สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด

Application of smart card in electricity payment for rental apartments

T104159

โดย

นายสุภัค นิร์เทียม

นายอิศรา ธัญญานนท์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.104159.....
วัน,เดือน,ปี.30 ต.ค. 2552

b.12110213
i.....

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด

Application of smart card in electricity payment for rental apartments

โดย

นายสุภัค นิร์เทียม รหัส 49015215

นายอิศรา ธัญญานนท์ รหัส 49015223

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์สำหรับ ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด

Application of smart card in electricity payment for rental apartments

ผู้จัดทำ

นายสุภัค นิร์เทียม รหัส 49015215

นายอิศรา ธัญญานนท์ รหัส 49015223

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. สมศักดิ์ ชุมช่วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด

นายสุภัค นิร์เทียม รหัส49015215
นายอิศรา ธัญญานนท์ รหัส49015223
รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ก้าวไปไกล ซึ่งระบบรักษาความปลอดภัยและอำนวยความสะดวกสามารถนำเอาสมาร์ทการ์ดมาประยุกต์ใช้งานได้ ในโครงการนี้นำสมาร์ทการ์ดมาประยุกต์ใช้งานกับระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด โดยจะประยุกต์สมาร์ทการ์ดมาเป็นบัตรเติมเงิน โดยจะทำการเขียนข้อมูลลงไปในสมาร์ทการ์ดเป็นบัตรเติมเงินค่าต่างๆ และอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดและนำไปหักกับจำนวนค่าไฟที่ใช้ไปและนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้เป็นแบบหน่วยความจำเบอร์ SLE 4442 ซึ่งในการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. ส่วนของผู้ให้บริการไฟฟ้าหรือเจ้าของอาคารชุด 2.ส่วนของผู้ใช้บริการไฟฟ้าหรือผู้เช่า

ส่วนที่ 1 ซึ่งในการเขียนข้อมูลลงไปในบัตรสมาร์ทการ์ดจะกระทำผ่านเครื่องเขียนสมาร์ทการ์ดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องเขียนสมาร์ทการ์ด ด้วยการสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0

ส่วนที่ 2 ซึ่งในการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดได้กระทำผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะทำงานร่วมกับวัตต์มิเตอร์ซึ่งจะทำหน้าแสดงการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ ว่าเป็นจำนวนเท่าไรและนำจะไปหักกับจำนวนเงินในบัตรสมาร์ทการ์ดของผู้ใช้ที่เติมเงินไว้แล้วก็จะแสดงผลจำนวนเงินคงเหลือปัจจุบันของผู้ใช้ออกทาง 7-Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application of smart card in electricity payment for rental apartments

Mr.Supak Nitiem ID.49015215

Mr.Itsara Tanyanon ID.49015223

Assoc. Prof. Dr. Somsak Choomchuay Advisor

Education Year 2008

Abstract

Nowadays, electronics technology has become more advanced. Smart card can now be applied to security system and many other facilities. This project investigates the application of smart card to the electric service and payment for rental apartments. The smart card is used as a pre-paid card. The data is stored in the card so that it can be used for electric bill payment. The smart card used in this project is sle4442 memory card. The designed system consists of two deparate units: (1) the landlord's unit and (2) the tenant's unit.

For the first unit, the data is written into a smart card by using a smart card writer. The writer is connected to a RS-232 port. User interface is developed under Microsoft Visual Basic Version 6.0.

In the second unit, the data is read from the smart card via MCS-51 Microcontroller base hardware designed and installed of the tenant's room. The amount of electricity used is sensed from the conventional rotating watt-hour meter. The pre-paid amount is read and loaded into a memory of the controller. As the watt-hour meter rotate the amount of usage can be computed and deducted accordingly. The left amount (electricity units) is displayed via 3-digit 7-segment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

อาจารย์ สมศักดิ์ ชุมช่วย (อาจารย์ที่ปรึกษา) และอาจารย์ทุกท่านที่ให้การอุปการะในการให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับโครงงาน การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดในระบบชำระ และใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด และทางภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ยืมใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ในการทดลอง ตลอดจนสั่งสอนให้ความรู้จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการทำโครงงานครั้งนี้

คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ความเป็นห่วง และให้การสนับสนุนทางด้านการเงินตลอดมา จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายสุภัค นิร์เทียม

นายอิศรา ธัญญานนท์

ผู้จัดทำโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 วิธีการดำเนินงาน 1

1.4 ขอบเขตของงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 2

1.6 ภาพรวมและข้อกำหนดของระบบการใช้สมาร์ทการ์ด 2
เพื่อชำระเงินค่าไฟฟ้าสำหรับภายในอาคารชุด

1.6.1 การทำงานของระบบ และคุณสมบัติโดยรวม 2

1.6.2 ข้อกำหนดและส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของผู้ให้บริการ 3

1.6.3 ข้อกำหนดและส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของผู้ใช้บริการ 3

บทที่ 2 สมาร์ทการ์ด 4

2.1 ความหมายของสมาร์ทการ์ด 4

2.2 ประวัติความเป็นมาของสมาร์ทการ์ด 4

2.3 ข้อดีของสมาร์ทการ์ด 5

2.4 ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ทการ์ด 6

2.5 องค์ประกอบในการใช้งานสมาร์ทการ์ด 8

2.5.1 ตัวบัตรและตัวชิป 8

2.5.2 สมาร์ทดรีดเตอร์ 9

2.5.3 ซอฟแวร์ 9

2.5.4 Black office 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ประเภทของสมาร์ทการ์ด 10
2.6.1 Memory Card 10
2.6.2 Optical Memory Card 11
2.6.3 Processor Card 11
2.6.4 Contact less Smart Card 13
2.6.5 Com-Bi Card 14
2.6.6 Hybrid Smart Card 15
2.7 รูปแบบของสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้ในโครงงาน 16
2.8 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ทการ์ด SLE4442 20
2.8.1การรีเซตและการตอบกลับ 20
2.8.2การทำงานของโหมดการส่งคำสั่ง 22
2.8.3โหมดการอ่านข้อมูล (Outgoing Data Mode) 25
2.8.4โหมดดำเนินการ (Process Mode) 27
บทที่ 3 การสื่อสารแบบอนุกรม 28
3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม 28
3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 28
3.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232 31
3.3.1 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ 31
3.3.2 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 34
3.3.3 ชนิดของ UART 35
3.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232 35
3.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ตRS-232 43
3.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม 44
บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 46
4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 46
4.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 46
4.3 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 48
4.4 หน่วยความจำโปรแกรม 48
4.5 หน่วยความจำข้อมูล 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 51
4.6.1 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ 51
4.6.2แอกคิวมูเลเตอร์ (ACCUMULATOR) 52
4.7 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 52
4.8 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 54
4.9 ไทเมอร์/ เคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 55
4.10 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 56
บทที่ 5 การออกแบบและหลักการทำงานของวงจร 58
5.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน การประยุกต์ใช้งานSmart Card
เป็นระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด 58
5.2 การสร้างและการออกแบบวงจรในส่วนของผู้ให้บริการ 59
5.2.1 การออกแบบการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 60
5.2.2 การออกแบบในส่วนการติดต่อกับ Smart Card SLE4442 61
5.2.3 การออกแบบการติดต่อในส่วนผู้ให้บริการกับคอมพิวเตอร์ 62
5.2.4 ฐานข้อมูล 63
5.3 การสร้างและการออกแบบในส่วนของผู้ใช้บริการ 66
5.3.1 เซนเซอร์ 67
5.3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 68
5.3.3 การติดต่อกับ Smart Card SLE4442 69
5.3.3 การควบคุมการแสดงผลของ 7- Segment 70
5.3.4 การควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลด 71
5.3.5 วงจรรวมในส่วนของผู้ใช้บริการ 72
5.4 ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) 76
บทที่ 6 ผลการทดลอง 77
6.1 การทดสอบสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 77
6.1.1 ทดสอบการอ่านข้อมูลสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 77
6.2 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 78
6.2.1 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ
SLE4442 1 ครั้ง 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 2 ครั้ง 79
6.2.3 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 3 ครั้ง 79
6.2.4 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 โดยมีการกด Reset 80
6.3 การทดลองการใช้งานคำสั่งต่างๆของโปรแกรม Visual Basic ในส่วนของผู้ให้บริการ 81
6.3.1 การทดลองใช้คำส่งเติมเงิน 81
6.3.2 การทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยน Unit 83
6.3.3 การทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยน ID 84
6.3.4 การทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยนบัตร Smart Card 85
6.3.5 การทดลองใช้คำสั่งคืนเงิน 86
6.4 การทดลองการทำงานการอ่านและเขียนข้อมูลของบัตร Smart Card แล้วแสดงผลออก LED 7-Segment ซึ่งเป็นส่วนของผู้ใช้บริการ 87
6.5สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์การ์ดใบที่1 90
6.6สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์การ์ดใบที่2 90
6.7สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์การ์ดใบที่1 91
6.8สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์การ์ดใบที่2 91
6.9สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์การ์ดใบที่1 92
6.10สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์การ์ดใบที่2 92
บทที่7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 93
7.1 สรุปผลการทดลอง 93
7.2 ปัญหาที่พบ 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสมาร์ทการ์ด 6
รูปที่ 2.2 การแบ่งชนิดของบัตรตามรูปร่างที่นำไปใช้งาน และขนาด 7
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของสมาร์ทการ์ดโมดูลในสายการผลิตสมาร์ตการ์ด 7
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสมาร์ทการ์ดโมดูล 8
รูปที่ 2.5 การแบ่งสมาร์ทการ์ดตามชนิดของหน่วยความจำและประเภทของหน้าสัมผัส 10
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างในชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Memory (Synchronous Card) 11
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างหน่วยความจำของ Memory Card ชนิด PIN Protect 12
รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Processor (Asynchronous Card) 13
รูปที่ 2.9 สมาร์ทการ์ด ชนิด Memory แบบ Contact less 14
รูปที่ 2.10 สมาร์ทการ์ดชนิดProcessor แบบ Contact less 14
รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Contact แบบ Com-bi card 15
รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Hybrid Smart Card 15
รูปที่ 2.13 บัตรสมาร์ทการ์ดและหน้าสัมผัสของ SLE4442 16
รูปที่ 2.14 ที่แสดงการแบ่ง Data Memory 17
รูปที่ 2.15 อะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442 18
รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของ Security Memory Card 19
รูปที่ 2.17 รูปสัญญานของการรีเซตและการตอบกลับ ATR 20
รูปที่ 2.18 โครงสร้างของข้อมูล ATR ในหน่วยความจำ 4 ไบต์แรกของ SLE4442 21
รูปที่ 2.19 โครงสร้างและความหมายของชุดคำสั่งที่ SLE4442 รองรับ 21
รูปที่ 2.20 รูปสัญญานของการส่งคำสั่งไปยังการ์ด 22
รูปที่ 2.21 รูปสัญญานของคำส่ง Read Main Memory 22
รูปที่ 2.22 รูปสัญญานของคำสั่ง Read Protection Memory 24
รูปที่ 2.23 รูปสัญญานของคำสั่ง Update Security Memory (ก)การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 รูปสัญญานของคำสั่ง Update Security Memory(ข)การลบหรือเขียนข้อมูล 25
รูปที่ 2.24 รูปสัญญานของคำสั่ง Read Security Memory 25
รูปที่ 2.25 รูปสัญญานของคำสั่ง Compare Verification Data 26
รูปที่ 2.26กระบวนการเปรียบเทียบรหัสผ่านกับรหัส PSC 26
รูปที่ 2.27 รูปสัญญานที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดการอ่านข้อมูล 27
รูปที่ 2.28 รูปสัญญานที่เกิดขึ้นในระหว่างโหมดดำเนินการ 27
รูปที่ 3.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม 28
รูปที่ 3.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 29
รูปที่ 3.3 คอนเนคเตอร์อนุกรม 32
รูปที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ 34
รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ 36
รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม 44
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 47
รูปที่ 4.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 48
รูปที่ 4.3 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล 50
รูปที่ 4.4 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี 51
รูปที่5.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานส่วนของผู้ให้บริการ 58
รูปที่5.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานส่วนของผู้ใช้บริการ 59
รูปที่5.3 การออกแบบการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 60
รูปที่5.4 การออกแบบในส่วนการติดต่อกับ Smart Card SLE4442 61
รูปที่5.5 โปรแกรมในส่วนของผู้ให้บริการ 62
รูปที่5.6 ฐานข้อมูล 63
รูปที่5.7 โปรแกรมการทำงานในส่วนผู้ให้บริการ 64
รูปที่5.8 โปรแกรมการทำงานในโหมดคำสั่งต่างๆ 65
รูปที่5.9 วงจรในส่วนของเซนเซอร์ 67
รูปที่5.10 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 68
รูปที่5.11 การติดต่อกับ Smart Card SLE4442 69
รูปที่5.12 การควบคุมการแสดงผลของ 7- Segment 70
รูปที่5.13 การควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลด 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่5.14 วงจรรวมในส่วนของผู้ใช้บริการ 72
รูปที่5.15 โปรแกรมในส่วนของผู้ใช้บริการ 73
รูปที่5.16 โปรแกรมย่อย Check Relay 74
รูปที่5.17 โปรแกรมย่อย Check บัตร 75
รูปที่5.18 ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) 76
รูปที่6.1 การอ่านข้อมูลสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 77
รูปที่6.2 การทดสอบการเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 1 ครั้ง 78
รูปที่6.3 การทดสอบการเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 2 ครั้ง 79
รูปที่6.4 การทดสอบการเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 3 ครั้ง 79
รูปที่6.5 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 โดยการกด Reset 80
รูปที่6.6 การใช้คำสั่งเติมเงิน 81
รูปที่6.7 การยืนยันการใช้คำสั่งเติมเงิน 81
รูปที่6.8 การเติมเงินจำนวน500บาท 82
รูปที่6.9 การเติมเงิน499บาท 82
รูปที่6.10 การใช้คำสั่งเปลี่ยน Unit 83
รูปที่6.11 การเปลี่ยนค่าUnit 83
รูปที่6.12 การใช้คำสั่งเปลี่ยน ID 84
รูปที่6.13 การทดลองเปลี่ยน ID บัตร 84
รูปที่6.14 การทดลองการเปลี่ยนบัตร 85
รูปที่6.15 การใส่บัตรใหม่ 85
รูปที่6.16 การใช้คำสั่งการคืนเงิน 86
รูปที่6.17 การคืนเงิน 0 บาท 86
รูปที่6.18 ยังไม่มีการเติมเงิน 87
รูปที่6.19 เติมเงิน 500 บาท 88
รูปที่6.20 เติมเงิน 999 บาท 88
รูปที่6.21 ในขณะที่ต่อกับโหลด 89
รูปที่6.22 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์การ์ดใบที่1 90
รูปที่6.23 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์การ์ดใบที่2 90
รูปที่6.24 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์การ์ดใบที่1 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่6.25 สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์การ์ดใบที่2 91
รูปที่6.26 สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์การ์ดใบที่1 92
รูปที่6.27 สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์การ์ดใบที่2 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบการใช้การ์ดชนิดต่างๆของ France Telecom 5

ตารางที่ 3.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล 30

ตารางที่ 3.2 หน้าที่การทำงานของขาอนุกรม 32

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H 37

ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 02H 38

ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 03H 39

ตารางที่ 3.6 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 04H 41

ตารางที่ 3.7 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 05H 41

ตารางที่ 3.7 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 06H 42

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลในแอดเดส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันการพัฒนาในด้านเทคโนโลยีการเก็บข้อมูลและการเชื่อมต่อข้อมูลมีความก้าวหน้าไปอย่างมาก และเป็นที่น่าสนใจในการจะนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันให้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีการเก็บข้อมูลแบบหนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบันคือสมาร์ทการ์ด ซึ่งเริ่มจะมีการใช้มากขึ้นในปัจจุบัน จากเหตุผลนี้จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้สมาร์ทการ์ดให้มีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยในโครงงานนี้ได้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ในงานด้านอำนวยความสะดวกในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด ให้แก่ผู้ใช้ถือมีความสำคัญกับชีวิตประจำวันอย่างมาก สำหรับสมาร์ทการ์ดที่ใช้ในโครงงานนี้ใช้สมาร์ทการ์ดเบอร์slc4442เนื่องจากเป็นการ์ดที่มีคุณสมบัติในการรักษาความปลอดภัยข้อมูลอย่างครบถ้วนและก็เป็นบัตร สมาร์ทการ์ดชนิดหนึ่งที่หามาใช้งานได้ง่าย

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาโครงสร้างและการอินเตอร์เฟสกับบัตรสมาร์ทการ์ด
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ศึกษาการสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232 เพื่อเขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ด

1.3 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการอินเตอร์เฟสของบัตรสมาร์ทการ์ดกับไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์
2. เขียนโปรแกรมควบคุมการเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ดระหว่างเครื่องเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดกับคอมพิวเตอร์โดยติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232
3. สร้างเครื่องอ่านบัตรสมาร์ทการ์ด
4. เขียนโปรแกรมประยุกต์ในการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ดและการอินเตอร์เฟสกับวัตมิเตอร์พร้อมทั้งสามารถแสดงผลผ่าน 7-Segment ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของงาน

ทำการสร้างเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดเพื่อทำการเขียนข้อมูลลงไปในบัตรสมาร์ทการ์ดเป็นบัตรเติมเงินค่าต่างๆ และทำการสร้างเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดเพื่อทำการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดโดยจะทำงานร่วมกับวัตมิเตอร์ เพื่อเป็นตัวตัดจำนวนค่าไฟที่ใช้ไปและนำไปหักกับบัตรสมาร์ทการ์ดซึ่งเป็นบัตรเติมเงิน และนำค่าเงินปัจจุบันแสดงผลออกทาง 7-segment ซึ่งผู้ใช้สามารถเติมเงินเพิ่มได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สร้างความสะดวกให้แก่ผู้ใช้และเจ้าของสถานที่ในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าภายในอาคารชุด
2. เพิ่มประสิทธิภาพในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าภายในอาคารชุด
3. ลดการใช้ทรัพยากรบุคคลในระบบชำระค่าบริการไฟฟ้า
4. ป้องกันการไม่จ่ายค่าใช้ไฟฟ้าภายในอาคารชุด

1.6 ภาพรวมและข้อกำหนดของระบบการใช้สมาร์ทการ์ดเพื่อชำระเงินค่าไฟฟ้าสำหรับภายในอาคารชุด

1.6.1 การทำงานของระบบ และคุณสมบัติโดยรวม

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน

1. ส่วนของผู้ให้บริการ จะเป็นการเขียนข้อมูลลงไปในบัตรสมาร์ทการ์ดให้เป็นบัตรเติมเงินค่าต่างๆจะกระทำผ่านเครื่องเขียนสมาร์ทการ์ดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องเขียนกับสมาร์ทการ์ด ด้วยการสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0
2. ส่วนของผู้ใช้บริการ จะเป็นการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดจะกระทำผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะทำงานร่วมกับวัตต์มิเตอร์ซึ่งจะทำหน้าแสดงการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ ว่าเป็นจำนวนเท่าไรและนำไปหักกับจำนวนเงินในบัตรสมาร์ทการ์ดของผู้ใช้ที่เติมเงินไว้แล้วก็จะแสดงผลจำนวนเงินคงเหลือปัจจุบันของผู้ใช้ออกทาง 7-Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.2 ข้อกำหนดและส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของผู้ให้บริการ

1. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.1 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 จะเป็นการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

1.2 การติดต่อกับสมาร์ทการ์ด จะเป็นการติดต่อสื่อสารการอ่านและเขียนข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับสมาร์ทการ์ดเพื่อเขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ดเป็นบัตรเติมเงินค่าต่างๆ

2. ส่วนของโปรแกรม Visual basic

เป็นโปรแกรมควบคุมโหมดคำส่งต่างๆที่จะกระทำกับสมาร์ทการ์ดเพื่อเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ดให้เป็นบัตรเติมเงินค่าต่างๆ

1.6.3 ข้อกำหนดและส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของผู้ใช้บริการ

1. ส่วนของวัตมิเตอร์

1.1 เซนเซอร์ เป็นตัวตรวจจับการนับรอบการหมุนของวัตมิเตอร์

1.2 เปรียบเทียบแรงดัน เป็นตัวเปรียบเทียบสถานะ 0 และ1 ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการนับรอบการหมุนของวัตมิเตอร์

2. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 การติดต่อกับสมาร์ทการ์ด จะเป็นการติดต่อสื่อสารการอ่านและเขียนข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับสมาร์ทการ์ด

2.2 ทำการนับรอบของวัตมิเตอร์ เป็นการนับรอบการหมุนของวัตมิเตอร์ว่า 1 Unit วัตมิเตอร์หมุนกี่รอบเพื่อเอาไว้หักกับค่าเงินในสมารืทการ์ดที่เติมมาจากเครื่องผู้ให้บริการ

2.3 ควบคุมการแสดงผลของ 7-Segment เป็นการแสดงยอดจำนวนเงินปัจจุบันของผู้ใช้บริการ

2.4 ควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลด เป็นการควบคุมการจ่ายไฟ AC-220 V ให้แก่ผู้ใช้บริการถ้าจำนวนเงินของผู้ใช้บริการมีค่าน้อยกว่าอัตราบริการต่อ1Unit ก็จะทำให้ไม่มีการจ่ายไฟ AC-220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
สมาร์ทการ์ด (Smart card)

2.1 ความหมายของสมาร์ทการ์ด

Smart Card หมายถึง การ์ดที่มีหน่วยความจำ หรือ มี Microprocessor ฝังอยู่ในการ์ดอาจจะเป็น Chip หน่วยความจำชนิดที่ถูกโปรแกรมเรียบร้อยแล้วมาจากโรงงาน แต่ถ้าเป็นแบบ Microprocessor นั้นก็จะสามารถเพิ่มข้อมูล หรือลบข้อมูล หรือไม่เช่นนั้นก็จะสามารถปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ข้อมูลบนตัวการ์ดนี้ อีกประเภทคือการ์ดที่มีหน่วยความจำคงที หรือที่เรียกว่า memory-chip card เช่น การ์ดโทรศัพท์ เป็นต้น ลักษณะตัวการ์ด Smart card นั้นจะเป็นแผ่นพลาสติก ขนาดเท่ากับ บัตรเครดิต หรือ ขนาดใกล้เคียงกับนามบัตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานทั่วโลก ภายในการ์ดนี้ก็จะมีเนื้อที่ส่วนที่เป็นหน่วยความจำอัดอยู่บนการ์ด ซึ่งในส่วนนี้นี่เองที่จะเป็นส่วนบรรจุข้อมูลอยู่ภายใน หากจะเพิ่มเติมข้อมูล หรือ อ่านข้อมูลจากบัตรก็จะต้องมีเครื่องอ่านบัตร ที่เรียกว่า SmartCardReader

Smart Card นั้นจะไม่เหมือนกับการ์ดชนิดใช้แถบแม่เหล็ก เพราะ Smart Card นั้นจะมีข้อมูลที่จำเป็นและข้อมูลข่าวสารอื่นๆอยู่บนการ์ด ดังนั้นการอ่านข้อมูลจึงไม่ต้องย้อนกลับไปค้นข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลอันเป็นการเสียเวลาเช่นเดียวกับการ์ดแถบแม่เหล็ก(เช่น บัตรเอทีเอ็ม) นี่ก็จะเป็นข้อดีของ Smart Card

2.2 ประวัติความเป็นมาของสมาร์ทการ์ด

Smart Card นั้นประดิษฐ์ขึ้น ในปี ค.ศ. 1974 จวบกระทั่งทุกวันนี้ มี Smart Card ใช้อยู่ทั่วโลกราว 1000 ล้านใบ(ชิ้น) จากหลายๆผู้ผลิต 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในประเทศในแถบยุโรป, อเมริกาใต้, และ ประเทศในแถบเอเชีย คาดว่าสิ้นปีนี้อาจจะใช้งานถึง 3000 ล้านใบ(ชิ้น) กว่า 15 เปอร์เซ็นต์ก็จะใช้งานใน ประเทศสหรัฐอเมริกาและคานาดา ในจำนวนนี้ประมาณว่า จำนวน 900 ล้านใบ(ชิ้น) จะใช้ในกิจการทางด้านการให้บริการการเงิน การ์ดธนาคาร หรือ การ์ด ATM, การ์ดด้านรักษาความปลอดภัย, การ์ดที่เกี่ยวกับโทรศัพท์ไร้สาย(มือถือ), การ์ดที่เกี่ยวกับการสื่อสารดาวเทียม, และการ์ดที่เกี่ยวกับการให้บริการเคเบิลทีวี TV Set-Top Boxes เป็นต้น

ปัจจุบันในบางประเทศใกล้บ้านเรานี้ ปัจจุบันเขาก็นำเอามาใช้เต็มรูปแบบแล้ว บ้านเราก็คงจะต้องอีกระยะหนึ่ง หรืออีกไม่นานท่านก็จะคุ้นหูกับศัพท์อีกคำหนึ่งก็คือคำว่า E-Money ที่อาจจะต้องมีการนำเอา Smart Card มาใช้งานด้วยอย่างแน่นอน ปัจจุบันราคาเครื่องผลิต Smart Card ราคายังสูงมาก นัยว่าเป็น 10 ล้าน ต่อเครื่อง ถ้าได้ใช้งานอย่างคุ้มค่า ก็ต้องให้บริการแก่หน่วยงานใหญ่ๆที่ส่วนตัว หน้าตาเป็นอย่างไร มีตำหนิรูปพรรณที่ไหน บ้านอยู่ไหน เป็นลูกใคร กรุ๊ปเลือดใด เคยไปบริจาคเลือดที่ไหน กี่ครั้ง รวมไปถึงประวัติ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียน การทำงาน ความสามารถพิเศษ ได้กระทำความดี หรือ มีประวัติเสียส่วนใด เช่น อุบัติเหตุ ก่อคดีวิวาท เป็นโจทย์ เป็นจำเลย คดีแพ่ง คดีอาญา จ่ายภาษี จ่ายประกันสังคม มีรถยนต์กี่คัน มีจำเป็นที่จะต้องใช้งานจำนวนมากก็อาจจะคุ้ม นั่นก็ต้องย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนการผลิตเท่านั้น ว่าไปแล้วอีกไม่นานนักหากการจัดระบบการรักษาความปลอดภัย ระบบการจัดเก็บ ระบบการเช็คชื่อไม่ว่าจะเป็นบริษัท ห้างร้าน โรงงาน หรือ ตามโรงเรียนต่างๆ ในอนาคตย่อมจะหลีกเลี่ยงการนำเอา Smart Card มาประยุกต์ใช้อย่างแน่นอน รวมไปถึงระบบการรักษาความปลอดภัยของประชาชนเช่นบัตรประจำตัวประชาชนก็อาจจะเปลี่ยนเป็นแบบ Smart Card มีข้อมูลบ้านกี่หลัง มีลูกกี่คน มีทรัพย์ สมบัติอะไรบ้าง ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน ก็จะถูกบันทึกอยู่ในแผ่นการ์ดนี้แผ่นเดียว เข้าโรงพยาบาลเข้าเครื่องอ่านบัตรก็รู้ทันทีว่าแพ้ยาอะไร ใครจะเป็นคนจ่ายเงินค่ารักษาพยาบาล แพทย์ก็ทำการรักษาอย่างถูกต้องทันต่อการช่วยชีวิตทันทีทันควัน หรือ ในบางธุรกิจ เช่น บริษัทจำหน่ายรถยนต์ หรือ อู่ซ่อมรถยนต์ อาจจะนำ Smart Card นี้ไปประยุกต์ใช้ เช่นติดชิ้นส่วนของ Smart Card ไว้ที่เครื่องยนต์ เมื่อรถยนต์เข้าอู่ ก็จะอ่านข้อมูลทราบรายละเอียดของรถได้ทันที ใครเป็นเจ้าของ ซื้อเมื่อไหร่ หมดประกันเมื่อใด ซ่อมอะไรไปบ้าง ชิ้นส่วนใดจะต้องเปลี่ยน รสนิยมของเจ้าของเป็นอย่างไร จ่ายเงินช้า เร็ว ชอบของแท้ หรือ ของเทียมเป็นต้น

เทคโนโลยี	Magnetic Card	Optical Card	Smart Card
อัตราการบกพร่อง	2 %	2%	0.03 %
จำนวนครั้งที่เข้าไปยุ่งเกี่ยว	400	400	100
จำนวนครั้งที่บกพร่องต่อปี	1000	800	100
จำนวนเครื่องที่สามารถบำรุงรักษาโดยใช้ช่างเทคนิค 1 คน	20	15	100
ค่าใช้จ่ายอะไหล่	400	500	100

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบการใช้งานการ์ดชนิดต่างๆของ France Telecom

