สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์

# TELEPHONE RECORDER

โดย

นายมานะ เปลี่ยนกระโทก

นายรชต แขนคันรัมย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 54970
วัน,เดือน,ปี 4 มี.ค. 2548

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์

# TELEPHONE RECORDER


โดย

นายมานะ เปลี่ยนกระโทก 44015076

นายรชต แขนคันรัมย์ 44015077

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สุรพล บุญจันทร์

อ. พิสิฐ บุญศรีเมือง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์**

**TELEPHONE RECORDER**


ผู้จัดทำ

**1. นายมานะ เปลี่ยนกระโทก 44015076**

2. นายรชต แขนคันรัมย์ 44015077


..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( อ.สุรพล บุญจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.พิสิฐ บุญศรีเมือง)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์

# TELEPHONE RECORDER

โดย นายมานะ เปลี่ยนกระโทก 44015076
นายรชต แขนคันรัมย์ 44015077

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุรพล บุญจันทร์
อ.พิสิฐ บุญศรีเมือง

**บทคัดย่อ**

โครงงานนี้นำเสนอการใช้งานบัตรสมาร์ตการ์ด เพื่อนำมาใช้เป็นรหัสในการใช้งานโทรศัพท์ โดยการทำงานจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ในการควบคุม ทำการเชื่อมต่อกับสมาร์ตการ์ดและควบคุมการทำงานทั้งหมดด้วยโปรแกรม เมื่อจะใช้งานโทรศัพท์ที่มีการเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ จะไม่สามารถโทรออกได้จนกว่าจะทำการเสียบบัตรและได้รับรหัสผ่านที่ถูกต้อง จึงจะอนุญาตให้โทรออกได้ โปรแกรมจะทำการบันทึก ชื่อผู้ใช้งาน เวลาที่ใช้งาน หมายเลขปลายทาง และสามารถพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ พร้อมทั้งแสดงสถานะของการทำงานผ่านจอ LCD

ผลที่ได้จากการทำโครงงานคือ ระบบสามารถอ่านรหัสของการ์ด และควบคุมการใช้โทรศัพท์โดยใช้สมาร์ตการ์ดของบัตรโทรศัพท์สาธารณะ เมื่อรหัสถูกต้อง สามารถบันทึกการใช้งานโทรศัพท์และตรวจสอบโดยการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

**ABSTRACT**

This project presents using smart cards. It's user code telephone when is used telephone call out. The project works on IC microcontroller MCS-51 to control with interface of smartcard and co-operation with control software. On every is used telephone it has card reader interface with MCS-51 that lock telephone, must insert card and serial code correct password then allow use telephone able to call out. Control software will record activity such as user, time, and number call out. However it is able to print out and each status will be show activity by using LCD.

The actual result of this project, this system can read serial code cards and control usage telephone by using TOT cards when serial code correct password. It can record used telephone and can check list in each printer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| | 1.1 ที่มาของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| | 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| | 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| | 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์ | 2 |
| | 1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| บทที่ 2 | ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| | 2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสมาร์ตการ์ด | 4 |
| | 2.1.1 ข้อดีของสมาร์ตการ์ด | 5 |
| | 2.1.2 ชนิดของการ์ด | 5 |
| | 2.1.3 รูปแบบของตัวบัตร | 9 |
| | 2.1.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสมาร์ตการ์ด | 13 |
| | 2.1.5 ชนิดของหน้าสัมผัสของสมาร์ตการ์ด | 16 |
| | 2.1.6 Telephone chip protocol | 17 |
| | 2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์ | 19 |
| | 2.2.1 เครื่องโทรศัพท์ | 19 |
| | 2.2.2 ส่วนประกอบของเครื่องโทรศัพท์ | 20 |
| | 2.2.3 สัญญาณ (signaling) | 21 |
| | 2.2.4 หน้าที่ของเครื่องโทรศัพท์ | 23 |
| | 2.2.5 โทรศัพท์ระบบกดปุ่ม (DTMF) | 23 |
| | 2.2.6 วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ | 24 |
| | 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 | 26 |
| | 2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 | 27 |
| | 2.3.2 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 28 |
| | 2.3.3 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ | 30 |
| | 2.4 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพรินเตอร์ | 31 |
| | 2.4.1 ลักษณะของการสื่อสารข้อมูล | 31 |
| | 2.4.2 การอินเตอร์เฟสกับพรินเตอร์แบบขนานและแบบเซ็นโทรนิกส์ | 32 |
| | 2.4.3 สายสัญญาณและคอนเนคเตอร์ | 35 |
| | 2.5 หน่วยแสดงผลแบบ LCD | 36 |
| | 2.5.1 ส่วนประกอบของ LCD | 37 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.5.2 โครงสร้างและขาของ LCD display 38
2.5.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD 39
2.6 เชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส $I^2C$ 39
2.6.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส $I^2C$ 39
2.6.2 หลักการทำงานของบัส $I^2C$ 40
2.6.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส $I^2C$ 41
2.6.4 การทำงานบนบัส $I^2C$ 42
2.7 DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือไทม์คล็อก (RTC) 44
2.7.1 รายละเอียดขาการต่อใช้งานของ DS1307 44
2.7.2 การจัดสรรหน่วยความจำใน DS1307 45
2.7.3 รีจีสเตอร์ควบคุม 46
2.7.4 โหมดการทำงานของ DS1307 46
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 48
3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ 48
3.2 โครงสร้างของเครื่องควบคุมการใช้โทรศัพท์โดยใช้ TOT Card 49
3.2.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) 49
3.2.2 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ (Software) 49
3.3 การออกแบบวงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ 50
3.3.1 การออกแบบวงจรตรวจสอบการวางหูและยกหูโทรศัพท์ 50
3.3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing Detector) 51
3.3.3 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF Detector) 52
3.3.4 ตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ring back, Busy Tone Detector) 53
3.4 การออกแบบวงจรควบคุม 55
3.4.1 ส่วนประมวลผลกลาง 55
3.4.2 การออกแบบวงจรถอดรหัสสำหรับหน่วยความจำและไอโอ 56
3.4.3 การเชื่อมโยง 8255 กับ MCS-51 58
3.4.4 การเชื่อมต่อจอแสดงผล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 60
3.4.5 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 61
3.4.6 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิตซ์เมตริกซ์ 62
3.4.7 การเชื่อมต่อหน่วยความจำ EEPROM กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 3.5 การอินเตอร์เฟสสมาร์ตการ์ด | 64 |
| 3.5.1 รูปแบบการอินเตอร์เฟสของสมาร์ตการ์ด | 64 |
| 3.5.2 ขั้นตอนในการอินเตอร์เฟสอย่างง่าย | 66 |
| 3.5.3 รีเซตการทำงานของสมาร์ตการ์ด | 66 |
| 3.5.4 สิ้นสุดขั้นตอนการรีเซต | 67 |
| 3.5.5 การอ่านรหัสจากบัตรโทรศัพท์สาธารณะ | 67 |
| 3.5.6 วงจรการเชื่อมต่อสมาร์ตการ์ดเข้ากับ MSC-51 | 69 |
| 3.6 แผนผังงาน (Flow Chart) การทำงานของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ | 70 |
| 3.6.1 แผนผังโปรแกรมหลักของเครื่อง | 71 |
| 3.6.2 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด | 72 |
| 3.6.3 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการกดหมายเลขโทรออก | 72 |
| 3.6.4 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการรับสายของหมายเลขปลายทาง | 73 |
| 3.6.5 โปรแกรมย่อยการบันทึกข้อมูลของการโทรออก | 73 |
| 3.6.6 โปรแกรมย่อยการแสดงผลผ่านจอ LCD | 74 |
| 3.6.7 โปรแกรมย่อยการแสดงผลผ่านเครื่องพิมพ์ | 75 |
| 3.6.8 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด | 75 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง | 76 |
| 4.1 การทดลองวงจรตรวจจับการยกหูโทรศัพท์ (Hook detector) | 76 |
| 4.2 การทดลองวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์ (DTMF Decoder Circuit) | 77 |
| 4.3 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing Detector) | 78 |
| 4.4 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone detector circuit) | 79 |
| 4.5 การทดลองอ่านค่าข้อมูลจากบัตรโทรศัพท์ | 81 |
| 4.6 การทดลองการทำงานของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ | 84 |
| บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์ | 87 |
| 5.1 บทสรุป | 87 |
| 5.2 บทวิจารณ์ | 88 |
| 5.3 ปัญหาและแนวทางแก้ไข | 88 |
| 5.4 แนวทางพัฒนาโครงงาน | 89 |
| กิตติกรรมประกาศ | |
| บรรณานุกรม | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ


หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ 2

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างบัตรสมาร์ตการ์ด 4

รูปที่ 2.2 แผนผังแสดงชนิดของสมาร์ตการ์ดที่มีให้ใช้งานในปัจจุบัน 6

รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในชิปสมาร์ตการ์ดชนิดหน่วยความจำ 7

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างบัตรสมาร์ตการ์ดชนิดหน่วยความจำ 7

รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในชิปสมาร์ตการ์ดชนิดไมโครโปรเซสเซอร์ 8

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างสมาร์ตการ์ดชนิดไมโครโปรเซสเซอร์ 8

รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในชิปสมาร์ตการ์ดชนิดแบบไม่มีการสัมผัส 8

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสมาร์ตการ์ดแบบไม่มีการสัมผัส 9

รูปที่ 2.9 ขนาดของบัตร รูปแบบ ID-1 10

รูปที่ 2.10 แสดงความกว้าง ยาว หนา และรัศมีมุมของ ID-1 11

รูปที่ 2.11 แสดงความกว้าง ยาว หนา และรัศมีมุมของ ID-000 11

รูปที่ 2.12 แสดงความกว้าง ยาว หนา และรัศมีมุมของ ID-00 12

รูปที่ 2.13 ขนาดที่สัมพันธ์ระหว่าง ID-1, ID-00 และ ID-000 12

รูปที่ 2.14 การกำหนดหน้าที่ทางไฟฟ้า และหมายเลขของหน้าสัมผัส ตามมาตรฐาน ISO 7816-2 13

รูปที่ 2.15 ตำแหน่งของหน้าสัมผัสที่สัมพันธ์กับโครงสร้างของตัวบัตร 16

รูปที่ 2.16 ขนาดหน้าสัมผัสต่ำสุดที่ระบุไว้ตาม ISO 7816-2 16

รูปที่ 2.17 รูปแบบการเรียงที่เป็นไปได้ระหว่างชิปส่วนที่ถูกตอกให้นูนและแถบแม่เหล็ก 17

รูปที่ 2.18 การรีเซ็ตตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรส ไปที่ศูนย์ 18

รูปที่ 2.19 แสดงการเพิ่มตำแหน่งแอดเดรสและการอ่านข้อมูลจากแอดเดรส 18

รูปที่ 2.20 แสดงการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ EEPROM 19

รูปที่ 2.21 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter exchange signaling) 21

รูปที่ 2.22 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Subscriber signalling) 22

รูปที่ 2.23 แสดงหน้าปัดปุ่มโทรศัพท์แบบกดและความถี่ที่ใช้ 23

รูปที่ 2.24 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870 24

รูปที่ 2.25 แสดงการกำหนดการ์ดไทม์ (Guard Time) พร้อมวิธีคำนวณ 26

รูปที่ 2.26 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท 26

รูปที่ 2.27 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับพรินเตอร์แบบขนาน 31

รูปที่ 2.28 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพรินเตอร์แบบอนุกรม 32

รูปที่ 2.29 แสดงขาของคอนเนคเตอร์แบบแอมฟีนอล (Amphenal) 33

รูปที่ 2.30 แสดงช่วงเวลาของรูปคลื่นสัญญาณที่จะส่งข้อมูลอักขระไปยังพรินเตอร์แบบขนาน 34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)


หน้า

รูปที่ 2.31 แสดงขาของคอนเนคเตอร์แบบ DB – 25 34

รูปที่ 2.32 ลักษณะการต่อพอร์ตขนาน (D – TYPE) 35

รูปที่ 2.33 แสดงการต่อใช้งาน Parallel Port และ Printer Port 35

รูปที่ 2.34 รูปร่าง และการจัดขาใช้งานของโมดูลแอลซีดี แบบอักขระ 38

รูปที่ 2.35 การต่อตัวต้านทานพูลอัปบนสายสัญญาณในระบบบัส $I^2C$ 40

รูปที่ 2.36 การต่อตัวต้านทาน Rs เพื่อลดสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ที่อาจเข้ามาในบัส $I^2C$ 40

รูปที่ 2.37 ไดอะแกรมเวลาแสดงสถานะต่าง ๆ ในบัส $I^2C$ 42

รูปที่ 2.38 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส $I^2C$ เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต 43

รูปที่ 2.39 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส $I^2C$ เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต 43

รูปที่ 2.40 การจัดขาของไอซี DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC) 44

รูปที่ 2.41 จัดสรรหน่วยความจำแรมภายใน พร้อมกับรายละเอียดของรีจิสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS1307 46

รูปที่ 2.42 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล 47

รูปที่ 2.43 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล 47

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ 48

รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับการยกหู/วางหู 50

รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 51

รูปที่ 3.4 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ 52

รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง 53

รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการต่อใช้งาน P89C51RD2 55

รูปที่ 3.7 การถอดรหัสเมื่ออินพุท C, B, A = 0, 0, 0 58

รูปที่ 3.8 การถอดรหัสเมื่อป้อน C, B, A = 0, 0, 1 58

รูปที่ 3.9 แสดงวงจรถอดรหัสที่ได้จากการออกแบบ 60

รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อ 8255 กับ MCS-51 ที่ได้จากการออกแบบ 60

รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการต่อใช้งานจอ LCD ผ่าน 8255 61

รูปที่ 3.12 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับไอซีรีลไทม์คล็อก DS1307 62

รูปที 3.13 วงจรการเชื่อมต่อคีย์แพด 63

รูปที่ 3.14 วงจรการเชื่อมต่อหน่วยความจำ EEPROM กับ MCS-51 64

รูปที่ 3.15 รูปสัญญาณสำหรับการอินเตอร์เฟสแบบ Asynchronous 65

รูปที่ 3.16 รูปสัญญาณสำหรับการอินเตอร์เฟสแบบ Synchronous 65

รูปที่ 3.17 รูปสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของ สมาร์ตการ์ด แบบ MCU ในระหว่างการรีเซต 66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)


หน้า

รูปที่ 3.18 รูปสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของสมาร์ตการ์ดแบบ Memory card ในระหว่างขั้นตอนการรีเซต 67

รูปที่ 3.19 วงจรการเชื่อมต่อ สล็อตสมาร์ตการ์ดเข้ากับ MCS-51 69

รูปที่ 3.20 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องควบคุมการใช้โทรศัพท์ 70

รูปที่ 3.21 แผนผังโปรแกรมหลักของเครื่อง 71

รูปที่ 3.22 แผนผังโปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด 72

รูปที่ 3.23 แผนผังย่อยการตรวจสอบการกดเลขหมายโทรออก 72

รูปที่ 3.24 แผนผังย่อยการตรวจสอบการรับสายของหมายเลขปลายทาง 73

รูปที่ 3.25 แผนผังย่อยการบันทึกข้อมูลของการโทรออก 73

รูปที่ 3.26 แผนผังย่อยการกำหนดค่าเริ่มต้นของจอแสดงผล LCD 74

รูปที่ 3.27 แผนผังย่อยการทำงานของโปรแกรมการพิมพ์ข้อมูลของเครื่องพิมพ์ 75

รูปที่ 3.28 แผนผังย่อยการทำงานของโปรแกรมการอ่านการ์ด 75

รูปที่ 4.1 สัญญาณ Dial tone 76

รูปที่ 4.2 แสดงแรงดันขา 5 ของ Optoisolator ขณะวางหูโทรศัพท์ 76

รูปที่ 4.3 แสดงแรงดันขา 5 ของ Optoisolator ขณะยกหูโทรศัพท์ 77

รูปที่ 4.4 สัญญาณเรียกที่เข้ามาที่ Optoisolator 78

รูปที่ 4.5 สัญญาณเรียกที่ขา 5 ของ Optoisolator และขา 13 ของ Monostable 78

รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่ขา 6 ของไอซี LM567 เมื่อป้อนความถี่ 425 Hz 79

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 เมื่อป้อนความถี่ 425 Hz ซึ่งจะต้องมีค่าเป็น LOW 80

รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 เมื่อป้อนความถี่ 525 Hz ซึ่งจะต้องมีค่าเป็น HIGH 80

รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 และสัญญาณ ขณะสายไม่ว่าง (Busy Tone) 81

รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณขณะสายว่าง (Ring Back Tone) 81

รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณ CLK และสัญญาณที่อ่านได้ที่ขา I/O เมื่อเข้าสู่ขบวนการอ่านการ์ด ใบที่ 1 82

รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณ CLK และสัญญาณที่อ่านได้ที่ขา I/O เมื่อเข้าสู่ขบวนการอ่านการ์ด ใบที่ 2 82

รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณ CLK และสัญญาณที่อ่านได้ที่ขอ I/O เมื่อเข้าสู่ขบวนการอ่านการ์ดใบที่ 3 83

รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างข้อมูลจากการอ่านบัตร TOT Card แผ่นที่ 4 83

รูปที่ 4.15 แสดงข้อความเมื่อทำการยกหูขณะที่ไม่มีการเสียบการ์ด 84

รูปที่ 4.16 แสดงข้อความเมื่อเสียบบัตรที่ไม่ผ่านการลงทะเบียน 84

รูปที่ 4.17 แสดงข้อความเมื่อเสียบบัตรที่ผ่านการลงทะเบียนซึ่งเครื่องจะอนุญาตให้กดหมายเลขได้ 84

รูปที่ 4.18 ข้อความเมื่อเสียบบัตรที่ผ่านการลงทะเบียนซึ่งเครื่องจะอนุญาตให้กดหมายเลขได้ 85

รูปที่ 4.19 แสดงข้อความเมื่อทำการเรียกไปยังคู่สายปลายทาง แล้วสายปลายทางไม่ว่าง 85

รูปที่ 4.20 แสดงข้อความการลงทะเบียนบัตร ซึ่งสามารถลงได้ 10 ตัวอักษร 85



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 4.21 แสดงข้อความเมื่อต้องการสั่งพิมพ์ | 85 |
| รูปที่ 4.22 แสดงตัวอย่างการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ | 85 |
| รูปที่ 4.23 แสดงแผ่นวงจรรวมภายในเครื่อง | 86 |
| รูปที่ 4.24 แสดงด้านหน้าของเครื่อง | 86 |
| รูปที่ 4.25 แสดงด้านหลังของเครื่อง | 86 |
| รูปที่ 5.1 แสดงการนำเครื่องต้นแบบไปพัฒนาใช้กับโทรศัพท์หลาย ๆ เครื่อง | 89 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| | | | หน้า |
|---|---|---|---|
| ตารางที่ | 2.1 | การออกแบบและหน้าที่ของหน้าสัมผัสตามมาตรฐาน ISO 7816-2 | 13 |
| ตารางที่ | 2.2 | แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม | 28 |
| ตารางที่ | 2.3 | ตารางตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal data memory) | 29 |
| ตารางที่ | 2.4 | แสดงรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ | 30 |
| ตารางที่ | 2.5 | แสดงการเชื่อมโยงขาสำหรับการต่อขาระหว่าง D – TYPE 25 กับ Centronics | 36 |
| ตารางที่ | 2.6 | แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E ของโมดูลแอลซีดี | 38 |
| ตารางที่ | 3.1 | แสดงสถานะของระดับสัญญาณเมื่อยกหูโทรศัพท์ | 51 |
| ตารางที่ | 3.2 | แสดงค่าความจริงของ 3 to 8 line decoder | 56 |
| ตารางที่ | 3.3 | ตารางค่าความจริงของ 74LS138 | 57 |
| ตารางที่ | 3.4 | แสดงการถอดรหัสสำหรับติดต่อ 8255 | 59 |
| ตารางที่ | 3.5 | ระดับแรงดันไฟเลี้ยงและกระแสที่ป้อนให้กับสมาร์ตการ์ดภายใต้การทำงานปกติ | 65 |
| ตารางที่ | 3.6 | โครงสร้างและรายละเอียดที่เกี่ยวกับข้อมูลทั้ง 48 ไบต์ | 68 |
| ตารางที่ | 4.1 | ตารางแสดงผลการทดลองวัดลอจิกที่ขาของ MT8870 | 77 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาของหัวข้อปริญญานิพนธ์

ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้การติดต่อเสื่อสาร (Communication) นั้นมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เทคโนโลยีและวิวัฒนาการต่าง ๆ ได้พัฒนาก้าวไปไกลมากมีการติดต่อสื่อสารถึงกันในหลายรูปแบบ เช่น การติดต่อสื่อสารผ่านดาวเทียม การสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ต และโทรศัพท์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์สื่อสารอีกชนิดหนึ่งที่มีบทบาทในชีวิตประจำวันและและคุ้นเคยมากที่สุด ซึ่งทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้สะดวกรวดเร็ว เนื่องด้วยค่าบริการที่ไม่แพงจนเกินไปจึงได้รับความนิยมจากผู้ใช้ จนถือได้ว่าโทรศัพท์เป็นสิ่งเป็นอย่างหนึ่งที่ทุกที่ต้องมี

การใช้โทรศัพท์นั้นมีค่าบริการที่แตกต่างกันไปตามช่วงเวลาที่ใช้บริการ ระยะทางที่ทำการติดต่อ รวมถึงเวลาที่ใช้บริการโทรศัพท์ ตามปกติทางองค์การโทรศัพท์จะเป็นผู้ทำการคิดคำนวณ โดยที่ทางผู้ใช้บริการไม่มีทางทราบค่าบริการรวมนี้เลย ถ้าไม่การจดบันทึกการใช้โทรศัพท์ไว้โดยละเอียด และก็จะไม่มีทางทราบชื่อผู้ใช้บริการด้วย ถ้าโทรศัพท์เป็นโทรศัพท์ที่ต้องการใช้ร่วมกันหลายคน ซึ่งปัญหาอย่างหนึ่งที่พบในการใช้โทรศัพท์คือ การควบคุมการใช้โทรศัพท์ภายในองค์กรนั้น ๆ กล่าวคือ ไม่สามารถควบคุมการใช้โทรศัพท์ว่า ผู้ที่โทรออกเป็นใคร มีสิทธ์ในการโทรออกหรือไม่ หมายเลขที่ใช้โทรออกเป็นหมายเลขใด หรือหมายเลขที่แสดงในใบเรียกเก็บค่าใช้บริการใครเป็นผู้โทรออก ถ้าไม่มีการควบคุมการใช้ในแต่ละครั้ง ซึ่งอาจเกิดความสับสนและยุ่งยากในการคิดค่าบริการ

ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาและจัดทำเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์เพื่อควบคุมการใช้โทรศัพท์ ซึ่งได้นำเอาบัตรสมาร์ตการ์ด มาใช้เป็นบัตรประจำตัวของผู้ใช้โทรศัพท์แต่ละคน ดังนั้นจึงมีความคิดที่จะนำโทรศัพท์สาธารณะที่ใช้หมดประโยชน์ใช้งานตามปกติไม่สามารถโทรออกได้ ซึ่งบัตรโทรศัพท์นี้จะมีคุณสมบัติเป็นสมาร์ตการ์ดอีกประเภทหนึ่ง มาประยุกต์เข้ากับระบบโทรศัพท์พื้นฐาน ได้เพิ่มหน้าที่การทำงานของเครื่องโทรศัพท์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยเครื่องจะบันทึกการใช้งานโทรศัพท์นี้สามารถบันทึกข้อมูลการโทรออก เช่น หมายเลขปลายทาง วันเวลาที่โทรออก ผู้ที่ทำการโทรออก และสามารถพิมพ์รายการใช้งานโทรศัพท์ออกมาได้ ทำให้เกิดความสะดวกต่อผู้ใช้งาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงโครงสร้างและการทำงานของสมาร์ตการ์ดพร้อมกับสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์

1.2.2 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบการทำงานของโทรศัพท์และสัญญาณต่าง ๆ พร้อมกับ สามารถนำสัญญาณต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้งาน

1.2.3 เพื่อศึกษาเรียนรู้การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถเขียนคำสั่งควบคุมอุปกรณ์ให้ใช้งานได้ตามต้องการ

1.2.4 เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกที่ทำการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.5 เพื่อกระตุ้นให้เกิดความสนใจในเทคโนโลยีสมาร์ตการ์ด และเป็นพื้นฐานในการนำไปพัฒนาต่อไป

## 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ สามารถควบคุมและบันทึกข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ โดยมีรายละเอียดดังนี้ หมายเลขที่ทำการโทรออก วันเวลาที่ทำการโทรออก ชื่อของผู้ทำการโทรออก โดยจะแสดงขั้นตอนการทำงานผ่านจอ LCD และ แสดงรายละเอียดการใช้งานทั้งหมดผ่านเครื่องพิมพ์

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์

1.4.1 เข้าใจการทำงานของสัญญาโทรศัพท์และนำไปประยุกต์ใช้งานได้

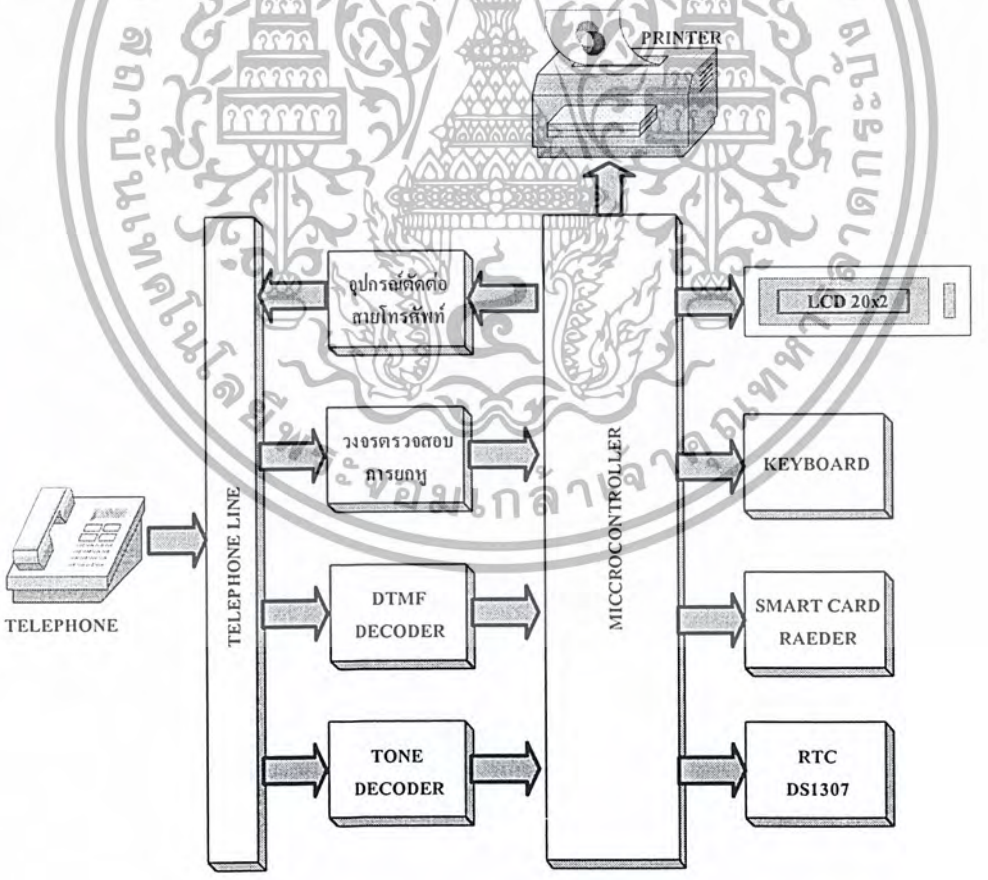
1.4.2 สามารถเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อได้

1.4.3 เข้าใจถึงการทำงานและโครงสร้างของสมาร์ตการ์ด

1.4.4 สามารถนำเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.5 นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ ต่อไปได้

## 1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์




รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์จะประกอบด้วยส่วนต่างดังนี้

1. วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งจะประกอบด้วย วงจรตรวจจับการยกหู วงจรตรวจจับสัญญาณการกดหมายเลข วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง และวงจรตัดต่อสายโทรศัพท์

2. วงจรควบคุมประมวลผล จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ เบอร์ P89C51RD2 ต่อกับ IC 8255

3. วงจรอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก ซึ่งจะประกอบด้วย วงจรเชื่อมต่อจอแสดงผลLCD วงจรเชื่อมต่อเครื่องพิมพ์ วงจรเชื่อมต่อสมาร์ตการ์ด และวงจรสร้างฐานเวลาจริง

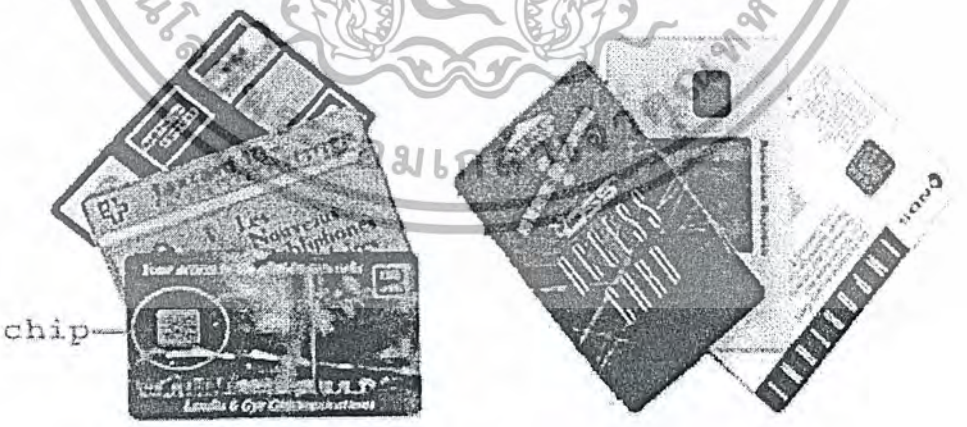
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสมาร์ตการ์ด

สมาร์ตการ์ด (Smart card) คือ บัตรพลาสติกที่มีชิพไอซี (Integrated Circuit) ติดหรือฝังอยู่ในตัวบัตรพลาสติก ตามมาตรฐาน ISO (International Standard Organization) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล และประมวลผลภายในตัวเองโดยวิธีการเข้ารหัสตามมาตรฐาน DES Algorithm (Data Encryption Standard) เพื่อให้ระบบมีระดับความปลอดภัยสูงขึ้น ด้วยคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้สมาร์ตการ์ดมีความแตกต่างจากบัตรพลาสติกทั่วไปก็คือ ขณะทำรายการ (Transaction) สมาร์ตการ์ดสามารถทำงานได้ด้วยตัวมันเองโดยไม่ต้องอาศัยติดต่อสื่อสารกับระบบหลัก (Front End) นั้นก็คือบัตรสมาร์ตการ์ดไม่จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารกับศูนย์กลางข้อมูลเหมือนกับบัตรแถบแม่เหล็ก (Off -line) ทำให้ประหยัดในเรื่องระบบสื่อสารไปได้มาก

ในการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูล สมาร์ตการ์ดสามารถทำได้อย่างรวดเร็วกว่าสื่อที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลชนิดอื่น ๆ ด้วยขนาดที่เท่ากับบัตรแถบแม่เหล็กทำให้สะดวกในการจัดเก็บและพกพา นอกจากนี้สมาร์ตการ์ดยังมีคุณสมบัติด้านความทนทานที่น่าทึ่งไม่ว่าจะเป็น รังสีชนิดต่าง ๆ (ในประมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์) สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิต ความชื้น ความร้อน การบิดงอ ฯลฯ ก็ไม่สามารถทำให้บัตรสมาร์ตการ์ดเสียหายได้โดยง่าย จึงทำให้สมาร์ตการ์ดเทียบเท่าบัตรในทางอุดมคติเลยที่เดียว ในต่างประเทศก็ได้มีการใช้งานสมาร์ตการ์ดกันอย่างแพร่หลาย จนเป็นไปได้ว่าสมาร์ตการ์ดกำลังเป็นบัตรชนิดใหม่ที่จะเข้ามาแทนที่บัตรแม่เหล็กที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน




รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างบัตรสมาร์ตการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.1 ข้อดีของสมาร์ตการ์ด**

- ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความน่าเชื่อถือได้มากกว่าบัตรที่ใช้แถบแม่เหล็ก
- ได้ลดความยุ่งยากในการพกพาบัตรหลายใบ เพราะสามารถเก็บข้อมูลในบัตรต่าง ๆ ไว้ในสมาร์ตการ์ดบัตรเดียวได้
- ลดโอกาสที่จะเกิดการโกงและการปลอมแปลง เนื่องจากมีระบบป้องกันที่ซับซ้อน โดยมีการเข้ารหัสข้อมูลก่อนการจัดเก็บลงในบัตร โดยจะใช้จำนวนบิตในการเข้ารหัสที่สูงและซับซ้อนกว่าบัตรที่เป็นแถบแม่เหล็ก ทำให้พวกมิจฉาชีพต้องใช้ความพยายามในการถอดรหัสข้อมูลมากขึ้น
- สามารถเปลี่ยนมือและนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- สามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทางการแพทย์ โดยจะเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ และธุรกิจที่มีสาขาจำนวนมาก จะใช้เก็บข้อมูลประวัติการซื้อของลูกค้า เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ และใช้เป็นสถิติทางการตลาด เป็นต้น
- สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาต่าง ๆ ได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก หรือแม้แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- มีการทำงานด้วยเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

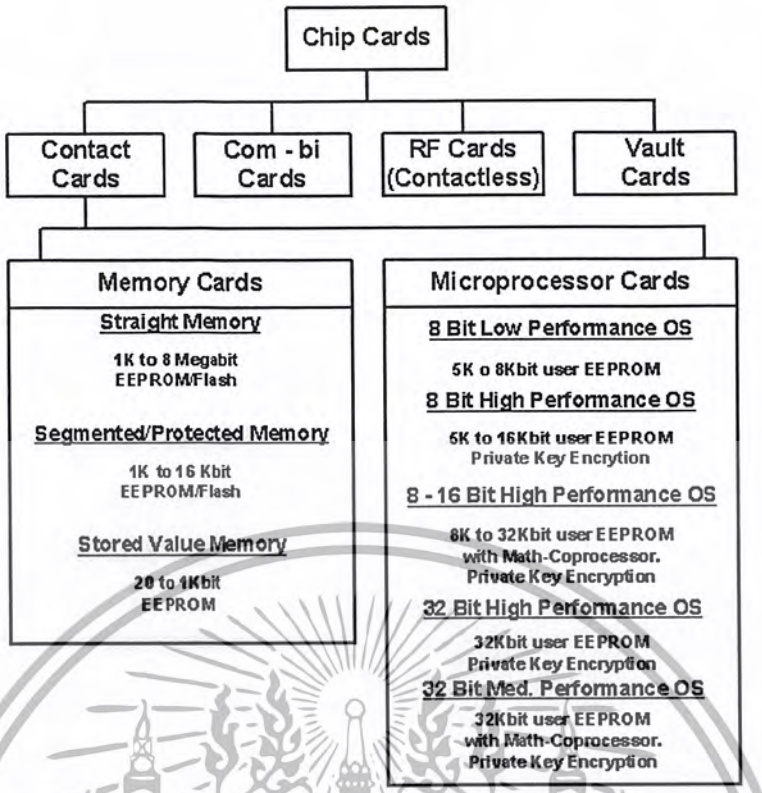
**2.1.2 ชนิดของการ์ด**

สมาร์ตการ์ดเป็นการ์ดตัวใหม่ของการ์ดที่ใช้รูปแบบ ID-1 ที่กำหนดโดยมาตรฐาน ISO 7810 (ลักษณะทางกายภาพ) ซึ่งมาตรฐานนี้จะระบุคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของการ์ด เช่น ความต้านทานอุณหภูมิ มิติของการ์ดที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ (ID-1, ID-2 และ ID-3) มาตรฐานของสมาร์ตการ์ดจะใช้หลักการการ์ด ID-1 ที่ปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้สำหรับธุรกิจทางการเงิน

สมาร์ตการ์ดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สุดและฉลาดที่สุดของการ์ดที่ใช้รูปแบบ ID-1 ลักษณะเด่น คือ การฝังวงจร ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ติดต่อสื่อสาร การเก็บข้อมูล การประมวลผลไว้ในการ์ด การโอนถ่ายข้อมูล สมารถทำได้โดยผ่านหน้าสัมผัสบนผิวของการ์ด หรือผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยไม่ต้องใช้หน้าสัมผัสก็ได้

ถ้าแบ่งโดยใช้ชนิดของชิปสมาร์ตการ์ด สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบ แบบ Memory ได้แก่ พวกบัตรโทรศัพท์ อีกแบบหนึ่งคือ แบบไมโครโปรเซสเซอร์ ได้แก่ ซิมการ์ดในโทรศัพท์มือถือ แต่ถ้าแบ่งตามหน้าสัมผัสก็อาจแบ่งได้ 3 แบบ คือ 1.แบบสื่อสารโดยใช้หน้าสัมผัส 2. แบบสื่อสารโดยไม่ใช้หน้าสัมผัส 3. ใช้ทั้งแบบมีหน้าสัมผัสและไม่มีรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.2 แผนผังแสดงชนิดของสมาร์ตการ์ดที่มีให้ใช้งานในปัจจุบัน

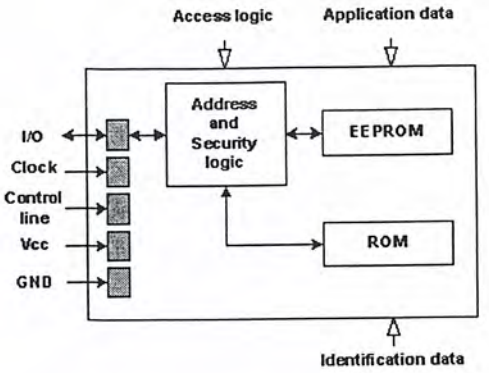
**1.1.2.1 บัตรหน่วยความจำ (Memory Cards)**

บัตรประเภทนี้จะใช้เก็บข้อมูลได้อย่างเดียว ไม่มีความสามารถในการประมวลผล ซึ่งจะเหมาะกับการซื้อของตามร้านค้าหรือตู้ขายของอัตโนมัติทั่วไปที่เป็นการใช้บัตรชำระค่าสินค้าหรือบริการแทนเงินสดแต่ไม่การเก็บข้อมูลประวัติการซื้อของลูกค้า บัตรประเภทนี้จะใช้เก็บข้อมูลอย่างเดียวไม่สมารถแก้ไขข้อมูลได้ หรือถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลจะต้องใช้รหัสผ่าน ตัวอย่างของบัตรประเภทนี้เช่น

- บัตรโทรศัพท์สาธารณะ มีการเก็บข้อมูลจำนวนเงินไว้ในบัตรในลักษณะเซลล์ เช่น บัตร ราคา 100 บาท ก็จะมี 100 เซลล์ เมื่อมีการใช้บัตร เครื่องก็จะทำการลบเซลล์ออกไปตามจำนวนเงินที่เราใช้ไป ซึ่งเครื่องจะสามรถทำได้เพียงแค่อ่านและลบ ไม่สามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ภายในได้ และหลังจากจำนวนเซลล์ถูกลบหมดไปแล้วบัตรนั้นก็จะไม่สามารถใช้งานต่อได้อีก
- บัตรไมโครแคช มีการเก็บข้อมูลจำนวนเงินไว้ในบัตร และมีการหักจำนวนเงินเช่นเดียวกับบัตรโทรศัพท์ แต่เมื่อจำนวนเงินในบัตรหมดแล้ว ผู้ใช้สามารถนำบัตรนั้นไปให้ผู้ให้บริการของบัตรนั้นเติมเงินให้ได้ โดยบัตรประเภทนี้จะมีการจำกัดการเข้าถึงข้อมูล เมื่อจะเขียนข้อมูลลงไปใหม่

