

เครื่องโปรแกรมมาร์ทการ์ด

เครื่องโปรแกรมมาร์ทการ์ด  
SMART CARD PROGRAMMER



ปริญญาโทเป็นส่วนของงานวิชาการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2545

พ.  
828ค  
545

545

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด
นักศึกษา	นายวิรพงษ์ หมั่นจิตร รหัสประจำตัว 43015887
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ไพศาล สิทธิโยภาสกุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	ภาควิชา ๒๐๒๐ กรมส่งเสริมการค้า 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นจัดทำเกี่ยวกับเครื่อง โปรแกรมสมาร์ตการ์ดและบัตรสมาร์ตการ์ดจำลอง ซึ่งเครื่องโปรแกรมนั้นสามารถที่จะ โปรแกรมบัตรสมาร์ตการ์ดได้หลายชนิด คือ Gold Card , Blue Card , Fun Card , Jupiter Card และอื่นๆ โดยในวงจร Phoenix Smart mouse เครื่องโปรแกรมจะมี MAX-232 เป็นตัวแปลงระดับแรงดันและติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้พอร์ตอนุกรมเช่นเดียวกับ JDM และวงจร JDM จะเป็นวงจรที่เขียนระบบปฏิบัติการลงบัตรสมาร์ตการ์ด สวิตช์ SW1 จะเป็นสวิตช์ที่ใช้เลือกระหว่างโหมด Phoenix Smart mouse กับ JDM และ สวิตช์ JP2 เป็นสวิตช์เลือก ระหว่าง Phoenix กับ Smart mouse ส่วนอีกชุดจะมี 74HC244 เป็นบัฟเฟอร์ในการรับส่งข้อมูลกับบัตรสมาร์ตการ์ดโดยติดต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนาน บัตรสมาร์ตการ์ดนั้นจะใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตัววงตระกูลแล้วแต่ชนิดของการ์ดและจะใช้เป็นแบบมีหน้าสัมผัส

เลขหมู่.....  
 เลขทะเบียน 50142  
 วัน,เดือน,ปี 2 1 ส.ย. 2547

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THESIS TITLE** Smart – Card Programmer  
**STUDENT** Mr. Weerapong Muenchit No. 43015887  
**ADVISOR** Asso.Prof. Paisan Sityopasagun  
**COURSE** Bachelor of Industrial Technology in Telecommunication  
**DEPARTMENT** Industrial Technology  
**YEAR** 2001

### ABSTRACT

This thesis presents about Smart – Card Programmer and smart card ,The Smart Card programmer can program for everycard ( Gold Card , Blue Card, Pic Card, Fun Card, Jupiter Card ) Phoenix Smart mouse schematic have MAX – 232 , MAX – 232 set voltage. Smart Card Programmer contact computer by Serial Port. JDM programs Operating System to smart card. Switch (SW1) For JDM or Phoenix Smart mouse and Switch (JP1) For Phoenix or Smart mouse, and parallel port is program Jupiter Card , 74HC244 Transmit and Recive Data but program card is different ,so we use different program , smart card iscontact.

## ใบเสนอปริญญาบัตร

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด	
นักศึกษา	นายวีรพงษ์ หมั่นจิตร	รหัสประจำตัว 43015887
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ไพศาล สิริธิโยภาสกุล	
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	เทคนิคอุตสาหกรรม	
	2545	

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

(ผศ.ไพศาล สิริธิโยภาสกุล)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนทุกท่านที่สนับสนุนในการทำโครงการทำให้โครงการนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณ ผศ.ไพศาล สิทธิโยภาสกุล เป็นอย่างสูง ในการให้คำชี้แนะและคำติชมแก่ใจ ซึ่งทำให้โครงการนี้แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์

วีรพงษ์ หมั่นจิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
ไบโเสนอปริญาณานิพนธ์	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ - ฉ
สารบัญภาพ	a - c
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
- ความสำคัญและที่มา	1
- วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
- ขอบเขตของโครงการ	2
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี</b>	3
- สมาร์ทการ์ดแบบ Synchronous	4
- สมาร์ทการ์ดแบบ Asynchronous	6
- ลักษณะทางกายภาพของสมาร์ทการ์ด	10
- โพรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารกับสมาร์ทการ์ด	13
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16f84	14
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16f876	17
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEL 8535	19
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEL 8515	20
<b>บทที่ 3 การออกแบบ</b>	21
- แนวคิดในการออกแบบ	21
- การออกแบบเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด	22
- การติดต่อกับคอมพิวเตอร์	23
- โครงสร้างของการ์ดแต่ละชนิด	27

-	รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด	34
-	Switch Smart Card Programmer	35
-	วงจรเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด	36
บทที่ 4	ผลการทดลองและการทดสอบ	40
-	ผลการทดสอบ/การทดสอบเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด	40
-	ผลที่ได้จากการทดสอบ	55
บทที่ 5	บทสรุป	56
-	สรุป	56
-	สิ่งที่ได้จากการทำโครงงานนี้	56
-	ปัญหาที่เกิดขึ้น	56
ภาคผนวก		
-	Data sheet อุปกรณ์ต่างๆ	
บรรณานุกรม		58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงบัตรโทรศัพท์แบบแมโมรีการ์ดในต่างประเทศ	5
รูปที่ 2.2	แสดงบัตรโทรศัพท์แบบแมโมรีการ์ดในประเทศ	5
รูปที่ 2.3	แสดงบัตรแบบโปรเซสเซอร์การ์ด	6
รูปที่ 2.4	แสดงบัตร Gold Card	7
รูปที่ 2.5	แสดงบัตร Blue Card	7
รูปที่ 2.6	แสดงบัตร Pic Card	8
รูปที่ 2.7	แสดงบัตร Fun Card2	8
รูปที่ 2.8	แสดงบัตร Fun Card3	9
รูปที่ 2.9	แสดงบัตร Fun Card4	9
รูปที่ 2.10	แสดงลักษณะทางกายภาพ	10
รูปที่ 2.11	แสดงหน้าที่การทำงานของหน้าสัมผัส	11
รูปที่ 2.12	แสดงตำแหน่งของหน้าสัมผัสสมาร์ทการ์ด	12
รูปที่ 2.13	รูปแบบคำสั่งของโปรโตคอล T=0	13
รูปที่ 2.14	รูปแบบส่งข้อมูล T=0	13
รูปที่ 2.15	แสดงขาของ PIC16F84	15
รูปที่ 2.16	แสดงตารางรายละเอียดของ PIC16F84	16
รูปที่ 2.17	แสดงรูปขาของ PIC16F876	17
รูปที่ 2.18	แสดงตารางรายละเอียดของ PIC16F876	18
รูปที่ 2.19	แสดงรูปขาของ AT90S8535	19
รูปที่ 2.20	แสดงรูปขาของ AT90S8515	20
รูปที่ 3.1	แสดงแนวคิดในการออกแบบ	21
รูปที่ 3.2	แสดง Block Diagram ถึงแนวคิดการทำงานของเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด	22
รูปที่ 3.3	แสดงรูปหัวต่อ DB-9	23
รูปที่ 3.4	แสดงรูปหัวต่อ DB-25	23
รูปที่ 3.5	แสดงตำแหน่งชื่อขาของ DB-9 และ DB-25 ตัวผู้	24
รูปที่ 3.6	แสดงตำแหน่งชื่อขาของ DB-9 และ DB-25 ตัวเมีย	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7	แสดงตารางชื่อขาของ DB-9 และ DB-25	26
รูปที่ 3.8	แสดงการเชื่อมต่อหน้าสัมผัสของ 16F84	27
รูปที่ 3.9	แสดงรูป Gold Card	27
รูปที่ 3.10	แสดงบัตร Multimac2 Card	28
รูปที่ 3.11	แสดงบัตร Quadra Card	28
รูปที่ 3.12	แสดงการเชื่อมต่อของหน้าสัมผัสของ Pic Card2	29
รูปที่ 3.13	แสดงด้านหน้าของ Pic Card2	29
รูปที่ 3.14	แสดงด้านหลังของ Pic Card2	30
รูปที่ 3.15	แสดงการเชื่อมต่อหน้าสัมผัสของ Jupiter Card	31
รูปที่ 3.16	แสดงด้านหน้าของ Jupiter Card	32
รูปที่ 3.17	แสดงด้านหลังของ Jupiter Card	32
รูปที่ 3.18	แสดงการเชื่อมต่อหน้าสัมผัสของ Fun Card	33
รูปที่ 3.19	แสดงบัตร Fun Card	34
รูปที่ 3.20	แสดงสวิทช์ในการเลือกโหมดทำงาน	36
รูปที่ 3.21	แสดงวงจร smartmouse/JDM	37
รูปที่ 3.22	แสดงวงจรเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด	39
รูปที่ 3.23	แสดงรูปเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด	39
รูปที่ 4.1	แสดงหน้าจอการตั้งค่า Hardware	41
รูปที่ 4.2	แสดงหน้าจอการตั้งค่า Option	42
รูปที่ 4.3	แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลง PIC16F84 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด	43
รูปที่ 4.4	แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC16F84 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด	44
รูปที่ 4.5	แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลง PIC16F876 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด	45
รูปที่ 4.6	แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC16F876 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด	46
รูปที่ 4.7	แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลง IC EEPROM 24LC16	47
รูปที่ 4.8	แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก IC EEPROM 24LC16	48

IC EEPROM 24LC16	49
รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลง AT90S8515 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด	50
รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก AT90S8515 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด	51
รูปที่ 4.12 แสดงหน้าจอโปรแกรม Cardinal	52
รูปที่ 4.13 แสดงหน้าจอการใส่รหัสป้องกัน	53
รูปที่ 4.14 แสดงหน้าจอการอ่านข้อมูลใน Sim Card	54



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ท่ามกลางความเจริญก้าวหน้าของโลกเทคโนโลยีที่ไม่หยุดยั้ง มนุษย์ได้พัฒนาคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกขึ้นมามากมาย สมาร์ทการ์ดเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของมนุษย์ในโลกให้สะดวกสบายขึ้นอย่างไร้ขีดจำกัด สมาร์ทการ์ดได้ถูกนำมาใช้กับวงการต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะวงการธุรกิจสมาร์ทการ์ดจะช่วยให้มีความได้เปรียบทางธุรกิจโดยสมาร์ทการ์ดจะทำการปรับปรุงการบริการให้ดีขึ้น เช่น ให้บริการรับชำระเงิน การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย และการเพิ่มช่องทางจัดจำหน่ายผ่านทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

สมาร์ทการ์ดเป็นเทคโนโลยีค่อนข้างใหม่ที่กำลังเข้ามามีบทบาทต่อวิถีชีวิตของคนเรา ทั้งนี้ยังเป็นเพียงแค่การเริ่มต้นเท่านั้น และในอนาคตจะมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นกับการใช้งานในด้านต่างๆ และยังช่วยสนับสนุนให้เรามีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอีกด้วย เช่น มีความสะดวกสบายมากขึ้นในการจับจ่ายใช้สอยโดยใช้สมาร์ทการ์ดแทนเงินสด ทั้งที่ผ่านทางร้านค้าและผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือการไปพบแพทย์ ก็เพียงแค่ใช้สมาร์ทการ์ดบัตรเดียว ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาค้นหาเอกสารประวัติส่วนตัว เนื่องจากมีข้อมูลประวัติส่วนตัวและประวัติการรักษาเก็บอยู่ในสมาร์ทการ์ดแล้ว เป็นต้น

สมาร์ทการ์ดมีคุณสมบัติเด่นที่แตกต่างจากการ์ดชนิดอื่นๆ โดยสิ้นเชิง อาทิเช่น สมาร์ทการ์ดชนิดโพรเซสเซอร์การ์ด จะมีหน่วยประมวลผลภายในตัว จึงทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลต่างๆ ได้ภายในตัวสมาร์ทการ์ดเอง และคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการคือสมาร์ทการ์ดมีหน่วยความจำที่มีความจุสูงกว่าการ์ดชนิดอื่นหลายเท่าตัว ประกอบกับการติดต่อกับสมาร์ทการ์ดเป็นเรื่องที่แบบรหัสแท่ง (Barcode) นั้นมีและสมาร์ทการ์ดยังมีคุณสมบัติที่คงทนต่อสนามแม่เหล็ก ในขณะที่บัตรแถบแม่เหล็กไม่มีคุณสมบัตินี้ และเนื่องจากปัจจุบันเป็นที่แน่นอนว่าแนวโน้มของการใช้งานสมาร์ทการ์ดมีเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และราคาต่อหน่วยของสมาร์ทการ์ด เมื่อเทียบกับสมาร์ทการ์ดที่มีความจุของหน่วยความจำและใช้หน่วยประมวลผลรุ่นเดียวกัน มีราคาที่ลดต่ำลง จึงเป็นโอกาสอันดีที่จะนำสมาร์ทการ์ดมาประยุกต์ใช้งานเข้ากับงานในรูปแบบต่างๆ เป็นสำคัญ เพื่อที่จะสามารถทำให้โครงการประยุกต์ใช้งานสมาร์ทการ์ดอันนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในเชิงพาณิชย์

เมื่อเห็นดังนี้เราจึงคิดที่จะสร้างเครื่อง โปรแกรมสมาร์ทการ์ดขึ้น โดยที่เราจะทำเครื่องโปรแกรมที่สามารถโปรแกรมการ์ดได้หลายการ์ดในเครื่องเดียว ซึ่งในปัจจุบันนั้นเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดจะโปรแกรมได้เพียงการ์ดเดียว

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.สามารถโปรแกรมลงการ์ดได้มากกว่าหนึ่งการ์ด
- 2.สามารถศึกษาโครงสร้างของเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดและบัตรสมาร์ทการ์ด

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างเครื่อง โปรแกรมสมาร์ทการ์ดที่สามารถโปรแกรมการ์ดได้หลายชนิด
2. ออกแบบวงจรของเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด โดยทำการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับตัวสมาร์ทการ์ด ตามมาตรฐาน ISO7816 โดยในการสร้างนี้ได้คำนึงถึงขนาด ประสิทธิภาพในการใช้งานและต้นทุนการผลิตเป็นสำคัญ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในเชิงพาณิชย์ ได้จริง
3. สร้างตัวสมาร์ทการ์ดจำลอง ซึ่งสร้างจากแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB – Printed Circuit Board) โดยได้ออกแบบให้มีหน้าสัมผัสและขาสัญญาณในการติดต่อสื่อสารเหมือนกับสมาร์ทการ์ดจริง และบนแผ่นวงจรพิมพ์จะมีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และ EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROMs) ติดตั้งอยู่เพื่อให้สามารถใช้งานได้เหมือนกับสมาร์ทการ์ดจริงทุกประการ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.ได้เครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดที่โปรแกรมการ์ดได้หลายชนิด
- 2.ได้ทราบถึงโครงสร้างของสมาร์ทการ์ดแบบต่างๆ
- 3.สามารถนำเอาโครงการที่สร้างขึ้นไปใช้ได้เชิงพาณิชย์

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

บัตรเครดิตเป็นบัตรพลาสติกมีขนาดพอๆกับบัตรเครดิตหรือบัตร ATM มีการฝังชิพคอมพิวเตอร์ (Ship Computer) ไว้ภายในบัตร โดยที่ตัวชิพดังกล่าวจะบรรจุข้อมูลต่างๆไว้ในรูปแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกรรมวิธีที่มีการรักษาความปลอดภัยอย่างดีเยี่ยม ซึ่งถูกพัฒนามาจากบัตรพลาสติกแถบแม่เหล็ก (Magnetic stripe Card)

#### บัตรเครดิต

- บัตรเครดิตแบบมีการสัมผัส (Contact smart cards) คาร์ดแบบมีการสัมผัสเป็นบัตรที่มีการฝังชิพของขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณครึ่งนิ้ว เอาไว้ที่ด้านหน้าบัตร แทนการใช้แถบแม่เหล็ก (Magnetic stripe) ที่เคยพบเห็นใช้กันมากที่สุดในบัตรเครดิตหรือบัตรเอทีเอ็ม เมื่อผู้ใช้สอดใส่บัตรเข้าไปในเครื่องอ่านบัตรสมาร์ทการ์ดแล้ว มันจะสัมผัสกับหัวต่อหรือคอนเน็กเตอร์ทางไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้การส่งถ่ายข้อมูลเข้าและออกจาก
- บัตรเครดิตแบบไม่มีการสัมผัส (Contactless smart cards) คาร์ดแบบไม่มีการสัมผัสเป็นบัตรที่มองดูรูปร่างภายนอกแล้วคล้ายกับบัตรเครดิตพลาสติกแบบหนึ่ง ที่ภายในมีการฝังชิพคอมพิวเตอร์และขดลวดสายอากาศไว้ภายใน ซึ่งใช้ในการติดต่อกับเครื่องรับ/เครื่องส่งที่อยู่ในระยะไกล (Remote receiver/transmitter) โดยทั่วๆ ไปเรามักใช้บัตรแบบนี้เมื่อต้องการดำเนินการทางด้านรายการ (Transactions) อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่นที่ใช้กับการจัดเก็บเงินค่าผ่านทางด่วน

นอกจากบัตรเครดิตทั้งสองแบบดังกล่าวแล้ว ปัจจุบันยังมีการผลิตบัตรเครดิตแบบผสมหรือที่เรียกว่า คอมบิคาร์ด (Combi Card) ออกมาใช้งานอีกด้วย โดยบัตรแบบนี้เป็นบัตรใบเดียวแต่ทำหน้าที่เป็นทั้งบัตรเครดิตแบบมีการสัมผัส และบัตรเครดิตแบบไม่มีการสัมผัสเพื่อเพิ่มความสะดวกและประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น

#### ข้อดีของบัตรเครดิต

- 1 พิสูจน์ได้ว่ามีความไว้วางใจดีกว่าบัตรแถบแม่เหล็ก
- 2 สามารถเก็บสะสมข้อมูลได้มากกว่าบัตรที่ใช้แถบแม่เหล็กเป็นร้อยๆ เท่า
- 3 ลดโอกาสที่จะเข้าไปยุ่งเกี่ยวและป้องกันการปลอมแปลงด้วยระบบป้องกันที่ซับซ้อน

4 สามารถเปลี่ยนมือและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5 ทำหน้าที่ต่าง ๆ ได้มากมาย
- 6 สามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การขนส่ง ชนาคาร์ และการรักษาสุขภาพ เป็นต้น
- 7 สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาต่าง ๆ ได้ เช่น เครื่องโทรศัพท์ และเครื่องคอมพิวเตอร์กระเป๋าหิ้ว
- 8 ทำงานด้วยเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

## 2.1 สมาร์ทการ์ดแบบ Synchronous

เป็นสมาร์ทการ์ดที่มีหน่วยความจำ แต่ไม่มีชิปไมโครโปรเซสเซอร์ บัตรประเภทนี้จะใช้เก็บข้อมูลได้อย่างเดียว ไม่มีความสามารถในประมวลผล ซึ่งจะเหมาะกับการซื้อของตามร้านค้าหรือผู้ขายของอัตโนมัติทั่วไปที่เป็นการใช้บัตรชำระค่าสินค้าหรือบริการแทนเงินสด แต่ไม่มีการเก็บข้อมูลประวัติการซื้อของลูกค้า บัตรประเภทนี้จะใช้เก็บข้อมูลอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้ หรือถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลจะต้องใช้พาสเวิร์ด ตัวอย่างบัตรประเภทนี้ เช่น

- บัตรโทรศัพท์สาธารณะ มีการเก็บข้อมูลจำนวนเงินไว้ในบัตรในลักษณะของเซลล์ เช่น บัตรราคา 100 บาท ก็จะมี 100 เซลล์ เมื่อมีการใช้บัตร เครื่องก็จะทำการลบเซลล์ออกไปตามจำนวนเงินที่เราใช้ไป ซึ่งเครื่องจะสามารถทำได้เพียงแค่นับและลบ ไม่สามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ภายในได้ และหลังจากจำนวนเซลล์ถูกลบหมดไปแล้ว บัตรนั้นก็จะไม่สามารถใช้งานต่อได้อีก

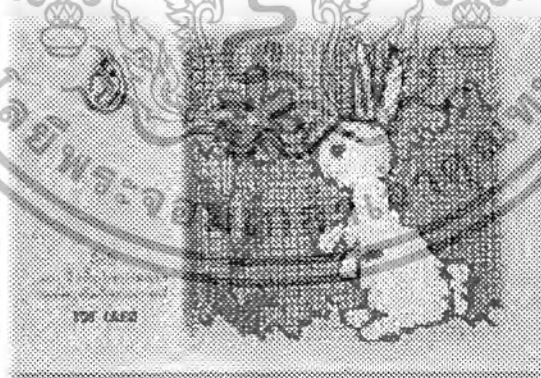
- บัตรไมโครแคช มีการเก็บข้อมูลจำนวนเงินไว้ในบัตร และมีการหักจำนวนเงินเช่นเดียวกับบัตรโทรศัพท์ แต่เมื่อจำนวนเงินในบัตรหมดแล้ว ผู้ใช้สามารถนำบัตรนั้นไปให้ผู้ให้บริการของบัตรนั้นเติมเงินให้ได้ โดยบัตรประเภทนี้จะมีการจำกัดการเข้าถึงข้อมูล เมื่อจะเขียนข้อมูลลงไปใหม่ จะต้องใช้พาสเวิร์ด

นอกจากนี้ บัตรไมโครแคชยังสามารถเป็นบัตรประเภทที่ 2 ที่จะกล่าวต่อไปได้ด้วย ถ้าหากมีการจัดเก็บข้อมูลประวัติการใช้บัตรของผู้ใช้ด้วย เช่น สะสมแต้ม เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงบัตรโทรศัพท์แบบแอมโมริการ์ดในต่างประเทศ

บัตรแอมโมริการ์ดมีความปลอดภัยในระดับหนึ่งเนื่องจากหน่วยความจำที่ใช้ใน บัตรส่วนใหญ่จะใช้แบบ Security Memory ซึ่งจะมีส่วนที่ป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแบบ Sequential Reading ได้ซึ่งทำให้ไม่สามารถคัดลอกบัตรโดยตรงได้



รูปที่ 2.2 แสดงบัตรโทรศัพท์แบบแอมโมริการ์ดในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 สมาร์ทการ์ดแบบ Asynchronous

เป็นสมาร์ทการ์ดที่มีทั้งหน่วยความจำและชิปไมโครโปรเซสเซอร์ สมาร์ทการ์ดประเภทนี้ (รูปที่ 2.3) จะมีระบบปฏิบัติการควบคุมการทำงาน และมีความสามารถในการคำนวณด้วย โดยจะสามารถทำหน้าที่ตรวจสอบความเป็นเจ้าของบัตร, เซ้ารหัส, และคำนวณโบนัสนหรือสะสมแต้มจากการใช้จ่ายใช้สอย ซึ่งจะเหมาะกับการซื้อของผ่านอินเทอร์เน็ต

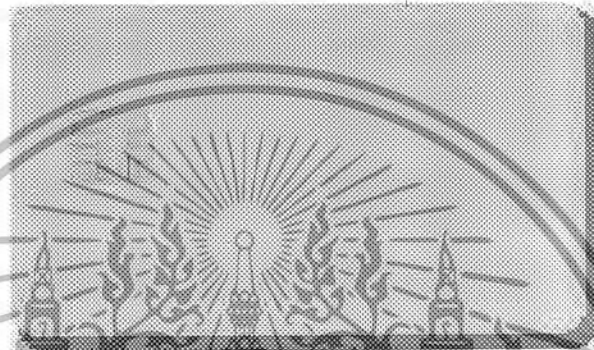


รูปที่ 2.3 แสดงบัตรแบบโปรเซสเซอร์การ์ด

ในด้านต้นทุนหรือราคาของบัตรทั้ง 2 ประเภท สมาร์ทการ์ดจะกำหนดราคาตามความสามารถในการใช้งานและความจุของบัตร ดังนั้น บัตรประเภทแรกจะมีราคาถูกกว่าบัตรประเภทที่ 2 เนื่องจากมีความสามารถน้อยกว่า และสำหรับบัตรประเภทแรกจะมีราคาที่แตกต่างกันได้อีกตามความจุของบัตร

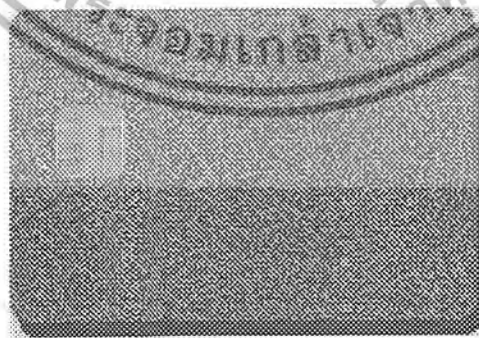
ตัวอย่างบัตรสมาร์ตการ์ดชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้