2.3 ข้อดีของสมาร์ทการ์ด

1. มีความไว้วางใจได้ดีกว่าบัตรที่ใช้แถบแม่เหล็ก
2. สามารถเก็บสะสมข้อมูลได้มากกว่าบัตรที่ใช้แถบแม่เหล็กเป็นร้อย ๆ เท่า
3. ลดโอกาสที่จะเข้าไปยุ่งเกี่ยวและป้องกันการปลอมแปลงด้วยระบบป้องกันที่ซับซ้อน
4. สามารถเปลี่ยนมือและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้มากมาย

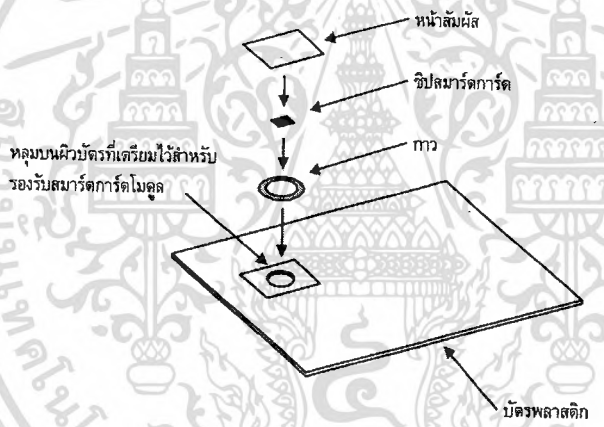
6. สามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การขนส่ง ธนาคาร และการรักษาสุขภาพ เป็นต้น

7. สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาต่าง ๆ ได้ เช่น เครื่องโทรศัพท์และเครื่องคอมพิวเตอร์กระเป๋าหิ้ว

8. ทำงานด้วยเทคโนโลยีเซมิคอนดัคเตอร์ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

2.4 ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ทการ์ด

สมาร์ทการ์ดประกอบด้วยบัตรพลาสติก กาวหรือวัสดุที่ใช้เชื่อมต่อ และหน้าสัมผัสที่บรรจุชิปสมาร์ทการ์ดเรียบร้อยแล้ว ซึ่งส่วนประกอบต่างๆแสดงดังรูป



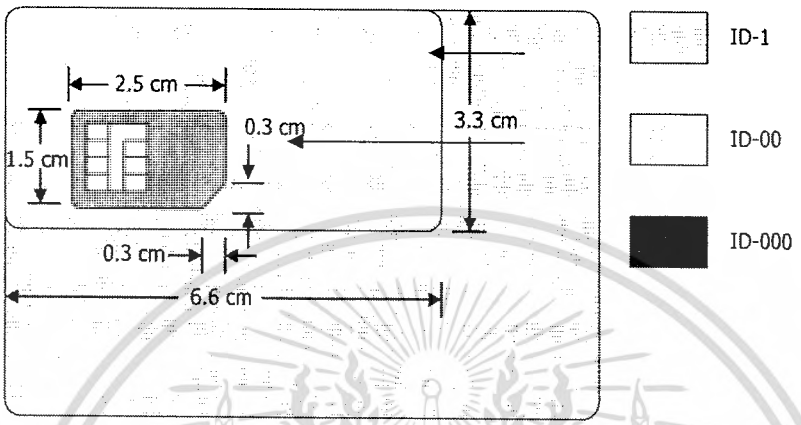
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสมาร์ทการ์ด

2.4.1 ตัวบัตรพลาสติค (Plastic Card)

ขนาดของบัตรพลาสติคที่นำมาทำสามาร์ทการ์ดกำหนดโดยมาตรฐานระหว่างประเทศ คือ ISO 7810 โดยมาตรฐานนี้ยังได้กำหนดถึงคุณลักษณะทางกายภาพของพลาสติคที่นำมาใช้ทำบัตรด้วย เช่น ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ และความยืดหยุ่นตัวในการใช้งาน ตำแหน่งของหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าและการทำงานของมัน ตลอดจนกำหนดว่าการติดต่อระหว่างวงจรร่วม (Integrated Circuit) หรือ IC กับโลกภายนอกเป็นอย่างไรอีกด้วย มีพลาสติกอยู่4ชนิดที่นำมาใช้ผลิตสมาร์ทการ์ดได้แก่PVC (Polyethylene Terephthalate), ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), PC (Polycarbonate), และ PET (Polyethylene Terephthalate) แต่ที่นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

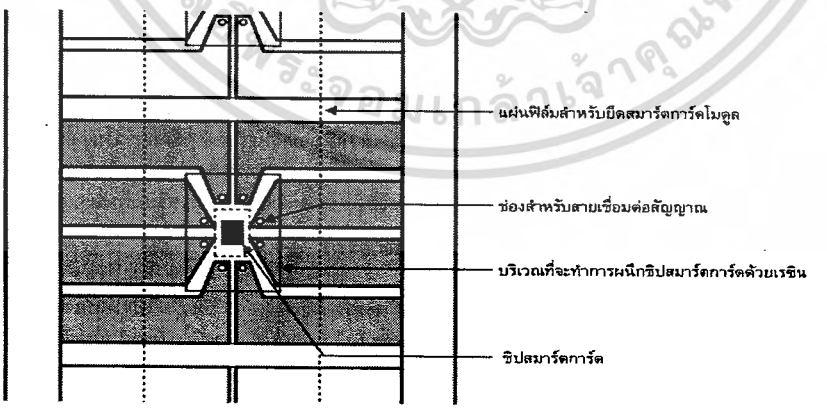
กันมากในประเทศไทยคือ พีวีซี (PVC - Polyvinyl Chloride) และเอบีเอส (ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene) อย่างไรก็ดี การใช้พีวีซีมีข้อดีคือสามารถพิมพ์ลายนูนได้ แต่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ย่อยสลายในธรรมชาติได้ ส่วนเอบีเอสไม่สามารถพิมพ์นูนได้แต่นำกลับมาใช้งานใหม่ได้



รูปที่ 2.2 การแบ่งชนิดของบัตรตามรูปร่างที่นำไปใช้งาน และขนาด

2.4.2 หน้าสัมผัสและชิปสมาร์ทการ์ด (Smart Card Module)

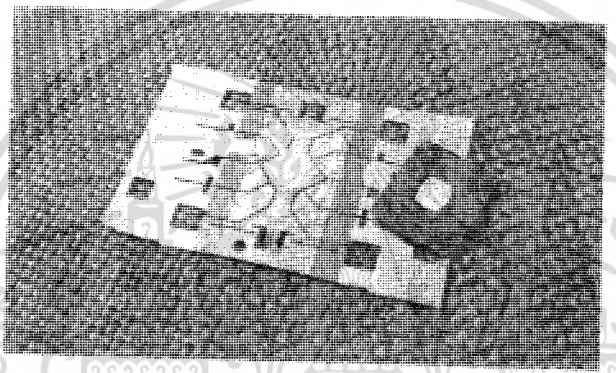
สมาร์ทการ์ดโมดูลหรือหน้าสัมผัสและชิปสมาร์ทการ์ดคือ ส่วนที่แสดงความเป็นตัวตนของสมาร์ทการ์ดที่สุด สมาร์ทการ์ดบางชนิดเมื่อหยิบขึ้นมาเราอาจไม่อาจทราบได้เลยว่ามันคือ สมาร์ทการ์ดที่มีการฝังชิปไว้ในบัตรโดยส่วนที่จะแสดงภาพลักษณ์ที่ชัดเจนของสมาร์ทการ์ดคือสมาร์ทการ์ดโมดูล



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของสมาร์ทการ์ดโมดูลในสายการผลิตสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตสมาร์ทการ์ดโมดูล ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ดประกอบด้วยโลหะหลายชนิดประกอบกัน แต่ละส่วนจะถูกยึดด้วยฟิล์มบางๆทางด้านหลังของหน้าสัมผัสเพื่อให้คงรูปอยู่ได้ แถบฟิล์มตัวนี้จะมีการเจาะช่องเล็กๆสำหรับการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณกับสมาร์ทชิปกับหน้าสัมผัสหลังจากที่วางชิปสมาร์ทการ์ดลงในตำแหน่งที่ต้องการ และทำการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณจากชิปสมาร์ทการ์ดเข้ากับหน้าสัมผัสเรียบร้อยแล้ว ขั้นสุดท้ายจะเป็นการผนึกชิปเพื่อป้องกันตัวชิป และสายนำสัญญาณต่างๆจากสิ่งแวดล้อมภายนอกขั้นสุดท้ายจะเป็นการนำหน้าสัมผัสและชิปใส่ลงในบัตรพลาสติกและทดสอบการทำงานของชิปขั้นสุดท้าย



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสมาร์ทการ์ดโมดูล

2.5 องค์ประกอบในการใช้งานสมาร์ทการ์ด

2.5.1 ตัวบัตรและตัวชิป

บัตรและชิปสมาร์ทการ์ดเป็นส่วนแรกที่จะกล่าวถึงเพราะสมาร์ทการ์ดมีหลากหลายรูปแบบหลากหลายการใช้งาน โดยหลักการแล้วสมาร์ทการ์ดเป็นเพียงบัตรฝังชิป IC ที่สามารถเก็บข้อมูลได้เท่านั้น ผู้ออกแบบระบบมีหน้าที่นำสมาร์ทการ์ดมาใช้งานอย่างชาญฉลาดเหมาะสมตามประเภทงาน และบริหารข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ดให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

สมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้งานมีตั้งแต่ราคาใบละไม่กี่ร้อยบาท ถึงใบละหลายพันบาน โดยในปัจจุบันเราสามารถเห็นการใช้งานสมาร์ทการ์ดในหลายรูปแบบเช่น บัตรโทรศัพท์ ซิมการ์ดในโทรศัพท์มือถือ , บัตรเข้าออกที่อยู่อาศัย (คอนโดมิเนียมบางแห่ง) , บัตรนักศึกษา , บัตรพนักงาน, บัตรเติมน้ำมันแบบเครดิต (Fleet Card), บัตรแทนเงินสด, ซิมการ์ดในโทรศัพท์มือถือซึ่งมีการกำหนดเป็นมาตรฐาน GSM โดยผู้ผลิตสมาร์ทการ์ดต้องผลิตสมาร์ทการ์ดที่มีโครงสร้างที่มีโครงสร้างข้อมูลภายในตามที่มาตรฐาน GSM กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์

สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์จะประกอบด้วยขาสำหรับเชื่อมสัญญาณกับหน้าสัมผัสบนชิปสมาร์ทการ์ด (Card Contact) หรือเป็นเสาอากาศรับส่งคลื่นวิทยุสำหรับสมาร์ทการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัส (Contact less) และหน่วยประมวลผลพร้อมหน่วยความจำสำหรับติดต่อสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดโดยตรง การสร้างสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ขึ้นใช้เองสามารถทำโดยการนำไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทลเลอร์ มาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ด

2.5.3 ซอฟต์แวร์

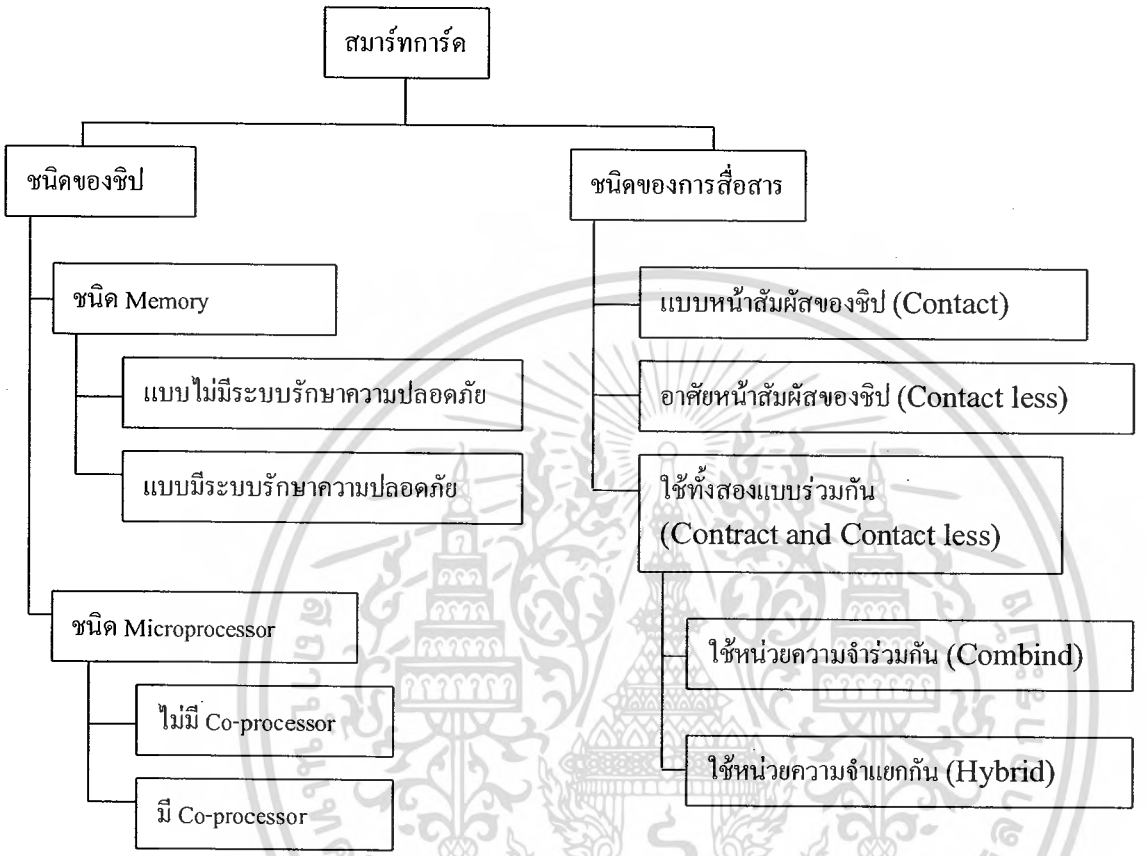
ในการใช้งานสมาร์ทการ์ดนอกจากตัวบัตรสมาร์ทการ์ด สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์แล้วยังมีส่วนประกอบอีกส่วนที่สำคัญคือ ซอฟแวร์สำหรับจัดการข้อมูลในสมาร์ทการ์ด และซอฟแวร์สำหรับบริหารงานด้านบัตร หรืออาจเรียกได้ว่าระบบ Front-End (เหมือนกับระบบในบัตรเครดิต) ซึ่งระบบ Front – End ของสมาร์ทการ์ดจะแตกต่างจากระบบบัตรแถบแม่เหล็ก เนื่องจากสมาร์ทการ์ดไม่จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารกับ Front-End ทุกครั้งที่ทำรายการเหมือนในระบบบัตรเครดิต ทำให้ระบบ Front-End ของสมาร์ทการ์ดมีเวลามากพอในการบริหารงานด้านอื่นๆหากต้องการติดต่อสื่อสารกับระบบ Front-End ของสมาร์ทการ์ดจำเป็นต้องใช้สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ที่มีส่วนสำหรับการติดต่อสื่อสารไม่ว่าจะเป็น MODEM , Ethernet , Local Area Network , ระบบสื่อสารด้วยเครื่องวิทยุ, ระบบสื่อสารอนุกรม RS-485/422 สำหรับการสื่อสารในบริเวณพื้นที่ให้บริการที่ไม่กว้างใหญ่นัก เพื่อใช้รับ-ส่งข้อมูล ระหว่าง Front-End เมื่อจำเป็น

2.5.4 Back Office

เป็นซอฟแวร์สำหรับควบคุมดูแลระบบทั้งหมด ประกอบด้วยซอฟต์แวร์สำหรับป้อนข้อมูลเกี่ยวกับบัตร และผู้ถือบัตรเพื่อออกบัตรใหม่ (Card Issuer), ซอฟต์แวร์สำหรับออกรายงานต่างๆ (Report) และซอฟแวร์ส่วนสุดท้ายคือสำหรับให้บริการผู้ถือบัตร เช่น ซอฟแวร์สำหรับเติมเงินลงในชิป (สมาร์ทการ์ดที่ใช้แทนเงินสด), ซอฟแวร์สำหรับเติม-แลกแต้มในบัตรสะสมแต้ม (Royalty Card) ปกติแล้วซอฟแวร์ในส่วนของ Back-End และ BackOffice ที่กล่าวมาต้องทำร่วมกับสมาร์ทการ์ดรีดเดอรเสมอ เพราะเพียงสมาร์ทการ์ดไม่สามารถทำรายการใดๆได้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6ประเภทของสมาร์ทการ์ด

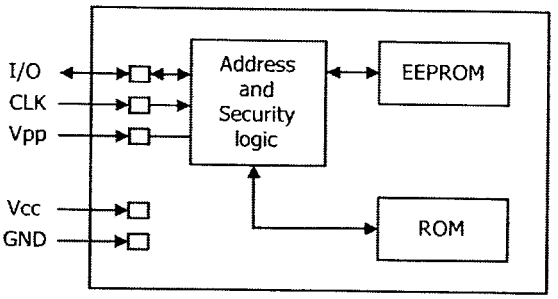


รูปที่ 2.5 การแบ่งสมาร์ทการ์ดตามชนิดของหน่วยความจำและประเภทของหน้าสัมผัส

2.6.1 Memory Card (Synchronous Card)

สมาร์ทการ์ด แบบ Memory หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Synchronous Card เนื่องจากสมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีการรับ-ส่งข้อมูลตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ชิป (ข้อมูลแต่ละบิตที่ส่งให้แก่ชิปต้องสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา สมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วย วงจรสำหรับติดต่อสื่อสารภายนอก,หน่วยความจำข้อมูล,และหน่วยความจำสำหรับเก็บชุดคำสั่งของสมาร์ทการ์ดดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



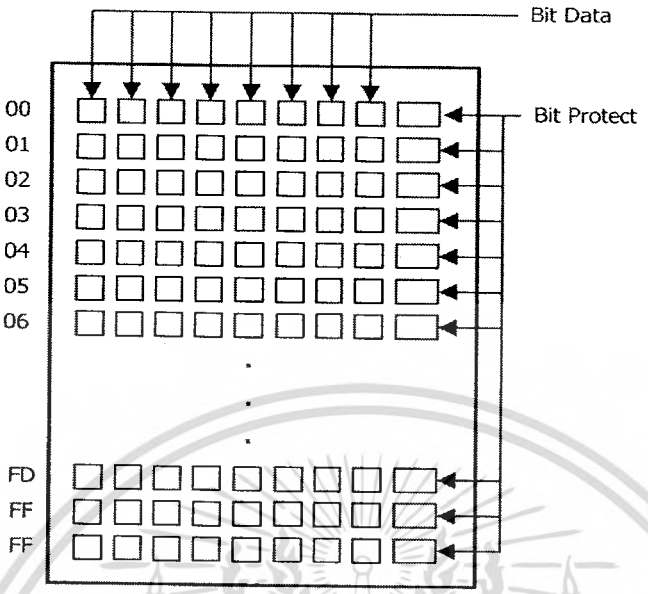
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างในชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Memory (Synchronous Card)

สมาร์ทการ์ดที่เป็นพื้นฐานในปัจจุบัน ก็คือสมาร์ทการ์ดชนิด Free Access Memory สมาร์ทการ์ดชนิดนี้ เปิดโอกาสให้อ่านหรือเขียนข้อมูลในแอดเดรสใดๆ ก็ได้ตามชื่อของสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ ไม่มีการป้องกันข้อมูลใดๆภายในการ์ดชนิดนี้เป็นการ์ดที่มีความปลอดภัยต่ำสุด แต่การอ่านข้อมูลก็จะไม่สามารถอ่านได้ง่ายนัก เนื่องจากเมื่อมีการออกแบบหน่วยความจำให้มีการสลับตำแหน่งของบิตข้อมูล โดยมีวงจรควบคุมการสลับตำแหน่งของบิตเป็นส่วนป้องกันข้อมูลอีกต่อหนึ่ง ดังนั้นการอ่านข้อมูลแบบธรรมดา จะไม่ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง หากไม่ได้ติดต่อกับวงจรควบคุมการสลับตำแหน่งของบิตโดยตรง

นอกจากสมาร์ทการ์ดแบบชนิด Memory ธรรมดายังมีการใส่วงจรกำหนดเงื่อนไขการเข้าถึงข้อมูลลงไปด้วย ทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไขการอ่าน-เขียนข้อมูลได้ทุกไบต์ โดยสมาร์ทการ์ดที่มีวงจรป้องกันการอ่าน-เขียนชนิดนี้ถูกเรียกว่า PIN Protect Memory เนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลจะต้องแสดงรหัสผ่านให้บัตรรับทราบก่อนจึงจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ วงจรกำหนดเงื่อนไขการเข้าถึงข้อมูลจะมีบิตพิเศษที่มีชื่อว่า Bit Protect ซึ่งเป็นบิตข้อมูลที่ฝากไว้กับข้อมูลให้เป็นบิตที่ 9 แต่ไม่สามารถแก้ไขด้วยคำสั่งเขียนข้อมูลธรรมดา เพราะ Bit Protect ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลจริงๆในการแก้ไข Bit Protect นี้จะสามารถ ทำการเปลี่ยนแปลงได้เพียงครั้งเดียวด้วยคำสั่งเฉพาะเท่านั้นเช่น หากต้องการบังคับไม่ให้ข้อมูลไบต์ใดไม่สามารถแก้ไขได้ก็ให้ทำการเคลียร์บิตที่ 9 ของข้อมูลไบต์นั้นๆ แต่สำหรับรหัสผ่านในการเข้าถึงข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องแสดงรหัสผ่านชุดเก่าให้บัตรได้รับทราบก่อนจึงจะสามารถเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านได้

สมาร์ทการ์ดชนิด Memory เป็นสมาร์ทการ์ดที่เป็นพื้นฐานของสมาร์ทการ์ดรุ่นใหม่ๆในปัจจุบัน ด้วยโครงสร้างและการทำงานที่ง่ายต่อการทำความข้อใจ ราคาถูก สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมาก และความเร็วในการประมวลผลไม่มากเกินไป จึงทำให้สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานกับข้อมูลที่ไม่มีความสำคัญมากนักเช่น บัตรลงเวลา บัตรผ่านประตู บัตรโทรศัพท์ ปัจจุบันสมาร์ทการ์ดชนิด Memory มีขนาดหน่วยความจำสูงสุด 64 กิโลไบต์ และอนาคตความจุของสมาร์ทการ์ดจะเพิ่มขึ้นไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างหน่วยความจำของ Memory Card ชนิด PIN Protect

2.6.2 การ์ดแบบออพทิคอลเมมโมรี (Optical Memory Cards)

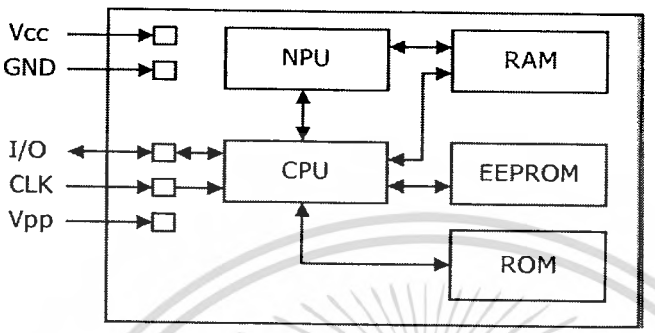
เป็น Smart Card แบบที่ใช้ระบบส่งข้อมูลทางแสง (Optical) ในส่วนที่มีข้อมูลนั้นก็จะมีลักษณะเหมือนแผ่นพลาสติก หรือ เศษของแผ่น CD อัดอยู่บนการ์ดนี้ ซึ่งในขณะนี้ก็มีการนำมาใช้บ้างแล้ว Optical Memory Card นี้ สามารถเก็บข้อมูลได้ถึง 4MB แต่ลง หรือ บรรจุข้อมูลได้ครั้งเดียวเปลี่ยนแปลง หรือโยกย้ายข้อมูลออกจากการ์ดนี้ไม่ได้ ดังนั้นการ์ด Optical Memory Card นี้ก็มักจะถูกนำไปใช้ในวงการ การเก็บรักษาข้อมูล เช่น ข้อมูลทางการแพทย์ ข้อมูลเกี่ยวกับบุคคล ข้อมูลการท่องเที่ยว เป็นต้น ปัจจุบัน ตัวการ์ดเองก็ไม่มี Microprocessor อยู่ในตัวการ์ด แต่ในอนาคตก็อาจจะมีการปรับปรุงให้ทันสมัยขึ้นมากกว่าเวลานี้ อีกประการหนึ่งก็คือ เครื่องอ่านข้อมูลของบัตร Optical Memory Card นี้ ราคายังค่อนข้างแพง และ ที่สำคัญก็ยังไม่มีมาตรฐานมาบังคับใช้

2.6.3 Processor Card (Asynchronous Card)

สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เป็นสมาร์ทการ์ดที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงจากสมาร์ทการ์ดชนิด Memory ด้วยการใส่เทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์เข้าไปในชิป เพื่อให้ชิปสามารถประมวลผลข้อมูล และเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ข้อมูลให้สูงขึ้น การที่ใส่ไมโครโปรเซสเซอร์ลงในชิปทำให้จำเป็นต้องมีการเพิ่มส่วนของหน่วยความจำสำหรับจัดการเก็บระบบปฏิบัติการของไมโครโปรเซสเซอร์ และหน่วยความจำชั่วคราสำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผลนอกจากนี้การใส่ชิปประมวลผลทางคณิตศาสตร์ลงในชิปสมาร์ทการ์ดเพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลด้วยอัลกอริทึมสำหรับเข้า-ถอดรหัส ทำให้สมาร์ทการ์ด ชนิด Processor มีความเร็วสูงกว่าสมาร์ทการ์ดชนิด Memory หลายเท่า



รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Processor (Asynchronous Card)

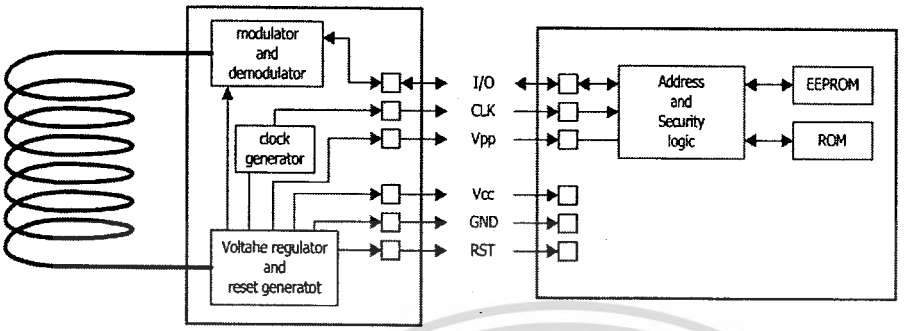
ในการรับส่งข้อมูลของสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ จะใช้หน้าสัมผัสชนิดเดียวกันกับสมาร์ทการ์ดชนิด Memory โดยสัญญาณนาฬิกาที่ป้อน จะถูกใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้แก่โปรเซสเซอร์ภายในสมาร์ทการ์ด ข้อมูลที่รับ-ส่งจึงไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ชิปเพียงกำหนดอัตราการรับ- ส่งข้อมูลเป็น 9600 บิต/วินาที ก็จะสามารถติดต่อกับโปรเซสเซอร์ของชิปได้แล้ว แต่การเข้าถึงข้อมูลจะไม่สามารถทำได้เหมือนกับการ์ดชนิด Memory การเข้าถึงข้อมูลต้องกระทำผ่านโปรเซสเซอร์ของสมาร์ทการ์ดเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือการเขียนข้อมูลก็ตามเพราะหน่วยความจำจะอยู่ภายในความควบคุมของโปรเซสเซอร์เพียงอย่างเดียว ข้อดีอีกอย่างที่ไม่สามารถติดต่อกับหน่วยความจำในชิปโดยตรงก็คือ การลอบเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตแทบเป็นไปไม่ได้ ยกเว้นมีความบกพร่องในการกำหนดเงื่อนไขในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นความลับ

