง ในกรณีเรียกต่างชุมสาย ลักษณะสัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วงๆส่ง 0.3 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 Hz Sine wave

2.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ringing Tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนเลขหมายครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จ ในขณะนี้ชุมสายจะส่งสัญญาณเรียก ไปยังผู้ถูกเรียกด้วยความถี่ 425 Hz Sine wave โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.4 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal) เป็นสัญญาณต่อเนื่อง ความถี่ของสัญญาณ 425 Hzค่าแรงดัน 70-90 โวลท์ โดยส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.5 สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น Nu Tone (Number unobtainable Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น

3.1.2 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (INTER EXCHANGE SIGNALING)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

1. Seizure (สัญญาณจับวงจร) เป็นสัญญาณให้ชุมสาปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะส่งมา

2. Address information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

3. Answer signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณหลังก็คือ

3.1 เริ่มต้นคิดเงิน

3.2 ส่งสัญญาณคิดเงิน

3.3 ตัดวงจรจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. สัญญาณเลิกการต่อตรง (Clear Forward) จะถูกส่งเมื่อฝ่าย A วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรปลายทางต่างๆ

5. สัญญาณยกเลิกการตอบกลับ (Clear Back) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นการจับเวลาเมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง หน้าที่รับส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งไปในสายและในทางกลับกันก็เปลี่ยนนพลังงานไฟฟ้า กลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

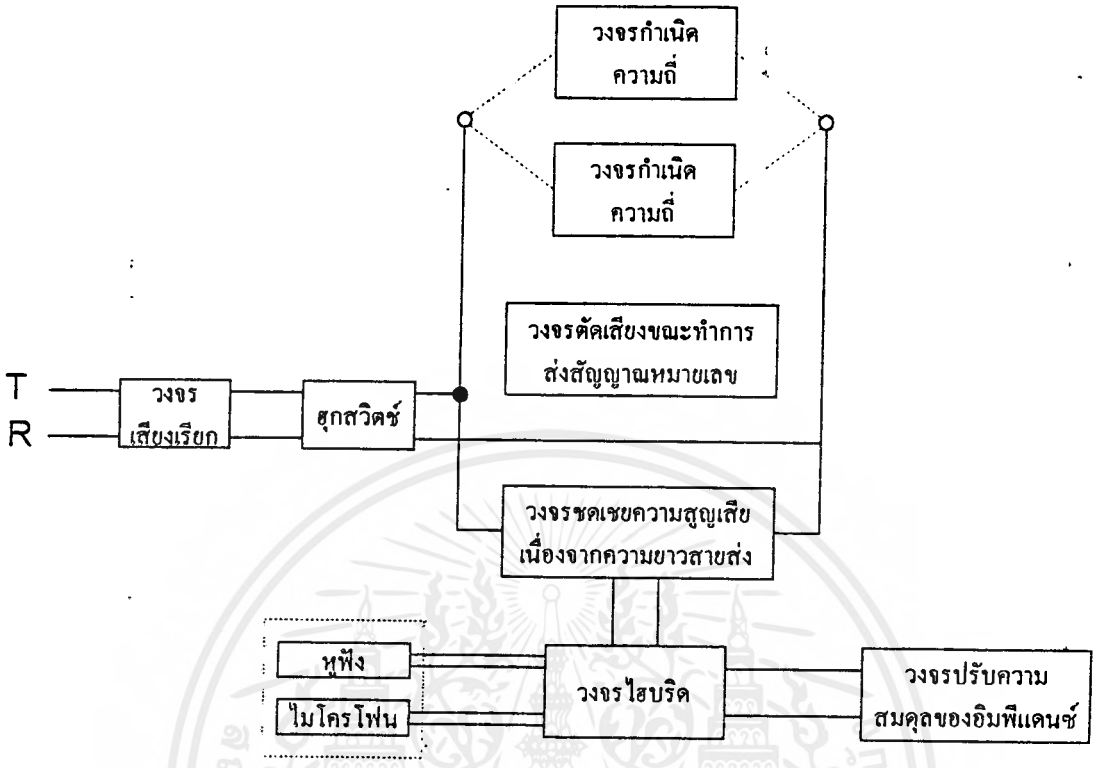
1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น (Local - Exchange),(Hook off)
2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Code ที่ใช้แทนเลขหมายผู้ถูกเรียก (B Subscriber)
3. ทำหน้าที่รับเสียงโทน (Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก (Ringing Tone)
4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปยังชุมสาย (Hook on)

3.2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

ในรูปที่ 3.2 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือโทนก็มีลักษณะเหมือนกัน แตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมาย ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือ DTMF วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา ฮุคสวิทช์เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่ามีการยกหูใช้งานโทรศัพท์แล้ว ก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งเลขหมาย จะช่วยให้การส่งเลขหมาย มีความชัดเจนถูกต้อง ไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด

ในขณะที่วงจรชดเชยความสูญเสีย เนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำให้สัญญาณที่ติดต่อระหว่างต้นทางและปลายทางมีความแรงและชัดเจนมากที่สุด แม้ว่าต้นทางและปลายทางจะมีความห่างกันแค่ไหนก็ตาม วงจรไฮบริดจ์ทำหน้าที่เสมือนวงจรขยาย 2 ทิศทาง หรือสามารถให้สัญญาณผ่านเข้าออกได้ตลอดเวลา จึงมีเสียงจากปลายทางมาปรากฏที่หูฟัง ในขณะที่สัญญาณจากปากพูดก็จะผ่านออกไปทางคู่สายได้ สุดท้ายวงจรปรับความสมดุลย์ของอิมพีแดนซ์ มีไว้เพื่อทำให้อิมพีแดนซ์ของส่วนต่างๆในโทรศัพท์เหมาะสม เพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

3.2.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์ แบ่งออกได้ 3 ส่วนดังนี้

1.ส่วนรับส่งสัญญาณเสียงพูด (Speech transmission)

2.ส่วนกำเนิดสัญญาณเลขหมายของผู้เรียก (Generator Tone Code)

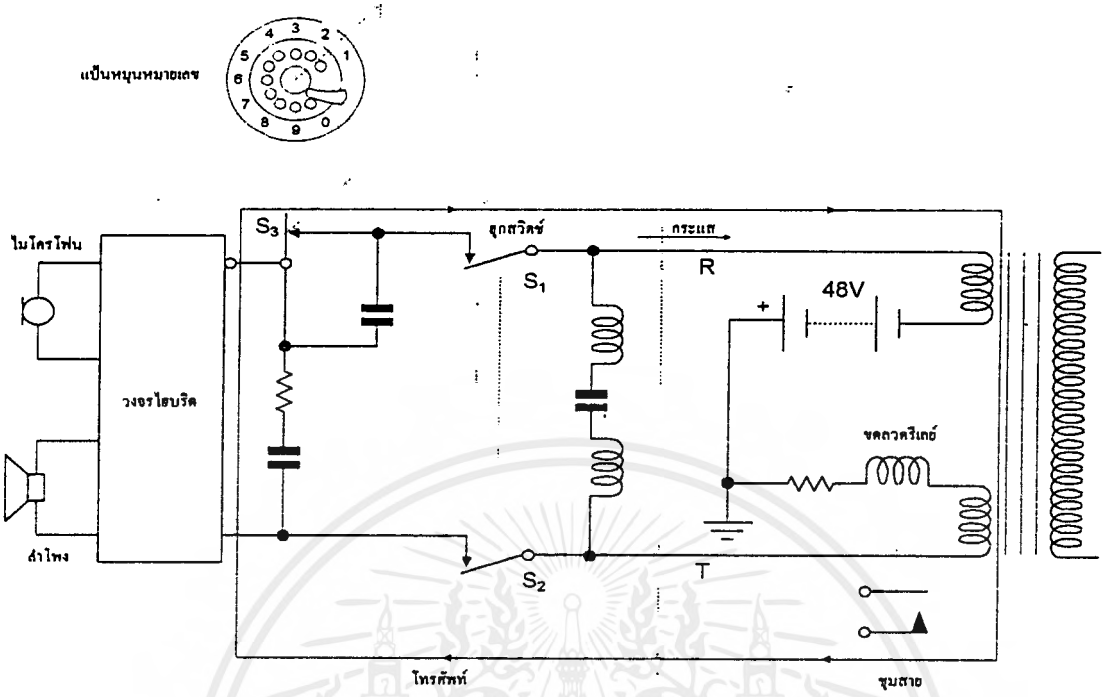
3.ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจากชุมสาย (Ringing Tone)

นอกจากนี้เครื่องโทรศัพท์ยังแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ

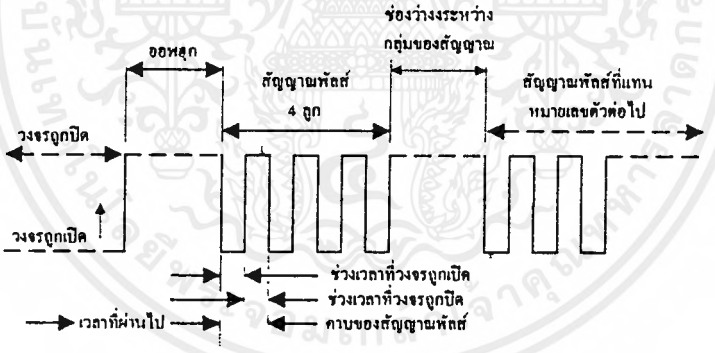
1. ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์

อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ระบบโทรศัพท์แบบนี้ทำงานด้วยสัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการตัดต่อวงจร รูปที่ 3.3 เป็นวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์ เมื่อมีการหมุนเลขหมายสวิตช์จะเกิดการตัดต่อตามจำนวนของเลขหมายที่ต้องการติดต่อ ทำให้เกิดการไหลแบบไม่ต่อเนื่องเป็นพัลส์ตามจังหวะของการตัดต่อของสวิตช์ S1 ดังในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์



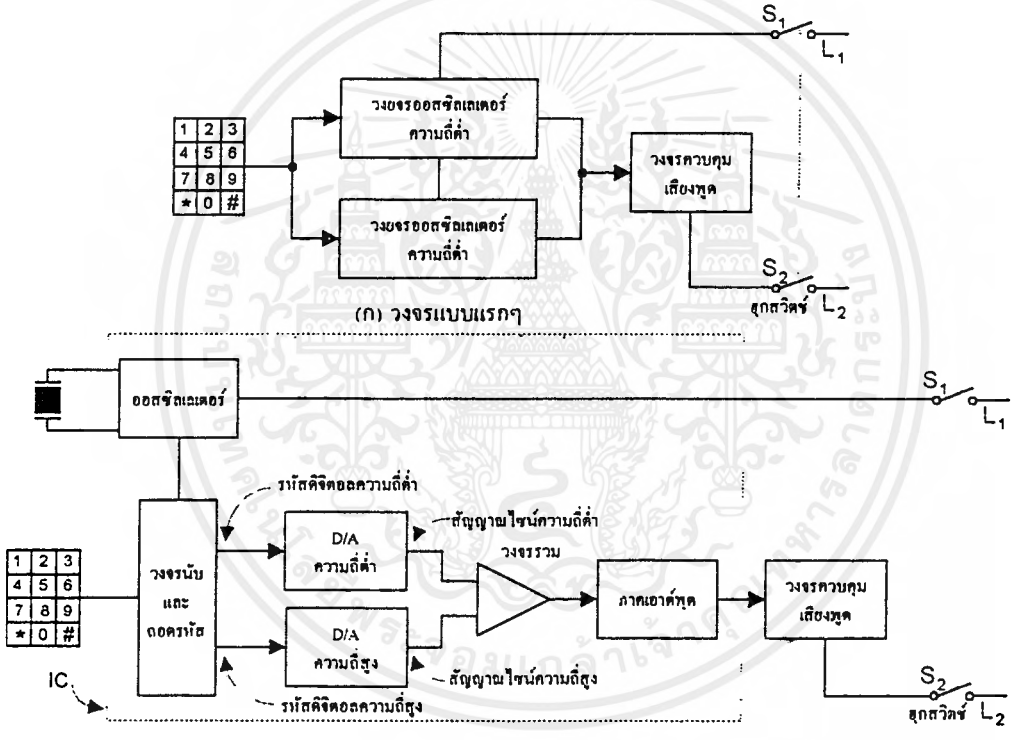
รูปที่ 3.4 พัลส์เลขหมายของระบบโทรศัพท์แบบพัลส์

ก่อนการใช้งานสัญญาณจะมีระดับต่ำอยู่ เมื่อมีการยกหูจะเกิดสภาวะออฟฮุค เกิดสัญญาณบวกขึ้น จนกระทั่งเริ่มหมุนหมายเลข ในที่นี้กำหนดให้หมุนหมายเลข 4 ก็จะเกิดพัลส์ 4 ลูก และจะเกิดช่องว่างสำหรับแยกหมายเลขด้วย จากนั้นจึงเริ่มหมุนหมายเลขต่อไป ในทางปฏิบัติผู้ใช้สามารถหมุนหมายเลขต่อเนื่องไปได้เลย วงจรภายในของโทรศัพท์จะเป็นตัวแบ่งแยกพัลส์ของแต่ละหมายเลขเอง ในระบบโทรศัพท์แบบพัลส์นี้จำนวนพัลส์ถูกกำหนดให้มีอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาทีคาบเวลาของสัญญาณพัลส์มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่น้อยกว่า60 มิลลิวินาที (ในอเมริกา) หรือ 67 (สำหรับประเทศอื่นๆ) และจากการใช้มือหมุนพบว่า ช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละเลข มีค่าประมาณ 0.5 - 3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF แสดงดังรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าจากรูปที่ 3.5(ก) เป็นวงจรในยุคแรกๆ ซึ่งต้องมีวงจรแยกความถี่สูงและความถี่ต่ำออกจากกัน เพื่อตรวจสอบหมายเลขที่ส่งเข้ามา ต่อมามีการพัฒนามาใช้ไอซีสำเร็จรูป ดังรูปที่ 3.5(ข) โดยใช้หลักการของวงจรดิจิตอลแปลงรหัสทางดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาลอก ซึ่งมีความแม่นยำในการถอดรหัส DTMF มากกว่าจากการพัฒนานี้เองทำให้ปัจจุบันขนาดของโทรศัพท์เล็กลงมาก เพราะไม่ต้องมีขดลวดกระดิ่งใหญ่ๆแบบระบบพัลส์ เนื่องจากในการใช้ทรานสดิวเซอร์เป็นตัวส่งเสียงเรียกแทน

