ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

The Smart Card Reader and Writer

ชื่อนักศึกษา 1. นายธราธร รัตนเสถียร รหัสประจำตัว 44035287

2. นางสาวราณี บำรุงศักดิ์ รหัสประจำตัว 44035300

3. นายอุรุพงษ์ จันทร์ศิริ รหัสประจำตัว 44035313

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.กิติพงค์ มะโน

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
1. อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
2. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ	
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
4. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	
5. อาจารย์โกศล ตราชู	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 10:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม...

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 25 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2546

[BT4501152]

เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

THE SMART CARD READER AND WRITER

T048359

นายธราธร รัตนเสถียร

นางสาวราณี บำรุงศักดิ์

นายอุรุพงษ์ จันทร์ศิริ

เลขหมู่.............................

เลขทะเบียน 48359

วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

.b..............................

.i..............................

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

The Smart Card Reader and Writer

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
2. เพื่อออกแบบวงจรของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
3. เพื่อสร้างเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลอง
4. เพื่อทดลองการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลอง
5. เพื่อนำเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลองไปใช้งานได้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ความเข้าใจการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
2. ได้วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
3. ได้เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลอง
4. ได้ผลการทดลองการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลอง
5. ได้เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลองไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
นักศึกษา	นายธราธร รัตนเสถียร
	นางสาวราณี บำรุงศักดิ์
	นายอุรุพงษ์ จันทร์ศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.กิติพงค์ มะโน
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดโดยใช้หลักการอ่าน-เขียนข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 และการสื่อสารข้อมูลบนบัส I^2C ลงในสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสมาร์ทการ์ดในโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ จากการทดลองพบว่าเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด สามารถอ่านและเขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ดได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลนักศึกษาได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Smart Card Reader and Writer
Students	Mr.Tharatorn Rattanastean
	Miss Ranee Bumrungsuk
	Mr.Urupong Junsiri
Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Co-Advisor	Assist.Prof.Kitipong Mano
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2002

ABSTRACT

This thesis presented The Smart Card Reader and Writer. Data were read and written through the RS-232 serial port and the I^2C bus system into the real smart card and the copy smart card. This smart card reader and writer can be applied to use for the mobile phone. From the result of experiment the card reader and writer can read and write data into the smart card correctly and completely. It can be applied to keep student record as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านโดยเฉพาะท่านอาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี และท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติพงค์ มะโน ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลางที่อำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าหาข้อมูล ขอขอบคุณกำลังใจของเพื่อนๆ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและสาขาอื่นๆ ทุกคนในยามท้อแท้เหนื่ดเหนื่อย และที่สำคัญที่สุด ขอขอบพระคุณ บิดามารดาที่ให้ชีวิตนี้ได้เติบโตมาอย่างดีมีประสิทธิภาพที่คอยสนับสนุนในด้านกำลังใจ และด้านงบประมาณในการทำโครงงานและปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 สมาร์ทการ์ด	3
2.2.1 การแบ่งชนิดของสมาร์ทการ์ด	3
2.2.2 ข้อดีของสมาร์ทการ์ด	7
2.2.3 การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ด	8
2.2.4 มาตรฐาน ISO7816	8
2.2.5 รูปแบบการเชื่อมต่อของสมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัส	11
2.3 การติดต่อสื่อสารโดยระบบบัส I^2C	13
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F84	13
2.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F84	14
2.4.2 สถาปัตยกรรมของ PIC16F84	15
2.4.3 การจัดขาของ PIC16F84	17
2.4.4 การป้อนสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC16F84	19
2.4.5 การจัดสรรหน่วยความจำใน PIC16F84	21
2.5 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	23
2.5.1 คอนเนคเตอร์สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 และการเชื่อมต่อ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ... ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6 หน่วยความจำอีอีพรอม 24LC16	26
2.6.1 การเขียนข้อมูลลงในอีอีพรอม	27
2.6.2 การอ่านข้อมูลจากอีอีพรอม	29
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	31
3.1 กล่าวนำ	31
3.2 แผนผังการทำงาน	31
3.3 สมาร์ทการ์ดจำลอง	32
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง	32
3.3.2 การทำงาน	32
3.4 วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84	33
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง	33
3.4.2 การทำงาน	33
3.5 วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	34
3.5.1 การออกแบบและการสร้าง	34
3.5.2 การทำงาน	34
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	36
4.1 กล่าวนำ	36
4.2 การทดลองวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล	36
4.3 การทดลองวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	37
4.3.1 การทดลองการอ่าน-เขียนข้อมูลสมาร์ทการ์ดจริง	37
4.3.2 การทดลองการอ่าน-เขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ดจำลอง	39
4.4 สรุปผลการทดลอง	39
บทที่ 5 บทสรุป	40
5.1 สรุป	40
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	40
5.3 แนวทางการพัฒนา	41
บรรณานุกรม	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	43
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	49
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	53
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	57
ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	69
ประวัติผู้แต่ง	95

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ขนาดของตำแหน่งหน้าสัมผัสบนสมาร์ทการ์ด C1 – C8 11
2.2 รายละเอียดของขาต่อใช้งานทั้งหมดของ PIC 16F84 18
2.2 (ต่อ) รายละเอียดของขาต่อใช้งานทั้งหมดของ PIC 16F84 19
2.3 การจัดขาคอนเนคเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232
แบบ DB-9 และ DB-25 24
2.4 รายละเอียดและตำแหน่งขาของอีอีพรอม 24LC16 26
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด 54
ค.1 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด 55
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรสมาร์ทการ์ดจำลอง 55
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องโปรแกรม PIC16F84 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัส	4
2.2 สมาร์ทการ์ดแบบที่มีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียว	5
2.3 สมาร์ทการ์ดแบบที่มีหน่วยประมวลผลกลางอยู่ในตัว	5
2.4 โครงสร้างภายในชิปแบบไมโครโปรเซสเซอร์	6
2.5 สมาร์ทการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัส	7
2.6 ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของสมาร์ทการ์ดตามมาตรฐาน ISO7816-1	9
2.7 ตำแหน่งหน้าสัมผัสที่ผิวหน้าของสมาร์ทการ์ดตามมาตรฐาน ISO78169-1	9
2.8 ตำแหน่งหน้าสัมผัสบนบัตรสมาร์ทการ์ด	10
2.9 รูปสัญญาณการเชื่อมต่อแบบอะซิงโครนัส	12
2.10 รูปสัญญาณการเชื่อมต่อแบบซิงโครนัส	12
2.11 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84	16
2.12 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84	17
2.13 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ	19
2.14 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล	20
2.15 การป้อนสัญญาณโดยใช้เซรามิกเรโซเนเตอร์	20
2.16 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมใน PIC16F84	21
2.17 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลใน PIC16F84	22
2.18 คอนเนคเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)	24
2.19 คอนเนคเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)	24
2.20 โครงสร้างภายนอกและขาใช้งานของอีอีพรอม 24LC16	26
2.21 โครงสร้างภายในของอีอีพรอม 24LC16	27
2.22 ลักษณะการจัดสรรตำแหน่งหน่วยความจำ	27
2.23 ช่วงเวลาของการเขียนข้อมูลแบบไบต์	28
2.24 ช่วงเวลาของการเขียนข้อมูลแบบเพจ	29
2.25 ช่วงเวลาของการอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน	29
2.26 ช่วงเวลาของการอ่านข้อมูลแบบสุ่ม	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 ช่วงเวลาของการอ่านข้อมูลแบบลำดับ	30
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	31
3.2 การเชื่อมต่อวงจรของสมาร์ทการ์ดจำลอง	32
3.3 วงจรเครื่องโปรแกรม PIC16F84	33
3.4 วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	35
4.1 หน้าต่างโปรแกรมขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84	36
4.2 หน้าต่างโปรแกรมขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC16F84	37
4.3 แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลในบัตรสมาร์ทการ์ด	38
4.4 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในสมาร์ทการ์ดจริง	38
4.5 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในสมาร์ทการ์ดจำลอง	39
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	44
ก.2 ภาพด้านหลังของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	45
ก.3 ภาพวงจรภายในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	45
ก.4 ภาพสมาร์ทการ์ดจริง	46
ก.5 ภาพด้านบนของสมาร์ทการ์ดจำลอง	46
ก.6 ภาพด้านล่างของสมาร์ทการ์ดจำลอง	47
ก.7 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดจริงกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	47
ก.8 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดจำลองกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	48
ข.1 วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	50
ข.2 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	50
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	51
ข.4 วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84	51
ข.5 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84	52
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84	52
ง.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด	59
ง.2 หน้าต่างโปรแกรม IC Prog	60
ง.3 หน้าต่างโปรแกรม ไฟล์ข้อมูล PIC16F84.Hex	61

เอกสาร ... การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน ... การค้า
ไม่ว่า ... ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.4 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดที่ช่องสอดบัตรที่ 1	61
ง.5 หน้าต่างโปรแกรมถามว่าต้องการโปรแกรมข้อมูลหรือไม่	62
ง.6 หน้าต่างโปรแกรมขณะเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84	63
ง.7 หน้าต่างโปรแกรมแสดงผล Cardinal	63
ง.8 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดที่ช่องสอดบัตรที่ 2	64
ง.9 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อเลือกที่ Smart Card และ Sim Editer	65
ง.10 แบบฟอร์มการเขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ด	65
ง.11 หน้าต่างโปรแกรมให้ใส่รหัสผู้ถือบัตร	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องด้วยในปัจจุบันสมาร์ทการ์ดได้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในงานหลายๆ ประเภท และมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่บัตรแถบแม่เหล็ก (Magnetic Stripe Card) ในงานที่ต้องการความปลอดภัย อาทิ เช่น บัตร ATM บัตร VISA เป็นต้น

สมาร์ทการ์ดมีคุณลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างจากการ์ดอื่นๆ เช่น สมาร์ทการ์ดชนิดไมโครโปรเซสเซอร์การ์ดจะมีหน่วยประมวลผลภายในตัว ซึ่งสามารถประมวลผลข้อมูลต่างๆ ได้ภายในตัวสมาร์ทการ์ดเอง นอกจากนี้ยังมีสมาร์ทการ์ดแบบอื่นที่มีหน่วยความจำสูงกว่าการ์ดชนิดนี้หลายเท่าตัว ซึ่งเป็นสมาร์ทการ์ดประเภทที่มีหน่วยความจำภายนอกที่สามารถติดต่อกับหน่วยประมวลผลได้ การติดต่อกับสมาร์ทการ์ดสามารถทำได้โดยผ่านทางเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงสร้างเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลองที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับสมาร์ทการ์ดจริงขึ้นมา เพื่อศึกษาถึงการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและการทดลองใช้งานร่วมกันของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดกับสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลองที่ได้สร้างขึ้นมา ซึ่งเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดที่สร้างขึ้นมานี้จะมีราคาถูกกว่าเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดที่มีขายอยู่

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

1.1 สามารถกำหนดข้อมูล (ชื่อ นามสกุล และรหัสนักศึกษา) ลงในสมาร์ทการ์ดได้โดยผ่านทางคอมพิวเตอร์

1.2 สามารถอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดรุ่นโกลด์การ์ด ซึ่งภายในประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลกลาง PIC16F84 และ อีอีพรอม 24LC16 ได้

1.3 สามารถแสดงผลข้อมูลที่อยู่ภายในอีอีพรอม บนจอคอมพิวเตอร์ได้

1.4 สามารถอ่าน-เขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สมาร์ทการ์ดจำลอง

2.1 สามารถกำหนดข้อมูลและแก้ไขข้อมูลได้โดยผ่านทางคอมพิวเตอร์

2.2 สมาร์ทการ์ดจำลองจะมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับสมาร์ทการ์ดจริง คือสามารถเขียนและอ่านข้อมูลได้โดยเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดได้เหมือนกับสมาร์ทการ์ดจริง

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับความรู้ทั่วไปของสมาร์ทการ์ด ชนิดของสมาร์ทการ์ด มาตรฐาน ISO7816 รูปแบบการเชื่อมต่อของสมาร์ทการ์ด การติดต่อสื่อสารโดยระบบบัส I^2C ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84 มาตรฐานพอร์ตอนุกรม RS-232 และหน่วยความจำอีอีพรอม

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน เช่น วงจรโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 วงจรอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด วงจรสมาร์ทการ์ดจำลอง

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 และวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลในการจัดทำโครงงานปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางในการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง เป็นคู่มือการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ด

ภาคผนวก จ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการทำงานที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน ซึ่งประกอบด้วยชนิดของสมาร์ทการ์ด มาตรฐาน ISO7816 การเชื่อมต่อของสมาร์ทการ์ด การติดต่อสื่อสารโดยระบบบัส I^2C ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232 และหน่วยความจำอีอีพรอม

2.2 สมาร์ทการ์ด

สมาร์ทการ์ด คือ บัตรพลาสติกขนาดเล็กที่มีขนาดเทียบเท่ากับบัตรเครดิตทั่วไป ภายในบัตรมีการบรรจุชิปหรือหน่วยประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ไว้ ชิปที่มีการบรรจุไว้อาจเป็นได้ทั้งไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีหน่วยความจำติดตั้งอยู่รวมกันหรืออาจเป็นชิปหน่วยความจำที่ยังไม่มีการบรรจุโปรแกรมการทำงานใดๆ ไว้ การติดต่อสื่อสารระหว่างชิปและอุปกรณ์ภายนอกสามารถกระทำได้ทั้งแบบสัมผัสกันโดยตรงหรือโดยการเหนี่ยวนำผ่านตัวกลางที่เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2.1 การแบ่งชนิดของสมาร์ทการ์ด

สมาร์ทการ์ดแบ่งได้ตามชนิดของชิปคอมพิวเตอร์และความจุที่ผนึกอยู่ภายในซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) สมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัส

สมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสมีลักษณะการใช้งาน คือ ต้องสอดบัตรเข้าไปในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดเพื่อให้หน้าสัมผัส สัมผัสกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด สมาร์ทการ์ดประเภทนี้จะมีการผนึกชิปทองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณครึ่งนิ้วเอาไว้ที่ด้านหน้าบัตร เมื่อผู้ใช้สอดบัตรเข้าไปในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะทำให้หน้าสัมผัส สัมผัสกับหัวต่อหรือคอนเนคเตอร์ทางไฟฟ้าซึ่งจะทำการถ่ายทอดข้อมูลเข้าและออกจากชิป สมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสแสดงดังรูปที่ 2.1 โดยสมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสนี้สามารถแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1) สมาร์ทการ์ดประเภทที่มีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียว จะไม่มีหน่วยประมวลผลกลางควบคุมอยู่ภายในไม่สามารถประมวลผลข้อมูลและไม่สามารถจัดการไฟล์ข้อมูลได้ มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ โดยทั่วไปมักจะนำไปประยุกต์ใช้งานที่ไม่ต้องการการประมวลผลจากบัตร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืองานที่ต้องการเก็บข้อมูลเพียงอย่างเดียว สมาร์ทการ์ดประเภทที่มีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียว แบบนี้แสดงดังรูปที่ 2.2 สมาร์ทการ์ดแบบนี้ยังแบ่งออกได้อีก 3 ชนิด คือ

1.1.1) สมาร์ทการ์ดที่ใช้เก็บข้อมูลได้อย่างเดียว (Straight Memory Cards) ไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้และมีราคาต่อบิตของหน่วยความจำที่ใช้งานต่ำที่สุด ซึ่งคล้ายกับแผ่นดิสก์ที่มีให้เลือกใช้อยู่หลายๆ ขนาด โดยที่ไม่มีกลไกในการประมวลผล ซึ่งเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าเป็นการ์ดชนิดนี้

1.1.2) สมาร์ทการ์ดที่สามารถป้องกันการอ่านและเขียนข้อมูลได้ (Protected/Segmented Memory Cards) โดยจะมีระบบควบคุมภายในในการติดต่อกับหน่วยความจำภายในการ์ด บางครั้งอาจเรียกการ์ดชนิดนี้ว่า Intelligent Memory Cards สมาร์ทการ์ดชนิดนี้สามารถป้องกันพื้นที่ในหน่วยความจำทั้งหมดหรือบางส่วนก็ได้ สามารถจำกัดการเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งการอ่านและเขียนโดยการใช้รหัสผ่าน และสามารถแบ่งพื้นที่ต่างๆ ของหน่วยความจำเพื่อออกแบบให้ทำหน้าที่หลายๆ อย่างได้อีกด้วย

1.1.3) สมาร์ทการ์ดชนิดที่ถูกออกแบบมา เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและนำเอาข้อมูลออกมาใช้งานโดยเฉพาะ (Stored Value Memory Cards) ระดับความปลอดภัยของสมาร์ทการ์ดจะขึ้นอยู่กับรหัสผ่านและลอจิกภายในชิปที่สร้างขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตการ์ดแต่ละบริษัท เมื่อเกิดการใช้งานพื้นที่ของหน่วยความจำจะลดลงหรือเกิดการนับขึ้น โดยมีหน่วยความจำของการ์ดเพียงเล็กน้อยสำหรับใช้งาน ตัวอย่างเช่น ชิปในบัตรโทรศัพท์จะมีหน่วยความจำอยู่ 60 หรือ 12 เซลล์ซึ่งแต่ละหน่วยความจำจะหมายถึง จำนวนครั้งในการโทรศัพท์ เมื่อมีการใช้บัตรโทรศัพท์ 1 ครั้ง หน่วยความจำจะถูกลบออกไป 1 เซลล์ เมื่อหน่วยความจำทุกเซลล์ถูกลบไปหมดการ์ดนั้นก็จะไม่สามารถใช้งานได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.1 สมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 สมาร์ทการ์ดแบบที่มีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียว

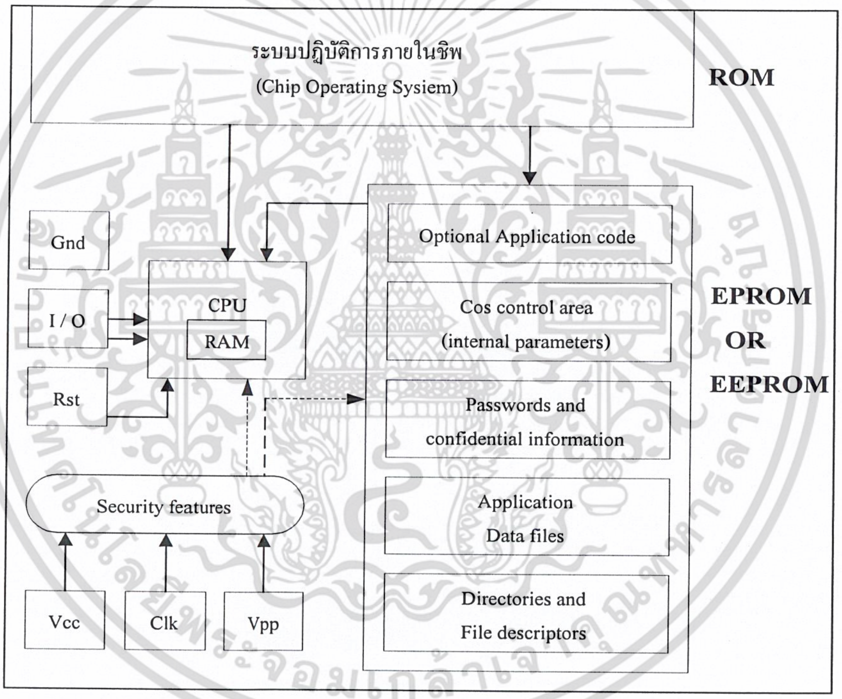
1.2) สมาร์ทการ์ดที่มีหน่วยประมวลผลกลางอยู่ในตัว จะมีความสามารถในการจัดการข้อมูลและสามารถจองหน่วยความจำบางส่วนเพื่อประยุกต์ใช้งานได้ สมาร์ทการ์ดชนิดนี้จะประกอบไปด้วยไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำแบบแฟลชผนึกอยู่ภายใน ซึ่งจะสามารถกำหนดหน่วยความจำและการเข้าถึงไฟล์ข้อมูลได้ สมาร์ทการ์ดชนิดนี้จะเหมือนกับคอมพิวเตอร์ขนาดย่อมที่จัดการกับข้อมูลและโครงสร้างภายในโดยผ่านระบบปฏิบัติการของการ์ด โดยสมาร์ทการ์ดแบบนี้จะมีความปลอดภัยของข้อมูลค่อนข้างสูง เนื่องจากส่วนของหน่วยความจำในการ์ดนั้นจะไม่มีการติดต่อกับขาภายนอกของสมาร์ทการ์ดโดยตรง ซึ่งการติดต่อกับหน่วยความจำนั้นจะต้องติดต่อทางหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูของบัตรเท่านั้น แสดงสมาร์ทการ์ดแบบที่มีหน่วยประมวลผลกลางอยู่ในตัวดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.3 สมาร์ทการ์ดแบบที่มีหน่วยประมวลผลกลางอยู่ในตัว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 เป็นตัวอย่างโครงสร้างภายในชิปแบบมีหน่วยประมวลผลกลางอยู่ในตัวซึ่งได้รับการออกแบบให้มีความสมบูรณ์ในการทำงานอยู่ภายในตัวชิป จากรูปจะเห็นว่ามีการเขียนระบบปฏิบัติการลงในหน่วยความจำรอมเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางที่มีการติดตั้งหน่วยความจำแบบแรมไว้ภายในสำหรับข้อมูลการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ที่เกี่ยวกับสมาร์ทการ์ด สมาร์ทการ์ดแต่ละใบนั้นจะได้รับการเขียนลงบนหน่วยความจำอีพรอมหรืออีอีพรอมโดยการแก้ไขปรับเปลี่ยนผ่านทางจุดเชื่อมต่อแบบหน้าสัมผัสบนสมาร์ทการ์ดหรือโดยการเหนี่ยวนำทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ภายในตัวชิปจะมีวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยงซึ่งจะได้รับเมื่อมีการเชื่อมต่อสมาร์ทการ์ดกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดไม่ว่าจะโดยการสัมผัสหรือการเหนี่ยวนำ



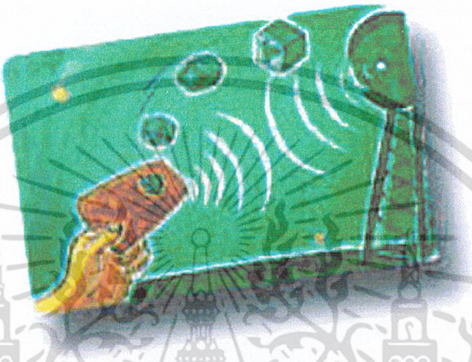
รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในชิปแบบไมโครโปรเซสเซอร์

2) สมาร์ทการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัส

เป็นสมาร์ทการ์ดที่สามารถอ่าน-เขียนข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการสัมผัสโดยตรงกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด เหมาะสำหรับการใช้ที่ไม่ต้องการให้สมาร์ทการ์ดเกิดรอยขูดขีดเนื่องจากการสอดเข้าเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดบ่อยๆ การใช้งานสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ต้องการเพียงการนำไปวางให้อยู่ใกล้ๆ กับบริเวณสายอากาศของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดโดยไม่ต้องมีการสัมผัสใดๆ กับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ถ้ามองจากภายนอกแล้วตัวสมาร์ทการ์ดชนิดนี้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะคล้ายกับบัตรพลาสติกแบบหนึ่ง แต่ด้วยโครงสร้างภายในที่มีการผนึกชิปและขดลวด สายอากาศไว้ ทำให้การสื่อสารระหว่างการ์ดกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดทำได้จากระยะไกล ทำให้สมาร์ทการ์ดชนิดนี้นิยมใช้งานที่ต้องการความรวดเร็วเป็นสำคัญ เช่น ใช้กับระบบเก็บเงินค่าผ่านทางด่วน เครื่องเก็บค่าโดยสารบนรถประจำทาง เป็นต้น ลักษณะของบัตรสมาร์ทการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัสแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สมาร์ทการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัส

3) สมาร์ทการ์ดแบบผสม

สมาร์ทการ์ดแบบนี้จะเป็นสมาร์ทการ์ดใบเดียวแต่ทำหน้าที่เป็นทั้งสมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสและสมาร์ทการ์ดแบบไม่หน้าสัมผัส โดยมีการรวมชิป 2 ชุดไว้เป็นชิปชุดเดียวกัน ทำให้เพิ่มความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานเนื่องจากสามารถติดต่ออ่านและข้อมูลได้ โดยมีตัวเลือกทั้งแบบการสื่อสารแบบสัมผัสและแบบไม่มีการสัมผัส โดยโครงสร้างภายนอกของสมาร์ทการ์ดแบบผสมจะมีการติดตั้งทั้งเสาอากาศและหน้าสัมผัสทองไว้สำหรับผู้ใช้งานเลือกรูปแบบในการติดต่อสื่อสาร

2.2.2 ข้อดีของสมาร์ทการ์ด

1) มีความปลอดภัยของข้อมูลสูง

2) ตัวการ์ดมีหน่วยประมวลผลอยู่ภายใน (เฉพาะการ์ดแบบไมโครโปรเซสเซอร์) ทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลได้ที่ตัวการ์ดเอง

3) มีความจุของข้อมูลที่สามารถเก็บในการ์ดสูงกว่าการ์ดชนิดอื่น

4) ทนทานต่อสนามแม่เหล็ก

5) มีชนิดของการ์ดและการเชื่อมต่อให้เลือกหลายแบบทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ด

ปัจจุบันความต้องการใช้งานสมาร์ทการ์ดในกลุ่มธุรกิจประเภทต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้นส่วนหนึ่งมาจากต้นทุนต่อหน่วยของสมาร์ทการ์ดที่ลดลงตามกลไกทางการตลาดและแรงผลักดันของการใช้ชีวิตอยู่ร่วมกับเทคโนโลยีของมนุษย์ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มประเภทธุรกิจที่นำสมาร์ทการ์ดเข้ามาใช้งานได้เป็นดังนี้