2.6.4 Contact less Smart Card

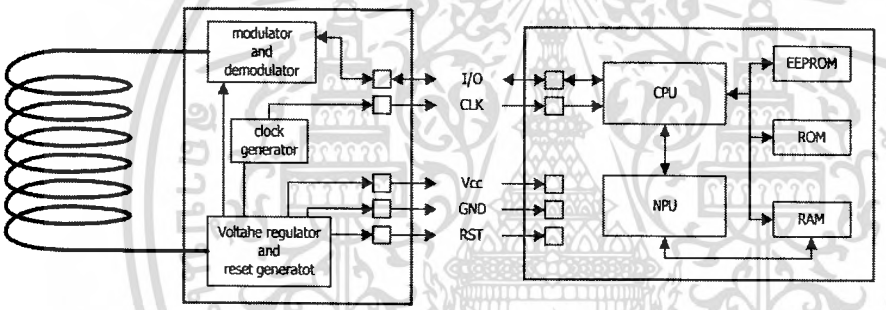
สมาร์ทการ์ดชนิด Contact less ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ โดยการส่งคลื่นวิทยุความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ที่ได้รับการมอดดูเลทข้อมูลแล้วส่งให้กับชิปสมาร์ทการ์ด ทางด้านชิปสมาร์ทการ์ดจะใช้ขดลวด เป็นเสารับส่งสัญญาณ โดยเสารับส่งสัญญาณนี้จะเป็นขดลวดขนาดเล็กที่ถูกฝังอยู่ในตัวบัตร ภายนอกบัตรชนิดนี้แทบดูไม่ออกว่าเป็นบัตรสมาร์ทการ์ด จากรูป 2.9 จะเห็นว่าส่วนที่เพิ่มเข้ามาเป็นส่วนที่รับสัญญาณคลื่นวิทยุมาแบ่งเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะถูกแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าสำหรับป้อนชิป และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาให้สามารถทำงานได้ อีกส่วนหนึ่งจะถูก Demodulate เอาข้อมูลออกจากคลื่นวิทยุ และส่งให้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิปสมาร์ทการ์ดอีกต่อหนึ่ง ส่วนการส่งข้อมูลกลับก็จะใช้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากคลื่นวิทยุมาใช้ในการ Modulate ข้อมูลและส่งกลับไปยังเสารับ- ส่งสัญญาณภายในบัตร



รูปที่ 2.9 สมาร์ทการ์ด ชนิด Memory แบบ Contact less



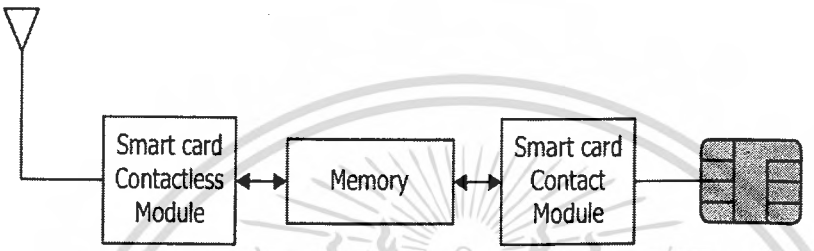
รูปที่ 2.10 สมาร์ทการ์ดชนิดProcessor แบบ Contact less

สมาร์ทการ์ดชนิด Contact less ถูกออกแบบให้ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำเพราะกระแสไฟฟ้าที่ได้จากคลื่นวิทยุนั้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อยไม่เพียงพอที่จะทำให้สมาร์ทการ์ดแบบธรรมดาสามารถทำงานได้ สมาร์ทการ์ดชนิดนี้รุ่นแรกๆจะไม่สามารถทำคำสั่งที่ซับซ้อนมากๆเช่นคำสั่งในการเข้ารหัสข้อมูล หรือคำสั่งที่ต้องใช้เวลาในการประมวลผลมากๆและระยะในการรับ-ส่งสัญญาณก็ไม่มากนัก แต่ปัจจุบันสมาร์ทการ์ด Contact less สามารถทำการเข้ารหัสที่ยุ่งยากได้แล้วด้วยการเพิ่มวงจรสำหรับเข้ารหัสภายในชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 Com-Bi Card

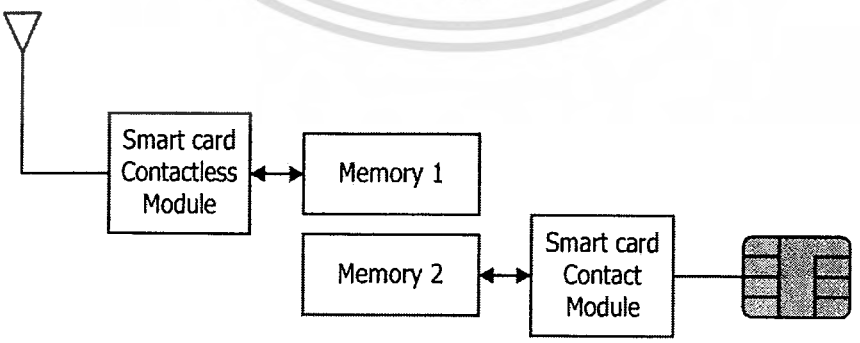
สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เป็นการรวมเอาสมาร์ทการ์ดแบบ Contact และสมาร์ทการ์ดชนิด Contact less เข้าด้วยกัน โดยใช้หน่วยความจำข้อมูลร่วมกันเพื่อให้การทำรายการที่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้การควบคุมอยู่ และสามารถใช้งานทั่วไปได้อย่างสะดวกสบาย (Speed Pass) ผ่านทางคลื่นวิทยุ



รูปที่ 2.11โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Contact แบบ Com-bi card

2.6.6 Hybrid Smart Card

สมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีลักษณะโครงสร้างภายในคล้ายกับประเภท Com-Bi Card แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของหน่วยความจำข้อมูล โดยหน่วยความจำข้อมูลจะถูกแยกจากกันอย่างสิ้นเชิงระหว่าง Contact และ Contact less เพื่อความสะดวกในการแยกใช้งาน ซึ่งปัจจุบัน Hybrid Card จะมีความหมายรวมถึงบัตรที่มีคุณสมบัติในการใช้งานตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป บัตรสมาร์ทการ์ดที่มีทั้งชิปสมาร์ทการ์ดและแถบแม่เหล็ก, บัตรสมาร์ทการ์ด ที่เป็นทั้ง Contact และ Contact less



รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Hybrid Smart Card

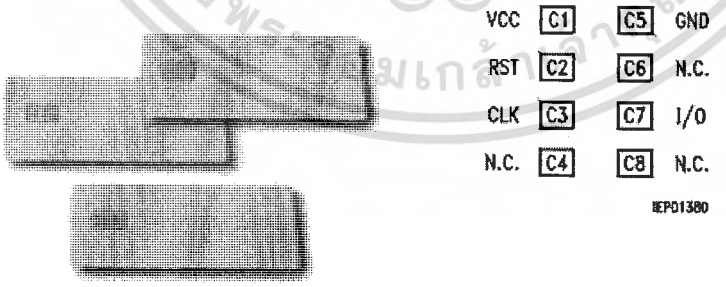
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 รูปแบบของสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้ในโครงงาน

การ์ดที่มีระบบป้องกันความปลอดภัยข้อมูลหรือ Security Memory คือ Smart Card ที่ต้องการอ่านข้อมูลสามารถทำได้อย่างอิสระ แต่การเขียนข้อมูลจะไม่สามารถทำได้หากไม่มีรหัสผ่านหรือรหัส PSC ที่ถูกต้อง วิธีการในลักษณะนี้ช่วยให้ข้อมูลภายใน Smart Card ได้รับการปกป้องและมีความน่าเชื่อถือ จุดนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้ Security Memory Card แตกต่างไปจาก Free Access Memory Card อย่างชัดเจน รูปแบบการสื่อสารของการ์ดชนิดนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ ซิงโครนัส (Synchronous) ตามมารตฐาน ISO 7816 ซึ่งรูปแบบคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อและควบคุมการ์ดจะแตกต่างกันไปในผู้ผลิตการ์ดแต่ละราย (ข้อมูลส่วนนี้สามารถดูได้จากเอกสารของผู้ผลิตการ์ด) ซึ่งในที่นี้ได้ใช้สมาร์ทการ์ด SLE4442 ของบริษัท Siemens เนื่องจากเป็นการ์ดที่มีคุณสมบัติในการรักษาความปลอดภัยข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารภหามาใช้งานได้ง่ายในบ้านเรา

คุณสมบัติโดยทั่วไปของ SLE4442

- ใช้หน่วยความจำ EEPROM 18 บิต ความจุข้อมูล 256 ไบต์
- ใช้รูปแบบของ ATR (Answer To Reset) ตามมาตรฐาน ISO7816-3
- อินเตอร์เฟสแบบซิงโครนัส (Synchronous) ตามมารตฐาน ISO 7816
- ป้องกันการเขียนข้อมูลด้วยรหัสผ่าน PSC (Programmable Security Code)
- การลบและเขียนข้อมูลในแต่ละไบต์ใช้เวลาเพียง 2.5 มิลลิวินาที
- มีฟังก์ชันป้องกันข้อมูลในพื้นที่หน่วยความจำ 32 ไบต์แรแ โดยจะสามารถจะกำหนดให้ข้อมูลที่เขียนลงไปยังพื้นที่ช่วงดังกล่าวถูกเขียนลงไปอย่างถาวรได้



รูปที่ 2.13 บัตรสมาร์ทการ์ดและหน้าสัมผัสของ SLE4442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หน้าที่การทำงานของแต่ละหน้าสัมผัส

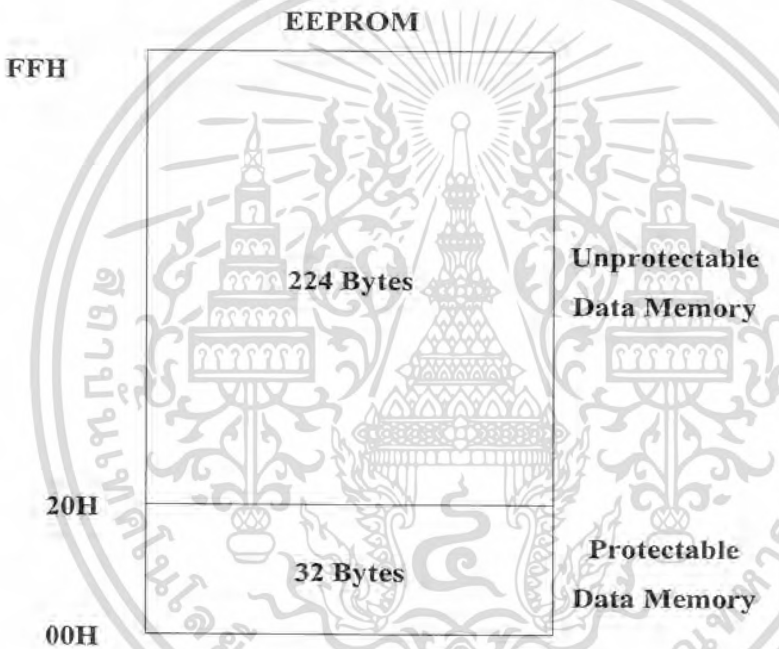
Vcc แรงดันไฟบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ชิป

GND กราวด์ของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ชิป

RST แรงดันไฟฟ้าสำหรับรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด

I/O Input-Output สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

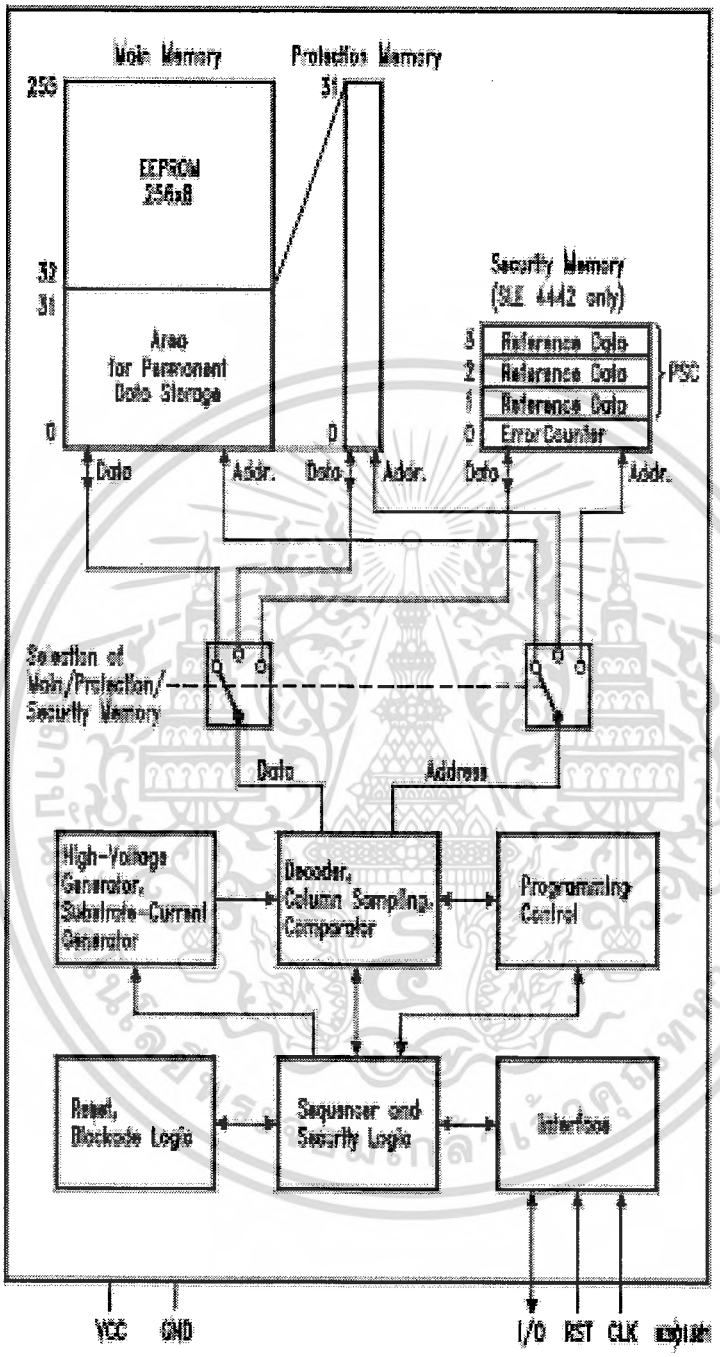
CLK สัญญานพิกาสำหรับกำหนดจังหวะการรับ-ส่งข้อมูล



รูปที่2.14 ที่แสดงการแบ่ง Data Memory

สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 มีหน่วยความขนาด 256 Bytes โดยแบ่งเป็น Protectable Data Memory 32 Bytes และ Unprotectable Data Memory 224 Bytes สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ 100,000 ครั้ง เก็บข้อมูลได้นานถึง 10 ปี ส่วนที่เป็น Protectable Data Memory นั้นสามารถเขียนข้อมูลถาวรไว้โดยจะลบหรือแก้ไขเปลี่ยนแปลงไม่ได้อีกเลยและในส่วนนี้ได้ถูกเขียนข้อมูลถาวรไว้แล้ว 12 Bytes นอกจากนี้ SLE4442 ยังมี PSC (Programmable Security Code) 3 Bytes เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าให้ตรงกับค่า PSC ที่มีในบัตรก่อน จึงจะเขียนข้อมูลลงในบัตรได้ และ Error Counter เพื่อใช้ในการนับจำนวนครั้งที่ทำการตรวจสอบ Verify ค่า PSC โดยถ้าทำการตรวจสอบ Verify ค่า PSC ไม่ถูกต้องถึง 3ครั้งบัตร นี้จะเขียนข้อมูลไม่ได้อีกเลยทันทีและการนับ Error Counter นี้จะถูก Reset เมื่อได้ทำการ Verify ค่าPSC ได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104159



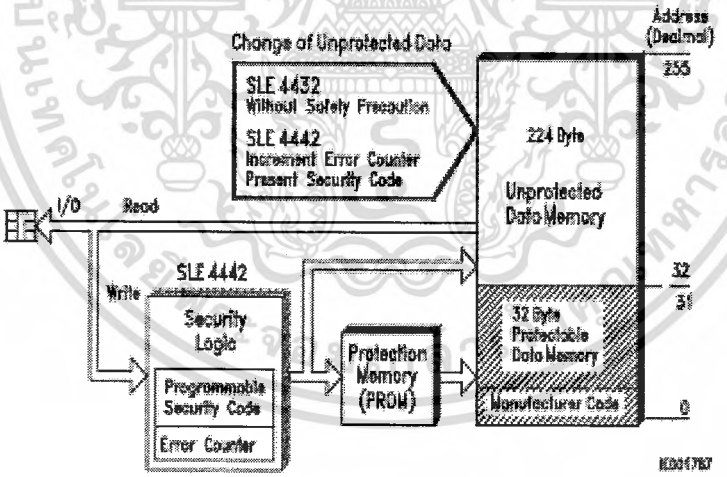
รูปที่ 2.15 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442

จากบล็อกไดอะแกรมในรูป จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำขนาด 256 ไบต์ ที่อยู่ภายใน SLE4442 จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ข้อมูลในช่วง 32 ไบต์แรกซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระบบป้องกันการเขียนข้อมูลทับ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำส่วนถัดมาซึ่งเป็นอีอีพรอม (EEPROM) ที่สามารถทั้งเขียนและอ่านได้ กลไกในการป้องกันข้อมูลของ SLE4442 มาจากส่วนที่เป็น Security Memory ที่ได้รับการปกป้องโดยข้อมูลสำคัญ 2 ส่วนคือ

- Reference Data (PSC) เป็นข้อมูลขนาด 3 ไบต์ที่เก็บค่าของรหัสผ่านสำหรับการเข้าไปแก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำเอาไว้ (รหัส PSC ไม่สามารถถูกอ่านออกมาได้) รหัส PSC จะถูกกำหนดเป็นค่าหนึ่งมาโดยผู้ผลิตก่อนซึ่งสามารถจะมาปรับเปลี่ยนเองได้ภายหลังเมื่อใช้งาน
- Error Counter Byte เป็นข้อมูลที่บอกถึงจำนวนครั้งที่ป้อนรหัส PSC ผิด ซึ่งจะถูกกำหนดเอาไว้ตายตัวว่าจะผิดได้ไม่เกิน 3 ครั้ง หากเกินกว่านั้นการ์ดจะล็อกตัวเองอย่างถาวรทันทีและไม่มีทางปลดล็อกได้ แม้จะป้อนรหัส PSC ที่ถูกต้องไปแล้วก็ตาม การเขียนข้อมูลยังหน่วยความจำก็ไม่สามารถทำได้อีกต่อไป แต่ยังคงอ่านข้อมูลออกมาได้ตามปรกติ การป้อนรหัส PSC ผิดแต่ละครั้ง Error Counter จะถูกลดลงไป 1 ค่าทันที ถ้าหากว่า Error Counter ถูกลดลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อไรก็แสดงว่าการ์ดได้ถูกล็อกไปเรียบร้อยแล้ว (ในกรณีที่ป้อนรหัส PSC ผิดมาแล้ว 2 ครั้ง แต่ป้อนรหัสถูกในครั้งที่ 3 ค่าของ Error Counter จะถูกรีเซตกลับไปเป็น 3 ครั้งเหมือนอย่างตอนแรกเริ่ม)



รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของ Security Memory Card

ในรูปที่เป็นไดอะแกรมที่แสดงภาพรวมของ SLE4442 จะเห็นได้ว่าการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำนั้นเราสามารถจะอ่านข้อมูลออกมาได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการป้อนรหัส PSC แต่สำหรับการเขียนข้อมูลแล้ว เราจะต้องป้อนรหัส PSC ที่ถูกต้องเสียก่อน เพื่อเปิดลอจิกในการเขียนข้อมูลลงยังหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นจะเห็นข้อมูล 4 ไบต์แรก เป็นข้อมูลของผู้ผลิตผลิต หรือ Manufacturer Code มีขนาด 4 ไบต์ พื้นที่ส่วนนี้ใช้เก็บข้อมูลของ ATR โดยความหมายของข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่ส่วนนี้แต่ละไบต์จะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตการ์ดแต่ละราย

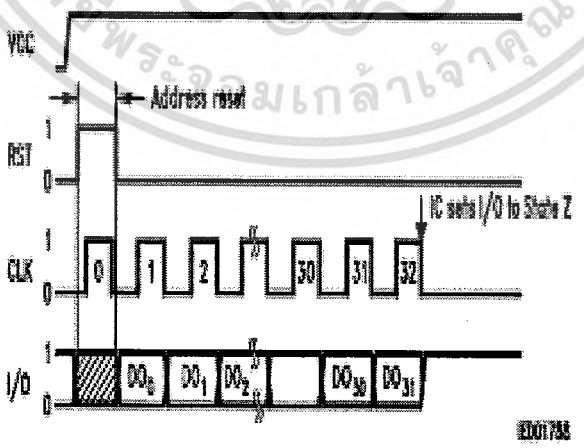
2.8 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ทการ์ด SLE4442

รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ทการ์ด SLE442เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและสมาร์ทการ์ดแบบ 2 ทิศทาง (ข้อมูลบนสาย I/O จะถูกอ่านค่าที่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา) โดยรูปแบบการสื่อสารที่ว่าประกอบด้วย 4 โหมดการทำงาน ได้แก่

- การรีเซตและการตอบกลับด้วย ATR (Answer To Reset)
- โหมดการส่งคำสั่ง (Command Mode)
- โหมดการอ่านข้อมูล(Out-going Data Mode)
- โหมดการดำเนินการ(Processing Mode)

2.8.1การรีเซตและการตอบกลับ

การอินเตอร์เฟสเข้ากับ Security Memory Card ทั่วๆไป รวมทั้ง SLE4442 จะสอดคล้องกับมาตรฐานในการอินเตอเฟสแบบซิงโครนัสภายในมาตรฐาน ISO7816 โดยเมื่อรีเซตการทำงานของการ์ดจะทำให้การ์ดมีการตอบกลับด้วยข้อมูล ATR สำหรับข้อมูลที่ตอบกลับมาจาก SLE4442 จะประกอบด้วยข้อมูล 4 ไบต์ การอ่านข้อมูลที่ว่านี้สามารถทำได้โดยอ้างอิงจากสัญญานในรูปสำหรับโครงสร้างข้อมูล ATRของสมาร์ทการ์ด SLE4442



รูปที่ 2.17 รูปสัญญานของการรีเซตและการตอบกลับ ATR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Byte 1 Control								Byte 2 Address	Byte 3 Data	Operation	Mode
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	A7-A0	D7-D0		
0	0	1	1	0	0	0	0	address	no effect	READ MAIN MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	0	0	0	address	input data	UPDATE MAIN MEMORY	processing
0	0	1	1	0	1	0	0	no effect	no effect	READ PROTECTION MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	1	0	0	address	input data	WRITE PROTECTION MEMORY	processing

Table 2
SLE 4442 only

0	0	1	1	0	0	0	1	no effect	no effect	READ SECURITY MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	0	0	1	address	input data	UPDATE SECURITY MEMORY	processing
0	0	1	1	0	0	1	1	address	input data	COMPARE VERIFICATION DATA	processing

รูปที่ 2.18 โครงสร้างของข้อมูล ATR ในหน่วยความจำ 4 ไบต์แรกของ SLE4442

Byte 1 Control								Byte 2 Address	Byte 3 Data	Operation	Mode
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	A7-A0	D7-D0		
0	0	1	1	0	0	0	0	address	no effect	READ MAIN MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	0	0	0	address	input data	UPDATE MAIN MEMORY	processing
0	0	1	1	0	1	0	0	no effect	no effect	READ PROTECTION MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	1	0	0	address	input data	WRITE PROTECTION MEMORY	processing

Table 2
SLE 4442 only

0	0	1	1	0	0	0	1	no effect	no effect	READ SECURITY MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	0	0	1	address	input data	UPDATE SECURITY MEMORY	processing
0	0	1	1	0	0	1	1	address	input data	COMPARE VERIFICATION DATA	processing

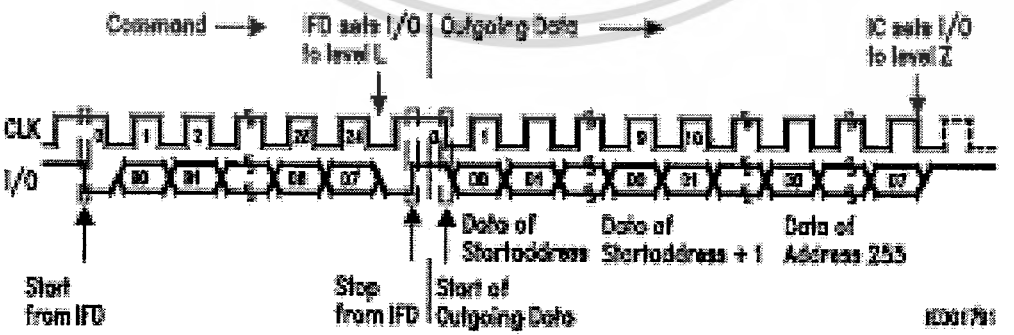
รูปที่ 2.19 โครงสร้างและความหมายของชุดคำสั่งที่ SLE4442 รองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2การทำงานของโหมดการส่งคำสั่ง

การส่งคำสั่งไปยังสมาร์ทการ์ดหรือการทำงานในโหมดการส่งคำสั่ง ก็คือกระบวนการต่อเนื่องหลังจากการ์ดถูกรีเซตไปเรียบร้อยแล้ว โดยการ์ดจะรอรับคำสั่งที่ส่งมาจากเครื่องอ่าน ซึ่งมีรูปแบบเป็นข้อมูลความยาว 3 ไบต์ โครงสร้างของข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยคำสั่ง(Command) แอดเดรส (Address) และข้อมูล (Data)โดยคำสั่งทั้งหมดที่การ์ด SLE4442 รองรับจะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง จะต้องมีการส่งสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดกำกับไปกับตัวข้อมูลด้วย ในที่นี้สภาวะเริ่มต้นก็คือการเปลี่ยนระดับจากลอจิกค่าสูงเป็นค่าต่ำที่ขา I/O ในขณะที่ระดับลอจิกที่ขา CLK เป็นค่าสูง ส่วนสภาวะสิ้นสุดก็คือการเปลี่ยนระดับจากลอจิกค่าต่ำเป็นค่าสูงที่ขา I/O ในขณะที่ระดับลอจิกที่ขา CLK เป็นค่าสูง ต่อไปคือความหมายและวิธีการทำงานของแต่ละคำส่ง

รูปที่ 2.20 รูปสัญญานของการส่งคำสั่งไปยังการ์ด



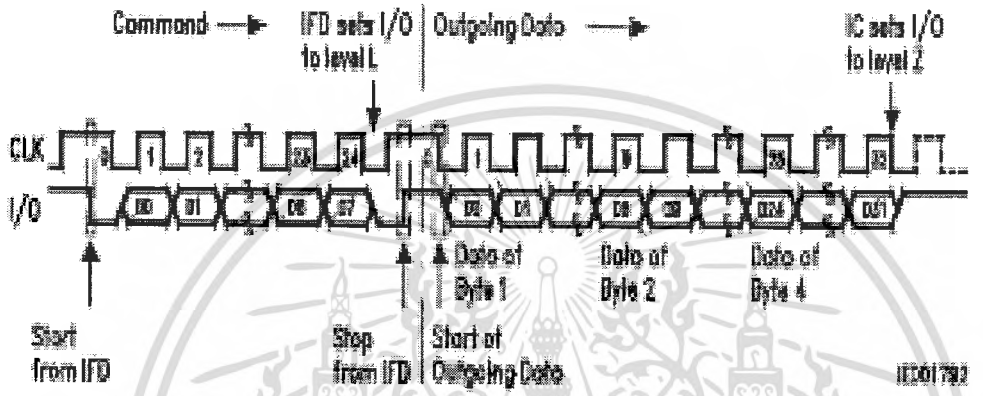
รูปที่ 2.21 รูปสัญญานของคำส่ง Read Main Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

