สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมการเข้าออกโดยใช้สมาร์ตการ์ด

Smart Card for Access Control

โดย

นายวิธวินท์ จิตรชอบค้า

นายศดายุ ตันอาสุวงกุล

2611 ร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72209
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550

b 11764112
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมการเข้าออกโดยใช้สมาร์ตการ์ด

Smart Card for Access Control

จัดทำโดย

นายวิธวินท์ จิตรชอบค้า รหัส 46010710

นายศดายุ ตันอาสุวงกุล รหัส 46010760

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานเรื่อง ระบบควบคุมการเข้าออกโดยใช้สมาร์ทการ์ด

Smart Card for Access Control

จัดทำโดย นายวิธวินท์ จิตรชอบค้า รหัส 46010710

นายศดายุ ตันอาสุวงกุล รหัส 46010760

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผศ. พลผดุง ผดุงกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมการเข้าออกโดยใช้สมาร์ทการ์ด

นายวิธวินท์ จิตรชอบค้า รหัส 46010710
นายศดายุ ตันอาสุวงกุล รหัส 46010760
อาจารย์พลผดุง ผดุงกุล
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเอาสมาร์ทการ์ดมาใช้ในการสร้างระบบควบคุมการเข้า-ออกของบุคคลภายในอาคารหรือพื้นที่ที่ต้องการความปลอดภัยสูง โดยจะทำการเขียนข้อมูลส่วนตัวของแต่ละบุคคลและพื้นที่ที่อนุญาติให้เข้าได้และกระทำการบันทึกข้อมูลการเข้าออกในทุกครั้งที่มีการเข้าออกด้วยซึ่งสามาร์ทการ์ดที่ใช้เป็นแบบที่ใช้หน่วยความจำชนิด SLE 4442 ซึ่งในการอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดได้กระทำผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ด้วยการสื่อสารแบบอนุกรมผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ในฐานข้อมูลที่มีอยู่และแสดงรายละเอียดผลการทำงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 Enterprise และโปรแกรม Microsoft Access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smart Card for Access Control

Mr. Wittawin Jitchobka 46010710
Mr. Sadayu Tanarsuwongkul 46010760
Mr. Polpadung Padungkul (Advisor)
Academic year 2006

Abstract

This project represent the use of smart card for access control system in the building or place that need high security. The smart card contain personal data and the zone that allowed to enter. Smart card is SLE 4442 memory smart card. The MCS-51 microcontroller is used to control reading and writing data which sent to the computer via a serial port RS-232.The data analysis and display to the monitor is using Microsoft Visual Basic 6.0 Enterprise and Microsoft Access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา) และ อาจารย์ทุกท่านที่ให้การอุปการะในการให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับโครงงาน รถบังคับด้วยคลื่นวิทยุ และทางภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ยืมใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ในการทดลอง ตลอดจนสั่งสอนให้ความรู้จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการทำโครงงานครั้งนี้

คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ความเป็นห่วง และให้การสนับสนุนทางด้านการเงินตลอดมา จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

.....

(นายวิธวินท์ จิตรชอบค้า)

.....

(นายศดายุ ตันอาสุวงกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 สมาร์ตการ์ด	3
2.1 ความหมายของสมาร์ตการ์ด	3
2.2 ประวัติความเป็นมาของสมาร์ตการ์ด	4
2.3 ข้อดีของสมาร์ตการ์ด	4
2.4 ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ตการ์ด	5
2.5 องค์ประกอบในการใช้งานสมาร์ตการ์ด	7
2.6 หลักการทำงานของสมาร์ตการ์ด	9
2.7 มาตรฐานของสมาร์ตการ์ดที่เกี่ยวข้อง	11
2.7.1 มาตรฐานISO7816-1	11
2.7.2 มาตรฐาน ISO7816-2	12
2.7.3 มาตรฐาน ISO7816-3	12
2.8 รูปแบบของสมาร์ตการ์ดที่นำมาใช้ในโครงงาน	14
2.9 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ตการ์ด SLE4442	17
2.9.1 การรีเซตและการตอบกลับ	17
2.9.2 การทำงานของโหมดการส่งคำสั่ง	19
2.9.3 โหมดการอ่านข้อมูล (Outgoing Data Mode)	22
2.9.4 โหมดดำเนินการ (Processing Mode)	24
บทที่ 3 การสื่อสารแบบอนุกรม	25
3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม	25
3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232 27
3.3.1 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ 28
3.3.2 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 32
3.3.3 ชนิดของ UART 32
3.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232 33
3.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ตRS-232 42
3.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม 42
บทที่ 4 มาตรฐานการสื่อสารแบบ RS 485 44
4.1 ตัวส่งแบบไม่สมดุลย์ 44
4.2 ตัวส่งแบบสมดุลย์ 44
4.3 ตัวรับแบบสมดุลย์ 45
4.4 การส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 45
4.5 การควบคุม tri-state ของอุปกรณ์ RS-485 46
4.6 การควบคุมการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ RS-485 46
4.7 การต่อขั้วปลาย (Termination) 47
4.8 การไบอัสในระบบเครือข่าย RS-485 (Biasing an RS-485 Network) 48
บทที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 49
5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 49
5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 49
5.3 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 53
5.4 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR) 55
5.5 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 56
บทที่ 6 การออกแบบและหลักการทำงานของวงจร 58
6.1 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ 58
6.2 การเลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ด 62
6.3 การเลือกใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อหน้าสัมผัสของบัตรสมาร์ทการ์ดและการเชื่อมต่อ 63
6.4 วิธีการออกแบบกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด 64
6.4.1 การออกแบบกระบวนการอ่านข้อมูลภายในบัตรสมาร์ทการ์ด 64
6.4.2 การออกแบบกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด 64
6.4.3 การออกแบบกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 การออกแบบวงจรรวมของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด 67
6.6 การออกแบบวงจรติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ ไอซีเรียลไทม์คล็อก DS 1307 70
6.7 การออกแบบวงจรติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับหน่วยความจำอีอีพรอม 71
6.8 การออกแบบวงจรแสดงผลทางจอ LCD 72
6.9 การออกแบบการสื่อสารผ่านมาตรฐาน RS-485 72
6.10 การออกแบบกระบวนการทำงานของวงจรควบคุมการเปิดประตู(SLAVE) 73
6.11 การออกแบบวงจรรวมของวงจรควบคุมการเปิดประตู(SLAVE) 77
6.12 การออกแบบกระบวนการทำงานของวงจรแม่ข่ายรับข้อมูล(MASTER) 79
6.13 การออกแบบวงจรรวมของวงจรแม่ข่ายรับข้อมูล(MASTER) 80
บทที่ 7 การทดลองและผลการทดลอง 83
7.1 ทดสอบการเริ่มต้นทำงานของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ตการ์ด 83
7.2 ทดสอบกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ต 84
7.3 ทดสอบกระบวนการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ต 87
7.4 ทดสอบกระบวนการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ดเมื่อมีการทำATR 89
7.5 ทดสอบกระบวนการเก็บข้อมูลการเข้า-ออก 90
บทที่ 8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 92
บรรณานุกรม 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสมาร์ตการ์ด 5

รูปที่ 2.2 การแบ่งชนิดของบัตรตามรูปร่างที่นำไปใช้งาน และขนาด 6

รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของสมาร์ตการ์ดโมดูลในสายการผลิตสมาร์ตการ์ด 6

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสมาร์ตการ์ดโมดูล 7

รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในของชิปแบบ Microprocessor 9

รูปที่ 2.6 วิธีทดสอบการบิดงอสมาร์ตการ์ด 11

รูปที่ 2.7 ตำแหน่งหน้าสัมผัสของชิปสมาร์ตการ์ด 12

รูปที่ 2.8 หน้าที่การทำงานของแต่ละหน้าสัมผัส 13

รูปที่ 2.9 อะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442 15

รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของ Security Memory Card 16

รูปที่ 2.11 รูปสัญญาณของการรีเซตและการตอบกลับ ATR 17

รูปที่ 2.12 โครงสร้างของข้อมูล ATR ในหน่วยความจำ 4 ไบต์แรกของ SLE4442 18

รูปที่ 2.13 โครงสร้างและความหมายของชุดคำสั่งที่ SLE4442 รองรับ 18

รูปที่ 2.14 รูปสัญญาณของการส่งคำสั่งไปยังการ์ด 19

รูปที่ 2.15 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Main Memory 19

รูปที่ 2.16 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Protection Memory 21

รูปที่ 2.17 รูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory 22

รูปที่ 2.18 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Security Memory 22

รูปที่ 2.19 รูปสัญญาณของคำสั่ง Compare Verification Data 23

รูปที่ 2.20 กระบวนการเปรียบเทียบรหัสผ่านกับรหัส PSC 23

รูปที่ 2.21 รูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดการอ่านข้อมูล 24

รูปที่ 2.22 รูปสัญญาณที่เกิดขึ้นในระหว่างโหมดดำเนินการ 24

รูปที่ 3.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม 25

รูปที่ 3.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 26

รูปที่ 3.3 คอนเนคเตอร์อนุกรม 29

รูปที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ 31

รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ 34

รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม 42

รูปที่ 4.1 Balance Differential Output Line Driver 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 Balanced Differential Input Line Receiver 45
รูปที่ 4.3 ระบบเครือข่าย two-wire multidrop 46
รูปที่ 4.4 การต่อขั้วปลายแบบ Parallel termination และ AC Coupled Termination 48
รูปที่ 4.5 การต่อความต้านทานไบอัส 48
รูปที่ 5.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 50
รูปที่ 5.2 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 51
รูปที่ 5.3 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 54
รูปที่ 5.4 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR) 56
รูปที่ 6.1 โครงสร้างการทำงานของระบบเขียนและอ่านบัตรสมาร์ทการ์ด 58
รูปที่ 6.2 วงจรเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ตเอาท์พุตในไมโครคอนโทรลเลอร์ 59
รูปที่ 6.3 แผนผังในการทดลองการทำงานของพอร์ตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ 60
รูปที่ 6.4 วงจรทดลองการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 61
รูปที่ 6.5 แผนผังการทำงานของการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม 62
รูปที่ 6.6 ลักษณะบัตรสมาร์ทการ์ดที่มีชิพไอซีเบอร์ SLE4442 บรรจุอยู่ 62
รูปที่ 6.7 ลักษณะซ็อกเกตที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด 63
รูปที่ 6.8 วงจรการใช้งานของซ็อกเกตที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสของบัตร 63
รูปที่ 6.9 แผนผังการทำงานของโปรแกรมอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด 64
รูปที่ 6.10 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ด 65
รูปที่ 6.11 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเพื่อเขียนและอ่านข้อมูลบัตรสมาร์ทการ์ด 66
รูปที่ 6.12 วงจรรวมของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด 68
รูปที่ 6.13 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบ Access Control 69
รูปที่ 6.14 วงจรแสดงการเชื่อมต่อ MCS-51 กับ DS1307 70
รูปที่ 6.15 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง MCS-51 กับ 24LC128 71
รูปที่ 6.16 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง MCS-51 กับจอLCD 72
รูปที่ 6.17 วงจรติดต่อระหว่าง MAX3082 กับ MCS-51 73
รูปที่ 6.18 การทำงานของ SLAVE ในสภาวะปกติ 73
รูปที่ 6.19 การทำงานของSLAVE เมื่อเกิดอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา $\overline{INT}$ 0 (เข้าห้อง) 74
รูปที่ 6.20 การทำงานของSLAVE เมื่อเกิดอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา $\overline{INT}$ 1 (ออกจากห้อง) 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.21 การทำงานของ SLAVE เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์จาก serial port 76
รูปที่ 6.22 วงจรรวมของ SLAVE 78
รูปที่ 6.23 หลักการทำงานของ MASTER 80
รูปที่ 6.24 วงจรรวมของ MASTER 81
รูปที่ 6.25 หลักการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 82
รูปที่ 7.1 หน้าจอการทำงานเมื่อรอรับบัตรสมาร์ตการ์ด 83
รูปที่ 7.2 หน้าจอเมนูการทำงาน 84
รูปที่ 7.3 หน้าจอเมื่อทำการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด 85
รูปที่ 7.4 สัญญาณ STARTCOMMAND ที่ขา I/O และ CLK 85
รูปที่ 7.5 สัญญาณ STOPCOMMAND ที่ขา I/O และ CLK 86
รูปที่ 7.6 สัญญาณที่ได้จากการเขียนข้อมูลโดยวัดที่ขา I/O และ CLK 86
รูปที่ 7.7 สัญญาณที่ได้จากการเขียนข้อมูลโดยวัดที่ขา I/O และ CLK(ขยาย) 87
รูปที่ 7.8 หน้าจอเมื่อทำการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด 88
รูปที่ 7.9 สัญญาณที่ได้จากการอ่านข้อมูลโดยวัดที่ขา I/O และ CLK 88
รูปที่ 7.10 หน้าจอเมื่อทำATR 89
รูปที่ 7.11 สัญญาณที่ได้จากการทำATR 89
รูปที่ 7.12 หน้าจอVisual Basic เมื่อเริ่มต้นการทำงานและมีข้อมูลเข้า 90
รูปที่ 7.13 หน้าจอVisual Basic แสดงข้อมูลการเข้าออกะห้องของพนักงาน 91
รูปที่ 7.14 หน้าจอแสดงการป้อนข้อมูลเข้าฐานข้อมูลพนักงาน 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล	27
ตารางที่ 3.2 หน้าที่การทำงานของขาอนุกรม	29
ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H	35
ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 02H	36
ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 03H	37
ตารางที่ 3.6 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 04H	39
ตารางที่ 3.7 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 05H	39
ตารางที่ 3.8 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 06H	40
ตารางที่ 3.9 ข้อมูลในแอตเตส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม	43
ตารางที่ 5.1 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2BN	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการใช้บัตรเก็บข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลนั้นได้มีการพัฒนาไปเป็นอันมาก เมื่อนำมาประยุกต์ใช้งานจะทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าในการเก็บข้อมูลนั้นจะอยู่ในรูปวงจรรวม(IC) ซึ่งสามารถบรรจุลงบนบัตรพลาสติกที่มีขนาดเท่ากับบัตรเครดิตหรือบัตรทั่วไป ซึ่งเราเรียกกันว่า บัตรสมาร์ทการ์ด(Smart Card)โดยเราสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากคุณสมบัติด้านการรักษาความปลอดภัยต่อข้อมูลที่บรรจุอยู่ภายในมีความปลอดภัยสูง ทำให้เราสามารถนำสมาร์ทการ์ดมาใช้กับระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูงๆได้ อาทิเช่น ระบบควบคุมการเข้าออกผ่านบัตรในสถานที่ที่ต้องการความปลอดภัยสูง ซึ่งจากคุณสมบัติด้านการเก็บข้อมูลจะทำให้เราสามารถที่จะตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ ในการเข้าใช้สถานที่ได้โดยละเอียด ทำให้ระบบรักษาความปลอดภัยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อเกิดเหตุผิดพลาดจากการเข้าใช้สถานที่ก็สามารถตรวจสอบได้ว่าเกิดจากบุคคลใด เวลาใด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษาโครงสร้างและการอินเตอร์เฟสกับบัตรสมาร์ทการ์ด
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการติดต่อแบบ I^2C
4. ศึกษาการสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232 เพื่อส่งข้อมูลที่ได้จากสมาร์ทการ์ดเพื่อวิเคราะห์ผล
5. ศึกษาการสื่อสารแบบอนุกรมมารตฐาน RS-485 ต่อเป็นระบบเครือข่ายเพื่อส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
6. ศึกษาการเขียนโปรแกรมประยุกต์สำหรับงานด้านการจัดการฐานข้อมูลและการแสดงผล

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ทำการสร้างเครื่องอ่านและเขียนข้อมูลบัตรสมาร์ทการ์ด เพื่อเขียนข้อมูลประจำตัวของเจ้าของบัตรและพื้นที่ที่สามารถเข้าออกได้โดยผู้ถือบัตรจะสามารถเข้าออกได้เฉพาะในพื้นที่ที่กำหนดไว้เท่านั้น และวงจรที่ช่วยจัดการการส่งข้อมูลที่ได้จากเครื่องอ่านข้อมูลแต่ละเครื่องเข้าสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลโดยจะทำการจัดเก็บข้อมูลประจำตัวของผู้ถือบัตรและเวลาในการเข้าออกสถานที่ในทุกครั้งที่มีการเข้าออกเกิดขึ้น

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการอินเตอร์เฟสของบัตรสมาร์ทการ์ดกับไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์
2. สร้างเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด
3. เขียนโปรแกรมประยุกต์ในการรับและส่งข้อมูลจากเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดตามลำดับพร้อมทั้งเก็บข้อมูลที่ได้สู่ระบบฐานข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งสามารถแสดงผลของข้อมูลที่เก็บไว้เมื่อมีการเรียกดู

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาความปลอดภัย
2. สร้างความสะดวกแก่ผู้ใช้และเจ้าของสถานที่ในการเข้าใช้และดูแลรักษาสถานที่
3. ลดการใช้ทรัพยากรบุคคลในการรักษาความปลอดภัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 สมาร์ตการ์ด (Smart card)

2.1 ความหมายของสมาร์ตการ์ด

Smart Card หมายถึง การ์ดที่มีหน่วยความจำ หรือมี Microprocessor ฝังอยู่ในการ์ดอาจจะเป็น Chip หน่วยความจำชนิดที่ถูกโปรแกรมเรียบร้อยแล้วมาจากโรงงาน แต่ถ้าเป็นแบบ Microprocessor นั้นก็จะสามารถเพิ่มข้อมูล หรือลบข้อมูล หรือไม่เช่นนั้นก็จะสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ข้อมูลบนตัวการ์ดนี้ อีกประเภทคือ การ์ดที่มีหน่วยความจำคงที่ หรือที่เรียกว่า memory chip card เช่น การ์ดโทรศัพท์ เป็นต้น ลักษณะตัวการ์ด Smart Card นั้นจะเป็นแผ่นพลาสติก ขนาดเท่ากับบัตรเครดิต หรือ ขนาดใกล้เคียงกับนามบัตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานทั่วโลก ภายในการ์ดนี้ก็จะมีเนื้อที่ส่วนที่เป็นหน่วยความจำอัดอยู่บนการ์ด ซึ่งในส่วนนี้นี่เองที่จะเป็นส่วนบรรจุข้อมูลอยู่ภายใน หากจะเพิ่มเติมข้อมูล หรือ อ่านข้อมูลจากบัตรก็จะต้องมีเครื่องอ่านบัตร ที่เรียกว่า Smart Card Reader

Smart Card นั้นจะไม่เหมือนกับการ์ดชนิดที่ใช้แถบแม่เหล็ก เพราะ Smart Card นั้นจะมีข้อมูลที่จำเป็น และข้อมูลข่าวสารอื่น ๆ อยู่บนการ์ด ดังนั้นการอ่านข้อมูลจึงไม่ต้องย้อนกลับไปค้นข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลอันเป็นการเสียเวลาเช่นเดียวกับการ์ดแม่เหล็ก (เช่น บัตรเอทีเอ็ม) นี่ก็จะเป็นข้อดีของ Smart Card แต่ข้อเสียประการหนึ่งของการใช้หน่วยความจำเพียงอย่างเดียวคือ สามารถทำการอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระเช่นเดียวกับบัตรแถบแม่เหล็กจึงถือได้ว่าความปลอดภัยของข้อมูลเกือบเป็นศูนย์ นั่นคือข้อมูลภายใน Smart Card ชนิดนี้ไม่เป็นความลับ ด้วยเหตุนี้จึงมีการเพิ่มวงจรสำหรับป้องกันลงไปอีก เพื่อให้ผู้ออกบัตรสามารถกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลแต่ละไบต์ด้วยวงจรฟิวส์แมทริกธรรมดา ๆ ที่เมื่อกำหนดเงื่อนไขไปแล้วไม่สามารถแก้ไขได้อีก ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านเซมิคอนดักเตอร์สูงขึ้น จึงมีการออกแบบวงจรที่สามารถกำหนดเป็นกุญแจรหัสทุกครั้งที่บัตรเริ่มทำงาน เพื่อป้องกันการเจาะระบบอีกชั้นหนึ่ง อีกทั้งกุญแจรหัสก็ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้อีกด้วย

ซึ่งต่อมามีการนำเอา Microprocessor มาใส่ลงใน Smart Card ทำให้เกิดเป็น Smart Card ชนิดใหม่ที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น การเข้าถึงข้อมูลไม่สามารถทำได้โดยตรงเหมือนอย่าง Smart Card ชนิดหน่วยความจำ การใช้งาน Smart Card ชนิดนี้ต้องเขียนขึ้นเป็นชุดคำสั่ง และส่งให้กับ Chip ของ Microprocessor ทำงานแทน การที่ใส่ Chip ของ Microprocessor ลงไปใน Smart Card ทำให้ต้องมีการเพิ่มส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมสำหรับ Microprocessor เพื่อให้ Microprocessor สามารถทำการประมวลผลคำสั่งต่าง ๆ และสามารถโปรแกรมการเข้าถึงข้อมูลทำให้ช่องโหว่ที่สำคัญของ Smart Card ได้รับการแก้ไขจนเกือบสมบูรณ์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประวัติความเป็นมาของสมาร์ตการ์ด

Smart Card นั้นประดิษฐ์ขึ้น ในปี ค.ศ. 1974 จวบจนกระทั่งทุกวันนี้ มี Smart Card ใช้อยู่ทั่วโลกราว 1000 ล้านใบ(ชิ้น) จากหลาย ๆ ผู้ผลิต 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในประเทศในแถบยุโรป ,อเมริกาใต้และประเทศในแถบเอเชีย คาดว่าอาจจะมีการใช้งานมากขึ้นถึง 3000 ล้านใบ(ชิ้น) กว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ก็จะใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ในจำนวนนี้ประมาณกว่า จำนวน 900 ล้านใบ(ชิ้น) จะใช้ในกิจการทางด้านบริการทางการเงิน การ์ดธนาคาร หรือ การ์ด ATM , การ์ดด้านรักษาความปลอดภัย,การ์ดที่เกี่ยวข้องกับการคุยโทรศัพท์ไร้สาย(มือถือ),การ์ดที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารดาวเทียม,และการ์ดที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเคเบิลทีวี (TV Set-Top Boxes) เป็นต้น

ปัจจุบันราคาเครื่องผลิต Smart Card ราคายังสูงมาก ถ้าได้ใช้งานอย่างคุ้มค่า ก็ต้องให้บริการแก่หน่วยงานใหญ่ ๆ ซึ่งในด้านรักษาความปลอดภัย ระบบการจัดเก็บ ระบบการเช็คชื่อ ไม่ว่าจะเป็นบริษัท ห้างร้าน โรงงาน หรือ ตามโรงเรียนต่าง ๆ ในอนาคตย่อมจะไม่อาจหลีกเลี่ยงการนำเอา Smart Card มาประยุกต์ใช้อย่างแน่นอน รวมไปถึงระบบการรักษาความปลอดภัยของประชาชน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการทำบัตรประชาชนแบบ Smart Card มาใช้ซึ่งจะมีข้อมูลต่าง ๆ ของแต่ละบุลคลเก็บเอาไว้ ในบางธุรกิจ เช่น บริษัทจำหน่ายรถยนต์ หรือ อู่ซ่อมรถยนต์ อาจจะนำ Smart Card นี้ไปประยุกต์ใช้ เช่นติดชิ้นส่วนของ Smart Card ไว้ที่เครื่องยนต์ เมื่อรถยนต์เข้าอู่ ก็จะอ่านข้อมูลทราบรายละเอียดของรถได้ทันที ใครเป็นเจ้าของ ซื้อเมื่อไหร่ หมดประกันเมื่อไหร่ ซ่อมอะไรไปบ้าง ชิ้นส่วนใดที่จะต้องเปลี่ยน เป็นต้น

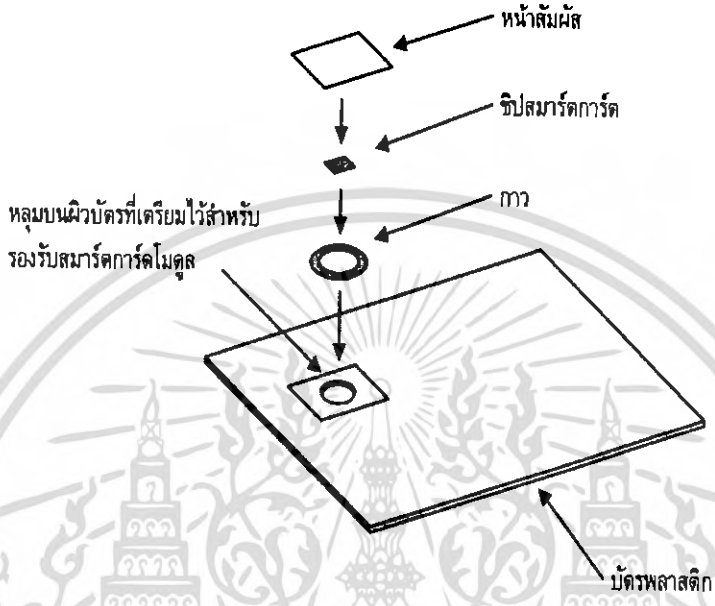
2.3 ข้อดีของสมาร์ตการ์ด

1. มีความไว้วางใจได้ดีกว่าบัตรที่ใช้แถบแม่เหล็ก
2. สามารถเก็บสะสมข้อมูลได้มากกว่าบัตรที่ใช้แถบแม่เหล็กเป็นร้อย ๆ เท่า
3. ลดโอกาสที่จะเข้าไปยุ่งเกี่ยวและป้องกันการปลอมแปลงด้วยระบบป้องกันที่ซับซ้อน
4. สามารถเปลี่ยนมือและนำกลับมาใช้ใหม่ได้
5. ทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้มากมาย
6. สามารถนำไปใช้กับงานในด้านต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การขนส่ง ธนาคาร และการรักษาสุขภาพ เป็นต้น
7. สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาต่างๆได้ เช่น เครื่องโทรศัพท์และเครื่องคอมพิวเตอร์กระเป๋าหิ้ว
8. ทำงานด้วยเทคโนโลยีเซมิคอนดัคเตอร์ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ตการ์ด

สมาร์ตการ์ดประกอบด้วยบัตรพลาสติก กาวหรือวัสดุที่ใช้เชื่อมต่อ และหน้าสัมผัสที่บรรจุชิปสมาร์ตการ์ดเรียบร้อยแล้ว ซึ่งส่วนประกอบต่างๆแสดงดังรูป

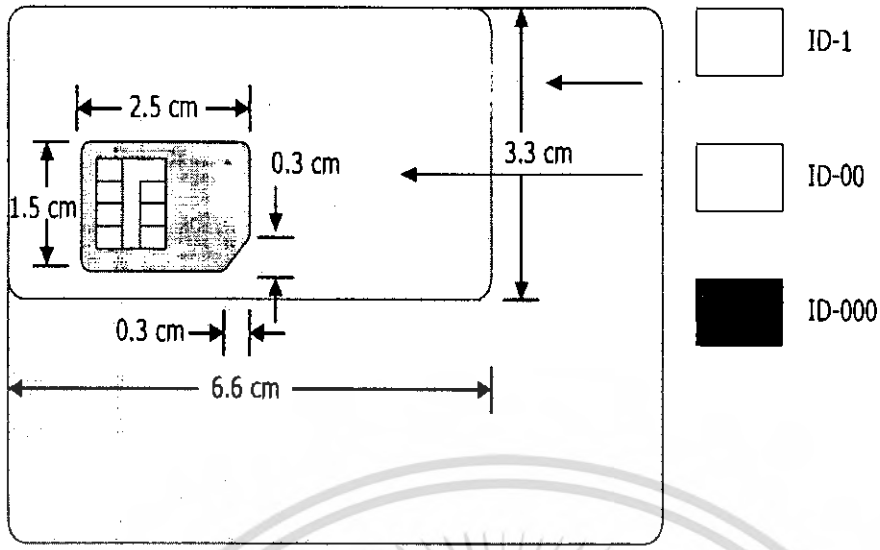


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสมาร์ตการ์ต

2.4.1 ตัวบัตรพลาสติค (Plastic Card)

ขนาดของบัตรพลาสติคที่นำมาทำสมาร์ตการ์ดกำหนดโดยมาตรฐานระหว่างประเทศ คือ ISO 7810 โดยมาตรฐานนี้ยังได้กำหนดถึงคุณลักษณะทางกายภาพของพลาสติคที่นำมาใช้ทำบัตรด้วย เช่น ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ และความยืดหยุ่นตัวในการใช้งาน ตำแหน่งของหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าและการทำงานของมัน ตลอดจนกำหนดว่าการติดต่อระหว่างวงจรร่วม (Integrated Circuit) หรือ IC กับโลกภายนอกเป็นอย่างไรอีกด้วย มีพลาสติกอยู่4ชนิดที่นำมาใช้ผลิตสมาร์ตการ์ดได้แก่PVC (Polyethylene Terephthalate), ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), PC (Polycarbonate), และ PET (Polyethylene Terephthalate) แต่ที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทยคือ พีวีซี (PVC - Polyvinyl Chloride) และเอบีเอส (ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene) อย่างไรก็ดี การใช้พีวีซีมีข้อดีคือสามารถพิมพ์ลายนูนได้ แต่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ย่อยสลายในธรรมชาติได้ ส่วนเอบีเอสไม่สามารถพิมพ์นูนได้แต่นำกลับมาใช้งานใหม่ได้

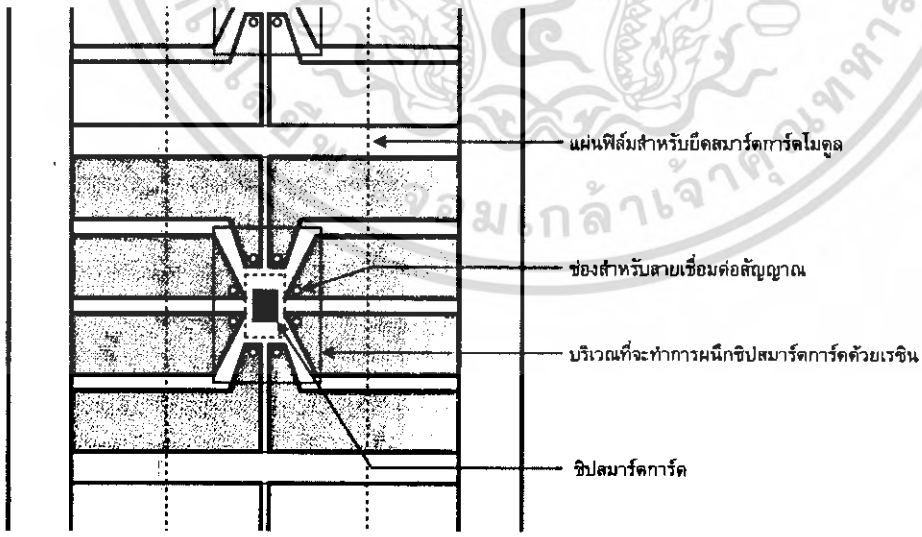
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การแบ่งชนิดของบัตรตามรูปร่างที่นำไปใช้งาน และขนาด

2.4.2 หน้าสัมผัสและชิปสมาร์ตการ์ด (Smart Card Module)

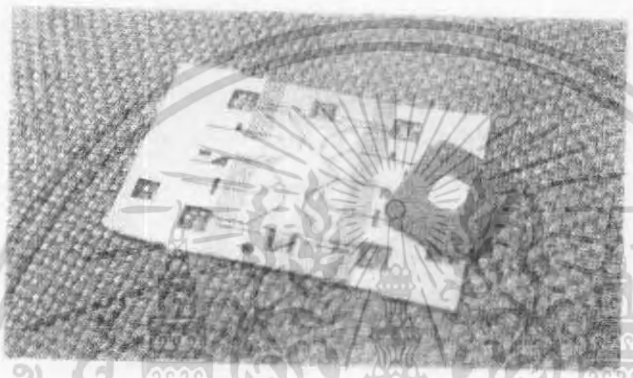
สมาร์ตการ์ดโมดูลหรือหน้าสัมผัสและชิปสมาร์ตการ์ดคือ ส่วนที่แสดงความเป็นตัวตนของสมาร์ตการ์ดที่สุด สมาร์ตการ์ดบางชนิดเมื่อหยิบขึ้นมาเราอาจไม่อาจทราบได้เลยว่ามันคือสมาร์ตการ์ดที่มีการฝังชิปไว้ในบัตร โดยส่วนที่จะแสดงภาพลักษณ์ที่ชัดเจนของสมาร์ตการ์ดคือสมาร์ตการ์ดโมดูล



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของสมาร์ตการ์ดโมดูลในสายการผลิตสมาร์ตการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตสมาร์ตการ์ดโมดูล ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสของสมาร์ตการ์ดประกอบด้วยโลหะหลายชนิดประกอบกัน แต่ละส่วนจะถูกยึดด้วยฟิล์มบางๆทางด้านหลังของหน้าสัมผัสเพื่อให้คงรูปอยู่ได้ แถบฟิล์มตัวนี้จะมีการเจาะช่องเล็กๆสำหรับการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณกับสมาร์ตชิปกับหน้าสัมผัสหลังจากที่วางชิปสมาร์ตการ์ดลงในตำแหน่งที่ต้องการ และทำการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณจากชิปสมาร์ตการ์ดเข้ากับหน้าสัมผัสเรียบร้อยแล้ว ขั้นสุดท้ายจะเป็นการผนึกชิปเพื่อป้องกันตัวชิป และสายนำสัญญาณต่างๆจากสิ่งแวดล้อมภายนอกขั้นสุดท้ายจะเป็นการนำหน้าสัมผัสและชิปใส่ลงในบัตรพลาสติกและทดสอบการทำงานของชิปขั้นสุดท้าย