นอกจากนี้ บัตรไมโครแคชยังสามารถเป็นบัตรประเภทที่ 2 ที่จะกล่าวต่อไปได้ด้วย ถ้าหากมีการจักเก็บข้อมูลประวัติการใช้บัตรของผู้ใช้ด้วยเช่น การสะสมแต้ม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในชิปสมาร์ตการ์ดชนิดหน่วยความจำ

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างบัตรสมาร์ตการ์ดชนิดหน่วยความจำ

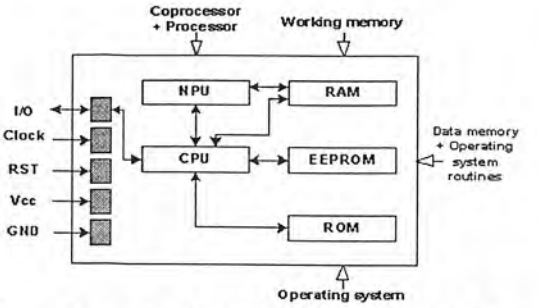
**1.1.2.2 การ์ดที่มีทั้งหน่วยความจำและชิปไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor Card)**

สมาร์ตการ์ดแบบ Processor Card มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Asynchronous เพราะใช้การสื่อสารแบบ Asynchronous ในการติดต่อ สมาร์ตการ์ดชนิดนี้ได้เพิ่มหน่วยประมวลผล (Processor) เข้าไปด้วย ทำให้สมาร์ตการ์ดชนิดนี้มีทั้ง Memory และ Processor การที่ใส่ Processor ทำให้ต้องเพิ่มหน่วยความจำสำรองเข้าไป ทั้งให้ราคาของการ์ดชนิดนี้สูงขึ้นด้วย ซึ่งแปรผันตรงกับความสามารถในการทำงานของการ์ด หน้าสัมผัสของการ์ดชนิดนี้เหมือนกับแบบ Free Access Memory เพราะใช้มาตรฐาน ISO-7816 เหมือนกัน การเข้าถึงข้อมูลต้องกระทำผ่านทาง Processor เท่านั้น เพราะหน่วยความจำจะอยู่ในความควบคุมของ Processor ถึงแม้จะมีการเข้าถึงข้อมูลที่ยากกว่า Free Access Memory แต่ก็มีความปลอดภัยสูง

สมาร์ตการ์ดประเภทนี้จะมีระบบปฏิบัติการควบคุมการทำงานและมีความสามารถในการคำนวณด้วย โดยจะสามารถทำหน้าที่ตรวจสอบความเป็นเจ้าของบัตร, การเข้ารหัส, การคำนวณโบนัสหรือการสะสมแต้มจากการจับจ่ายใช้สอย ซึ่งจะเหมาะกับการซื้อของผ่านอินเทอร์เน็ต

ในด้านต้นทุนหรือราคาของบัตรทั้ง 2 ประเภท สมาร์ตการ์ดจะกำหนดราคาตามความสามารถในการใช้งานและความจุบัตร ดังนั้น บัตรประเภทแรกจะมีราคาถูกกว่าบัตรประเภทที่ 2 เนื่องจากมีความสามารถน้อยกว่า และสำหรับบัตรประเภทแรกจะมีราคาที่แตกต่างกันได้อีกตามความจุของบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

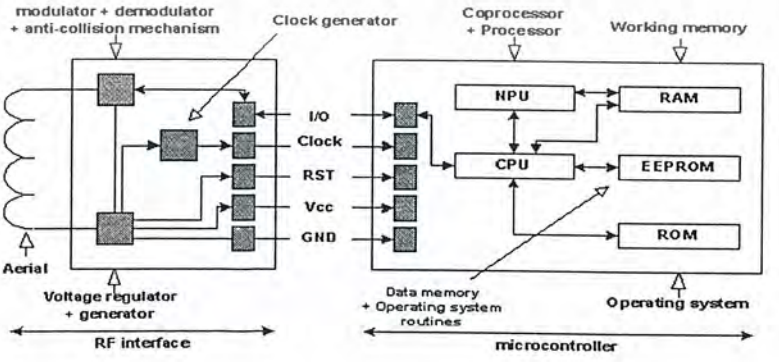



รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในชิปสมาร์ตการ์ดชนิดไมโครโปรเซสเซอร์

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างสมาร์ตการ์ดชนิดไมโครโปรเซสเซอร์

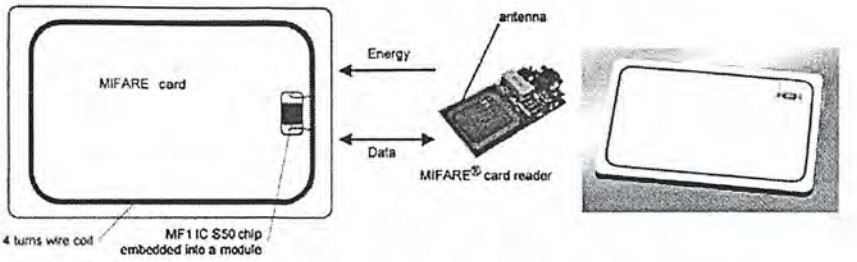
**1.1.2.3 สมาร์ตการ์ดที่ไม่มีหน้าสัมผัส (Contactless Smart Cards or RF Cards)**

สมาร์ตการ์ดแบบ Contactless ไม่ใช้หน้าสัมผัสในการเข้าถึงข้อมูล ระบบของสมาร์ตการ์ดแบบนี้เป็นระบบที่ทันสมัยที่สุดเลยว่าได้ การสื่อสารกับสมาร์ตการ์ดชนิดนี้ใช้การสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุ โดยการส่งความถี่ 13.56 MHz ไปยังสมาร์ตการ์ด ที่ตัวสมาร์ตการ์ดจะมีเสาอากาศที่เป็นขดลวดที่ได้รับการแมทชิ่งมาอย่างดีคอยรับสัญญาณ การใช้งานสมาร์ตการ์ดชนิดนี้ต้องการเพียงการนำไปวางให้อยู่ใกล้ ๆ กับบริเวณสายอากาศของเครื่องอ่านเท่านั้น โดยไม่จำเป็นต้องมีการสัมผัสใด ๆ กับเครื่องอ่านทั้งสิ้น หากมองดูจากภายนอกแล้วตัวการ์ดก็มีลักษณะคล้ายกับบัตรพลาสติกแบบหนึ่ง แต่ด้วยโครงสร้างภายในที่มีการผลึกชิปและขวดลวดสายอากาศไว้จึงทำให้การสื่อสารระหว่างกันจากระยะไกลได้จึงทำให้การ์ดชนิดนี้มักถูกใช้ในการดำเนินการทางด้านรายการ ที่ต้องการความรวดเร็วเป็นสำคัญ เช่น ใช้กับระบบจัดเก็บเงินค่าผ่านทางด่วนหรือเก็บเงินโดยสารบนรถประจำทาง และนิยมใช้เป็น Security Card




รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในชิปสมาร์ตการ์ดชนิดแบบไม่มีการสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสมาร์ตการ์ดแบบไม่มีการสัมผัส

**1.1.2.4 สมาร์ตการ์ดแบบลูกผสม (Com-Bi Cards)**

สมาร์ตการ์ดชนิดนี้เป็นการรวมเอาสมาร์ตการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสและไม่มีหน้าสัมผัสเข้าด้วยกัน โดยการใช้หน่วยความจำต่อเข้าด้วยกันในการใช้งานที่ต้องการความปลอดภัยสูงก็จะใช้การเข้าถึงแบบมีหน้าสัมผัสโดยผ่านตัวโปรเซสเซอร์ ส่วนงานที่ต้องการความรวดเร็วสะดวกสบายก็จะใช้การสื่อสารทางคลื่นวิทยุโดยไม่มีการใช้หน้าสัมผัส

**1.1.2.5 Hybrid Card**

สมาร์ตการ์ดชนิดนี้มีลักษณะโครงสร้างเหมือนการ์ดประเภท Com-Bi Card แต่จะแตกต่างกันที่หน่วยความจำข้อมูล โดยหน่วยความจำระหว่างมีหน้าสัมผัสและไม่มีหน้าสัมผัสจะถูกแยกออกจากกันอย่างสิ้นเชิง เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ในปัจจุบัน Hybrid Card จะมีความหมายรวมถึงบัตรที่มีคุณสมบัติในการใช้งานตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป เช่น การ์ดที่มีทั้งแถบแม่เหล็กและชิปสมาร์ตการ์ด บัตรสมาร์ตการ์ดที่มีหน้าสัมผัสและไม่มีหน้าสัมผัส

เทคโนโลยีสมาร์ตการ์ดที่ถูกคิดขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์มากมายในขณะที่ราคาก็ไม่แตกต่างเกินไปนักหากเปรียบเทียบกับการ์ดชนิดที่มีหน้าสัมผัส ในปัจจุบันการ์ดที่ไม่มีหน้าสัมผัสถูกใช้อย่างมากมายในระบบการขนส่งในรูปแบบของตั๋วอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งระบบในปัจจุบันจะใช้การ์ดทำงานเพียงหน้าที่เดียว ความต้องการในการเพิ่มหน้าที่ของตั๋วอิเล็กทรอนิกส์มีมากขึ้น ด้วยเหตุผลนี้ในอนาคตจะมีการใช้งานการ์ดในหลากหลายหน้าที่

**2.1.3 รูปแบบของตัวบัตร**

สมาร์ตการ์ด โดยทั่วไปแล้วมีขนาด 85.6 × 54 มิลลิเมตรซึ่ง ID-1 ได้ถูกออกแบบมาให้มีรูปแบบคล้ายกับรูปแบบนี้มากที่สุด โดยขนาดของบัตรถูกกำหนดขึ้นตามมาตรฐานสากล ISO 7810 มาตรฐานนี้มีขึ้นในปี 1985 ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องทำตามสมาร์ตการ์ดที่เรารู้จักในทุกวันนี้ จะมีอักษรย่อ "ID" ซึ่งก็คือ Identification Card มีลักษณะเป็นบัตรพลาสติกที่มีแถบแม่เหล็กนูน โดยออกแบบมาสำหรับระบบข้อมูลเฉพาะบุคคล ซึ่งเวลานี้ยังไม่มีใครคิดถึงการฝังชิปลงไปในบัตร 2-3 ปี ต่อมาจึงได้มีการแสดงชิปและตำแหน่งหน้าสัมผัสของบัตรซึ่งกำหนดขึ้นมาตามมาตรฐานอื่นอีก

ปัจจุบันนี้บัตรมีความหลากหลายมากตามวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้งาน และมีย่านขนาดของบัตรที่กว้าง จึงเป็นการยากที่จะบอกได้ว่า บัตรใบไหนเป็น ID-1 สมาร์ตการ์ดอย่างแท้จริง และยังมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

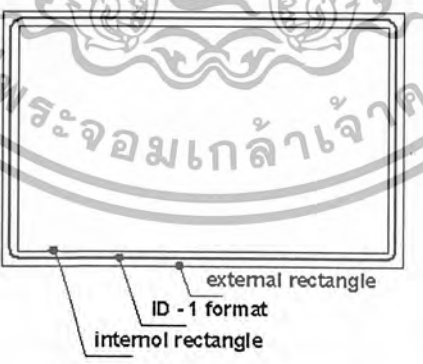
หนาของบัตรอีกที่เป็นตัวระบุถึงลักษณะที่ดีที่สุดของบัตร บัตรที่มีความหนา 0.76 มิลลิเมตร และบรรจุไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกพิจารณาเป็นสมาร์ตการ์ดตามมาตรฐาน ISO

รูปแบบ ID-1 มีข้อดีในการจัดการที่ง่าย รูปแบบของบัตรนี้ได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อว่าไม่ให้ใหญ่มากเกินไปที่จะเก็บไว้ในกระเป๋าเงิน แต่ต้องไม่เล็กจนกระทั่งเกิดการสูญหายได้ง่าย ยิ่งกว่านั้น ความยืดหยุ่นของบัตรยังทำให้เกิดการยุ่งยากน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

แต่รูปแบบนี้จะไม่พบความต้องการของผู้ซื้อ แสดงให้เห็นถึงความทันสมัยน้อย เซลโฟนบางรุ่นหนักเพียง 200 กรัม และไม่ใหญ่มากเกินกว่าแพ็คเก็ตที่บรรจุมัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดรูปแบบเล็กกว่าเพื่อเพิ่มให้กับ ID-1 format ซึ่งควรจะนำเอาความสนใจของอุปกรณ์ปลายทางที่เล็กเข้าไปในการทำบัญชีด้วย บัตรชนิดนี้เล็กมากเนื่องจากถูกใส่เข้าไปในอุปกรณ์เพียงครั้งเดียวเท่านั้น และยังคงอยู่ที่นั้นหากอยู่ในสภาพที่ดี จึงได้เกิด ID-000 format ขึ้น สำหรับเงื่อนไขดังกล่าวและมีชื่อเรียกว่า plug-in card ปัจจุบัน ID-000 ถูกใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เท่านั้น ซึ่งมีที่เก็บบัตรเล็กมาก ๆ และไม่ต้องการบัตรที่ต้องมีการเปลี่ยนบ่อย ๆ

อย่างไรก็ตาม ความจริงแล้ว บัตรที่มีรูปแบบ ID-000 มีความลำบากที่จะจัดการ ทั้งในการผลิตและโดยผู้ใช้ ทำให้มีการพัฒนารูปแบบเพิ่มเติมขึ้น นั่นคือ ID-00 หรือมินิการ์ดขนาดของมันอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่าง ID-1 และ ID-000 บัตรชนิดนี้สะดวกที่จะจัดการและถูกว่าที่จะผลิตอีกด้วย เนื่องจากสำหรับตัวอย่าง แล้วง่ายกว่าที่จะวางบัตรลงไป อย่างไรก็ตาม การกำหนดรูปแบบ ID-00 ค่อนข้างใหม่อยู่และยังไม่ได้ก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการแห่งประเทศและแห่งนานาชาติ

รูปแบบได้กำหนดขึ้นในมาตรฐานที่สัมพันธ์กัน ในวิธีที่ง่ายต่อการวัดขนาดของบัตร ดังนั้น ส่วนสูงและน้ำหนักของ ID-1 card ต้องเป็นค่าที่เหมาะสมระหว่างสี่เหลี่ยมซ้อนกัน 2 รูป (ไม่คิดมุมที่โค้ง) ดังรูป 2.9 โดยมีขนาดตามนี้

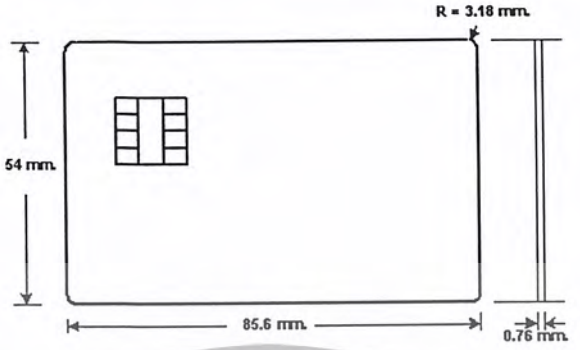



รูปที่ 2.9 ขนาดของบัตร รูปแบบ ID-1

| | | |
|---|---|---|
| สี่เหลี่ยมรูปนอก | ความกว้าง | 85.72 มิลลิเมตร (3.375 นิ้ว) |
| | ความสูง | 54.03 มิลลิเมตร (2.127 นิ้ว) |
| สี่เหลี่ยมรูปใน | ความกว้าง | 85.46 มิลลิเมตร (3.365 นิ้ว) |
| | ความสูง | 53.92 มิลลิเมตร (2.123 นิ้ว) |

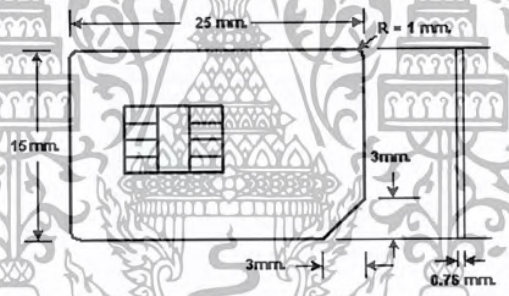
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาต้องเท่ากับ 0.76 มิลลิเมตร (0.03 นิ้ว) โดยมีความผิดพลาด ± 0.08 มิลลิเมตร (± 0.003 นิ้ว) รัศมีของมุมและความหนาของบัตร กำหนดขึ้นอย่างง่าย จากการกำหนดดังกล่าว ขนาดของบัตร ID-1 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.10




รูปที่ 2.10 แสดงความกว้าง ยาว หนา และรัศมีมุมของ ID-1

รูปแบบ ID-000 ถูกกำหนดโดยใช้สี่เหลี่ยม 2 รูปที่เหมือนกัน เนื่องจากรูปแบบนี้กำเนิดขึ้นในยุโรป (ตามระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM) ขนาดพื้นฐานเป็นเมตร มุมล่างขวามือของปลั๊กอินการ์ดถูกนักออกจากมุม 45 องศา ดังรูป 2.11 เพื่อให้สะดวกในการใส่บัตรให้ถูกต้อง ลงไปในตัวอ่านบัตร




รูปที่ 2.11 แสดงความกว้าง ยาว หนา และรัศมีมุมของ ID-000

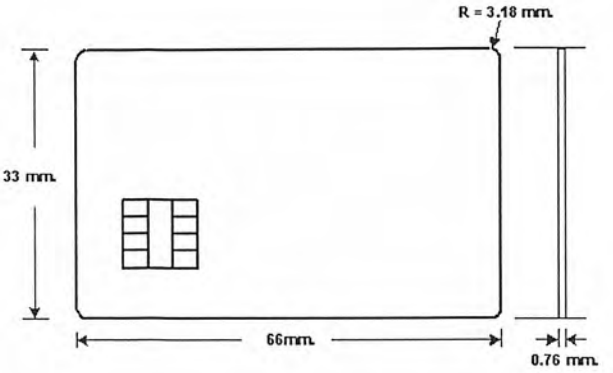
มิติของสี่เหลี่ยม 2 รูป สำหรับรูปแบบ ID-000 เป็น

| | | |
|---|---|---|
| สี่เหลี่ยมรูปนอก | ความกว้าง | 25.10 มิลลิเมตร |
| | ความสูง | 15.10 มิลลิเมตร |
| สี่เหลี่ยมรูปใน | ความกว้าง | 24.90 มิลลิเมตร |
| | ความสูง | 14.90 มิลลิเมตร |

รูปแบบ ID-00 มีหน่วยการจัดเป็นเมตร ค่าสูงสุดและต่ำสุดของมิติของมันถูกกำหนดโดยสี่เหลี่ยมที่ซ้อนกัน 2 รูป ที่มีขนาดดังนี้

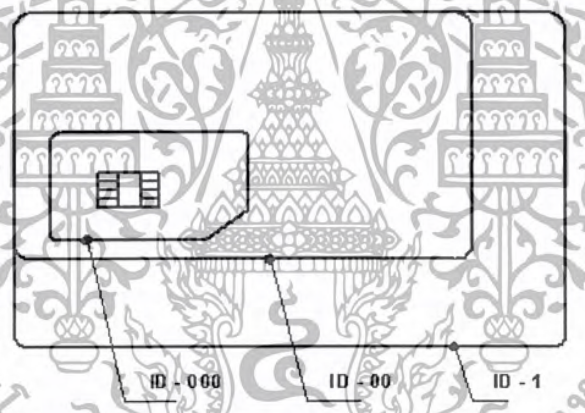
| | | |
|---|---|---|
| สี่เหลี่ยมภายนอก | ความกว้าง | 66.10 มิลลิเมตร |
| | ความสูง | 33.10 มิลลิเมตร |
| สี่เหลี่ยมรูปใน | ความกว้าง | 65.90 มิลลิเมตร |
| | ความสูง | 32.90 มิลลิเมตร |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.12 แสดงความกว้าง ยาว หนา และรัศมีมุมของ ID-00

ขนาดที่สัมพันธ์กันระหว่าง ID-1, ID-00 และ ID-000 แสดงในรูปที่ 2.13 บัตรที่มีรูปแบบที่เล็กกว่าสามารถถูกผลิตขึ้นจากรูปแบบที่ใหญ่กว่า โดยการปั๊มรูปแบบที่เล็กกว่าลงไปในตัวของบัตรที่รูปแบบใหญ่กว่า ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตบัตร เนื่องจากจะทำให้ขบวนการผลิตนั้นเหมาะสมและผลิตขึ้นอย่างประหยัดมากยิ่งขึ้น




รูปที่ 2.13 ขนาดที่สัมพันธ์ระหว่าง ID-1, ID-00 และ ID-000

ตัวอย่าง สามารถจินตนาการสำหรับผู้ผลิตที่จะผลิตบัตรเปล่าเพียงรูปแบบเดียว (นิยม ID-1) ได้ ซึ่งบัตรถูกฝังโมดูลต่าง ๆ ลงไป และระบุข้อมูลเฉพาะบุคคลในบัตรอย่างเต็มที่ และขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานเฉพาะของบัตรที่ผลิตด้วย บัตรสามารถถูกปรับให้เข้ากับรูปแบบที่ต้องการในขั้นตอนการผลิตขั้นต่อไปได้

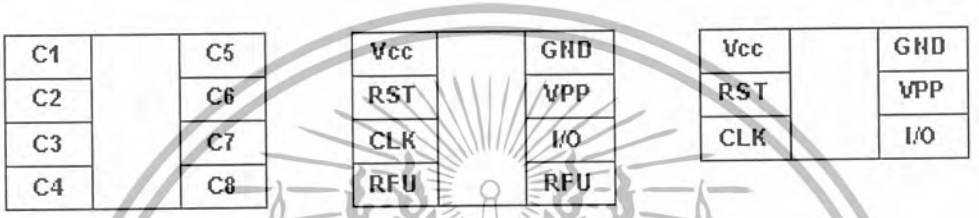
### 2.1.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสมาร์ตการ์ด

**คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสมาร์ตการ์ดขึ้นอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ภายในชิปเท่านั้น เนื่องจากมันเป็นอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวของบัตรที่เป็นวงจรทางไฟฟ้า เทคโนโลยีเริ่มแรกของสมาร์ตการ์ด นั้นจะมีปัจจัยหลักอยู่ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งหน้าที่และฟังก์ชันการทำงาน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4.1 การติดต่อกับบัตร**

สมาร์ตการ์ดส่วนใหญ่จะมีหน้าสัมผัส 8 ขา อยู่ด้านหน้าบัตร รูปแบบดังกล่าวนี้จะใช้ในการอินเตอร์เฟสทางสัญญาณไฟฟ้า ระหว่างปลายสายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในบัตร สัญญาณไฟฟ้าทั้งหมดก็จะผ่านหน้าสัมผัสเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม ตามมาตรฐาน ISO/IEC 7816-2 นั้น หน้าสัมผัส C4 และ C8 ถูกสำรองไว้เพื่อใช้ในอนาคต ดังนั้นเราจึงจะยังไม่ใช้ 2 ขานี้ หนึ่งในสองขานี้จะใช้สำหรับอินเตอร์เฟสกับอินพุท/เอาท์พุท ชุดที่ 2 เพื่อจะสามารถรองรับการสื่อสารข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) ได้ เนื่องจากว่าปัจจุบัน 2 ขานี้ยังไม่ถูกใช้งาน โมดูลของการ์ดจึงมีเพียง 6 ขาเท่านั้น ซึ่งทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้บ้างเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม หน้าที่การใช้งานของทั้ง 6 ขายังคงใช้งานเหมือนกับ 8 ขา




รูปที่ 2.14 การกำหนดหน้าที่ทางไฟฟ้า และหมายเลขของหน้าสัมผัส ตามมาตรฐาน ISO 7816-2

หมายเลขของหน้าสัมผัสจะเรียงจากบนซ้ายลงสู่ด้านล่างทางขวามือ ซึ่งถูกออกแบบและระบุคุณสมบัติทางไฟฟ้า ดังตารางที่ 2.1 ตามมาตรฐาน ISO

ตารางที่ 2.1 การออกแบบและหน้าที่ของหน้าสัมผัสตามมาตรฐาน ISO 7816-2

| Card Contact | Symbol | Function |
|---|---|---|
| C1 | VCC | Supply voltage |
| C2 | RST | Control input (Reset Signal) |
| C3 | CLK | Clock input |
| C5 | GND | Ground |
| C6 | N.C. | Not connected |
| C7 | I/O | Bi-directional data line (open drain) |

**2.1.4.2 แรงดันที่จ่ายให้กับบัตร**

ไฟเลี้ยงของบัตรคือ 5 โวลต์ โดยมีความผิดพลาดได้สูงสุด ± 10% ซึ่งแรงดันค่านี้มีกฎตาม TTL ซึ่งเป็นมาตรฐานของการ์ดที่ใช้ตามท้องตลาดและใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว การลดน้ำหนักอุปกรณ์ในการตอบสนองความต้องการทางตลาดจึงทำให้ต้องเปลี่ยนแรงดันแบตเตอรี่จาก 6 โวลต์อยู่ หรือ 4.5 โวลต์ ไปเป็น 3 โวลต์ แรงดันสมาร์ตการ์ดจึงเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวที่ยังคงใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ด้วยเหตุนี้ โทรศัพท์เคลื่อนที่จึงต้องมีโวลต์เตจคอนเวอร์เตอร์ในการจัดการกับไฟเลี้ยงให้แก่บัตร ซึ่งเป็นการเพิ่มความซับซ้อนขึ้น และดังนั้นไม่จำเป็นที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องเพิ่มราคาขึ้น ในการพัฒนาต่อไปในอนาคต สมาร์ตการ์ดจะมีย่านแรงดันอยู่ระหว่าง 3-5 โวลต์ ± 10% ซึ่งเป็นผลให้ย่านแรงดันที่ใช้งานจริงอยู่ระหว่าง 2.7-5.5 โวลต์

ในทางทฤษฎีแล้วเป็นไปได้ที่จะพัฒนาไปเป็นบัตรประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้แรงดันเป็น 3 โวลต์ แต่มีข้อเสียตรงที่ว่าไม่สามารถใช้ได้กับบัตรเก่าที่ใช้ไฟ 5 โวลต์ เพราะเมื่อนำบัตรที่ต้องการไฟ 3 โวลต์ เป็นไฟเลี้ยงไปใช้กับเครื่องอ่านที่จ่ายไฟ 5 โวลต์ จะทำให้ชิปภายในบัตร 3 โวลต์ ถูกทำลายได้ ด้วยเหตุนี้ ทำให้สูญเสียความยืดหยุ่นของบัตรไป เพราะผู้ใช้ต้องใช้บัตรให้ตรงตามประเภทแรงดันที่ใช้เท่านั้น

ตามกฎแล้ว การขยายย่านของแรงดันดังกล่าว ไม่เป็นปัญหาสำหรับตัวประมวลผล หรือส่วนประกอบทางหน่วยความจำ แต่ในการสร้าง EEPROM เข้าไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีตัวปั๊มแรงดันนั้นสามารถเกิดอุปสรรคอย่างมาก สำหรับบัตรที่ใช้ไฟ 3 โวลต์ แต่เมื่อเร็ว ๆ นี้สามารถสร้างได้แล้ว โดยชิปนี้สามารถทำงานได้ที่แหล่งจ่ายแรงดันอยู่ที่ 2.7 - 5.5 โวลต์ ซึ่งย่านแรงดันในการทำงานเหล่านี้กำลังจะกลายเป็นเกณฑ์บังคับสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตัว

**2.1.4.3 แหล่งจ่ายกระแส**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบัตรจะได้รับแหล่งจ่ายแรงดัน ผ่านทางหน้าสัมผัส C1 ตามข้อกำหนดของ GSM 11.11 นั้น กระแสอาจไม่มากเกินกว่า 10 มิลลิแอมป์ ถึงแม้ว่ามาตรฐาน ISO ระบุค่ากระแสไว้ที่ 200 มิลลิแอมป์ ซึ่งเป็นค่าเก่า และจะเปลี่ยนค่าไปตามเทคโนโลยีสมัยใหม่ต่อไปอีกด้วย

สำหรับค่าปลดปล่อยพลังงาน (Power dissipation) ของสมาร์ตการ์ดมีค่า 50 มิลลิวัตต์ เมื่อแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ และกินกระแส 10 มิลลิแอมป์ เนื่องจากมีค่าต่ำ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการกระตุ้น (Possible self-warming) ชิปในการใช้งาน ถึงแม้ว่าค่ากำลังงานค่านี้ได้ปลดปล่อยออกทางพื้นที่ผิว 25 ตารางมิลลิเมตร

สำหรับการกินกระแสของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ ซึ่งหมายความว่าการกินกระแสสูงสุดหรือกระแสเป็นไปตามหน้าที่การทำงานของความถี่สัญญาณนาฬิกา นอกจากนี้กระแสยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วยแต่ไม่มีผลกระทบมากนัก

การพิจารณาจากรายละเอียดที่สำคัญอีกอย่างซึ่งแหล่งจ่ายกระแสได้ทำให้เกิดปัญหาสำหรับผู้ผลิตเครื่องอ่านบัตรหลายรายจึงละเลยมันไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุก ๆ ตัว ในการใช้งานนั้นล้วนแล้วแต่เป็นเทคโนโลยี CMOS ภายใต้สภาวะที่แน่นอนนั้น กระแสในการลัดวงจร (Short circuit) จะสูงซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในเวลาอันสั้น ในระหว่างขบวนการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์เหล่านี้ จะสร้างกระแส (Current spikes) ที่สูงกว่ากระแสในการทำงานปกติหลายเท่า ด้วยคาบเวลาในย่านนาโนวินาที (Nanosecond range) กระแสเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นเมื่อตัวปั๊มแรงดันที่ EEPROM ทำงาน สมมติถ้าเครื่องอ่านบัตรไม่สามารถ จ่ายกระแสสูงเหล่านี้ได้ในระหว่างช่วงสั้น ๆ เหล่านี้ แหล่งจ่ายแรงดันก็จะตกลงต่ำกว่า ค่าที่ยอมรับได้ ทำให้เกิดความผิดพลาด ในการเขียนข้อมูลใน EEPROM หรือ สับไก (Trigger) ตัวตรวจจับแรงดันต่ำในชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4.4 สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก**

ตัวประมวลผลของสมาร์ตการ์ดนั้นไม่มีตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก จ่ายให้แก่บัตร ซึ่งสัญญาณนาฬิกานี้จะเป็นตัวอ้างอิงกับอัตราในการส่งจ่ายข้อมูล โดยค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty factor) ของสัญญาณนาฬิกาต้องอยู่ในย่าน 40 - 60 % ตามข้อกำหนดของ GSM 11.11

สัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้แก่หน้าสัมผัสไม่จำเป็นต้องเหมือนกันกับสัญญาณนาฬิกาภายในที่ได้เตรียมให้แก่ตัวประมวลผล ไมโครคอนโทรลเลอร์ บางชนิดจะมีตัวหารความถี่ที่แทรกอยู่ระหว่างสัญญาณนาฬิกาภายนอก และสัญญาณนาฬิกาภายใน ซึ่งมีค่าตัวหารเป็น 2 เสมอ เพื่อที่ว่าสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกมีความเร็วเป็น 2 เท่า ของสัญญาณนาฬิกาภายใน ซึ่งเหล่านี้เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะของส่วนฮาร์ดแวร์ภายใน และเป็นส่วนที่อนุญาตให้ตัวกำเนิดสัญญาณที่แสดงในปลายสายแล้วนั้นให้ถูกใช้งานเป็นแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกาสำหรับชิป

ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะอนุญาตให้สัญญาณนาฬิกาอยู่ในสภาวะเปิดวงจร (OFF) เมื่อซีพียู อยู่ในโหมดหลับ ในกรณีนี้การเปลี่ยนสถานะเปิดวงจร นั้นหมายความว่าการคงสภาวะสัญญาณนาฬิกาไว้ที่ระดับที่กำหนดค่าหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดทางผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสภาวะ “OFF” นั้นอาจจะเป็นสภาวะสูง (High) หรือไม่ก็เป็นสภาวะต่ำ (Low)

สมาร์ตการ์ดจะมีค่ากระแสเพียง 2-3 ไมโครแอมป์เท่านั้นจากขาสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นการเปลี่ยนสภาวะเป็นปิด สัญญาณนาฬิกาในครั้งแรกอาจผิดเพี้ยนไปเล็กน้อยจากปกติได้บ้าง แต่ปริมาณของกำลังงานที่ได้เก็บไว้ภายในปลายสายนั้นก็ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน ดังนั้นจึงคุ้มค่าในการประยุกต์ใช้งานอย่างแน่นอน

**2.1.4.5 การส่งถ่ายข้อมูล**

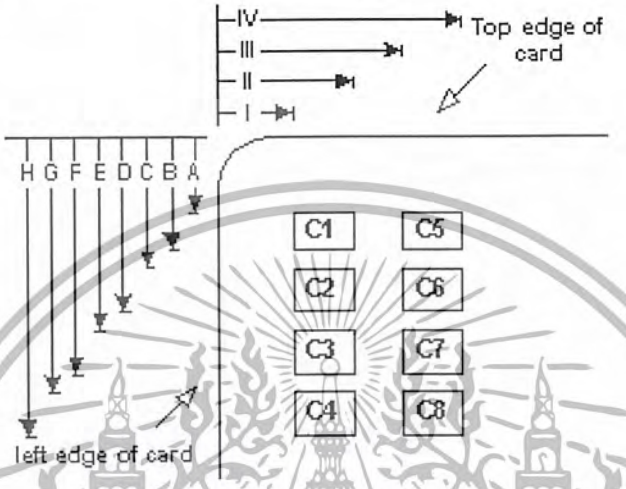
สมมติว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นระหว่างการส่งถ่ายข้อมูล ซึ่งปลายทางและบัตรได้พยายามส่งข้อมูลที่เวลาเดียวกัน ก็จะเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้นบนสายสัญญาณอินพุท/เอาท์พุท อาจมากพอที่จะทำลายส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดเชื่อมต่อ

เพื่อป้องกันความเสียหายให้แก่สารกึ่งตัวนำในกรณีเหล่านี้ สายสัญญาณอินพุท/เอาท์พุท ที่ปลายสายต้องต่อตัวต้านทานดึงขึ้น (Pull – up resistor) 20 กิโลโอห์ม กับแหล่งจ่ายแรงดัน +5 โวลต์ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา ของทั้งสองฝ่าย จึงพยายามที่จะขับสายสัญญาณข้อมูลไปเป็น 2 ระดับที่แตกต่างกัน ในกรณีที่เกิดการผิดพลาดขึ้น สมมติถ้าสายสัญญาณอินพุท/เอาท์พุท จำเป็นที่จะต้องถูกตั้งค่าที่ระดับ +5 โวลต์ ระหว่างการติดต่อสื่อสาร ฝ่ายที่ส่งข้อมูลมาสัมพันธ์กับค่านี้จะเปลี่ยนเอาท์พุทของมันไปเป็นสถานะความต้านทางสูง (ระดับสภาวะที่ 3) และสายสัญญาณก็จะถูกยกขึ้นเป็น +5 โวลต์ โดยตัวต้านทานดึงขึ้นตัวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.5 ชนิดของหน้าสัมผัสของสมาร์ตการ์ด**

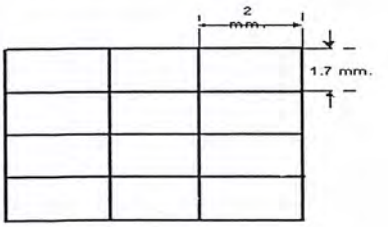
ความแตกต่างระหว่างสมาร์ตการ์ดกับบัตรชนิดอื่นก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่อยู่ในตัวของมัน หากหน้าสัมผัสถูกใช้สำหรับหน้านี้ในการจ่ายไฟ และส่งถ่ายข้อมูล ดังนั้นจึงต้องการติดต่อกันด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า หน้าสัมผัสเหล่านี้ประกอบไปด้วยหน้าสัมผัสจำนวน 6 หรือ 8 ขา ที่เป็นแผ่นทอง สามารถพบได้บนสมาร์ตการ์ดตามมาตรฐานทุก ๆ ใบ ตำแหน่งของหน้าสัมผัสเหล่านี้อยู่บนตัวบัตรและขนาดของมันได้ถูกระบุรายละเอียดไว้โดยมาตรฐาน ISO 7816-2 ในปี ค.ศ. 1988




รูปที่ 2.15 ตำแหน่งของหน้าสัมผัสที่สัมพันธ์กับโครงสร้างของตัวบัตร

| | | | |
|---|---|---|---|
| I | 10.25 mm. maximum | III | 17.87 mm. maximum |
| II | 12.25 mm. minimum | IV | 79.87 mm. minimum |
| A | 19.23 mm. minimum | E | 24.31 mm. maximum |
| B | 20.93 mm. minimum | F | 26.01 mm. minimum |
| C | 21.77 mm. maximum | G | 26.85 mm. maximum |
| D | 23.47 mm. minimum | H | 28.55 mm. minimum |

ตำแหน่งที่แท้จริงในส่วนของหน้าสัมผัสที่อยู่มุมด้านซ้ายบนของตัวบัตร ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.16 โดยขนาดของหน้าสัมผัสต่าง ๆ เท่ากับ 1.7 มิลลิเมตร × 2 มิลลิเมตร (ความสูง × ความกว้าง) ขนาดสูงสุดของหน้าสัมผัสต่าง ไม่ได้ระบุเอาไว้แต่แน่นอนว่าหน้าสัมผัสแต่ละอันต้องถูกจำกัดโดยสัญญาณทางไฟฟ้า ของแต่ละหน้าสัมผัสจะแยกออกจากกัน




รูปที่ 2.16 ขนาดหน้าสัมผัสต่ำสุดที่ระบุไว้ตาม ISO 7816-2

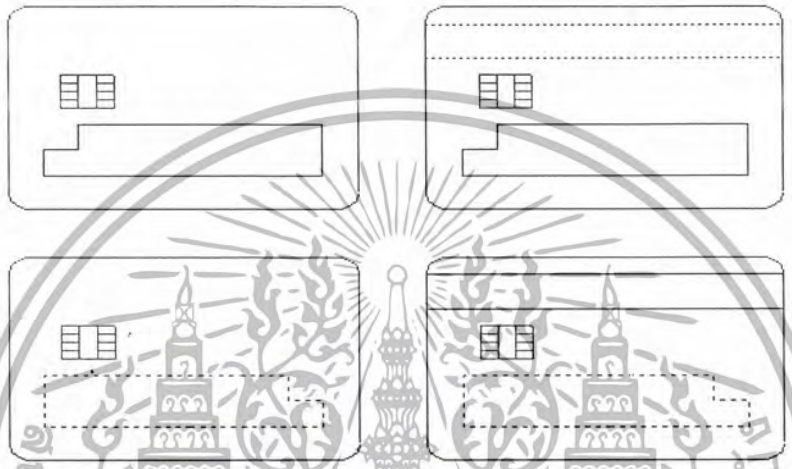
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


ตำแหน่งของโมดูลภายในตัวบัตรได้ระบุไว้ตามมาตรฐานแล้ว ส่วนตำแหน่งของพื้นที่แถบแม่เหล็กและพื้นที่สำรองไว้สำหรับการตอกบัตรให้นูน จะถูกระบุรายละเอียดไว้อย่างแท้จริง (ดูมาตรฐาน ISO 7816) โดยทั้ง 3 ส่วนนี้อาจจะถูกแสดงไว้บนบัตรเพียงใบเดียว แต่ในกรณีนี้ได้แก่