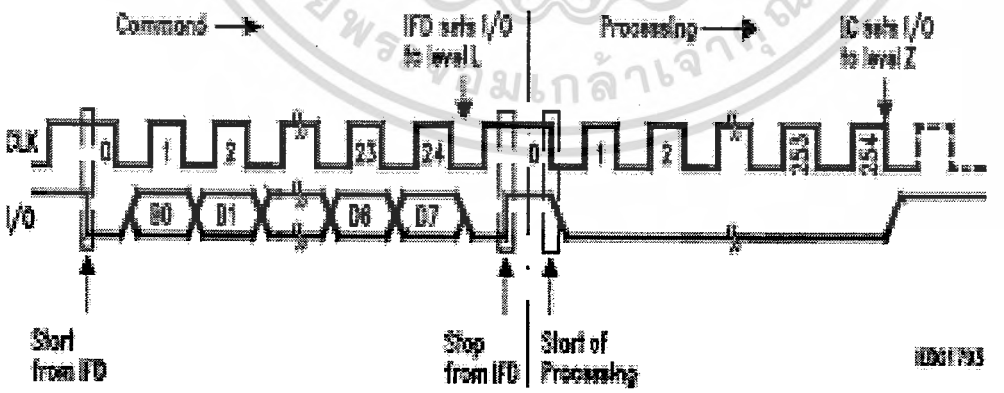
- Read Main Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดออกมาจากหน่วยความจำของการ์ดทั้งจาก พื้นที่ส่วนที่ได้รับการป้องกัน (หน่วยความจำ 32 ไบต์แรก) และส่วนที่ไม่ได้รับการป้องกัน (หน่วยความจำ 224 ไบต์หลัง)โดยจะเป็นการอ่านค่าโดยเริ่มต้นจากแอดเดรสที่ส่งไปจนถึงแอดเดรสสุดท้าย(0FFH)ของพื้นที่หน่วยความจำ
- Read Protection Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดออกมา จากหน่วยความจำ 32 ไบต์แรก
- Update Main Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการเขียนข้อมูลไปยังแอดเดรสใดๆ ของหน่วยความจำทั้งหมด 256 ไบต์ ในกรณีที่ใช้คำสั่งนี้ในการเขียนข้อมูลลงยังหน่วยความจำ 32 ไบต์แรก ข้อมูลยังคงแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ภายหลัง สำหรับการเขียนข้อมูลจะประกอบด้วย 3 เงื่อนไข
    1. การลบข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดให้เป็น 0ffh แล้วทำการเขียนข้อมูลซ้ำลงไปยังแอดเดรสเดิม กระบวนการนี้จะต้องใช้สัญญานนาฬิกา 255ลูก
    2. การเขียนข้อมูลที่แอดเดรสดังกล่าวจะต้องเป็นที่ว่าง (มีข้อมูลเป็น 0ffh) อยู่ก่อนหน้านี้แล้วเท่านั้น กระบวนการนี้จะต้องใช้สัญญานนาฬิกา 124 ลูก
    3. การลบข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนด(มีข้อมูลเป็น0ffh)โดยไม่มีการเขียนข้อมูลต่อ สำหรับกระบวนการนี้จะต้องใช้สัญญานนาฬิกา 124 ลูกเช่นกัน
- Write Protection Memory คือการเขียนข้อมูลลงยังแอดเดรสของหน่วยความจำใดๆ ใน 32 ไบต์แรก คำสั่งนี้มีเงื่อนไขว่า ข้อมูลที่เขียนลงไปจะถูกเขียนลงยังแอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดอย่างถาวร ไม่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงอะไรได้อีก สำหรับรูปสัญญานของกระบวนการนี้อ้างอิงได้จากรูปสัญญานของคำสั่ง Update Main Memory
- Read Security Memory คือการอ่านค่าของ Error Counter เพื่อตรวจดูว่าการ์ดใบนั้นๆได้ถูกล็อกไปแล้วหรือยัง โดยค่าภายในบิต D2 , D1 , และ D0 เป็น 0 ทั้งหมดก็แสดงว่าการ์ดได้ถูกล็อกไปแล้ว ซึ่งไม่สามารถแก้ไขอะไรได้และจะไม่สามารถเขียนข้อมูลลงไปยังการ์ดใบนั้นได้อีกต่อไป(แต่การอ่านข้อมูลจากการ์ดยังคงทำได้ตามปรกติ)
- Update Security Memory คือการเข้าไปแก้ไขข้อมูลของรหัส PSC ภายในการ์ด หรือพูดง่ายๆ ก็คือการเข้าไปเปลี่ยนรหัสป้องกันของการ์ดนั้นเอง คำสั่งจะกระทำต่อเมื่อมีการส่งรหัส PSC ที่ถูกต้องไปยังการ์ดเสียก่อน โดยในกรณีที่ป้อนรหัสผิด ค่าของ[b9 D2 , D1 , และ D0 ใน Error Counter จะค่อยๆพูดถูกเปลี่ยนจากค่า “1” เป็น “0” ไล่ไปที่ละบิตตามจำนวนครั้งที่ป้อนรหัสผิด หากทั้งหมดกลายเป็นศูนย์เมื่อไร การ์ดก็จะถูกล็อคทันทีซึ่งนั่นหมายความว่าโอกาสป้อนรหัสผิด 3 ครั้งเท่านั้นสำหรับรูปสัญญานของกระบวนการนี้จะเหมือนกับรูปสัญญานของคำส่ง Update Main Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Compare Verification Data คือการสั่งให้การ์ดทำการเปรียบเทียบรหัส PSC กับรหัสผ่านที่เราได้ส่งไปยังการ์ด ในการเปรียบเทียบที่ว่านี้ ข้อมูลที่การ์ดจะส่งกลับมาคือค่าของ Error Counter ที่จะบอกว่ารหัสที่เราป้อนไปนั้นถูกต้องหรือไม่ และยังเหลือโอกาสพลาดอีกกี่ครั้งเท่านั้น (เราไม่สามารถจะเข้าไปอ่านค่ารหัส PSC ของการ์ดออกมาได้)

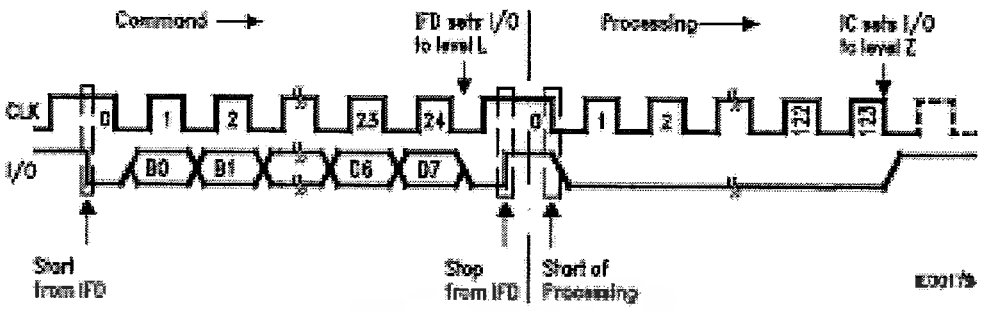


รูปที่ 2.22 รูปสัญญานของคำสั่ง Read Protection Memory



รูป(ก)การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

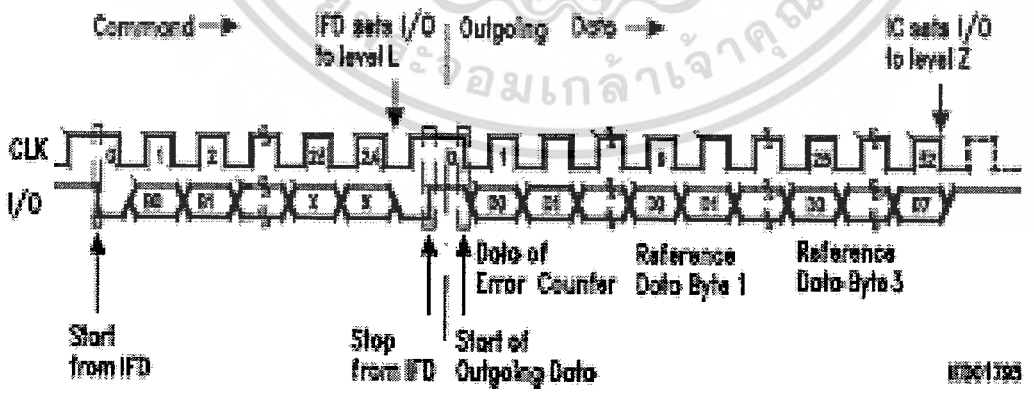


รูป(ข)การลบหรือเขียนข้อมูล

รูปที่ 2.23 รูปสัญญานของคำสั่ง Update Security Memory (ก)การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ (ข)การลบหรือเขียนข้อมูล (อย่างใดอย่างหนึ่ง)

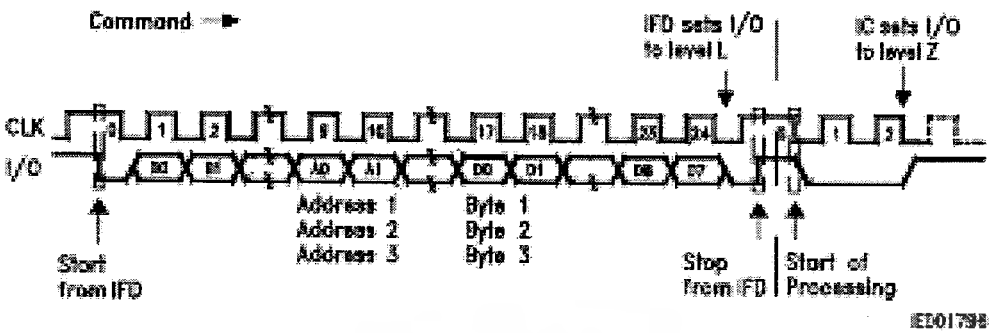
2.8.3โหมดการอ่านข้อมูล (Outgoing Data Mode)

โหมดการอ่านข้อมูลนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการส่งคำสั่งในกลุ่มของการอ่านข้อมูล (เช่น Read Main Memory , Read Protection Memory และ Read Security Memory) ไปยังสมาร์ทการ์ดเพื่อขออ่านข้อมูลจากพื้นที่ใดๆ ในหน่วยความจำหลังจากได้รับคำสั่งดังกล่าวสมาร์ทการ์ดจะส่งข้อมูลที่ถูกร้องขอกลับมายังเครื่องอ่านวิ่งก็เท่ากับว่าเครื่องอ่านจะสามารถอ่านข้อมูลที่ต้องการออกมาได้สำเร็จโหมดการทำงานนี้

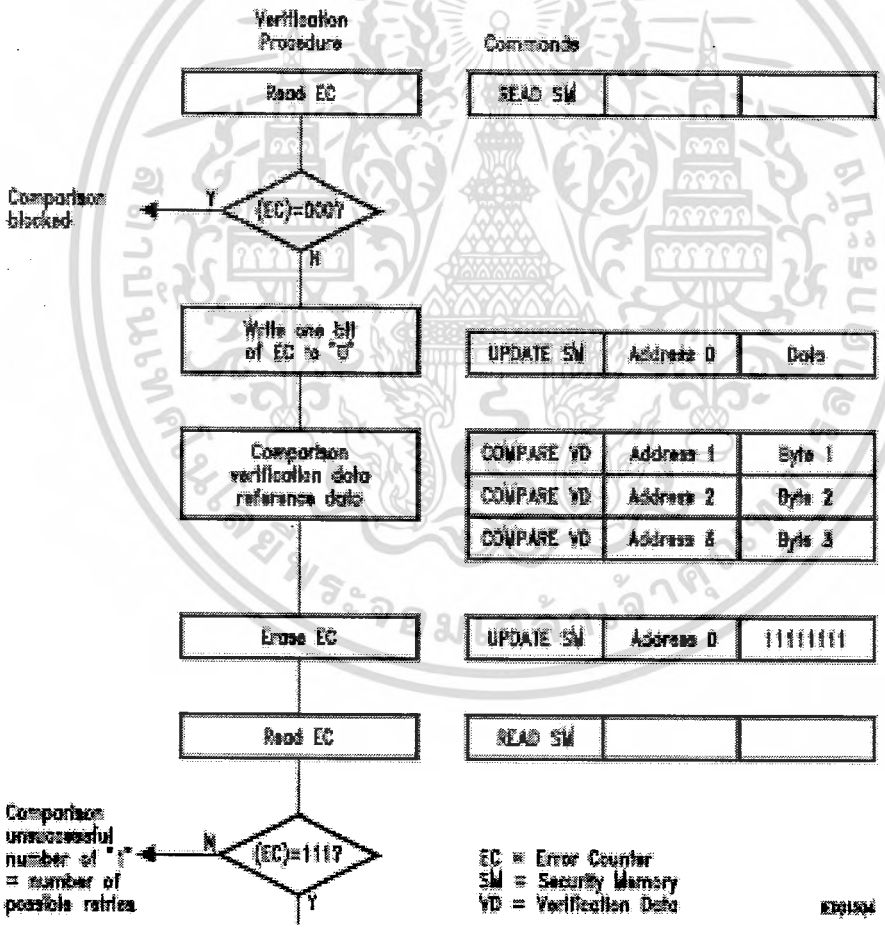


รูปที่ 2.24 รูปสัญญานของคำสั่ง Read Security Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 รูปสัญญานของคำสั่ง **Compare Verification Data**

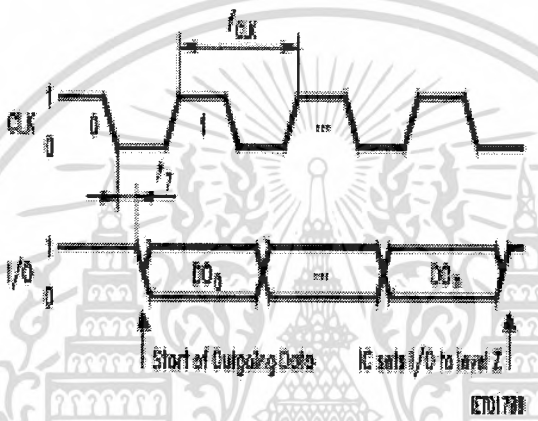


รูปที่ 2.26กระบวนการเปรียบเทียบรหัสผ่านกับรหัส PSC

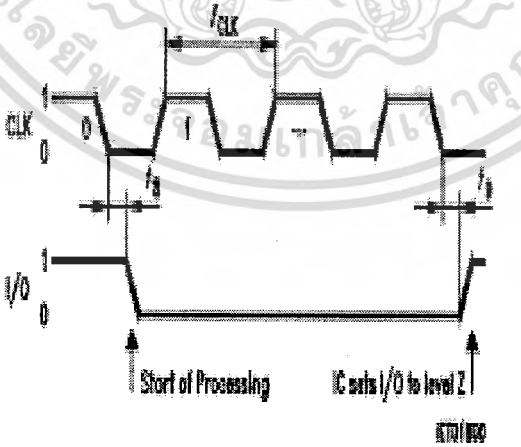
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4โหมดดำเนินการ (Process Mode)

โหมดการดำเนินการจะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการส่งคำสั่งในกลุ่มของการขอเขียนหรือลบข้อมูลออกจากพื้นที่ใดๆ ในหน่วยความจำ (เช่น Update Main Memory , Update Security Memory และ Compare Verification Data) โดยหลังจากได้รับคำสั่งดังกล่าว สมาร์ทการ์ดจะเริ่มดำเนินกระบวนการตามที่ได้รับคำสั่งมาในระหว่างโหมดการทำงานนี้จะสังเกตว่าข้อมูลจาก ขา I/O จะไม่ถูกนำมาใช้ร่วมในการทำงานเลย (เนื่องจากมีสถานะเป็นลอกจิกต่ำตลอดทั้งช่วง)



รูปที่ 2.27 รูปสัญญานที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดการอ่านข้อมูล



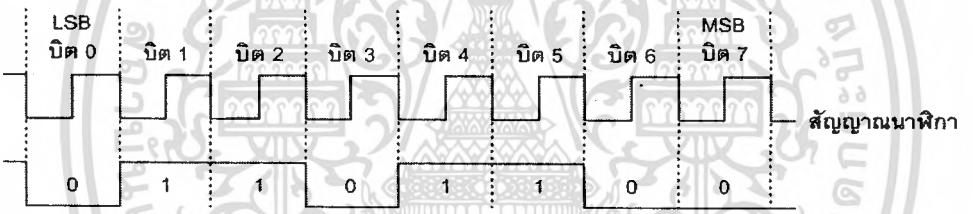
รูปที่ 2.28 รูปสัญญานที่เกิดขึ้นในระหว่างโหมดดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสื่อสารแบบอนุกรม

3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้ต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา , ข้อมูล และ กราวด์ รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงไทมมิ่งค์ไดอะแกรมของการส่งข้อมูล แบบ ซิงโครนัส



รูปที่ 3.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนแบบการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

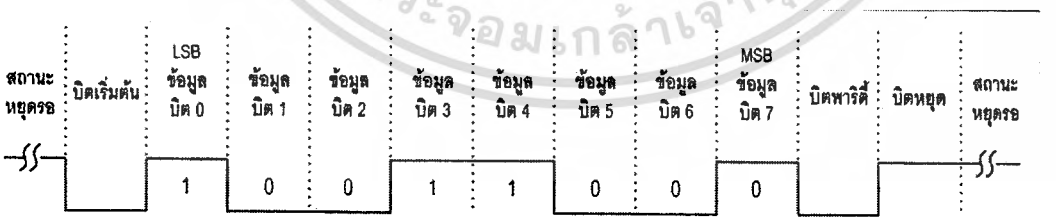
1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5 , 6 , 7 หรือ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิต หรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1 , 1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา Data จะมีสถานะลอจิก "1" ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา Data มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5 , 6 , 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่ส่งคือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขาดาต้ามีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต , 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ บอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110 , 150 , 300 , 600 , 1200 , 2400 , 4800 , 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตเปิดปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งจะเหลือ 872 ไบต์แต่วินาที



รูป 3.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่(odd) , แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิกสูง ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าในบิตพาริตี้ จะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้มีจำนวนบิตที่ลอจิก “1” รวมกันเป็นเลขคี่ ในตาราง 3.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART โดยภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่า จะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือ เป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแจ้งข้อผิดพลาดให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	1	0
11111111	0	1

ตารางที่ 3.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่นXT ใช้ UART เบอร์ 8250 UART ชิปเหล่านี้มีระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล (0 และ +5 V) แต่เพื่อให้แรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้นโดยลอจิก “0” มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12 V ในขณะที่ลอจิก “1” มีระดับแรงดัน -3 V ถึง -12 V

3.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง(Space)

มาตรฐานRS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง(Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

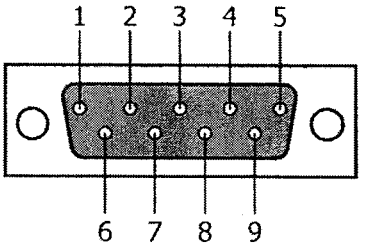
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็คเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็คเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็คเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุด ถึง 20 เมตร

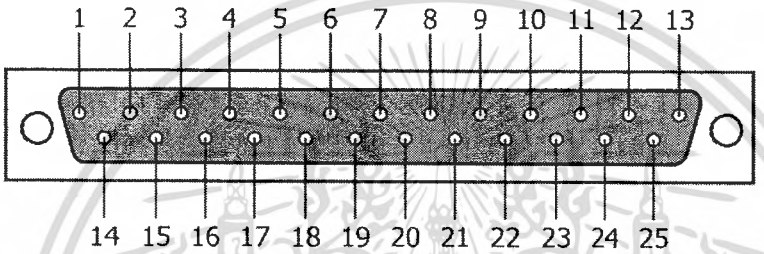
3.3.1คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 3.3 และตาราง 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ก



รูปที่ 3.3 ข

รูปที่ 3.3 คอนเนคเตอร์อนุกรม

รูป3.3 ก คอนเนคเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

รูป3.3 ข คอนเนคเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

ตารางที่ 3.2 หน้าที่การทำงานของขาอนุกรม

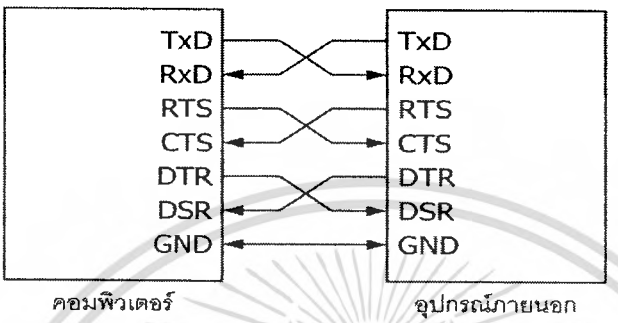
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในรูปที่ 3.4 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 3.4 ก เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็คเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 3.4 ข เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

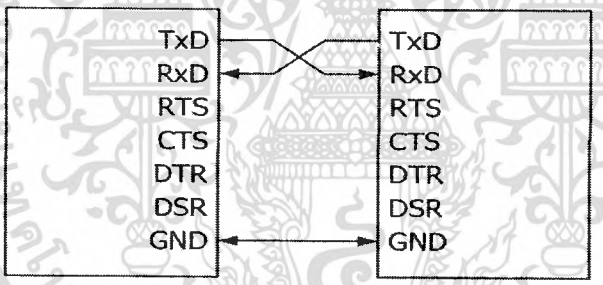
- Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect :CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- Receive Data :RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์
- Transmitted Data :TD หรือ TxD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์
- Signal Ground : GND กราวด์ระบบ
- Data Set Ready :DSR ขานี้จะใช้คู่กับขาDTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขาDSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขาDTR
- Request to Send :RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณRTS ก็คือขาCTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- Clear To Send :CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขาRTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขาTxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ring Indicator :RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไป สายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น



การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์
แบบ Null modem
รูปที่ 3.4 ก



การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์
แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น
รูปที่ 3.4 ข

รูปที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ

3.3.2 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่หลักของUART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้วยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต) , รูปแบบการส่งข้อมูล , ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี้ , เฟรมข้อมูล , โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (Programmable buadrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกา UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 - 65,535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟลูดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

3.3.3ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมีUART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์ คือ 8250 ซึ่งเป็นUART มาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตัวแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆรุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของUART เบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

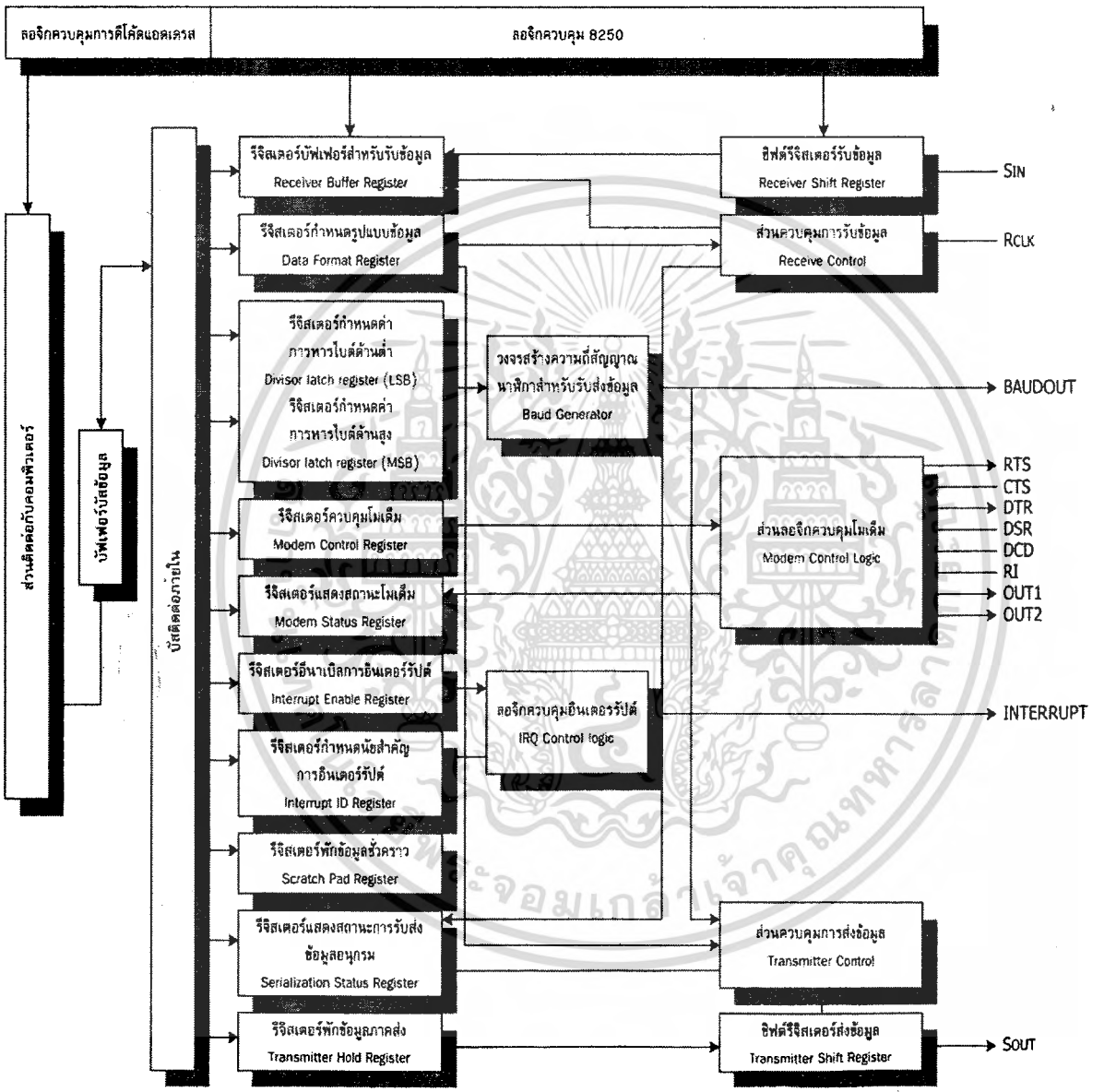
อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมายของ UART เบอร์ใหม่ ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MHZ เท่านั้น

3.4วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรมสูงสุดได้ 4 พอร์ต มีชื่อเรียกเป็น COM1,COM2,COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน ในรูปที่ 3.5 แสดงผังการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมประกอบด้วยรีจิสเตอร์ 8 บิต 8 ตัว ที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ จะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้



รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้าหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์เอ็นเนเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้เซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบขอข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานการณ์รับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD ,RI,DSR และ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

3.4.1 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H (รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์)

เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและส่งออก โดยการติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้เพื่อเก็บข้อมูล จะต้องกำหนดให้บิตDLAB ในรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล(03H) มีสถานะเป็น “0” ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งออกไปแบบอนุกรม สำหรับการรับข้อมูล เมื่อรับเข้ามาแล้ว จะส่งต่อไปยังรีจิสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากอ่านค่าจากรีจิสเตอร์นี้ออกไป รีจิสเตอร์นี้จะถูกเคลียร์ และเตรียมพร้อมสำหรับรับข้อมูลในไบต์ต่อไป

3.4.2 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H (รีจิสเตอร์เอ็นเนเบิลการอินเตอร์รัปต์)

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการเอ็นเนเบิลการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งเป็นการกำหนดให้UART สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้นมา ฟังก์ชันการทำงานในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์นี้มีดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	**0**	**0**	**0**	**SINP**	**ERBK**	**TBE**	**RxRD**

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H

บิต 4-7 บิตเหล่านี้ไม่ถูกใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ“0”

SINP เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดจากเปลี่ยนสถานะที่ขาอินพุต CTS,DSR,DCD หรือขา RI

“1” เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์

“0” ดิสเอเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERBK เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดขึ้นด้วยสาเหตุจากพา-
ริตี้ , โอเวอร์รัน , เฟรมข้อมูล หรือการเบรกข้อมูล

"1" เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ดิสเอเบิล

TBE เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์เมื่อรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

"1" เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ดิสเอเบิล

RxRD เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ได้รับข้อมูลแล้ว

"1" เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ดิสเอเบิล

3.4.3 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H (รีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะการอินเตอร์รัปต์)

มีรายละเอียดของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	ID1	ID0	PND

ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 02H

บิต 3-7 ไม่ได้ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ "0"

ID1,ID0 ใช้งานร่วมกันเพื่อแจ้งสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์

"00" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตขึ้น
การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 4

"01" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่างขึ้น
การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 3

"10" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับ
ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"11" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการถ่ายทอดข้อมูลหรือเกิดการเบรก (Break :เกิดการหยุดถ่ายทอดข้อมูลกระทันหัน) การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 1 หรือมีนัยสำคัญสูงสุด

PND ใช้แสดงสถานะของการเกิดอินเตอร์รัปต์

"1" แสดงว่าไม่มีการอินเตอร์รัปต์

"0" แสดงว่ามีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

เมื่อมีการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้น จะต้องมีการเคลียร์ค่าก่อนที่จะให้เกิดอินเตอร์รัปต์ครั้งต่อไป โดยสามารถทำได้ดังนี้ คือ

- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตจะต้องอ่านค่าจากรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
- ถ้าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่าง จะต้องเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูล (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) หรืออ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H)เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเก็บข้อมูลลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเรียบร้อย จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลหรือเกิดการเบรก จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานการณ์รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

3.4.4 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 03H (รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล)

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DLAB	BRK	PAR2	PAR1	PAR0	STOP	DAB1	DAB0

ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 03H

DLAB ใช้ในการกำหนดหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H)

"1" เป็นการเข้าสู่โหมดการหารค่าบอดเรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"0" เป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์(รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) และ
รีจิสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง01H) เมื่อบิตDLAB เป็น "1" รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H) และรีจิสเตอร์เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ (01H) จะใช้สำหรับโหลดค่าการหารความถี่สำหรับกำหนดค่าบอดเรต โดยรีจิสเตอร์ 00H เก็บค่าตัวหารไบต์ต่ำ ส่วนรีจิสเตอร์ 01H ใช้เก็บค่าตัวหารไบต์สูง การหาค่าบอดเรตสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