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสมาร์ตการ์ดโมดูล

2.5 องค์ประกอบในการใช้งานสมาร์ตการ์ด

2.5.1 ตัวบัตรและตัวชิป

บัตรและชิปสมาร์ตการ์ดเป็นส่วนแรกที่จะกล่าวถึงเพราะสมาร์ตการ์ดมีหลากหลายรูปแบบ หลากหลายการใช้งาน โดยหลักการแล้วสมาร์ตการ์ดเป็นเพียงบัตรฝังชิป IC ที่สามารถเก็บข้อมูลได้เท่านั้นผู้ออกแบบระบบมีหน้าที่นำสมาร์ตการ์ดมาใช้งานอย่างชาญฉลาดเหมาะสมตามประเภทงาน และบริหารข้อมูลภายในสมาร์ตการ์ดให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

สมาร์ตการ์ดที่นำมาใช้งานมีตั้งแต่ราคาใบละไม่กี่ร้อยบาท ถึงใบละหลายพันบาท โดยในปัจจุบันเราสามารถเห็นการใช้งานสมาร์ตการ์ดในหลายรูปแบบเช่น บัตรโทรศัพท์ ซิมการ์ดในโทรศัพท์มือถือ , บัตรเข้าออกที่อยู่อาศัย (คอนโดมิเนียมบางแห่ง) , บัตรนักศึกษา , บัตรพนักงาน , บัตรเติมน้ำมันแบบเครดิต (Fleet Card), บัตรแทนเงินสด, ซิมการ์ดในโทรศัพท์มือถือซึ่งมีการกำหนดเป็นมาตรฐาน GSM โดยผู้ผลิตสมาร์ตการ์ดต้องผลิตสมาร์ตการ์ดที่มีโครงสร้างที่มีโครงสร้างข้อมูลภายในตามที่มาตรฐาน GSM กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 สมาร์ตการ์ดรีดเดอร์

สมาร์ตการ์ดรีดเดอร์จะประกอบด้วยขาสำหรับเชื่อมสัญญาณกับหน้าสัมผัสบนชิปสมาร์ตการ์ด (Card Contact) หรือเป็นเสาอากาศรับส่งคลื่นวิทยุสำหรับสมาร์ตการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัส (Contact less) และหน่วยประมวลผลพร้อมหน่วยความจำสำหรับติดต่อสื่อสารกับชิปสมาร์ตการ์ดโดยตรง การสร้างสมาร์ตการ์ดรีดเดอร์ขึ้นใช้เองสามารถทำโดยการนำไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทลเลอร์ มาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมต่อกับสมาร์ตการ์ด

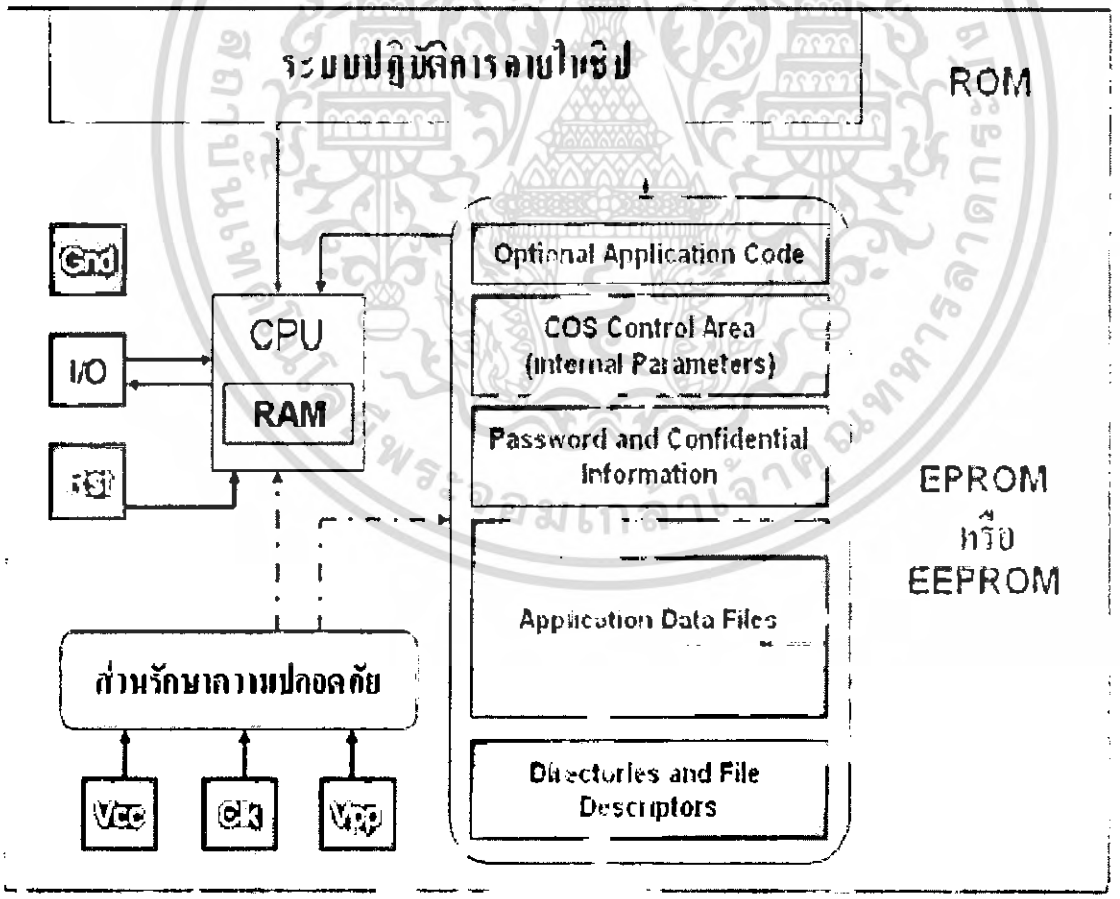
2.5.3 ซอฟต์แวร์

ในการใช้งานสมาร์ตการ์ดนอกจากตัวบัตรสมาร์ตการ์ด สมาร์ตการ์ดรีดเดอร์แล้วยังมีส่วนประกอบอีกส่วนที่สำคัญคือ ซอฟแวร์สำหรับจัดการข้อมูลในสมาร์ตการ์ด และซอฟแวร์สำหรับบริหารงานด้านบัตร หรืออาจเรียกได้ว่าระบบ Front-End (เหมือนกับระบบในบัตรเครดิต) ซึ่งระบบ Front – End ของสมาร์ตการ์ดจะแตกต่างจากระบบบัตรแถบแม่เหล็ก เนื่องจากสมาร์ตการ์ดไม่จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารกับ Front-End ทุกครั้งที่ทำรายการเหมือนในระบบบัตรเครดิต ทำให้ระบบ Front-End ของสมาร์ตการ์ดมีเวลามากพอในการบริหารงานด้านอื่นๆหากต้องการติดต่อสื่อสารกับระบบ Front-End ของสมาร์ตการ์ดจำเป็นต้องใช้สมาร์ตการ์ดรีดเดอร์ที่มีส่วนสำหรับการติดต่อสื่อสารไม่ว่าจะเป็น MODEM , Ethernet , Local Area Network , ระบบสื่อสารด้วยเครื่องวิทยุ, ระบบสื่อสารอนุกรม RS-485/422 สำหรับการสื่อสารในบริเวณพื้นที่ให้บริการที่ไม่กว้างใหญ่นัก เพื่อใช้รับ-ส่งข้อมูล ระหว่าง Front-End เมื่อจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หลักการทำงานของสมาร์ตการ์ด

เทคโนโลยีชิปแบบ Microprocessor มีความสามารถในการเขียนลบและแก้ไขข้อมูลต่างๆที่เก็บอยู่ภายในหน่วยความจำภายใน เปรียบเทียบเทคโนโลยีดังกล่าวได้เท่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเครื่องหนึ่ง ซึ่งมีจุดเชื่อมต่อข้อมูล (I/O) ระบบ ปฏิบัติการ (OS) และฮาร์ดดิสก์เป็นของตนเองครบถ้วน ผู้ผลิตสมาร์ตการ์ดสามารถเลือกติดตั้งชิปได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นชิป Microprocessor แบบ 8 , 16 หรือ 32 บิต สำหรับหน่วยความจำก็มีให้เลือกได้ตั้งแต่ 300 ไบต์ไปจนถึง 32,000 ไบต์ (เปรียบเทียบกับชิปแบบหน่วยความจำเป็นบิตเท่านั้น) ซึ่งหากเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำมีการพัฒนาสูงขึ้น ก็สามารถที่จะขยายขนาดของหน่วยความจำออกไปอีก ขีดความสามารถของชิปประเภทนี้ นอกจากจะรองรับการดาวน์โหลดข้อมูลแล้ว ปัจจุบันยังมีการพัฒนาขีดความสามารถเพิ่มขึ้นอีก ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอเทคโนโลยี Java Card โดยบริษัทซันไมโครซิสเตม และเทคโนโลยี Multos โดยบริษัทมอนเด็กซ์ ซึ่งเทคโนโลยีทั้ง 2 ประเภทนี้เป็นตัวอย่างของความพยายามในการสร้างหน่วยประมวลผลอัจฉริยะที่มีขนาดเล็กบรรจุภายในสมาร์ตการ์ด เพื่อใช้ในการแสดงตนของผู้ถือบัตร



รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายในของชิปแบบ Microprocessor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างโครงสร้างภายในของชิปแบบ Microprocessor ซึ่งได้รับการออกแบบให้มีความสมบูรณ์ในการทำงานอยู่ในตัวชิปจากรูปจะเห็นว่ามีการเขียนระบบปฏิบัติการลงในหน่วยความจำรอม (ROM) เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่มีการติดตั้งหน่วยความจำแบบแรม (RAM) ไว้ภายใน สำหรับข้อมูลการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ตการ์ดแต่ละใบนั้นจะได้รับการเขียนลงบนหน่วยความจำแบบ EPROM และ EEPROM โดยการแก้ไขปรับเปลี่ยนผ่านทางจุดเชื่อมต่อแบบหน้าสัมผัสบนแผ่นสมาร์ตการ์ด หรือโดยการเหนี่ยวนำทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ภายในตัวชิปจะมีวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยง (Vcc , Vpp , Gnd) ซึ่งได้รับเมื่อมีการเชื่อมต่อสมาร์ตการ์ดเข้ากับเครื่องอ่านบัตรไม่ว่าจะโดยสัมผัสหรือการเหนี่ยวนำ

กระบวนการรักษาความปลอดภัยที่มีการไว้ในชิปแบบ Microprocessor ในรูปของวงจรไฟฟ้าจะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ถูกดึงจากเครื่องอ่านที่ถูกต้อง หากมีความพยายามในการลักลอบอ่านข้อมูลโดยบุคคลที่สาม ซึ่งใช้วิธีการอื่นๆ ในการลอบอ่านข้อมูลก็จะมีผลทำให้สัญญาณนาฬิกาที่ถูกสร้างขึ้นมีฐานเวลาหรือรูปคลื่นที่เปลี่ยนไปหรืออาจไม่มีการสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นเลย จึงทำให้หน่วยประมวลผลกลางไม่อาจทำงานได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลที่สำคัญต่างๆ เช่น หมายเลขบัตรประชาชนหรือหมายเลขบัตรเครดิตของเจ้าของบัตรซึ่งถูกเก็บรักษาไว้ในหน่วยความจำ EPROM/EEPROM ก็จะไม่ถูกแสดงขึ้นมา การจำหน่ายอุปกรณ์เครื่องอ่านบัตรสมาร์ตการ์ด จึงเป็นจรรยาบรรณสำคัญของผู้ผลิตอุปกรณ์สมาร์ตการ์ดซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบผู้ซื้อให้ดี โดยทั่วไปมีเพียงผู้ที่สั่งผลิตสมาร์ตการ์ดเท่านั้นที่จะมีสิทธิในการสั่งซื้อเครื่องอ่าน สิ่งที่ช่วยคลายกังวลของผู้ซื้ออีกทางคือ การออกแบบกำหนดฐานเวลาและรูปแบบของสัญญาณนาฬิกาให้กับชิปแต่ละชุดซึ่งจำหน่ายให้กับผู้ซื้อแต่ละกลุ่มนั้นจะแตกต่างกัน ทำให้ไม่มีโอกาสในการลักลอบนำเครื่องอ่านข้อมูลจากสมาร์ตการ์ดของอีกบริษัทหนึ่งมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

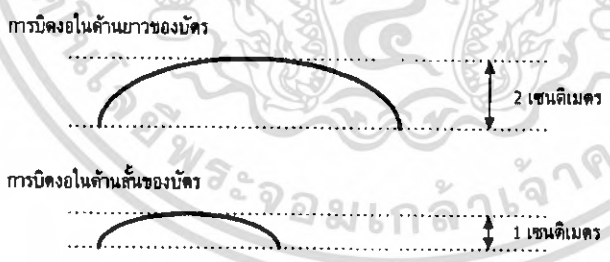
2.7 มาตรฐานของสมาร์ตการ์ดที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้เกิดความเข้าใจกันได้ของสมาร์ตการ์ด จึงมีการกำหนดมาตรฐานของสมาร์ตการ์ดคือ ISO7816 เป็นข้อกำหนดในเรื่องของคุณสมบัติของบัตรพลาสติกที่จะนำมาใช้ทำเป็นสมาร์ตการ์ด โดยมีหัวข้อย่อยแบ่งเป็น ISO7816-1, ISO7816-2, ISO7816-3, ISO7816-4, ISO7816-5, ISO7816-6 ในที่นี้จะกล่าวในรายละเอียดของ 3 มาตรฐานแรกเท่านั้นเนื่องจากมีความสำคัญต่อการใช้งานในโครงงาน

2.7.1 มาตรฐาน ISO7816-1

-เป็นมาตรฐานที่กำหนดด้วยเรื่องของคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของสมาร์ตการ์ด ประกอบด้วย

- ความคงทนต่อแสงและรังสีต่างๆ
- ขนาดความหนาของชิปสมาร์ตการ์ด
- ความทนต่อแรงกดของหน้าสัมผัส (ทนต่อแรงกด 1.5 นิวตันได้โดยไม่เสียหาย)
- ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส (ไม่เกิน 0.5 โอห์ม ที่กระแส 0.5 ไมโครแอมป์ – 300 มิลลิแอมป์)
- ความทนต่อสนามแม่เหล็ก
- ความทนต่อไฟฟ้าสถิต (1500 โวลต์ ประจุ 100 พิโกฟารัด ที่ 1500 โอห์ม)
- ความทนทานต่อการบิดงอ เป็นจำนวน 30 ครั้งต่อนาที โดยที่บัตรและชิปต้องไม่เกิดความเสียหาย



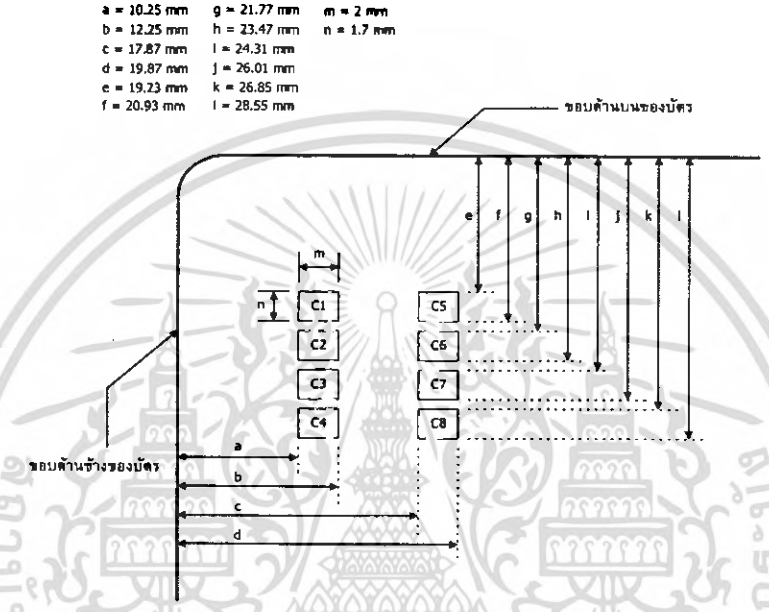
รูปที่ 2.6 วิธีทดสอบการบิดงอสมาร์ตการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 มาตรฐาน ISO7816-2

เป็นมาตรฐานที่กำหนดขนาดของหน้าสัมผัส และตำแหน่งของหน้าสัมผัสชิปสมาร์ตการ์ดบนบัตร ประกอบด้วย

- ขนาดของหน้าสัมผัสชิปสมาร์ตการ์ด
- ตำแหน่งของหน้าสัมผัสบนบัตร ดังรูป



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งหน้าสัมผัสของชิปสมาร์ตการ์ด

2.7.3 มาตรฐาน ISO7816-3

มาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าและ Protocol ที่ใช้ในการสื่อสารกับชิปสมาร์ตการ์ด จะเป็นการบรรยายเกี่ยวกับหน้าสัมผัสมีดังนี้

Vcc แรงดันไฟบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ชิป

Vpp แรงดันไฟฟ้าสำหรับการเขียนข้อมูลลงในชิปสมาร์ตการ์ด

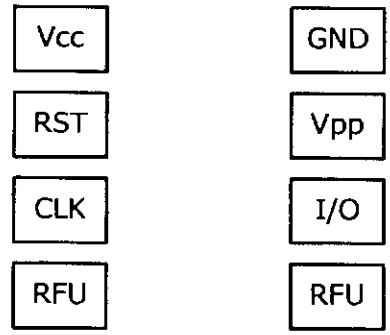
GND กราวด์ของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ชิป

RST แรงดันไฟฟ้าสำหรับรีเซตชิปสมาร์ตการ์ด

I/O Input – Output สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

CLK สัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดจังหวะการรับ-ส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 หน้าที่การทำงานของแต่ละหน้าสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

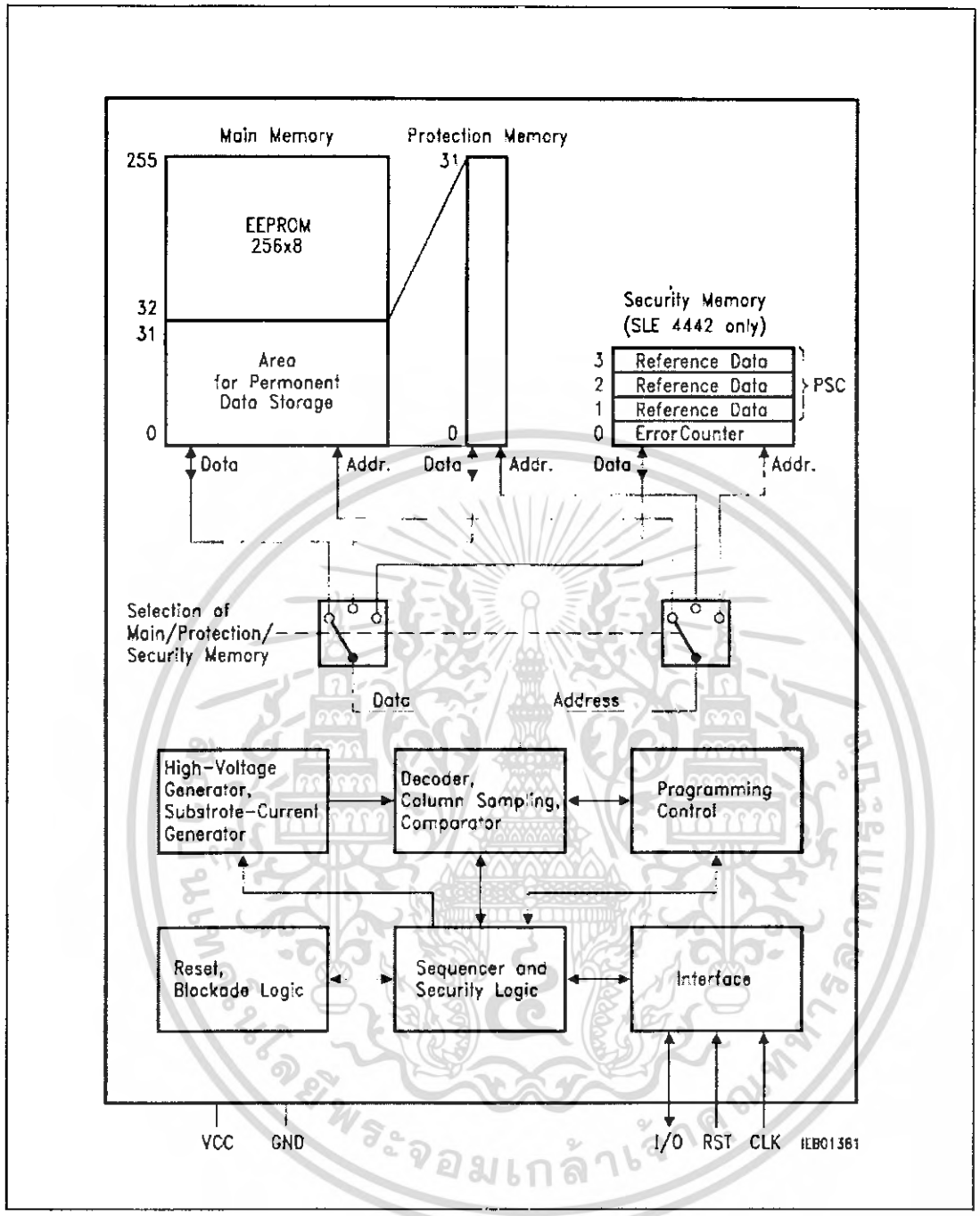
2.8 รูปแบบของสมาร์ตการ์ดที่นำมาใช้ในโครงงาน

การ์ดที่มีระบบป้องกันความปลอดภัยข้อมูลหรือ Security Memory คือ Smart Card ที่การอ่านข้อมูลสามารถทำได้อย่างอิสระ แต่การเขียนข้อมูลจะไม่สามารถทำได้หากไม่มีรหัสผ่านหรือรหัส PSC ที่ถูกต้อง วิธีการในลักษณะนี้ช่วยให้ข้อมูลภายใน Smart Card ได้รับการปกป้องและมีความน่าเชื่อถือ จุดนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้ Security Memory Card แตกต่างไปจาก Free Access Memory Card อย่างชัดเจน รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของการ์ดชนิดนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous) ตามมาตรฐาน ISO7816 ซึ่งรูปแบบคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อและควบคุมการ์ดจะแตกต่างกันไปในผู้ผลิตการ์ดแต่ละราย (ข้อมูลส่วนนี้สามารถดูได้จากเอกสารของผู้ผลิตการ์ด) ซึ่งในที่นี้ได้ใช้สมาร์ดการ์ด SLE4442 ของบริษัท Siemens เนื่องจากเป็นการ์ดที่มีคุณสมบัติในการรักษาความปลอดภัยข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารถหามาใช้งานได้ง่ายในบ้านเรา

คุณสมบัติโดยทั่วไปของ SLE4442

- ใช้หน่วยความจำ EEPROM 18 บิต ความจุข้อมูล 256 ไบต์
- ใช้รูปแบบของ ATR (Answer To Reset) ตามมาตรฐาน ISO7816 – 3
- อินเตอร์เฟสแบบซิงโครนัส (Synchronous) ตามมาตรฐาน ISO7816
- ป้องกันการเขียนข้อมูลด้วยรหัสผ่าน PSC (Programmable Security Code)
- การลบและเขียนข้อมูลในแต่ละไบต์ใช้เวลาเพียง 2.5 มิลลิวินาที
- มีฟังก์ชันป้องกันข้อมูลในพื้นที่หน่วยความจำ 32 ไบต์แรก โดยสามารถจะกำหนดให้ข้อมูลที่เขียนลงไปยังในพื้นที่ช่วงดังกล่าวถูกเขียนลงไปอย่างถาวรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

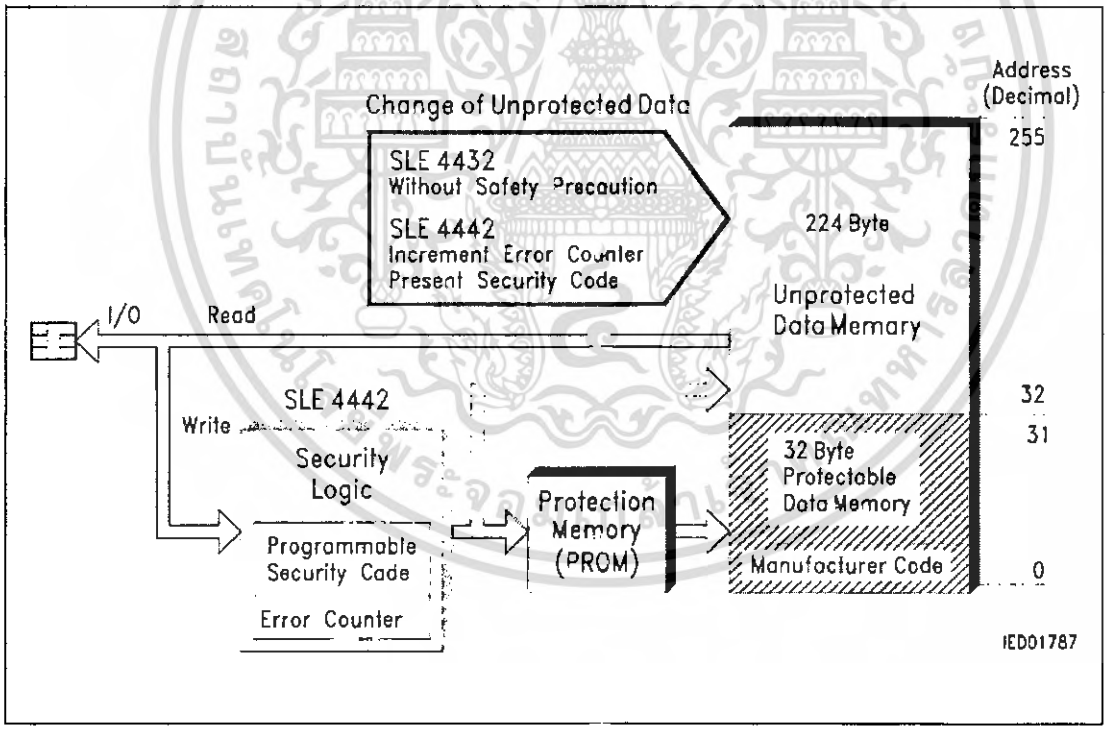


รูปที่ 2.9 อะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำขนาด 256 ไบต์ ที่อยู่ภายใน SLE4442 จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ข้อมูลในช่วง 32 ไบต์แรกซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระบบป้องกันการเขียนข้อมูลทับ และหน่วยความจำส่วนถัดมาซึ่งเป็นอีอีพรอม (EEPROM) ที่สามารถทั้งเขียนและอ่านได้ กลไกในการป้องกันข้อมูลของ SLE4442 มาจากส่วนที่เป็น Security Memory (ในรูปที่ 2.9) ที่ได้รับการปกป้องโดยข้อมูลสำคัญ 2 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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 การเขียนข้อมูลยังหน่วยความจำก็จะมีสามารถทำได้อีกต่อไป แต่ยังคงอ่านข้อมูลออกมาได้ตามปรกติ การป้อนรหัส PSC ผิดแต่ละครั้ง Error Counter จะถูกลดลงไป 1 ค่าทันที ถ้าหากค่า Error Counter ถูกลดลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อไรก็แสดงว่าการ์ดได้ถูกล็อกไปเรียบร้อยแล้ว (ในกรณีที่ป้อนรหัส PSC ผิดมาแล้ว 2 ครั้ง แต่ป้อนรหัสถูกในครั้งที่ 3 ค่าของ Error Counter จะถูกรีเซตกลับไปเป็น 3 ครั้งเหมือนอย่างตอนแรกเริ่ม)



รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของ Security Memory Card

ในรูปที่ 2.10 เป็นไดอะแกรมที่แสดงภาพรวมของ SLE4442 จะเห็นได้ว่าการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำนั้น เราสามารถจะอ่านข้อมูลออกมาได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการป้อนรหัส PSC แต่สำหรับการเขียนข้อมูลแล้ว เราจะต้องป้อนรหัส PSC ที่ถูกต้องเสียก่อน เพื่อเปิดลอจิกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูลลงยังหน่วยความจำ นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่าข้อมูล 4 ไบต์แรก เป็นข้อมูลของผู้ผลิต หรือ Manufacturer Code มีขนาด 4 ไบต์ พื้นที่ส่วนนี้ใช้เก็บข้อมูลของ ATR โดยความหมายของข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่ส่วนนี้แต่ละไบต์จะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตการ์ดแต่ละราย

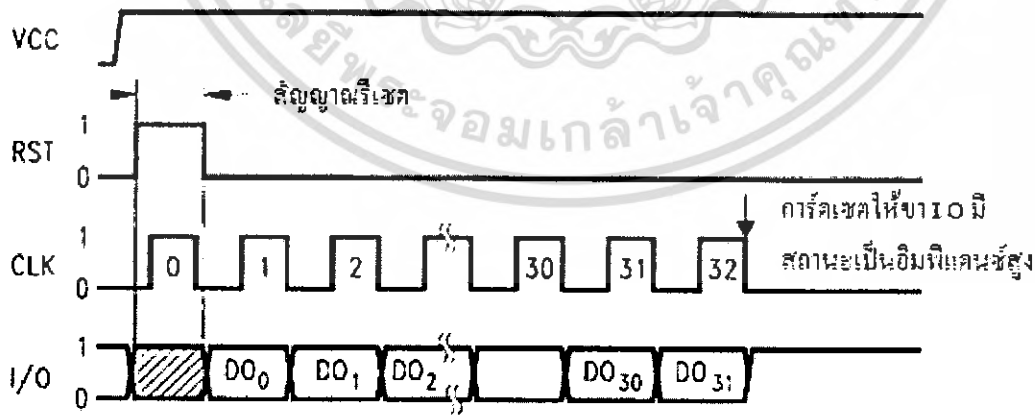
2.9 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ตการ์ด SLE4442

รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ตการ์ด SLE4442 เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและสมาร์ตการ์ดแบบ 2 ทิศทาง (ข้อมูลบนสาย I/O จะถูกอ่านค่าที่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา) โดยรูปแบบการสื่อสารที่ว่านี้ประกอบด้วย 4 โหมดการทำงาน ได้แก่

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

2.9.1 การรีเซตและการตอบกลับ

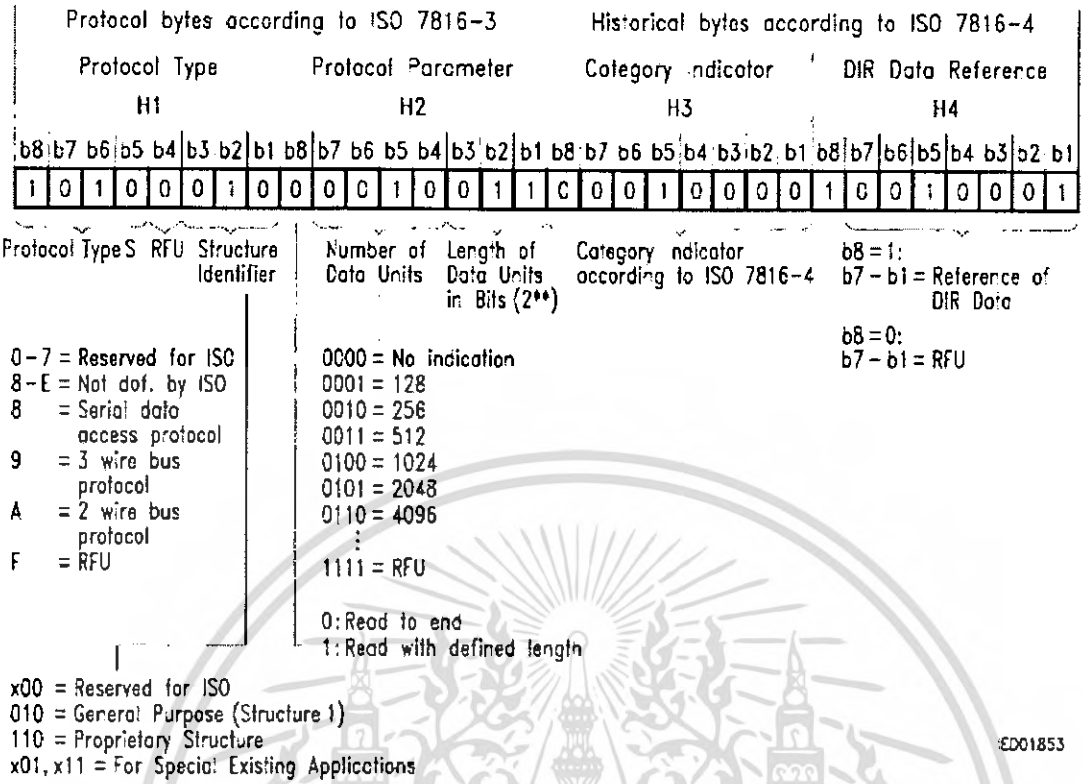
การอินเตอร์เฟสเข้ากับ Security Memory Card ทั่ว ๆ ไป รวมทั้ง SLE4442 จะสอดคล้องกับมาตรฐานในการอินเตอร์เฟสแบบซิงโครนัสภายในมาตรฐาน ISO7816 โดยเมื่อรีเซตการทำงานของการ์ดจะทำให้การ์ดมีการตอบกลับด้วยข้อมูล ATR สำหรับข้อมูลที่ตอบกลับมาจาก SLE4442 จะประกอบด้วยข้อมูล 4 ไบต์ การอ่านข้อมูลที่ว่านี้สามารถทำได้โดยอ้างอิงจากสัญญาณในรูปที่ 2.11 สำหรับโครงสร้างข้อมูล ATR ของสมาร์ตการ์ด SLE4442 ถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 2.12 (ในกรณีของ Free Access Memory จะไม่มีข้อมูลของ ATR เก็บอยู่ภายใน)



รูปที่ 2.11 รูปสัญญาณของการรีเซตและการตอบกลับ ATR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

72209



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของข้อมูล ATR ในหน่วยความจำ 4 ไบต์แรกของ SLE4442