(a) ถ้ามีเพียงส่วนของชิป และส่วนที่ตอกให้นูนขึ้น ทั้ง 2 ส่วนนี้ก็จะถูกวางตำแหน่งไว้บนด้าน เดียวกันหรือบนด้านตรงข้ามของบัตร

(b) ถ้ามีส่วนของแถบแม่เหล็กอยู่ด้วย แถบแม่เหล็กและส่วนที่ถูกตอกให้นูนต้องถูกวางไว้บนด้านตรงข้ามกันของบัตร



รูปที่ 2.17 รูปแบบการเรียงที่เป็นไปได้ระหว่างชิป ส่วนที่ถูกตอกให้นูนและแถบแม่เหล็ก

### 2.1.6 Telephone Chip Protocol

ทั้งนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงการส่งถ่ายข้อมูลของบัตรโทรศัพท์ที่บรรจุชิป Infineon SLJE4403 อยู่หน่วยความจำในไอซีตัวนี้เป็นแบบ bit-oriented ซึ่งหมายความว่าการทำงานทั้งหมดนั้นจะทำงานเป็นแบบแต่ละบิต ชิปตัวอื่น ๆ ก็จะมีโปร โตคอลแตกต่างไปจากที่อธิบายอยู่นี่ อย่างไรก็ตาม พื้นฐานเบื้องต้นของการส่งถ่ายข้อมูลของการ์ดแบบซิงโครนัสก็ทำเหมือนกันทั้งหมด

ในการส่งถ่ายข้อมูลนั้นจะใช้อยู่ 3 ส่วนสำคัญ ส่วนของการส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง (Bit directional lend) จะใช้การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างการ์ดและเทอร์มินัลเป็นแบบ single-bit ส่วนของสัญญาณนาฬิกา (Clock lend) ในการต่อจะถูกสร้างจากเทอร์มินัลส่งไปสู่การ์ด สัญญาณนาฬิกานี้กำหนดโดยการอ้างอิงถึงการส่งถ่ายสัญญาณซิงโครนัส ส่วนที่ 3 ที่ต้องการสำหรับการส่งถ่ายข้อมูล ส่วนของการควบคุม (Control lead)

ในหลักการ การควบคุมเมโมรีการ์ดอย่างสมบูรณ์นั้นต้องการชิปวงจรลอจิกทางไฟฟ้า ทำการถอดรหัสสำหรับ 4 ฟังก์ชั่น มีการอ่าน การเขียน การลบหน่วยความจำและการเพิ่มตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำ มีตัวชี้ที่ชี้หน่วยความจำ โกลบอล ซึ่งขอบเขตของหน่วยความจำเป็น Address bit by bit ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
54970

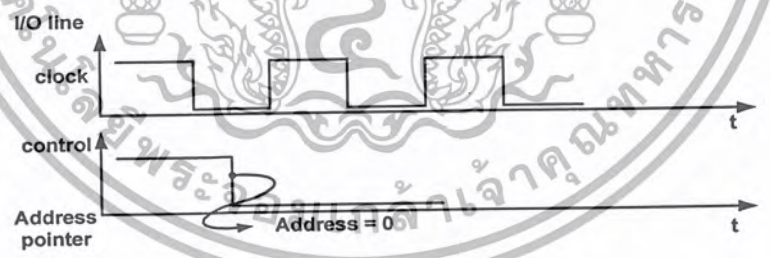
พอยท์เตอร์ ถึงขอบเขตบนสุดของหน่วยความจำมันจะย้อนกลับมาที่ศูนย์ ซึ่งการออกแบบ Bit-oriented ชิปนั้นเมื่อมันชี้ไปที่บิตแรกในหน่วยความจำหนึ่งในฟังก์ชั่นของการส่งถ่ายข้อมูลแบบซิงโครนัส จะทำการตั้งค่าพอยท์เตอร์นี้ใหม่ ที่ค่าเริ่มต้น (Initial value) ซึ่งปกติจะมีค่าเป็นศูนย์

ฟังก์ชั่นต่อไปคือ การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำอีก 2 ฟังก์ชั่น ที่เหลือ คือ การเขียนและการลบ EEPROM การลบ EEPROM นั่นคือ ยอมให้เขียนข้อมูลใหม่นั่นเอง ดังเช่นในบัตรโทรศัพท์

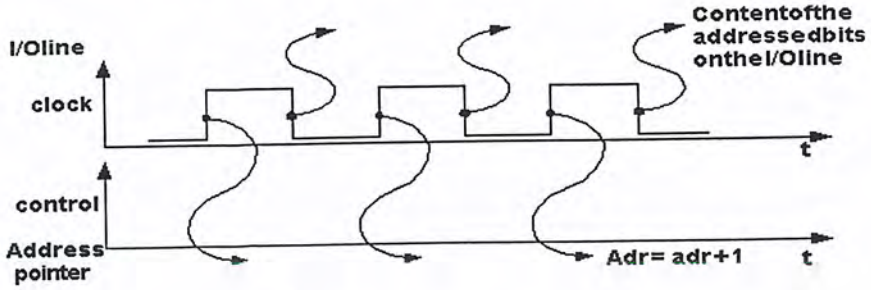
การรีเซ็ทตำแหน่งแอดเดรสนั้น ตัวชี้ตำแหน่งจะตั้งค่าใหม่ไปที่ค่าเริ่มต้น คือศูนย์นั่นเอง โดย Power – up logic ของการ์ด ถ้าส่วนของสัญญาณนาฬิกาและส่วนควบคุมมีค่าระดับแรงดันสูง (High level) อย่างไรก็ตาม คอนโครลพัลส์ จะใช้สำหรับควบเวลาที่ค่อนข้างยาวกว่าสัญญาณนาฬิกา เป็นความเหมาะสมที่คาดการณ์ ค่าแอดเดรสจะถูกเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน ตัวชี้ตำแหน่งจะตั้งค่าตัวเองใหม่ไปที่ค่าเริ่มต้นหลังทุก ๆ ลำดับการกระตุ้น ในเมื่อมันจะเป็นอีกอย่างหนึ่งคือ จะชี้ไปที่ส่วนที่ไม่ได้ถูกกำหนด

การเพิ่มค่าตัวชี้ตำแหน่ง การอ่านข้อมูล ถ้าสัญญาณควบคุมมีระดับแรงดันต่ำ (Low level) และสัญญาณนาฬิกาเป็นขอบขาขึ้น ลอจิกภายในของการ์ดจะเพิ่มค่าตัวชี้ตำแหน่งไป 1 ค่า ในขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา ค่าที่ถูกชี้ในตัวชี้จะถูกแทนที่ลงไปในส่วนของข้อมูล ถ้าตัวชี้มาถึงค่าสูงสุดซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของหน่วยความจำ มันจะย้อนกลับมาที่ศูนย์และเริ่มจากจุดเริ่มต้น

การเขียนกำหนดตำแหน่ง ถ้าตัวชี้ตำแหน่งอยู่ในช่วงของการเขียนข้อมูลลงสู่ EEPROM ข้อมูลในส่วนของข้อมูลจะถูกเขียนลงสู่ EEPROM โดยการให้ระดับแรงดันสูง กับส่วนของการควบคุมและส่วนของสัญญาณนาฬิกามีค่าแรงดันต่ำ ความยาวของรอบในการเขียนข้อมูล (Write cycle) ถ้าบิตถูกเขียนลงไปอย่างถูกต้องแล้ว ข้อมูลที่บรรจุในเซลล์ของหน่วยความจำที่เขียนลงไป จะไปปรากฏที่ข้อมูลเอาท์พุท



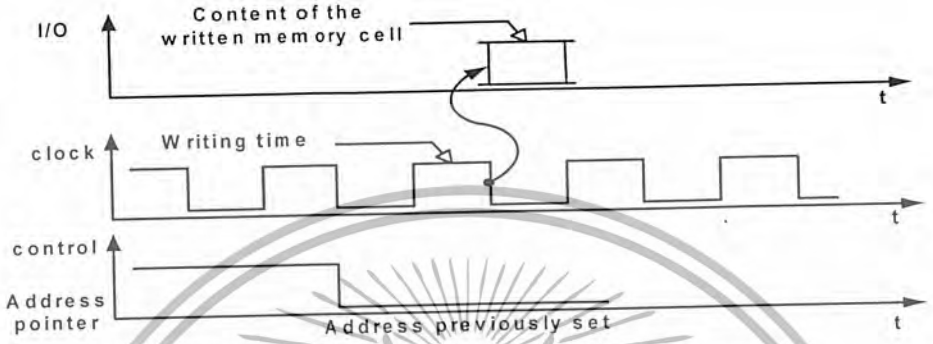

รูปที่ 2.18 การรีเซ็ตตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรส ไปที่ศูนย์




รูปที่ 2.19 แสดงการเพิ่มตำแหน่งแอดเดรสและการอ่านข้อมูลจากแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลบไบท์ข้อมูลส่วนของ EEPROM ในต้นแบบของบัตรโทรศัพท์จะประกอบด้วย 8 ส่วน ถ้าไบท์มีการลบ ในการลบล้างนี้เพื่อที่จะนำไปสู่ที่ต่อไป นี่เป็นการกระทำของวงจรลอจิกทางไฟฟ้า การลบข้อมูลในไบท์ของหน่วยความจำค่อนข้างยุ่งยาก มีการทำงานดังนี้ ถ้าบิตในไบท์ถูกเขียนลงไปทั้ง 2 แถว ชิปจะทำการลบข้อมูลที่ LSB โดยอัตโนมัติ นี่ทำให้มั่นใจได้ว่ามันจะถูกนำไปสู่ที่ต่อไปสูงกว่าที่มีอยู่ในขณะที่ ที่ตำแหน่งต่ำกว่าถูกลบไปโดยปราศจากจังหวะสำหรับการหลอกลวง




รูปที่ 2.20 แสดงการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ EEPROM

## 2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

### 2.2.1 เครื่องโทรศัพท์

ความหมายของ Local loop คือ สายส่ง 2 wire จากเครื่องโทรศัพท์ ไปชุมสายปลายทางและมีค่าอิมพีแดนซ์ ของสายประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้โดยทั่วไปคือ 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ ลวดตัวนำ 2 เส้น ในลูปที่มีชื่อว่า ทิป (Tip) และริง (Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ -48 VDC ทิปจะต่อกับกราวด์ดังรูปที่ 2.1 เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์มีผลทำให้ฮุคสวิทช์ปิดลง (Hook off) จากนั้นกระแสไฟฟ้าตรงขนาด 20 mA ไหลวนอยู่ในลูป ซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟระหว่างทิปและริงจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 4 โวลต์ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC

เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยสายสัญญาณ 2 สาย คือ สายทิป (Tip) และสายริง (Ring) ปกติเมื่อไม่มีการใช้โทรศัพท์วงจรของเครื่องรับโทรศัพท์ จะถูกตัดออกจากคู่สายของโทรศัพท์ จะคงเหลือแต่วงจรกำเนิดเสียง (Ringing) หรือวงจรกระดิ่งต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น เพื่อส่งสัญญาณเรียก เมื่อมีการติดต่อจากผู้อื่นเข้ามา ทำให้ในขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งาน จะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องรับโทรศัพท์แต่เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์ ทำให้เกิดการไหลของกระแสขึ้นในวงจร โดยกระแสนี้จะมาจากแบตเตอรี่ในชุมสายโทรศัพท์และเมื่อชุมสายโทรศัพท์เลือกคู่สายที่ต้องการจะต่อด้วยได้แล้วก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งเป็นสัญญาณ AC ออกไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก เพื่อทำการสั่นกระดิ่งให้ดังขึ้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ทำการรับสายก็จะเกิดกระแส DC ไหล เมื่อชุมสายตรวจพบก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง ดังนั้นจะสามารถทำการสนทนากันได้โดยในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างปากพูดและหูฟังกับสายโทรศัพท์จะต้องมีหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติทำหน้าที่ในการปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกัน เพื่อให้การรับและการส่งสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดรวมทั้งทำให้ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงตนเองออกไปด้วย เพื่อที่จะปรับระดับการพูดของตนเองไม่ให้ดังเกินไป

**2.2.2 ส่วนประกอบของเครื่องโทรศัพท์**

**1. วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลข**

จะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ซึ่งอาจจะเป็นสัญญาณพัลส์ หรืออาจจะเป็นสัญญาณความถี่คู่ผสม ก็แล้วแต่โทรศัพท์ที่ใช้งาน

2. วงจรกระดิ่ง

ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณเรียกเข้ามาเป็นกระแสสลับประมาณ 100 – 120 โวลต์ ความถี่ 25 Hz ส่งเข้ามา วงจรกระดิ่งจะดังขึ้น เพื่อแจ้งให้เจ้าของเครื่องรับทราบว่ามีการเรียกเข้ามา

**3. วงจรตัดเสียง**

จะทำการตัดเสียงต่าง ๆ ไม่ให้เข้ามาในชุมสายโทรศัพท์เพื่อป้องกันการผิดพลาด ถ้าหากบังเอิญเกิดมีสัญญาณ เสียงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับสัญญาณความถี่ของหมายเลข ก็จะทำให้การส่งสัญญาณหมายเลขเกิดความผิดพลาดได้

**4. วงจรไฮบริด (Hybrid)**

เนื่องจากวงจรในเครื่องรับโทรศัพท์จะใช้ระบบ 4 สาย ก็คือใช้ 2 สาย ใช้สำหรับการส่งสัญญาณเสียงพูดและอีก 2 สาย สำหรับนำเสียงพูดจากอีกด้านหนึ่งมายังหูฟัง แต่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์จะเป็นระบบ 2 สาย ซึ่งจะติดต่อโดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เท่านั้นเอง จึงต้องใช้วงจรไฮบริดมาทำหารเชื่อมต่อระบบ 2 สาย กับ ระบบ 4 สาย ให้สามารถติดต่อกันได้

**5. วงจรปากพูดหูฟัง**

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่เหมือนวงจรเครื่องรับ – เครื่องส่ง ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเพื่อให้สามารถสนทนากันได้

**2.2.3 สัญญาณ (Signaling)**

สัญญาณ คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์ หรือ ข่างสารที่ติดต่อระหว่างชุมสายหนึ่งไปยังอีกชุมสายหนึ่ง

หน้าที่ทั่ว ๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ คือ

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmission Address Information)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การตรวจตรา (Supervising)

4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmission Information Signaling)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแบ่งสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารผ่านคู่สายโทรศัพท์ ออกเป็น 2 ประเภท คือ

**2.2.3.1 สัญญาณระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)**

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

1. Seizure คือ สัญญาณจับวงจร เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่าคู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ตัวรับเลขหมายของผู้ถูกเรียกจะส่งมา

2. Address Information เป็นสัญญาณบอกหมายเลขหรือประเภทของผู้เช่า

3. Answer Signal คือ สัญญาณตอบรับ สัญญาณนี้จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้มีดังนี้

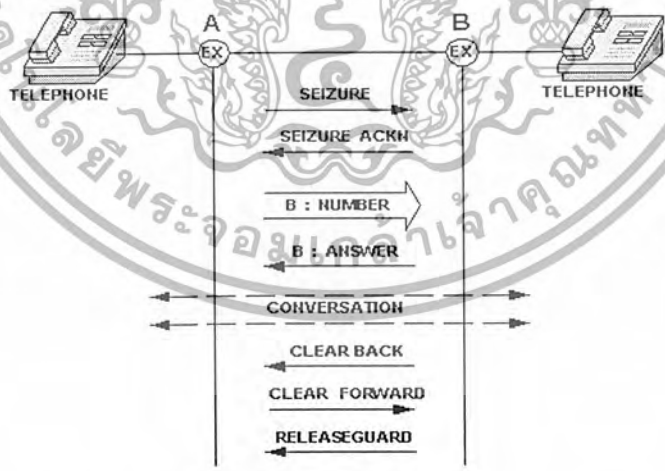
1) เริ่มต้นคิดค่าบริการ

2) ส่งสัญญาณคิดค่าบริการ

3) ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. Clear – Forward คือ สัญญาณยกเลิกการต่อตรง สัญญาณนี้จะถูกส่งเมื่อฝ่ายเรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่าง ๆ

5. Clear – Back คือ สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ สัญญาณนี้จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มจับเวลาเมื่อเวลาผ่านไป 90 – 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear – Forward




รูปที่ 2.21 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter exchange signaling)

**2.2.3.2 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signalling)**

1. On Hook หมายถึง สภาพผู้เช่าวางหูหรือสภาพว่าง (Idle) ลักษณะของวงจรเป็นแบบ Open loop ซึ่งจะทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Off Hook หมายถึงสภาพผู้เช่ายกหู ลักษณะของวงจรเป็นแบบ Close loop ซึ่งจะทำให้มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ

3. Dialling หมายถึง สภาพผู้เช่าทำการหมุนหมายเลข โดยเครื่องแบบหมุน สัญญาณเป็นพัลซ์ (Pulse) ค่า Impedance จะสูงต่ำสลับกันตามรหัสที่หมุน ถ้าเป็นแบบกดปุ่ม Touch-Tone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย

4. Dial Tone คือ สัญญาณที่บอกสภาพการว่างของชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมาย สัญญาณ Dial Tone นี้ จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องมีความถี่ 425 Hz มอดูเลทกับ 50 Hz ผู้เช่าจะได้ยินเสียงสัญญาณเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

5. Busy Tone คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ที่ชุมสายไม่ว่าง ถ้าได้ยินเสียงตอนยกหูแสดงว่าอุปกรณ์ในการตัดต่อชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินสัญญาณนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกสายไม่ว่างลักษณะสัญญาณที่ส่งไปจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 Hz เป็นรูปไซน์

6. Ring Back Tone คือ สัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าชุมสายโทรศัพท์ทำการต่อกระทำได้สำเร็จเป็นสัญญาณ 425 Hz เป็นสัญญาณรูปไซน์โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

7. Ringing Tone คือ สัญญาณที่ผู้ถูกเรียกได้ยิน โดยชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการส่งสัญญาณ 25 Hz ช่วงเวลา 1 วินาที หยุด 4 วินาที สัญญาณนี้จะทำการส่งก็ต่อเมื่อชุมสายได้กระทำการต่อระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกได้สำเร็จ

8. สัญญาณโทนอื่น ๆ เช่น Nu Tone (Number Unobtainable Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่

รูปที่ 2.22 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Subscriber signalling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.4. หน้าที่ของเครื่องโทรศัพท์**

1. เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่บอกรับในกรณีที่มีการเรียกเข้ามา โดยใช้สัญญาณ Ringing

2. เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงของผู้พูดเป็นสัญญาณไฟฟ้าและในทางกลับกันก็จะแปลงไฟฟ้าที่ถูกส่งมาให้เป็นสัญญาณเสียง

3. รูปแบบการส่งเลขของผู้ใช้โทรศัพท์ เพื่อส่งให้กับ Central office สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ Pulse กับ Tone

4. เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับสัญญาณเสียงให้มีความดังที่เหมาะสม โดยชดเชยความสูญเสียอันเกิดจากระยะทางระหว่างเครื่องโทรศัพท์และ Central office ซึ่งมีความใกล้ และ ไกลต่าง ๆ กัน

5. เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับ Central office เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการใช้บริการ โดยทำการยก Handset (Off Hook)

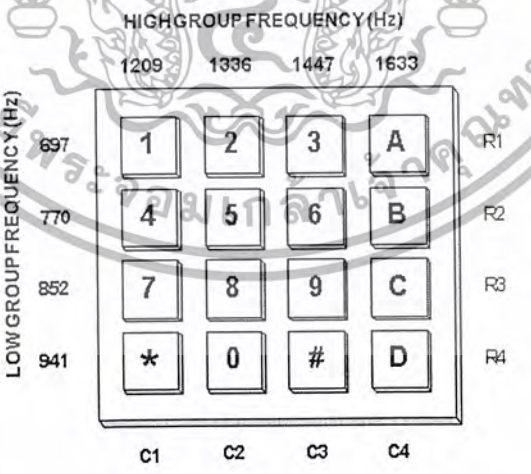
6. เครื่องโทรศัพท์จะทำให้มี Feedback จากไมโครโฟนไปสู่หูของผู้ฟัง ผู้พูดก็จะได้ยินเสียงตนเอง (Side Tone) และสามารถควบคุมระดับความดังของ Side Tone ได้

7. เมื่อเครื่องโทรศัพท์ยังไม่มีการใช้งาน (On Hook) วงจร On-Hook / Off-Hook จะทำการแยกเครื่องโทรศัพท์ออกจาก Central Office โดยการใช้ Switch Hook

8. ในภาครับเครื่องโทรศัพท์สามารถรับสัญญาณต่าง ๆ เช่น Busy, Ringing, etc. จาก Central office

**2.2.5 โทรศัพท์ระบบกดปุ่ม (DTMF)**

เครื่องใช้โทรศัพท์ระบบกดปุ่มจะใช้วิธีของ Dual Tone Multi Frequency (DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ โดยทั่ว ๆ ไปหน้าปัดของเครื่องจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 Rows และ 3 Columns และบางรุ่นจะมี 16 ปุ่ม โดยการเพิ่ม Columns ที่ 4 ขึ้นมาอีกดังที่แสดงในรูปที่ 2.23




รูปที่ 2.23 แสดงหน้าปัดปุ่มโทรศัพท์แบบกดและความถี่ที่ใช้

การทำงาน เมื่อกดปุ่มหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งจะประกอบด้วย โทนเสียง 2 ความถี่ คือ ความถี่ของทั้ง 4 แถว เรียกว่า กลุ่มความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) และความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 คอลัมน์ เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า กลุ่มความถี่สูง High Group Frequency) ซึ่งแต่ละหมายเลขจะให้ค่าความถี่คู่ต่างกัน การกดปุ่มที่หมายเลขใด ๆ จะทำให้วงจรภายในของเครื่องผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดปุ่ม เลข "9" จะอยู่ในคอลัมน์ของ 1447 Hz และแถว 852 Hz เอาท์พุท ที่ผลิตออกมาเรียกว่า ความถี่ DTMF

**2.2.6 วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์**

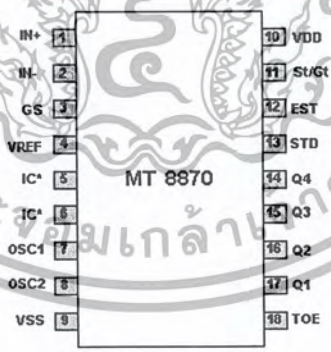
จะใช้ไอซี MT8870 ถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (DTMF) ให้เป็นตัวเลข BCD ขนาด 4 บิต โดยเพียงใช้งานร่วมกับคริสตอล 3.579 MHz เท่านั้น

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต

ในยุคก่อน การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ มักใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อกลูป ซึ่งสร้างปัญหาสารพัด ไม่ว่าเรื่องขนาดของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจรขนาดวงจรที่ใหญ่เพราะต้องใช้ไอซีจำนวนมาก

**2.2.6.1 คุณสมบัติของ MT8870**

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




รูปที่ 2.24 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870

**2.2.6.2 การนำ MT8870 ไปใช้งาน**

- นำไปใช้งานด้านรีโมตคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย หรือ PABX
- ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

**2.2.6.3 ฟังก์ชั่นการทำงานภายใน MT8870**

**1. ภาคกรองสัญญาณความถี่**

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ อันดับที่ 6 ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

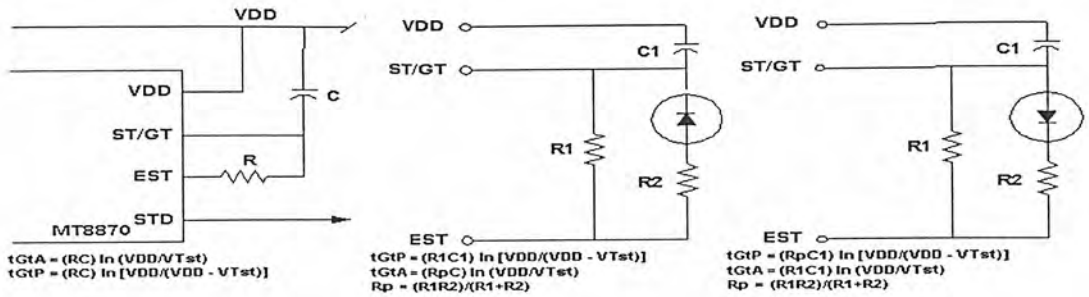
**2. ภาคถอดรหัส**

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น

**3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ**

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปเอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่า มีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นระยะเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวนานเท่าใด สามารถตั้งได้ โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น "High" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา เมื่อขา Est เป็น "High" ทำให้ $V_c$ จะคายประจุทำให้แรงดัน $V_c$ สูงขึ้นจนถึงค่าเทรสโฮลด์ วงจรถอดรหัส ถึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (Guard time) นั้นหมายถึงช่วงเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงสามารถแปลง เป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่ที่เข้ามาสั้นกว่า ก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณดูได้จากรูปที่ 2.25

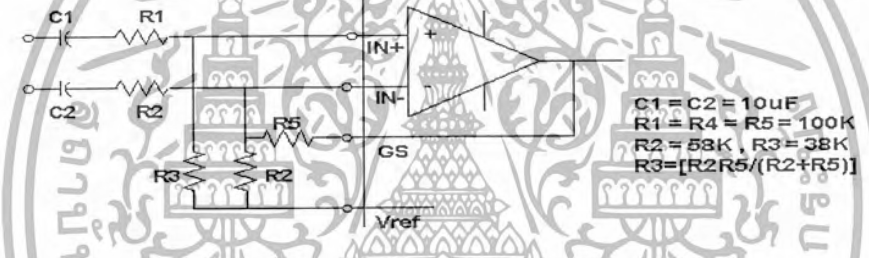
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.25 แสดงการกำหนดการ์ดไทม์ (Guard Time) พร้อมวิธีคำนวณ

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป รูปที่ 2.26 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุท และอิมพิแดนซ์ ได้ดังนี้




รูปที่ 2.26 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท

5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ในภาคนี้ภายในตัวไอซี จะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอล ขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที

## 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ปัจจุบันการพัฒนาและการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ที่นำไปสร้างเป็นไอซี มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น และมีเทคโนโลยีที่เกิดจากการผลิตของบริษัทต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้การผลิตชิปไอซีมีขนาดที่เล็กลง แต่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติต่าง ๆ มากขึ้น ไอซีที่ถูกสร้าง เป็นแบบ LSI (Large Scale Integrate Circuit) เป็นเทคโนโลยีการสร้างโดยการนำเอาทรานซิสเตอร์จำนวนมากมาสร้างเป็นไอซีดิจิตอลที่ซับซ้อน โดยทำขึ้นเพื่อหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลหรือเรียกว่าไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ที่มีคุณสมบัติหลัก คือ การประมวลผลข้อมูลการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ถ้าหากมีการติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นแบบแรม แบบรอม หรืออุปกรณ์ภายนอกที่เป็นอินพุท-เอาท์พุท ต้องมีการต่ออุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์ในการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือวงจรถอดรหัส (Decoder) ซึ่งสามารถทำงานได้ภายใต้การควบคุมของโปรแกรม และ ในการที่นำไมโครโพรเซสเซอร์มาเป็นตัวประมวลผลกลางมีหน่วยความจำแบบแรม พอร์ตอินพุท และเอาท์พุท เรียกว่าไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสิ่งไม่คุ้มกับการลงทุนหากนำมาใช้ในงานควบคุมขนาดเล็ก และอาจต้องใช้เนื้อที่มาก ในการออกแบบ ดังนั้นการพัฒนาด้านเทคโนโลยีในการสร้างชิป จึงมีการรวบรวมคุณสมบัติที่ต้องการใช้งานมาอยู่ในตัวเดียวกันคือมีองค์ประกอบเกือบทุกอย่างของคอมพิวเตอร์อยู่ภายในตัวไอซี ที่เรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิปเดี่ยวประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนไมโครคอมพิวเตอร์ เช่น หน่วยประมวลผลกลางขนาดเล็ก (8 บิต -16 บิต) และหน่วยประมวลผล ที่สามารถเข้าข้อมูลแบบบิตหน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานแบบ แรม ขนาด 128 ไบต์ และบรรจุหน่วยความจำโปรแกรมประเภทรอม (บางเบอร์) สามารถใช้งานให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ วงจร Counter/Timer ที่อยู่ภายใน สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เช่น คริสตอล (Crystal) และตัวเก็บประจุก็สามารถใช้งานได้เป็นต้น เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

### 2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 bit
2. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตเวลาภายในตัว
3. มีขาสัญญาณ อินพุท เอาท์พุท จำนวน 32 bit
4. สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External data memory) และสามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External program memory)
5. มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (On-chip program memory) ขนาด 4 Kbyte โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 Kbyte สำหรับเบอร์ 8031 และ 8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้
6. มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน (On-chip data memory) ขนาด 128 byte โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 byte
7. หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วน สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
8. มีไทม์เมอร์ / เคาท์เตอร์ (Timer / Counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทม์เมอร์ / เคาท์เตอร์จำนวน 3 ตัว
9. การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดลำดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
10. มีพอร์ทสื่อสารอนุกรมได้ภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) เลือกรูปแบบได้ 4 โหมด
11. มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และทางตรรกศาสตร์
12. คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

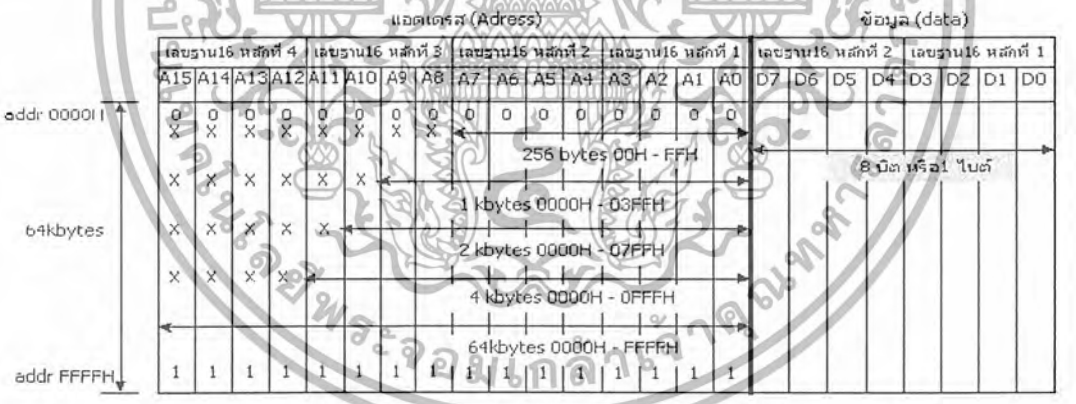
### 2.3.2 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่การทำงานของหน่วยความจำคือ ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เก็บค่าต่าง ๆ ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กระทำตามคำสั่งแล้ว การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

#### 2.3.2.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (ทำหน้าที่เช่นเดียวกับรอม) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory) จะทำหน้าที่เก็บชุดคำสั่ง เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้น ยกตัวอย่างเช่น ในขณะที่เปิดเครื่องไมโครเวฟ จะมีการแสดงผลรายการหลักที่หน้าจอ LCD เพื่อคอยให้ป้อนค่าเวลาที่ต้องการจะอุ่นอาหาร คำสั่งที่จอ LCD เพื่อให้ป้อนข้อมูลนั้นจะเขียนคำสั่งอยู่ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง ถึงจะเปิดเครื่องไมโครเวฟกี่ครั้ง ก็จะมีการแสดงผลที่ LCD ให้ป้อนค่าเวลาที่ต้องการเหมือนเดิม หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใน MCS-51 จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (Internal Program Memory) และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป (External Program Memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0, 4, 8, 16 ถึง 64 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม




#### 2.3.2.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

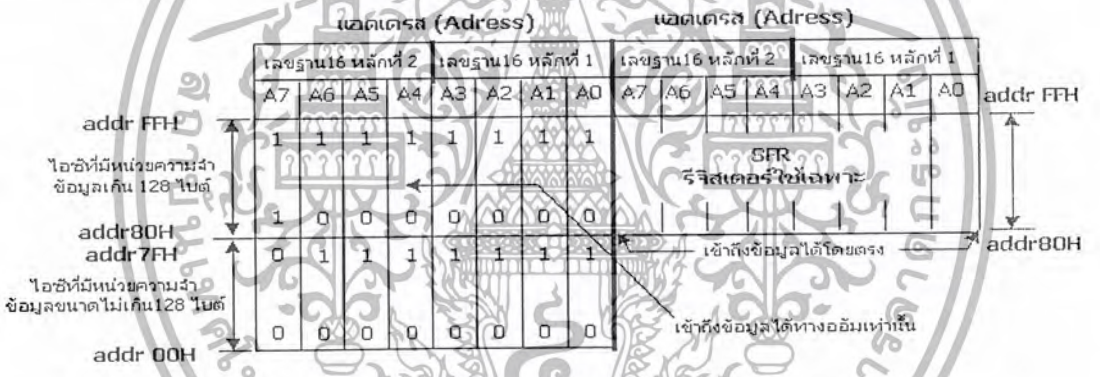
หน่วยความจำข้อมูล (RAM) จะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูล โดยข้อมูลอาจจะเป็นค่าหลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการประมวลผล หรือเก็บค่าข้อมูลที่จะให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขณะนั้น และจะทำหน้าที่เป็น สแตก (Stack) ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นเครื่องไมโครเวฟ ที่ใช้สำหรับอุ่นอาหาร ก็คือ ส่วนที่ป้อนข้อมูล เช่น เวลา หรือ อุณหภูมิที่เป็นปัจจุบันหลังจากหน่วยความจำโปรแกรมแสดงรายการหลักที่ LCD นั่นเอง สังเกตว่าหากปิดเครื่องแล้วเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง ค่าข้อมูลที่เป็นเวลา และอุณหภูมิเดิมที่กำหนดไว้ในครั้งแรกก็จะหายไป และจะให้ป้อนค่าข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังนั้นการที่จะรักษาข้อมูลเดิมไว้ได้ จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำรองไว้สำหรับเพื่อเลี้ยงให้กับตัวไอซี ตลอดเวลา หรือที่ เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Battery จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS-51 จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป ซึ่งแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูล (แรม) ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า แบงค์ (Bank) และในแต่ละแบงค์ จะมี 8 ไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 พื้นที่ในแต่ละแบงค์จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7 เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ) โดยที่รีจิสเตอร์ R0 จะอยู่ในตำแหน่งแรกของแต่ละแบงค์ และรีจิสเตอร์ R7 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแต่ละแบงค์ ในการนำไปใช้งาน จะเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ได้เพียงแบงค์เดียว และเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ใด ๆ ก็ได้ โดยการกำหนดค่าข้อมูลที่รีจิสเตอร์ PSW ในส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) หากไม่ได้กำหนดค่าใด ๆ เลย เมื่อทำการรีเซตให้กับ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกกำหนดให้เริ่มต้นใช้งานที่รีจิสเตอร์ R0-R7 ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ให้เอง ดังนั้นในการทดลองเริ่มต้นในส่วนแรก ๆ เราจะยังไม่กำหนดค่าใด ๆ ในการเลือกใช้งานรีจีสเตอร์แบงค์อื่น

ตารางที่ 2.3 ตารางตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal data memory)




2. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน (แรม) ตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะการเข้าข้อมูลแบบไบต์ หรือแบบบิตได้ และสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง เพียงแต่ระบุตำแหน่งหรือชื่อของบิตนั้น ๆ ได้ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่จำนวนทั้งหมด 128 บิต แต่ละบิตจะที่หมายเลขตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH โดยตำแหน่งบิตที่ 00H ก็คือข้อมูลของบิตต่ำสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H หรือ เราอาจเรียกว่า (20H.1) และตำแหน่งของบิตที่ 7FH คือ ข้อมูลบิตสูงสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 2FH หรือ เราอาจเรียกว่า (20H.7) การอ้างตำแหน่งแบบบิตจะทำให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้น

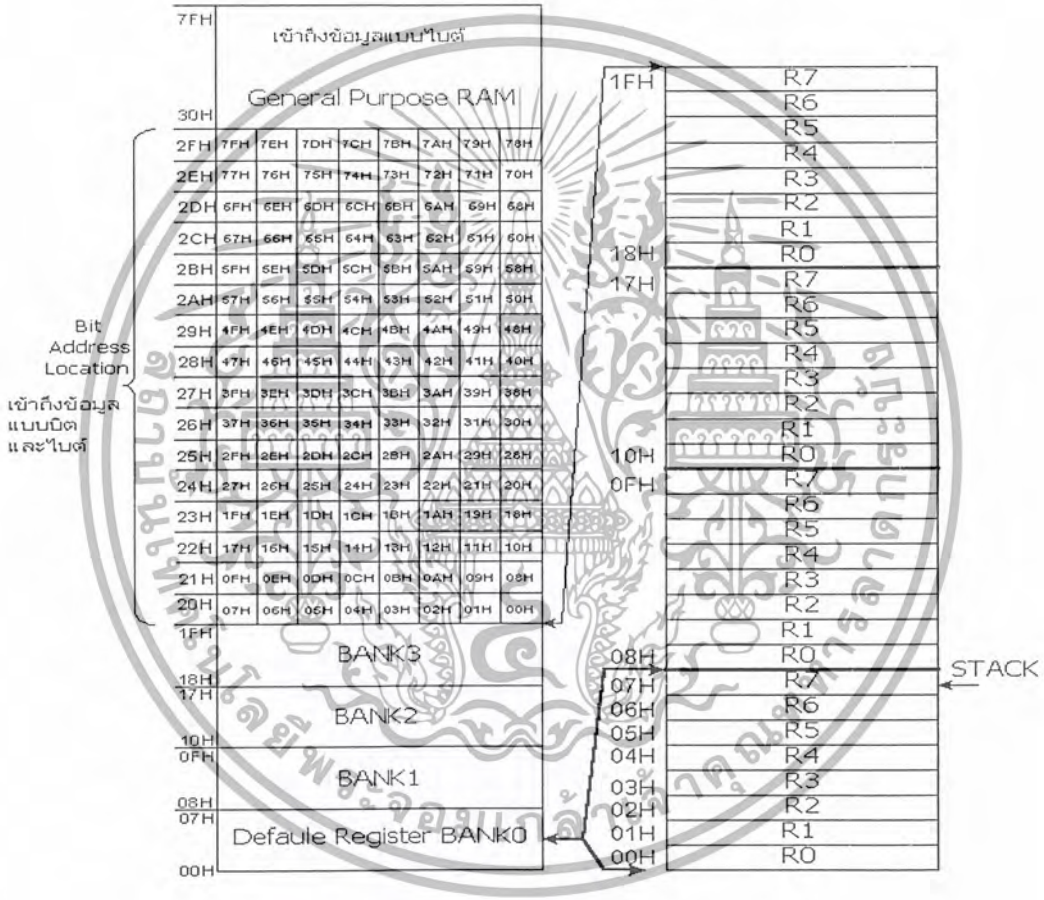
3. พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่ง ที่ 30H-7FH จะเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำใช้งานทั่วไป และการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ของหน่วยความจำส่วนนี้จะอ้างตำแหน่งข้อมูลได้ในลักษณะของแบบไบต์เท่านั้น และพื้นที่ส่วนนี้เราอาจจะใช้เป็นสแตกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2.3 รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register)

เนื่องจาก MCS-51 ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS-51 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป บริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ ใช้งานเฉพาะ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ




### 2.3.3 ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

ใน MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมชชีน ไซเคิลของวงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขอ T0, T1 ของพอร์ทสาม (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิต จำนวนสองตัวคือ รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และ รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