1) ธุรกิจสื่อสารไร้สาย

2) ธุรกิจรักษาความปลอดภัย

3) สถาบันการศึกษา

4) ธุรกิจให้บริการที่จอดรถ

5) ธุรกิจขนส่งมวลชน

6) ส่วนราชการและสาธารณะสุข

7) ธุรกิจโทรศัพท์สาธารณะ

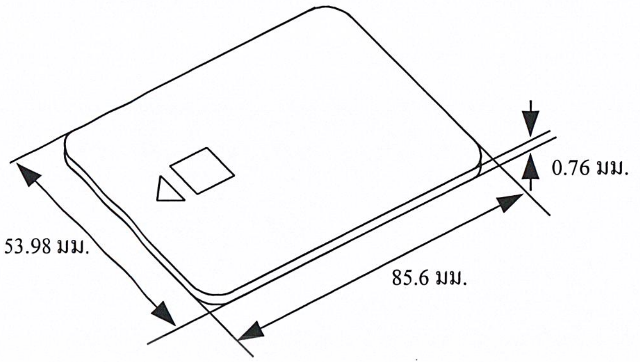
8) ธุรกิจการเงินและการธนาคาร

2.2.4 มาตรฐาน ISO7816

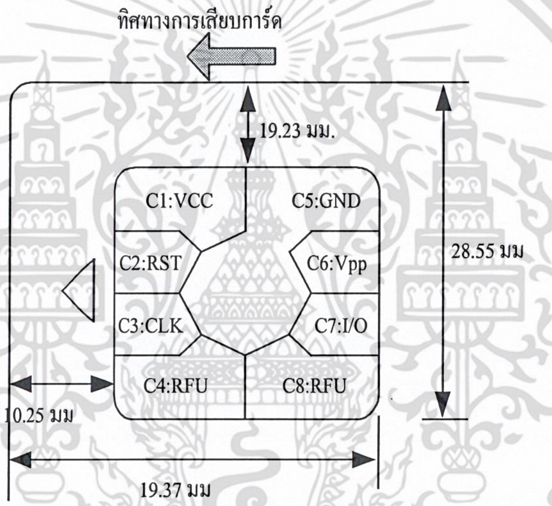
มาตรฐาน ISO7816 เป็นมาตรฐานของสมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสที่กำหนดขึ้นโดยองค์กรมาตรฐานสากล ISO (International Standards Organization) ที่อธิบายลักษณะข้อมูลจำเพาะของสมาร์ทการ์ดซึ่งมาตรฐานนี้ถูกแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ ISO7816-1 ถึง ISO7816-6 ซึ่งแต่ละส่วนจะอธิบายถึงข้อมูลต่างๆ ของสมาร์ทการ์ดโดยส่วนสำคัญพื้นฐาน คือ ISO7816-1 - ISO7816-3 มาตรฐาน ISO7816 ทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ISO7816 - 1 อธิบายถึงลักษณะของสมาร์ทการ์ด ขนาด รูปร่างของบัตร และข้อจำกัดทางโครงสร้างของตัวการ์ด โดยลักษณะทางกายภาพของสมาร์ทการ์ดกำหนดให้มีความกว้างของบัตรเท่ากับ 85.6 มิลลิเมตร (3.370 นิ้ว) มีความยาวเท่ากับ 53.98 มิลลิเมตร (2.125 นิ้ว) และมีความหนาเท่ากับ 0.76 มิลลิเมตร (0.30 นิ้ว) ดังรูปที่ 2.6 เป็นขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของสมาร์ทการ์ด ตามมาตรฐาน ISO7816-1 และรูปที่ 2.7 เป็นตำแหน่งหน้าสัมผัสที่ผิวหน้าของสมาร์ทการ์ดตามมาตรฐาน ISO7816-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



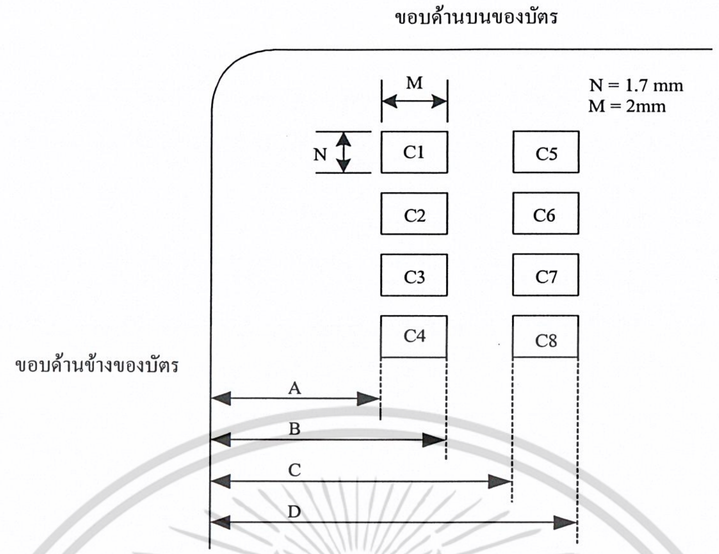
รูปที่ 2.6 ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของสมาร์ทการ์ด ตามมาตรฐาน ISO7816-1



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งหน้าสัมผัสที่ผิวหน้าของสมาร์ทการ์ด ตามมาตรฐาน ISO7816-1

2) ISO7816 - 2 อธิบายถึงลักษณะและตำแหน่งของหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด จากรูปที่ 2.8 กำหนดให้ตำแหน่งหน้าสัมผัส C1 : VCC = 5V C2 : Reset C3 : Clock C4 : RFU C5 : Gnd C6: Vpp C7 : I/O C8 : RFU โดยตำแหน่งขาของสมาร์ทการ์ดเป็นตำแหน่งของขาสัมผัสทั้ง 8 ขา ซึ่งเป็นจุดที่เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดใช้เชื่อมต่อกับวงจรภายในการ์ด ขาที่ใช้งานหลักๆ จะมีอยู่เพียง 6 ขา ขา RFU (Reserved For Future User) จะไม่ได้ใช้งาน ดังรูปที่ 2.8 แสดงถึงตำแหน่งหน้าสัมผัสบนสมาร์ทการ์ด และตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของหน้าสัมผัสบนสมาร์ทการ์ด C1-C8 ตามมาตรฐาน ISO7816-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งหน้าสัมผัสบนสมาร์ทการ์ด

การเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ดทำได้โดยการเชื่อมต่อเข้ากับขาสัมผัส ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 8 ขา โดยแต่ละขามีหน้าที่และประโยชน์ใช้งานดังนี้

1) ขา I/O ทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตเพื่อรับ-ส่งข้อมูลอนุกรมด้วยรูปแบบ แบบผลัดกันส่งข้อมูลบนสายนำสัญญาณเดียวโดยที่ขา I/O นี้จะมีสถานะที่เป็นได้อยู่ 2 สถานะด้วยกัน คือ สถานะลอจิกสูงเมื่อการ์ดรับหรือส่งบิตข้อมูลที่เป็นลอจิก “1” สถานะลอจิกต่ำเมื่อการ์ดรับหรือส่งบิตข้อมูลที่เป็นลอจิก “0”

2) ขา VPP ใช้ป้อนแรงดันค่าสูงเพื่อเขียนหรือลบข้อมูลในหน่วยความจำ Non-Volatile จะมีสถานะเป็นได้ 2 สถานะด้วยกัน คือ สถานะว่าง และสถานะทำงาน

3) ขา CLK ใช้สำหรับรับสัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด เพื่อใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับระบบของไมโครโปรเซสเซอร์การ์ด (โดยทั่วไปจะใช้ความถี่ค่า 3.57 เมกะเฮิรตซ์) หรือเพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกาอ้างอิงในการเข้าถึงข้อมูลสำหรับการเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ดที่มีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียว (หมายถึงการที่ขา CLK จะถูกใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงในการอ่านหรือเขียนข้อมูลแต่ละบิตให้ขา I/O โดยเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะต้องสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้น 1 ลูก เมื่อต้องการรับหรือส่งข้อมูล 1 บิต)

4) ขา RST ใช้ในการรีเซตสมาร์ทการ์ดให้เริ่มต้นทำงานใหม่

5) ขา VCC และ ขา GND รับไฟเลี้ยงและกราวด์ที่ป้อนจากเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ขนาดของตำแหน่งหน้าสัมผัสบนสมาร์ทการ์ด C1- C8

ตำแหน่งขา	ชื่อเรียก	A (มิลลิเมตร)	B (มิลลิเมตร)	C (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)
C1	VCC	10.25	12.25	19.23	20.93
C2	RST	10.25	12.25	21.77	23.47
C3	CLK	10.25	12.25	24.31	26.01
C4	RFU	10.25	12.25	26.85	28.55
C5	GND	17.87	19.87	19.23	20.93
C6	Vpp	17.87	19.87	21.77	23.47
C7	I/O	17.87	19.87	24.31	26.01
C8	RFU	17.87	19.87	28.85	28.85

3) ISO7816-3 อธิบายลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ Vcc, Vpp, RST, I/O และ CLK ขั้นตอนและไทมิ่งไดอะแกรมสำหรับการเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ดและโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ด

4) ISO7816-4 อธิบายโครงสร้างไฟล์ข้อมูลที่บรรจุอยู่ในสมาร์ทการ์ด ชุดคำสั่งที่ใช้ในสมาร์ทการ์ด (Application Protocol Data Unit : APDU) และรูปแบบการเข้ารหัสข้อมูล

5) ISO7816-5 อธิบายระบบการลงทะเบียนหมายเลขสำหรับการค้นหา การประยุกต์ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลแบบไบต์ โดยที่ 5 ไบต์แรกระบุถึงผู้สร้างการประยุกต์ใช้งานและ 11 ไบต์หลังระบุชนิดของการประยุกต์ใช้งาน กำหนดรายละเอียดโครงสร้างไฟล์ของสมาร์ทการ์ด

6) ISO7816-6 อธิบายถึงรูปแบบการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ รูปแบบค่า Answer To Reset (ART) และรูปแบบโปรโตคอลการส่งข้อมูล (T=0, T=1)

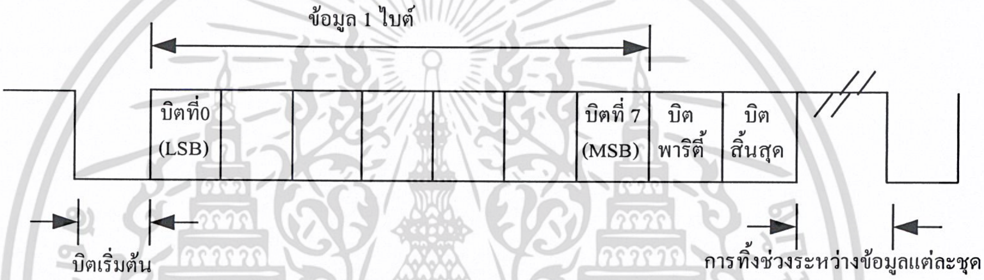
2.2.5 รูปแบบการเชื่อมต่อของสมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัส

สมาร์ทการ์ดแบบมีหน้าสัมผัสโดยหลักแล้วมีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบมีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียวและแบบมีหน่วยประมวลผลกลางภายในตัว โดยสมาร์ทการ์ดทั้ง 2 ชนิดจะมีการเชื่อมต่อแตกต่างกัน คือ แบบมีหน่วยประมวลผลกลางภายในตัวจะใช้การเชื่อมต่อแบบอะซิงโครนัส ส่วนแบบมีหน่วยความจำเพียงอย่างเดียวจะใช้การเชื่อมต่อแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเชื่อมต่อแบบอะซิงโครนัส

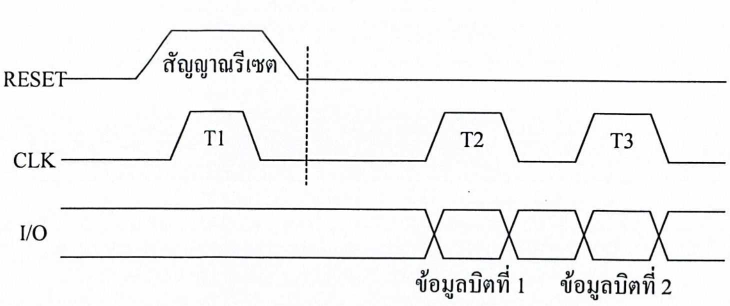
เป็นการสื่อสารข้อมูลในรูปของตัวอักขระแอสกีโดยผ่านสายข้อมูลไปที่ตำแหน่งขา I/O ของสมาร์ทการ์ดด้วยรูปแบบ Asynchronous Half Duplex Mode ตัวอักขระแต่ละตัวมีขนาด 8 บิต การเชื่อมต่อแบบนี้ทำงานโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาที่มาจากภายนอกเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้ความถี่ค่า 3.57 เมกะเฮิรตซ์ เป็นสัญญาณนาฬิกาของระบบและใช้ป้อนให้วงจรหาร (หาร372) เพื่อเป็นค่า Baud Rate ที่ 9,600 บิตต่อวินาที สำหรับรูปสัญญาณการเชื่อมต่อแบบอะซิงโครนัสแสดงดังรูปที่ 2.9 ซึ่งจะเห็นว่าเฟรมข้อมูลแต่ละไบต์นั้นจะประกอบด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูลขนาด 8 บิต บิตพาริตี้ บิตสิ้นสุด และการทิ้งช่วงเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละชุด



รูปที่ 2.9 รูปสัญญาณการเชื่อมต่อแบบอะซิงโครนัส

2) การเชื่อมต่อแบบซิงโครนัส

เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโดยการรับ-ส่งข้อมูลจะทำกันทีละบิต ผ่านสายข้อมูลไปที่ตำแหน่งขา I/O ของสมาร์ทการ์ดด้วยรูปแบบ Synchronous Half Duplex Mode ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลจะถูกทำไปทีละบิต โดยอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่การ์ดได้รับที่ขา CLK เป็นหลัก รูปสัญญาณการเชื่อมต่อแบบซิงโครนัสแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 รูปสัญญาณการเชื่อมต่อแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การติดต่อสื่อสารโดยระบบบัส I^2C

I^2C (Inter-IC Communication) หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีโดยบัส I^2C การติดต่อสื่อสารแบบนี้ ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ด้วยจุดมุ่งหมายหลัก คือ ต้องการติดต่อให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อสั่งงานและควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น คือ สายข้อมูล และ สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์แบบบัส I^2C ทำได้โดยการต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data Line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock Line) อุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อบนบัส I^2C มีหลากหลายไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ไอซีแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลและแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก ไอซีเรียลไทม์คล็อก ไอซีขับจอแสดงผลแบบผลึกเหลวหน่วยความจำอีพรอม และไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง ต้องมีการต่อตัวความต้านทานพูลอัพกับแรงดัน +5 โวลต์ เพื่อให้สถานะลอจิกสูงขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งานและมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิดหรือคอลเลคเตอร์เปิด

อัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส I^2C สูงถึง 100 กิโลไบต์ต่อวินาทีในโหมดปกติและสูงถึง 400 กิโลไบต์ต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่แบบบัส I^2C นี้จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 พิโคฟารัด การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่า คือ 7 บิต หรือ 10 บิต ข้อเด่นประการหนึ่งของบัส I^2C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้ใช้ไฟเลี้ยง +12 โวลต์ การต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถกระทำให้ได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F84

PIC16F84 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC (Peripheral Interface Controller) ของไมโครชิปเทคโนโลยี ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC มีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ แต่ละเบอร์จะมีขีดความสามารถแตกต่างกันออกไป ภายใน PIC16F84 มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลช ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบข้อมูลได้โดยสัญญาณไฟฟ้านับล้านครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) คือ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี

คำสั่งน้อย ซึ่งมีเพียง 33-35 คำสั่งพื้นฐานเท่านั้นและทุกคำสั่งสามารถทำงานให้เสร็จสิ้นได้ด้วยการใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียวยกเว้นชุดคำสั่งการกระโดดจะใช้เวลา 2 รอบของสัญญาณนาฬิกา และ PIC16F84 ยังทำงานในลักษณะไปป์ไลน์อีกด้วย

2.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F84

สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนของหน่วยประมวลผลกลาง ส่วนของเฟอริเฟอรัล และคุณสมบัติอื่นๆ

1) คุณสมบัติทางเทคนิคของหน่วยประมวลผลกลางภายใน PIC16F84

หน่วยประมวลกลางเป็นแบบ RISC มีคำสั่งเพียง 33-35 คำสั่ง ขนาด 14 บิต ทุกคำสั่งใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 1 รอบของสัญญาณนาฬิกา หรือประมาณ 400 นาโนวินาที ที่สัญญาณนาฬิกาความถี่ 10 เมกะเฮิรตซ์ ยกเว้นชุดคำสั่งการกระโดดจะใช้เวลา 2 รอบของสัญญาณนาฬิกา ประมวลข้อมูลขนาด 8 บิตดังที่ได้กล่าวไปแล้ว มีรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ 15 ตัว มีสแต็ก 8 ระดับ มีโหมดการอ้างอิงแอดเดรส 3 โหมดคือ แบบโดยตรง แบบโดยอ้อม และแบบสัมพัทธ์ มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพต์ 4 แหล่งได้แก่

1) รับสัญญาณจากภายนอกโดยป้อนสัญญาณอินเตอร์รัพต์เข้าที่ขาอินพุต RB0/INT

2) จาก TMR0 ไทม์เมอร์โอเวอร์โฟลว์

3) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่พอร์ต B

4) เมื่อการเขียนข้อมูลลงในอีอีพรอมเสร็จสิ้นสมบูรณ์

หน่วยความจำข้อมูลเป็นแบบอีอีพรอมสามารถลบและเขียนข้อมูลใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้นาน 40 ปี ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นแบบแฟลชมีขนาด 1 กิโลเวิร์ด (1 เวิร์ดของ PIC16F84 มีขนาด 14 บิต) หน่วยความจำอีอีพรอมภายใน 64 ไบต์ และหน่วยความจำแรม 68 ไบต์ซึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์

2) คุณสมบัติทางเทคนิคของเพอริเฟอรัลใน PIC16F84

มีขาอินพุตเอาต์พุต 13 ขา สามารถกำหนดเป็นขาอินพุตหรือเอาต์พุตได้อย่างอิสระ กระแสซิงก์กระแสซอร์สของแต่ละขาอินพุตและเอาต์พุตสูงพอที่จะขับ LED ได้โดยตรง กระแสซิงก์สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ต่อขา กระแสซอร์สสูงสุด 20 มิลลิแอมป์ต่อขา มีไทเมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต คือ TMR0 พร้อมปรีสเกลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่สามารถโปรแกรมได้

3) คุณสมบัติอื่น ๆ

มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว (POR : Power-On Reset) มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ในตัว (PWRT : Power-Up Timer) มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์ (OST : Oscillator Start-Up timer) มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT : Watch Dog Timer) พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

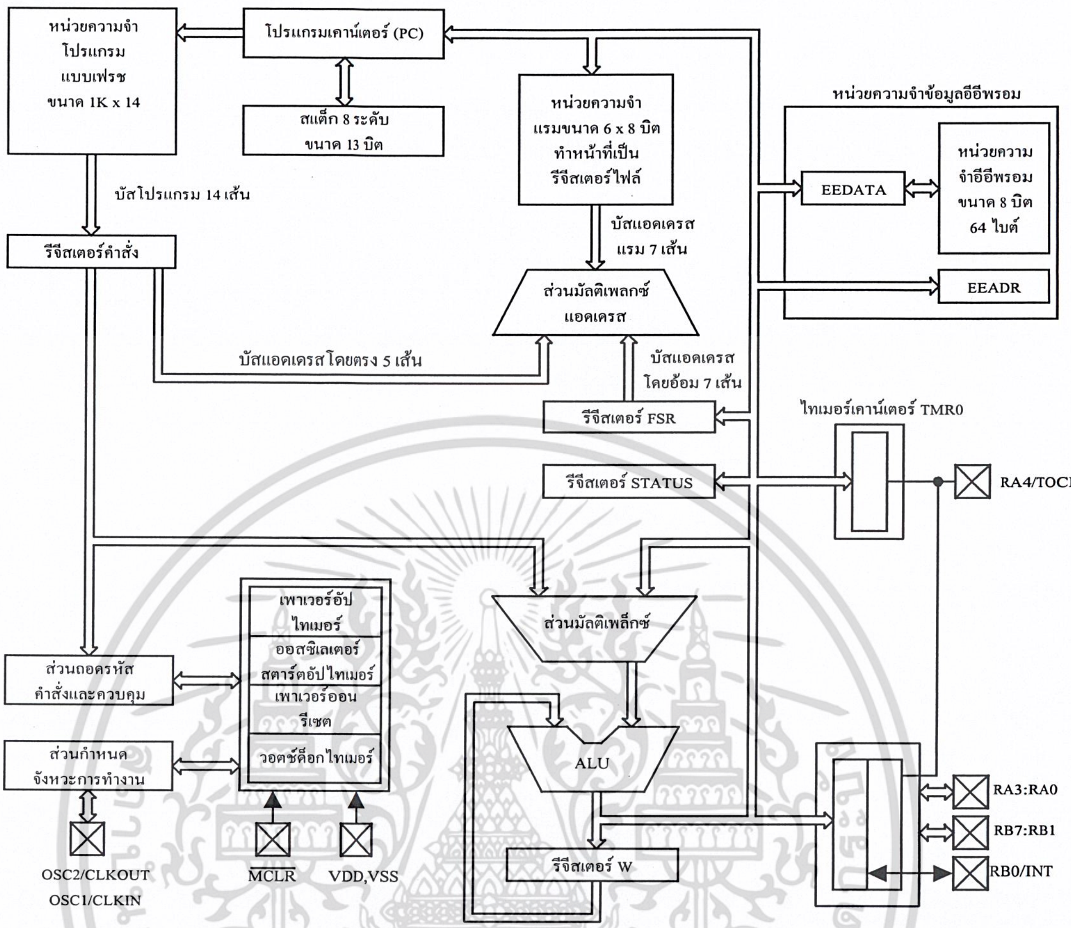
ให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีความแน่นอนยิ่งขึ้น ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม สามารถเลือกใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้ การเขียนข้อมูลผ่านหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีมอสแฟลช อีอีพรอมความเร็วสูง พลังงานต่ำ ย่านไฟเลี้ยง 2 ถึง 6 โวลต์ ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า คือ น้อยกว่า 2 มิลลิแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 เมกะเฮิรตซ์ 15 ไมโครแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง +2 โวลต์ สัญญาณนาฬิกาความถี่ 32 กิโลเฮิรตซ์ และ 1 ไมโครแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง + 2 โวลต์ ขณะสแตนด์บาย

2.4.2 สถาปัตยกรรมของ PIC16F84

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ได้รับการบรรจุหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และหน่วยอินพุตเอาต์พุตไว้ พร้อมทั้งยังมีไทเมอร์และวอตซ์ด็อกครบถ้วนสมบูรณ์ สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 แสดงดังรูปที่ 2.11 โดย PIC16F84 มีการจัดสรรหน่วยความจำ คือ หน่วยความจำโปรแกรมมีโครงสร้างแบบหน่วยความจำแฟลช มีขนาด 1 กิโลเวิร์ด หน่วยความจำข้อมูลเป็นหน่วยความจำแบบอีอีพรอมขนาด 64 ไบต์ และหน่วยความจำแรมได้ถูกกำหนดให้มีการทำงานเป็นรีจีสเตอร์กำหนดแฟ้มข้อมูล

การเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลางภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำได้ทั้งในลักษณะโดยตรง โดยอ้อม และแบบสัมพัทธ์ โดยมีรีจีสเตอร์ FSR (File Select Register) ทำหน้าที่ในการควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามคำสั่งที่ได้กำหนดให้ข้อมูลของชุดคำสั่งจะถูกนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์คำสั่ง จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังวงจรถอดรหัสเพื่อทำการควบคุมไทเมอร์ทั้งหมดภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนั้นยังส่งไปควบคุมหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยผ่านทางวงจรมัลติเพล็กซ์ ใน PIC16F84 มีไทเมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต 1 ตัว คือ TMR0 ภายในไทเมอร์เคาน์เตอร์ตัวนี้มีปรีสเกลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่สามารถโปรแกรมได้โดยมีขาต่อใช้งาน 1 ขาคือ ขา RA4/TOCKI หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ มีขนาด 8 บิต สามารถทำการบวก ลบ เลื่อนข้อมูล และประมวลผลทางลอจิก โดยมีฟังก์ชั่นบูลีนในการทำงาน หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์จะต้องมีรีจิสเตอร์ W ช่วย ซึ่งซีพียูไม่สามารถเข้าถึงรีจีสเตอร์ W นี้ได้โดยตรง เมื่อหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ทำงานจะมีผลต่อบิตทด บิตหลักทด และบิตศูนย์ ในรีจีสเตอร์ STATUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

ในส่วนของพอร์ตอินพุตใน PIC16F84 มีด้วยกัน 2 พอร์ต คือ พอร์ต A และ พอร์ต B โดยพอร์ต A มี 5 บิต คือ RA0 ถึง RA4 สำหรับขา RA4 ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกให้แก่ TMR0 ด้วย ส่วนพอร์ต B มี 8 บิต คือ RB0 ถึง RB7 สำหรับขา RB0 ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ด้วย การกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 เป็นหน้าที่ของส่วนกำเนิดจังหวะการทำงาน ซึ่งต้องทำงานสัมพันธ์กับไทเมอร์ทั้ง 3 ตัว คือ เพาเวอร์อัปไทเมอร์ ออสซิลเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์ วอตช์ด็อกไทเมอร์ สำหรับ PIC16F84 สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกโดยต่อสัญญาณเข้าที่ขา OSC1 และ OSC2 หรือจะใช้สัญญาณนาฬิกาภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.3 การจัดขาของ PIC16F84

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 บรรจุอยู่ในตัวถัง 2 แบบ คือ PDIP (Plastic Dual-In Line Package) ซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับไอซีตีนตะขาบที่พบเห็นกันโดยทั่วไปและแบบ SOIC อันเป็นตัวถังแบบที่ใช้ติดตั้งบนผิวหน้าของแผ่นวงจรพิมพ์ ตัวถังทั้ง 2 แบบของ PIC16F84 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 18 ขาดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งสามารถจัดขาใช้งานของ PIC16F84 เป็น 4 กลุ่ม คือ

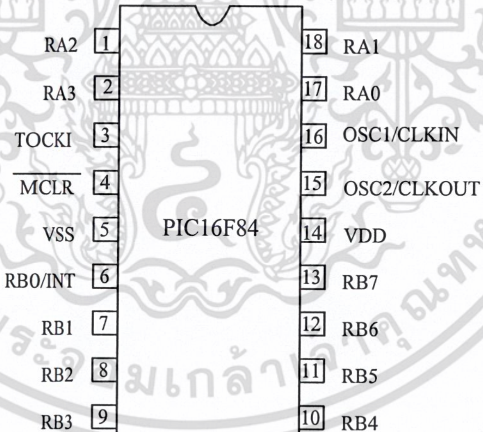
1) กลุ่มขาสัญญาณนาฬิกา มี 2 ขา คือ OSC1/CLKIN (ขา 16) และ OSC2/CLKOUT (ขา15)

2) กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขา คือ MCLR (ขา 4)

3) กลุ่มขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต มี 13 ขา แบ่งเป็นขาพอร์ต A 5 ขา ได้แก่ RA0 ถึง RA4 (ขา 17 ขา 18 ขา 1 ขา 2 และ ขา3) และพอร์ต B ได้แก่ ขา RB0 ถึง RB7 (ขา 6 ถึง ขา 13)

4) กลุ่มขาไฟเลี้ยง มี 2 ขา คือ ขา VSS (ขา 5) หรือขาต่อกราวด์และขา VDD (ขา 14) หรือขาต่อไฟเลี้ยง ปกติใช้ 5 V

โดยรายละเอียดของขาต่อใช้งานทั้งหมดของ PIC16F84 แสดงในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.12 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48359

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของขาต่อใช้งานทั้งหมดของ PIC16F84

ชื่อขา	**ขาที่**	**ชนิดของขา**	**ชนิดของบัฟเฟอร์ที่ต่ออยู่**	**รายละเอียด**
OSC1/CLKIN	16	อินพุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ซีมอส	- รับสัญญาณนาฬิกาจากคริสตอล หรือแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายนอก
OSC2/CLKOUT	15	เอาต์พุต	-	- สำหรับส่งสัญญาณนาฬิกาออก - สัญญาณนาฬิกาที่ออกจากขานี้มีความถี่เท่ากับ ¼ ของความถี่ที่ ขา OSC1
MCLR	4	อินพุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- รับสัญญาณรีเซตที่ลอจิก “0” - รับแรงดันสำหรับโปรแกรม หรือ เขียนข้อมูลลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์
ขาสัญญาณพอร์ต A				
RA0	17	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	- เป็นขาอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางทุกขา
RA1	18	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RA2	1	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RA3	2	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RA4/TOCKI	3	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- เฉพาะขานี้รับสัญญาณนาฬิกาให้ TMR0 ด้วย
ขาสัญญาณพอร์ต B				
RB0/INT	6	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	- เป็นขาอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางทุกขา และขา RBO/INT รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ด้วย
RB1	7	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RB2	8	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RB3	9	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RB4	10	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RB5	11	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	
RB6	12	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขา RB6 รับสัญญาณนาฬิกาของการโปรแกรมแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษา ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ ...