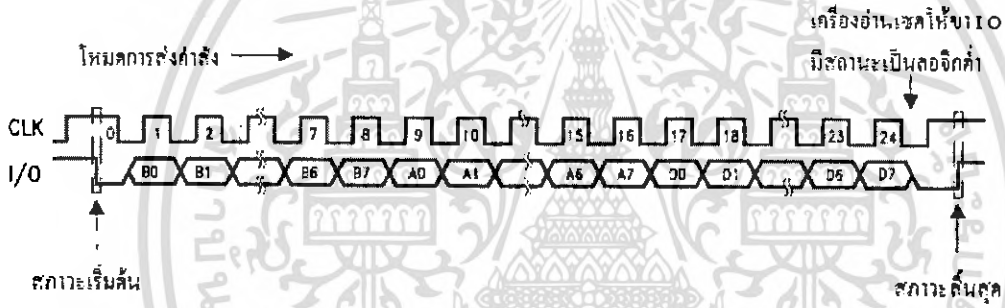
Byte 1 Control								Byte 2 Address	Byte 3 Data	Operation	Mode
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	A7-A0	D7-D0		
0	0	1	1	0	0	0	0	address	no effect	READ MAIN MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	0	0	0	address	input data	UPDATE MAIN MEMORY	processing
0	0	1	1	0	1	0	0	no effect	no effect	READ PROTECTION MEMORY	outgoing data
0	0	1	1	1	1	0	0	address	input data	WRITE PROTECTION MEMORY	processing
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 2.13 โครงสร้างและความหมายของชุดคำสั่งที่ SLE4442 รองรับ

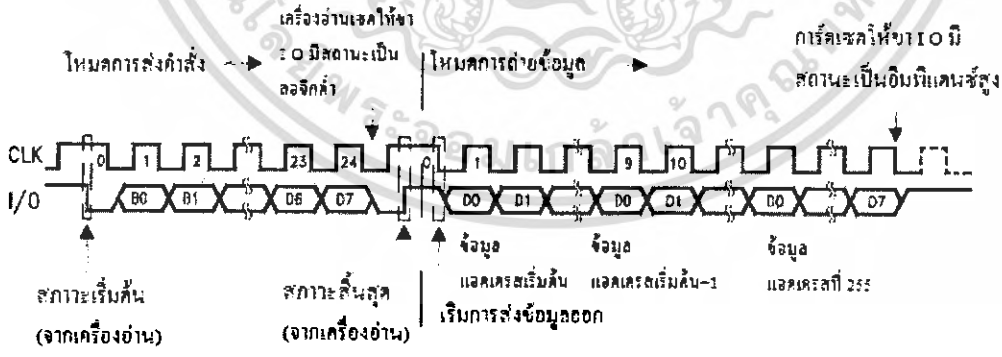
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 การทำงานของโหมดการส่งคำสั่ง

การส่งคำสั่งไปยังสมาร์ตการ์ดหรือการทำงานในโหมดการส่งคำสั่ง ก็คือกระบวนการต่อเนื่องหลังจากการ์ดถูกรีเซตไปเรียบร้อยแล้ว โดยการ์ดจะรอรับคำสั่งที่ส่งมาจากเครื่องอ่านซึ่งมีรูปแบบเป็นข้อมูลความยาว 3 ไบต์ โครงสร้างของข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยคำสั่ง (Command) , แอดเดรส (Address) และข้อมูล (Data) โดยคำสั่งทั้งหมดที่การ์ด SLE4442 รองรับถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 2.13 ส่วนรูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นระหว่างการทำงานของโหมดการส่งคำสั่งก็เป็ดังรูปที่ 2.14 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะต้องมีการส่งสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดกำกับไปกับตัวข้อมูลด้วย ในที่นี้สภาวะเริ่มต้นก็คือการเปลี่ยนระดับจากลอจิกค่าสูงเป็นค่าต่ำที่ขา I/O ในขณะที่ระดับลอจิกที่ขา CLK เป็นค่าสูง , ส่วนสภาวะสิ้นสุดก็คือการเปลี่ยนระดับจากลอจิกค่าต่ำเป็นค่าสูงที่ขา I/O ในขณะที่ระดับลอจิกที่ขา CLK เป็นค่าสูง ต่อไปคือความหมายและวิธีการทำงานของแต่ละคำสั่ง



รูปที่ 2.14 รูปสัญญาณของการส่งคำสั่งไปยังการ์ด



รูปที่ 2.15 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Main Memory

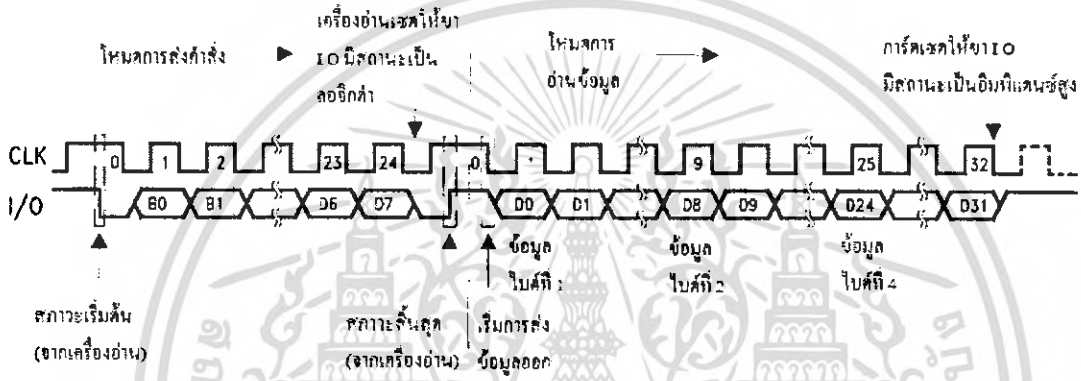
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Read Main Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดออกมาจากหน่วยความจำของการ์ด ทั้งจากพื้นที่ส่วนที่ได้รับการป้องกัน (หน่วยความจำ 32 ไบต์แรก) และส่วนที่ไม่ได้รับการป้องกัน (หน่วยความจำ 224 ไบต์หลัง) โดยจะเป็นการอ่านค่าโดยเริ่มต้นจากแอดเดรสที่ส่งไปจนถึงแอดเดรสสุดท้าย (0fffh) ของพื้นที่หน่วยความจำ
- Read Protection Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดออกมา จากหน่วยความจำ 32 ไบต์แรก
- Update Main Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการเขียนข้อมูลไปยังแอดเดรสใด ๆ ของหน่วยความจำทั้ง 256 ไบต์ ในกรณีที่ใช้คำสั่งนี้ในการเขียนข้อมูลลงยังหน่วยความจำ 32 ไบต์แรก ข้อมูลจะยังคงแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ภายหลัง สำหรับการเขียนข้อมูลจะประกอบด้วย 3 เงื่อนไขคือ
    - การลบข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดให้เป็น 0FFH แล้วทำการเขียนข้อมูลซ้ำลงไปยังแอดเดรสเดิม กระบวนการนี้จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกา 255 ลูก
    - การเขียนข้อมูลที่แอดเดรสดังกล่าวจะต้องเป็นที่ว่าง (มีข้อมูลเป็น 0FFH) อยู่ก่อนหน้านี้แล้วเท่านั้น กระบวนการนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกา 124 ลูก
    - การลบข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนด (มีค่าข้อมูลเป็น 0FFH) โดยไม่มีการเขียนข้อมูลต่อ สำหรับกระบวนการนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกา 124 ลูกเช่นกัน
- Write Protection Memory คือการเขียนข้อมูลลงยังแอดเดรสของหน่วยความจำใด ๆ ใน 32 ไบต์แรก คำสั่งนี้มีเงื่อนไขว่าข้อมูลที่เขียนลงไปจะถูกเขียนลงยังแอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดอย่างถาวร ไม่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงอะไรได้อีก สำหรับรูปสัญญาณของกระบวนการนี้อ้างอิงได้จากรูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory
- Read Security Memory คือการอ่านค่าของ Error Counter เพื่อตรวจดูว่าการ์ดใบนั้น ๆ ได้ถูกล็อกไปแล้วหรือยัง โดยค่าภายในบิต D2 , D1 และ D0 เป็น 0 ทั้งหมดก็แสดงว่าการ์ดได้ถูกล็อคไปแล้ว ซึ่งไม่สามารถแก้ไขอะไรได้และจะไม่สามารถเขียนข้อมูลลงยังการ์ดนั้นได้อีกต่อไป (แต่ว่าการอ่านข้อมูลจากการ์ดยังคงทำได้ตามปกติ)
- Update Security Memory คือการเข้าไปแก้ไขข้อมูลของรหัส PSC ภายในการ์ด หรือพูดง่าย ๆ ก็คือการเข้าไปเปลี่ยนรหัสป้องกันของการ์ดนั่นเอง คำสั่งจะถูกกระทำต่อเมื่อมีการส่งรหัส PSC ที่ถูกต้องไปยังการ์ดเสียก่อน โดยในกรณีที่ป้อนรหัสผิด ค่าของบิด D2 , D1 และ D0 ใน Error Counter จะค่อย ๆ ถูกเปลี่ยนจากค่า "1" เป็น "0" ไล่ไปทีละบิดตามจำนวนครั้งที่ป้อนรหัสผิด หากทั้งหมดกลายเป็นศูนย์เมื่อไร การ์ดก็

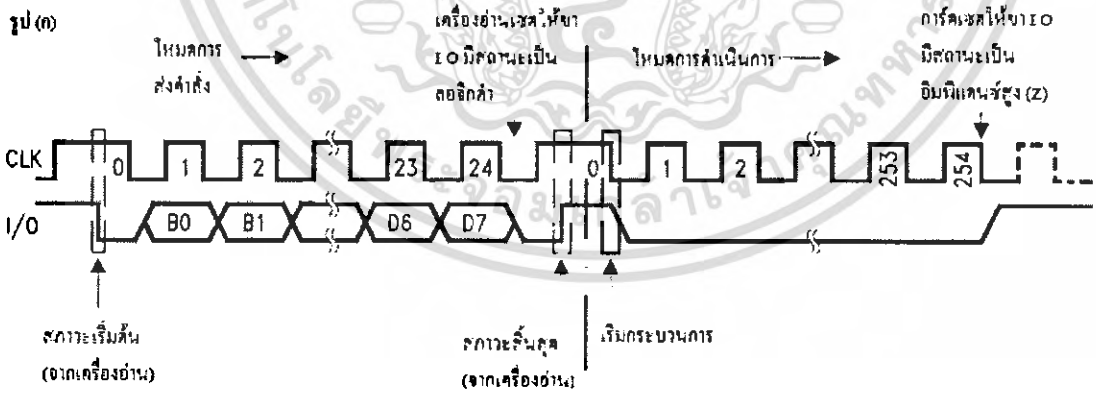
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกล็อคทันทีซึ่งนั่นหมายความว่าโอกาสป้อนรหัสผิดจะมีเพียง 3 ครั้งเท่านั้น สำหรับรูปสัญญาณของกระบวนการนี้จะเหมือนกับรูปของสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory

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

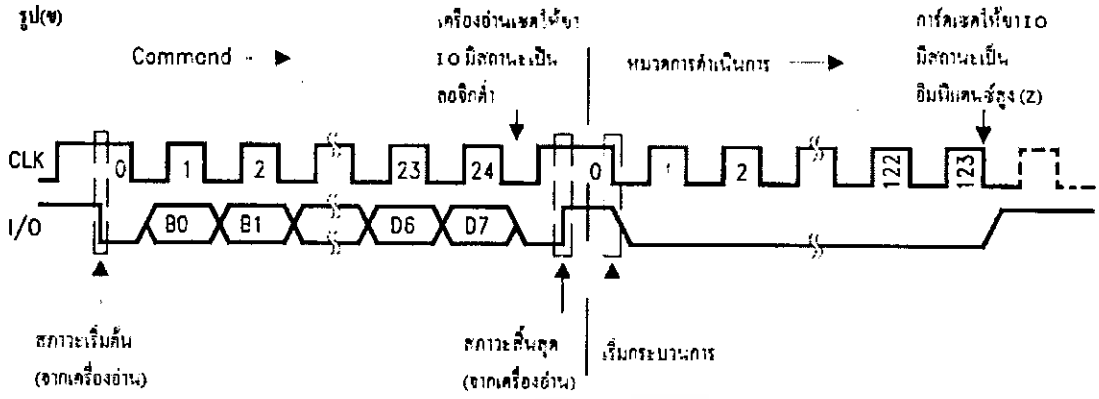


รูปที่ 2.16 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Protection Memory



รูป(ก) การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

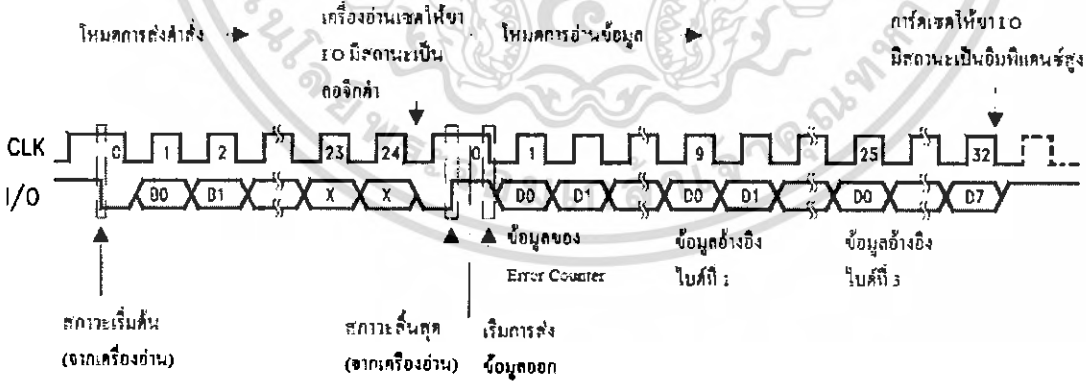


รูป(ข)การลบหรือเขียนข้อมูล

รูปที่ 2.17 รูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory (ก) การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ (ข)การลบหรือเขียนข้อมูล (อย่างใดอย่างหนึ่ง)

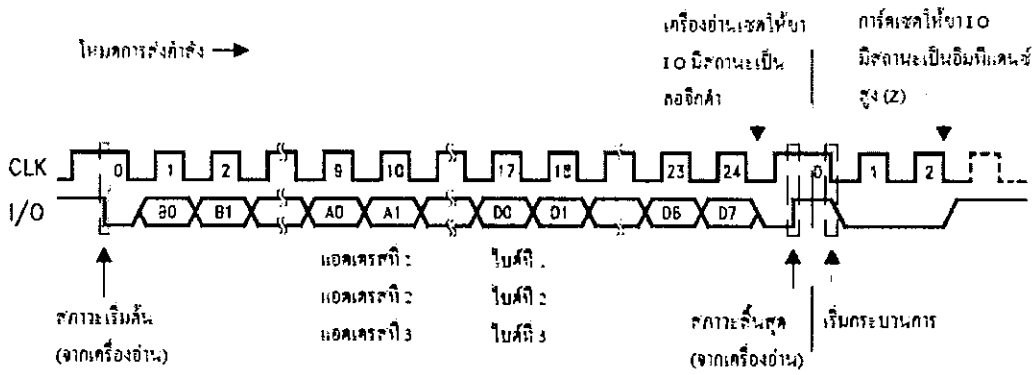
2.9.3 โหมดการอ่านข้อมูล (Outgoing Data Mode)

โหมดการอ่านข้อมูลนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการส่งคำสั่งในกลุ่มของการอ่านข้อมูล (เช่น Read Main Memory , Read Protection Memory และ Read Security Memory) ไปยังสมาร์ตการ์ด เพื่อขออ่านข้อมูลจากพื้นที่ใด ๆ ในหน่วยความจำหลังจากได้รับคำสั่งดังกล่าวสมาร์ตการ์ดจะส่งข้อมูลที่ถูกร้องขอกลับมายังเครื่องอ่านซึ่งก็เท่ากับว่าเครื่องอ่านจะสามารถอ่านข้อมูลที่ต้องการออกมาได้สำเร็จจากโหมดการทำงานนี้

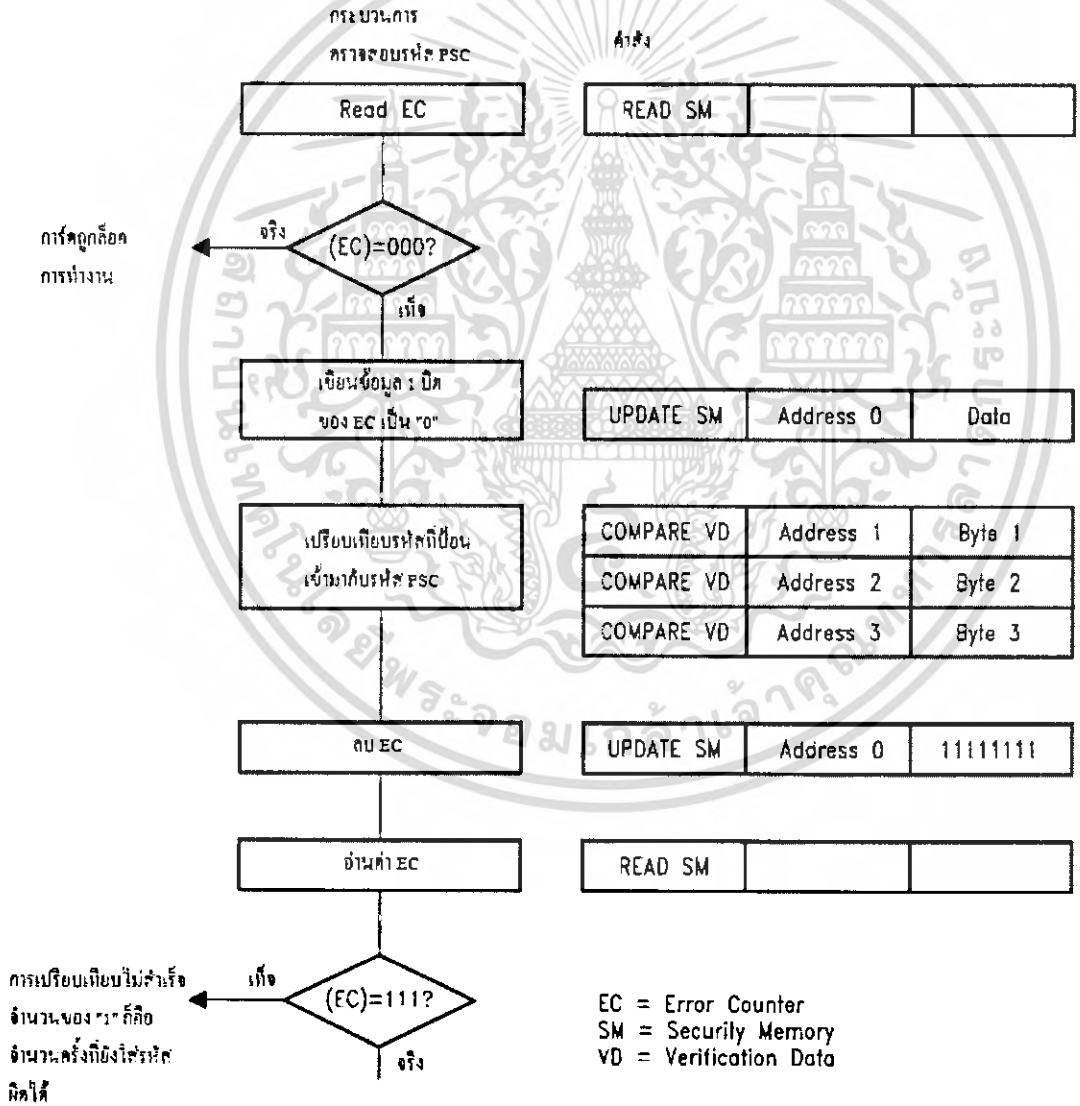


รูปที่ 2.18 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Security Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 รูปสัญญาณของคำสั่ง Compare Verification Data

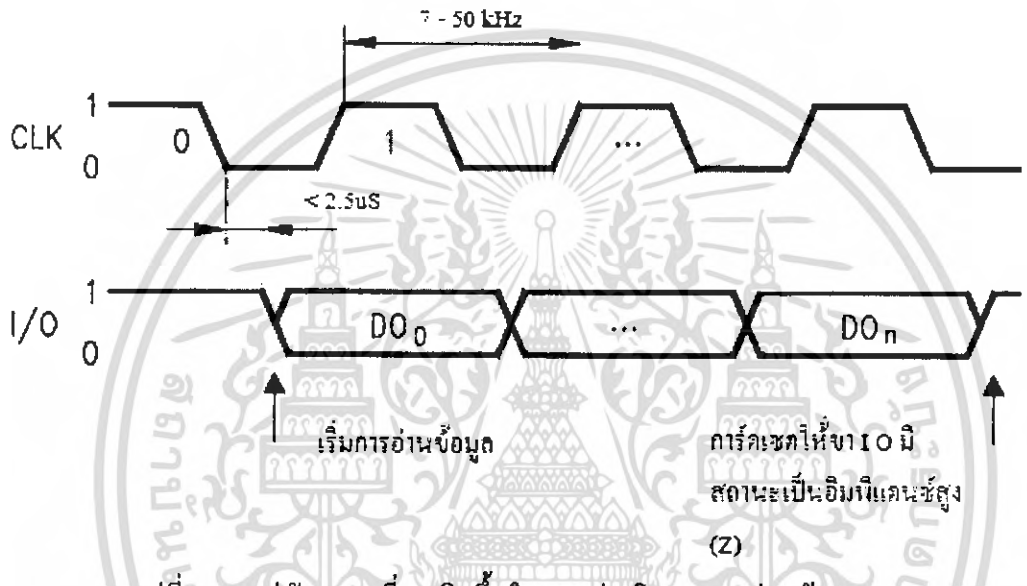


รูปที่ 2.20 กระบวนการเปรียบเทียบรหัสผ่านกับรหัส PSC

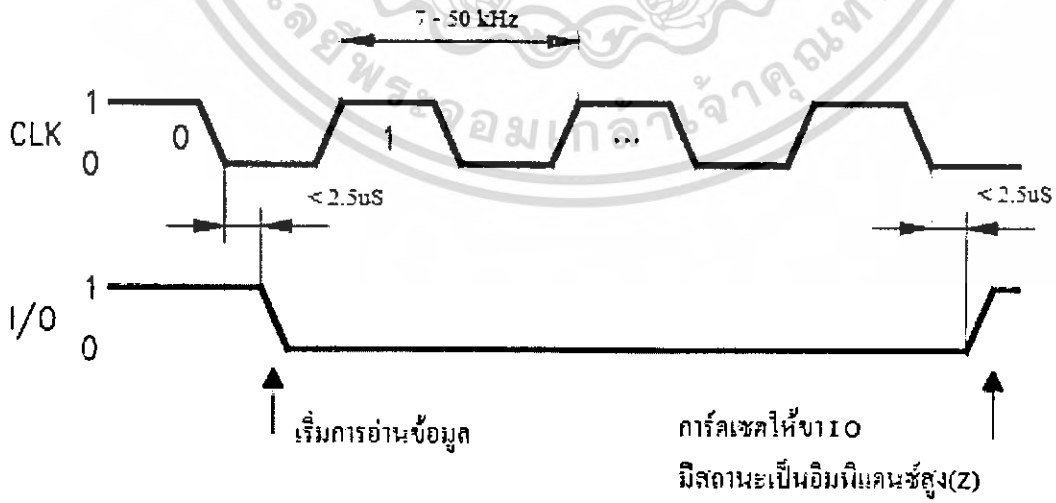
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 โหมดดำเนินการ (Processing Mode)

โหมดการดำเนินการจะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการส่งคำสั่งในกลุ่มของการขอเขียนหรือลบข้อมูลออกจากพื้นที่ใด ๆ ในหน่วยความจำ (เช่น Update Main Memory , Write Protection Memory , Update Security Memory และ Compare Verification Data) โดยหลังจากได้รับคำสั่งดังกล่าว สมาร์ตการ์ดจะเริ่มดำเนินกระบวนการตามที่ได้รับคำสั่งมาในระหว่างโหมดการทำงานนี้ จะสังเกตว่าข้อมูลจาก ขา I/O จะไม่ถูกนำมาใช้ร่วมในการทำงานเลย (เนื่องจากมีสถานะเป็นลอจิกต่ำตลอดทั้งช่วง)



รูปที่ 2.21 รูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดการอ่านข้อมูล



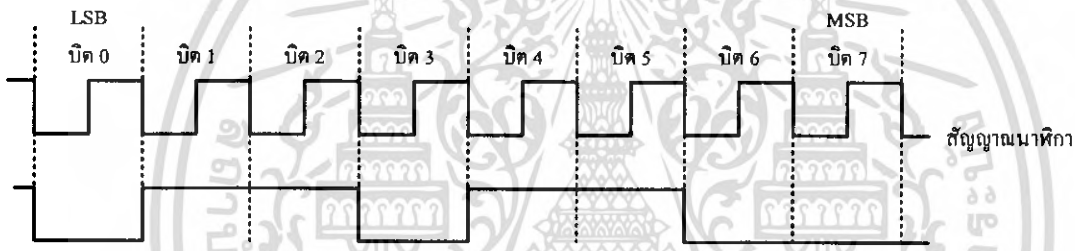
รูปที่ 2.22 รูปสัญญาณที่เกิดขึ้นในระหว่างโหมดดำเนินการ

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 และกราวด์ รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงไมมิ่งค์ไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 3.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนแบบการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูลหรือบอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

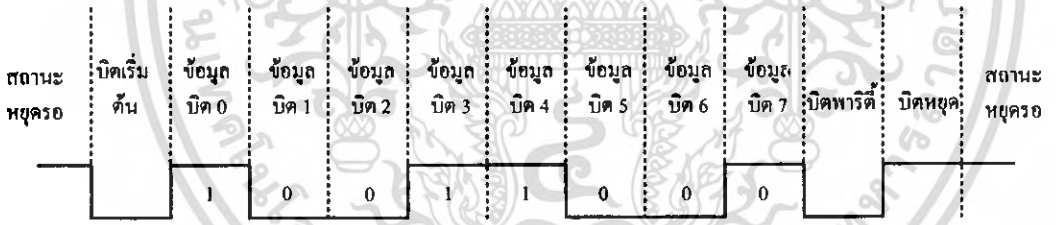
1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5 , 6 , 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิต หรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา Data จะมีสถานะลอจิก "1" ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการให้ขา Data มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5 , 6 , 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วย บิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่ส่งคือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขา Data มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต , 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เรียกว่า 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 ไบต์ต่อวินาที



รูปที่ 3.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd) , แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิกสูงภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนเริ่มเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART โดยภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่า จะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแจ้งข้อผิดพลาดให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการถ่ายข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ส่งมีบิดที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิดเป็น 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

3.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน 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)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

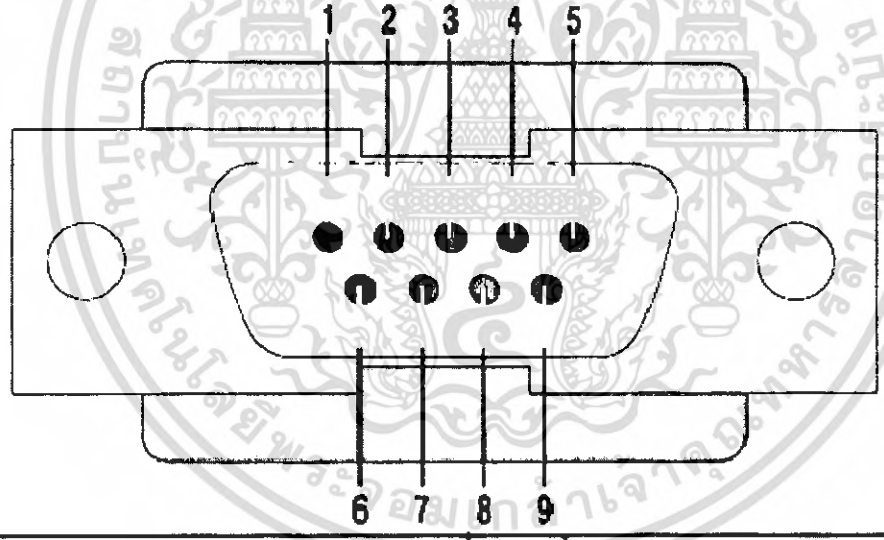
หน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

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

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

3.3.1 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

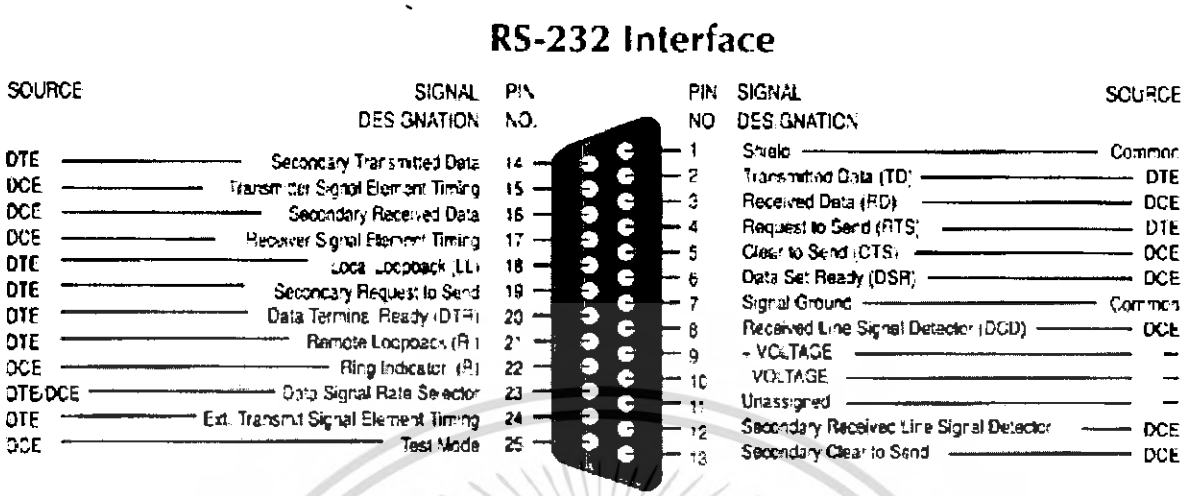
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 3.3 และตาราง 3.2



Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

รูปที่ 3.3 ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ข

รูปที่ 3.3 คอนเนคเตอร์อนุกรม

รูป3.3 ก คอนเนคเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9

รูป3.3 ข คอนเนคเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25

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

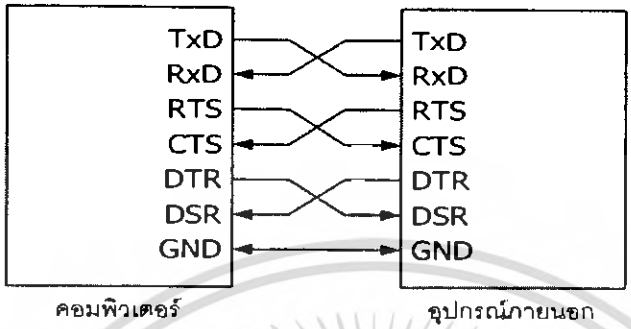
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในรูปที่ 3.4 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 3.4 ก เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็คเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 3.4 ข เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูลอีกเส้นสำหรับข้อมูล 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 (Register Buffer)
- 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 โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- Clear To Send :CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

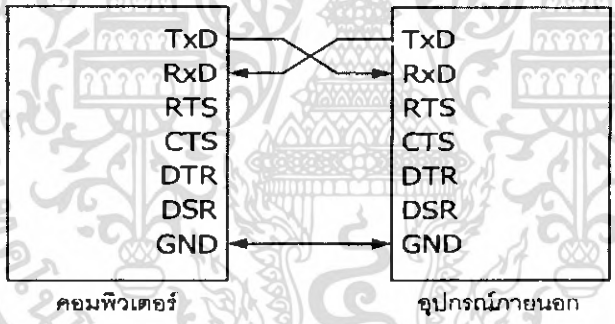
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ring Indicator :RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น



การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์
แบบ Null modem

รูปที่ 3.4 ก



การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์
แบบ RS-232 โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

รูปที่ 3.4 ข

รูปที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

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

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

3.3.3 ชนิดของ UART

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

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิสเตอร์แบบ FIFO (First IN First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไปทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบFIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