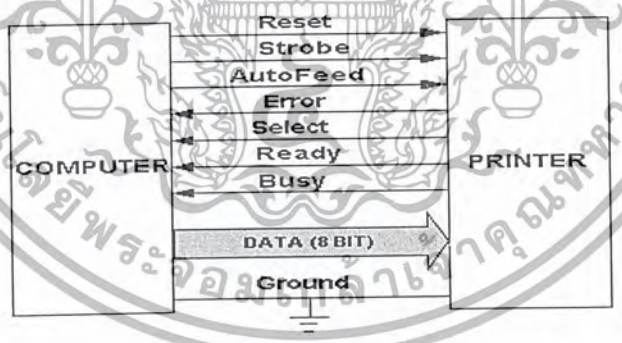
การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรภายนอก (ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INT0, INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS-51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาที่แน่นอนได้

## 2.4 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพรินเตอร์

การสื่อสารข้อมูลกับพรินเตอร์นั้น คอมพิวเตอร์สามารถส่งข้อมูล 3 ชนิด ไปที่พรินเตอร์ คือ ข้อมูลตัวอักขระ รหัสควบคุม และ ข้อมูลกราฟิก ข้อมูลตัวอักขระแสดงได้ในรูปของตัวอักขระ ตัวเลข เครื่องหมายวรรคตอน สัญลักษณ์ต่าง ๆ รหัสควบคุม จะถูกใช้เพื่อส่งคำสั่งไปยังพรินเตอร์ รหัสเหล่านี้จะกำหนดโหมดการทำงาน เช่น รูปแบบตัวพิมพ์ (Font Style) ขนาดตัวอักษร หรือ การควบคุมที่สามารถกระทำได้โดยตรง เช่น การเลื่อนกระดาษทีละบรรทัด หรือ ทีละหน้า การใช้รหัสควบคุม แยกแยะมีความจำเป็นต่อการทำงานขณะที่พิมพ์เอกสาร ซึ่งรหัสควบคุมอื่น ๆ จะทำให้พรินเตอร์ทำงานในโหมดกราฟิก ต่าง ๆ ได้

### 2.4.1 ลักษณะของการสื่อสารข้อมูล

ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไบนารี่ (Binary) ที่ใช้ถ่ายเทระหว่างคอมพิวเตอร์ และพรินเตอร์ ต้องใช้ตัวกลางในการสื่อสาร คือ สายเคเบิล การผลิตและออกแบบคุณสมบัติของสายเคเบิลจะต้องขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ติดต่อ ซึ่งมักนิยมใช้อยู่ 2 แบบ คือ แบบอนุกรม และ แบบขนานการติดต่อแบบขนาน (Parallel) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เนื่องจาก ทำการส่งข้อมูลตรง ๆ เลย ดังแสดงใน รูปที่ 2.27



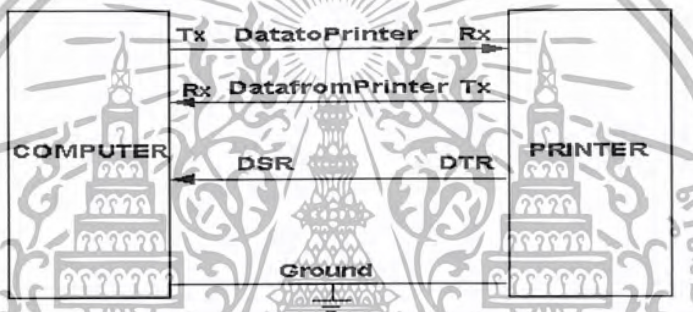

รูปที่ 2.27 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับพรินเตอร์แบบขนาน

สังเกตได้ว่า ข้อมูล 8 บิต ส่งแยก บิต Do กับ บิต D7 พร้อม ๆ กัน แต่ถ้าจะส่งได้อย่างถูกต้อง คอมพิวเตอร์ และพรินเตอร์ ต้องซิงโครนัส (Synchronous) กัน คือพรินเตอร์จะรับข้อมูลเมื่อมันขอหรือพรินเตอร์สั่งให้คอมพิวเตอร์รอจนกว่าพรินเตอร์จะพร้อมรับส่งข้อมูล ดังนั้น การซิงโครนัส ของการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน จำเป็นต้องมีสายควบคุมจำนวนมาก สำหรับสัญญาณพรินเตอร์และสัญญาณคอมพิวเตอร์ การทำงานสัมพันธ์กันดังกล่าว เรียกว่า การแฮนด์เชค (Handshaking) การส่งแบบขนานมีความเร็วพอใช้ได้ โดยพรินเตอร์จะรับส่งข้อมูลเร็วเท่า ๆ กับที่คอมพิวเตอร์ส่งไป ซึ่งมีความเร็วประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1,000 cps. เมื่อข้อมูลตัวอักขระมี 8 บิต ความเร็วจะมากกว่า 8,000 บิต ต่อวินาที บัส (Bus) ข้อมูลภายในพรินเตอร์มี 8 บิต จะสามารถรับข้อมูลในบัฟเฟอร์ (Buffer) ได้โดยเพิ่มในวงจรเล็กน้อยการส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการติดต่ออย่างง่าย แต่มีข้อเสียจุดใหญ่ คือ ใช้สายเคเบิล มากแต่มีความเร็วในการส่ง และมีสัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของข้อมูลได้

การติดต่อแบบอนุกรมสามารถต่อได้ง่าย เพราะมีจำนวนสายน้อยลง ดังรูปที่ 2.28 แต่การทำงานจะยุ่งยากมาก จะพบว่า รูปที่ 2.28 มีสายสองเส้นที่ใช้ในการส่งข่าวสาร หนึ่งเส้นสำหรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังพรินเตอร์ และอีกหนึ่งเส้นสำหรับส่งข้อมูล จากพรินเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ เพราะว่าข้อมูลสามารถส่งไปมาได้ทั้งสองทิศทาง จึงเรียกการติดต่อสื่อสารแบบนี้ว่าการสื่อสารข้อมูลแบบสองทาง (Bidirectional Data Link) ถ้ามีสายเส้นเดียวจะสามารถส่งหรือรับข้อมูลได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งในเวลาหนึ่งเท่านั้น ข้อมูลแบบอนุกรมต้องซิงโครนัส ระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์ดังนั้นต้องเพิ่มซิงโครไนซ์บิต ที่จุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุด ของแต่ละข้อมูลอักขระที่ส่ง และ ยังมีพาริตี้บิต (Parity Bit) ที่ต้องรวมอยู่ด้วยสำหรับตรวจสอบบิตผิดพลาด




รูปที่ 2.28 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพรินเตอร์แบบอนุกรม

การทำงานแฮนด์เชค แบบอนุกรมนั้น แบ่งเป็นทั้ง ซอฟท์แวร์ และฮาร์ดแวร์ โดยซอฟท์แวร์ ใช้ในการติดต่อแบบสองทิศทาง เช่น ใช้สั่งพรินเตอร์ ให้ส่งรหัสควบคุมไปยังคอมพิวเตอร์ เช่น รหัสสำหรับการแฮนด์เชค "XON" และ "XOFF" ในส่วนของฮาร์ดแวร์ของการแฮนด์เชค นั้นไม่ได้ใช้ในการส่งข้อมูลจากพรินเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ สัญญาณแฮนด์เชคที่แจ้งให้คอมพิวเตอร์ที่เพิ่มขึ้น คือ สัญญาณพรินเตอร์ไม่ว่าง ดังนั้น การติดต่อจึงมีมากกว่าหนึ่งสายแฮนด์เชค โดยทั่วไปเรามักจะให้มีการแฮนด์เชคระหว่างพรินเตอร์ ค่อนข้างมาก แม้ว่าการทำงานของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจะยุ่งยากแต่การติดต่อแบบอนุกรมก็เป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากความสามารถในการติดต่อ แบบ สองทิศทาง และสามารถใช้งานในระยะไกล

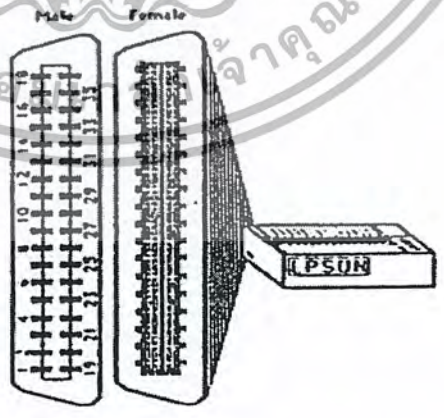
### 2.4.2 การอินเตอร์เฟสกับพรินเตอร์แบบขนานและแบบเซ็นโทรนิกส์

ข้อมูลที่จะส่ง ไปยังพรินเตอร์ จะส่งในลักษณะนของรหัสแอสกี (ASCII) ผ่านสายแบบขนาน 8 สายพรินเตอร์ รับตัวอักษรเพื่อจะพิมพ์และเก็บข้อมูลไว้ในบัฟเฟอร์แรมภายใน เมื่อพรินเตอร์ตรวจพบอักขระแคริเอจรีเทิร์น (Carriage Return:0DH) มันจะพิมพ์อักขระแถวแรกจากบัฟเฟอร์ เมื่อพรินเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจพบแคริเอจรีเทิร์น ตัวที่สองมันจะพิมพ์อักขระแถวที่สองออกมา ขบวนการต่าง ๆ จะดำเนินต่อไปจนกระทั่งตัวอักษรที่ต้องการทั้งหมดถูกพิมพ์

การแปลงรหัสแอสกีจากไมโครคอมพิวเตอร์ไปยังพรินเตอร์จะต้องทำบนพื้นฐานการแฮนด์เชค เพราะไมโครคอมพิวเตอร์สามารถส่งตัวอักษรเร็วกว่าความสามารถในการพิมพ์ของพรินเตอร์มาก พรินเตอร์จะต้องมีแนวทางเพื่อที่จะบอกให้ไมโครคอมพิวเตอร์รู้ว่า ขณะนี้บัฟเฟอร์เต็มแล้ว และไม่สามารถรับข้อมูลอักขระได้อีกจนกระทั่งมันพิมพ์ออกมาแล้ว มาตรฐานสำหรับการอินเตอร์เฟสกับพอร์ทขนานของพรินเตอร์เป็นมาตรฐานของเซ็นโทรนิกส์ (Centronics parallel standard) พรินเตอร์ ชนิดเซ็นโทรนิกส์ โดยปกติแล้วจะมี 36 ขา ในการอินเตอร์เฟส (Interface) ตามตารางที่ 2.5 แสดงการกำหนดขาและคำอธิบายสำหรับขาคอนเนคเตอร์ (Connector) การที่มีขาสำหรับการเชื่อมต่อกับพรินเตอร์มากถึง 36 ขา นั้นเนื่องจากสายของแต่ละสัญญาณข้อมูลจะมีสายกราวนด์ (Ground) ของมันแยกออกจากกัน เช่น จากตารางที่ 2.5 ขา 2 คือ บิตข้อมูลที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ของข้อมูลที่จะส่งไปยังพรินเตอร์ และขา 20 จะเป็นกราวนด์สำหรับสายสัญญาณนี้ เหตุผลสำหรับการแยกสัญญาณกราวนด์นี้ เพื่อลดสัญญาณรบกวนในสาย ถ้าจะทำการต่อสายเคเบิลแบบขนานกับพรินเตอร์สายกราวนด์ของคอมพิวเตอร์ที่ปลายของสายเคเบิล โดยขา 16 เรียกว่า ลอจิกกราวนด์ (Logic Ground) และขา 17 เรียกว่า แชสซิสกราวนด์ (Chassis Ground) เพื่อที่จะป้องกันกระแสสัญญาณรบกวนที่มาจากสายของลอจิกกราวนด์ ดังนั้นจึงต้องเชื่อมต่อสายเหล่านี้เข้าด้วยกันกับไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนขาอื่น ๆ ในจำนวน 36 ขา ของคอนเนคเตอร์นั้น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณที่ส่งไปยังพรินเตอร์ เพื่อที่จะบอกว่าอะไรกำลังทำงาน และสัญญาณจากพรินเตอร์เพื่อที่จะแสดงสถานะของมัน สัญญาณควบคุมหลักไปยังพรินเตอร์ คือ INIT ที่ขา 31 ซึ่งจะบอกพรินเตอร์เพื่อให้ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นภายในลำดับ และ STROBE ที่ขา 1 ซึ่งจะบอกพรินเตอร์ว่าขณะนี้มีข้อมูลส่งมาแล้ว ส่วนอีกสองขาอินพุท คือ ขา 14 และ ขา 36 โดยปกติจะใช้สำหรับดูแลภายในพรินเตอร์โดยตัวคอนเนคเตอร์จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.29

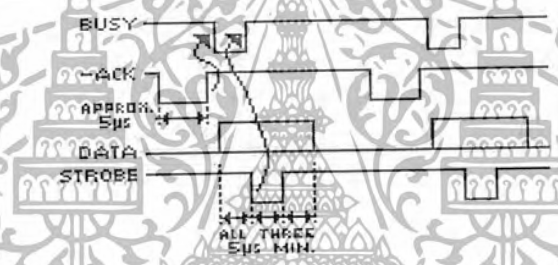



รูปที่ 2.29 แสดงขาของคอนเนคเตอร์แบบแอมฟีนอล (Amphenal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

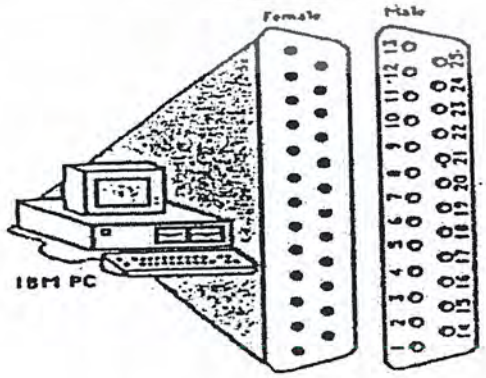
โดยใช้พื้นฐานของสัญญาณแฮนด์เชค (Handshake Signals) สมมติว่าพรินเตอร์ได้ถูกกำหนดค่าเริ่มต้นแล้ว ขั้นแรกต้องทำหารตรวจสอบสัญญาณที่ขา BUSY เพื่อที่จะดูว่าพรินเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าสัญญาณอยู่ในสภานะ "ต่ำ" แสดงว่าพรินเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูล จึงสามารถส่งรหัสแอสกีบนสายข้อมูลขนานทั้ง 8 สายได้ หลังจากอย่างน้อย 0.5 ไมโครวินาที การแสดงสัญญาณ STROBE ที่สถานะ "ต่ำ" เพื่อจะบอกพรินเตอร์ว่าข้อมูลตัวอักษรถูกส่งไปแล้วสัญญาณ STROBE จะเป็นสถานะ "ต่ำ" เพราะพรินเตอร์แสดงสัญญาณ BUSY ออกมาเป็นสถานะ "สูง" หลังจากเวลาอย่างน้อยที่สุด 0.5 ไมโครวินาที แล้วสัญญาณ STROBE จะเป็นสถานะ "สูง" ได้อีกครั้งหนึ่ง โดยข้อมูลข่าวสารต้องคงสภาพการใช้งานได้บนสายข้อมูลอย่างน้อย 0.5 ไมโครวินาที หลังจากสัญญาณ STROBE สามารถขึ้นอยู่ในสถานะ "สูง"

เมื่อพรินเตอร์พร้อมจะรับข้อมูลอักขระถัดไป มันจะแสดงสัญญาณ ACKNLG ในสถานะ "ต่ำ" เป็นเวลา 5 ไมโครวินาที ขอบขาขึ้นของสัญญาณ ACKNLG จะบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่ามันสามารถส่งข้อมูลอักขระไปได้แล้วขอบขาขึ้นของสัญญาณ ACKNLG จะทำการรีเซ็ต สัญญาณ BUSY จะเป็นสถานะ "ต่ำ" เพื่อแสดงว่าพรินเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลอักขระถัดไป บางระบบจะใช้สัญญาณ ACKNLG สำหรับการแฮนด์เชคและระบบจะใช้สัญญาณ BUSY




รูปที่ 2.30 แสดงช่วงเวลาของรูปคลื่นสัญญาณที่จะส่งข้อมูลอักขระไปยังพรินเตอร์แบบขนาน

ส่วนทางฝั่งคอมพิวเตอร์ โดยปกติแล้วจะใช้คอนเนคเตอร์ของการต่อขาแบบ DB – 25 ซึ่งเป็นตัวผู้และพอร์ตของคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวเมีย ดังนั้นในการต่อออกจากคอมพิวเตอร์จะต้องคิดด้วยว่าจะต่อแบบใดดังแสดงในรูปที่ 2.31

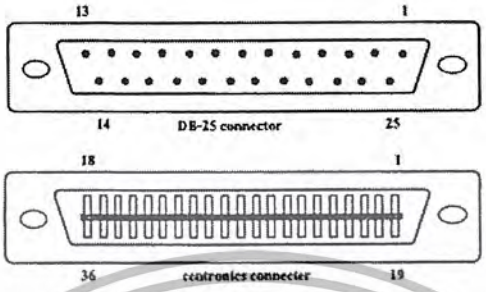



รูปที่ 2.31 แสดงขาของคอนเนคเตอร์แบบ DB – 25

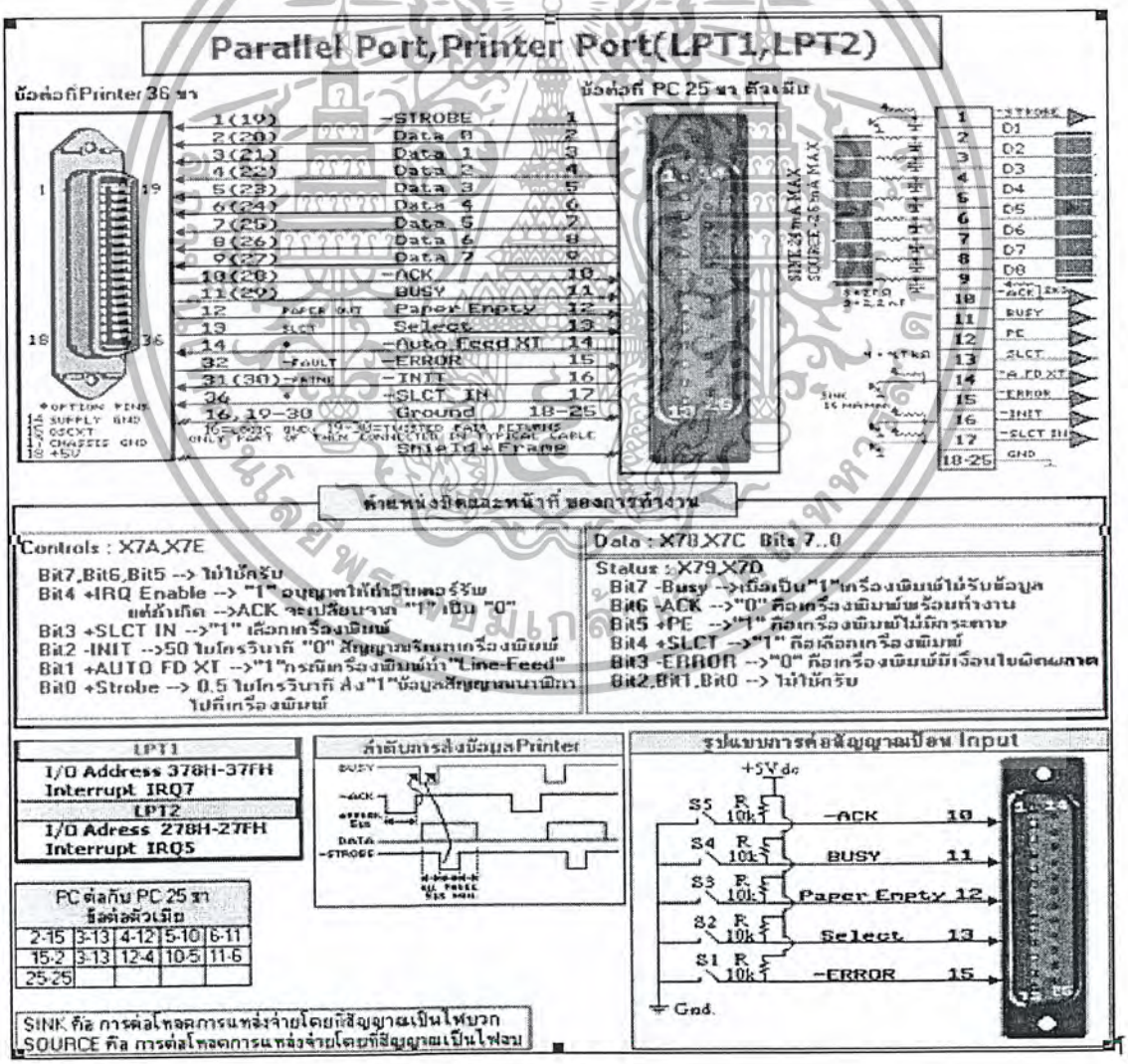
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3 สายสัญญาณและกอนเนคเตอร์

สายสัญญาณเชื่อมโยงระหว่างพอร์ตเครื่องพิมพ์แบบขนานจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ภายนอก ด้วนเครื่องพิมพ์แบบขนานจะต่อเป็นคอนเนคเตอร์แบบ D – TYPE 25 และด้านเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์ภายนอกจะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ Centronics ดังแสดงในรูปที่ 2.32




รูปที่ 2.32 ลักษณะการต่อพอร์ตขนาน (D – TYPE)




รูปที่ 2.33 แสดงการต่อใช้งาน Parallel Port และ Printer Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรายละเอียดขาของ DB – 25 แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 แสดงการปรับให้การต่อของ DB – 25 กับแอมฟีนอล สัมพันธ์กัน

ตารางที่ 2.5 แสดงการเชื่อมโยงขาสำหรับการต่อขาระหว่าง D – TYPE 25 กับ Centronics

| Pin No. (D –Type 25) | Pin No. (D –Type 25) | SPP signal | Direction In/Out | Register |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | NStrobe | In/Out | Control |
| 2 | 2 | Data0 | Out | Data |
| 3 | 3 | Data1 | Out | Data |
| 4 | 4 | Data2 | Out | Data |
| 5 | 5 | Data3 | Out | Data |
| 6 | 6 | Data4 | Out | Data |
| 7 | 7 | Data5 | Out | Data |
| 8 | 8 | Data6 | Out | Data |
| 9 | 9 | Data7 | Out | Data |
| 10 | 10 | NAck | In | Status |
| 11 | 11 | Busy | In | Status |
| 12 | 12 | Paper-Out/Paper-End | In | Status |
| 13 | 13 | Select | In | Status |
| 14 | 14 | nAuto-Line feed | In/Out | Control |
| 15 | 32 | nError-nFault | In | Status |
| 16 | 31 | nInitainlize | In/Out | Control |
| 17 | 136 | nSelect-printer/nselect-In | In/Out | Control |
| 18-28 | 19-30 | Ground | GND | |

## 2.5 หน่วยแสดงผลแบบ LCD

จากแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display: LCD) เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่นิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากมีความเหมาะสมหลาย ๆ ด้าน เช่น การใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ, สามารถแสดงผลอักขระและตัวเลข หรือแสดงเป็น กราฟฟิก (เฉพาะรุ่น) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.1 ส่วนประกอบของ LCD**

ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วน ดังนี้

- ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้น จึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

- ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษรหรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุม โดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้ คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก

- ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนดชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD4100H และ MSM5259 เป็นต้น

โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน โดยขอยกตัวอย่างโมดูล LCD แบบอักขระ เพราะสามารถเข้าใจได้ง่ายโดยให้บล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักขระ ประกอบด้วย

บัฟเฟอร์อินพุท เอาท์พุท เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออก ภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register: IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register: DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมสร้างตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM: DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรม ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up-table) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอม และแรม เก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Character Generator ROM: CGROM) เป็นหน่วยความจำรอม ที่เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือ สัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลมีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

**แรมเก็บตัวอักษร** (Character Generator RAM: CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรม ที่ใช้เก็บอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียน และอ่านค่าไปใช้นั้น ทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

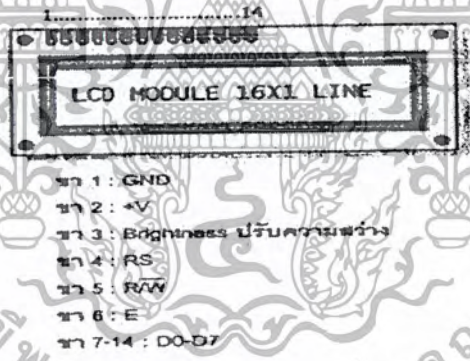
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟลก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะ การทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่า ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน

### 2.5.2 โครงสร้างและขาของ LCD display

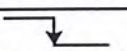
โมดูล LCD มีการต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

- VSS (ขา 1) ต่อกราวด์
- VDD (ขา 2) ต่อไฟเลี้ยง +5V
- VO (ขา 3) เป็นขาอินพุท รับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
- RS (ขา 4) เป็นขาอินพุท ใช้ในการแยกข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้น ว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือ รีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลสำหรับการแสดงผล
- R/W (ขา 5) เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล
- E (ขา 6) เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน
- D0-D7 (ขา 7-ขา 14) เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลขนาด 8 บิต




รูปที่ 2.34 รูปร่าง และการจัดขาใช้งานของโมดูลแอลซีดี แบบอักขระ

ตารางที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E ของโมดูลแอลซีดี

| RS | R/W | E | การทำงาน |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | | เขียนคำสั่ง |
| 0 | 1 | | อ่านสถานะของโมดูล LDC |
| 1 | 0 |  | เขียนข้อมูล |
| 1 | 1 |  | อ่านข้อมูล |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

การควบคุมการทำงานของ LCD โมดูลอาศัยสัญญาณ Enable ซึ่งจะถูกส่งไปยัง LCD โมดูลหลังจากที่มีการกำหนดการทำงานว่าอยู่ในโหมดการอ่านหรือการเขียน ซึ่งการกำหนดโหมดการอ่านการเขียนอยู่ในรูปแบบข้อมูลของตัวอักขระ หรือข้อมูลคำสั่งการกำหนดรูปแบบของข้อมูลทำได้ที่ขาสัญญาณ 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 บิต จึงสามารถรับส่งข้อมูลกับบัสของ MCS-51 ได้พอดีและสามารถเขียนโปรแกรมให้ทำงาน รับ-ส่ง ข้อมูลแบบ 8 บิตได้ แต่ในการใช้งานในรูปแบบ 4 บิต ก็เป็นการประหยัด และสามารถนำพอร์ตที่เหลืออีก 4 พอร์ตไปใช้งานควบคุมอื่น ๆ ได้

## 2.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส $I^2C$

$I^2C$ ย่อมาจาก Inter-IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส $I^2C$ ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ (Philips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อ สั่งงาน และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือ สายข้อมูล อีกเส้นหนึ่งคือ สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส $I^2C$ ทำได้ง่ายมาก เพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัว จะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

สายข้อมูลบนบัส $I^2C$ มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data Line) ส่วนสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรม หรือ SCL (Serial Clock Line)

อุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อบนบัส $I^2C$ มีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุท (I/O Expander) ไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (DAC) ไอซีขับโมดูล LCD หน่วยความจำอีอีพรอม และไมโครคอนโทรเลอร์

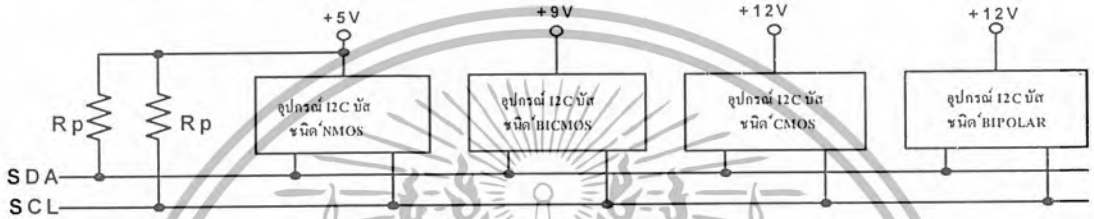
### 2.6.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส $I^2C$

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (Bi-directional Line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5 ไว้ตลอดเวลาเพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาต์พุต ของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส $I^2C$ ต้องมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิด (Open-drain) คือคอลเล็กเตอร์เปิด (Open-Collector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

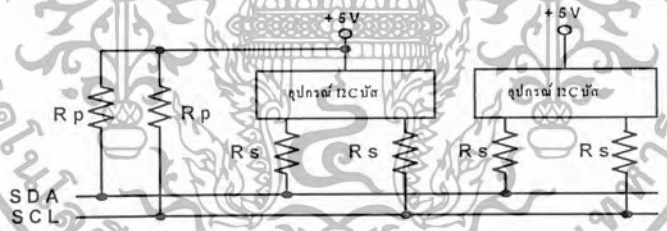
อัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (Standard mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาที ในโหมดความเร็วสูง (Fast mode) อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่บนบัส $I^2C$ จะต้องมีความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่าง สาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์ $I^2C$ ใช้ข้อมูลสำหรับการเจ้าถึง 2 ค่า คือ 7 บิต (7-bit addressing) หรือ 10 บิต (10-bit addressing)

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส $I^2C$ คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์ระบบบัส $I^2C$ ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5 V. ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12 V. การต่อร่วมกันบนบัส $I^2C$ สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทานพูลอัป ($R_p$) เข้ากับแรงดัน +5 V. ไว้เสมอดังในรูปที่ 2.35




รูปที่ 2.35 การต่อตัวต้านทานพูลอัปบนสายสัญญาณในระบบบัส $I^2C$

ในกรณีที่อาจมีแรงดันไฟฟ้ากระชากขนาดใหญ่ปะบนเข้ามาในบัส $I^2C$ ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขา SDA และ SCL เรียกว่า $R_S$ ก่อนต่อเข้าสู่บัส $I^2C$ ดังในรูปที 2.36




รูปที่2.36 การต่อตัวต้านทาน Rs เพื่อลดสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ที่อาจเข้ามาในบัส $I^2C$

### 2.6.2 หลักการทำงานของบัส $I^2C$

บัส $I^2C$ ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมายดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่าโปรโตคอล (Protocol) เพื่อให้ทราบว่า ขณะนี้ได้ติดต่อกันอยู่ และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะอธิบายลักษณะ หน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่อยู่บนบัส $I^2C$ เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส $I^2C$ ต่อไป

- อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (Receiver) อุปกรณ์บนบัส $I^2C$ สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับอย่างเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส $I^2C$ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (Transmitter)
- อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส $I^2C$ เรียกว่า มาสเตอร์ (Master)
- อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส $I^2C$ เรียกว่า สเลฟ (Slave)

ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อบนบัส $I^2C$ คือ

1. การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่าง
2. ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.6.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส $I^2C$

มีด้วยกัน 5 สภาวะ ดังนี้

1. บัสว่าง **(Bus not busy)** สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

2. เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล **(Start data transfer)** เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะเริ่มต้น (START)

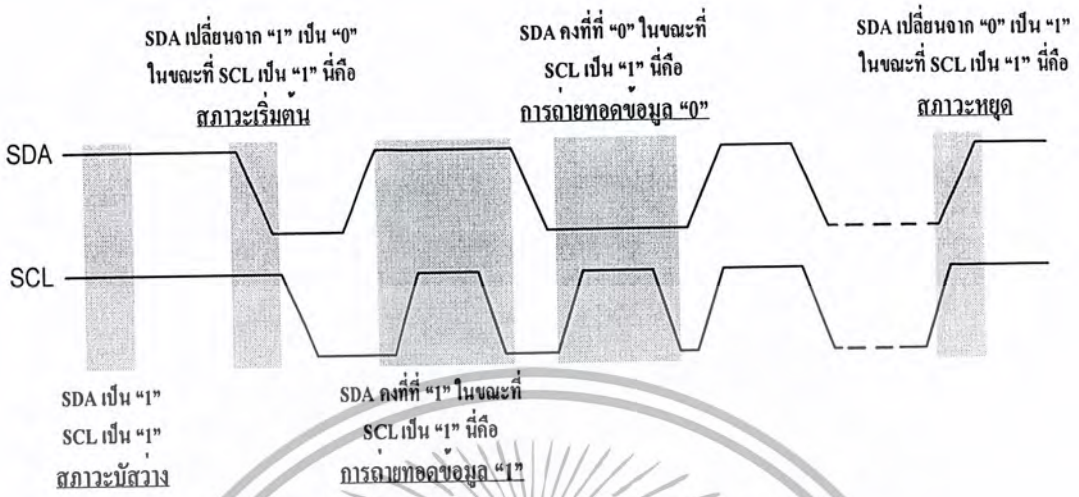
3. หยุดการถ่ายทอดข้อมูล **(Stop data transfer)** เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะหยุด (STOP)

4. ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส **(Data valid)** สภาวะนี้จะเกิดขึ้นถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสภาวะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับข้อมูลในจังหวะนั้นว่าเป็น "0" หรือ "1" ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นการหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น

5. รับรู้ข้อมูล **(Acknowledge)** เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิต เรียกว่า บิตรับรู้ (Acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์เลฟที่ถูกอ้างอิงถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.37 เป็นไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่าง ๆ บนบัน $I^2C$ ไม่ว่าจะเป็นสภาะบัสว่าง, เริ่มต้น, ถ่ายข้อมูล, รับรู้ และหยุดการถ่ายทอดข้อมูล




รูปที่ 2.37 ไดอะแกรมเวลาแสดงสถานะต่าง ๆ ในบัส $I^2C$

### 2.6.4 การทำงานบนบัส $I^2C$

ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บันบัส $I^2C$ นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต หรือ 10 บิต ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มากใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างอิงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มต้นการถ่ายทอดกันต่อไป

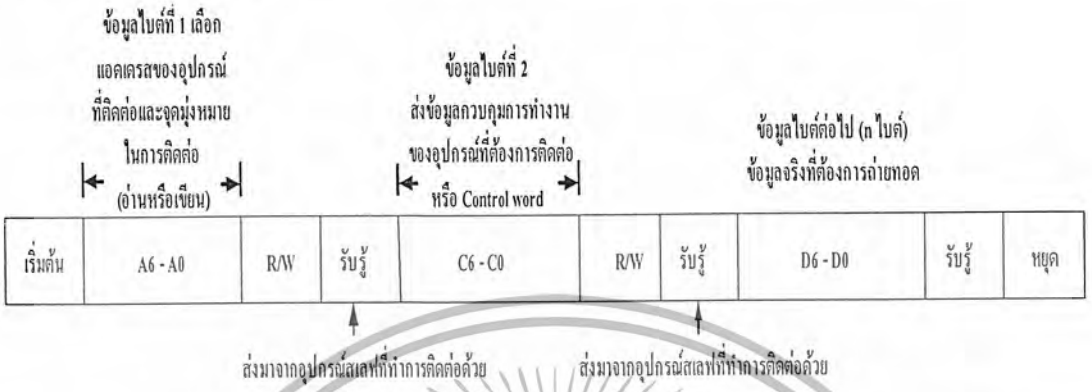
#### 2.6.4.1 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้น ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือ ข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแสดงในรูปที่ 2.38 ใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็น บิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (Fixed Address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิต ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิต เป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable Address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0-A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส $I^2C$ ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้น ๆ หากบิต LSB เป็น "0" หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (Control Byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ตจะมีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็นอินพุต บิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการข้อมูลควบคุมเพื่อกำหนดให้ทำงานเป็นวงจร ADC หรือ DAC เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (Data) หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้กลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ในรูปที่ 2.38 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นในการติดต่อบนบัส $I^2C$ ของการอ้างอิงแบบ 7 บิต




รูปที่ 2.38 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส $I^2C$ เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต

2.6.4.2 การอ้างถึงแบบ 10 บิต

ในการอ้างถึงแบบ นี้ ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกับแบบ 7 บิต หากแต่จะมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิต บนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิต ถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลไบต์ต่อมาเป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ ที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลไบต์ถัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุม ข้อมูลหลังจากนั้นก็จะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อ

เช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจากถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบต์ ต้องมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้นเพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ในรูปที่ 2.39 แสดงรูปแบบข้อมูลของการอ้างถึงแบบ 10 บิต

รูปที่ 2.39 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส $I^2C$ เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือไทม์คล็อก (RTC)

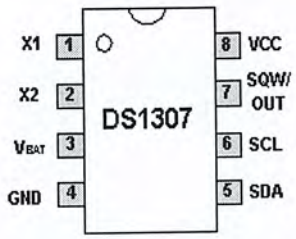
ผู้ผลิตคือ ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas semiconductor) มีหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย DS1307 จะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นค่าของเวลาที่ละเอียดของหลักวินาที, นาที, ชั่วโมง, วันที่ (date), วันสัปดาห์ (day), เดือน และปี โดยสามารถปรับวัน เดือน ปีให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการกำหนดวันในปีอธิกสุรทินด้วย คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญมีดังนี้

- เป็นไอซีไทม์คล็อกให้ข้อมูลตั้งแต่วินาที จนถึงปี รวมถึงการจัดวันในปี อธิกสุรทินด้วย สามารถให้ข้อมูลเวลาได้อย่างเที่ยงตรงถึงปีคริสตศักราช 2100
- มีหน่วยความจำ Nonvolative แรม 56 ไบต์อยู่ภายในสามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
- ใช้การเชื่อมต่อแบบระบบบัส $I^2C$
- มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงต่ำหรือหายไปอย่างอัตโนมัติ และสามารถรักษาข้อมูลเวลาไว้ได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงไอซี

### 2.7.1 รายละเอียดขาการต่อใช้งานของ DS1307

ในรูปที่ 2.40 แสดงการจัดขาของ DS1307 แต่ละขามีหน้าที่และการใช้งานดังนี้

- Vcc, GND (ขา 8, 4 ) ต่อกับไฟเลี้ยง +5 V
- $V_{BAT}$ (ขา 3) ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงานของวงจรสร้างฐานเวลาของ DS1307 ให้คงอยู่ต่อไปแม้ว่าไม่มีไฟเลี้ยงจ่ายให้แก่ DS1307 ชนิดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคือ แบตเตอรี่แบบลิเธียม ซึ่งมีความจุ mAhr หรือมากกว่าจะสามารถรักษาข้อมูลได้นาน 10 ปีที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส
- SDA, SCL (ขา 5 และขา 6) เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์บนระบบบัส $I^2C$
- SQW OUT (ขา 7) ที่ขานี้จะมีสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมส่งออกมา โดยสามารถเลือกความถี่ได้ 1Hz, 4.096Hz และ 32 kHz ในการใช้งานต้องต่อตัวต้านทาง 1KΩ Pull up ที่ขานี้ด้วย
- X1, X2 (ขา 1 และ ขา 2) จะใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 KHz เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างค่าเวลาจริง ในการใช้งานต้องต่อคริสตอลเข้ากับขาทั้งสองนี้และที่แต่ละขาต้องต่อตัวเก็บประจุค่าต่ำ ๆ ประมาณ 15 pF คร่อมกับขากราวนด์ด้วย




รูปที่ 2.40 การจัดขาของไอซี DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี DS1307 จัดการเชื่อมต่อในแบบ $I^2C$ โดยจะทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟเสมอ ดังนั้นการติดต่อเพื่อใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามที่กำหนดไว้ในการติดต่อแบบ $I^2C$ ส่วนประกอบหลักที่สำคัญและไดอะแกรมการทำงานของ DS1307 วงจรออสซิลเลเตอร์ถือเป็นหัวใจหลักของไอซีเนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อมูลจริงในขณะที่ DS1307 ทำงานที่ขา SQW / OUT จะมีสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลาในกรณีที่มีการอีนาเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีรีจิสเตอร์ควบคุมค่าความถี่ของสัญญาณนี้สามารถเลือกได้ 4 ค่า คือได้ 1Hz, 4.096kHz, 8.192 และ 32 kHz พร้อมกันนั้นจะมีการเก็บค่าของเวลาในหน่วยความจำ Nonvola time แรมซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์ แต่จัดสรรให้ใช้เก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์ และเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ใช้งานอีก 56 ไบต์