Gold Card (รูปที่ 2.4) เป็นบัตรที่ได้รับความนิยมใช้งานมากเพราะมีราคาถูกกว่าบัตรอื่น ซึ่งบัตรนี้จะมีไมโครโปรเซสเซอร์ 16F84 และ แมโมรี่ 24LC16B



รูปที่ 2.4 แสดงบัตร Gold Card

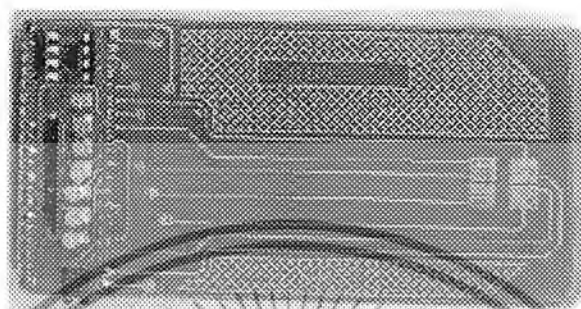
Blue Card (รูปที่ 2.5) เป็นบัตรที่ได้รับความนิยมใช้งานเพราะมีราคาถูก ซึ่งบัตรนี้จะมีไมโครโปรเซสเซอร์ 16F84 และ แมโมรี่ 24LC256



รูปที่ 2.5 แสดงบัตร Blue Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pic Card เป็นการ์ดที่ได้รับความนิยมรองลงมาจาก Gold Card โดยมีไมโครโปรเซสเซอร์ 16F876 และแรมโมรี 24LC64



รูปที่ 2.6 แสดงบัตร Pic Card

Fun Card2 เป็นบัตรที่มีประสิทธิภาพดีกว่าการ์ด 2 ชนิดที่กล่าวไปแต่จะมีราคาแพงโดยจะ ไมโครโปรเซสเซอร์ 90S8515 และแรมโมรี 24LC64



## 2.7 แสดงบัตร Fun Card2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fun Card3 เป็นการ์ดที่พัฒนาขึ้นมาของ Fun Card โดยมีไมโครโปรเซสเซอร์ 90S8535 และแอมโมรี 24LC64



รูปที่ 2.8 แสดงบัตร Fun Card3

Fun Card4 เป็นการ์ดที่พัฒนาขึ้นมาของ Fun Card โดยมีไมโครโปรเซสเซอร์ 90S8535 และแอมโมรี 24LC256



2.9 แสดงบัตร Fun Card4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 ลักษณะทางกายภาพของสมาร์ทการ์ด

ส่วนประกอบทั่วไปของบัตรสมาร์ทการ์ด รูปร่างนอกของบัตรสมาร์ทการ์ดมีความแตกต่างจากบัตรเครดิตทั่วไปโดยที่บัตรสมาร์ทการ์ดมีแผ่นโลหะสีทองขนาดเหรียญกลมอยู่ใกล้ขอบของบัตร แผ่นโลหะสมาร์ทการ์ดนี้จะแบ่งเป็น 8 ส่วน (บัตรสมาร์ทการ์ดบางชนิดมี 6 ส่วน) ส่วนต่างๆของบัตรสมาร์ทการ์ดภายในแผงวงจรไฟฟ้า (Chip) ประกอบด้วย



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะทางกายภาพ

พื้นที่หน่วยความจำ (Memory Areas) หน่วยความจำเป็นพื้นที่ๆ ใหญ่ที่สุดในแผงวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยหน่วยความจำหลายรูปแบบ ซึ่งบัตรสมาร์ทการ์ดต้องเก็บข้อมูลไม่ให้เปลี่ยนแปลง หน่วยประมวลผลกลาง บัตรสมาร์ทการ์ดเกือบจะเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์โดยไม่มี

คีย์บอร์ด หน่วยแสดงผล

วงจรรักษาพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรีเซต

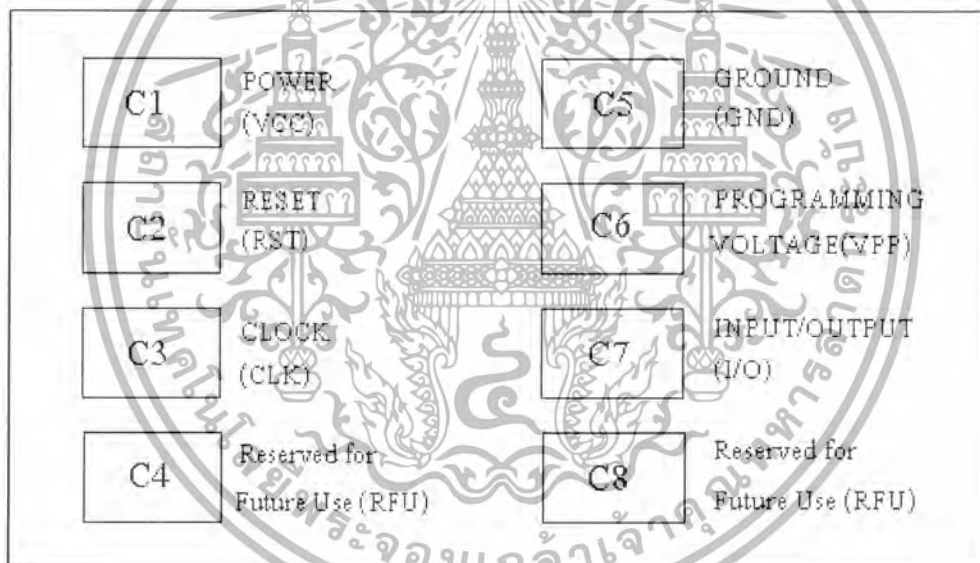
วงจรถ้าเน็ดสัญญาณพิก้า

วงจรรับส่งข้อมูล

หน้าสัมผัสของบัตรสมาร์ทการ์ด (Smart card Contact) หน้าสัมผัสของบัตรทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไฟฟ้าภายใน สมาร์ทการ์ดกับ Interface Device ภายนอกสมาร์ทการ์ดสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิดคือ

- Memory Card จะมีรูปแบบการส่งข้อมูลแบบ Synchronous
- Microprocessor จะมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous

ตำแหน่งขาของบัตร ตามมาตรฐาน ISO 7816



รูปที่ 2.11 แสดงหน้าที่การทำงานของหน้าสัมผัส

หน้าที่การทำงานของหน้าสัมผัส

C1 Vss : ใช้เป็นแหล่งจ่ายอินพุต

C2 RST : ใช้โดยอุปกรณ์ภายนอก โดยการส่งสัญญาณรีเซตไปยังแผงวงจรไฟฟ้าภายในบัตรสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C3 CLK : เป็นสัญญาณนาฬิกาซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะถูกส่งผ่านขา CLK ไปยังแผงวงจรภายใน บัตรสมาร์ตการ์ดความถี่เบื้องต้นไม่ควรต่ำกว่า 1 MHz กำหนดไว้ใน ISO 7/816/3

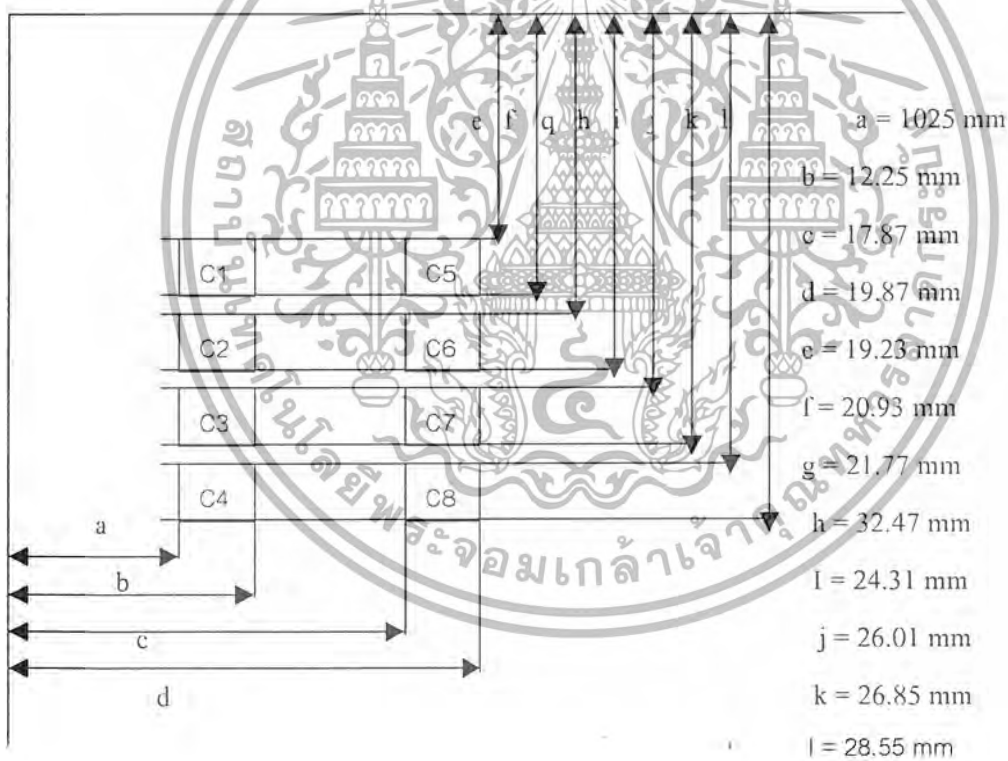
C4 : ยังไม่ได้มีการกำหนดการใช้งาน

C5 GND : ใช้เป็นระดับแรงดันอ้างอิง

C6 Vpp : ใช้สำหรับการโปรแกรมบันทึก หรือลบหน่วยความจำที่เป็น Non-Volatile Memory รายละเอียดของระดับแรงดันที่กำหนดไว้ใน ISO 7816/

C7 Input/Output : ทำการสื่อสารระหว่างแผงวงจรไฟฟ้าภายในบัตรสมาร์ตการ์ดและอุปกรณ์ภายนอก

C8 : ยังไม่ได้มีการกำหนดการใช้งาน

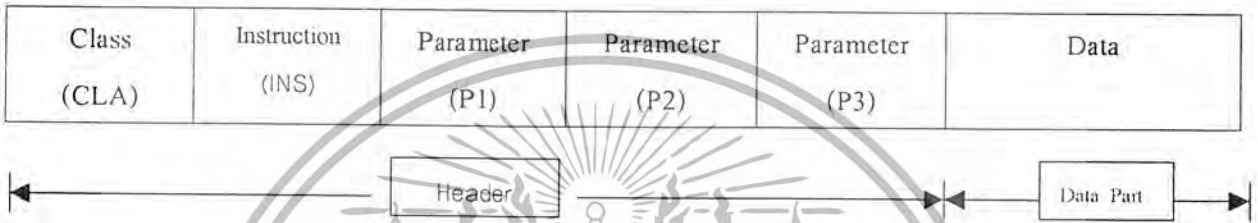


รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งของหน้าสัมผัสสมาร์ตการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โพรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารกับสมาร์ตการ์ด

- โพรโตคอล T=0 เป็นโพรโตคอลที่ออกแบบให้มีจำนวนข้อมูลไม่มากสามารถทำงานได้รวดเร็ว ถูกพัฒนาและใช้งานครั้งแรกในฝรั่งเศสจนกระทั่งกลายเป็นมาตรฐานตัวแรกของสมาร์ตการ์ด (ISO 7816-3) และมีใช้กันแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน สมาร์ตการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์ส่วนใหญ่ใช้งานโพรโตคอล T=0 เป็นโพรโตคอลเริ่มต้นหลังจาก Code Reset โพรโตคอล T=0 เป็นโพรโตคอลที่ทำงานในระดับไบนารี หรือเรียกว่า Byte-Oriented ซึ่งหมายถึงการประมวลผลส่วนที่เป็นข้อมูลสามารถทำได้ในหน่วยที่เล็กที่สุดในระดับไบนารี

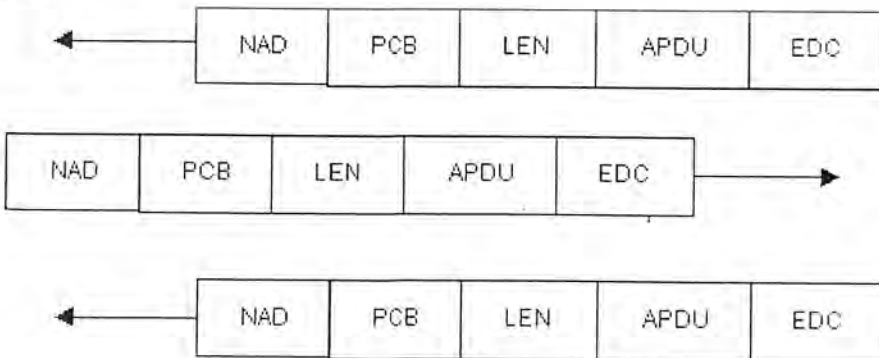


รูปที่ 2.13 รูปแบบคำสั่งของโพรโตคอล T=0

- โพรโตคอล T=1 เป็นโพรโตคอลชนิด Asynchronous สำหรับสมาร์ตการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์โดยเฉพาะ ซึ่งโพรโตคอลนี้เรียกอีกอย่างว่า Block-Oriented เนื่องจากการประมวลผลส่วนที่เป็นข้อมูลจะทำในระบกลุ่มข้อมูลเท่านั้น โพรโตคอลนี้จะมีส่วนที่ครอบคลุมการทำงานของโพรโตคอล T=0 เพื่อให้สมาร์ตการ์ดตัวที่ไม่ประมวลผลหรือรับส่งข้อมูลไม่เกิน 256 ไบนารีสามารถทำงานได้โดยโพรโตคอลชนิดนี้



Terminal



รูปที่ 2.14 รูปแบบการส่งข้อมูล T=1

## 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F84

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล peripheral interface controller ของ microchip controller มีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบได้ด้วยสัญญาณไฟนับพันครั้ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จัดอยู่ในไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC กล่าวคือ มันจะมีคำสั่งน้อยเพียง 35 คำสั่งพื้นฐานเท่านั้นและทุกคำสั่งสามารถทำงานให้เสร็จสิ้นได้ด้วยการใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียวเท่านั้น ทั้งยังทำงานในลักษณะ PIPE LINE

### คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC 16F84

- หน่วยประมวลผลกลางเป็นแบบ RISC
- มีคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
- ทุกคำสั่งใช้เวลาในการทำงานประมาณ 250 นาโนวินาทีที่สัญญาณนาฬิกา 4 MHz
- ประมวลผลข้อมูลขนาด 8 บิต
- มีรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ 15 ตัว
- มีสเตจ 8 ระดับ
- มีโหมดอ้างอิงแอดเดรส 3 โหมด
- หน่วยความจำข้อมูลเป็นแบบอีพรอมสามารถลบและเขียนได้ประมาณล้านครั้งเก็บข้อมูลได้ 40 ปี
- หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชมีขนาด 1 กิโลบิต

### คุณสมบัติทางเทคนิคของเพอร์เฟอรัลใน PIC 16F84

- มีขาอินพุตอาร์พุต 13 ขา
- กระแสซิงก์/ซอร์สของแต่ละขาอินพุตอาร์พุตสูงพอที่จะขับ LED ได้โดยตรง

### คุณสมบัติอื่นๆ

- มีเพาเวอร์อนรีเซตในตัว (POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ในตัว (PWRT)
- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์อัปไทเมอร์ (OST)
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT)

- ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวารสารในงานที่การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเลือกใช้วงจรถอสซิลเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้
- การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา
- ย่านไฟเลี้ยง 2.0 – 6.0

#### การจัดขาของ PIC16F84

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 บรรจุอยู่ในตัวถัง 2 แบบคือ PDIP (PLASTIC DUAL-IN LINEPACKAGE) ซึ่งมีลักษณะเดียวกับไอซีดินตะขาบที่พบกัน และแบบ SOIC อันเป็นตัวถังที่ใช้ติดตั้งบนผิวหน้าของแผ่นวงจรมิพ ตัวถังทั้ง 2 แบบของ PIC16F84 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 18 ขา ซึ่งสามารถจัดได้ 4 กลุ่มคือ

- 1.กลุ่มสัญญาณนาฬิกา มี 2 ขาคือ OSC1/CLKIN (ขา 16) และ OSC2/CLKOUT (ขา 15)
- 2.กลุ่มขาควบคุมมี 1 ขาคือ MCLR (ขา 4)



รูปที่ 2.15 แสดงขาของ 16F84

- 3.กลุ่มขาพอร์ตอินพุทเอาต์พุท มี 13 ขาแบ่งเป็นขาพอร์ต A 5 ขา ได้แก่ RA0-RA4 (ขา 17, 18, 1, 2, 3) และขาพอร์ต B ได้แก่ RB0-RB7 (ขา 6-13)
- 4.กลุ่มขาไฟเลี้ยงมี 2 ขาคือขา VSS (ขา 5) หรือขาต่อกราวด์ และขา VDD (ขา 14)

หรือขาต่อไฟเลี้ยง +5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS	Oscillator crystal input/external clock source input
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	ST	Oscillator crystal output
MCLR	4	4	4	I/O	TTL	Master clear (Reset)
RA0	17	17	19	I/O	TTL	PortA is a bi-directional
RA1	16	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	2	I/O	TTL	
RA4/TOCKI	3	3	3	I/O	ST	
RB0INT	6	6	7	I/O	TTL/ST	PortB is a bi-directional I/O port.
RB1	7	7	8	I/O	TTL	PortB can be software programmed for internal weak, pull-up on all input
RB2	8	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	10	11	I/O	TTL	
RB5	11	11	12	I/O	TTL	
RB6	12	12	13	I/O	TTL/ST	
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST	
VSS	5	5	5,6	P		Ground reference for logic and I/O pins
VDD	14	14	15,16	P		Positive supply for logic and I/O pins

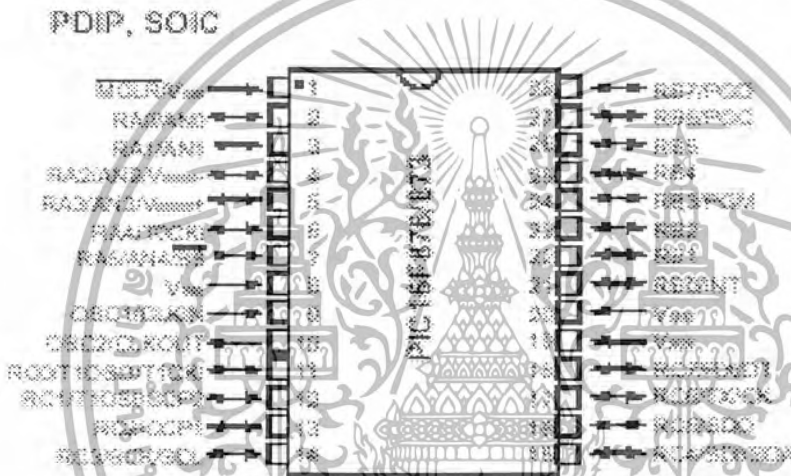
รูปที่ 2.16 แสดงตารางรายละเอียดขาของ16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F876

คุณสมบัติของ PIC16F876

- หน่วยประมวลผลกลางเป็นแบบ RISC
- มีคำสั่ง 35 คำสั่ง
- คำสั่งทุกคำสั่งสามารถเสร็จสิ้นใน 2 ไซเคิล
- หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟรชขนาด 8K x 14 WORDS
- หน่วยความจำข้อมูล RAM 368 x 8 byte



- หน่วยความจำข้อมูล ROM 256 x 8 byte รูปที่ 2.17 แสดงรูปของ 16F876
- มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป
- กระแสซิงก์/ซอร์สสูงสุด 25 mA
- คาปาบิลิตีอินเตอร์รัป
- มีสแตกซ้อยู่ 8 ชั้น
- มีเพาเวอร์อัฟไทมเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์เซตอัฟไทมเมอร์ (OST)
- มีวอตช์ดอกไทมเมอร์ (WDT) พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วยในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีเสถียรภาพยิ่งขึ้น
- ประมวลผลเขียนและอ่านโดยหน่วยความจำโปรแกรม
- หน่วยความจำภายในเป็นแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา

สามารถเลือกใช้งานออสซิลเลเตอร์ที่ใช้งานตรงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเพาเวอร์อินรีเซตในตัว

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS	Oscillator crystal input/external clock source input
OSC2/CLKOUT	14	15	30	O		Oscillator crystal output
MCLR /VPP	1	2	18	I/O	ST	Master clear (Reset)
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PortA is a bi-directional I/O port RA0 can also be analog input0 RA1 can also be analog input1 RA2 can also be analog input2 RA3 can also be analog input3 RA4 can also be the clock input to the time0time/couter RA5 can also be analog input5
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/Vref-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/Vref+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/TOCK1	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST	PortB is a bi-directional I/O port. PortB can be software programmed for internal weak,pull-up on all input RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST	

รูปที่ 2.18 แสดงตารางรายละเอียดขาของ16F876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535

### คุณสมบัติของ AT90S8535

- มีหน่วยประมวลผลกลางแบบ RISC
- 32 x 8 รีจิสเตอร์ทั่วไป
- หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟรชขนาด 2Kbyte เขียนและลบได้กว่าพันครั้ง
- SRAM ขนาด 128 byte
- EEPROM สามารถเขียนและลบได้กว่าแสนครั้งขนาด 128 byte
- มีวอตช์ดอกโทเมอร์ (WDT)
- ระบบการทำงานโปรแกรมเป็นแบบอนุกรมอินเทอร์เฟรช



รูปที่ 2.19 แสดงรูปขาของ AT90S8535

## 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8515

### คุณสมบัติของ AT90S8515

- มีหน่วยประมวลผลแบบ RISC
- แรงดันทำงาน 2.7 - 6 V
- มีหน่วยป้องกันโปรแกรมและอีพรอม
- หน่วยความจำแบบแฟรชขนาด 8 Kbyte เขียนและลบได้กว่าพันครั้ง



รูปที่ 2.20 แสดงรูปของ AT90S8515

- EEPROM สามารถเขียนและลบได้กว่าแสนครั้งขนาด 512 byte
- ทำงานที่แรงดัน 3 mA
- การติดต่ออนุกรมแบบ MASTER/SLAVE
- มีวอตช์ดอกไทเมอร์ (WDT)
- 3 x 8 รีจิสเตอร์ทั่วไป
- ทำงานได้ถึงที่ความเร็ว 8 MHz

## บทที่ 3

### การออกแบบ

#### 3.1 แนวคิดในการออกแบบ

การออกแบบเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดเราจะนำวงจรที่สามารถใช้การ์ดได้หลายชนิดมาใช้โดยที่การ์ดแต่ละตัวก็จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างตระกูลกัน



แนวคิดในการออกแบบเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดนี้ออกแบบเพื่อที่จะให้มีการติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยต่อที่ Port RS - 232 และ Printer port ( DB-25 ) โดยเราจะออกแบบเครื่องโปรแกรมโดยใช้กับโปรแกรมที่สามารถหาได้ง่ายๆทางอินเทอร์เน็ต

### 3.2 การออกแบบ เครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด

เครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด ได้ออกแบบให้สามารถใช้งานได้กับสมาร์ทการ์ดได้หลายประเภท



รูปที่ 3.2 แสดง Block Diagram ถึงแนวคิดการทำงานของ เครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด

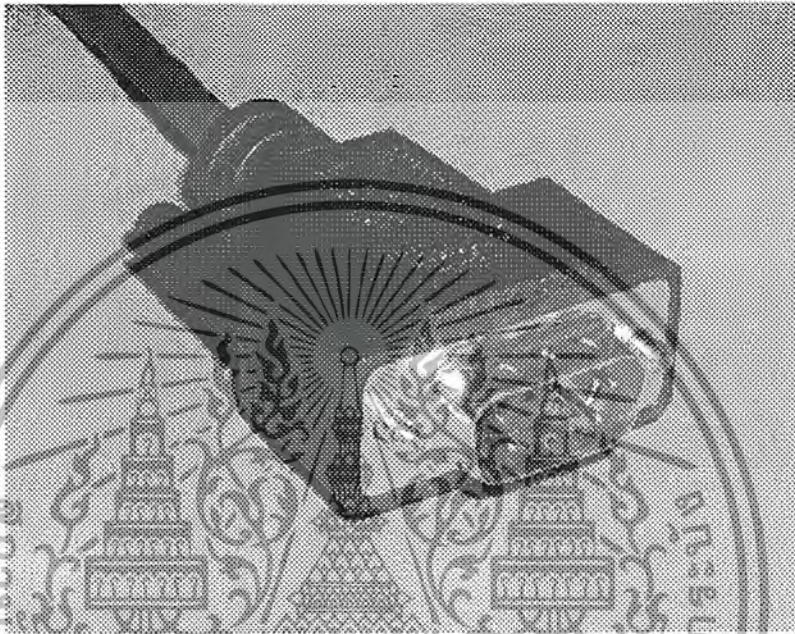
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์