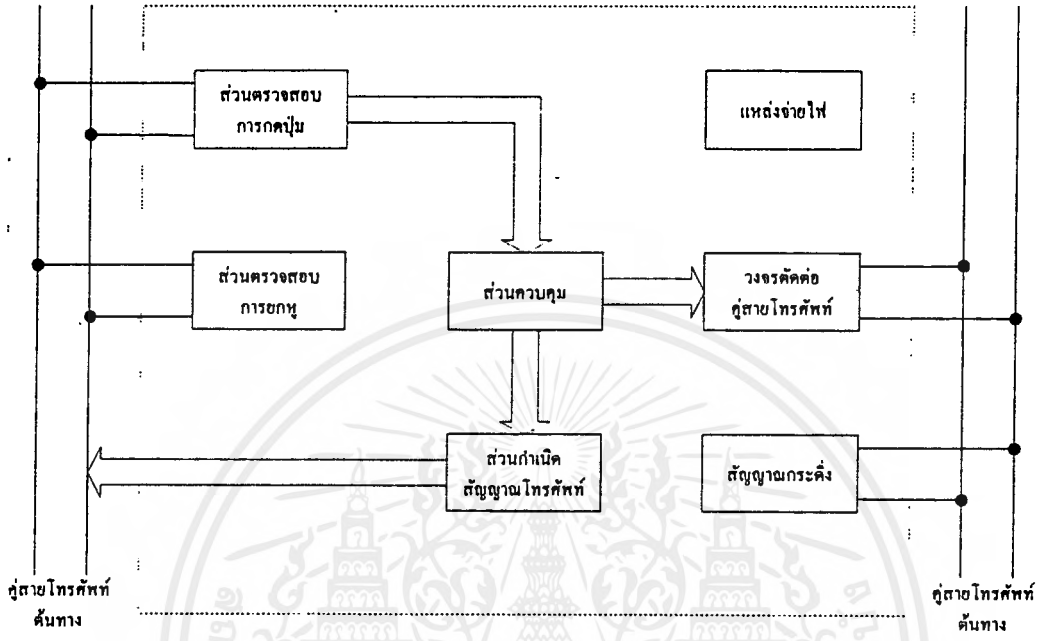


รูปที่ 3.5 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) ในการส่งเลขหมาย โดยการกดแต่ละเลขหมายบนหน้าปัดโทรศัพท์ จากการกดปุ่มแต่ละปุ่มจะมีสองความถี่ส่งออกไปพร้อมกัน ความถี่แต่ละคู่ที่ส่งออกไปจะมีค่าเวลาประมาณ 40 มิลิวินาที และช่วงเวลาห่างระหว่างเลขหมายมีค่า 60 มิลลิวินาทีเป็นอย่างต่ำ โทรศัพท์แบบกดปุ่มจึงทำงานเร็วกว่าแบบหมุนอยู่ประมาณ 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชุมสายโทรศัพท์



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในระบบโทรศัพท์ เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายโทรศัพท์ให้ต้นทางและปลายทางสามารถติดต่อพูดคุยกันได้ จากระบบชุมสายใหญ่ๆ ก็มีการนำมาประยุกต์ใช้ในสำนักงาน เพื่อให้การติดต่อระหว่างแผนกต่างๆ ในสำนักงานคล่องตัว จากเดิมที่ใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อคู่สาย ทำให้ชุมสายมีขนาดใหญ่โตมาก ก็มีการพัฒนามาเป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ในรูปที่ 3.6 เป็นบล็อกไดอะแกรมของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

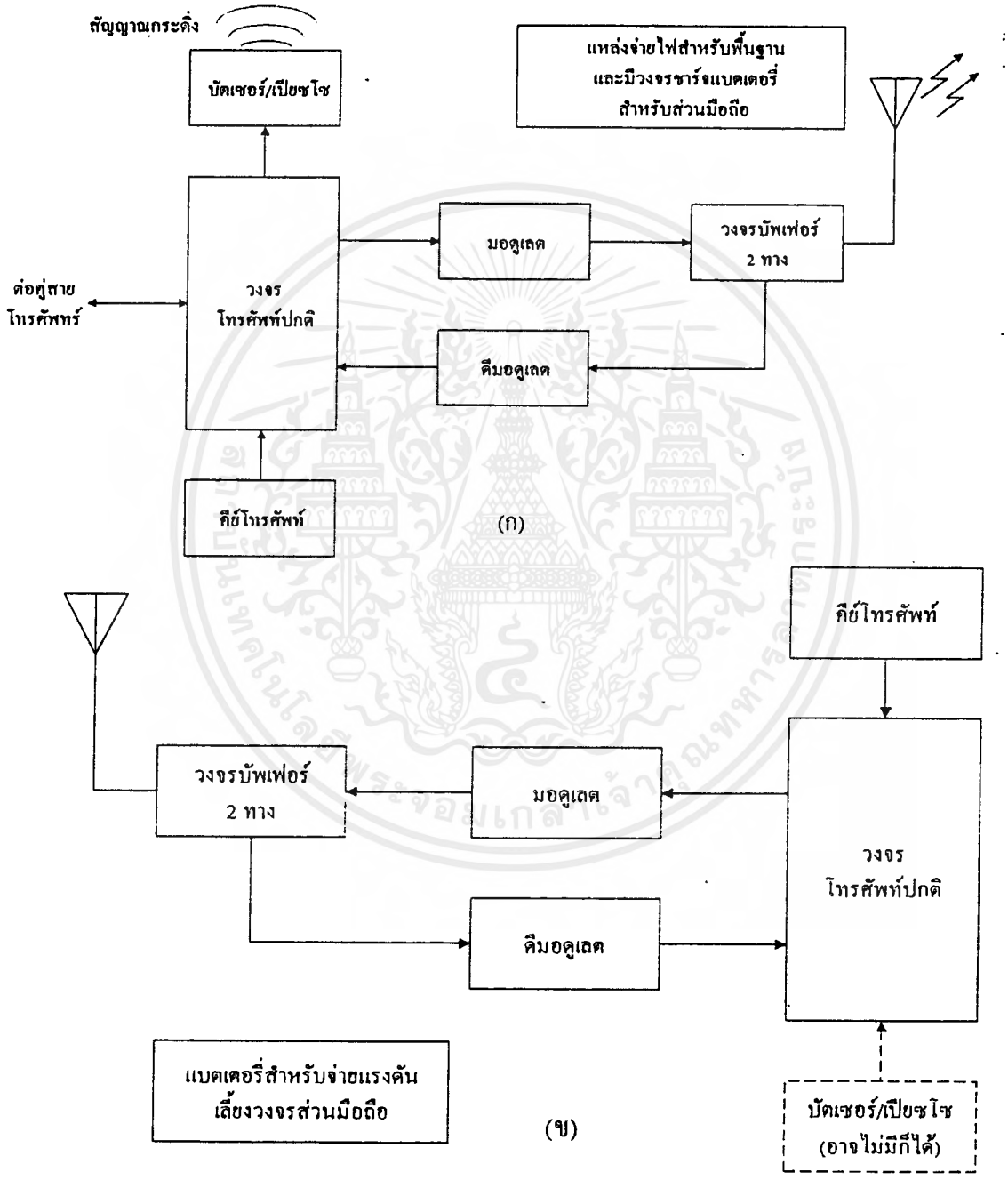
3.4 ระบบโทรศัพท์ไร้สาย

วิวัฒนาการต่อมาของโทรศัพท์ คือ การติดต่อแบบไร้สาย ทำให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะใช้งานโทรศัพท์ได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ติดกับเครื่องโทรศัพท์อีกต่อไป โทรศัพท์ไร้สายประกอบด้วยส่วนฐานกับส่วนมือถือ ดังมีบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.7

ในรูปที่ 3.7(ก) เป็นไดอะแกรมการทำงานของส่วนฐานที่ต้องต่อกับสายโทรศัพท์จากองค์การโทรศัพท์ไว้ตลอดเวลา ส่วนในรูปที่ 3.7(ข) เป็นไดอะแกรมการทำงานของส่วนมือถือเมื่อมีการเรียกเข้า ส่วนฐานจะเป็นตัวตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จากนั้นจะทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนมือถือโดยใช้คลื่นวิทยุ เพื่อแจ้งการเรียกเข้า ที่ส่วนมือถือก็จะมีส่วนวงจรดีมอดดูเลตคลื่นวิทยุที่ใช้เป็นคลื่นพาห์ออกไป จนได้รับสัญญาณโทรศัพท์ที่ใช้งานจริงๆ ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารได้ โดยผ่านทางส่วนมือถือของโทรศัพท์ไร้สายนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณจะอาศัยคลื่นวิทยุเป็นพาหะในการส่งคลื่นโดยอดูเลตแบบเอฟเอ็มใช้คลื่นพาห์ที่มีความถี่ประมาณ 1.6 -1.8 เมะเฮิรตซ์ แต่โดยส่วนใหญ่จะใช้ที่ความถี่ 107 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนเสียงพูดจะมอดูเลทเข้ากับคลื่นพาห์ความถี่ 49.8 - 49.9 เมกะเฮิรตซ์ รัศมีทำการประมาณ 100 เมตร

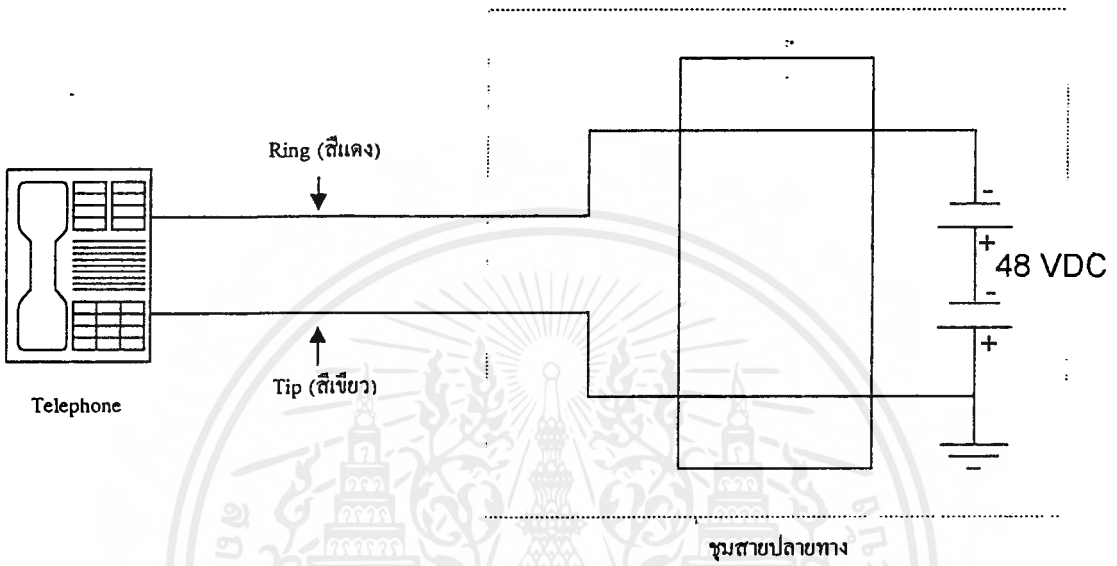


รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของโทรศัพท์ไร้สาย

(ก) ส่วนฐานของโทรศัพท์ (BASE STATION) (ข) ส่วนมือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Local Loop : ความหมายของ Local Loop คือ สายส่งสองสายจากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทางและมีค่าอิมพิแดนซ์ของสายเองประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้ทั่วไปคือ 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูป มีชื่อว่าทิป (Tip) และ ริง (Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ 48 โวลท์ ดีซี ทิปจะต่อกับกราวด์ ดังรูป 3.8

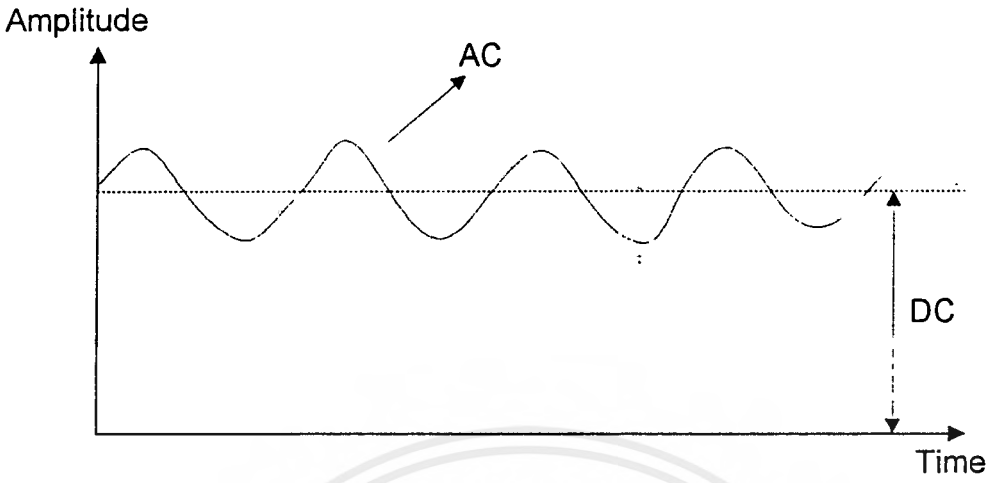


รูปที่ 3.8 แสดงโลเคิลลูป

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ มีผลทำให้สุคสวิตช์ปิดลง (Hook off) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 มิลลิแอมป์ไหลวนอยู่ในลูปซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างทิปกับริงมีค่าลดลงเหลือประมาณ 4 โวลท์

สัญญาณเสียงพูดจากเครื่องโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศใดทิศหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในกระแสลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC ดังรูป 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของไฟกระแสตรงและกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทำงานของวงจร และการทดลอง

จากหลักการทำงานแต่ละส่วนที่กล่าวมา สามารถประกอบกันเป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์ตามบล็อค ไดอะแกรม (BLOCK DIAGRAM) ดังต่อไปนี้

การทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

4.1 การขอบริการสายใน

เริ่มจาก CPU จะทราบสัญญาณการขอใช้โทรศัพท์จากการยกหูเครื่องโทรศัพท์โดยสัญญาณการยกหู (OFF HOOK) จะถูกส่งเข้ามาทางพอร์ทอินพุท - เอาท์พุท จากนั้น CPU ก็จะทำการต่อช่องสัญญาณให้หมุน เข้ากับส่วนเครื่องรับ (RECEIVER) ของชุมสายและต่อส่วนของวงจรถอดรหัสเข้ากับส่วนเครื่องส่ง (TRANSMITER) เพื่อรับหมายเลขเครื่องที่จะทำการติดต่อ จากนั้น CPU ก็จะอ่านหมายเลขเครื่องที่จะทำการติดต่อผ่านทางพอร์ทอินพุท - เอาท์พุท จากนั้นก็จะทำการส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องที่ถูกเรียก จากนั้นก็รอการยกหูของเครื่องรับหลังจากนั้นก็ทำการต่อส่วนเครื่องรับเข้ากับส่วนเครื่องส่งของเครื่องโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่อง

4.2 การขอบริการสายนอก

เริ่มจากการที่ CPU จะได้รับสัญญาณจากส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกผ่านทางพอร์ทอินพุท-เอาท์พุท จากนั้น CPU ก็จะทำการโฮลด์ (HOLD) สายนอกโดยการส่งสัญญาณควบคุม รีเลย์ให้โฮลด์ จากนั้นก็จะต่อสปีช พาท (SPEECH PATH) ของสายนอกเข้ากับส่วนถอดรหัสเพื่อทำการอ่านหมายเลขที่ทำการติดต่อ และดำเนินการต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ภายในต่อไป

4.3 การโทรออกสายนอก

CPU จะทำการตรวจสอบว่าคู่สายภายใน มีการขอใช้สายนอกหรือไม่ จากการกดคีย์ (KEY) 9 จากนั้น CPU จะตรวจสอบว่าสายนอกว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะทำการโฮลด์ ออน (HOLD ON) สายนอกและต่อเครื่องรับกับเครื่องส่งเข้าด้วยกัน ซึ่งการกดคีย์ของสายในนี้จะถูกส่งผ่านในส่วนของเครื่องส่งของสายในเข้ากับ ส่วนเครื่องรับของสายนอกเพื่อส่งให้ชุมสายภายนอกถอดรหัสต่อไป

4.4 การตัดต่อสัญญาณ (SPEECH PATH)