วงจรควบคุมกำลังงานไฟฟ้าจะตรวจสอบสภาวะของไฟเลี้ยงไอซีหากไฟเลี้ยงต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ ก็จะควบคุมให้ DS1307 หยุดการทำงานรีเซตค่าตัวนับแอดเดรสภายใน ทำให้ไม่สามารถติดต่อกับ DS1307 ได้ ดังนั้น ในการใช้งาน DS1307 ต้องระมัดระวังอย่าให้ไฟเลี้ยงตกต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ หรือประมาณ 3.75 V. ในกรณีที่ใช้ $V_{BAT}$ เท่ากับ 3V. ถ้าหากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ ไอซี DS1307 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันทีจะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา SQW / OUT แต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานเพื่อให้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด เมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1307 ก็จะสามารถให้ค่าของเวลาที่แท้จริงแก่ผู้ใช้งานได้ต่อไป

วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS1307 ได้รับการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบของบัส $I^2C$ เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง DS1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าเวลาและหน่วยความจำใช้งานทั่วไปได้โดยการเขียนข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในระบบบัส $I^2C$

### 2.7.2 การจัดสรรหน่วยความจำใน DS1307

ในรูปที่ 2.41 แสดงการจัดสรรพื้นที่ ของหน่วยความจำภายใน DS1307 พื้นที่ 7 ไบต์แรกตั้งแต่แอดเดรส 00H-06H เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ค่าเวลาในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลา ไบต์ต่อมาที่แอดเดรส 07H เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของ DS1307 ในรูปที่ 2.41 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS1307

ด้วยการจัดสรรพื้นที่แบบนี้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกข้อมูลเวลาออกมาได้ตามที่ต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องอ่านออกมาได้ทั้งหมดก็ได้ ค่าของเวลาทั้งหมดจะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบ สำหรับการแสดงในรูปของชั่วโมงสามารถเลือกได้ว่าต้องการแบบ 12 หรือ 24 ชั่วโมง โดยกำหนดที่บิต 6 ของแอดเดรส 02H และเมื่อเลือกแบบ 12 ชั่วโมงที่ บิต 5 ในแอดเดรสเดียวกันใช้ในการแสดงค่า AM/PM โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" หมายถึง ค่าชั่วโมงในขณะนี้เป็นช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน ในกรณีที่เป็น 24 ชั่วโมง บิตนี้จะใช้ในการแสดงค่า 2 ของหลักสิบในหน่วยชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | บิต 7 | บิต 6 | บิต 5 | บิต 4 | บิต 3 | บิต 2 | บิต 1 | บิต 0 | ค่าของข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00H | วินาที | CH | ข้อมูลวินาที (หลักสิบ) | | | ข้อมูลวินาที (หลักหน่วย) | | | | 00-59 |
| | นาที | X | ข้อมูลนาที (หลักสิบ) | | | ข้อมูลนาที (หลักหน่วย) | | | | 00-59 |
| | ชั่วโมง | X | 12 ชม. / 24 ชม. | ช่วงเวลา(หลักสิบ) AM/PM | ข้อมูลชั่วโมง (หลักสิบ) | ข้อมูลชั่วโมง (หลักหน่วย) | | | | 01-12 / 00-23 |
| | วัน | X | X | X | X | X | ข้อมูลวันในสัปดาห์ | | | 1-7. |
| | วันที่ | X | X | ข้อมูลวันที่ (หลักสิบ) | | ข้อมูลวันที่ (หลักหน่วย) | | | | 01-28/29 01-30 01-31 |
| | เดือน | X | | | ข้อมูลเดือน (หลักสิบ) | ข้อมูลเดือน(หลักหน่วย) | | | | 01-12. |
| | ปี | ข้อมูลปี (หลักสิบ) | | | | ข้อมูลปี (หลักหน่วย) | | | | 00-99 |
| 07H | รีจิสเตอร์ควบคุม | OUT | X | X | SQWE | X | X | RS1 | RS0 | |
| 08H | แรม 56 ไบต์ | | | | | | | | | |
| 3FH | | | | | | | | | | |

รูปที่ 2.41 การจัดสรรหน่วยความจำแรมภายใน พร้อมกับรายละเอียดของรีจิสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS1307

### 2.7.3 รีจิสเตอร์ควบคุม

มีแอดเดรสอยู่ที่ 07H โดยมีรายละเอียดของบิตดังนี้

OUT (Output control): ใช้ในการควบคุมระดับลอจิกที่ขา SQW OUT ในกรณีที่ดิสเอเบิลการกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" ที่ขา SQW OUT ก็จะเป็น "1" ถ้าบิตนี้เป็น "0" ที่ขา SQW OUT ก็จะเป็น "0"

SQWE (Square Wave Enable): ใช้ในการเอ็นเอเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ขา SQW OUT ถ้าต้องการให้มีสัญญาณสี่เหลี่ยมออกให้กำหนดบิต เป็น "1"

RS1, RS0 (Rate Select) : ใช้ในการเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม ที่ออกจากขา SQW OUT ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

| RS1 | RS0 | ค่าความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1Hz |
| 0 | 1 | 4.096Hz |
| 1 | 0 | 8.192Hz |
| 1 | 1 | 32.768Hz |

### 2.7.4 โหมดการทำงานของ DS1307

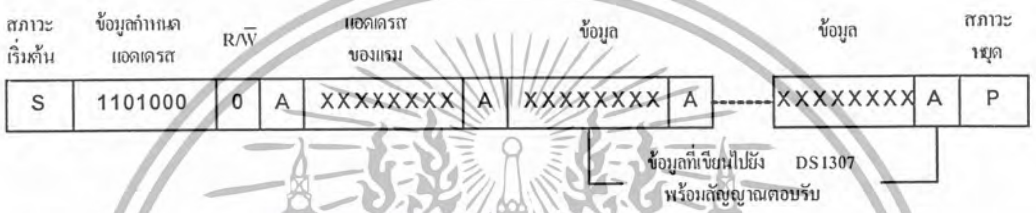
มีด้วยกัน 2 โหมด คือ โหมดเขียนข้อมูลและโหมดอ่านข้อมูล ในการใช้งาน DS1307 ตามปกติจะใช้งานเฉพาะโหมดอ่านข้อมูลเท่านั้น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับ DS1307 เพื่ออ่านข้อมูลของเวลาไปใช้งาน โหมดการเขียนข้อมูลจะถูกใช้งานก็ต่อเมื่อต้องการตั้งค่าเวลาใหม่และต้องการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำใช้งานทั่วไป อย่างไรก็ตามเมื่อเริ่มต้นติดต่อกับ DS1307 จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อนเพื่อกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านข้อมูลจากนั้นจึงเปลี่ยนโหมดการทำงานมาเป็นโหมดการอ่านข้อมูล

**2.7.4.1 โหมดการเขียนข้อมูล**

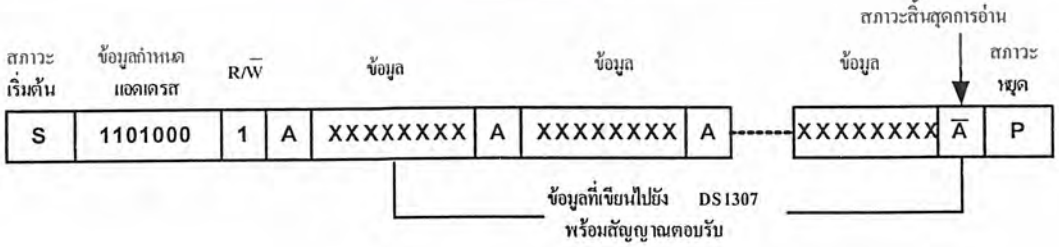
มีรูปแบบดังรูปที่ 2.42 เริ่มต้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดสภาวะเริ่มต้น (START: S) จากนั้นส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส 1101000 ตามด้วยข้อมูลเลือกการเขียน นั่นคือค่า 0 จากนั้นจะรอการตอบรับจาก DS1037 ขั้นตอนต่อมาคือ ส่งข้อมูลเพื่อเลือกแอดเดรสที่ต้องการเขียนจากนั้นรอการตอบรับจาก DS1307 เมื่อมีการตอบรับมาเรียบร้อยก็เริ่มทยอยเขียนข้อมูลลงไปครั้งละแอดเดรสหลังจากเขียนข้อมูลในแต่ละแอดเดรส จะต้องหยุดรอการตอบรับจาก DS1307 ทุกครั้งจึงจะสามารถเขียนข้อมูลต่อไปได้ เมื่อเขียนเรียบร้อยแล้วให้ส่งสภาวะหยุด (STOP: P) เป็นอันสิ้นสุดกระบวนการเขียนข้อมูล




รูปที่ 2.42 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล

**2.7.4.2 โหมดการอ่านข้อมูล**

มีรูปแบบการทำงานแสดงดังรูป 2.43 โดยเริ่มต้นการทำงานเหมือนกับโหมดการเขียนข้อมูลคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนดสภาวะเริ่มต้นแล้วส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส ตามด้วยข้อมูลเลือกการอ่าน ซึ่งเท่ากับ 1 จากนั้นรอการตอบรับจาก DS1307 เมื่อตอบรับเรียบร้อย DS1307 จะทยอยส่งข้อมูลออกมาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ คราวละ 1 แอดเดรส หรือ 1 ไบต์ โดยแอดเดรสที่เลือกอ่านข้อมูลจะต้องมีการกำหนดมาก่อนล่วงหน้าด้วยโหมดการเขียนข้อมูล วิธีการง่าย ๆ คือ เข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อน เมื่อถึงจังหวะที่ต้องเขียนข้อมูลให้ทำการสร้างสภาวะเริ่มต้น และส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสใหม่อีกครั้ง ตามด้วยการเลือกโหมดการอ่านข้อมูล ข้อมูลที่ออกมาจาก DS1307 จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้

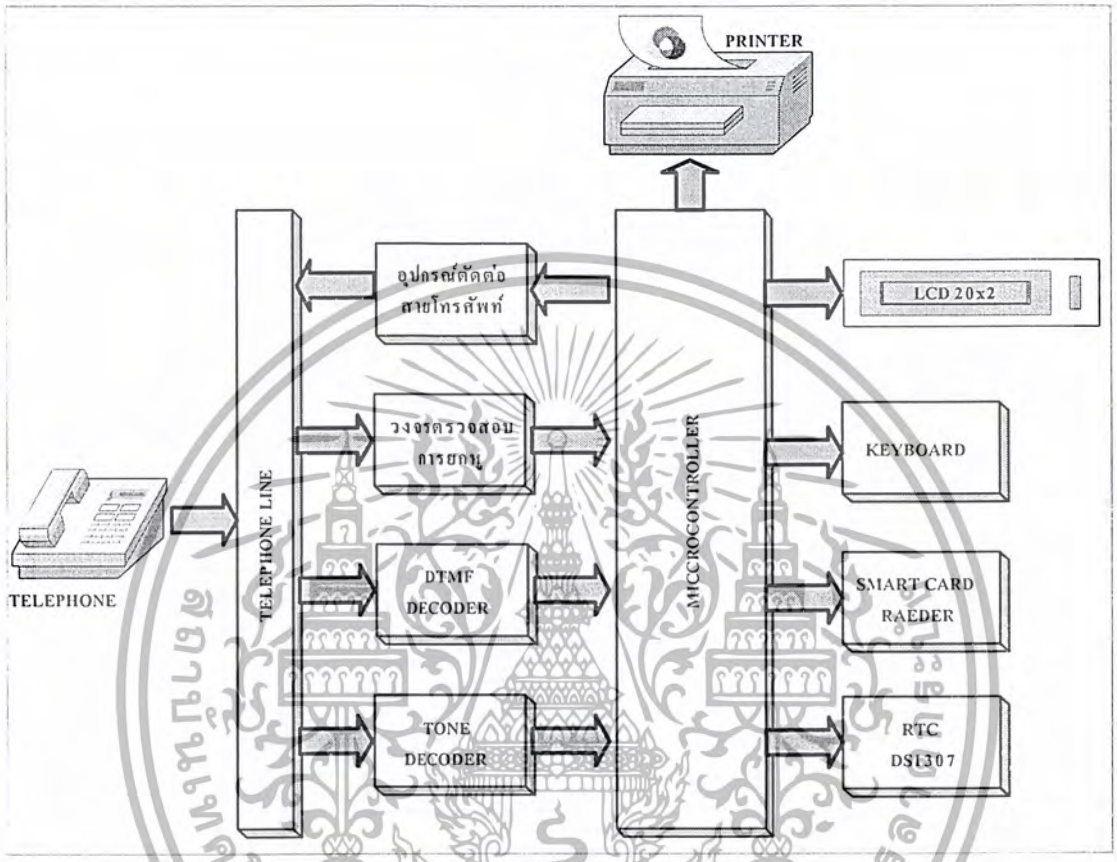



รูปที่ 2.43 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การออกแบบและการสร้าง

## 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์




รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการจะใช้โทรศัพท์เพื่อทำการโทรออกจะต้องทำการสอดบัตรโทรศัพท์สาธารณะ (TOT CARD) ที่ผ่านการลงทะเบียนแล้ว เข้าที่อุปกรณ์อ่านรหัสการ์ด อุปกรณ์อ่านรหัสการ์ดจะส่งข้อมูลที่อ่านได้ทั้ง 48 ไบต์ เข้าไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการเปรียบเทียบกับรหัสที่ได้บันทึกไว้ ถ้าพบว่ารหัสบนการ์ดถูกต้องก็จะแสดงรหัสประจำตัวผู้ใช้บัตรและทำการสวิทซ์สายโทรศัพท์ให้สัญญาณโทรศัพท์เข้าสู่เครื่องโทรศัพท์ สถานะการตรวจสอบรหัสบนการ์ดจะแสดงผลการทำงานบนหน้าจอ LCD เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าการตรวจสอบรหัสการ์ดนี้ถูกหรือผิด สามารถที่จะเข้าใช้โทรศัพท์เพื่อการโทรออกได้หรือไม่

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์กดหมายเลขปลายทางที่ต้องการติดต่อ สัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งออกมาจะถูกแปลงให้เป็นรหัสดิจิตอลโดยวงจร DTMF DECODER เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำข้อมูลนี้ไปทำการบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มจับเวลาที่เริ่มใช้โทรศัพท์โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสถานะของเอาท์พุทวงจร TONE DECODER ที่ เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงลอจิกตามสัญญาณโทรศัพท์ และการเลิกจับเวลาการใช้งานโทรศัพท์จะถูกยกเลิกเมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ได้ทำการวางหูโทรศัพท์ลง โดยมีวงจรตรวจสอบการวางหูโทรศัพท์และส่งข้อมูลที่ตรวจสอบได้เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลบันทึกการใช้งานโทรศัพท์จะทำการบันทึกเก็บไว้ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถเรียกดูข้อมูลได้โดยใช้คำสั่งควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลด้วยจอ LCD และสามารถทำการพิมพ์ผลออกแสดงทางเครื่องพิมพ์ได้

## 3.2 โครงสร้างของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์

### 3.2.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Structure)

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมการใช้โทรศัพท์โดยใช้ TOT CARD แบ่งได้ 3 ส่วน

1. วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector Circuit) ประกอบด้วย

- ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า (Ringing Tone Detector)
- ส่วนตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ (Hook Status Detector)
- ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF (DTMF Detector)
- ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ring Back and Busy Tone Detector)

2. วงจรควบคุมและประมวลผล (Control and Processing) ประกอบด้วย

- วงจรถอดรหัสแอดเดรส
- วงจรเชื่อมต่อ IC 8255
- วงจรเชื่อมต่อ หน่วยความจำ EEPROM

3. วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (I/O Interface) ประกอบด้วย

- ส่วนอ่านการ์ด (Card reader)
- ส่วนเชื่อมกับเครื่องพิมพ์ (Printer Interface)
- ส่วนบันทึกข้อมูลและนาฬิกาจริง (Memory and Real Time Clock)
- ส่วน เชื่อมต่อจอแสดงผลLCD แสดงผล (LCD Display Interface)
- ส่วน เชื่อมต่อการป้อนข้อมูล (Keyboard Interface)

### 3.3.2 โครงสร้างทางซอฟแวร์ (Software Structure)

โครงสร้างทางซอฟแวร์เป็นส่วนที่เกี่ยวกับโปรแกรมคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ ให้ทำงานตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้โดยมีโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- โปรแกรมหลักของเครื่อง
- โปรแกรมย่อย การตรวจสอบการ์ด
- โปรแกรมย่อยการใช้โทรศัพท์โทรออก
- โปรแกรมย่อยในการตรวจสอบการรับสายของหมายเลขปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

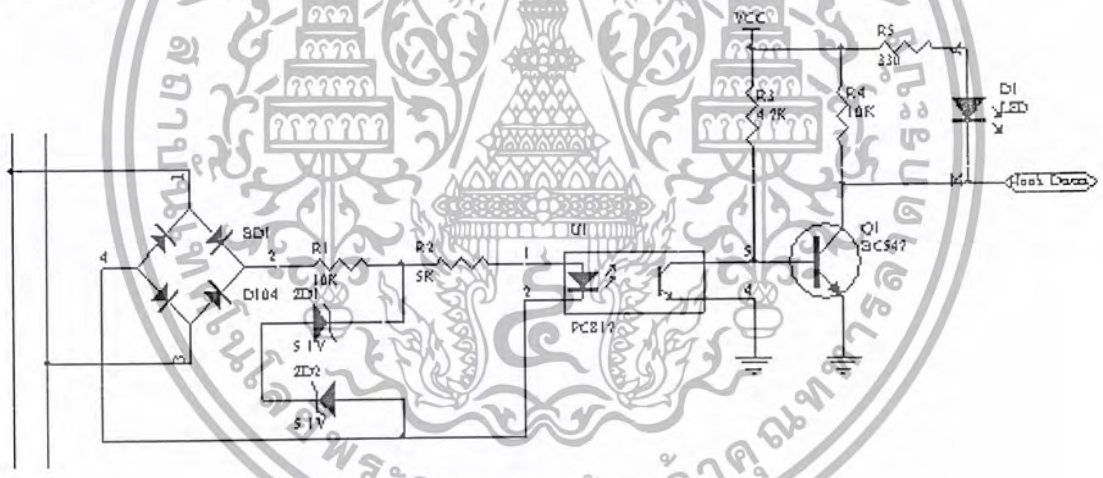
- โปรแกรมย่อยบันทึกข้อมูลการโทรออก
- โปรแกรมย่อยการแสดงผลผ่านจอ LCD
- โปรแกรมย่อยการแสดงผลผ่านเครื่องพิมพ์
- โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด

### 3.3 การออกแบบวงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณนี้ประกอบด้วยวงจรย่อย 4 วงจร ได้แก่ วงจรตรวจจับการยกโทรศัพท์, วงจรตรวจสอบรหัสหมายเลขโทรศัพท์, วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกเข้า และวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

#### 3.3.1 การออกแบบวงจรตรวจสอบการวางหูและยกหูโทรศัพท์

การทำงานของวงจร ในสภาวะปกติสายโทรศัพท์จะมีแรงดันประมาณ 48 โวลต์ เมื่อยกหูจะมีแรงดันลดลงเหลือประมาร 6-8 โวลต์ ทั้งนี้ขนาดของแรงดันจะขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่องและระยะทางของคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งวงจรที่ได้ทำการทดลองตรวจจับแรงดันของการยกหู/วางหู แสดงดังรูปที่ 3.2




รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับการยกหู/วางหู

จากวงจรในรูปที่ 3.2 แรงดันไฟตรงประมาณ 48 ถึง 52 โวลต์ จากคู่สายโทรศัพท์จะถูกจัดขั้วแรงดันใหม่โดยบริดจ์ไดโอด BD1 แล้วผ่าน R1, ZD1, ZD2 เพื่อลดขนาดของแรงดันให้ต่ำลงและจำกัดแรงดันไว้ประมาณ 10 โวลต์ จากนั้นก็ผ่าน R2 เข้าขาแอโนดของ LED ที่อยู่ภายในออปโตไอโซเลเตอร์ OPT1 ให้ทำงาน ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่ทำงานเนื่องจากขา B ของ Q1 ถูกต่อลงกราวด์ผ่าน C และ E ของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในออปโตไอโซเลเตอร์ ทำให้แรงดันที่ขา B ของ Q1 วัดได้ประมาณ 0 โวลต์ ส่งผลให้แรงดันที่ขา C สูงเกือบเท่าแหล่งจ่ายหรือประมาณ 5 โวลต์ LED1 จึงไม่ทำงาน

เมื่อมีการยกหูเกิดขึ้นจะทำให้แรงดันที่คู่สายตกลงเหลือประมาณ 8 ถึง 12 โวลต์ ซึ่งแรงดันจากคู่สายโทรศัพท์จะถูกจัดขั้วแรงดันใหม่ โดยบริดจ์ไดโอด BD1 แล้วผ่าน R1, ZD1, ZD2 เพื่อลดขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันให้ต่ำลงเช่นเดียวดัน แต่แรงดันที่ลดขนาดลงนี้ ไม่เพียงพอที่จะทำให้ออปโตไอโซเลเตอร์ทำงานได้ ส่งผลให้ Q1 ทำงานเนื่องจากที่ขา B ได้รับแรงดันผ่านมาทาง R3 ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขา C และ E ลงกราวด์ ดังนั้นแรงดันที่ขา C ของ Q1 จึงตกลงเหลือประมาณ 0 โวลต์ โดยมี R4 เป็นโหลด ซึ่งผลการวัดแรงดันเป็นดังตาราง 3.1

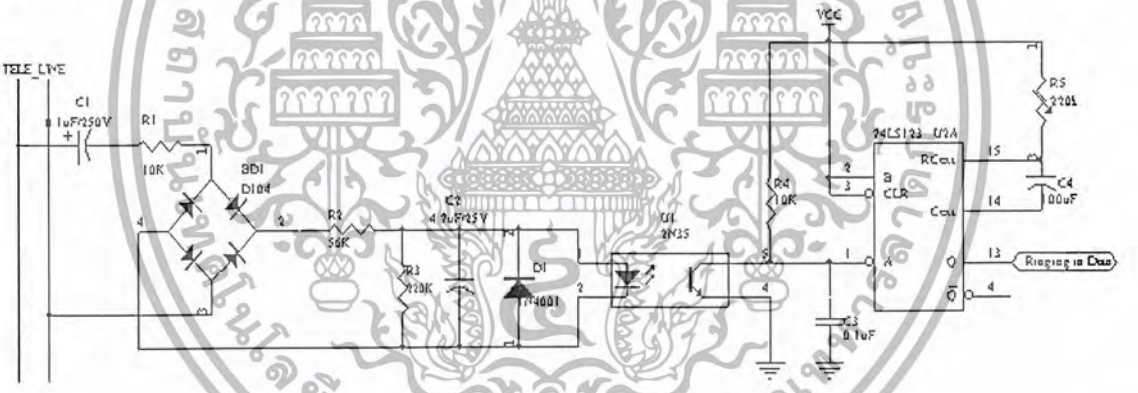
ตารางที่ 3.1 แสดงสถานะของระดับสัญญาณเมื่อยกหูโทรศัพท์

| สถานะ | แรงดันที่ขา C ของ Q1 |
|---|---|
| ก่อนยกหู | 5.07 V |
| หลังยกหู | 0.04 V |

3.3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก **(Ringing Detector)**

เป็นสัญญาณกระดิ่งหรือสัญญาณเรียกเข้าดังประมาณ 1 ถึง 2 วินาที หยุดประมาณ 3 ถึง 4 วินาที ซึ่งเป็นแรงดันไฟสลับประมาณ 40 ถึง 150 โวลต์ ความถี่ 20 ถึง 40 เฮิรตซ์ สำหรับแถบอเมริกา และ 15 ถึง 68 เฮิรตซ์ สำหรับแถบยุโรป สำหรับความถี่มาตรฐานที่ใช้งานกันก็คือ 20 เฮิรตซ์ สำหรับแถบยุโรป

การตรวจสัญญาณชนิดนี้สามารถทำได้โดยการตรวจจับการเกิดแรงดันไฟสลับที่เกิดขึ้นชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งก็คือสัญญาณ กระดิ่งนั่นเองโดยวงจรที่ได้ แสดงดังรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

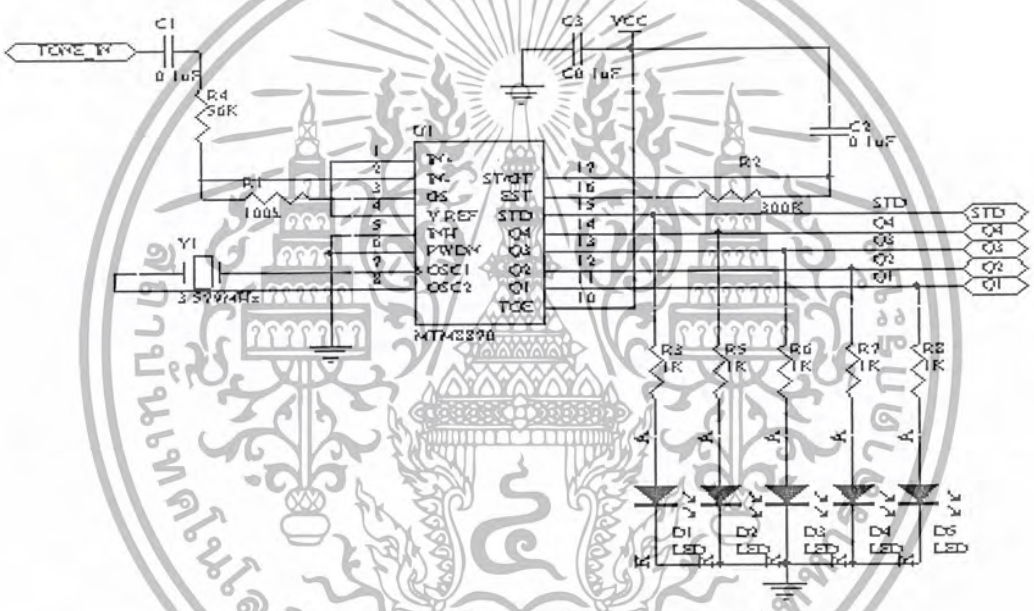
จากรูปที่ 3.3 ตัวเก็บประจุ C1 ทำหน้าที่กั้นแรงดันไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไม่ให้ผ่านเข้าไปสู่วงจรได้ R1 ทำหน้าที่ลดขนาดของแรงดันของสัญญาณกระดิ่งที่เข้ามา R2, R3 ร่วมกันทำหน้าที่เป็นวงจรดิไวเดอร์หรือลดขนาดแรงดันไฟตรงที่ผ่านมาทาง BD1 ให้ต่ำลง จากนั้น C2 ก็จะทำการกรองให้แรงดันไฟตรงนั้นเรียบยิ่งขึ้น ซึ่ง R3 ยังทำหน้าที่เป็นตัวดิจชาร์จให้กับ C2 ช่วงที่ไม่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาอีกด้วย D1 หน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับอันเป็นเหตุให้ LED ภายในออปโตไอโซเลเตอร์เสียหายได้ ทางด้านเอาท์พุท จะเห็นว่าเอาท์พุท อยู่ 2 จุด คือ Output1 จะเป็นพัลส์ขอบขาลง ส่วน Output2 จะเป็นพัลส์ขอบขาขึ้น ซึ่งสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้ทั้ง 2 จุด

ขณะที่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาแรงดันของที่เข้ามาก็จะถูกลดทอนโดย C1, R1 ผ่าน BD1 เพื่อเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟตรง จากนั้นก็จะถูกลดโดย R2 และ R3 อีกครั้ง แรงดันไฟตรงที่ถูกลดแล้วก็จะป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าขาแอโนดของ LED ภายในออปโตไอโซเลเตอร์ ที่ขา 1 เมื่อ LED ภายในทำงาน ก็จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ภายในทำงานด้วยเช่นกัน ทำให้ขา 5 ของออปโตไอโซเลเตอร์หรือ ขา C ของทรานซิสเตอร์ภายถูกต่อลงกราวด์ แรงดันที่ขา 5 ก็จะลดลงเกือบ 0 โวลต์ เกิดเป็นพัลส์ของขาลดลง ส่งผลให้ขา B ของ U1 ถูกต่อลงกราวด์ด้วยเช่นกัน U1 จึงทำงาน ที่ขา U1 จึงมีแรงดันตกคร่อม R6 เกิดเป็นพัลส์ขอบขาขึ้นเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาที่ขา 5 ของออปโตไอโซเลเตอร์จะมีสถานะ “0” 1 วินาที และ “1” 4 วินาที สลับกันไป แต่สภาวะลอจิก “0” และ “1” ที่สลับกันนี้ยากในการเขียนโปรแกรมควบคุมดังนั้นจึงต้องต่อ 74LS123 ทำหน้าที่เป็นวงจร โมโนสเตเบิ้ล (Monostable Multivibrator) เพื่อคงสถานะของสภาวะลอจิก “1” ตลอดเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา และจะเป็นสภาวะลอจิก “0” เมื่อไม่มีสัญญาณเรียกเข้ามา ซึ่งวงจรโมโนสเตเบิ้ลนี้จะปรับช่วงเวลาที่ทริกโดยการปรับ R5

### 3.3.3 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF Decoder)




รูปที่ 3.4 วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์

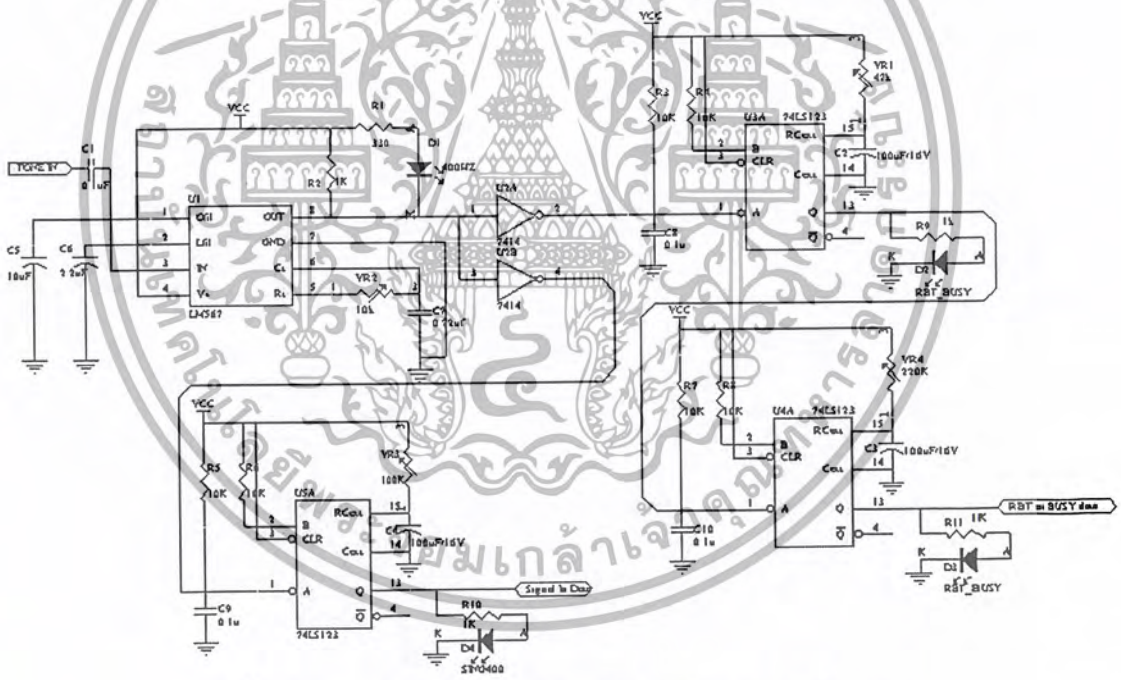
วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์จะใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ MT8870 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการถอดรหัสความถี่ DTMF ออกมาเป็นรหัสไบนารี่ 4 บิต ภายใน MT8870 ซึ่งจะประกอบไปด้วยภาคกรองความถี่ ภาคถอดรหัสภาคตรวจสัญญาณ, ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง และภาคกำเนิดความถี่ โดยจะใช้คริสตอล 3.576 เมกกะเฮิรตซ์เป็นฐานเวลา จากวงจรจะใช้แมชชิ่ง (Matching) 600 โอห์ม มาเป็นตัวคัปปลิ้ง (Coupling) สัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ เข้ามายังวงจรเฉพาะสัญญาณไฟสลับเท่านั้นและยังทำหน้าที่ ในการแยกกราวด์ (Ground) ของวงจรอีกด้วย เพราะในคู่สายโทรศัพท์จะมีสัญญาณรบกวนต่าง ๆ มากมายซึ่งอาจจะมีผลต่อการดีโค้ตสัญญาณได้ หลังจากที่ทำการกดหมายเลขและไอซีทำการดีโค้ตรหัสแล้ว ก็จะส่งไบนารี่มาเป็นเอาท์พุท Q1-Q4 จากนั้นไอซีก็จะทำการแลตซ์ค่าสัญญาณนั้นเอาไว้จนกว่าจะได้รับสัญญาณใหม่เข้า แล้วจึงค่อยเปลี่ยนเป็นรหัสตัวใหม่ โดยในการเขียนโปรแกรมควบคุมนั้นจะใช้สัญญาณจากขา STD และ Q1-Q4 เป็นตัวเช็คสถานะในการเขียนโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ringback, Busy Tone Detector)**

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์จะได้ยินสัญญาณ dial tone เอาท์พุทของ LM 567 ที่ขา 8 จะได้ลอจิก "0" เมื่อมีการกดหมายเลขจะทำให้สัญญาณ dial tone เงียบหายไปซึ่งจะทำให้เอาท์พุทของ LM 567 นี้จะเปลี่ยนมาเป็นลอจิก "1" สัญญาณที่จะทำให้เอาท์พุทของไอซี LM 567 เปลี่ยนแปลงจากลอจิก "1" เป็น "0" นั้นได้แก่สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) ซึ่งสัญญาณนี้จะมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ และ 480 เฮิรตซ์ ติด 1 วินาที ดับ 4 วินาที สลับกันซึ่งจะทำให้เอาท์พุทที่ได้มีค่า "0" และ "1" สลับกัน และอีกสัญญาณหนึ่งคือสัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) ซึ่งสัญญาณนี้จะมีความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ ซึ่งจะติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที ซึ่งก็จะทำให้เอาท์พุทเป็น "0" และ "1" สลับกัน ซึ่งสัญญาณเอาท์พุทเหล่านี้จะถูกส่งเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการเปรียบเทียบระดับสัญญาณ โดยจะเลือกเอาเฉพาะสัญญาณที่เป็น "1" นานกว่า 4 วินาที มาใช้ในการเริ่มต้นการจับเวลาการใช้โทรศัพท์ และจะสิ้นสุดการจับเวลาเมื่อเครื่องโทรศัพท์ถูกวางหูลง

การตรวจจับสัญญาณ Ringback Tone สามารถทำได้โดยตรวจจับความถี่ 400 เฮิรตซ์ ซึ่งวงจรที่ทำหน้าที่นี้ก็คือเฟสล็อคลูป (PLL: Phase Lock Loop) และในส่วนของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานได้แก่ ไอซีเบอร์ 567 วงจรเฟสล็อคลูปที่ใช้ทดลองตรวจจับความถี่ 400 เฮิรตซ์ แสดงดังรูปที่ 3.5




รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง

จากวงจรในรูปที่ 3.5 สามารถคำนวณกาค่าความถี่ที่จะตรวจจับได้จากสูตร $f = 1 / (1.1RC)$

จากรูปที่ 3.5 ตัวเก็บประจุ C1 ทำหน้าที่คัปปลิ้งเฉพาะสัญญาณเสียงโทนให้ผ่านเข้าไปได้เท่านั้น R, C ทำหน้าที่เป็นไทม์คอนสแตนท์ที่จะนำความถี่ไปเปรียบเทียบกับความถี่ที่รับเข้ามา C6 เป็นตัวกำหนดความเหมาะสมระหว่างแบนด์วิดธ์กับความเร็วในการตรวจจับให้สมดุลกันซึ่งค่าที่เหมาะสมก็คือ 2.2 ไม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครฟารัด C5 เป็นตัวป้องกันเอาท์พุทจากการรบกวนของสัญญาณกระดิ่งและค่าที่เหมาะสมคือ 10 ไมโครฟารัด

ส่วน R2 เป็นตัวพูลอัพให้กับทรานซิสเตอร์เอาท์พุทที่อยู่ภายในไอซี 567 เนื่องจากว่าเอาท์พุทของไอซีเป็นแบบ Open collector และไม่มี Pull up Resister อยู่ภายใน เมื่อมีการตรวจจับสัญญาณอินพุทที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ ก็จะนำมาเปรียบเทียบว่าตรงกับค่า RC Time constant ที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งถ้าตรงกันก็จะให้เอาท์พุทเป็นลอจิก "0" ตามสัญญาณที่รับเข้ามาทำให้ LED ที่ต่ออยู่ติดสว่างตามไปด้วย R1 ควรใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบ MULTI TURN หรือจำนวนรอบมาก ๆ เพราะสามารถปรับค่าความถี่ได้ละเอียดยิ่งขึ้น

ลอจิกที่เอาท์พุทจะเกิดขึ้นตามสัญญาณ Ring Back Tone ที่รับเข้ามา คือ มีเอาท์พุทประมาณ 1 วินาที และหยุดประมาณ 4 วินาที ดังนั้น เมื่อนำไปต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะต้องตรวจสอบระยะเวลาการเกิดลอจิกที่เอาท์พุทของเฟสล็อคลูปว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้าระยะเวลาการเกิดลอจิก "1" ที่เอาท์พุทนานกว่าที่กำหนดแสดงว่า ปลายทางมีการรับสายหรือยกหูแล้ว เพราะว่าความถี่ 400 เฮิรตซ์ จะหายไป

แต่เนื่องจากการเปลี่ยนสภาวะลอจิก "0" และ "1" สลับกันไปนี้ทำให้ยากต่อการเขียนโปรแกรมควบคุม ดังนั้นจึงต่อวงจรโมโนสเตเบิ้ลเพิ่มเข้าไป โดยมีการใช้วงจรโมโนสเตเบิ้ล 2 ชุด ชุดที่หนึ่งใช้ U5A ที่เป็นไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำมาทำการแสดงค่าเมื่อมีสัญญาณเข้ามาไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเรียกกลับ (Ring back Tone) หรือสัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) โดยต้องปรับคาบเวลาของสัญญาณที่ได้จาก U5A ให้มีค่ามากกว่า 5 วินาที เล็กน้อย เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา ไอซีโมโนสเตเบิ้ล U5A ที่ทำการตั้งค่าเวลาคงที่เอาไว้ที่มากกว่า 5 วินาที เล็กน้อยจะได้รับการทริกเป็นช่วง ๆ ละ 5 วินาที จึงมีการทริกซ้ำส่งผลให้ค่าช่วงเวลาที่มีแรงดันประมาณ 5 โวลต์ เกิดการหน่วงเวลาออกไปอีกเนื่องจากการทริกซ้ำ โดยสัญญาณสายไม่ว่างก็มีผลเช่นเดียวกับสัญญาณเรียกกลับเพราะมีการทริกซ้ำเป็นช่วง ช่วงละเวลา 0.5 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่า หากมีการทริกซ้ำที่ช่วงเวลาน้อยกว่าที่ทำการตั้งค่าเวลาคงที่ของวงจรไว้จะได้ค่าแรงดันที่ประมาณ 5 โวลต์ตลอด ดังนั้น เอาท์พุทคงสภาวะ "1" ตลอดที่มีสัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณสายไม่ว่างเข้ามาโดยการตั้งค่าคาบเวลาคงที่ของวงจรสามารถตั้งได้ที่ VR ที่ใช้ความสัมพันธ์ T=0.35 *R*C โดย T คือค่าเวลาคงที่โดยใช้ IC 74LS123 เป็นตัวสร้างวงจรโมโนสเตเบิ้ล