เราจะสร้างเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดโดยที่จะส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมและพอร์ต

ขนาน

- พอร์ตอนุกรม



รูปที่ 3.3 แสดงรูปหัวต่อ DB-9

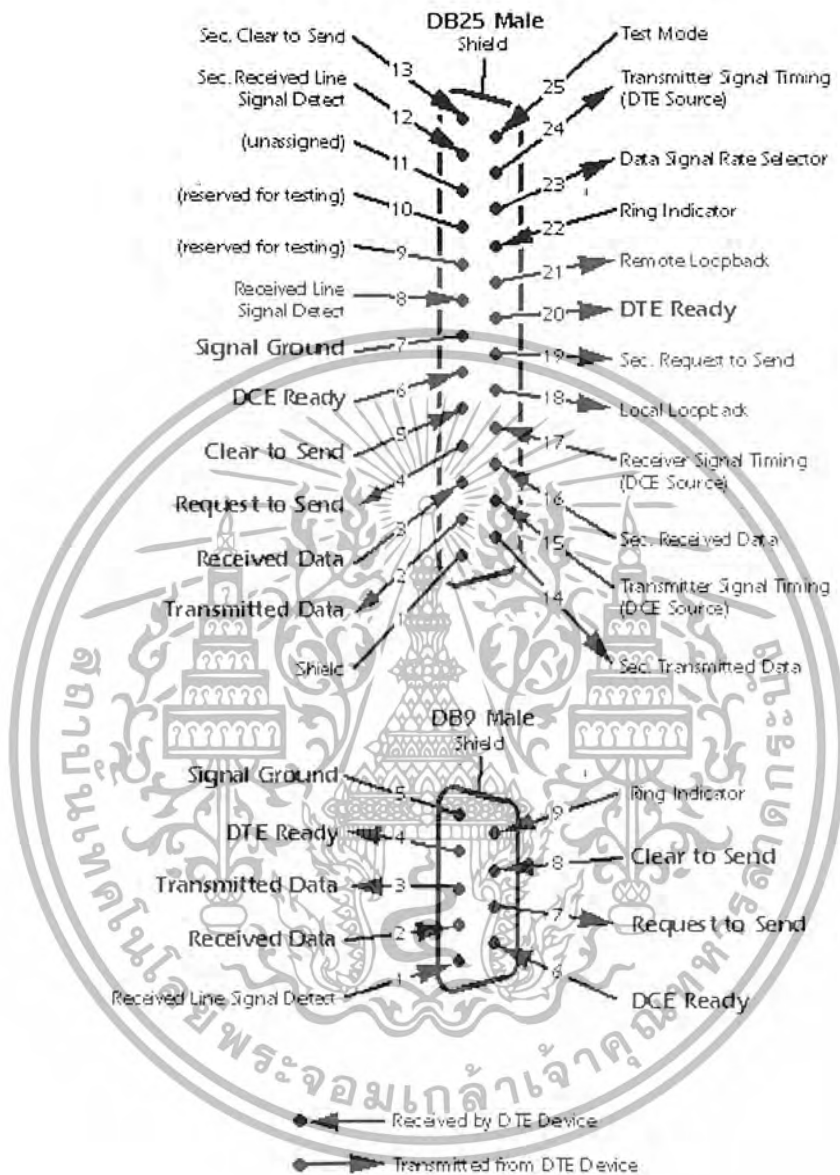
- พอร์ตขนาน



รูปที่ 3.4 แสดงรูปหัวต่อ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

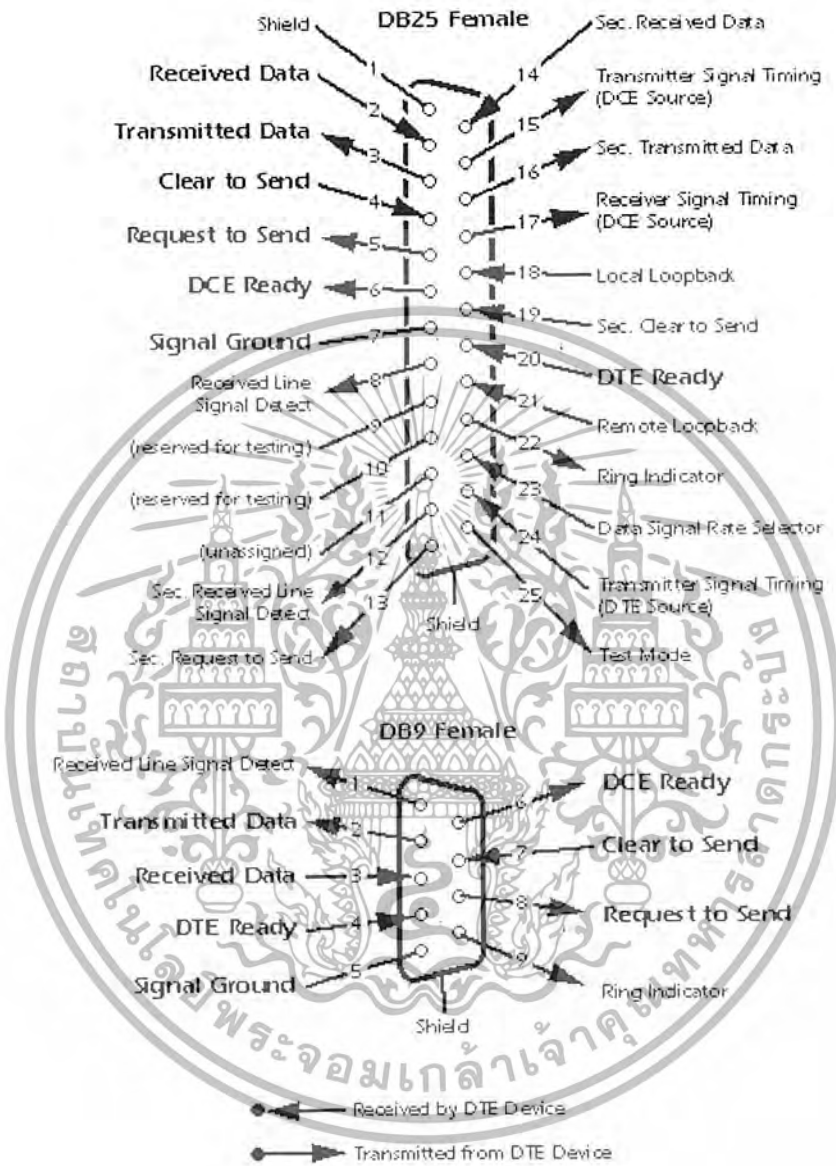
Looking Into the DTE Device Connector



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งชื่อขาของ DB-9 และ DB-25 ตัวผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Looking Into the DCE Device Connector



รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งชื่อขาของ DB-9 และ DB-25 ตัวเมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB-9 Pin	Corresponding DB-25 Pin	Signal	Function
2	3	RD	Received data
3	2	TD	Transmitted data
8	5	CTS	Clear to send
7	4	RTS	Request to send
6	6	DSR	Data set ready
5	7	SG	Signal ground
4	20	DTR	Data terminal ready
1	8	DCD	Data carrier detect

รูปที่ 3.7 แสดงตารางตำแหน่งขาของ DB-9 และ DB-25



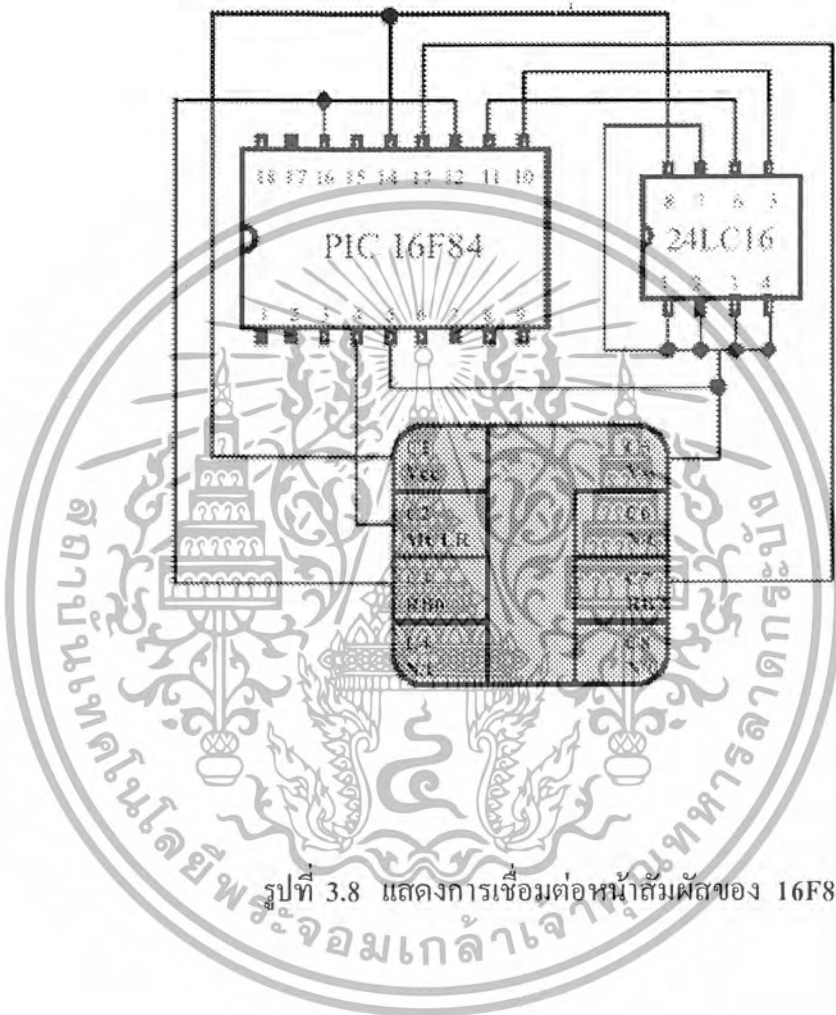
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 โครงสร้างการ์ดแต่ละชนิดที่จัดทำ

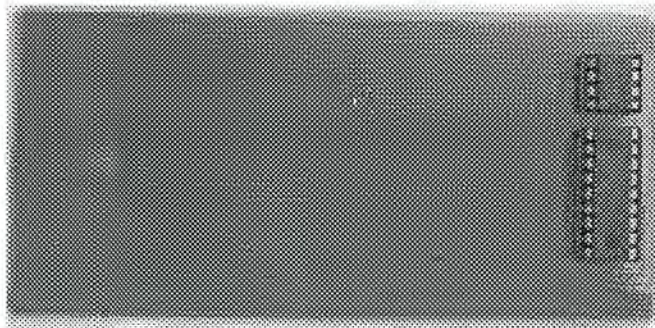
#### Gold Wafer Card

จะประกอบด้วย Microprocessor Microchip 16F84 และ Memory Eeprom Microchip

24LC16

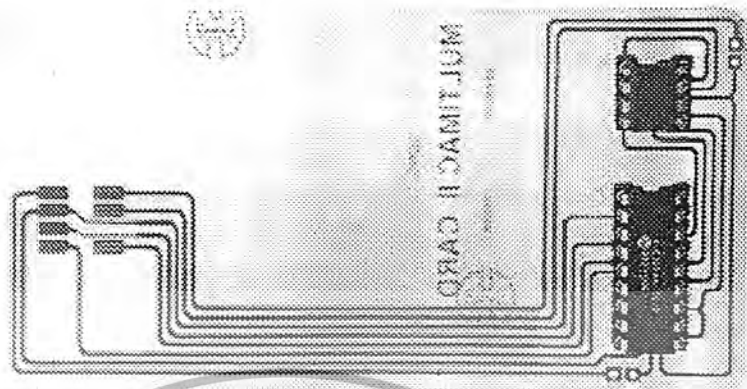


รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อหน้าสัมผัสของ 16F84



รูปที่ 3.9 แสดงรูป Gold Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เท่านั้น มิได้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงการ์ด Multimac 2 Card



รูปที่ 3.11 แสดงการ์ด Quadra Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

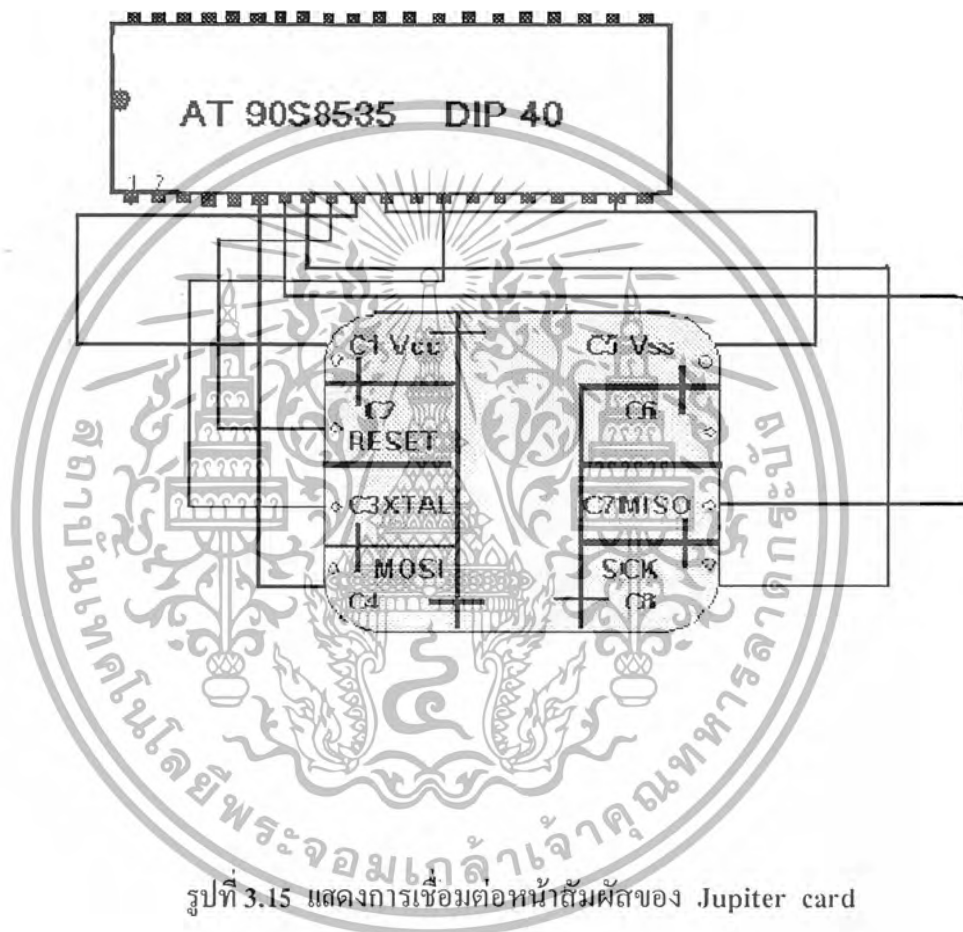




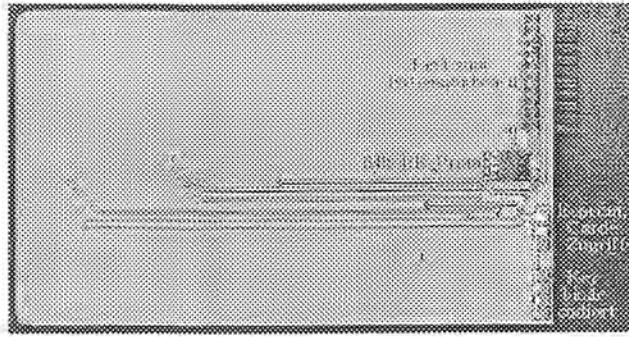
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## JUPITER CARD

จะประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Atmel AT90s8535



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงด้านหลังบัตร Jupiter Card

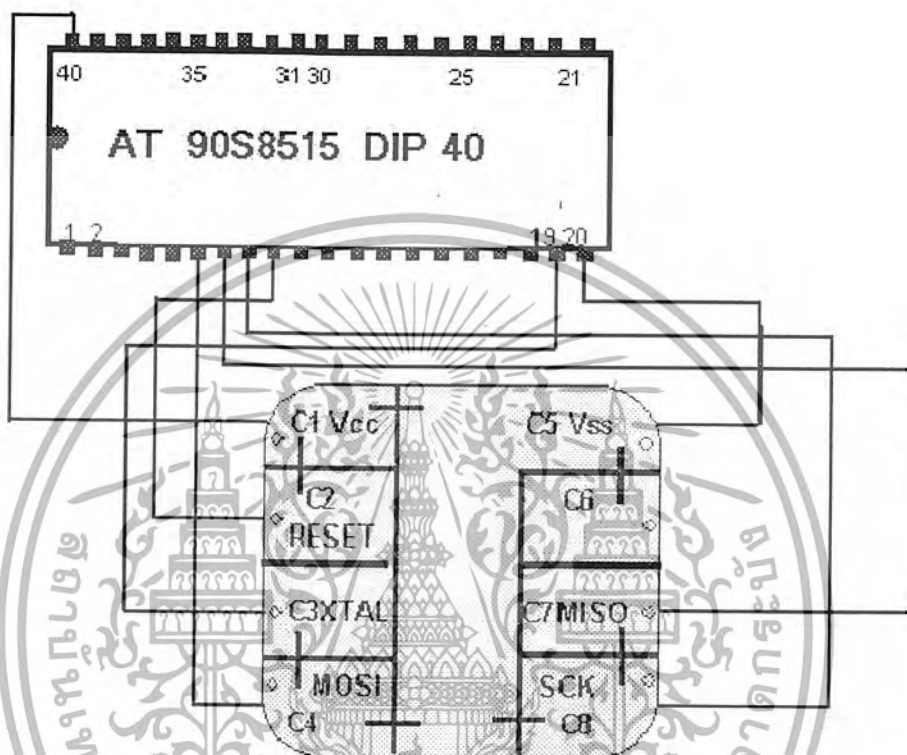


รูปที่ 3.17 แสดงด้านหน้าบัตร Jupiter Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

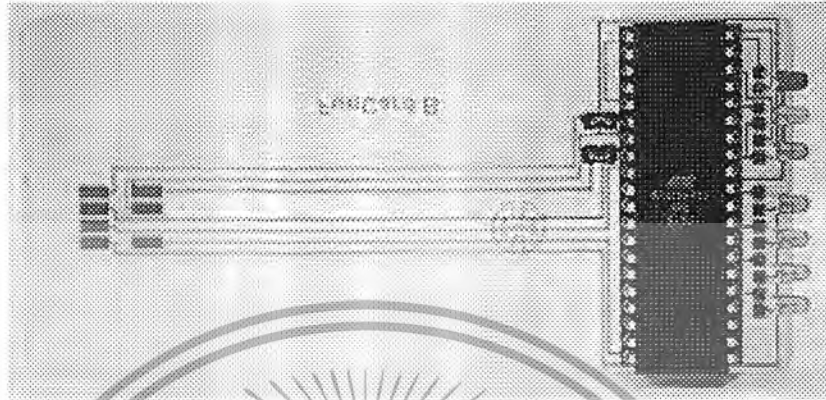
## FUN CARD

จะประกอบไปด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Atmel AT90S8515



รูปที่ 13.18 แสดงการเชื่อมต่อหน้าสัมผัสของ Fun Card

รูปด้านหน้าของบัตรสมาร์ทการ์ดจำลอง ( Fun Card ) โดยในนี้จะมีหลอด LED แสดงการทำงาน



รูปที่ 3.19 แสดงบัตร Fun Card

3.5 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด

- slot ISO สมาร์ทการ์ด 2 ตัว
- DB-25 male 1 ตัว
- DB-25 Female 1 ตัว
- DB-9 male 1 ตัว
- DB-9 Female 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่า 22pF ( C7,C8,C9,C10,C15,C16 ) 6 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่า 47pF ( C11,C17 ) 2 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่า 100nF ( C1,C2,C13,C14,C18,C20 ) 6 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่า 2.2uF ( C3,C4,C5,C6 ) 4 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่า 10uF ( C12 ) 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุค่า 22uF ( C19 ) 1 ตัว
- Diode เบอร์ 1N4148 ( D2,D7,D8,D9,D10 ) 5 ตัว

Zener Diode 13 V, ( D6 ) 1 ตัว

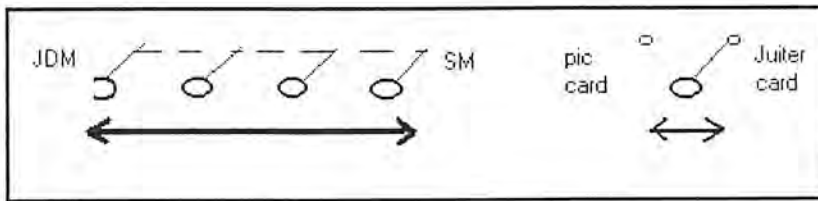
BAT41 ( D1 ) 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Led (D3,D4,D5,D11)	4	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 580 (R9)	1	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 1K (R10,R11,R17)	3	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 1.5K (R1)	1	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 1.7K (R2)	1	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 2.2K (R5,R7,R20)	3	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 4.7K (R3)	1	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 22K (R13)	1	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 10K (R8,R12,R16)	3	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 100K (R15,R18)	2	ตัว
- ตัวต้านทานค่า 1M (R4,R6,R19)	3	ตัว
- ไอซี เบอร์ 74HC00	2	ตัว
- ไอซี เบอร์ 78HC244	1	ตัว
- ไอซี เบอร์ 78LS05	2	ตัว
- คลิสตรอลค่า 3.57 MHz	1	ตัว
- คลิสตรอลค่า 4 MHz	1	ตัว
- คลิสตรอลค่า 6 MHz	1	ตัว
- ทรานซิสเตอร์ BC547	1	ตัว
- ทรานซิสเตอร์ BC557	1	ตัว

### 3.6 Switch Smart Card Programmer

เป็นสวิทช์ที่ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงาน โดยถ้าเราต้องการ โปรแกรมระบบปฏิบัติการของสมาร์ตการ์ดก็ให้เลือกไปที่ PIC Card และ JDM ถ้าต้องการอ่านบัตรโทรศัพท์ก็ให้เลือกไปที่ PIC CARD และ SM โดยการที่เราเลือกใช้งานในโหมดของ PIC'CARD ต้องต่อใช้งานกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม แต่ถ้าเลือกโหมด Jupiter Card ก็ต่อใช้งานโดยผ่านพอร์ตขนาน