ในการใช้งานโทรศัพท์มีจำนวนเครื่องลูกโทรศัพท์มากๆนั้น เราจำเป็นจะต้องมีสวิทช์ (SWITCH) ที่ทำการเชื่อมต่อส่วนรับและส่งของเครื่องลูกทั้งหมดเข้ากับพาท (PATH) เพื่อที่เครื่องลูก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สามารถเลือกคู่สายที่ต้องการติดต่อได้ทั้งหมดซึ่งจะเห็นว่าถ้ามีการติดต่อของโทรศัพท์ 1 คู่ใน พาท นั้นจะทำให้โทรศัพท์เครื่องอื่นไม่สามารถใช้พาทนั้นได้ ในกรณีที่เราให้การเชื่อมต่อของสวิทช์นั้นต่ออยู่ตลอดเวลาของการสนทนา ซึ่งถ้าเราต้องการให้มีติดต่อระหว่างเครื่องลูกเพิ่มขึ้น อีกหนึ่งคู่ เราก็ต้องเพิ่ม จำนวนพาท ขึ้นมาอีกหนึ่งพาท ซึ่งพาท ที่เพิ่มขึ้นนี้ก็ต้องสวิทช์ เข้ากับเครื่องโทรศัพท์ทั้งหมด

ตัวอย่าง เรามีโทรศัพท์ n เครื่องและจำนวนพาท ที่สามารถใช้งานได้พร้อมกันหรือจำนวนคู่สายที่สามารถใช้งานได้พร้อมกัน m คู่สายจะเห็นได้ว่าเราต้องการใช้สวิทช์ ในการติดต่อทั้งหมด n คูณ m สวิทช์ ซึ่งหลักการนี้ก็คือ ชุมสายโทรศัพท์แบบเมทริกซ์ สวิทช์ (MATRIX SWITCH))นั้นเอง

ดังนั้นในโครงงานนี้ได้ใช้ชุมสายแบบเมทริกซ์ สวิทช์ ซึ่งได้ใช้ไอซีเบอร์ MH 8804 เป็นตัวตัดต่อสัญญานโทรศัพท์ สามารถใช้ได้ 4 สายใน

4.5 ส่วนถอดรหัสความถี่

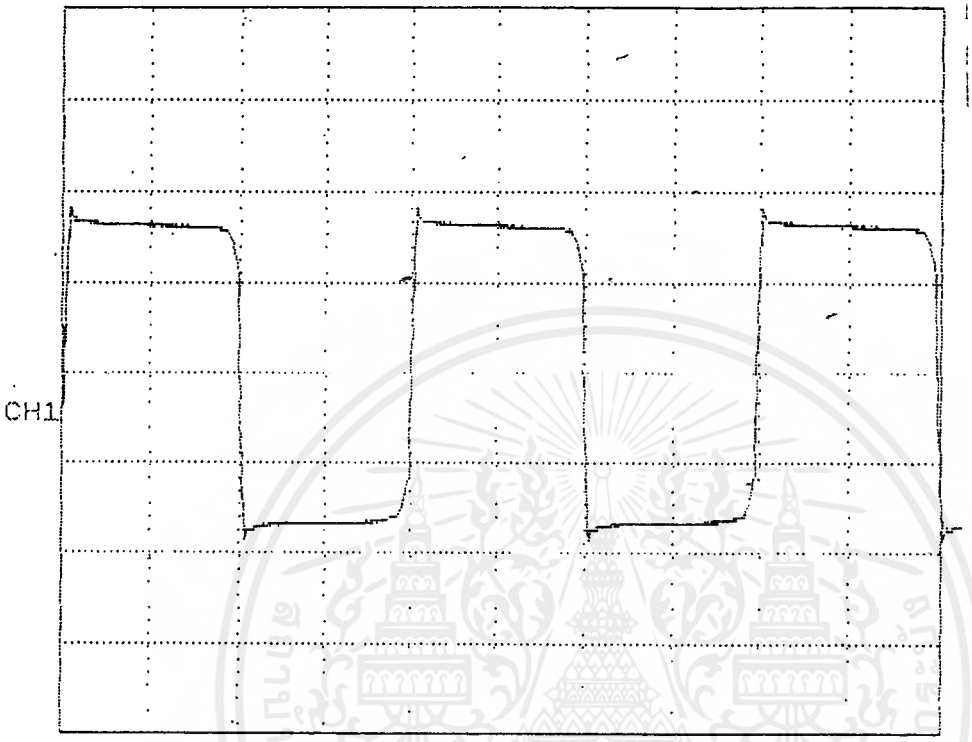
เมื่อเราป้อนสัญญาณ DTMF จากโทรศัพท์เข้าที่ขาอินพุท ของวงจรถอดรหัสความถี่ เราสามารถวัดเอาท์พุทได้ที่ขา 11,12,13 และ 14 สัญญาณที่ถอดรหัสได้นั้นจะแสดงเป็นรหัสไบนารี โดยรหัสไบนารีที่ได้นี้เราจะนำไปต่อเข้ากับส่วนของ CPU อีกทีหนึ่ง

4.6 ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก

จากวงจรรวม เมื่อสัญญาณเรียกจากสายนอกเข้ามายังตัว INTERFACE จะส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่ามีสายนอกต้องการติดต่อ INTERFACE จะแปลงสัญญาณจาก 2 WIRE ให้เป็น 4 WIRE ส่งต่อให้ ไอซี MH88524 เพื่อแปลงให้เป็น 2 WIRE ส่งต่อให้กับไอซีเบอร์ MT8804 เพื่อทำการตัดต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์ต่อไป ส่วนการเรียกออกสายนอกก็เช่นเดียวกัน เมื่อเครื่องลูกกดคีย์หมายเลข 9 เพื่อต้องการติดต่อสายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้แล้วควบคุมให้ไอซีเบอร์ MT8804 ต่อไปยังตัวINTERFACE เพื่อออกสายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากส่วนสร้างสัญญาณเรียก

จากรูปแสดงสัญญาณที่วัดได้จากภาคสร้างสัญญาณเรียก มีลักษณะเป็นสัญญาณพัลซ์โดย จากการคำนวนรูปคลื่นสัญญาณ

Volt/D = 50 V

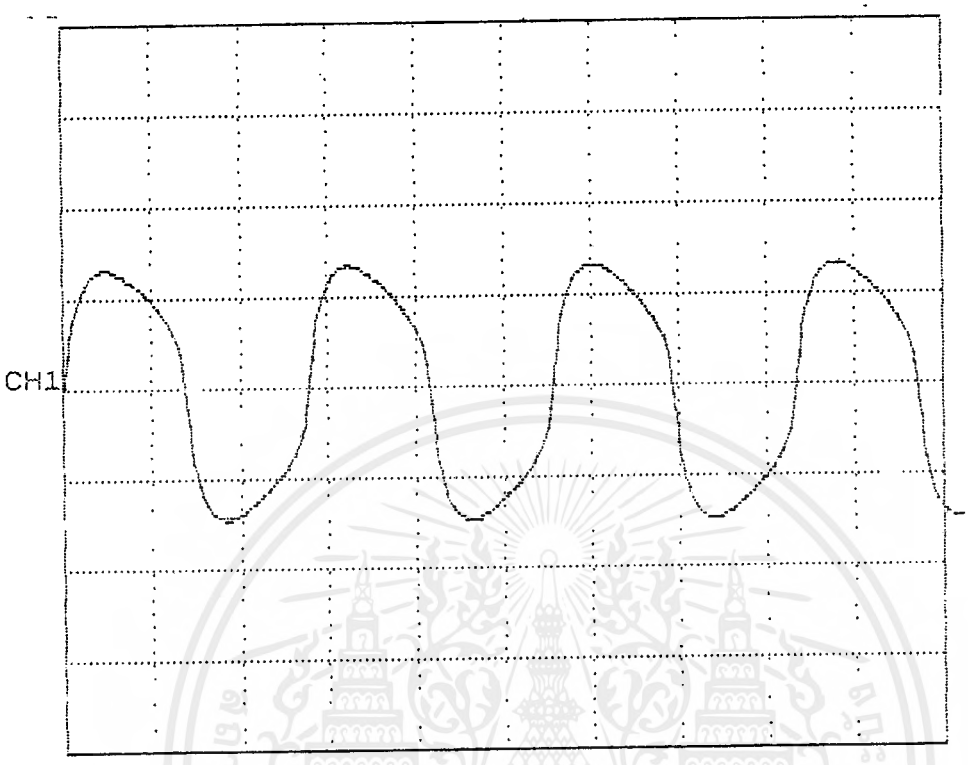
Time/D = 1 Khz

จากการวัดได้สัญญาณ

แรงดัน = 92 Vp-p

ความถี่ = 23 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณจากส่วนสร้างสัญญาณโทน

จากรูปสัญญาณที่ได้จากส่วนสร้างสัญญาณโทรศัพท์ โดยการใช้สโคปวัดสัญญาณที่ขา 3 ของIC เบอร์ MT 8804 ได้สัญญาณและคำนวนได้ดังนี้

Volt/D = 0.5 V

Time/D = 1 ms

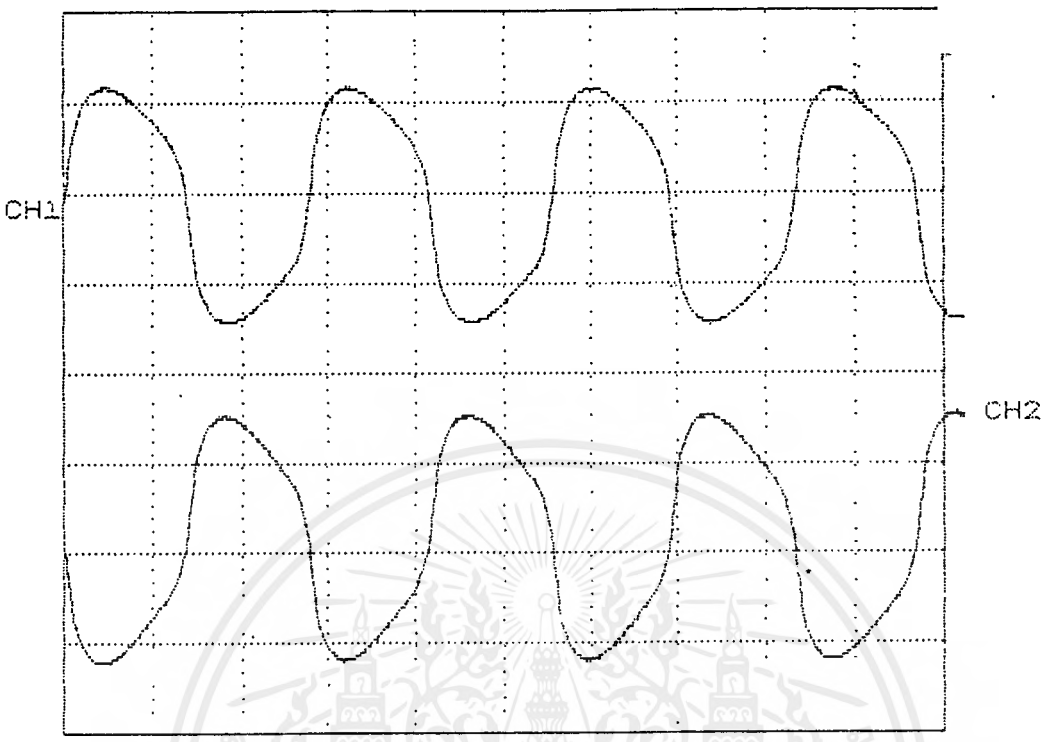
จากรูปคลื่นสัญญาณที่ได้มีค่าประมาณ

แรงดัน = 1.4V

ความถี่ = 380Hz

ส่วนสัญญาณไม่ว่าง(Busy Tone)และสัญญาณเรียกกลับ(Ring Back Tone) มีความถี่เดียวกันโดยใช้ภาคตัดต่อทำการตัดต่อได้ตามที่ต้องการวัดได้ที่ขา 2และ ขา 1 ของ MT8804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณของส่วนเชื่อมต่อสายนอก

จากรูปสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณที่ป้อนเข้าทางด้าน TIP และ RING เปรียบเทียบกับสัญญาณที่เอาท์พุทของส่วนเชื่อมต่อสายนอก ที่ขา 25 (Transmit Out) ของ IC MH 88632 โดยสัญญาณที่ CH1 เป็นอินพุท และสัญญาณที่ CH2 เป็นเอาท์พุท

CH1 Volt/D = 1V

Time/D = 1 ms

แรงดันที่วัดได้มีค่า = 2.3 Vp-p

ความถี่ที่วัดได้มีค่า = 357 Hz

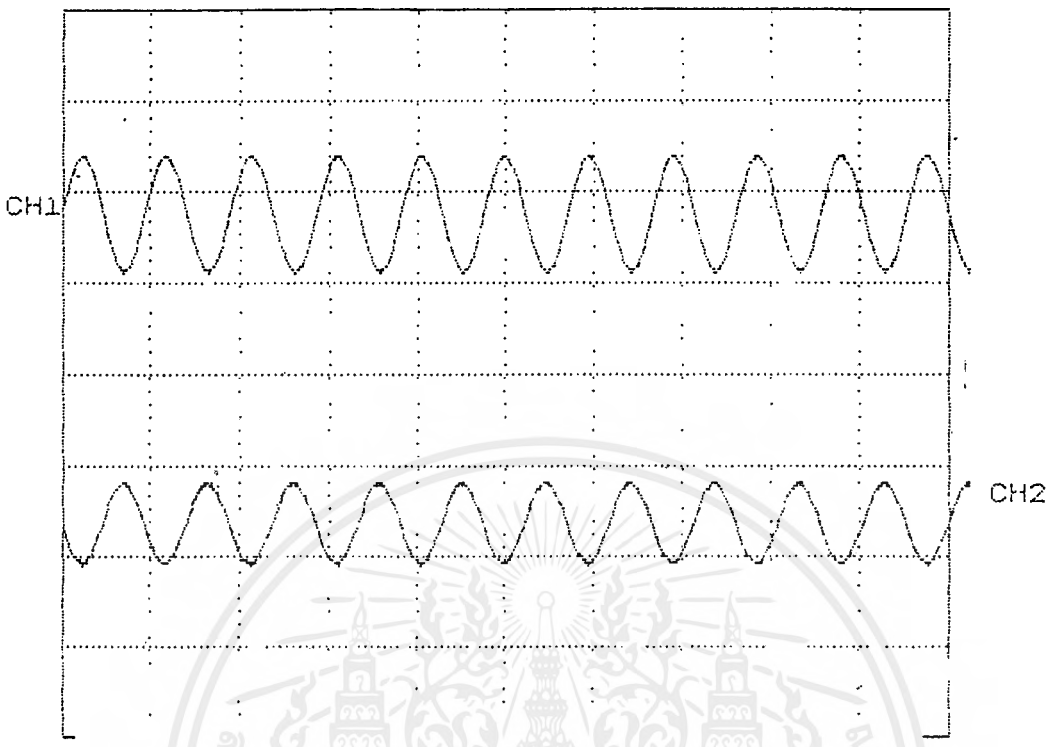
CH2 Volt/D = 1V

Time/D = 1ms

แรงดันที่วัดได้มีค่า = 2.3 Vp-p

ความถี่ที่วัดได้มีค่า = 357 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงผลการทดลองส่วนเชื่อมต่อสายในที่ความถี่ 1Khz

จากรูปสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณที่ป้อนเข้าทางด้าน TIP - RING เปรียบเทียบกับสัญญาณที่เอาท์พุทของส่วนเชื่อมต่อ Junctor (ขา16 MH 88500) โดยสัญญาณเอาท์พุทอยู่ที่ CH2 เทียบกับอินพุท ที่ CH1 เมื่ออินพุทมีความถี่ 1 khz

CH1 Volt/D = 2V

Time/D = 1ms

แรงดันที่วัดได้มีค่า = 3Vp-p

ความถี่ที่วัดได้มีค่า = 1KHz

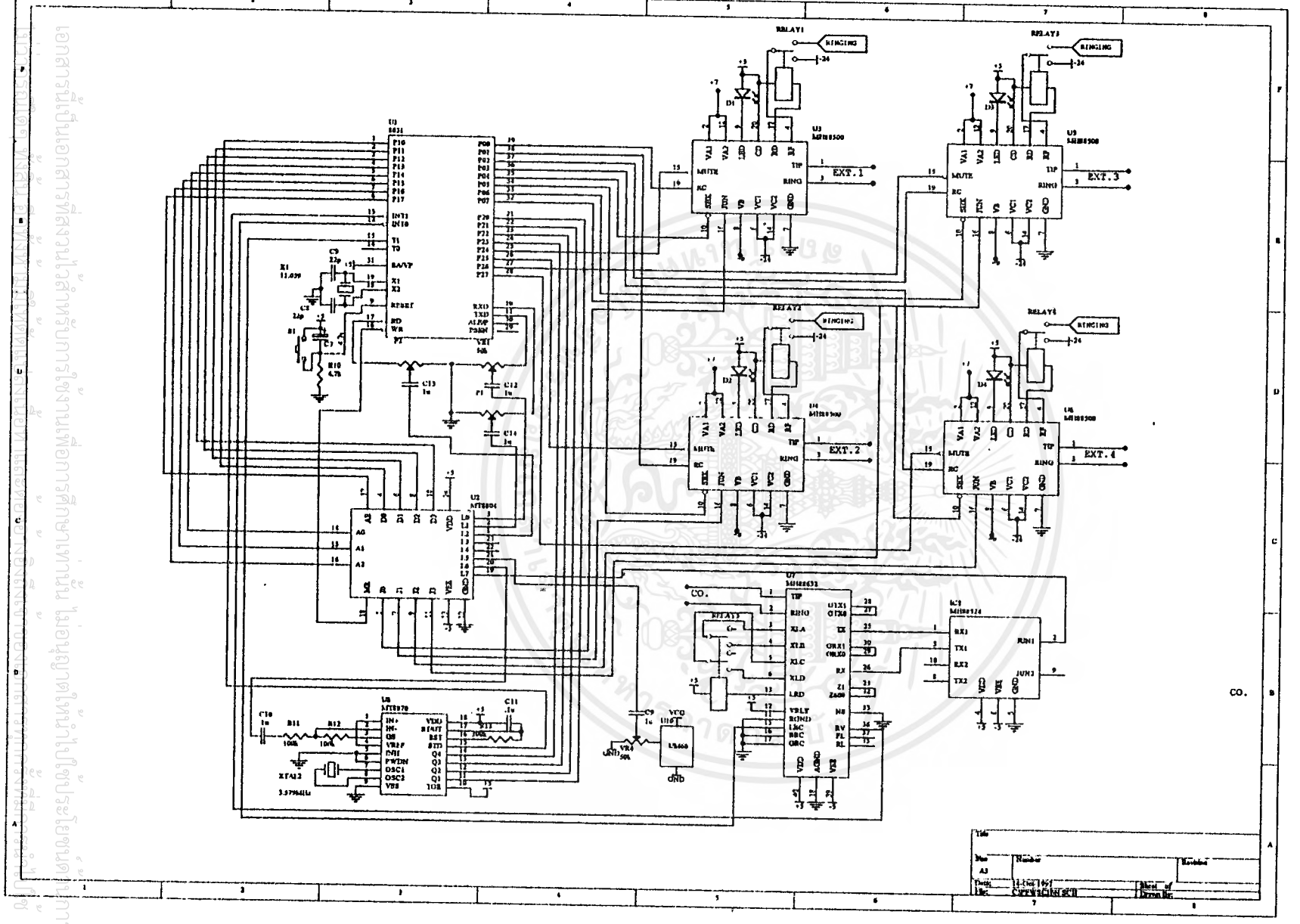
CH2 Volt/D = 1V

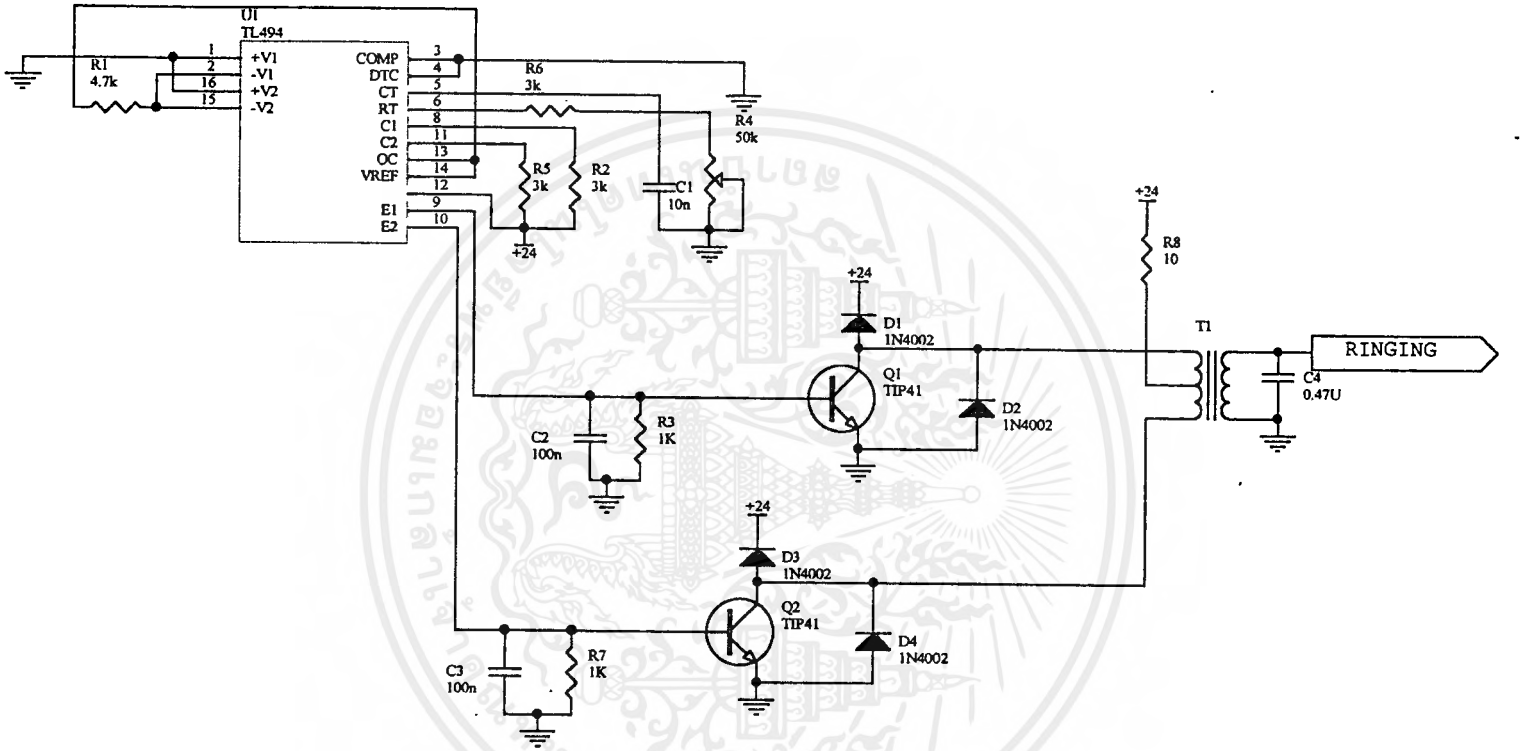
Time/D = 1ms

แรงดันที่วัดได้มีค่า = 0.8Vp-p

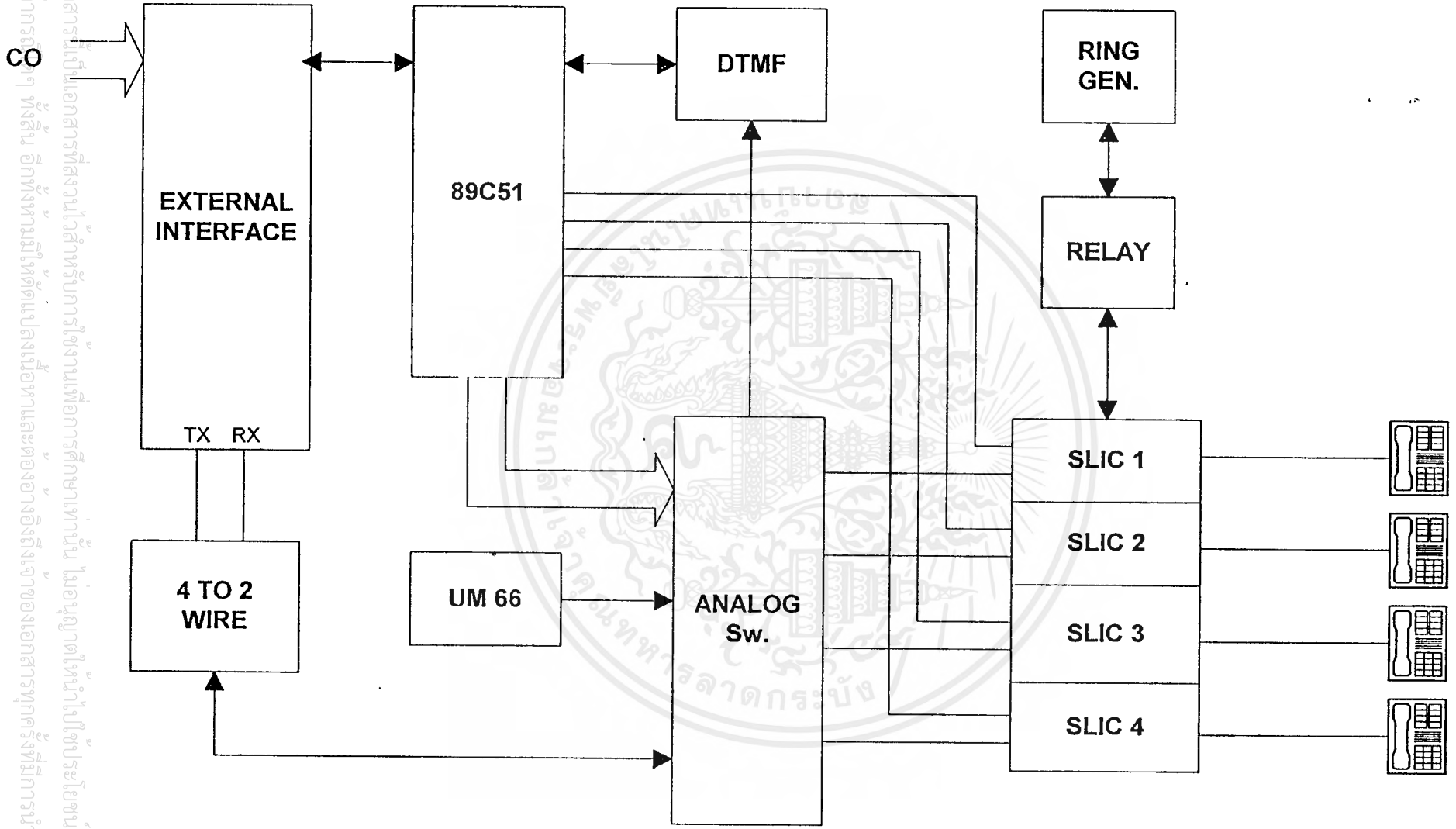
ถี่ที่วัดได้มีความค่า = 1KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


RELAY1
RELAY3
RELAY2
RELAY4
RINGING
EXT.1
EXT.3
EXT.2
EXT.4
CO.
RELAY
VCO
GND



Title			
Size: A4	Number		Revision
Date:	27-Oct-1997	Sheet of	
File:	C:\PROTEL\SCH\RINGING.S01	Drawn By:	



BLOCK DIAGRAM

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่ได้สร้างขึ้นนี้ ใช้ทางผ่านของสัญญาณเสียง (SPEECH PATH)แบบเมทริกร์ สวิทซ์หรือ อนาล็อก สวิทซ์ ใช้ไอซีเบอร์ MT 8804 และควบคุมการตัดต่อด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพท์เครื่องนี้สามารถทำงานได้ตามต้องการ แต่เกิดปัญหาต่างๆดังนี้

1. เสียงพูดที่ได้ยังมีสัญญาณรบกวน
2. การตัดต่อกันระหว่างเครื่องลูกกับสายนอกยังมีปัญหาที่สัญญาณเรียกเข้า

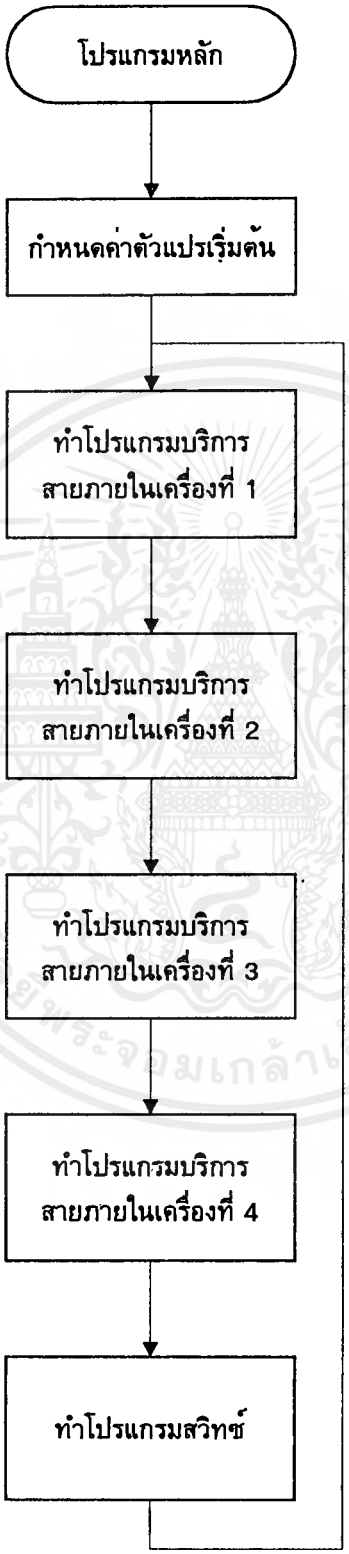
แนวทางการพัฒนา

1. ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ ควรจะเปลี่ยนเป็น SWICHING SUPPLY
2. ส่วนของวงจร RINGING SIGNAL จะต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นเพื่อลดสัญญาณรบกวนระหว่างคู่สาย