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) รายละเอียดของขาต่อใช้งานทั้งหมดของ PIC16F84

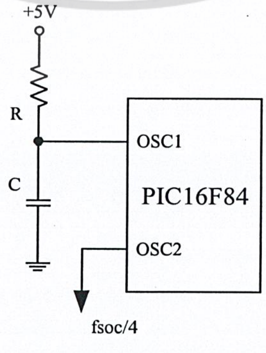
ชื่อขา	ขาที่	ชนิดของขา	ชนิดของบัฟเฟอร์ที่ต่ออยู่	รายละเอียด
RB7	13	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขา RB7 รับข้อมูลการโปรแกรมแบบอนุกรม
ขาไฟเลี้ยง				
VSS	5	ขาต่อไฟเลี้ยง	-	- ต่อกับกราวด์
VDD	14	ขาต่อไฟเลี้ยง	-	- ต่อกับไฟเลี้ยงบวกตั้งแต่ 2 ถึง 6 โวลต์

2.4.4 การป้อนสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC16F84

การป้อนสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC16F84 ทำได้ 3 วิธีการหลักๆ โดยใช้อุปกรณ์ 3 รูปแบบ คือ ตัวความต้านทานร่วมกับตัวเก็บประจุ เซรามิกเรโซเนเตอร์ และคริสตอล

1) การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ

การใช้ตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกา จะสามารถเลือกความถี่ของสัญญาณนาฬิกาได้จากการกำหนดค่าของตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ การป้อนสัญญาณนาฬิกาแบบนี้เหมาะสำหรับงานที่มีการควบคุมขนาดของวงจร มีพื้นที่ของแผ่นวงจรพิมพ์จำกัดและต้องเป็นงานที่ไม่เข้มงวดเรื่องความแม่นยำและเสถียรภาพของความถี่ของสัญญาณนาฬิกามากนัก การป้อนสัญญาณนาฬิกาแบบนี้แสดงวงจรดังรูปที่ 2.13

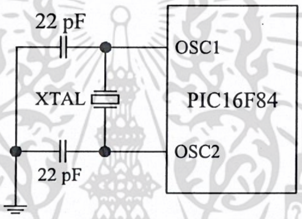


รูปที่ 2.13 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ตัวความต้านทาน และตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล

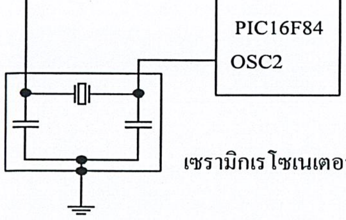
การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอลจะมีความเที่ยงตรงสูงส่งผลให้การคำนวณเกี่ยวกับการหน่วงเวลาในการเขียนโปรแกรมทำได้อย่างแม่นยำมากขึ้น สัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนที่ขา OSC1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 จะทำการหารความถี่ลง 4 เท่าเพื่อให้เกิดสัญญาณนาฬิกาภายในมีความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ ที่ขา OSC2 จะมีความถี่ออกมาเท่ากับความถี่ที่ขา OSC1/4 ด้วยการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในเท่ากับ 1 เมกะเฮิรตซ์ ทำให้เวลาในการทำงานของ 1 คำสั่ง จะใช้สัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 1 รอบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครวินาที แต่ถ้าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ขา OSC1 มีการเปลี่ยนแปลงคาบของเวลา 1 รอบ การทำงานก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอลแสดงวงจรดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล

3) การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยเซรามิกเรโซเนเตอร์

การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยเซรามิกเรโซเนเตอร์ภายในเซรามิกเรโซเนเตอร์มีตัวเก็บประจุค่าน้อยต่อร่วมอยู่ด้วยเพื่อช่วยให้สัญญาณที่ออกมาจากเซรามิกเรโซเนเตอร์มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในเรื่องความเที่ยงตรงของความถี่และความเพี้ยนของรูปสัญญาณ การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยเซรามิกเรโซเนเตอร์แสดงวงจรดังรูปที่ 2.15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.15 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้เซรามิกเรโซเนเตอร์

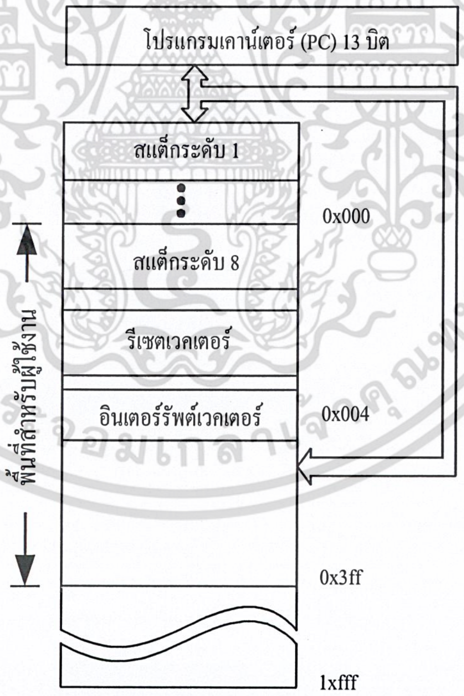
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การจัดสรรหน่วยความจำใน PIC16F84

การจัดสรรหน่วยความจำภายใน PIC16F84 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

1) หน่วยความจำโปรแกรม

เป็นหน่วยความจำที่ใช้ในการโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน PIC16F84 เป็นหน่วยความจำแบบแฟลช ในขณะที่ PIC16F84 ทำงานตามปกติ หน่วยความจำนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว จะสามารถเขียนหรือแก้ไขได้ก็ต่อเมื่อ PIC16F84 อยู่ในโหมดของการโปรแกรมเท่านั้น หน่วยความจำโปรแกรมมีขนาด 1 กิโลเวิร์ด ได้รับการจัดสรรอยู่ในตำแหน่งที่ 0000H-03FFH และสามารถเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำนี้ได้ในทุกแอดเดรส เว้นแต่แอดเดรส 0000H ซึ่งถูกสงวนไว้สำหรับเก็บค่าเวคเตอร์ของการรีเซตหรือการรีเซตเวคเตอร์ และแอดเดรส 0004H ซึ่งใช้ในการเก็บค่าเวคเตอร์ของการอินเตอร์รัพต์หรืออินเตอร์รัพต์เวคเตอร์ การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมใน PIC16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หน่วยความจำข้อมูล

พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลถูกจัดสรรออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ของรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Registers : SFR) และพื้นที่ของรีจีสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (General Purpose Registers : GPR) การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลทั้ง SFR และ GPR จะจัดแบ่งเป็นแบงก์ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลในแต่ละแบงก์จะต้องกำหนดค่าของบิตควบคุม RP0 และ RP1 ในรีจีสเตอร์ STATUD การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลของ PIC16F84 แสดงดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลใน PIC16F84

จากรูปที่ 2.18 จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 แบงก์เพื่อเก็บค่าของ SFR และ GPR หน่วยความจำในแบงก์ 0 จะถูกเลือกเมื่อทำการเคลียร์บิต RP0 (บิต 5 ของรีจีสเตอร์ STATUD) และถ้าหากบิตนี้เซตเป็น 1 จะเป็นการเลือกหน่วยความจำในแบงก์ 1 ในแต่ละแบงก์จะมีขนาด 128 ไบต์ (0x07f) และในทุกๆ 12 ตำแหน่งแรกของแต่ละแบงก์จะถูกสำรองไว้เก็บค่าของ SFR การเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลสามารถทำได้โดยตรง โดยกำหนดแฟ้มข้อมูลที่เก็บรีจีสเตอร์นั้นๆ หรือโดยอ้อมโดยผ่านทางรีจีสเตอร์เลือกแฟ้มข้อมูล (File Select Registers : FSR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเนคเตอร์ เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายนำสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 โวลต์ ถึง –12 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล และ +3 โวลต์ ถึง +12 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัด คือ คอนเนคเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเนคเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเนคเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

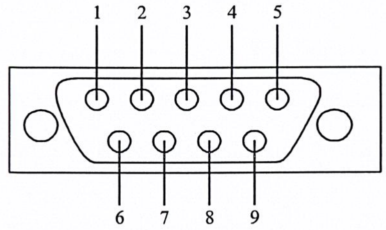
สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์โดยสามารถรับส่งสัญญาณได้ที่ความยาวของสายนำสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

พอร์ตติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกของคอมพิวเตอร์แบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232 นี้เป็นการส่งข้อมูลในรูปแบบอนุกรม คือ ข้อมูลจะส่งไปได้ทีละ 1 บิต โดยมีอัตราการส่ง 1 บิตต่อวินาที เรียกว่า Baud Rate โดยจะมีการส่งบิตเริ่มต้นมีระดับสัญญาณเป็น “0” และบิตข้อมูล ซึ่งอาจจะมีข้อมูล 7 หรือ 8 บิต และอาจตามด้วยบิตพาริตี้ ซึ่งอาจจะเป็นแบบคู่หรือแบบคี่ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล บิตพาริตี้นี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ และสุดท้ายจะตามด้วยบิตจบการทำงาน ซึ่งอาจจะมีความกว้างของสัญญาณเป็น 1 1.5 หรือ 2 บิต ก็ได้ซึ่งการส่งข้อมูลแบบนี้จำเป็นต้องมีข้อตกลงกันระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง คือ อัตราความเร็วของการรับส่งข้อมูลมีบิตพาริตี้หรือไม่ถ้ามีจะเป็นแบบคู่หรือคี่ และจำนวนเริ่มต้นเป็น 1 1.5 หรือ 2 บิต

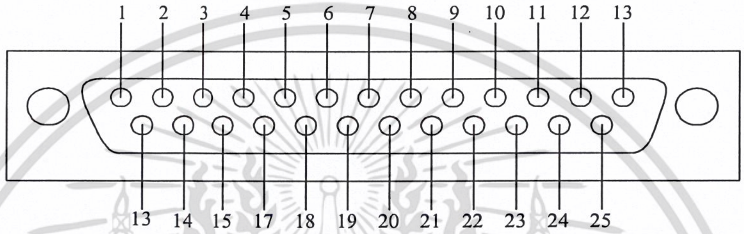
2.5.1 คอนเนคเตอร์สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 และการเชื่อมต่อ

จะใช้คอนเนคเตอร์แบบ DB-25 หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเนคเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเนคเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีตปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไปคอนเนคเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 แสดงดังรูปที่ 2.18 คอนเนคเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25 แสดงดังรูปที่ 2.19 และตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 คอนเนคเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)



รูปที่ 2.19 คอนเนคเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

ตารางที่ 2.3 การจัดขาคอนเนคเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 แบบ DB-9 และ DB-25

DB-25	DB25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RXD	อินพุต
3	2	Transmited 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.3 รายละเอียดการทำงานของแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

ขา 1 DCD : Data Carrier Detect หรือเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะทำงานเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก

ขา 2 RXD : Receive Data ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์

ขา 3 TXD : Transmited Data ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

ขา 4 DTR : Data Terminal Ready เป็นขาสัญญาณส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะเชื่อมต่ออยู่กับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน และต้องต่อกับขา DCD ด้วย

ขา 5 GND : Signal Ground ขากราวด์ของระบบ

ขา 6 DSR : Data Set Ready ใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้เป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

ขา 7 RTS : Request To Send เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้กับอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

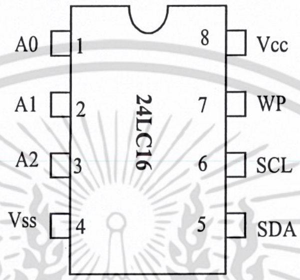
ขา 8 CTS : Clear To Send เป็นขารับสัญญาณจาก RTS เมื่อรับสัญญาณได้ที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

ขา 9 RI : Ring Indicator ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ในการสื่อสารทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งานจะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หน่วยความจำอีอีพรอม 24LC16

IC 24LC16 เป็นอีอีพรอมที่มีการสื่อสารแบบ I^2C สามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์แบบ I^2C ตัวอื่นๆ ได้ในสายสัญญาณคู่เดียวกัน รูปที่ 2.20 เป็นโครงสร้างภายนอกและขาสัญญาณของอีอีพรอม 24LC16 ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดตำแหน่งขาของอีอีพรอม 24LC16 และรูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างภายในของอีอีพรอม 24LC16

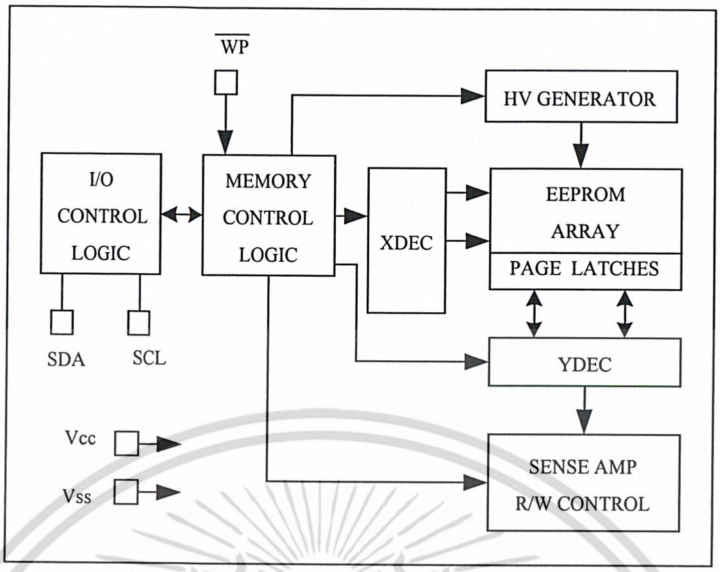


รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายนอกและขาใช้งานของอีอีพรอม 24LC16

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดและตำแหน่งขาของอีอีพรอม 24LC16

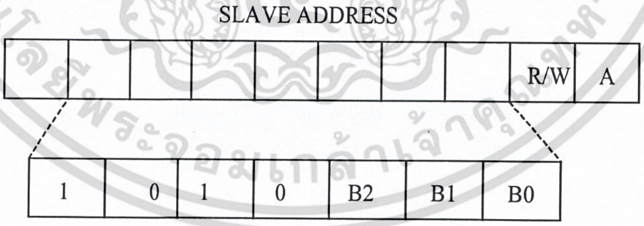
ตำแหน่ง	สัญญาณ	รายละเอียด
1	A0	ขากำหนดตำแหน่ง A0
2	A1	ขากำหนดตำแหน่ง A1
3	A2	ขากำหนดตำแหน่ง A2
4	Vss	ขากราวด์
5	SDA	ขาสัญญาณข้อมูล I^2C
6	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกา
7	WP	ขาป้องกันการเขียน
8	VCC	แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของอีอีพรอม 24LC16

การจัดสรรตำแหน่งหน่วยความจำ ไบต์ควบคุมจะเป็นไบต์แรกต่อจากบิตเริ่มต้นไบต์จะประกอบด้วย รหัสควบคุม 4 บิต จะอยู่ในบิตที่ 7-4 ใน 24LC16 มีค่าเป็น 1010 และต่อมาอีก 3 บิตจะเป็น (B2 B1 B0) เป็นบิตที่ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำบิต ที่ 0 เป็นบิต R/W มีหน้าที่กำหนดเงื่อนไขว่าจะเขียนหรืออ่านข้อมูลจากอีอีพรอม การจัดสรรตำแหน่งหน่วยความจำ ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ลักษณะการจัดสรรตำแหน่งหน่วยความจำ

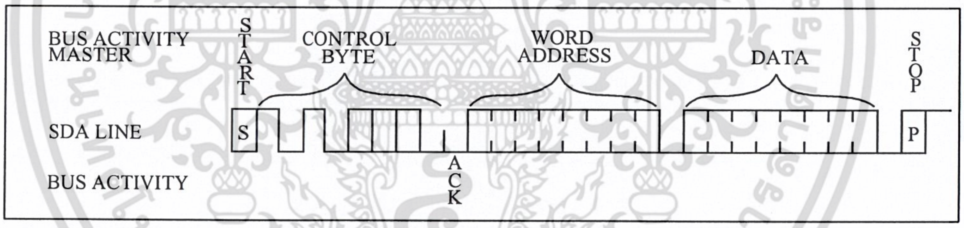
2.6.1 การเขียนข้อมูลลงในอีอีพรอม

การเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของอีอีพรอม สามารถทำได้โดยเริ่มจากส่งเงื่อนไขบิตเริ่มต้นและตามด้วย ไบต์ควบคุม บิต R/W ในไบต์ควบคุมจะต้องกำหนดค่าให้เป็น 0 ซึ่งการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของ 24LC16 สามารถแบ่งออกได้เป็น การเขียนข้อมูลแบบไบต์และการเขียนข้อมูลแบบเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเขียนข้อมูลแบบไบต์

การเขียนข้อมูลแบบไบต์ เป็นการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ลงในหน่วยความจำของอีอีพรอมสามารถทำได้โดยเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งเงื่อนไขเริ่มต้นให้กับอีอีพรอม และตามด้วยไบต์ควบคุมโดยกำหนดค่า B2 B1 และB0 ในไบต์ควบคุมตามค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการเขียนข้อมูล ส่วนบิต R/W จะถูกกำหนดให้เป็น 0 หลังจากส่ง ไบต์ควบคุมจะต้องรอรับค่าบิต ACK (Acknowledge) จากอีอีพรอม ตามกลับออกมา ซึ่งบิต ACK ที่ตอบกลับออกมาจะมีค่าเป็น 0 หลังจากได้รับบิต ACK ที่ตอบกลับมาแล้ว ให้ส่งไบต์ตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการเขียนข้อมูลออกไปอีก 1 ไบต์ หลังจากนั้นให้รอรับบิต ACK ที่จะตอบกลับออกมาเป็นลอจิก 0 จากอีอีพรอม เมื่อได้รับบิต ACK ตอบกลับออกมาแล้ว ให้ส่งค่าข้อมูลที่ต้องการเขียนลงในตำแหน่งหน่วยความจำออกไป และรอรับค่าบิต ACK จากอีอีพรอม หลังจากได้รับ ACK ตอบกลับออกมาให้ส่งเงื่อนไขการหยุด เพื่อยกเลิกการติดต่อ ถ้าขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไม่มีบิต ACK ตอบกลับออกมาให้เริ่มส่งเงื่อนไขเริ่มต้นใหม่อีกครั้งและเริ่มทำใหม่ตั้งแต่ต้น ช่วงเวลาของการเขียนข้อมูลแบบไบต์ แสดงดังรูปที่ 2.23

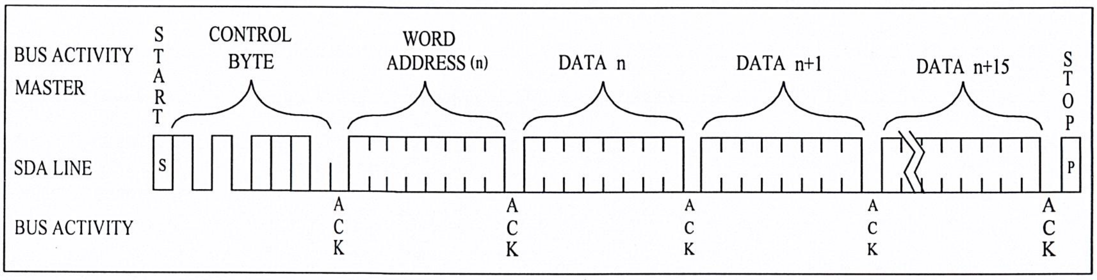


รูปที่ 2.23 ช่วงเวลาของการเขียนข้อมูลแบบไบต์

2) การเขียนข้อมูลแบบเพจ

การเขียนข้อมูลแบบเพจ เป็นการเขียนข้อมูลครั้ง 1 เพจ โดยแต่ละเพจสามารถเก็บข้อมูลได้ 16 ไบต์ การเขียนข้อมูลครั้งละเพจ คือ การเขียนข้อมูลครั้งละ 16 ไบต์ โดยการเขียนข้อมูลครั้งละเพจจะเหมือนกับการเขียนข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ คือ จะต้องส่งเงื่อนไขเริ่มออกไปก่อน แล้วตามด้วยไบต์ควบคุมหลังจากนั้นรอรับบิต ACK จากอีอีพรอม เมื่อได้รับค่า ACK แล้วให้ส่งตำแหน่งหน่วยความจำออกไปและรอรับค่าบิต ACK จากอีอีพรอม จึงจะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปจนครบ 16 ไบต์ โดยข้อมูลทั้ง 16 ไบต์ จะถูกเก็บเรียงกันไปในหน่วยความจำเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ถูกส่งออกไปใน Byte Word Address หลังจากได้รับบิต ACK ที่ส่งออกข้อมูลออกไปครบทั้ง 16 ไบต์ ให้ส่งบิตหยุดเพื่อยกเลิกการเขียนข้อมูล ซึ่งช่วงเวลาการเขียนข้อมูลแบบเพจแสดงดังรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ช่วงเวลาของการเขียนข้อมูลแบบเพจ

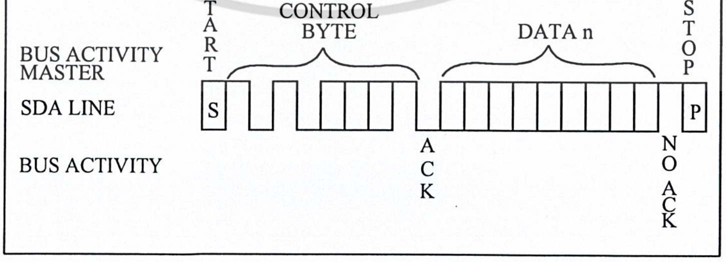
2.6.2 การอ่านข้อมูลจากอีอีพรอม

ขั้นตอนการอ่านข้อมูลจะเหมือนกับขั้นตอนการเขียนข้อมูลจะแตกต่างกันที่บิต R/W จะต้องถูกเซตค่าให้เป็น 1 ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการอ่านข้อมูลได้ 3 แบบ

1) การอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน

ภายในอีอีพรอมจะมีตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำ ทุกครั้งที่ส่งตำแหน่งให้กับอีอีพรอมนั้นค่าของตัวชี้จะถูกเปลี่ยนตามค่าของตำแหน่งที่ถูกส่งเข้าไป และทุกครั้งที่มีการเขียนหรืออ่านข้อมูลออกจากอีอีพรอม ในแต่ละไบต์ค่าของตัวชี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 1 ค่าโดยอัตโนมัติ

ดังนั้นการอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน คือ การอ่านข้อมูลจากอีอีพรอม ตรงตำแหน่งที่ตัวชี้อยู่ซึ่งสามารถทำได้โดยการส่งเงื่อนไขเริ่มต้นและตามด้วยไบต์ควบคุมโดยกำหนดให้บิต R/W มีค่าเป็น 1 หลังจากนั้นให้รอรับบิต ACK หลังจากที่ได้รับบิต ACK แล้วให้อ่านข้อมูลกลับออกมาจากอีอีพรอม จำนวน 1 ไบต์ หลังจากนั้นให้ส่งบิต NO ACK ซึ่งก็คือ ส่งลอจิก 1 และส่งเงื่อนไขหยุดให้กับอีอีพรอม ช่วงเวลาการอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบันแสดงดังรูปที่ 2.25

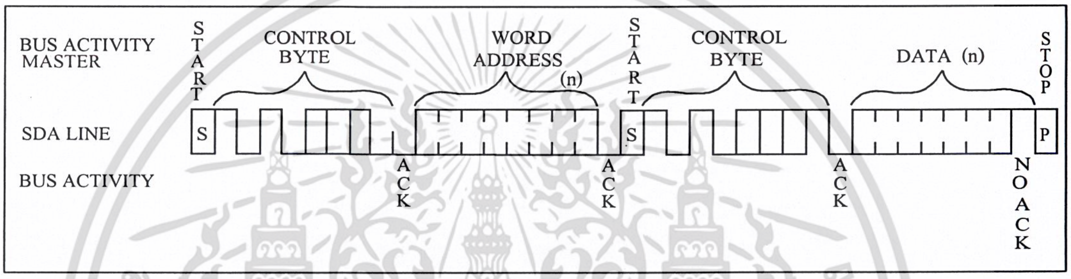


รูปที่ 2.25 ช่วงเวลาของการอ่านข้อมูลในตำแหน่งปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การอ่านข้อมูลแบบสุ่ม

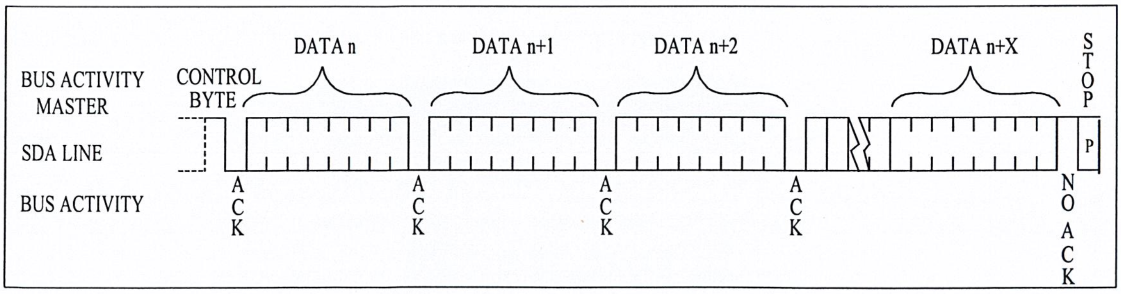
การอ่านข้อมูลแบบสุ่มจะเป็นการอ่านค่าตามแอดเดรสที่ระบุตำแหน่งที่ต้องการอ่านโดยมีขั้นตอนการอ่านข้อมูลในหน่วยความจำ คือ ส่งเงื่อนไขเริ่มต้นและตามด้วยบิตควบคุมโดยให้บิต R/W เป็น 0 และ Word Address ซึ่งเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการอ่านข้อมูล หลังจากนั้นให้รอรับบิต ACK แล้วจึงอ่านข้อมูลออกมา 1 ไบต์ ซึ่งเป็นข้อมูลตำแหน่งเดียวกับที่ตัวชี้ชี้อยู่หลังจากได้ข้อมูลครบทั้ง 8 บิต แล้วส่งบิต NO ACK และบิตหยุด ให้กับอีอีพรอมเพื่อยกเลิกการติดต่อช่วงเวลาการอ่านข้อมูลแบบสุ่มแสดงดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ช่วงเวลาของการอ่านข้อมูลแบบสุ่ม

3) การอ่านข้อมูลเป็นลำดับ

การอ่านข้อมูลแบบลำดับจะแตกต่างที่การอ่านข้อมูลแบบสุ่มตรงที่การอ่านข้อมูลแบบสุ่มนั้นจะอ่านข้อมูลออกมาเพียงไบต์เดียว แต่การอ่านข้อมูลแบบลำดับจะอ่านข้อมูลออกมาหลายไบต์จนกระทั่งส่งบิต NO ACK และบิตหยุดออกไป ซึ่งทุกครั้งที่มีการอ่านข้อมูลออกจากอีอีพรอมนั้นค่าของตัวชี้ที่อยู่ในหน่วยความจำอีอีพรอม จะเพิ่มค่าขึ้น 1 ค่า ดังนั้นข้อมูลที่อ่านค่าออกมาได้จึงเป็นข้อมูลที่อยู่ต่อเป็นลำดับต่อๆ กันออกไป ช่วงเวลาการอ่านข้อมูลแบบลำดับดังแสดงดังรูปที่ 2.27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.27 ช่วงเวลาของการอ่านข้อมูลแบบลำดับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึง การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน ของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและสมาร์ทการ์ดจำลอง ซึ่งภายในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะประกอบด้วย 2 วงจร คือ วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 และวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