รูปที่ 3.20 แสดงสวิตซ์ในการเลือกโหมดทำงาน

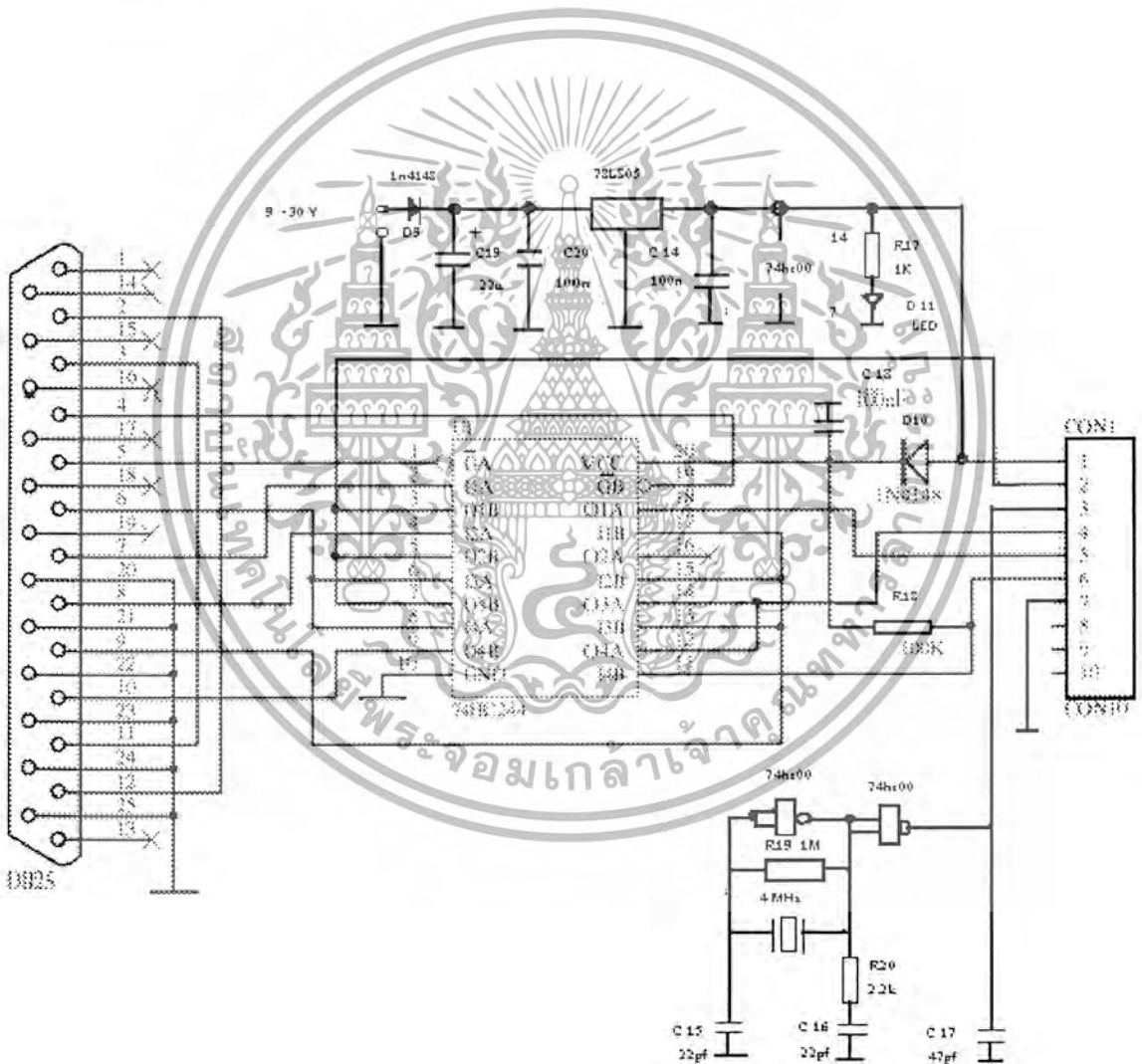
### 3.6 วงจรเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด

เครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ดนี้ ( Phoenix smart mouse S Jdm ) มีอินเทอร์เฟซ ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้พอร์ตอนุกรม ใช้ IC เบอร์ 78 LS 05 เป็นตัวเรกติไฟให้ไฟทางด้านเข้าพุตออก 5 V จ่ายไฟให้กับวงจรในส่วนของ Phoenix smart mouse ใช้ตัว IC MAX 232 เพื่อใช้เป็นไดรฟ์เวอร์ ในการติดต่อกับพอร์ต RS232 ในการที่จะใช้วงจรวัด MAX232 นี้จำเป็นต้องมีการต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอก 4 ตัว ซึ่งก็คือ C3-C6 โดยในวงจรของเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด เราได้ออกแบบมาให้ใช้ ตัวเก็บประจุ 4 ตัวนี้เป็นชนิดแทนทาลัม สำหรับค่าของตัวเก็บประจุนั้นก็คือ 2.2  $\mu\text{F}$  จากขา 9 ของ IC MAX232 นั้น จะเห็นได้ว่าจะมี BAT41 เป็นตัว PULL UP แรงดันเอาไว้ และได้ออกแบบให้ตัวเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ดนี้สามารถใช้งานร่วมกับสมาร์ตการ์ด ตามมาตรฐาน ISO7816 ที่เป็นแบบ Asynchronous (Processor Card) ทั้งแบบ Phoenix และ Smart Mouse โดยทั้งสองแบบนี้มีข้อแตกต่าง ตรงที่ ลอจิกของขา รีเซต โดยแบบ Phoenix ขา รีเซต จะ Active Low ส่วนแบบ Smart Mouse ขา รีเซต จะ Active High ดังนั้นในการออกแบบในส่วนที่ติดต่อกับขา รีเซตของสมาร์ตการ์ด จึงต้องทำการออกแบบให้มีจัมเปอร์ ( JP2 ) ในการเลือกว่าจะต่อผ่าน ตัวอินเวอร์เตอร์หรือมี ส่วนของสัญญาณนาฬิกาโดยจากวงจรจะเห็นว่าต้องใช้ ตัวเก็บประจุ 4 ตัวในการต่อกับคริสตอล 2 ชุด ( 3.57 MHz , 6 MHz ) โดยมีสวิตซ์เลือกความถี่ได้จาก ( JP1 ) ซึ่งในการออกแบบนี้จะใช้แบบแทนทาลัม ซึ่งค่าที่ใช้คือ 22 pF (C7,C8,C9,C10) จากนั้นในวงจรก็จะใช้ตัว อินเวอร์เตอร์เกต 2 ตัว เพื่อให้เกิดเป็นสัญญาณนาฬิกา โดยตัวอินเวอร์เตอร์เกต จะใช้จาก IC เบอร์ 74HC04

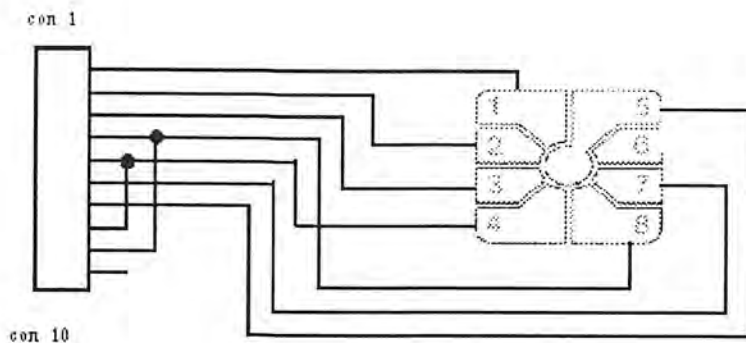
การเปลี่ยนโหมดใช้ JDM โดยใช้สวิตซ์ SW1 ในโหมดนี้จะใช้แรงดันไฟฟ้า 13 v. ในการจ่าย แก่ซีเนอไรโดไดค ( D6 ) และจะอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากตัวเองไม่จำเป็นต้องใช้คลิสตอล JDM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ทขนานจะมี IC เบอร์ 78LS05 เป็นตัวเรกติไฟให้ไฟทางด้านเข้าพุตออก 5 V จ่ายไฟให้กับวงจร และ IC เบอร์ 7HC244 เป็นตัวรับส่งสัญญาณ จากนั้นจะมีส่วนของออสซิลเลเตอร์ โดยจะส่งความถี่ 4MHz ให้กับตัวการ์ด เห็นว่าต้องใช้ตัวเก็บประจุ 2 ตัวในการต่อกับคริสตอลซึ่งในการออกแบบนี้จะใช้แบบแทนทาลัม ซึ่งค่าที่ใช้คือ 22 pF ( C15, C16) จากนั้นในวงจรก็จะใช้ตัว อินเวอร์เตอร์เกต 2 ตัว เพื่อให้เกิดเป็นสัญญาณนาฬิกา โดยตัวอินเวอร์เตอร์เกต จะใช้จาก IC เบอร์ 74HC04 และ Con จะต่อกับตัวสล็อตสมาร์ทการ์ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงวงจรเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด

รูปที่ 3.23 เป็นรูปแสดงเครื่อง โปรแกรมสมาร์ทการ์ดซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้



รูปที่ 3.23 แสดงรูปเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

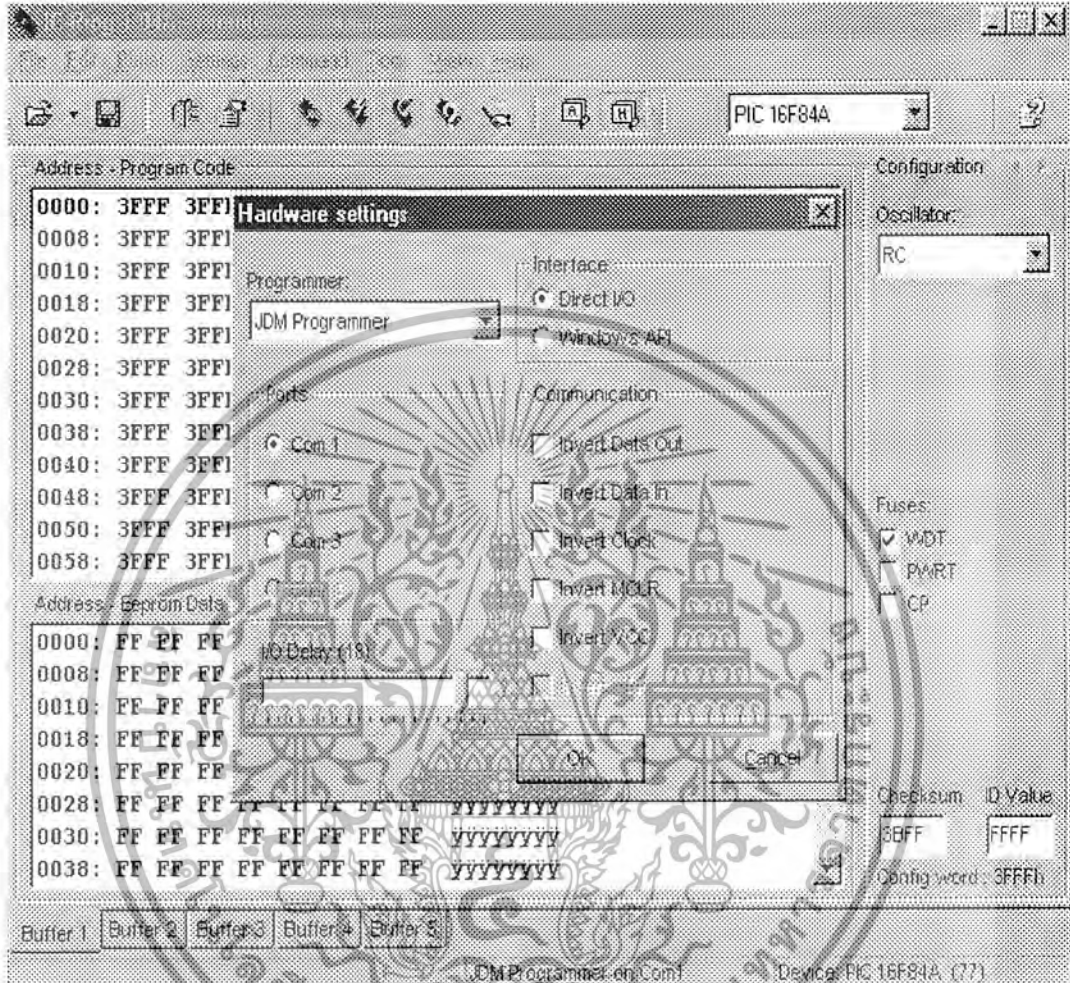
### ผลการทดลองและผลการทดสอบ

#### 4.1 ผลการทดลอง/การทดสอบเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด

ในการทดสอบเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ดนั้นเนื่องจากเครื่องโปรแกรมได้ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้กับของโปรแกรมที่มีอยู่บนอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว และประหยัดเนื่องจากเราไม่ต้องเสียเวลาในการเขียนโปรแกรม ซึ่งเราจะทำการทดลองกับการ์ดจริงที่ใช้กันตามท้องตลาดและการ์ดจำลองที่ใ้สร้างขึ้นมามีคุณสมบัติเท่ากับการ์ดตามตลาด ในการทดสอบนั้นเราจึงต้องเตรียมอุปกรณ์ทดสอบดังต่อไปนี้

1. เครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด
2. โปรแกรมสำหรับตั้งงานเครื่องโปรแกรมของสมาร์ตการ์ดให้ทำการอ่านเขียนข้อมูลบนการ์ดชนิดต่างๆ โดยมีโปรแกรมดังนี้
  - IC PROG 1.04A ใช้สำหรับ การ์ดที่ใช้ MCU ของ MICROCHIP (พอร์ทอนุกรม)
  - PONY PROG 1.17H ใช้สำหรับ การ์ดที่ใช้ MCU ของ ATMEL (พอร์ทขนาน)
  - CADINAL ใช้สำหรับ Sim Dlac
3. สมาร์ตการ์ดจำลองชนิดต่างๆ ที่ได้บรรจุระบบปฏิบัติการของสมาร์ตการ์ดไว้
4. สมาร์ตการ์ดจริง (Sim Card)
5. ระบบปฏิบัติการของสมาร์ตการ์ด ในรูปแบบของไฟล์ .hex
6. ไฟล์สำหรับทดสอบการโปรแกรมข้อมูลของ EEPROM 24LC xx ในรูปแบบของไฟล์ .hex
7. Text File สำหรับทดสอบการโปรแกรมข้อมูลลง Sim Card

## - การตั้งค่าการใช้งาน

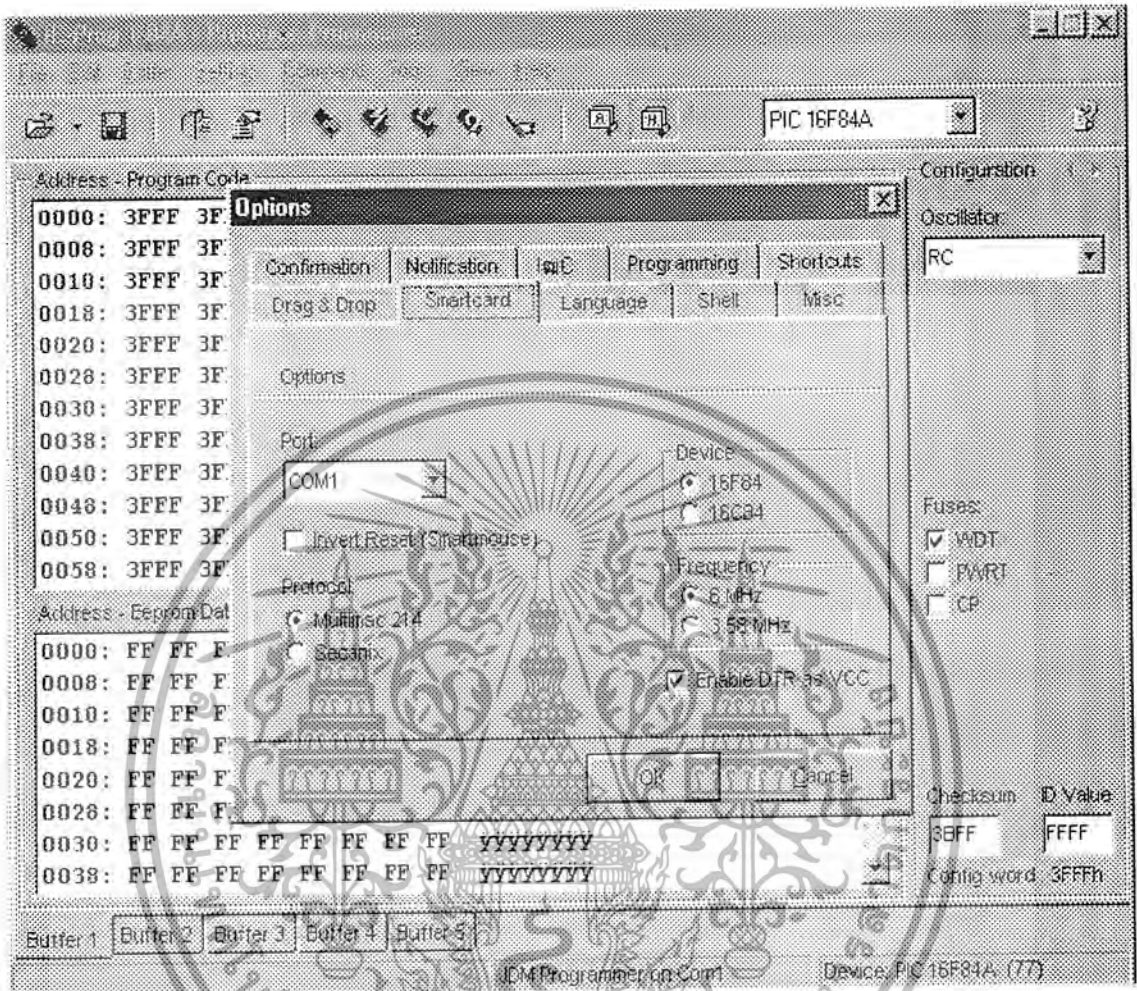


รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอการตั้งค่า Hardware

เมื่อเปิดโปรแกรม IC PROG 1.04A ขึ้นมาจะต้อง set ค่าต่างโดยเริ่มที่

1. ให้เลือกไปที่ Hardware setting
2. Set Programmer เป็น JDM Programmer
3. Set Comport ที่ Com 1
4. Set Interface ที่ Direct I/O
5. I/O Delay ให้กำหนดไว้ซ้ำๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอการตั้งค่า Option

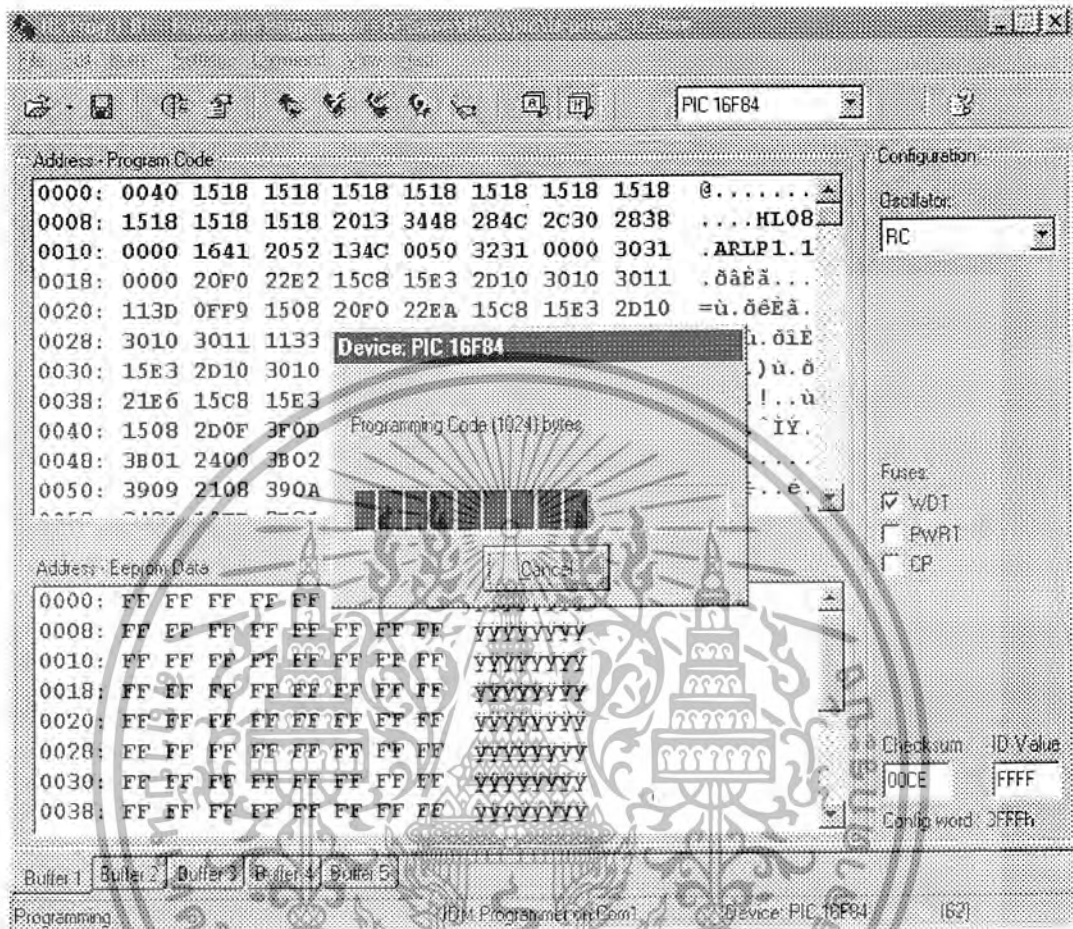
การกำหนดค่า Option ใน Setting Menu

เลือกที่ SmartCard

1. Set Frequency ที่ 6 MHz
2. Set Protocol ที่ Multibyte 214
3. Set Comport ที่ Com 1
4. Set Device 16F84
- 5.คลิก Enable DTR as VCC

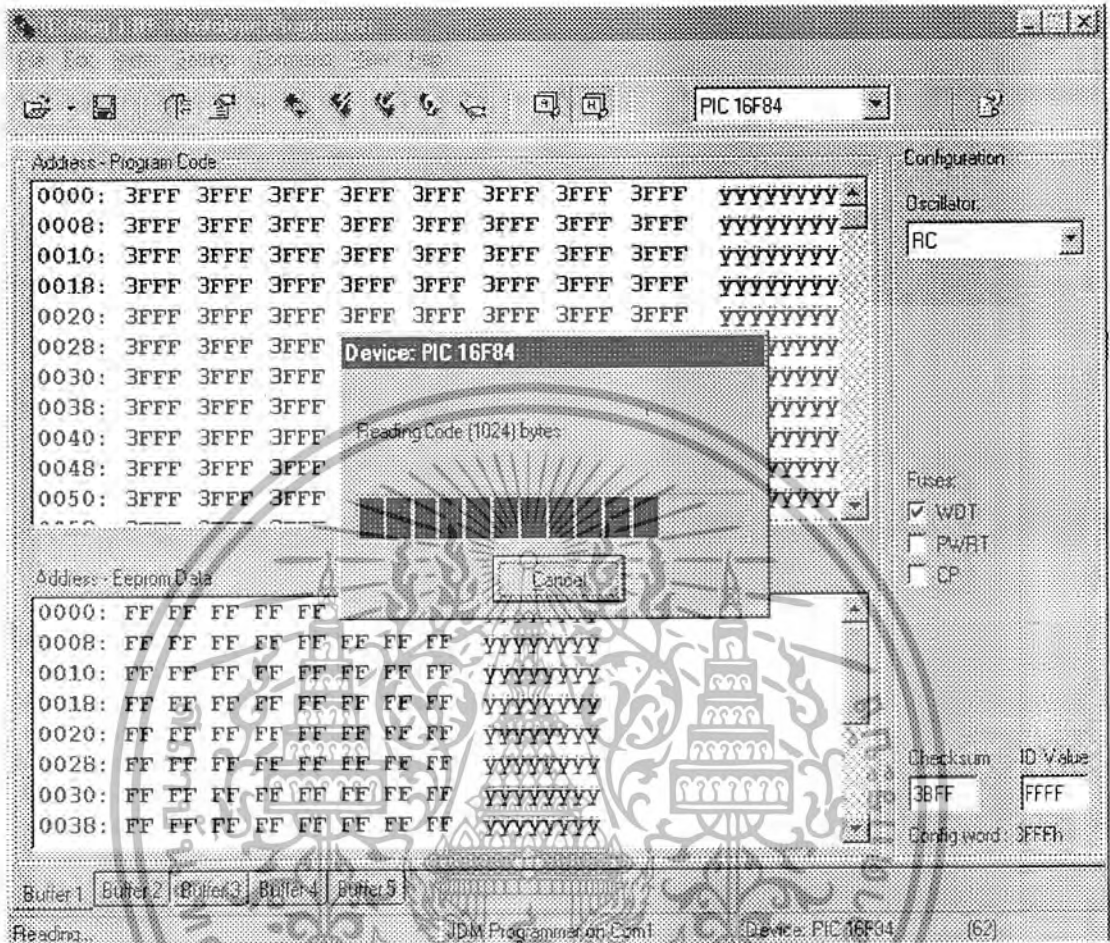
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบอ่าน/เขียนข้อมูลลง PIC



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลง PIC16F84 ที่อยู่ใน  
สมาร์ตการ์ด

ผลจากการทดลองพบว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด สามารถทำงานกับโปรแกรมและ  
ตัวสมาร์ตการ์ดได้อย่างถูกต้อง โดยสังเกตจากผลลัพธ์ที่ได้จากการเขียนข้อมูลลงบนสมาร์ตการ์ด