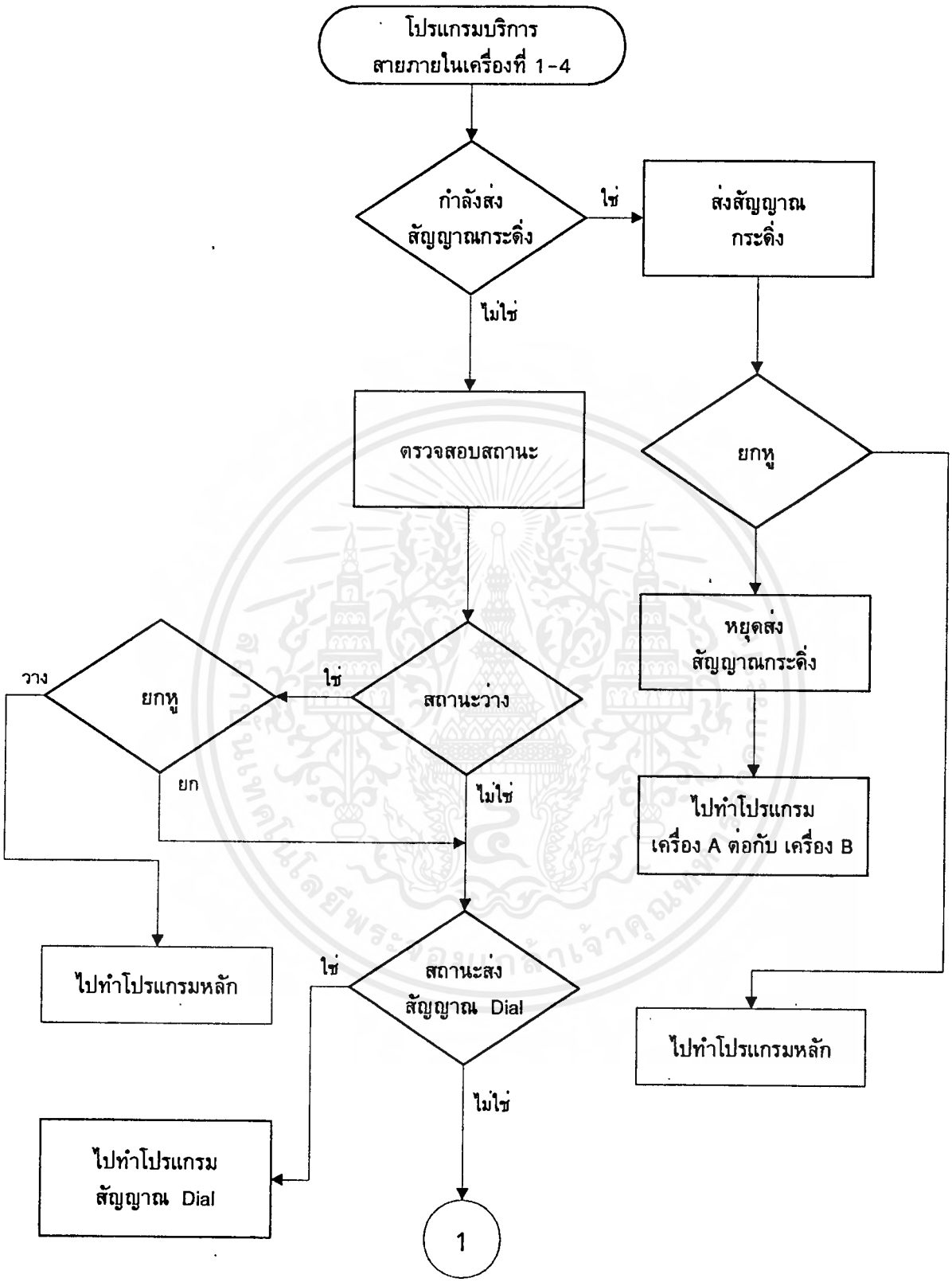
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

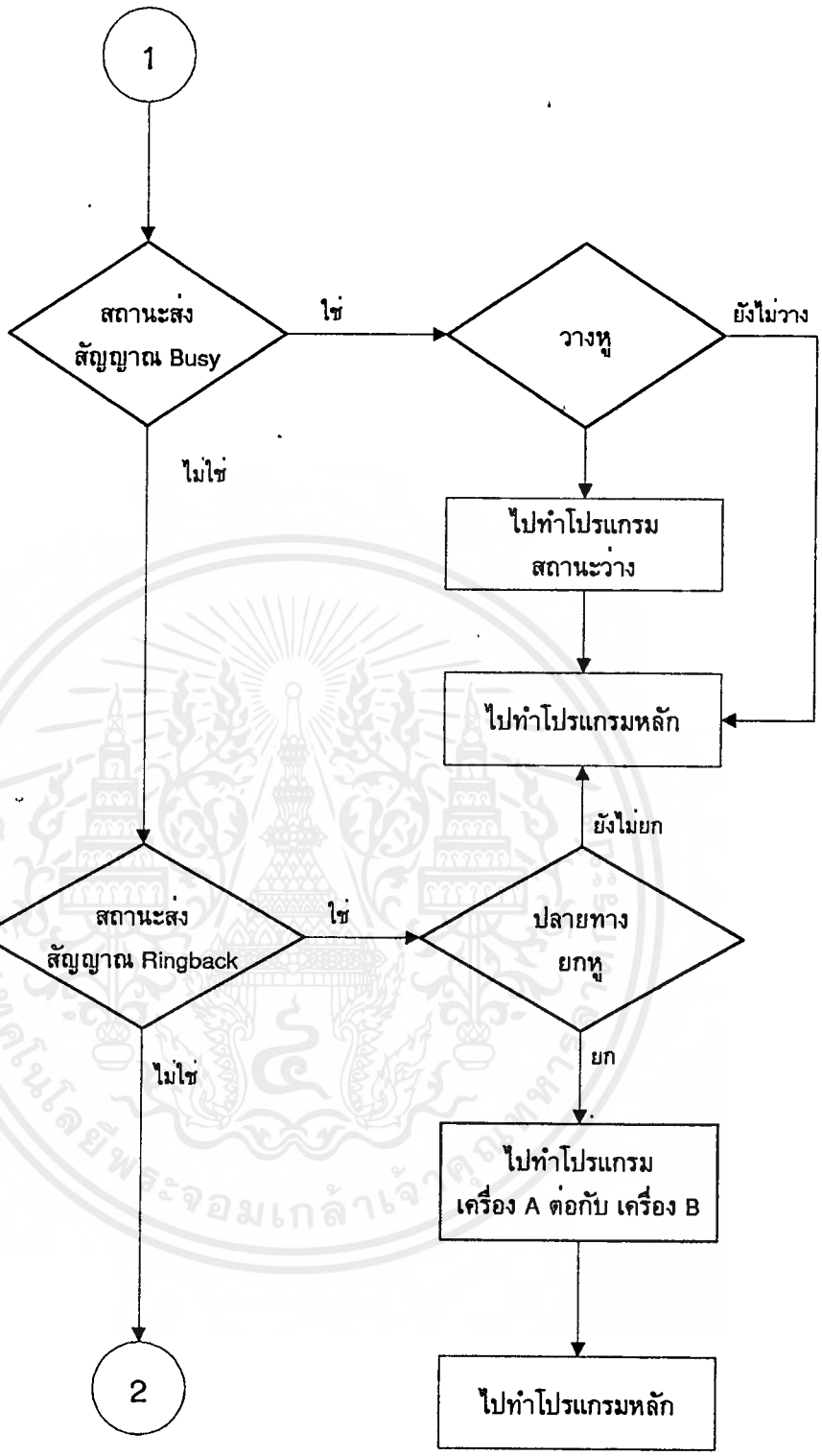
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



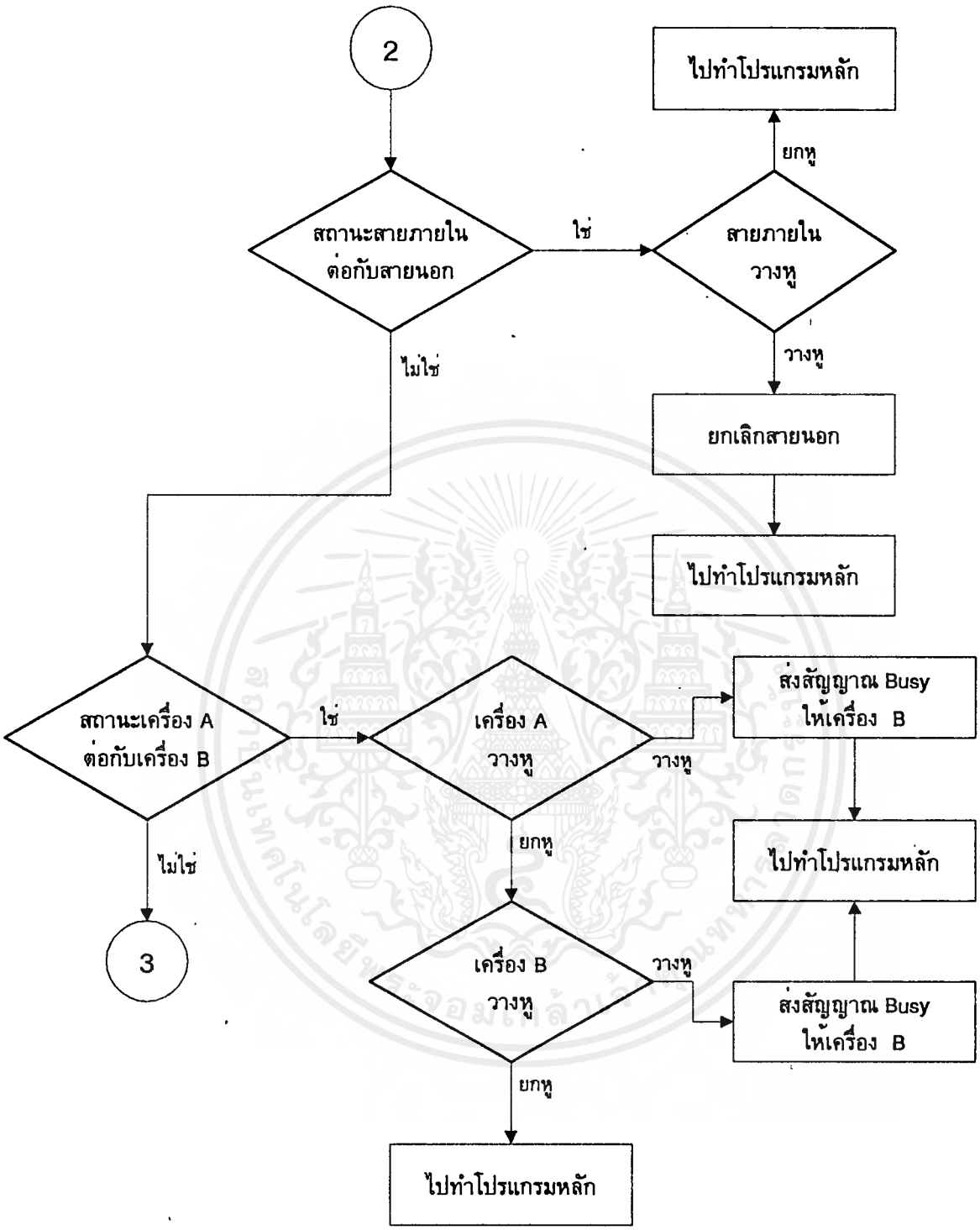
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



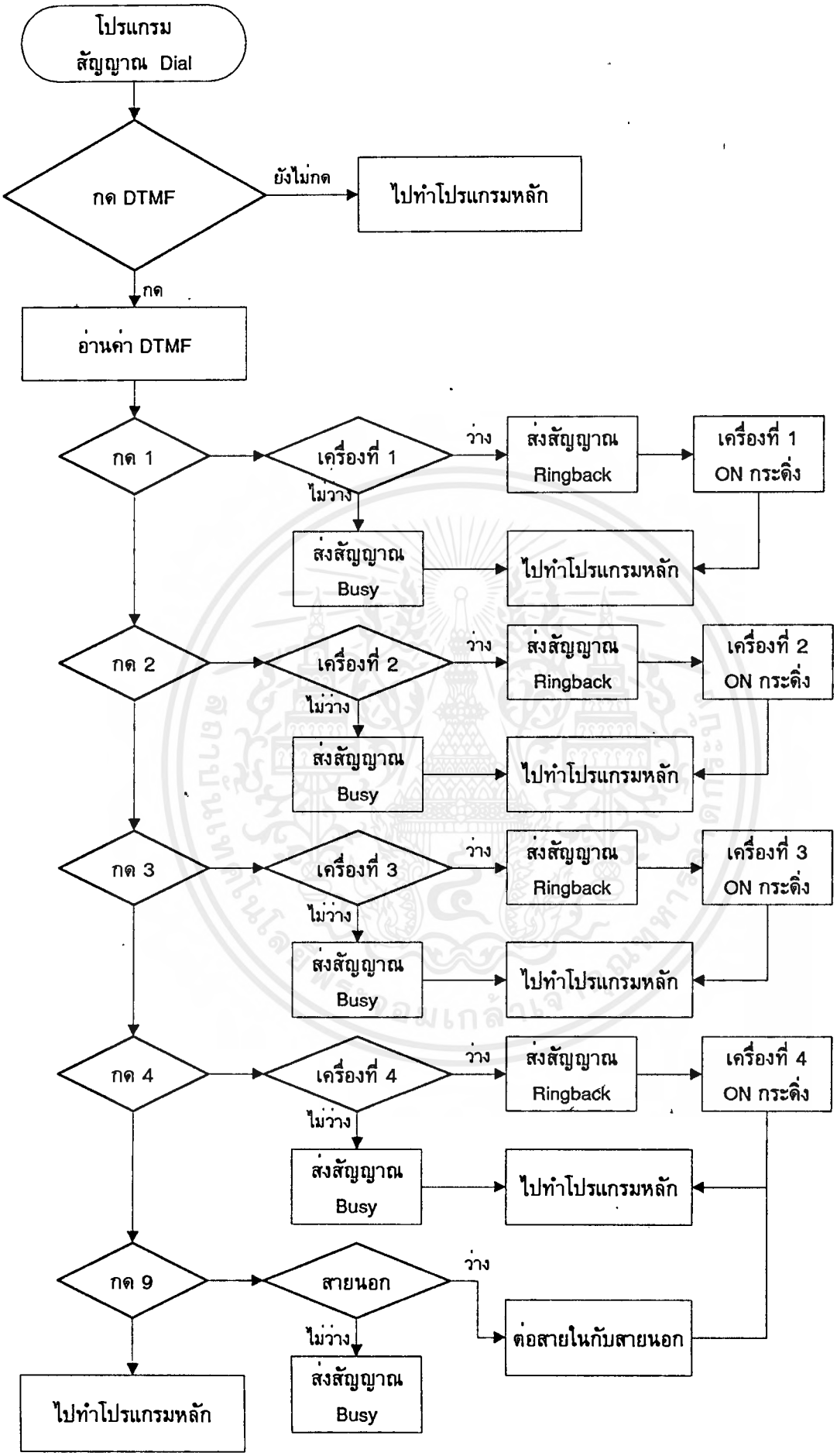
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