ส่วนวงจรโมโนสเตเบิ้ลชุดที่สองจะใช้ไอซีโมโนสเตเบิ้ลสองชุด ในการตรวจสอบ โดย ส่วนแรกใช้ไอซี U3A จะต้องตั้งค่าช่วงเวลาที่ให้มากกว่า 1 วินาทีเล็กน้อย เมื่อมีสัญญาณสายไม่ว่างเข้ามาจะทำให้ได้ค่าแรงดันประมาณ 5 โวลต์ตลอด ส่งผลให้วงจรโมโนสเตเบิ้ลส่วนที่สองไม่มีการทริก เพราะวงจรต้องใช้การทริกที่ขอบขาลงเท่านั้น ดังนั้นวงจรส่วนที่สอง ไอซี U4A เมื่อไม่ได้รับการทริกจึงมีแรงดันเอาท์พุทเพียง 0 โวลต์ หรือลอจิก "0" แต่เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามาที่ ไอซี U3A มันจะไม่เกิดการทริกซ้ำเพราะสัญญาณเรียกกลับมีค่าเวลา 5 วินาที ที่มากกว่าค่าเวลาคงที่ของวงจรโมโนสเตเบิ้ลที่ตั้งไว้ที่มากกว่า 1 วินาทีเล็กน้อย ดังนั้นมันจึงให้เอาท์พุทเป็นช่วง ช่วงละ 1 วินาที ดังนั้นจึงเป็นการทริกซ้ำให้กับไอซี U4A ที่ตั้งค่าเวลาคงที่เอาไว้ที่ ประมาณ 5.2 วินาที ดังนั้น จึงทำให้ได้เอาท์พุทที่ U4A เป็นสภาวะลอจิก "1" ตลอด เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

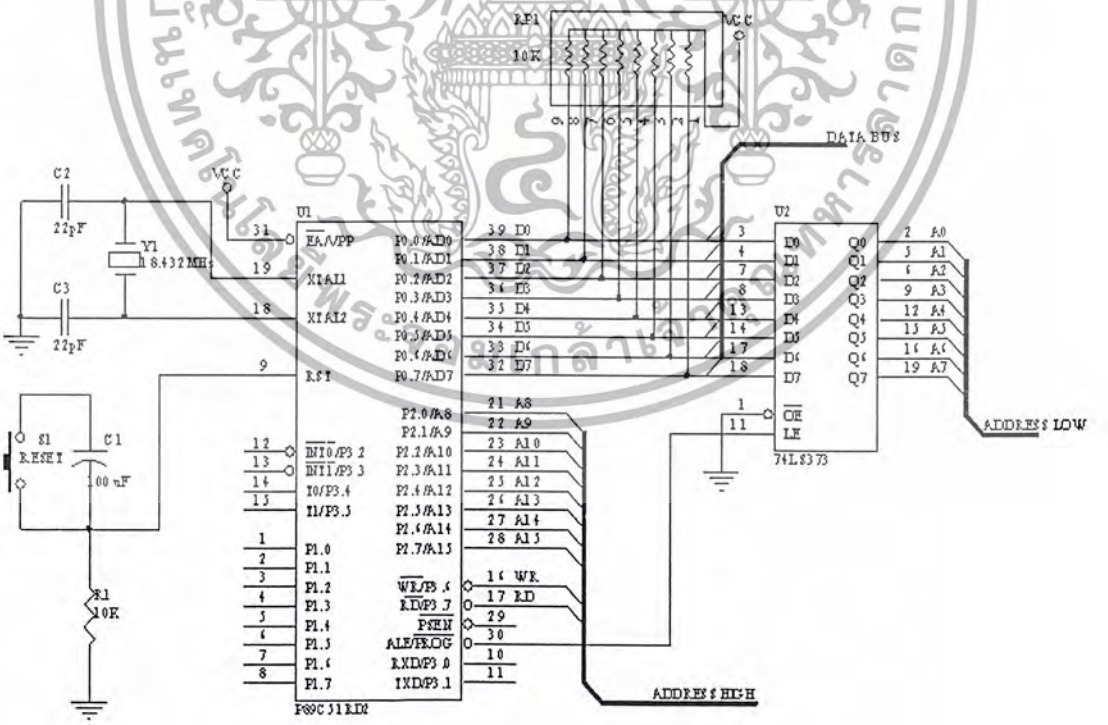
## 3.4 การออกแบบวงจรควบคุม

### 3.4.1 ส่วนประมวลผลกลาง

ในการงานจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51ที่มีหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash memory) ของ Philips Semiconductor เบอร์ P89C51RD2 สำหรับคุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเด่นมีดังต่อไปนี้

- เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีหน่วยความจำข้อมูล (Data memory) ภายใน 1 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) ภายใน ขนาด 64 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำข้อมูลแรม 256 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00-FFH
- สามารถโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง

จากคุณสมบัติของ P89C51RD2 ที่ มีหน่วยความจำโปรแกรมถึง 64 กิโลไบต์ ไม่จำเป็นต้องต่อ EPROM ภายนอกเพิ่มทำให้การต่อขา EA ของ MCU ต้องต่อ +VCC ไว้ ส่วน CLOCK ของระบบใช้ OSCILLATOR ที่มีความถี่ขนาด 18.432 MHz การต่อขารีเซ็ตและขาอื่น ๆ จะกระทำเหมือนทั่วไป ดังแสดงในวงจรรูปที่ 3.6 แสดงการต่อขารีเซ็ตและขา OSCILLATOR ของ P89C51RD2 ซึ่งจะเห็นว่าขา DATA BUS กับ ADDRESS BUS 8 ไบต์ต่ำจะเป็นขาเดียวกันแต่แยกโดยขา ALE โดยจะใช้ IC เบอร์ 74LS373 เป็นตัว LATCH ค้าง ADDRESS ไว้




รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการต่อใช้งาน P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4.2 การออกแบบวงจรถอดรหัสสำหรับหน่วยความจำและไอโอ**

วงจรถอดรหัสตำแหน่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เพราะเป็นตัวใช้เลือกชิปให้ทำงานทีละตัว มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล เนื่องจากชิปแต่ละตัวจะถูกต่อเชื่อมโยงเข้าดับบัสเดียวกันเช่น Address Bus และ Data Bus

**3.4.2.1 วงจนถอดรหัสสำหรับหน่วยความจำ (Memory Decoder)**

วงจรถอดรหัส หมายถึง วงจรที่ให้เอาท์พุทออกมาตามฟังก์ชั่นของอินพุท เช่น

2 to 4 line decoder

3 to 8 line decoder

4 to 16 line decoder

**3 to 8 line decoder** หมายถึง มีอินพุท 3 line และมีเอาท์พุท 8 line ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความจริงของ 3 to 8 line decoder

| อินพุท | | | เอาท์พุท | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | B | A | Y0 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

จากตารางที่ 3.2 บรรทัดที่ 1 จะพบว่า

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่า 0, 0, 0 จะได้ 0 ที่ $Y_0$ นอกนั้นเป็น 1 หมด

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่า 0, 0, 1 จะได้ 0 ที่ $Y_1$ นอกนั้นเป็น 1 หมด

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่า 0, 1, 0 จะได้ 0 ที่ $Y_2$ นอกนั้นเป็น 1 หมด

**3 to 8 line decoder with enable input**

Decoder แบบนี้จะมีขาอินพุท 2 ชุด คือ

**Input Select** หมายถึง ขาอินพุทที่ใช้เลือกเอาท์พุท เช่น ขา C, B, A

**Input Enable** หมายถึง ขาอินพุทที่ใช้ควบคุมให้มีการถอดรหัสหรือไม่มีการถอดรหัสมีในเบอร์ 74LS138 ตารางค่าความจริงตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางค่าความจริงของ 74LS138

| Input | | อินพุท | | | เอาท์พุท | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G1 | G2* | C | B | A | Y0 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| X | 1 | X | X | X | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | X | X | X | X | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

การทำงานของ 74LS138 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ถ้าต้องการให้มีการถอดรหัส ได้ต้องป้อนอินพุทที่ขา C, B, A โดยขา A จะเป็นบิต LSB ขา C จะเป็นบิต MSB

ส่วนขา G1 ต้องป้อน High

G2 ต้องป้อน Low

ถ้าต้องการถอดรหัส ก็ต้องป้อนอินพุทที่ขา C, B, A โดยขา A จะเป็นบิต LSB ขา C จะเป็นบิต MSB

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่า 0, 0, 0 จะได้ 0 ที่ $Y_0$ นอกนั้นเป็น 1 หมด

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่า 0, 0, 1 จะได้ 0 ที่ $Y_1$ นอกนั้นเป็น 1 หมด

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่า 0, 1, 0 จะได้ 0 ที่ $Y_2$ นอกนั้นเป็น 1 หมด

3.4.2.2 การออกแบบวงจรถอดรหัส

การออกแบบวงจรถอดรหัสของหน่วยความจำ จำเป็นต้องศึกษา IC ที่จะนำมาถอดรหัสตามจุดประสงค์เบอร์ที่นิยมก็คือ 74LS138 (3 to 8 Line Decoder with Enable input) มีตารางค่าความจริง ตามตารางที่ 3.3

จากตารางที่ 3.4 จะพบว่าทางด้านอินพุทมี 2 ชุด คือ

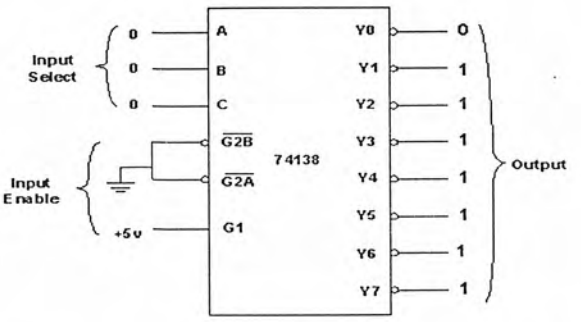
1. Input Select มีขา A, B, C ใช้เลือกเอาท์พุท $Y_0$ ถึง $Y_7$
2. Input Enable มีขา $G_1$ และ $G_2$

โดย $G_1$ ต้องการ High และ $G_2$ ต้องการ Low ($G_2$ ก็คือขา $G_2A$ และ $G_2B$)

เอาท์พุทจะมีขา $Y_0$ จนถึง $Y_7$ โดยจะแอคทีฟที่ Low เพียงเอาท์พุทเดียว

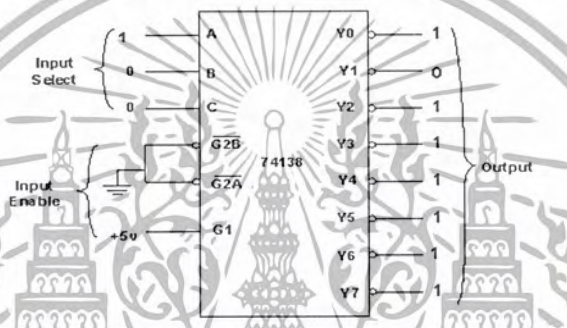
ถ้าอินพุทที่เข้ามาเป็น Low ที่ A, B, C ก็จะได้ $Y_0$ = Low ที่เหลือจะเป็น High ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.7 การถอดรหัสเมื่ออินพุท C, B, A = 0, 0, 0

เมื่ออินพุท C, B, A มีค่าเป็น 0, 0, 1 จะได้เอาท์พุทเป็น Low ที่ $Y_1$ ส่วนขาที่เหลือจะเป็น High ดังรูปที่ 3.8




รูปที่ 3.8 การถอดรหัสเมื่อป้อน C, B, A = 0, 0, 1

### 3.4.3 การเชื่อมโยง 8255 กับ MCS-51

8255 พีพีไอ (Programmable Peripheral Interface: PPI) เป็นชิปพอร์ทแบบขนานที่นิยมใช้งานมากมาย โดยจะเป็นชิปขนาด 40 ขา มีอยู่ 3 พอร์ทคือ A,B,C เป็นพอร์ต 8 บิตที่สามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทก็ได้

ในโครงงานนี้ได้ใช้ 8255 จำนวน 2 ตัว เนื่องจากต้องติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหลายประเภท ซึ่งกำหนดแอดเดรสไว้ดังนี้คือ

- 8255 ตัวที่ 1 อยู่ที่แอดเดรส FC00H – FCFFH

Port A ตำแหน่งแอดเดรส FC00H + 00H = FC00H

Port B ตำแหน่งแอดเดรส FC00H + 01H = FC01H

Port C ตำแหน่งแอดเดรส FC00H + 02H = FC02H

Control Port ตำแหน่งแอดเดรส FC00H + 03H = FC03H

- PA0 – PB0 ใช้สำหรับสัญญาณตรวจจับจากโทรศัพท์
- PB4 ใช้สำหรับสัญญาณ BUSY ติดต่อเครื่องพริ้นเตอร์
- PC0 – PC7 ใช้สำหรับเป็นบัสข้อมูลของ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8255 ตัวที่ 2 อยู่ที่แอดเดรส FE00H - FEFFH

Port A ตำแหน่งแอดเดรส FE00H + 00H = FE00H

Port B ตำแหน่งแอดเดรส FE00H + 01H = FE01H

Port C ตำแหน่งแอดเดรส FE00H + 02H = FE02H

Control Port ตำแหน่งแอดเดรส FE00H + 03H = FE03H

- PA0 – PA7 ใช้สำหรับเป็นบัสข้อมูลของเครื่องพริ้นเตอร์
- PB0 ใช้สำหรับสัญญาณ STROBE ติดต่อเครื่องพริ้นเตอร์
- PC0 – PC3 ใช้สำหรับ Row Matrix Keyboard
- PC4 – PC7 ใช้สำหรับ Column Matrix Keyboard

การเชื่อมโยง 8255 กับ MCS – 51 จะใช้ IC 74LS138 ซึ่งเป็น IC ทำหน้าที่ถอดรหัส 3 บิต อินพุท เป็น 8 เอาท์พุท ซึ่งการออกแบบจะต้องเขียนตารางความจริงของแอดเดรสที่ต้องการถอดรหัสโดยในที่นี้ ต้องการแอดเดรสของ 8255 # 1 ที่ FC00H และ 8255 # 2 ที่ FE00H ซึ่งจะได้ตารางความจริงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงการถอดรหัสสำหรับติดต่อ 8255

| ADDRESS | A15 | A14 | A13 | A12 | A11 | A10 | A9 | A8 | A7..... | A0 | OUT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F800-F8FFH | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | X..... | X | Y0 |
| F900-F9FFH | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | X..... | X | Y1 |
| FA00-FAFFH | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | X..... | X | Y2 |
| FB00-FBFFH | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | X..... | X | Y3 |
| **FC00-FCFFH** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **0** | **0** | **X.....** | **X** | **Y4** |
| FD00-FDFFH | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | X..... | X | Y5 |
| **FE00-FEFFH** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **0** | **X.....** | **X** | **Y6** |
| FF00-FFFFH | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | X..... | X | Y7 |

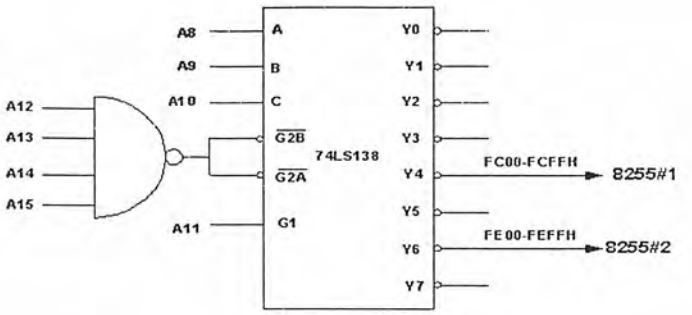
จากตารางที่ 3.4 เมื่อทำการถอดรหัสแอดเดรส เห็นได้ว่า 8255 # 1 ค่าเอาท์พุทของ 74LS138 คือ Y4 และ 8255 # 2 ค่าเอาท์พุทของ 74LS138 คือ Y6 จากคุณสมบัติของ 74LS138

เมื่อต้องการให้มีการถอดรหัสได้ต้องป้อนอินพุทที่ขา C, A, B โดยขา A เป็น LSB และขา C เป็น MSB ส่วนขา G1 ต้องป้อน “High” ส่วนขา G2A, G2B ต้องป้อน “Low”

- ADDRESS FC00-FCFFH ค่า C, A, B มีค่า “100” จะได้ “0” ที่ Y4 นอกนั้นเป็น 1 หมด
- ADDRESS FE00-FEFFH ค่า C, A, B มีค่า “110” จะได้ “0” ที่ Y6 นอกนั้นเป็น 1 หมด

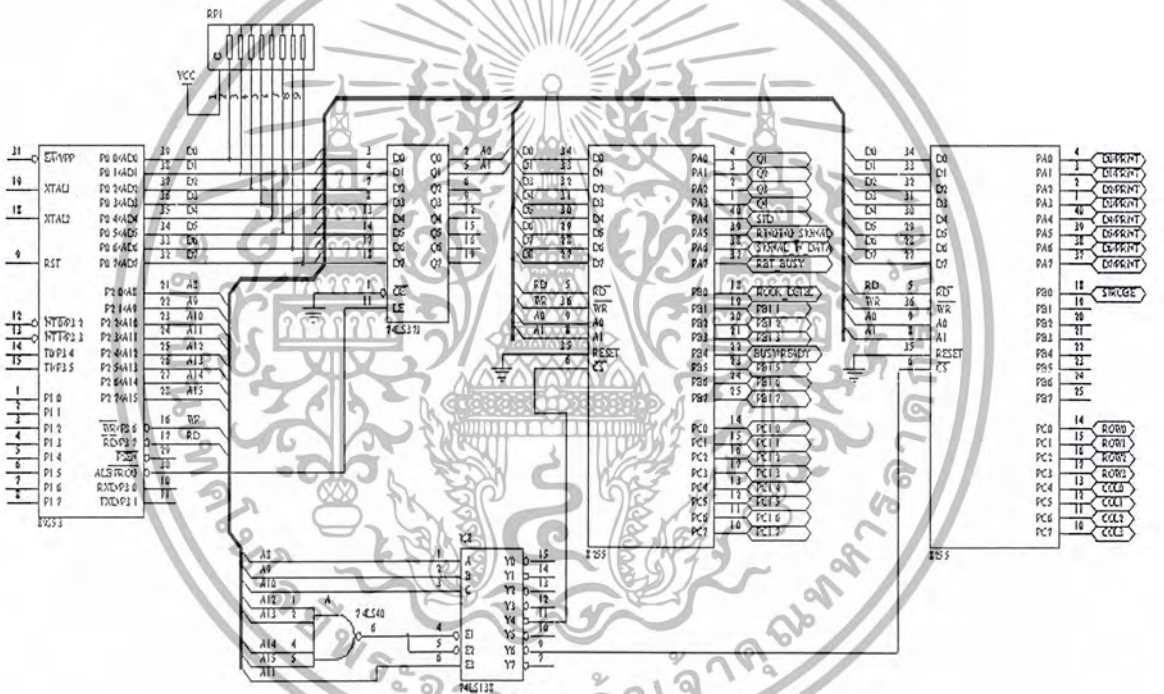
จากข้อมูลทั้งหมดจะได้วงจรถอดรหัสแอดเดรสดังในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.9 แสดงวงจรถอดรหัสที่ได้จากการออกแบบ

จากนั้นนำสัญญาณการเลือกชิป 8255 ใช้เบอร์พอร์ท และ A0, A1 ต่อเข้ากับ A0, A1 ของ 8255 และขา RD, WR ของ 8255 ต่อมาจาก RD, WR ของ MCS-51 ดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อ 8255 กับ MCS-51 ที่ได้จากการออกแบบ

### 3.4.4 การเชื่อมต่อจอแสดงผล LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

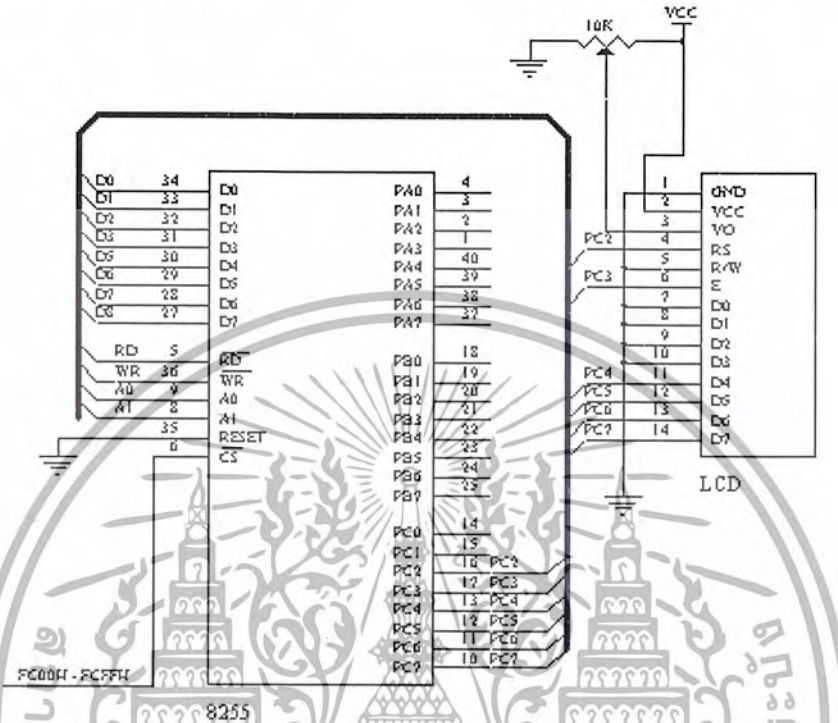
หน่วยแสดงผลแบบ LCD ถูกออกแบบให้ใช้งานได้กับ LCD ชนิด CHARACTER โดยควบคุมการทำงานจอ LCD แบบ 4 บิต เพื่อประหยัดพอร์ต ซึ่งตำแหน่งของพอร์ต LCD ขนาด 14 ขา ในวงจรดังรูปที่ 3.11 โดยการต่อสายจะต้องพิจารณาเรื่องของตำแหน่งขาของพอร์ต LCD ซึ่งจะต่อผ่านพอร์ตของ IC 8255 # 1 (PC1.2 –PC1.7)

จากวงจรจะพบว่ามี VR ที่ใช้ ปรับความสว่าง (CONTRAST) ของ LCD ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว LCD ชนิด CHARACTER ไม่ว่าขนาดเท่าใดจะมีการควบคุมการทำงานที่เหมือนกันหมด LCD จะมีขาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องใช้ควบคุม 14 สัญญาณ ยกเว้น LCD ที่มีไฟส่องหลัง (BACK LIGHT) จะมีสัญญาณเพิ่มขึ้นมาอีก 2 ขา คือ VCC และ GND ของไฟส่องหลัง

การใช้งาน LCD แบบ 4 บิต หมายถึงการต่อใช้งานขา DATA เพียง 4 บิต บน (D4 - D7) เท่านั้น โดย 4 บิต ล่าง (D0 – D3) จะถูกต่อลงกราวด์



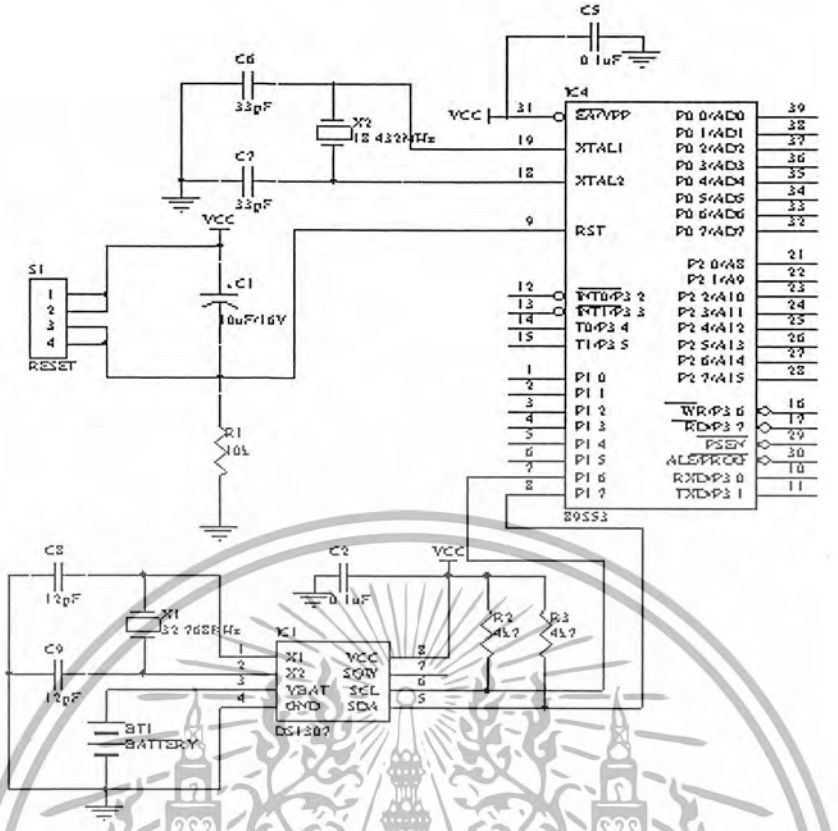

รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการต่อใช้งานจอ LCD ผ่าน 8255

**3.4.5 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**

จากวงจรแสดงในรูปที่ 3.12 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะการต่อเหมือนกับอุปกรณ์บนระบบบัส $I^2C$ ตัวอื่น ๆ ทุกประการ และสามารถที่จะต่อไอซีทั้งหมดร่วมกันบนสาย SDA และ SCL ได้เป็นการย้ำให้เห็นถึงความสามารถพิเศษของระบบบัส $I^2C$ ที่ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกันในหน้าที่การทำงานบนสายสัญญาณเดียวกันได้

จากวงจรในรูปที่ 3.12 ไอซี DS1307 จำเป็นต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อรักษาการทำงานของวงจรภายใน DS1307 ให้ยังคงทำงานต่อเนื่อง เมื่อใดที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะได้ข้อมูลเวลาที่เป็นจริงตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.12 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับไอซีรีลไทม์คล็อก DS1307

**3.4.6 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิตซ์เมตริกซ์**

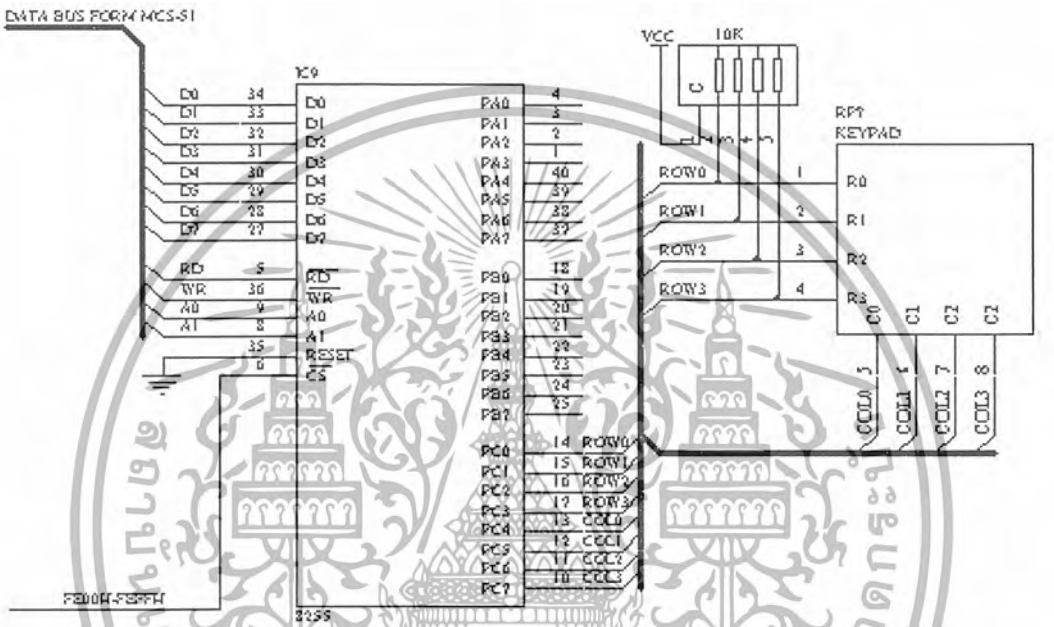
การอ่านค่าหรือรับค่าการกดสวิตซ์เป็นอีกงานหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานรวมด้วยได้ วงจรของสวิตซ์มีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวด์โดยตรง เมื่อสวิตซ์ตัวใดต่อวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง วงจรในลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อนสามารถอ่านค่าสวิตซ์ได้ง่าย และรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากจำนวนของสวิตซ์มีมาก ๆ จำนวนของสายข้อมูลก็จะมากตาม ทำให้ระบบหรือวงจรโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง

วงจรของสวิตซ์อีกลักษณะหนึ่งคือ การต่อวงจรแบบเมตริกซ์ (Matrix Switch) สวิตซ์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแกนนอน จะเรียกแนวตั้งว่า หลักหรือ คอลัมน์ (Column) ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่าแถวหรือ โรว์ (Row) ดังนั้น ค่าของสวิตซ์จะต้องประกอบด้วย ตำแหน่งในแนวหลักและแถว กระบวนการที่จะทำให้ได้มาซึ่งค่าของสวิตซ์ มีขั้นตอนซับซ้อนพอสมควร แต่วงจรสวิตซ์แบบนี้มีข้อดีคือ สามารถรองรับการเพิ่มของสวิตซ์ได้อย่างสะดวก เพียงเพิ่มจำนวนสวิตซ์ และแก้ไขซอฟแวร์อีกเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้เป็นที่นิยมมาก ในระบบควบคุมอัตโนมัติทั่วไปจะเรียกสวิตซ์แบบเมตริกซ์นี้ว่า คีย์แพด (Keypad)

ในโครงงานนี้จะใช้สวิตซ์แบบเมตริกซ์ ซึ่งจะต่อผ่านพอร์ต ของ IC 8255 # 2 (PC0 – PC7) โดยจะต่อเข้ากับคีย์แพดทั้ง 8 เส้นคือ สายของคอลัมน์ 4 สาย (PC4 – PC7) และสายทางโรว์อีก 4 สาย (PC0-PC3) โดยเฉพาะที่ขาโรว์ทั้ง 4 เส้นต้องต่อความต้านทางพูลอัปไว้เพื่อกำหนดสภาวะเริ่มต้นที่ไม่มีการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คีย์ โดยไมโครคอนโทรเลอร์จะส่งข้อมูล "0" ไปยัง PC4-PC7 ของ IC 8255 ในทุกครั้งที่มีการส่งข้อมูลไปยังสายคอลัมน์ของคีย์แพด ไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการอ่านค่าที่ PC0 –PC3 เข้ามาด้วย หากไม่มีการกดค่าของ PC0 –PC3 ก็จะเป็น "1" ทั้งหมด ถ้าหากมีการกดคีย์ ค่าของ PC0 –PC3 ก็จะไม่เป็น 1111 อีกต่อไป เป็นการแจ้งให้ทราบว่ามีการกดคีย์แพดขึ้นแล้ว หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการค้นหาตำแหน่งต่อไป โดยการค้นหาตำแหน่ง สิ่งที่จะได้มาอย่างแรกคือ คือตำแหน่งของคีย์นั้น จากนั้นก็จะนำค่าตำแหน่งไปแสกนหาว่าเป็นตัวใด เพื่อจะได้หมายเลขคีย์ที่กดอย่างแท้จริง ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นหน้าที่ของซอฟต์แวร์ ซึ่งวงจรการต่อใช้งานของคีย์แพดแสดงดังในรูปที่ 3.13




รูปที่ 3.13 วงจรการเชื่อมต่อคีย์แพด

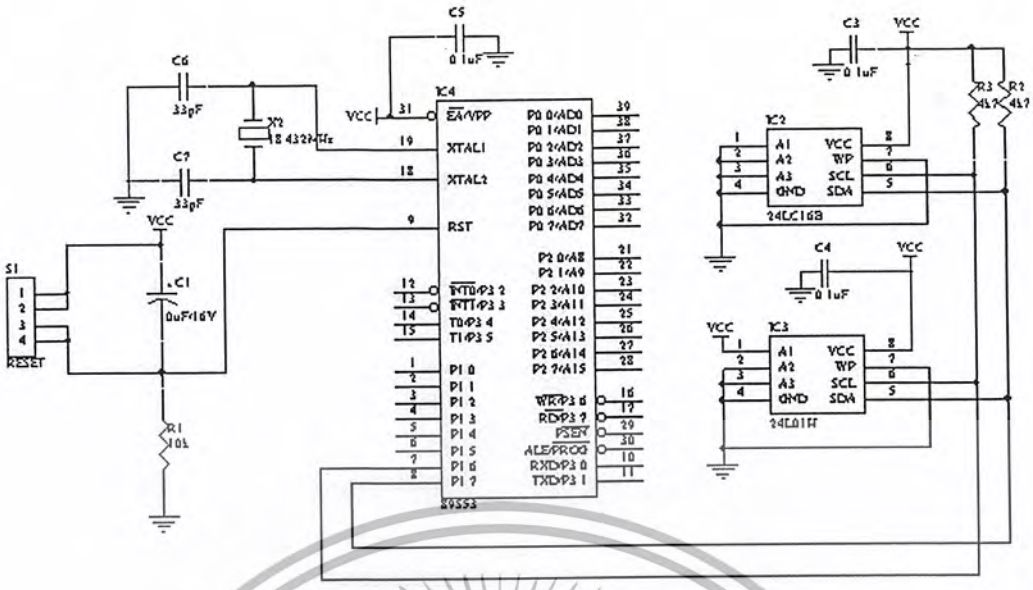
**3.4.7 การเชื่อมต่อหน่วยความจำ EEPROM กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**

สามารถทำได้โดยเพียงใช้ขอพอร์ต 2 ขา โดยกำหนดให้ขาหนึ่งเป็น SDA อีกขาหนึ่งเป็น SCL และตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7 KΩ พูลอัปที่ขาพอร์ตทั้งสองขา เพียงเท่านี้ก็สามารถติดต่ออุปกรณ์ระบบบัส $I^2C$ ได้แล้ว

ในรูปที่ 3.14 เป็นวงจรการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับระบบบัส $I^2C$ จากวงจรจะใช้ขาพอร์ต P1.6 เป็นขา SDA และ P1.7 เป็นขา SCL อุปกรณ์ที่ทำการติดต่อด้วยคือไอซีหน่วยความจำ EEPROM ขนาด 2Kbit เบอร์ 24LC16

เริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะมาตรฐานของบัส $I^2C$ อันประกอบด้วยสภาวะเริ่มต้น สภาวะสิ้นสุด การส่งข้อมูล สภาวะหยุด สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL การอ่านและเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์ระบบบัส $I^2C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.14 วงจรการเชื่อมต่อหน่วยความจำ EEPROM กับ MCS-51

## 3.5 การอินเตอร์เฟสสมาร์ตการ์ด

อินเตอร์เฟสกับสมาร์ตการ์ด จะทำด้วยการเชื่อมต่อเข้ากับขาสัมผัส (Contact pin) ในรูปที่ว่านี้ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 8 ขาด้วยกัน แต่ละขาต่างมีหน้าที่และประโยชน์ใช้งานที่ต่างกัน โดยขาเหล่านี้จะไปเกี่ยวข้องกับสัญญาณหลักซึ่งใช้ในการอินเตอร์เฟสสมาร์ตการ์ด 5 สัญญาณ คือ

- I/O: หรือสัญญาณอินพุท/เอาท์พุท ข้อมูลแบบอนุกรม (Serial data)
- VPP: สัญญาณโปรแกรมข้อมูลสำหรับหน่วยความจำ Non-volatile ของการ์ด
- CLK: สัญญาณนาฬิกาอ้างอิง การเข้าถึงข้อมูล
- RST: สัญญาณรีเซตการทำงานการ์ด
- VCC และ GND: ไฟเลี้ยงและกราวด์ที่ป้อนให้การ์ด

### 3.5.1 รูปแบบการอินเตอร์เฟสของสมาร์ตการ์ด

จากพื้นฐานเกี่ยวกับชนิดของสมาร์ตการ์ดที่ได้กล่าวถึงในตอนก่อน ทำให้ทราบว่าสมาร์ตการ์ดแบบสัมผัสโดยหลัก ๆ แล้วมีอยู่ 2 ชนิด คือ MPU/CPU card และ Memory card โดยสมาร์ตการ์ดทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีวิธีการอินเตอร์เฟสที่แตกต่างกัน คือ MPU/CPU card จะใช้การอินเตอร์เฟสแบบ Asynchronous ส่วน Memory card จะใช้การอินเตอร์เฟสแบบ Synchronous

สำหรับกรณีของการอินเตอร์เฟสแบบ Asynchronous เป็นการสื่อสารข้อมูลในรูปของตัวอักขระแอสกี (ASCII) โดยผ่านสายข้อมูลไปที่ตำแหน่งขา I/O ของสมาร์ตการ์ดด้วยรูปแบบ Asynchronous half duplex mode ตัวอักขระแต่ละตัวมีขนาด 8 บิต การอินเตอร์เฟสแบบนี้ทำงานโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาที่มาจากภายนอก (เครื่องอ่าน) ซึ่งโดยมากจะใช้ความถี่ค่า 3.579 เมกะเฮิรตซ์ เป็นสัญญาณนาฬิกาของระบบและใช้ป้อนให้วงจรหาร (หาร 372) เพื่อเป็นค่า Baud rate ที่ 9,600 บิตต่อวินาที สำหรับรูปสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

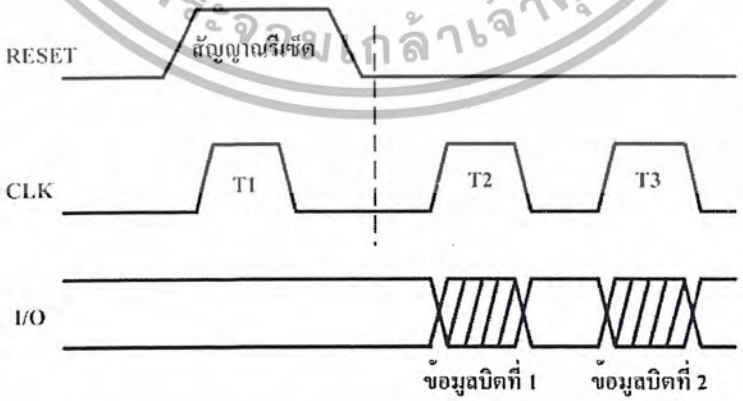
อินเตอร์เฟสก็มีลักษณะเป็นดังรูปที่ 3.15 ซึ่งจะเห็นว่าเฟรมข้อมูลแต่ละไบต์นั้นจะประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (Start bit), ข้อมูลขนาด 8 บิต, บิตพาริตี้ (Parity bit), บิตสิ้นสุด (Stop bit) และตามด้วย Guard time (การทิ้งช่วงเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละชุด) เช่นเดียวกับเฟรมของข้อมูลในการอินเตอร์เฟสแบบ Asynchronous ทั่วไป