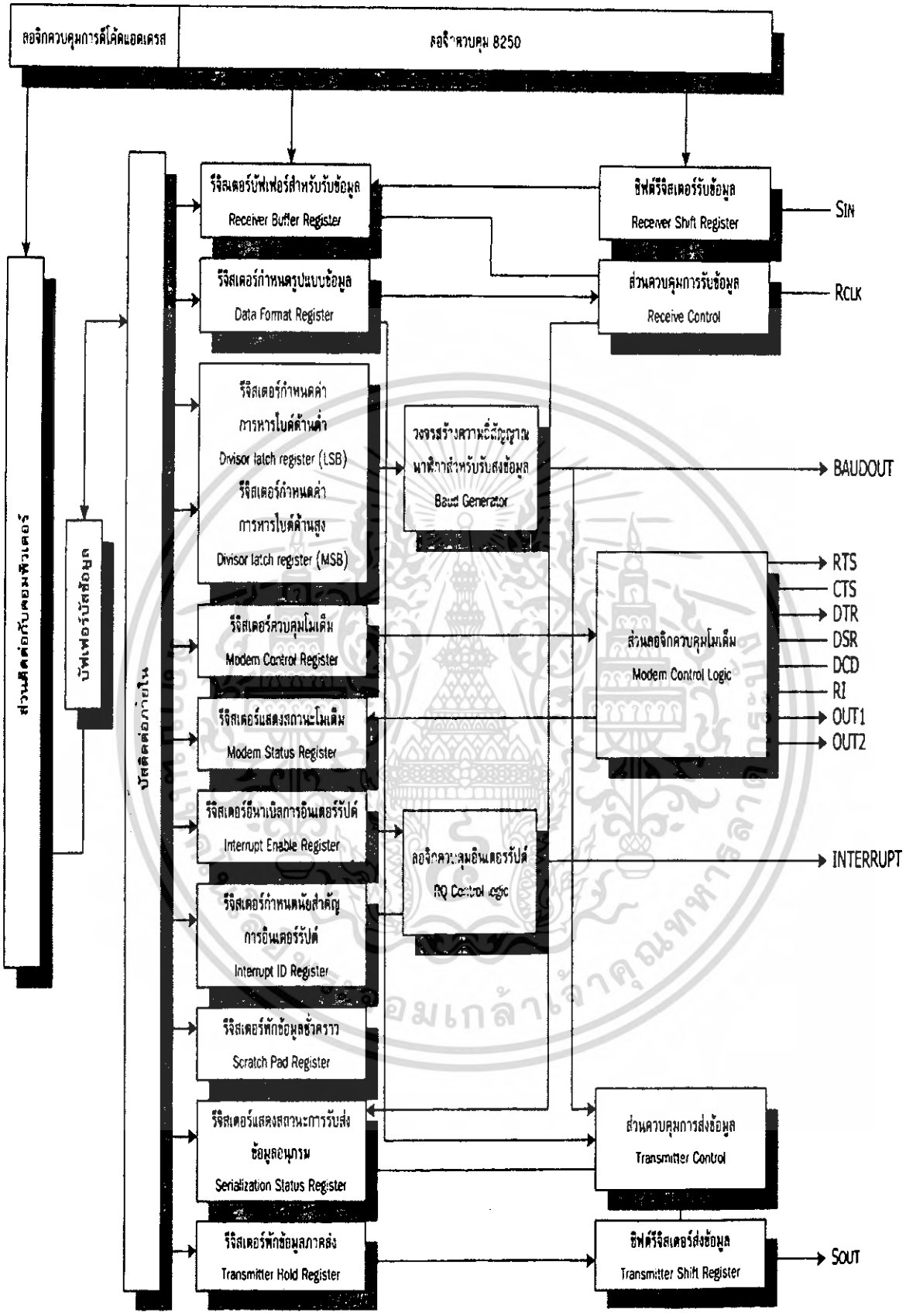
อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมายของ UART เบอร์ใหม่ ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MHZ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรมสูงสุดได้ 4 พอร์ต มีชื่อเรียกเป็น COM1,COM2,COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน ในรูปที่ 3.5 แสดงผังการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมประกอบด้วยรีจิสเตอร์ 8 บิต 8 ตัว ที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ จะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้าหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์เอ็นเนเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้เซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น TS หรือ DTR

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานการณ์รับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขาDCD ,RI,DSR และ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

3.4.1 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H (รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์)

เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและส่งออก โดยการติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้เพื่อเก็บข้อมูลจะต้องกำหนดให้บิตDLAB ในรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล(03H) มีสถานะเป็น "0" ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งออกไปแบบอนุกรม สำหรับการรับข้อมูล เมื่อรับเข้ามาแล้ว จะส่งต่อไปยังรีจิสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากอ่านค่าจากรีจิสเตอร์นี้ออกไป รีจิสเดอร์นี้จะถูกเคลียร์ 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

ERBK เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดขึ้นด้วยสาเหตุจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาริตี้ , 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" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 2

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

"0" เป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์(รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) และรีจิสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง01H) เมื่อบิตDLAB เป็น "1" รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H) และรีจิสเตอร์เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ (01H) จะใช้สำหรับโหลดค่าการหารความถี่สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าบอดเรต 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 * ข้อมูลในรีจิสเตอร์ 01H)
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

DAB1,DAB0 ใช้ร่วมกันในการกำหนดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการถ่ายทอด
"00" จำนวนบิดข้อมูลเท่ากับ 5 บิต
"01" จำนวนบิดข้อมูลเท่ากับ 6 บิต
"10" จำนวนบิดข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"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 (รีจิสเตอร์แสดงสถานะรอรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ UART)

ใช้งานร่วมกับรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะของการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง02H) เพื่อแสดงสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์ มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

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 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 05H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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 3.8 ฟังก์ชั่นการทำงานของรีจีสเตอร์ 06H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิด 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"

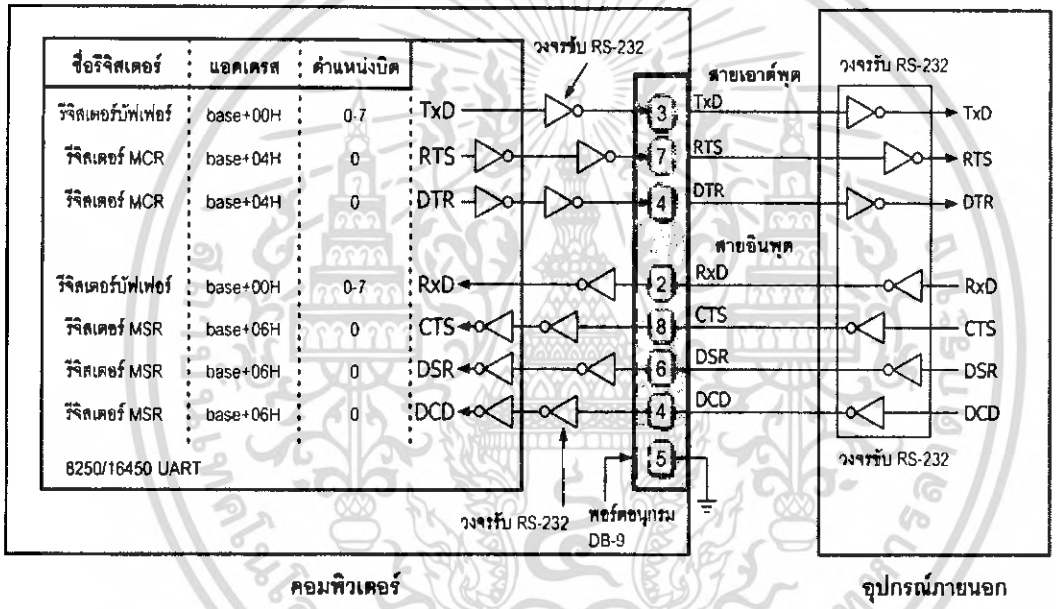
3.4.8 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง07H (รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว)

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 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน 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	มีพอร์ดอนุกรม

ตาราง 3.9 ข้อมูลในแอดเดส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ดอนุกรม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

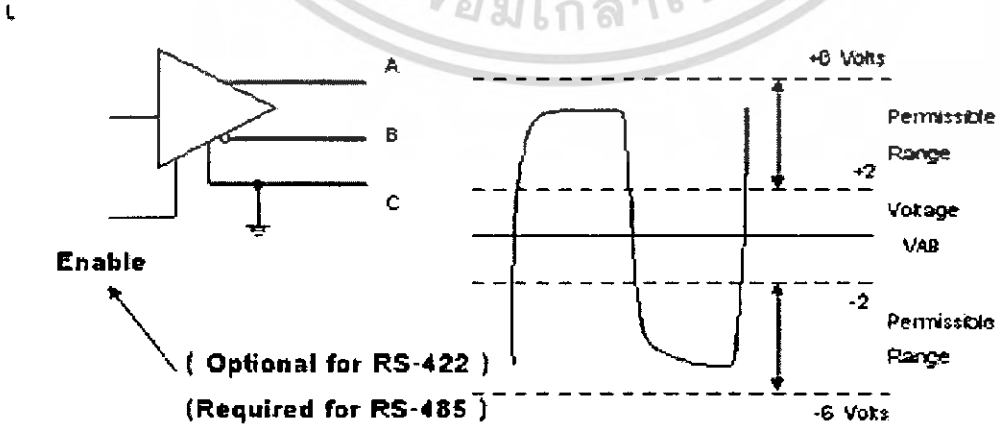
บทที่ 4 มาตรฐานการสื่อสารแบบ RS 485

4.1 ตัวส่งแบบไม่สมดุลย์ (Unbalanced line driver)

ระดับสัญญาณที่ส่งในระบบไม่สมดุลย์ RS-232 เป็นระบบที่วัดระดับแรงดันสัญญาณเทียบกับสายกราวด์ ยกตัวอย่างเช่น ในการส่งข้อมูล (Transmission Data : TD) จากอุปกรณ์ (Data Terminal Equipment : DTE) ผ่านหัวต่อแบบ DB-25 จะส่งสัญญาณข้อมูลทางขา 2 โดยการวัดระดับแรงดันของสัญญาณจะวัดเทียบกับสายกราวด์ (Signal ground) ที่ขา 7 ถ้าสายส่งข้อมูลอยู่ในสถานะ idle ระดับแรงดันจะมีค่าเป็นลบ และเมื่อทำการส่งข้อมูลระดับแรงดันจะเปลี่ยนแปลงในช่วงค่าบวกและค่าลบ โดยมีระดับแรงดันอยู่ในช่วง ±5 V ถึง ±15 V ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ผ่านมา

4.2 ตัวส่งแบบสมดุลย์ (Balance line driver)

ระบบสมดุลย์จะส่งสัญญาณผ่านสาย 2 เส้น รูปที่4.1 แสดงรูปแบบและระดับแรงดัน ตัวส่งจะส่งแรงดันช่วง 2-6 V ที่เอาท์พุทระหว่าง A และ B ระบบจะมีการเชื่อมต่อสายกราวด์ 1 เส้น สายกราวด์ในระบบนี้ไม่ได้ใช้ในการส่งสัญญาณหรือหาสถานะลอจิกของข้อมูล แต่สายกราวด์มีความสำคัญคือใช้เป็นจุดอ้างอิงของระบบ การวัดสัญญาณข้อมูลจะถูกวัดเทียบกับสายกราวด์ ในการส่งข้อมูลตัวส่งจะได้รับสัญญาณหนึ่งเรียกว่าสัญญาณควบคุม หรือ Enable signal ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างตัวส่งและเทอร์มินอล A และ B ที่เอาท์พุท ตัวส่งจะส่งสัญญาณควบคุมซึ่งเปรียบเสมือนเป็นเอาท์พุทที่ 3 นอกจากการส่งสถานะลอจิก 1 หรือ 0 ให้กับเทอร์มินอล ถ้าสัญญาณควบคุมอยู่ในสถานะ OFF จะหมายถึงตัวส่งตัวนั้นไม่ได้ต่ออยู่กับสายสัญญาณและไม่สามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้ หรืออยู่ในสถานะ disable หรือ tri-state

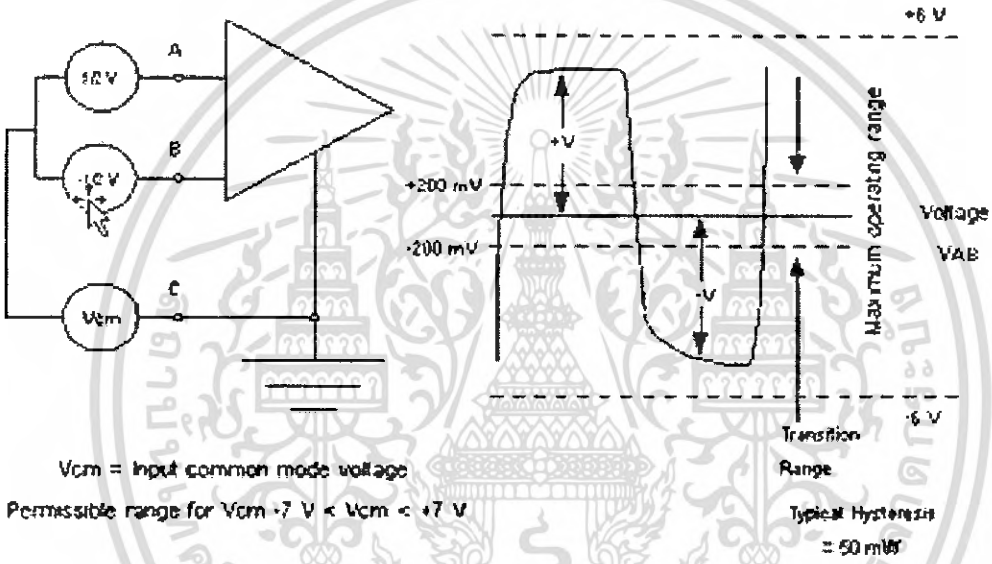


รูปที่ 4.1 Balance Differential Output Line Driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ตัวรับแบบสมดุลย์ (Balanced line receiver)

ตัวรับในระบบสมดุลจะถูกเชื่อมต่อด้วยสายส่งสัญญาณข้อมูลและสายกราวด์ โดยจะรับสถานะของสัญญาณได้โดยวัดความแตกต่างของระดับแรงดันที่สายอินพุทของตัวรับ หรือ วัดระหว่างเทอร์มินอล A และ B (Vab) ดังแสดงในรูปที่4.2 ถ้าแรงดันมีขนาดมากกว่า +200 mV จะถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นลอจิกค่าหนึ่ง และถ้ามีขนาดน้อยกว่า -200 mV จะถูกกำหนดให้มีสถานะตรงข้าม เนื่องจากอาจเกิดการลดทอนสัญญาณ (Attenuate)ขึ้นในสายส่งที่ตัวรับจึงถูกออกแบบให้สามารถรับความแตกต่างระดับแรงดันของสัญญาณได้ในช่วงที่กว้างกว่าตัวส่งคือ ±200 mV ถึง ±6 V ในขณะที่แรงดันที่ตัวส่งอยู่ในช่วง ±2 V ถึง ±6 V

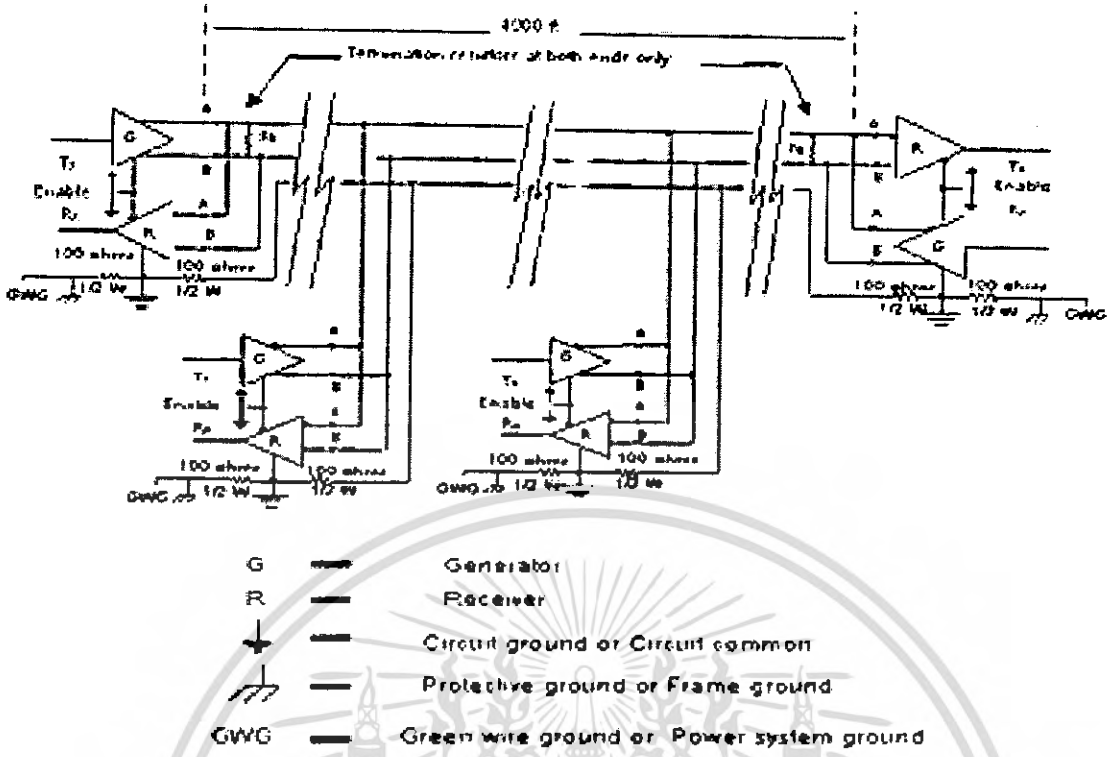


รูปที่ 4.2 Balanced Differential Input Line Receiver

4.4 การส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485

RS-485 เป็นการส่งข้อมูลในระบบสมดุลย์ สายสัญญาณ 1 คู่สายสามารถดิดต่ออุปกรณ์ได้ถึง 32ตัว สำหรับในระบบ RS-485 สามารถทนแรงดันระหว่างสายสัญญาณและสายกราวด์ หรือ Common Mode Voltage หรือ Vcm ได้ในช่วง -7 V ถึง +12 V รูปที่4.3 แสดงระบบเครือข่ายที่เรียกการต่อในลักษณะนี้ว่า two-wire multi drop จากรูปสังเกตุได้ว่ามีการต่อความต้านทานขั้วที่โหนดปลายทั้งสองด้านของสายส่งแต่ไม่มีการต่อขั้วปลายที่โหนดที่อยู่ระหว่างสายส่ง การต่อขั้วปลาย (termination) มักใช้กับระบบที่มีอัตราการส่งข้อมูลสูงและระยะทางยาว รายละเอียดของการต่อขั้วปลายจะได้กล่าวถึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ระบบเครือข่าย two-wire multidrop

4.5 การควบคุม tri-state ของอุปกรณ์ RS-485

ในระบบ RS-485 เป็นการส่งผ่านข้อมูลผ่านสายส่งชุดเดียวกันโดยผลัดกันส่ง เมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งต้องการส่งข้อมูลจะทำการเชื่อมต่อตัวส่งเข้ากับสายส่ง และจะตัดตัวส่งออกจากสายส่งเมื่อส่งข้อมูลเสร็จ โดยส่วนมากมักใช้อุปกรณ์ที่เปลี่ยน RS-232 เป็น RS-485 หรือการ์ดอนุกรม RS-485 ต่อเข้ากับระบบ เพื่อใช้เป็นตัวให้สัญญาณควบคุมการส่ง หรือเรียกว่า RTS : Request To Send โดยต่อจาก Asynchronous serial port ไปยังขา Enable ของตัวส่งผ่านสาย RTS และอาจกำหนดการทำงานของขา Enable โดยถ้าได้รับสถานะ High หรือลอจิก 1 ให้ตัวส่งต่อเข้ากับสายส่งและทำการส่งข้อมูลได้ ถ้าได้รับสถานะ Low หรือลอจิก 0 ให้ตัวส่งตัดการต่อออกจากสายส่ง หรือเรียกว่า tri-state และยอมให้ตัวส่งอื่นที่ได้รับลอจิก 1 ต่อเข้ากับสายส่งและส่งข้อมูลผ่านสายส่งได้ ดังนั้นในขณะที่มีตัวส่งตัวเดียวได้รับลอจิก 1 และต่อเข้ากับสายส่ง ตัวส่งตัวอื่นๆที่เหลือจะต้องได้รับลอจิก 0

4.6 การควบคุมการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ RS-485

ผลิตภัณฑ์ตัวเปลี่ยน RS-232 เป็น RS-485 (RS-232 to RS-485 Converter) และการ์ดอนุกรม RS-485 (RS-485 serial cards) มีวงจรพิเศษในการใช้สัญญาณข้อมูลเป็นตัว enable ให้กับตัวส่ง (RS-485 driver) ในการส่งข้อมูลนั้นช่วงเวลาคงที่เวลาหนึ่งหลังการส่งข้อมูลบิทสุดท้ายและก่อนการ disable ของตัวส่ง ถ้าระยะเวลานั้นสั้นเกินไปหรือตัวส่งอาจถูก disableก่อนที่ตัวส่งจะส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

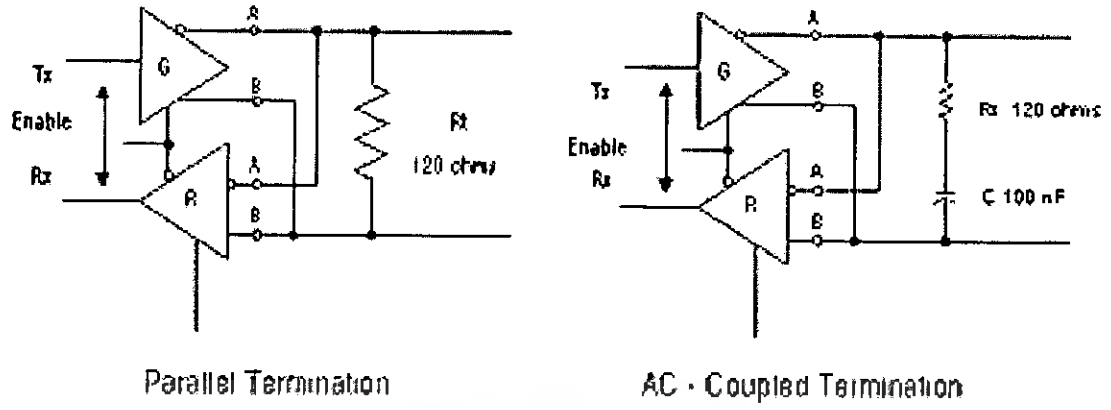
ข้อมูลเสร็จ อาจทำให้ข้อมูลในส่วนท้ายสูญหายได้ และถ้ามีขนาดยาวเกินไปจะทำให้ระบบเปลี่ยนสายสัญญาณจากส่งเป็นรับก่อนที่โหนดพร้อมจะรับข้อมูลหรือตัวรับเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งและรับข้อมูลช้าไม่ทันต่อสัญญาณที่ส่งมาถึงทำให้ไม่ได้รับข้อมูลในส่วนแรก ดังนั้นควรกำหนดช่วงเวลาดังกล่าวให้เหมาะสม โดยส่วนมากมักเท่ากับความยาวหนึ่งตัวอักษรที่อัตราการส่งข้อมูลนั้นๆ

4.7 การต่อขั้วปลาย (Termination)

ระบบควรมีการต่อขั้วปลายหรือการต่ออิมพีแดนซ์(Rt)เข้าระหว่างเทอร์มินอล เพื่อทำให้เกิดอิมพีแดนซ์สมดุลย์กันระหว่างอิมพีแดนซ์ของโหลดกับอิมพีแดนซ์ของสายส่ง ถ้าอิมพีแดนซ์ไม่สมดุลย์จะทำให้โหลดไม่ได้รับสัญญาณที่สมบูรณ์เนื่องจากสัญญาณบางส่วนเกิดการสะท้อนกลับภายในสายส่ง ถ้าอิมพีแดนซ์ของตัวกำเนิด (source) , อิมพีแดนซ์ของสายส่ง (transmission line) และอิมพีแดนซ์ของโหลดมีค่าเท่ากันจะไม่เกิดการสะท้อนกลับในระบบ แต่การต่อขั้วปลายนั้นก็ถือว่าเป็นการเพิ่มโหลดให้กับตัวส่ง ทำให้การดิดตั้งซับซ้อนมากขึ้น, จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงการไบอัส และการปรับปรุงหรือแก้ไขระบบจะทำได้ยากขึ้น การตัดสินใจว่าควรทำการต่อขั้วปลายหรือไม่ขึ้นอยู่กับความยาวของสายเคเบิ้ลและอัตราข้อมูลในระบบ หรืออีกทางหนึ่งอาจดูจาก Propagation delay ถ้ามีค่าน้อยกว่าความยาว 1 บิท ไม่จำเป็นต้องมีการต่อขั้วปลายเนื่องจากสัญญาณจะสะท้อนกลับไปกลับมาจนมีขนาดน้อยลงและหายไปในที่สุด (damp out) จึงไม่มีผลต่อการรับข้อมูล การรับของ "UART" จะเอาค่าที่อยู่ตรงกลางของบิทซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีความถูกต้องที่สุด การหาค่า Propagation delay คำนวณได้จากผลคูณระหว่างความยาวสายเคเบิ้ลกับ Propagation velocity ของสายเคเบิ้ล โดยจะถูกกำหนดจากผู้ผลิตซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 66%-75% ของความเร็วแสง

การต่อขั้วปลายมีหลายวิธีแต่ เช่น การต่อแบบ Parallel termination ความต้านทานจะต่อขนานเข้ากับขั้ว A และ B ของตัวรับ ถ้าเป็นระบบที่ไม่มีการต่อตัวทวนสัญญาณ หรือ Repeater ควรต่อขั้วปลายเพียง 2 แห่งคือที่ปลายทั้งสองด้านของสายส่ง สำหรับการเลือกค่าความต้านทานขั้วหรือ Rt นั้น ขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ภายในสายส่งซึ่งขึ้นอยู่กับการผลิตของผู้ผลิตไม่ได้ขึ้นอยู่กับความยาวของสาย ซึ่งโดยมากแล้วผู้ผลิตมักกำหนดการผลิดสายเคเบิ้ลให้มีค่าความต้านทานอยู่ที่ 120โอมห์ อย่างไรก็ตามสามารถเลือกค่าความต้านทานได้ตั้งแต่ 90โอมห์ขึ้นไป ข้อเสียของการต่อขั้วปลายแบบขนานคือ เปรียบเสมือนการเพิ่มโหลด DC ให้กับระบบและอาจทำให้ตัวเปลี่ยน RS-232 เป็น RS-485 (RS-232 to RS-485 Converter) เกิดการ overload นอกจากนี้ยังมีการต่อขั้วปลายอีกวิธีหนึ่งเรียกว่า AC Coupled Termination ทำได้โดยการต่อตัวเก็บประจุขนาดเล็กๆอนุกรมเข้ากับความต้านทานขั้ว (Rt) เพื่อกำจัดผลกระทบจาก DC loading การเลือกค่าตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของระบบ รูปที่4.4 แสดงการต่อขั้วปลายแบบ Parallel termination และ AC Coupled Terminationในระบบ RS-485 แบบ 2 สาย สำหรับในระบบแบบ 4 สายความต้านทานขั้ว หรือ Rt จะถูกต่อคร่อมที่ตัวรับ

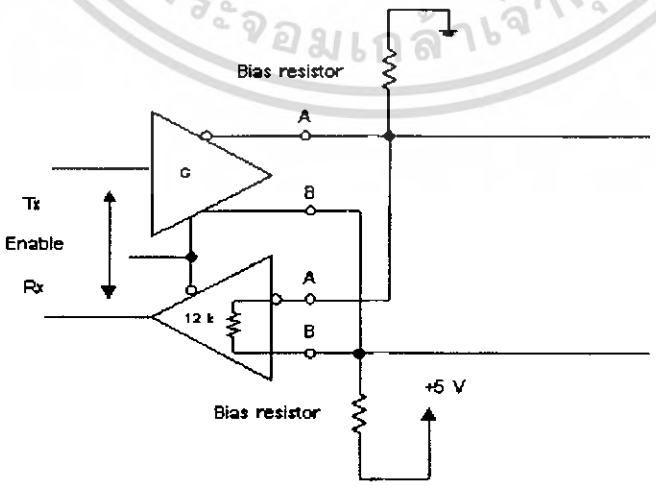
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การต่อขั้วปลายแบบ Parallel termination และ AC Coupled Termination

4.8 การไบอัสในระบบเครือข่าย RS-485 (Biasing an RS-485 Network)

เมื่อทุกโหนดอยู่ในโหมดของการรอรับข้อมูล หรืออยู่ในสถานะ idle (idle state) จะไม่มีตัวส่งใดทำงาน (active) หรือเรียกว่าอยู่ในสถานะ tri-state สายส่งจะอยู่ในลักษณะเรียกว่า Unknown ถ้าระดับแรงดันของอินพุทที่ ตัวรับ (A และ B)มีค่าอยู่ในช่วง +- 200 mV. ระดับลอจิกที่เอาท์พุทของตัวรับจะคงค่าของบิทสุดท้ายที่รับเพื่อรักษาแรงดัน idle ให้เหมาะสมจำเป็นต้องมีการต่อความต้านทานที่เรียกว่าความต้านทานไบอัส เข้าระหว่างขั้ว B กับ 5V. หรือเรียกว่า Pull up resister และใส่ความต้านระหว่างขั้ว A กับกราวด์หรือเรียกว่า Pull down resister รูปที่ 4.5 แสดงการต่อความต้านทานไบอัสเข้ากับตัวรับในระบบแบบ 2 สาย สำหรับระบบแบบ4 สายจะต่อความต้านทานเข้ากับตัวรับ ค่าความต้านทานไบอัสขึ้นอยู่กับการต่อขั้วปลายและจำนวนโหนดในระบบการสร้างกระแสไบอัสให้มีค่าเพียงพอที่จะรักษาแรงดันระหว่างสายส่งAและBให้มีค่ามากกว่า 200 mV. ดูได้จากตัวอย่างที่ 2 และ 3 ซึ่งแสดงการคำนวณค่าความต้านทานไบอัส



รูปที่ 4.5 การต่อความต้านทานไบอัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

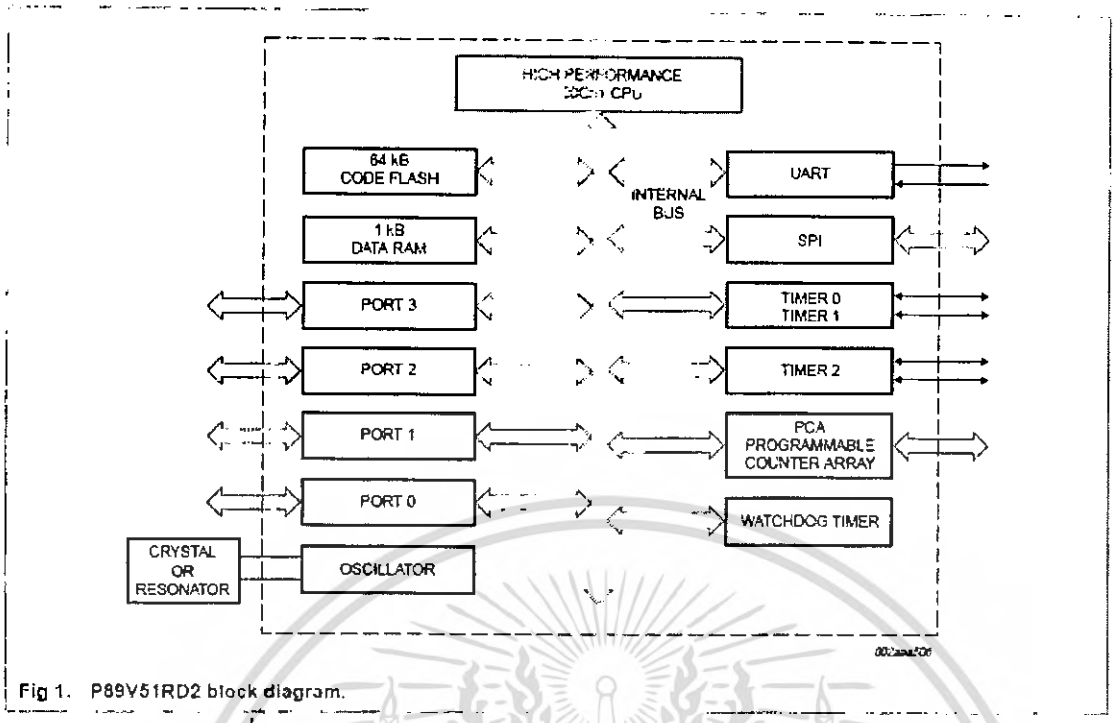
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่าง ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนั่นเอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆเพิ่มเติมก็สามารถทำได้ง่ายอีกด้วย

5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 ที่แสดงในรูปที่ 5.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิตที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐาน
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบแฟลช ขนาด 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายในแบบแรม ขนาด 1 กิโลไบต์
- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 40 MHz ในกรณีการทำงานด้วยสัญญาณนาฬิการภายใน 12 ลูกต่อแมชชีนไซเกิลและ 20 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อ แมชชีนไซเกิล
- มีพอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับ-ส่งข้อมูลพร้อมกันได้
- พอร์ต 8 บิต 4 พอร์ต แบบกึ่งสองทิศทางเป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 3 วงจร(ไทเมอร์ 0 , 1 และ 2)
- สามารถรองรับการเกิดอินเตอร์รัปต์ได้ 8 ประเภท
- สามารถต่อหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้จะมีรูปร่างเป็นไอซีขนาด 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตาม จะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซี MCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละหน่วยการทำงานเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU ; Arithmatic and Logic Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

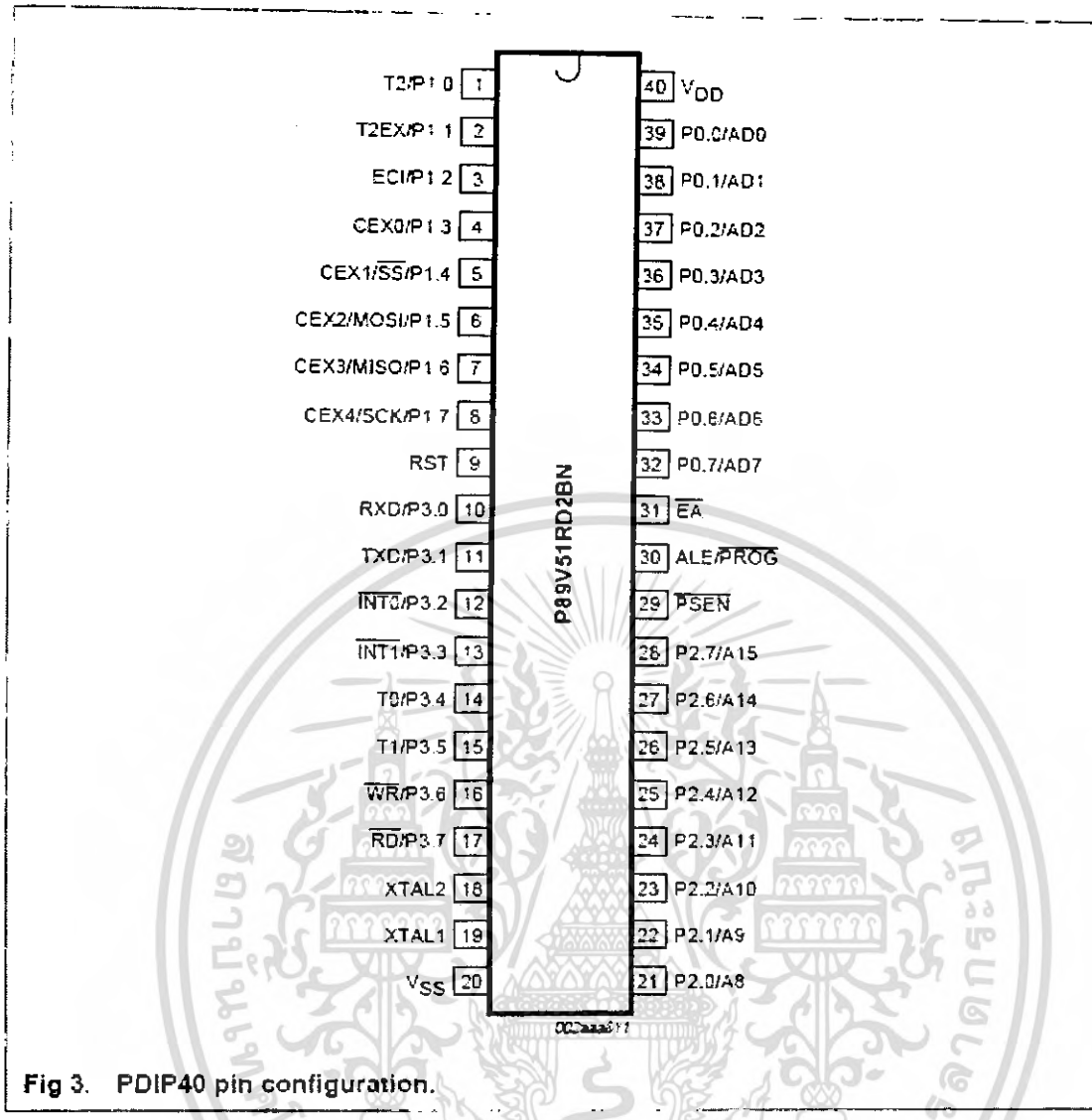


Fig 3. PDIP40 pin configuration.