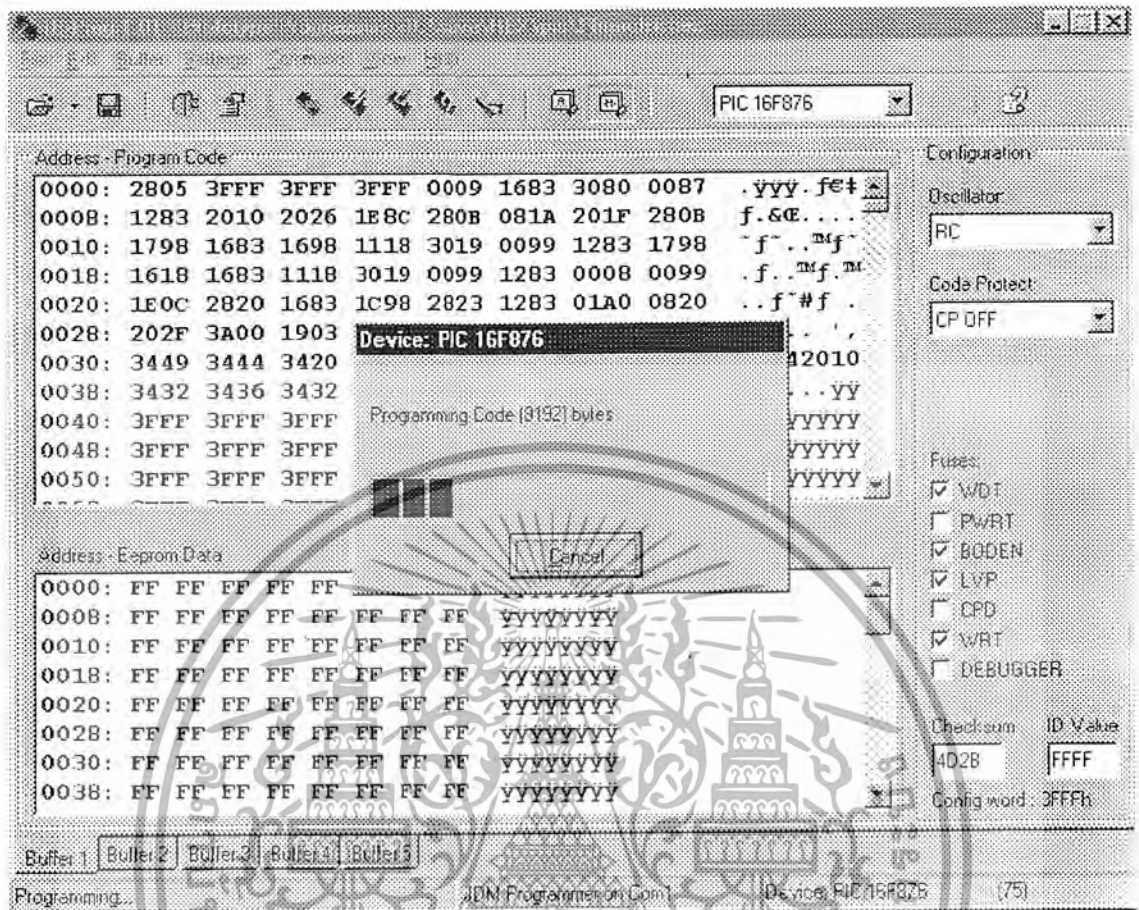
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC16F84 ที่อยู่ใน  
สมาร์ทการ์ด

ในส่วนของการทดสอบการอ่านข้อมูลนั้นได้ทำการทดสอบอ่านข้อมูลที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ที่อยู่บนสมาร์ทการ์ด PIC16F84 จะต้องทำการทดสอบกับตัว PIC 16F84 ที่ไม่มีการเช็คค่า CP (code protect) ไว้เนื่องจากถ้าตัว PIC 16F84 มีการเช็คค่า CP (code protect) ไว้จะทำให้ไม่สามารถอ่านข้อมูลจาก PIC16F84 ได้

โดยจากการทดลองอ่านข้อมูลพบว่าสามารถอ่านค่าข้อมูลของระบบปฏิบัติการที่บรรจุอยู่

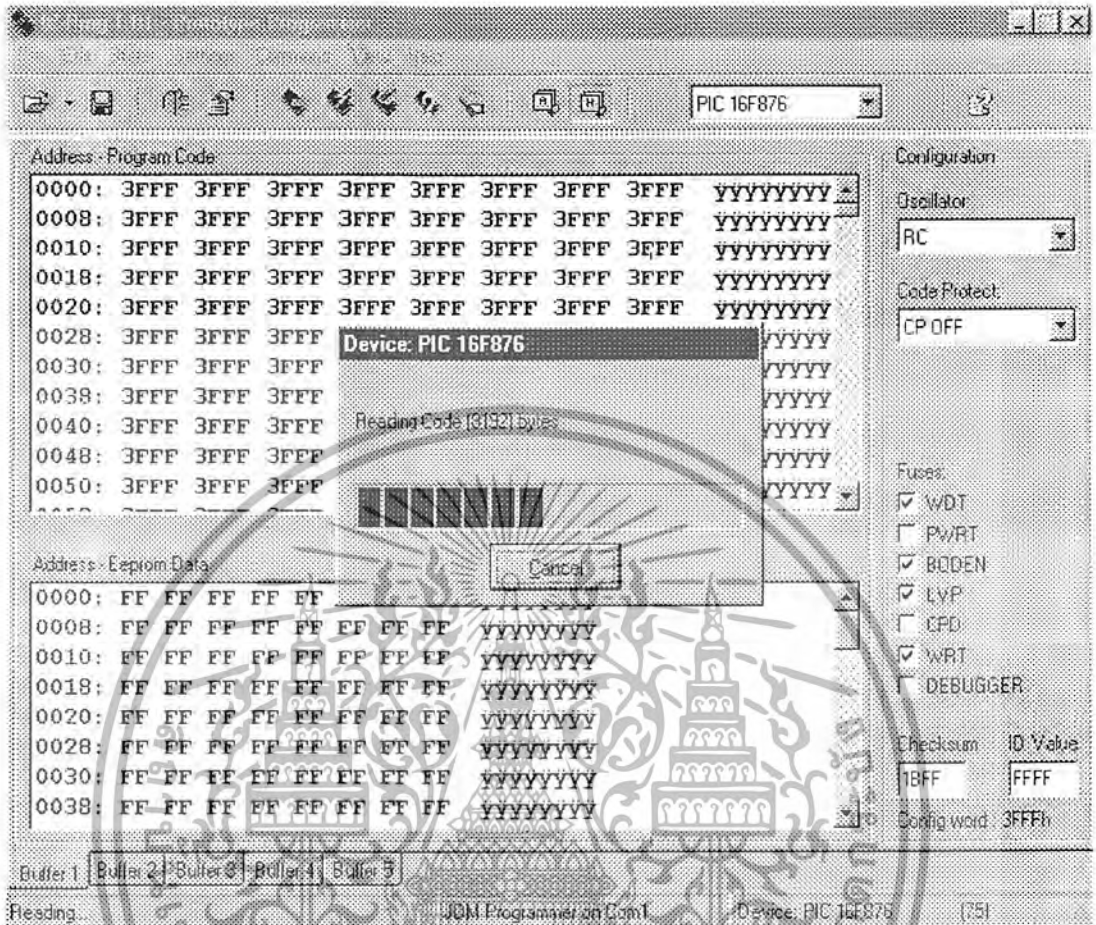
ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอโปรแกรมขณะที่กำลังโปรแกรม PIC 16F876 ที่อยู่ใน  
สมาร์ตการ์ด

ผลจากการทดลองพบว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด สามารถทำงานกับโปรแกรมและ  
ตัวสมาร์ตการ์ดได้อย่างถูกต้อง โดยสังเกตจากผลลัพธ์ ที่ได้จากการเขียนข้อมูลการลงบนสมาร์ต  
การ์ด ได้อย่างถูกต้อง



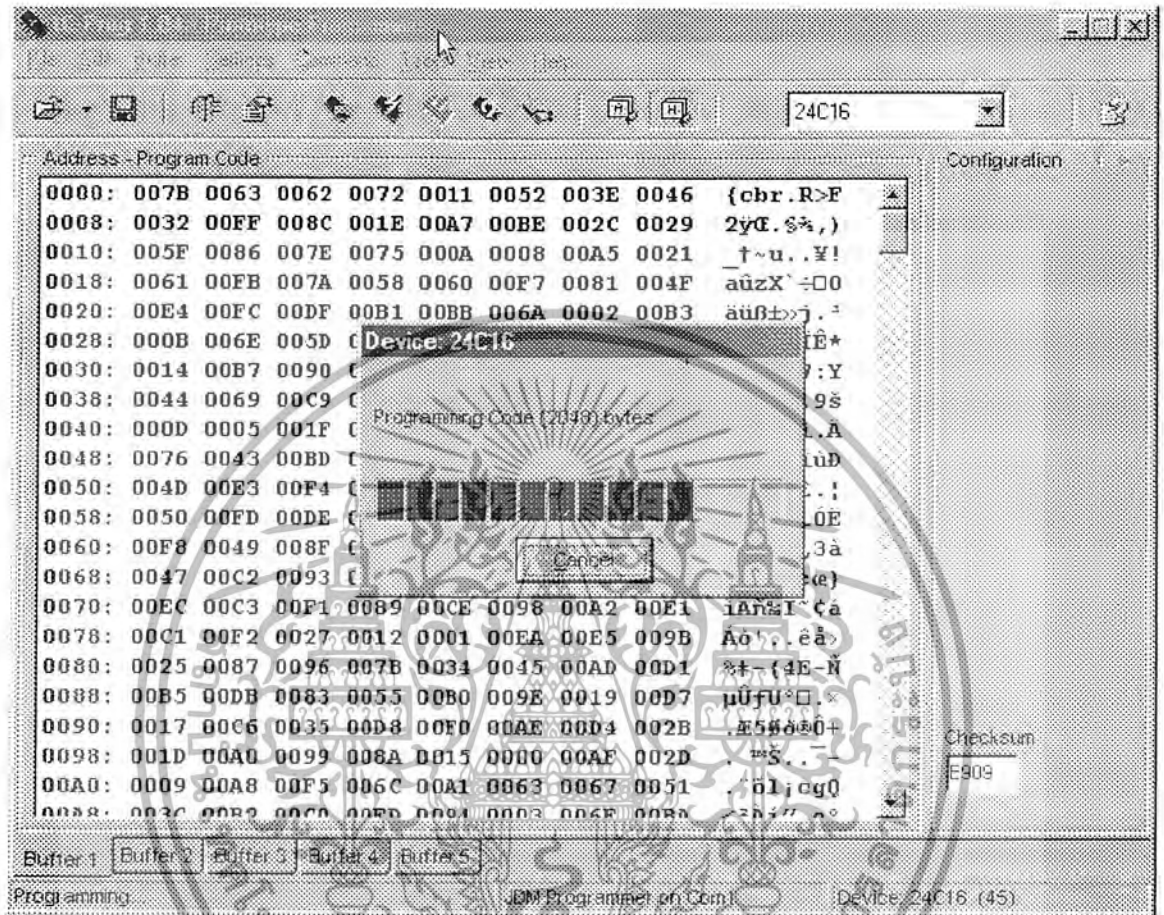
รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอของโปรแกรมขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก PIC 16F876 ที่อยู่ในสมาร์ทการ์ด

ในส่วนของการทดสอบการอ่านข้อมูลนั้น ได้ทำการทดสอบอ่านข้อมูลที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F876 ที่อยู่บนสมาร์ทการ์ด การทดสอบอ่านข้อมูลจากตัว PIC16F876 นั้นจะต้องทำการทดสอบกับตัว PIC 16F876 ที่ไม่มีการเซต CP (code protect) ไว้เนื่องจากถ้าตัว PIC 16F876 มีการเซตค่า CP (code protect) ไว้จะทำให้ไม่สามารถอ่านข้อมูลจาก PIC16F876 ได้) โดยจากการทดลองอ่านข้อมูลพบว่าสามารถอ่านค่าข้อมูลที่บรรจุอยู่ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F876 ได้อย่างถูกต้อง

จากการทดลองในขั้นตอนนี้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด สามารถทำการอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลของระบบปฏิบัติการลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 และ PIC 16F876 ในสมาร์ตการ์ดตามมาตรฐาน ISO7816 แบบโพรเซสเซอร์การ์ด ได้

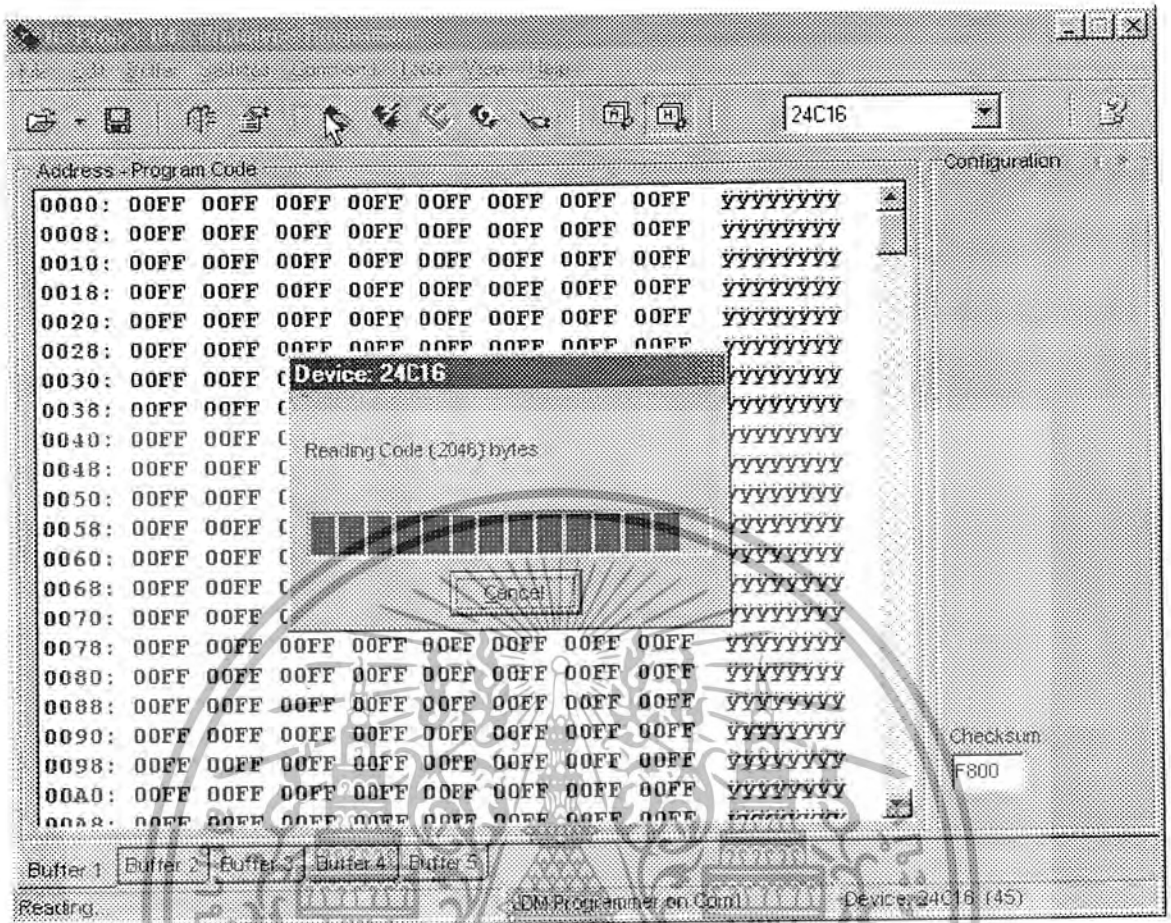
อย่างถูกต้อง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบอ่าน/เขียนข้อมูลลงบน EEPROM 24LC16



รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลง IC EEPROM 24LC16

ผลจากการทดลองพบว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด สามารถทำงานกับโปรแกรม และตัว EEPROM 24LC16 ได้อย่างถูกต้อง โดยสังเกตจากผลลัพธ์ที่ได้จากการเขียนข้อมูลของ ไฟล์ทดสอบลงบน EEPROM 24LC16 ได้อย่างถูกต้อง

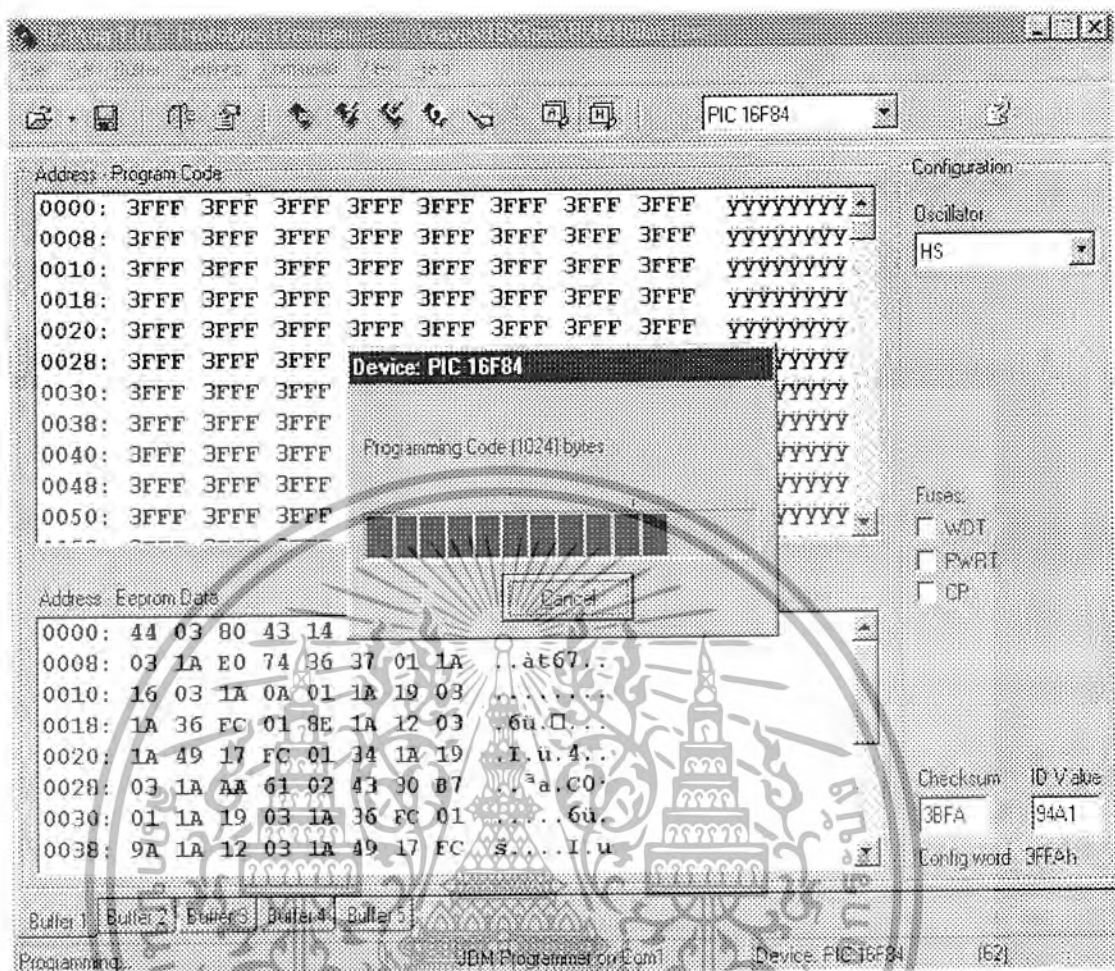


รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ในขณะที่กำลังอ่านข้อมูลจาก IC EEPROM 24LC16

ในส่วนของการทดสอบการอ่านข้อมูลนั้น ได้ทำการทดสอบอ่านข้อมูลของไฟล์ทดสอบที่บรรจุอยู่ใน EEPROM 24LC16 โดยจากการทดลองพบว่าสามารถอ่านค่าข้อมูลของไฟล์ทดสอบที่บรรจุอยู่ใน EEPROM 24LC16 ได้อย่างถูกต้อง

จากการทดลองในขั้นตอนี้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด สามารถทำการอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลของไฟล์ทดสอบลงบนตัวบนตัว EEPROM 24LC16 ได้อย่างถูกต้อง

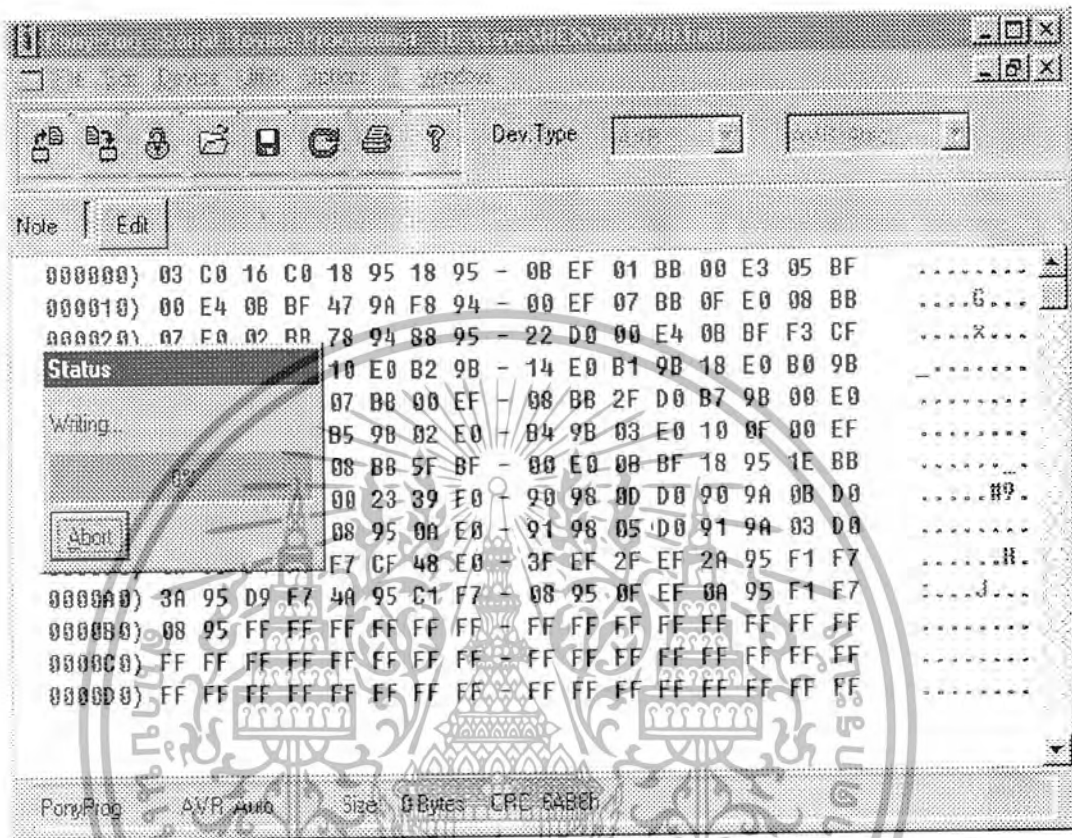
ส่วน Eeprom รุ่น 24C64 ก็สามารถอ่านและเขียนได้ถูกต้อง ตลอดจนสามารถอ่านและเขียน EEPROM 24 C XX ได้หมด



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลงใน EEPROM ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด

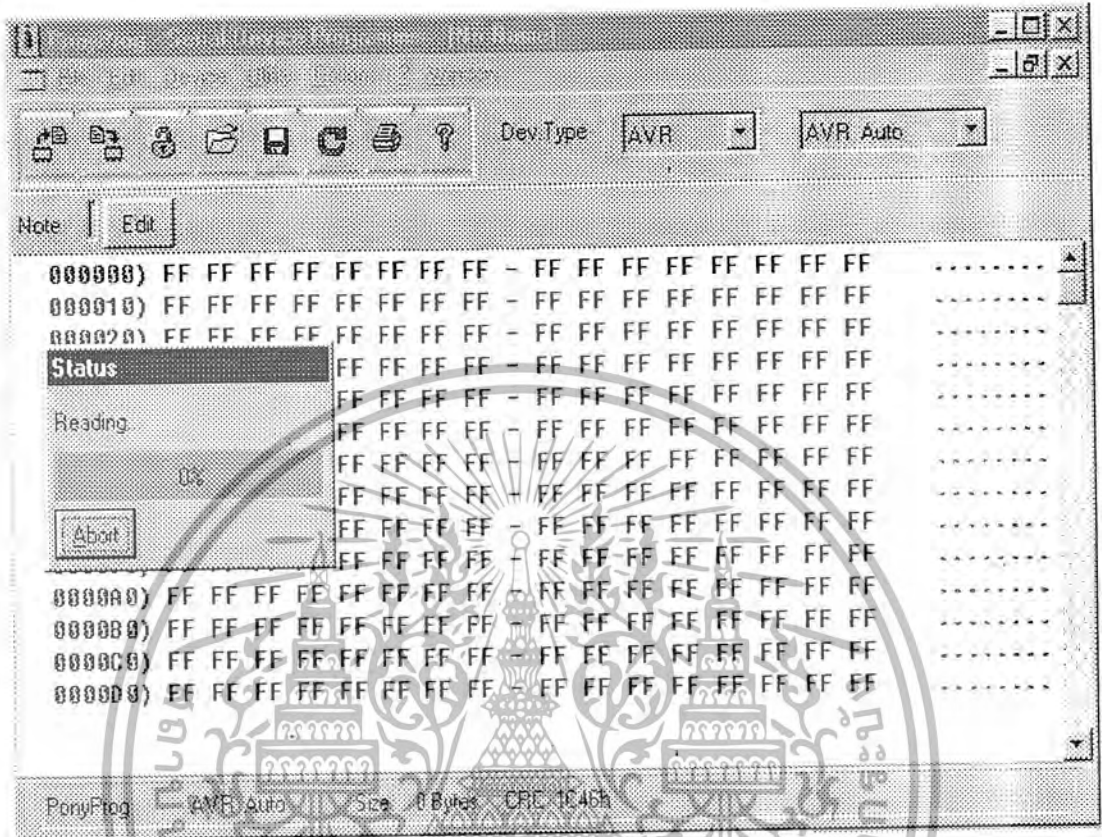
ผลจากการทดลองพบว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด สามารถทำงานกับโปรแกรมและตัว EEPROM 24LC16 ได้อย่างถูกต้อง โดยสังเกตจากผลลัพธ์ที่ได้จากการเขียนข้อมูลของไฟต์ทดสอบลงบน EEPROM 24LC16 ได้อย่างถูกต้อง

