สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมการใช้งานโทรศัพท์โดยใช้รหัสแถบ

Telephone Controller Using Barcode

T050084

โดย

นาย เศกสรรค์ สุนทรมนูกิจ

นาย สิทธิชัย จันทร์สง

นาย อาณัติ ชื่นชม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50084
วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการใช้งานโทรศัพท์โดยใช้รหัสแถบ

Telephone Controller Using Barcode

โดย

นาย เศกสรรค์ สุนทรมนูกิจ 43015089

นาย สิทธิชัย จันทร์สง 43015094

นาย อาณัติ ชื่นชม 43015103

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องควบคุมการใช้งานโทรศัพท์โดยใช้รหัสแถบ**

Telephone Controller Using Barcode

ผู้จัดทำ

1. นาย เศกสรรค์ สุนทรมนูกิจ 43015089

2. นาย สิทธิชัย จันทร์สง 43015094

3. นาย อาณัติ ชื่นชม 43015103

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการใช้งานโทรศัพท์โดยใช้รหัสแถบ

Telephone Controller Using Barcode

โดย นาย เศกสรรค์ สุนทรมนูกิจ 43015089
นาย สิทธิชัย จันทร์สง 43015094
นาย อาณัติ ชื่นชม 43015103

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์

บทคัดย่อ

ระบบบรหัสแถบเป็นระบบที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในด้านอุตสากรรมและทางด้านพาณิชย์ นอกจากนี้ยังมีการใช้รหัสแถบในบัตรประจำตัวของพนักงานในสำนัก งานต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โครงงานนี้เป็นการนำเสนอการใช้งาน MCS-51 ควบคุมการใช้งานโทรศัพท์ผ่านระบบรหัสแถบ โดยรูปแบบการใช้งานและผู้ที่สามารถใช้งานโทรศัพท์จะใช้รหัสแถบเป็นตัวกำหนดซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญของผู้ใช้งาน และระบบจะแสดงและจัดเก็บข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ เช่น หมายเลขการโทรออก รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ และสามารถพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้

ABSTRACT

Currently, barcode system is popular for both industrial and commercial uses. However barcode system is also popular in official for ID card of officer. In this project, we present useless MCS-51 to control telephone activity by using barcode system. In this project, barcode will be defined the telephone activity and user who able to use telephone depend on user priority. In this system, we will be show activity data and record data in memory such as call out and time and able to print out.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ทฤษฎีรหัสแถบ	2
2.1.1 รหัส 39 (Code 39)	3
2.1.2 รหัสแทรก 2 ใน 5 (Interleaved 2 of 5)	5
2.1.3 รหัสโคด้าบาร์ (Codabar)	7
2.1.4 รหัสยูพีซี (UPC, Universal Product Code)	9
2.1.5 รหัส EAN (EAN, European-Article Numbering)	11
2.1.6 เครื่องอ่านรหัสแถบ	19
2.1.7 หัวอ่านรหัสแถบ (Bar Code Scanner)	20
2.1.8 ชนิดของหัวอ่านรหัสแถบ	22
2.1.9 ส่วนถอดรหัสแถบ (Barcode Decoder)	25
2.1.10 ชนิดของเครื่องอ่านรหัสแถบ	26
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	28
2.2.1 ภาคส่งโทรศัพท์ (Telephone Transmitter)	28
2.2.2 ภาครับโทรศัพท์ (Telephone Receiver)	30
2.2.3 วงจรรับ-ส่งสัญญาณเสียง (Speech Transmission)	31
2.2.4 ภาคไฮบริดของโทรศัพท์ (Telephone Hybrid)	33
2.2.5 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)	35
2.2.6 ระบบการต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์และสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์	36
2.2.7 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกันชุมสาย (Inter exchange signalling)	38
2.2.8 หน้าที่ของเครื่อง โทรศัพท์	39
2.2.9 MT 8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)	40
2.3 ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51	45
2.3.1 โครงสร้างภายในของ MCS – 51	45
2.3.2 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ	48
2.3.3 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป	49
2.3.4 พอร์ทสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	50
2.3.5 การขัดจังหวะ (Interrupt)	50
2.3.6 ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์	52
2.3.7 ตำแหน่งขาของ MCS – 51	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.4 RS-232-C	55
2.4.1 มาตรฐานของ RS-232-C	55
2.4.2 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	56
2.4.3 รายระเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232	57
2.5 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD	58
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	64
3.1 บล็อคไดอะแกรม	64
3.2 วงจรตรวจจับการยกหูโทรศัพท์ (Hook Status Detector Circuit)	64
3.3 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF Decoder)	65
3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing Detector)	66
3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Busy, Ringback Tone Detector)	67
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	71
4.1 การทดลองวงจรตรวจสอบการยกหู (Hook switch)	71
4.2 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing tone)	72
4.3 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone and Busy tone)	72
4.4 การทดลองวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์ (DTMF Decoder)	74
4.5 การทดลองหน้าโปรแกรมฐานข้อมูล	74
4.6 การทดลองหน้าโปรแกรมแปลงเป็น Barcode	76
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	80
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรหัสแถบทั่วไป 3

รูปที่ 2.2 รูปแบบของรหัส 39 5

รูปที่ 2.3 รูปแบบของรหัสแทรก 2 ใน 5 7

รูปที่ 2.4 รูปแบบรหัสแถบของรหัสโคด้าบาร์ 8

รูปที่ 2.5 รูปแบบรหัสยูพีซี 11

รูปที่ 2.6 รูปแบบรหัส EAN -8 14

รูปที่ 2.7 รูปแบบรหัส EAN -13 15

รูปที่ 2.8 รูปแบบรหัส EAN -8 แบบเพิ่ม 5 หลัก 17

รูปที่ 2.9 ระบบเครื่องอ่านรหัสแถบ (Barcode Reader System) 19

รูปที่ 2.10 แสดงการโฟกัสแสงที่แม่นยำ 20

รูปที่ 2.11 แสดงการบีบแสงโฟกัสผ่านช่องเก็บแสง 21

รูปที่ 2.12 รูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของหัวอ่าน 21

รูปที่ 2.13 หัวอ่านแบบลำแสงกวาด 22

รูปที่ 2.14 หัวอ่านแบบซีซีดี 23

รูปที่ 2.15 วงจรการทำงานของหัวอ่านแบบซีซีดี 23

รูปที่ 2.16 หัวอ่านแบบ Slot Scanner 24

รูปที่ 2.17 หัวอ่านแบบ Wand 25

รูปที่ 2.18 เครื่องอ่านรหัสแถบในระบบ POS 26

รูปที่ 2.19 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล 27

รูปที่ 2.20 แสดงระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์และโลคอลลูป (Local loop) 28

รูปที่ 2.21 แสดงภาคส่งแบบคาร์บอน (Carbon Transmitter) 29

รูปที่ 2.22 แสดงภาครับโทรศัพท์ (Telephone Receiver) 30

รูปที่ 2.23 แสดงวงจรพื้นฐานที่ 1 31

รูปที่ 2.24 แสดงวงจรแบบพื้นฐานที่ 2 31

รูปที่ 2.25 แสดงวงจรใช้งานแบบ Induction coil 32

รูปที่ 2.26 แสดง Telephone Hybrid 33

รูปที่ 2.27 แสดง Hybrid (Transmit) 34

รูปที่ 2.28 แสดง Hybrid (Receive) 34

รูปที่ 2.29 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ 36

รูปที่ 2.30 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ 37

รูปที่ 2.31 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับสำเร็จ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก	38
รูปที่ 2.33 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter exchange signaling)	39
รูปที่ 2.34 แสดงรายระเอียดขาของ MT 8870	40
รูปที่ 2.35 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870	41
รูปที่ 2.36 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	41
รูปที่ 2.37 แสดงแผนภูมิเวลาของ MT 8870	43
รูปที่ 2.38 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	44
รูปที่ 2.39 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51	45
รูปที่ 2.40 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS – 51	46
รูปที่ 2.41 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS – 51	47
รูปที่ 2.42 แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS – 51	48
รูปที่ 2.43 แสดงหน่วยความจำรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป	49
รูปที่ 2.44 ไดอะแกรมเวลาของการตอบสนองการขัดจังหวะ	50
รูปที่ 2.45 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51	53
รูปที่ 2.46 คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 และ DB-9	56
รูปที่ 2.47 ไดอะแกรมการทำงานของโมดุลLCD แบบอักขระ	58
รูปที่ 2.48 แสดงรูปร่างการจัดขา LCD โมดูล แบบอักขระ	59
รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรม แสดงความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ ที่นำมาทำงานร่วมกัน	64
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับการยกหู	65
รูปที่ 3.3 วงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์	66
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก	67
รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกและสัญญาณไม่ว่าง	68
รูปที่ 3.6 แสดง Flow chart ของการทำงานของการควบคุมโทรโดยใช้รหัสแถบ	69
รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector Circuit)	70
รูปที่ 4.1 สัญญาณ Dial tone	71
รูปที่ 4.2 สัญญาณขณะทำการยกหู	71
รูปที่ 4.3 สัญญาณเรียกทั้ง 2 ลักษณะ	72
รูปที่ 4.4 สัญญาณ Ringback tone	73
รูปที่ 4.5 สัญญาณ Busy tone	73
รูปที่ 4.6 หน้าโปรแกรมฐานข้อมูล	75
รูปที่ 4.7 หน้าโปรแกรมฐานข้อมูลแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ที่มีรหัสบาร์โค้ดถูกต้อง	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 หน้าโปรแกรมฐานข้อมูลแสดงรายละเอียดและหมายเลขที่โทรออกของผู้ใช้	76
รูปที่ 4.9 ก หน้าโปรแกรมแปลง Barcode แบบ sAdHC39f ขนาด 30	76
รูปที่ 4.9 ข หน้าโปรแกรมแปลง Barcode แบบ sAdvC39b ขนาด 30	77
รูปที่ 4.10 ผังโปรแกรมแปลงเป็นBarcode	77
รูปที่ 4.11 ผังโปรแกรมบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล	77
รูปที่ 4.12 แสดงวงจรภายในของเครื่องควบคุมโทรศัพท์โดยใช้ระบบบาร์โค้ด	78
รูปที่ 4.13 แสดงด้านหน้าของเครื่องควบคุมโทรศัพท์โดยใช้ระบบบาร์โค้ด	78
รูปที่ 4.14 แสดงด้านหลังของเครื่องควบคุมโทรศัพท์โดยใช้ระบบบาร์โค้ด	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ชุดอักขระและรูปแบบของรหัส 39	4
ตารางที่ 2.2 รูปแบบของรหัสแทรก 2 ใน 5	6
ตารางที่ 2.3 รูปแบบของรหัสโคด้าบาร์	8
ตารางที่ 2.4 ตัวเลขระบบ (Number System) ของรหัสยูพีซี	9
ตารางที่ 2.5 รูปแบบของรหัสยูพีซี	10
ตารางที่ 2.6 รูปแบบของรหัส EAN	12
ตารางที่ 2.7 รหัสประเทศของรหัส EAN	13
ตารางที่ 2.8 รหัส EAN สำหรับอักขระแฟลกที่ที่หนึ่งของ EAN -13	15
ตารางที่ 2.9 รูปแบบพาริตี้ของ 2 หลักที่เพิ่มมาของรหัส EAN	16
ตารางที่ 2.10 รูปแบบพาริตี้ของ 5 หลักที่เพิ่มมาของรหัส EAN	18
ตารางที่ 2.11 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ	42
ตารางที่ 2.12 การกำหนดขาของขั้วต่อ RS-232-C	56
ตารางที่ 2.13 ความสัมพันธ์ในการทำงานของ RS,R/W และ Eของ LCD โมดูล แบบอักขระ	60
ตารางที่ 4.1 แสดงเลข Binary Code ที่ได้จากตัว Decoder	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบในบริษัทหรือโรงงาน ซึ่งมีบุคลากรทำงานอยู่เป็นจำนวนมากนั้นก็คือ ปัญหาการควบคุมการใช้งานโทรศัพท์ของพนักงานในโรงงานหรือบริษัทนั้น กล่าวคือ ไม่สามารถระบุการใช้งานโทรศัพท์ได้ว่า หมายเลขที่โทรเข้าเป็นหมายเลขใด หรือหมายเลขที่แสดงในใบเรียกเก็บค่าใช้บริการใครเป็นผู้โทรออก ซึ่งในปัจจุบันนี้มีหลาย ๆ วิธีที่มีผู้ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ เป็นต้น แต่ทั้งนี้ทางกลุ่มได้สังเกตพบว่า ปัจจุบันการระบุหมายเลขของพนักงานในโรงงานหรือบริษัท หรือการแสดงข้อมูลคุณสมบัติของสินค้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น “ระบบรหัสธุรกิจ” หรือ Barcode system เป็นระบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยมีการนำมาใช้ทางธุรกิจ หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมากในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ในโรงงานหรือบริษัท ได้มีการนำเอาระบบ Barcode มาใช้เป็นบัตรประจำตัวของพนักงาน ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำ Barcode system มาประยุกต์เข้ากับ ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน ในการแสดงข้อมูลของผู้ใช้ที่ใช้โทรศัพท์ในแต่ละครั้ง เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบได้ ถึงข้อมูลการโทรออกในแต่ละครั้ง โดยเฉพาะการใช้โทรศัพท์โทรออกไปยังเลขหมายปลายทางภายในพื้นที่ ซึ่งจะไม่แสดงเลขหมายนั้น ๆ และไม่สามารถระบุผู้ใช้ได้ จึงเป็นประโยชน์สำหรับองค์กรที่มีจำนวนบุคลากรบนบัตรประจำตัวอยู่แล้ว เพื่อที่จะทำให้สามารถ กำหนด ตรวจสอบ และควบคุมการใช้โทรศัพท์ภายในองค์กรให้มีประสิทธิภาพให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีรหัสแถบ

รหัสแถบ (Barcode) คือสัญลักษณ์พิเศษแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการบันทึกข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะข้อมูลที่ซ้ำๆ กันหรือข้อมูลที่อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายหรือต้องการพัฒนาความรวดเร็วในการทำงานด้านการบันทึกข้อมูลต่างๆแต่อย่างไรก็ดีเป้าหมายหลักของรหัสแถบก็คือใช้แทนการบันทึกข้อมูลจากการกดแป้นพิมพ์

ทั้งนี้เนื่องจากการอ่านข้อมูลจากรหัสแถบจะทำงานได้รวดเร็วกว่าการบันทึกข้อมูลเข้าเครื่องโดยการใช้แป้นพิมพ์ค่อนข้างมากสมมุติว่า ถ้าเรามีข้อมูล "8850427130017" ที่จะต้องคีย์เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ จะเห็นว่าถ้าใช้วิธีการบันทึกข้อมูลจากแป้นพิมพ์เราจะต้องกดแป้นตัวเลขทั้งหมด 13 ครั้ง ซึ่งสำหรับคนที่คีย์ข้อมูลได้เร็วมากและเกิดความผิดพลาดน้อยเวลาที่ใช้เฉลี่ยจะประมาณ 8 วินาที สำหรับใส่ชุดข้อมูลไปในคอมพิวเตอร์ สาเหตุเกิดจากขณะที่เรากดแป้นพิมพ์แต่ละตัวนั้น ตามธรรมชาติของคนจะเกิดการชะงักขณะเลื่อนนิ้วไปกดแป้นพิมพ์ตัวถัดไป แต่ถ้าเราใช้วิธีการอ่านค่า (Scan) จากรหัสแถบที่ใช้แทนข้อมูลชุดนี้ เราจะใช้เวลาประมาณ 1 วินาที และสามารถรับประกันได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการอ่านรหัสแถบจะไม่ผิดเลย

โดยทั่วไปรหัสแถบจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักอยู่ 2 อย่างคือ แท่งสี่เหลี่ยมแบบทึบ (หรือสีเข้ม) กับแท่งสี่เหลี่ยมแบบสว่าง (หรือมีช่องว่าง) ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนนี้จะถูกนำมากำหนดประเภทของรหัสแถบ เช่น รหัสแถบประเภทที่ใช้แถบทึบแคบกับแถบทึบกว้างสำหรับแทนค่า 0 กับ 1 ในระบบเลขฐานสองหรือประเภทที่ใช้แถบทึบมืดกับแถบทึบสว่างแทนค่า 0 กับ 1 ในระบบเลขฐานสองเป็นต้น และองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้จะถูกนำมาผสมกันตามรูปแบบของรหัสแถบแต่ละชนิด (Type) ซึ่งในปัจจุบันมีรหัสแถบชนิดต่างๆ อยู่ด้วยกันหลายร้อยชนิด แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่นิยมใช้กันหรือเห็นกันอยู่ทั่วไป

นอกจากองค์ประกอบหลักๆ ตามที่กล่าวข้างต้นที่รหัสแถบทุกชนิดจะมีเหมือนกันแล้ว ในรหัสแถบแต่ละชนิดยังต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญอีก 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนเริ่มต้นเป็นแถบทึบที่อยู่ด้านซ้ายสุดของชุดรหัสแถบ แบบที่วางตัวในแนวเส้นตรง (มีรหัสแถบบางชนิดจะมีการวางแถบทึบรหัสแถบเป็นวงกลม) ซึ่งจะใช้เป็นจะเริ่มต้นของการอ่านรหัสแถบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวแบ่งแยกชนิดของรหัสแถบด้วย

2. แถบทึบเส้นรหัสแถบที่ใช้แทนข้อมูลเป็นแถบทึบรหัสแถบที่ใช้แทนข้อมูล ซึ่งรหัสแถบบางชนิดจะใช้แทนค่าตัวเลขได้เพียงอย่างเดียว เช่น รหัสเอียน 13 , รหัสแทรก 2 ใน 5 , เป็นต้น หรือบางชนิดสามารถใช้แทนข้อมูลได้ทั้งที่เป็นตัวเลขและตัวอักษรอื่นๆ เช่น รหัส 39 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนปิดท้ายเป็นแถบทึบเส้นรหัสแถบที่อยู่ด้านขวาสุดของตัวรหัสแถบแบบที่วางตัวในแนวเส้นตรง ซึ่งจะใช้เป็นตัวบอกจุดสิ้นสุดของการอ่านรหัสแถบ และใช้ประกอบในการแยกชนิดของรหัสแถบในเครื่องอ่านรหัสแถบอีกด้วย

ในรหัสแถบทุกชนิดจะต้องมีส่วนประกอบหลักตามที่กล่าวมาข้างต้น (ดูรูปที่ 2.1) แต่บางชนิดอาจมีส่วนประกอบพิเศษอื่นๆ เพิ่มขึ้นมา เช่น รหัสแถบในกลุ่ม ยูพีซี/เอียน จะมีส่วนที่เรียกว่า ส่วนกั้นกลาง (Center Bar) เพิ่มขึ้นมา

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรหัสแถบทั่วไป

ความแตกต่างของรหัสแถบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้งานทุกวันนี้ มีลักษณะรูปแบบต่างๆ มากมาย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการตรวจเช็คความผิดพลาด ความหนาแน่นในการพิมพ์รหัส ตัวอักขระต่อนิ้ว ชนิดของตัวอักขระที่ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นตัวอักขระหรือว่าตัวเลข ซึ่งสามารถนำมาเข้ารหัสและประยุกต์ใช้งานได้จริง รูปแบบของรหัสแถบที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้

2.1.1 รหัส 39 (Code 39)

รหัส 39 ประกอบด้วยส่วนประกอบส่วนกว้าง 3 ส่วน ซึ่งเป็นแถบทึบ (Bar) และ แถบขาวหรือช่องว่าง (Space) จากทั้งหมด 9 ส่วน รหัสแถบ 1 ชุด จะประกอบด้วย

1. บริเวณขอบเผื่อ (Quiet Zone) ที่อยู่แต่ละด้านของรหัสแถบ
2. ส่วนแสดงการเริ่มต้นและหยุดของรหัสแถบ
3. ข้อมูลของตัวอักขระ

ในรหัส 39 จะแทนที่รหัสเลขฐานสอง ด้วยความกว้างและแคบของแถบทึบและช่องว่าง โดยแถบทึบหรือช่องว่างที่แคบจะแทนด้วยเลขฐานสอง “0” และแถบทึบหรือช่องว่างที่กว้างจะแทนด้วยเลขฐานสอง “1” ดังนั้นรหัสข้อมูล 1 อักขระของรหัส 39 จะประกอบด้วยส่วนกว้าง 3 ส่วน จึงมีเลขฐานสอง “1” อยู่ 3 บิต และที่เหลือจะเป็น “0” อีก 6 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชุดอักขระ และรูปแบบของรหัส 39

อักขระ	รูปแบบ	แท่งหนา ช่องว่าง	อักขระ	รูปแบบ	แท่งหนา ช่องว่าง
1		10001 0100	M		11000 0001
2		01001 0100	N		00101 0001
3		11000 0100	O		10100 0001
4		00101 0100	P		01100 0001
5		01100 0100	Q		00011 0001
6		01100 0100	R		10010 0001
7		00011 0100	S		01010 0001
8		10010 0100	T		00110 0001
9		01010 0100	U		10001 1000
0		00110 0100	V		01001 1000
A		10001 0010	W		11000 1000
B		01001 0010	X		00101 1000
C		11000 0010	Y		10100 1000
D		00101 0010	Z		01100 1000
E		10100 0010	-		00011 1000
F		01100 0010	.		10010 1000
G		00011 0010	Space		01010 1000
H		10010 0010	*		00110 1000
I		01010 0010	$		00000 1110
J		00110 0010	/		00000 1101
K		10001 0001	+		00000 1011
L		01001 0001	%		00000 0111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส 39 จะประกอบด้วยรหัสเริ่มต้น (Start , “*”) ทางด้านซ้ายสุด ขอบเขตระหว่างรหัสเริ่มต้นและรหัสหยุด (Stop , “*”) จะเป็นส่วนของข้อมูลซึ่งสามารถบรรจุข้อมูลสูงสุดได้ถึง 32 ตัวอักขระ แต่ก็จะขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมด้วย

ตัวอย่างการแทนข้อมูลคำว่า “ KMITL” และ “BARCODE” ของรหัส 39 แสดงในรูปที่ 2.2 ตัวอักขระทั้งหมดและรูปแบบการเข้ารหัสของรหัส 39 แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 แถบทึบ (Bar) และช่องว่าง (Space) แต่ละส่วนจะกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับการเข้ารหัสตัวอักขระแต่ละตัว ซึ่งประกอบส่วนกว้าง 3 ส่วน และส่วนแคบ 6 ส่วน เลขฐานสอง “1” ใช้แทนส่วนกว้าง และเลขฐานสอง “0” แทนส่วนแคบ ตัวอักษรอื่นๆ แบ่งแยกโดยช่องว่างระหว่างรหัสตัวอักขระ

รูปที่ 2.2 รูปแบบของรหัส 39

2.1.2 รหัสแทรก 2 ใน 5 (Interleaved 2 of 5)

รหัสแทรก 2ใน 5 เป็นรหัสแถบที่ใช้การขนส่งพัสดุหีบห่อ รหัสที่ใช้มีเพียงตัวเลข 0-9 ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 โดยมีความกว้าง 2 ระดับ ทั้งแถบทึบและช่องว่าง อัตราส่วนความกว้างต่อความแคบอยู่ระหว่าง 2 ถึง 3 เท่า ต่อ 1

รหัสอักขระแต่ละตัวถูกแทนด้วยส่วนกว้าง 2 ส่วน ในจำนวนทั้งหมด 5 ส่วน โดยที่แถบทึบและช่องว่างแคบถูกแทนด้วยเลขฐานสอง “0” เช่นเดียวกับแถบทึบหรือช่องว่างกว้างแทนด้วยเลขฐานสอง “1” รหัสแทรก 2 ใน 5 นี้จะเริ่มต้นด้วยรหัส 0000 และปิดท้ายด้วยรหัส 100 โดยข้อความจะบรรจุอยู่ระหว่างรหัสเริ่มต้นและรหัสสิ้นสุด คือ ถูกสอดแทรก (Interleaved) นั่นเอง ดังนั้นอักขระตัวแรกจะตามรหัสเริ่มต้น และรหัสอักขระตัวที่สองจะแทรกอยู่ในช่องว่างของอักขระตัวแรก (FSFSFSFSFS) โดยให้ F แทนอักขระตัวแรก และ S แทนอักขระตัวที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 รูปแบบของรหัสแทรก 2 ใน 5

ตัวอักขระ	รหัสตัวอักษรนำทาง	รูปแบบ
1	10001	
2	01001	
3	11000	
4	00101	
5	10100	
6	01100	
7	00011	
8	10010	
9	01010	
0	00110	

รหัสแทรก 2 ใน 5 เป็นรหัสแถบที่มีความจุสูง นั่นคือ จำนวนรหัสต่ออักขระน้อย ความจริงนั้นรหัสตัวอักขระที่ถูกแทรกเข้าไปนั้นหมายถึงการแบ่งแยกรหัส (รหัสเป็นลักษณะต่อเนื่อง) แต่ละรหัสอักขระจะมีการตรวจสอบตัวเอง โดยรหัสอักขระแต่ละตัวประกอบไปด้วยส่วนกว้าง 2 ส่วน และส่วนแคบ 3 ส่วน

รหัสนี้จะมีค่า check sum ที่เลือกขึ้นมาจากเกณฑ์การคูณด้วย 10 ตัวอย่างเช่น ข้อมูล "57654823" check sum ถูกคำนวณโดยกำหนดให้รหัสอักขระด้านขวาสุดเป็นตำแหน่ง E (even) ดังนั้น ผลรวมของรหัสอักขระในตำแหน่ง O (odd) เท่ากับ 17 ส่วนผลรวมในตำแหน่ง E (even) เท่ากับ 23 แล้วนำไปคูณด้วย 3 ได้ 69 จากนั้นนำผลการคำนวณทั้งสองมารวมกันได้ผลลัพธ์เท่ากับ 86*(69+17) ดังนั้นจะได้ check sum เท่ากับ 4 (check sum คือเลขจำนวนที่น้อยที่สุด ซึ่งบวกเข้ากับผลลัพธ์ทั้งหมดที่หาได้แล้วหารด้วย 10 ลงตัว (86 + 4 = 90))

ดังนั้นข้อมูลที่เพิ่มอักขระตรวจสอบคือ "576548234" อย่างไรก็ตาม จำนวนตัวอักขระที่จะเข้ารหัสต้องเป็นคู่ๆ ดังนั้นถ้าข้อมูลนั้นไม่เป็นคู่ เราจะทำให้เป็นจำนวนคู่โดยการเติม 0 ข้างหน้าข้อมูลนั้น ฉะนั้นข้อมูลใหม่จะถูกเข้ารหัสเป็น "0576548234"

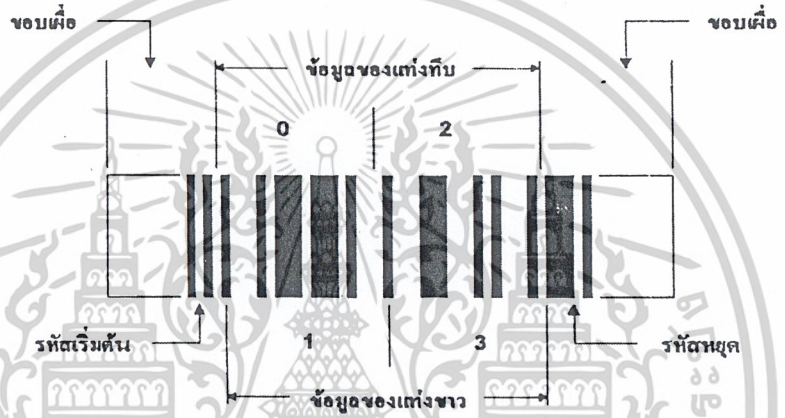
ตัวอย่างการเข้ารหัสของข้อมูล "0123" โดยไม่มี check sum ทำได้โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นคู่ คู่แรกของข้อมูลคือ "01" และคู่หลังคือ "23" จากนั้นก็แปลงข้อมูลคู่แรกคือ "01" เป็นรหัสเลขฐานสองโดยตัวเลข 0 แทนด้วยรหัส 00110 และตัวเลข 1 แทนด้วย 10001 แล้วนำรหัสที่ได้มารวมกันแบบสอดแทรก นั้นคือให้อักขระตัวหลัง (1) อยู่ในตำแหน่งคี่และอักขระตัวแรก (0) อยู่ในตำแน่งคู่ ฉะนั้นจะได้รหัสของคู่แรกคือ 01 เป็น 0100101001 ส่วนการแปลงรหัสในคู่หลังนั้นก็เหมือนกับคู่แรกคือ อักขระเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนด้วยรหัส 01001 และอักขระเลข 3 แทนด้วย 11000 แล้วนำมาแทรกสอดกันได้รหัสของคู่หลังเป็น 0111000010

ผลสุดท้ายก็นำรหัสที่ได้จากข้อมูลในคู่แรกกับคู่หลังมารวมกันโดยเพิ่มรหัสเริ่มต้นคือ 0000 ไว้ข้างหน้า และรหัสหยุดคือ 100 ไว้ข้างหลังสุด ดังนี้ 0000/0100101001011100010/100

ส่วนแสดงการเริ่มต้นและสิ้นสุดของรหัสแถบ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 รหัสเริ่มต้นจะอยู่ทางซ้ายของข้อมูลทั้งหมด ประกอบด้วย 4 ส่วนแคบ ๆ (0000) โดยสลับกันระหว่างแถบทึบและช่องว่าง รหัสหยุดจะอยู่ทางขวาของข้อมูลทั้งหมด ประกอบด้วยแถบทึบกว้างและช่องว่างแคบตามด้วยแถบทึบแคบ (100) และในส่วนประกอบของรหัสแถบจะมีส่วนช่องว่างที่เป็นขอบเผื่อ (Quit Zone) ที่อยู่ปิดหัวท้ายของรหัสแถบ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบของรหัสแทรก 2 ใน 5

2.1.3 รหัสโคด้าบาร์ (Codabar)

รหัสโคด้าบาร์ มีความกว้าง 2 ระดับ สามารถใช้กับข้อมูลตัวเลขและตัวอักขระพิเศษ 6 ตัว คือ $, -, :, /, . และ + และตัวอักษรอีก 4 ตัวที่ใช้เป็นรหัสแสดงการเริ่มต้นและหยุด คือ A, B, C และ D

รหัสโคด้าบาร์แต่ละชุดประกอบด้วยขอบเขตแสดงการสิ้นสุด ส่วนแสดงการเริ่มต้นหรือหยุดและส่วนของข้อมูล ซึ่งสามารถบรรจุข้อมูลได้ถึง 32 ตัวอักษร ตัวอย่างดังแสดงในรูป 2.4 รหัสอักขระแต่ละตัวแทนด้วยส่วนประกอบ 7 ส่วน แบ่งเป็นแถบทึบ 4 แถบ และช่องว่าง 3 ช่อง เนื่องจากใช้ 7 บิตต่อ 1 อักขระ ดังนั้นจึงสามารถมีรหัสได้ถึง $2^7 = 128$ รหัส แต่นำมาใช้เพียง 20 รหัสเท่านั้น ทำให้รหัสแบบนี้เป็นแบบตรวจสอบตัวเองโดยธรรมชาติและไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับรหัสตรวจสอบ (check sum)

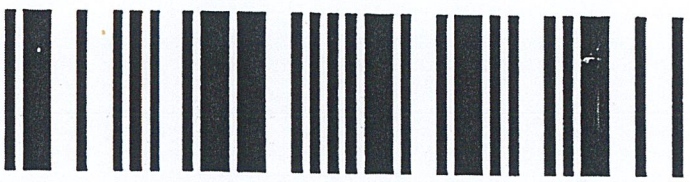
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 รูปแบบของรหัสโคด้าบาร์

ตัวอักขระ	รหัสเลขฐานสอง	รูปแบบของรหัสแถบ
0	0000011	
1	0000110	
2	0001001	
3	1100000	
4	0010010	
5	1000010	
6	0100001	
7	0100100	
8	0110000	
9	1001000	
-	0001100	
$	0011000	
:	1000101	
/	1010001	
.	1010100	
+	0010101	
A	0011010	
B	0101001	
C	0001011	
D	0001110	

รหัสโคด้าบาร์ทั้งหมด แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ซึ่งส่วนกว้างแทนเลขฐานสอง “1” และส่วนแคบแทนเลขฐานสอง “0” สำหรับข้อมูล “2345” ถ้าเข้ารหัสแบบโคด้าบาร์ โดยมี “A” เป็นรหัสเริ่มต้นและจบ (A2345A) ก็จะได้รหัสดังนี้

“0011010/0001001/1100000/0010010/1000010/0011010”



รูปที่ 2.4 รูปแบบรหัสแถบของรหัสโคด้าบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 รหัสยูพีซี (UPC, Universal Product Code)

รหัสแถบชนิดนี้ใช้แทนตัวเลขที่มีจำนวนที่แน่นอนไม่สามารถใช้แทนตัวอักษรได้ จะใช้แทนรหัสสินค้าแบบ 10 หลัก โดย 5 หลักทางด้านซ้ายจะหมายถึงรหัสผู้ผลิต (Manufactory Code) และ 5 หลักทางด้านขวาจะใช้แทนลำดับที่ของชนิดสินค้าที่ผู้ผลิตผลิตออกจำหน่าย (Product Item) นอกจากนี้ยังมีตัวเลขเสริมอีก 2 หลักคือ ตัวเลขระบบ (Number System) จะอยู่ทางด้านซ้ายก่อนรหัสผู้ผลิต สำหรับตัวเลขระบบนี้จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 9 ซึ่งในการใช้งานได้มีการกำหนดความหมายเฉพาะไว้ดังตารางที่ 2.4 ส่วนตัวเลขอีกชุดหนึ่งเป็นตัวเลขสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของรหัส (Check Digit) ซึ่งจะอยู่ทางด้านซ้ายถัดจากเลขชุดลำดับของชนิดสินค้าของผู้ผลิต ซึ่งตัวเลขทั้งสองหลัก ทางผู้ผลิตจะแสดงค่าตัวเลขประจำหลักบนรหัสแถบหรือไม่ก็ได้ และไม่ว่าจะแสดงตัวเลขดังกล่าวให้มองเห็นหรือไม่ แต่เมื่ออ่านด้วยเครื่องอ่านก็สามารถตรวจสอบค่าทั้งสองได้เช่นกัน

ตารางที่ 2.4 ตัวเลขระบบ (Number System) ของรหัสยูพีซี

ค่าตัวเลข	การนำไปใช้งาน
0	ใช้กับสินค้าอุปโภค
2	ใช้กับสินค้าที่ต้องการชั่งน้ำหนักเช่น พืช ผัก ผลไม้
3	ใช้กับสินค้าพวกยา และสินค้าเกี่ยวกับสุขภาพ
4	ใช้กับสินค้าทั่วไปที่ร้านค้ากำหนดเอง
5	ใช้เป็นรหัสสำหรับคูปอง
อื่น ๆ	สำรองไว้ใช้งาน

รหัสยูพีซีเกิดจากการแทนรหัสด้วยเลขฐานสอง 7 บิต จำนวนสองชุดด้วยกัน โดยทั้งสองชุดจะคอมพลีเมนท์ (Complement) ซึ่งกันและกัน ซึ่งชุดหนึ่งจะใช้แทนเลขทางด้านซ้าย (Manufactory Code) และอีกชุดหนึ่งจะใช้แทนตัวเลขที่อยู่ทางด้านขวา (Product Item) จะแทนแถบทึบด้วยเลขฐานสองค่า "1" และแทนช่องว่างด้วยค่าเลขฐานสอง "0" ดังตารางที่ 2.5 เป็นตารางรูปแบบของระบบเลขฐานสองที่ใช้แทนตัวเลขของรหัสยูพีซีทั้ง 2 ชุด โดยแสดงในรูปของแถบ รหัสแถบประกอบด้วย จะพบข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือรูปแบบรหัสด้านซ้ายจะจบด้วยแถบทึบเสมอ ส่วนชุดที่ใช้แทนรหัสด้านขวาจะจบด้วยช่องว่างเสมอ ซึ่งเป็นกฎเกณฑ์อย่างหนึ่งในการกำหนดระบบเลขฐานสองที่ใช้แทนค่าตัวเลขของรหัสยูพีซี และเหตุผลที่รหัสทั้งสองชุดเป็นคอมพลีเมนท์กัน ก็เพื่อการให้การอ่านรหัสแถบโดยเครื่องอ่านสามารถทำการอ่านได้ ทั้งจากซ้ายไปขวาและจากขวามาซ้าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งในรหัสแถบหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 รูปแบบของรหัสยูพีซี

ตัวเลข	รหัสแถบรูปแบบด้านซ้าย	รหัสแถบรูปแบบด้านขวา
0	0001101	1110010
1	0011001	1100110
2	0010011	1101100
3	0111101	1000010
4	0100011	1011100
5	0110001	1001110
6	0101111	1010000
7	0111011	1000100
8	0110111	1001000
9	0001011	1110100

นอกจากนี้ในรหัสยูพีซียังมีรหัสที่ไม่สามารถอ่านค่าเป็นตัวเลขได้อีก 3 ชุดคือ

1. รหัสกั้นซ้าย (Left Guard Band) เป็นเส้นแถบที่อยู่ทางด้านซ้ายสุดของตัวรหัสแถบจะใช้เป็นตัวบอกจุดเริ่มต้นของรหัสแถบ (หรือเป็นจุดสิ้นสุดการอ่านรหัสแถบ กรณีเริ่มอ่านจากด้านขวา) โดยเส้นแถบบริเวณนี้จะให้ค่าเป็นเลขฐานสอง 3 บิต คือ 101

2. รหัสกั้นขวา (Right Guard) เป็นเส้นแถบที่อยู่ทางขวาสุด ใช้ในการบอกจุดสิ้นสุด(หรือจุดเริ่มในการอ่านจากขวามาซ้าย) ของการอ่านรหัสแถบเช่นเดียวกับรหัสกั้นซ้าย เส้นแถบบริเวณนี้จะให้ค่าเป็นเลขฐานสองซึ่งมีสองแบบคือ ถ้าเป็น ยูพีซี-เอ จะให้เป็นเลขฐานสอง 3 หลัก
คือ 101 ถ้าเป็น ยูพีซี –อี จะให้ค่าเป็นเลขฐานสอง 6 หลักคือ 010101

3. รหัสกั้นกลาง (Center Bar) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแยกรหัสตัวเลขด้านซ้ายและด้านขวา โดยจะให้ค่าเป็นเลขฐานสอง 5 หลักคือ 01010

การตรวจสอบความถูกต้องของรหัส (Check Digit) ของรหัสยูพีซี มีวิธีการคิดดังนี้

1. หาผลรวมของตัวเลขจากด้านขวามาซ้ายทีละหลักเว้นหลัก โดยไม่รวมตัว Check Digit
2. นำผลรวมจากข้อ 1 คูณด้วย 3
3. หาผลรวมของหลักที่เหลือ
4. นำข้อ 2 บวก ข้อ 3
5. หาตัวเลข 0-9 ที่เมื่อบวกกับข้อ 4 แล้วมีค่าเต็ม 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 รูปแบบรหัสยูพีซี

รหัสยูพีซีแบ่งเป็นหลายประเภทดังนี้ คือ

2.1.4.1 รหัสยูพีซี-เอ (UPC-A)

รหัสยูพีซี-เอ เป็นรหัสพื้นฐานของรหัสยูพีซี ที่ได้ถูกสร้างขึ้นเป็นแบบแรก มีโครงสร้างที่เป็นพื้นฐานของรหัสยูพีซีแบบอื่น ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นิยมใช้ในสินค้าอุปโภค และบริโภค สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา

2.1.4.2 รหัสยูพีซี-อี (UPC-E)

รหัสยูพีซี-อี เป็นรหัสที่ใช้ในการแทนค่ารหัสเหมือนกับรหัสยูพีซี-เอ แต่โครงสร้างจะแตกต่างกันเล็กน้อยคือ รหัสยูพีซี-อี จะมีจำนวนข้อมูลเพียง 6 ตัว ซึ่งเสมือนการตัดเอาเฉพาะข้อมูลด้านซ้ายของรหัสยูพีซี-เอ มาใช้ คือมีเฉพาะรหัสกั้นซ้ายรหัสข้อมูลและรหัสกั้นกลาง

2.1.4.3 รหัสยูพีซี-บี (UPC-B)

รหัสยูพีซี-บี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่พัฒนาขึ้นมาจากรหัสยูพีซี-เอ เพื่อใช้ในงานด้านยา และสาธารณสุขแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยโครงสร้างของรหัสที่แตกต่างก็เพียงแต่ รหัสยูพีซี-บี จะไม่รหัสตรวจสอบ คือรหัสตัวสุดท้ายของข้อมูลด้านขวาจะไม่ใช่รหัสตรวจสอบ แต่จะเป็นรหัสข้อมูล

2.1.4.4 รหัสยูพีซี-ซี (UPC-C)

รหัสยูพีซี-ซี เป็นรหัสยูพีซีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเดิมโรงงานอุตสาหกรรมยังมิได้มีการนำรหัสแถบไปใช้งาน (ใช้รหัสตัวเลขธรรมดา) จึงได้มีการพัฒนารหัสยูพีซี-ซี ขึ้นมารองรับความต้องการ โดยโครงสร้างของรหัสที่แตกต่างจากรหัสยูพีซี แบบมาตรฐานคือ จะมีรหัสข้อมูล 12 ตัว กับรหัสตรวจสอบและรหัสบอกชนิดสินค้ารวมทั้งหมด 14 ตัว

2.1.5 รหัส EAN (EAN, European-Article Numbering)

รหัส EAN มีลักษณะคล้ายกับรหัสยูพีซีโดยจะใช้จำนวนตัวเลข 5 หรือ 10 หลักเป็นรหัสหลัก และเพิ่มได้อีก 2 หรือ 5 หลัก โดยใช้เพียงอักขระตัวเลข 0-9 เท่านั้น รหัส EAN มีความกว้าง 4 ระดับ คือ ในแต่ละแถบทึบหรือช่องว่างจะมีระดับความกว้าง 1,2,3 หรือ 4 โดยให้แถบทึบแทนด้วยเลขฐานสอง "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ช่องว่างแทนด้วยเลขฐานสอง “0” ตัวอย่างเช่น รหัส 00011 จะถูกแทนด้วยช่องว่างที่มีความกว้าง 3 ส่วน และตามด้วยแถบทึบที่มีความกว้าง 2 ส่วน

รหัสอักขระแต่ละตัวถูกสร้างขึ้นด้วยเลขฐานสองขนาด 7 บิต โดยรหัสแถบชุดหนึ่งๆ จะประกอบด้วยรหัสกั้นซ้าย รหัสกั้นกลาง และรหัสกั้นขวา รหัสที่อยู่ทางด้านซ้ายของรหัสกั้นกลางถูกเข้ารหัสโดยการใช้คอลัมน์ด้านซ้าย ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ดังนั้นอักขระที่อยู่ทางด้านขวาของรหัสกั้นกลางก็จะเข้ารหัสโดยใช้คอลัมน์ด้านขวา ความแตกต่างระหว่างสองคอลัมน์ทางด้านด้านซ้ายนั่นคือ คอลัมน์ A จะใช้กับข้อมูลที่เป็นพาริตี้คี่ (Odd Parity) และคอลัมน์ B สำหรับข้อมูลที่เป็นพาริตี้คู่ (Even Parity)

ตารางที่ 2.6 รูปแบบของรหัส EAN

ค่าตัวเลข	รหัสเลขฐานสอง ด้านซ้าย A	รหัสเลขฐานสอง ด้านซ้าย B	รหัสเลขฐานสอง ด้านขวา
0	0001101	0100111	1110010
1	0011001	0110011	1100110
2	0010011	0011011	1101100
3	0111101	0100001	1000010
4	0100011	0011101	1011100
5	0110001	0111001	1001110
6	0101111	0000101	1010000
7	0111011	0010001	1000100
8	0110111	0001001	1001000
9	0001011	0010111	1110100

รหัส EAN จะใช้ข้อมูล 3 หลักแรกเป็นรหัสประเทศ (country code) ของผู้ผลิตสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 2.7 รหัส EAN –8 เป็นรหัสที่มีความยาวของข้อมูล 5 หลัก ส่วนรหัส EAN-13 นั้น เป็นรหัสที่มีความยาวของข้อมูล 10 หลัก โดยที่ 4 หลัก เป็นรหัสของผู้ผลิตสินค้า (manufactureidentify code) 5 หลัก ถัดมาเป็นรหัสสินค้า (product code) หลักสุดท้ายคือรหัสตรวจสอบ (check code) รหัส EAN ทั้ง 2 ชนิดนี้ก็ประกอบไปด้วยรหัสกั้นหน้า รหัสกั้นกลาง และรหัสกั้นหลัง รหัสแฟลกซ์ (flag character) 2 ตัว และอาจจะมีรหัสสองหลัก หรือรหัส 5 หลักเพิ่มขึ้นมาอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 รหัสประเทศของรหัส EAN

เลขนำหน้า	รหัสของประเทศ	เลขนำหน้า	รหัสของประเทศ
00 – 09	สหรัฐอเมริกาและแคนาดา	76	สวิทเซอร์แลนด์
20 – 29	สำรองไว้	770	โคลัมเบีย
30 – 37	ฝรั่งเศส	773	อุรุกวัย
40 – 43	เยอรมันตะวันตก	775	เปรู
440	เยอรมันตะวันออก	779	อาเจนตินา
460 – 469	โซเวียต	780	ชิลี
471	ไต้หวัน	789	บราซิล
489	ฮ่องกง	80 – 83	อิตาลี
49	ญี่ปุ่น	84	สเปน
50	อังกฤษและไอร์แลนด์	859	เชคโกสโลวาเกีย
520	กรีซ	860	ยูโกสลาเวีย
529	ไซปรัส	869	ตุรกี
54	เบลเยี่ยมและลักเซมเบิร์ก	87	เนเธอร์แลนด์
560	โปรตุเกส	880	เกาหลีใต้
569	ไอซแลนด์	885	ไทย
57	เดนมาร์ก	888	สิงคโปรค์
599	ฮังการี	90 – 91	ออสเตรีย
600 – 601	แอฟริกาใต้	93	ออสเตรเลีย
64	ฟินแลนด์	94	นิวซีแลนด์
70	นอรเวย์	955	มาเลเซีย
729	อีสราเอล	959	ปาปัวนิวกีนี
73	สวีเดน	977	รหัสสำหรับวารสาร
750	เม็กซิโก	978 – 979	รหัสสำหรับหนังสือ
759	เวเนซุเอลา	98 – 99	คูปอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.1 รหัส EAN-8

รหัส EAN-8 นั้นประกอบไปด้วยส่วนต่างตามลำดับดังนี้

- รหัสกั้นหน้า ซึ่งเข้ารหัสด้วย 101
- อักขระแฟลกซ์ 2 ตัว เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A (ดูตารางที่ 2.6)
- ข้อมูลอักขระสองตัวแรกเข้ารหัสด้วยรหัสคอลัมน์ด้านซ้าย A เช่นกัน
- รหัสกั้นกลาง ซึ่งการเข้ารหัสด้วย 01010
- ข้อมูลอักขระ 3 ตัวหลังเข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านขวา
- อักขระตรวจสอบซึ่งเข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านขวา
- รหัสกั้นหลังเข้ารหัสด้วย 101

รหัส EAN-8 ซึ่งมีข้อมูลเป็น “80123453” สามารถแทนด้วยรหัสเลขฐานสองได้ดังนี้ คือ 101/0110111/0001101/0011001/0010011/01010/1000010/1011100/1001110/100010/101 (เพื่อให้ดูง่ายๆ จะใช้เครื่องหมาย “/” ขั้นระหว่างแต่ละรหัส

อักขระตรวจสอบสามารถหาได้โดยการสมมติว่า ตัวอักขระขวาสุดเป็นตำแหน่งที่ (Odd) EOEOEO และบวกอักขระทั้งหมดในตำแหน่งคี่ (Odd) แล้วคูณด้วย 3 ได้เป็นผลลัพท์แรก ส่วนผลลัพท์ที่ 2 หาจากผลรวมของรหัสอักขระทั้งหมดในตำแหน่งคู่ (even) ดังนั้นผลลัพท์ที่ได้คือ ผลรวมของทั้ง 2 กรณีข้างต้น

อักขระตรวจสอบคือจำนวนเลขที่น้อยที่สุดที่บวกเข้ากับผลลัพท์ และสามารถบวกเข้ากับจำนวนนั้นได้ 10 ลงตัว (หรือบวกให้หลักหน่วยเป็น 0)

รูปที่ 2.6 รูปแบบรหัส EAN-8

2.1.5.2 รหัส EAN-13

รหัส EAN-13 นั้นก็มีส่วนประกอบคล้ายคลึงกับรหัส EAN-8 ดังนี้

- รหัสกั้นหน้า ซึ่งเข้ารหัสด้วย 101
- อักขระแฟลกที่ 2 (second flag character) 1ตัวเข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย AหรือB
- ข้อมูลอักขระ 5 ตัวแรกเข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B
- รหัสกั้นกลาง ซึ่งเข้ารหัสด้วย 01010
- ข้อมูลอักขระ 5 ตัวหลังเข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รหัสกั้นหลังเข้ารหัสด้วย 101

อักขระแฟลกที่ 1 ของรหัส EAN-13 ถูกเข้ารหัสด้วยการใช้รูปแบบพาริตี้ (Parity Pattern) ของอักขระแฟลกที่ 2 ข้อมูลอักขระ 5 ตัวแรก ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 รหัส EAN สำหรับอักขระแฟลกที่หนึ่งของ EAN-13

ตัวเลข	แฟลก 2	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5
0	A	A	B	B	A	B
3	A	A	B	B	B	A
4	A	B	A	A	B	B
5	A	B	B	A	A	B
6	A	B	B	B	A	A
7	A	B	A	B	A	B
8	A	B	A	B	B	A
9	A	B	B	A	B	A

ตัวอย่างรหัส EAN-13 กำหนดให้อักขระแฟลกคือ “97” และข้อมูลเป็น “7095983300” ตำแหน่งของคู่/คี่ (Even/Odd) เป็นดังนี้ EOEOEOEOEOEO ดังนั้นผลรวมของเลขในตำแหน่งคี่คูณด้วย 3 จะได้เท่ากับ 69 ([7+0+5+8+3+0]*3) และผลรวมของเลขในตำแหน่งคู่เท่ากับ 37 (9+7+9+9+3+0) จากนั้นนำผลรวมทั้งสองข้างต้นมาบวกกันได้เป็นผลลัพท์เท่ากับ 106 (69+37) ดังนั้นเมื่อนำ 4 บวกเข้ากับ 106 จะได้เท่ากับ 110 ซึ่งหารด้วย 10 ได้ลงตัวพอดีฉะนั้นอักขระตรวจสอบคือ 4 และได้ข้อความเต็มๆ ดังนี้ 9770959833004

รูปที่ 2.7 รูปแบบรหัส EAN-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 รหัส EAN แบบเพิ่ม 2 หลัก

รหัสสองหลักที่เพิ่มขึ้นมาซึ่งอยู่ด้านหน้าของรหัสหลักนั้นจะแสดงหมายเลขเดือน โดยเริ่มจาก 01 สำหรับเดือนมกราคม

ตารางที่ 2.9 รูปแบบพาริตี้ของ 2 หลักที่เพิ่มมาของรหัส EAN

A-A	A-B	B-A	B-B
00	01	02	03
04	05	06	07
08	09	10	11
12	13	14	15
16	17	18	19
20	21	22	23
24	25	26	27
28	29	30	31
32	33	34	35
36	37	38	39
40	41	42	43
44	45	46	47
48	49	50	51
52	53	54	55
56	57	58	59
60	61	62	63
64	65	66	67
68	69	70	71
72	73	74	75
76	77	78	79
80	81	82	83
84	85	86	87
88	89	90	91
92	93	94	95
96	97	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รหัส 2 หลักที่เพิ่มขึ้นมานี้ จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ตามลำดับดังนี้

- รหัสกั้นซ้าย-ขวา เข้ารหัสด้วย 1011
- ข้อมูลอักขระตัวแรก เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B
- อักขระแยก (character delineator) เข้ารหัสด้วย 01
- ข้อมูลอักขระตัวสอง เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B

ข้อมูลอักขระที่ถูกเข้ารหัสโดยใช้คอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B นั้น ขึ้นอยู่กับหลักของอักขระนั้น ตัวอย่างเช่น ถ้าส่วนที่เพิ่มขึ้นมานั้นคือ 13 เราจะใช้ตารางที่ 2.9 ในการอ้างอิง ซึ่งจะใช้คอลัมน์ด้านซ้าย A ใช้สำหรับเลข 1 และ 3 ก็จะเข้ารหัสจากคอลัมน์ด้านซ้าย B (เลข 13 อยู่ในคอลัมน์ A-B)

2.1.5.4 รหัส EAN แบบเพิ่ม 5 หลัก

รหัส EAN แบบที่เพิ่มขึ้นมา 5 หลัก นั้นส่วนมากมักจะพบเห็นกันบนหนังสือ หรือนิตยสารที่ป้ายบอกราคาหรือปกหนังสือ ใน 5 หลักที่เพิ่มขึ้นมานั้นประกอบไปด้วย ส่วนต่างๆ ตามลำดับดังนี้

- รหัสกั้นซ้าย-ขวา เข้ารหัสด้วย 1011
- ข้อมูลอักขระตัวแรก เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B
- อักขระแยกเข้ารหัสด้วย 1
- ข้อมูลอักขระตัวที่สอง เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B
- อักขระแยกเข้ารหัสด้วย 01
- ข้อมูลอักขระตัวที่สาม เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B
- อักขระแยกเข้ารหัสด้วย 1
- ข้อมูลอักขระตัวที่สี่ เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B
- อักขระแยกเข้ารหัสด้วย 01
- ข้อมูลอักขระตัวที่ห้า เข้ารหัสด้วยคอลัมน์ด้านซ้าย A หรือ B

รูปที่ 2.8 รูปแบบรหัส EAN-8 แบบเพิ่ม 5 หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
50084

ตารางที่ 2.10 รูปแบบพาริตี้ของ 5 หลักที่เพิ่มมาของรหัส EAN

ตัวเลข	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5
0	B	B	A	A	A
1	B	A	B	A	A
2	B	A	A	B	A
3	B	A	A	A	B
4	A	B	B	A	A
5	A	A	B	B	A
6	A	A	A	B	B
7	A	B	A	B	A
8	A	B	A	A	B
9	A	A	B	A	B

เช่นเดียวกันตัวอักขระจะถูกเข้ารหัสโดยการใช้คอลัมน์ด้านซ้าย ซึ่งคอลัมน์ที่ใช้นั้นคิดจากค่า check sum ที่คิดเหมือนกับอักขระตรวจสอบของข้อความหลัก โดยสมมติให้อักขระด้านขวาสุดเป็นตำแหน่งคี่ จากนั้นนำอักขระที่อยู่ในตำแหน่งคี่มาบวกกันแล้วคูณด้วย 3 และนำอักขระที่อยู่ตำแหน่งคู่มาบวกกันแล้วคูณด้วย 9 เสร็จแล้วนำผลลัพท์ทั้งสองมาบวกกัน ก็จะได้ค่าๆ หนึ่ง โดยเราจะสนใจเฉพาะเลขในหลักหน่วยของค่าผลลัพท์ที่ได้ซึ่งก็คือหมายเลขของรูปแบบพาริตี้ในตารางที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

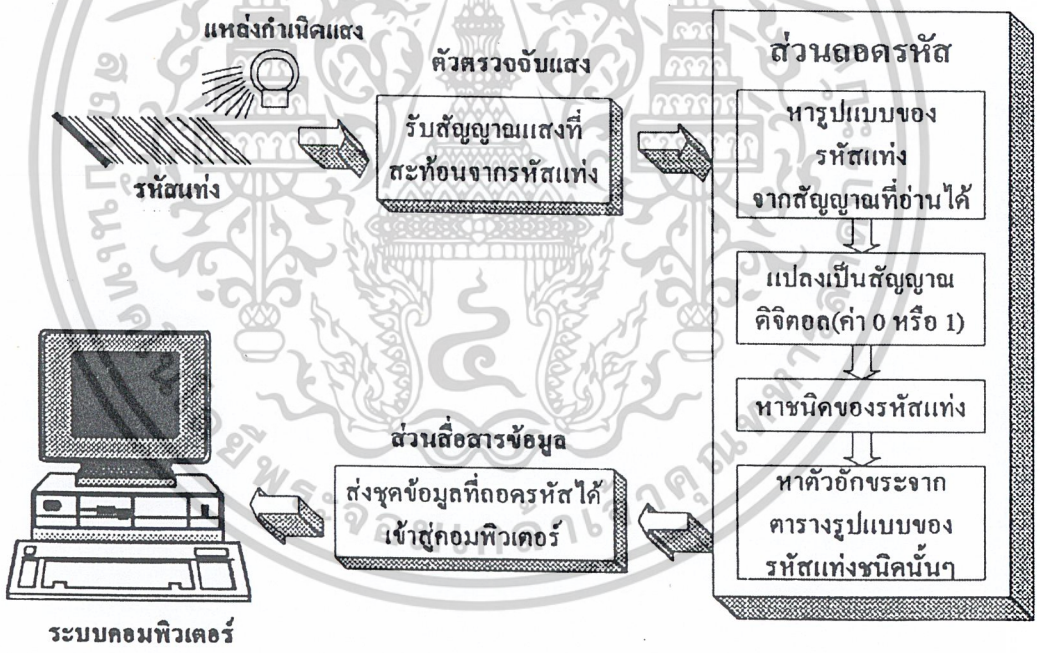
2.1.6 เครื่องอ่านรหัสแถบ

เครื่องอ่านรหัสแถบใช้ในการแยกข้อมูลที่ถูกจัดเข้าเป็นรหัสแถบ และแปลงข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล (0 และ 1) หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลมาทำการถอดรหัส ด้วยหน่วยประมวลผล (Microprocessor unit) ข้อมูลที่ถูกถอดรหัสแล้วจะถูกส่งตรงไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปประมวลผลต่อไปหรือเก็บข้อมูลไว้ก่อนเพื่อรอเรียกใช้ภายหลัง หรือใช้กับโปรแกรมประยุกต์ที่อยู่ภายในตัวเครื่องอ่านรหัสแถบเอง

โดยทั่วไปแล้วเครื่องอ่านรหัสแถบประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้คือ

- ส่วนหัวอ่าน เป็นส่วนนำข้อมูลเข้าประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) และตัวตรวจจับแสง (Light Detector)

- ส่วนถอดรหัส เป็นส่วนประมวลผลข้อมูลที่ได้จากหัวอ่านซึ่งจะใช้ซอฟท์แวร์เป็นหลักดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ระบบเครื่องอ่านรหัสแถบ (Barcode Reader System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

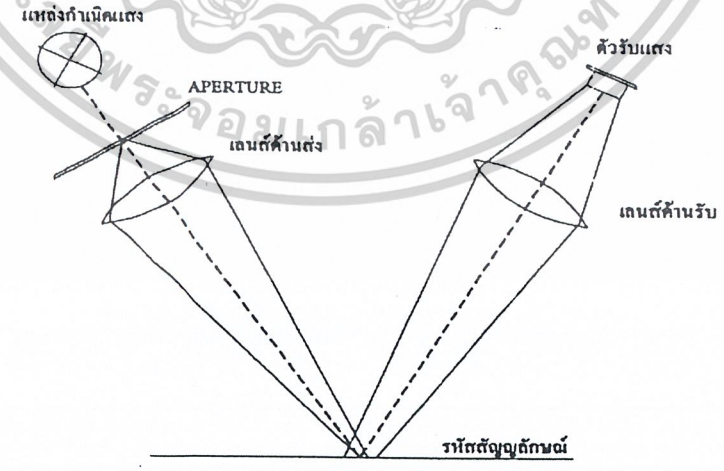
ข้อกำหนดพื้นฐาน 5 ประการสำหรับส่วนถอดรหัส

1. สามารถพิจารณาความกว้างแคบของแถบทึบ (Bar) และแถบขวาหรือช่องว่าง (Space)
2. สามารถจัดแบ่งระดับของความกว้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของรหัสแถบที่ใช้งาน เช่น
   - แบ่งความกว้างเป็น 2 ระดับ สำหรับรหัส 39 ,รหัสแทรก 2 ใน 5 เป็นต้น
   - แบ่งความกว้างเป็น 4 ระดับ สำหรับรหัสแถบกลุ่ม ยูพีซี/เอียน
3. ให้ความมั่นใจได้ว่าความกว้างที่ถูกจัดแบ่งเหมาะกับการถอดรหัสแต่ละชนิด สามารถเปรียบเทียบโครงสร้างความกว้างที่อ่านได้ กับตารางรูปแบบหลักของรหัสแถบนั้นๆ เพื่อเปลี่ยนเป็นรหัสแอสกี้ (ASCII code)
4. ถ้าการกลับลำดับ (Reverse) มีผลต่อการถอดรหัส ทิศทางการอ่านจะถูกกำหนดโดยการตรวจสอบรหัสเริ่มต้น (Start code) และรหัสหยุด (Stop code)
5. ยืนยันได้ว่ามีบริเวณขอบเผื่อ (Quite Zone) ที่ปลายทั้งสองข้างของรหัสแถบ

2.1.7 หัวอ่านรหัสแถบ (Bar Code Scanner)

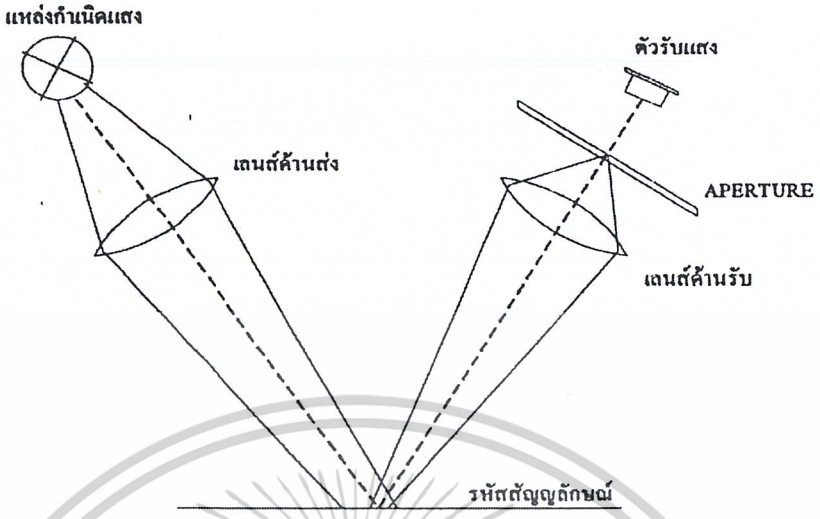
เป็นส่วนนำเข้าข้อมูล (Input Device) ที่ใช้เทคนิคการเปลี่ยนแสงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าในการสแกน (Scan) ผ่านรหัสแถบ ลักษณะการสแกนขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวมือของผู้ใช้หรือขึ้นกับการสแกนภายในหัวอ่านเอง สัญญาณเอาท์พุทที่ได้คือผลของการสะท้อนแสง ณ จุดที่ถูกสแกน