3.2 แผนผังการทำงาน

รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ประกอบด้วยสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ภายในสมาร์ทการ์ดจะมีหน่วยความจำเพื่อใช้เก็บข้อมูล โดยส่วนของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะประกอบด้วย 2 วงจร คือ วงจรที่ใช้สำหรับการโปรแกรม PIC16F84 ในสมาร์ทการ์ดจริงกับสมาร์ทการ์ดจำลอง และวงจรที่ใช้สำหรับอ่าน-เขียนข้อมูลในบัตรสมาร์ทการ์ด หลักการทำงานเมื่อมีการสอดสมาร์ทการ์ดเข้าไปในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดเครื่องจะอ่านข้อมูลที่อยู่ภายในสมาร์ทการ์ด ไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และเมื่อต้องการเขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ดก็สามารถสั่งงานได้จากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

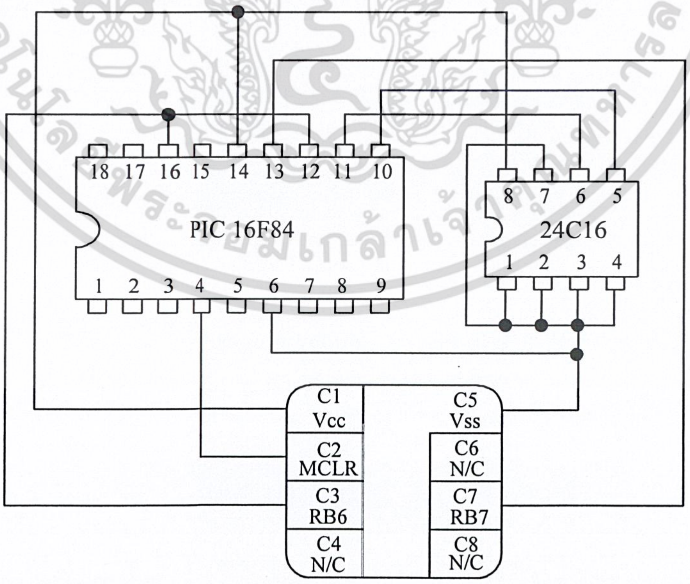
3.3 สมาร์ทการ์ดจำลอง

3.3.1 การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบและการสร้างสมาร์ทการ์ดจำลองที่ใช้ในโครงงานนี้ จะสร้างสมาร์ทการ์ดจำลองที่มีโครงสร้างของสมาร์ทการ์ดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 และ อีอีพรอม 24LC16 โดยสมาร์ทการ์ดจำลองที่สร้างขึ้นมานั้น จะใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีลักษณะเป็นบัตรแบบมีหน้าสัมผัสเหมือนกับสมาร์ทการ์ดจริง

3.3.2 การทำงาน

วงจรสมาร์ทการ์ดจำลองดังรูปที่ 3.2 เป็นการเชื่อมต่อตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 และอีอีพรอม 24LC16 กับตำแหน่งหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด โดยขา 4 ของ PIC16F84 ต่ออยู่กับ C2 ที่เป็นตำแหน่งหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด ซึ่งเป็นขา RST เพื่อใช้ในการรีเซตสมาร์ทการ์ดให้เริ่มต้นทำงานใหม่ ขา 14 ต่อเข้ากับตำแหน่ง C1 เพื่อป้อนแรงดันไฟให้แก่ชิปสมาร์ทการ์ด ขา 12 ของ PIC16F84 เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณการโปรแกรมแบบอนุกรม ต่อกับขา 16 ที่เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาในการส่งสัญญาณข้อมูล และต่อเข้ากับตำแหน่ง C3 ของหน้าสัมผัสสมาร์ทการ์ด ซึ่งเป็นขาสัญญาณ CLK สำหรับกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล ขา 13 ต่อเข้ากับตำแหน่ง C7 ที่เป็นขาสัญญาณ I/O เพื่อรับหรือส่งข้อมูลแบบอนุกรม



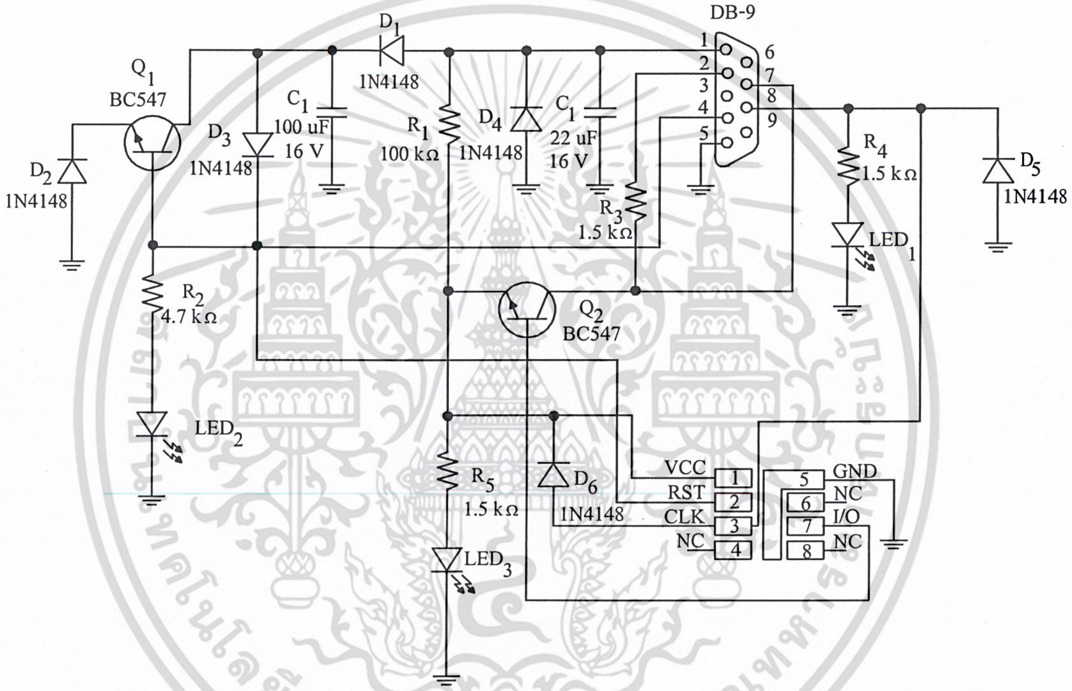
รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อวงจรของสมาร์ทการ์ดจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC 16F84

3.4.1 การออกแบบและการสร้าง

เครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 คือเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์โดยออกแบบโปรแกรมข้อมูลลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ที่อยู่บนสมาร์ทการ์ดได้และออกแบบให้ใช้ไฟเลี้ยงจากพอร์ตอนุกรม RS-232 โดยตรง จึงไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอกทำให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน



รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84

3.4.2 การทำงาน

จากวงจรรูปที่ 3.3 จะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่โปรแกรม (JDM PROGRAMMER) ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ที่อยู่ภายในสมาร์ทการ์ดให้ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อสำหรับการสื่อสารกับอีอีพรอม ซึ่งหลักการทำงานของเครื่อง คือ ตัวเครื่องจะรับไฟเลี้ยงมาจากคอมพิวเตอร์ โดยจะสังเกตได้จากหลอด LED2 จะติดสว่างขึ้นขณะที่ต่อวงจรนี้กับคอมพิวเตอร์และขณะที่เครื่องทำงานหรือทำการโปรแกรมนั้นจะมีหลอด LED3 กระพริบแสดงสถานะการทำงาน ซึ่งการทำงานของเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดจะคล้ายคลึงกับเครื่องโปรแกรมตัวไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมดาแต่จะแตกต่างกันตรงที่การโปรแกรมไอซีธรรมดานั้นจะเป็นการส่งสัญญาณไปในแต่ละขาพร้อม ๆ กัน ส่วนเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 จะต้องมีการส่งสัญญาณไปในลักษณะที่เป็นแบบอนุกรมเพื่อที่จะได้ส่งผ่านหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด

3.5 วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

3.5.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบและสร้างวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดจะออกแบบให้มีการทำงานดังนี้

1) สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 สาเหตุที่เลือกใช้พอร์ตอนุกรม RS-232 เพราะว่าพอร์ตอนุกรมใช้สายนำสัญญาณน้อย และมีขนาดของหัวนำสัญญาณที่เล็กทำให้การจัดวางรูปแบบตัวอุปกรณ์บนตัวเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดทำได้ง่าย โดยใช้ตัว IC MAX 232 เพื่อเป็นไดรฟ์เวอร์ในการติดต่อกับพอร์ต RS-232

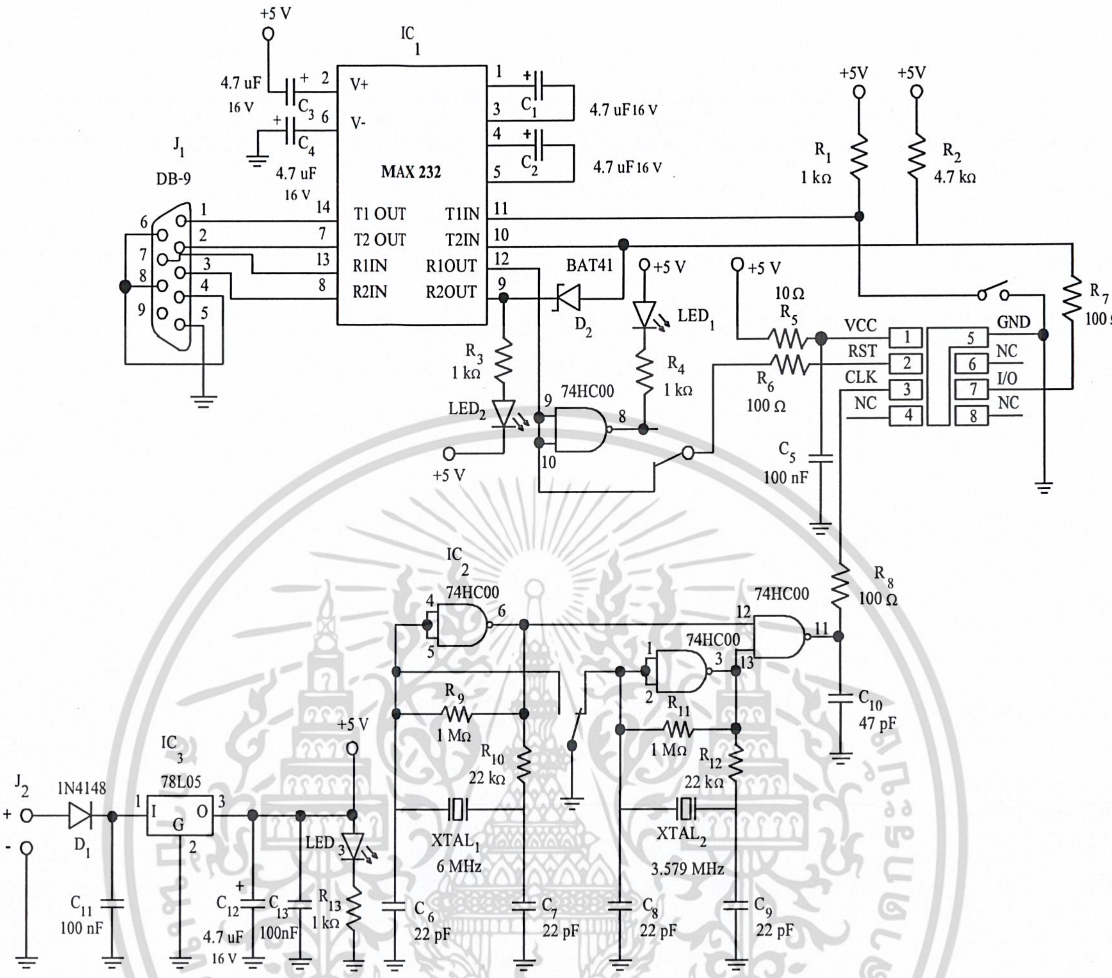
2) สัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ได้กำหนดให้สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ติดต่อกับสมาร์ทการ์ดเป็นไปตามมาตรฐาน ISO7816 ซึ่งก็คือ 3.57 MHz เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด จะทำให้อัตราความเร็วของการรับส่งข้อมูลที่ติดต่อระหว่างสมาร์ทการ์ดกับตัวเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดมีค่าเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที

3) IC Voltage Regulator ที่ใช้กับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดที่ใช้ในโครงงานนี้ เนื่องจากตัวสมาร์ทการ์ด และตัว IC ต่างๆ จะใช้ Vcc เท่ากับ 5 โวลต์ เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในการออกแบบ วงจรจึงเลือกใช้ IC Voltage Regulator ชนิด Positive แบบ 5 โวลต์ โดยเลือกใช้เบอร์ 78L05

3.5.2 การทำงาน

การทำงานโดยรวมของวงจรอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด คือ IC MAX 232 ทำหน้าที่ รับค่าจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยจะรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม RS-232 ในขา 13 จะรับสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม RS-232 ส่วนขาที่ 7 ทำหน้าที่รับสัญญาณ RX จากพอร์ตอนุกรม RS-232 ขา 10 ของ IC MAX 232 จะส่งสัญญาณข้อมูลไปยัง ขา I/O ซึ่งเป็นตำแหน่งหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด โดยทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตเพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม ขาที่ 12 ต่ออยู่กับแนนเกท 74HC00 ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงสถานะการทำงานของ LED และต่ออยู่กับขา RST ทำหน้าสำหรับรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด และตำแหน่งขา CLK ของสมาร์ทการ์ดจะต่อเข้ากับวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อกำหนดจังหวะการรับส่งสัญญาณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

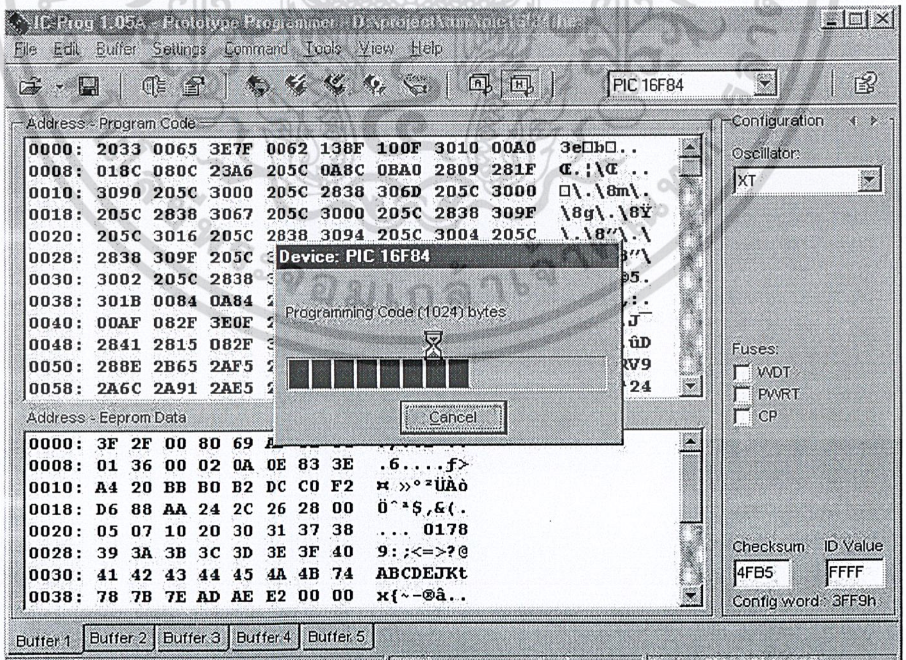
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ปริญญานิพนธ์บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองและผลการทดลองที่ได้ ซึ่งประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองการใช้งานร่วมกันระหว่างเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดกับสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง

4.2 การทดลองวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84

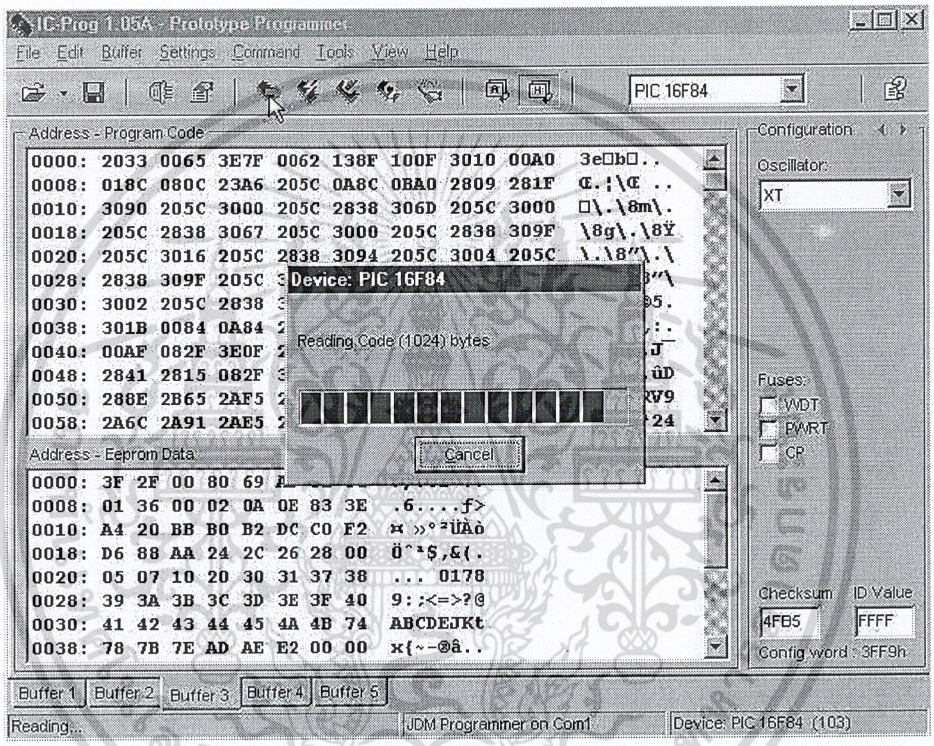
วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 เป็นวงจรที่อยู่ในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ในการทดลองจะใช้โปรแกรม IC Prog การทดลองนี้เป็นการโปรแกรมระบบปฏิบัติการสมาร์ทการ์ดลงใน PIC16F84 จากการทดลอง จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นหน้าต่างโปรแกรมขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84 ที่อยู่บนสมาร์ทการ์ด



รูปที่ 4.1 หน้าต่างโปรแกรมขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการทดลองอ่านข้อมูลที่ได้เขียนลงใน PIC16F84 ได้ทดลองอ่านข้อมูลที่อยู่ใน PIC16F84 บนสมาร์ทการ์ดทั้งสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง โดยผลที่ได้จะเหมือนกัน จากการทดลองอ่านข้อมูลพบว่าสามารถอ่านข้อมูลที่อยู่ใน PIC16F84 ได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC16F84 ที่อยู่ในสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง



รูปที่ 4.2 หน้าต่างโปรแกรมขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC16F84

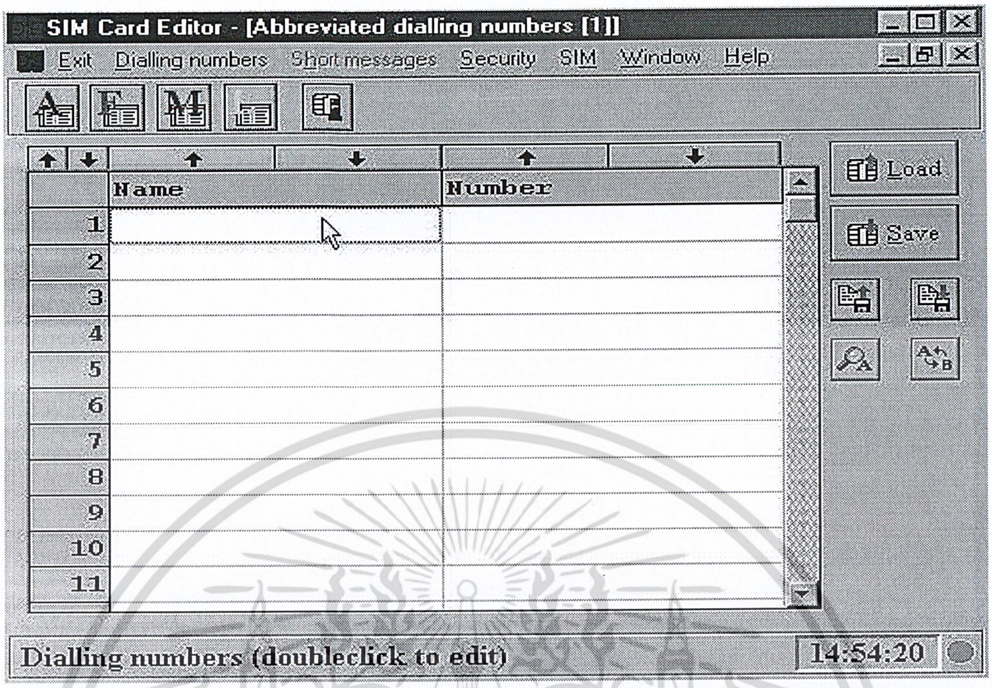
4.3 การทดลองวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

การทดลองของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับการเขียนและอ่านข้อมูลในสมาร์ทการ์ด โดยข้อมูลที่จะเขียนลงไปในสมาร์ทการ์ดนั้นจะประกอบไปด้วย ชื่อ นามสกุล และรหัสนักศึกษา จะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ

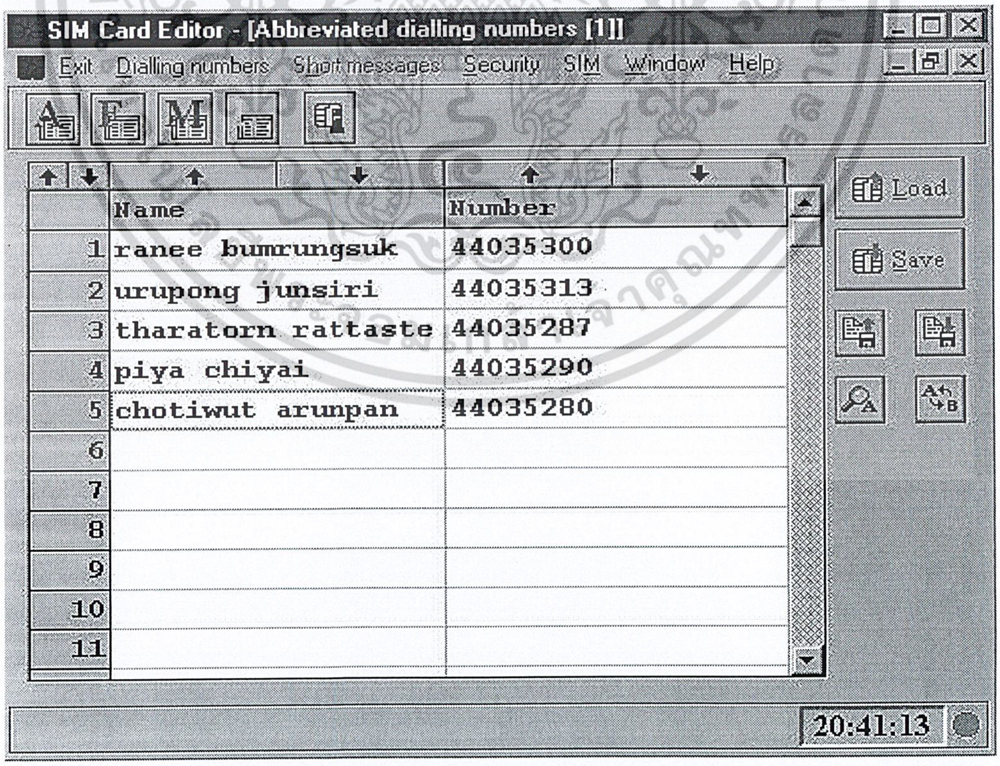
4.3.1.การทดลองการอ่าน-เขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ดจริง

จากการทดลองจะเห็นว่าเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดสามารถเขียนข้อมูลลงไปในสมาร์ทการ์ดจริงได้ ดังรูปที่ 4.3 เป็นแบบฟอร์มการเขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ดและรูปที่ 4.4 เป็นข้อมูลอ่านได้จากสมาร์ทการ์ดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามทำการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แบบฟอร์มการเขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ด



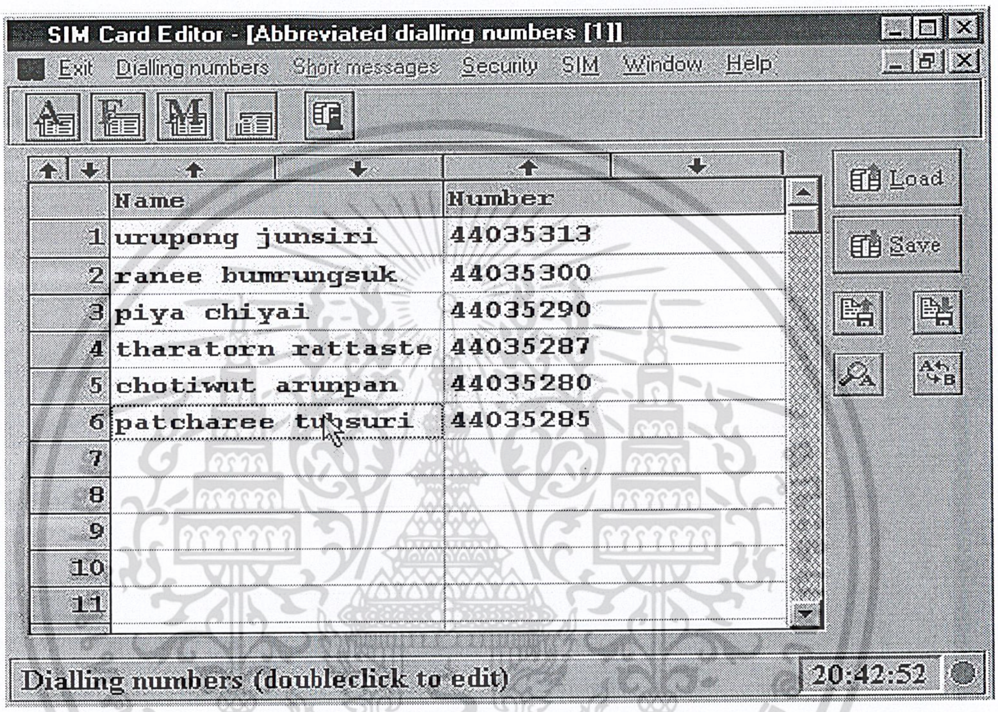
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.4 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในสมาร์ทการ์ดจริง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองการอ่าน-เขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ดจำลอง

จากการทดลอง เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดสามารถที่จะเขียนข้อมูลลงในและอ่านข้อมูลที่เก็บอยู่ในสมาร์ทการ์ดจำลองได้เช่นเดียวกับสมาร์ทการ์ดจริง ดังรูปที่ 4.5 เป็นข้อมูลที่อยู่ในสมาร์ทการ์ดจำลอง



รูปที่ 4.5 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในสมาร์ทการ์ดจำลอง

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการโปรแกรมข้อมูลลงใน PIC16F84 และการทดลองการอ่าน-เขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ดทั้งสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง พบว่าเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดสามารถเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84 ที่อยู่บนสมาร์ทการ์ดได้ และสามารถอ่าน-เขียนข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดนี้สามารถอ่านและเขียนข้อมูล ชื่อ นามสกุล และรหัสนักศึกษาลงในสมาร์ทการ์ดได้ โดยสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ทั้งสมาร์ทการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง สามารถแสดงผลข้อมูลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ การทำโครงงานนี้ทำให้ผู้ทำโครงงานมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด และรายละเอียดคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทำโครงงาน

อย่างไรก็ตาม เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดที่ได้จัดสร้างขึ้นมานี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา การออกแบบลายวงจรพิมพ์มีความผิดพลาดมาก เนื่องจากไม่มีความชำนาญในการออกแบบลายวงจรพิมพ์

แนวทางแก้ไข พยายามศึกษาการออกแบบลายวงจรพิมพ์จากหนังสือ และจากผู้มีประสบการณ์ พร้อมทั้งเพิ่มความรอบคอบในการออกแบบลายวงจรพิมพ์

2. ปัญหา ข้อมูลที่ใช้ศึกษาในการทำโครงงานหาได้ยาก เนื่องจากข้อมูลที่ใช้นั้นเป็นความรู้ใหม่ แหล่งข้อมูลมีน้อย

แนวทางแก้ไข ศึกษาจากผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ รวมทั้งค้นคว้าหาข้อมูลจากระบบอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหา ความก้าวหน้าของโครงงานมีน้อย เพราะปัญหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้น รวมทั้งผู้จัดทำโครงงานมีความรู้ ความชำนาญในการทำโครงงานน้อย จึงทำให้การทำงานล่าช้า

แนวทางแก้ไข พยายามศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลให้มากขึ้น รวมทั้งเข้าปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

5.3 แนวทางในการพัฒนา

1. ในการแสดงผลข้อมูลหรือแก้ไขข้อมูลที่มีอยู่ในสมาร์ทการ์ด จะต้องป้อนข้อมูลผ่านทางคีย์บอร์ดและแสดงผลที่หน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงควรพัฒนาให้สามารถป้อนข้อมูลบนตัวเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดและแสดงผลข้อมูลในสมาร์ทการ์ดบนจอแบบผลึกเหลวได้

2. ควรพัฒนาให้สามารถประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ได้ เช่น งานด้านอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ งานด้านการศึกษา งานห้องสมุด งานด้านความปลอดภัย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษดา ใจเย็น และคณะ. **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม.** กรุงเทพฯ : อินโนเวดีฟ เอ็กเพอร์เมนต์. ม.ป.ป.