รูปที่ 5.2 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อขา	ขาที่	ชนิด	หน้าที่และการทำงาน
Vcc	40	อินพุต	ต่อไฟเลี้ยง +5V
GND	20	อินพุต	ต่อกราวด์
P0.0-P0.7	39-32	อินพุต/เอาต์พุต	- ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ทำให้มีสถานะลอย (float) ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ - ใช้ในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้การมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P1.0-P1.7	1-8	อินพุต/เอาต์พุต	- ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป เฉพาะขา P1.5 ถึง P1.7 สามารถซิงกระแสได้สูง 16mA ต่อขา - เป็นขาสัญญาณของไทเมอร์ 2 และขาสัญญาณของโมดูล PCA ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้ T2 (P1.0 : ขา 1) เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาโปรแกรมแบบได้ T2EX (P1.1 : ขา 2) เป็นขาอินพุตสำหรับควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ECI (P1.2 : ขา 3) เป็นขาอินพุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล PCA CEX0 (P1.3 ขา 4) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 0 CEX1 (P1.4 : ขา 5) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 1 CEX2 (P1.5 : ขา 6) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 2 CEX3 (P1.6 : ขา 7) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 3 CEX4 (P1.7 ขา 8) เป็นขาอินพุตเอาต์พุตภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสัญญาณสำหรับ PCA โมดูล 4
P2.0-P2.7	21-28	อินพุต/เอาต์พุต	- ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป - ใช้ต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15) เมื่อติดต่อด้วย
P3.0-P3.7	10-17	อินพุต/เอาต์พุต	- ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป - ใช้งานเป็นขาพอร์ตหน้าที่พิเศษ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้ $\overline{RxD}$ (P3.0 : ขา 10) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม TxD (P3.1 : ขา 11) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม INT0 (P3.2 : ขา 12) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 INT1 (P3.3 ขา 13) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 T0 (P3.4 ขา 14) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 T1 (P3.5 : ขา 15) ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 $\overline{WR}$ (P3.6 ขา 16) ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก $\overline{RD}$ (P3.7 : ขา 17) ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก
RESET	9	อินพุต	ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณลอจิก "1" อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานตามเดิมอย่างเป็นปกติ
ALE	30	เอาต์พุต	*Address Latch Enable* ออกมาทุก ๆ แมชีนไซเกิล อย่างไรก็ตาม สามารถปิดเอเบิลสัญญาณพัลส์นี้ได้ โดยการเซตบิต 0 ของรีจิสเตอร์ AUXR
$\overline{PSEN}$	29	เอาต์พุต	*Program Store Enable* ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง นอกจากนี้ยังใช้ประกอบในการอ่าน-เขียนข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ISP - สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ให้ต่อขานี้ลงกราวด์ แล้วป้อนไฟ +12V (±0.5V) เข้าที่ขา $\overline{EA}$/Vpp - สำหรับเบอร์ P89C51RD2 ให้ต่อขานี้ลงกราวด์ ป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขา P2.7 และป้อนแรงดัน +5V เข้าที่ขา $\overline{EA}$/Vpp
$\overline{EA}$/Vpp	31	อินพุต	*External Access enable/Programming voltage input* ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอก หรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ "0" เลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก "1" เลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายใน นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับเบอร์ P89C51RD+ ต้องการแรงดัน +12V (±0.5V) - สำหรับเบอร์ P89C51RD2 ต้องการแรงดัน +5V
XTAL1	19	อินพุต	ขาอินพุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเลเตอร์ (ขา XTAL2) และจากภายนอก ในการใช้งานปกติ ขานี้และขา XTAL2 ต่อเข้ากับคริสตอลและตัวเก็บประจุขนาดเล็กค่าน้อยๆ
XTAL2	18	เอาต์พุต	ขาเอาต์พุตของวงจรขยายออสซิลเลเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการใช้งานปกติ ขานี้และขา XTAL1 ต่อเข้ากับคริสตอลและตัวเก็บประจุขนาดเล็กค่าน้อยๆ

ตาราง 5.1 รายละเอียดเบื้องต้นของขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2BN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำภายในหลักๆ อยู่ 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม(Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล(Data Memory)

-หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่าง ๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงไม่สูญหาย ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชซึ่งสามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึง 10,000 ครั้ง อยู่ภายในแล้วสูงถึง 64 กิโลไบต์จึงไม่สามารถต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มเติมได้

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

-หน่วยความจำข้อมูล

มีด้วยกัน 2 ชนิดคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุดถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจะเป็นหน่วยความจำแบบแรมสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรม ไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบก็จะทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในสูญหายไป

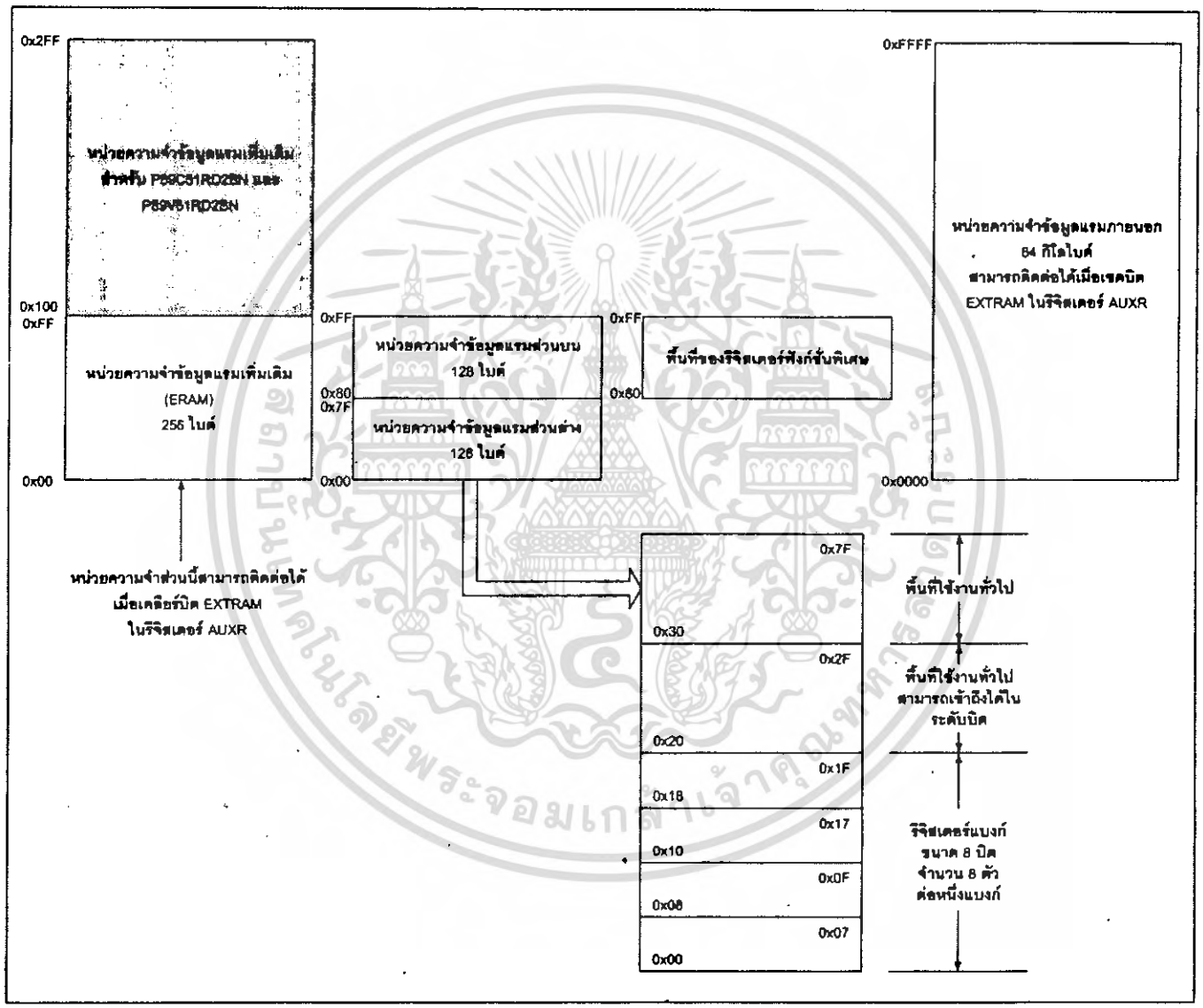
สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1) หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง(lower)
2) หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน(upper)
3) ริจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR : Special Function Register)

โดยแต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังแสดงการจัดสรรในรูปที่ 4.3 ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเสมือนว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงได้โดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอรฟังก์ชันพิเศษ(SFR) มีแอดแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ไต่สำหรับSFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ส่วนในกรณีของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 จะมีหน่วยความจำส่วนขยายซึ่งมีขนาด 768 ไบต์ สามารถเข้าถึงได้โดยอ้อมเพิ่มขึ้นมาอีกด้วย



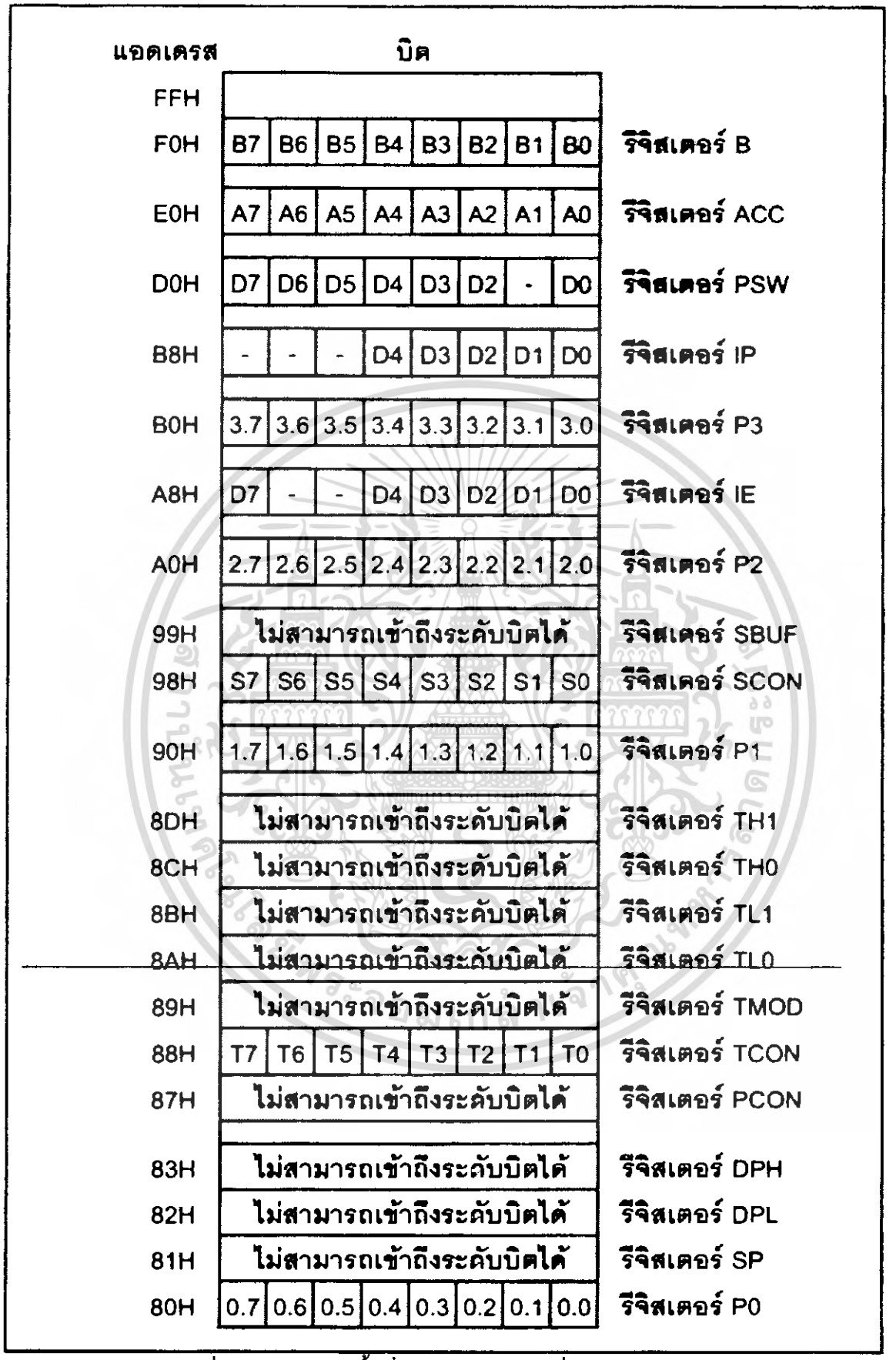
รูปที่ 5.3 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนสามารถเข้าถึงได้โดยตรง การใช้งานรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของ 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย(นั่นคือแอดเดรส 80H,88H,90H,A0H,A8H,B8H,D0H,E0HและF0H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือ ขา P3.0(RxD) เป็นขารับข้อมูล และขา P3.1(TxD) เป็นขาส่งข้อมูล โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 เป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้วพอร์ตอนุกรมจะใช้ติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบันสามารถติดต่อกับ RS-442 หรือ RS-485 ได้อีกด้วย โดยใช้ยไอซีพิเศษ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณการสื่อสาร

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51 ได้แก่ SBUF(Serial Data Buffer Register) ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์สำหรับ รับและส่งข้อมูล และรีจิสเตอร์อีกตัวที่สำคัญคือ SCON(Serial Port Control) ซึ่งใช้ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งมี 4 โหมดด้วยกันคือ

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟรีจิสเตอร์
2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้ UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตราบอร์ดได้
3. โหมด 2 UART ขนาด 9 บิต ไม่สามารถเลือกอัตราบอร์ตได้
4. โหมด 3 UART ขนาด 9 บิต สามารถเลือกอัตราบอร์ดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การออกแบบและหลักการทำงานของวงจร

การออกแบบเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด

ในการนำบัตรสมาร์ทการ์ดมาประยุกต์ใช้งานด้านการควบคุมการเข้า-ออกในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งนอกจากจะเป็นการป้องกันการเข้า-ออกสถานที่นั้นโดยพละกาลแล้ว ยังสามารถตรวจสอบการเข้าใช้สถานที่นั้นของบุคคลต่างๆซึ่ง สามารถเข้า-ออกสถานที่ได้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของจำนวนครั้งที่ใช้ เวลาที่มีการเข้าและออก และข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นส่วนในการเพิ่มความปลอดภัยมากขึ้นและหากมีเหตุของสูญหายหรือเสียหายก็สามารถตรวจสอบได้

จากข้างต้น สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการสร้างระบบนี้มี 2 ส่วน คือ ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ในการอ่านและเขียนข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัตรสมาร์ทการ์ดและส่วนของโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เครื่องอ่านสามารถอ่านได้ เพื่อนำมาเก็บบนฐานข้อมูลนั่นเอง

ในการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของการทำงานของวงจรที่ทำหน้าที่ในการอ่านและเขียนข้อมูลบัตรสมาร์ทการ์ด มีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 6.1

รูปที่ 6.1 โครงสร้างการทำงานของระบบเขียนและอ่านบัตรสมาร์ทการ์ด

6.1 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

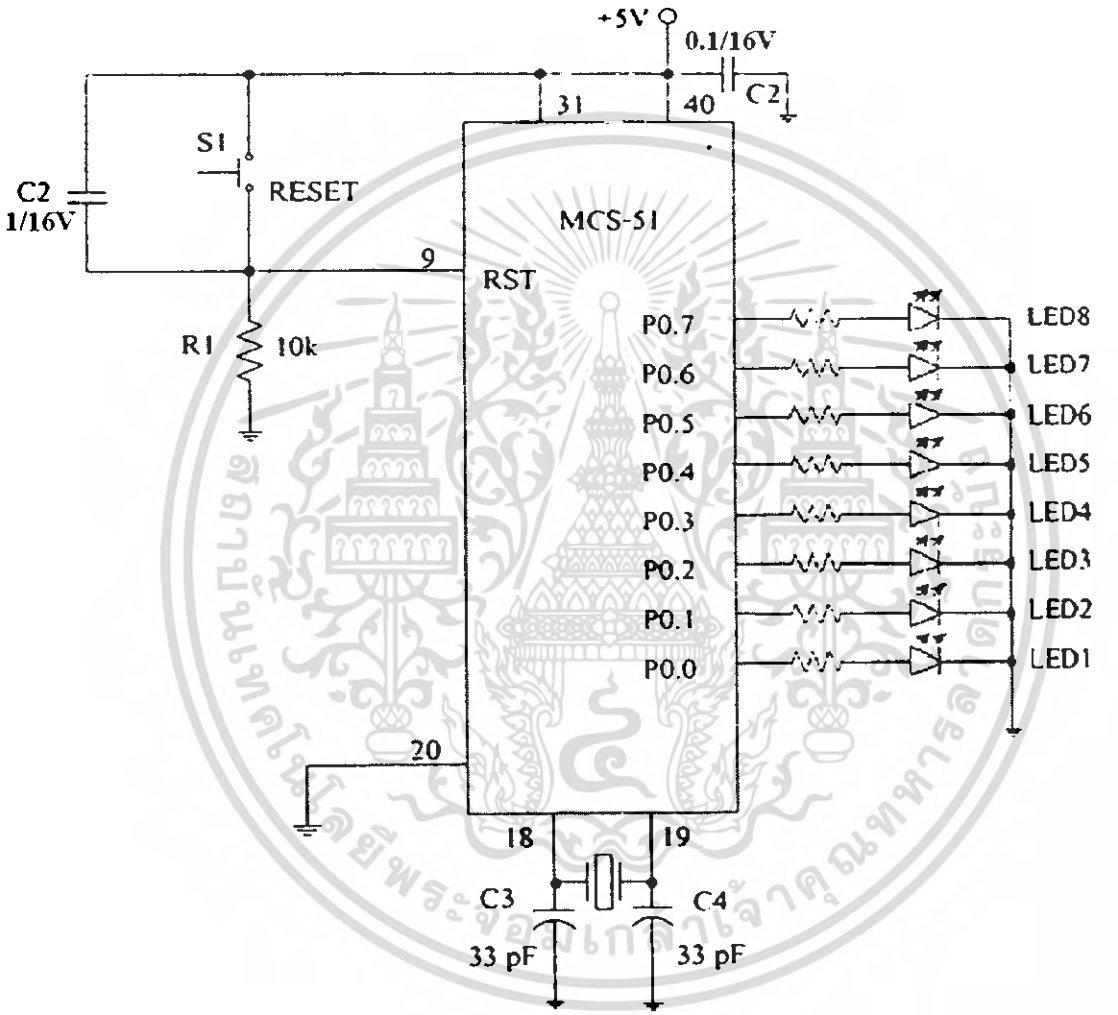
จากรูปที่ 6.1 จะต้องออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานในการอ่าน-เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด โดยในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ เป็นตัวควบคุมกระบวนการในการอ่านและเขียนข้อมูลบนตัวบัตรสมาร์ทการ์ด ซึ่งกระบวนการนี้จะมีการทำงานโดยรับค่าต่างๆ จากแป้นพิมพ์(keyboard) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามที่เราต้องการ แล้วนำค่าที่รับมานั้นไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะกระทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลบัตรสมาร์ทการ์ดตามคำสั่งที่ได้จากแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ แล้วจึงแสดงผลการทำงานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ สรุปได้ว่า หน้าที่ที่ถือว่าเป็นหน้าที่สำคัญที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานนี้ก็คือ เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทำงานของระบบทั้งหมดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีการออกแบบการทำงานเป็นส่วน ๆ คือ

6.1.1 การออกแบบเพื่อทดสอบการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์

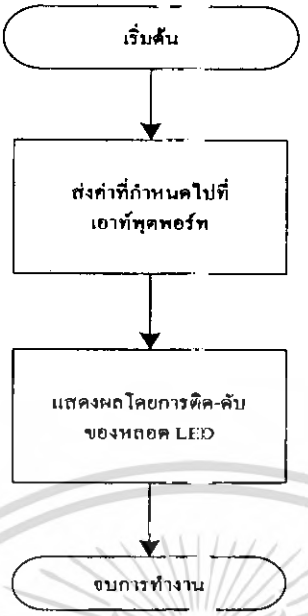
การออกแบบวงจรเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ (พอร์ท 0,พอร์ท 1, พอร์ท2) นั้นจะทำการต่อวงตนดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 วงจรเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ตเอาท์พุตในไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อต่อวงจรตามรูป 6.2 แล้วทำการทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ตเอาท์พุตตามแผนผังที่ได้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

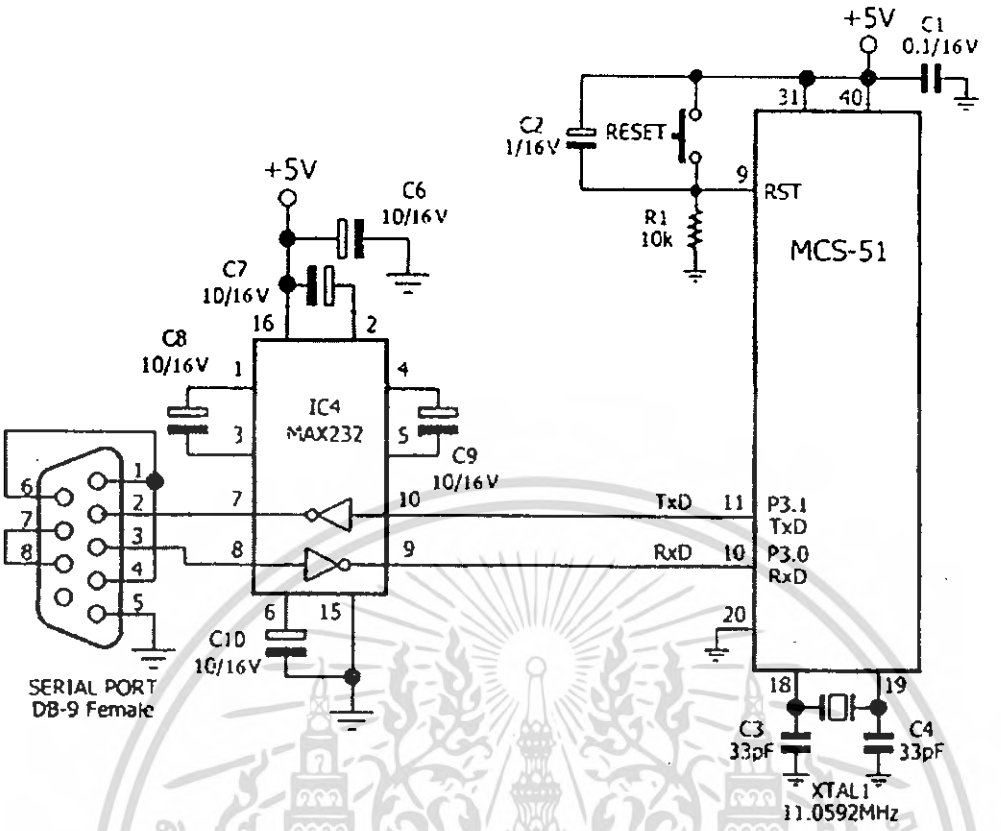


รูปที่ 6.3 แผนผังในการทดลองการทำงานของพอร์ตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์

6.1.2 การออกแบบการการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232

การออกแบบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมนั้น จะต้องทำการออกแบบวงจรการทำงาน โดยก่อนที่จะส่งข้อมูลเข้าพอร์ทสื่อสารอนุกรมนั้น จะต้องทำการแปลงระดับแรงดันไฟจากทีทีแอล(TTL) ให้เป็นแรงดันไฟตามมาตรฐานของ RS-232 ก่อน โดยใช้ไอซีสำหรับแปลงแรงดัน เบอร์ MAX232 โดยเมื่อมีการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีขั้นตอนคือ ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ที่เป็นระดับสัญญาณ RS-232 จะเข้ามาทางขาที่13(R1IN) ของ MAX-232 โดยMAX-232 จะทำการแปลงเป็นระดับสัญญาณทีทีแอล (TTL) แล้วส่งออกทางขา 12(R1OUT) ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ขา 11(Tx) ส่วนการส่งสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ จะมีขั้นตอนคือ ข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นระดับสัญญาณทีทีแอล(TTL) ซึ่งจะถูกส่งออกทางขา 10(Rx) ของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจะไปเข้ายังขาที่ 11(T1IN) ของ MAX-232 แล้ว MAX-232 จะทำการแปลงระดับสัญญาณทีทีแอล(TTL) ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 แล้วส่งออกทางขาที่ 14(T1OUT) ของ MAX-232 ไปยังคอมพิวเตอร์ ดังวงจรในรูป

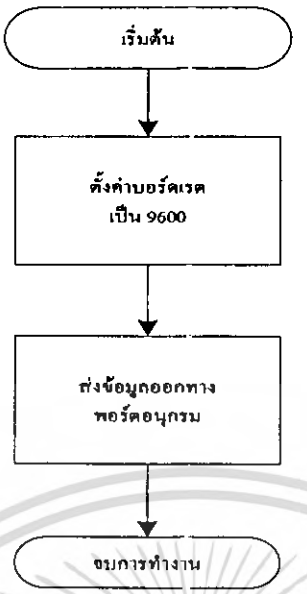
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 วงจรทดลองการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อทำการออกแบบเพื่อทดลองการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมแล้วนั้น ก็จะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบการทำงานของวงจรในรูปที่ 6.4 โดยทดลองการเขียนโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทดสอบว่าใช้งานได้จริงหรือไม่ โดยมีการออกแบบกระบวนการเขียนโปรแกรมดังแผนผังในรูปที่ 6.5

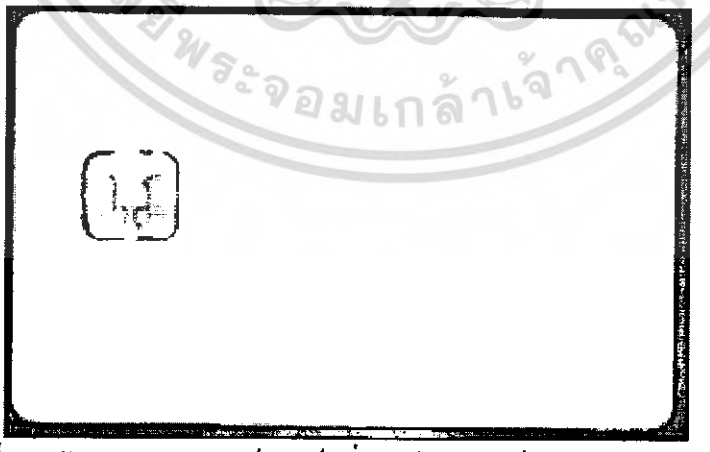
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 แผนผังการทำงานของการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม

6.2 การเลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ด

ในส่วนของการนำบัตรสมาร์ทการ์ดมาใช้งานนั้น ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ดชนิดที่มีการป้องกันหน่วยความจำ(Security Access Memory) โดยมีชิปไอซีเบอร์ SLE4442 ของบริษัทซีเมนต์ ฝังอยู่บนตัวบัตร เพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ตามที่ต้องการ การเลือกใช้บัตรเบอร์ SLE4442 ซึ่งจะมีหน่วยความจำสำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลต่างๆ อย่างเหมาะสมเพื่อใช้ในการทำโครงงานนี้เนื่องมาจาก สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์และทำการพัฒนาต่อไปในอนาคตได้ โดยบัตรสมาร์ทการ์ดที่มีชิพไอซีเบอร์ SLE4442 บรรจุอยู่นั้นจะมีลักษณะดังรูป

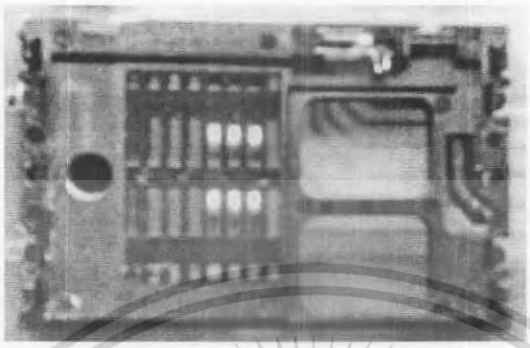


รูปที่ 6.6 ลักษณะบัตรสมาร์ทการ์ดที่มีชิพไอซีเบอร์ SLE4442 บรรจุอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

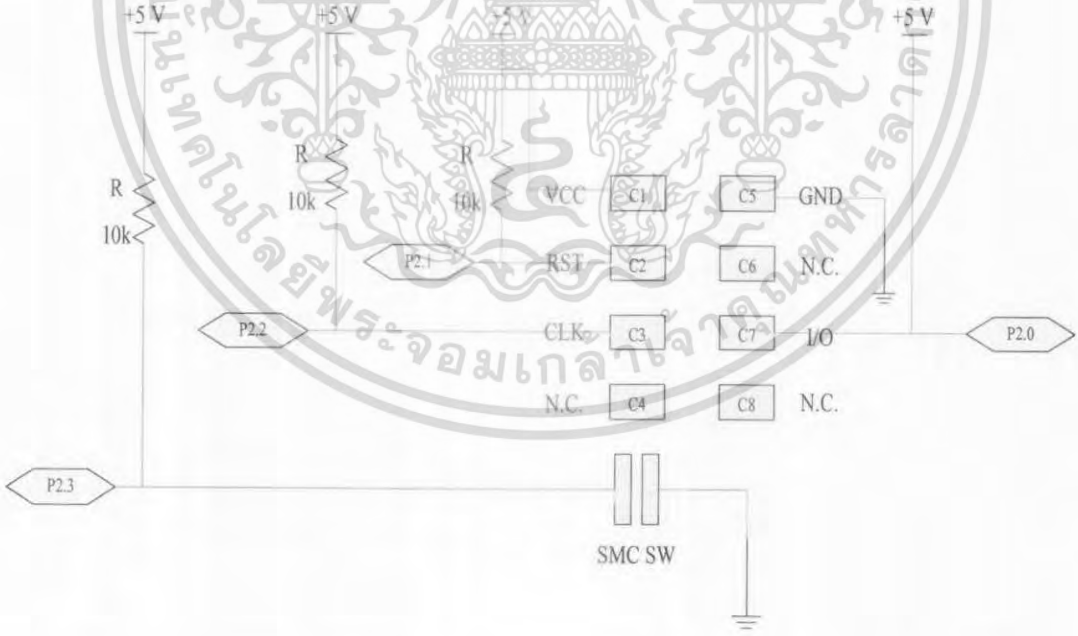
6.3 การเลือกใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อหน้าสัมผัสของบัตรสมาร์ทการ์ดและการเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อเข้ากับหน้าสัมผัสของบัตรนั้นจะใช้ซ็อกเกตในการเชื่อมต่อ เพื่ออ่านข้อมูล หรือทำการถ่ายโอนข้อมูลลงบัตร โดยซ็อกเกตที่ใช้มีลักษณะดังรูป



รูปที่ 6.7 ลักษณะซ็อกเกตที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด

วงจรที่ออกแบบสำหรับการใช้งานของซ็อกเกตเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับหน้าสัมผัสของบัตร จะมีการออกแบบวงจรดังรูปที่ 6.8



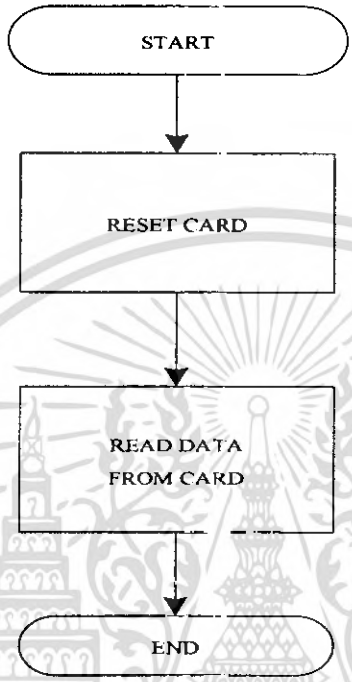
รูปที่ 6.8 วงจรการใช้งานของซ็อกเกตที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสของบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 วิธีการออกแบบกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด

6.4.1 การออกแบบกระบวนการอ่านข้อมูลภายในบัตรสมาร์ทการ์ด

กระบวนการออกแบบโปรแกรม เพื่อให้สามารถอ่านข้อมูลภายในบัตรสมาร์ทการ์ดได้นั้น จะมีการออกแบบแผนผังการทำงาน(Flow Chart) ดังรูป