อุปกรณ์ส่วนนี้มักจะเป็นแบบแอคทีฟ (Active System) ซึ่งทำงานโดยการส่งพลังงานแสงไปยังรหัสแถบ แล้วตรวจสอบพลังงานแสงที่สะท้อนกลับมา ส่วนที่เป็นช่องว่างจะสะท้อนแสงได้มากกว่าส่วนที่เป็นแถบทึบ



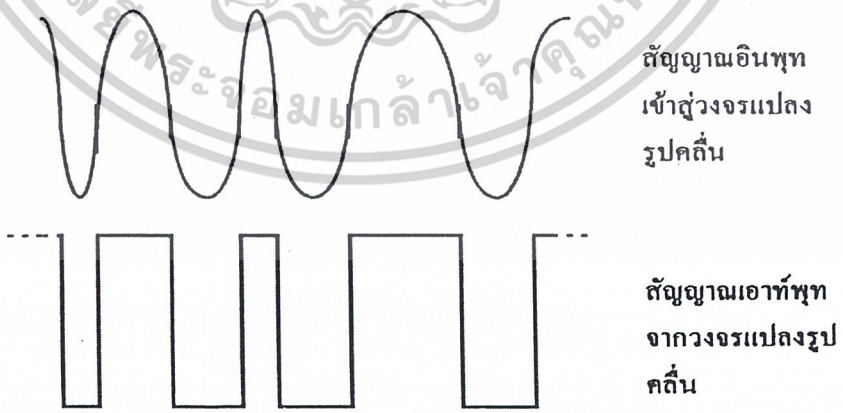
รูปที่ 2.10 แสดงการโฟกัสแสงที่แม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการบีบแสงโฟกัสผ่านช่องเก็บแสง

พื้นที่ของรหัสแถบซึ่งถูกตรวจสอบนี้เรียกว่า สปอต (spot) สปอตควรจะประกอบด้วยความกว้างที่แคบที่สุดของรหัสแถบที่ถูกสแกน สปอตสามารถอยู่ในแบบที่มีการเก็บแสงแบบกว้าง จากแสงที่โฟกัสแม่นยำดังรูปที่ 2.10 หรือโดยการปล่อยแสงแบบกว้างแล้วให้แสงถูกโฟกัสผ่านช่องเก็บแสง ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.12 รูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของหัวอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่สะท้อนจากสปอต จะถูกบังคับทิศทางไปยังตัวรับแสง (Light Detector) ซึ่งจะสร้างกระแสค่าหนึ่งไม่มากนักแต่เป็นสัดส่วนกับแสงที่สะท้อนมา วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) ในหัวอ่านจะขยายสัญญาณจากตัวรับแสงให้อยู่ในระดับใช้งาน แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะเป็นสัดส่วนกับการสะท้อนแสงเพื่อแยกแถบขาวและดำ แรงดันไฟฟ้าจะถูกแปลงเป็นรูปคลื่นดิจิตอล (Digital Waveform) ด้วยวงจรแปลงรูปคลื่น (Wave Shaper) ดังรูปที่ 2.12

ในการสแกนด้วยความเร็วคงที่ จะสามารถตรวจสอบความกว้างและแคบของแถบขาวกับแถบทึบด้วยการวัดค่าเวลา หรือสามารถเปลี่ยนจากไทม์โดเมน (Time Domain) เป็นสเปซโดเมน (Space Domain) ได้ง่ายและแม่นยำ แต่ถ้าการสแกนมีความเร่งหรือมีความเร็วไม่คงที่ การวัดค่าเวลาจากความกว้าง-แคบของรหัสแถบขาวดำจะยากมากขึ้น (ความแม่นยำในการวัดน้อยลง) และจากการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าจริงจากหัวอ่าน ความแม่นยำและความถูกต้องในการวัดค่าจะขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ในส่วนถอดรหัส (Decoder Part)

2.1.8 ชนิดของหัวอ่านรหัสแถบ

หัวอ่านรหัสแถบแบ่งตามลักษณะการใช้งาน และการทำงานได้ดังนี้

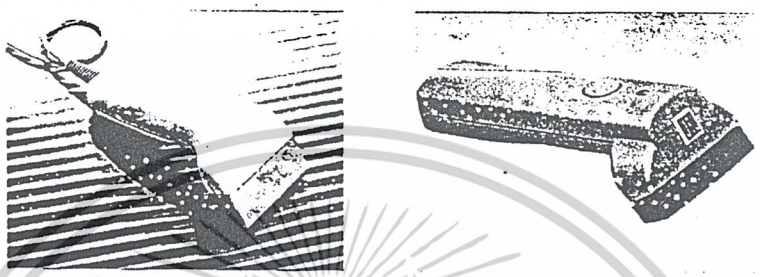
1. หัวอ่านแบบลำแสงกวาด (Moving Beam Scanner)

หัวอ่านแบบลำแสงกวาด ใช้แสงเลเซอร์ (Laser) หรือฮีเลียม-นีออน เป็นแหล่งกำเนิดแสงโดยกวาดลำแสงผ่านรหัสแถบได้เอง (Self scanning) ลักษณะการสแกนทางแนวนอน โดยมีกระจกสะท้อนแสงซึ่งหมุนได้มากกว่า 4 ทิศทาง เพื่อบันทึกการสะท้อนของลำแสงจากรหัสแถบถูกสร้างโดยการหมุนกระจกภายในหัวอ่านและฉายแสงกวาดไปยังรหัสแถบ มีทั้งแบบอยู่กับที่ (Fixed) และแบบมือถือ (Hand held) ดังรูปที่ 2.13

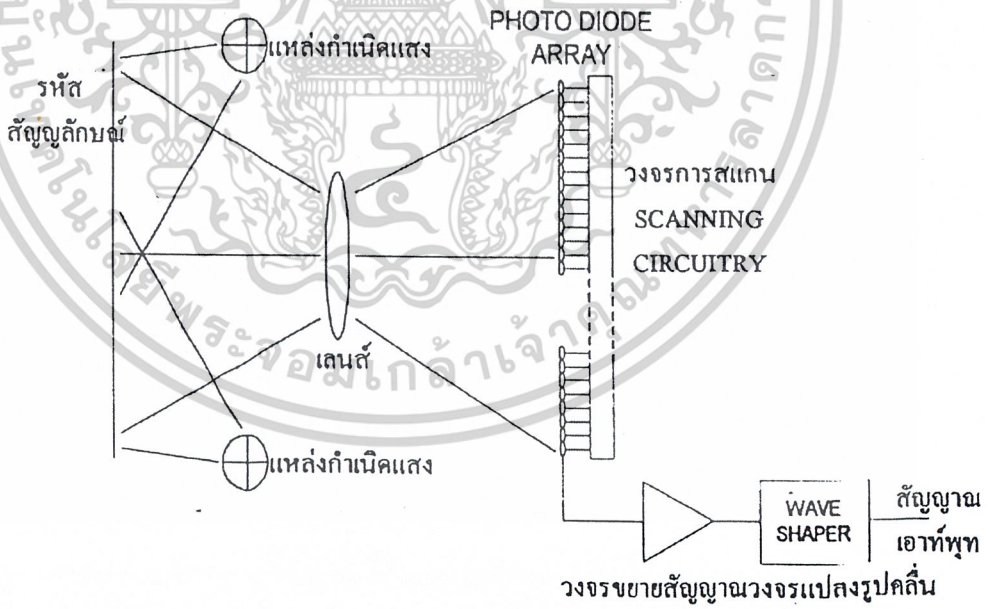
รูปที่ 2.13 หัวอ่านแบบลำแสงกวาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวอ่านแบบซีซีดี (CCD, Chared-Couple Device) ดังรูปที่ 2.14 ก็จัดเป็นหัวอ่านแบบนี้ แต่ใช้อุปกรณ์แบบพาสสีฟ (passive) หลักการของมันก็คือ ฉายแสงคลุมทั้งรหัสแถบ แล้วทำการแยกสัญญาณ (digitize) โดยอาศัยแผงลิเนียร์โฟโต้ไดโอด (Linear photo diode array) ส่วนการสแกนจริงๆ ทำโดยวงจรการสแกน (Scanning circuitry) จากไดโอดแต่ละตัวในแบบลำดับ (sequential) และอาศัยเทคโนโลยีของอุปกรณ์ Charged-Couple Device ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 หัวอ่านแบบซีซีดี



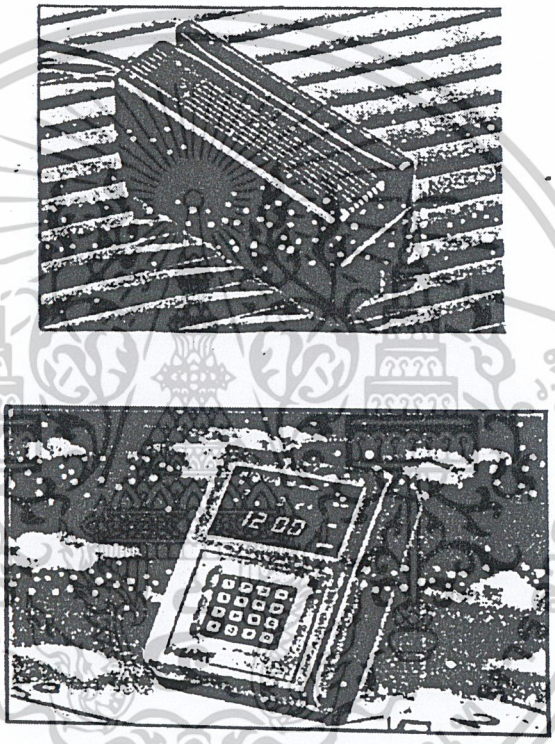
รูปที่ 2.15 วงจรการทำงานของหัวอ่านแบบซีซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หัวอ่านแบบอยู่กับที่ลำแสงคงที่ (Fix Mount Fix Beam Scanner)

หัวอ่านแบบนี้จะอยู่กับที่ ลำแสงไม่เคลื่อนที่ การสแกนรหัสอาศัยการเคลื่อนตัวรหัสแถบผ่านแหล่งกำเนิดแสงซึ่งอยู่กับที่ ตัวอย่างของหัวอ่านแบบนี้คือ Barcode Slot Scanner ดังรูปที่ 2.16

การประยุกต์ใช้งานหัวอ่านแบบลำแสงคงที่ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป คือติดรหัสแถบไว้บนวัสดุที่เคลื่อนไปบนสายพาน ดังนั้นจึงมีโอกาสสแกนเพียงครั้งเดียว จึงต้องใช้การพิมพ์รหัสแถบที่มีคุณภาพสูง



รูปที่ **2.16** หัวอ่านแบบ Slot Scanner

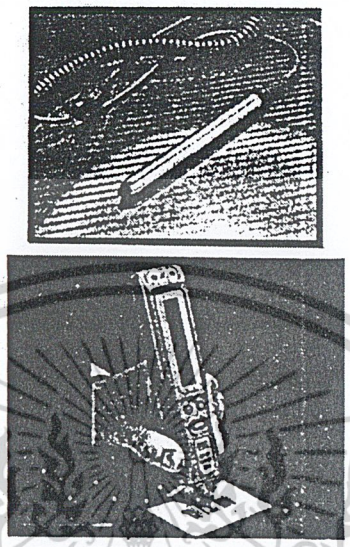
3. หัวอ่านแบบมือถือลำแสงคงที่ (Hand Held Fix Beam Scanner)

เป็นหัวอ่านแบบที่ใช้คนควบคุม การสแกนจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้เป็นหลัก ส่วนประกอบภายในของหัวอ่านแบบนี้จะไม่มีส่วนกลไกใดๆ ที่จะช่วยการสแกนให้เป็นแบบอัตโนมัติ ลำแสงที่ใช้จะอยู่กับที่ แบ่งเป็น 2 แบบ คือแบบสัมผัสรหัส (Contact) และไม่สัมผัสรหัส (Non contact)

หัวอ่านแบบสัมผัสรหัสนั้น รอยสัมผัสระหว่างหัวอ่านกับตัวรหัสควรจะมีขนาดเล็กที่สุดเพื่อลดความเสียหายจากรอยขีดข่วนที่จะเกิดกับตัวรหัส ตัวอย่างหัวอ่านแบบสัมผัสรหัส คือ Wand หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Light pen และ Contact Gun สำหรับหัวอ่านแบบไม่สัมผัสรหัส จะมีจุดโฟกัสอยู่ห่างจากปลายหัวอ่านออกมา จึงไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับตัวรหัสแถบ



รูปที่ 2.17 หัวอ่านแบบ Wand

ข้อผิดพลาดที่มักจะเกิดขึ้นในการใช้งานของหัวอ่านแบบมือถือลำแสงคงที่

- การสแกนช้าไปทำให้เกิดการกระตุก
- การหยุดสแกนก่อนจะสิ้นสุดรหัสจริงๆ (บริเวณขอบเผื่อด้านขวา)
- ไม่เริ่มการสแกนที่จุดเริ่มต้นของรหัสแถบ (บริเวณขอบเผื่อด้านซ้าย)
- ต้องสแกนผ่านเลยแถบทึบแถบสุดท้าย

แม้ว่าจะมีข้อจำกัดในการใช้งาน แต่หัวอ่านชนิดนี้ก็เป็นที่นิยมใช้ เพราะมีราคาถูก

2.1.9 ส่วนถอดรหัสแถบ (Barcode Decoder)

ส่วนถอดรหัสของเครื่องอ่านรหัสแถบ จะทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณดิจิตอล ที่ได้จากหัวอ่าน แปลงสัญญาณนั้นให้ตรงตามรูปแบบของรหัสแถบด้วยขั้นตอนการถอดรหัส

ขั้นตอนการถอดรหัสมักจะใช้ซอฟต์แวร์ ที่ทำงานบนไมโครโพรเซสเซอร์ หรืออาจจะใช้ฮาร์ดแวร์แทนก็ได้ ใช้วิธีการใดก็ตามต้องมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

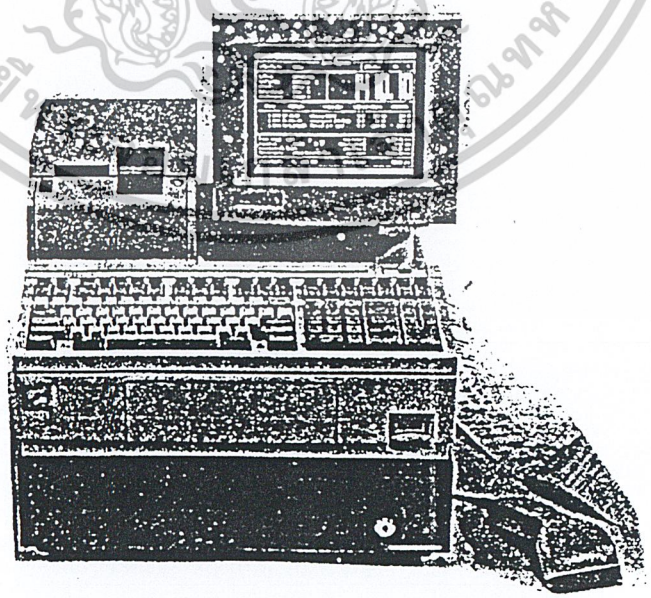
1. แบ่งแยกแถบขาวและแถบทึบจากการสแกน
2. วัดความกว้างของแต่ละสัญญาณที่สแกนได้
3. แบ่งแยกระดับความกว้างของสัญญาณโดยอาศัยอัลกอริทึม (Algorithm) แบบต่างๆ เปลี่ยนความกว้างเป็นรหัสเลขฐานสอง
4. ถอดรหัสจากรหัสเลขฐานสอง โดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าในตารางรูปแบบรหัสแถบสำหรับแต่ละรหัสอักขระ
5. มีอัลกอริทึมบังคับทิศทางการสแกน ถ้ารหัสชนิดนั้นสแกนได้ทิศทางเดียว
6. ตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความถูกต้องของการสแกนรหัสแถบ
   - บริเวณขอบเผื่อที่ถูกต้อง (Quiet Zone)
   - อักขระตรวจสอบ (Check Digit)
   - ความเร็วของการสแกนจะต้องอยู่ในค่าจำกัดที่กำหนดไว้แล้ว
7. การส่งข้อมูลที่ถอดรหัสได้ที่มีผลต่อการถอดรหัสครั้งต่อไป

2.1.10 ชนิดของเครื่องอ่านรหัสแถบ

เครื่องอ่านรหัสแถบแบ่งตามหน้าที่การใช้งานได้ 2 แบบ ดังนี้

1. เครื่องอ่านรหัสแถบแบบออนไลน์ (On line barcode reader)

เครื่องอ่านรหัสแถบแบบนี้ จะมีการสื่อสารถ่ายเทข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ประมวลผลอยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างของเครื่องอ่านรหัสแบบนี้ ได้แก่ เครื่องอ่านรหัสแถบในระบบ POS (Point of Sale) ที่ใช้ในธุรกิจค้าปลีก ดังรูปที่ 2.18

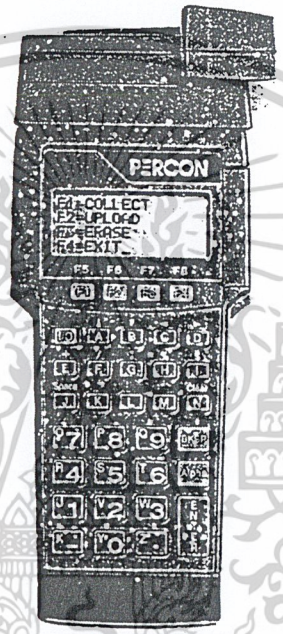


รูปที่ 2.18 เครื่องอ่านรหัสแถบในระบบ POS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล (Portable barcode reader)

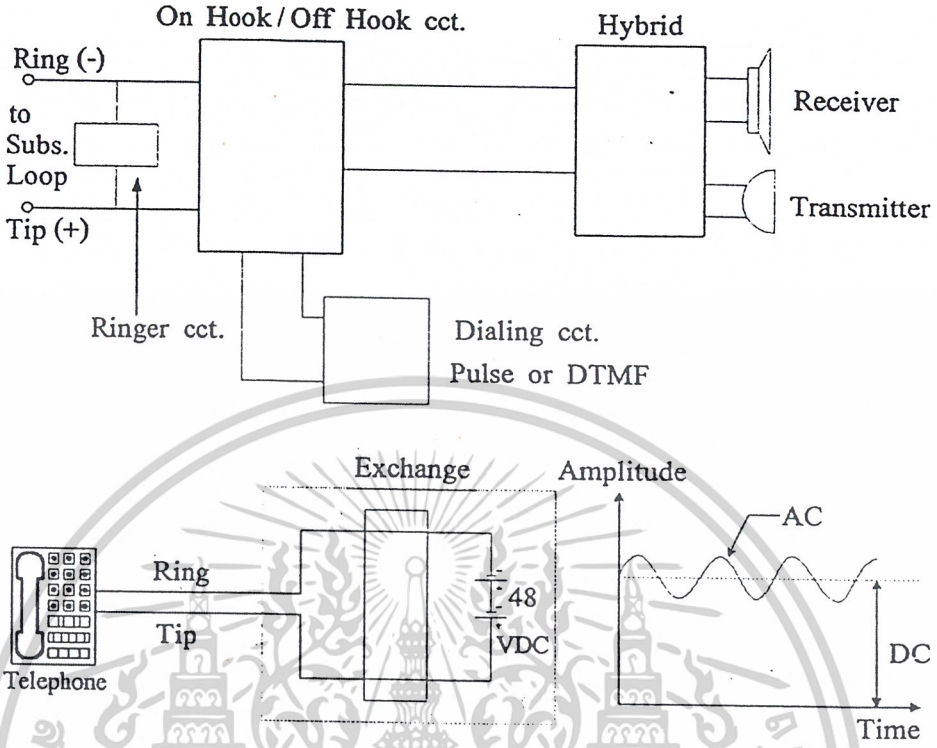
เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลรหัสแถบ และส่วนแสดงผลรวมอยู่ภายในเครื่อง ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟ ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก พกพาสะดวก ดังรูปที่ 2.19 มักจะนำไปใช้ในการตรวจสอบรหัสแถบที่อยู่กับที่ เช่น การตรวจสอบคลังสินค้า ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บเอาไว้ในเครื่องก่อน เมื่อต้องการนำข้อมูลไปประมวลผลจึงนำไปต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.19 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์



รูปที่ 2.20 แสดงระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์และโลคอลลูป (Local loop)

ความหมายของ Local loop คือ สายส่ง 2 wire จากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทางและมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้โดยทั่วไปคือ 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูปที่มีชื่อว่า ทิป (Tip) และริง (Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ -48 VDC ทิปจะต่อกับกราวด์ดังรูปที่ 2.20 เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์มีผลทำให้ฮุคสวิทช์ปิดลง (Hook off) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 mA ไหลวนอยู่ในลูป ซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟระหว่างทิปและริงจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 4 โวลท์ สัญญาณเสียงพูดจากเครื่องโทรศัพท์จะถูกส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC

2.2.1 ภาคส่งโทรศัพท์ (Telephone Transmitter)

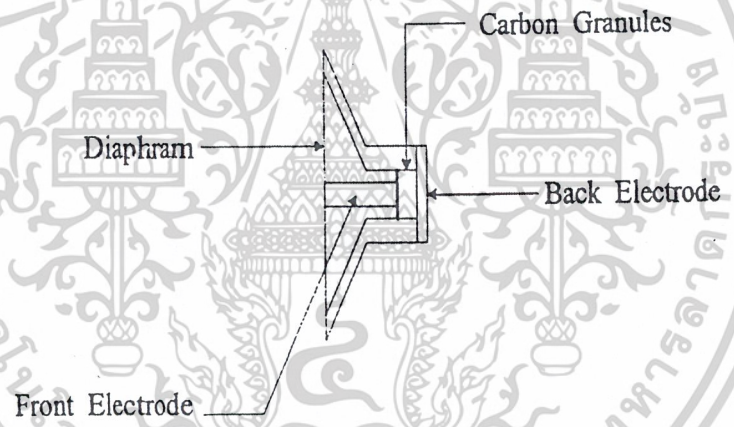
1. **ปากพูดแบบใช้ถ่าน (Carbon Mic.)** เป็นแบบที่ใช้กันมานานตั้งแต่เริ่มมีโทรศัพท์ การเปลี่ยนแปลงพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า อาศัยการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของผงถ่านตามการอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคลายตัว เนื่องจากแผ่นไดอะเฟรม ที่มากดผงถ่านตามพลังงานเสียง ข้อดีของปากพูดแบบนี้ คือ มีความคงทน และให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานสูง ทำให้ไม่ต้องใช้วงจรขยายสัญญาณช่วย ข้อเสียคือ คุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณเสียง

2. **ปากพูดแบบ electromagnetic** ใช้หลักการของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงในขดลวดทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในขดลวดนั้น แบบที่นิยมใช้คือ แบบขดลวดเป็นตัวเคลื่อนที่ที่เรียกว่า Electrodynamic ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร ขดลวดซึ่งเชื่อมต่อกับ Diaphragm สวมอยู่บนแกนแม่เหล็ก เมื่อมีเสียงพูดส่วนของลวดจะเคลื่อนที่ขึ้นลง ตามแรงที่กระทำบน Diaphragm ทำให้สนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเปลี่ยนแปลง จึงเกิดกำลังงานไฟฟ้าขึ้น ข้อดีของปากพูดแบบนี้คือมีคุณสมบัติแบบ Linear ทำให้คุณภาพเสียงดีแต่ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานต่ำ จึงต้องมีวงจรขยายสัญญาณให้แรงขึ้น

เครื่องโทรศัพท์นั้นจำเป็นจะต้องใช้ ภาคส่งที่มีประสิทธิภาพ และความไวสูง เราจึงใช้ภาคส่งแบบคาร์บอน (Carbon Transmitter) ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ของคาร์บอน (เรียกว่า Carbon Granule) แผ่นคาร์บอนอิเล็ค โทรด (Carbon Electrode) 2 แผ่นและไดอะเฟรม (Diaphragm) ดังแสดงตามดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงภาคส่งแบบคาร์บอน (Carbon Transmitter)

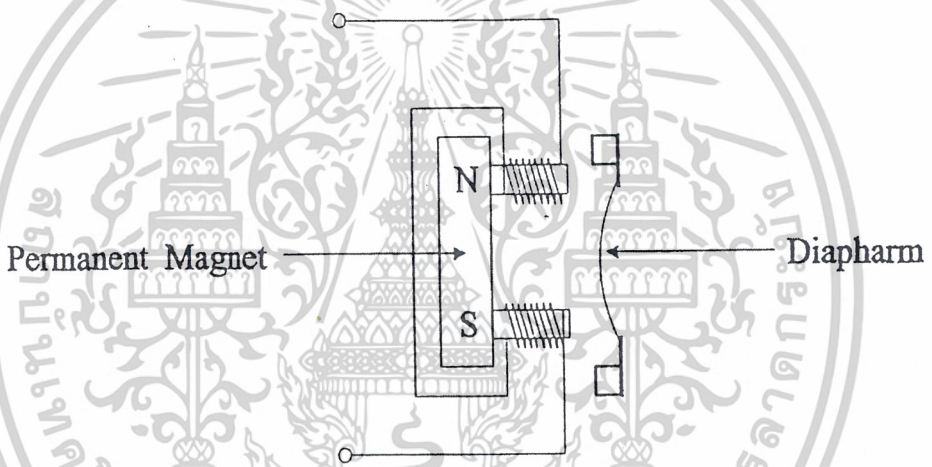
หลักการทำงานของภาคส่งคาร์บอน คือ เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบแผ่นไดอะเฟรม จะทำให้แผ่นไดอะเฟรมสั่นไปมา พลังงานเสียงก็จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ในตำแหน่งที่แผ่นไดอะเฟรมถูกกดจะทำให้อิเล็กโทรดแผ่นหน้าเคลื่อนเข้า เป็นผลทำให้ผงถ่าน (Carbon Granule) ถูกอัดติดกันมากยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อแผ่นไดอะเฟรมเคลื่อนที่ออก ก็เป็นผลทำให้อิเล็คโทรดแผ่นหน้าเคลื่อนที่ออกด้วย จึงทำให้ความต้านทานของภาคส่งเพิ่มขึ้น การอัดตัวของผงถ่านนี้จะทำให้ความต้านทานระหว่างแผ่นอิเล็คโทรดทั้งสองมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำแบตเตอรี่ต่อเข้าระหว่างแผ่นอิเล็คโทรดทั้งสอง กระแสไฟตรงจะไหลผ่านผลถ่าน และเนื่องจากความต้านทานของภาคส่งมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับสัญญาณเสียง ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านภาคส่งจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือพลังงานเสียงสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

2.2.2 ภาครับโทรศัพท์ (Telephone Receiver)

1. **หูฟัง (Receiver)** แบบที่นิยมใช้คือ Electrodynamic โครงสร้างอาจเหมือนปากพูด Dynamic และสามารถใช้แทนกันได้ โดยสัญญาณไฟฟ้าจะเข้าที่จุดทางออก (Output) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวด เป็นผลให้มีแรงดูด-แรงผลักกับแท่งแม่เหล็กถาวรทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ นั่นคือแผ่นไดอะเฟรมเคลื่อนที่ทำให้เกิดสัญญาณเสียงออกมา



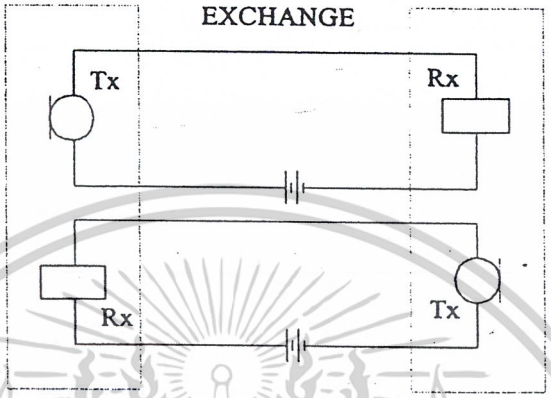
รูปที่ 2.22 แสดงภาครับโทรศัพท์ (Telephone Receiver)

หลักการของภาครับแสดงตามรูปที่ 2.22 คือมีขดลวดพันอยู่ที่ขั้วทั้งสองของแม่เหล็กถาวรที่ต่อกันแบบอนุกรม แต่ขดลวดจะพันกลับทิศทางกัน แม่เหล็กถาวรนี้จะมีอำนาจแม่เหล็กดึงดูดแผ่นไดอะเฟรมเข้ามาเมื่อมีกระแสไฟสลับ (Speech current) ไหลผ่านขดลวด ก็จะมีผลทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งอาจจะไปเสริมหรือต้านกับเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร แผ่นไดอะเฟรมก็จะเคลื่อนที่เข้าหรือออกตามขนาดและความถี่ของ speech current ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีขนาด และความถี่เท่ากับ Speech current ที่ไหลเข้ามาในวงจร คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นนั้นย่อมจะมีการสูญเสียไปบ้าง เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปพลังงาน ดังนั้นเอาท์พุทของคลื่นเสียงจะน้อยกว่า อินพุทของพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับที่ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วงจรรับ-ส่งสัญญาณเสียง (Speech Transmission)

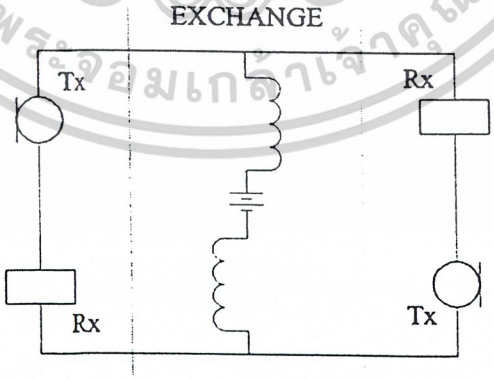
1. แบบพื้นฐานที่ 1 หน้าที่หลักของชุมสายโทรศัพท์คือ การเชื่อมโยงสายระหว่างผู้เช่าฝ่ายเรียก (A-sub) และผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก (B-sub) พร้อมทั้งช่วยจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่อง ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงวงจรพื้นฐานที่ 1

จากรูปจะเห็นว่าการทำงานไม่ยุ่งยากเพราะมีการแยกสัญญาณเสียงทางการรับ-ส่ง แต่มีข้อเสียคือต้องใช้สายถึง 4 เส้น คือ 2 คู่ซึ่งเป็น 2 เท่าของจำนวนคู่สายที่ใช้อยู่จริงในปัจจุบัน