บอดเรต = 115200/ ค่าตัวหาร16 บิต

ค่าตัวเลข 115200 มาจากความถี่คริสตอลในวงจร UART ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยคริสตอลที่ใช้มีความถี่ 1.8432 MHz วงจรภายใน UART จะหารค่าความถี่นี้ด้วย 16 ทำให้ได้ค่าความถี่ 115200 Hz ออกมา
ค่าตัวหาร16บิต = ข้อมูลในรีจิสเตอร์00H + (256 * ข้อมูลในรีจิสเตอร์01H)
ถ้าต้องการบอดเรตเท่ากับ 9600 ค่าตัวหารที่ใช้จะต้องมีค่าเท่ากับ 12 ซึ่งค่านี้จะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ 00H และเขียนค่า 0 ลงไปในรีจิสเตอร์ 01H ค่าตัวหารที่ทำให้เกิดค่าบอดเรตสูงสุดที่ 115200 บิตต่อวินาที คือ ค่า 0001 นั่นคือ รีจิสเตอร์ 00H มีค่าเท่ากับ 1 และรีจิสเตอร์ 01H มีค่าเท่ากับ 0

BRK ใช้ควบคุมการหยุดถ่ายทอดข้อมูล
"1" สามารถหยุดหรือเบรกได้
"0" ไม่มีการหยุดหรือเบรกได้

PAR2,PAR1,PAR0 ใช้เพื่อกำหนดบิตพาริตี้ได้
"000" ไม่ใช้บิตพาริตี้
"001" กำหนดพาริตี้คี่
"011" กำหนดพาริตี้คู่
"101" มาร์ก (Mark)
"111" ช่องว่าง(Space)

STOP ใช้กำหนดจำนวนบิตปิดท้าย
"1" มีบิตปิดท้าย 2 บิต
"0" มีบิตปิดท้าย 1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DAB1,DAB0 ใช้ร่วมกันในการกำหนดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการถ่ายทอด

"00" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 5 บิต

"01" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 6 บิต

"10" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

"11" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

3.4.5 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 04H (รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม)

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	LOOP	OUT2	OUT1	RTS	DTR

ตารางที่ 3.6 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 04H

บิต 5-7 ไม่มีการใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ 0

LOOP "1" เอ็นเอเบิลการส่งค่ากลับ

"0" ดิสเอเบิล

OUT1,OUT2 "1" เอ็นเอเบิลการใช้งานภายใน

"0" ดิสเอเบิล

RTS ใช้ควบคุมการทำงานของขาRTS(Ready TO Send)

"1" เอ็นเอเบิล

"0" ดิสเอเบิล

DTR ใช้ควบคุมการทำงานของขาDTR (Data Terminal Ready)

"1" เอ็นเอเบิล

"0" ดิสเอเบิล

3.4.6 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 05H (รีจิสเตอร์แสดงสถานะรอรับและส่งข้อมูลอนุกรมของUART)

ใช้งานร่วมกับรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะของการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง02H) เพื่อแสดงสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์ มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	TXE	TBE	BREK	FRME	PARE	OVFE	RxRD

ตารางที่ 3.7 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจิสเตอร์ 05H

TXE(Transmitter Empty)

"1" แสดงว่ารีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

"0" แสดงว่ายังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

TBE(Transmitter Buffer Empty)

"1" รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง

"0" ยังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

BREK(Break)

"1" UART ตรวจพบการเบรก

"0" ไม่มีการเบรก

FRME (Frame Error)

"1" UART ตรวจพบความผิดพลาดด้านเฟรมข้อมูล

"0" ไม่พบความผิดพลาดทางพาริตี้

OVRE(Overrun Error)

"1" UART ตรวจพบความผิดพลาดแบบโอเวอร์รัน

"0" ไม่พบความผิดพลาดแบบโอเวอร์รัน

RxRD(Received Data Ready)

"1" มีการรับข้อมูลเข้ามาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์

"0" ไม่มีข้อมูล

3.4.7 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H (รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม)

ใช้เพื่อกำหนดสถานะสัญญาณอินพุต ของพอร์ตอนุกรม RS-232 ซึ่งได้แก่ สัญญาณ DCD,DSR,CTS และ RI สำหรับการเชื่อมต่อใช้งานแบบอเนกประสงค์ ดังมีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DCD	RI	DSR	CTS	DDCD	DRI	DDSR	DCTS

ตารางที่ 3.7 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 06H

DCD ใช้แสดงสภาวะของขา DCD

"1" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "0"

RI ใช้แสดงสภาวะของขา RI

"1" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "0"

DSR ใช้แสดงสภาวะของขา DSR

"1" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "0"

DCTS(Delta Clear To Send) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต CTS

"1" แสดงว่าบิตCTS เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าบิตCTS ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DRI (Delta Ring Indicator)ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต RI

"1" แสดงว่าบิตRI เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าบิตRIไม่ เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DDCD(Delta Data Carrier Detect)ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบิตDDCD

"1" แสดงว่าบิตDDCD เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าไม่ เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DCTS(Delta Clear to send) ใช้แสดงสภาวะของ CTS

"1" แสดงว่าที่ขา CTS มีลอจิกเป็น "1"

"0" แสดงว่าที่ขา CTS มีลอจิกเป็น "0"

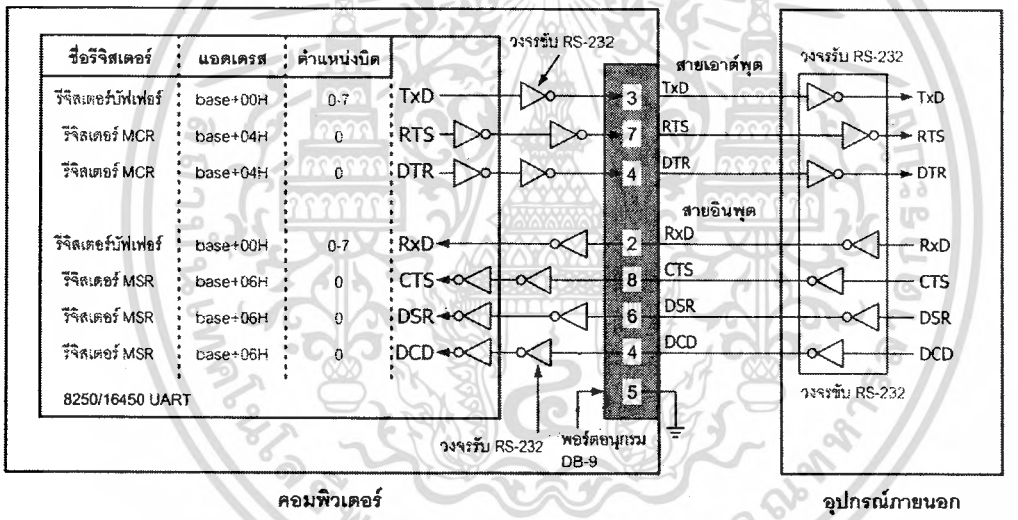
3.4.8 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง07H (รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว)

ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำแรมขนาด 1 ไบต์ การอ่านและเขียนข้อมูลที่รีจิสเตอร์ตัวนี้ไม่ส่งผลใดๆ ต่อการใช้งานUART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ตRS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTS) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต(CTS,CSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจากUART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับแรงดันให้ได้ระดับแรงดันเป็นไปตามมาตรฐานRS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะดังแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม

3.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM4 : 2E8H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 3	บิต 2	บิต1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม

ตาราง 3.8 ข้อมูลในแอดเดส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0400H และ 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆมีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000:0402H – 0000:0403H

COM3 = 0000:0404H – 0000:0405H

COM4 = 0000:0406H – 0000:0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.8 สเตอร์แบบ FIFO (First IN First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไปทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบFIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

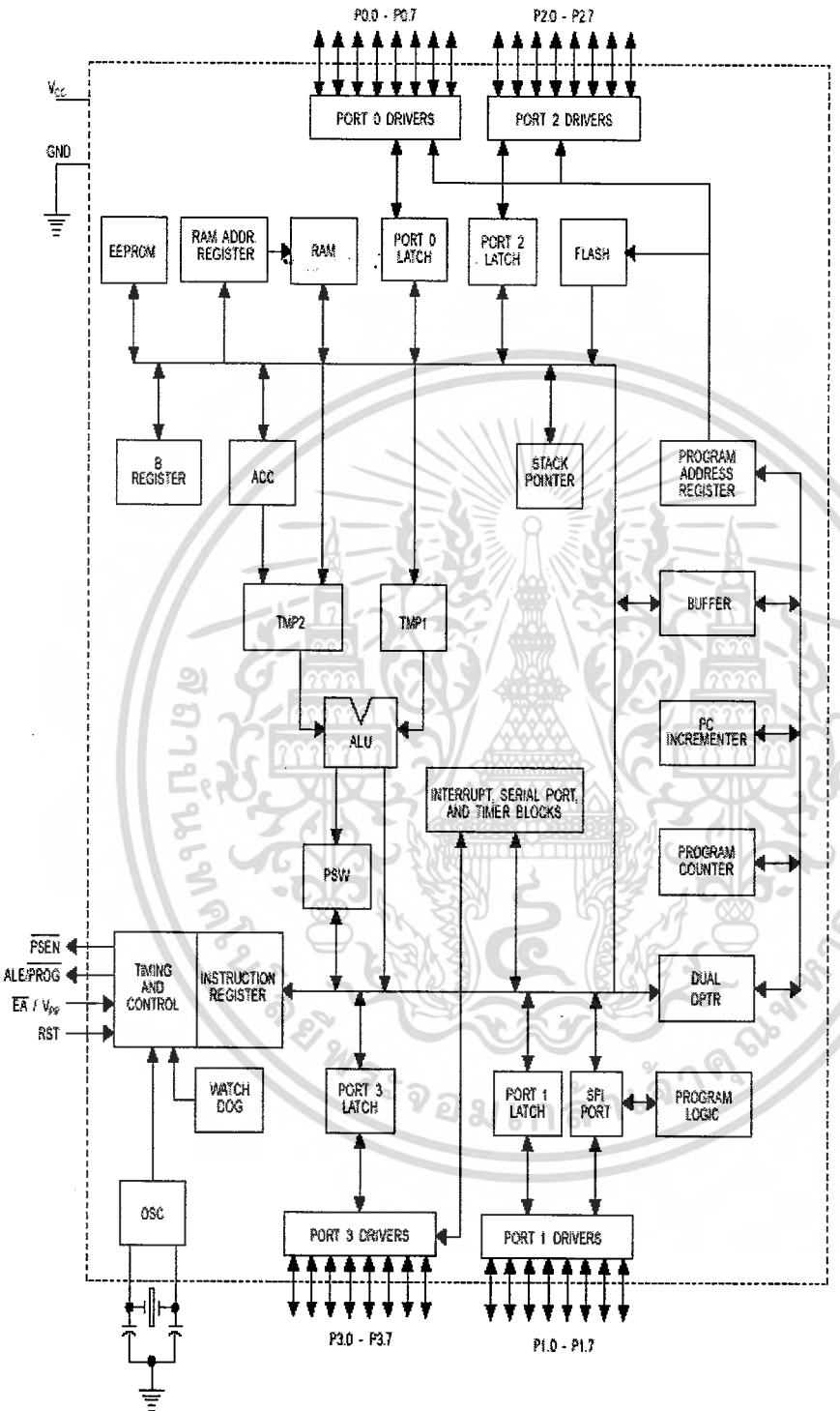
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

4.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 4.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (BOOLEAN PROCESSOR)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อีพรอม (เบอร์ 8451)
- หน่วยความจำแบบ แรม ภายในจำนวน 128 ไบต์
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กเต็ม(FULL DUPLEX)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนด ลำดับ วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะอาศัยหลักการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการทำงานที่เป็นไป ตามโครงสร้างเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



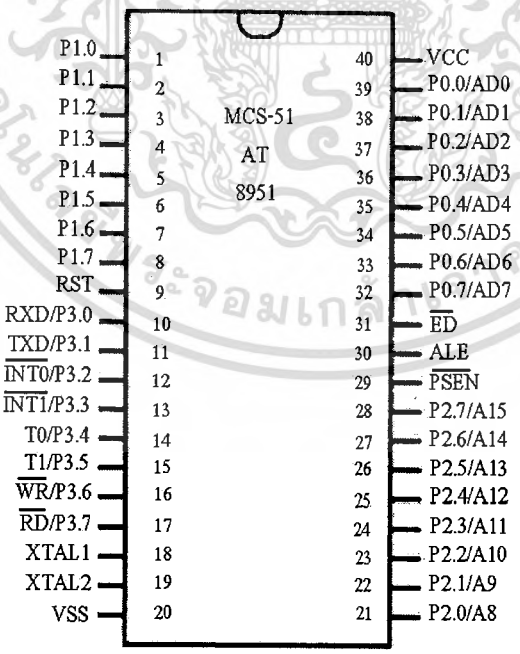
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซี MCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (REGISTER) หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก(Arithmatic and Logic Unit (ALU)

4.3 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) และหน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน



รูปที่ 4.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 หน่วยความจำโปรแกรม

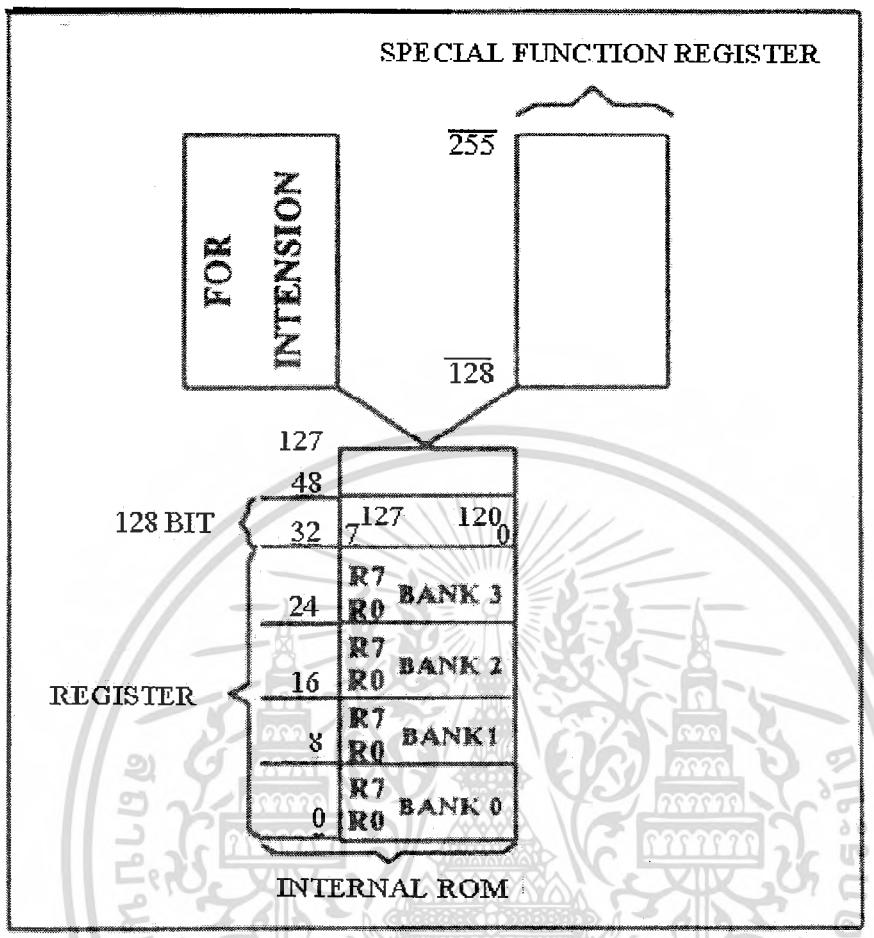
หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย โครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ ประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (READ ONLY MEMORY) หรือ อีพรอม (ERASABLE PROGRAMABLE READ ONLY MEMORY) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (INTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (EXTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 นี้สามารถขยายให้ใช้งาน ในหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณ ในขณะนั้นด้วย ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ภายในตระกูล 8051 จะแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานลักษณะต่างๆ

4.5 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (READ OR WRITE MEMORY) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติกดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับ การนำไอซีอีพรอมมาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง

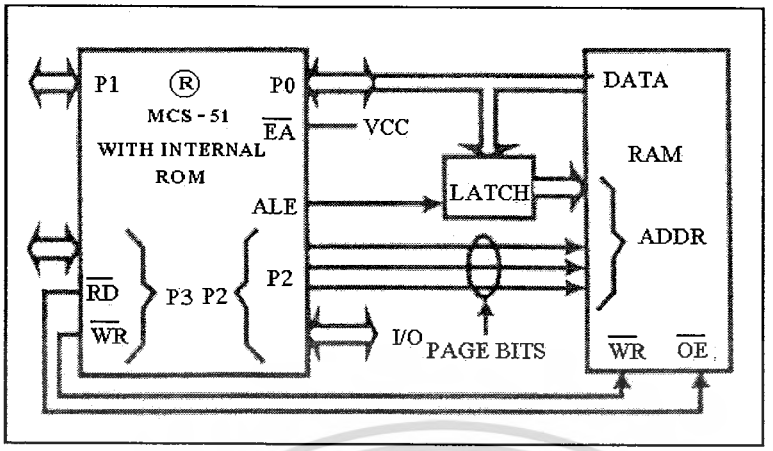
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล

โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆ เบอร์จะมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลทั่วๆ ไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายในไอซีในบริเวณ 128 ไบต์เรียกว่า LOWER 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า UPPER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี

4.6รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16บิตที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญโดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสนี้จะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (GENERAL-PURPOSE REGISTERS) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรภายในโปรแกรม จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในแฟลก (PSW) เท่านั้นอย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำแรม

4.6.1 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับ การควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H และ F0H)

4.6.2 แอกคิวมูเลเตอร์ (ACCUMULATOR)

หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในหน่วยประมวลผลกลาง และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานเท่านั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นั้นมีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานในโปรแกรมซึ่งใช้เรียกเป็น รีจิสเตอร์ A

4.7 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งสามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ตามลักษณะและหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา ทำความเข้าใจและใช้งาน ดังนี้

4.7.1 กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล คือ กลุ่มคำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ในโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำภายในแรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ ชุดคำสั่งในการถ่ายเทแรม ภายในนั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในหนึ่งคำสั่งนั้น จะเป็นเวลาเมื่อขณะที่ความถี่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ที่ความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์ และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

MOV :จะทำงานในลักษณะเป็นการถ่ายเทข้อมูลที่มีขนาดเป็นไบต์ หรือ บิตก็ได้ จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์แรนด์

PUSH:จะทำงานโดยเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP ก่อนแล้วจึงทำการถ่ายเทข้อมูล 1 ไบต์จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด POP:การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์จากบริเวณตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์แรนด์ กำหนดและหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลง

XCH:คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งในการแลกเปลี่ยนขนาดนิบเบิลทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับนิบเบิลอันดับต่ำลงของแอกคิวมูเลเตอร์ ตัวอย่างเช่นทำการเลื่อนข้อมูลไป 2ไบต์ทางขวามือซึ่งจะมี 2 วิธีคือใช้คำสั่ง MOV หรือใช้คำสั่ง XCH

4.7.2 กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูลภายในตัว รีจิสเตอร์ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงาน ของแต่ละคำสั่งนั้นจะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิรตซ์ คำสั่งทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ms ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 ms โดยที่คำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ms โดยมีรายละเอียดการใช้คำสั่งมีดังนี้

INC: เป็นการบวกหนึ่งกับโอเปอร์แรนด์และใส่ค่าใหม่กลับเข้าที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้นๆ

DEC: เป็นการลบออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้น

ADD: เป็นการบวกในแอกคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์

ADDC: เป็นการบวกค่าต่างๆ ในแอกคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และบวกกับบิตทดด้วย

SUBB: เป็นการนำเลขที่แหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวทดมาลบออกอีกและผลลัพธ์ที่ได้นำมาใส่ลงในแอกคิวมูเลเตอร์ A

MUL: เป็นการคูณแบบไม่คิดตัวเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ใน แอกคิวมูเลเตอร์กับเลขใน รีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์ นำมาเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำส่วน B จะรับอันดับสูง

DIV: เป็นคำสั่งในการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแอกคิวมูเลเตอร์แล้วหารตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในแอกคิวมูเลเตอร์และเศษของการหารตัวเลข จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B

DA: สำหรับการบวกกันทางตัวเลข BCD เป็นการปรับค่ารวม ซึ่งเป็นผลมาจากการบวกกันทางไบนารี่ของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลักสองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวมด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แอกคิวมูเลเตอร์

4.7.3 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์หรือ แบบลอจิก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลแบบ ลอจิกต่างๆ เช่น การ AND OR หรือ EX-OR ระหว่างข้อมูลในรีจิสเตอร์ A นั่นเอง โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้

CPL: เป็นการใช้คำสั่งกลับค่าหรือคอมพลีเมนต์ ข้อมูลในแอกคิวมูเลเตอร์จะไม่มีผลใดๆ ต่อค่าของแฟลก หรือการอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสนั้นตามบิตนั้นๆ

RL, RLC, RR, RRC, SWAP: ทั้ง 5 คำสั่งนี้เป็นคำสั่งในการทำงานการวนบิตบนตัวของแอกคิวมูเลเตอร์ซึ่ง RL เป็นการวนบิตทางขวา, RLC เป็นการทำการวนทางซ้ายผ่านบิตทด, RRC เป็นการวนขวาผ่านบิตทด และ SWAP เป็นการวนซ้ายสี่ครั้ง

ANL: เป็นการ ADD กันทางตรรกศาสตร์ ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานในรูปแบบของตรรกศาสตร์ทางข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิต กลุ่มคำสั่งแบบบูลีนหรือแบบบิต ซึ่งเป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรง ทุกคำสั่งจะเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดยมีการบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสได้ตั้งแต่ 00H - 7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำข้อมูลภายในและบิตแอดเดรส 80H - FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR)

4.7.4 กลุ่มคำสั่งในการกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆภายในโปรแกรม ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของการประมวลผลภายในโปรแกรมไปยังส่วนต่างๆแทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับ ต่อเนื่องโดยที่คำสั่ง JMP จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ SJMP, LJMP, AJMP ซึ่งในแต่ละคำสั่ง จะมีข้อแตกต่างของการกระโดดไปยังแอดเดรสไกลสุดที่ต่างกัน คำสั่ง JMP ซึ่งเป็นแบบโมนีชิก ที่สามารถจะใช้ได้โดยมีรายละเอียดการใช้งานของคำสั่งดังต่อไปนี้

SJMP: เป็นการกระโดดแบบการย้ายอันดับตำแหน่งของแอดเดรสตำแหน่งเดิมซึ่งจะสามารถกระโดดได้ -128 ถึง +127 ไบต์

AJMP: ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด

LJMP: ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 3 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด

JMP @A+DPTR:เป็นการควบคุมการกระโดดไปยังโปรแกรมที่ต้องการเฉพาะภายในส่วนต่างๆ

4.8 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

จากรูปที่ 4.8 โครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 นั้นเกิดขึ้นได้ 5 ลักษณะตามตารางข้อมูล ในรูปที่ .....โดยจะเห็นได้ว่าสามารถที่จะกำหนดเลือกเพื่อยินยอม (หรืออีนาเบิล : ENABLE) และห้าม (หรือดิสเอเบิล : DISABLE) ไม่ให้มีการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ โดยการกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (INTERRUPT ENABLE REGISTER) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นสวิตซ์หลักที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด หากว่ากำหนดไม่ให้เกิดการอินเตอร์รัปต์แล้วการกำหนดบิตเพื่อห้ามหรือยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์ก็จะไม่มีผลใดๆเกิดขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (PRIORITY) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (HIGH OR LOW PRIORITY) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ ดำเนินการอยู่ก่อน

4.9 ไทเมอร์/ เคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการเก็บ และตรวจสอบค่าของเวลาและจำนวนสัญญาณนาฬิกาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสร้างฐานเวลา สร้างสัญญาณพัลส์ เปรียบเทียบค่าเวลา หรือ ค่าการนับ รวมไปถึงการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมด้วย

ในการใช้งานไทเมอร์ / เคาน์เตอร์นั้น จะต้องมีการกำหนดหรือควบคุมการทำงานของไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ โดยใช้รีจิสเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ

TCON (Timer / Counter Control Register) : มีแอดเดรสอยู่ที่ 88H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเปิด / ปิดไทเมอร์แต่ละตัว , และแสดงถึงการเกิดโอเวอร์โฟรวที่เกิดจากไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ อีกทั้งเป็นตัวกำหนดลักษณะการเกิดอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณภายนอกด้วย

TMOD (Timer / Counter Mode Control Register) : มีแอดเดรสอยู่ที่ 89H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานว่าเป็นไทเมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ อีกทั้งเป็นตัวกำหนดโหมดการทำงานของไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ ซึ่งมีอยู่ 4 โหมดด้วยกัน คือ

โหมด 0 : ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 13 บิต

โหมด 1 : ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 16 บิต

โหมด 2 : ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 8 บิต แบบตั้งค่าอัตโนมัติ

โหมด 3 : ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์แยกส่วน

4.10 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟลูดูเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือ ขาP3.0 เป็นขารับข้อมูลหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51 เป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้ว พอร์ตอนุกรมจะใช้ติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบัน สามารถติดต่อกับ RS-422 หรือ RS-485 ได้แล้ว โดยใช้ IC พิเศษ ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณการสื่อสาร

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมในMCS -51 ได้แก่ SBUF (Serial data buffer register) ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์สำหรับ ส่งข้อมูล และรับข้อมูล และรีจิสเตอร์อีกตัวที่สำคัญคือ SCON (Serial Port Control) ซึ่งใช้ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งมี 4 โหมดด้วยกัน คือ

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตรา บอร์ดได้
3. โหมด 2 UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตรา บอร์ดได้
4. โหมด 3 เป็นตัวกำหนดให้เป็น UART ขนาด9 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบและหลักการทำงานของวงจร

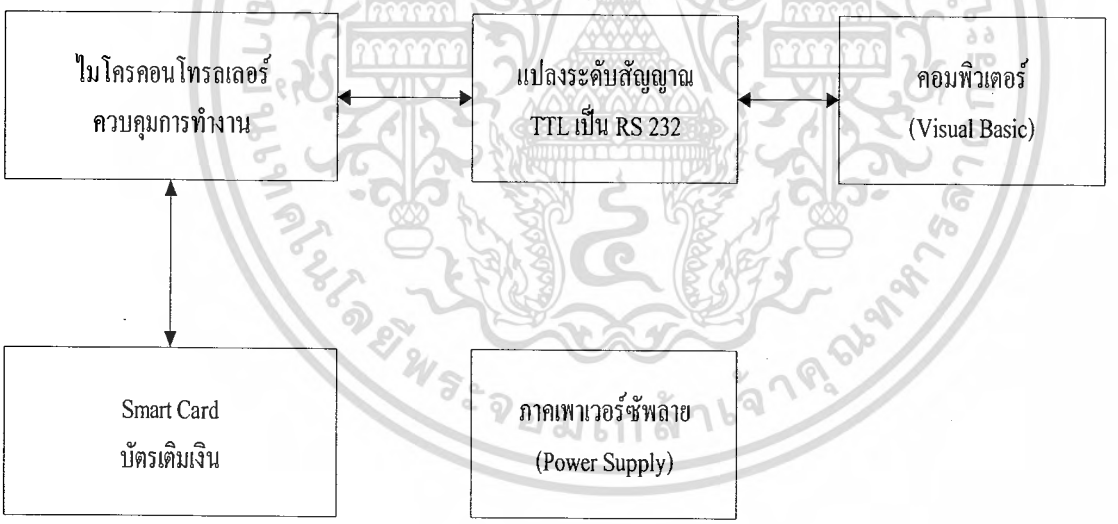
ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงในส่วนที่เป็นรายละเอียดของทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโครงงานมาแล้ว มาในบทนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบการสร้างและอธิบายหลักการทำงานของวงจรในแต่ละส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นโครงงานการประยุกต์ใช้งาน Smart Card เป็นระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด

จากข้างต้น ในการสร้างและการออกแบบสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 2 ส่วน