กฤษดา ใจเย็น และคณะ. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84A.** กรุงเทพฯ : อินโนเวดีฟ เอ็กเพอร์เมนต์. ม.ป.ป.

ศิริวรรณ ฉินทาดิชัย. **หลักการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี 8088**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ประกายพรึก. 2542

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. "บัตรอัจฉริยะสู่โลกธุรกิจอนาคต." **วารสารอิเล็คทรอนิกส์.** ปีที่ (238) : หน้า 244-251. 2545

อารัมภีย์ จันทร์ใย. "การสร้างเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด." **เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิกส์.** ฉบับที่ 240 : หน้า 155-162. 2545

อารัมภีย์ จันทร์ใย. "พื้นฐานในการอินเตอร์เฟสสมาร์ทการ์ดแบบสัมผัส." **เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิกส์.** ฉบับที่ 241 : หน้า 184-189. 2545

อารัมภีย์ จันทร์ใย. "การอินเตอร์เฟสสมาร์ทการ์ดหน่วยความจำ." **เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิกส์.** ฉบับที่ 242 : หน้า 150-161. 2545

อารัมภีย์ จันทร์ใย. "แนวทางการประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดอย่างง่ายๆ." **เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิกส์.** ฉบับที่ 243 : หน้า 148-154. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เครื่องต้นแบบ

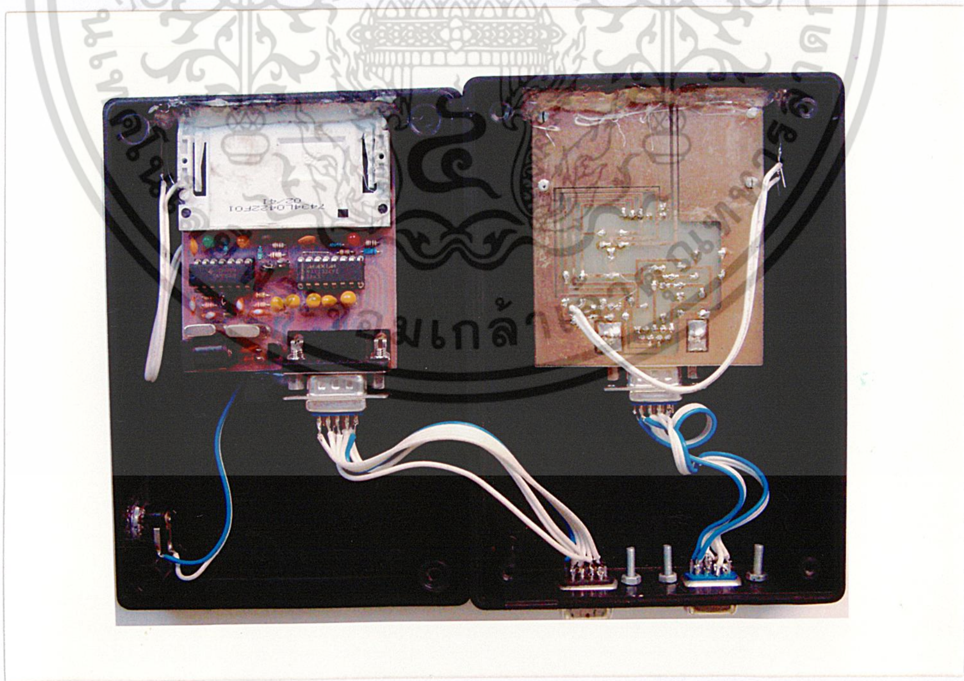
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

ขนาดความกว้างของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด เท่ากับ 10 เซนติเมตร ความยาวของเครื่องเท่ากับ 14.5 เซนติเมตร และความสูงของเครื่องเท่ากับ 5.5 เซนติเมตร

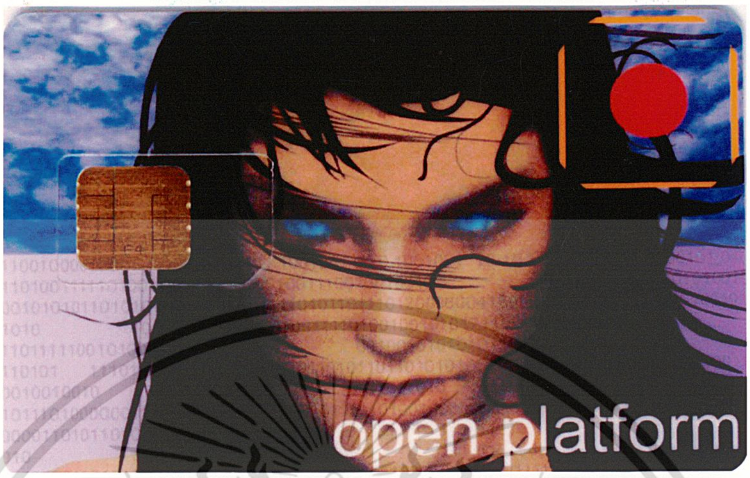
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2 ภาพด้านหลังของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด



รูปที่ ก.3 ภาพวงจรภายในเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

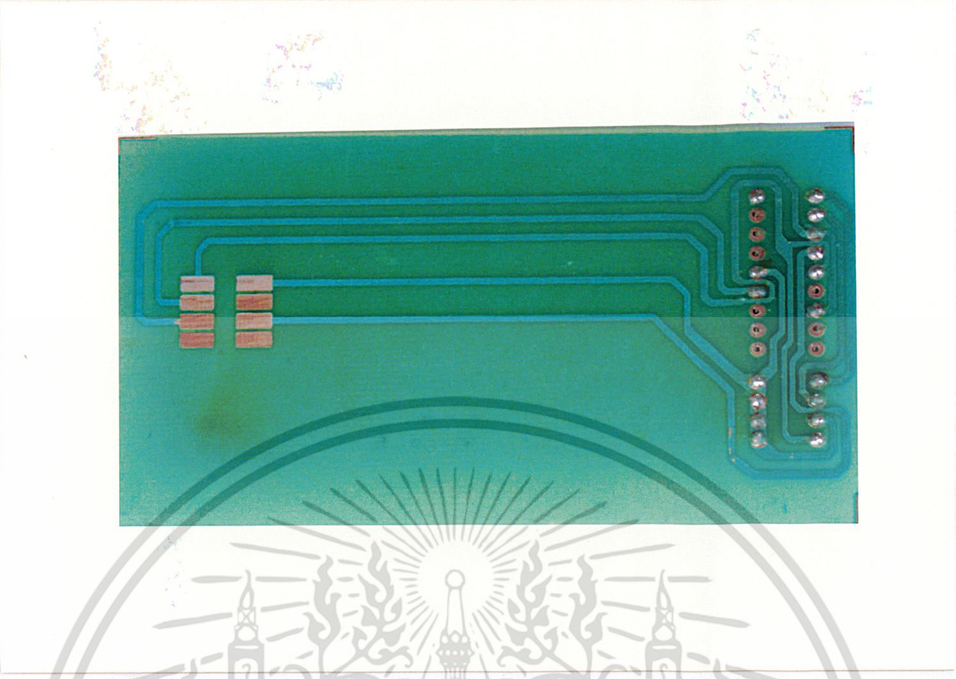
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 ภาพสมาร์ทการ์ดจริง

รูปที่ ก.5 ภาพด้านบนของสมาร์ทการ์ดจำลอง

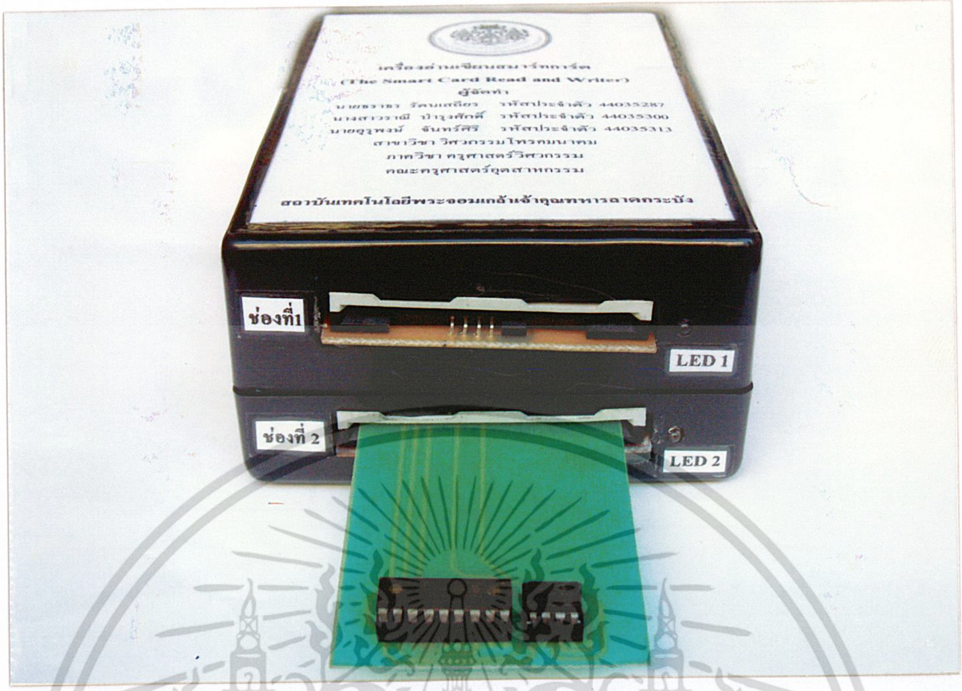
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 ภาพด้านล่างของสมาร์ทการ์ดจำลอง

รูปที่ ก.7 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดจริงเข้ากับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

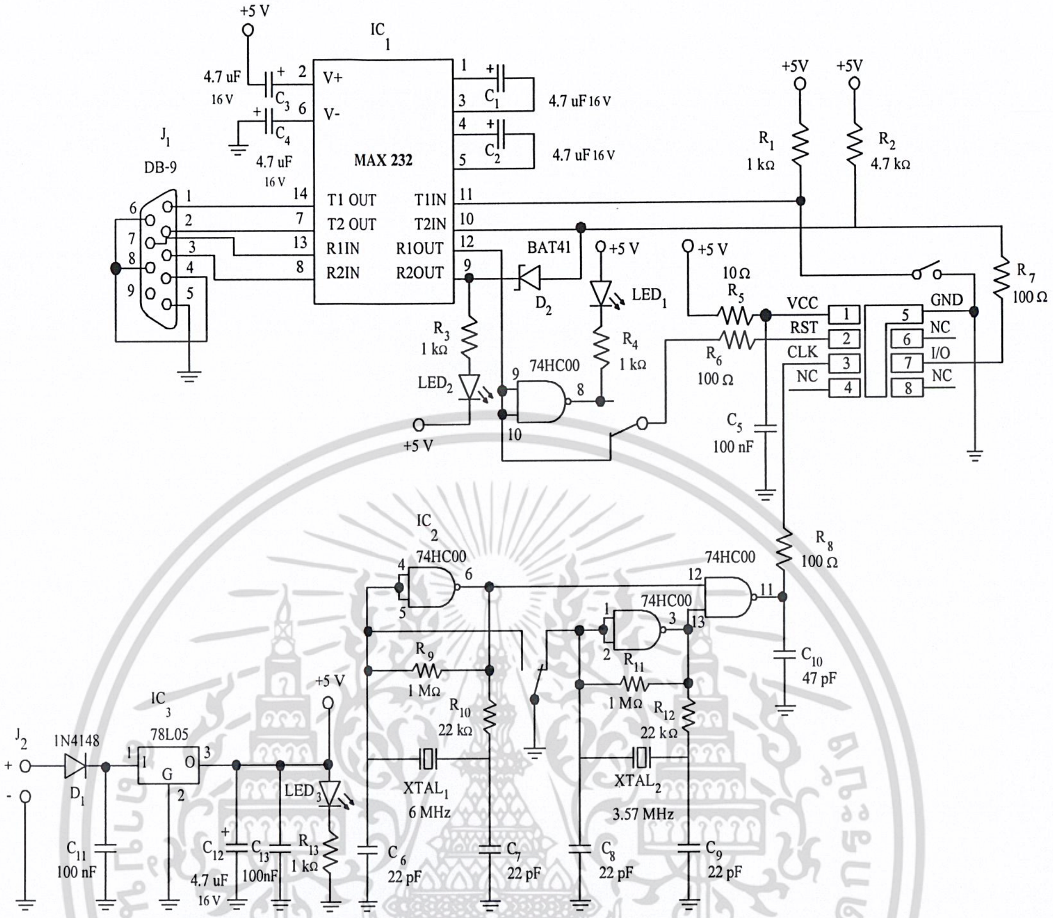


รูปที่ ก.8 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดจำลองเข้ากับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

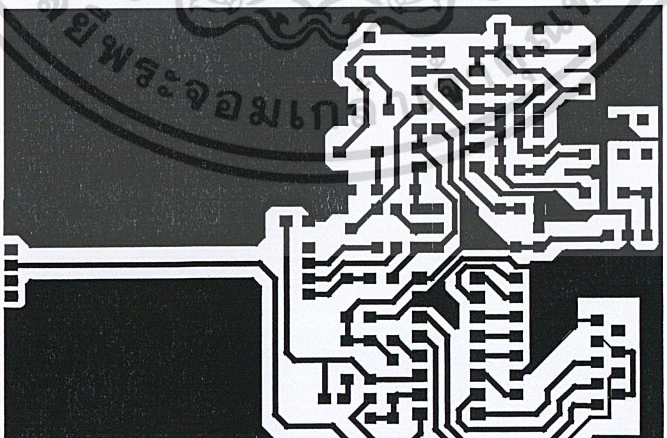
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

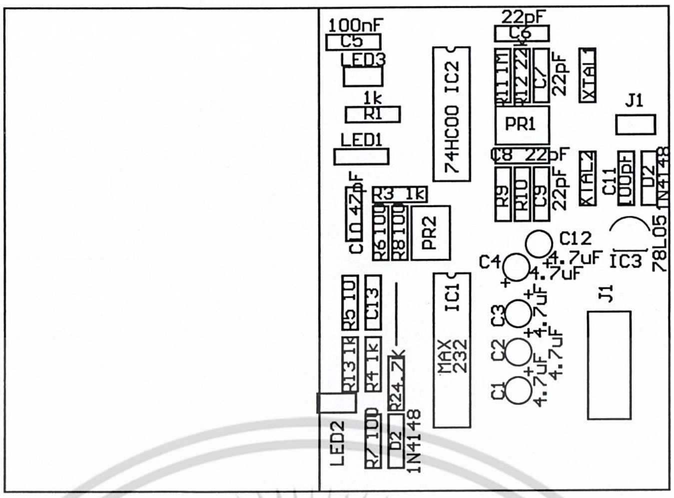


รูปที่ ข.1 วงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

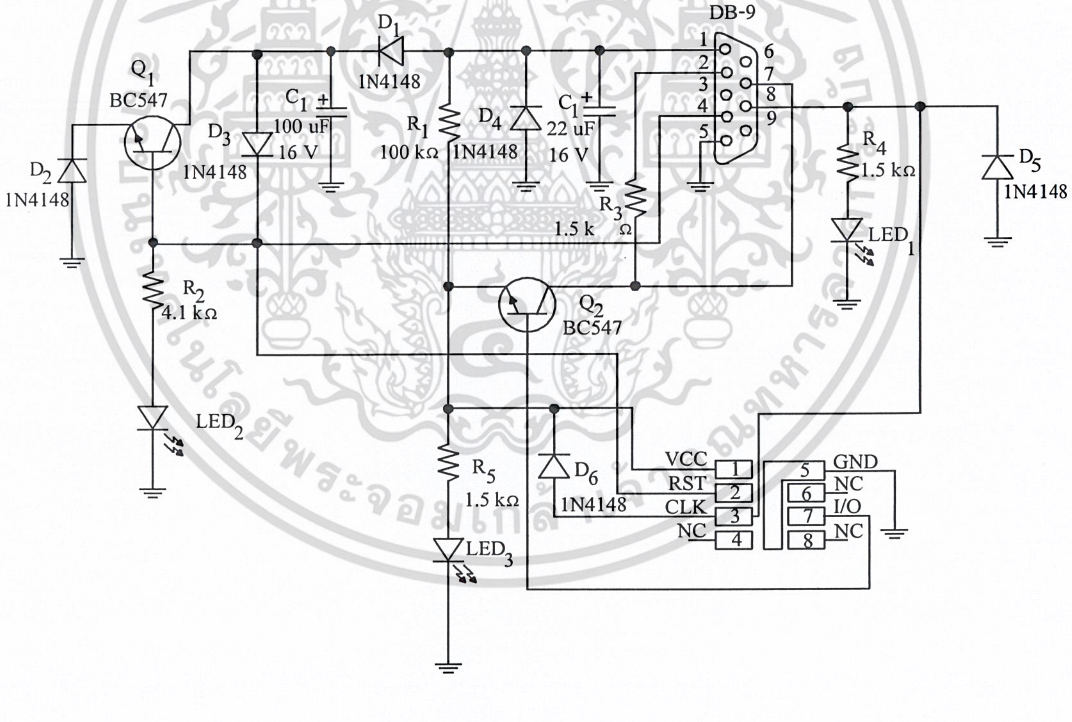


รูปที่ ข.2 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง ... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

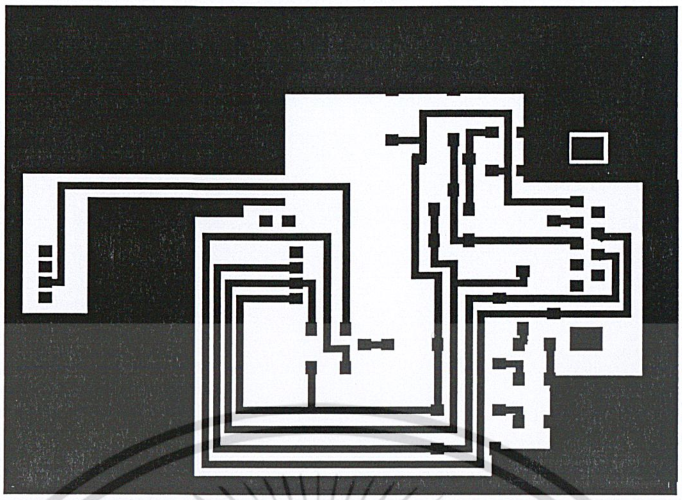


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

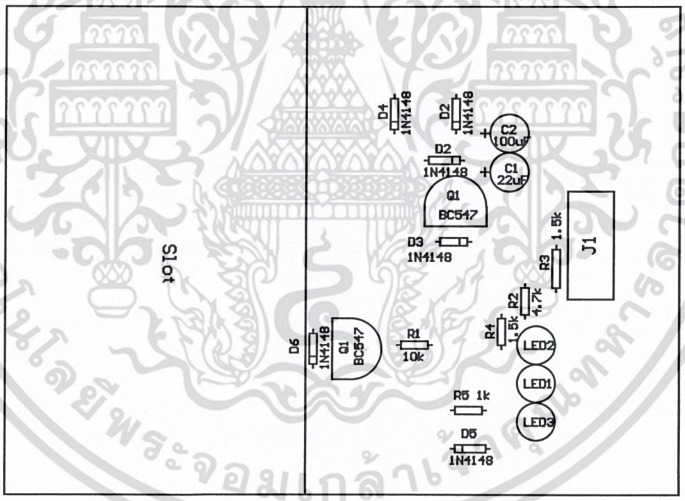


รูปที่ ข.4 วงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84



รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	MAX 232	1 ตัว
IC_2	NAND GATE 2 อินพุต	1 ตัว
IC_3	78L05 เรกูเรเตอร์	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D_1	ไดโอดเบอร์ 1N4148	1 ตัว
LED_1 , LED_2 , LED_3	ไดโอดเปล่งแสง	3 ตัว
D_2	ชอตกี้ไดโอดเบอร์ BAT41	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1 - C_4 , C_{12}	4.7 µF แทนทาลัม16V	5 ตัว
C_6 - C_9	22 pF เซรามิก	4 ตัว
C_5 , C_{11} , C_{13}	100 nF เซรามิก	2 ตัว
C_{10}	47 pF เซรามิก	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R_1 , R_3 , R_4 , R_{13}	1 kΩ ¼ W	4 ตัว
R_2	4.7 kΩ ¼ W	1 ตัว
R_5	10 Ω ¼ W	1 ตัว
R_6 , R_7 , R_8	100 Ω ¼ W	3 ตัว
R_9 , R_{11}	1 MΩ ¼ W	2 ตัว
R_{10} , R_{12}	22 kΩ ¼ W	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
J_1	หัวต่อ RS-232 แบบ DB-9 ตัวเมีย	1 ตัว
J_2	แจ็คอะแด็ปเตอร์	1 ตัว
$XTAL_1$	คริสตอล 6 MHz	1 ตัว
$XTAL_2$	คริสตอล 3.57 MHz	1 ตัว
SMART CARD SLOT	ซอกเกตสำหรับเสียบสมาร์ทการ์ด	1 ตัว
ซอกเกตวงจรรวม	ขนาด 16 ขา สำหรับ IC MAX 232	1 ตัว
	ขนาด 14 ขา สำหรับ IC 74HC00	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรสมาร์ทการ์ดจำลอง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	PIC16F84	1 ตัว
IC_2	EEPROM 24LC16	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
ซอกเกตวงจรรวม	ขนาด 18 ขา สำหรับ IC PIC16F84	1 ตัว
	ขนาด 8 ขา สำหรับ EEPROM 24LC16	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องโปรแกรม PIC16F84

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
LED_1, LED_2, LED_3	ไดโอดเปล่งแสง	3 ตัว
D_1 - D_6	ไดโอดเบอร์ 1N4148	6 ตัว
Q_1, Q_2	ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC547	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1	22 μF แทนทาลัม 16V	1 ตัว
C_2	100 μF อิเล็กทรอไลต์ 16V	
ตัวต้านทาน		
R_1	100 kΩ ¼ W	2 ตัว
R_2	4.7 kΩ ¼ W	1 ตัว
R_3, R_4, R_5	1.5 kΩ ¼ W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่น ๆ		
J_1	หัวต่อ RS-232 แบบ DB-9 ตัวเมีย	1 ตัว
SMART CARD SLOT	ซอกเกตสำหรับเสียบสมาร์ทการ์ด	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

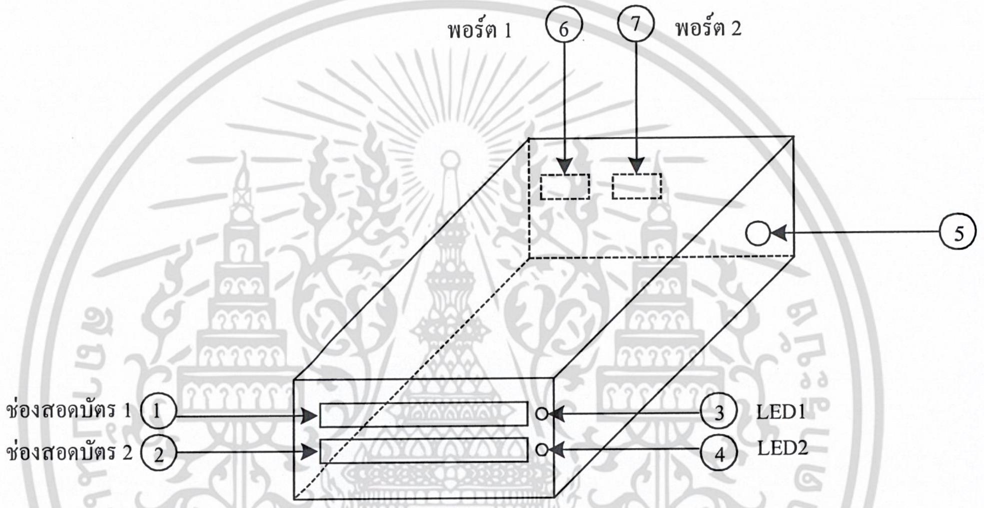
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้งานเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจ เพื่อให้ได้ผลการใช้งานที่ถูกต้องที่สุด และเพื่อป้องกันการเกิดการเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

หมายเลข 1 ช่องสอดบัตร 1 ของวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84

หมายเลข 2 ช่องสอดบัตร 2 ของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

หมายเลข 3 แอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84

หมายเลข 4 แอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด

หมายเลข 5 ช่องสำหรับต่ออะแด็ปเตอร์

หมายเลข 6 พอร์ต 1 สำหรับต่อพอร์ต COM 1 ของคอมพิวเตอร์

หมายเลข 7 พอร์ต 1 สำหรับต่อพอร์ต COM 2 ของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

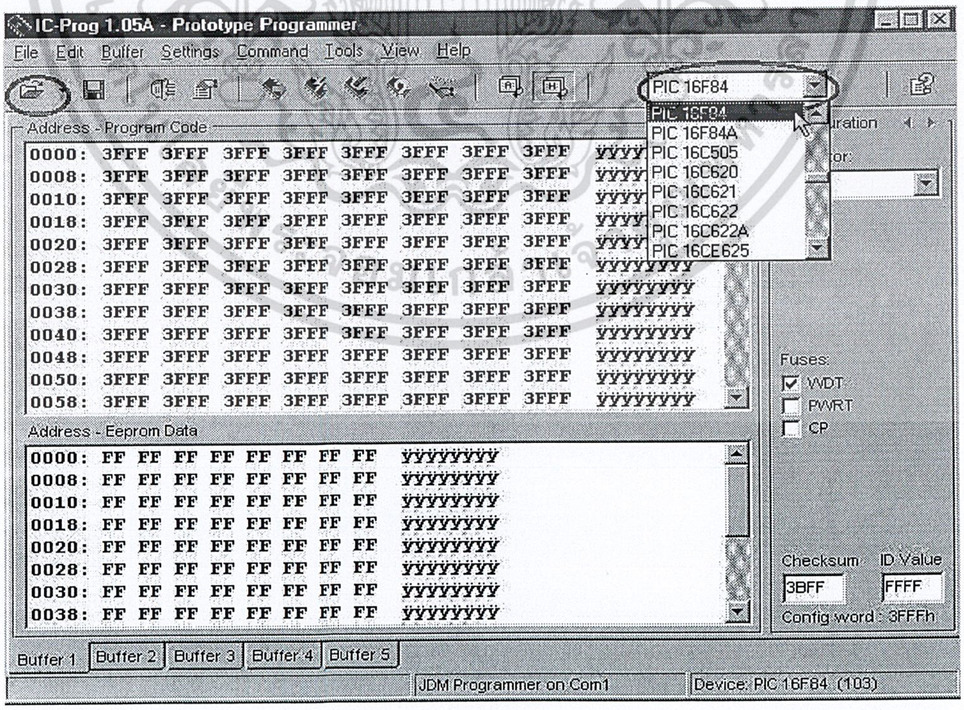
3. การติดตั้งและการใช้งาน

การใช้งาน ต้องมีโปรแกรมข้อมูลระบบปฏิบัติการของสมาร์ทการ์ดลงใน PIC16F84 ที่อยู่ในสมาร์ทการ์ดสำหรับสมาร์ทการ์ดที่ยังไม่ได้โปรแกรมระบบปฏิบัติการสมาร์ทการ์ด โดยวงจรเครื่องโปรแกรมข้อมูล PIC16F84 ทั้งสมาร์ดการ์ดจริงและสมาร์ทการ์ดจำลอง จากนั้นค่อยนำไปอ่านหรือเขียนกับวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ซึ่งวงจรทั้งสองวงจรจะรวมอยู่แล้วในเครื่องเดียวกัน แต่สำหรับซิมการ์ดของโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถนำมาอ่าน-เขียนข้อมูลได้เลย โดยการใช้งานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2 ต่อเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยพอร์ต 1 ของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ต่อกับ พอร์ต COM 1 และพอร์ต 2 ของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดต่อกับพอร์ต COM 2 แอลอีดี 1 จะติด