2. แบบพื้นฐานที่ 2 ดังรูปที่ 2.24

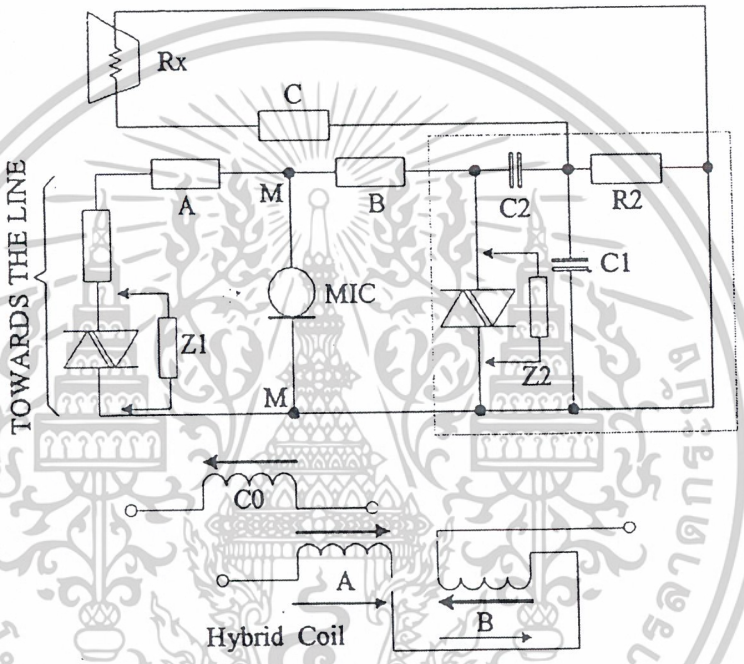


รูปที่ 2.24 แสดงวงจรแบบพื้นฐานที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบนี้ให้ความประหยัดด้านสายแต่มีข้อเสียคือ ประสิทธิภาพของการรับ-ส่ง ไม่ดีเพราะขณะที่พูดไป สัญญาณไฟฟ้าจะผ่านไปที่หูฟังของตัวเองอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ยินเสียงของตัวเองดังมาก และยิ่งทำให้พลังงานที่ส่งออกไปลดลงเสียงที่เราได้ยินที่หูฟังขณะพูดไป เรียกว่า Side tone เสียงนี้มีความสำคัญต่อการรับส่งมาก เพราะถ้ามีขนาดแรงเกินไป ผู้พูดจะพูดค่อยลงทำให้สัญญาณที่ส่งไปยังผู้รับค่อยลงทำให้สัญญาณที่ส่งไปยังผู้รับค่อยไปด้วยแต่ถ้า Side tone ต่ำไป ผู้พูดจะพูดดังมาก ซึ่งอาจจะทำให้สัญญาณเพี้ยนผู้รับจะได้ยินเสียงจนน่ารำคาญ

3. วงจรใช้งานแบบ Induction coil ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรใช้งานแบบ Induction coil

จากรูป เป็นวงจรที่ใช้งานจริง วงจรใช้สายรับ-ส่ง เพียง 1 คู่ การลดทอน Side tone และการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับ-ส่งสัญญาณ อาศัยหลักการการทำงานของ Induction coil ปากพูดที่ใช้เป็นแบบถ่าน ส่วนหูฟังเป็นแบบ Electromagnetic ในขณะที่พูดไป กระแสที่ผ่านไมโครโฟน จะไหลผ่านขดลวด A และ B ถ้า Z1 = Z2 กระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองจะเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามทำให้เส้นแรงแม่เหล็กผลลัพธ์ในแกนแม่เหล็กเป็นศูนย์ จึงไม่เกิดเส้นแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด c หูฟังจึงไม่ได้ยินเสียงที่พูดแต่ในทางปฏิบัติเรายอมให้มี Side tone ได้บ้าง เพื่อประโยชน์ในที่กล่าวไว้ข้างต้น ในขณะที่ฝ่ายรับสัญญาณกระแสไหลผ่านขด A,B จะมีทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กเสริมกันทำให้เกิดการเคลื่อน

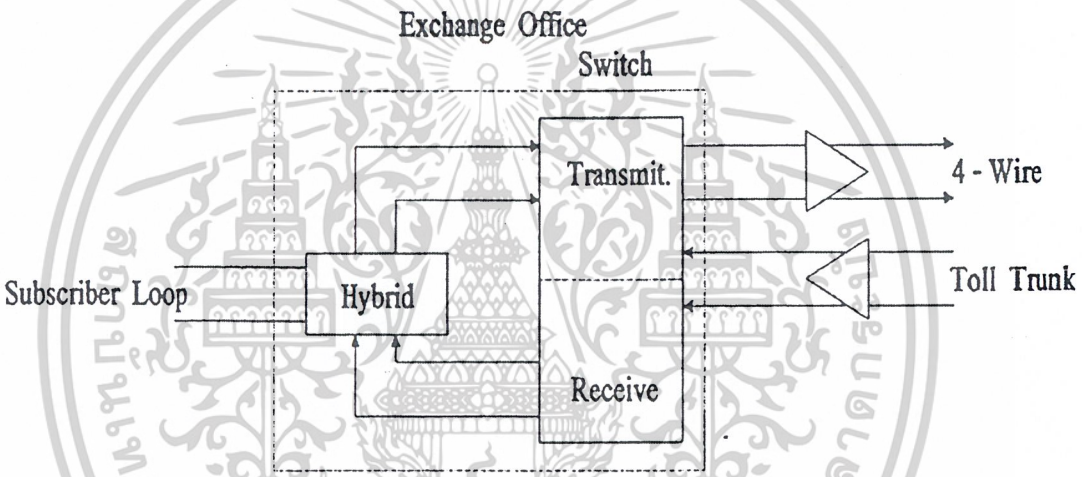
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนี่ยวนำที่จุด c ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่พูดมา วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนจากการทำงานเป็น 2 สาย มาเป็นแบบ 4 สาย ที่ชื่อเรียกว่า วงจร Hybrid ดังนั้น Induction Coil อาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Hybrid Coil

Induction Coil นอกจากจะทำหน้าที่ลดขนาดของ Side tone แล้วยังทำหน้าที่เป็นตัวให้เกิด Implement Matching ระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับสายที่มาจากชุมสาย ทั้งนี้เพื่อกำลังงานที่ส่งออกไปหรือรับเข้ามามีค่าสูงสุด

2.2.4 ภาคไฮบริดของโทรศัพท์ (Telephone Hybrid)

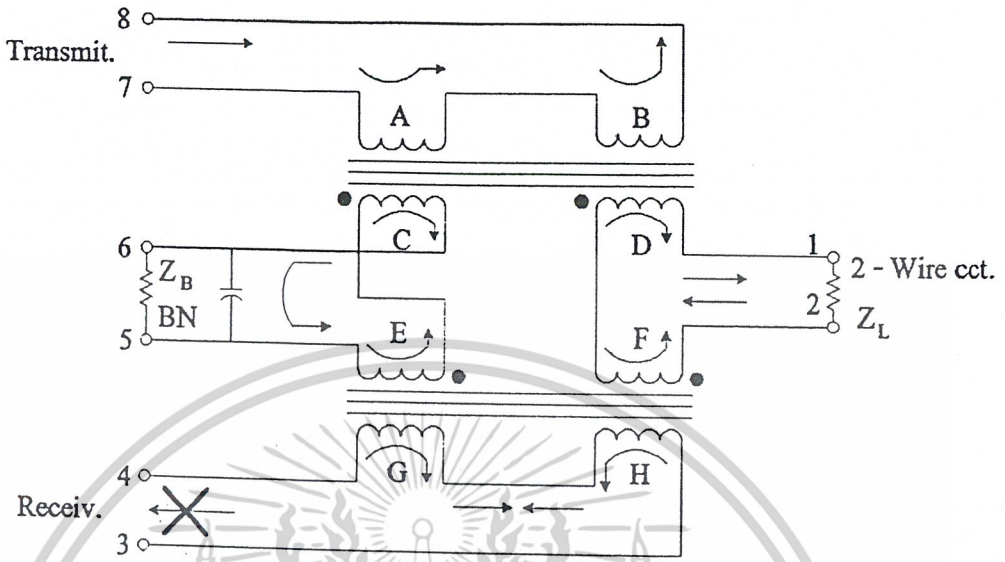
อุปกรณ์ไฮบริดใช้ในการเชื่อมต่อภาคส่ง (Transmitter) กับภาครับ (Receiver)



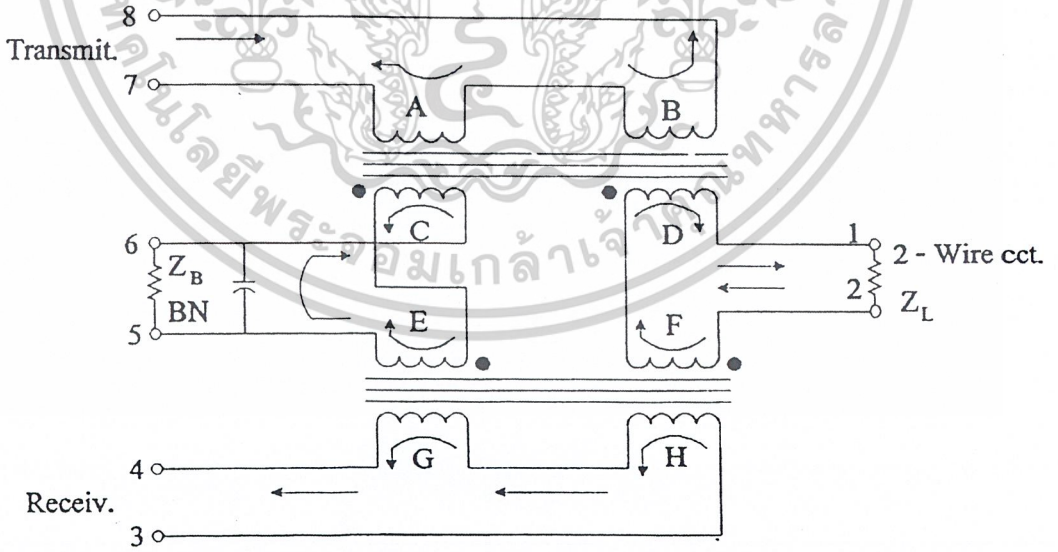
รูปที่ 2.26 แสดง Telephone Hybrid

ในการสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้โทรศัพท์กับ central office ต้องใช้สาย 1 คู่ แต่เมื่อมีผู้ใช้หลายคนต้องติดต่อผ่าน central office จะติดต่อกับผู้ใช้แต่ละคน และส่งสัญญานออกไปในแต่ละทิศทาง โดยกระบวนการเช่นนี้ central office ต้องใช้สาย 4 เส้นทำหน้าที่แปลง 2 w เป็น 4 w (และในทางกลับกันก็แปลงกลับไปมาระหว่าง 2 w กับ 4 w) ด้วยอุปกรณ์นั้นคือ Hybrid เราอาจเรียกอย่างหนึ่งว่าเป็น วงจรที่ทำหน้าที่แปลงกลับไปมาระหว่าง 2 w กับ 4 w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดง Hybrid (Transmit)



รูปที่ 2.28 แสดง Hybrid (Receive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

1. On-Off Hook

- สภาพผู้เช่าวางหู (On Hook) หรือสภาพว่าง (Idel) สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)
- สภาพผู้เช่ายกหู (Off Hook) สายจะมีสภาพ Close Loop (Low Impedance)

2. สัญญาณเสียง (Audible to Tone)

- **ไดอัลโทน (Dialing Tone)** เป็นสัญญาณที่ได้ยินเมื่อทำการยกหูขึ้นเพื่อบอกให้ทราบว่าขณะนี้อุปกรณ์ที่ชุมสายพร้อมที่จะรับสัญญาณการหมุนเลขหมายจากผู้เรียก ให้ผู้เรียกทำการส่งเลขหมายได้ สัญญาณไดอัลโทนนี้ เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 เฮิร์ต มอดูเลตด้วยความถี่ 25 เฮิร์ต ผู้เช่าจะได้ยินโทนนี้เมื่อทำการยกหูโทรศัพท์เพื่อทำการเรียก และสามารถทำการกดเลขหมายได้เมื่อได้ยินเสียงไดอัลโทนนี้

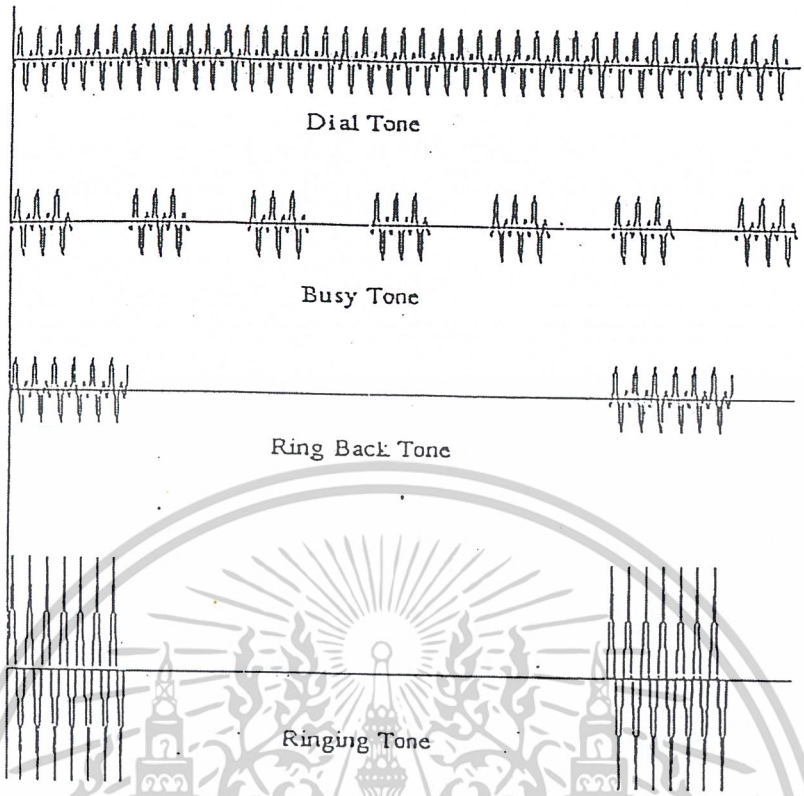
- **สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)** เป็นสัญญาณที่ส่งมาบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง เช่น ถ้าผู้เช่ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้ แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนเลขหมายไปแล้วแสดงว่า ผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง ในกรณีที่ผู้ถูกเรียกอยู่ต่างชุมสาย สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 เฮิร์ต

- **สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)** เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนเลขหมายครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จ ขณะนี้ชุมสายจะทำการส่งสัญญาณเรียกไปยังผู้ถูกเรียกสัญญาณใช้ความถี่ 425 เฮิร์ต โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

- **สัญญาณเรียก (Ringing Signal)** เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ซึ่งจะได้ยินเป็นเสียงกระดิ่งหรือโทนขึ้นอยู่กับวงจรที่ใช้ สัญญาณเป็น Sine Wave 25 เฮิร์ต ค่าแรงดัน 70-90 V_{rms} ช่วงการส่งเช่นเดียวกับสัญญาณกระดิ่ง คือ ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

- **สัญญาณโทนต่าง ๆ** เช่น NU Tone (Number Unobtainable Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

2.2.6 ระบบการต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์และสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์

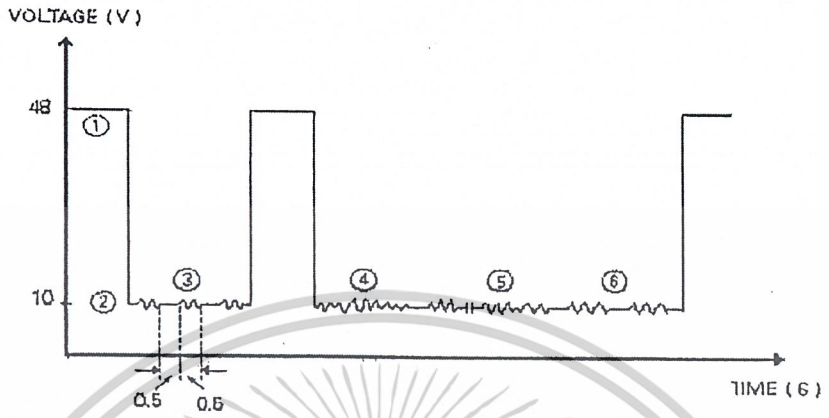
- **ระบบด้านผู้เรียก**

เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้นเพื่อจะทำการเรียก จะทำให้ DC Voltage ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลท์ เป็น 10 โวลท์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเป็นการเริ่มต้นเรียก ก็จะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังผู้เรียก (ถ้าไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก ทำให้ผู้เรียกวางหู และเริ่มทำการเรียกใหม่) เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน ก็จะทำการกดหมายเลขของผู้รับปลายทางเป็นสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ วงจรคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการแปลงรหัสและปฏิบัติการพร้อมกันนั้น เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะตัดสัญญาณให้หมุนทันทีที่รับสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่กดหมายเลขตัวแรก

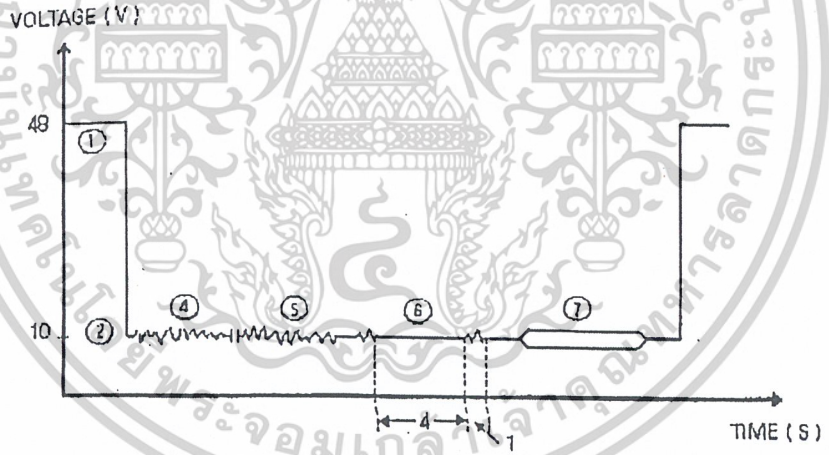
เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์รับหมายเลขของผู้รับ ก็จะทำการแปรตัวเลขระบุจากปลายทางจากรหัสชุมสายที่กดหมายเลขมา เมื่อรู้ตำแหน่งของผู้รับแล้ว เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะจองผ่านระหว่างผู้เรียกและผู้รับแล้ว ส่งสัญญาณกริ่งเรียกกลับไปยังผู้เรียกและในขณะเดียวกัน วงจรคู่สายส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังผู้รับ เมื่อผู้รับมาตอบรับการเรียก สัญญาณตอบรับจะถูกส่งไปยังเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดสัญญาณกริ่งเรียกด้านผู้รับ และยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้เรียกและทำให้ผ่านระหว่าง RBT และผู้เรียกว่าง ขณะเดียวกันก็จะสร้างทางผ่านด้านผู้รับการสนทนาจึงสามารถเริ่มต้นได้



รูปที่ 2.30 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ

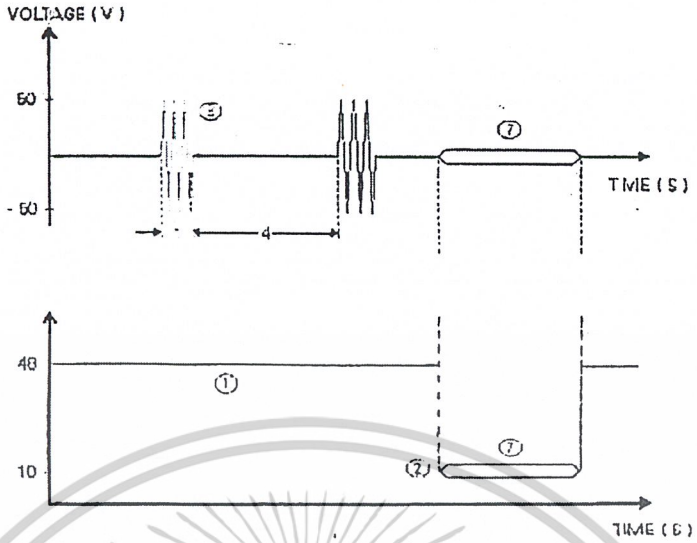


รูปที่ 2.31 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับสำเร็จ

- **ระบบการเรียกด้านผู้รับ**

เมื่อผู้รับถูกเรียกจากผู้เรียก ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียกเป็นสัญญาณ AC ขนาด 100 V ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับเมื่อผู้รับตอบการเรียกจะทำให้ DC Voltage เปลี่ยนจาก 48 V เป็น 10 V ทำให้วงจรคู่สายตัดสัญญาณกริ่งเรียกระหว่างผู้เรียกกับผู้รับ การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ สถานะวางหูของผู้เรียกจะเลือกทางเสียงผู้พูดผ่านและทำให้ผู้รับวางหูตาม วงจรคู่สายจะตรวจรู้ว่าเป็นการเลิกสนทนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก
(ก) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน AC
(ข) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน DC

2.2.7 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกันชุมสาย (Inter exchange signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

1. Seizure (สัญญาณจับวงจร) เป็นสัญญาณใช้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ตัวรับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะส่งมา

2. Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

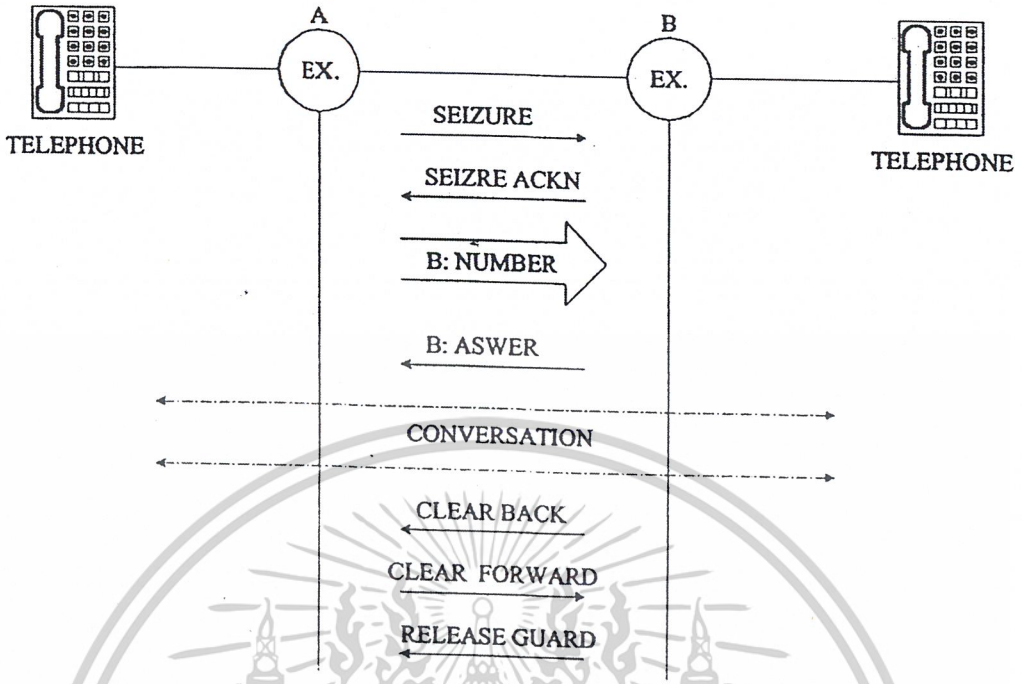
3. Answer Signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณก็คือ

1. เริ่มต้นคิดเงิน
2. ส่งสัญญาณคิดเงิน
3. ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. Clear- forward (สัญญาณยกเลิกการต่อตรง) จะถูกส่งเมื่อฝ่าย Ac วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

5. Clear-back (สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทาง เริ่มต้นการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear-forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter exchange signaling)

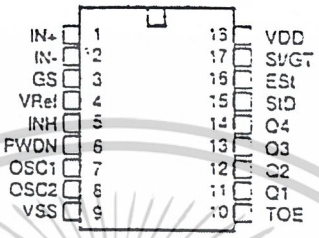
2.2.8 หน้าที่ของเครื่องโทรศัพท์

1. เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่บอกรับในกรณีที่มีการเรียกเข้ามา โดยใช้สัญญาณ Ringing
2. เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงของผู้พูดเป็นสัญญาณไฟฟ้า และในทางกลับกันก็จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกส่งมาให้เป็นสัญญาณเสียง
3. รูปแบบการส่งเลขของผู้ใช้โทรศัพท์ เพื่อส่งให้กับ Central office สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ Pulse กับ Tone
4. เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับสัญญาณเสียงให้มีความดังที่เหมาะสม โดยชดเชยความสูญเสีย อันเกิดจากระยะทางระหว่างเครื่องโทรศัพท์และ Central office ซึ่งมีความใกล้และไกลต่างๆ กัน
5. เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับ Central office เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการใช้บริการโดยทำการยก Handset (Odd Hook)
6. เครื่องโทรศัพท์จะทำให้มี Feedback จากไมโครโฟนไปสู่หูผู้ฟัง ผู้พูดจึงสามารถได้ยินเสียงตนเอง (Side Ton) และสามารถควบคุมระดับความดังของ Side Tone ได้
7. เมื่อเครื่องโทรศัพท์ยังไม่มีการใช้งาน (On Hook) วงจร On-Hook/Off-Hook จะทำการแยกเครื่องโทรศัพท์ออกจาก Central Office โดยการใช้ Switch Hook

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ในภาครับเครื่องโทรศัพท์สามารถรับสัญญาณต่างๆ เช่น Busy, Ringing, etc. จาก Central office

2.2.9 MT 8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)



รูปที่ 2.34 แสดงรายระเอียดขาของ MT 8870

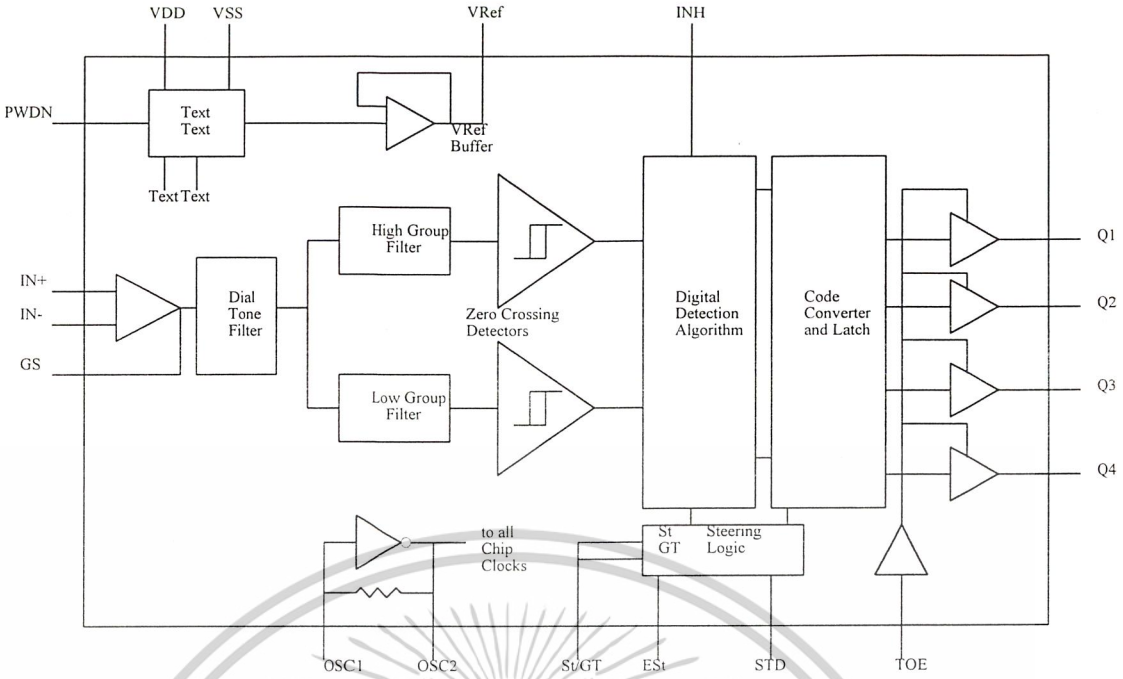
คุณสมบัติของ MT 8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF Receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time)
- เป็นไอซีคุณภาพดี

โครงสร้างของ MT 8870

โครงสร้างภายในของ MT 8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างขึ้นโดยเทคโนโลยี ISO^{2}CMOS ในส่วนวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคสวิทซ์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาท์พุทเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



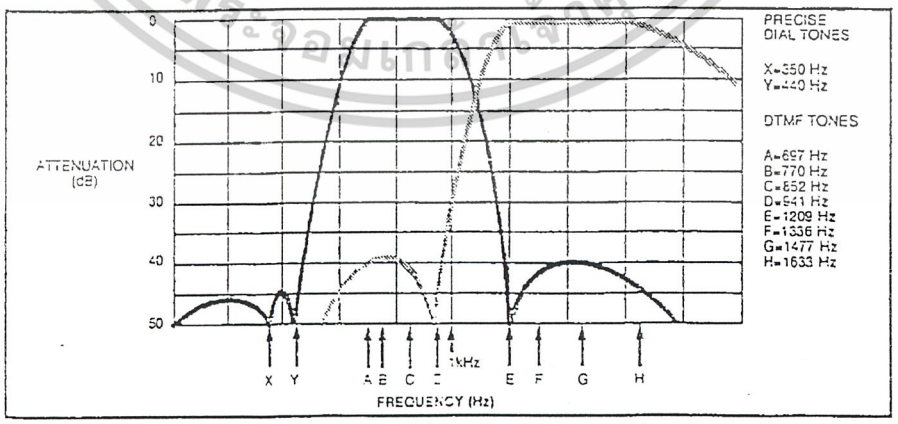
รูปที่ 2.35 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870

ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของ MT 8870

ประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญ คือ

1. ภาคกรองสัญญาณความถี่ (Filter Section)

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิด สวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six order switched capacitor and pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่



รูปที่ 2.36 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่า เป็นความถี่มาตราฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นผสมเข้ามา เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอคทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น แสดงดังตาราง 2.11

ตาราง 2.11 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

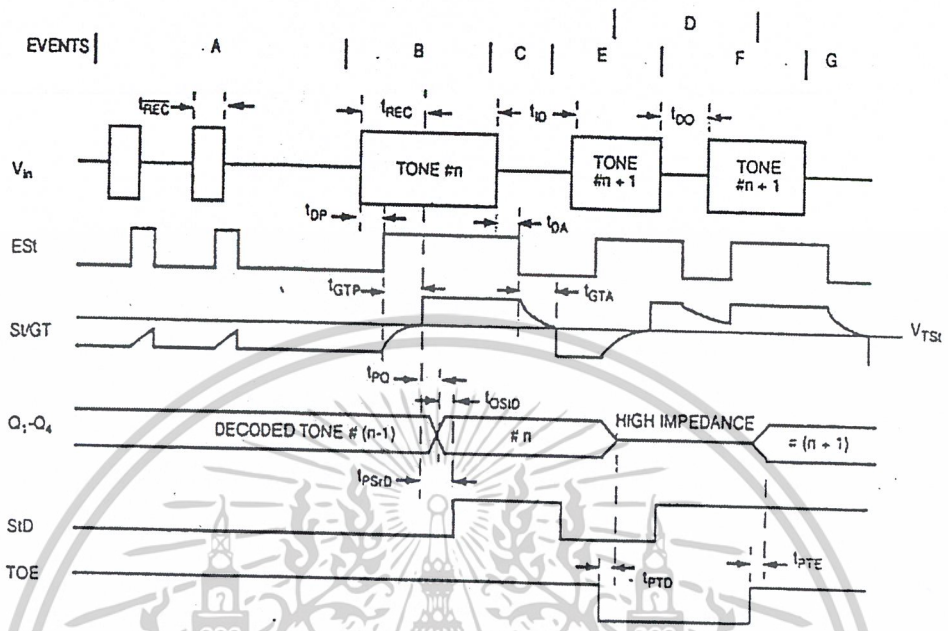
F low	F high	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	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