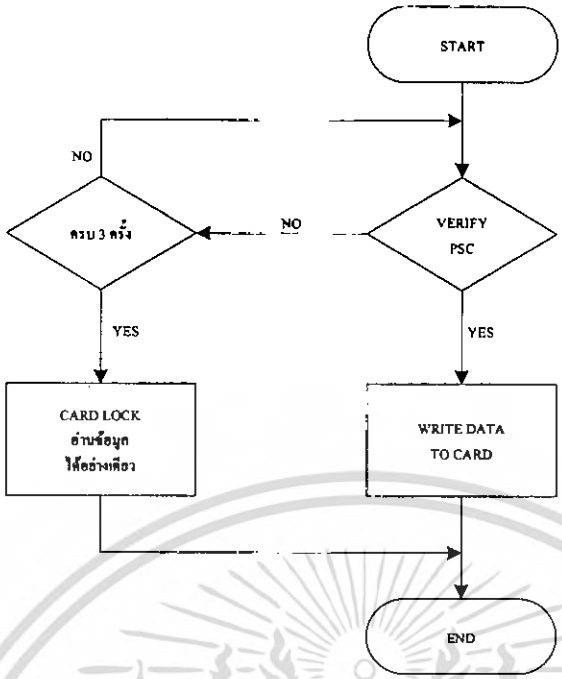


รูปที่ 6.9 แผนผังการทำงานของโปรแกรมอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด

6.4.2 การออกแบบกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด

กระบวนการออกแบบโปรแกรม เพื่อให้สามารถเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ดได้นั้น จะมีการออกแบบแผนผังการทำงาน(Flow Chart) ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

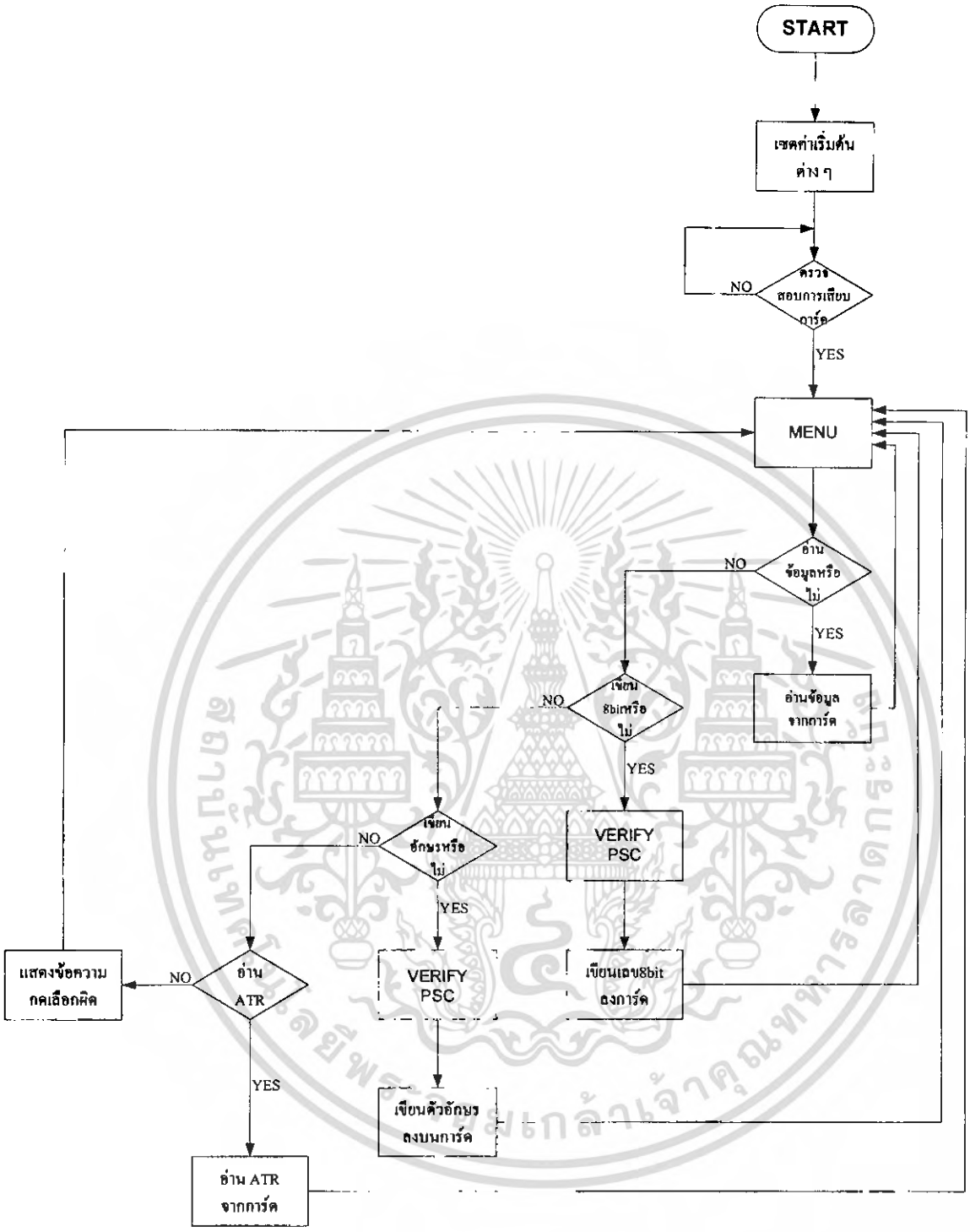


รูปที่ 6.10 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ด

6.4.3 การออกแบบกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด

กระบวนการออกแบบโปรแกรม เพื่อให้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลบัตรสมาร์ทการ์ดได้นั้น จะมีการออกแบบแผนผังการทำงาน(Flow Chart) ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.11 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเพื่อเขียนและอ่านข้อมูลบัตรสมาร์ทการ์ด

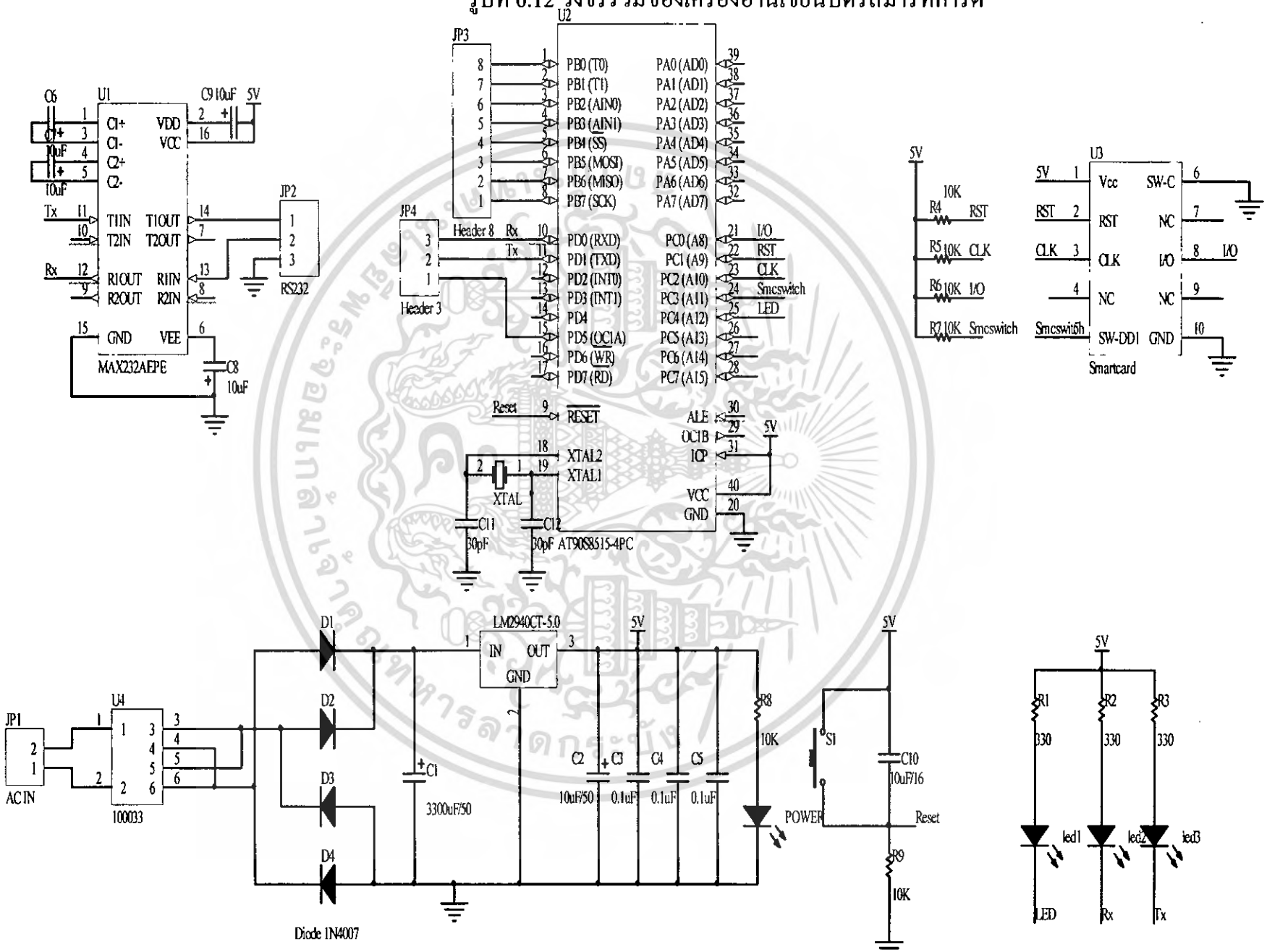
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 การออกแบบวงจรรวมของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด

เมื่อได้วงจรในส่วนต่างๆ ตามที่ออกแบบไว้และส่วนของโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดแล้ว ทำการรวมวงจรทุกส่วนเข้าด้วยกัน จะทำให้ได้วงจรรวมของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด โดยจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดในวงจร โดยจะมีวงจรดังรูป

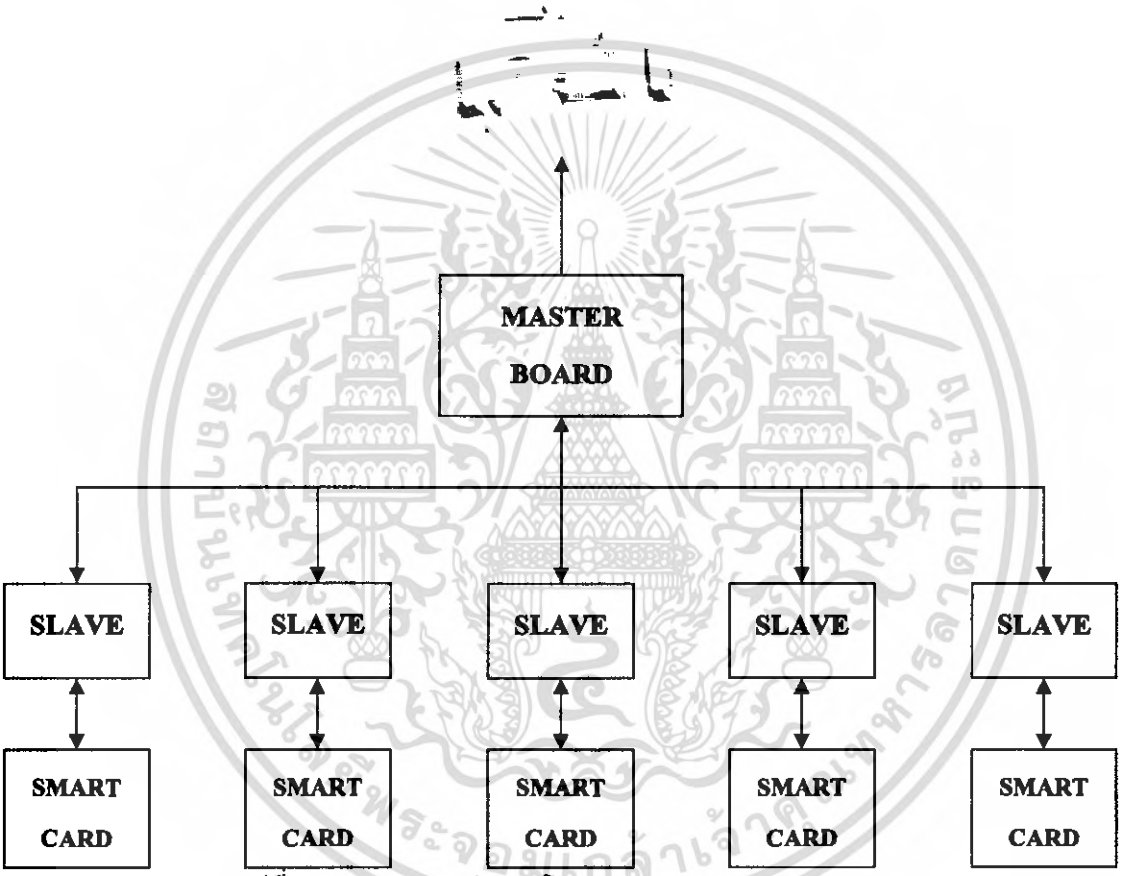
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.12 วงจรรวมของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด



การออกแบบระบบ Access Control โดยใช้สมาร์ทการ์ด

ในการนำสมาร์ทการ์ดมาใช้ในระบบ access control นั้นจะมีส่วนเพิ่มเติมจากส่วนของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ โดยเครื่องอ่านบัตรสามาร์ทการ์ด(Slave)แต่ละตัวจะไม่ได้ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่จะทำการส่งข้อมูลไปยังแผงวงจรของตัวแม่(Master)ก่อนแล้วจากนั้น แผงวงจรตัวแม่จึงจะทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยหลักการทำงานโดยรวมของระบบแสดงไว้ดังรูป ต้านล่าง



รูปที่ 6.13 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบ Access Control

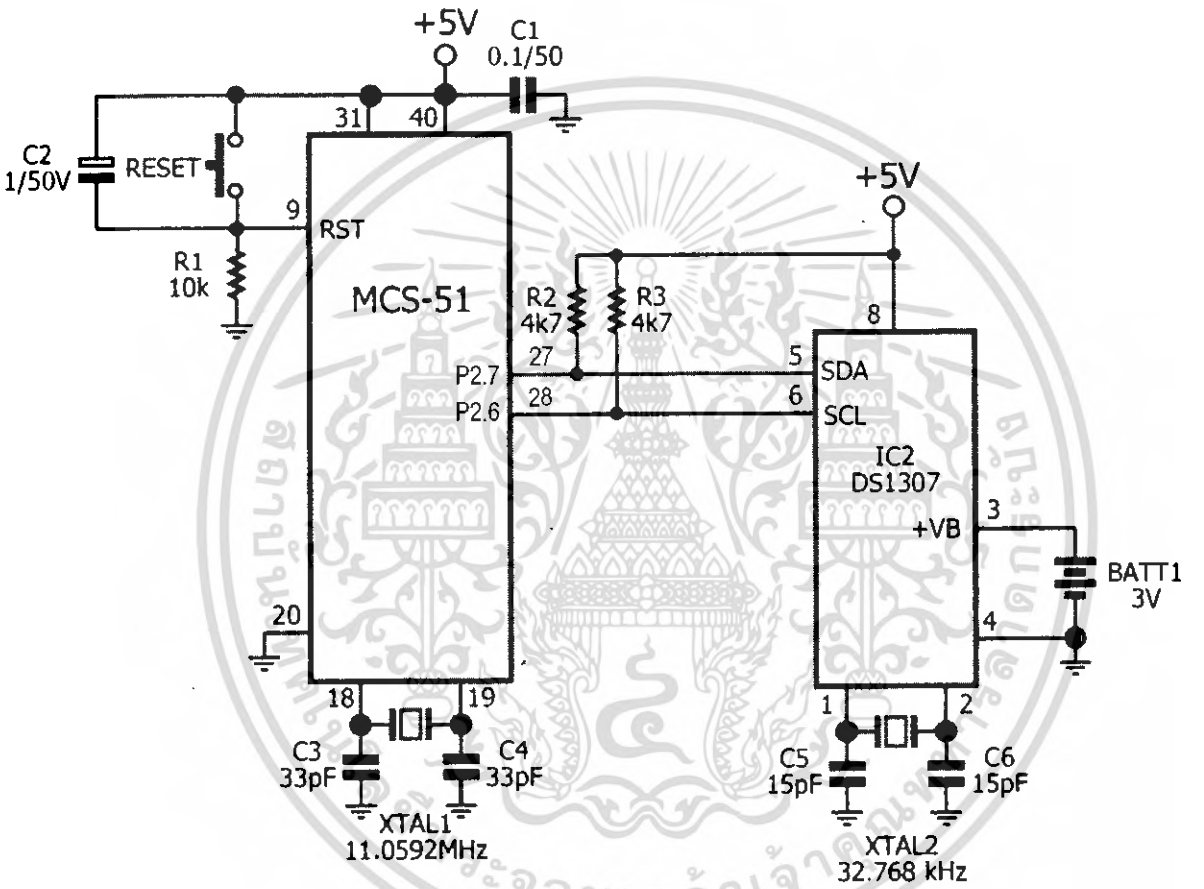
วงจรควบคุมการเปิดประตู(SLAVE)

ในส่วนของวงจรที่ควบคุมการเปิดประตูนั้นจะมีส่วนประกอบต่าง ๆ เหมือนกับเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด แต่จะมีส่วนของ หน่วยความจำภายนอก(Eeprom) , Real Time Clock , การติดต่อผ่านRS-485 และการแสดงผลผ่านทางจอ LCD เพิ่มเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6 การออกแบบวงจรติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ ไอซีเรียลไทม์คล็อก DS 1307

การออกแบบวงจรเพื่อทดลองการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือเรียลไทม์คล็อก โดย DS1307 นั้นมีหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นค่าของเวลาที่ละเอียดถึงหลักวินาที,นาที,ชั่วโมง วันที่,เดือน และปี ซึ่งใช้การติดต่อแบบระบบบัส I^2C และต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำรองให้ด้วย ส่วนของวงจรจะมีการต่อดังรูป

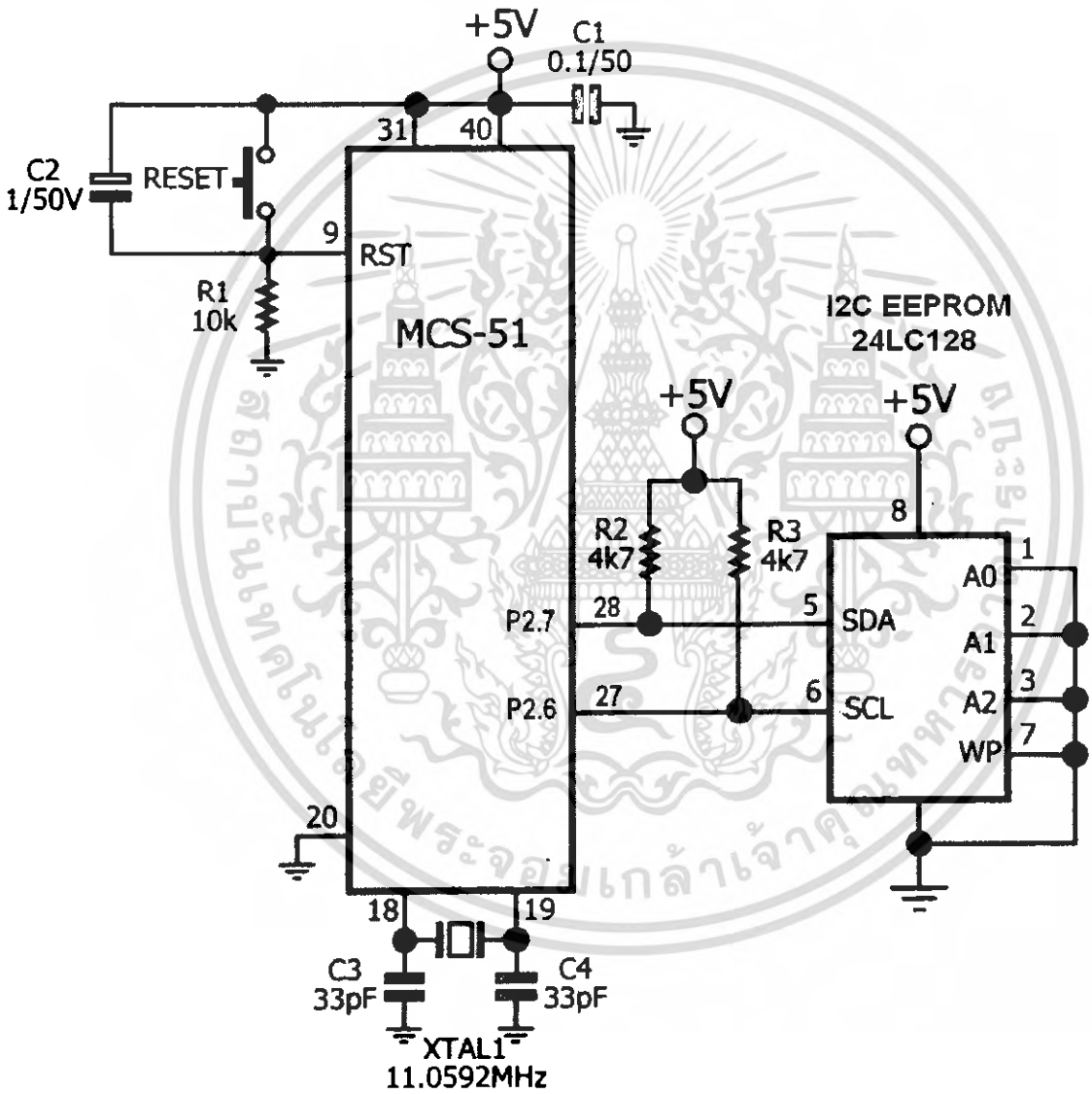


รูปที่ 6.14 วงจรแสดงการเชื่อมต่อ MCS-51 กับ DS1307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 การออกแบบวงจรติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำอีอีพรอม

ในส่วนของวงจรตัวลูกนั้นจำเป็นจะต้องมีการเก็บข้อมูลของพนักงานที่เข้าใช้ห้องไว้ก่อนที่ตัวแม่จะทำการสแกนเพื่อรับข้อมูลส่งต่อให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเข้าสู่ฐานข้อมูลต่อไป เนื่องจากหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่ค่อนข้างจำกัด จึงต้องมีการเพิ่มหน่วยความจำจากภายนอกเข้าไปด้วย ซึ่งได้เลือกใช้ EEPROM เบอร์24LC128 ที่มีหน่วยความจำสูงถึง 16kByte โดยการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกนี้สามารถทำได้รังรูปที่ 6.15

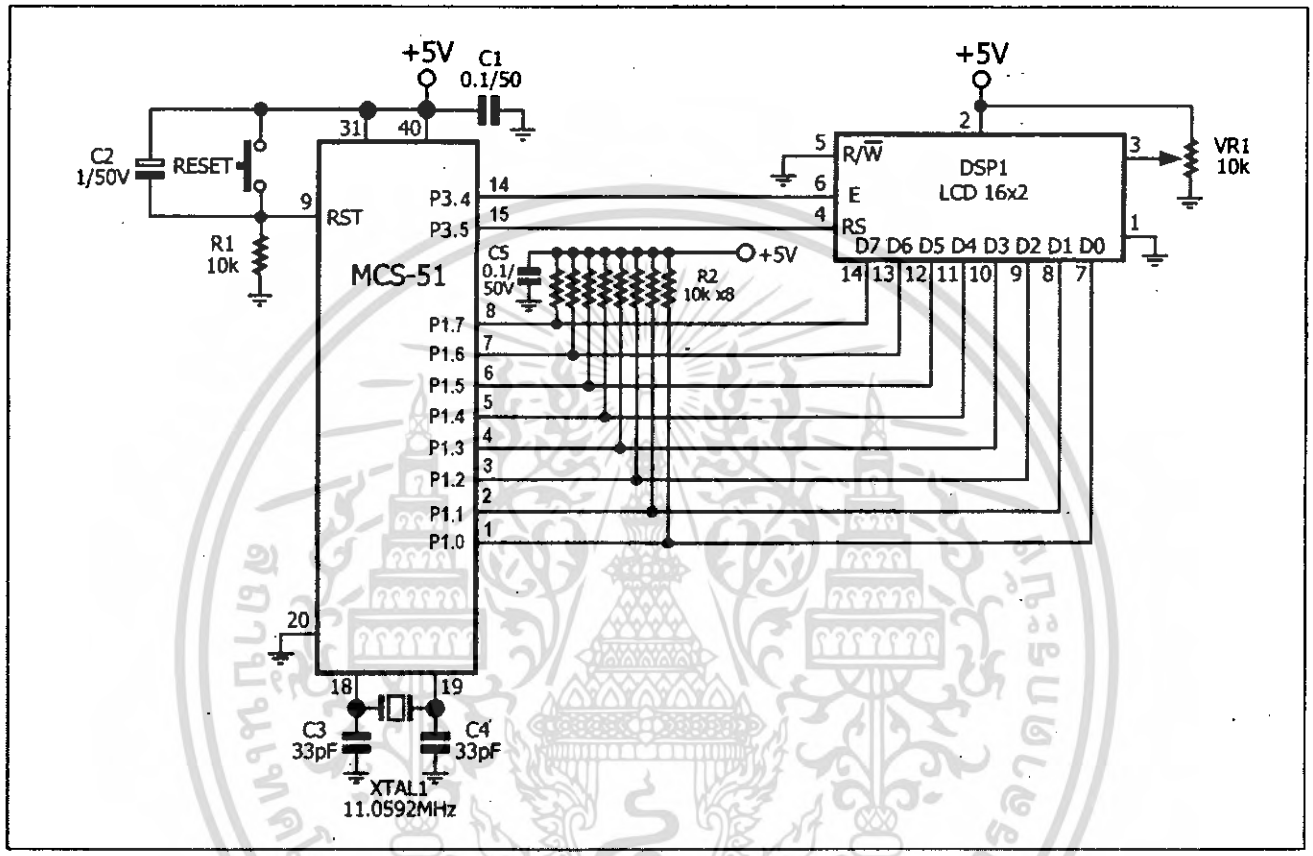


รูปที่ 6.15 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง MCS-51 กับ 24LC128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.8 การออกแบบวงจรแสดงผลทางจอ LCD

ในระบบนี้จอ LCD มีหน้าที่แสดงผลวันที่ , เวลา และแสดงข้อความเตือนหากเกิดข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลหรือเมื่อข้อมูลใน Eeprom เต็ม โดยวงจรเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และ LCD เป็นดังรูปข้างล่าง

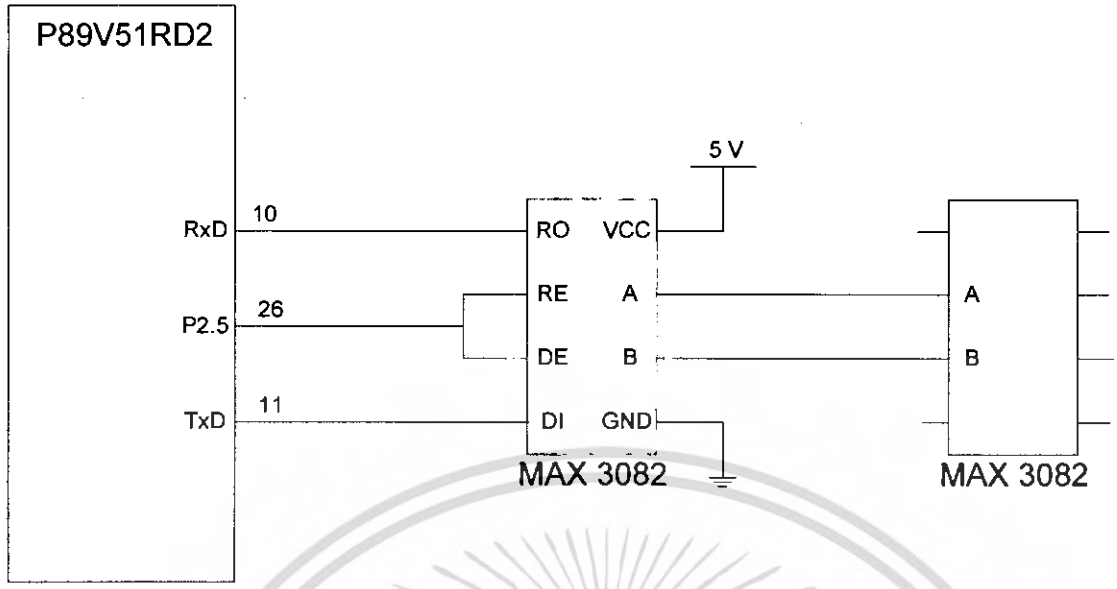


รูปที่ 6.16 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง MCS-51 กับจอLCD

6.9 การออกแบบการสื่อสารผ่านมาตรฐาน RS-485

เนื่องจากในการสร้างระบบ access control จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสาร ส่งข้อมูลกันระหว่างข้อมูลกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูก กับ ตัวแม่ที่เป็นศูนย์กลางส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ จึงต้องมีการติดต่อสื่อสารกันเป็นระบบ network ซึ่งในการจะส่งข้อมูลถึงกันโดยมารตฐาน RS-485 ได้ต้องมีไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณก่อนที่จะทำการส่งข้อมูล ซึ่งจะทำการแปลงข้อมูลที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นสัญญาณในรูปของระดับแรงดันที่ต่างกันของสายสัญญาณเพียง 2 สายโดยเราจะใช้ไอซีเบอร์ MAX3082 เป็นตัวแปลงสัญญาณ ซึ่งวงจรระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และ MAX3082 เป็นดังรูป

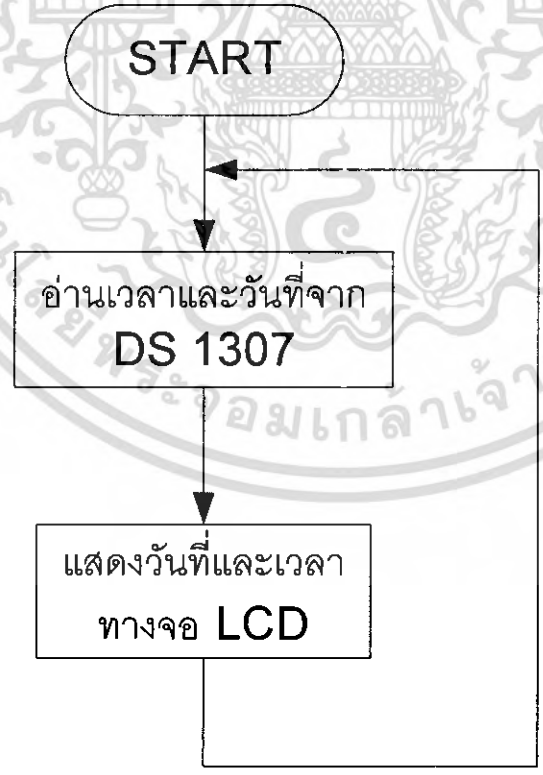
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.17 วงจรติดต่อระหว่าง MAX3082 กับ MCS-51

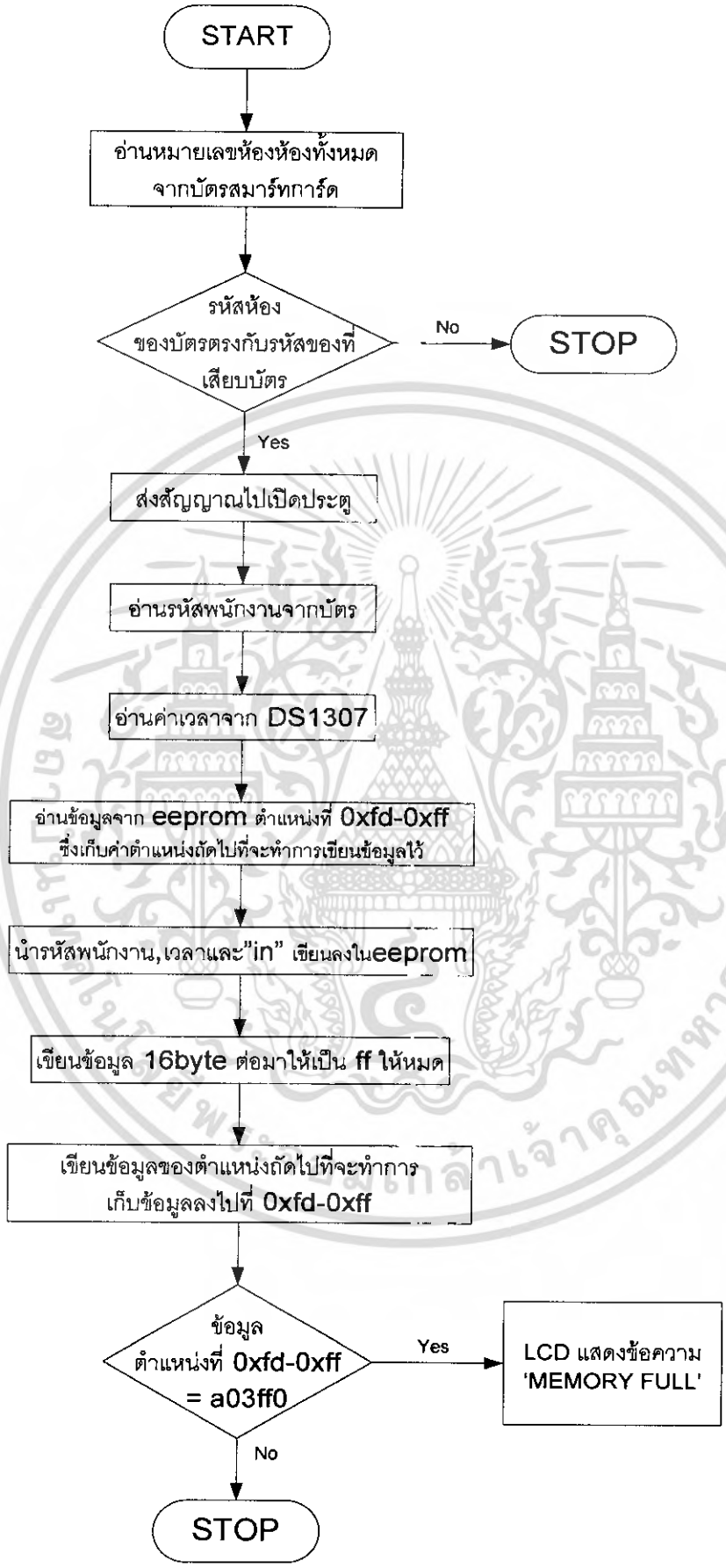
6.10 การออกแบบกระบวนการทำงานของวงจรควบคุมการเปิดประตู(SLAVE)