1.ส่วนผู้ให้บริการ

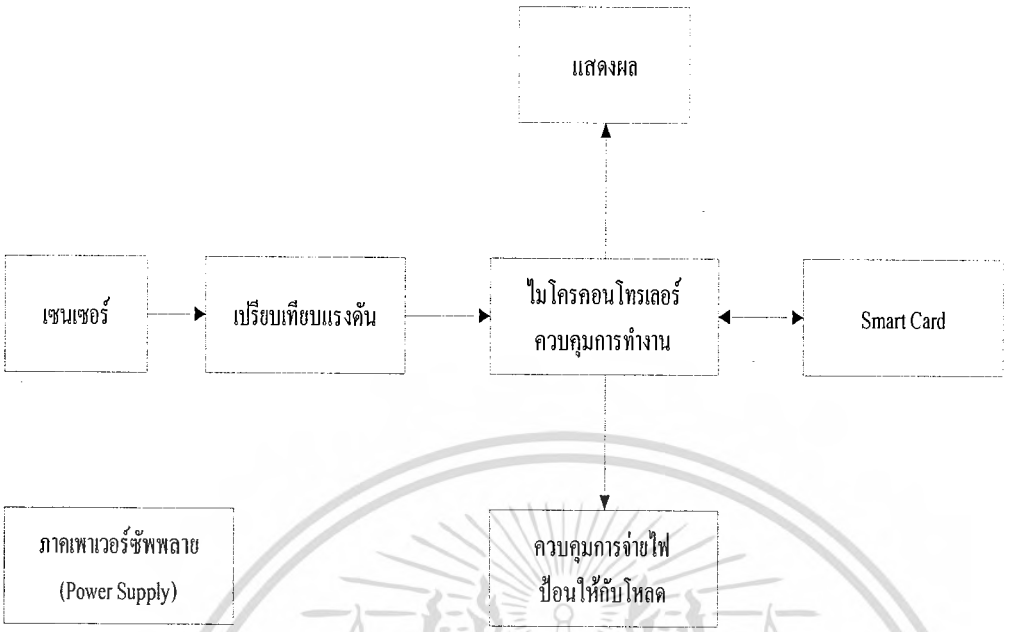
2.ส่วนผู้ใช้บริการ

5.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน การประยุกต์ใช้งาน Smart Card ในระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุด



รูปที่5.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานส่วนของผู้ให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานส่วนของผู้ใช้บริการ

5.2 การสร้างและการออกแบบวงจรในส่วนของผู้ให้บริการ

สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น2ส่วน

1.ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

-การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม RS-232

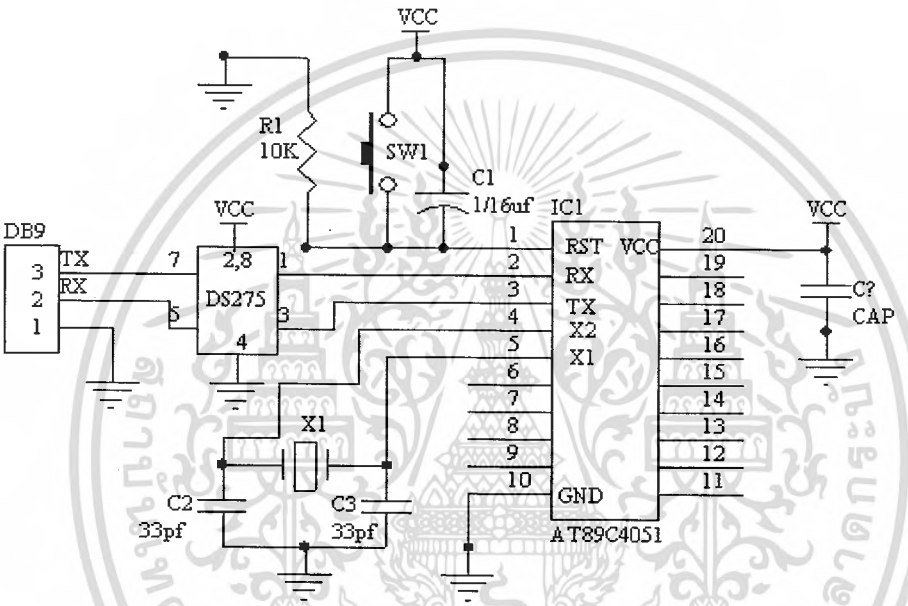
-การติดต่อกับ Smart Card

2.ส่วนของโปรแกรม Visual Basic และ ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 การออกแบบการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232

เป็นการออกแบบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 กับคอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้ไอซีเบอร์ DS-275 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญานข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์จากระดับ TTL ให้เป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับ TTL



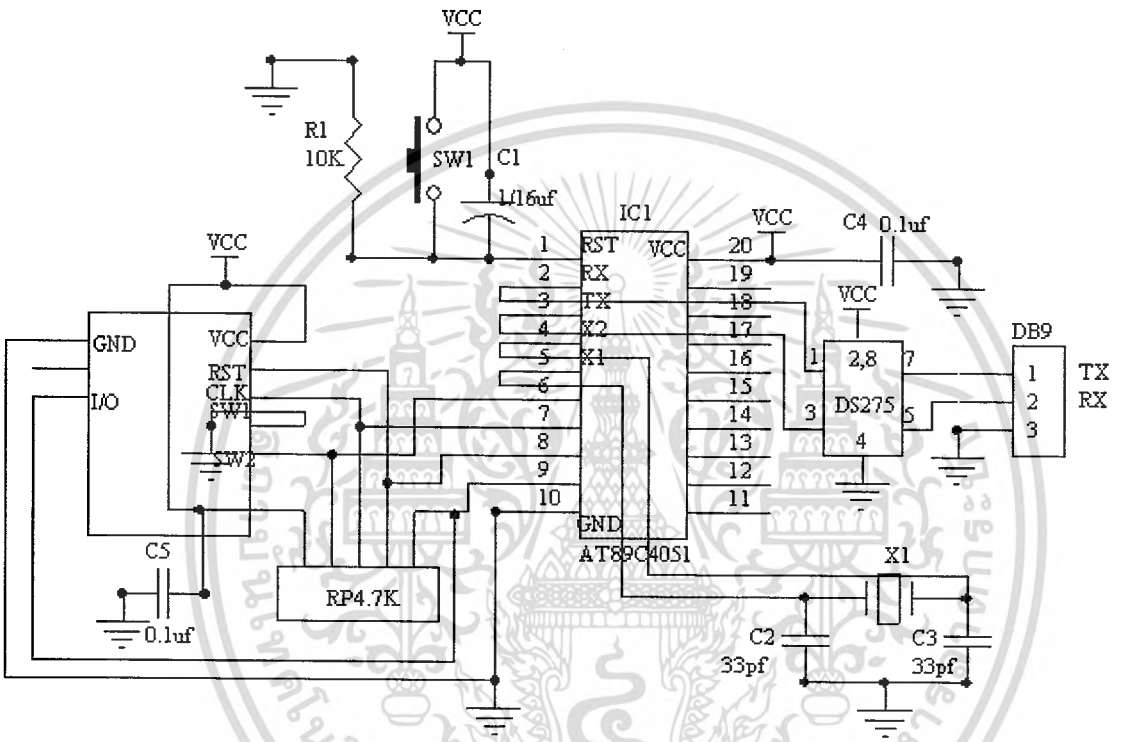
รูปที่5.3 การออกแบบการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232

โดยที่ไอซีเบอร์ DS-275 จะต่อกับ P3.0และP3.1ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นขาRXและTX ที่จะต่อเข้ากับขา TX RX ของพอร์ทอนุกรม RS-232ของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นเส้นทางในการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การออกแบบในส่วนการติดต่อกับ Smart Card SLE4442

เป็นการออกแบบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมในการทำงานในการอ่านเขียน Smart Card SLE4442 โดยในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน Smart Card SLE4442



รูปที่5.4 การออกแบบในส่วนการติดต่อกับ Smart Card SLE4442

โดยที่จะทำการต่อหน้าสัมผัส SW, CLK, RST, I/O ของ Smart Card SLE4442เข้ากับ P3.3, P3.4, P3.5, P3.6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ

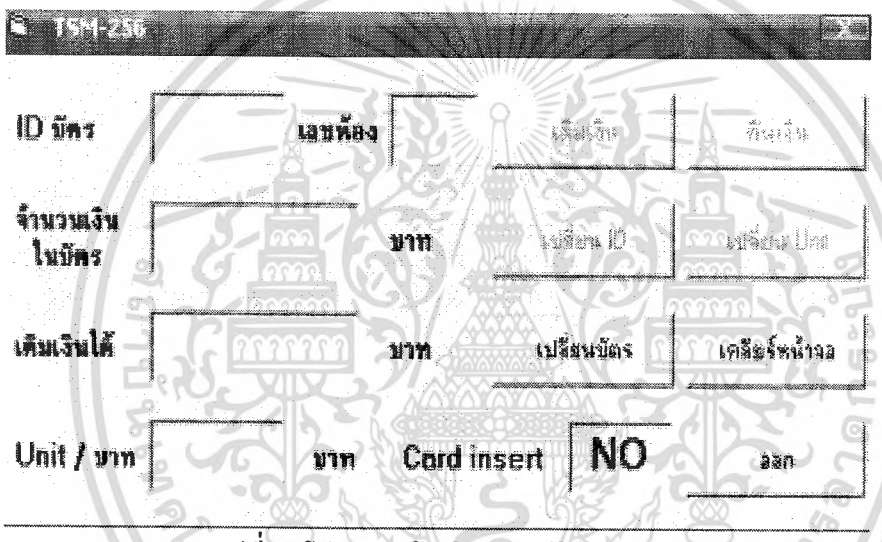
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การออกแบบการติดต่อในส่วนผู้ให้บริการกับคอมพิวเตอร์

เป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยการสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ควบคุมกระบวนการในการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน Smart Card SLE4442 ซึ่งกระบวนการนี้จะกระทำผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรม Visual Basic

ซึ่งในการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน Smart Card SLE4442 จะกระทำผ่านคำส่งต่างๆของโปรแกรม Visual Basic



รูปที่5.5 โปรแกรมในส่วนของผู้ให้บริการ

ID บัตร เป็นช่องสำหรับใส่หมายเลข ID ของแต่ละห้องซึ่งหมายเลข ID บัตร จะต้องตรงกับหมายเลขห้องที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูล

เลขห้อง เป็นช่องสำหรับใส่หมายเลขห้อง ซึ่งหมายเลขห้องจะต้องตรงกับหมายเลข ID บัตร ที่กำไว้ในฐานข้อมูล

จำนวนเงินในบัตร เป็นช่องที่จะแสดงถึงจำนวนเงินปัจจุบันในบัตร Smart Cardว่ามียอดเงินอยู่เท่าไร

เติมเงินได้ เป็นช่องที่จะแสดงว่าผู้ใช้บริการยังเติมเงินได้เป็นจำนวนเท่าไร ซึ่งในการเติมเงินลงในบัตร Smart Card เติมได้สูงสุดที่ 999 บาท

Unit/บาท เป็นช่องที่แสดงถึงอัตราค่าบริการใช้ไฟฟ้า 1 Unit เป็นราคาเท่าไร

ปุ่มเติมเงิน เมื่อต้องการเติมเงินลงในบัตร Smart Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มคืนเงิน เมื่อต้องการให้จำนวนเงินในบัตร Smart Card มีค่าเป็น 0

ปุ่มเปลี่ยน ID เมื่อต้องการเปลี่ยน IDบัตร

ปุ่มเปลี่ยน Unit ทำหน้าที่กำหนดอัตราค่าบริการใช้ไฟฟ้า Unit/บาท

ปุ่มเปลี่ยนบัตร เมื่อต้องการเปลี่ยนบัตร Smart Card

ปุ่มเคลียร์หน้าจอ เป็นการเคลียร์ค่าทุกค่าบนโปรแกรม

Card insert เป็นช่องที่แสดงว่าที่เครื่องของผู้ให้บริการมีบัตร Smart Card อยู่หรือไม่

ปุ่มออก เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

5.2.4 ฐานข้อมูล

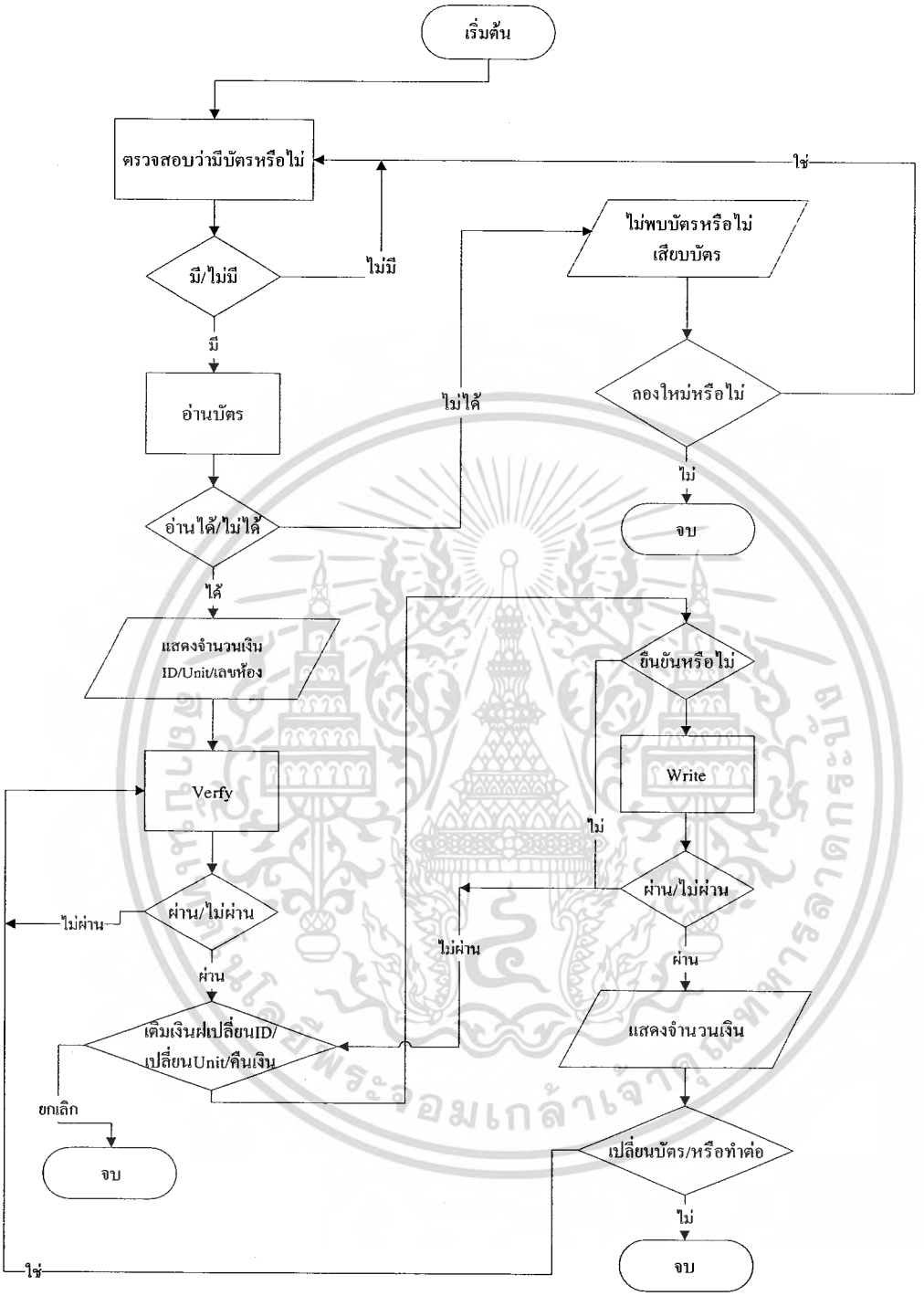
รายละเอียดของฐานข้อมูลที่ใช้ในโครงงานนี้ถูกเขียนด้วย Microsoft Access ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ทำหน้าเก็บค่า ID ห้อง, หมายเลขห้อง, และ Password ของบัตรSmart Card แต่ละใบ

data

id	room	password
1000	100	100000
1001	101	100001
1002	102	100002
1003	103	100003
1004	104	100004
1005	105	100005
65535	111	FFFFFF
*		

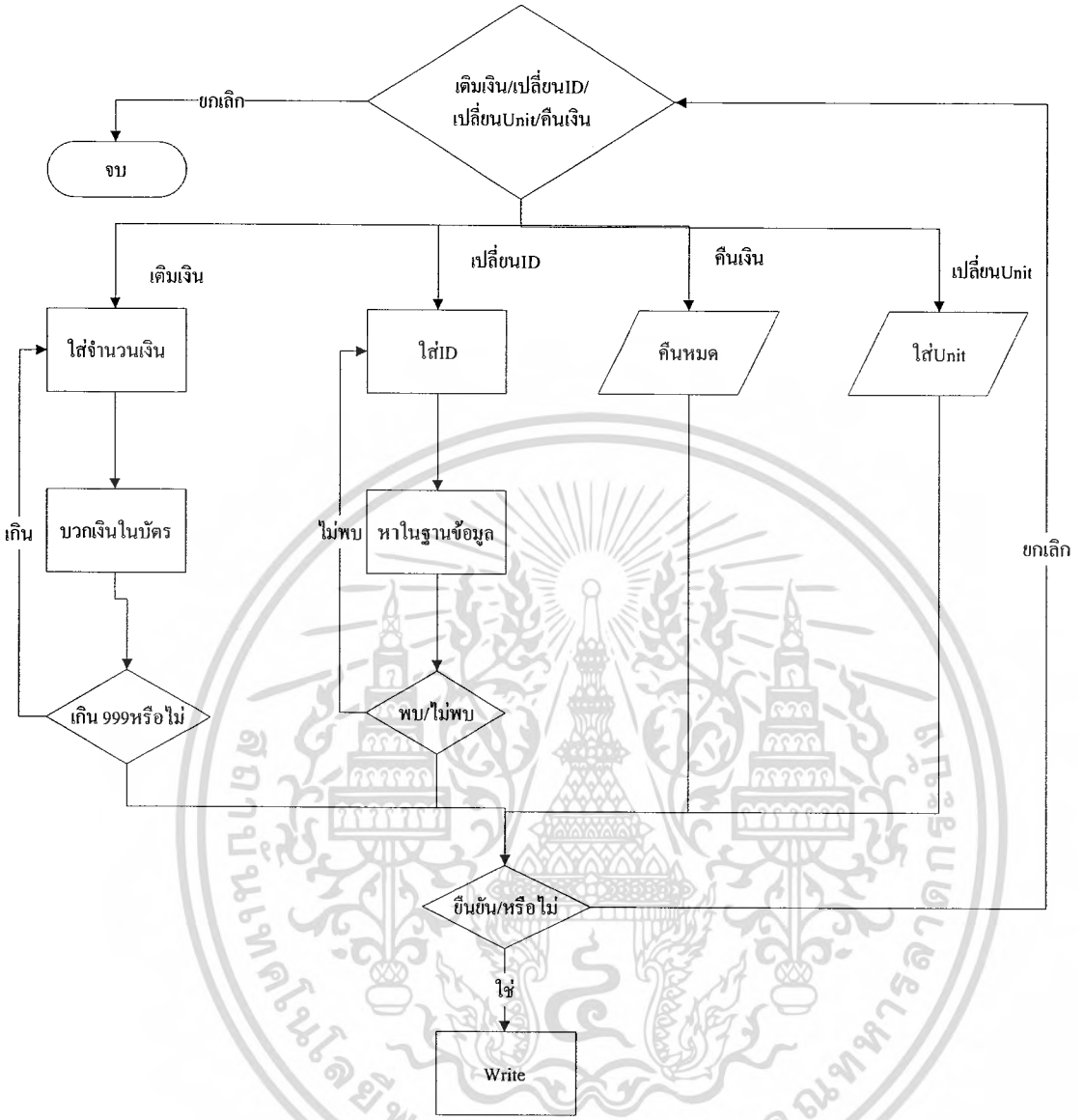
รูปที่5.6 ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.7 โปรแกรมการทำงานในส่วนผู้ให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.8 โปรแกรมการทำงานในโหมดคำสั่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การสร้างและการออกแบบในส่วนของผู้ใช้บริการ

สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 2 ส่วน

1.ส่วนของวัตมิเตอร์

-เซนเซอร์

-เปรียบเทียบแรงดัน

2.ไมโครคอนโทรลเลอร์

-การติดต่อกับ Smart Card

-ทำการนับรอบของวัตมิเตอร์

-ควบคุมการแสดงผลของ 7-Segment

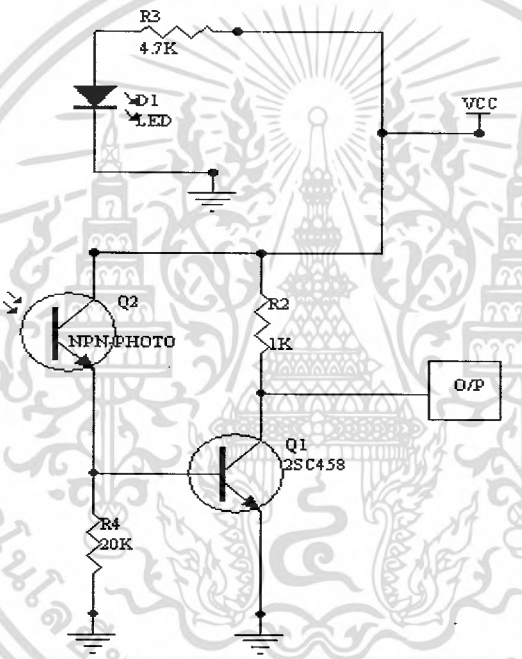
-ควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1 เซนเซอร์

ในส่วนของเซนเซอร์ใช้เซนเซอร์อินฟาเรดทำหน้าที่ตรวจจับรอบการหมุนของจานหมุนโดยใช้หลักการสะท้อนแสงใช้ไดโอดอินฟาเรดยิงลำแสงอินฟาเรดไปกระทบกับแผนจานหมุนของกิโลวัตต์โดยทั่วไปแล้วจานหมุนของกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์จะเป็นมันวาวแสงอินฟาเรดจะสะท้อนกลับมาที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถรับแสงอินฟาเรดได้

เมื่อนำแถบสีดำมาติดที่ขอบจานหมุนในช่วงที่แถบสีดำหมุนผ่านเซนเซอร์แสงอินฟาเรดจะถูกดูดกลืนหมดแสงอินฟาเรดมาสะท้อนกลับมาที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์หายไปจากหลักการดังกล่าวสามารถสร้างวงจรได้ดังรูป



รูปที่5.9 วงจรในส่วนของเซนเซอร์

ในจังหวะที่แถบสีดำยังไม่ผ่านเซนเซอร์ทำให้ลำแสงอินฟาเรดสะท้อนแผ่นจานหมุนสะท้อนกลับมาที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเกิดแรงดันตกคร่อม RE1 ไปไบอัสทรานซิสเตอร์ Q2 ทำให้ Q1 นำกระแสทำให้แรงดันเอาพุตมีค่าประมาร 0 V

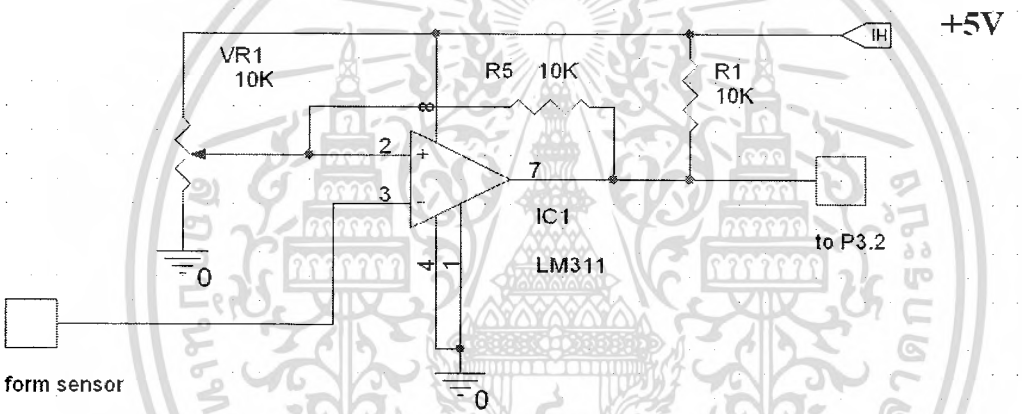
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแถบสีดำหมุนผ่านเซนเซอร์ทำให้ลำแสงอินฟาเรดสะท้อนแผ่นจานหมุนสะท้อนกลับมาที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์หายไป โฟโต้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสแรงดันตกคร่อมRE1 มีค่าเป็น 0 V Q1 หยุดนำกระแสทำให้แรงดันเอาท์พุตมีค่าประมาณ Vcc

แรงดันเอาพุตจะไปเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันในภาคต่อไปถ้าแรงดันเอาท์พุตมีค่าเป็น 0 V แสดงว่าเซนเซอร์ไม่เจอแถบสีดำถ้าแรงดันเอาท์พุตมีค่าประมาณ Vcc แสดงว่าเซนเซอร์เจอแถบสีดำ

5.3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดันไอซี LM311 ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันแบบมี hyterasis ดังวงจร



รูปที่5.10 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

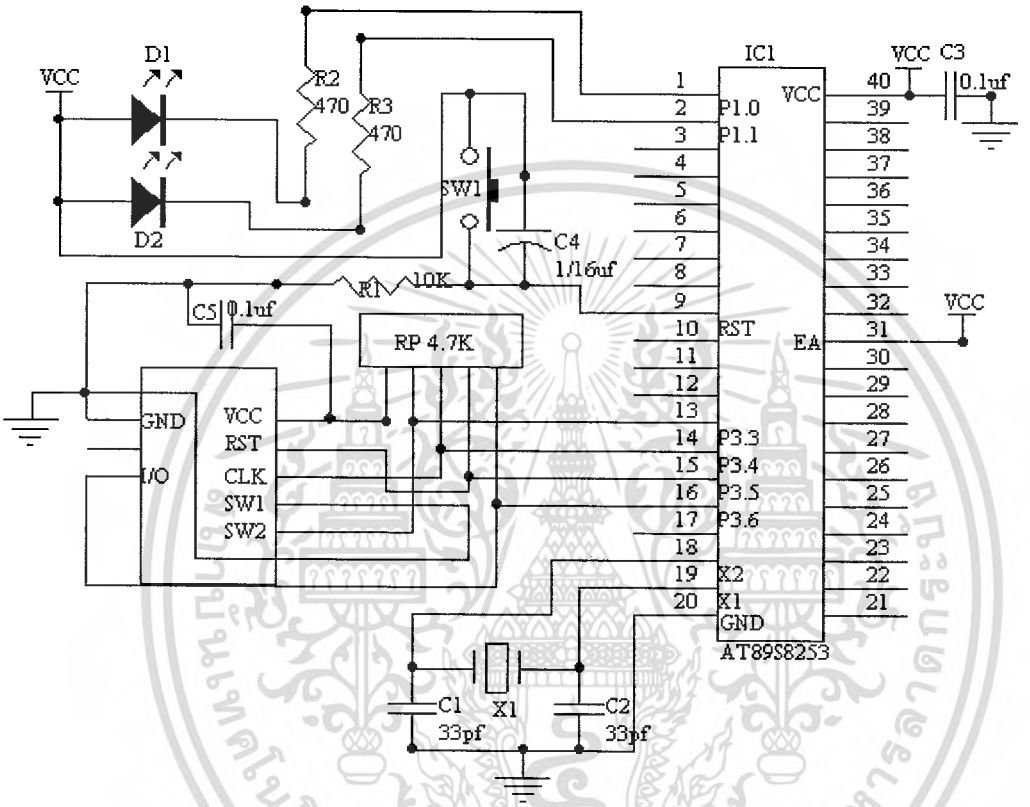
จากวงจรเอาท์พุตจะเข้าที่ขา INT1 ของ AT89s8253 ซึ่งการนับในแต่ละครั้งจะนับตามระดับแรงดันลอจิก 0 ของสัญญาณเอาท์พุตจากเซนเซอร์ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีแนวทางในการออกแบบดังนี้

แรงดันเอาท์พุตจากเซนเซอร์เข้าขา V- ของ LM311 แรงดันอ้างอิงป้อนเข้าขา V+แรงดันอ้างอิงสามารถปรับค่าได้โดย VR1 ถ้าแรงดันเอาท์พุตของเซนเซอร์มีค่าต่ำกว่าแรงดันอ้างอิงเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีค่าเท่ากับ Vcc (ลอจิก1) ถ้าแรงดันเอาท์พุตของเซนเซอร์มีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิง เอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีค่าเท่ากับ 0 (ลอจิก0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 การติดต่อกับ Smart Card SLE4442

เป็นการออกแบบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานในการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน Smart Card SLE4442