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)

ก่อนที่จะมีรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลานานเท่าไรนั้น สามารถตั้งโดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น High ทำให้ V_c สูงขึ้น ตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรสโฮลด์ วงจรถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิตดังแสดงได้ดังแผนภูมิเวลา ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 แสดงแผนภูมิเวลาของ MT 8870

ขั้นตอนการทำงานจากแผนภูมิเวลา

A – ตรวจพบความถี่ที่เข้ามา แต่คาบเวลาที่ถูกต้อง เอาท์พุทไม่เปลี่ยน

B – ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตซ์ไว้ที่เอาท์พุท

C – จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตซ์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D – เอาท์พุทเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E – ความถี่ #n +1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้

F – ความถี่ #n +1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาท์พุทยังแลตซ์อยู่

G – จบความถี่ #n +1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์ที่ใช้

V_{in} : สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

Est : ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/Gt : Steering input / Guard time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q_1- Q_4 : เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Std : Delay Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE : Tone output enable (input) ใช้ควบคุม Q_1- Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

t_{REC} : คาบเวลานานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} : คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} : เวลาสั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} : เวลานานที่สุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} : เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} : เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} : การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

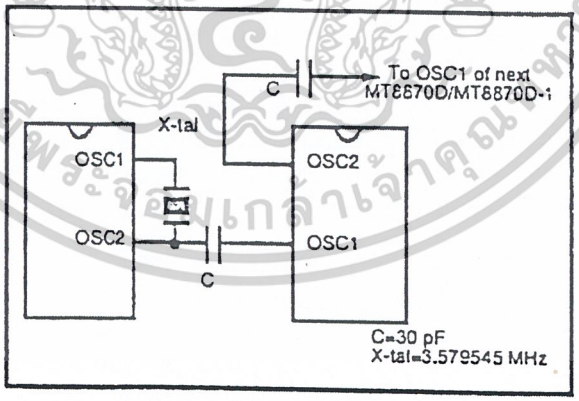
t_{GTA} : การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT 8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเข้าไปด้วยซึ่งวงจรที่นำมาต่อนี้แล้วแต่ความต้องการ

5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 3.58 เมกะเฮิร์ต ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่ แสดงดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

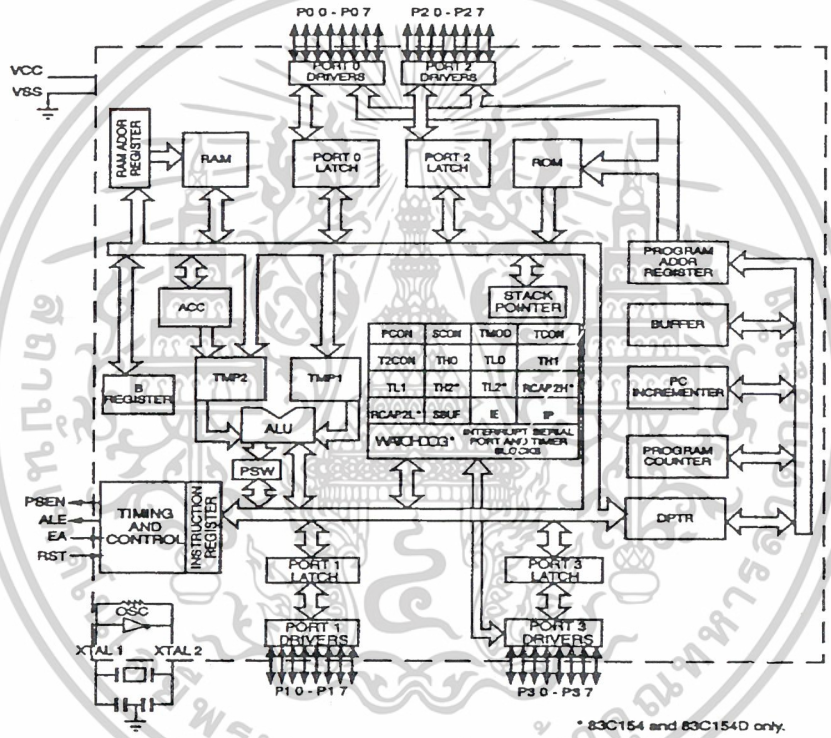
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51

ในที่นี้จะกล่าวถึงไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51 ที่ใช้เป็นหน่วยประมวลผลโดยเราจะกล่าวไว้เพียงคร่าว ๆ จะเน้นเฉพาะส่วนหลัก ๆ ที่คิดว่าสำคัญเท่านั้น ส่วนรายระเอียดอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงสามารถหาอ่านเพิ่มเติมได้ตามหนังสือไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51 ทั่วไปได้

2.3.1 โครงสร้างภายในของ MCS – 51

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51 แสดงดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51

โครงสร้างส่วนใหญ่ ๆ ของ MCS – 51 ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง คือ CPU (Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว MCS – 51 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย

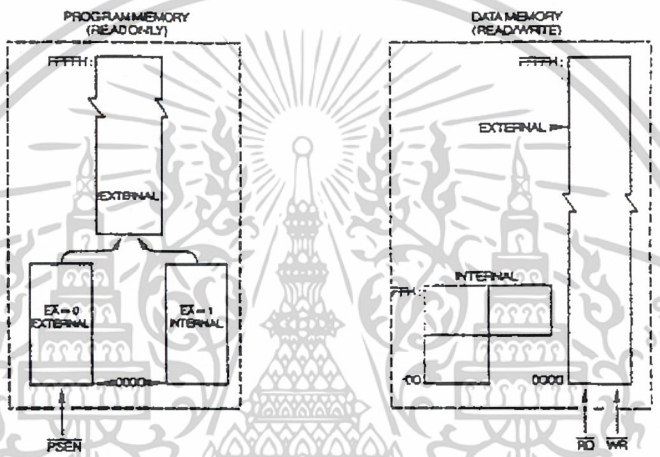
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน CPU นี้ยังประกอบไปด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่า ส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก ลบ คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่สอง คือ หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

ซึ่งโครงสร้างของหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS – 51 แสดงดังในรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS – 51

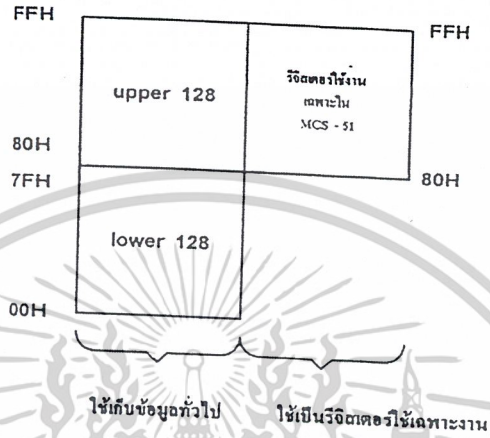
หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใน MCS – 51 จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (Internal Program Memory) และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป (External Program Memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0, 4, 8, 16, กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS – 51 จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปของ MCS – 51 ยังแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อยดังนี้

1. ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป
2. ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้เฉพาะงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS – 51 หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS – 51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ เพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียูแผนภาพแสดงหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณ แสดงดังในรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.41 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS – 51

ส่วนที่สาม คือ อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/Output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก MCS – 51 ทำให้ MCS – 51 ติดต่อกับภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุทได้แก่ 4 I/O Port , Timer 0 , Timer 1 , Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. 4 I/O Port คำว่าพอร์ทหมายถึงจุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ MCS – 51 เป็นที่ใช้สำหรับรับ – ส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS – 51 พอร์ทมีทั้งหมด 4 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะรับ – ส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ท P0 , P1 , P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานมากกว่าหนึ่งอย่างก็ได้ เช่น พอร์ท P0 และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อและพอร์ท P0 จะใช้รับส่งข้อมูลเพื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วยแต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นที่เวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุมที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

2 . Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS – 51 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS – 51 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU

3 . Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS – 51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

เนื่องจาก MCS – 51 ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโพรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรเลอร์ จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS – 51 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดใน MCS – 51 มีแสดงในรูปที่ 2.42

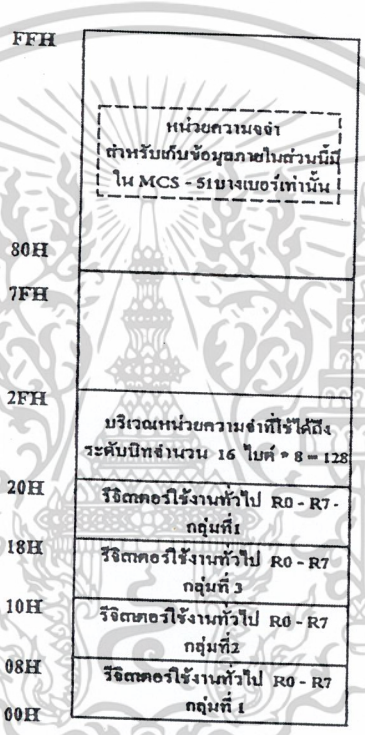
รูปที่ 2.42 แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS – 51

ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป MCS – 51 ซึ่งผู้ใช้ต้องติดตั้งเพิ่มเอง การติดต่อระหว่าง MCS – 51 กับหน่วยความจำทั้งสองส่วนจะใช้ขา 32 ถึง 39 (พอร์ท 0) เป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 – A7) และใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำด้วย ส่วนค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8 – A15) จะใช้ขา 21 – 28 (พอร์ท 2) ดังนั้นเมื่อพอร์ท 0 และพอร์ท 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกจะทำให้เหลือพอร์ทสำหรับใช้งานอื่น ๆ น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป

MCS – 51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือ รีจิสเตอร์ A , B และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 , R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก ดังแสดงในรูป 2.43 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 , R7 ใน MCS – 51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใด ๆ รีจิสเตอร์ทั้งสี่กลุ่ม (R0 , R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0 , R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในสี่กลุ่ม กระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0 , RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW



รูปที่ 2.43 แสดงหน่วยความจำรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง R0 , R7 จะมีอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้งสี่กลุ่ม ซึ่งจะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้น จะไม่มีผลต่อรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลยโครงสร้างเช่นนี้ทำให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมาก โดยเฉพาะกับการเขียนโปรแกรมที่มีการเรียกใช้โปรแกรมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 พอร์ทสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

MCS – 51 สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ แต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็สามารถกำหนดค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยสามารถเลือกอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (baud rate) มาตราฐานได้ตั้งแต่ 110 , 1.2 K, 2.4 K, 9.6 K, 19.2 K, 375 K ตามมาตราฐาน UART นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 รูปแบบ ตามความเหมาะสมในแต่ละงาน

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ MCS – 51 มีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่า ฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ท 3.1) ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ท 3.0) SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

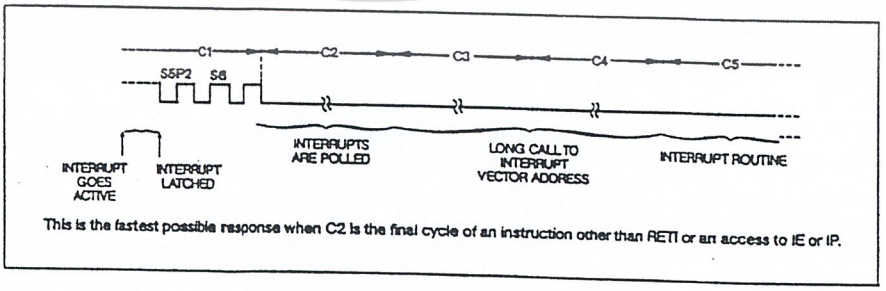
2.3.5 การขัดจังหวะ (Interrupt)

การขัดจังหวะคือสภาวะหนึ่งที่คอมพิวเตอร์กำลังทำงานอยู่ แล้วถูกขัดจังหวะด้วยสัญญาณหรือคำสั่งพิเศษ ที่ทำให้คอมพิวเตอร์ต้องละจากงานที่กำลังทำอยู่ ไปทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะนั้น เมื่อเสร็จแล้วก็จะกลับมาทำงานเดิมต่อไปได้ใน MCS – 51จะสามารถขัดจังหวะการทำงานได้ 6 แหล่งคือ

1. INTO , INT1 เป็นสองขาของ MCS – 51 ที่จะรับสัญญาณจากภายนอก การขัดจังหวะจะเกิดขึ้นถ้าสัญญาณที่ขาดังกล่าวมีสภาวะลอจิกเป็น 0 หรือเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 โดยเลือกด้วยการกำหนดในบิต IT0 หรือ IT1 ในรีจิสเตอร์ TCON

2. TF0 , TF1 เป็นบิตหนึ่งที่จะบอกการทำงานของ Time0 , Timer1 เมื่อเกิดOverflow ขึ้นใน Timer จะทำให้บิตนี้เป็น 1 และเกิดการขัดจังหวะการทำงานของ MCS – 51 ได้

3. T1 , R1 เป็นสองบิต ในรีจิสเตอร์ SCON ถ้าบิตนี้ถูกเซตให้เป็น 1 โดยฮาร์ดแวร์อันเนื่องจากเสร็จสิ้นการส่งหรือการลบข้อมูลจะสามารถทำให้เกิดการขัดจังหวะได้



รูปที่ 2.44 ไดอะแกรมเวลาของการตอบสนองการขัดจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS – 51 จะทำการอ่านสัญญาณจากทั้ง 6 แหล่ง ที่เวลา S5P2 ของทุก ๆ ไซเคิลของเครื่อง (Machine Cycle) เข้ามาเก็บและในช่วงของไซเคิลของเครื่องถัดไปก็จะตรวจสอบสถานะของสัญญาณทั้ง 6 ที่เก็บเข้ามา ถ้าสัญญาณนั้นมีการขัดจังหวะที่ถูกต้อง MCS – 51 ก็จะละทิ้งการทำงานเดิมไว้ชั่วคราวแล้วสร้างคำสั่ง LCALL ขึ้นมาภายใน MCS – 51 เพื่อไปทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะแต่ละสัญญาณนั้น เมื่อทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะเสร็จสิ้นก็จะสามารถกลับมาทำงานเดิมได้ โดยใช้คำสั่ง RETI เป็นคำสั่งสุดท้ายในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ สัญญาณขัดจังหวะจากแต่ละแหล่งจะมีตำแหน่งหน่วยความจำที่จะเก็บโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะไว้ต่างกันดังนี้

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์	ตำแหน่งเริ่มต้นโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ
1	INT0	0003H
2	TF0	000BH
3	INT1	0013H
4	TF1	001BH
5	TI+RI	0023H
6	TF2+EXF2	002BH

ตำแหน่งเริ่มต้นโปรแกรมนี้เป็นตำแหน่งใน Program Area เช่นถ้ามีสัญญาณของ INT0 เข้ามาแล้ว MCS – 51 ตรวจสอบว่ามีการขอขัดจังหวะถูกต้อง ก็จะละทิ้งการทำงานเดิม แล้วไปทำงานที่โปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะที่มีตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ที่ตำแหน่ง 0003H เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานของโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะจะต้องมีคำสั่ง RETI อยู่เพื่อกลับมาทำงานเดิมได้ MCS – 51 จะทำการตรวจสอบสัญญาณดังกล่าวว่ามีสัญญาณใดขอการขัดจังหวะมาบ้างโดยใช้วิธี Polling คือการตรวจสอบเรียงตามลำดับจาก 1 ,2 , 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ ดังนั้นถ้ามีการขอการขัดจังหวะเข้ามาพร้อม ๆ กัน MCS – 51 ซึ่งตรวจสอบการขอขัดจังหวะแบบPolling จะพบว่าสัญญาณมีการขอขัดจังหวะจากสัญญาณต้น ๆ ก่อนจึงตอบสนองต่อการขอขัดจังหวะของสัญญาณต้น ๆ ก่อนหรืออีกนัยหนึ่งก็คือสัญญาณขอการขัดจังหวะต้น ๆ จะมีลำดับความสำคัญสูงสุด (Highest Priority) และสัญญาณที่ 5 จะมีลำดับความสำคัญต่ำสุด (Lowest Priority) อย่างไรก็ตามสามารถที่จะจัดลำดับความสำคัญของสัญญาณขัดจังหวะนี้ใหม่ เพื่อให้มีการตอบสนองการขัดจังหวะสัญญาณขอการขัดจังหวะลำดับหลังได้ โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority Register) และจะสามารถกำหนดว่าจะให้ทำโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ เมื่อมีสัญญาณขอขัดจังหวะเข้ามาหรือไม่ก็ได้ โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ MCS – 51 ทำการตรวจสอบสัญญาณขอการขัดจังหวะที่เก็บเข้ามาเมื่อเวลา S5P2 แล้วพบว่ามีการขอการขัดจังหวะนั้น แม้ว่าจะมีการ Enable ในรีจิสเตอร์ IE ถูกต้องแต่จะต้องมีเงื่อนไขดังนี้ด้วย

1. ไม่ได้กำลังทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณขัดจังหวะที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าหรือเท่ากัน เช่น กำลังทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณ INT0 อยู่ แล้วมีการขอขัดจังหวะ จากสัญญาณ INT1 อีก จะไม่เกิดการทิ้งงานเดิมคือไม่มีการไปทำงานที่โปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะของสัญญาณ INT1

2. เนื่องจากการสุ่มสัญญาณเข้าไปเพื่อตรวจสอบนั้นจะทำที่เวลา S5P4 ของในไซเคิลสุดท้ายของคำสั่ง และคำสั่งที่อยู่ถัดมาจะต้องใช้เวลาทำงาน 2 ไซเคิลของเครื่อง ดังนั้นการตรวจสอบจะกระทำในไซเคิลแรก แม้ว่าจะมีการขอการขัดจังหวะเข้ามาก็จะไม่ทำโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะจะต้องอ่านสัญญาณที่เวลา S5P2 อีกครั้งแล้วไปตรวจสอบที่ไซเคิลที่สองของคำสั่ง ถ้ามีการขอขัดจังหวะถูกต้องจึงจะข้ามไปทำงานในโปรแกรมตอบสนองการขัดจังหวะ

3. คำสั่งที่กำลังทำงานอยู่ขณะที่ตรวจสอบสัญญาณขอขัดจังหวะ จะต้องไม่ใช่คำสั่ง RET หรือคำสั่งใด ๆ ก็ตามที่พยายามเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ IE หรือ IP

สัญญาณขอขัดจังหวะที่ถูกอ่านเข้าไปที่เวลา S5P2 นี้ไม่ว่าได้รับการตอบสนองหรือไม่ ก็จะถูกทิ้งไป แล้วอ่านเข้าไปใหม่ทุกเวลา S5P2

2.3.6 ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

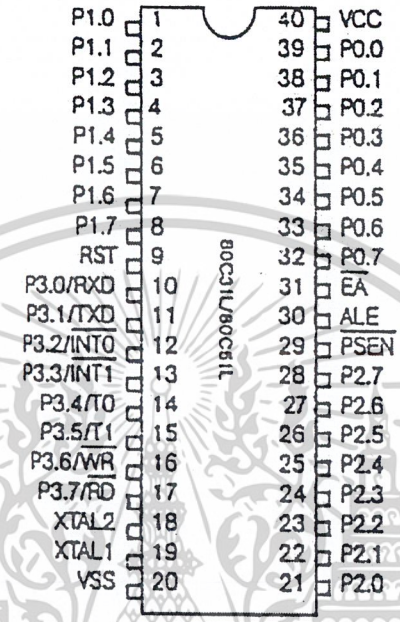
ใน MCS – 51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมชชีนไซเคิลของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขา T0 , T1 ของพอร์ทสาม (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิต จำนวนสองตัวคือ รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และ รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไปไว้ในรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 หรือ รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรภายนอก (ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INT0 , INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS – 51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่มีคาบเวลาแน่นอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 ตำแหน่งขาของ MCS – 51

ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51 ทุกเบอร์จะมีการจัดตำแหน่งของขาพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.45



รูปที่ 2.45 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51

ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS – 51 จะมี 40 ขาซึ่งมีขาต่าง ๆ ดังนี้

- Vcc (ขา 40) ต่อกับ +5v
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ท 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7 – P0.0) ใช้งานได้สองหน้าที่คือ แอดเดรสบัสและดาต้าบัส เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ท ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ทนี้
- พอร์ท 1 (ขา 1 – 8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0 – P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ ท 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน Internal Pull up Register
- พอร์ท 2 (ขา 21 – 28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.7– P2.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 ทำงานสองหน้าที่คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15 – A18) และเป็นไอโอพอร์ทใช้งานทั่วไปเมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ทนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ off
- พอร์ท 3 (ขา 10 – 17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P3.7– P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือ เป็นไอโอพอร์ทถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"1" มาที่พอร์ทนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไปสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะภายนอกเบอร์ 0

P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะภายนอกเบอร์ 1

P3.4/T0 (Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 0 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)

P3.5/T1 (Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 1 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 – A7) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ท 0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุก ๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล
- PSEN (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้
- EA (ขา 30) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิป "0" จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิปป้อน "1" จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิป
- RST (ขา 9) ขารีเซ็ท จะรีเซ็ทก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล
- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน
- XTAL1 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 RS-232-C

มาตราฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตราฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตราฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียวเพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association: EIA) ได้วางมาตราฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตราฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็คเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –12 โวลท์ แสดงว่ามีข้อมูล(Mark) และ +3 ถึง +12 โวลท์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง(Space)

มาตราฐาน RS-232-C ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1969 โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คำว่า RS ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 เป็นเลขหมายบ่งบอกของมาตราฐานตัวนี้ C เป็นเลขหมายของฉบับสุดท้ายของมาตราฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตราฐานตัวนี้ก็เพื่อเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ส่งข้อมูลปลายทาง (DTE: Data Terminal Equipment) อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ โมเด็ม, TA Adapter เป็นต้น กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (DCE: Data Communication Equipment) ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์นั่นเอง

2.4.1 มาตรฐานของ RS-232-C

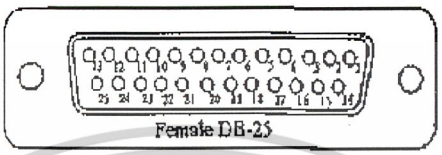
- ช่วงไม่มีข้อมูล (Space) หรือลอจิก 0 ต้องมีแรงดันในช่วง +3 ถึง +25 โวลท์
- ช่วงข้อมูล (Mark) หรือลอจิก 1 ต้องมีแรงดันอยู่ในช่วง–3 ถึง –12 โวลท์
- แรงดันในช่วง –3 โวลท์ ถึง +3 โวลท์ ถือว่าเป็นช่วงการเปลี่ยนสถานะ
- แรงดันในขณะเปิดวงจรต้องมีค่าไม่เกิน 25 โวลท์
- กระแสขณะช็อตวงจรมีค่าไม่เกิน 500 mA

ข้อมูลเหล่านี้ยังไม่ใช่ข้อกำหนดที่ครอบคลุมมาตราฐานของ RS-232-C ทั้งหมด มาตราฐานของ RS-232-C นั้นนอกจากจะมีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีสิ่งที่ต้องคำนึงอีกก็คือ RS-232-C นั้นจำกัดค่าความจุไฟฟ้าอยู่ที่ 2500 PF สำหรับสายเคเบิลที่มีฉนวนและช่วงว่างระหว่างสายอย่างสามัญทั่วไป สายจะมีความยาวประมาณ 50 ฟุต จะมีค่าความจุไฟฟ้าประมาณนั้น ดังนั้นถ้าไม่ใช่สายชนิดพิเศษแล้วระยะห่างมากที่สุดระหว่าง DTE และ DCE คือ 50 ฟุต หรือ ประมาณ 15 เมตร แต่ถ้าสายที่ใช้มีค่าขนาดความจุต่ำแล้วความยาวของสายก็ย่อมเพิ่มขึ้น

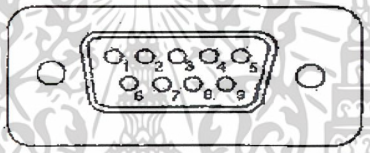
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตราฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไปโดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขา ในรูปที่ 2.46



(A) คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25



(B) คอนเน็คเตอร์แบบ DB-9

รูปที่ 2.46 คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 และ DB-9

ตารางที่ 2.12 การกำหนดขาของขั้วต่อ RS-232-C

คอนเน็คเตอร์ DB-9	คอนเน็คเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect	อินพุท
2	3	Receive Data : RxD	อินพุท
3	2	Transmit Data : TxD	เอาท์พุท
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาท์พุท
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุท
7	4	Request to Send : RTS	เอาท์พุท
8	5	Clear to Send : CTS	อินพุท
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สำหรับรายระเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ทอนุกรม RS-232 มีดังนี้

- **Transmit Data**

TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานภาพของลอจิกที่ขานี้จะมีค่าเท่ากับ "1" หรือเท่ากับ Stop Bit

- **Receive Data**

RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสภาพทางลอจิกเป็น "1"

- **Request to Send**

RTSเป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์โดยขาที่รับ RTS ก็คือขา CTS อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับก็ส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

- **Clear to Send**

CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

- **Data Set Ready**

DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอก ซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR เมื่อสัญญาณสายนี้อยู่ในสถานะออน (หรือลอจิก 0) เป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์หรือฝ่ายส่งว่าโมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งได้แล้ว โมเด็มที่มีการหมุนหมายเลขอัตโนมัติจะส่งสัญญาณสายนี้ไปบอกให้ไมโครคอมพิวเตอร์รู้ว่าต่อโทรศัพท์ได้สำเร็จแล้ว

- **Signal Ground**

SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุก ๆ สายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

- **Carrier Detect**

CD ขานี้จะแอคทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

- **Data Terminal Ready**

DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์ เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้ จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

- **Ring Indicator**

RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็ม และโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

2.5 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD

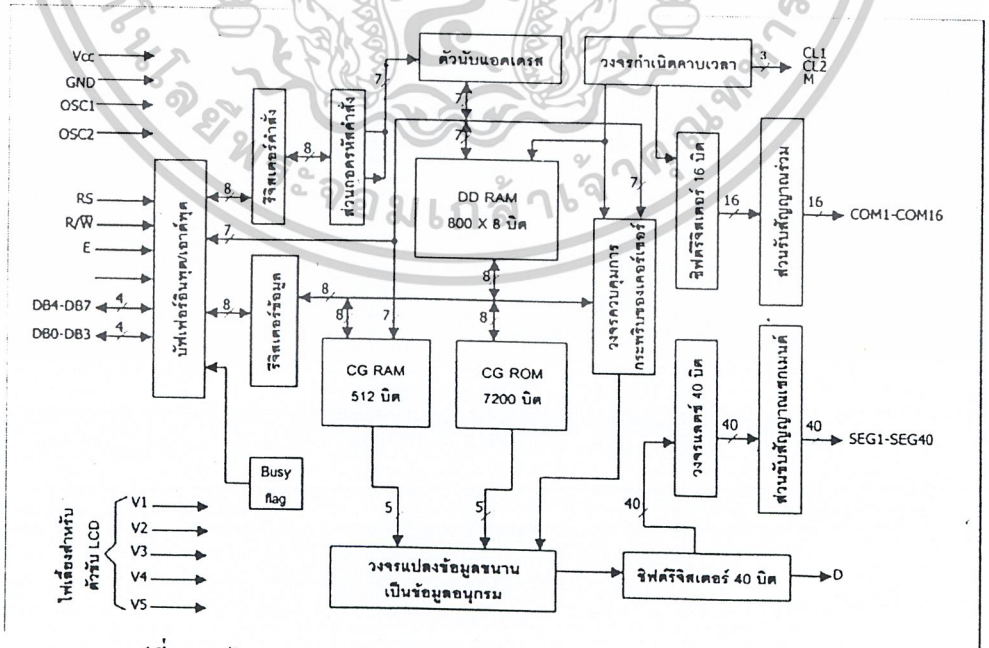
ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

ตัวแสดงผล (display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดั้งนั้นจึงต้องมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม (controllor) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษรหรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก

ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD4100H และ MSM5259 เป็นต้น

โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD



รูปที่ 2.47 ไดอะแกรมการทำงานของโมดุลLCD แบบอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน โดยขอยกตัวอย่างโมดูล LCD แบบอักขระเพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย ให้รูปที่ P15-1 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักขระ ประกอบด้วย

บัฟเฟอร์อินพุทเอาต์พุท เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจีสเตอร์คำสั่ง (Instruction Registor : IR) เป็นรีจีสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

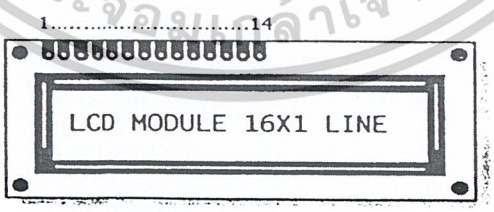
รีจีสแตอร์ข้อมูล (Data Registor : DR) เป็นรีจีสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผลหรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมสร้างตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM :DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจีสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up-lable) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่เก็บข้อมูลตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลมีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

แรมเก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟลก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุม ให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน



ขา 1 : GND
ขา 2 : +V
ขา 3 : Brightness ปรับความสว่าง
ขา 4 : RS
ขา 5 : R/W
ขา 6 : E
ขา 7-14 : D0-D7

รูปที่ 2.48 แสดงรูปร่างการจัดขา LCD โมดูล แบบอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 ความสัมพันธ์ในการทำงานของ RS,R/W และ E ของ LCD โมดูล แบบอักขระ

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0	⌐	เขียนคำสั่ง
0	1	⌐¬	อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0	⌐	เขียนข้อมูล
1	1	⌐¬	อ่านข้อมูล

โมดูล LCD มีการต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

VSS(ขา1) ต่อกราวด์

VDD(ขา2) ต่อไฟเลี้ยง +5V

VO(ขา3) เป็นขาอินพุทรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS(ขา4) เป็นขาอินพุทใช้ในการแยกข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือ รีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น"0"ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่งแต่ถ้าขานี้เป็น"1"ข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCDถ้าเป็น"0"เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล

E(ขา6) เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูลLCDให้ทำงาน

D0-D7(ขา7-ขา14) เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลขนาด 8 บิต

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (clear display)

มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่างหรือ space เข้าไปใน DD-RAM ทั้งหมดเมื่อตัวเอ็กซิคิวต์ทำงานคำสั่งนี้จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DD-RAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะไปอยู่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผลแล้วเซตบิต I/D ให้เป็น 1

2. คำสั่ง return home

ต้องกำหนดบิต 1 ของข้อมูลเป็น 1 เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผลแต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลงนั่นคือข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้ จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode Set)