3.2 เสียบอะแด็ปเตอร์ 12โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดแอลอีดี 2 จะติด

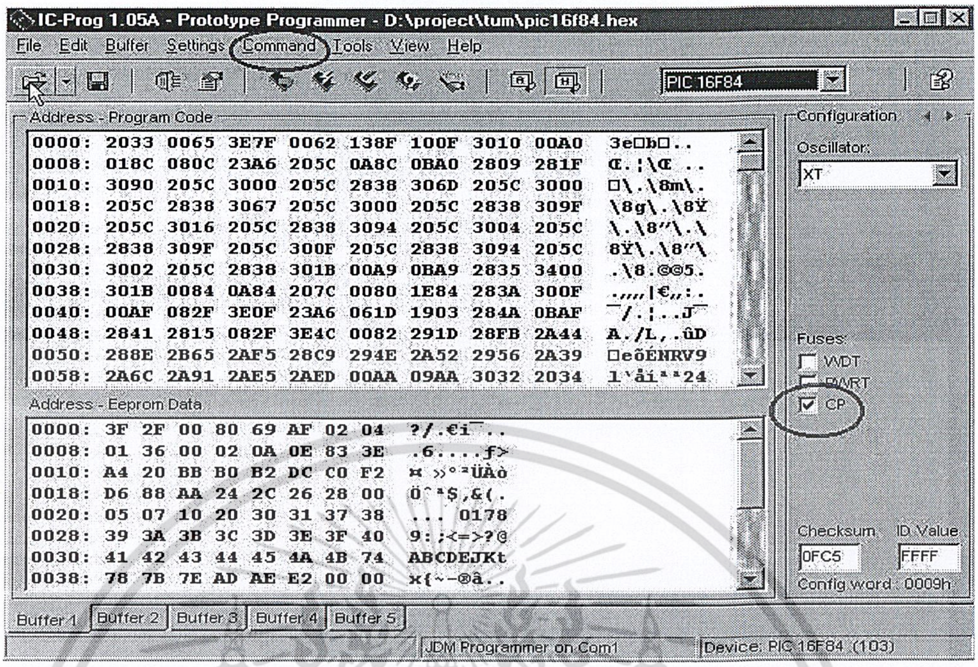
3.3 เปิดโปรแกรม IC Prog เลือกที่ PIC16F84 และเปิดไฟล์ของ PIC 16F84.Hex เพื่อโปรแกรมระบบปฏิบัติการสมาร์ทการ์ดลงใน PIC16F84 ที่อยู่บนสมาร์ทการ์ด แสดงหน้าต่างของโปรแกรม IC Prog ดังรูปที่ ง.2 และรูปที่ ง.3 แสดงไฟล์ PIC16F84.Hex



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ ง.2 หน้าต่างโปรแกรม IC Prog

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 หน้าต่างโปรแกรม ไฟล์ PIC16F84. Hex ของโปรแกรม IC Prog

3.4) เสียบสมาร์ทการ์ดเข้าไปในช่องสอดบัตรที่ 1 ดังรูปที่ ง.4

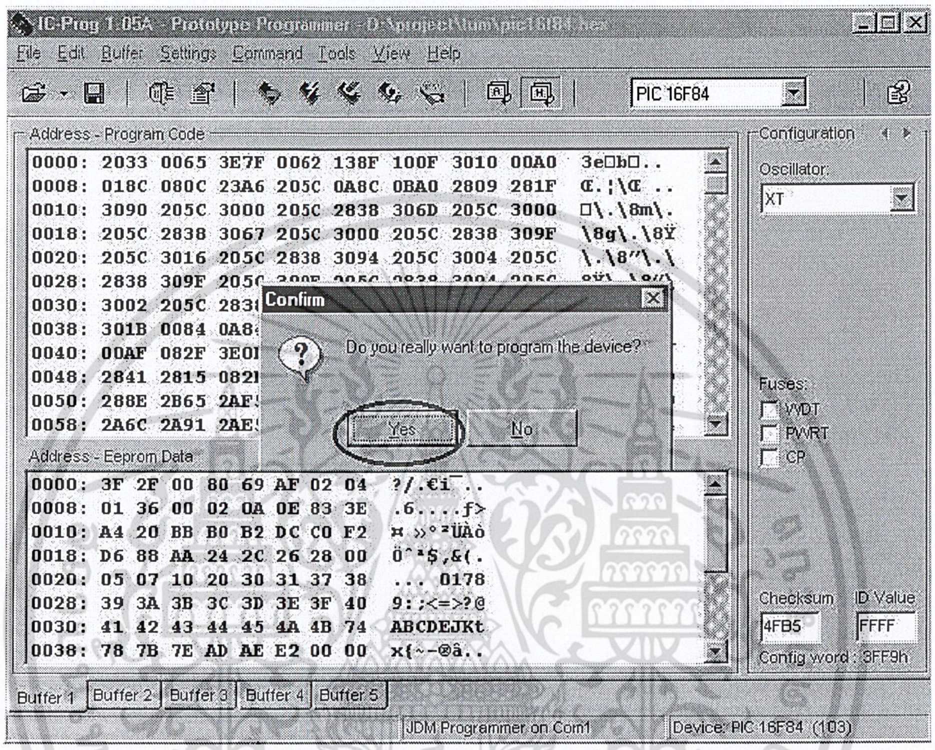
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ ง.4 ภาพขณะเสียบสมาร์ทการ์ดเข้าที่ช่องสอดบัตรที่ 1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5) จากหน้าต่างโปรแกรมที่ ง.3 ให้เลือกเครื่องหมายถูกที่ช่อง CP (Code protect) ออก

3.6) เข้าไปที่เมนู Command ของหน้าต่างโปรแกรมในรูปที่ ง.3 และเลือกที่ Program All จะขึ้นหน้าต่างถามว่าต้องการที่จะโปรแกรมข้อมูลหรือไม่ให้เลือกที่ Yes ดังรูปที่ ง.5

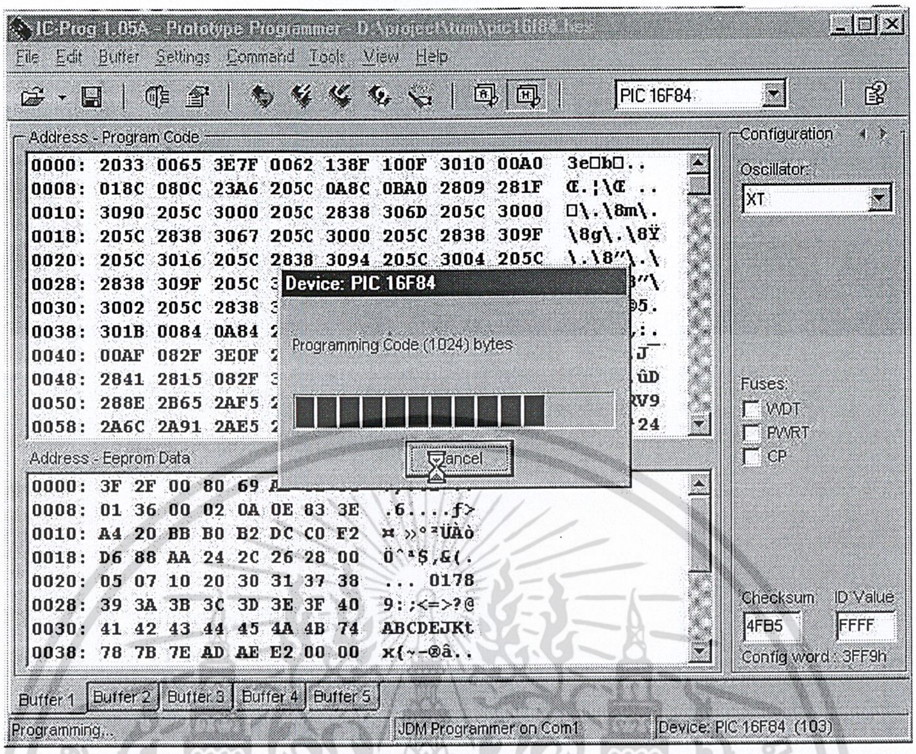


รูปที่ ง.5 หน้าต่างโปรแกรมถามว่าต้องการโปรแกรมข้อมูลหรือไม่

3.7) เครื่องจะโปรแกรมข้อมูลลงใน PIC16F84 ดังรูปที่ ง.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84

3.8) เมื่อเครื่องโปรแกรมข้อมูลเสร็จก็ปิดโปรแกรม IC Prog และดึงบัตรออก เป็นอันเสร็จสิ้นการโปรแกรมระบบปฏิบัติการสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.6 หน้าต่างโปรแกรมขณะกำลังเขียนข้อมูลลงใน PIC16F84

3.9) ถ้าต้องการที่จะอ่าน-เขียนข้อมูลลงในบัตร ก็เปิดโปรแกรม Cardinal สำหรับแสดงผลข้อมูลดังรูปที่ ง.7 เป็นหน้าต่างโปรแกรม Cardinal

รูปที่ ง.7 หน้าต่างโปรแกรมแสดงผล Cardinal

3.10) ดึงสมาร์ทการ์ดออกจากช่องสอดบัตรที่ 1 มาเสียบที่ช่องสอดบัตรที่ 2 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลในบัตรดังรูปที่ ง.8

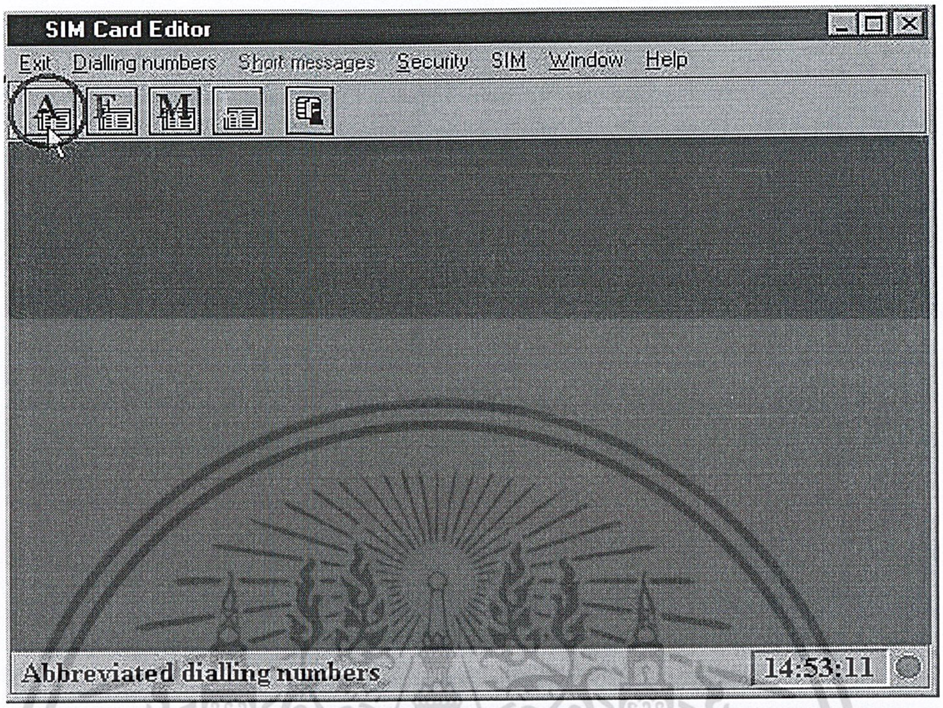
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.8 ภาพขณะที่เสียบสมาร์ทการ์ดเข้าที่ช่องสอดบัตรที่ 2

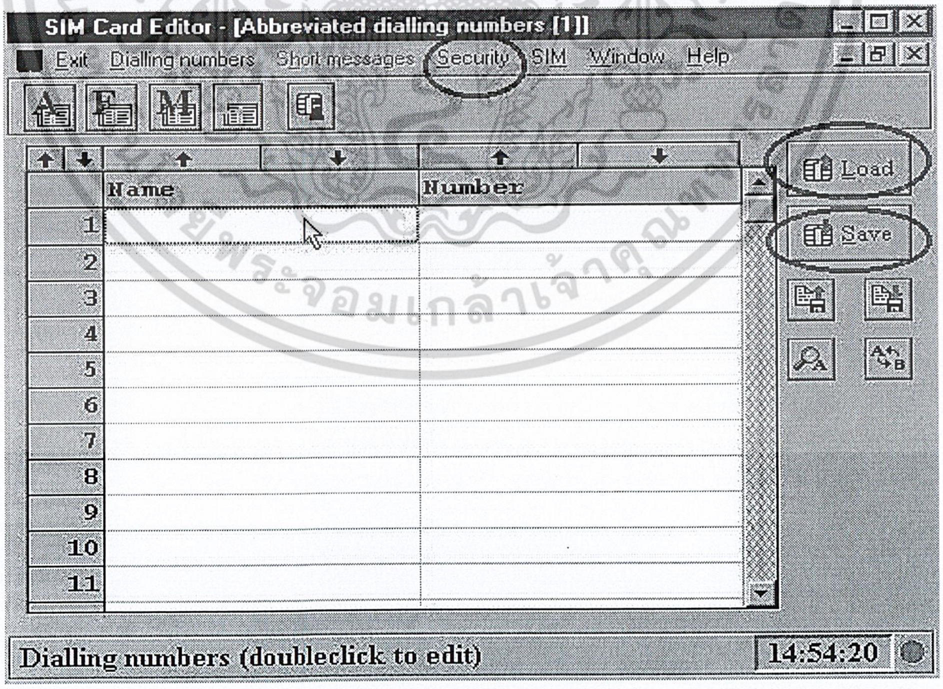
3.11) เลือกที่ clik here และเลือกที่ setting เพื่อกำหนดคอมพอร์ตตามที่ได้ต่อไว้ตอนแรก โดยเลือกไปที่พอร์ต COM 2

3.12) ที่ตำแหน่ง clik here เลือกที่ Smart Card และ Sim Edditer จะปรากฏเป็นหน้าต่างขึ้นมาดังรูปที่ ง.9 ให้เลือกที่ ตัว A ใหญ่เพื่อเปิดแบบฟอร์มการเขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ดดังรูปที่ ง.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



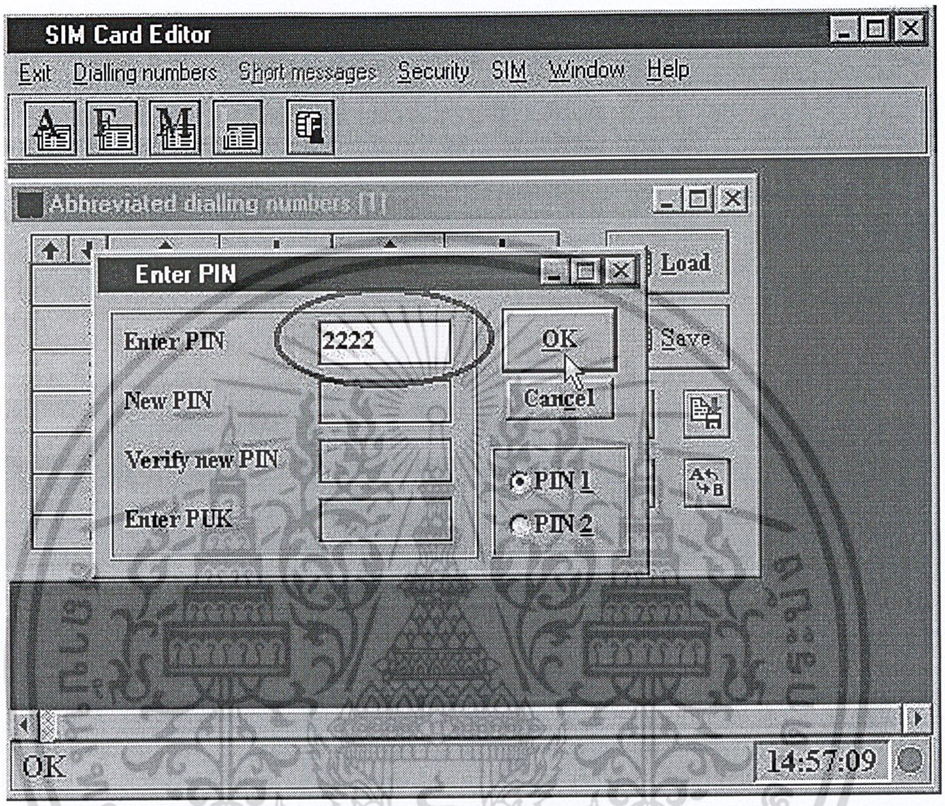
รูปที่ ง.9 หน้าต่างโปรแกรมเมื่อเลือกที่ Smart Card และ Sim Editer



รูปที่ ง.10 แบบฟอร์มการเขียนข้อมูลในสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13) เลือกไปที่ Security เพื่อใส่รหัสที่ได้กำหนดไว้ ถ้าหากไม่ได้กำหนดรหัสไว้ก็ไม่ต้องใส่รหัส ดังรูปที่ ง.11 แสดงการใส่รหัส



รูปที่ ง.11 หน้าต่างโปรแกรมให้ใส่รหัสผู้ถือบัตร

3.14) ถ้าต้องการอ่านข้อมูลที่อยู่ในสมาร์ทการ์ดก็เลือกที่เมนูโหลดจากรูปที่ ง. 10 เครื่องจะทำการโหลดข้อมูลแสดงขึ้นมาตามแบบฟอร์มการเขียนข้อมูล

3.15) ถ้าต้องการเขียนหรือแก้ไขข้อมูลที่อยู่ในสมาร์ทการ์ด ก็กรอกข้อมูลลงในช่องที่ต้องการเก็บข้อมูลแล้วเลือกที่ Save จากรูปที่ ง.10 เครื่องก็จะบันทึกข้อมูลลงในสมาร์ทการ์ด

3.16) เมื่อดูหรือแก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้วออกโปรแกรม ปิดคอมพิวเตอร์ ถอดอะแด็ปเตอร์ที่เครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด ถอดสายคอมพอร์ต และเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด คือ เมื่อโปรแกรมแสดงอาการ Error ต่างๆ อันอาจเกิดจากการสั่งงานข้ามขั้นตอนไป หรือประสบปัญหาอื่นๆ ในขณะที่ใช้งานสามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขข้อผิดพลาดเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
เครื่องไม่ทำงาน	ตรวจสอบอะแด็ปเตอร์ว่าเสียบแน่นหรือไม่, ตรวจสอบสายส่งข้อมูลที่ต่อระหว่างเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ดกับคอมพิวเตอร์ว่าต่อแน่นหรือไม่
แสดง eeror “Please Enter pin”	ยังไม่ใส่รหัสผู้ถือบัตรที่ได้กำหนดไว้
แสดง eeror “No byte (s) in input buffer check the card”	ไม่ได้ใส่บัตรแล้วสั่ง Save หรือ Load
แสดง eeror “Verify failed at addreess 0000h”	ยังไม่ได้เลือกเครื่องหมายถูกที่ช่อง CP ออก หรือ ยังไม่ได้เสียบบัตรแล้วสั่งโปรแกรมบัตร

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ถอดสมาร์ทการ์ดออกจากเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ
- ถอดอะแด็ปเตอร์ทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ
- เก็บสมาร์ทการ์ดใส่ซองสำหรับเก็บบัตรให้เรียบร้อย

5.2 ข้อควรระวัง

- อย่าให้ที่หน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ดเกิดรอยขีดข่วนอย่างรุนแรง เพราะอาจทำให้ข้อมูลที่อยู่ภายในเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
บัตรสมาร์ทการ์ด	ใช้กับสมาร์ทการ์ดรุ่นโกลด์การ์ดที่มีหน่วยประมวลผลกลางเป็น PIC16F84 และ อีอีพรอม 24LC16 และสามารถใช้ได้กับซิมการ์ดของระบบ DTAC Orange และ GSM ได้
ส่วนแสดงผล	แสดงผลข้อมูลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
การส่งผ่านข้อมูล	ใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232
แหล่งจ่ายพลังงาน	ใช้ไฟกระแสตรง 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

PIC16F84A

18-pin *Enhanced* Flash/EEPROM 8-Bit Microcontroller

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F84A
- Extended voltage range device available (PIC16LF84A)

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of data RAM
- 64 bytes of data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 special function hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTB<7:4> interrupt on change
  - Data EEPROM write complete

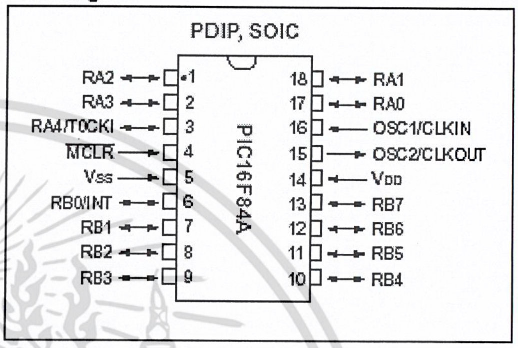
Peripheral Features:

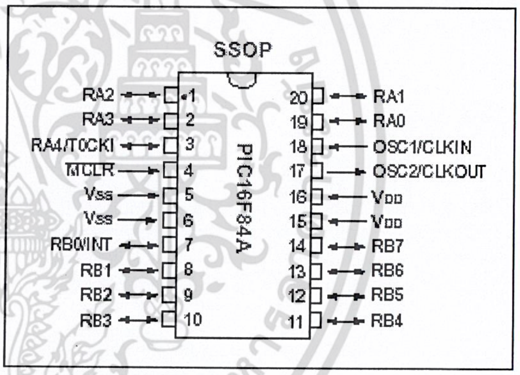
- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

- 1000 erase/write cycles *Enhanced* Flash program memory
- 1,000,000 typical erase/write cycles EEPROM data memory
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

Pin Diagrams





CMOS *Enhanced* Flash/EERPOM Technology:

- Low-power, high-speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
  - < 0.5 µA typical standby current @ 2V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device-specific information for the operation of the PIC16F84A device. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023), which may be downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

The PIC16F84A belongs to the mid-range family of the PICmicro™ microcontroller devices. A block diagram of the device is shown in Figure 1-1.

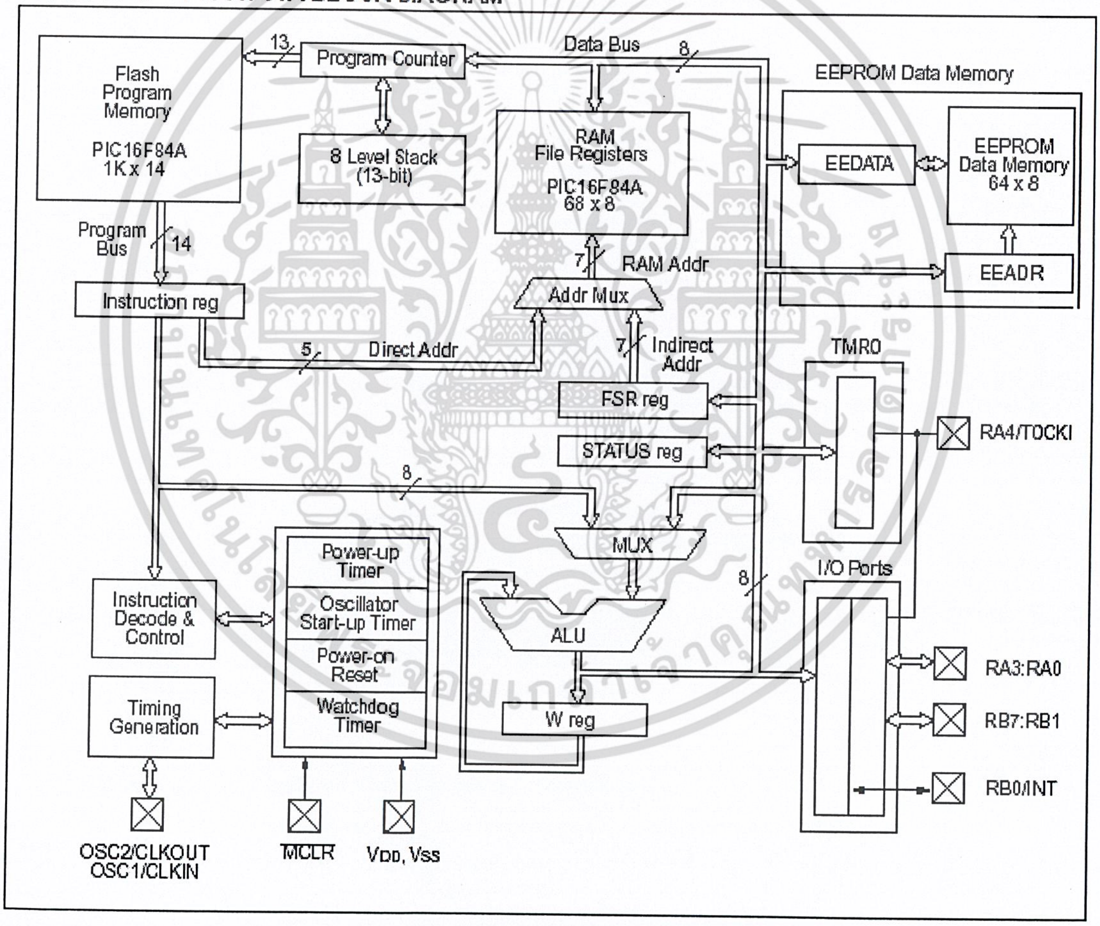
The program memory contains 1K words, which translates to 1024 instructions, since each 14-bit program memory word is the same width as each device instruction. The data memory (RAM) contains 68 bytes. Data EEPROM is 64 bytes.

There are also 13 I/O pins that are user-configured on a pin-to-pin basis. Some pins are multiplexed with other device functions. These functions include:

- External interrupt
- Change on PORTB interrupt
- Timer0 clock input

Table 1-1 details the pinout of the device with descriptions and details for each pin.

FIGURE 1-1: PIC16F84A BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

TABLE 1-1 PIC16F84A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS (3)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$	4	4	4	I/P	ST	Master clear (reset) input/programming voltage input. This pin is an active low reset to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0	17	17	19	I/O	TTL	
RA1	18	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	2	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	3	3	3	I/O	ST	Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	6	6	7	I/O	TTL/ST (1)	RB0/INT can also be selected as an external interrupt pin.
RB1	7	7	8	I/O	TTL	
RB2	8	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	10	11	I/O	TTL	Interrupt on change pin.
RB5	11	11	12	I/O	TTL	Interrupt on change pin.
RB6	12	12	13	I/O	TTL/ST (2)	Interrupt on change pin. Serial programming clock.
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST (2)	Interrupt on change pin. Serial programming data.
V_{SS}	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V_{DD}	14	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I= input O = output I/O = Input/Output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are two memory blocks in the PIC16F84A. These are the program memory and the data memory. Each block has its own bus, so that access to each block can occur during the same oscillator cycle.