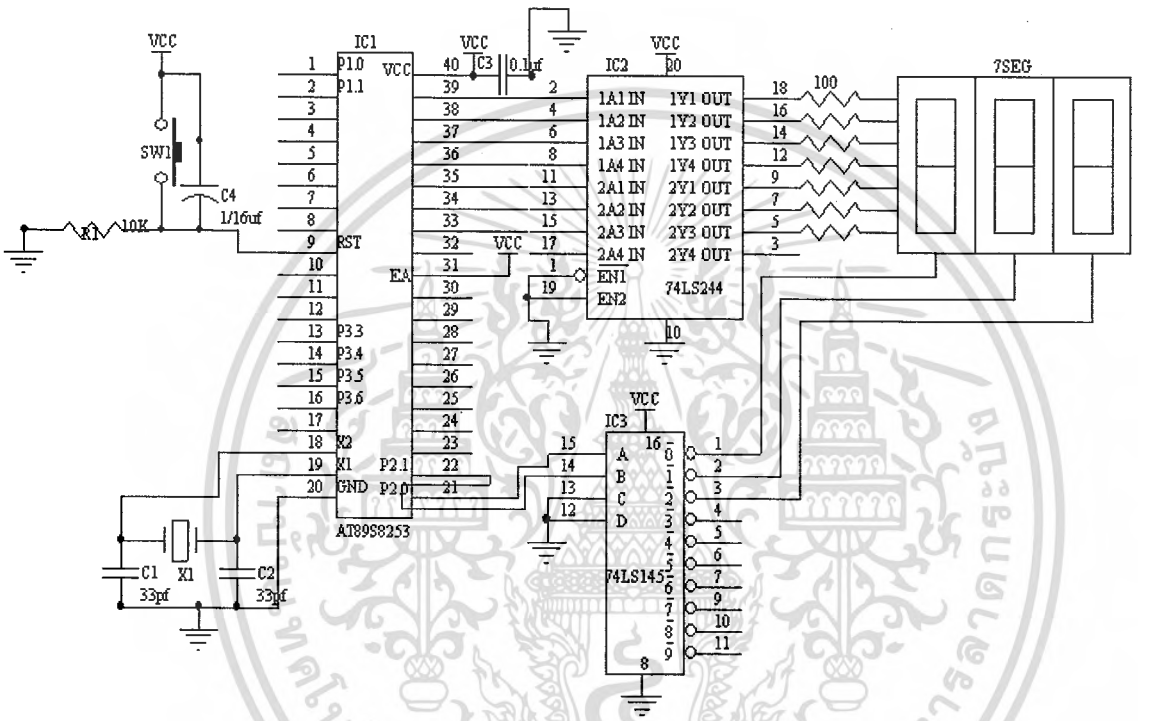
รูปที่5.11 การติดต่อกับ Smart Card SLE4442

โดยที่หน้าสัมผัส SW, CLK, RST, I/O ของ Smart Card SLE4442 จะต่อกับ P3.3, P3.4, P3.5, P3.6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 การควบคุมการแสดงผลของ 7- Segment

เป็นการออกแบบในการแสดงผลออกหลอด LED 7- Segment แบบ3หลักเป็นแบบคอมมอนแคโทดร่วม โดยจะใช้วิธีสแกนหรือมัลติเพลกโดยจะมีไอซี 74LS244 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ช่วยขับกระแสและไอซี 74LS145 เป็นตัวสแกน

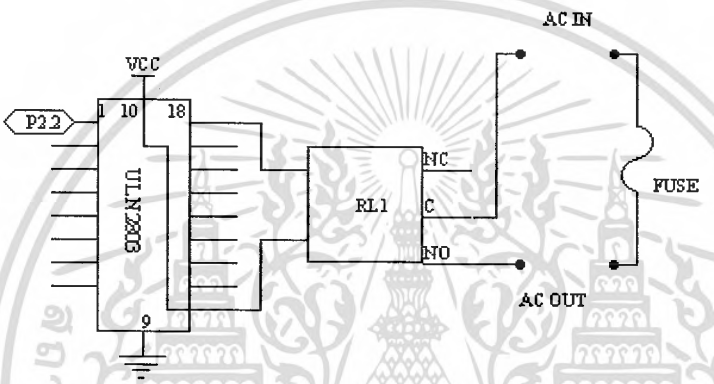


รูปที่5.12 การควบคุมการแสดงผลของ 7- Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 การควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลด

การควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลดเป็นการตัดต่อไฟ AC 220 V ซึ่งควบคุมโดยรีเลย์โดยใช้P2.2ควบคุม ULN2803โดยเมื่อP2.2เป็น0ทำให้รีเลย์ไม่ทำงานหน้าสัมผัสรีเลย์จะอยู่ตำแหน่ง NC (Nomally Close)ทำให้โหลดไม่ได้รับไฟ AC 220 V ซึ่งเป็นสภาวะปกติและเมื่อ P2.2เป็น"1"รีเลย์ทำงานหน้าสัมผัสรีเลย์จะอยู่ตำแหน่ง NO (Nomally Open) ทำให้ไฟ AC 220 V จ่ายให้กับโหลด

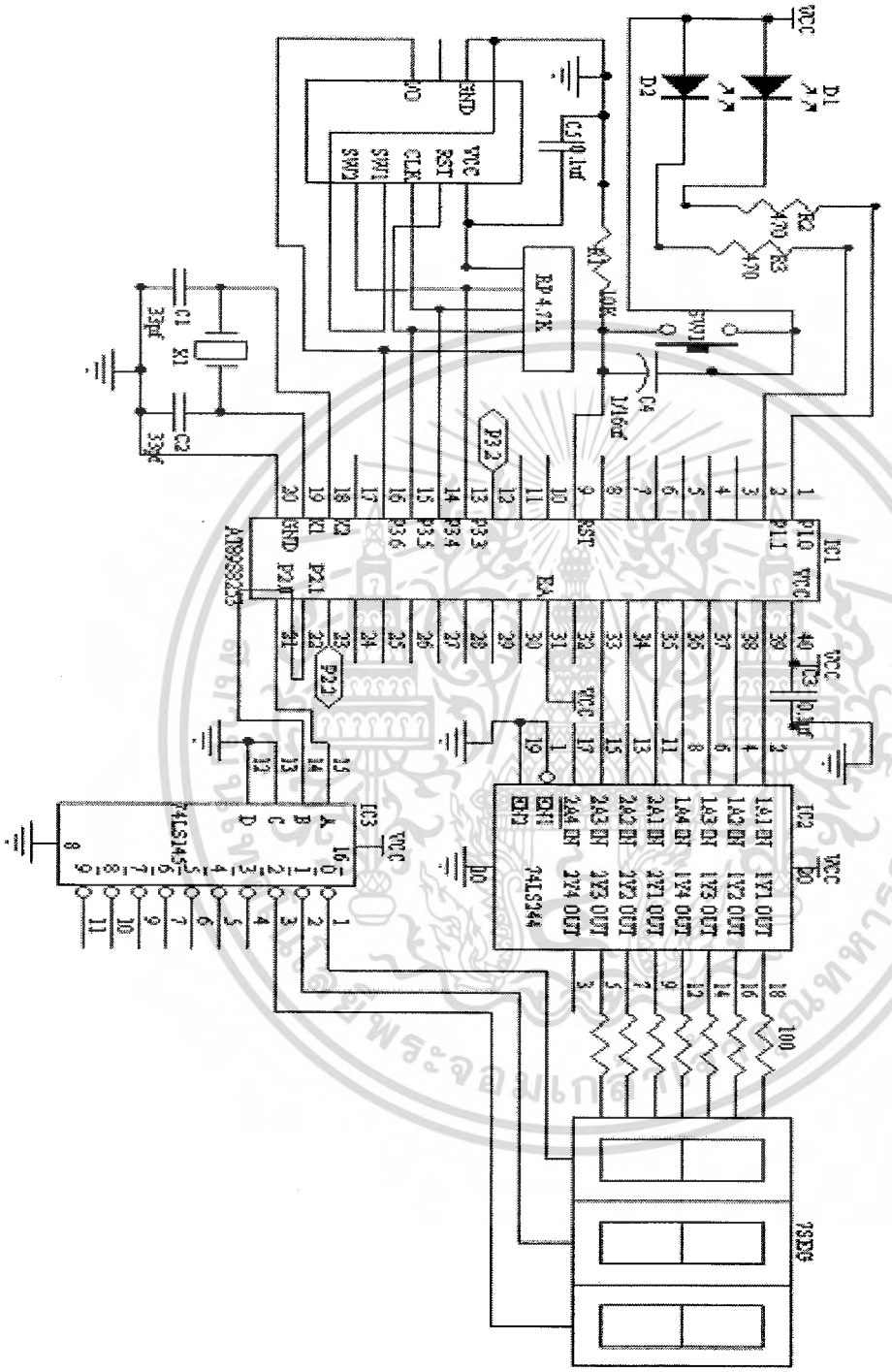


รูปที่5.13 การควบคุมการจ่ายไฟให้กับโหลด

ซึ่งในการทำงานของรีเลย์ในการตัดต่อไฟ AC 220 V ให้กับโหลดในขณะที่เครื่องของผู้ใช้บริการยังไม่ได้เติมเงินมีค่าเป็น0บาทหรือขณะที่จำนวนเงินของผู้ใช้มีค่าต่ำกว่าค่าไฟ1Unit รีเลย์ก็ยังคงไม่ทำงานไม่มีไฟ AC 220 V จ่ายให้กับโหลดและในขณะที่มีการเติมเงิน รีเลย์ก็ทำงาน ก็ทำให้มีไฟ AC 220 V จ่ายให้กับโหลด

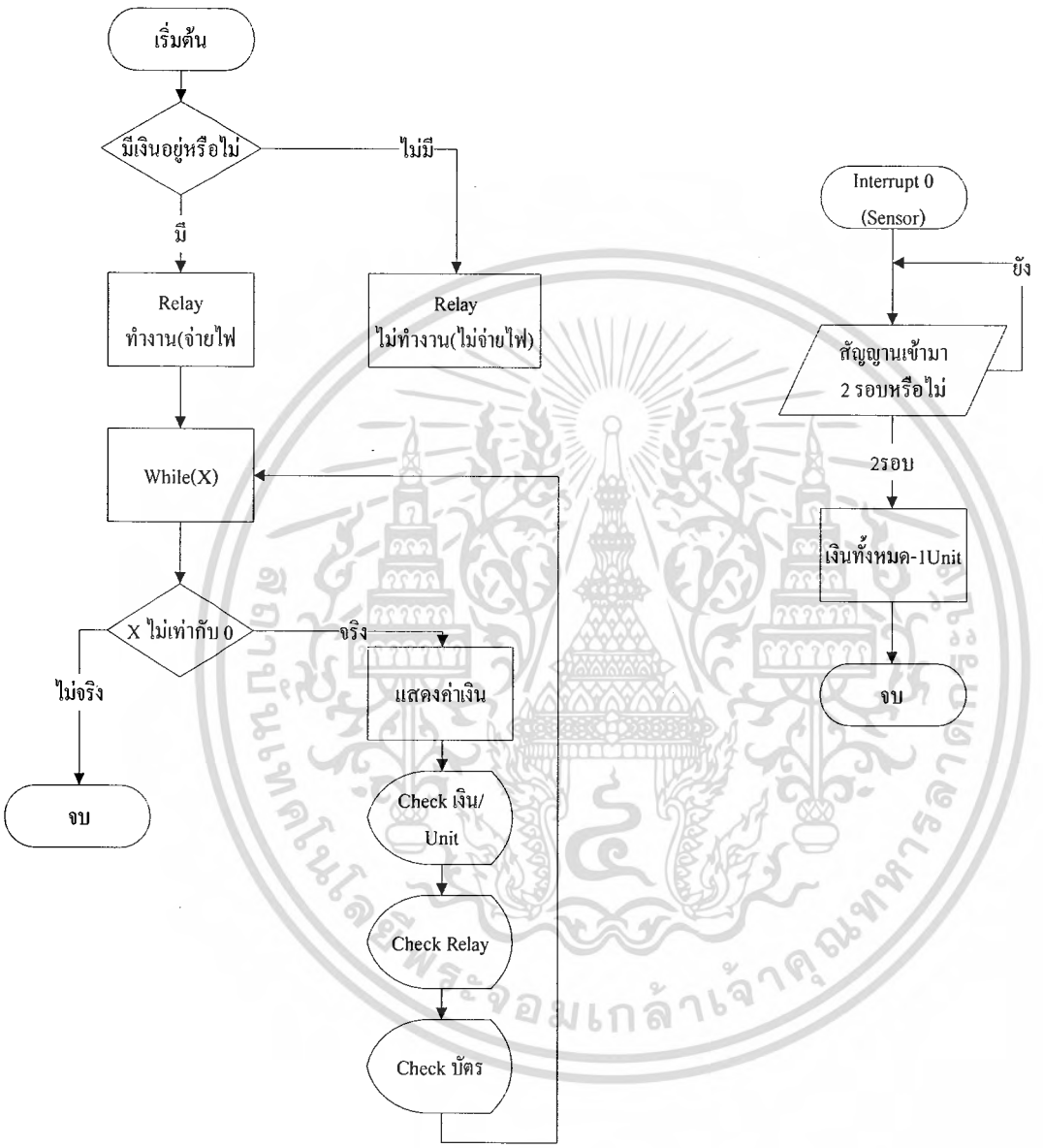
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 วงจรรวมในส่วนของผู้ใช้บริการ



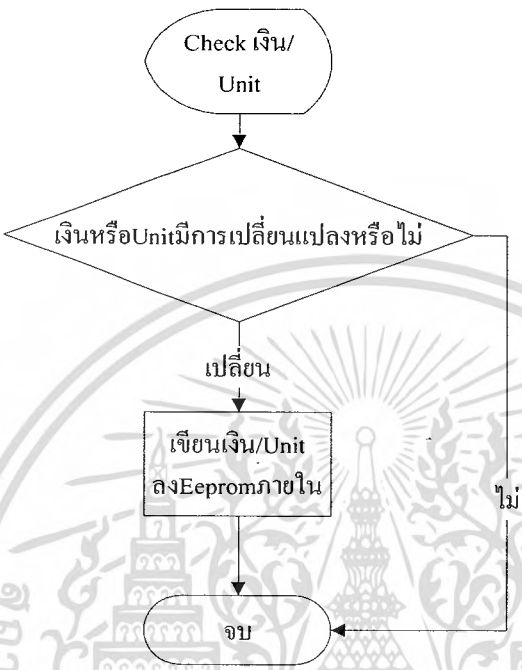
รูปที่5.14 วงจรรวมในส่วนของผู้ใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

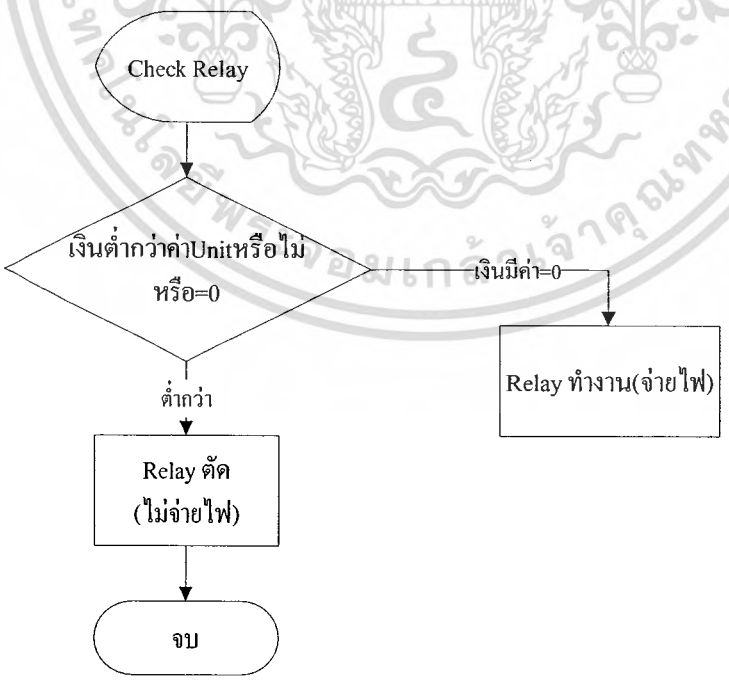


รูปที่5.15 โปรแกรมในส่วนของผู้ใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

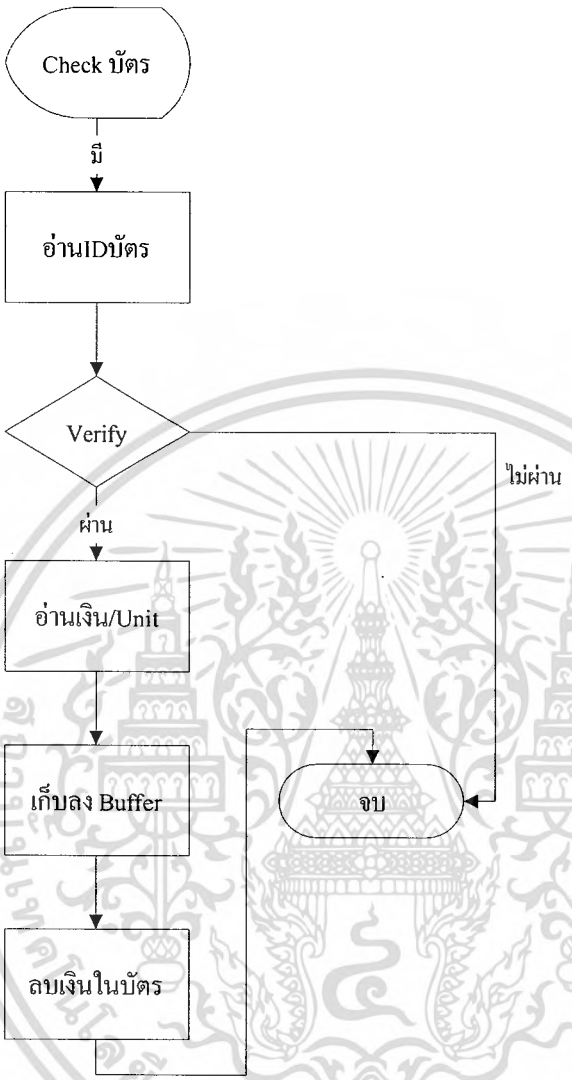


รูปที่5.16 โปรแกรมย่อย Check เงิน/Unit



รูปที่5.17 โปรแกรมย่อย Check Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

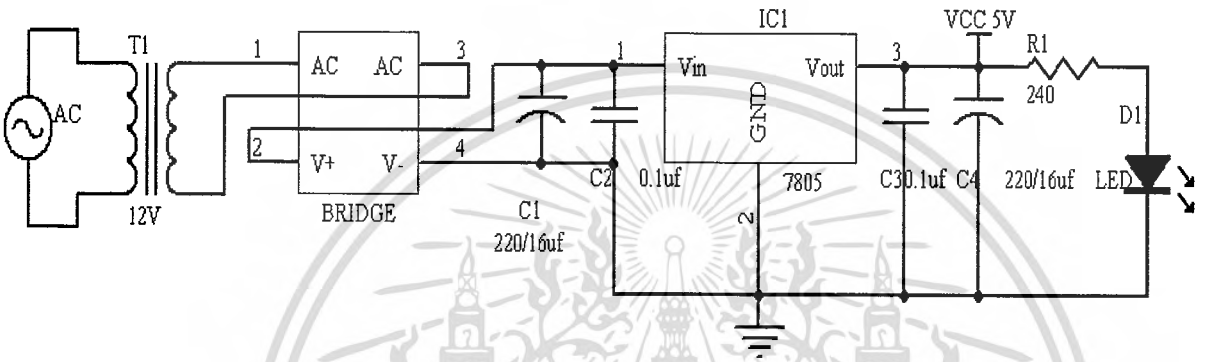


รูปที่5.18 โปรแกรมย่อย Check บัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply)

ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟอย่างง่ายโดยจะรับไฟตรง 9-16 v และนำมาต่อกับไอซีเร็คกูเลเตอร์ 7805 ก็จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมา +5v เป็นตัวจ่ายไฟให้กับวงจร



รูปที่5.19 ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

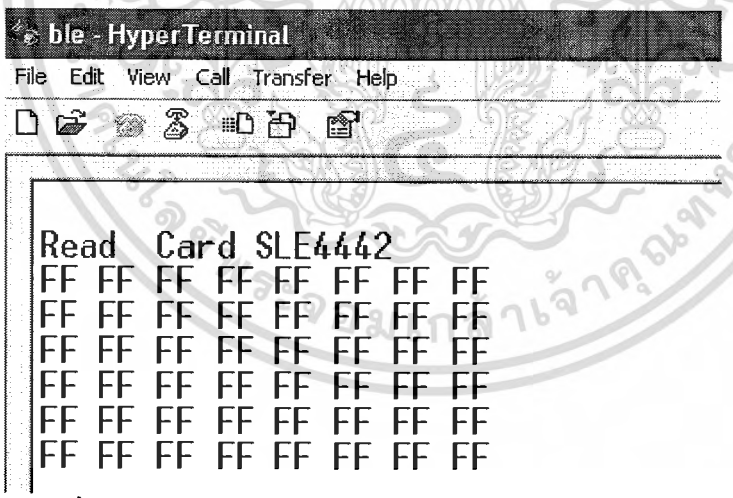
บทที่ 6

ผลการทดลอง

6.1 การทดสอบสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442

สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 มีหน่วยความจำแบบEEprom ขนาด 256 Bytes โดยแบ่งเป็น Protectable Data Memory 32 Bytes และ Unprotectable Data Memory 224 Bytes สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ 100,000 ครั้ง เก็บข้อมูลได้นานถึง 10 ปี ส่วนที่เป็น Protectable Data Memory นั้นสามารถเขียนข้อมูลถาวรไว้ โดยจะลบหรือแก้ไขเปลี่ยนแปลงไม่ได้อีกเลยและในส่วนนี้ได้ถูกเขียนข้อมูลถาวรไว้แล้ว 12 Bytes มาตรฐาน ISO7816 นอกจากนี้ SLE4442 ยังมี PSC (Programmable Security Code) 3 Bytes เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าให้ตรงกับค่า PSC ที่มีในบัตรก่อนจึงจะเขียนข้อมูลลงในบัตรได้และ EC(Error Counter) เพื่อใช้ในการนับจำนวนครั้งที่ทำการตรวจสอบ Verify ค่า PSC โดยถ้าทำการตรวจสอบ Verify ค่า PSC ไม่ถูกต้องถึง 3 ครั้ง บัตรนี้จะเขียนข้อมูลไม่ได้อีกเลยทันทีและ การนับ Error Counter นี้จะถูก Reset เมื่อได้ทำการ Verify ค่า PSC ได้ถูกต้อง

6.1.1 ทดสอบการอ่านข้อมูลสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442



รูปที่6.1 การอ่านข้อมูลสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442

จากรูปที่6.1 เป็นการอ่านค่า Programmable Security Code คือรหัสของบัตรสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 ที่มาจากโรงงานคือ FFFFFF

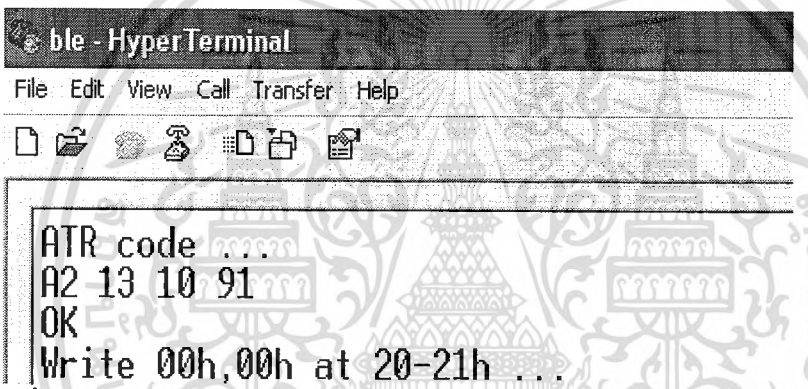
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442

โดยทำการทดสอบเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ด ที่Address 20H-21H ซึ่งในการเขียนข้อมูลจะใช้ขนาด Data Memory 2 Bytes ซึ่งAddress ที่ 20H-FFH จะเป็น Unprotected Data Memory ประเภท EEPROM ซึ่งสามารถเขียนข้อมูลลงไปได้

ส่วนของการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะอ่านข้อมูลจากบัตร สมาร์ทการ์ด และเมื่อดึงบัตรสมาร์ทการ์ดออกไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะเก็บข้อมูลปัจจุบันไว้และก็จะทำการลบข้อมูลในบัตรสมาร์ทการ์ดออกและเมื่อมีการเสียบบัตรสมาร์ทการ์ดใหม่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการเก็บข้อมูลไว้

6.2.1 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 1 ครั้ง

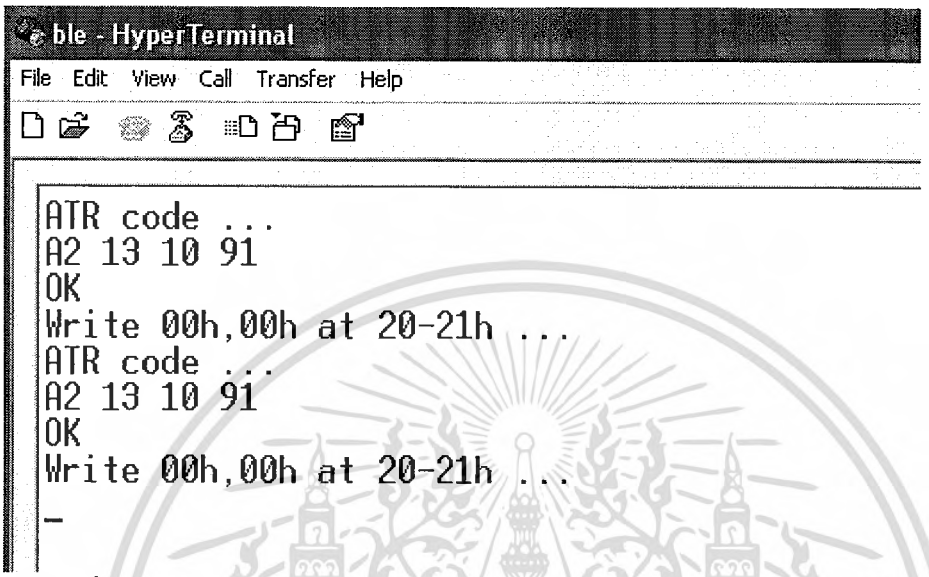


รูปที่6.2 การทดสอบการเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 1 ครั้ง

จากรูปที่6.2 เป็นการทดสอบการเขียนข้อมูลลงไปในบัตรสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 ที่Address 20-21H ซึ่งเป็น Unprotectable Data Memory ที่เราสามารถเขียนข้อมูลลงไปในบัตรได้และสามารถทำการลบข้อมูลที่เขียนลงไปได้

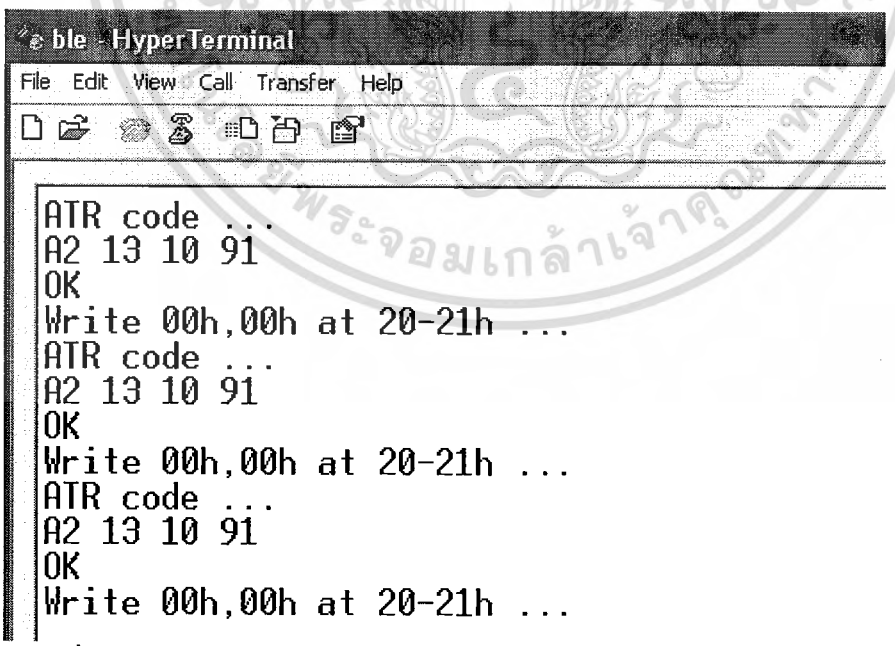
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 2 ครั้ง



รูปที่6.3 การทดสอบการเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 2 ครั้ง

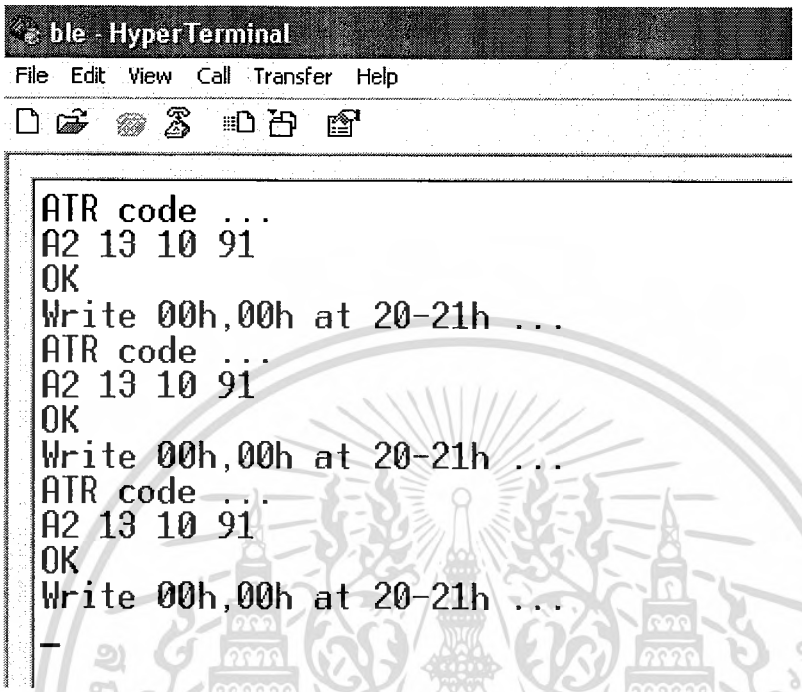
6.2.3 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 3 ครั้ง