กระบวนการออกแบบโปรแกรม เพื่อให้สามารถอ่านข้อมูลภายในบัตรสมาร์ทการ์ดและนำมาใช้ในการตรวจสอบการเข้าออกนั้น จะมีการออกแบบแผนผังการทำงาน(Flow Chart) ดังรูป



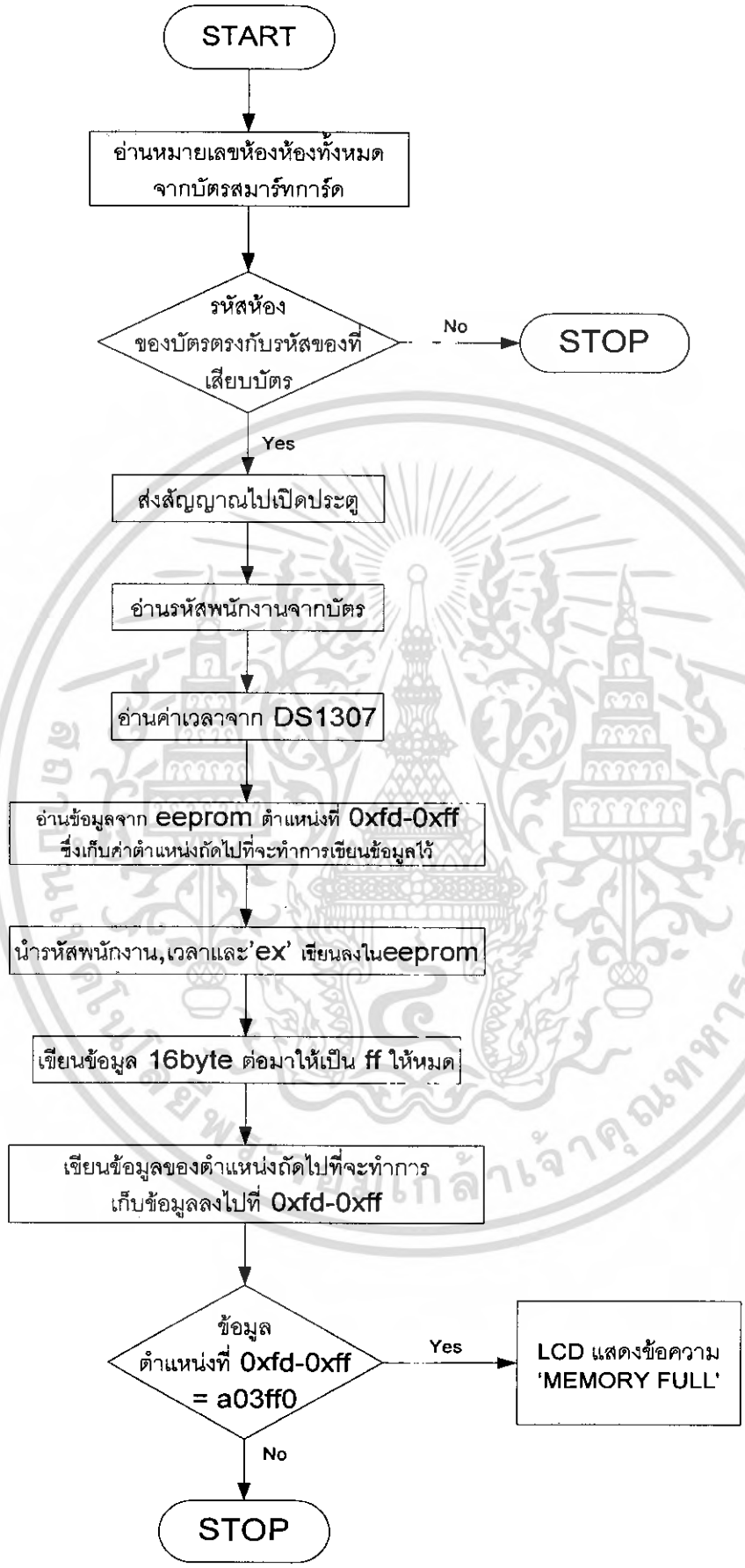
รูปที่ 6.18 การทำงานของ SLAVE ในสภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



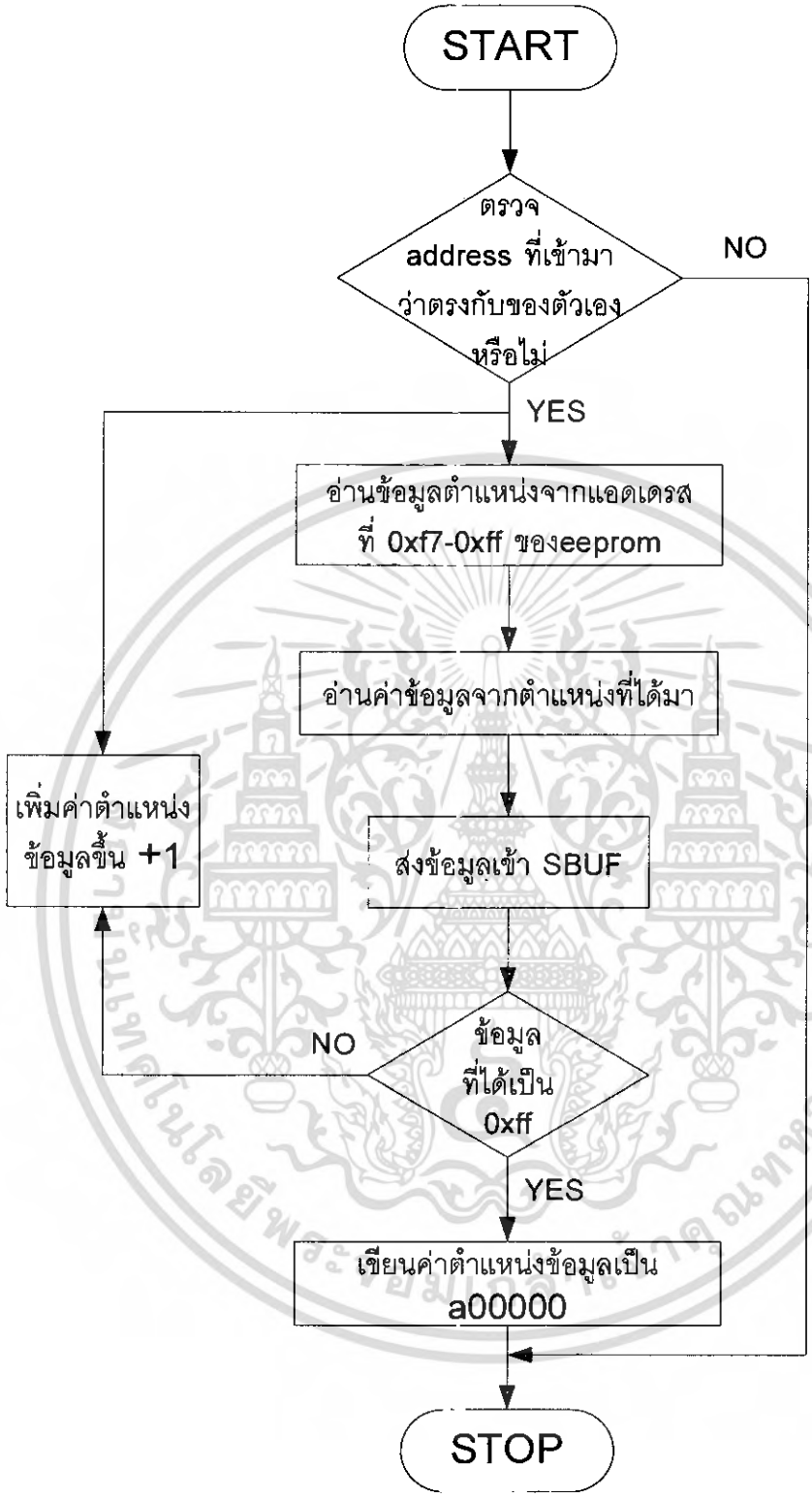
รูปที่ 6.19 การทำงานของSLAVE เมื่อเกิดอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา $\overline{INT}$ 0(เข้าห้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.20 การทำงานของSLAVE เมื่อเกิดอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา$\overline{\text{INT}}$ 1(ออกจากห้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



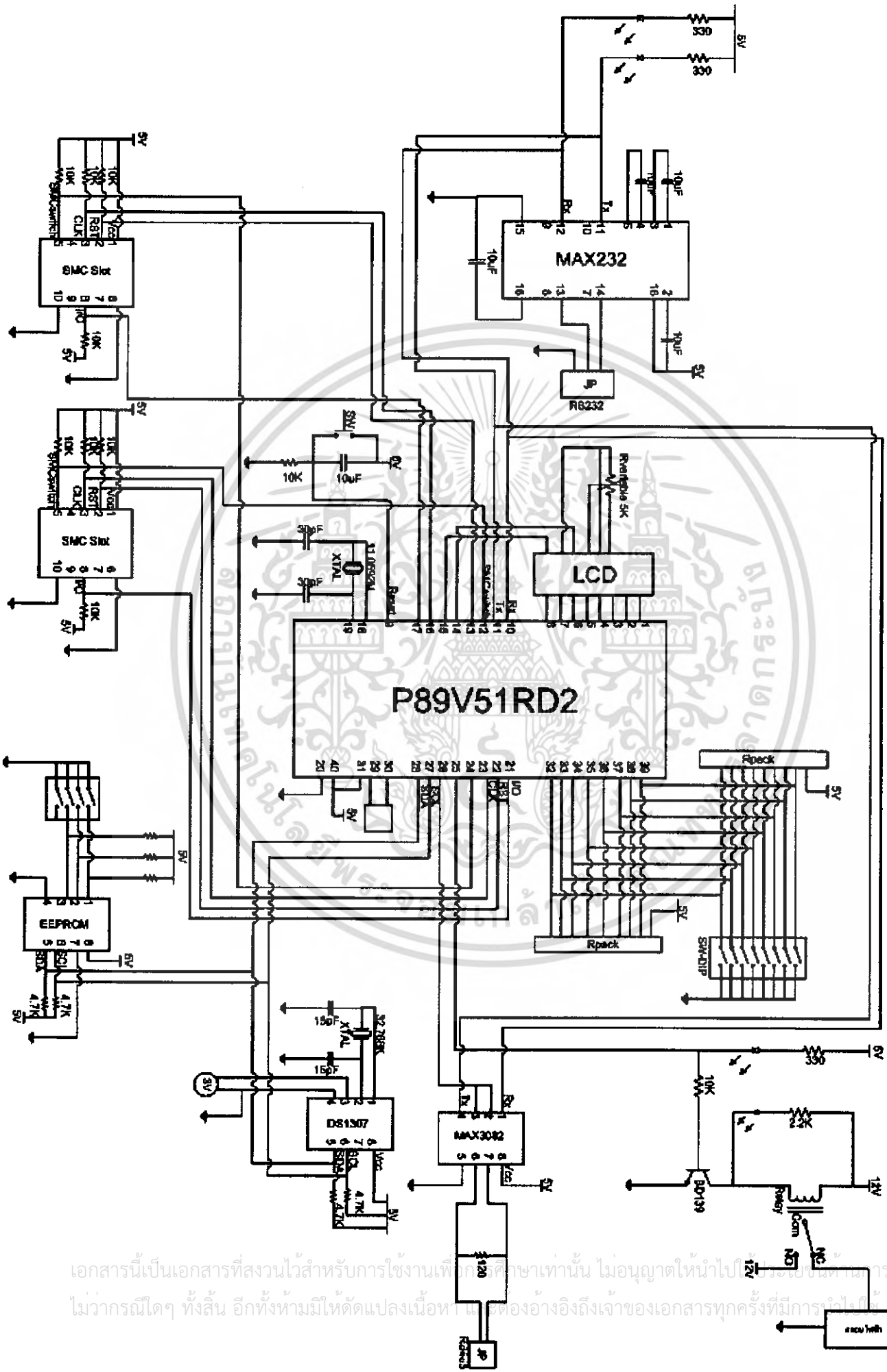
รูปที่ 6.21 การทำงานของ SLAVE เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์จาก serial port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.11 การออกแบบวงจรรวมของวงจรควบคุมการเปิดประตู(SLAVE)

เมื่อได้วงจรในส่วนต่างๆ ตามที่ออกแบบไว้และส่วนของโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตรวจสอบและเก็บข้อมูลจากบัตรเรียบร้อยแล้ว ทำการรวมวงจรทุกส่วนเข้าด้วยกัน จะทำให้ได้วงจรรวมของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด โดยจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดในวงจร โดยจะมีวงจรดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.22 วงจรรวมของSLAVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแม่ข่ายรับข้อมูล(MASTER)

ในส่วนของวงจร MASTER นั้นจะมีหน้าที่คอยทำการสแกนเพื่อรับข้อมูลมาจากตัวลูก โดยการสแกนข้อมูลนั้น จะกระทำเมื่อถึงระยะเวลาที่ทำการโปรแกรมไว้ โดยปกติตัวแม่จะทำการอ่านเวลาจาก DS1307 อยู่ตลอดเวลา เมื่อถึงเวลาที่กำการโปรแกรมไว้ก็จะทำการส่งรหัสประจำตัวของตัวลูกที่ต้องการอ่านข้อมูลออกไป เมื่อตัวลูกตัวนั้นได้รับรหัสประจำตัวของตนก็จะทำการอ่านข้อมูลจาก EEPROM แล้วส่งต่อมาให้ตัวแม่ ตัวแม่ก็จะเป็นตัวกลางการส่งผ่านข้อมูลเข้าไปที่คอมพิวเตอร์เพื่อนำไป ประมวลผลและเก็บไว้ในฐานข้อมูลต่อไป

6.12 การออกแบบกระบวนการทำงานของวงจรแม่ข่ายรับข้อมูล(MASTER)

หลักการทำงานโดยรวมจะเป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.23 หลักการทำงานของ MASTER

6.13 การออกแบบวงจรรวมของวงจรแม่ข่ายรับข้อมูล(MASTER)

ในส่วนของวงจรก็จะประกอบด้วยส่วนต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วโดยจะมีส่วนประกอบดังนี้คือ 1.ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2

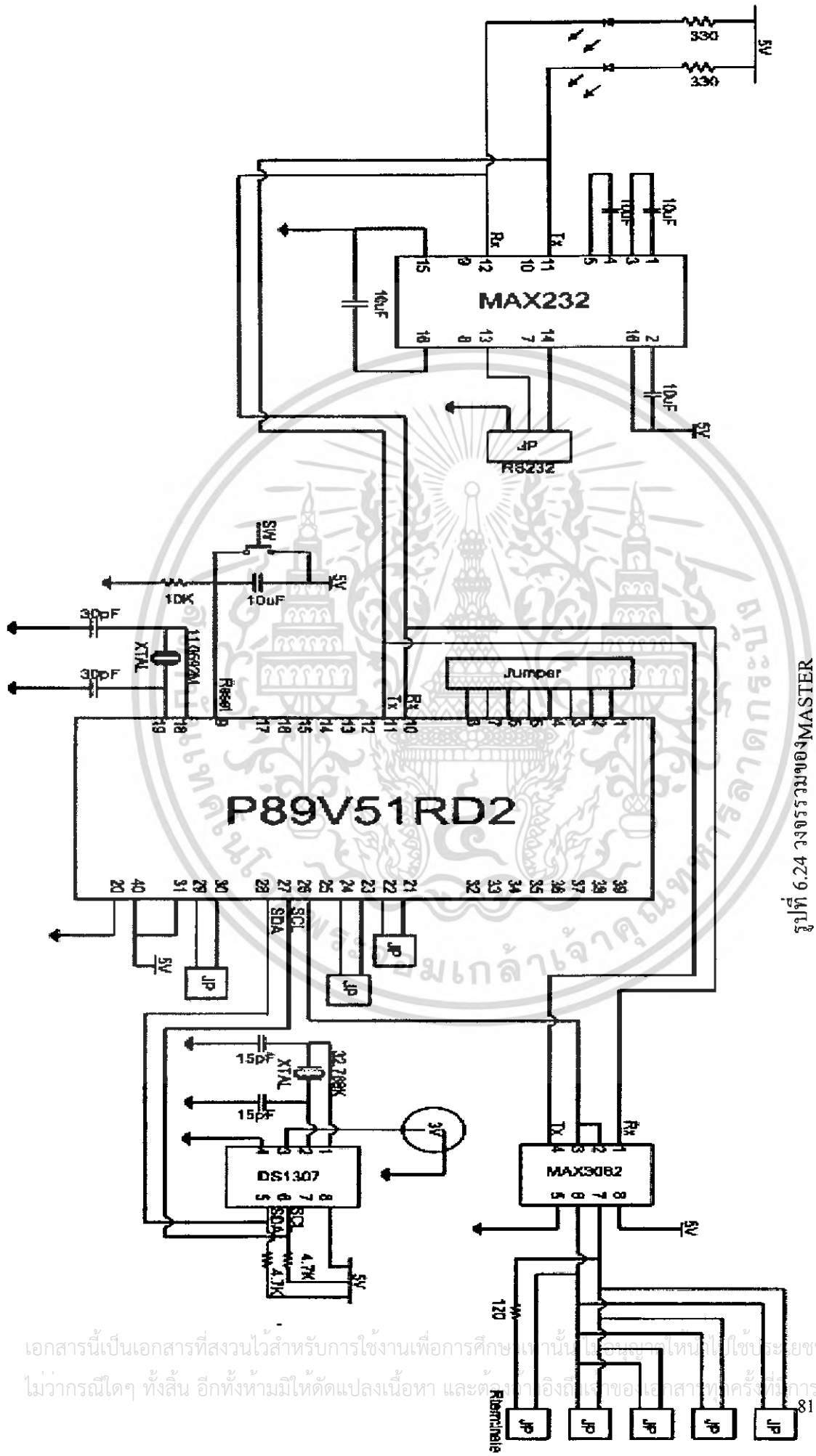
2. DS1307 (RTC)

3. MAX232

4. MAX3082

โดยเมื่อนำส่วนของวงจรทั้งหมดมาประกอบกันจะได้วงจรของ MASTER ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

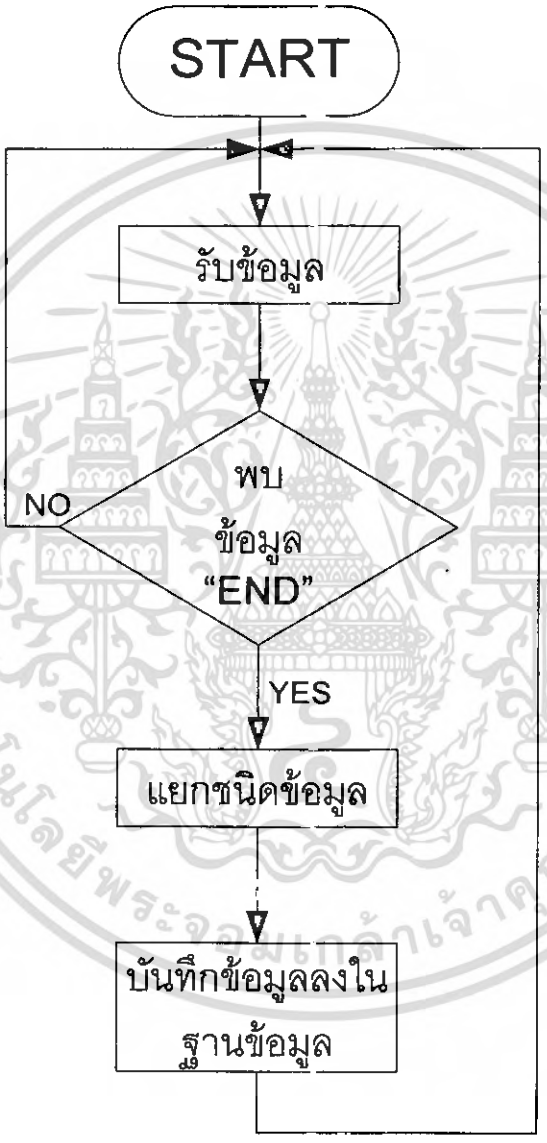


รูปที่ 6.24 วงจรรวมของMASTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบการทำงานกับฐานข้อมูล

จะใช้โปรแกรม Visual Basic ในการจัดการกับข้อมูล ที่รับมาจาก MASTER โดยจะทำหน้าที่ในการแยกชนิดของข้อมูลว่าเป็นเวลา รหัสพนักงาน หรือข้อความแสดงการเข้าหรือออก และจะทำการเปรียบเทียบรหัสพนักงานกับข้อมูลพนักงานเพื่อให้สามารถทราบได้ว่าเป็นพนักงานคนใด หลักการทำงานโดยรวมเป็นดังรูป



รูปที่ 6.25 หลักการทำงานของโปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

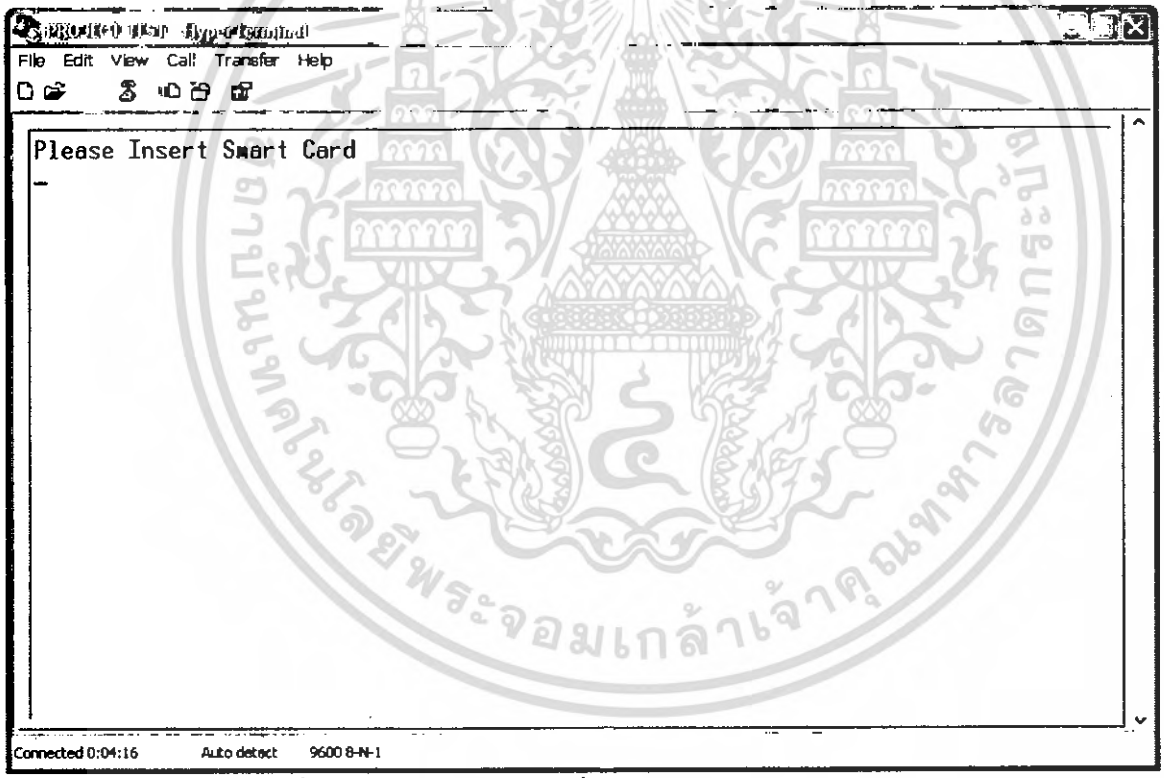
บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองการทำงานของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ตการ์ด เพื่อทดสอบว่าผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามการออกแบบที่วางแผนไว้หรือไม่ โดยจะทำการทดสอบโดยการใช้งานโปรแกรมผ่านทางไฮเปอร์เทอร์มินอล

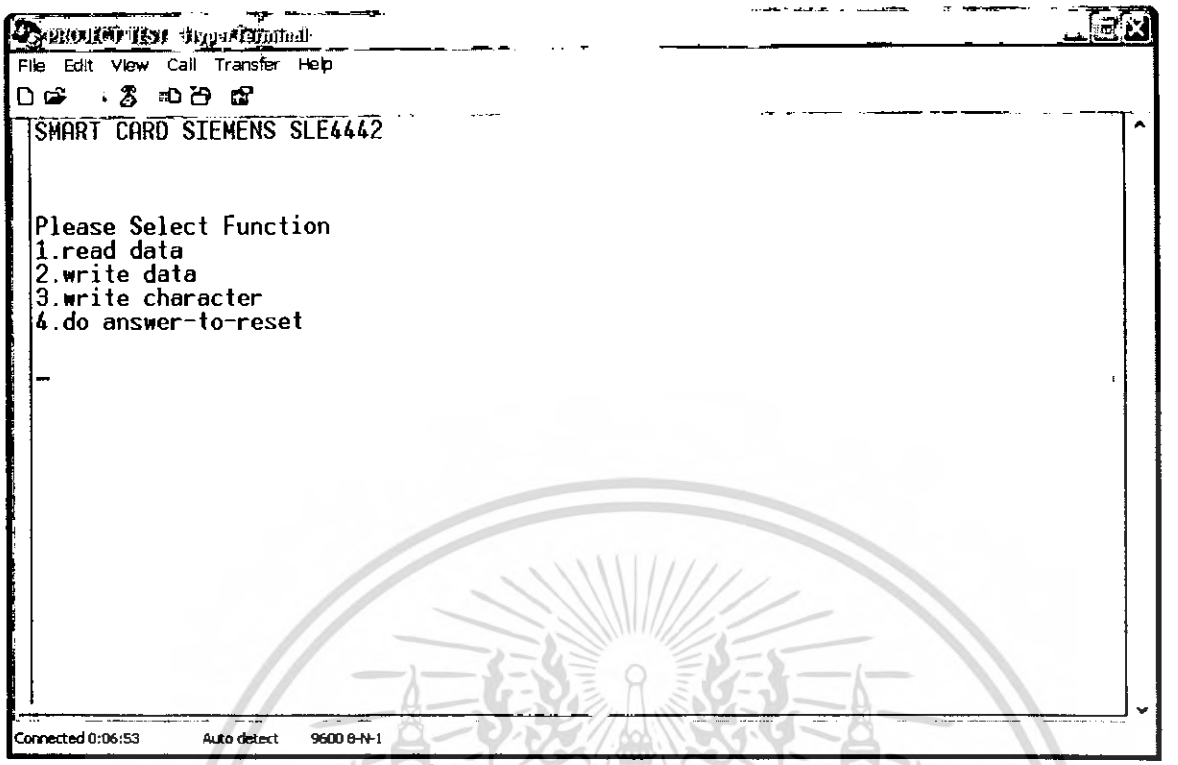
7.1 ทดสอบการเริ่มต้นทำงานของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ตการ์ด

เมื่อเริ่มต้นทำงาน บนหน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏหน้าต่างดังรูป 7.1 และจากการออกแบบให้โปรแกรมเริ่มทำงานเมื่อมีบัตรเสียบอยู่เท่านั้น ทำให้เมื่อเสียบบัตรสมาร์ทการ์ดเข้าเครื่อง แล้วโปรแกรมที่ออกแบบไว้จึงจะเข้าสู่หน้าจอแสดงเมนูเพื่อเลือกฟังก์ชันการทำงานดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.1 หน้าจอการทำงานเมื่อรอรับบัตรสมาร์ตการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



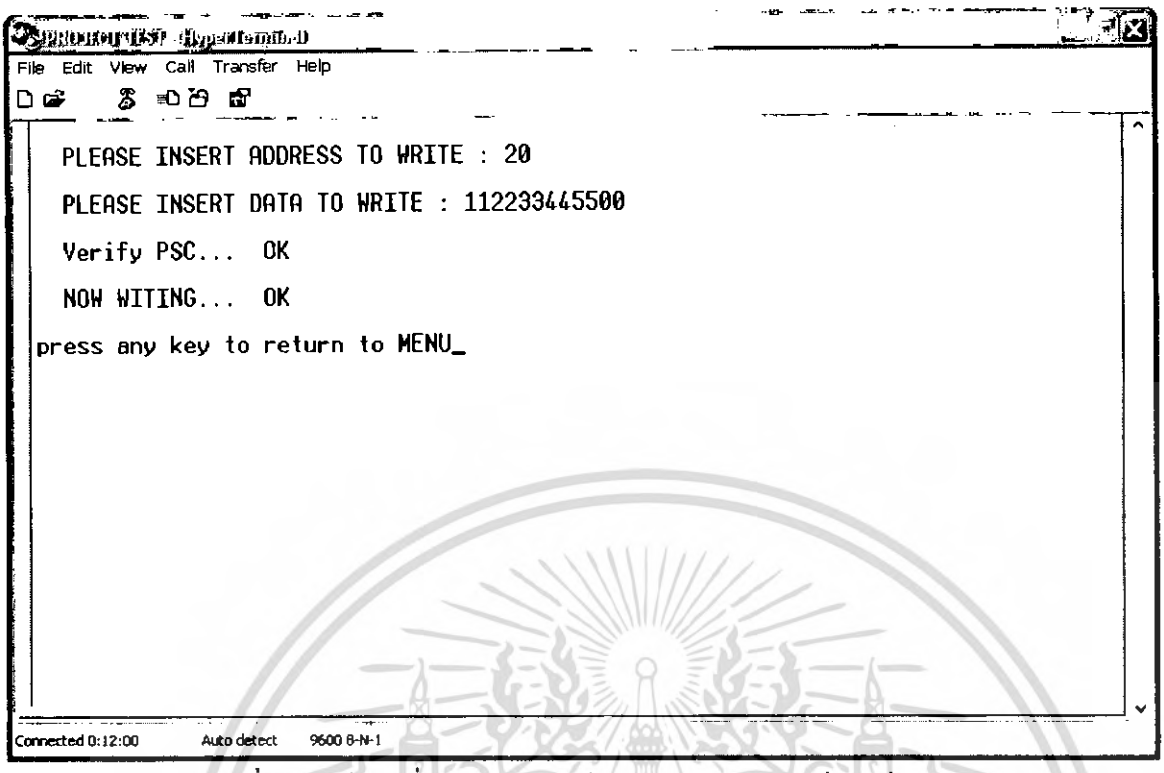
รูปที่ 7.2 หน้าจอเมนูการทำงาน

ซึ่งเมนูการทำงานจะประกอบด้วยกระบวนการทำงาน 4 กระบวนการ คือ กระบวนการอ่านข้อมูล,กระบวนการเขียนข้อมูลเป็นเลขฐาน16 ,กระบวนการเขียนข้อมูลเป็นตัวหนังสือ , กระบวนการอ่านข้อมูลจากการทำATR

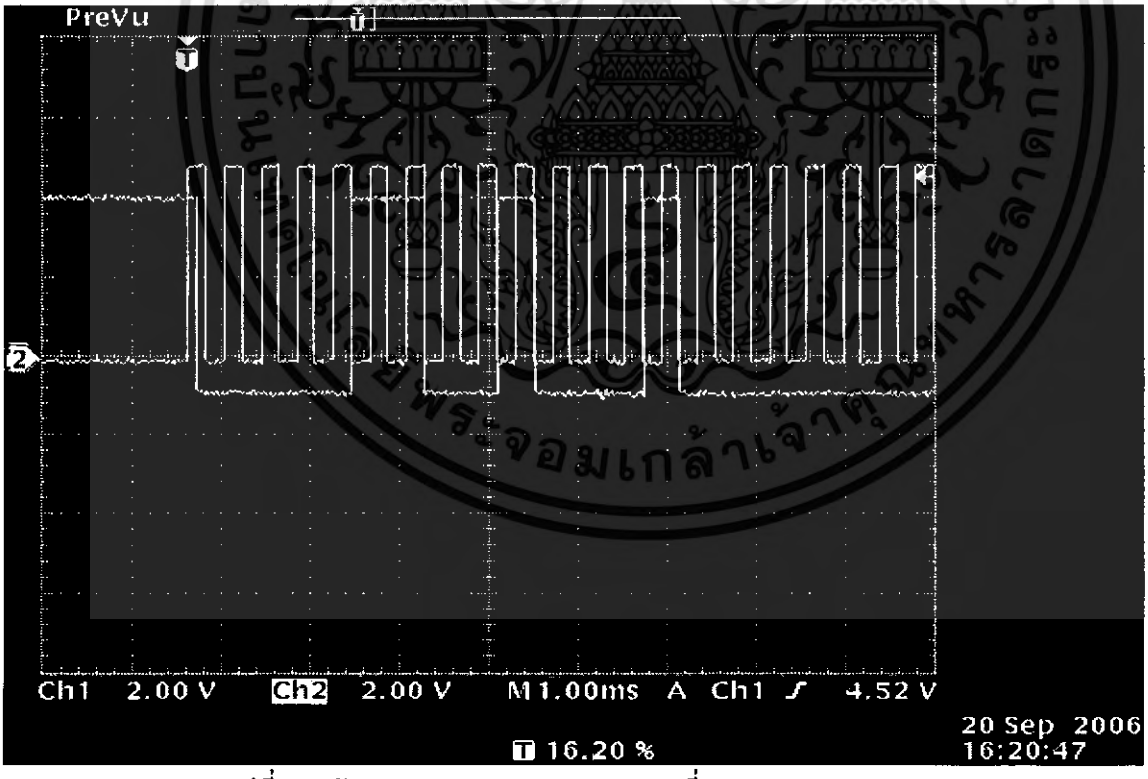
7.2 ทดสอบกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด

ในกระบวนการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ดจะต้องมีการกำหนด แอดเดรสของบัตรสมาร์ทการ์ด ที่จะทำการเก็บข้อมูล และต้องทำการป้อนข้อมูลที่ต้องการเก็บลงบนบัตรสมาร์ทการ์ดดังรูปที่7.3 โดยในการทดลองได้กำหนดตำแหน่งของแอดเดรสไว้ที่ตำแหน่ง 20H ซึ่งก็คือตำแหน่ง 33 นั่นเอง โดยได้ป้อนค่าเป็นเลขฐาน16 คือ 11 22 33 44 55 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

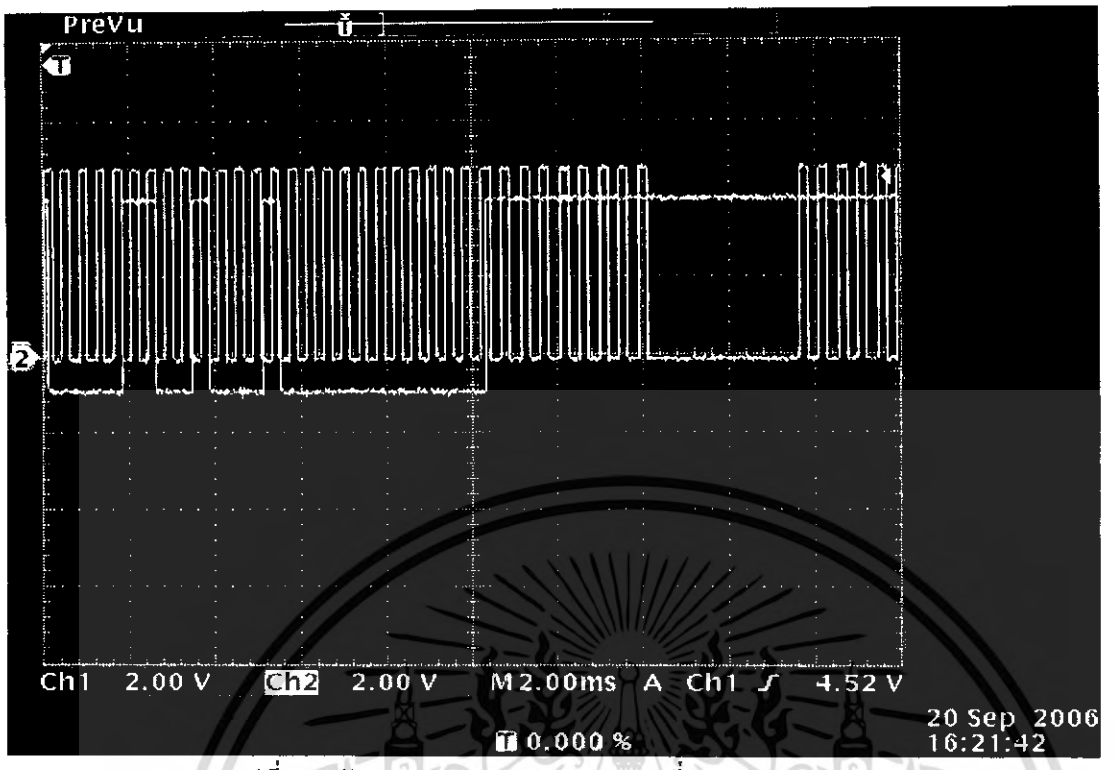


รูปที่ 7.3 หน้าจอเมื่อทำการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด

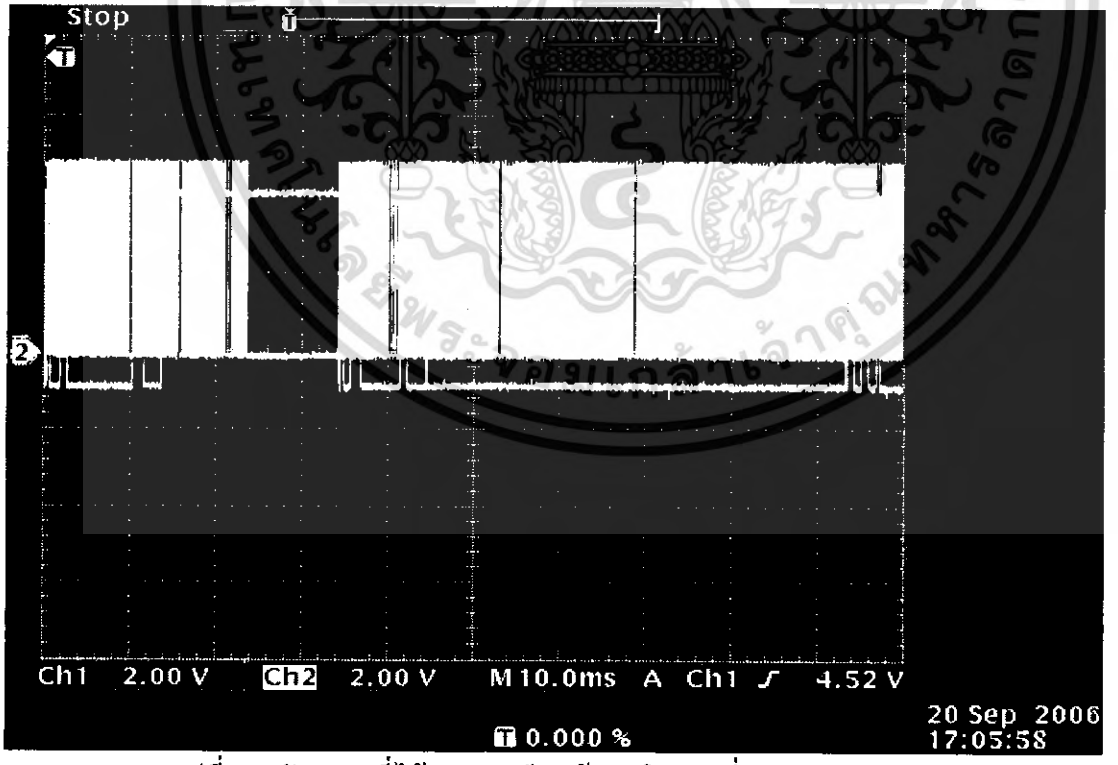


รูปที่ 7.4 สัญญาณ STARTCOMMAND ที่ขา I/O และ CLK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

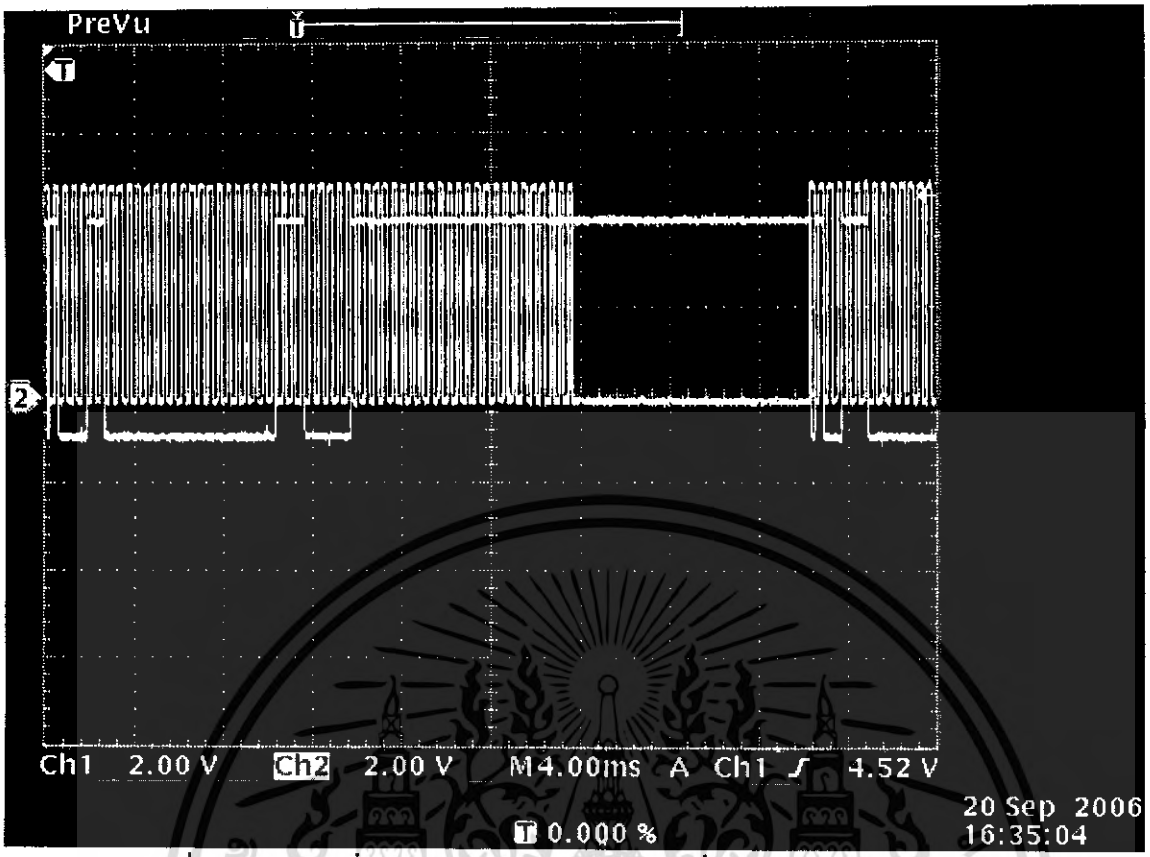


รูปที่ 7.5 สัญญาณ STOPCOMMAND ที่ขา I/O และ CLK



รูปที่ 7.6 สัญญาณที่ได้จากการเขียนข้อมูลโดยวัดที่ขา I/O และ CLK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

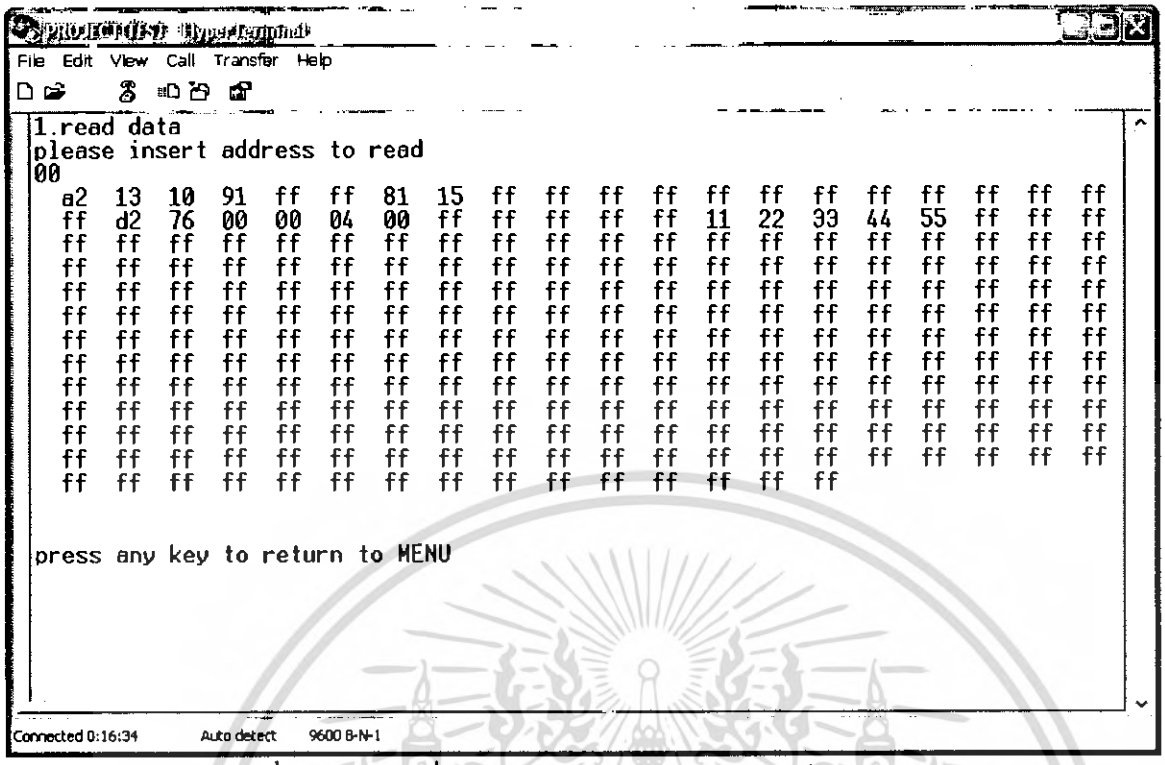


รูปที่ 7.7 สัญญาณที่ได้จากการเขียนข้อมูลโดยวัดที่ขา I/O และ CLK(ขยาย)

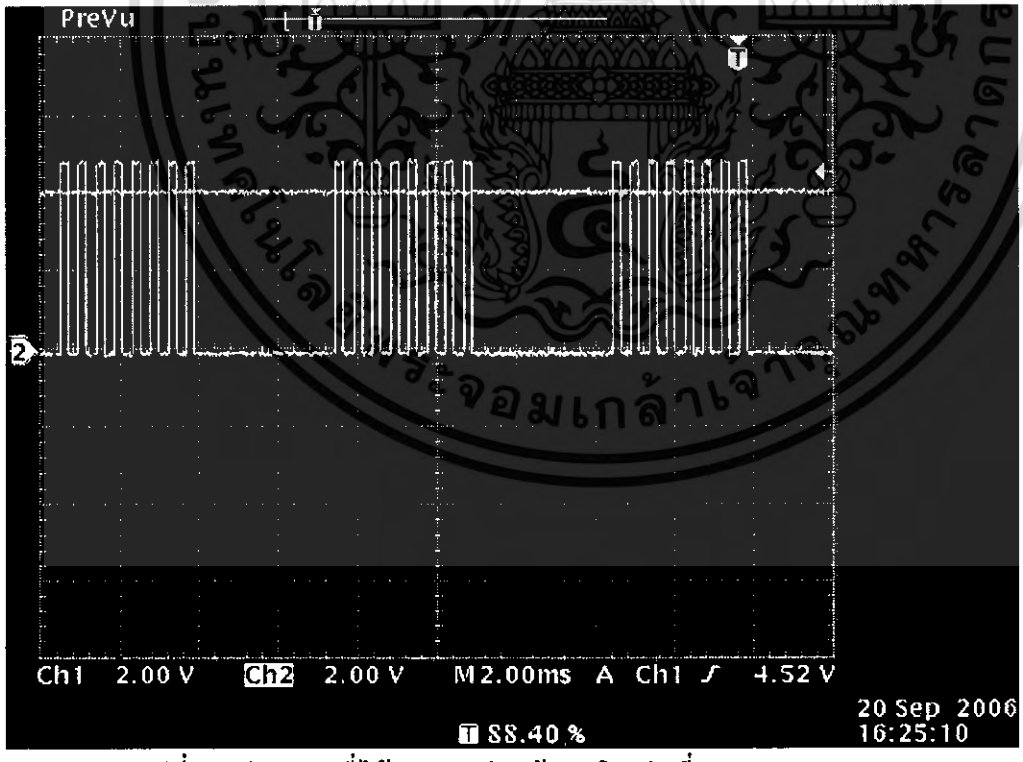
7.3 ทดสอบกระบวนการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด

ในหน้าจอการอ่านข้อมูลนั้นเราจะต้องระบุ ตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการอ่านข้อมูล โดยโปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลจากตำแหน่งที่ระบุไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย โดยในการทดลองนี้ได้กำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านเป็น 00H ซึ่งจะได้ผลการทดลองแสดงออกทางหน้าจอดังรูปที่7.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้ในตำแหน่งที่ 20H จะเป็นไปตามที่เราได้ทำการเขียนข้อมูลไว้ ส่วนตำแหน่งอื่นๆจะมีข้อมูลเป็น ff ทั้งหมดยกเว้นข้อมูลในส่วนของโปรเทคชัน เมโมรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



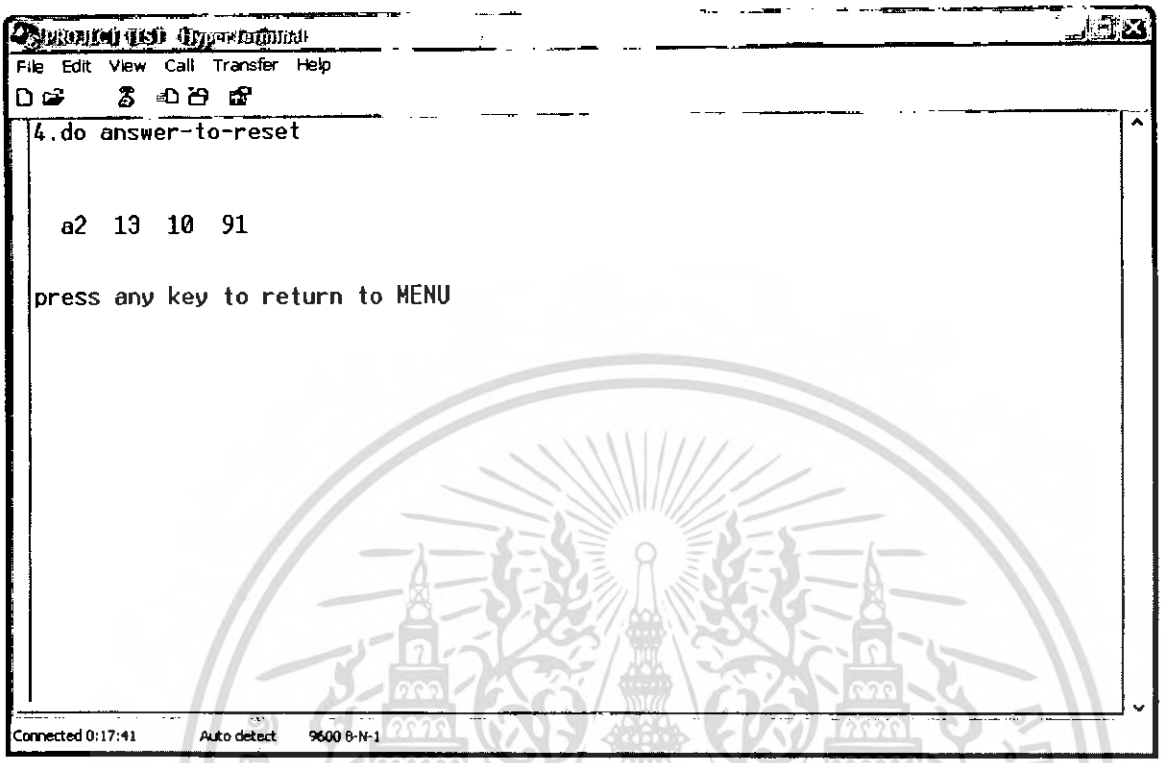
รูปที่ 7.8 หน้าจอเมื่อทำการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด



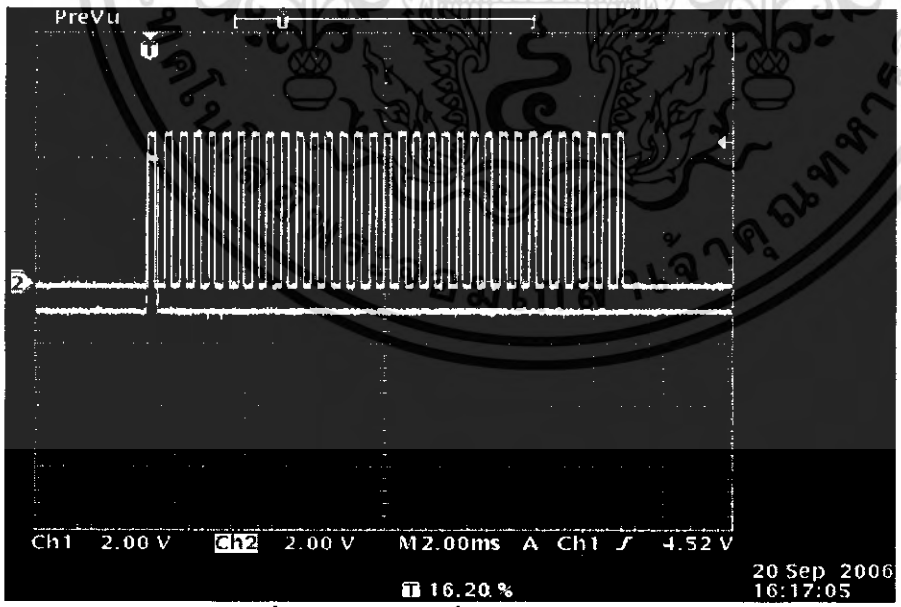
รูปที่ 7.9 สัญญาณที่ได้จากการอ่านข้อมูลโดยวัดที่ขา I/O และ CLK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 ทดสอบกระบวนการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ดเมื่อมีการทำATR



รูปที่ 7.10 หน้าจอเมื่อทำATR



รูปที่ 7.11 สัญญาณที่ได้จากการทำATR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 ทดสอบกระบวนการเก็บข้อมูลการเข้า-ออก

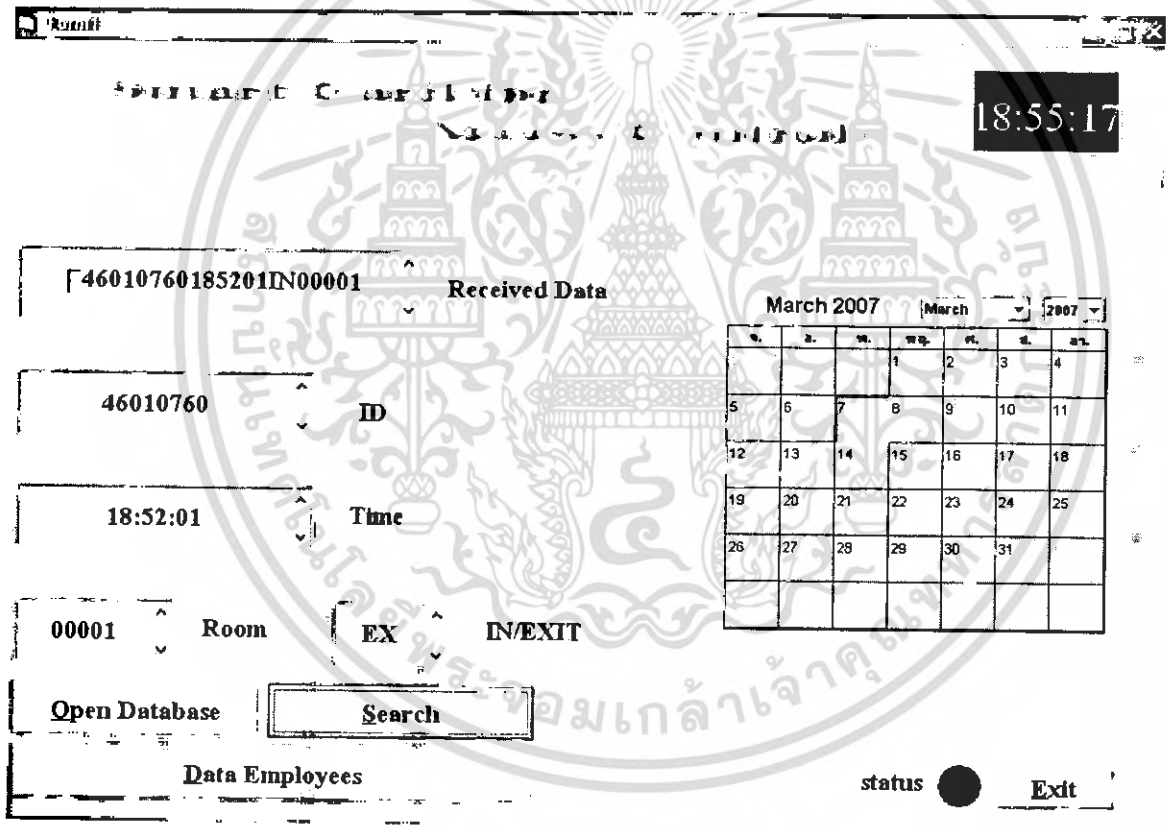
โดยจะทำการเสียบบัตรเพื่อเข้าและออกห้องแล้วตรวจสอบดูข้อมูล ที่แสดงทาง Visual Basic ว่าตรงกับเวลา และรหัสพนักงาน ที่เข้าออกจริงหรือไม่ โดยกำหนดให้พนักงานรหัสต่อไปนี้ทำการเข้าและออกจากห้อง

1.นายศดายุ ตันอาสุวงกุล รหัสพนักงาน 46010760

2.นายวิธวินท์ จิตชอบค้า รหัสพนักงาน 46010710

3.นายนันทิวัฒน์ ลิ่มวชิรานันต์ รหัสพนักงาน 46010356

เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้วจะมีการส่งข้อมูลจากMASTER เข้ามาทาง Visual Basic ซึ่งเมื่อมีการส่งข้อมูลหน้าจอ Visual Basic จะเป็นดังจอด้านล่างนี้

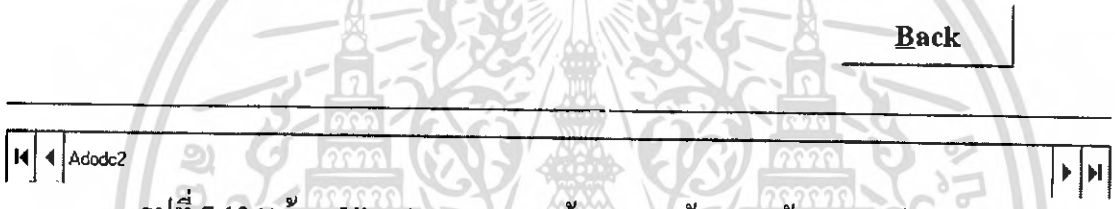


รูปที่ 7.12 หน้าจอVisual Basic เมื่อเริ่มต้นการทำงานและมีข้อมูลเข้า

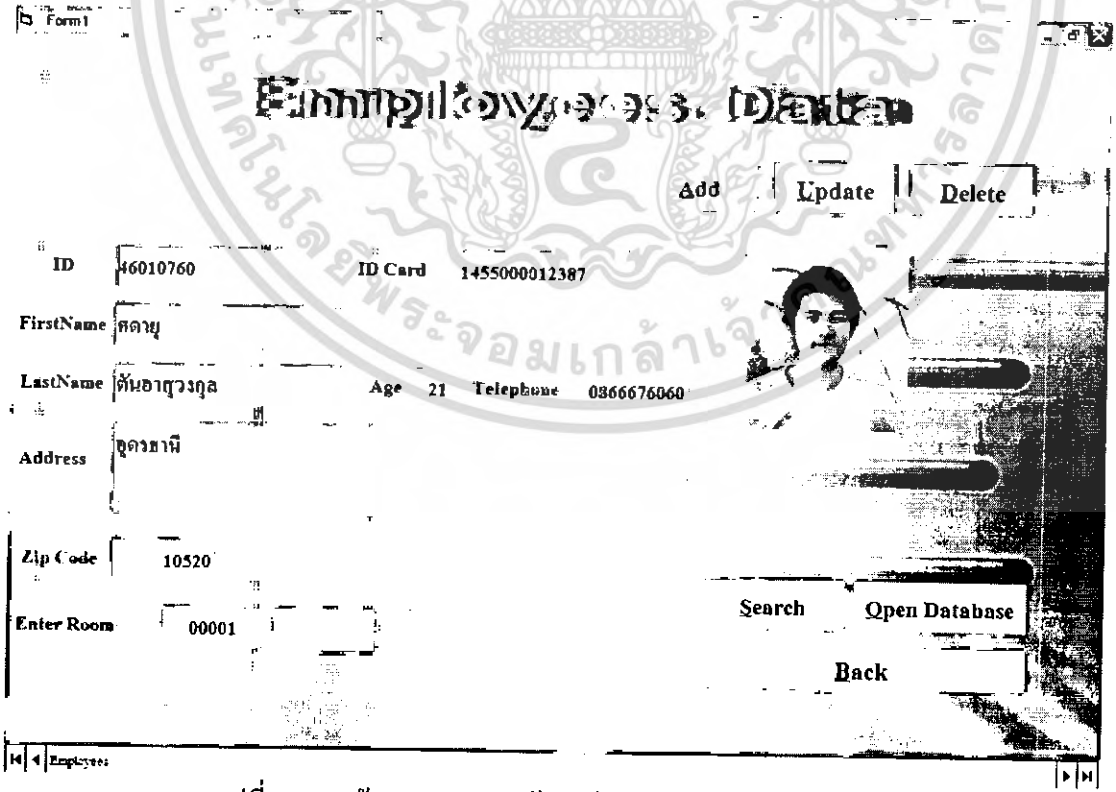
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งข้อมูลที่รับเข้ามาเมื่อนำมาเก็บเข้าฐานข้อมูลแล้วนำมาแสดงออกทาง Visual Basic จะได้ข้อมูลออกมาดังหน้าจอด้านล่างนี้

ID	IN	OUT	Date	Room
[illegible]	21:15:10	.	6/3/2550	00001
46010760	.	21:18:55	6/3/2550	00001
46010760	21:19:56	.	6/3/2550	00001
46010760	21:24:58	.	6/3/2550	00001
46010760	.	21:25:04	6/3/2550	00001
46010710	21:25:21	.	6/3/2550	00002



รูปที่ 7.13 หน้าจอVisual Basic แสดงข้อมูลการเข้าออกะห้องของพนักงาน



รูปที่ 7.14 หน้าจอแสดงการป้อนข้อมูลเข้าฐานข้อมูลพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าได้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ คือ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ทุกประการ โดยเริ่มต้นจากการเริ่มทำงานของเครื่องอ่านและเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด เมื่อเริ่มต้นทำงานหากไม่มีบัตรเสียบอยู่ ก็จะแสดงข้อความ "Please Insert Smart Card" ซึ่งเมื่อเราได้ทำการเสียบบัตรสมาร์ทการ์ดเข้าไปที่ช่องสำหรับเสียบบัตร ก็จะเข้าสู่หน้าจอแสดงเมนูการทำงานเพื่อรอรับการกดเลือกฟังก์ชันที่เราต้องการอีกครั้ง ซึ่งเมื่อเราเลือกที่จะทำการเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด โปรแกรมก็จะทำการถามตำแหน่งแอดเดรสที่เราต้องการจะเขียนข้อมูล และถามข้อมูลที่เราต้องการเขียน ซึ่งในการทดลองได้ทำการป้อนแอดเดรสที่ 20H ซึ่งก็คือตำแหน่งที่ 32 ในเลขฐานสิบนั่นเอง ส่วนข้อมูลที่ต้องการเขียนเราได้ทำการป้อนข้อมูลเลขฐาน16 คือ 11 22 33 44 55 เมื่อการเขียนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยก็จะปรากฏข้อความแสดงการเขียนข้อมูลสมบูรณ์ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้โดยทำการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด โดยเราได้ระบุตำแหน่งที่เริ่มต้นทำการอ่านข้อมูลที่ 00H ซึ่งข้อมูลที่ได้จะตรงตามกับที่เราได้ทำการเขียนไป คือ ข้อมูลตำแหน่งที่ 20H เป็นต้นไปจะมีค่าเท่ากับ 11 22 33 44 55 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเท่ากับค่าที่ได้ทำการเขียนขึ้นไป ส่วนในการทำ ATR จะได้ข้อมูลทั้ง 4 ไบต์ มีค่าเท่ากับ a2 13 10 91 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าเท่ากับข้อมูล 4 ไบต์แรกที่อ่านได้จากบัตรสมาร์ทการ์ด ซึ่งทำให้เราทราบได้ว่า ข้อมูลจากATR จะเก็บไว้ที่ 4 ไบต์แรกของบัตรสมาร์ทการ์ดนั่นเอง

ส่วนรูปสัญญาณที่ได้จากการเขียน อ่าน และทำATR จะเป็นไปตามรูปสัญญาณที่ถูกกำหนดไว้จากทางผู้ผลิตทุกประการไม่ว่าจะเป็น สัญญาณเริ่มต้นการส่งcommand สัญญาณสิ้นสุดการส่งcommand สัญญาญข้อมูลที่อ่านได้ สัญญาณการเขียนข้อมูล และสัญญาณการทำATR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smart Card For Access Control System

ระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ทุกประการ โดยที่ตัวลูกหน้าจอLCD จะทำการแสดงเวลา และวันที่อย่างแม่นยำ ถึงแม้จะทำการตัดไฟเลี้ยงวงจรแต่เวลา ก็ยังเดินอยู่เป็นปกติ เนื่องจากมีไฟสำรองจากแบตเตอรี่ 3V เมื่อทำการจ่ายไฟเลี้ยงสู่ระบบอีกครั้งหน้าจอLCD ก็ยังคงแสดงเวลาและวันที่อย่างถูกต้อง เมื่อทำการเสียบบัตรที่มีรหัสห้องตรงกับห้องที่ต้องการเข้า รีเลย์ที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กลอนไฟฟ้า ก็จะทำการจ่ายกระแส แต่ถ้าหากบัตรที่นำมาเสียบ ไม่มีหมายเลขห้องที่ถูกต้องบรรจุอยู่ รีเลย์ก็จะไม่ทำการสับขดทำให้ไม่สามารถเปิดประตูได้

เมื่อทำการเข้าและออกห้องแล้วระบบก็จะทำการเก็บข้อมูลรหัสพนักงานซึ่งเก็บไว้ที่แอดเดรสที่ 0x34 ถึง 0x3B ของบัตร และเวลาเข้าออกอย่างถูกต้องซึ่งจะนำไปแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Visual Basic ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. นคร ภักดีชาติ,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล,**ทดลองและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C ฉบับ P89V51RD2**,บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
2. วรพจน์ กรแก้วพัฒนกุล,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล,**เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**,บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
3. อุดม รานอก,**ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**,บริษัท ไอดีซี ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด
4. ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล,**การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษา C** ,พิมพ์ครั้งที่6 , สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
5. Koninklijke Philips Electronics,**P89V51RD2 8-bit 80C51 5V power 64 kB Flash microcontroller with 1 kB RAM**,2004
6. Texas Instruments,**MAX232,MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS**,2004
7. Siemens Aktiengesellschaft,**ICs for Chip Cards Intelligent 256-Byte EEPROM SLE4432/SLE4442**,1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้