มีรายละเอียดของข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูลถ้าหากบิต S เป็น "1" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผลตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น "0" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูล แล้วแอดเดรสของ DD-RAM เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 แอดเดรสโดยถ้าบิตนี้เป็น "1" แอดเดรสของ DD-RAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น "0"แอดเดรสจะลดลง

4. คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการปิดเปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะเป็นการเปิดจอแสดงผล แต่ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการปิดจอแดสงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลต้องกำหนดบิตนี้เป็น "1" ถ้ากำหนดให้เป็น "0" จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น "1" เคอร์เซอร์จะกระพริบ

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร

มีรายละเอียดของข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์ และตัวอักษรบนจอแสดงผลขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และR/L ซึ่งสามารถควบคุมได้ดังนี้

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	10H-13H
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา	14H-17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18H-1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1CH-1FH

6. คำสั่งกำหนดฟังก์ชั่นการทำงาน

มีรายละเอียดของข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	1	DL	N	F	*	*

บิต D/L ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิตแต่ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผลถ้าเป็น "0" จะแสดงผล 1 บรรทัด ถ้าเป็น "1" จะแสดง 2 บรรทัดในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงผลได้ 2 บรรทัดและต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัดก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น "1" เนื่องจากแอดเดรสของ DD-RAM แบ่งเป็น 2 ช่องคือ 00H และ40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผลถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการแสดงผลแบบ 5*7 จุด และถ้าบิตนี้เป็น "1" จะแสดงผลเป็นแบบ 5*10 จุด

7. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CG-RAM

เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CG-RAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น "0" บิต 6 เป็น "1" ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CG-RAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ก่อนที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้ CG-RAM โดยแอดเดรสของ CG-RAM อยู่ระหว่าง 00H-3FH

8. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DD-RAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DD-RAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลโดยบิต 7 จะต้องเป็น "1" และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะต้องเป็นค่าแอดเดรสของ DD-RAM ซึ่งแอดเดรสของ DD-RAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-0FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสยังขึ้นอยู่กับการกำหนดสถานะที่บิต N ด้วยหากบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nเป็น “0” แอดเดรสของDD-RAM จะอยู่ระหว่าง 80H-0CFH และถ้าบิต N เป็น ”1” แอดเดรสของ DD-RAM จะมีอยู่ 2 ช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

9. คำสั่งอ่านแฟลก

มีรายละเอียดของข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
BF	A	A	A	A	A	A	A
	แอดเดรสไบต์สูง			แอดเดรสไบต์ต่ำ			

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลก BUSY (BF) โดยแฟลกนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลอยู่หรือเปล่าถ้าหากบิต BF เป็น “0” แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่งแต่ถ้าเป็น ”1” แสดงว่าขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านค่าแฟลกต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น ”1” ด้วยแต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น “0” อยู่ เพราะข้อมูลคำสั่งนอกจากนี้ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CG-RAM และDD-RAM ด้วยโดย บิต 0- บิต 6 เป็นค่าของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

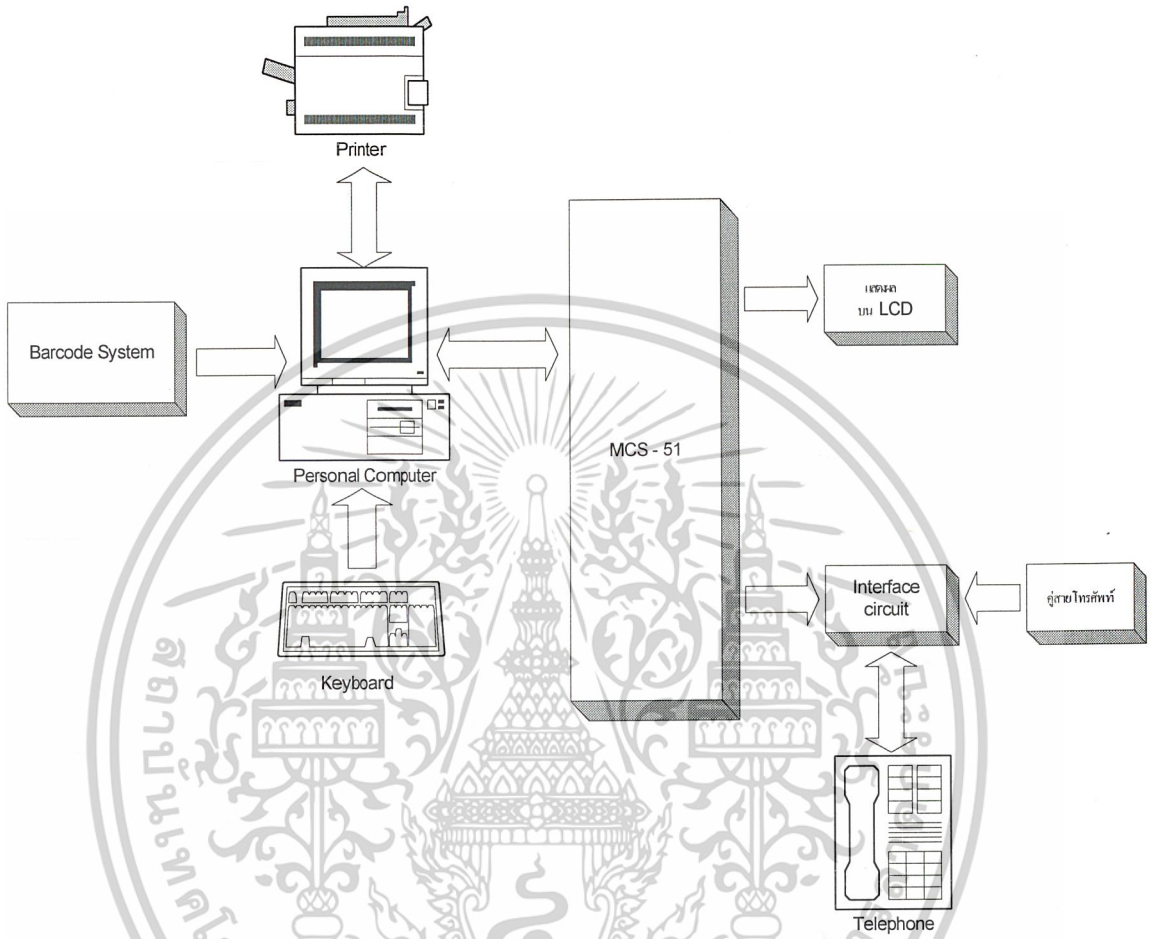
การควบคุมการทำงานของ LCD โมดูลอาศัยสัญญาณ enable: ซึ่งจะถูกส่งไปยัง LCD โมดูลหลังจากที่มีการกำหนดการทำงานว่าอยู่ในโหมดการอ่านหรือการเขียน ซึ่งการกำหนดโหมดการอ่านหรือการเขียนอยู่ในรูปแบบข้อมูลของตัวอักขระหรือข้อมูลคำสั่งการกำหนดรูปแบบของข้อมูลทำได้ที่ขาสัญญาณ RS (Register Select) LCD โมดูล โดยถ้า RS = 1 จะเป็นโหมดการอ่านเขียนข้อมูลอักขระ และถ้า RS=0 จะเป็นโหมดการอ่านเขียน ข้อมูลคำสั่งควบคุมภายใน LCD โมดูล

การส่งผ่านข้อมูลทั้งตัวอักขระและคำสั่งควบคุมถูกป้อนเข้ากับบัสข้อมูล 2 ทิศทางของระบบในการใช้งาน LCD โมดูล สามารถใช้งานได้ทั้งแบบ 4 บิต และ 8 บิต ในการเชื่อมต่อแบบ 8 บิตจึงสามารถรับส่งข้อมูลกับบัสของ MCS-51 ได้พอดีและสามารถเขียนโปรแกรมให้ทำงาน รับ-ส่ง ข้อมูลแบบ 8 บิตได้ แต่ในการใช้งานในรูปแบบ 4 บิต ก็เป็นการประหยัด และสามารถนำพอร์ทที่เหลืออีก 4 พอร์ทไปใช้งานควบคุมอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 บล็อคไดอะแกรม



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรม แสดงความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ ที่นำมาทำงานร่วมกัน

วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector Circuit)

ในส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณนี้ประกอบด้วยวงจรย่อย 4 วงจรได้แก่ วงจรตรวจจับการยกหูโทรศัพท์ , วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ , วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก ,วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

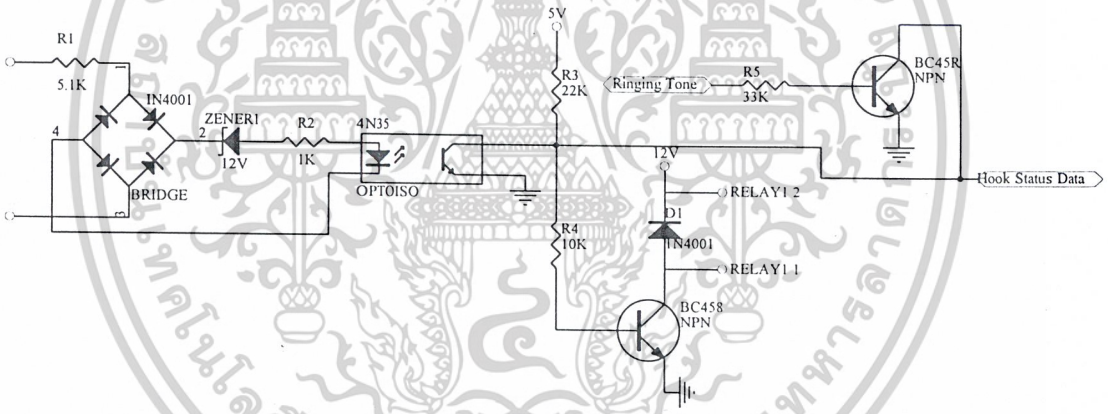
3.2 วงจรตรวจจับการยกหูโทรศัพท์ (Hook Status Detector Circuit)

ในส่วนของวงจรตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์นี้จะนำวงจรบริดจ์มาต่อ เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของกระแสโดยเมื่อโทรศัพท์อยู่ในสภาวะวางหู จะมีโวลท์เตจตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45 – 50 โวลท์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเนื่องจากมีแรงดันสูงกว่าแรงดันพังของซีเนอร์ไดโอด ซึ่งในที่นี้เท่ากับ 12 โวลท์ ทำให้ที่ขา 1 ของออปโต้ไอโซเลเตอร์ (Optoisolator) มีกระแสไหลและทำให้แอลอีดี (LED) ที่อยู่ภายในออปโต้ไอโซเลเตอร์สว่างเกิดการไบอัสกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มีผลทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแส โวลท์เตจที่ขา 5 ของออปโต้ไอโซเลเตอร์จึงเป็น 0 ทำให้ไม่มีกระแสไฟไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ 1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อการทำงานของรีเลย์ (Relay) ดังนั้นรีเลย์จึงไม่มีการทำงานเมื่อโทรศัพท์อยู่ในสถานะวางหู

ในขณะที่มีการยกหูโทรศัพท์จะมีแรงดันตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์ประมาณ 10 โวลท์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแรงดันพังของซีเนอร์ไดโอด ทำให้ไม่มีกระแสไหลที่ขา 1 ของออปโต้ไอโซเลเตอร์ แอลอีดีดับ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส ทำให้ที่ขา 5 ของออปโต้ไอโซเลเตอร์มีโวลท์เตจตกคร่อมประมาณ 4.5 โวลท์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ 1 นำกระแส รีเลย์ทำงาน ทำการต่อในส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ , วงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนหมายเลข และวงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์เข้ากับคู่สายโทรศัพท์ แต่เนื่องจากตอนมีสัญญาณเรียก (Ringing Tone) เข้ามาสัญญาณเรียกจะเข้ามากวนในส่วนของวงจรตรวจจับการยกหูซึ่งอาจจะทำให้รีเลย์ (Relay) พังได้ ดังนั้นจึงใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC 458 ทำการ By Pass สัญญาณเรียกลงกราวด์



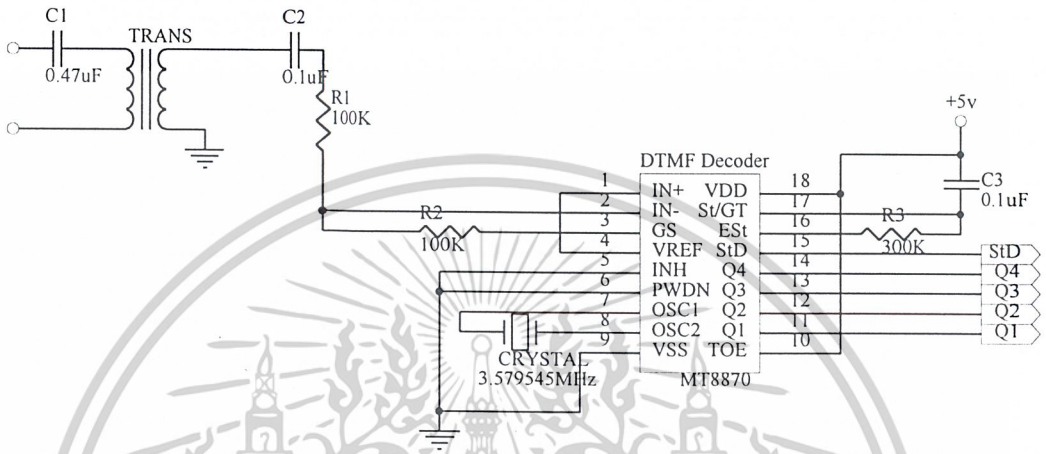
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับการยกหู

3.3 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF Decoder)

วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์จะใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ MT8870 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการถอดรหัสความถี่ดีทีเอ็มเอฟออกมาเป็นรหัสไบนารี่ 4 บิต ภายใน MT8870 ซึ่งจะประกอบไปด้วยภาคกรองความถี่ ภาคถอดรหัสภาคตรวจสอบสัญญาณ , ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง และภาคกำเนิดความถี่ โดยจะใช้คริสตอล 3.576 เมกกะเฮิรตซ์เป็นฐานเวลา จากวงจรจะใช้แมชชิ่ง (Matching) 600 โอห์ม มาเป็นตัวคัปปลิ้ง (Coupling) สัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์เข้ามายังวงจรเฉพาะสัญญาณไฟสลับเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นและยังทำหน้าที่ในการแยกกราวด์ (Ground) ของวงจรอีกด้วย เพราะในคู่สายโทรศัพท์จะมีสัญญาณรบกวนต่าง ๆ มากมายซึ่งอาจจะมีผลต่อการดีโค้ดสัญญาณได้ หลังจากที่ทำการกดหมายเลขและไอซีทำการดีโค้ดรหัสแล้ว ก็จะส่งรหัสไบนารี่มาเป็นเอาท์พุท Q1-Q4 จากนั้นไอซีก็จะทำการแลตช์ค่าสัญญาณนั้นเอาไว้จนกว่าจะได้รับสัญญาณใหม่เข้ามา แล้วจึงค่อยเปลี่ยนเป็นรหัสตัวใหม่ โดยในการเขียนโปรแกรมควบคุมนั้นจะใช้สัญญาณจากขา STD และ Q1 – Q4 เป็นตัวเช็คสถานะในการเขียนโปรแกรมควบคุม



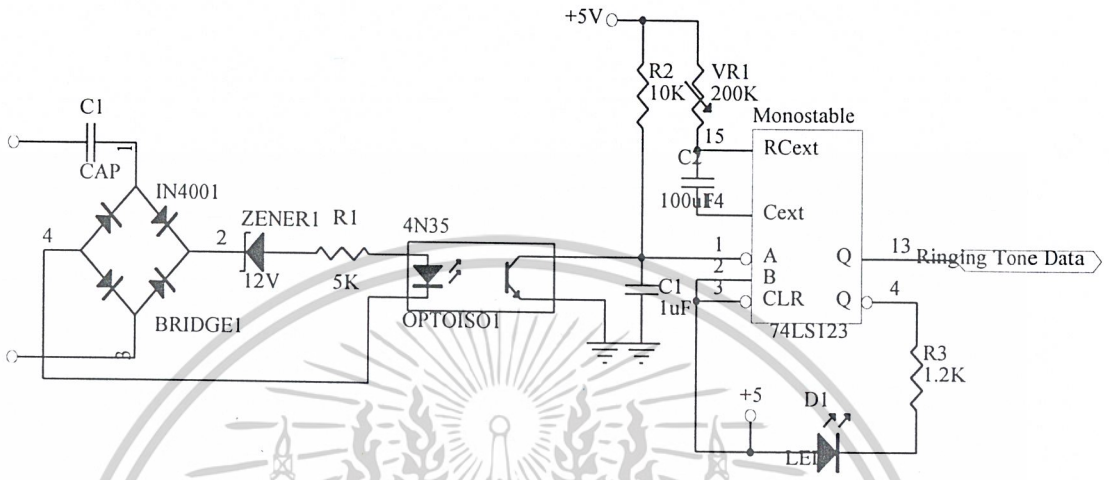
รูปที่ 3.3 วงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์

3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing Detector)

สัญญาณเรียกเป็นสัญญาณที่ชุมสายส่งมายังผู้ถูกเรียก ซึ่งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่ประมาณ 25 เฮิร์ต แรงดันประมาณ 100 V_{p-p} หรือประมาณ 70-90 Vrms โดยสัญญาณเรียกจะดัง 1 วินาที ดับ 4 วินาที เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจะมีคาปาซิเตอร์ 0.47 ไมโครฟารัด เป็นตัวกั้นไฟกระแสตรงไม่ให้เข้ามาในวงจร สัญญาณจะผ่านวงจรบริดจ์ซึ่งทำหน้าที่จัดขั้วของแรงดันให้มีค่าแน่นอน โดยในขณะที่มีสัญญาณเรียกค่าของแรงดันของสัญญาณจะมีค่ามากกว่าแรงดันพังของซีเนอร์ไดโอด ทำให้มีโวลท์เตจตกคร่อมที่ขา 1 ของออปโต้ไอโซเรเตอร์ แอลอีดีที่อยู่ภายในออปโต้ไอโซเรเตอร์ติด ทำให้มีแสงสว่างไปไบอัสให้กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้ที่ขา 5 ของออปโต้ไอโซเรเตอร์มีโวลท์เตจเท่ากับ 0 ซึ่งจะแสดงสภาวะของ 0 V ด้วยสภาวะลอจิก “0” และเมื่อไม่มีสัญญาณเรียกแรงดันที่เข้ามาจะต่ำกว่าแรงดันพังของซีเนอร์ไดโอด ทำให้ซีเนอร์ไดโอดมีคุณสมบัติเหมือนเป็นไดโอดต่อรีเวิร์สอยู่ทำให้ไม่มีกระแสไหลที่ขา 1 ของออปโต้ไอโซเรเตอร์ แอลอีดีที่อยู่ภายในออปโต้ไอโซเรเตอร์ดับ ทำให้ไม่มีแสงสว่างไปไบอัสให้กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์คัทออฟ ดังนั้นที่ขา 5 ของออปโต้ไอโซเรเตอร์จึงมีโวลท์เตจตกคร่อมประมาณ 3.5 โวลท์ แทนสถานะของ 3.5 โวลท์ ด้วยสภาวะลอจิก “1” เพราะฉะนั้นเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาที่ขา 5 ของออปโต้ไอโซเรเตอร์จะมีสถานะ “0” 1 วินาที และ “1” 4 วินาที สลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันไป แต่สภาวะลอจิก “0” และ “1” ที่สลับกันนี้ยากในการเขียนโปรแกรมควบคุมดังนั้นจึงต้องต่อ 74LS123 ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ล (Monostable Multivibrator) เพื่อคงสถานะของสภาวะลอจิก “1” ตลอดเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา และจะเป็นสภาวะลอจิก “0” เมื่อไม่มีสัญญาณเรียกเข้ามา ซึ่งวงจรโมโนสเตเบิลนี้จะปรับช่วงของเวลาที่ทริกโดยการปรับ VR1



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก

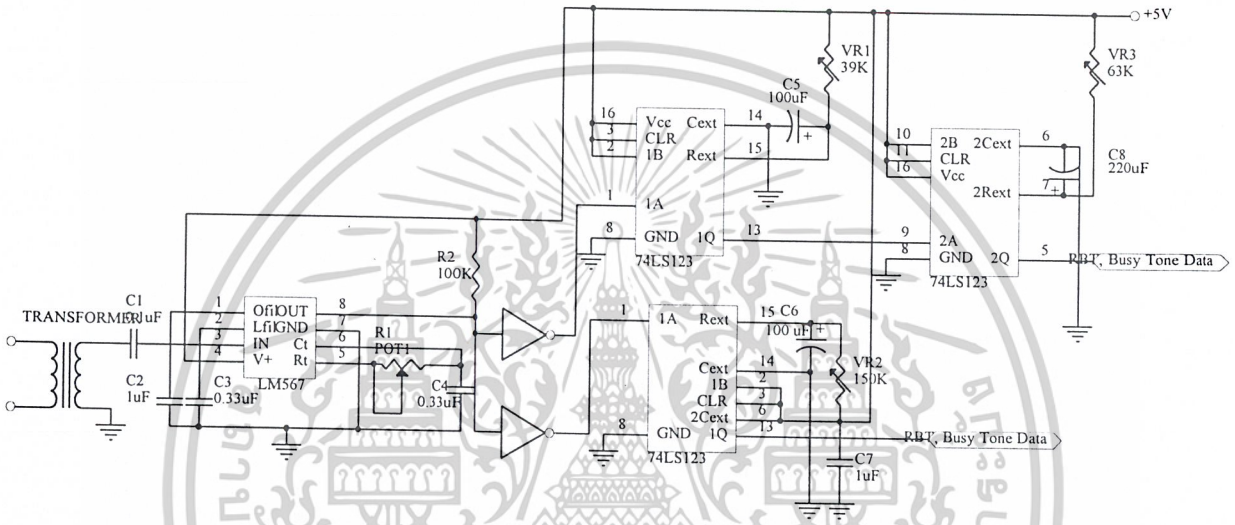
3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Busy, Ringback Tone Detector)

วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ แสดงดังรูปที่ 3.4 เราจะใช้สัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (Generator) เป็นสัญญาณอินพุทป้อนให้กับวงจรที่ขา 3 ของ NE567 และทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั้งระดับแรงดันที่เอาท์พุทขา 8 ของ NE567 มีระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ หลังจากนั้นทำการนำสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์มาป้อนที่อินพุทแทน เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่าง สภาวะแรงดันที่เอาท์พุทของ NE567 (ขา 8) จะเปลี่ยนแปลงจากไฟ +5 โวลต์ เป็น 0 โวลต์ สลับกันทุกช่วงเวลา 0.5 วินาที ตามสัญญาณไม่ว่างที่เข้ามา เป็นผลให้เกิดการทริกที่ขาอินพุทของ 74LS123 ที่ต่อขนานกัน 2 ชุด โดยกำหนดการทริกที่ขอบขาขึ้น เมื่อสัญญาณเอาท์พุทของ NE567 เป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม (Square) ที่มีคาบเวลา 1 วินาที ค่าช่วงเวลาคงที่ของ 74LS123 ชุดแรกมีค่าเท่ากับ 1.3 วินาที เป็นวงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำทำให้เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรกเป็นไฟบวกตลอดเป็นผลให้ไม่มีการทริกของไอซี 74LS123 ตัวถัดมาเป็นผลให้เอาท์พุทของ 74LS123 ชุดที่สองที่มีคาบเวลาของสัญญาณเอาท์พุทเท่ากับ 7.7 วินาที เมื่อสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับเข้ามามีคาบเวลาน้อยกว่า 7.7 วินาที ทำให้เกิดการทริกซ้ำที่ขาอินพุทของ 74LS123 อยู่ตลอดเวลาเป็นผลให้เอาท์พุทเป็น 1 ตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

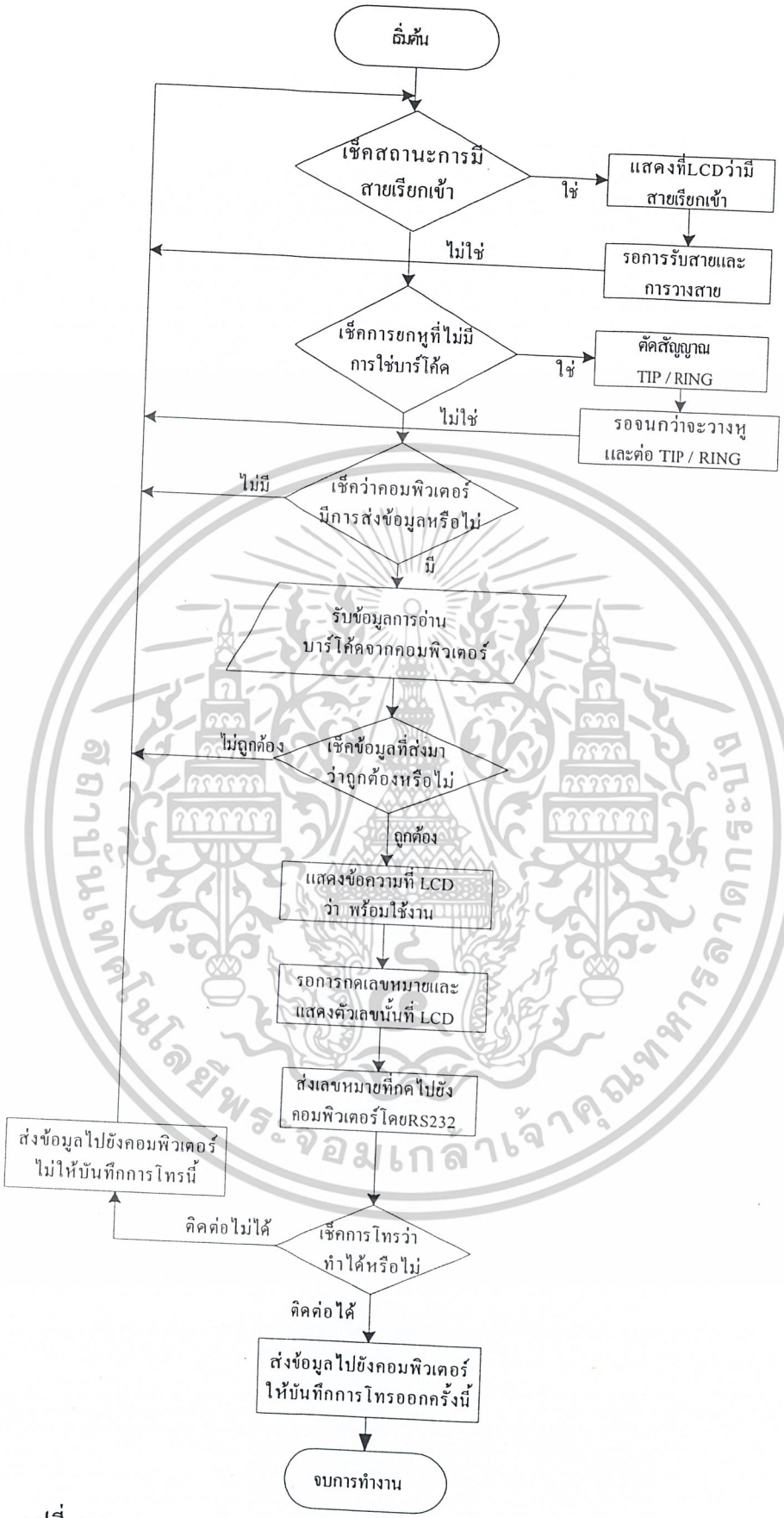
แต่กรณีที่สัญญาณเรียกกลับเข้ามา คาบเวลาจะมีค่า 2 วินาที เข้ามาที่อินพุทของโมโนสเตเบิลชุดแรก เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรกมีคาบเวลาเพราะค่าช่วงเวลาคงที่มีค่า 1.3 วินาที ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางเอาท์พุทของตัวแรก เป็นผลให้เกิดการทริกแบบทริกซ้ำ 74LS123 ตัวที่สองจะให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด ค่าช่วงเวลาคงที่มีค่า 0.7 วินาที ส่วนเอาท์พุทของ 74LS123 ชุดที่สองจะเป็นบวกตลอด เราตั้งค่าช่วงเวลาคงที่มีค่ามากกว่า 2 วินาที ซึ่งจะได้รหัสสัญญาณเอาท์พุทดังนี้

สัญญาณไม่ว่าง	0	1
สัญญาณเรียกกลับ	1	1



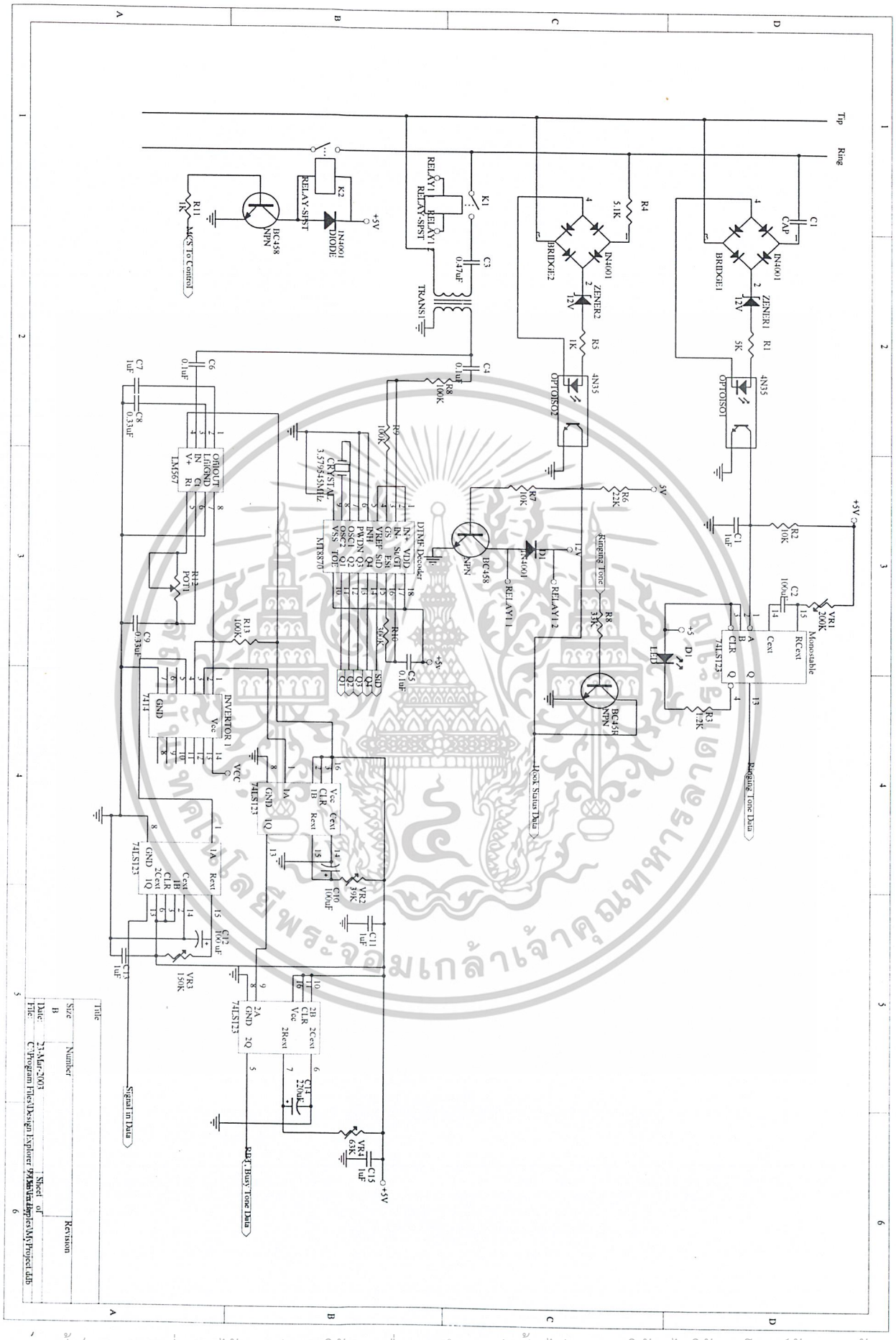
รูปที่ 3.5 วงจรจับสัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดง Flow chart ของการทำงานของการควบคุมการโทรโดยใช้รหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