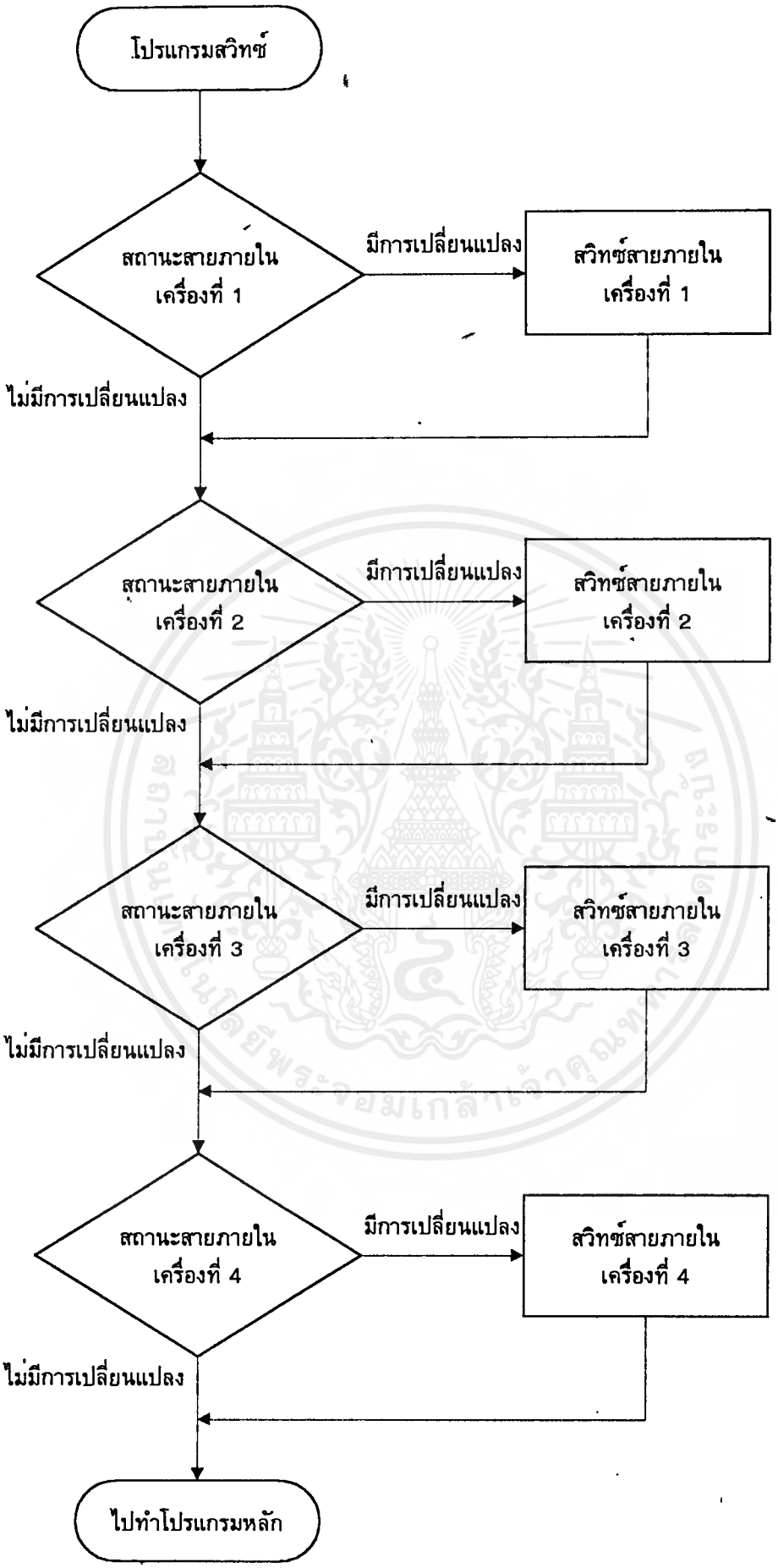
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************** VARIBBLE ***************

RC1         EQU     P0.0
RC2         EQU     P0.1
RC3         EQU     P0.2
RC4         EQU     P0.3
SHK1        EQU     P0.4
SHK2        EQU     P0.5
SHK3        EQU     P0.6
SHK4        EQU     P0.7
D0          EQU     P1.0
D1          EQU     P1.1
D2          EQU     P1.2
D3          EQU     P1.3
A0          EQU     P1.4
A1          EQU     P1.5
A2          EQU     P1.6
AE          EQU     P1.7
DIAL_T      EQU     P3.0
RINGBACK_T  EQU     P3.7
BUSY_T      EQU     P3.1
STDTMF      EQU     P3.3
RING_D      EQU     P3.2
CO_CON      EQU     P3.5
MR          EQU     P3.6
MUTE1       EQU     P2.4
MUTE2       EQU     P2.5
MUTE3       EQU     P2.6
MUTE4       EQU     P2.7
DATA_EXT1   EQU     00000001B
DATA_EXT2   EQU     00000010B
DATA_EXT3   EQU     00000100B
DATA_EXT4   EQU     00001000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************* INTERNAL ***************
        ORG     0000H
        DS      8
SYSSTK:     DS      24
SYSFAG:     DS      16
DIAL_FAG    EQU     00H
BUSY_FAG    EQU     01H
RING_I_FAG  EQU     02H
RING_E_FAG  EQU     03H
EXT1BUSY    EQU     04H
EXT2BUSY    EQU     05H
EXT3BUSY    EQU     06H
EXT4BUSY    EQU     07H
TD_FAG      EQU     08H
DTMF_BUSY   EQU     09H
ADD1        EQU     0AH
ADD2        EQU     0BH
ADD3        EQU     0CH
DTMF_FULL   EQU     0DH
CO_BUSY     EQU     0EH
E1RINGE2    EQU     0FH
E1RINGE3    EQU     010H
E1RINGE4    EQU     011H
E1RINGCO    EQU     012H
E2RINGE1    EQU     013H
E2RINGE3    EQU     014H
E2RINGE4    EQU     015H
E2RINGCO    EQU     016H
E3RINGE1    EQU     017H
E3RINGE2    EQU     018H
E3RINGE4    EQU     019H
E3RINGCO    EQU     01AH
E4RINGE1    EQU     01BH
E4RINGE2    EQU     01CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E4RINGE3    EQU    01DH
E4RINGCO    EQU    01EH
COCOUNT     EQU    01FH
COCOUNT_E   EQU    020H

T1COUNT:    DS     1
DIAL_COUNT: DS     1
BUSY_COUNT1: DS    1
BUSY_COUNT2: DS    1
RING_IC1:   DS     1
RING_IC1_BUF: DS   1
RING_IC2:   DS     1
RING_IC:    DS     1
RING_EC1:   DS     1
RING_EC1_BUF: DS   1
RING_EC2:   DS     1
RING_EC:    DS     1
ADD_BUF:    DS     1
DATA_BUF:   DS     1
ST_EXT1:    DS     1
ST_EXT2:    DS     1
ST_EXT3:    DS     1
ST_EXT4:    DS     1
ST_CO:      DS     1
ST_DTMF:    DS     1
RES1:       DS     1
RES2:       DS     1
RES3:       DS     1
RES4:       DS     1
CO_C1:      DS     1
CO_C2:      DS     1
ENDINT:

            ORG    0000H
            LJMP   MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORG     000BH
        LJMP    TD
        ORG     0013H
        LJMP    DTMF_INT
        ORG     001BH



        ORG     0040H
MAIN:
        LCALL    POWER_UP
        MOV     TMOD,#00000010B

        SETB    ET0
        ; SETB   IT1  ;;;;;
        ; SETB   EX1

        MOV     TL0,#-250
        MOV     TH0,#-250
        MOV     R7,#05H
        MOV     TL1,#-250
        MOV     TH1,#-250
        MOV     T1COUNT,#1
        SETB    TR0
        MOV     DIAL_COUNT,#00H
        MOV     BUSY_COUNT1,#00H
        MOV     BUSY_COUNT2,#00H
        MOV     RING_IC,#00H
        MOV     RING_IC1,#00
        MOV     RING_IC1_BUF,#00
        MOV     RING_IC2,#00
        MOV     RING_EC,#00
        MOV     RING_EC1,#00
        MOV     RING_EC2,#00
        CLR     RC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CLR     RC2
CLR     RC3
CLR     RC4
CLR     MUTE1
CLR     MUTE2
CLR     MUTE3
CLR     MUTE4
SETB    CO_CON
CLR     DIAL_FAG
CLR     CO_BUSY
SETB    MR
LCALL   POWER_UP
CLR     MR
MOV     ST_EXT1,#00110001B
MOV     ST_EXT2,#00110010B
MOV     ST_EXT3,#00110100B
MOV     ST_EXT4,#00111000B
MOV     ST_DTMF,#00
MOV     R1,#00110001B
MOV     R2,#00110010B
MOV     R3,#00110100B
MOV     R4,#00111000B
MOV     R5,#00H
CLR     DTMF_FULL
CLR     CO_BUSY
CLR     E1RINGE2
CLR     E1RINGE3
CLR     E1RINGE4
CLR     E1RINGCO
CLR     E2RINGE1
CLR     E2RINGE3
CLR     E2RINGE4
CLR     E2RINGCO
CLR     E3RINGE1
CLR     E3RINGE2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     E3RINGE4
        CLR     E3RINGCO
        CLR     E4RINGE1
        CLR     E4RINGE2
        CLR     E4RINGE3
        CLR     E4RINGCO
        CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        SETB    EA
MAIN1:
        LCALL   EXT1
        LCALL   EXT2
        LCALL   EXT3
        LCALL   EXT4
;       LCALL   CO
        LCALL   SW_SER
        LJMP    MAIN1

SW_SER:
        MOV     A,ST_EXT1
        XRL     A,R1            ;R1 SAME A = 00
        JNZ     SW1
        MOV     A,ST_EXT2
        XRL     A,R2
        JNZ     SW1
        MOV     A,ST_EXT3
        XRL     A,R3
        JNZ     SW1
        MOV     A,ST_EXT4
        XRL     A,R4
        JNZ     SW1
SW_SER_OUT: RET

SW1:
        SETB    MR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        CLR     MR
        NOP
        MOV     P1,R4
        NOP
        SETB    AE
        NOP
        CLR     AE
        NOP
        MOV     P1,R3
        NOP
        SETB    AE
        NOP
        CLR     AE
        NOP
        MOV     P1,R2
        NOP
        SETB    AE
        NOP
        CLR     AE
        NOP
        MOV     P1,R1
        NOP
        SETB    AE
        NOP
        CLR     AE
        MOV     ST_EXT1,R1
        MOV     ST_EXT2,R2
        MOV     ST_EXT3,R3
        MOV     ST_EXT4,R4
        LJMP    SW_SER_OUT

CO:     JB      CO_BUSY,CO_OUT
        MOV     A,R5
        CJNE    A,#00H,$+6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    CO_IDLE
        CJNE    A,#01H,$+6
        LJMP    CO_CALL_E1
        CJNE    A,#02H,$+6
        LJMP    CO_CALL_E2
        CJNE    A,#03H,$+6
        LJMP    CO_CALL_E3
        CJNE    A,#04H,$+6
        LJMP    CO_CALL_E4

CO_OUT:     RET

CO_IDLE:
        JB      P3.2,CO_IDLE_E
        MOV     A,R1
        CJNE    A,#00110001B,CO2
        SETB    E1RINGCO
        MOV     R5,#01H
        LJMP    CO_OUT
CO2:      MOV     A,R2
        CJNE    A,#00110010B,CO3
        SETB    E2RINGCO
        MOV     R5,#02H
        LJMP    CO_OUT
CO3:      MOV     A,R3
        CJNE    A,#00110100B,CO4
        SETB    E3RINGCO
        MOV     R5,#03H
        LJMP    CO_OUT
CO4:      MOV     A,R4
        CJNE    A,#00111000B,CO5
        SETB    E4RINGCO
        MOV     R5,#04H
        LJMP    CO_OUT
CO5:      MOV     R5,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    CO_OUT

CO_IDLE_E:  MOV     R5,#00H
        LJMP    CO_OUT

CO_CALL_E1:
        JB      P3.2,COE1   ;;;;
        MOV     CO_C1,#250
        MOV     CO_C2,#5
        CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        LJMP    CO_OUT
COE1:       SETB    COCOUNT
        JB      COCOUNT_E,COE1_E
        LJMP    CO_OUT
COE1_E:     CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        CLR     E1RINGCO
        MOV     R5,#00H
        LJMP    CO_OUT

CO_CALL_E2:
        JB      P3.2,COE2
        MOV     CO_C1,#250
        MOV     CO_C2,#5
        CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        LJMP    CO_OUT
COE2:       SETB    COCOUNT
        JB      COCOUNT_E,COE1_E
        LJMP    CO_OUT
COE2_E:     CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        CLR     E2RINGCO
        MOV     R5,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    CO_OUT
CO_CALL_E3:
        JB      P3.2,COE3
        MOV     CO_C1,#250
        MOV     CO_C2,#5
        CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        LJMP    CO_OUT
COE3:   SETB    COCOUNT
        JB      COCOUNT_E,COE1_E
        LJMP    CO_OUT
COE3_E: CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        CLR     E3RINGCO
        MOV     R5,#00H
        LJMP    CO_OUT
CO_CALL_E4:
        JB      P3.2,COE4
        MOV     CO_C1,#250
        MOV     CO_C2,#5
        CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        LJMP    CO_OUT
COE4:   SETB    COCOUNT
        JB      COCOUNT_E.COE1_E
        LJMP    CO_OUT
COE4_E: CLR     COCOUNT
        CLR     COCOUNT_E
        CLR     E4RINGCO
        MOV     R5,#00H
        LJMP    CO_OUT

EXT1:
        JNB     E1RINGE2,E1_1
        LJMP    EXT1_B_EXT2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E1_1:     JNB     E1RINGE3,E1_2
          LJMP    EXT1_B_EXT3
E1_2:     JNB     E1RINGE4,E1_3
          LJMP    EXT1_B_EXT4
E1_3:     JNB     E1RINGCO,E1_4
          LJMP    EXT1_B_CO
E1_4:     MOV     A,R1
          CJNE    A,#00110001B,$+6
          LJMP    EXT1_IDLE
          CJNE    A,#00000001B,$+6
          LJMP    EXT1_DIAL
          CJNE    A,#00010001B,$+6
          LJMP    EXT1_BUSY
          CJNE    A,#00100001B,$+6
          LJMP    EXT1_RINGBACK
          CJNE    A,#01110001B,$+6
          LJMP    EXT1_CO
          CJNE    A,#01010011B,$+6      ;COSS TRNK 1
          LJMP    EXT1_EXT2
          CJNE    A,#01010101B,$+6
          LJMP    EXT1_EXT3
          CJNE    A,#01011001B,$+6
          LJMP    EXT1_EXT4

OUT1:     RET
EXT1_IDLE:                              ;
          JNB     SHK1,EXT1_DIAL
          MOV     R1,#00110001B
          LJMP    OUT1
EXT1_DIAL:
          JB      P3.3,DTMF1
          MOV     R1,#00000001B
          JB      SHK1,EXT1_IDLE
          LJMP    OUT1
DTMF1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,P2
        ANL     A,#00001111B
        CJNE    A,#002H,$+6
        LJMP    E1_CH_E2
        CJNE    A,#003H,$+6
        LJMP    E1_CH_E3
        CJNE    A,#004H,$+6
        LJMP    E1_CH_E4
        CJNE    A,#009H,$+6
        LJMP    E1_CH_CO
        MOV     R1,#00010001B       ;COSS BUSY
        LJMP    OUT1
EXT1_BUSY:
        JB      SHK1,EXT1_BUSY_OUT
        MOV     R1,#00010001B
        LJMP    OUT1
EXT1_BUSY_OUT:
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1

EXT1_RINGBACK:
        JB      SHK1,EXT1_RINGBACK_OUT
        MOV     R1,#00100001B       ;;;
        LJMP    OUT1                ;;;