The data memory can further be broken down into the general purpose RAM and the Special Function Registers (SFRs). The operation of the SFRs that control the "core" are described here. The SFRs used to control the peripheral modules are described in the section discussing each individual peripheral module.

The data memory area also contains the data EEPROM memory. This memory is not directly mapped into the data memory, but is indirectly mapped. That is, an indirect address pointer specifies the address of the data EEPROM memory to read/write. The 64 bytes of data EEPROM memory have the address range 0h-3Fh. More details on the EEPROM memory can be found in Section 5.0.

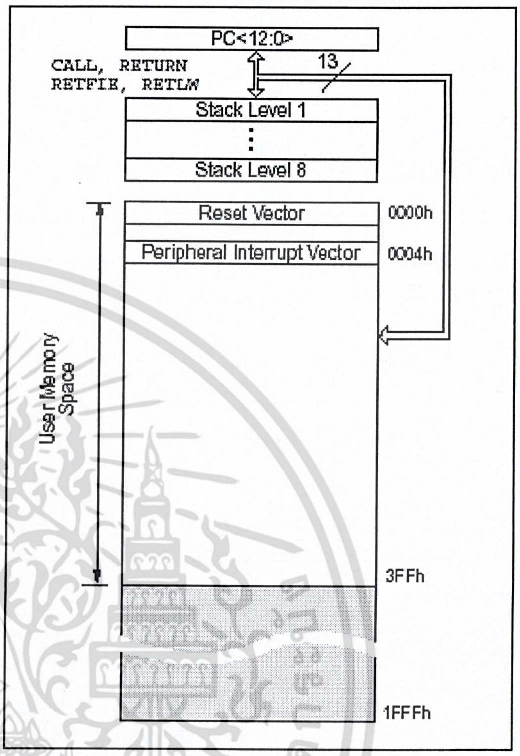
Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

2.1 Program Memory Organization

The PIC16FXX has a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. For the PIC16F84A, the first 1K x 14 (0000h-03FFh) are physically implemented (Figure 2-1). Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound. For example, for locations 20h, 420h, 820h, C20h, 1020h, 1420h, 1820h, and 1C20h will be the same instruction.

The reset vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 2-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK - PIC16F84A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

2.2 Data Memory Organization

The data memory is partitioned into two areas. The first is the Special Function Registers (SFR) area, while the second is the General Purpose Registers (GPR) area. The SFRs control the operation of the device.

Portions of data memory are banked. This is for both the SFR area and the GPR area. The GPR area is banked to allow greater than 116 bytes of general purpose RAM. The banked areas of the SFR are for the registers that control the peripheral functions. Banking requires the use of control bits for bank selection. These control bits are located in the STATUS Register. Figure 2-1 shows the data memory map organization.

Instructions `MOVWF` and `MOVF` can move values from the W register to any location in the register file ("F"), and vice-versa.

The entire data memory can be accessed either directly using the absolute address of each register file or indirectly through the File Select Register (FSR) (Section 2.4). Indirect addressing uses the present value of the RP0 bit for access into the banked areas of data memory.

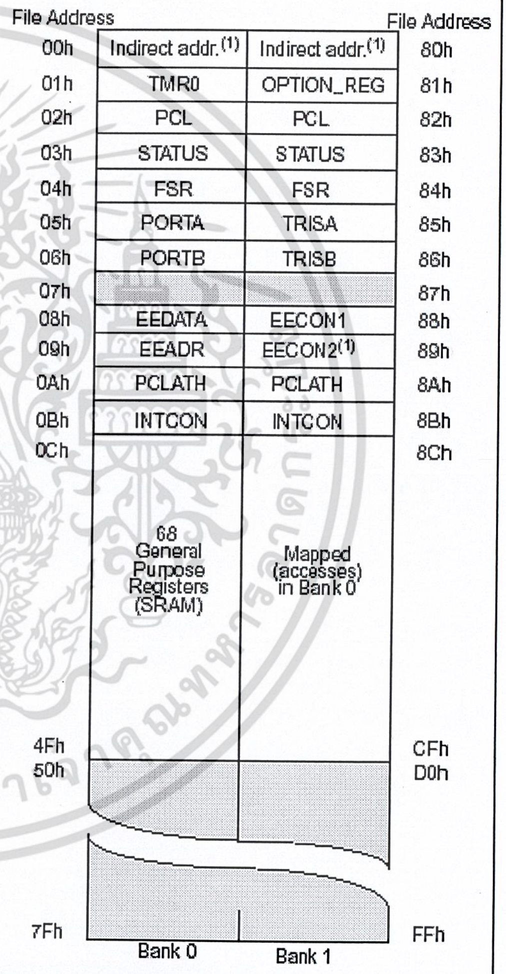
Data memory is partitioned into two banks which contain the general purpose registers and the special function registers. Bank 0 is selected by clearing the RP0 bit (STATUS<5>). Setting the RP0 bit selects Bank 1. Each Bank extends up to 7Fh (128 bytes). The first twelve locations of each Bank are reserved for the Special Function Registers. The remainder are General Purpose Registers implemented as static RAM.

2.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

Each General Purpose Register (GPR) is 8 bits wide and is accessed either directly or indirectly through the FSR (Section 2.4).

The GPR addresses in bank 1 are mapped to addresses in bank 0. As an example, addressing location 0Ch or 8Ch will access the same GPR.

FIGURE 2-1: REGISTER FILE MAP - PIC16F84A



▒ Unimplemented data memory location; read as '0'.

Note 1: Not a physical register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers (Figure 2-1 and Table 2-1) are used by the CPU and Peripheral functions to control the device operation. These registers are static RAM.

The special function registers can be classified into two sets, core and peripheral. Those associated with the core functions are described in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in the section for that specific feature.

TABLE 2-1 REGISTER FILE SUMMARY

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on Reset	Value on all other resets (Note3)
Bank 0											
00h	INDF	Uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								---- ----	---- ----
01h	TMR0	8-bit real-time clock/counter								xxxx xxxx	uuuu uuuu
02h	PCL	Low order 8 bits of the Program Counter (PC)								0000 0000	0000 0000
03h	STATUS [2]	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
04h	FSR	Indirect data memory address pointer 0								xxxx xxxx	uuuu uuuu
05h	PORTA [4]	—	—	—	RA4/T0CKI	RA3	RA2	RA1	RA0	---x xxxx	---u uuuu
06h	PORTB [5]	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT	xxxx xxxx	uuuu uuuu
07h		Unimplemented location, read as '0'								---- ----	---- ----
08h	EEDATA	EEPROM data register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
09h	EEADR	EEPROM address register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC [1]					---0 0000	---0 0000
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
Bank 1											
80h	INDF	Uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								---- ----	---- ----
81h	OPTION_REG	$\overline{RBPU}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111
82h	PCL	Low order 8 bits of Program Counter (PC)								0000 0000	0000 0000
83h	STATUS [2]	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
84h	FSR	Indirect data memory address pointer 0								xxxx xxxx	uuuu uuuu
85h	TRISA	—	—	—	PORTA data direction register					---1 1111	---1 1111
86h	TRISB	PORTB data direction register								1111 1111	1111 1111
87h		Unimplemented location, read as '0'								---- ----	---- ----
88h	EECON1	—	—	—	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD	---0 x000	---0 q000
89h	EECON2	EEPROM control register 2 (not a physical register)								---- ----	---- ----
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC [1]					---0 0000	---0 0000
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u

Legend: x = unknown, u = unchanged. - = unimplemented read as '0', q = value depends on condition.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a slave register for PC<12:8>. The contents of PCLATH can be transferred to the upper byte of the program counter, but the contents of PC<12:8> is never transferred to PCLATH.

2: The $\overline{TO}$ and $\overline{PD}$ status bits in the STATUS register are not affected by a $\overline{MCLR}$ reset.

3: Other (non power-up) resets include: external reset through $\overline{MCLR}$ and the Watchdog Timer Reset.

4: On any device reset, these pins are configured as inputs.

5: This is the value that will be in the port output latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

2.2.2.1 STATUS REGISTER

The STATUS register contains the arithmetic status of the ALU, the RESET status and the bank select bit for data memory.

As with any register, the STATUS register can be the destination for any instruction. If the STATUS register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. These bits are set or cleared according to device logic. Furthermore, the $\overline{\text{TO}}$ and $\overline{\text{PD}}$ bits are not writable. Therefore, the result of an instruction with the STATUS register as destination may be different than intended.

For example, `CLRF STATUS` will clear the upper-three bits and set the Z bit. This leaves the STATUS register as `000u u1uu` (where `u` = unchanged).

Only the `BCF`, `BSF`, `SWAPF` and `MOVWF` instructions should be used to alter the STATUS register (Table 7-2) because these instructions do not affect any status bit.

> **Note 1:** The IRP and RP1 bits (STATUS<7:6>) are not used by the PIC16F84A and should be programmed as cleared. Use of these bits as general purpose R/W bits is NOT recommended, since this may affect upward compatibility with future products.
>
> **Note 2:** The C and DC bits operate as a $\overline{\text{borrow}}$ and digit borrow out bit, respectively, in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.
>
> **Note 3:** When the STATUS register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. The specified bit(s) will be updated according to device logic

FIGURE 2-1: STATUS REGISTER (ADDRESS 03h, 83h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	$\overline{\text{TO}}$	$\overline{\text{PD}}$	Z	DC	C
bit7							bit0

R = Readable bit
W = Writable bit
U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR reset

bit 7: IRP: Register Bank Select bit (used for indirect addressing)
The IRP bit is not used by the PIC16F84A. IRP should be maintained clear.

bit 6-5: RP1:RP0: Register Bank Select bits (used for direct addressing)
00 = Bank 0 (00h - 7Fh)
01 = Bank 1 (80h - FFh)
Each bank is 128 bytes. Only bit RP0 is used by the PIC16F84A. RP1 should be maintained clear.

bit 4: $\overline{\text{TO}}$: Time-out bit
1 = After power-up, `CLRWDT` instruction, or `SLEEP` instruction
0 = A WDT time-out occurred

bit 3: $\overline{\text{PD}}$: Power-down bit
1 = After power-up or by the `CLRWDT` instruction
0 = By execution of the `SLEEP` instruction

bit 2: Z: Zero bit
1 = The result of an arithmetic or logic operation is zero
0 = The result of an arithmetic or logic operation is not zero

bit 1: DC: Digit carry/$\overline{\text{borrow}}$ bit (for `ADDWF` and `ADDLW` instructions) (For $\overline{\text{borrow}}$ the polarity is reversed)
1 = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
0 = No carry-out from the 4th low order bit of the result

bit 0: C: Carry/$\overline{\text{borrow}}$ bit (for `ADDWF` and `ADDLW` instructions)
1 = A carry-out from the most significant bit of the result occurred
0 = No carry-out from the most significant bit of the result occurred
Note: For $\overline{\text{borrow}}$ the polarity is reversed. A subtraction is executed by adding the two's complement of the second operand. For rotate (`RRF`, `RLF`) instructions, this bit is loaded with either the high or low order bit of the source register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 OPTION_REG REGISTER

The OPTION_REG register is a readable and writable register which contains various control bits to configure the TMR0/WDT prescaler, the external INT interrupt, TMR0, and the weak pull-ups on PORTB.

> **Note:** When the prescaler is assigned to the WDT (PSA = '1'), TMR0 has a 1:1 prescaler assignment.

FIGURE 2-1: OPTION_REG REGISTER (ADDRESS 81h)

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
$\overline{\text{RBPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit7							bit0

R = Readable bit
W = Writable bit
U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR reset

bit 7: $\overline{\text{RBPU}}$: PORTB Pull-up Enable bit
1 = PORTB pull-ups are disabled
0 = PORTB pull-ups are enabled (by individual port latch values)

bit 6: INTEDG: Interrupt Edge Select bit
1 = Interrupt on rising edge of RB0/INT pin
0 = Interrupt on falling edge of RB0/INT pin

bit 5: T0CS: TMR0 Clock Source Select bit
1 = Transition on RA4/T0CKI pin
0 = Internal instruction cycle clock (CLKOUT)

bit 4: T0SE: TMR0 Source Edge Select bit
1 = Increment on high-to-low transition on RA4/T0CKI pin
0 = Increment on low-to-high transition on RA4/T0CKI pin

bit 3: PSA: Prescaler Assignment bit
1 = Prescaler assigned to the WDT
0 = Prescaler assigned to TMR0

bit 2-0: PS2:PS0: Prescaler Rate Select bits

Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 INTCON REGISTER

The INTCON register is a readable and writable register which contains the various enable bits for all interrupt sources.

> **Note:** Interrupt flag bits get set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>).

FIGURE 2-1: INTCON REGISTER (ADDRESS 0Bh, 8Bh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
bit7							bit0

R = Readable bit
W = Writable bit
U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR reset

bit 7: GIE: Global Interrupt Enable bit
1 = Enables all un-masked interrupts
0 = Disables all interrupts
Note: For the operation of the interrupt structure, please refer to Section •.

bit 6: EEIE: EE Write Complete Interrupt Enable bit
1 = Enables the EE write complete interrupt
0 = Disables the EE write complete interrupt

bit 5: T0IE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit
1 = Enables the TMR0 interrupt
0 = Disables the TMR0 interrupt

bit 4: INTE: RB0/INT Interrupt Enable bit
1 = Enables the RB0/INT interrupt
0 = Disables the RB0/INT interrupt

bit 3: RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit
1 = Enables the RB port change interrupt
0 = Disables the RB port change interrupt

bit 2: T0IF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit
1 = TMR0 has overflowed (must be cleared in software)
0 = TMR0 did not overflow

bit 1: INTF: RB0/INT Interrupt Flag bit
1 = The RB0/INT interrupt occurred
0 = The RB0/INT interrupt did not occur

bit 0: RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit
1 = When at least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software)
0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 PCL and PCLATH

The program counter (PC) specifies the address of the instruction to fetch for execution. The PC is 13 bits wide. The low byte is called the PCL register. This register is readable and writable. The high byte is called the PCH register. This register contains the PC<12:8> bits and is not directly readable or writable. All updates to the PCH register go through the PCLATH register.

2.3.1 STACK

The stack allows a combination of up to 8 program calls and interrupts to occur. The stack contains the return address from this branch in program execution.

Midrange devices have an 8 level deep x 13-bit wide hardware stack. The stack space is not part of either program or data space and the stack pointer is not readable or writable. The PC is PUSHed onto the stack when a `CALL` instruction is executed or an interrupt causes a branch. The stack is POPed in the event of a `RETURN`, `RETLW` or a `RETFIE` instruction execution. PCLATH is not modified when the stack is PUSHed or POPed.

After the stack has been PUSHed eight times, the ninth push overwrites the value that was stored from the first push. The tenth push overwrites the second push (and so on).

2.4 Indirect Addressing; INDF and FSR Registers

The INDF register is not a physical register. Addressing INDF actually addresses the register whose address is contained in the FSR register (FSR is a *pointer*). This is indirect addressing.

EXAMPLE 2-1: INDIRECT ADDRESSING

- Register file 05 contains the value 10h
- Register file 06 contains the value 0Ah
- Load the value 05 into the FSR register
- A read of the INDF register will return the value of 10h
- Increment the value of the FSR register by one (FSR = 06)
- A read of the INDF register now will return the value of 0Ah.

Reading INDF itself indirectly (FSR = 0) will produce 00h. Writing to the INDF register indirectly results in a no-operation (although STATUS bits may be affected).

A simple program to clear RAM locations 20h-2Fh using indirect addressing is shown in Example 2-2.

EXAMPLE 2-2: HOW TO CLEAR RAM USING INDIRECT ADDRESSING

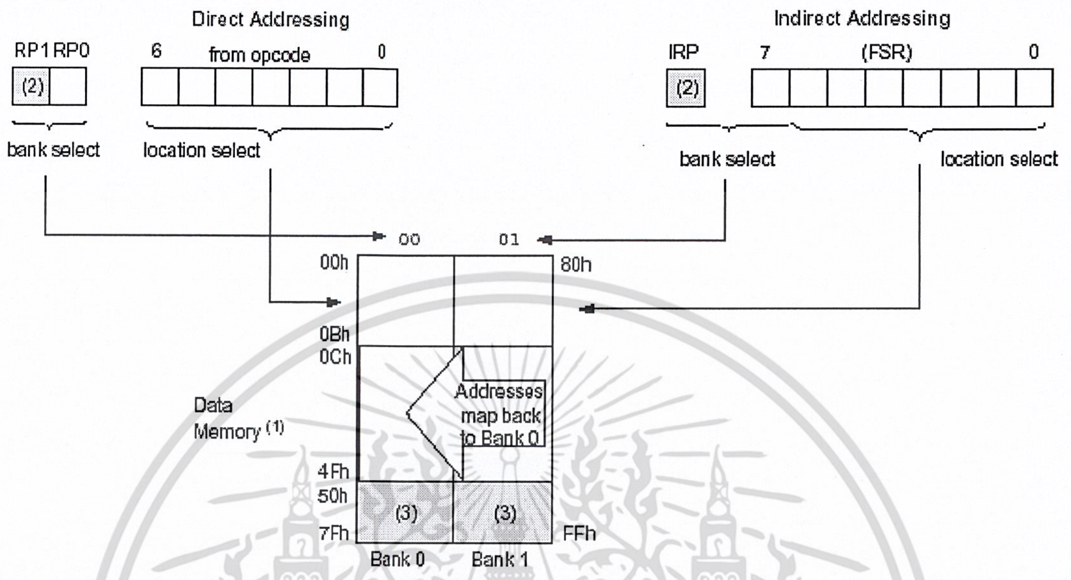
```
          movlw  0x20   ;initialize pointer
          movwf  FSR    ; to RAM
NEXT      clrf   INDF   ;clear INDF register
          incf   FSR    ;inc pointer
          btfss  FSR,4  ;all done?
          goto   NEXT   ;NO, clear next
CONTINUE
          :             ;YES, continue
```

An effective 9-bit address is obtained by concatenating the 8-bit FSR register and the IRP bit (STATUS<7>), as shown in Figure 2-1. However, IRP is not used in the PIC16F84A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

FIGURE 2-1: DIRECT/INDIRECT ADDRESSING



Note 1: For memory map detail see Figure 2-1.
2: Maintain as clear for upward compatiblity with future products.
3: Not implemented.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

3.1 PORTA and TRISA Registers

PORTA is a 5-bit wide bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (=1) will make the corresponding PORTA pin an input, i.e., put the corresponding output driver in a hi-impedance mode. Clearing a TRISA bit (=0) will make the corresponding PORTA pin an output, i.e., put the contents of the output latch on the selected pin.

Note:	On a Power-on Reset, these pins are configured as inputs and read as '0'.

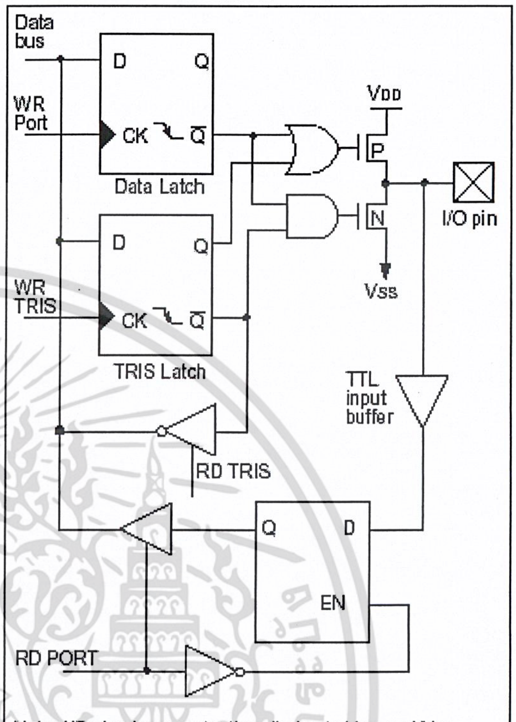
Reading the PORTA register reads the status of the pins whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore a write to a port implies that the port pins are read, this value is modified, and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input to become the RA4/T0CKI pin. The RA4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and an open drain output. All other RA port pins have TTL input levels and full CMOS output drivers.

EXAMPLE 3-1: INITIALIZING PORTA

```
BCF     STATUS, RP0   ;
CLRF    PORTA         ; Initialize PORTA by
                      ; clearing output
                      ; data latches
BSF     STATUS, RP0   ; Select Bank 1
MOVLW   0x0F          ; Value used to
                      ; initialize data
                      ; direction
MOVWF   TRISA         ; Set RA<3:0> as inputs
                      ; RA4 as output
                      ; TRISA<7:5> are always
                      ; read as '0'.
```

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM OF PINS RA3:RA0



Note: I/O pins have protection diodes to VDD and Vss.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

FIGURE 3-2: BLOCK DIAGRAM OF PIN RA4

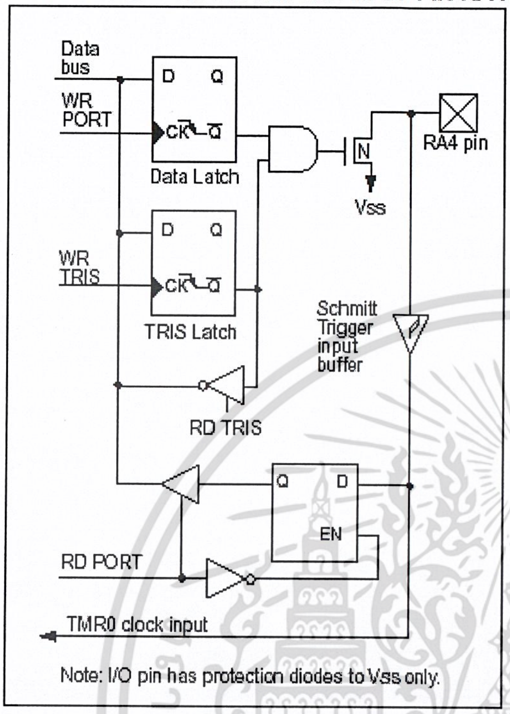


TABLE 3-1 PORTA FUNCTIONS

Name	Bit0	Buffer Type	Function
RA0	bit0	TTL	Input/output
RA1	bit1	TTL	Input/output
RA2	bit2	TTL	Input/output
RA3	bit3	TTL	Input/output
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for TMR0. Output is open drain type.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

TABLE 3-2 SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on Reset	Value on all other resets
05h	PORTA	—	—	—	RA4/T0CKI	RA3	RA2	RA1	RA0	---x xxxx	---u uuuu
85h	TRISA	—	—	—	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0	---1 1111	---1 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented read as '0'. Shaded cells are unimplemented, read as '0'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 PORTB and TRISB Registers

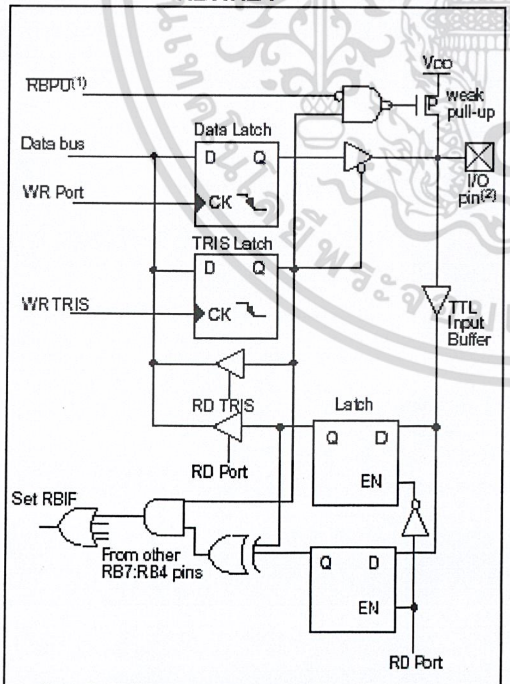
PORTB is an 8-bit wide bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISB. Setting a TRISB bit (=1) will make the corresponding PORTB pin an input, i.e., put the corresponding output driver in a hi-impedance mode. Clearing a TRISB bit (=0) will make the corresponding PORTB pin an output, i.e., put the contents of the output latch on the selected pin.

EXAMPLE 3-1: INITIALIZING PORTB

```
BCF     STATUS, RP0  ;
CLRF    PORTB        ; Initialize PORTB by
                     ; clearing output
                     ; data latches
BSF     STATUS, RP0  ; Select Bank 1
MOVLW   0xCF         ; Value used to
                     ; initialize data
                     ; direction
MOVWF   TRISB        ; Set RB<3:0> as inputs
                     ; RB<5:4> as outputs
                     ; RB<7:6> as inputs
```

Each of the PORTB pins has a weak internal pull-up. A single control bit can turn on all the pull-ups. This is performed by clearing bit $\overline{RBPU}$ (OPTION<7>). The weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on a Power-on Reset.

FIGURE 3-3: BLOCK DIAGRAM OF PINS RB7:RB4



Note 1: TRISB = '1' enables weak pull-up (if $\overline{RBPU}$ = '0' in the OPTION_REG register).
2: I/O pins have diode protection to VDD and VSS.

Four of PORTB's pins, RB7:RB4, have an interrupt on change feature. Only pins configured as inputs can cause this interrupt to occur (i.e. any RB7:RB4 pin configured as an output is excluded from the interrupt on change comparison). The input pins (of RB7:RB4) are compared with the old value latched on the last read of PORTB. The "mismatch" outputs of RB7:RB4 are OR'ed together to generate the RB Port Change Interrupt with flag bit RBIF (INTCON<0>).

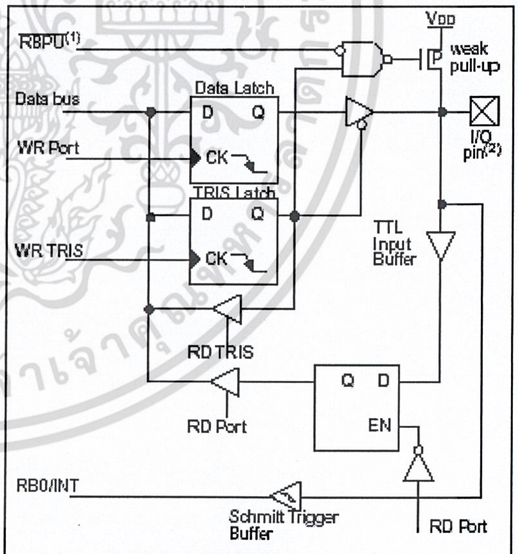
This interrupt can wake the device from SLEEP. The user, in the interrupt service routine, can clear the interrupt in the following manner:

a) Any read or write of PORTB. This will end the mismatch condition.
b) Clear flag bit RBIF.

A mismatch condition will continue to set flag bit RBIF. Reading PORTB will end the mismatch condition, and allow flag bit RBIF to be cleared.

The interrupt on change feature is recommended for wake-up on key depression operation and operations where PORTB is only used for the interrupt on change feature. Polling of PORTB is not recommended while using the interrupt on change feature.

FIGURE 3-4: BLOCK DIAGRAM OF PINS RB3:RB0



Note 1: TRISB = '1' enables weak pull-up (if $\overline{RBPU}$ = '0' in the OPTION_REG register).
2: I/O pins have diode protection to VDD and VSS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84A

TABLE 3-3 PORTB FUNCTIONS

Name	Bit	Buffer Type	I/O Consistency Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST(1)	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3	bit3	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6	bit6	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7	bit7	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger.