- การอ่าน/เขียนข้อมูลลง AT90Sxxxx



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอของโปรแกรมขณะที่กำลังเขียนข้อมูลลงใน AT90S8515 ที่อยู่ในสมาร์ทการ์ด

ผลจากการทดลองพบว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ด สามารถทำงานกับโปรแกรมและตัวสมาร์ทการ์ด ได้อย่างถูกต้อง โดยสังเกตจากผลลัพธ์ ที่ได้จากการเขียนข้อมูลลงบนสมาร์ทการ์ด ได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอของโปรแกรมขณะที่กำลังอ่านข้อมูลของ AT90S8515 ที่อยู่ในสมาร์ตการ์ด

ในส่วนของการทดสอบการอ่านข้อมูลนั้น ได้ทำการทดสอบอ่านข้อมูลที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8515 ที่อยู่บนสมาร์ตการ์ด โดยจากการทดลองอ่านข้อมูลพบว่าสามารถอ่านค่าข้อมูลที่บรรจุอยู่ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8515 ได้อย่างถูกต้อง

จากการทดลองในขั้นตอนนี้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ด สามารถทำการอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลของระบบปฏิบัติการลงบนตัวบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8515 และ AT90s8535 ในสมาร์ตการ์ดตามมาตรฐาน ISO7816 แบบโพรเซสเซอร์การ์ดได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การใช้โปรแกรม Cardinal อ่าน Sim Card

เมื่อเปิดโปรแกรม Cardinal ขึ้นมาให้กำหนดค่าดังนี้

1. ไปที่ Mode Setting กำหนด Port เป็น Com1
2. ไปที่ Smartcard Mode เลือก Sim Editor

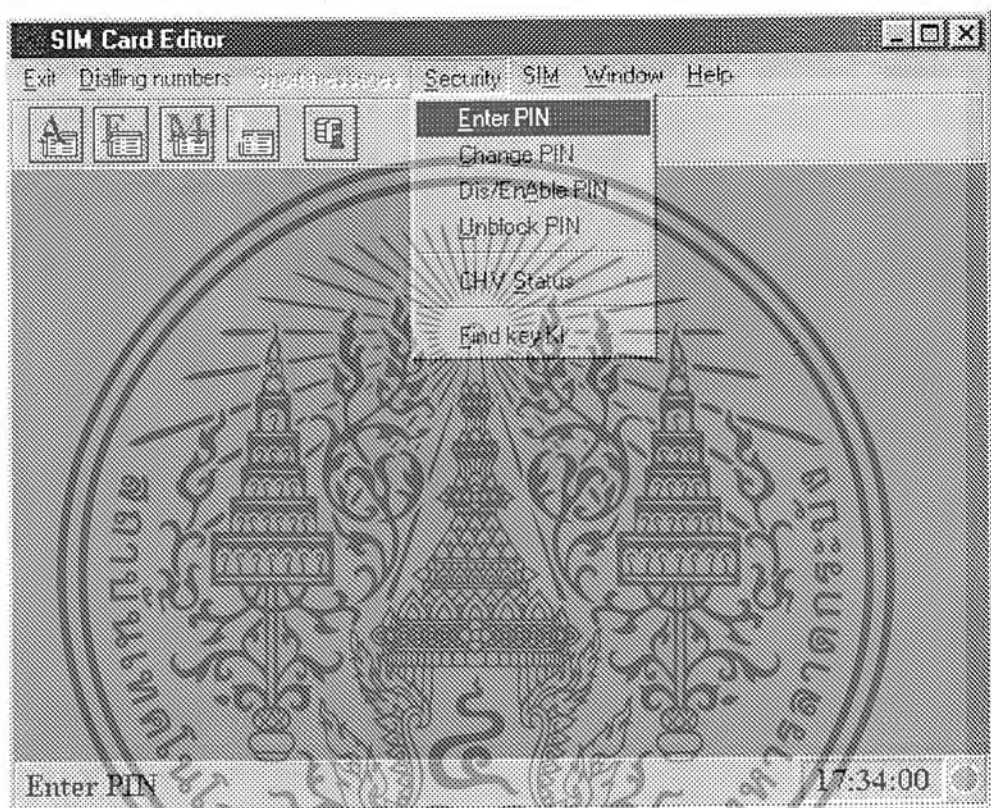


รูปที่ 4.12 แสดงหน้าจอโปรแกรม Cardinal

เมื่อเข้าไปใน Sim Editor

1.เลือกไปที่ Security

2.เลือกที่ Enter PIN เพื่อใส่ PIN เป็นรหัสป้องกันการเขียนหรืออ่านบัตรสมาร์ตการ์ด

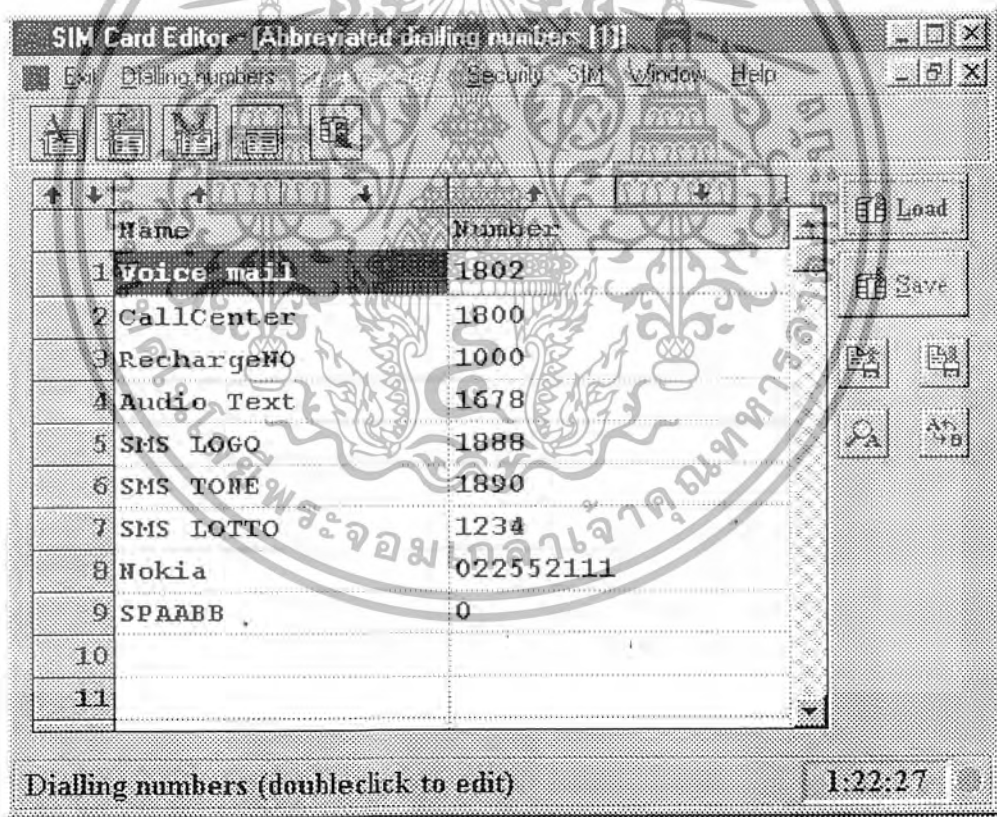


รูปที่ 4.13 แสดงหน้าจอการใส่รหัสป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูลและอ่านข้อมูลในบัตรสมาร์ตการ์ด

1. เลือก A คลิก Load เพื่ออ่านข้อมูลที่มีบนบัตรสมาร์ตการ์ด ก็จะได้ข้อมูล Name ,Number ของแต่ละรายการ
2. ถ้าต้องการเขียนข้อมูลก็สามารถใส่ข้อมูลลงไปได้เป็น Text File จากนั้นคลิกที่ Save ข้อมูลที่บันทึกไปก็จะลงในบัตรสมาร์ตการ์ด ตรวจสอบได้โดยการ คลิก Load เพื่ออ่านการเปลี่ยนแปลงข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่ 4.14 แสดงหน้าจอกำหนดข้อมูลใน Sim Card ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 ผลที่ได้จากการทดสอบระบบ

เราได้ทราบปัญหาในการโปรแกรมและการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ดจำลองที่สร้างขึ้น เช่น หน้าสัมผัสของบัตรสมาร์ทการ์ดอาจไม่ได้มาตรฐานตาม ISO 7816 จึงไม่สามารถที่จะโปรแกรมและอ่านบัตรสมาร์ทการ์ดได้ แต่เราก็ได้มีการแก้ไขปัญหานี้ได้ จึงทำให้ผลการทดสอบนี้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

จากโครงการที่ได้จัดทำขึ้นเป็นการทำเครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ดที่ใช้ในปัจจุบันให้มีความสามารถในการโปรแกรมบัตรสมาร์ตการ์ดได้หลากหลายชนิด โดยในทางด้านฮาร์ดแวร์ (เครื่องโปรแกรมสมาร์ตการ์ดและบัตรสมาร์ตการ์ดจำลอง) ที่ได้จัดทำขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำงานได้ตรงตามที่คาดหมายไว้ โดยฮาร์ดแวร์ที่ได้สร้างขึ้นมา นั้นมีต้นทุนที่ต่ำ และเนื่องจากเราได้จัดสร้างฮาร์ดแวร์ขึ้นมาเองทำให้การซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเรื่องที่ย่ง่ายเนื่องจากเราใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่หาได้ภายในประเทศ ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาในเรื่องของอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุง ซึ่งการนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะที่ใกล้เคียงกันจะเป็นเรื่องที่ย่ง่ายเนื่องจากผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เดิมได้ทันที เพียงแต่นำส่วนของซอฟต์แวร์ไปปรับปรุงเท่านั้น

#### 5.2 สิ่งที่ได้จากการทำโครงการนี้

จากการศึกษาจัดทำโครงการนี้ทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับสมาร์ตการ์ดชนิดต่างๆ โดยได้เรียนรู้ถึงมาตรฐาน ISO7816-3 รูปแบบของการส่งผ่านข้อมูลติดต่อกับสมาร์ตการ์ด, โปรโตคอลรูปแบบต่างๆที่สมาร์ตการ์ดใช้ในการติดต่อสื่อสาร (โปรโตคอล T=0 และ T=1), การติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมและพอร์ตขนาน ได้รู้จักถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสมาร์ตการ์ดแต่ละรุ่น และได้เรียนรู้ถึงการสร้างวงจรที่ใช้ในการติดต่อกับสมาร์ตการ์ดชนิดที่มีหน่วยประมวลผลในตัวแบบมีหน้าสัมผัส ทราบสถาปัตยกรรมภายในของบัตรสมาร์ตการ์ด ได้เรียนรู้ถึงรูปแบบของการเขียนโปรแกรมระบบปฏิบัติการของสมาร์ตการ์ด ทราบเรื่องราวเกี่ยวกับการพัฒนาและการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

#### 5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น

ในตอนแรกเราได้คิดที่จะสร้างเครื่องโปรแกรมที่ใช้พอร์ตอนุกรมเพียงอย่างเดียว แต่

ปัญหาของพอร์ตอนุกรมคือ กำลังไฟและกระแสของคอมพิวเตอร์แต่ละตัวนั้นไม่เท่ากัน ซึ่งเครื่องเอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับครูเขางานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โปรแกรมสมาร์ตการ์ดที่เราสร้างขึ้นนั้นอาศัยแรงดันและกระแสของ RS 232 จึงทำให้ในการทำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดมีปัญหาในการที่จะ โปรแกรมบัตรสมาร์ทการ์ดที่ต่างชนิดกัน ดังนั้น เราจึงจัดปัญหานี้โดยการใช้พอร์ตขานานเข้ามาช่วยในการ โปรแกรม เพราะพอร์ตขานานนั้นมีข้อ ดีในการที่รักษาระดับของแรงดันและให้แรงดันและกระแสที่สูงกว่าพอร์ตอนุกรม

ปัญหาสำคัญอีกอย่างคือเครื่องโปรแกรมสมาร์ทการ์ดจะ โปรแกรมการ์ดหลายการ์ดนั้นเป็น เรื่องยากเพราะคุณลักษณะของการแตกต่างกันอีกทั้งสมาร์ทการ์ดยังไม่ค่อยมีผู้ใช้มาก จึงเป็นเหตุ ให้อายุในการหาข้อมูลของเครื่อง โปรแกรมสมาร์ทการ์ดเป็นเรื่องยาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

W. Rankl & W. Effing , Smart card handbook translated by Chanterelle Translations , John Wiley , 1997

กฤษดา ใจเย็น & ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# PIC16F84A

## 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

### 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

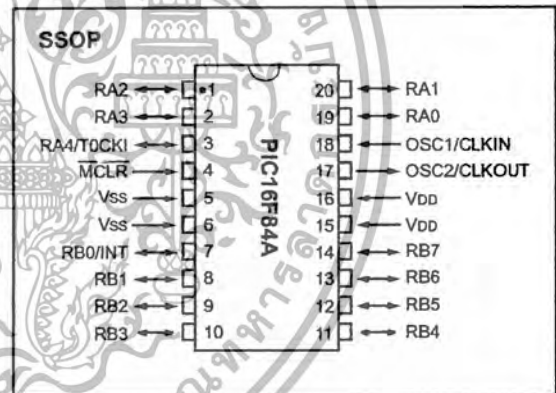
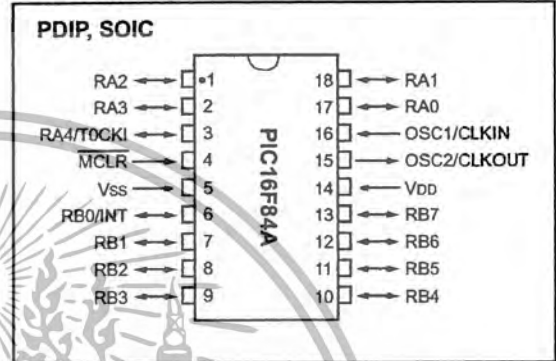
### Peripheral Features:

- 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:

- 10,000 erase/write cycles Enhanced FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- 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/EEPROM 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

# PIC16F84A

## 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.

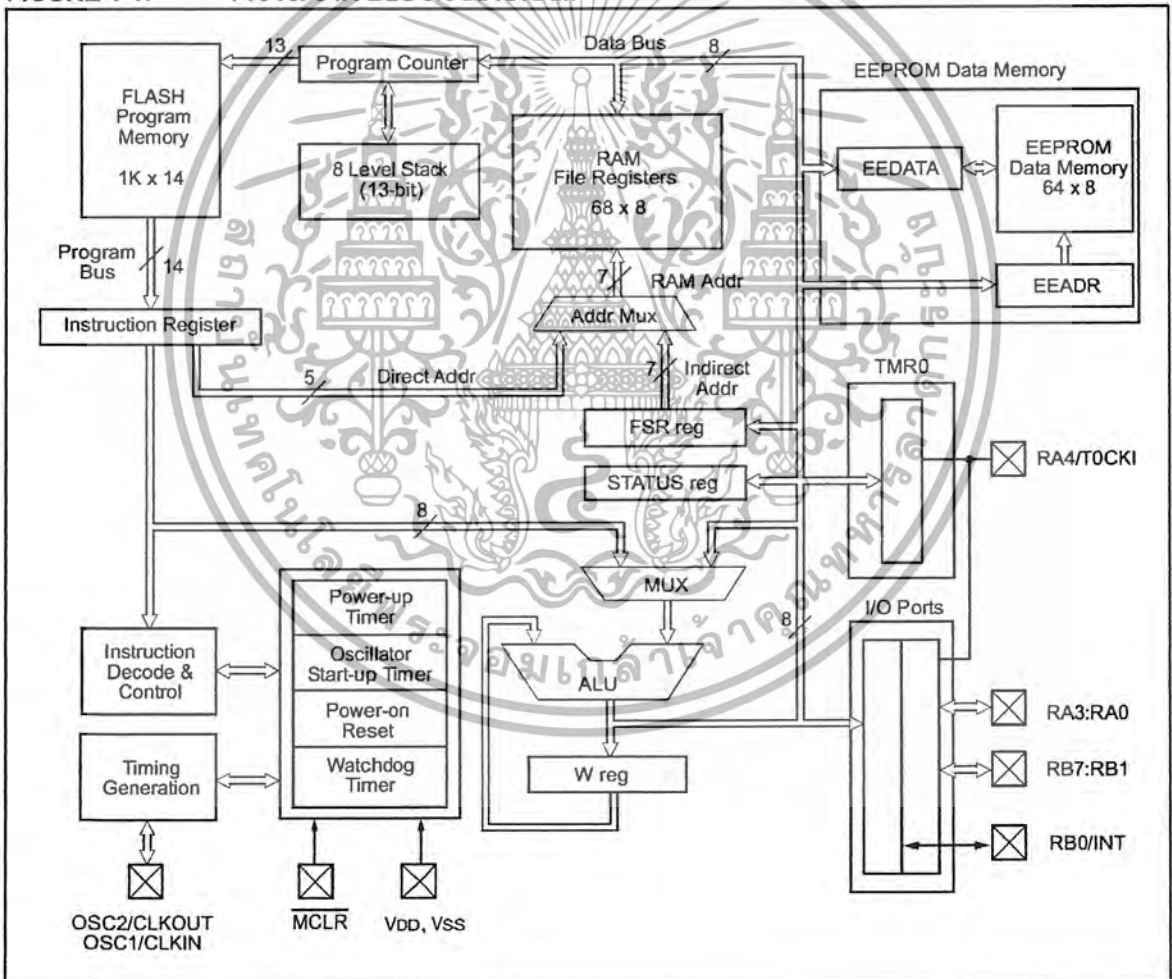
The program memory contains 1K words, which translates to 1024 instructions, since each 14-bit program memory word is the same width as each device instruction. The data memory (RAM) contains 68 bytes. Data EEPROM is 64 bytes.

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



# PIC16F84A

TABLE 1-1: PIC16F84A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description	
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS <sup>(3)</sup>	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.	
MCLR	4	4	4	I/P	ST	Master Clear (Reset) input/programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.	
RA0	17	17	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port.  Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.	
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		
RB0/INT	6	6	7	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. 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 <sup>(2)</sup>		Interrupt-on-change pin. Serial programming clock.
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>		Interrupt-on-change pin. Serial programming data.
Vss	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.	
VDD	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.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.



MICROCHIP

# PIC16F87X

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

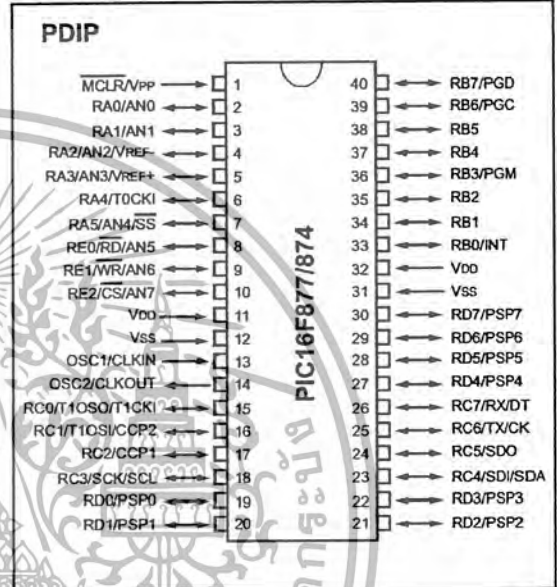
### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

### Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and  
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature  
ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

### Pin Diagram



### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during SLEEP via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

# PIC16F87X

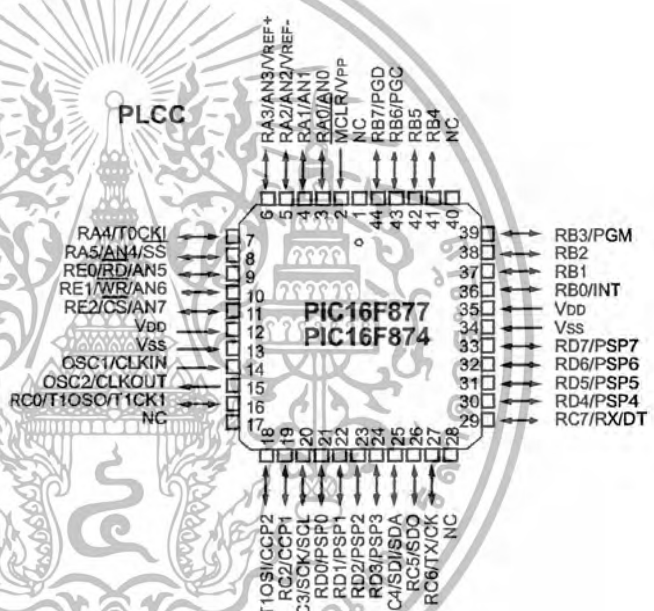
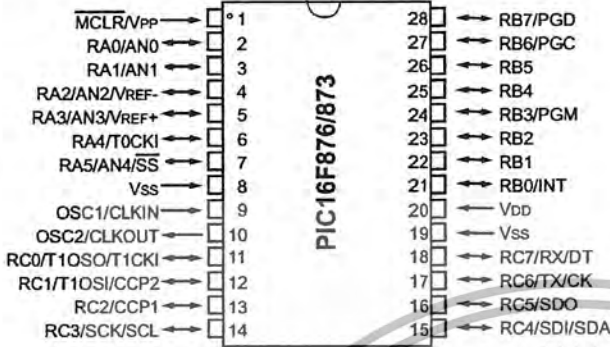
Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions



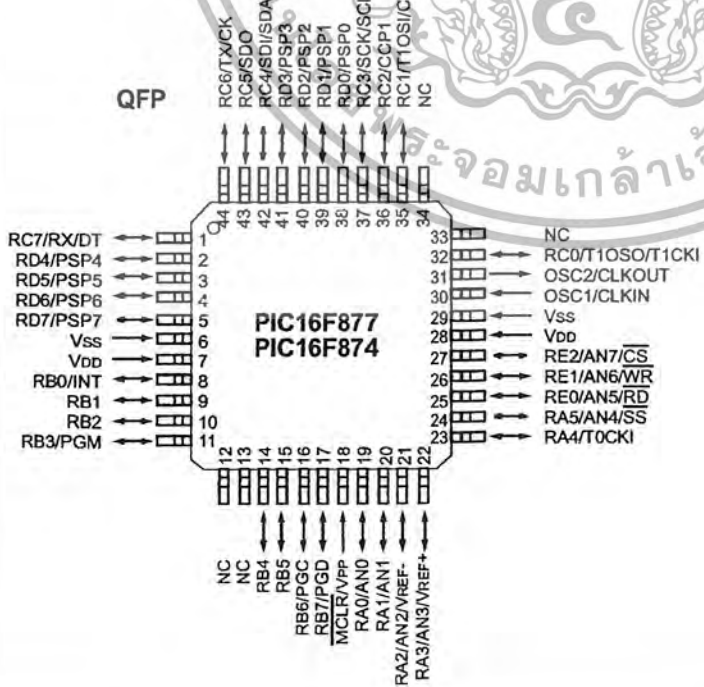
# PIC16F87X

## Pin Diagrams

### PDIP, SOIC



### QFP



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของไมโครชิพ เทคโนโลยี อินค. การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตจากไมโครชิพ เทคโนโลยี อินค. ถือเป็นความผิดทางกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# PIC16F87X