EXT1_RINGBACK_OUT:
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
EXT1_CO:
        JB      SHK1,E1_CO_OFF
        MOV     R1,#01110001B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT1
E1_CO_OFF:  CLR     CO_BUSY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     CO_CON
        MOV     R5,#00H
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
EXT1_EXT2:
        JB      SHK1,E1E2_1
        JB      SHK2,E1E2_2
        MOV     R1,#01010011B
        MOV     R2,#01010011B
        LJMP    OUT1
E1E2_1:  MOV    R2,#00010010B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
E1E2_2:  MOV    R1,#00010001B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT1
EXT1_EXT3:
        JB      SHK1,E1E3_1
        JB      SHK3,E1E3_2
        MOV     R1,#01010101B
        MOV     R3,#01010101B
        LJMP    OUT1
E1E3_1:  MOV    R3,#00010100B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
E1E3_2:  MOV    R1,#00010001B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT1
EXT1_EXT4:
        JB      SHK1,E1E4_1
        JB      SHK4,E1E4_2
        MOV     R1,#01011001B
        MOV     R4,#01011001B
        LJMP    OUT1
E1E4_1:  MOV    R4,#00011000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
E1E4_2:  MOV    R1,#00010001B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT1
EXT1_B_EXT2:
        JB      SHK1,E1_B_E2
        CLR     RC1
        CLR     E1RINGE2
        MOV     R1,#01010011B
        MOV     R2,#01010011B
        LJMP    OUT1
E1_B_E2:  JB     SHK2,E1_B_E2_1  ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC1,C
        MOV     R2,#00100010B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
E1_B_E2_1:  CLR    RC1
        CLR     E1RINGE2
        MOV     R1,#00110001B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT1

EXT1_B_EXT3:
        JB      SHK1,E1_B_E3
        CLR     RC1
        CLR     E1RINGE3
        MOV     R1,#01010101B
        MOV     R3,#01010101B
        LJMP    OUT1
E1_B_E3:  JB     SHK3,E1_B_E3_1  ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC1,C
        MOV     R3,#00100100B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
E1_B_E3_1:  CLR     RC1
        CLR     E1RINGE3
        MOV     R1,#00110001B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT1

EXT1_B_EXT4:
        JB      SHK1,E1_B_E4
        CLR     RC1
        CLR     E1RINGE4
        MOV     R1,#01011001B
        MOV     R4,#01011001B
        LJMP    OUT1
E1_B_E4:    JB      SHK4,E1_B_E4_1   ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC1,C
        MOV     R4,#00101000B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT1
E1_B_E4_1:  CLR     RC1
        CLR     E1RINGE4
        MOV     R1,#00110001B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT1

EXT1_B_CO:
        JB      SHK1,E1_B_CO
        CLR     RC1
        CLR     E1RINGCO
        MOV     R1,#01110001B
        LJMP    OUT1
E1_B_CO:    MOV     C,RING_E_FAG
        MOV     RC1,C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB    E1RINGCO
        LJMP    OUT1


E1_CH_E2:
        MOV     A,R2
        CJNE    A,#00110010B,E1_CH_E2_BUSY
        MOV     R1,#00100001B
        SETB    E2RINGE1
        LJMP    OUT1
E1_CH_E2_BUSY:
        MOV     R1,#00010001B
        LJMP    OUT1

E1_CH_E3:
        MOV     A,R3
        CJNE    A,#00110100B,E1_CH_E3_BUSY
        MOV     R1,#00100001B
        SETB    E3RINGE1
        LJMP    OUT1
E1_CH_E3_BUSY:
        MOV     R1,#00010001B
        LJMP    OUT1

E1_CH_E4:
        MOV     A,R4
        CJNE    A,#00111000B,E1_CH_E4_BUSY
        MOV     R1,#00100001B
        SETB    E4RINGE1
        LJMP    OUT1
E1_CH_E4_BUSY:
        MOV     R1,#00010001B
        LJMP    OUT1
E1_CH_CO:
        JB      CO_BUSY,E1_CO_BUSY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R1,#01110001B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT1
E1_CO_BUSY: MOV     R1,#00010001B
        LJMP    OUT1


EXT2:
        JNB     E2RINGE1,E2_1
        LJMP    EXT2_B_EXT1
E2_1:     JNB     E2RINGE3,E2_2
        LJMP    EXT2_B_EXT3
E2_2:     JNB     E2RINGE4,E2_3
        LJMP    EXT2_B_EXT4
E2_3:     JNB     E2RINGCO,E2_4
        LJMP    EXT2_B_CO
E2_4:     MOV     A,R2
        CJNE    A,#00110010B,S+6
        LJMP    EXT2_IDLE
        CJNE    A,#00000010B,S+6
        LJMP    EXT2_DIAL
        CJNE    A,#00010010B,S+6
        LJMP    EXT2_BUSY
        CJNE    A,#00100010B,S+6
        LJMP    EXT2_RINGBACK
        CJNE    A,#01110010B,S+6
        LJMP    EXT2_CO
        CJNE    A,#01010011B,S+6        ;COSS TRNK 1
        LJMP    EXT2_EXT1
        CJNE    A,#01010110B,S+6
        LJMP    EXT2_EXT3
        CJNE    A,#01011010B,S+6
        LJMP    EXT2_EXT4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OUT2:       RET
EXT2_IDLE:                          ;
            JNB     SHK2,EXT2_DIAL
            MOV     R2,#00110010B
            LJMP    OUT2
EXT2_DIAL:
            JB      P3.3,DTMF2
            MOV     R2,#00000010B
            JB      SHK2,EXT2_IDLE
            LJMP    OUT2
DTMF2:
            MOV     A,P2
            ANL     A,#00001111B
            CJNE    A,#001H,$+6
            LJMP    E2_CH_E1
            CJNE    A,#003H,$+6
            LJMP    E2_CH_E3
            CJNE    A,#004H,$+6
            LJMP    E2_CH_E4
            CJNE    A,#009H,$+6
            LJMP    E2_CH_CO
            MOV     R2,#00010010B       ;COSS BUSY
            LJMP    OUT2
EXT2_BUSY:
            JB      SHK2,EXT2_BUSY_OUT
            MOV     R2,#00010010B
            LJMP    OUT2
EXT2_BUSY_OUT:
            MOV     R2,#00110010B
            LJMP    OUT2

EXT2_RINGBACK:
            JB      SHK2,EXT2_RINGBACK_OUT
            MOV     R2,#00100010B       ;;;
            LJMP    OUT2                ;;;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EXT2_RINGBACK_OUT:
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2

EXT2_CO:
        JB      SHK2,E2_CO_OFF
        MOV     R2,#01110010B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT2
E2_CO_OFF:  CLR     CO_BUSY
        CLR     CO_CON
        MOV     R5,#00H
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
EXT2_EXT1:
        JB      SHK2,E2E1_1
        JB      SHK1,E2E1_2
        MOV     R2,#01010011B
        MOV     R1,#01010011B
        LJMP    OUT2
E2E1_1:     MOV     R1,#00010001B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
E2E1_2:     MOV     R2,#00010010B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT2
EXT2_EXT3:
        JB      SHK2,E2E3_1
        JB      SHK3,E2E3_2
        MOV     R2,#01010110B
        MOV     R3,#01010110B
        LJMP    OUT2
E2E3_1:     MOV     R3,#00010100B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
E2E3_2:     MOV     R2,#00010010B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT2
EXT2_EXT4:
        JB      SHK2,E2E4_1
        JB      SHK4,E2E4_2
        MOV     R2,#01011010B
        MOV     R4,#01011010B
        LJMP    OUT2
E2E4_1:     MOV     R4,#00011000B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
E2E4_2:     MOV     R2,#00010010B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT2


EXT2_B_EXT1:
        JB      SHK2,E2_B_E1
        CLR     RC2
        CLR     E2RINGE1
        MOV     R2,#01010011B
        MOV     R1,#01010011B
        LJMP    OUT2
E2_B_E1:    JB      SHK1,E2_B_E1_1   ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC2,C
        MOV     R1,#00100001B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
E2_B_E1_1:  CLR     RC2
        CLR     E2RINGE1
        MOV     R2,#00110010B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT2

EXT2_B_EXT3:
        JB      SHK2,E2_B_E3
        CLR     RC2
        CLR     E2RINGE3
        MOV     R2,#01010110B
        MOV     R3,#01010110B
        LJMP    OUT2
E2_B_E3:    JB      SHK3,E2_B_E3_1   ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC2,C
        MOV     R3,#00100100B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
E2_B_E3_1:  CLR     RC2
        CLR     E2RINGE3
        MOV     R2,#00110010B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT2

EXT2_B_EXT4:
        JB      SHK2,E2_B_E4
        CLR     RC2
        CLR     E2RINGE4
        MOV     R2,#01011010B
        MOV     R4,#01011010B
        LJMP    OUT2
E2_B_E4:    JB      SHK4,E2_B_E4_1   ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC2,C
        MOV     R4,#00101000B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E2_B_E4_1:  CLR     RC2
            CLR     E2RINGE4
            MOV     R2,#00110010B
            MOV     R4,#00111000B
            LJMP    OUT2

EXT2_B_CO:
            JB      SHK2;E2_B_CO
            CLR     RC2
            CLR     E2RINGCO
            MOV     R2,#01110010B
            LJMP    OUT2
E2_B_CO:    MOV     C,RING_E_FAG
            MOV     RC2,C
            SETB    E2RINGCO
            LJMP    OUT2


E2_CH_E1:
            MOV     A,R1
            CJNE    A,#00110001B,E2_CH_E1_BUSY
            MOV     R2,#00100010B
            SETB    E1RINGE2
            LJMP    OUT2
E2_CH_E1_BUSY:
            MOV     R2,#00010010B
            LJMP    OUT2


E2_CH_E3:
            MOV     A,R3
            CJNE    A,#00110100B,E2_CH_E3_BUSY
            MOV     R2,#00100010B
            SETB    E3RINGE2
            LJMP    OUT2
E2_CH_E3_BUSY:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R2,#00010010B
        LJMP    OUT2

E2_CH_E4:
        MOV     A,R4
        CJNE    A,#00111000B,E2_CH_E4_BUSY
        MOV     R2,#00100010B
        SETB    E4RINGE2
        LJMP    OUT2
E2_CH_E4_BUSY:
        MOV     R2,#00010010B
        LJMP    OUT2
E2_CH_CO:
        JB      CO_BUSY,E2_CO_BUSY
        MOV     R2,#01110010B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT2
E2_CO_BUSY:  MOV     R2,#00010010B
        LJMP    OUT2



EXT3:
        JNB     E3RINGE1,E3_1
        LJMP    EXT3_B_EXT1
E3_1:     JNB     E3RINGE2,E3_2
        LJMP    EXT3_B_EXT2
E3_2:     JNB     E3RINGE4,E3_3
        LJMP    EXT3_B_EXT4
E3_3:     JNB     E3RINGCO,E3_4
        LJMP    EXT3_B_CO
E3_4:
        MOV     A,R3
        CJNE    A,#00110100B,S+6
        LJMP    EXT3_IDLE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#00000100B,$+6
        LJMP    EXT3_DIAL
        CJNE    A,#00010100B,$+6
        LJMP    EXT3_BUSY
        CJNE    A,#00100100B,$+6
        LJMP    EXT3_RINGBACK
        CJNE    A,#01110100B,$+6
        LJMP    EXT3_CO
        CJNE    A,#01010101B,$+6        ;COSS TRNK 1
        LJMP    EXT3_EXT1
        CJNE    A,#01010110B,$+6
        LJMP    EXT3_EXT2
        CJNE    A,#01011100B,$+6
        LJMP    EXT3_EXT4

OUT3:   RET
EXT3_IDLE:                      ;
        JNB     SHK3,EXT3_DIAL
        CLR     MUTE3
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
EXT3_DIAL:
        JB      P3.3,DTMF3
        SETB    MUTE3
        MOV     R3,#00000100B
        JB      SHK3,EXT3_IDLE
        LJMP    OUT3
DTMF3:
        MOV     A,P2
        ANL     A,#00001111B
        CJNE    A,#001H,$+6
        LJMP    E3_CH_E1
        CJNE    A,#002H,$+6
        LJMP    E3_CH_E2
        CJNE    A,#004H,$+6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    E3_CH_E4
        CJNE    A,#009H,$+6
        LJMP    E3_CH_CO
        MOV     R3,#00010100B          ;COSS BUSY
        LJMP    OUT3
EXT3_BUSY:
        JB      SHK3,EXT3_BUSY_OUT
        MOV     R3,#00010100B
        LJMP    OUT3
EXT3_BUSY_OUT:
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3

EXT3_RINGBACK:
        JB      SHK3,EXT3_RINGBACK_OUT
        MOV     R3,#00100100B          ;;;
        LJMP    OUT3                   ;;;

EXT3_RINGBACK_OUT:
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3

EXT3_CO:
        JB      SHK3,E3_CO_OFF
        MOV     R3,#01110100B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT3
E3_CO_OFF:  CLR     CO_BUSY
        CLR     CO_CON
        MOV     R5,#00H
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
EXT3_EXT1:
        JB      SHK3,E3E1_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB      SHK1,E3E1_2
        MOV     R3,#01010101B
        MOV     R1,#01010101B
        LJMP    OUT3
E3E1_1: MOV     R1,#00010001B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
E3E1_2: MOV     R3,#00010100B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT3
EXT3_EXT2:
        JB      SHK3,E3E2_1
        JB      SHK2,E3E2_2
        MOV     R3,#01010110B
        MOV     R2,#01010110B
        LJMP    OUT3
E3E2_1: MOV     R2,#00010010B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
E3E2_2: MOV     R3,#00010100B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT3
EXT3_EXT4:
        JB      SHK3,E3E4_1
        JB      SHK4,E3E4_2
        MOV     R3,#01011100B
        MOV     R4,#01011100B
        LJMP    OUT3
E3E4_1: MOV     R4,#00011000B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
E3E4_2: MOV     R3,#00010100B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EXT3_B_EXT1:
        JB      SHK3,E3_B_E1
        CLR     RC3
        CLR     E3RINGE1
        MOV     R3,#01010101B
        MOV     R1,#01010101B
        LJMP    OUT3
E3_B_E1:    JB      SHK1,E3_B_E1_1   ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC3,C
        MOV     R1,#00100001B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
E3_B_E1_1:  CLR     RC3
        CLR     E3RINGE1
        MOV     R3,#00110100B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT3

EXT3_B_EXT2:
        JB      SHK3,E3_B_E2
        CLR     RC3
        CLR     E3RINGE2
        MOV     R3,#01010110B
        MOV     R2,#01010110B
        LJMP    OUT3
E3_B_E2:    JB      SHK2,E3_B_E2_1   ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC3,C
        MOV     R2,#00100010B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
E3_B_E2_1:  CLR     RC3
        CLR     E3RINGE2
        MOV     R3,#00110100B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT3

EXT3_B_EXT4:
        JB      SHK3,E3_B_E4
        CLR     RC3
        CLR     E3RINGE4
        MOV     R3,#01011100B
        MOV     R4,#01011100B
        LJMP    OUT3
E3_B_E4:    JB      SHK4,E3_B_E4_1  ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC3,C
        MOV     R4,#00101000B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT3
E3_B_E4_1:  CLR     RC3
        CLR     E3RINGE4
        MOV     R3,#00110100B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT3

EXT3_B_CO:
        JB      SHK3,E3_B_CO
        CLR     RC3
        CLR     E3RINGCO
        MOV     R3,#01110100B
        LJMP    OUT3
E3_B_CO:    MOV     C,RING_E_FAG
        MOV     RC3,C
        SETB    E3RINGCO
        LJMP    OUT3