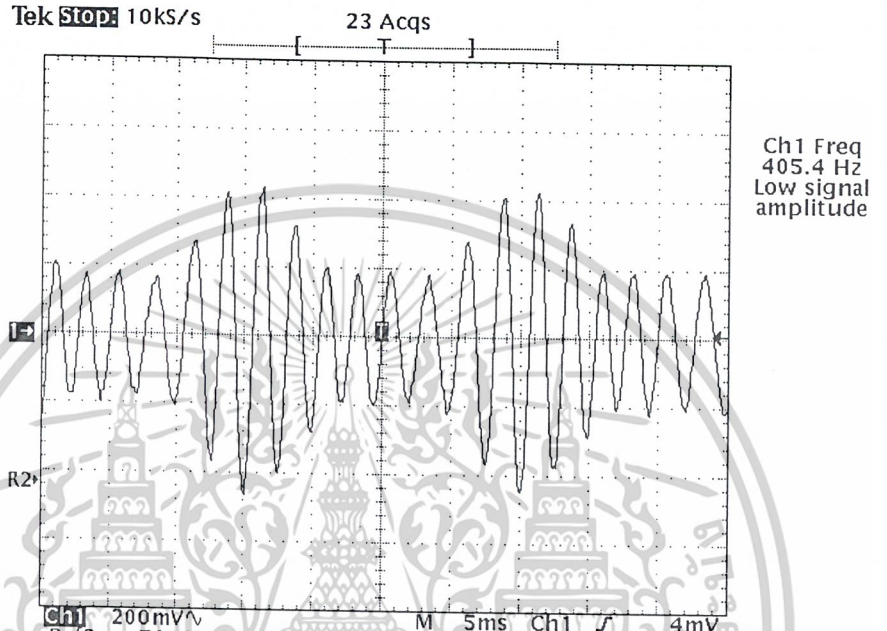
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรตรวจสอบการยกหู (Hook switch)

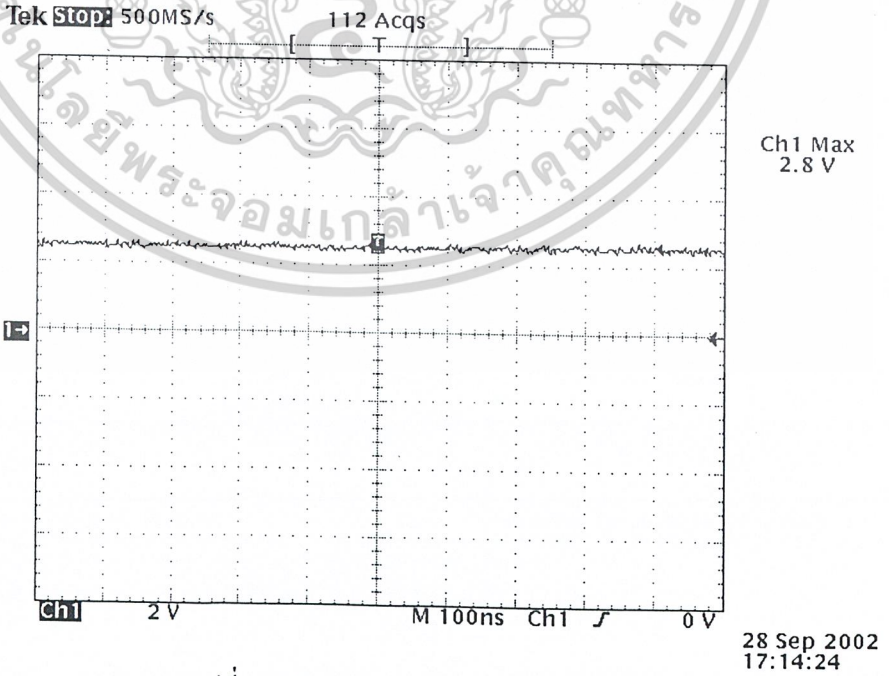
4.1.1 ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.1

4.1.2 ทำการวัดสัญญาณที่ขา 5 ของ Optoisolate ดังรูป

ผลการทดลอง



รูปที่4.1 สัญญาณ Dial tone



รูปที่4.2 สัญญาณขณะทำการยกหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะทำการยกหูก็จะมีระดับสัญญาณที่ 2.8 V แต่ถ้าวางหูระดับสัญญาณก็จะมีค่าเท่ากับ 0V

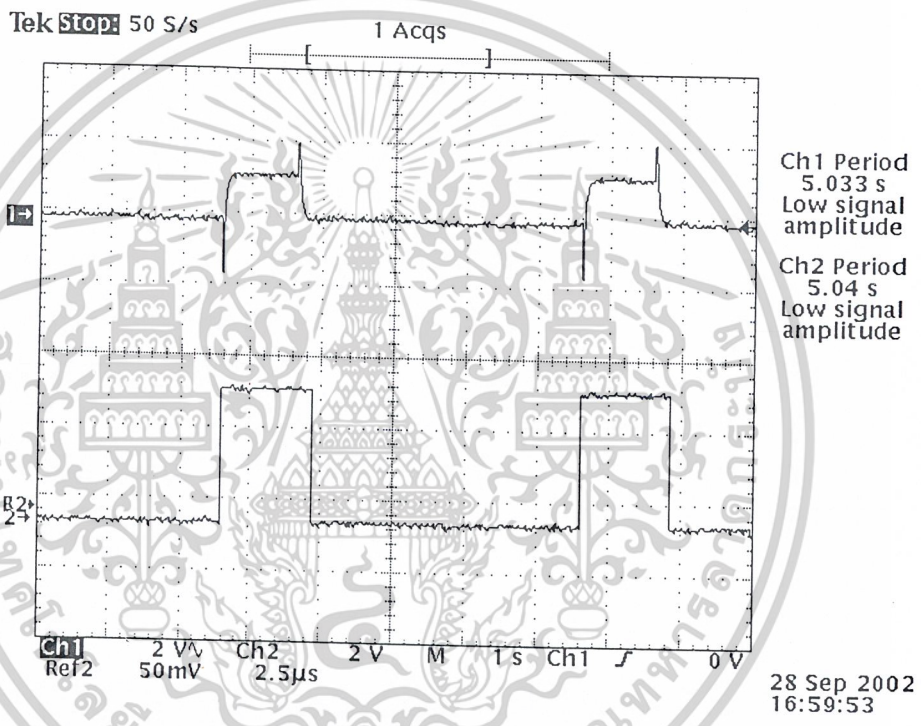
4.2 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing detector)

4.2.1 ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.3

4.2.2 ใช้ Oscilloscope ch 1 วัดสัญญาณที่ขา 5 ของ Optoisolater และ ch 2 วัดสัญญาณที่ขา 13 ของ Monostable 74LS123

ผลการทดลอง

สัญญาณที่ได้จาก Optoisolate จะมีลักษณะไม่ราบเรียบแต่เมื่อผ่าน Monostable 74LS123 สัญญาณที่ได้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ที่เรียบขึ้น



รูปที่4.3 สัญญาณเรียกทั้ง 2 ลักษณะ

4.3 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ringback tone and Busy tone)

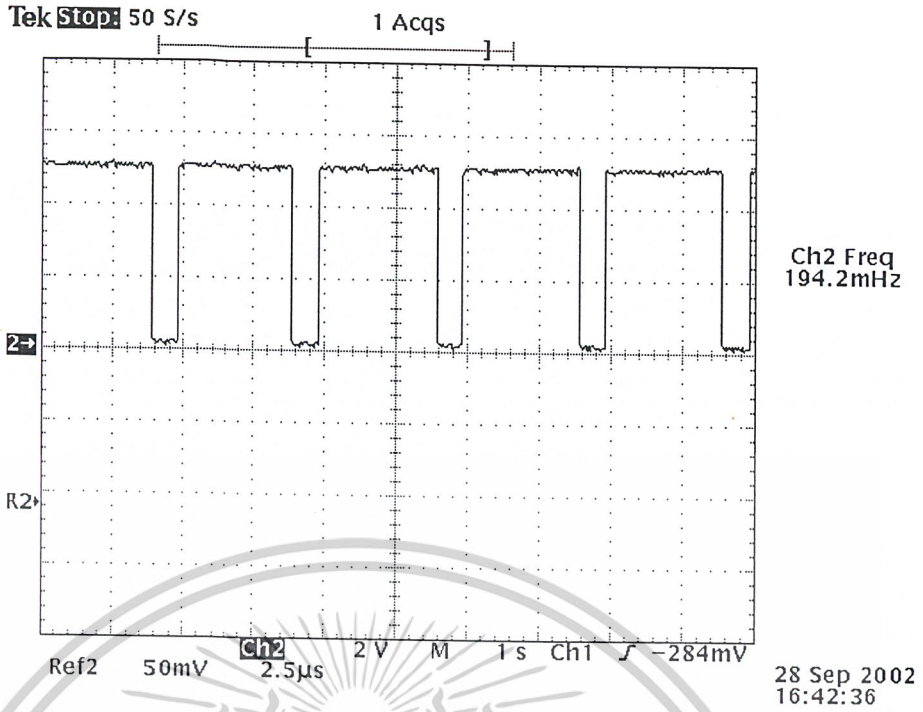
4.3.1 ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.4

4.3.2 วัดสัญญาณ Ringback tone and Busy tone ที่ขา13 ของMonostable 74LS123

ผลการทดลอง

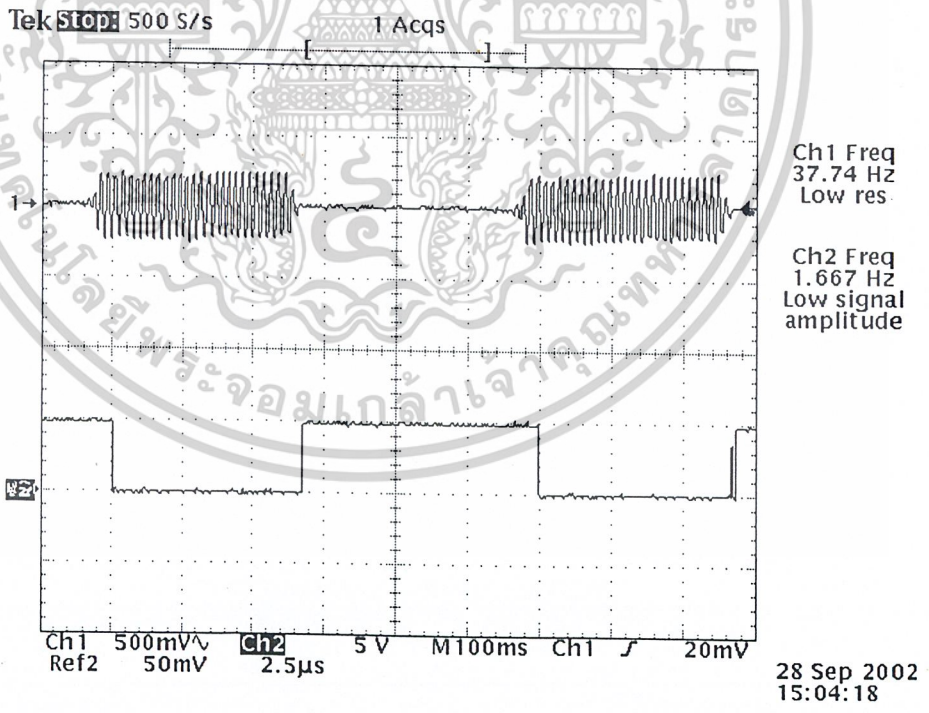
เมื่อทำการวัดสัญญาณ Ringback tone จะได้รูปสัญญาณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณ Ringback tone

และเมื่อวัดสัญญาณ Busy tone ที่ตำแหน่งเดียวกันก็จะได้สัญญาณ ใน ch 2 ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 สัญญาณ Busy tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์ (DTMF Decoder)

4.4.1 ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.2

4.4.2 ป้อนสัญญาณ อินพุท เข้าที่ขา 2 ของ MT8870 ทำการวัดสัญญาณ เอาท์พุทที่ขา Q1,Q2,Q3 และ Q4

ผลการทดลอง

จะได้สัญญาณซึ่งเป็นเลข Binary Code ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงเลข Binary Code ที่ได้จากตัว Decoder

หมายเลข	BINARY CODE (Q4,Q3,Q2,Q1,)
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1
0	1 0 1 0
*	1 0 1 1
#	1 1 0 0

4.5 การทดลองหน้าโปรแกรมฐานข้อมูล

หน้าโปรแกรมนี้เป็นหน้าโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับฐานข้อมูล ซึ่งจะเก็บข้อมูลของผู้ใช้ไว้เพื่อที่จะได้ตรวจสอบได้ว่า เป็นผู้ใด โดยส่วนประกอบของหน้าโปรแกรมนี้จะมีส่วนการทำงานในหน้าที่หลักๆ ดังนี้

4.5.1 ใช้เป็นหน้าต่างในการรับค่าจากบาร์โค้ด

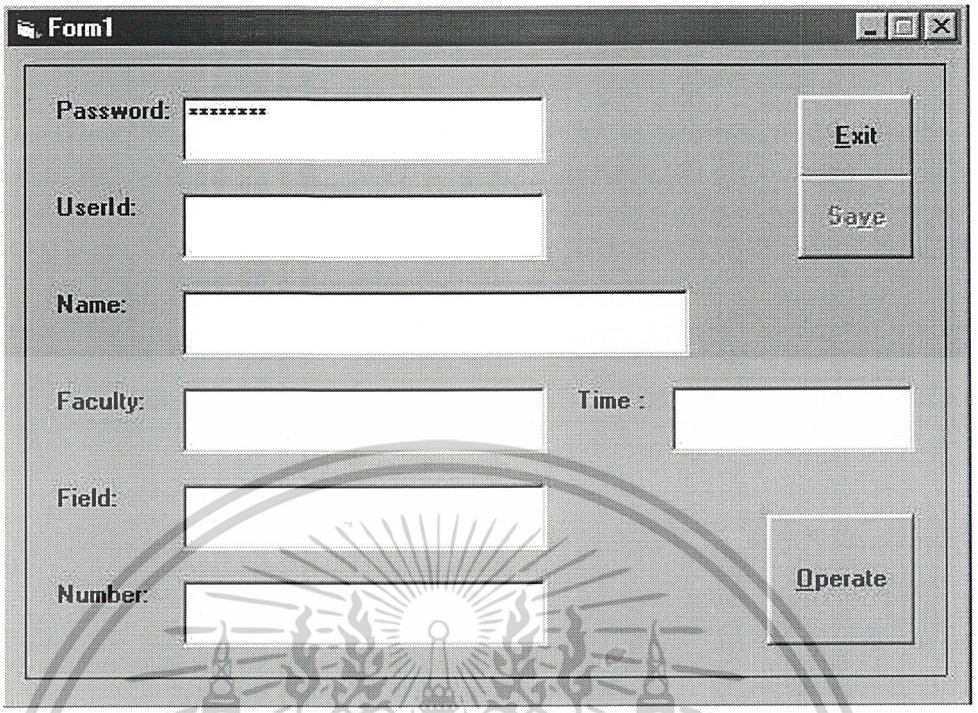
4.5.2 ใช้แสดงรายละเอียดของผู้ใช้

4.5.3 แสดงหมายเลขที่โทรออก

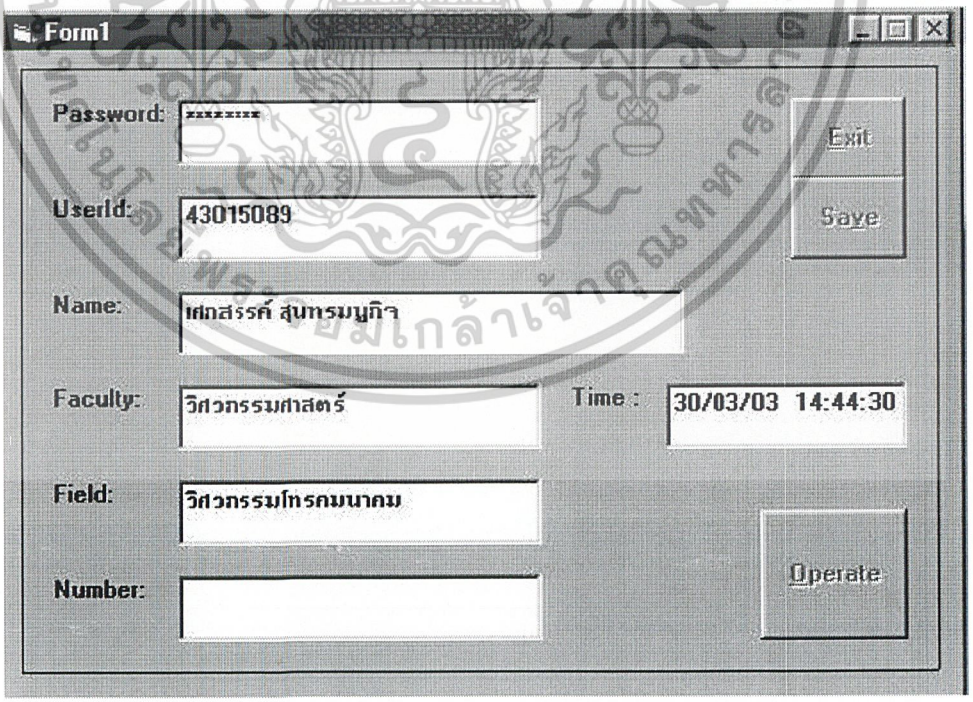
4.5.4 แสดงเวลาที่โทรออก

หน้าโปรแกรมฐานข้อมูลจะมีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

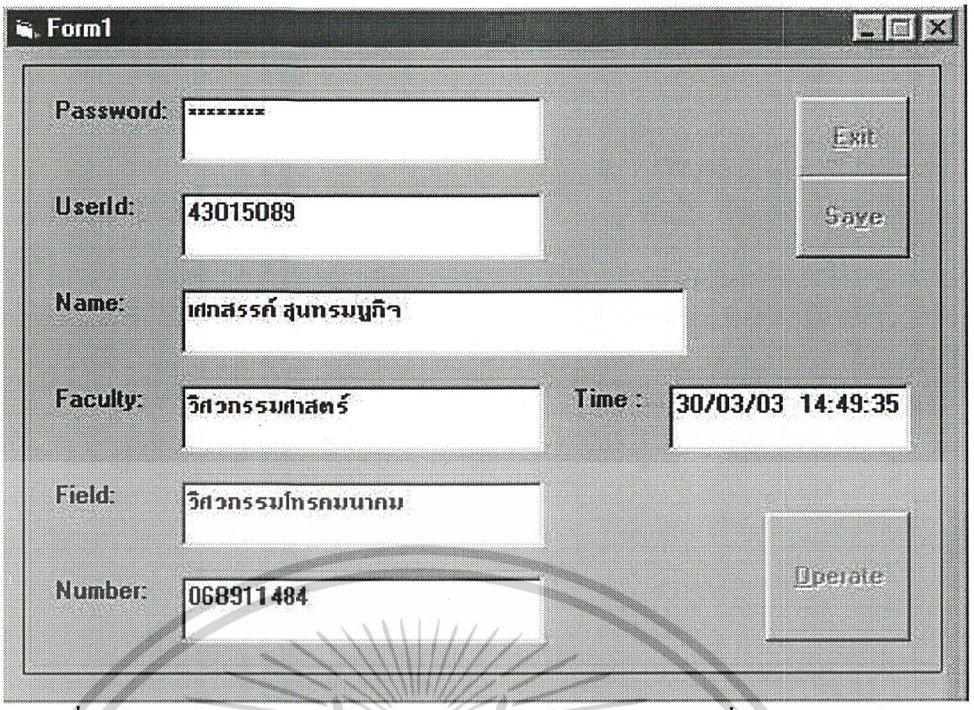


รูปที่ 4.6 หน้าโปรแกรมฐานข้อมูล



รูปที่ 4.7 หน้าโปรแกรมฐานข้อมูลแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ที่มีรหัสบาร์โค้ดถูกต้อง

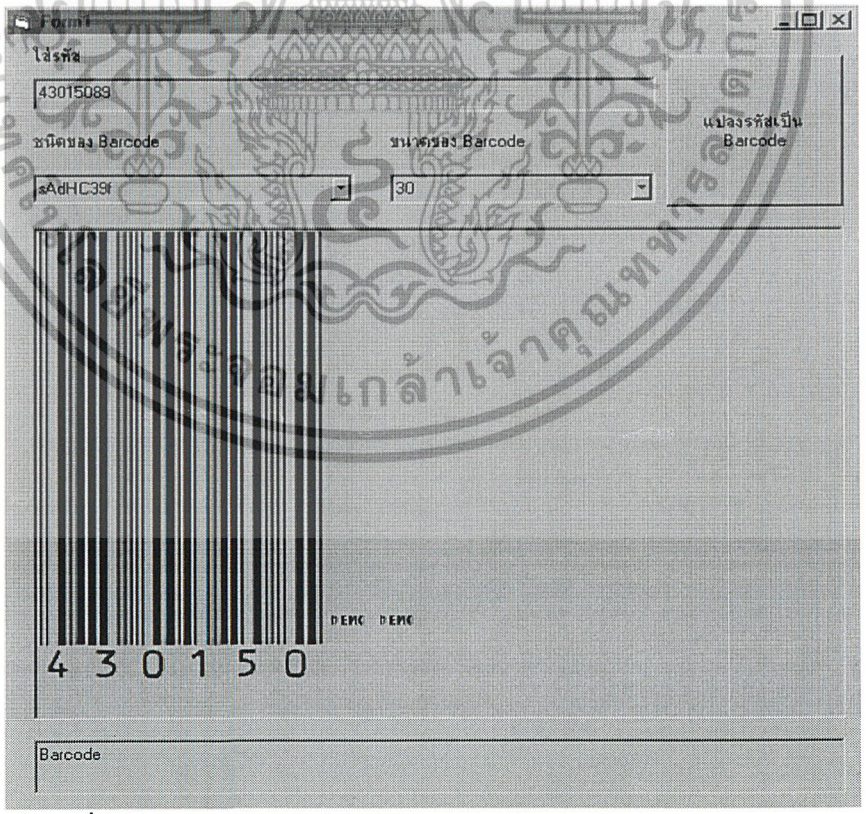
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 หน้าโปรแกรมฐานข้อมูลแสดงรายละเอียดและหมายเลขที่โทรออกของผู้ใช้

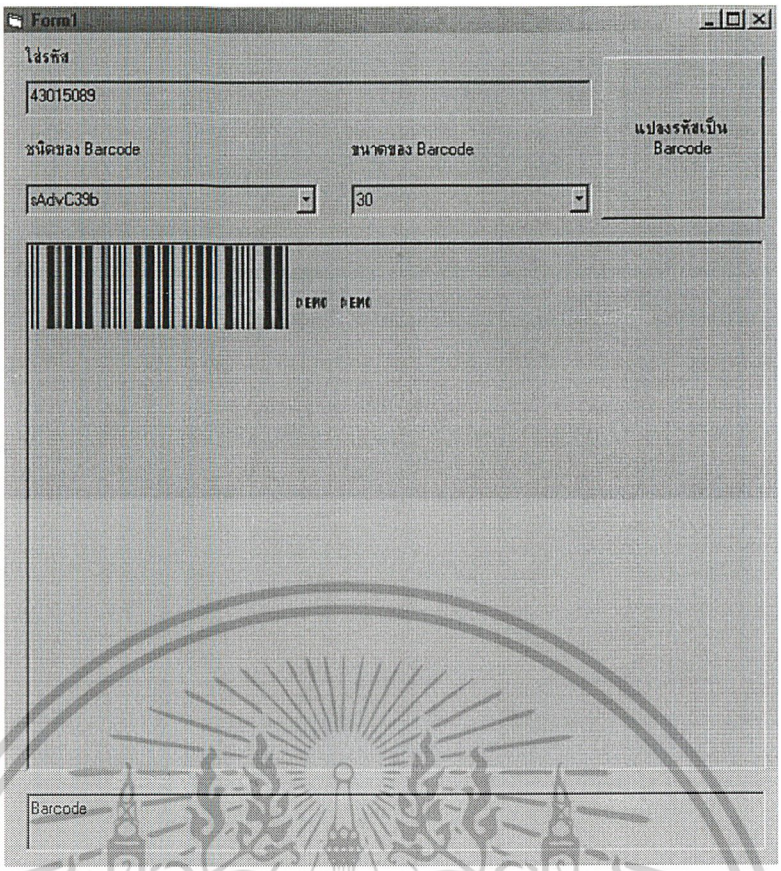
4.6 การทดลองหน้าโปรแกรมแปลงเป็น Barcode

ในกรณีที่ยังไม่มี Barcode หรือ ต้องการ Barcode ใหม่ก็สามารถใช้งานหน้าโปรแกรมนี้ได้ โดยจะใช้ Barcode รูปแบบ รหัส 39 หรือ 3 of 9 ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งรหัส 39 นี้ก็จะมีหลkp รูปแบบหลายขนาด ให้เลือกใช้ งานตามความเหมาะสม



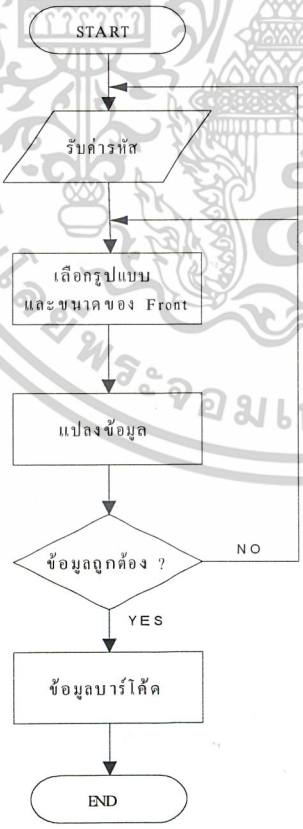
รูปที่ 4.9 ก หน้าโปรแกรมแปลง Barcode แบบ sAdHC39f ขนาด 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

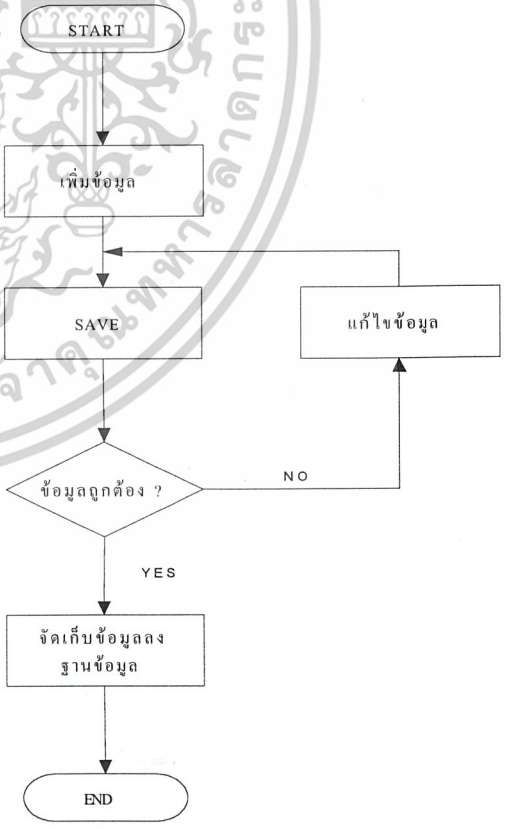


รูปที่ 4.9 ข หน้าโปรแกรมแปลง Barcode แบบ sAdvC39b ขนาด 30

จะเห็นได้ถึงความแตกต่างถึงแม้จะมีรูปแบบของ Font ที่ขนาด 30 เช่นกัน จึงควรเลือกตามต้องการ