รูปที่6.4 การทดสอบการเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.4 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 โดยมีการกด Reset



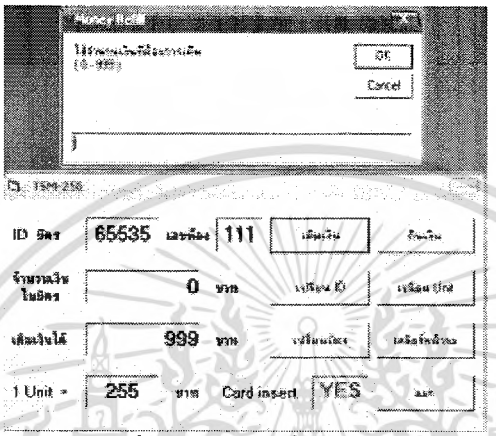
รูปที่6.5 การทดสอบการอ่านและเขียน สมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ SLE4442 โดยการกด Reset

จากรูปที่6.5 จะเห็นว่ามีข้อมูล ATR ตอบกลับมาด้วยซึ่งข้อมูล ATR จะตอบกลับมาหลังจากได้รับการ Reset โดยข้อมูล ATR จะเป็นส่วนที่บรรจุรายละเอียดเกี่ยวกับสมาร์ทการ์ดใบนั้นๆเอาไว้ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลของผู้ผลิต ชนิดของการ์ด พารามิเตอร์การอินเตอร์เฟสที่การ์ดต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดลองการใช้งานคำสั่งต่างๆของโปรแกรม Visual Basic ในส่วนของผู้ให้บริการ

6.3.1 การทดลองใช้คำส่งเติมเงิน



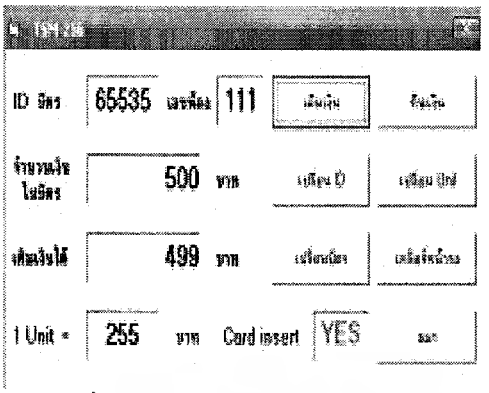
รูปที่6.6 การใช้คำสั่งเติมเงิน

เป็นการทดลองใช้คำสั่งเติมเงิน เมื่อกดปุ่มคำสั่งเติมเงินโปรแกรมก็จะขึ้นหน้าต่างให้ใส่จำนวนเงินที่ต้องการแล้วก็กดปุ่มคำส่ง OK

รูปที่6.7 การยืนยันการใช้คำสั่งเติมเงิน

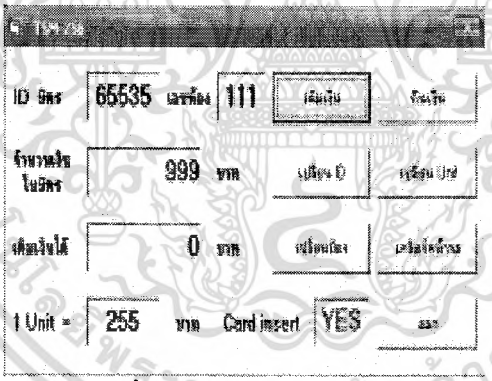
เมื่อกดปุ่มคำส่ง OK แล้วโปรแกรมก็จะตอบกลับมาว่าการเติมเงินสมบูรณ์แล้ว แล้วทำการกดปุ่มคำสั่ง OK อีกครั้งเพื่อยืนยันการเติมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่6.8 การเติมเงินจำนวน500บาท

เมื่อกดปุ่มคำสั่ง OK แล้วโปรแกรมก็จะโชว์ค่าจำนวนเงินที่ทำการเติม ซึ่งในการทดลองนี้ทำการทดลองเติมเงินจำนวน 500 บาท ซึ่งในการเติมเงินนั้นจะเติมเงินได้สูงสุดที่ 999 บาท ซึ่งหมายความว่าบัตรSmart Card ใบนี้ยังสามารถเติมเงินได้อีก 499 บาท โดยที่โปรแกรมก็จะบอกว่าบัตรSmart Cardแต่ละใบนั้นยังสามรถเติมเงินได้อีกเท่าไรในช่อง เติมเงินได้

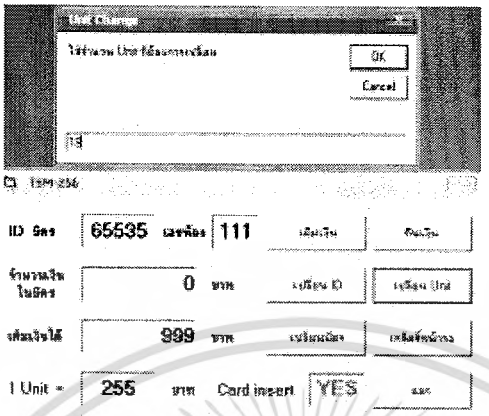


รูปที่6.9 การเติมเงิน499บาท

เป็นการทดลองเติมเงินเป็นจำนวน 499 บาท ซึ่งบัตรSmart Cardใบนั้นมีจำนวนเงินในบัตรอยู่แล้ว 500 บาท ดั้งนั้นจำนวนเงินในบัตรจึงมีค่าเป็น 999 บาทซึ่งเป็นค่าที่บัตรSmart Cardเติมเงินได้สูงสุดพอดีและในช่องเติมเงินของโปรแกรมก็จะโชว์ 0 ซึ่งบัตรหมายความว่าบัตรSmart Cardใบนี้ไม่สามารถเติมเงินได้แล้ว

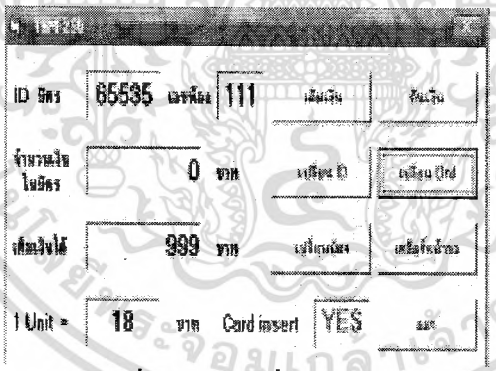
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 การทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยน Unit



รูปที่6.10 การใช้คำสั่งเปลี่ยน Unit

เป็นการทดลองการใช้คำสั่งเปลี่ยน Unit ซึ่งจะเป็นค่าอัตราบริการค่าไฟฟ้าต่อ1Unit เมื่อกดปุ่มคำสั่งเปลี่ยน Unit โปรแกรมก็จะขึ้นหน้าต่างให้เติมจำนวนอัตราค่าบริการใช้ไฟฟ้าต่อ 1 Unit ซึ่งในการทดลองได้ใส่อัตราค่าบริการใช้ไฟฟ้าต่อ 1 Unit เป็นจำนวน 18 บาท

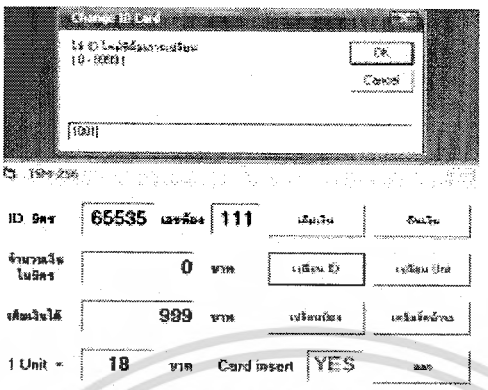


รูปที่6.11 การเปลี่ยนค่าUnit

โปรแกรมก็โชว์ค่าอัตราบริการไฟฟ้าต่อ1 Unit = 18 บาทที่ช่อง 1 Unit

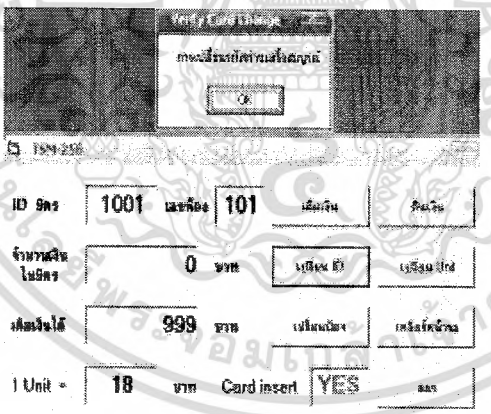
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3 การทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยน ID



รูปที่6.12 การใช้คำสั่งเปลี่ยน ID

เป็นการทดลองการใช้คำสั่งเปลี่ยน ID บัตร ซึ่งเป็นรหัสของบัตรSmart Card แต่ละใบ ซึ่ง ID บัตร Smart Card ของแต่ละใบจะถูกเก็บข้อมูลไว้ที่ฐานข้อมูล และ ID บัตร Smart Cardนั้นจะถูกเก็บข้อมูลไว้ว่าหมายเลขห้องนี้ใช้ ID บัตร Smart Cardอะไรซึ่งในการใส่ ID บัตร Smart Card นั้นจะต้องตรงกับฐานข้อมูลของแต่ละห้อง ซึ่งถ้าใส่ ID บัตร ผิดโปรแกรมก็จะไม่สามารถใช้งานในคำสั่งอื่นๆได้

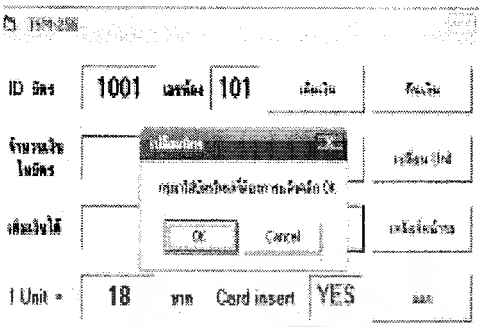


รูปที่6.13 การทดลองเปลี่ยน ID บัตร

ซึ่งการทดลองนี้เป็นการเปลี่ยน ID บัตรของห้อง 101 ซึ่งในฐานข้อมูล ID บัตร Smart Card ของห้อง 101 คือ 1001

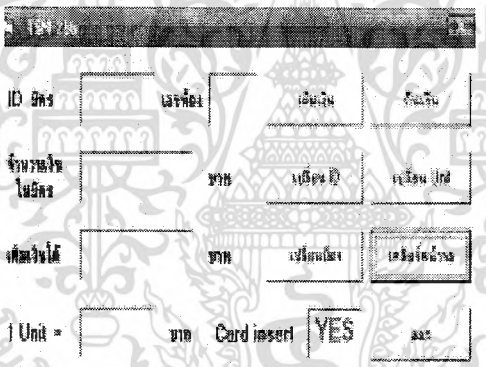
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.4 การทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยนบัตร Smart Card



รูปที่6.14 การทดลองการเปลี่ยนบัตร

เป็นการทดลองใช้คำสั่งเปลี่ยนบัตร Smart Card เมื่อกดปุ่มคำสั่งเปลี่ยนบัตร โปรแกรมก็จะขึ้นหน้าต่างให้ยืนยันคำสั่ง

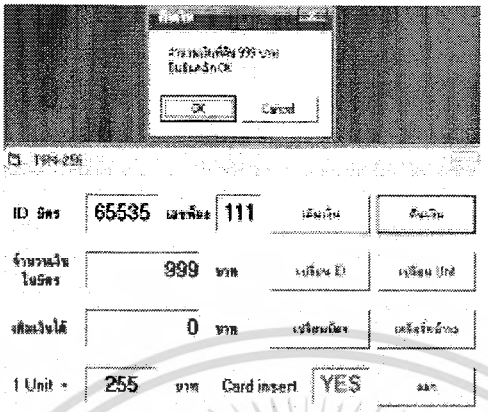


รูปที่6.15 การใส่บัตรใหม่

เมื่อยืนยันคำสั่งการเปลี่ยนบัตรแล้วโปรแกรมก็จะขึ้นหน้าต่างดังรูป ซึ่งจะเป็นหน้าต่างของโปรแกรมปกติที่ยังไม่มีการกระทำคำสั่งใดๆ และถ้าจะใช้คำสั่งบนโปรแกรมจะต้องป้อนค่าหมายเลขห้องและ ID บัตรก่อนทุกครั้ง

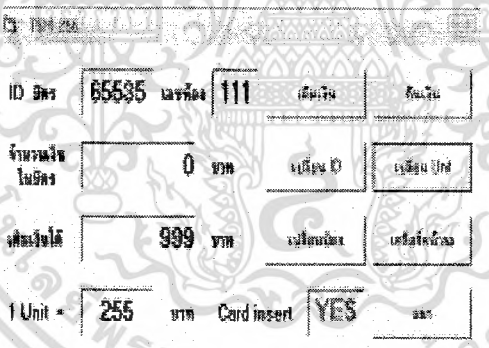
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.5 การทดลองใช้คำสั่งคืนเงิน



รูปที่6.16 การใช้คำสั่งการคืนเงิน

เป็นการทดลองการ ใช้คำสั่งคืนเงิน ซึ่งคำส่งนี้จะทำการลบจำนวนเงินทั้งหมดในบัตร Smart Card ให้มีค่าเป็น 0 บาท



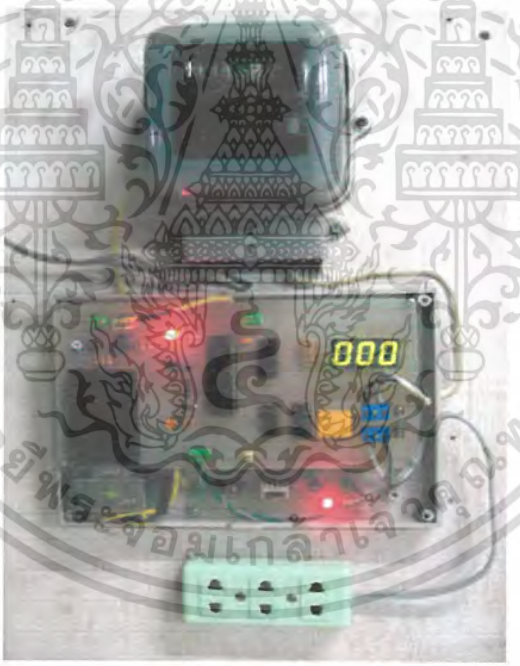
รูปที่6.17 การคืนเงิน 0 บาท

เมื่อกดคำสั่งการคืนเงินโปรแกรมก็จะขึ้นหน้าต่างเพื่อให้ยืนยันการคืนเงิน และเมื่อกดปุ่ม OK ยืนยันคำส่งแล้ว โปรแกรมก็จะทำการลบจำนวนเงินทั้งหมดในบัตร ซึ่งในช่องจำนวนเงินในบัตรของโปรแกรมก็จะมีค่า = 0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

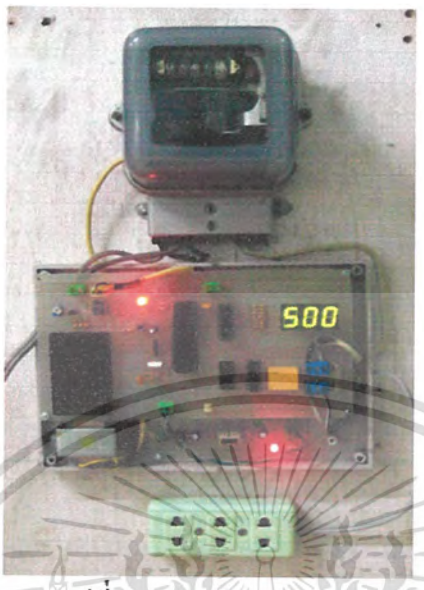
6.4 การทดลองการทำงานการอ่านและเขียนข้อมูลของบัตร Smart Card แล้วแสดงผลออก LED 7-Segment ซึ่งเป็นส่วนของผู้ใช้บริการ

ส่วนของผู้ใช้บริการ จะเป็นการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดจะกระทำผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะทำงานร่วมกับวัตต์มิเตอร์ซึ่งจะทำหน้าแสดงการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ ว่าเป็นจำนวนเท่าไรและนำไปหักกับจำนวนเงินในบัตรสมาร์ทการ์ดของผู้ใช้ที่เติมเงินไว้แล้วก็จะแสดงผลจำนวนเงินคงเหลือปัจจุบันของผู้ใช้ออกทาง 7-Segment ซึ่งจำนวนเงินสูงสุดที่ผู้ใช้สามารถเติมได้คือ 999 บาท



รูปที่6.18 ยังไม่มีการเติมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่6.19 เติมเงิน 500 บาท

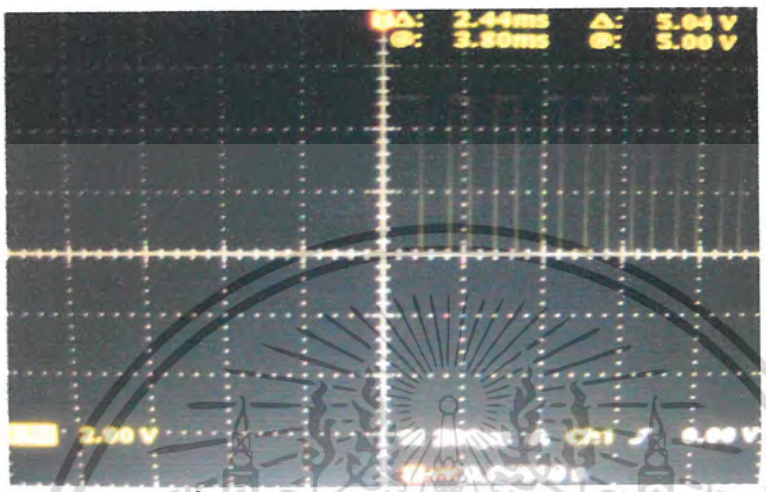
รูปที่6.20 เติมเงิน 999 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่6.21 ในขณะที่ต่อกับโหลด

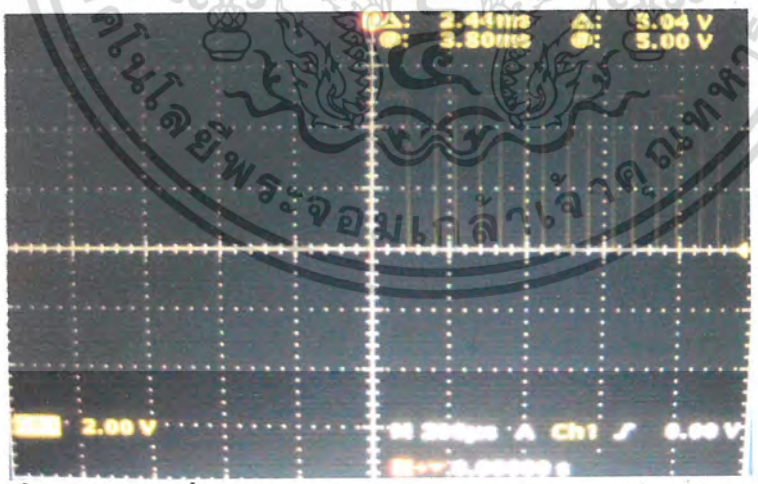
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์ทการ์ดใบที่1



รูปที่6.22 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์ทการ์ดใบที่1

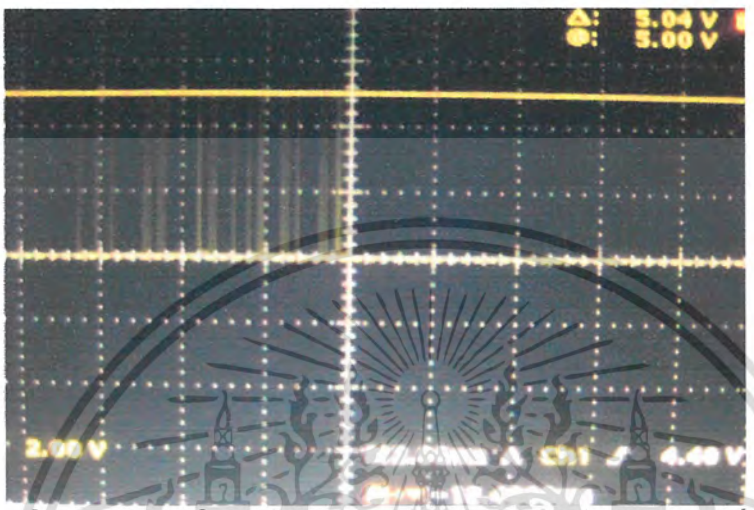
6.6สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์ทการ์ดใบที่2



รูปที่6.23 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส CLK ของสมาร์ทการ์ดใบที่2

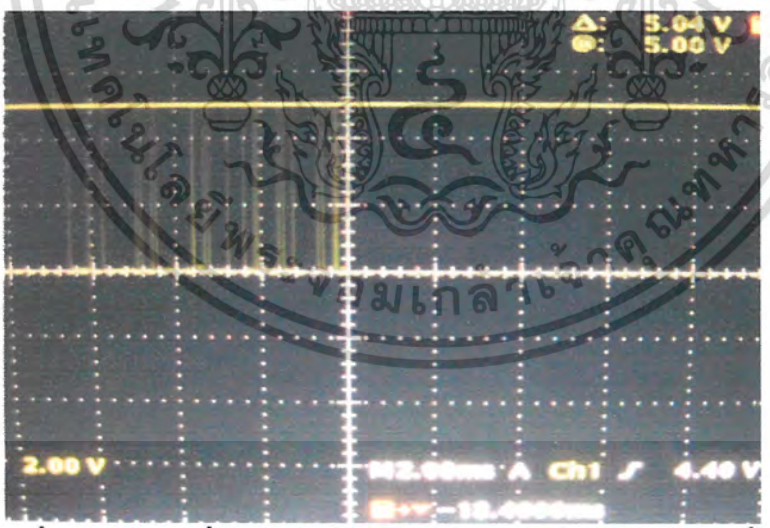
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์ทการ์ดใบที่1



รูปที่6.24 สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์ทการ์ดใบที่1

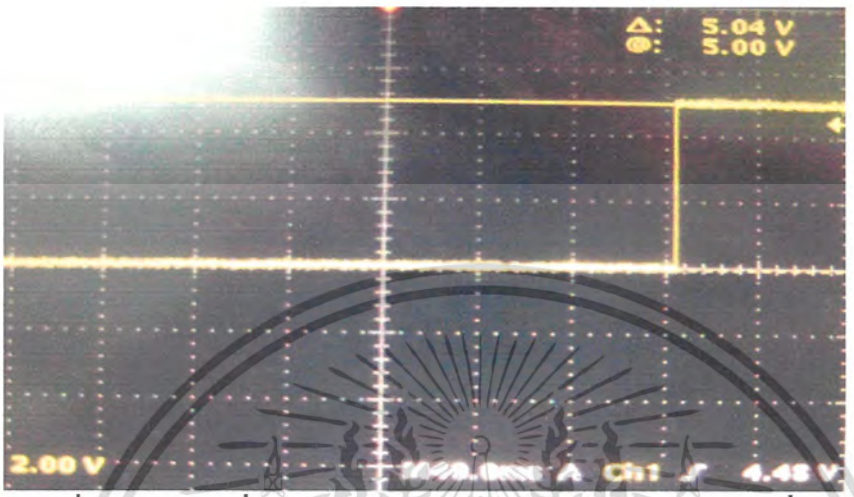
6.8สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์ทการ์ดใบที่2



รูปที่6.25 สัญญานที่วัดได้จากหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์ทการ์ดใบที่2

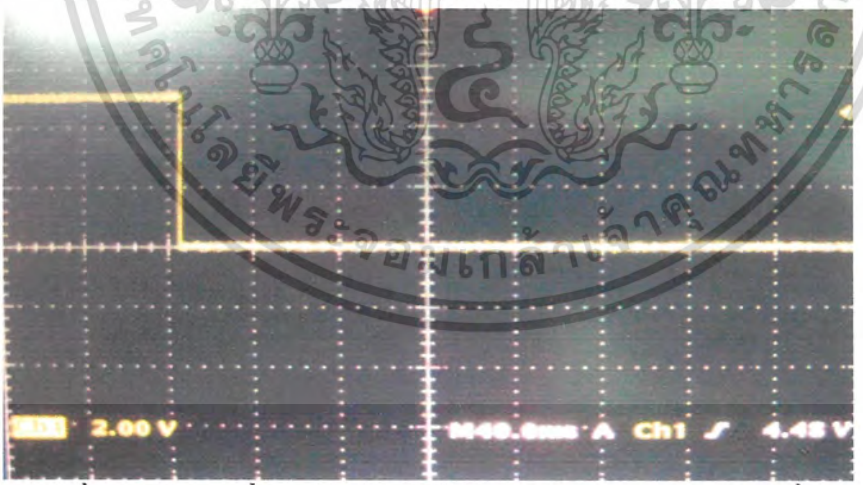
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.9 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์ทการ์ดใบที่1



รูปที่6.26 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์ทการ์ดใบที่1

6.10สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์ทการ์ดใบที่2



รูปที่6.27 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าสัมผัส SW ของสมาร์ทการ์ดใบที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานการประยุกต์ใช้งาน Smart Card เป็นระบบชำระและใช้บริการไฟฟ้าในอาคารชุดเป็นการนำเอาสมาร์ทการ์ดมาประยุกต์ใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน โดยสามารถเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ด ให้เป็นบัตรเติมเงินค่าต่างๆได้และสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้เป็นเบอร์ SLE 4442ซึ่งมีระบบตรวจสอบบัตรก่อนเขียนข้อมูล

จากการทดลองส่วนของผู้ใช้งาน การอ่านข้อมูลจากบัตรมาแสดงผลออกที่ LED 7-Segment ซึ่งจะเป็นค่าเงินที่ทำการเขียนลงไปในบัตรสามารถอ่านค่าเงินและแสดงผลได้อย่างถูกต้อง จากนั้นเมื่อเราใช้ไฟไปเรื่อยๆ เซนเซอร์ก็จะตรวจจับการหมุนของวัตต์มิเตอร์เพื่อนำไปตัดไฟตามค่า ยูนิต เมื่อจำนวนเงินน้อยกว่าจำนวนยูนิตที่จะตัดจากนั้นรีเลย์ก็จะตัดไฟจึงไม่สามารถใช้ไฟได้

ส่วนผู้ให้บริการเมื่อเราต้องการเติมเงิน เราก็นำบัตรไปใส่ในเครื่องของผู้ให้บริการซึ่งติดต่อกับคอมพิวเตอร์ จากนั้นโปรแกรมที่เขียนไว้ก็จะแสดงค่าข้อมูลภายในบัตรจากนั้นก็จะสามารถเติมเงินเปลี่ยนไอดีและเปลี่ยนยูนิตได้

7.2 ปัญหาที่พบ

จากการทดลองการทำงานในส่วนของผู้ให้บริการ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแต่จะมีปัญหาตอนเปลี่ยน ID ของสมาร์ทการ์ดซึ่งต้องเปลี่ยนรหัสผ่านของบัตรด้วยซึ่งถ้าเปลี่ยนรหัสบัตรแล้วรหัสบัตรไม่ต้องกับรหัสในฐานข้อมูล จะทำให้การVerify ผิดพลาดและจะทำให้บัตรสมาร์ทการ์ดใบนั้นไม่สามารถเขียนข้อมูลลงไปได้อีก

ในส่วนของผู้ใช้ เมื่อเสียบบัตรเพื่อเติมเงินแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่แสดงค่าเงินในบัตรจนกว่าจะทำการดึงบัตรออกเพราะโปรแกรมจะวนลูปอ่านบัตรตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช", บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
2. เลิศ แซ่ตั้ง , "เทคโนโลยีสมาร์ทการ์ด", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2546
3. ธาริน สิทธิธรรมชาลี , "คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 ฉบับเพื่อการใช้งานจริง", บริษัทซัคเซส มีเดีย จำกัด
4. อุดม รานอก , "ภาษาCสำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51
5. Atmel Corperation , "AT89C52 Microcontroller with 8K Bytes Flash", 1999
6. Dallas Semiconductor , "DS275 Line-Power RS-232 Transceiver Chip"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้