E3_CH_E1:
        MOV     A,R1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#00110001B,E3_CH_E1_BUSY
        MOV     R3,#00100100B
        SETB    E1RINGE3
        LJMP    OUT3
E3_CH_E1_BUSY:
        MOV     R3,#00010100B
        LJMP    OUT3

E3_CH_E2:
        MOV     A,R2
        CJNE    A,#00110010B,E3_CH_E2_BUSY
        MOV     R3,#00100100B
        SETB    E2RINGE3
        LJMP    OUT3
E3_CH_E2_BUSY:
        MOV     R3,#00010100B
        LJMP    OUT3

E3_CH_E4:
        MOV     A,R4
        CJNE    A,#00111000B,E3_CH_E4_BUSY
        MOV     R3,#00100100B
        SETB    E4RINGE3
        LJMP    OUT3
E3_CH_E4_BUSY:
        MOV     R3,#00010100B
        LJMP    OUT3

E3_CH_CO:
        JB      CO_BUSY,E3_CO_BUSY
        MOV     R3,#01110100B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT3
E3_CO_BUSY:  MOV     R3,#00010100B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    OUT3

EXT4:
        JNB     E4RINGE1,E4_1
        LJMP    EXT4_B_EXT1
E4_1:   JNB     E4RINGE2,E4_2
        LJMP    EXT4_B_EXT2
E4_2:   JNB     E4RINGE3,E4_3
        LJMP    EXT4_B_EXT3
E4_3:   JNB     E4RINGCO,E4_4
        LJMP    EXT4_B_CO
E4_4:   MOV     A,R4
        CJNE    A,#00111000B,$+6
        LJMP    EXT4_IDLE
        CJNE    A,#00001000B,$+6
        LJMP    EXT4_DIAL
        CJNE    A,#00011000B,$+6
        LJMP    EXT4_BUSY
        CJNE    A,#00101000B,$+6
        LJMP    EXT4_RINGBACK
        CJNE    A,#01111000B,$+6
        LJMP    EXT4_CO
        CJNE    A,#01011001B,$+6        ;COSS TRNK 1
        LJMP    EXT4_EXT1
        CJNE    A,#01011010B,$+6
        LJMP    EXT4_EXT2
        CJNE    A,#01011100B,$+6
        LJMP    EXT4_EXT3
OUT4:   RET
EXT4_IDLE:                      ;
        JNB     SHK4,EXT4_DIAL
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
EXT4_DIAL:
        JB      P3.3,DTMF4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R4,#00001000B
        JB      SHK4,EXT4_IDLE
        LJMP    OUT4
DTMF4:
        MOV     A,P2
        ANL     A,#00001111B
        CJNE    A,#001H,$+6
        LJMP    E4_CH_E1
        CJNE    A,#002H,$+6
        LJMP    E4_CH_E2
        CJNE    A,#003H,$+6
        LJMP    E4_CH_E3
        CJNE    A,#009H,$+6
        LJMP    E4_CH_CO
        MOV     R4,#00011000B       ;COSS BUSY
        LJMP    OUT4
EXT4_BUSY:
        JB      SHK4,EXT4_BUSY_OUT
        MOV     R4,#00011000B
        LJMP    OUT4
EXT4_BUSY_OUT:
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4

EXT4_RINGBACK:
        JB      SHK4,EXT4_RINGBACK_OUT
        MOV     R4,#00101000B       ;;;
        LJMP    OUT4                ;;;

EXT4_RINGBACK_OUT:
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4

EXT4_CO:
        JB      SHK4,E4_CO_OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R4,#01111000B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT4
E4_CO_OFF:  CLR     CO_BUSY
        CLR     CO_CON
        MOV     R5,#00H
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
EXT4_EXT1:
        JB      SHK4,E4E1_1
        JB      SHK1,E4E1_2
        MOV     R4,#01011001B
        MOV     R1,#01011001B
        LJMP    OUT4
E4E1_1:     MOV     R1,#00010001B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
E4E1_2:     MOV     R4,#00011000B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT4
EXT4_EXT2:
        JB      SHK4,E4E2_1
        JB      SHK2,E4E2_2
        MOV     R4,#01011010B
        MOV     R2,#01011010B
        LJMP    OUT4
E4E2_1:     MOV     R2,#00010010B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
E4E2_2:     MOV     R4,#00011000B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT4
EXT4_EXT3:
        JB      SHK4,E4E3_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB      SHK3,E4E3_2
        MOV     R4,#01011100B
        MOV     R3,#01011100B
        LJMP    OUT4
E4E3_1:  MOV    R3,#00010100B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
E4E3_2:  MOV    R4,#00011000B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT4

EXT4_B_EXT1:
        JB      SHK4,E4_B_E1
        CLR     RC4
        CLR     E4RINGE1
        MOV     R4,#01011001B
        MOV     R1,#01011001B
        LJMP    OUT4
E4_B_E1:  JB    SHK1,E4_B_E1_1  ;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC1,C
        MOV     R1,#00100001B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
E4_B_E1_1: CLR  RC4
        CLR     E4RINGE1
        MOV     R4,#00111000B
        MOV     R1,#00110001B
        LJMP    OUT4

EXT4_B_EXT2:
        JB      SHK4,E4_B_E2
        CLR     RC4
        CLR     E4RINGE2
        MOV     R4,#01011010B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R2,#01011010B
        LJMP    OUT4
E4_B_E2:    JB      SHK2,E4_B_E2_1  ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC4,C
        MOV     R2,#00100010B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
E4_B_E2_1:  CLR     RC4
        CLR     E4RINGE2
        MOV     R4,#00111000B
        MOV     R2,#00110010B
        LJMP    OUT4

EXT4_B_EXT3:
        JB      SHK4,E4_B_E3
        CLR     RC4
        CLR     E4RINGE3
        MOV     R4,#01011100B
        MOV     R3,#01011100B
        LJMP    OUT4
E4_B_E3:    JB      SHK3,E4_B_E3_1  ;;;;;;;
        MOV     C,RING_I_FAG
        MOV     RC4,C
        MOV     R3,#00100100B
        MOV     R4,#00111000B
        LJMP    OUT4
E4_B_E3_1:  CLR     RC4
        CLR     E4RINGE3
        MOV     R4,#00111000B
        MOV     R3,#00110100B
        LJMP    OUT4
EXT4_B_CO:
        JB      SHK4,E4_B_CO
        CLR     RC4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     E4RINGCO
        MOV     R4,#01111000B
        LJMP    OUT4
E4_B_CO:    MOV     C,RING_E_FAG
        MOV     RC4,C
        SETB    E4RINGCO
        LJMP    OUT4
E4_CH_E1:
        MOV     A,R1
        CJNE    A,#00110001B,E4_CH_E1_BUSY
        MOV     R4,#00101000B
        SETB    E1RINGE4
        LJMP    OUT4
E4_CH_E1_BUSY:
        MOV     R4,#00011000B
        LJMP    OUT4

E4_CH_E2:
        MOV     A,R2
        CJNE    A,#00110010B,E4_CH_E2_BUSY
        MOV     R4,#00101000B
        SETB    E2RINGE4
        LJMP    OUT4
E4_CH_E2_BUSY:
        MOV     R4,#00011000B
        LJMP    OUT4
E4_CH_E3:
        MOV     A,R3
        CJNE    A,#00110100B,E4_CH_E3_BUSY
        MOV     R4,#00101000B
        SETB    E3RINGE4
        LJMP    OUT4
E4_CH_E3_BUSY:
        MOV     R4,#00011000B
        LJMP    OUT4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E4_CH_CO:
        JB      CO_BUSY,E4_CO_BUSY
        MOV     R4,#01111000B
        SETB    CO_BUSY
        SETB    CO_CON
        LJMP    OUT4
E4_CO_BUSY: MOV     R4,#00011000B
        LJMP    OUT4

TD:
        PUSH    ACC
        PUSH    PSW
        DJNZ    R7,EXIT_TD1
        MOV     R7,#04H
        CPL     TD_FAG
        INC     RING_IC1
        INC     RING_EC1
        INC     BUSY_COUNT1
        INC     DIAL_COUNT
        MOV     A,DIAL_COUNT
        CJNE    A,#10,SET_DIAL
        MOV     DIAL_COUNT,#00H
        CPL     DIAL_FAG
SET_DIAL:   JNB     DIAL_FAG,BUSY_CH
        CPL     DIAL_T
BUSY_CH:
        MOV     A,BUSY_COUNT1
        CJNE    A,#50,EXIT_TD
        MOV     BUSY_COUNT1,#00H
        INC     BUSY_COUNT2
        MOV     A,BUSY_COUNT2
        CJNE    A,#10,EXIT_TD
        MOV     BUSY_COUNT2,#00
        CPL     BUSY_FAG
EXIT_TD:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNB     BUSY_FAG,RING_CH
        MOV     C,TD_FAG
        MOV     BUSY_T,C
RING_CH:    LJMP    RING_BACK
EXIT_TD1:
        JNB     RING_I_FAG,EXIT_TD2
        MOV     C,TD_FAG
        MOV     RINGBACK_T,C
EXIT_TD2:
        JNB     COCOUNT,EXIT_TD3
        JB      COCOUNT_E,EXIT_TD3
        DJNZ    CO_C1,EXIT_TD3
        MOV     CO_C1,#250
        DJNZ    CO_C2,EXIT_TD3
        SETB    COCOUNT_E

EXIT_TD3:
        POP     PSW
        POP     ACC
        RETI

RING_BACK:
        MOV     A,RING_IC
        CJNE    A,#00H,$+6
        LJMP    IC0
        CJNE    A,#01H,$+6
        LJMP    IC1
        CJNE    A,#02H,$+6
        LJMP    IC2
        CJNE    A,#03H,$+6
        LJMP    IC3
        LJMP    IC0
IC0:
        SETB    RING_I_FAG
        MOV     A,RING_IC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#50,EXIT_IC0
        MOV     RING_IC1,#00H
        INC     RING_IC2
        MOV     A,RING_IC2
        CJNE    A,#15,EXIT_IC0
        MOV     RING_IC2,#00H
        MOV     RING_IC,#01H
EXIT_IC0:
        LJMP    RING_BACK_E
IC1:
        CLR     RING_I_FAG
        MOV     A,RING_IC1
        CJNE    A,#25,EXIT_IC1
        MOV     RING_IC1;#00H
        INC     RING_IC2
        MOV     A,RING_IC2
        CJNE    A,#20,EXIT_IC1
        MOV     RING_IC2,#00H
        MOV     RING_IC,#02H
EXIT_IC1:
        LJMP    RING_BACK_E
IC2:
        SETB    RING_I_FAG
        MOV     A,RING_IC1
        CJNE    A,#50,EXIT_IC2
        MOV     RING_IC1,#00H
        INC     RING_IC2
        MOV     A,RING_IC2
        CJNE    A,#25,EXIT_IC2
        MOV     RING_IC2,#00H
        MOV     RING_IC,#03H
EXIT_IC2:
        LJMP    RING_BACK_E
IC3:
        CLR     RING_I_FAG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,RING_IC1
        CJNE    A,#100,EXIT_IC3
        MOV     RING_IC1,#00H
        INC     RING_IC2
        MOV     A,RING_IC2
        CJNE    A,#15,EXIT_IC0
        MOV     RING_IC2,#00H
        MOV     RING_IC,#00H
EXIT_IC3:
        LJMP    RING_BACK_E

RING_BACK_E:
        MOV     A,RING_EC
        CJNE    A,#00H,$+6
        LJMP    EC0
        CJNE    A,#01H,$+6
        LJMP    EC1
        CJNE    A,#02H,$+6
        LJMP    EC2
        CJNE    A,#03H,$+6
        LJMP    EC3
        CJNE    A,#04H,$+6
        LJMP    EC4
        CJNE    A,#05H,$+6
        LJMP    EC5
        CJNE    A,#06H,$+6
        LJMP    EC6
        CJNE    A,#07H,$+6
        LJMP    EC7
        CJNE    A,#08H,$+6
        LJMP    EC8
        CJNE    A,#09H,$+6
        LJMP    EC9
        CJNE    A,#0AH,$+6
        LJMP    ECA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#0BH,$+6
        LJMP    ECB
        LJMP    EC0

EC0:
        SETB    RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC0
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC0
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#01H
EXIT_EC0:
        LJMP    EX_BACK
EC1:
        CLR     RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC1
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC1
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#02H
EXIT_EC1:
        LJMP    EX_BACK
EC2:
        SETB    RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC2
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#15,EXIT_EC2
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#03H
EXIT_EC2:
        LJMP    EX_BACK
EC3:
        CLR     RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC3
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC3
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#04H
EXIT_EC3:
        LJMP    EX_BACK
EC4:
        SETB    RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC4
        MOV     RING_EC1.#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC4
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#05H
EXIT_EC4:
        LJMP    EX_BACK
EC5:
        CLR     RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC5
        MOV     RING_EC1.=00H
        INC     RING_EC2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC5
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#06H
EXIT_EC5:
        LJMP    EX_BACK
EC6:
        SETB    RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC6
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC6
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#07H
EXIT_EC6:
        LJMP    EX_BACK
EC7:
        CLR     RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC7
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC7
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#08H
EXIT_EC7:
        LJMP    EX_BACK

EC8:
        SETB    RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC8
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#09H
EXIT_EC8:
        LJMP    EX_BACK

EC9:
        CLR     RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_EC9
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_EC9
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#0AH
EXIT_EC9:
        LJMP    EX_BACK

ECA:
        SETB    RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_ECA
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_ECA
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#0BH
EXIT_ECA:
        LJMP    EX_BACK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ECB:
        CLR     RING_E_FAG
        MOV     A,RING_EC1
        CJNE    A,#50,EXIT_ECB
        MOV     RING_EC1,#00H
        INC     RING_EC2
        MOV     A,RING_EC2
        CJNE    A,#15,EXIT_ECB
        MOV     RING_EC2,#00H
        MOV     RING_EC,#00H
EXIT_ECB:
        LJMP    EX_BACK

EX_BACK:
        LJMP    EXIT_TD1
DTMF_INT:
        PUSH    PSW
        PUSH    ACC
        CLR     IE1
        MOV     A,P2
        MOV     ST_DTMF,A
        SETB    DTMF_FULL
        CPL     MUTE3
        POP     ACC
        POP     PSW
        RETI
POWER_UP:
        MOV     R6,#0FFH
        MOV     R5,#0FFH
UP1:    DJNZ    R5,$
        MOV     R5,#0FFH
        DJNZ    R6,UP1
        RET
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

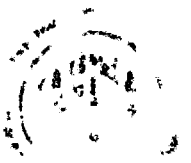
กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำชี้แนะจาก อาจารย์ ชินภัทร์ นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา และเพื่อนๆที่ร่วมงานด้วยกัน ณ.ที่ทำการชุมสาย โทรศัพท์ในประเทศ กองโทรศัพท์ระหว่างประเทศ การสื่อสารแห่งประเทศไทย จึงขอขอบคุณมา ณ.โอกาสนี้ด้วย

นาย ณรงค์ชัย ขวัญเกลี้ยง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล "คู่มือนักอิเล็คทรอนิกส์" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2535

[2] "รวมโครงงานอิเล็คทรอนิคส์" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2539

[3] เศกสิทธิ์ คำภู "เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิกส์ ฉบับที่ 152" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2538

[4] ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์, ปิยพงศ์ เผ่าวาณิช "คู่มือการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2538

[5] ปรีชา เลาวาณิชกุล, "เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ" วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้