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

TABLE 3-4 SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTB

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on Reset	Value on all other resets
06h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h	TRISB	TRISB7	TRISB6	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0	1111 1111	1111 1111
81h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

24LC16B

16K 2.5V I²C™ Serial EEPROM

FEATURES

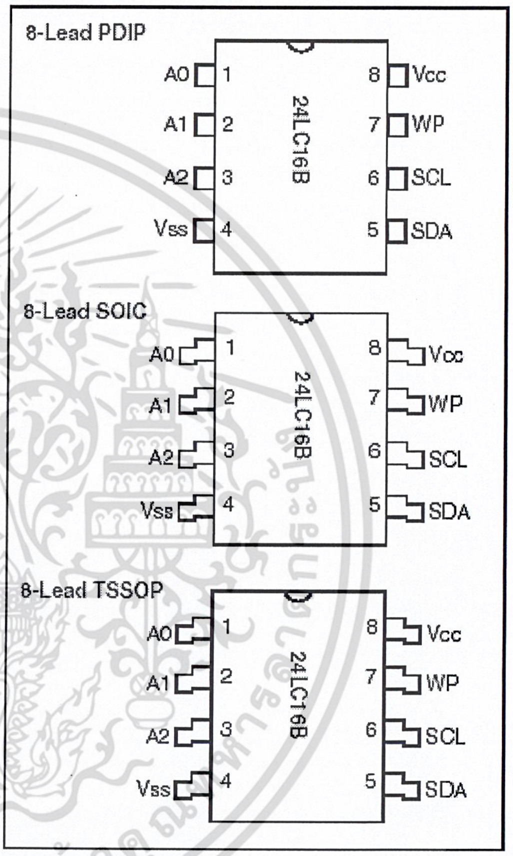
- Single supply with operation down to 2.5V
- Low power CMOS technology
  - 1 mA active current typical
  - 10 µA standby current typical at 5.5V
  - 5 µA standby current typical at 3.0V
- Organized as 8 blocks of 256 bytes (8 x 256 x 8)
- 2-wire serial interface bus, I²C™ compatible
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- Output slope control to eliminate ground bounce
- 100 kHz (E-temp) and 400 kHz (C/I-temp) compatibility
- Self-timed write cycle (including auto-erase)
- Page-write buffer for up to 16 bytes
- 2 ms typical write cycle time for page-write
- Hardware write protect for entire memory
- Can be operated as a serial ROM
- Factory programming (QTP) available
- ESD protection > 4,000V
- 1,000,000 erase/write cycles guaranteed
- Data retention > 200 years
- 8-pin DIP, 8-lead SOIC, 8-lead TSSOP packages
- Available for extended temperature ranges
  - Commercial (C): 0°C to +70°C
  - Industrial (I): -40°C to +85°C
  - Automotive (E): -40°C to +125°C

DESCRIPTION

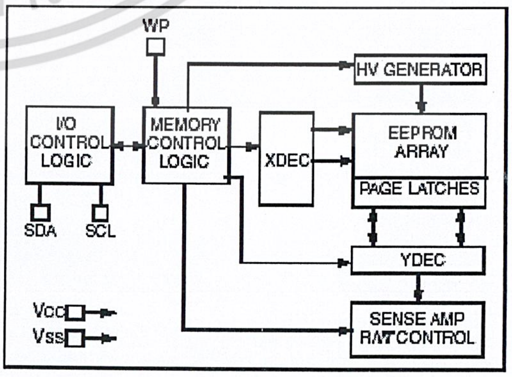
The Microchip Technology Inc. 24LC16B is a 16K bit Electrically Erasable PROM. The device is organized as eight blocks of 256 x 8 bit memory with a 2-wire serial interface. Low voltage design permits operation down to 2.5 volts with standby and active currents of only 5 µA and 1 mA respectively. The 24LC16B also has a page-write capability for up to 16 bytes of data. The 24LC16B is available in the standard 8-pin DIP surface mount SOIC and TSSOP packages.

I²C is a trademark of Philips Corporation.

PACKAGE TYPES



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24LC16B

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

1.1 Maximum Ratings*

V_{CC} 7.0V
All inputs and outputs w.r.t. V_{SS} .... -0.3V to V_{CC} +1.0V
Storage temperature ....-65°C to +150°C
Ambient temp. with power applied ....-65°C to +125°C
Soldering temperature of leads (10 seconds) ....+300°C
ESD protection on all pins ....≥ 4 kV

*Notice: Stresses above those listed under "Maximum ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TABLE 1-1: PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
V_{SS}	Ground
SDA	Serial Address/Data I/O
SCL	Serial Clock
WP	Write Protect Input
V_{CC}	+2.5V to 5.5V Power Supply
A0, A1, A2	No Internal Connection

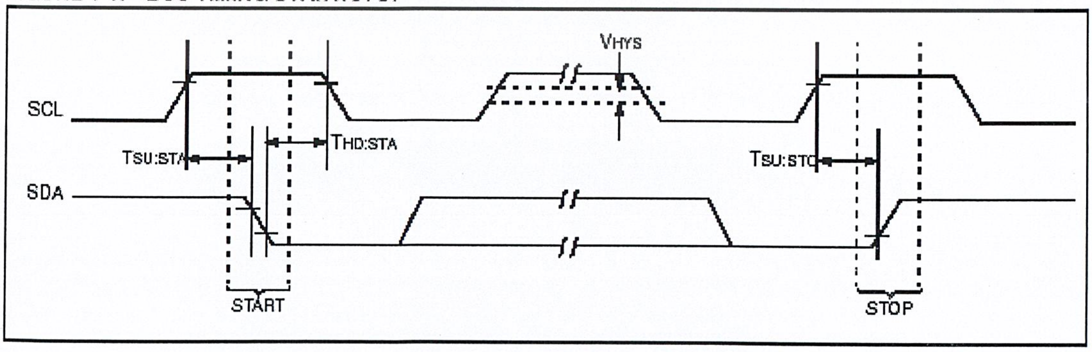
TABLE 1-2: DC CHARACTERISTICS

V_{CC} = +2.5V to +5.5V
Commercial (C): Tamb = 0°C to +70°C
Industrial (I): Tamb = -40°C to +85°C
Automotive (E): Tamb = -40°C to +125°C

Parameter	Symbol	Min	Max	Units	Conditions
WP, SCL and SDA pins:					
High level input voltage	V_{IH}	.7 V_{CC}	—	V	
Low level input voltage	V_{IL}	—	.3 V_{CC}	V	
Hysteresis of Schmitt trigger inputs	V_{HYS}	.05 V_{CC}	—	V	(Note)
Low level output voltage	V_{OL}	—	.40	V	I_{OL} = 3.0 mA, V_{CC} = 2.5V
Input leakage current	I_{LI}	-10	10	µA	V_{IN} = .1V to V_{CC}
Output leakage current	I_{LO}	-10	10	µA	V_{OUT} = .1V to V_{CC}
Pin capacitance (all inputs/outputs)	C_{IN}, C_{OUT}	—	10	pF	V_{CC} = 5.0V (Note) Tamb = 25°C, F_{CLK} = 1MHz
Operating current	I_{CC} write I_{CC} read	— —	3 1	mA mA	V_{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz
Standby current	I_{CCS}	— —	30 100	µA µA	V_{CC} = 3.0V, SDA = SCL = V_{CC} V_{CC} = 5.5V, SDA = SCL = V_{CC} WP = V_{SS}

Note: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

FIGURE 1-1: BUS TIMING START/STOP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-3: AC CHARACTERISTICS

Vcc = +2.5V to 5.5V Commercial (C): Tamb = 0°C to +70°C Industrial (I): Tamb = -40°C to +85°C Automotive (E): Tamb = -40°C to 125°C					
Parameter	Symbol	Min	Max	Units	Conditions
Clock frequency	Fclk	— —	400 100	kHz	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Clock high time	Thigh	600 4000	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Clock low time	TLOW	1300 4700	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
SDA and SCL rise time (Note 1)	TR	— —	300 1000	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (Note 1) 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range) (Note 1)
SDA and SCL fall time	TF	—	300	ns	(Note 1)
START condition hold time	THD:STA	600 4000	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
START condition setup time	TSU:STA	600 4700	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Data input hold time	THD:DAT	0	—	ns	(Note 2)
Data input setup time	TSU:DAT	100 250	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
STOP condition setup time	TSU:STO	600 4000	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Output valid from clock (Note 2)	TAA	— —	900 3500	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	TBUF	1300 4700	— —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Output fall time from VIH minimum to VIL maximum	TOF	20+0.1CB —	250 250	ns	4.5V≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp range)
Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	TSP	—	50	ns	(Notes 1 and 3)
Write cycle time (byte or page)	TWC	—	5	ms	
Endurance		1M	—	cycles	25°C, Vcc = 5.0V, Block Mode (Note 4)

Note 1: Not 100% tested. C_B = total capacitance of one bus line in pF.

Note 2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of START or STOP conditions.

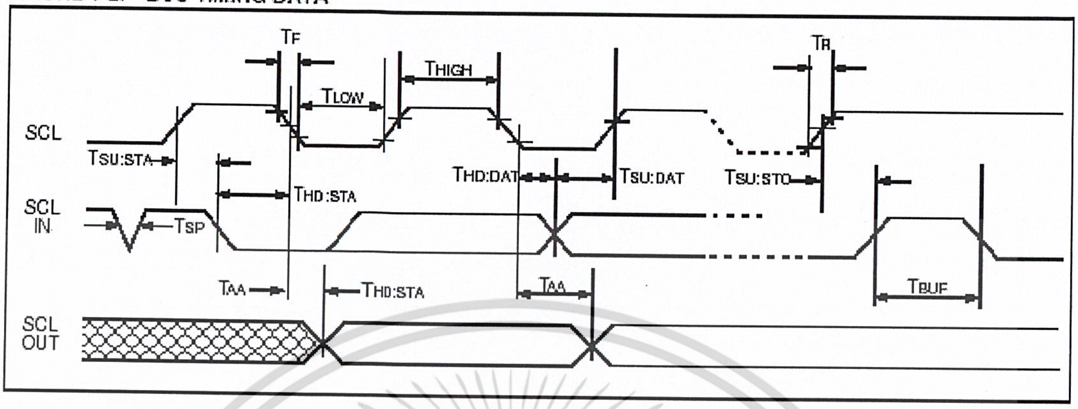
Note 3: The combined TSP and VHYS specifications are due to new Schmitt trigger inputs which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a TI specification for standard operation.

Note 4: This parameter is not tested but guaranteed by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's website.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24LC16B

FIGURE 1-2: BUS TIMING DATA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24LC16B supports a Bi-directional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as transmitter, and a device receiving data as receiver. The bus has to be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions, while the 24LC16B works as slave. Both, master and slave can operate as transmitter or receiver but the master device determines which mode is activated.

3.0 BUS CHARACTERISTICS

The following bus protocol has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is HIGH will be interpreted as a START or STOP condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 3-1).

3.1 Bus not Busy (A)

Both data and clock lines remain HIGH.

3.2 Start Data Transfer (B)

A HIGH to LOW transition of the SDA line while the clock (SCL) is HIGH determines a START condition. All commands must be preceded by a START condition.

3.3 Stop Data Transfer (C)

A LOW to HIGH transition of the SDA line while the clock (SCL) is HIGH determines a STOP condition. All operations must be ended with a STOP condition.

3.4 Data Valid (D)

The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal.

The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of the data bytes transferred between the START and STOP conditions is determined by the master device and is theoretically unlimited, although only the last sixteen will be stored when doing a write operation. When an overwrite does occur it will replace data in a first in first out fashion.

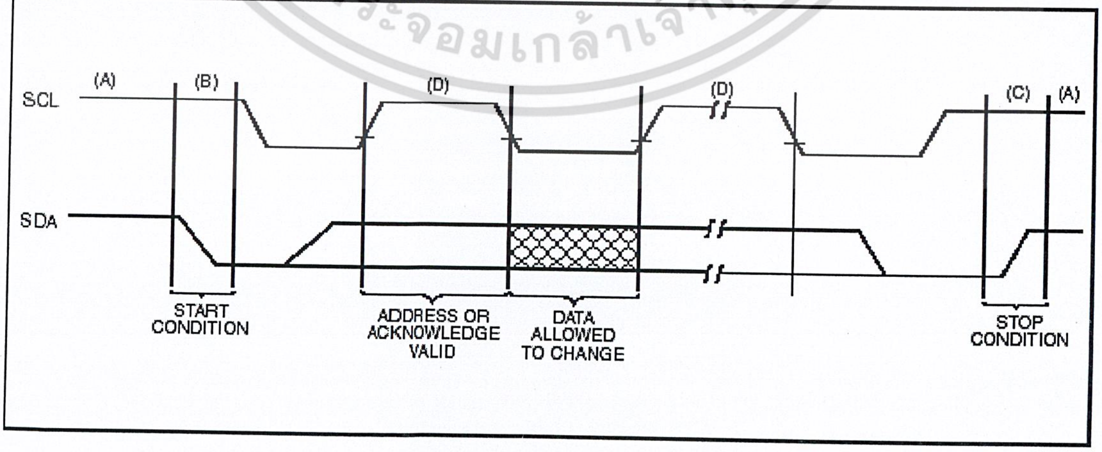
3.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

> **Note:** The 24LC16B does not generate any acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

The device that acknowledges, has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24LC16B) will leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

FIGURE 3-1: DATA TRANSFER SEQUENCE ON THE SERIAL BUS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24LC16B

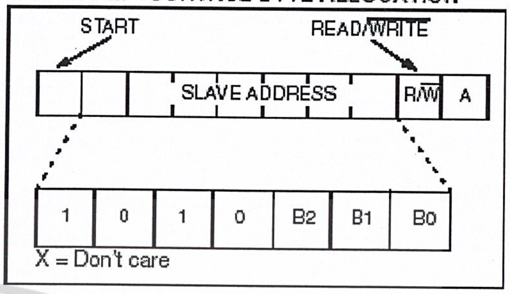
3.6 Device Addressing

A control byte is the first byte received following the start condition from the master device. The control byte consists of a four bit control code, for the 24LC16B this is set as 1010 binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the block select bits (B2, B1, B0). They are used by the master device to select which of the eight 256 word blocks of memory are to be accessed. These bits are in effect the three most significant bits of the word address. It should be noted that the protocol limits the size of the memory to eight blocks of 256 words, therefore the protocol can support only one 24LC16B per system.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to one a read operation is selected, when set to zero a write operation is selected. Following the start condition, the 24LC16B monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted, upon a 1010 code the slave device outputs an acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/$\overline{W}$ bit, the 24LC16B will select a read or write operation.

Operation	Control Code	Block Select	R/$\overline{W}$
Read	1010	Block Address	1
Write	1010	Block Address	0

FIGURE 3-2: CONTROL BYTE ALLOCATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.0 WRITE OPERATION

4.1 Byte Write

Following the start condition from the master, the device code (4 bits), the block address (3 bits), and the $R/\overline{W}$ bit which is a logic low is placed onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that a byte with a word address will follow after it has generated an acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore the next byte transmitted by the master is the word address and will be written into the address pointer of the 24LC16B. After receiving another acknowledge signal from the 24LC16B the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24LC16B acknowledges again and the master generates a stop condition. This initiates the internal write cycle, and during this time the 24LC16B will not generate acknowledge signals (Figure 4-1).

4.2 Page Write

The write control byte, word address and the first data byte are transmitted to the 24LC16B in the same way as in a byte write. But instead of generating a stop condition the master transmits up to 16 data bytes to the 24LC16B which are temporarily stored in the on-chip page buffer and will be written into the memory after the master has transmitted a stop condition. After the receipt of each word, the four lower order address pointer bits are internally incremented by one. The higher order seven bits of the word address remains constant. If the master should transmit more than 16 words prior to generating the stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the stop condition is received an internal write cycle will begin (Figure 4-2).

> **Note:** Page write operations are limited to writing bytes within a single physical page, regardless of the number of bytes actually being written. Physical page boundaries start at addresses that are integer multiples of the page buffer size (or 'page size') and end at addresses that are integer multiples of [page size - 1]. If a page write command attempts to write across a physical page boundary, the result is that the data wraps around to the beginning of the current page (overwriting data previously stored there), instead of being written to the next page as might be expected. It is therefore necessary for the application software to prevent page write operations that would attempt to cross a page boundary.

FIGURE 4-1: BYTE WRITE

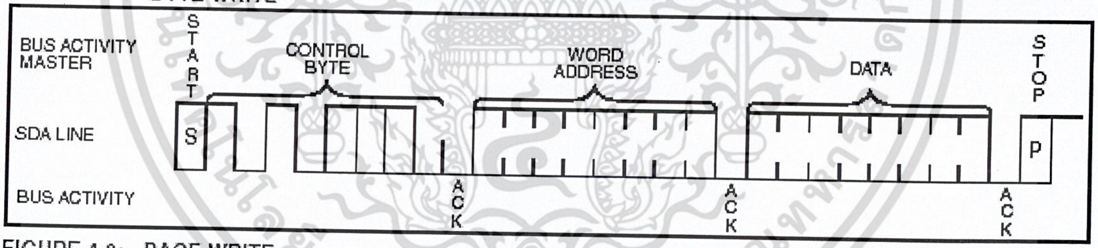
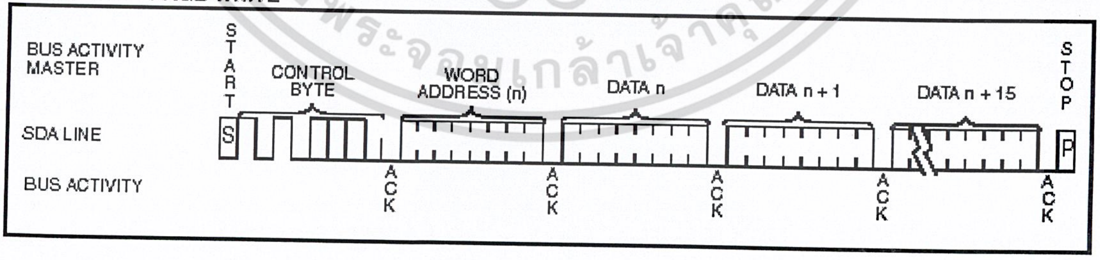


FIGURE 4-2: PAGE WRITE

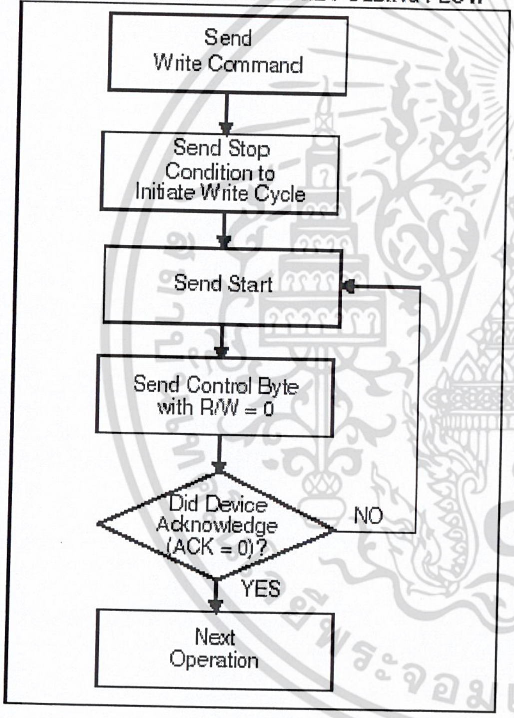


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.0 ACKNOWLEDGE POLLING

Since the device will not acknowledge during a write cycle, this can be used to determine when the cycle is complete (this feature can be used to maximize bus throughput). Once the stop condition for a write command has been issued from the master, the device initiates the internally timed write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves the master sending a start condition followed by the control byte for a write command (R/$\overline{W}$ = 0). If the device is still busy with the write cycle, then no ACK will be returned. If the cycle is complete, then the device will return the ACK and the master can then proceed with the next read or write command. See Figure 5-1 for flow diagram.

FIGURE 5-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW



6.0 WRITE PROTECTION

The 24LC16B can be used as a serial ROM when the WP pin is connected to Vcc. Programming will be inhibited and the entire memory will be write-protected.

7.0 READ OPERATION

Read operations are initiated in the same way as write operations with the exception that the R/$\overline{W}$ bit of the slave address is set to one. There are three basic types of read operations: current address read, random read, and sequential read.

7.1 Current Address Read

The 24LC16B contains an address counter that maintains the address of the last word accessed, internally incremented by one. Therefore, if the previous access (either a read or write operation) was to address n, the next current address read operation would access data from address n + 1. Upon receipt of the slave address with R/$\overline{W}$ bit set to one, the 24LC16B issues an acknowledge and transmits the eight bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a stop condition and the 24LC16B discontinues transmission (Figure 7-1).

7.2 Random Read

Random read operations allow the master to access any memory location in a random manner. To perform this type of read operation, first the word address must be set. This is done by sending the word address to the 24LC16B as part of a write operation. After the word address is sent, the master generates a start condition following the acknowledge. This terminates the write operation, but not before the internal address pointer is set. Then the master issues the control byte again but with the R/$\overline{W}$ bit set to a one. The 24LC16B will then issue an acknowledge and transmits the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a stop condition and the 24LC16B discontinues transmission (Figure 7-2).

7.3 Sequential Read

Sequential reads are initiated in the same way as a random read except that after the 24LC16B transmits the first data byte, the master issues an acknowledge as opposed to a stop condition in a random read. This directs the 24LC16B to transmit the next sequentially addressed 8-bit word (Figure 7-3).

To provide sequential reads the 24LC16B contains an internal address pointer which is incremented by one at the completion of each operation. This address pointer allows the entire memory contents to be serially read during one operation.

7.4 Noise Protection

The 24LC16B employs a Vcc threshold detector circuit which disables the internal erase/write logic if the Vcc is below 1.5 volts at nominal conditions.

The SCL and SDA inputs have Schmitt trigger and filter circuits which suppress noise spikes to assure proper device operation even on a noisy bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 7-1: CURRENT ADDRESS READ

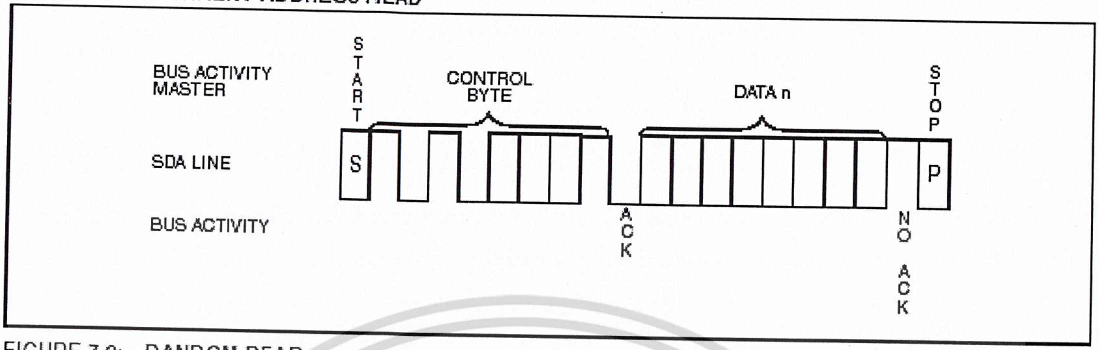


FIGURE 7-2: RANDOM READ

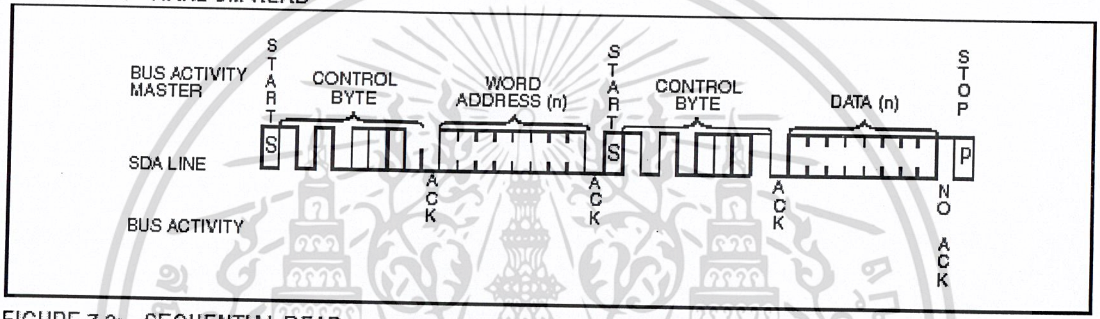
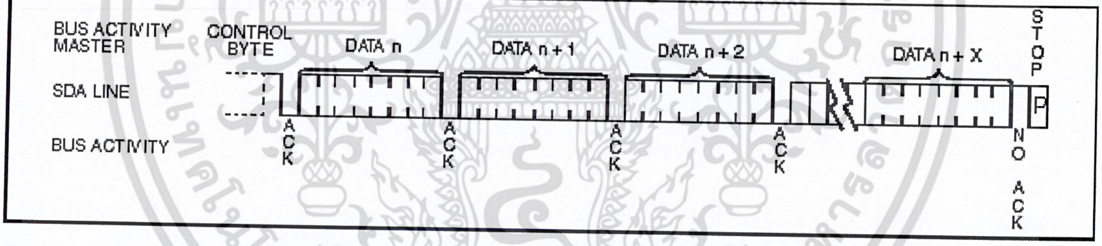


FIGURE 7-3: SEQUENTIAL READ



8.0 PIN DESCRIPTIONS

8.1 SDA Serial Address/Data Input/Output

This is a Bi-directional pin used to transfer addresses and data into and data out of the device. It is an open drain terminal, therefore the SDA bus requires a pullup resistor to Vcc (typical 10KΩ for 100 kHz, 2 KΩ for 400 kHz).

For normal data transfer SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the START and STOP conditions.

8.2 SCL Serial Clock

This input is used to synchronize the data transfer from and to the device.

8.3 WP

This pin must be connected to either Vss or Vcc.

If tied to Vss normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 000-7FF).

If tied to Vcc, WRITE operations are inhibited. The entire memory will be write-protected. Read operations are not affected.

This feature allows the user to use the 24LC16B as a serial ROM when WP is enabled (tied to Vcc).

8.4 A0, A1, A2

These pins are not used by the 24LC16B. They may be left floating or tied to either Vss or Vcc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24LC16B PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

To order or obtain information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

24LC16B - T /P

Package:	P	=	Plastic DIP (300 mil Body) 8-lead
	SN	=	Plastic SOIC (150 mil Body),8-lead
	ST	=	Plastic TSSOP, 8-lead
Temperature Range:	Blank	=	0°C to +70°C
	I	=	–40°C to +85°C
	E	=	–40°C to +125°C
Device:	24LC16B	=	16K I^2C Serial EEPROM
	24LC16BT	=	16K I^2C Serial EEPROM (Tape and Reel)

Sales and Support

Data Sheets
Products supported by a preliminary Data Sheet may have an errata sheet describing minor operational differences and recommended workarounds. To determine if an errata sheet exists for a particular device, please contact one of the following:

1. Your local Microchip sales office
2. The Microchip Corporate Literature Center U.S. FAX: (480) 786-7277.
3. The Microchip Worldwide Site (www.microchip.com)

Please specify which device, revision of silicon and Data Sheet (include Literature #) you are using.

New Customer Notification System
Register on our web site (www.microchip.com/cn) to receive the most current information on our products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายธราธร รัตนเสถียร
วัน เดือน ปีเกิด	24 พฤษภาคม พ.ศ.2523
ภูมิลำเนา	412/2 ม.4 ตำบลปากแคว อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย 64000
	โทรศัพท์ 0-1440-6637
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลกำแพงเพชร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ฝันให้ไกล แล้วต้องไปให้ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นางสาวราณี บำรุงศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	23 สิงหาคม พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	77 ถ. รักษ์ชนะอุทิศ อำเภอสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส 96120 โทรศัพท์ 0-9697-0297
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายอุรุพงษ์ จันทร์ศิริ
วัน เดือน ปีเกิด	15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	20 หมู่ 6 ตำบลคลองใหญ่ อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง 93160
	โทรศัพท์ 0-9697-0295
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านพรุนายขาว จังหวัดพัทลุง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนประชาบำรุง จังหวัดพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	เกิดมาเป็นคน อย่าเห็นแก่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้