**TABLE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 PINOUT DESCRIPTION**

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS <sup>(3)</sup>	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	1	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	7	I/O	TTL	
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL	
RB4	25	25	I/O	TTL	
RB5	26	26	I/O	TTL	
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I <sup>2</sup> C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I <sup>2</sup> C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	12	12	I/O	ST	
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	14	14	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	15	15	I/O	ST	
RC5/SDO	16	16	I/O	ST	
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	
Vss	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

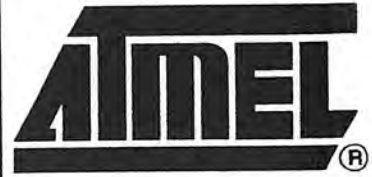
Legend: I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทไมโครชิพเทคโนโลยี จำกัด ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทไมโครชิพเทคโนโลยี จำกัด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

- Utilizes the AVR<sup>®</sup> RISC Architecture
- AVR – High-performance and Low-power RISC Architecture
  - 118 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General-purpose Working Registers
  - Up to 8 MIPS Throughput at 8 MHz
- Data and Nonvolatile Program Memory
  - 8K Bytes of In-System Programmable Flash  
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes of SRAM
  - 512 Bytes of In-System Programmable EEPROM  
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - Programming Lock for Flash Program and EEPROM Data Security
- Peripheral Features
  - One 8-bit Timer/Counter with Separate Prescaler
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler  
Compare, Capture Modes and Dual 8-, 9-, or 10-bit PWM
  - On-chip Analog Comparator
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - Programmable Serial UART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
- Special Microcontroller Features
  - Low-power Idle and Power-down Modes
  - External and Internal Interrupt Sources
- Specifications
  - Low-power, High-speed CMOS Process Technology
  - Fully Static Operation
- Power Consumption at 4 MHz, 3V, 25°C
  - Active: 3.0 mA
  - Idle Mode: 1.0 mA
  - Power-down Mode: <1 µA
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-lead PDIP, 44-lead PLCC and TQFP
- Operating Voltages
  - 2.7 - 6.0V for AT90S8515-4
  - 4.0 - 6.0V for AT90S8515-8
- Speed Grades
  - 0 - 4 MHz for AT90S8515-4
  - 0 - 8 MHz for AT90S8515-8



8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash

AT90S8515

Summary

Rev. 0841GS-09/01



Note: This is a summary document. A complete document is available on our web site at [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ การใช้งานเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ ถือว่าผิดกฎหมาย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# Pin Configurations

PDIP

(T0) PB0	1	40	VCC
(T1) PB1	2	39	PA0 (AD0)
(AIN0) PB2	3	38	PA1 (AD1)
(AIN1) PB3	4	37	PA2 (AD2)
(SS) PB4	5	36	PA3 (AD3)
(MOSI) PB5	6	35	PA4 (AD4)
(MISO) PB6	7	34	PA5 (AD5)
(SCK) PB7	8	33	PA6 (AD6)
RESET	9	32	PA7 (AD7)
(RXD) PD0	10	31	ICP
(TXD) PD1	11	30	ALE
(INT0) PD2	12	29	OC1B
(INT1) PD3	13	28	PC7 (A15)
PD4	14	27	PC6 (A14)
(OC1A) PD5	15	26	PC5 (A13)
(WR) PD6	16	25	PC4 (A12)
(RD) PD7	17	24	PC3 (A11)
XTAL2	18	23	PC2 (A10)
XTAL1	19	22	PC1 (A9)
GND	20	21	PC0 (A8)



เอกสารนี้ **AT90S8515**

0841GS-09/01

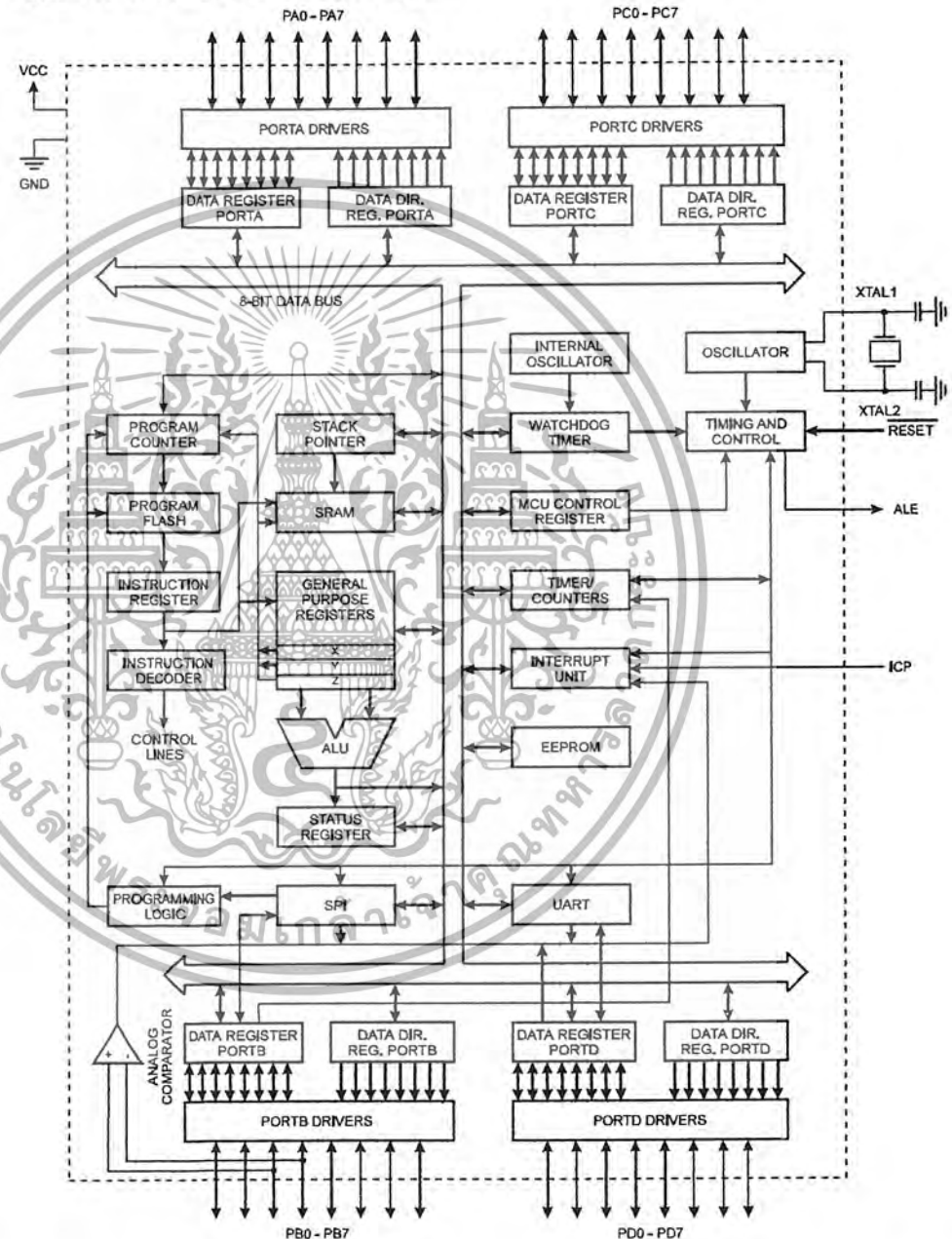
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Description

The AT90S8515 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the AT90S8515 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 1. The AT90S8515 Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general-purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in



## Electrical Characteristics

### Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with Respect to Ground.....	-1.0V to $V_{CC} + 0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with Respect to Ground.....	-1.0V to +13.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Current per I/O Pin.....	40.0 mA
DC Current $V_{CC}$ and GND Pins.....	200.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 2.7V$  to  $6.0V$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage	(Except XTAL1)	-0.5		$0.3 V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IL1}$	Input Low Voltage	(XTAL1)	-0.5		$0.2 V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage	(Except XTAL1, $\overline{\text{RESET}}$ )	$0.6 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage	(XTAL1)	$0.8 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH2}$	Input High Voltage	( $\overline{\text{RESET}}$ )	$0.9 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(3)</sup> (Ports A, B, C, D)	$I_{OL} = 20 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 5V$			0.6	V
		$I_{OL} = 10 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 3V$			0.5	V
$V_{OH}$	Output High Voltage <sup>(4)</sup> (Ports A, B, C, D)	$I_{OH} = -3 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 5V$	4.2			V
		$I_{OH} = -1.5 \text{ mA}$ , $V_{CC} = 3V$	2.3			V
$I_{IL}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 6V$ , pin low (absolute value)			8.0	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 6V$ , pin high (absolute value)			980.0	nA
RRST	Reset Pull-up Resistor		100.0		500.0	k $\Omega$
$R_{IO}$	I/O Pin Pull-up Resistor		35.0		120.0	k $\Omega$
$I_{CC}$	Power Supply Current	Active Mode, $V_{CC} = 3V$ , 4 MHz			3.0	mA
		Idle Mode $V_{CC} = 3V$ , 4 MHz			1.2	mA
	Power-down mode <sup>(5)</sup>	WDT enabled, $V_{CC} = 3V$			9.0	$\mu\text{A}$
		WDT disabled, $V_{CC} = 3V$			<1.0	$\mu\text{A}$
$V_{ACIO}$	Analog Comparator Input Offset Voltage	$V_{CC} = 5V$ $V_{in} = V_{CC}/2$			40.0	mV
$I_{ACLK}$	Analog Comparator Input Leakage Current	$V_{CC} = 5V$ $V_{in} = V_{CC}/2$	-50.0		50.0	nA
$t_{ACPD}$	Analog Comparator Propagation Delay	$V_{CC} = 2.7V$ $V_{CC} = 4.0V$		750.0 500.0		ns

Parallel Programming Characteristics

Figure 63. Parallel Programming Timing

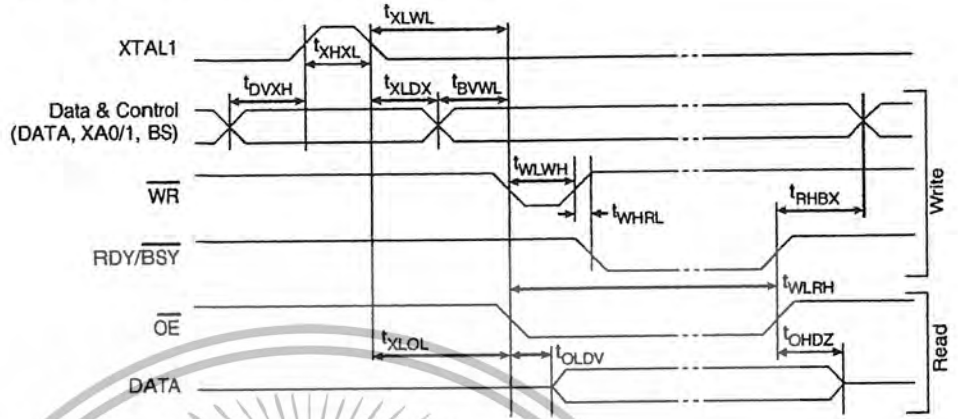


Table 30. Parallel Programming Characteristics,  $T_A = 25^\circ\text{C} \pm 10\%$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$

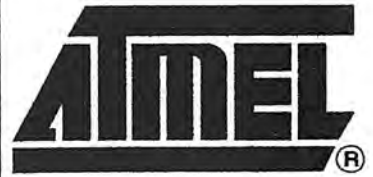
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Enable Voltage	11.5		12.5	V
$I_{PP}$	Programming Enable Current			250.0	$\mu\text{A}$
$t_{DVXH}$	Data and Control Setup before XTAL1 High	67.0			ns
$t_{XHXL}$	XTAL1 Pulse Width High	67.0			ns
$t_{XLDX}$	Data and Control Hold after XTAL1 Low	67.0			ns
$t_{XLWL}$	XTAL1 Low to $\overline{\text{WR}}$ Low	67.0			ns
$t_{BVWL}$	BS Valid to $\overline{\text{WR}}$ Low	67.0			ns
$t_{RHBX}$	BS Hold after RDY/BSY High	67.0			ns
$t_{WLWH}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width Low <sup>(1)</sup>	67.0			ns
$t_{WHRL}$	$\overline{\text{WR}}$ High to RDY/BSY Low <sup>(2)</sup>		20.0		ns
$t_{WLRH}$	$\overline{\text{WR}}$ Low to RDY/BSY High <sup>(2)</sup>	0.5	0.7	0.9	ms
$t_{XLOL}$	XTAL1 Low to $\overline{\text{OE}}$ Low	67.0			ns
$t_{OLDV}$	$\overline{\text{OE}}$ Low to DATA Valid		20.0		ns
$t_{OHDZ}$	$\overline{\text{OE}}$ High to DATA Tri-stated			20.0	ns
$t_{WLWH_{CE}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width Low for Chip Erase	5.0	10.0	15.0	ms
$t_{WLWH_{PFB}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width Low for Programming the Fuse Bits	1.0	1.5	1.8	ms

Notes: 1. Use  $t_{WLWH_{CE}}$  for Chip Erase and  $t_{WLWH_{PFB}}$  for programming the Fuse bits.  
 2. If  $t_{WLWH}$  is held longer than  $t_{WLRH}$ , no RDY/BSY pulse will be seen.



## Features

- **AVR<sup>®</sup> – High-performance and Low-power RISC Architecture**
  - 118 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General-purpose Working Registers
  - Up to 8 MIPS Throughput at 8 MHz
- **Data and Nonvolatile Program Memories**
  - 8K Bytes of In-System Programmable Flash  
SPI Serial Interface for In-System Programming  
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes EEPROM  
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- **Peripheral Features**
  - 8-channel, 10-bit ADC
  - Programmable UART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare and Capture Modes and Dual 8-, 9-, or 10-bit PWM
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- **Special Microcontroller Features**
  - Power-on Reset Circuit
  - Real-time Clock (RTC) with Separate Oscillator and Counter Mode
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Three Sleep Modes: Idle, Power Save and Power-down
- **Power Consumption at 4 MHz, 3V, 20°C**
  - Active: 6.4 mA
  - Idle Mode: 1.9 mA
  - Power-down Mode: <1  $\mu$ A
- **I/O and Packages**
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-lead PDIP, 44-lead PLCC, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- **Operating Voltages**
  - V<sub>CC</sub>: 4.0 - 6.0V AT90S8535
  - V<sub>CC</sub>: 2.7 - 6.0V AT90LS8535
- **Speed Grades:**
  - 0 - 8 MHz for the AT90S8535
  - 0 - 4 MHz for the AT90LS8535



**8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

**AT90S8535  
AT90LS8535**

**Summary**

Rev. 1041HS-11/01



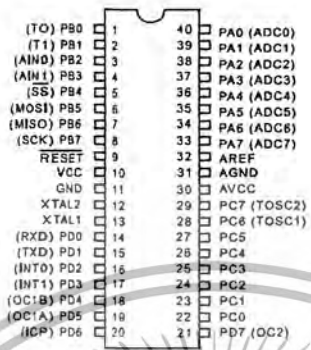
Note: This is a summary document. A complete document is available on our web site at [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

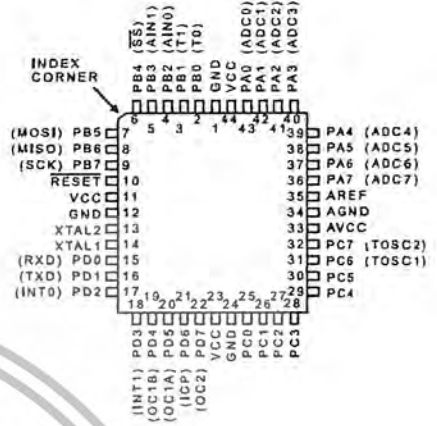


# Pin Configurations

PDIP



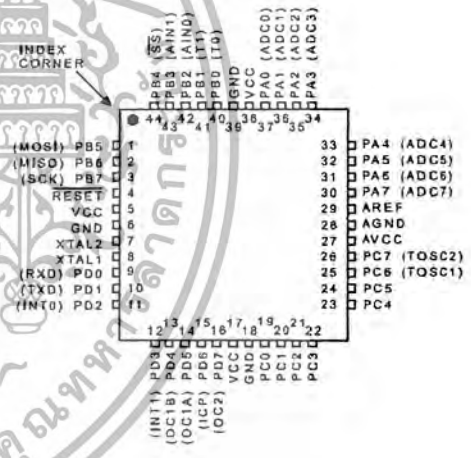
PLCC



TQFP



MLF

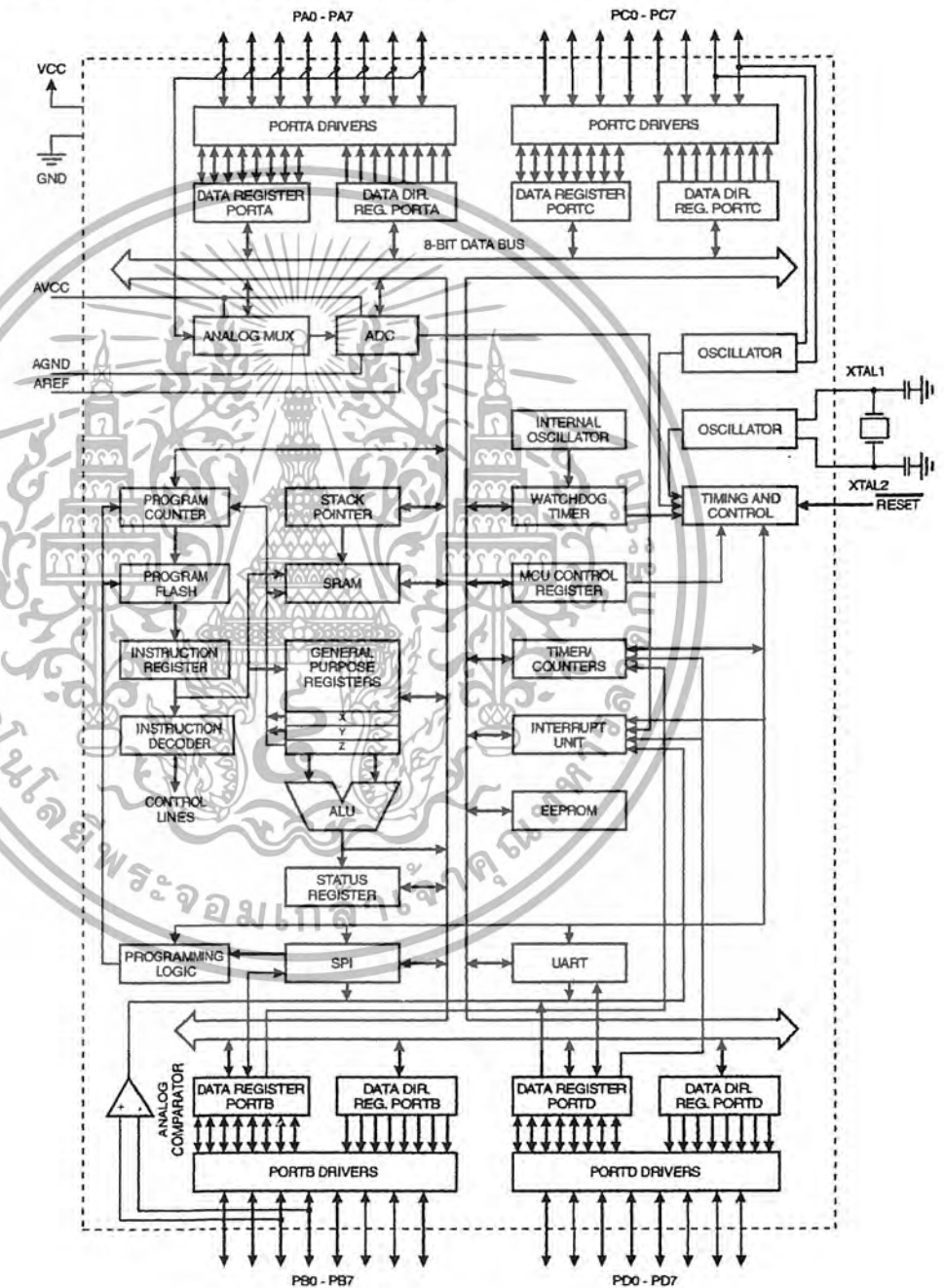


**Description**

The AT90S8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the AT90S8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

**Block Diagram**

**Figure 1. The AT90S8535 Block Diagram**





## Baud Rate Generator

The baud rate generator is a frequency divider which generates baud rates according to the following equation:

$$BAUD = \frac{f_{CK}}{16(UBRR + 1)}$$

- BAUD = Baud rate
- $f_{CK}$  = Crystal clock frequency
- UBRR = Contents of the UART Baud Rate register, UBRR (0 - 255)

For standard crystal frequencies, the most commonly used baud rates can be generated by using the UBRR settings in Table 24. UBRR values that yield an actual baud rate differing less than 2% from the target baud rate are boldface in the table. However, using baud rates that have more than 1% error is not recommended. High error ratings give less noise resistance.

Table 24. UBRR Settings at Various Crystal Frequencies (Examples)

Baud Rate	1 MHz	%Error	1.8432 MHz	%Error	2 MHz	%Error	2.4576 MHz	%Error
2400	UBRR= 25	0.2	UBRR= 47	0.0	UBRR= 51	0.2	UBRR= 63	0.0
4800	UBRR= 12	0.2	UBRR= 23	0.0	UBRR= 25	0.2	UBRR= 31	0.0
9600	UBRR= 6	7.5	UBRR= 11	0.0	UBRR= 12	0.2	UBRR= 15	0.0
14400	UBRR= 3	7.8	UBRR= 7	0.0	UBRR= 8	3.7	UBRR= 10	3.1
19200	UBRR= 2	7.8	UBRR= 5	0.0	UBRR= 6	7.5	UBRR= 7	0.0
28800	UBRR= 1	7.8	UBRR= 3	0.0	UBRR= 3	7.8	UBRR= 4	6.3
38400	UBRR= 1	22.9	UBRR= 2	0.0	UBRR= 2	7.8	UBRR= 3	0.0
57600	UBRR= 0	7.8	UBRR= 1	0.0	UBRR= 1	7.8	UBRR= 2	12.5
76800	UBRR= 0	22.9	UBRR= 1	33.3	UBRR= 1	22.9	UBRR= 1	0.0
115200	UBRR= 0	84.3	UBRR= 0	0.0	UBRR= 0	7.8	UBRR= 0	25.0

Baud Rate	3.2768 MHz	%Error	3.6864 MHz	%Error	4 MHz	%Error	4.608 MHz	%Error
2400	UBRR= 84	0.4	UBRR= 95	0.0	UBRR= 103	0.2	UBRR= 119	0.0
4800	UBRR= 42	0.8	UBRR= 47	0.0	UBRR= 51	0.2	UBRR= 59	0.0
9600	UBRR= 20	1.6	UBRR= 23	0.0	UBRR= 25	0.2	UBRR= 29	0.0
14400	UBRR= 13	1.6	UBRR= 15	0.0	UBRR= 16	2.1	UBRR= 19	0.0
19200	UBRR= 10	3.1	UBRR= 11	0.0	UBRR= 12	0.2	UBRR= 14	0.0
28800	UBRR= 6	1.6	UBRR= 7	0.0	UBRR= 8	3.7	UBRR= 9	0.0
38400	UBRR= 4	6.3	UBRR= 5	0.0	UBRR= 6	7.5	UBRR= 7	6.7
57600	UBRR= 3	12.5	UBRR= 3	0.0	UBRR= 3	7.8	UBRR= 4	0.0
76800	UBRR= 2	12.5	UBRR= 2	0.0	UBRR= 2	7.8	UBRR= 3	6.7
115200	UBRR= 1	12.5	UBRR= 1	0.0	UBRR= 1	7.8	UBRR= 2	20.0

Baud Rate	7.3728 MHz	%Error	8 MHz	%Error	9.216 MHz	%Error	11.059 MHz	%Error
2400	UBRR= 191	0.0	UBRR= 207	0.2	UBRR= 239	0.0	UBRR= 287	-
4800	UBRR= 95	0.0	UBRR= 103	0.2	UBRR= 119	0.0	UBRR= 143	0.0
9600	UBRR= 47	0.0	UBRR= 51	0.2	UBRR= 59	0.0	UBRR= 71	0.0
14400	UBRR= 31	0.0	UBRR= 34	0.8	UBRR= 39	0.0	UBRR= 47	0.0
19200	UBRR= 23	0.0	UBRR= 25	0.2	UBRR= 29	0.0	UBRR= 35	0.0
28800	UBRR= 15	0.0	UBRR= 16	2.1	UBRR= 19	0.0	UBRR= 23	0.0
38400	UBRR= 11	0.0	UBRR= 12	0.2	UBRR= 14	0.0	UBRR= 17	0.0
57600	UBRR= 7	0.0	UBRR= 8	3.7	UBRR= 9	0.0	UBRR= 11	0.0
76800	UBRR= 5	0.0	UBRR= 6	7.5	UBRR= 7	6.7	UBRR= 8	0.0
115200	UBRR= 3	0.0	UBRR= 3	7.8	UBRR= 4	0.0	UBRR= 5	0.0

Note: Maximum baud rate to each frequency.