ส่วนในกรณีของการอินเตอร์เฟสแบบ Synchronous เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโดยการรับส่งข้อมูลจะทำกันทีละบิต ผ่านสายข้อมูลจะทำกันทีละบิต ผ่านสายข้อมูลไปที่ตำแหน่งขา I/O ของสมาร์ตการ์ดด้วยรูปแบบ Synchronous half duplex mode ขั้นตอนไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลจะถูกทำไปทีละบิตโดยอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่การ์ดได้รับที่ขา CLK เป็นหลัก

ตารางที่ 3.5 ระดับแรงดันไฟเลี้ยงและกระแสที่ป้อนให้กับสมาร์ตการ์ดภายใต้การทำงานปกติ

| สัญลักษณ์ | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | หน่วย |
|---|---|---|---|
| VCC | 4.75 | 5.25 | V |
| ICC | - | 200 | mA |

รูปที่ 3.15 รูปสัญญาณสำหรับการอินเตอร์เฟสแบบ Asynchronous




รูปที่ 3.16 รูปสัญญาณสำหรับการอินเตอร์เฟสแบบ Synchronous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.2 ขั้นตอนในการอินเตอร์เฟสอย่างง่าย

ในการอินเตอร์เฟสสมาร์ตการ์ดอย่างง่าย ๆ นั้นสามารถทำได้ดังนี้

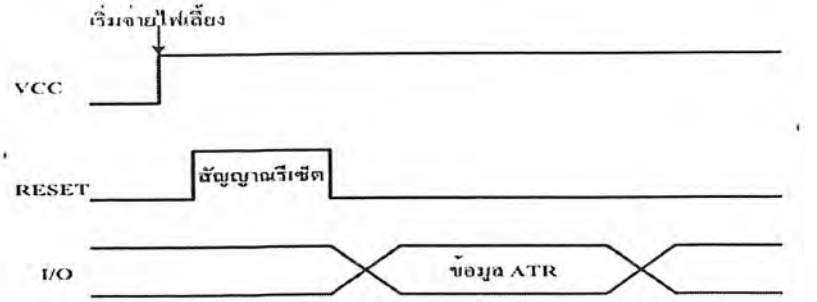
- ต่อสมาร์ตการ์ดเข้ากับเครื่องอ่านการ์ด และจัดระดับแรงดันที่ขาสัมผัสต่าง เพื่อสร้างสถานะเริ่มต้นที่เหมาะสมให้กับสมาร์ตการ์ด
- ป้อนสัญญาณรีเซตเข้าไปที่ขา RST
- รอรับข้อมูล ATR (Answer To Reset) ที่การ์ดจะตอบกลับมายังเครื่องอ่านที่ขา I/O โดยข้อมูล ATR ที่ได้รับ จะมีขนาดความยาวต่างกันไปในแต่ละบริษัทผู้ผลิต (โดยทั่วไปข้อมูล ATR มักจะมีขนาดประมาณ 16-17 ไบต์)
- หลังจากได้รับข้อมูล ATR หรือ ATR byte เรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่กระบวนการตีความข้อมูล โดยการตีความที่ว่านี้เป็นการตีความข้อมูลแต่ละไบต์จากเอกสารของทางบริษัทผู้ผลิตการ์ดใบนั้น ๆ

### 3.5.3 รีเซตการทำงานของสมาร์ตการ์ด

สมาร์ตการ์ดไม่ควรจะได้รับการรีเซต จนกว่าขาสัมผัสทั้งหมดจะถูกต่อครบเสียก่อน ทั้งนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดกับวงจรภายในของการ์ดนั่นเอง ในการรีเซตการ์ดนั้น จะต้องจัดสถานะเริ่มต้นที่ขาต่าง ๆ เป็นดังนี้

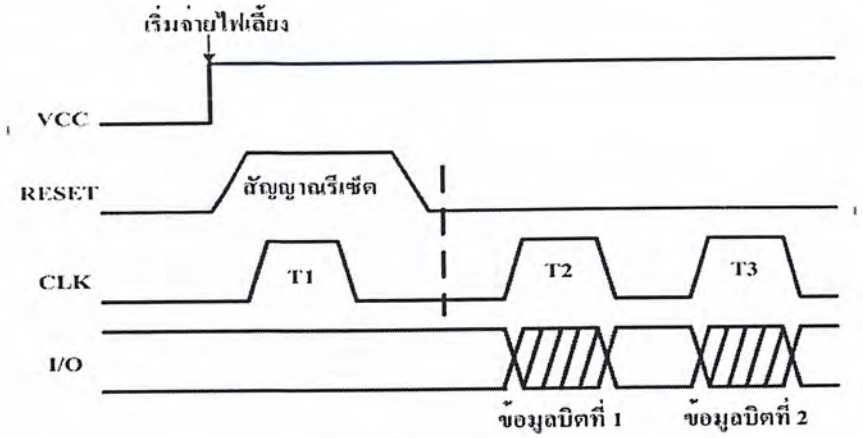
- เริ่มต้นด้วยการเซตให้ขา RST มีสถานะเป็นลอจิกต่ำ
- ป้อนแรงดันไฟเลี้ยงมายังขา VCC
- ป้อนสัญญาณนาฬิกาความถี่ 3.579 เมกะเฮิรตซ์ให้กับขา CLK
- เซตให้ขา RST ในลักษณะของการท้อกเกิ้ล
- รอรับข้อมูล ATR ที่ตอบกลับมาจากการ์ด

หลังจากผ่านขั้นตอนข้างต้นแล้วการ์ดจะส่งข้อมูล ATR ตอบกลับมายังเครื่องอ่าน เพื่อบอกรายละเอียดเกี่ยวกับตัวการ์ดเอง การตอบกลับจะมีกระบวนการที่ต่างกันไปตามชนิดสมาร์ตการ์ด สำหรับ CPU/MPU card การตอบกลับจะทำโดยใช้การส่งข้อมูลแบบ Asynchronous โดยข้อมูลจะค่อย ๆ ถูกส่งกลับมายังเครื่องอ่านทีละไบต์จนครบจำนวน ส่วน Memory card การตอบกลับจะทำโดยใช้การส่งข้อมูลแบบ Synchronous ซึ่งข้อมูลจะต้องค่อย ๆ ถูกอ่านออกมาทีละบิต (โดยอ้างอิงกับสัญญาณ CLK) การรีเซตจะทำให้สถานะของส่วนการทำงานภายในการ์ดทั้งหมดกลับมาอยู่ที่ค่าตั้งต้น สำหรับรูปสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของสมาร์ตการ์ดในขณะทำการรีเซตจะมีลักษณะเป็นรูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18




รูปที่ 3.17 รูปสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของ สมาร์ตการ์ด แบบ MCU ในระหว่างการรีเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.18 รูปสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของสมาร์ตการ์ดแบบ Memory card ในระหว่างขั้นตอนการรีเซต

**3.5.4 สิ้นสุดขั้นตอนการรีเซต**

เมื่อต้องการสิ้นสุดการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างเครื่องอ่านและการ์ด เพราะได้รับข้อมูลทั้งหมดมาเรียบร้อยแล้วหรือต้องการหยุด เนื่องจากพบว่าการ์ดที่ป้อนเข้ามาผิดประเภทหรือการ์ดถูกดึงออกจากซ็อกเก็ตไปแล้ว ในสถานการณ์ดังกล่าวสถานะที่ขาต่าง ๆ ของหน้าสัมผัสสมาร์ตการ์ดจะต้องได้รับการจัดการเพื่อยุติการทำงานของการ์ดด้วย โดยมีวิธีการดังนี้

- เซตให้ขา RST มีสถานะเป็นลอจิกต่ำ
- เซตให้ขา CLK มีสถานะเป็นลอจิกต่ำ
- หยุดการป้อนแรงดันที่หน้าสัมผัส VCC

**3.5.5 การอ่านรหัสจากบัตรโทรศัพท์สาธารณะ**

TOT card เป็นบัตรประเภท Debit Card หรือบัตรชนิดพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นมูลค่าแทนเงินสด อันที่จริง Debit card ก็เป็นบัตรหน่วยความจำแบบหนึ่ง โดยภายในบัตรจะบันทึกข้อมูลในรูปของ Unit Counter อยู่ภายในส่วนของหน่วยบันทึกข้อมูลในบัตร (Memory Unit) โดยหลังจากบันทึกข้อมูลลงยังบัตรโดยผู้ผลิตแล้ว ข้อมูลส่วนหนึ่ง เช่น Customer Code, หมายเลขบัตร, วันหมดอายุของบัตร จะถูกเขียนลงไปอย่างถาวร ไม่สามารถแก้ไขได้ ในขณะที่ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งคือ Unit Counter จะสามารถลดลงได้เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถเพิ่มค่าได้ (Unit Counter ที่ว่านี้ ก็คือมูลค่าเงินที่เหลือในบัตรนั่นเอง) เนื่องจากโครงสร้างของส่วนที่เก็บข้อมูล Unit Counter เป็นฟิวส์ขนาด 40 บิต (Logical Fuse) แม้ว่าข้อมูลของ Unit Counter จะถูกลดลงจนเป็นศูนย์ จากการถูกนำไปใช้บริการทำให้บัตรใบนั้น ๆ ไม่มีมูลค่าให้ใช้อะไรได้อีก แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า บัตรใบนั้นได้เสียหายไปแล้ว เพราะยังคงสามารถอ่านข้อมูลจากบัตรออกมาใช้ได้อยู่ จากความจริงข้อนี้ นำมาสู่เป้าหมายของโครงงานนี้

ในการอ่านรหัสการ์ดจาก บัตร TOT Card ภายในหน่วยบันทึกข้อมูล (Memory unit) จะถูกบรรจุข้อมูลขนาด 48 ไบต์ ที่สามารถแบ่งออกได้ 5 ส่วน อันได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลชุดที่ 1 มี ขนาด 3 ไบต์ เป็นข้อมูลที่ระบุถึง Factory Code มีไว้สำหรับระบุข้อมูลของผู้นำบัตรไปใช้สร้างแอพพลิเคชั่นเพื่อให้บริการ
- ข้อมูลชุดที่ 2 มี ขนาด 5 ไบต์ เป็นข้อมูลหมายเลขบัตรซึ่งถูกเก็บอยู่ในรูปของรหัส BCD โดยเป็นตัวเลขขนาด 10 หลัก
- ข้อมูลชุดที่ 3 มี ขนาด 5 ไบต์ เป็น Balance unit หรือมูลค่าเงินของบัตร การนับมูลค่าเงินหรือ Balance Counter จะมีวิธีและหลักที่ใช้ในการคำนวณอยู่ ซึ่งอาจมีรูปแบบวิธีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแอพพลิเคชั่นที่นำไปใช้
- ข้อมูลชุดที่ 4 มี ขนาด 32 ไบต์ เป็นข้อมูลลับของทางผู้ผลิตการ์ด
- ข้อมูลชุดที่ 5 มี ขนาด 1 ไบต์ เป็นข้อมูลของปีและเดือนที่บัตรจะหมดอายุ

ซึ่งข้อมูลทั้ง 5 ชุด ที่กล่าวมา จะถูกบันทึกจากตั้งแต่ในกระบวนการผลิตของโรงงานไม่สามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขค่าข้อมูลได้

ตารางที่ 3.6 โครงสร้างและรายละเอียดที่เกี่ยวกับข้อมูลทั้ง 48 ไบต์

| การจัดเก็บข้อมูลภายในหน่วยบันทึกข้อมูลของบัตร TOT card | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ข้อมูลไบต์ที่ 0-2 | ข้อมูลไบต์ที่ 3-7 | ข้อมูลไบต์ที่ 8-12 | ข้อมูลไบต์ที่ 13-46 | ข้อมูลไบต์ที่ 47 |
| Customer code | หมายเลขบัตร | Balance Counter | ข้อมูลลับของผู้ผลิต | วันหมดอายุบัตร |

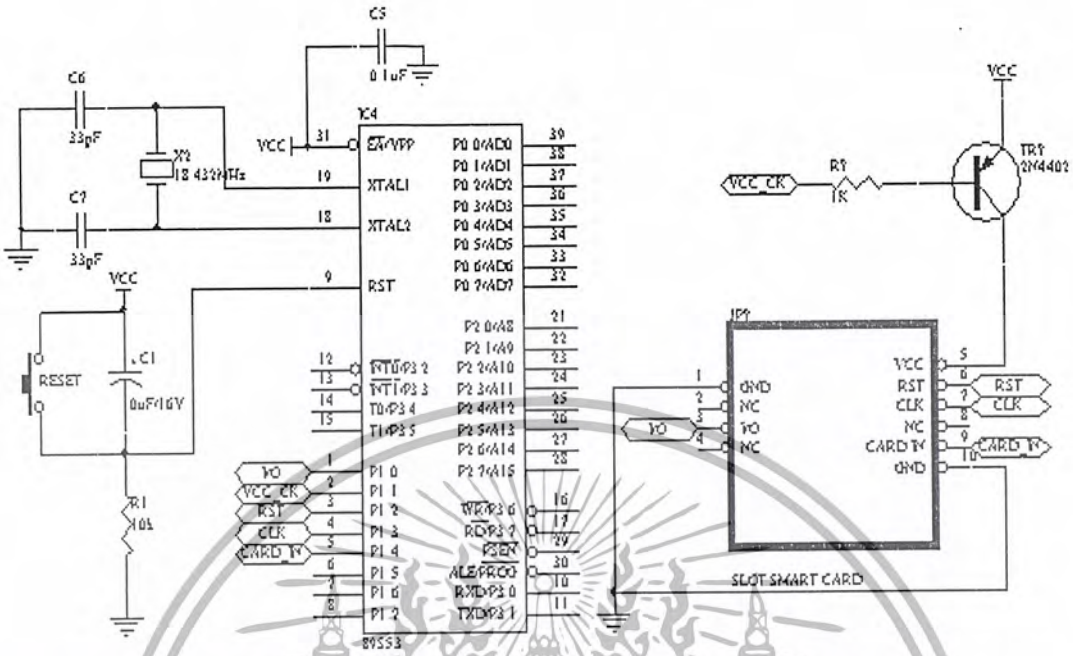
กระบวนการที่จะต้องเกิดขึ้นหลังจากจ่ายไฟให้กับบัตร มีลำดับขั้นตอนดังนี้

- กำหนดให้สัญญาณที่ขา Clock เป็นลอจิกสูง
- กำหนดให้สัญญาณที่ขา RST เป็นลอจิกสูงประมาณ 10 uS แล้วให้ลอจิกต่ำที่ขาสัญญาณ RST
- กำหนดให้สัญญาณที่ขา Clock เป็นลอจิกสูงค้างไว้ประมาณ 10 uS ในระหว่างเวลา 5 uS ให้อ่านข้อมูลจากขา I/O โดยเลื่อนบิตข้อมูลที่อ่านได้ไปทีละ 1 บิต ซึ่งหมายความว่าเมื่อป้อนสัญญาณ Clock ครบ 8 ลูก อ่านข้อมูลจากขา I/O เลื่อนข้อมูลและเก็บค่าจนได้ครบ 8 บิต ข้อมูลที่ได้มาสุดท้ายก็คือข้อมูลขนาด 1 ไบต์ (ข้อมูลบิตแรกที่ได้เป็น MSB)
- ใช้รูปแบบของสัญญาณตามที่ได้กล่าวมาจนได้สัญญาณที่ขา Clock ครบ 348 ลูก หรือเทียบได้เป็นข้อมูล 48 ไบต์ (เนื่องจากเป็นการอ่านข้อมูลแบบอนุกรมจึงต้องอ่านข้อมูลออกมาทั้ง 48 ไบต์)
- หลังจากได้ข้อมูลทั้งหมด ก็นำข้อมูลที่ได้มาแยกแยะว่าส่วนใดคือข้อมูลอะไร โดยอ้างอิงจากตารางที่ 3.6

**ซึ่งในที่นี้จะนำบัตรที่ถูกใช้จนมูลค่าบัตรหมดแล้วมาใช้ประโยชน์ ด้วยการใช้ข้อมูลส่วนที่เป็นหมายเลขบัตรซึ่งมีขนาด 5 ไบต์ (ตัวเลข 10 หลัก) มาใช้เป็นรหัสข้อมูลสำหรับตรวจสอบผู้ใช้โทรศัพท์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.6 วงจรการเชื่อมต่อสมาร์ตการ์ดเข้ากับ MSC-51




รูปที่ 3.19 วงจรการเชื่อมต่อ สล็อตสมาร์ตการ์ดเข้ากับ MCS-51

จากรูปที่ 3.19 การสื่อสารระหว่างสมาร์ตการ์ด เกิดจากรูปแบบของสัญญาณที่พอร์ต P1.0 – P1.4 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51RD2 โดย MCS-51 จะควบคุมการจ่ายไฟให้กับบัตร ทางบิต P1.1 สัญญาณบิตนี้จะถูกส่งไปทริกให้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำงานเป็นสวิตช์ตัดต่อแหล่งจ่ายไฟให้บัตรทำงานหรือหยุดทำงาน บิต P1.2 และ P1.3 จะเป็นสัญญาณรีเซ็ตและสัญญาณนาฬิกา ตามลำดับ ส่วนบิต P1.4 ถูกใช้ในการตรวจว่าบัตรถูกเสียบเข้ามายังช่องรับแล้วหรือไม่ จากสถานะของสวิตช์ที่ถูกซ่อนอยู่ภายในซ็อกเกตรับบัตรสมาร์ตการ์ด ซึ่งขั้นตอนต่อไปจะเป็นหน้าที่ของซอฟท์แวร์ที่จะทำการติดต่อกับการ์ด

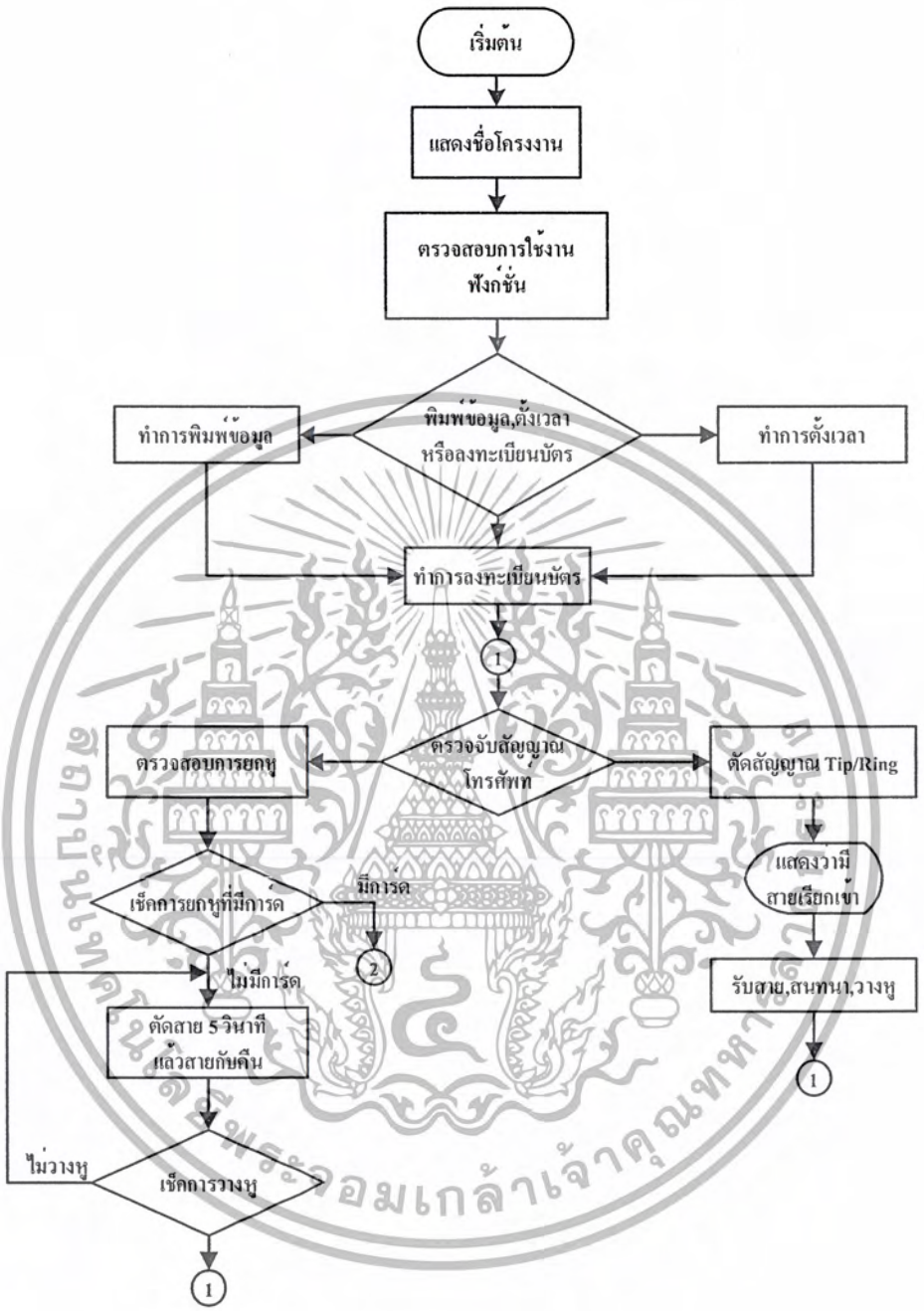
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 แผนผังงาน (Flow Chart) การทำงานของโปรแกรมควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 3.20 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องควบคุมการใช้โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

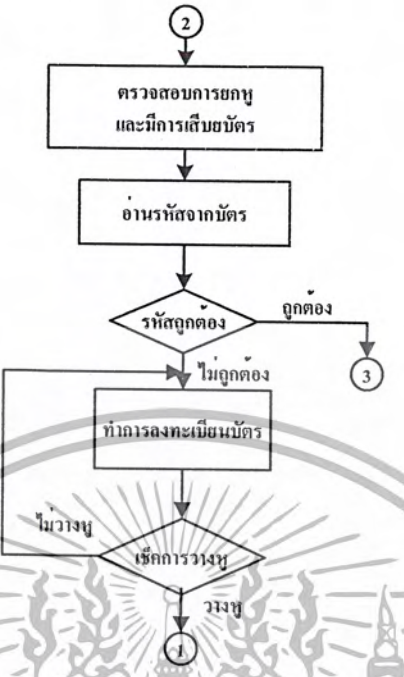
### 3.6.1 แผนผังโปรแกรมหลักของเครื่อง




รูปที่ 3.21 แผนผังโปรแกรมหลักของเครื่อง

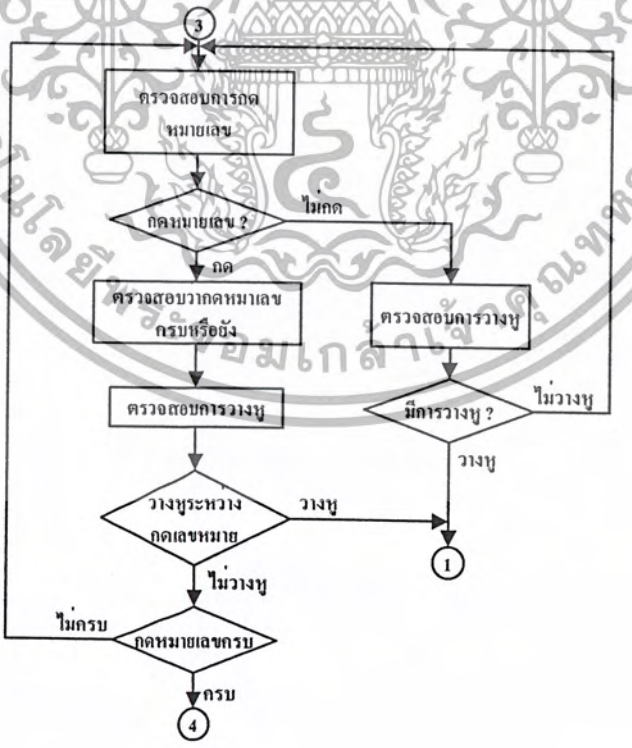
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด




รูปที่ 3.22 แผนผังโปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด

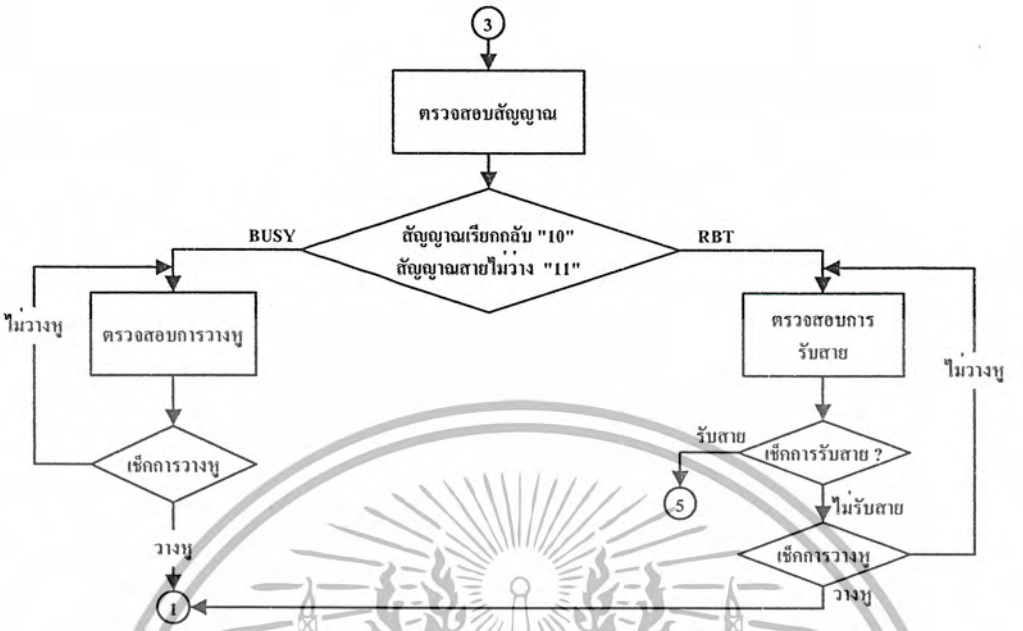
### 3.6.3 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการกดเลขหมายโทรออก




รูปที่ 3.23 แผนผังย่อยการตรวจสอบการกดเลขหมายโทรออก

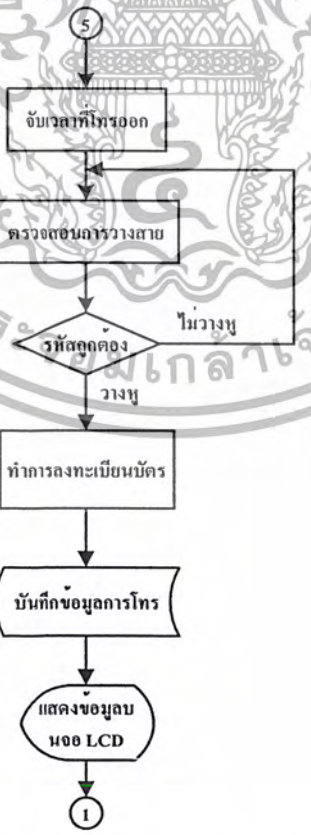
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.4 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการรับสายของหมายเลขปลายทาง




รูปที่ 3.24 แผนผังย่อยการตรวจสอบการรับสายของหมายเลขปลายทาง

### 3.6.5 โปรแกรมย่อยการบันทึกข้อมูลของการโทรออก




รูปที่ 3.25 แผนผังย่อยการบันทึกข้อมูลของการโทรออก

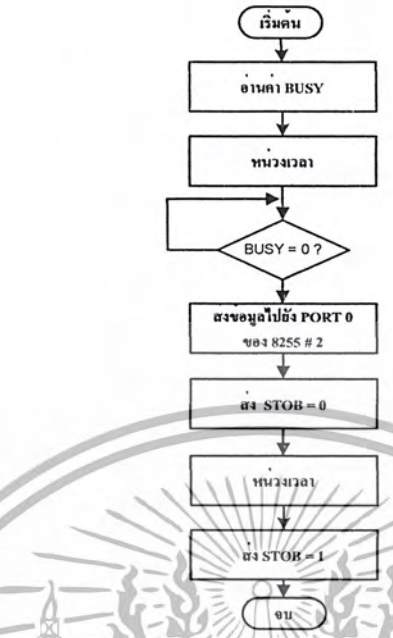
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.6 โปรแกรมย่อยการแสดงผลผ่านจอ LCD

รูปที่ 3.26 แผนผังย่อยการกำหนดค่าเริ่มต้นของจอแสดงผล LCD

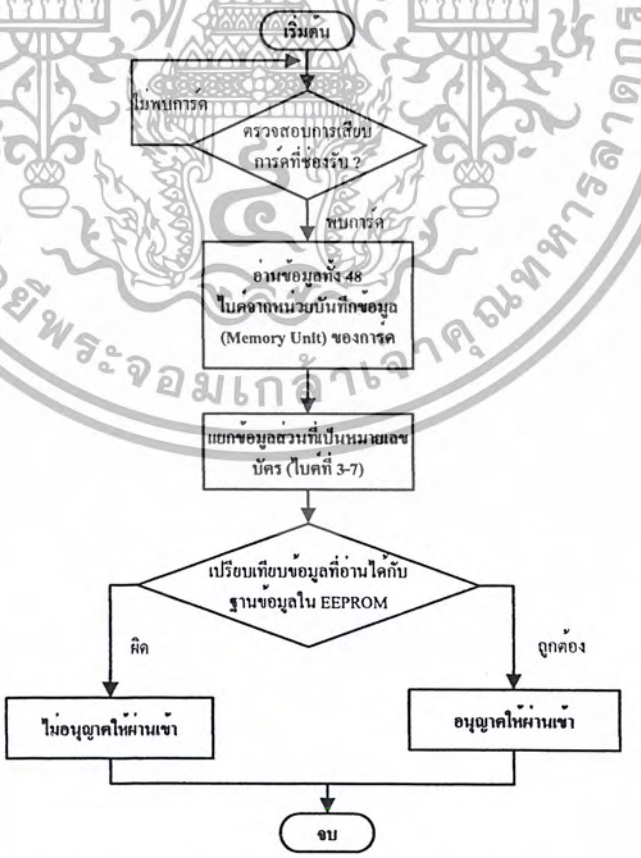
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.7 โปรแกรมย่อยการแสดงผลผ่านเครื่องพิมพ์




รูปที่ 3.27 แผนผังย่อยการทำงานของโปรแกรมการพิมพ์ข้อมูลของเครื่องพิมพ์

### 3.6.8 โปรแกรมย่อยการตรวจสอบการ์ด




รูปที่ 3.28 แผนผังย่อยการทำงานของโปรแกรมการอ่านการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

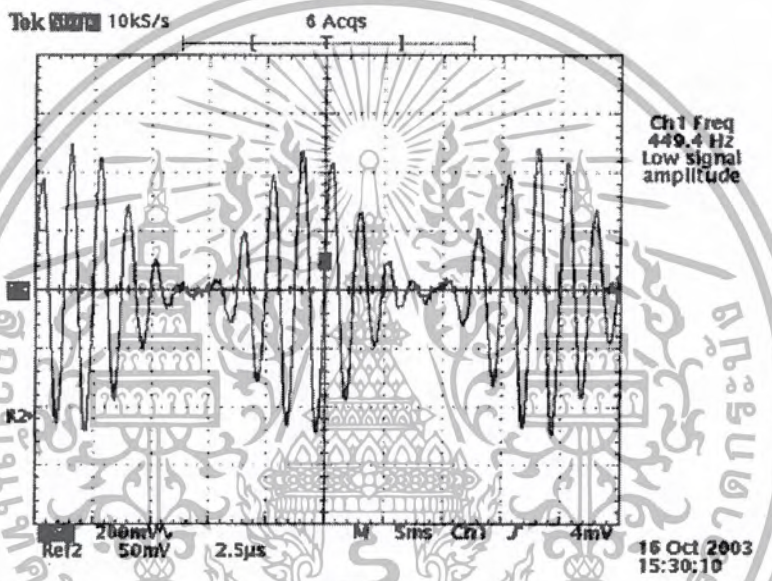
## การทดลองและผลการทดลอง

### 4.1 การทดลองวงจรตรวจจับการยกหูโทรศัพท์ (Hook detector)

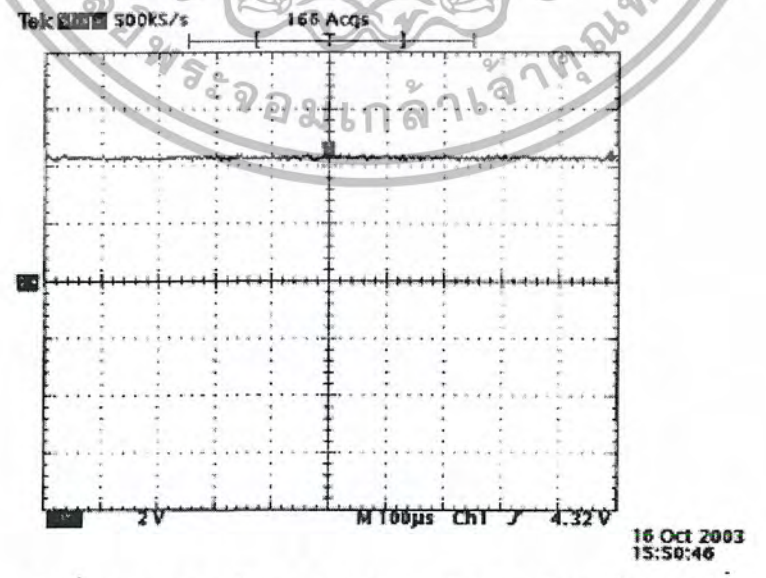
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูป 3.2 เข้ากับคู่สายโทรศัพท์
2. วัดสัญญาณ Dial tone จากคู่สายโทรศัพท์
3. นำออสซิลโลสโคป CH1 วัดที่ขา 5 ของ Optoisolator ในส่วนของวงจรตรวจจับการยกหู

ผลการทดลอง

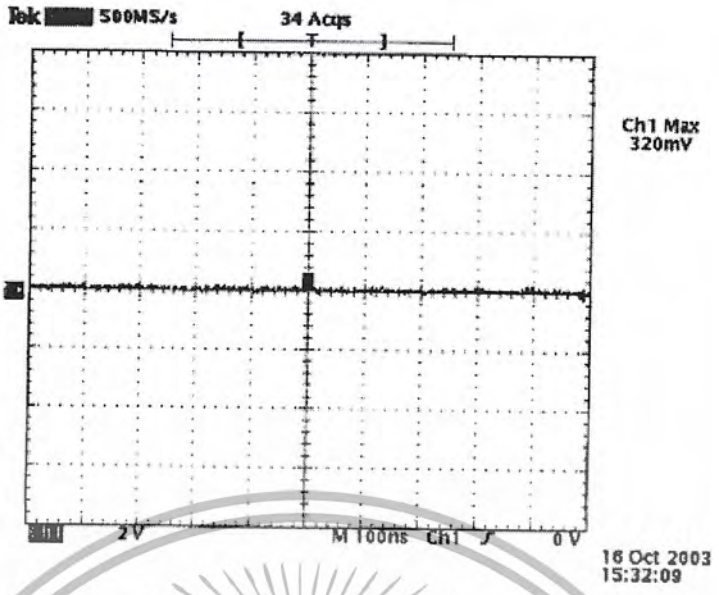



รูปที่ 4.1 สัญญาณ Dial tone




รูปที่ 4.2 แสดงแรงดันขา 5 ของ Optoisolator ขณะวางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3 แสดงแรงดันขา 5 ของ Optoisolator ขณะยกหูโทรศัพท์

เมื่อไม่มีการยกหูโทรศัพท์จะมีระดับสัญญาณ 4.32 V. แต่ถ้ามีการยกหูระดับสัญญาณ 0.32 V.