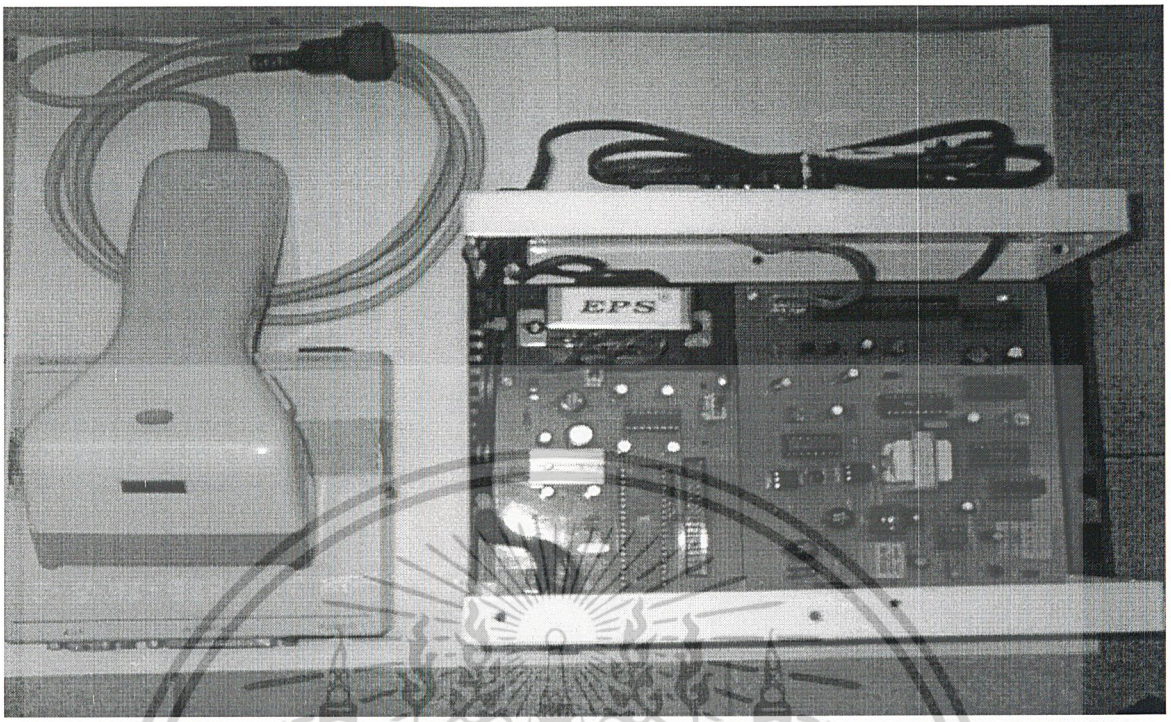


รูปที่ 4.10 ผังโปรแกรมแปลงเป็นBarcode

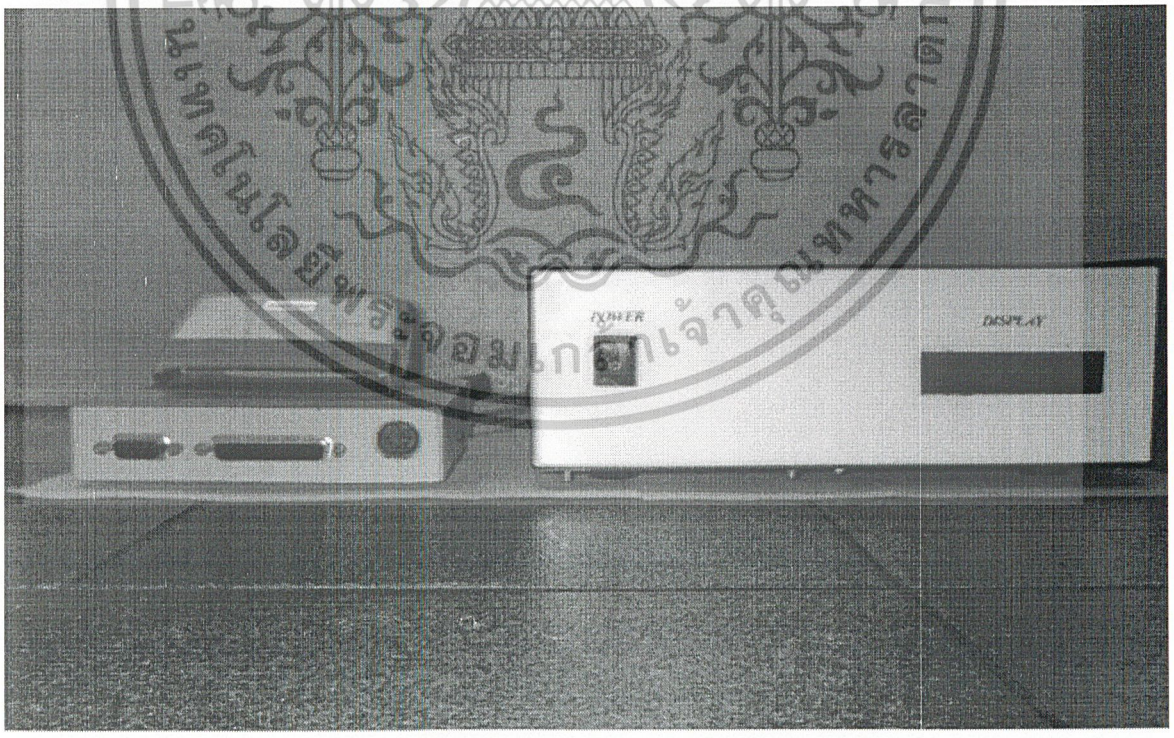


รูปที่4.11 ผังโปรแกรมบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

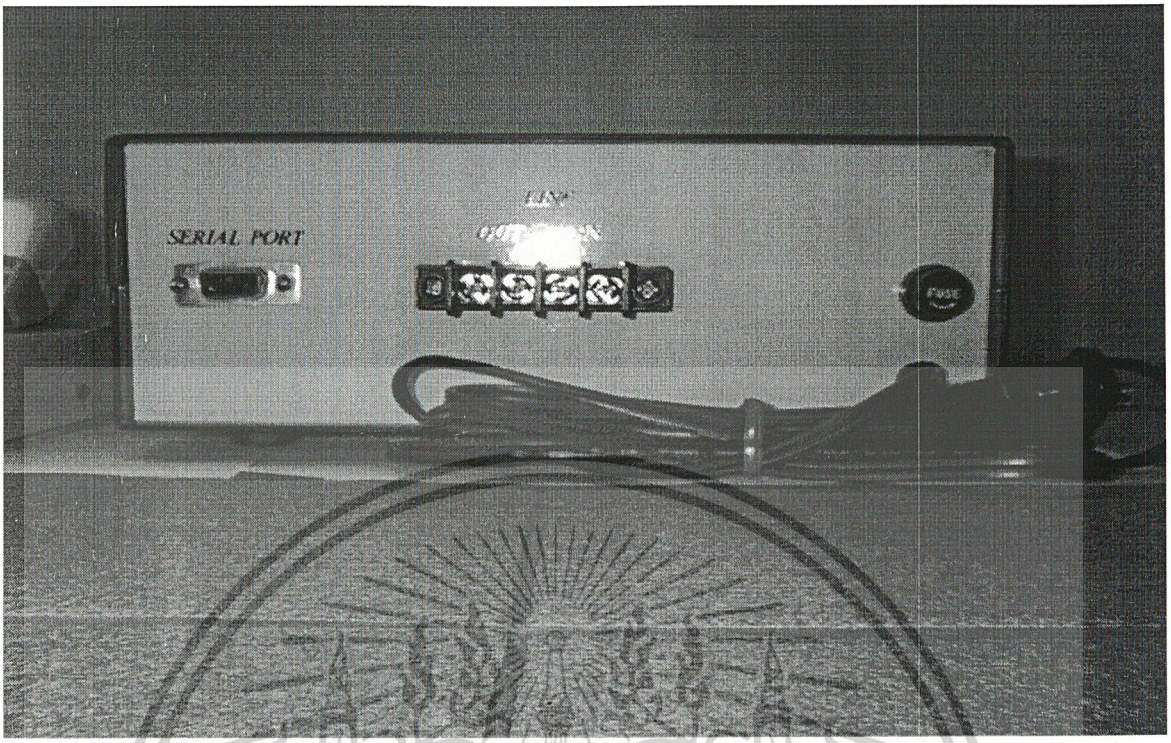


รูปที่ 4.12 แสดงวงจรภายในของเครื่องควบคุมโทรศัพท์โดยใช้ระบบบาร์โค้ด



รูปที่ 4.13 แสดงด้านหน้าของเครื่องควบคุมโทรศัพท์โดยใช้ระบบบาร์โค้ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงด้านหลังของเครื่องควบคุมโทรศัพท์โดยใช้ระบบบาร์โค้ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

ในส่วนทางด้าน SOFTWARE จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. โปรแกรมที่เขียนโดยใช้ Visual Basic 6.0 นั้นในส่วนของ ฐานข้อมูล ซึ่งจะมีฐานข้อมูลเดิมของผู้ใช้อยู่ และฐานข้อมูลใหม่ของผู้ใช้บริการโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนนี้ยังไม่สามารถเขียนโปรแกรม เพื่อแยกแยะการจัดเรียงข้อมูลในแต่ละฐานข้อมูล เพื่อป้องกันการเรียงข้อมูลผิดกลุ่มและป้องกันข้อมูลที่จะเกิดดารซ้ำซ้อนได้ โดยมีแนวทางแก้ไขโดยการจัดรูปแบบฐานข้อมูล ให้ในขณะใช้ฐานข้อมูลใดๆ อยู่ ต้องกำหนดฐานข้อมูลอื่นให้เป็นฐานข้อมูลประเภทชนิดอ่านอย่างเดียว เพื่อป้องกันการบันทึกข้อมูลผิดตำแหน่งได้

2. ในส่วนของการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ในส่วนของการที่จะรับข้อมูลจาก MT8870 ที่มีเอาท์พุทที่ขา Q1,Q2,Q3,Q4 และ STD ที่จะแสดงการกดเลขหมายโทรศัพท์แต่ละตัวจะมีลักษณะเป็น พัลส์ ที่มีระยะเวลาสั้นๆ ในการเขียนโปรแกรมที่จะรับค่าเอาท์พุทเหล่านี้ ไปแสดงผลที่ LCD เป็นเรื่องที่พบปัญหาในเรื่องรับค่าตัวเลขมากับตัวที่แสดงผลออกไปมีค่าไม่ตรงกับการกดเลขหมายและในการกดเลขหมายใดๆ ไว้เป็นเวลานานๆ จะปรากฏเลขหมายนั้นยาวไปเป็นเวลานานจนกว่าจะมีการยกเลิกการกดเลขหมายนั้น ซึ่งในความเป็นจริงการที่เรากดเลขหมายใดๆ ค้างไว้ไม่ได้หมายความว่าเรากดเลขหมายนั้นซ้ำไปเรื่อยๆ แต่เป็นการกดเลขหมายครั้งเดียวเท่านั้นโดยจะได้ยินเสียงที่ลำโพงของโทรศัพท์ จึงต้องมีการแก้ไขในการตรวจเช็คสภาวะการกดเลขหมายโทรศัพท์

ในส่วนทางด้าน HARDWARE จะมีเพียงส่วนของวงจรที่เช็คสภาวะต่างๆ ของโทรศัพท์

ในการต่อวงจรที่จะตรวจเช็คสภาวะต่างๆ ของโทรศัพท์จะพบปัญหาในส่วนที่เราต้องส่งเอาท์พุทต่างๆที่เราตรวจจับได้ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งลักษณะของเอาท์พุทวงจรเหล่านี้ส่วนใหญ่แสดงออกมาเป็นค่า โลจิก แต่จะมีค่าช่วงเวลาที่ไม่ค่อยแน่นอน ใช้ระยะเวลาสั้นบ้างยาวบ้างและส่วนความไม่แน่นอนของเวลาในการแสดงโลจิก และส่วนนี้เองที่จะทำให้การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจเช็คสภาวะได้ไม่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขในส่วนของระยะเวลาที่จะแสดงผลออกมาเป็นโลจิก โดยอาจกล่าวได้ว่าต้องให้วงจรแสดงค่าโลจิก ”0” และโลจิก ”1” ได้นานขึ้นซึ่งก็จะช่วยให้ส่วนของ SOFTWARE ง่ายขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code of Microcontroller

```
                ORG     0000H
                LJMP    MAIN

                CS_LCD  BIT  P1.3; E  LCD (PIN INT1)
                RS_LCD  BIT  P1.2; RS LCD (Pin T0)

MAIN:           MOV     SP,#256-32          ; Initial Stack 32 Byte
                CLR     EA
                CLR     P0
                CLR     P1
                SETB    CS_LCD              ; initial LCD
                ACALL   DELAY               ; initial delay
                ACALL   INIT_LCD            ; initial LCD
INIT_SER:       MOV     TMOD,#00100000B     ;time1 mode2
                MOV     SCON,#01010000B     ;mode1 serial port
                MOV     TH1,#0FBH
                MOV     A,#00H
                MOV     PCON,A              ;SMOD = 0
                CLR     ET1                 ;clear timer1 interrupt
                SETB    TR1                 ;start timer1
                CLR     ES
                CLR     EA

;****************CHECK  RINGING*********************

RING:           JNB     P0.2,GUARD
                JB      P0.1,GUARD
                MOV     A,#80H
                ACALL   DELAY
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB
                ACALL   WRITE1
                ACALL   DELAY
                ACALL   DELAY
WAIT:           JNB     P0.1,WAIT
                ACALL   CLEAR
WAIT0:          JB      P0.1,WAIT0
                AJMP    RING
;
;*********** PROTECT  CALLING  NON  BARCODE **********

GUARD:          JNB     P0.1,CHECK
                MOV     A,#0
                MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB1
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#0
                MOV     A,#0C0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB2
                ACALL   WRITE1
                ACALL   PROTECT
                AJMP    RING

;**********************PROTECT************************

PROTECT:        SETB    P0.0
                ACALL   DELAY2
                CLR     P0.0
AG:             MOV     A,P0
                ANL     A,#02H
                CJNE    A,02H,WA
                SETB    P0.0
                ACALL   DELAY2
                CLR     P0.0
                AJMP    AG
WA:             ACALL   CLEAR
                RET

;**************CHECK BARCODE  FORM COMPUTER**********

CHECK:          ACALL   RX_BYTE                 ;CHECK DATA FROM RS232
                MOV     B,A
                CJNE    A,#30H,CHECK1
                ACALL   BIG_BOSS
                AJMP    RING
CHECK1:         MOV     A,B
                CJNE    A,#31H,NEXT1
                ACALL   BOSS
                LJMP    RING
NEXT1:          MOV     B,A
                CJNE    A,#32H,NEXT2
                ACALL   GENERAL
NEXT2:          LJMP    RING

;*****************CHECK RBT BUSY AND SEND************
SAVE:           ACALL   DELAY1
                JNB     P0.1,NO_CALL
                JNB     P1.0,NO_SAVE
                MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB10
                ACALL   WRITE1
CON_SAVE:       JNB     P0.1,NO_CALL
                MOV     A,P1
                ANL     A,#01H
                CJNE    A,#0H,CON_SAVE
                MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB7
                ACALL   WRITE1
RO_SAVE:        JB      P0.1,RO_SAVEACALL  CLEAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R1,#30H
TX:             MOV     A,@R1
                ACALL   TX_BYTE
                MOV     @R1,#0H
                INC     R1
                CJNE    R1,#39H,TX
                AJMP    FINISH
NO_SAVE:        MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB8
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB9
                ACALL   WRITE1
NO_CALL         MOV     A,#41H
                ACALL   TX_BYTE
BUSY_S:         JB      P0.1,BUSY_S
                ACALL   CLEAR
FINISH:         RET

;********************ALL AREA************************

BIG_BOSS:       MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB3
                ACALL   WRITE1
BIG:            JNB     P0.1,BIG
                MOV     R0,#0H
                MOV     R1,#30H
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
DTMF:           JB      P0.1,CALL
                ACALL   CLEAR
                AJMP    BIG_BOSS
CALL:           MOV     A,P0
                MOV     B,A
                ANL     A,#08H
                CJNE    A,#08H,DTMF
                MOV     A,B
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                CJNE    A,#0AH,CHANGE
                MOV     A,#30H
                AJMP    SHOW
CHANGE:         ADD     A,#30H
SHOW:           ACALL   WR_LCD
                MOV     A,B
KEEP:           MOV     @R1,A
                INC     R1
                INC     R0
                CJNE    R0,#02H,AAA
                MOV     A,B
                CJNE    A,#30H,AAA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AAA:            CJNE    R0,#09,RO
                ACALL   SAVE
                AJMP    OUT
RO:             JB      P0.3,RO
                JB      P0.1,DTMF
CUT:            ACALL   CLEAR
                MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB11
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB12
                ACALL   WRITE1
FREE:           JB      P0.1,FREE
                ACALL   CLEAR
OUT:            RET

;****************ALL  AREA IN THAILAND***************

BOSS:           MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB4
                ACALL   WRITE1
BOS:            JNB     P0.1,BOS
                MOV     R0,#0H
                MOV     R1,#30H
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
DTMF1:          JB      P0.1,CALL1
                ACALL   CLEAR
                AJMP    BOSS
CALL1:          MOV     A,P0
                MOV     B,A
                ANL     A,#08H
                CJNE    A,#08H,DTMF1
                MOV     A,B
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                CJNE    A,#0AH,CHANGE1
                MOV     A,#30H
                AJMP    SHOW1
CHANGE1:        ADD     A,#30H
SHOW1:          ACALL   WR_LCD
                MOV     A,B
KEEP1:          MOV     @R1,A
                INC     R1
                INC     R0
                CJNE    R0,#02H,AAA1
                MOV     A,B
                CJNE    A,#30H,AAA1
                AJMP    CUT1
AAA1:           CJNE    R0,#09,RO1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   SAVE
                AJMP    OUT1
RO1:            JB      P0.3,RO1
                JB      P0.1,DTMF1
CUT1:           ACALL   CLEAR
                MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB11
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB12
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#41H
                ACALL   TX_BYTE
                ACALL   PROTECT
OUT1:           RET

;*********************SOME AREA************************

GENERAL:        MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB5
                ACALL   WRITE1
GEN:            JNB     P0.1,GEN
                MOV     R0,#0H
                MOV     R1,#30H
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
DTMF2:          JB      P0.1,CALL2
                ACALL   CLEAR
                AJMP    GENERAL
CALL2:          MOV     A,P0
                MOV     B,A
                ACALL   DELAY
                ANL     A,#08H
                CJNE    A,#08H,DTMF2
                MOV     A,B
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                CJNE    A,#0AH,CHANGE2
                MOV     A,#30H
                AJMP    SHOW2
CHANGE2:        ADD     A,#30H
SHOW2:          ACALL   WR_LCD
                MOV     A,B
KEEP2:          MOV     @R1,A
                INC     R1
                INC     R0
                CJNE    R0,#02H,AAA2
                MOV     A,B
                CJNE    A,#32H,CUT2
AAA2:           CJNE    R0,#09,RO2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   SAVE
                AJMP    OUT2
RO2:            JB      P0.3,RO2
                JB      0.1,DTMF2
CUT2:           ACALL   CLEAR
                MOV     A,#80H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB11
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#0C0H
                ACALL   WR_INS
                MOV     A,#0
                MOV     DPTR,#LCD_TAB12
                ACALL   WRITE1
                MOV     A,#41H
                ACALL   TX_BYTE
                ACALL   PROTECT
OUT2:           RET

;*****************************************************
 *                  show LCD                         *
 *                                                   *
;*****************************************************

WRITE1:         PUSH    ACC
                MOVC    A,@A+DPTR
                CJNE    A,#00H,WRITE
                POP     ACC
                LJMP    WAIT4
WRITE:          LCALL   WR_LCD
                POP     ACC
                INC     ACC
                LJMP    WRITE1
WAIT4:          ACALL   DELAY
                RET
;*****************************************************
;*              Receive Data From SERIAL             *
;*              Input   :  Serial Port               *
;*              Output  :  ACC                       *
;*****************************************************
RX_BYTE:        JB      RI,RX           ; Wait data
                ACALL   DELAY
                AJMP    NO_RX
RX:             MOV     A,SBUF
                CLR     RI
NO_RX:          RET


;*****************************************************
;*                Send 1-Byte to SERIAL              *
;*                Input   : ACC                      *
;*                Output  : Serial port              *
;*****************************************************
TX_BYTE:         PUSH   IE
                CLR     TI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                POP     IE
                RET

;*****************************************************
;*                      clear_LCD                    *
;*****************************************************
CLEAR:          SETB    CS_LCD          ; initial LCD
                LCALL   DELAY           ; initial delay
                LCALL   INIT_LCD        ; initial LCD
                MOV     A,#01H
                LCALL   WR_INS
                RET

;*****************************************************
;*                  Input  : ACC  (ASCII)            *
;*                  Output : Data bus LCD            *
;*****************************************************
WR_LCD:         MOV     B,A
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,#00001100B            ;RS/CS HI
                MOV     R2,A
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00000011B
                ORL     A,R2
                MOV     P1,A
                LCALL   EN_LCD
                MOV     A,B                     ;Low byte
                SWAP    A
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,#00001100B
                MOV     R2,A
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00000011B
                ORL     A,R2
                MOV     P1,A
                LCALL   EN_LCD
                RET

;*****************************************************
;*                  Write Instruction LCD            *
;*                  Input  : ACC (Command)           *
;*                  Output : Data bus LCD            *
;*****************************************************
WR_INS:         MOV     B,A
                ANL     A,#0F0H
                SETB    ACC.3           ;CS HI
                MOV     R2,A
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00000011B    ;else bit
                ORL     A,R2
                MOV     P1,A            ; High byte
                LCALL   EN_LCD
                MOV     A,B             ; Low byte
                SWAP    A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ANL     A,#0F0H
                SETB    ACC.3
                MOV     R2,A
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00000011B
                ORL     A,R2
                MOV     P1,A
                LCALL   EN_LCD
                RET

;*****************************************************
;*                  Goto position of LCD             *
;*                  Input : ACC (addr.)              *
;*****************************************************
GOTO_LCD:       SETB    ACC.7
                LCALL   WR_INS
                RET

;*****************************************************
;*                      Initial LCD                  *
;*                      4-Bit Interface              *
;*****************************************************
INIT_LCD:       CLR     RS_LCD
                MOV     A,#33H          ; Set DL = 1 3-time
                LCALL   WR_INS
                MOV     A,#32H          ; Clear DL = 0 1-time
                LCALL   WR_INS
                MOV     A,#28H          ; Function set
                LCALL   WR_INS          ; DL=0 4Bit,N=1 2Line,F=0 5X7
                MOV     A,#0CH
                LCALL   WR_INS          ; Entry display,cursor
                                          off,cursor not blink
                MOV     A,#06H          ; Entry mode set
                LCALL   WR_INS          ; I/D=1 Increment,S=0
                                          cursor shift
                MOV     A,#01H          ; Clear display
                LCALL   WR_INS          ; Clear display,set
                                          DD RAM address=0
                RET
;*****************************************************
;*                  Enable Pin E LCD                 *
;*                  Active Chip select               *
;*****************************************************
EN_LCD:         CLR     CS_LCD          ; Enable LCD
                LCALL   BUSY            ; Busy delay time
                SETB    CS_LCD          ; Disable LCD
                RET

;*****************************************************
;*                Delay time for Busy                *
;*                  Wait LCD Ready                   *
;*****************************************************
BUSY:           PUSH    07H
                PUSH    06H
                MOV     R6,#07H
BUSY1:          MOV     R7,#0FFH
                DJNZ    R7,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R6,BUSY1
                POP     06H
                POP     07H
                RET

;*************************************************
;*                      Delay Time                *
;*************************************************
DELAY:          PUSH    07H
                PUSH    06H
DEL1:           MOV     R6,#0FFH
DEL2:           MOV     R7,#0FFH
                DJNZ    R7,$
                DJNZ    R6,DEL2
                POP     06H
                POP     07H
                RET

DELAY1:         PUSH    07H
                PUSH    06H
                MOV     R5,#04AH
LOOP3:          MOV     R6,#0FFH
LOOP2:          MOV     R7,#0FFH
LOOP1:          DJNZ    R7,LOOP1
                DJNZ    R6,LOOP2
                DJNZ    R5,LOOP3
                POP     06H
                POP     07H
                RET

DELAY2:         PUSH    07H
                PUSH    06H
                MOV     R5,#04FH
LOP3:           MOV     R6,#0FFH
LOP2:           MOV     R7,#0FFH
LOP1:           DJNZ    R7,LOOP1
                DJNZ    R6,LOOP2
                DJNZ    R5,LOOP3
                POP     06H
                POP     07H
                 RET


LCD_TAB:    DB     '***RINGING ON***',00H

LCD_TAB1:   DB    '  PLEASE ENTER  ',00H

LCD_TAB2:   DB    '++YOUR BARCODE++',00H

LCD_TAB3:   DB    ' CALL  ALL AREA ',00H

LCD_TAB4:   DB    'ALL AREA IN THAI',00H

LCD_TAB5:   DB    'CALL  LOCAL AREA',00H

LCD_TAB6:   DB    'ENDED CONNECTION',00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCD_TAB7:   DB   'CONNECT COMPLETE',00H
LCD_TAB8:   DB   '   LINE  BUSY   ',00H
LCD_TAB9:   DB   ' CANNOT CONNECT ',00H
LCD_TAB10:  DB   '  PLEASE  WAIT  ',00H
LCD_TAB11:  DB   ' THIS  AREA YOU ',00H
LCD_TAB12:  DB   ' CANNOT CONNECT ',00H
            END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code of Data Base

```
Public OrdrWs   As Workspace
Public OrderDb  As Database
Public UserSnap As Recordset
Public UsedDyn  As Recordset

Private Sub btnsave_Click()

On Error GoTo HandleError

UsedDyn.MoveFirst
UsedDyn.AddNew

If txtUserId.Text = "" Then
    MsgBox "Put ID before save"
ElseIf txtName.Text = "" Then
    MsgBox "Put Name before save"
ElseIf txtFaculty.Text = "" Then
    MsgBox "Put Faculty before save"
ElseIf txtField.Text = "" Then
    MsgBox "Put Field before save"
ElseIf txtNumber.Text = "" Then
    MsgBox "Put Number before save"
ElseIf txtTime.Text = "" Then
    MsgBox "Put Time before save"
Else
    UsedDyn("UserId") = txtUserId.Text
    UsedDyn("Name") = txtName.Text
    UsedDyn("Faculty") = txtFaculty.Text
    UsedDyn("Field") = txtField.Text
    UsedDyn("Number") = txtNumber.Text
    UsedDyn("Time") = txtTime.Text

UsedDyn.Update
UsedDyn.Requery
MsgBox " Saving Complete!"

End If
Exit Sub

HandleError:
MsgBox Error(Err.Number)

End Sub

Private Sub Form_Load()

On Error GoTo HandleError


Set OrderWs = DBEngine.Workspaces(0)
Set OrderDb = OrderWs.OpenDatabase("C:\My Documents\Order.Mdb",
False, False)
Set UserSnap = OrderDb.OpenRecordset("SELECT*FROM User ORDER BY
UserId", dbOpenSnapshot)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Set UsedDyn = OrderDb.OpenRecordset("SELECT*FROM Used ORDER BY
UserId", dbOpenDynaset)

UserSnap.MoveFirst
txtPassword.PasswordChar = "*"

Call ClearData

MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.InputLen = 0
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.RThreshold = 1

Exit Sub

HandleError:
MsgBox Error(Err.Number)

End Sub


Private Sub Timer1_Timer()

Timer1.Interval = 3000

End Sub

Private Sub txtPassword_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As
Integer) 'btnOperate_Click()

Dim strUserId As String
Dim strSearchCriteria As String

On Error GoTo HandleError

strUserId = txtPassword.Text

If KeyCode = 13 Then
    If strUserId = "" Then
    Call EnableOperateButton(True)
    Else
    Call EnableOperateButton(False)
    End If

If strUserId <> "" Then

a$ = Mid$(strUserId, 6, 3)
 w = Val(a$)

   strSearchCriteria = "UserId=" & strUserId & ""
   UserSnap.FindFirst (strSearchCriteria)

   If UserSnap.NoMatch Then
      MsgBox " Not Found please Reenter your password"

      Call ClearData
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        txtPassword.SetFocus
        Call EnableOperateButton(True)
    Else
        Call DisplayFields
        txtNumber.SetFocus
        Call EnableExitButton(False)

     If w <= 150 Then
       n = 0
       End If
        If w > 150 Then
         If w < 550 Then
         n = 1
       End If
       End If
        If w >= 550 Then
          n = 2
        End If

Select Case n
Case 0
     MSComm1.Output = "0"
Case 1
     MSComm1.Output = "1"
Case 2
     MSComm1.Output = "2"

End Select
   End If
  End If

End If
Exit Sub

HandleError:
   MsgBox Error(Err.Number)

End Sub

Private Sub DisplayFields()
Dim SqlStr As String

On Error GoTo HandleError

txtUserId.Text = UserSnap.Fields("UserId")
txtName.Text = UserSnap.Fields("Name")
txtFaculty.Text = UserSnap.Fields("Faculty")
txtField.Text = UserSnap.Fields("Field")

txtTime.Text = Format(Now, "DD/MM/YY  hh:mm:ss")

Exit Sub

HandleError:
MsgBox Error(Err.Number)

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub btnExit_Click()

If txtUserId.Text = "" Then

 If txtName.Text = "" Then

   If txtFaculty.Text = "" Then

    If txtField.Text = "" Then

     If txtNumber.Text = "" Then

      If txtTime.Text = "" Then

      UserSnap.Close
      UsedDyn.Close
      OrderDb.Close
      Unload Me

      End If
     End If
   End If
  End If
 End If
End If

End Sub
Private Sub ClearData()

txtPassword.Text = ""
txtUserId.Text = ""
txtName.Text = ""
txtFaculty.Text = ""
txtField.Text = ""
txtNumber.Text = ""
txtTime.Text = ""

End Sub
Private Sub btnOperate_Click()

Dim strUserId As String
Dim strSearchCriteria As String

On Error GoTo HandleError

strUserId = txtPassword.Text
If strUserId = "" Then
   txtPassword.SetFocus
   End If
If strUserId <> "" Then

a$ = Mid$(strUserId, 6, 3)
w = Val(a$)

  Call EnableOperateButton(False)
   strSearchCriteria = "UserId=" & strUserId & ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   UserSnap.FindFirst (strSearchCriteria)

   If UserSnap.NoMatch Then
      MsgBox " Not Found please Reenter your password"

      Call ClearData
      txtPassword.SetFocus
      Call EnableOperateButton(True)
   Else
      Call DisplayFields
      txtNumber.SetFocus
      Call EnableExitButton(False)

      If w <= 150 Then
      n = 0
      End If
       If w > 150 Then
        If w < 550 Then
        n = 1
        End If
       End If
       If w >= 550 Then
         n = 2
       End If


Select Case n
Case 0
     MSComm1.Output = "0"
Case 1
     MSComm1.Output = "1"
Case 2
     MSComm1.Output = "2"

End Select
   End If
  End If

Exit Sub

HandleError:
   MsgBox Error(Err.Number)

End Sub
Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim strSave As String

If MSComm1.CommEvent = comEvReceive Then
        MSComm1.InputLen = 0
        txtNumber.Text = txtNumber.Text & MSComm1.Input

   End If
   Call Timer1_Timer

   strSave = txtNumber.Text
   x = Len(strSave)
  If x = 1 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Call ClearData
        txtPassword.SetFocus
        Label8.Caption = ""
      ElseIf x = 9 Then

        UsedDyn.MoveFirst
        UsedDyn.AddNew

      UsedDyn("UserId") = txtUserId.Text
      UsedDyn("Name") = txtName.Text
      UsedDyn("Faculty") = txtFaculty.Text
      UsedDyn("Field") = txtField.Text
      UsedDyn("Number") = txtNumber.Text
      UsedDyn("Time") = txtTime.Text

      UsedDyn.Update
      UsedDyn.Requery
      Label8.Caption = "Saved!"
      ElseIf x > 9 Then

        UsedDyn.MoveFirst
        UsedDyn.AddNew

      UsedDyn("UserId") = txtUserId.Text
      UsedDyn("Name") = txtName.Text
      UsedDyn("Faculty") = txtFaculty.Text
      UsedDyn("Field") = txtField.Text
      UsedDyn("Number") = txtNumber.Text
      UsedDyn("Time") = txtTime.Text

      UsedDyn.Update
      UsedDyn.Requery
      Label8.Caption = "Saved!"
      End If


      Call Delay_Time(0.9)
      Call ClearData
      txtPassword.SetFocus
      Call EnableOperateButton(True)
      Call EnableExitButton(True)
      Label8.Caption = ""

End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

        MSComm1.PortOpen = False

End Sub
Public Function Delay_Time(T As Long)
Dim dummy As Long

      dummy = 0
      Do While dummy < T * 100000
      dummy = dummy + 1
      DoEvents
      Loop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Function
Private Sub EnableOperateButton(EnableFlag As Boolean)

btnOperate.Enabled = EnableFlag

End Sub
Private Sub EnableExitButton(EnableFlag As Boolean)

btnExit.Enabled = EnableFlag

End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ ที่ให้คำปรึกษาด้วยดีและขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนและคำปรึกษาในส่วนของเนื้อหาวิชาการในส่วนต่างๆอีกทั้งในส่วนเนื้อหาที่สำคัญในปริญญานิพนธ์ของรุ่นพี่ที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบและการประยุกต์ที่เกี่ยวกับผลงานชิ้นนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

วรวุฒิ วิบูลเจริญกิจจา , **"รู้และเข้าใจบาร์โค้ด"**, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 120, 2536, หน้า 58 – 65

ทวีศักดิ์ ไพศาลภานุมาศ , **"สาระสำคัญของบาร์โค้ด"**, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 145, 2537, หน้า 105 – 113

วรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล ,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรวิจิตรไล, **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS–51 แบบแฟลช**, 2543

น.ต.ท ธวัชชัย เลื่อนฉวี , **เทคโนโลยีโทรศัพท์**, สำนักพิมพ์บันเทิงการพิมพ์, 2536

สมยศ จุณณะปิยะ , **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอลโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51** , พิมพ์ครั้งที่ 4 : กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้