**4.2 การทดลองวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์ (DTMF Decoder Circuit)**

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ต่อวงจรตามรูป 3.4 เข้ากับคู่สายโทรศัพท์
2. ทำการวัดลอจิกที่ขา 11, 12, 13, และ 14 ของไอซี MT8870 ขณะกดปุ่มโทรศัพท์ เลข 0-9
3. ทำการวัดลอจิกที่ขา 15 ของ ไอซี MT8870 ขณะที่กดปุ่ม และขณะที่ไม่ได้กดปุ่มโทรศัพท์

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองวัดลอจิกที่ขาของ MT8870

| | สัญญาณ STD ขา 15 | | DTMF Decoder | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ขณะกดปุ่ม | ไม่กดปุ่ม | ขา 14 | ขา 13 | ขา 12 | ขา 11 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

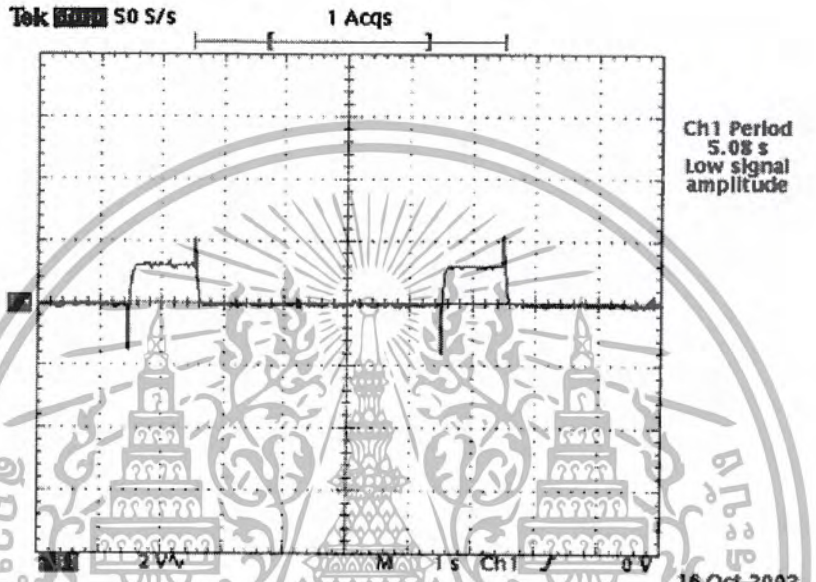
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing Detector)**

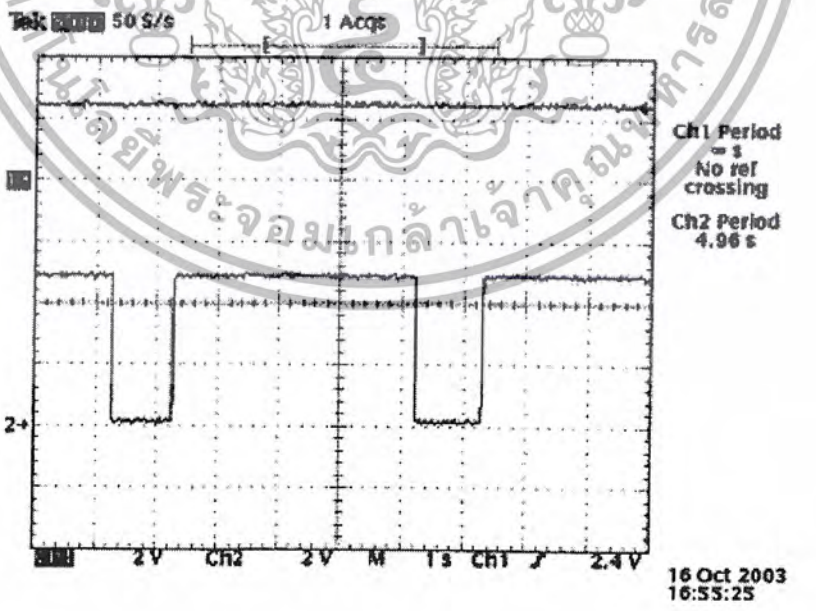
**ขั้นตอนการทดลอง**

1. ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.3
2. ใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณที่ขา 5 ของ Optoisolator และวัดสัญญาณที่ขา 13 ของ Monostable 74LS123

**ผลการทดลอง**




รูปที่ 4.4 สัญญาณเรียกที่เข้ามาที่ Optoisolator




รูปที่ 4.5 สัญญาณเรียกที่ขา 5 ของ Optoisolator และขา 13 ของ Monostable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

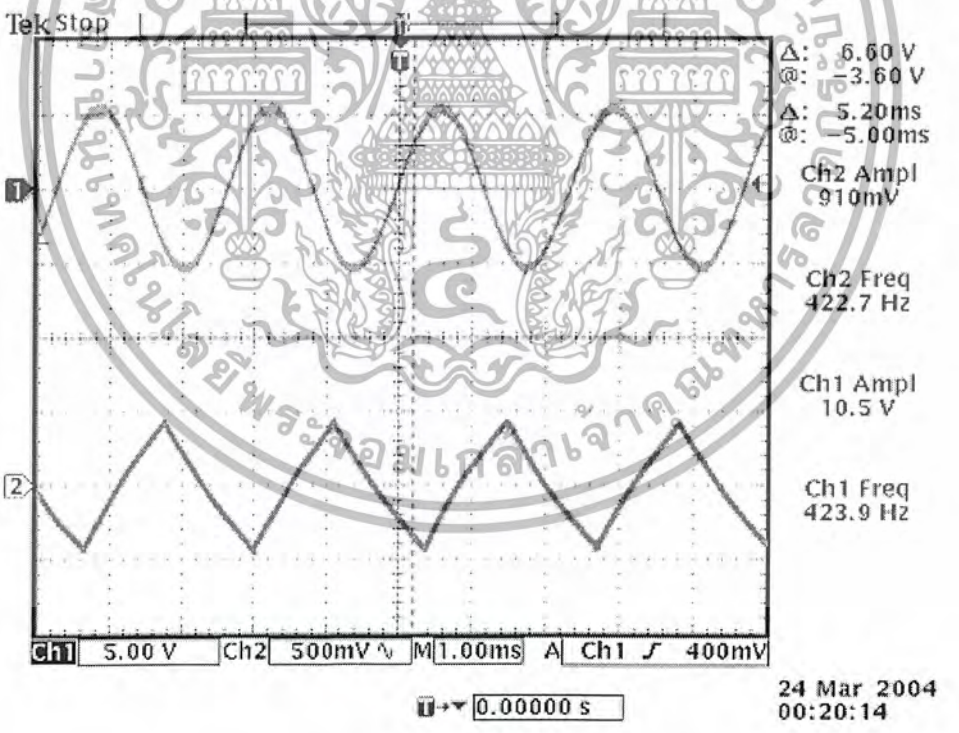
เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาผ่าน Optoisolator จะนำกระแส ทำให้ขา 5 ระดับแรงดันลอจิก “0” นาน 1 วินาที และลอจิก “1” นาน 4 วินาที ตามสัญญาณเรียกส่วนที่ขา 13 ของ Monostable จะมีระดับลอจิกเป็น “1” เมื่อมีสัญญาณ เรียกเข้ามา และเป็น ลอจิก “0” เมื่อไม่มีสัญญาณเข้ามา

**4.4 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone detector circuit)**

**ลำดับขั้นการทดลอง**

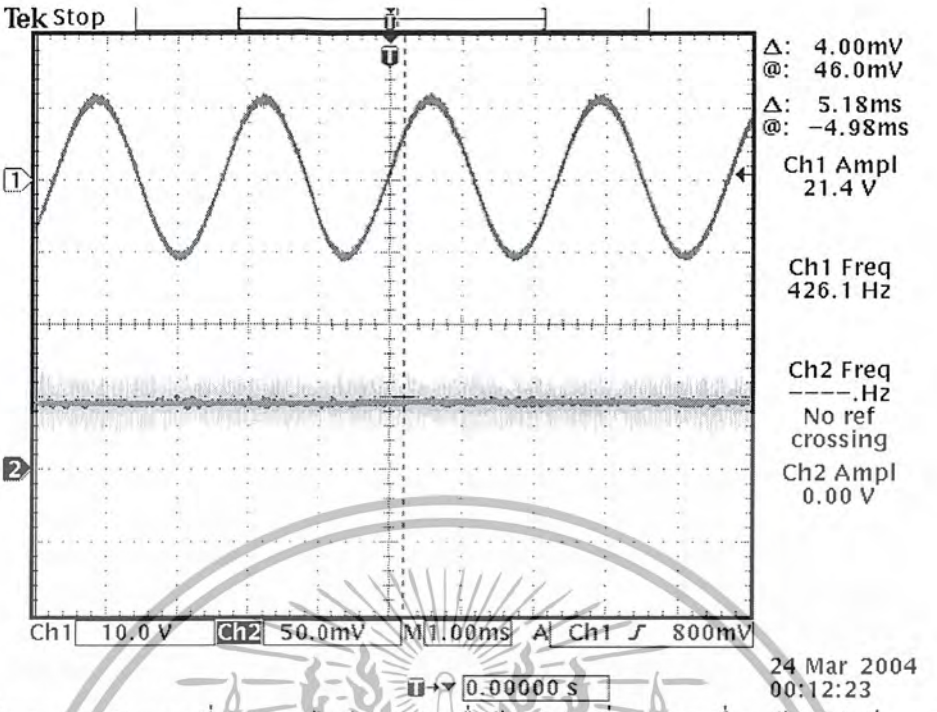
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 เข้ากับคู่สายโทรศัพท์
2. ป้อน ความถี่ 425 Hz เข้าที่ขา 3 ของ ไอซี LM567 นำออสซิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่ 3 ของไอซี LM567 และ CH2 วัดสัญญาณ ที่ขา 6 ของ ไอซี LM567 ซึ่งเป็นวงจร RC
3. นำออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณที่ขา 8 ของ ไอซี LM567
4. เปลี่ยนความถี่ที่ป้อนเป็น 524 Hz ที่ขา 3 แล้ววัดสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567
5. นำออสซิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่ 8 ของไอซี LM567 ขณะสายไม่ว่าง และ CH2 วัดสัญญาณคู่สายโทรศัพท์ ขณะสายไม่ว่าง ที่ขา 5 ของ Monostable
6. นำออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณคู่สายโทรศัพท์ ขณะสายว่าง

**ผลการทดลอง**

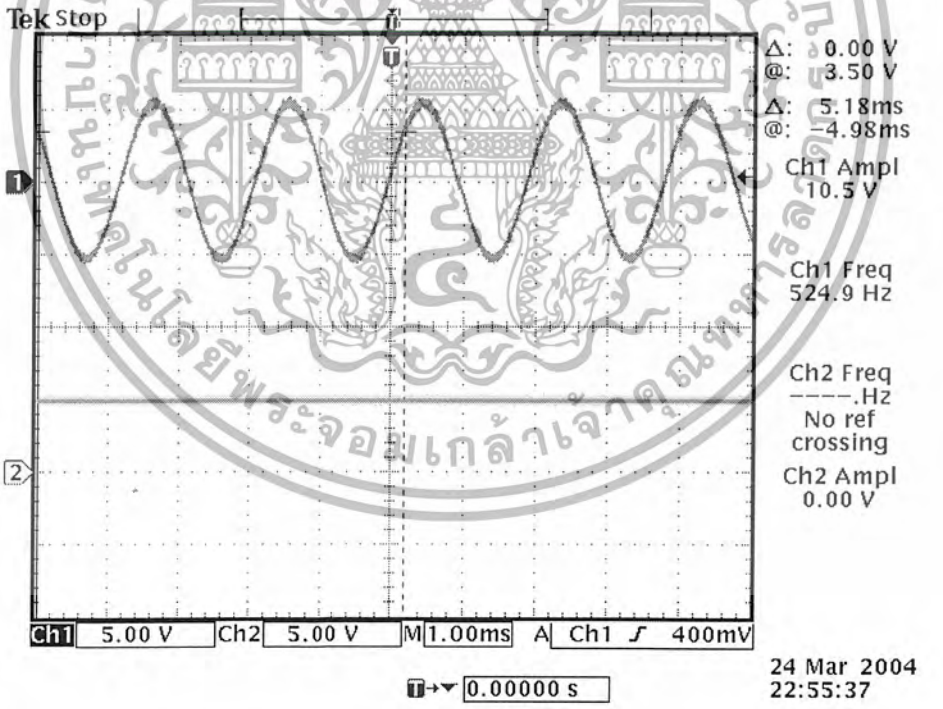



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่ขา 6 ของไอซี LM567 เมื่อป้อนความถี่ 425 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

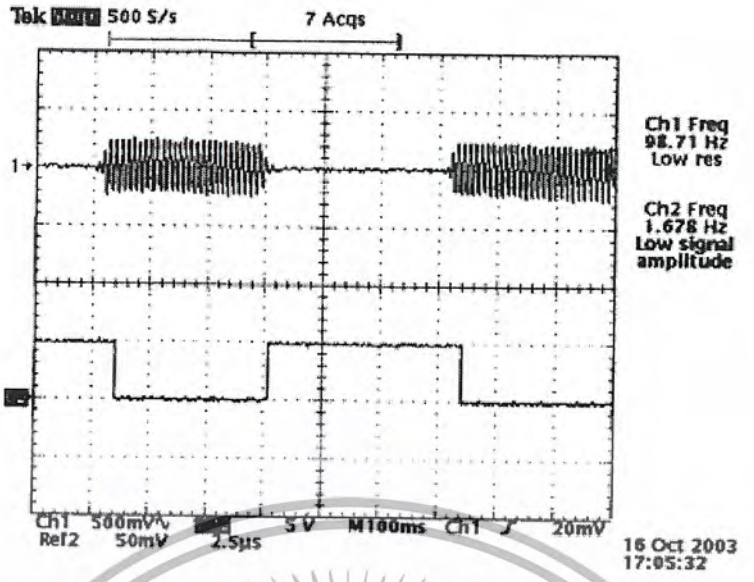



รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 เมื่อป้อนความถี่ 425 Hz ซึ่งจะต้องมีค่าเป็น LOW

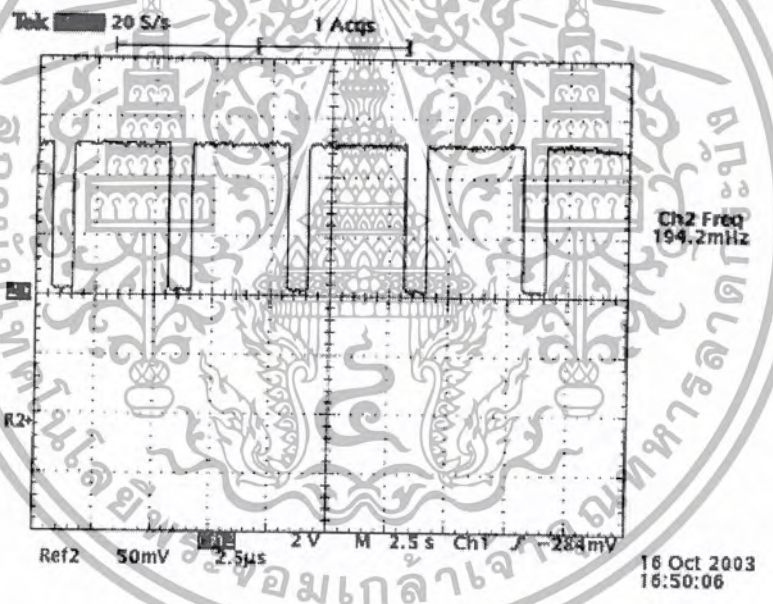



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 เมื่อป้อนความถี่ 525 Hz ซึ่งจะต้องมีค่าเป็น HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 และสัญญาณ ขณะสายไม่ว่าง (Busy Tone)




รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณขณะสายว่าง (Ring Back Tone)

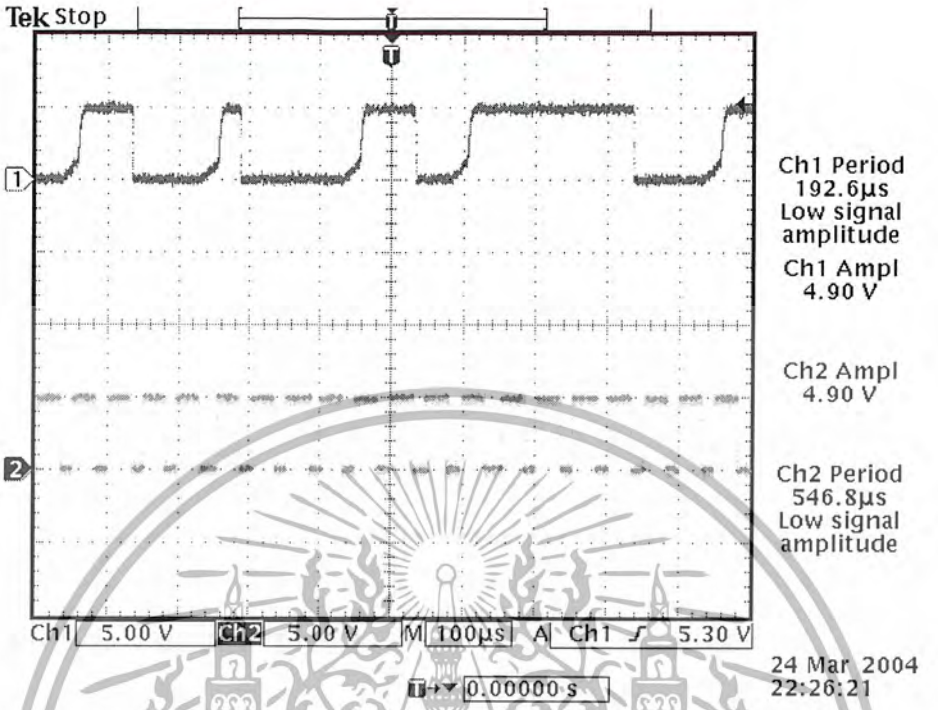
**4.5 การทดลองอ่านค่าข้อมูลจากบัตรโทรศัพท์**

ในการอ่านรหัสการ์ดจะเขียนโปรแกรมควบคุมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

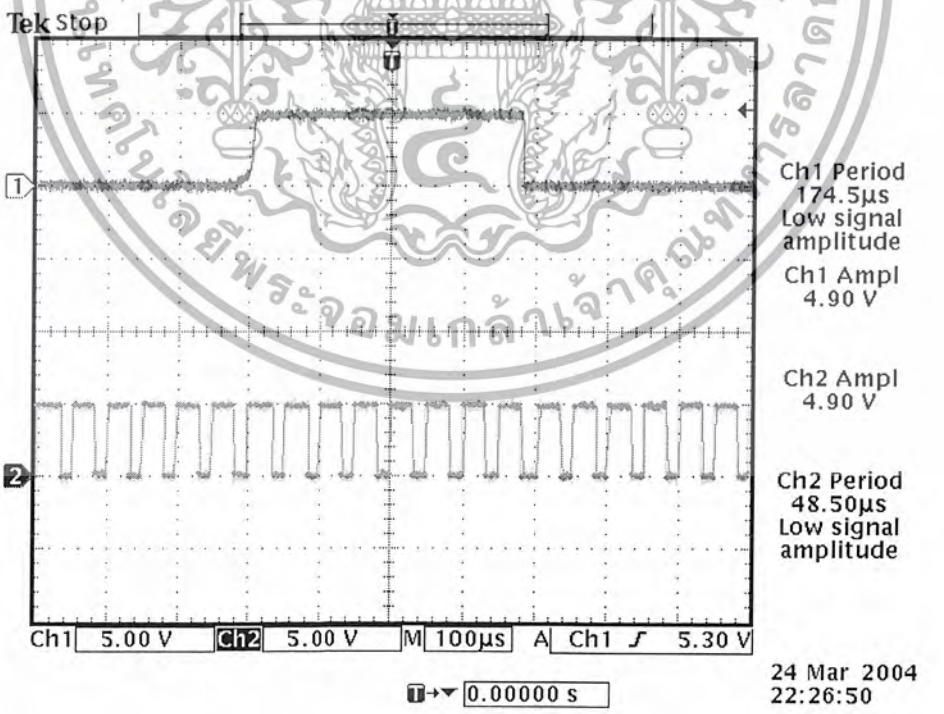
- กำหนดให้สัญญาณที่ขา CLK เป็น ลอจิกสูง
- กำหนดให้สัญญาณที่ขา RST เป็นลอจิกสูงประมาณ 10 uS แล้วให้ลอจิกต่ำที่ขา RST
- ทำการอ่านค่าที่ขา I/O ของการ์ด โดยการเลื่อนบิตข้อมูลที่อ่านได้ไปทีละ 1 บิต นั่นหมายความว่า Clock 8 ลูก อ่านได้ 8 บิต เท่ากับ 1 ไบต์
- ป้อน Clock จนครบ 384 ลูก หรือเทียบได้เป็นข้อมูล 48 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะได้ลักษณะของสัญญาณที่ได้จากบัตร TOT Card แต่ละใบ ดังในรูปต่อไปนี้

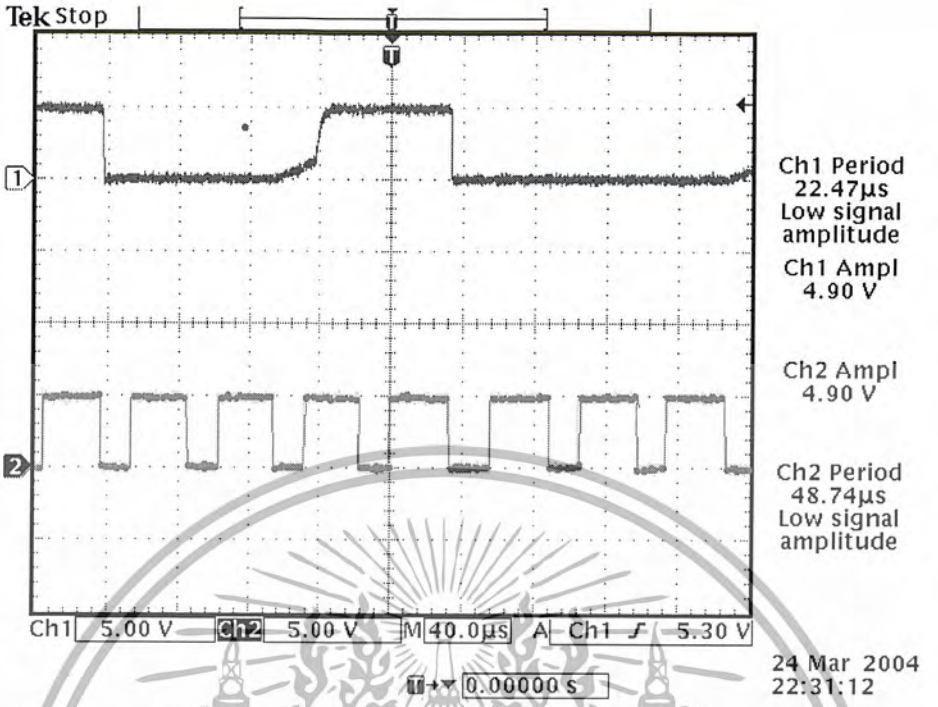



รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณ CLK และสัญญาณที่อ่านได้ที่ขา I/O เมื่อเข้าสู่ขบวนการอ่านการ์ด ใบที่ 1

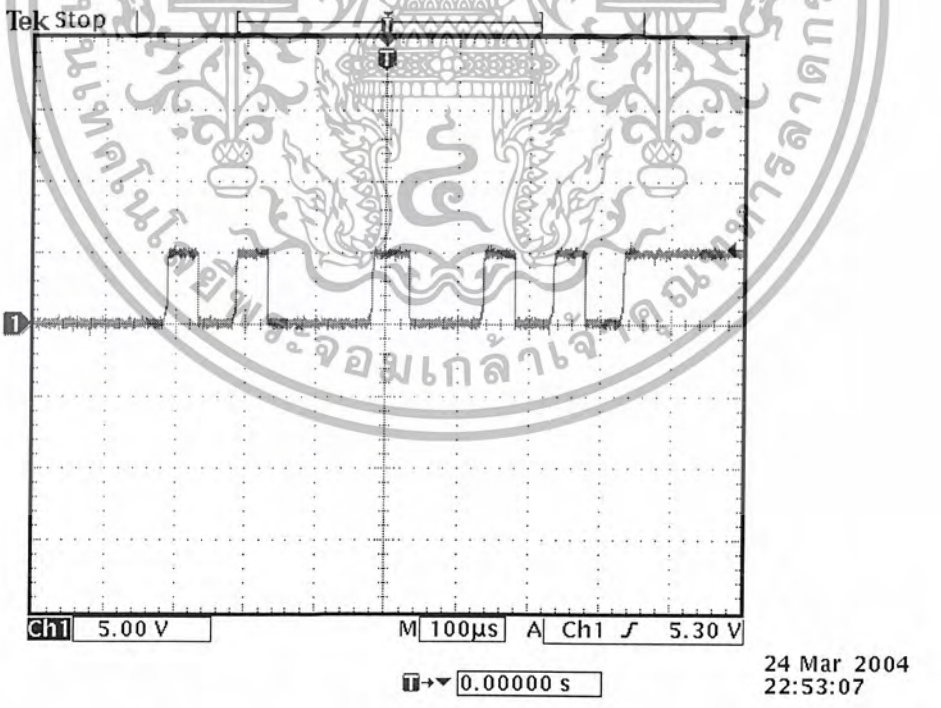



รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณ CLK และสัญญาณที่อ่านได้ที่ขา I/O เมื่อเข้าสู่ขบวนการอ่านการ์ด ใบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณ CLK และสัญญาณที่อ่านได้ที่ขา I/O เมื่อเข้าสู่ขบวนการอ่านการ์ด ใบที่ 3




รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างข้อมูลจากการอ่านบัตร TOT Card แผ่นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.6 การทดลองการทำงานของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์**

การทำงานของเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์จะมีขั้นตอนตามลำดับต่อไปนี้

- เมื่อเปิดเครื่อง จะต้องทำการตั้งค่าต่าง ๆ ให้ เครื่อง เช่น ตั้งนาฬิกา เป็นต้น
- เมื่อจะทำการโทรออกต้องทำการลงทะเบียนบัตรก่อน โดยบัตรที่นำมาใช้ต้องเป็นบัตรโทรศัพท์ TOT Card เมื่อเสียบบัตรที่ลงทะเบียนแล้ว เครื่องจะอนุญาตให้กดหมายเลขโทรออกได้ ถ้านำบัตรที่ไม่ได้ลงทะเบียนเครื่องจะ ทำการตัดสายออกทำให้ไม่สามารถกดหมายเลยโทรออกได้
- เมื่อจะทำการโทรออกสำเร็จเครื่องจะทำการบันทึก หมายเลขที่โทรออก วันเวลาที่โทรออก ผู้ที่ทำการโทรออก
- เมื่อต้องการสั่งพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์สามารถสั่งได้โดยการกดปุ่ม PRINT ที่ Keyboard
- ข้อมูลการใช้โทรศัพท์สามารถสั่ง Clear ได้โดยการเสียบบัตร Master เท่านั้น

*หมายเหตุ* การคำสั่งพิเศษต่าง เช่น การลงทะเบียนบัตร, การลบรายชื่อผู้ลงทะเบียน, การลบรายละเอียดการโทรออก จะต้องเสียบบัตร Master ก่อนเสมอ

ผลการทดลอง

รูปที่ 4.15 แสดงข้อความเมื่อทำการยกหูขณะไม่มีการเสียบการ์ด

รูปที่ 4.16 แสดงข้อความเมื่อเสียบบัตรที่ไม่ผ่านการลงทะเบียน

**รูปที่ 4.17 แสดงข้อความเมื่อเสียบบัตรที่ผ่านการลงทะเบียนซึ่งเครื่องจะอนุญาตให้กดหมายเลขได้**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 ข้อความเมื่อเสียบบัตรที่ผ่านการลงทะเบียนซึ่งเครื่องจะอนุญาตให้กดหมายเลขได้

รูปที่ 4.19 แสดงข้อความเมื่อทำการเรียกไปยังคู่สายปลายทาง แล้วสายปลายทางไม่ว่าง

รูปที่ 4.20 แสดงข้อความการลงทะเบียนบัตร ซึ่งสามารถลงได้ 10 ตัวอักษร

รูปที่ 4.21 แสดงข้อความเมื่อต้องการสั่งพิมพ์

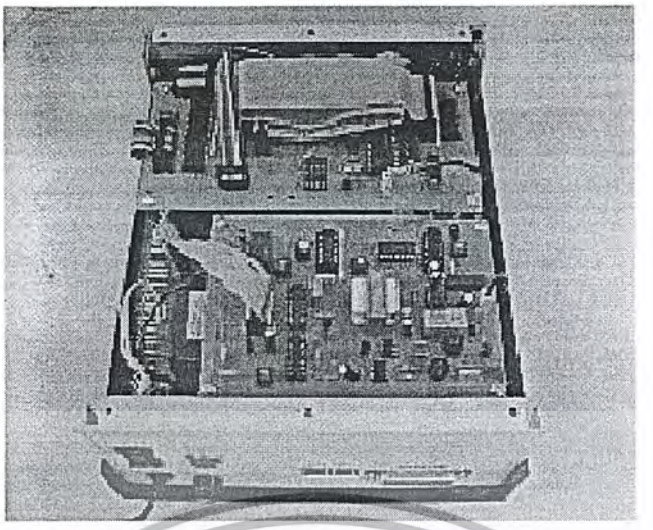
TELEPHONE NUMBER

| DATE | NUMBER | TIME | NAME USER |
|---|---|---|---|
| 22/Ø3/Ø4 | Ø27380Ø04 | 14:39:13 | MR.RACHATA |
| 22/Ø3/Ø4 | Ø62469678 | 15:27:Ø7 | EMPIRE_MAH |
| 22/Ø3/Ø4 | Ø91155775 | 15:42:48 | JAKRAPONG. |
| 22/Ø3/Ø4 | Ø27382156 | 15:54:28 | MANA_PLEAN |
| 22/Ø3/Ø4 | Ø515Ø5982 | 15:55:2Ø | MR.RACHATA |

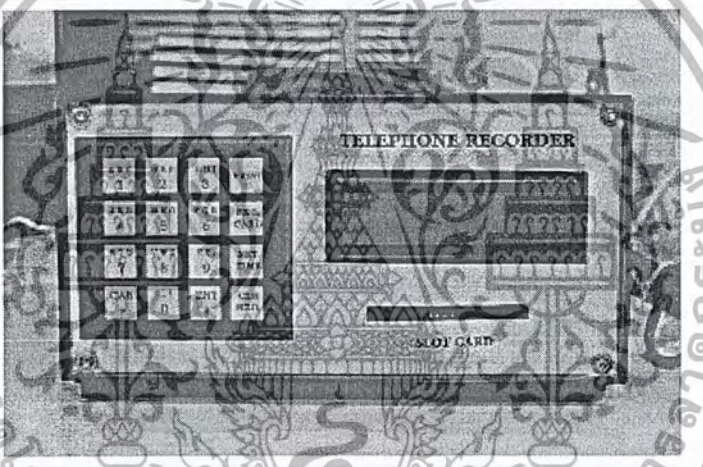
TOTAL CALLED OUT >>>> Ø5
DATE OF PRINTED >>>> 22/Ø3/Ø4

**รูปที่ 4.22 แสดงตัวอย่างการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงแผ่นวงจรรวมภายในเครื่อง




รูปที่ 4.24 แสดงด้านหน้าของเครื่อง

**รูปที่ 4.25 แสดงด้านหลังของเครื่อง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุปและบทวิจารณ์

## 5.1 บทสรุป

จากโครงงานนี้ได้ศึกษาถึงโครงสร้างและการทำงานของสมาร์ตการ์ด การนำสัญญาณโทรศัพท์พื้นฐานมาประยุกต์ใช้งาน และ การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อควบคุมอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก ผลจากการออกแบบและการสร้างโครงงานทำให้ได้เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Structure) และ โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ (Software Structure) ซึ่งใช้เป็นภาษาแอสแซมบลี (Assembly)

### 5.1.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Structure)

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของตัวเครื่องควบคุมการใช้โทรศัพท์โดยใช้ TOT Card แบ่งได้ 3 ส่วน

1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector Circuit) ประกอบด้วนส่วนต่างดังต่อไปนี้

- ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า (Ringing Tone Detector)
- ส่วนตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ (Hook Status Detector)
- ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF (DTMF Detector)
- ส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณ ไม่ว่าง (Ring back and busy tone detector)

1.2 วงจรควบคุมและประมวลผล (Control and Processing) ประกอบด้วยส่วนต่างดังต่อไปนี้

- วงจรถอดรหัสแอดเดรส
- วงจรเชื่อมต่อ I/O Port 8255
- วงจรเชื่อมต่อ หน่วยความจำ EEPROM

1.3 วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ส่วนอ่านการ์ด (Card reader)
- ส่วนเชื่อมกับเครื่องพิมพ์ (Printer Interface)
- ส่วนบันทึกข้อมูลและนาฬิกาจริง (Memory and Real Time Clock)
- ส่วน เชื่อมต่อจอแสดงผลLCD แสดงผล (LCD Display Interface)
- ส่วน เชื่อมต่อการป้อนข้อมูล (Keyboard Interface)

### 5.1.2 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ (Software Structure)

โครงสร้างทางซอฟต์แวร์เป็นส่วนที่เกี่ยวกับโปรแกรมคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมการใช้โทรศัพท์โดย TOT Card ให้ทำงานตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ ซึ่งจะประกอบด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมตรวจจับสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบสัญญาณโทรศัพท์พื้นฐานมาทำการประมวลผลเพื่อนำค่าต่าง ๆ ที่ได้ไปทำการควบคุมการใช้โทรศัพท์ พร้อมกับแสดงขั้นตอนการใช้โทรศัพท์โดยจะปรากฏที่ จอแสดงผล LCD
- โปรแกรมการอ่านข้อมูลจากบัตร ในการเขียนโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากบัตรจะต้องทำตามรูปแบบตามโปรโตคอลของบัตร โดยใช้บัตรโทรศัพท์สาธารณะ มาทำการทดสอบซึ่งได้ผลการอ่านรหัสข้อมูลได้ถูกต้อง และสามารถนำมาเป็นรหัสผ่านในการใช้โทรศัพท์สำหรับโทรออก
- ชุดคำสั่งการนำข้อมูลการใช้งานพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ ได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อนำข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำ EEPROM ส่งออกเครื่องพิมพ์ทางพอร์ตขนาน
- ชุดคำสั่งการรับค่าจากคีย์บอร์ด ได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสแกนการกดคีย์ ในการสั่งงานเพื่อควบคุมเครื่อง ตามขั้นตอน

ผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่าเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์ที่ใช้บัตรโทรศัพท์สาธารณะเป็นรหัสผ่าน เมื่อนำส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน เครื่องสมารถทำงานได้ตามต้องการในขอบเขตที่กำหนดไว้ทุกประการ มีความง่ายและสะดวกในการใช้งาน

## 5.2 บทวิจารณ์

โครงงานชิ้นนี้เป็นการสร้างเครื่องบันทึกการใช้โทรศัพท์ ซึ่งมีความสามารถในการระบุผู้ใช้โทรศัพท์ในช่วงเวลาต่าง โดยการอ่านรหัสที่ติดมากับบัตรโทรศัพท์ TOT Card ซึ่งจะใช้ได้เฉพาะบัตรที่ผ่านการลงทะเบียนก่อนเท่านั้น และจุดเด่นอีกประการหนึ่งสามารถนำบัตรโทรศัพท์ที่ใช้ไม่ได้ (มูลค่าของเงินหมดแล้ว) นำมาใช้ประโยชน์อีกได้ (Reuse) เป็นการประหยัดทรัพยากรอย่างหนึ่ง

## 5.3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

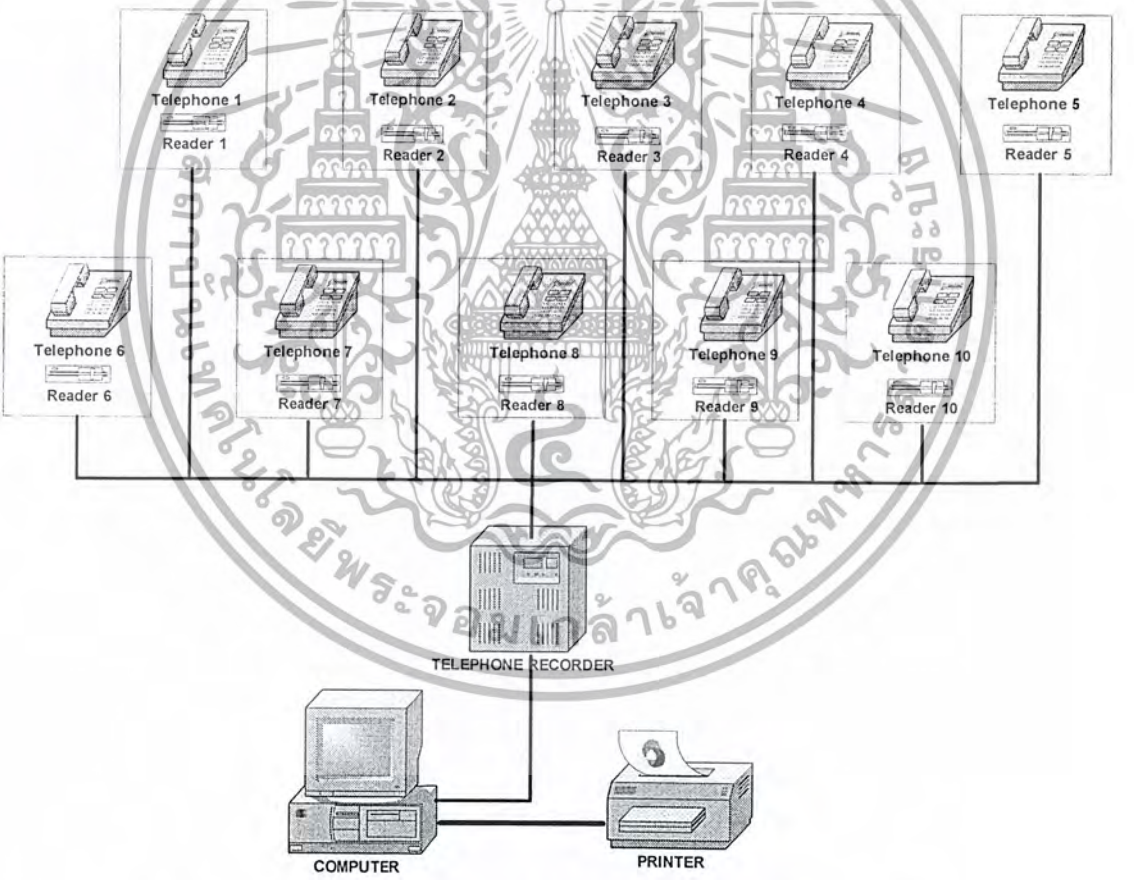
- วงจรตรวจสอบการยกหู ได้รับผลกระทบจากสัญญาณเรียกเข้า ดังนั้น จึงใช้ส่วนควบคุมทำการตัดส่วนตรวจสอบการยกหูให้เป็นศูนย์โวลต์ตลอดเมื่อมีการเรียกเข้าเพราะรีเลย์อาจจะเสียหายได้
- วงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับและสายไม่ว่างในส่วนของการใช้เฟสล็อกลูปมา ตรวจสอบนั้น ในขั้นต้นต้องใช้ VR เกือกม้ามาทำการปรับจูนความถี่ของตัวมัน แต่ปรับจูนได้ยากมากเพราะ VR มีความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปมาก หรือไม่ละเอียดดังนั้นจึงต้องใช้ ทริมพ็อท (Trim Pot) มาทำการจูนแทน VR เพราะทริมพ็อท ที่ใช้มี 25 รอบ มีความละเอียดสูงมากจึงได้ความถี่ที่ตรงกับที่ต้องการ
- ในการปรับจูน LM567 ต้องออกแบบให้ ค่าแบนด์วิท (BW) มีค่ามาก ๆ เพื่อให้สามารถรับความถี่ในช่วง 400-480 Hz ได้ โดยพิจารณาจากค่าความจุของตัวคาปาซิเตอร์ที่ขา 2 และขา 1 ของ LM567
- วงจรโมโนสเตเบิลที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง มีความไวต่อสัญญาณรบกวนมากดังนั้น จึงใช้ตัวเก็บประจุค่า 0.1 ไมโครฟารัด ต่อระหว่างขาไฟเลี้ยงกับขากราวด์ในตำแหน่งที่ใกล้ตัวไอซีโมโนสเตเบิลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรโมโนสเตเบิลที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง ถึงแม้จะวางหูไปแล้วจะมีการหน่วยเวลาออกไปตามคาบเวลาที่เข้ามา ดั้งนั้นในการเขียนโปรแกรมจะต้องทำการหน่วงเวลาให้สอดคล้องกันเพื่อจะได้เวลาที่ถูกต้อง

**5.4 แนวทางการพัฒนาโครงงาน**

สามารถนำเครื่องนี้เชื่อมต่อเข้ามากับโครงข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้สามารถประมวลผลได้มากขึ้นและสามารถเก็บรักษาเป็นฐานข้อมูลได้จำนวนมาก เช่น นำเครื่องควบคุมนี้ไปไว้ในแต่ละห้องภายในอาคารก็จะสามารถเก็บข้อมูลไว้ที่เดียว เพียงส่งรหัสของการ์ดและข้อมูลการใช้นั้นส่งเข้ามายังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเก็บข้อมูล ทำได้โดยเพียงติดตั้งเครื่องอ่านการ์ดไว้กับเครื่องโทรศัพท์ดังในรูปที่ 5.1 โดยไม่ต้องติดตั้งตู้สาขาซึ่งเป็นเหตุให้มีต้นทุนที่แพงไม่คุ้มค่ากับอาคารขนาดเล็ก และทั้งนี้รหัสของ TOT Card ที่ไม่ซ้ำกัน ยังเป็นประโยชน์ในการเป็น รหัสผ่านสำหรับใช้งานอุปกรณ์อื่น ๆ ด้วย




รูปที่ 5.1 แสดงการนำเครื่องต้นแบบไปพัฒนาใช้กับโทรศัพท์หลาย ๆ เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา จึงขอขอบคุณอาจารย์ทั้งสองท่านคือ อ.สุรพล บุญจันทร์ และ อ.พิสิฐ บุญศรีเมือง ที่คอยให้คำแนะนำแนวทางในการทำงานในยามที่มีปัญหา อีกทั้งยังคอยช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อน ๆ และสุดท้ายขอขอบคุณการสนับสนุนด้านค่าใช้จ่ายในการทำโครงงานจากครอบครัวเปลี่ยนกระโทก และครอบครัวแขนคันรัมย์

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


[1] ธวัชชัย เลื่อนฉวี. เทคโนโลยีโทรศัพท์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศุภาลัย มีเดีย, 2533

[2] ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546. "คูปองสำหรับศูนย์อาคารโดยใช้สมาร์ทการ์ด". กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545

[3] วรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรวิจิตรไล. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช. กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, 2543

[4] สมยศ จุณณะปิติ. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543

[5] อารัมภีย์ จันทร์ใจ. "เรียนรู้และเข้าใจสมาร์ทการ์ดในภาคปฏิบัติ ตอนที่ 1", วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 240, หน้า 155-164. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2546.

[6] อารัมภีย์ จันทร์ใจ. โสรัตย์ อุนหะวรากร. "เรียนรู้และเข้าใจสมาร์ตการ์ดในภาคปฏิบัติ ตอนที่ 7". วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 249, หน้า 151-158. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2546.

[7] W. Rang, W. Effing. Smart Card Handbook. Second Edition. Fohn Wiley & Sons LTD, 2000

[8] http://www.adisak51.com

[9] http://www.bitstorm.co.th/documents/smartcard.html

[10] http://www.se-ed.com

[11] http://www.smartcard.co.uk

[12] http://www.thaiic.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้