## Electrical Characteristics

### Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature .....	-40°C to +105°C
Storage Temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with Respect to Ground .....	-1.0V to $V_{CC} + 0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with Respect to Ground .....	-1.0V to +13.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.6V
I/O Pin Maximum Current .....	40.0 mA
Maximum Current $V_{CC}$ and GND (PDIP package) .....	200.0 mA
Maximum Current $V_{CC}$ and GND (TQFP, PLCC package) .....	400.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 2.7V$  to  $6.0V$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage		-0.5		$0.3V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IL1}$	Input Low Voltage	XTAL	-0.5		$0.2V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage	Except (XTAL, RESET)	$0.6V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage	XTAL	$0.8V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH2}$	Input High Voltage	RESET	$0.9V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(3)</sup> (Ports A, B, C, D)	$I_{OL} = 20\text{ mA}, V_{CC} = 5V$			0.6	V
		$I_{OL} = 10\text{ mA}, V_{CC} = 3V$			0.5	V
$V_{OH}$	Output High Voltage <sup>(4)</sup> (Ports A, B, C, D)	$I_{OH} = -3\text{ mA}, V_{CC} = 5V$	4.2			V
		$I_{OH} = -1.5\text{ mA}, V_{CC} = 3V$	2.3			V
$I_{IL}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 6V, V_{in} = 0.45V$ (absolute value)			8.0	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 6V, V_{in} = 6.0V$ (absolute value)			8.0	$\mu\text{A}$
RRST	Reset Pull-up		100.0		500.0	$k\Omega$
$R_{VO}$	I/O Pin Pull-up Resistor		35.0		120.0	$k\Omega$
$I_{CC}$	Power Supply Current	Active 4 MHz, $V_{CC} = 3V$			5.0	mA
		Idle 4 MHz, $V_{CC} = 3V$			3.0	mA
		Power-down, $V_{CC} = 3V$ WDT enabled <sup>(5)</sup>			15.0	$\mu\text{A}$
		Power-down, $V_{CC} = 3V$ WDT disabled <sup>(5)</sup>			5.0	$\mu\text{A}$
		Power Save, $V_{CC} = 3V$ WDT disabled <sup>(5)</sup>			15.0	$\mu\text{A}$



# 24AA16/24LC16B

## 16K I<sup>2</sup>C™ Serial EEPROM

### Device Selection Table

Part Number	Vcc Range	Max Clock Frequency	Temp Ranges
24AA16	1.8-5.5	400 kHz <sup>(1)</sup>	I
24LC16B	2.5-5.5	400 kHz	I, E

Note 1: 100 kHz for Vcc < 2.5V

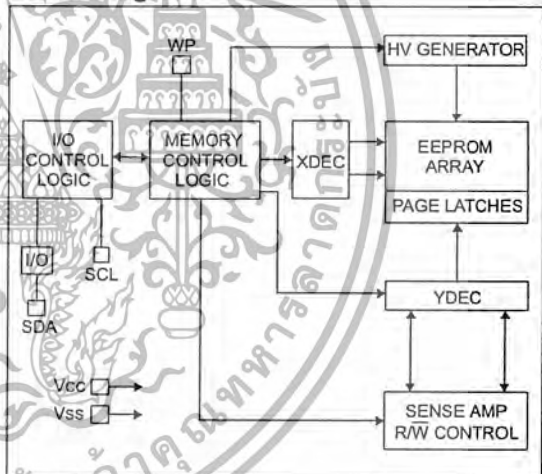
### Features

- Single supply with operation down to 1.8V
- Low power CMOS technology
  - 1 mA active current typical
  - 1 µA standby current (max.) (I-temp)
- Organized as 8 blocks of 256 bytes (8 x 256 x 8)
- 2-wire serial interface bus, I<sup>2</sup>C™ compatible
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- Output slope control to eliminate ground bounce
- 100 kHz (24AA16) and 400 kHz (24LC16B) 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 RQM
- Factory programming (QTP) available
- ESD protection > 4,000V
- 1,000,000 erase/write cycles
- Data retention > 200 years
- 8-lead PDIP, SOIC, TSSOP, and MSOP package
- 5-lead SOT package
- Available temperature ranges:
  - Industrial (I): -40°C to +85°C
  - Automotive (E): -40°C to +125°C

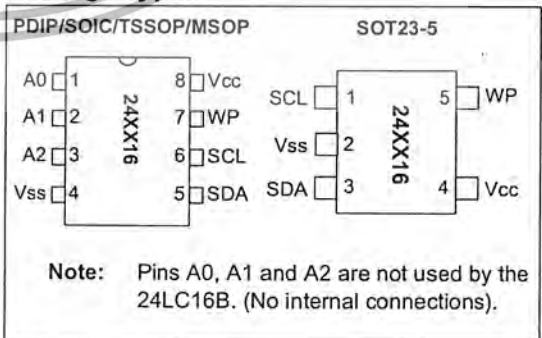
### Description

The Microchip Technology Inc. 24AA16/24LC16B (24XX16\*) is a 16 Kbit 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 1.8V with standby and active currents of only 1 µA and 1 mA respectively. The 24XX16 also has a page-write capability for up to 16 bytes of data. The 24XX16 is available in the standard 8-pin PDIP, surface mount SOIC, TSSOP and MSOP packages and is also available in the 5-lead SOT-23 package.

### Block Diagram



### Package Types



\*24XX16 is used in this document as a generic part number for the 24AA16/24LC16B devices.

# 24AA16/24LC16B

## 1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings†

Vcc.....	6.5V
All inputs and outputs w.r.t. Vss .....	-0.3V to Vcc +1.0V
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Ambient temp. with power applied .....	-40°C to +125°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.

### 1.1 DC Characteristics

DC CHARACTERISTICS		Vcc = +1.8V to +5.5V Industrial (I): TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): TAMB = -40°C to +125°C					
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Typ	Max	Units	Conditions
D1	VIH	WP, SCL and SDA pins	—	—	—	—	—
D2	—	High level input voltage	0.7 Vcc	—	—	V	—
D3	VIL	Low level input voltage	—	—	0.3 Vcc	V	—
D4	VHYS	Hysteresis of Schmitt trigger inputs	.05 Vcc	—	—	V	(Note 1)
D5	VOL	Low level output voltage	—	—	0.40	V	IOL = 3.0 mA, Vcc = 2.5V
D6	ILI	Input leakage current	—	—	±10	µA	VIN = -1V to Vcc
D7	ILO	Output leakage current	—	—	±10	µA	VOU = -1V to Vcc
D8	CIN, COUT	Pin capacitance (all inputs/outputs)	—	—	10	pF	Vcc = 5.0V (Note 1) TAMB = 25°C, FCLK = 1 MHz
D9	ICC write	Operating current	—	0.1	3	mA	Vcc = 5.5V, SCL = 400 kHz
D10	ICC read		—	0.05	1	mA	
D11	ICCS	Standby current	—	0.01	1	µA	Industrial Automotive SDA = SCL = Vcc WP = Vss
			—	—	5	µA	

Note 1: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

Note 2: Typical measurements taken at room temperature.

# 24AA16/24LC16B

## 1.2 AC Characteristics

AC CHARACTERISTICS			VCC = +1.8V to +5.5V Industrial (I): TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): TAMB = -40°C to +125°C			
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Max	Units	Conditions
1	FCLK	Clock frequency	—	400 100	kHz	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
2	THIGH	Clock high time	600 4000	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
3	TLOW	Clock low time	1300 4700	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
4	TR	SDA and SCL rise time (Note 1)	—	300 1000	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V (Note 1) 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16) (Note 1)
5	TF	SDA and SCL fall time	—	300	ns	(Note 1)
6	THD:STA	START condition hold time	600 4000	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
7	TSU:STA	START condition setup time	600 4700	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
8	THD:DAT	Data input hold time	0	—	ns	(Note 2)
9	TSU:DAT	Data input setup time	100 250	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
10	TSU:STO	STOP condition setup time	600 4000	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
11	TAA	Output valid from clock (Note 2)	—	900 3500	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
12	TBUF	Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	1300 4700	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
13	TOF	Output fall time from VIH minimum to VIL maximum	20+0.1CB	250 250	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA16)
14	TSP	Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	—	50	ns	(Notes 1 and 3)
15	TWC	Write cycle time (byte or page)	—	5	ms	—
16	—	Endurance	1M	—	cycles	25°C, VCC = 5.0V, Block Mode (Note 4)

- Note 1:** Not 100% tested. CB = 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 ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's website: [www.microchip.com](http://www.microchip.com).



# 24AA64/24LC64

## 64K I<sup>2</sup>C™ Serial EEPROM

### Device Selection Table

Part Number	Vcc Range	Max Clock Frequency	Temp Ranges
24AA64	1.8-5.5	400 kHz <sup>(1)</sup>	I
24LC64	2.5-5.5	400 kHz	I, E

Note 1: 100 kHz for Vcc < 2.5V

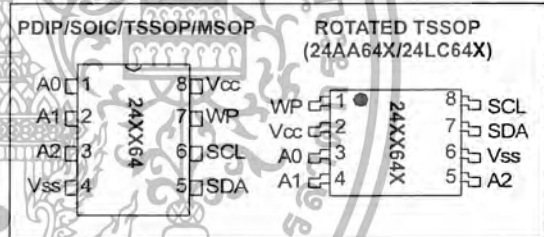
### Features

- Single supply with operation down to 1.8V
- Low power CMOS technology
  - 1 mA active current typical
  - 1  $\mu$ A standby current (max.) (I-temp)
- Organized as 8 blocks of 8K bit (64K bit)
- 2-wire serial interface bus, I<sup>2</sup>C™ compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- Output slope control to eliminate ground bounce
- 100 kHz (24AA64) and 400 kHz (24LC64) compatibility
- Self-timed write cycle (including auto-erase)
- Page-write buffer for up to 32 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
- Data retention > 200 years
- 8-lead PDIP, SOIC, TSSOP, and MSOP package
- Available temperature ranges:
  - Industrial (I): -40°C to +85°C
  - Automotive (E): -40°C to +125°C

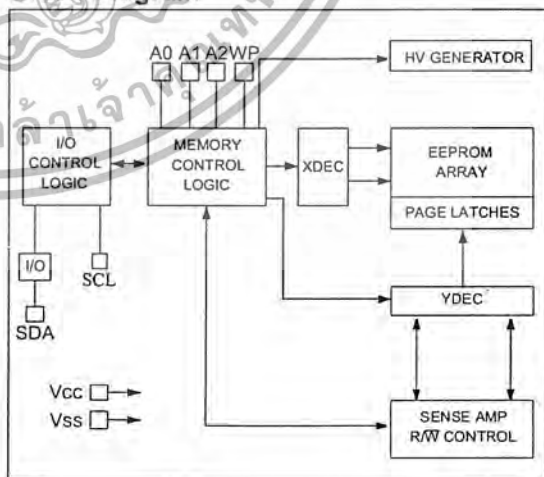
### Description

The Microchip Technology Inc. 24AA64/24LC64 (24XX64\*) is a 64 Kbit Electrically Erasable PROM. The device is organized as eight blocks of 1K x 8-bit memory with a 2-wire serial interface. Low voltage design permits operation down to 1.8V with standby and active currents of only 1  $\mu$ A and 1 mA respectively. It has been developed for advanced, low power applications such as personal communications or data acquisition. The 24XX64 also has a page-write capability for up to 32 bytes of data. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 512 Kbits address space. The 24XX64 is available in the standard 8-pin PDIP, surface mount SOIC, TSSOP and MSOP packages.

### Package Types



### Block Diagram



\*24XX64 is used in this document as a generic part number for the 24AA64/24LC64 devices.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของไมโครชิพ เทคโนโลยี อินค. การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากไมโครชิพ เทคโนโลยี อินค. ถือเป็นความผิดทางกฎหมาย

# 24AA64/24LC64

## 1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings†

VCC.....	6.5V
All inputs and outputs w.r.t. VSS .....	-0.3V to VCC +1.0V
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Ambient temp. with power applied .....	-40°C to +125°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.

### 1.1 DC Characteristics

DC CHARACTERISTICS		VCC = +1.8V to +5.5V Industrial (I): TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): TAMB = -40°C to +125°C					
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Typ	Max	Units	Conditions
D1	VIH	WP, SCL and SDA pins	—	—	—	—	—
D2	—	High level input voltage	0.7 VCC	—	—	V	—
D3	VIL	Low level input voltage	—	—	0.3 VCC	V	—
D4	VHYS	Hysteresis of Schmitt trigger inputs	0.05 VCC	—	—	V	(Note 1)
D5	VOL	Low level output voltage	—	—	0.40	V	IoL = 3.0 mA, VCC = 2.5V
D6	ILI	Input leakage current	—	—	±10	µA	VIN = .1V to VCC
D7	ILO	Output leakage current	—	—	±10	µA	VOUT = .1V to VCC
D8	CIN, COUT	Pin capacitance (all inputs/outputs)	—	—	10	pF	VCC = 5.0V (Note 1) TAMB = 25°C, FCLK = 1 MHz
D9	ICC write	Operating current	—	0.1	3	mA	VCC = 5.5V, SCL = 400 kHz
D10	ICC read		—	0.05	1	mA	
D11	ICCS	Standby current	—	—	1	µA	Industrial Automotive SDA = SCL = VCC WP = VSS
			—	—	5	µA	

- Note 1: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.  
 Note 2: Typical measurements taken at room temperature.

# 24AA64/24LC64

## 1.2 AC Characteristics

AC CHARACTERISTICS			VCC = +1.8V to +5.5V Industrial (I): TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): TAMB = -40°C to +125°C			
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Max	Units	Conditions
1	FCLK	Clock frequency	—	400	kHz	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
2	THIGH	Clock high time	600 4000	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
3	TLOW	Clock low time	1300 4700	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
4	TR	SDA and SCL rise time (Note 1)	—	300 1000	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
5	TF	SDA and SCL fall time	—	300	ns	(Note 1)
6	THD:STA	START condition hold time	600 4000	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
7	TSU:STA	START condition setup time	600 4700	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
8	THD:DAT	Data input hold time	0	—	ns	(Note 2)
9	TSU:DAT	Data input setup time	100 250	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
10	TSU:STO	STOP condition setup time	600 4000	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
11	TAA	Output valid from clock (Note 2)	—	900 3500	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
12	TBUF	Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	1300 4700	—	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
13	TOF	Output fall time from VIH minimum to VIL maximum	20+0.1Cb —	250 250	ns	2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V (24AA64)
14	TSP	Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	—	50	ns	(Notes 1 and 3)
15	TWC	Write cycle time (byte or page)	—	5	ms	—
16	—	Endurance	1M	—	cycles	25°C, VCC = 5.0V, Block Mode (Note 4)

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

- 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.
- 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.
- This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's website: [www.microchip.com](http://www.microchip.com).

# 24AA64/24LC64

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA

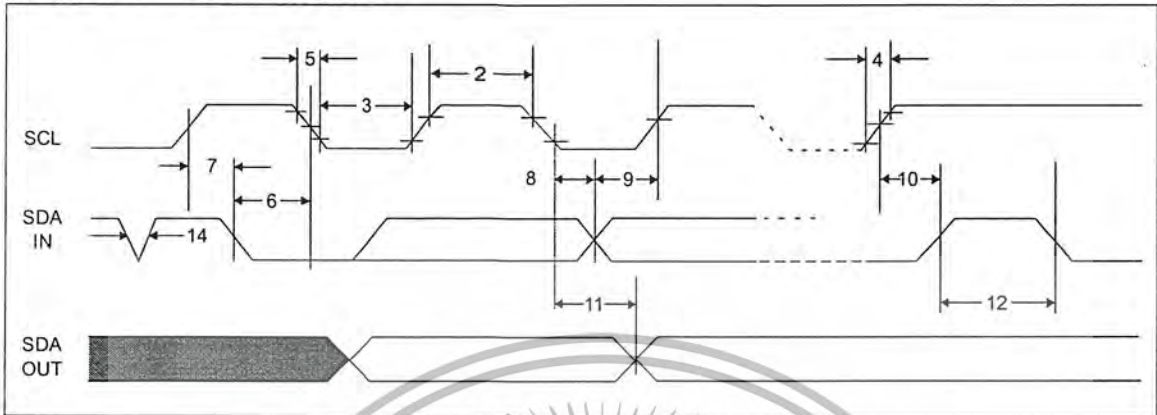
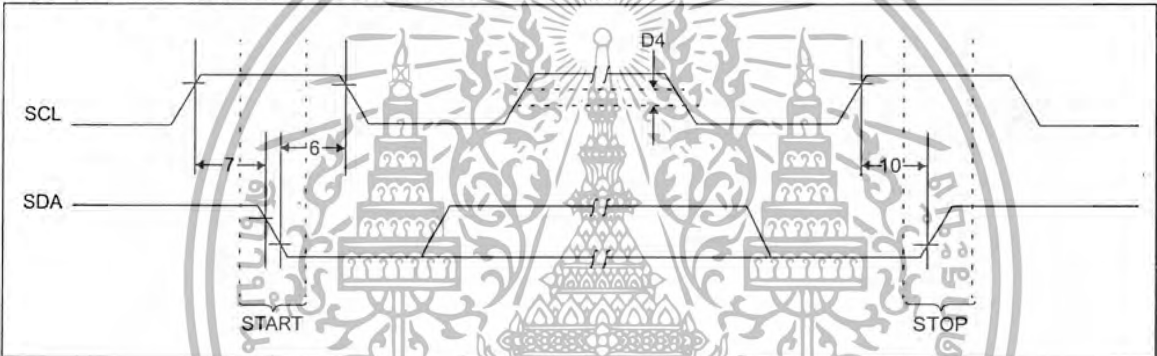


FIGURE 1-2: BUS TIMING START/STOP



## MM74HC00 Quad 2-Input NAND Gate

### General Description

The MM74HC00 NAND gates utilize advanced silicon-gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LS-TTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits. All gates have buffered outputs. All devices have high noise immunity and the ability to drive 10 LS-TTL loads. The 74HC logic family is functionally as well as pin-out compatible with the standard 74LS logic family. All inputs are protected from damage due to

static discharge by internal diode clamps to  $V_{CC}$  and ground.

### Features

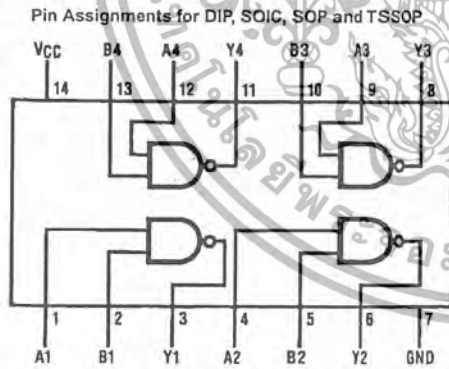
- Typical propagation delay: 8 ns
- Wide power supply range: 2-6V
- Low quiescent current: 20  $\mu$ A maximum (74HC Series)
- Low input current: 1  $\mu$ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC00M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
MM74HC00SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC00MTC	MTC14	14-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC00N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagram



Top View

### Logic Diagram



**Absolute Maximum Ratings**(Note 1)

(Note 2)

Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	-0.5 to +7.0V
DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-1.5 to $V_{CC}+1.5V$
DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )	-0.5 to $V_{CC}+0.5V$
Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )	$\pm 20$ mA
DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )	$\pm 25$ mA
DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )	$\pm 50$ mA
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
(Note 3)	600 mW
S.O. Package only	500 mW
Lead Temperature ( $T_L$ )	
(Soldering 10 seconds)	260°C

**Recommended Operating Conditions**

	Min	Max	Units
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	2	6	V
DC Input or Output Voltage ( $V_{IN}, V_{OUT}$ )	0	$V_{CC}$	V
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	-40	+85	°C
Input Rise or Fall Times ( $t_r, t_f$ )			
$V_{CC} = 2V$		1000	ns
$V_{CC} = 4.5V$		500	ns
$V_{CC} = 6.0V$		400	ns

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.

Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: -12 mW/°C from 65°C to 85°C.

**DC Electrical Characteristics** (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$			Units	
				Typ	Guaranteed Limits			
$V_{IH}$	Minimum HIGH Level Input Voltage		2.0V	1.5	1.5	1.5	V	
			4.5V	3.15	3.15	3.15	V	
			6.0V	4.2	4.2	4.2	V	
$V_{IL}$	Maximum LOW Level Input Voltage		2.0V	0.5	0.5	0.5	V	
			4.5V	1.35	1.35	1.35	V	
			6.0V	1.8	1.8	1.8	V	
$V_{OH}$	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$	2.0V	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5V	4.5	4.4	4.4	4.4	V
			6.0V	6.0	5.9	5.9	5.9	V
		$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 4.0$ mA $ I_{OUT}  \leq 5.2$ mA	4.5V	4.2	3.98	3.84	3.7	V
			6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V
$V_{OL}$	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ $ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
		$V_{IN} = V_{IH}$ $ I_{OUT}  \leq 4.0$ mA $ I_{OUT}  \leq 5.2$ mA	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V	$\pm 0.1$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\mu A$	
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu A$	6.0V	2.0	20	40	$\mu A$	

Note 4: For a power supply of 5V  $\pm 10\%$  the worst case output voltages ( $V_{OH}$  and  $V_{OL}$ ) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case  $V_{IH}$  and  $V_{IL}$  occur at  $V_{CC} = 5.5V$  and 4.5V respectively. (The  $V_{IH}$  value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current ( $I_{IN}$ ,  $I_{CC}$ , and  $I_{OZ}$ ) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

**AC Electrical Characteristics** $V_{CC} = 5V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $C_L = 15$  pF,  $t_r = t_f = 6$  ns

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay		8	15	ns

**AC Electrical Characteristics** $V_{CC} = 2.0V$  to  $6.0V$ ,  $C_L = 50$  pF,  $t_r = t_f = 6$  ns (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$		$T_A = -40$ to $85^\circ C$		$T_A = -55$ to $125^\circ C$		Units
				Typ	Guaranteed Limits	Guaranteed Limits	Guaranteed Limits			
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay		2.0V	45	90	113	134	ns		
			4.5V	9	18	23	27	ns		
			6.0V	8	15	19	23	ns		
$t_{TLH}$ , $t_{THL}$	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	30	76	95	110	ns		
			4.5V	8	15	19	22	ns		
			6.0V	7	13	16	19	ns		
$C_{PD}$	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	(per gate)		20				pF		
$C_{IN}$	Maximum Input Capacitance			5	10	10	10	pF		

Note 5:  $C_{PD}$  determines the no load dynamic power consumption,  $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$ , and the no load dynamic current consumption,  $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MM74HC244 Octal 3-STATE Buffer

### General Description

The MM74HC244 is a non-inverting buffer and has two active low enables (1G and 2G); each enable independently controls 4 buffers. This device does not have Schmitt trigger inputs.

These 3-STATE buffers utilize advanced silicon-gate CMOS technology and are general purpose high speed non-inverting buffers. They possess high drive current outputs which enable high speed operation even when driving large bus capacitances. These circuits achieve speeds comparable to low power Schottky devices, while retaining the advantage of CMOS circuitry, i.e., high noise immunity and low power consumption. All three devices have a fanout of 15 LS-TTL equivalent inputs.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diodes to  $V_{CC}$  and ground.

### Features

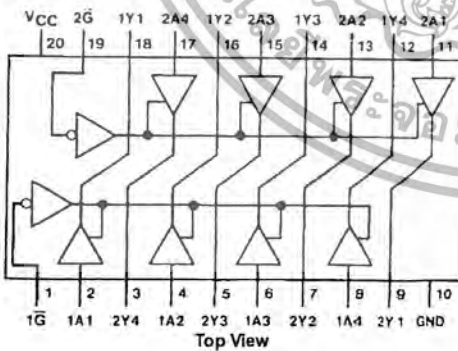
- Typical propagation delay: 14 ns
- 3-STATE outputs for connection to system buses
- Wide power supply range: 2–6V
- Low quiescent supply current: 80  $\mu$ A
- Output current: 6 mA

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC244WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74HC244SJ	M20D	20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC244MTC	MTC20	20-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC244N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagram



### Truth Table

1G	1A	1Y	2G	2A	2Y
L	L	L	L	L	L
L	H	H	L	H	H
H	L	Z	H	L	Z
H	H	Z	H	H	Z

H = HIGH Level  
L = LOW Level  
Z = High Impedance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# MC78LXXA/LM78LXXA/MC78L05AA

## 3-Terminal 0.1A Positive Voltage Regulator

### Features

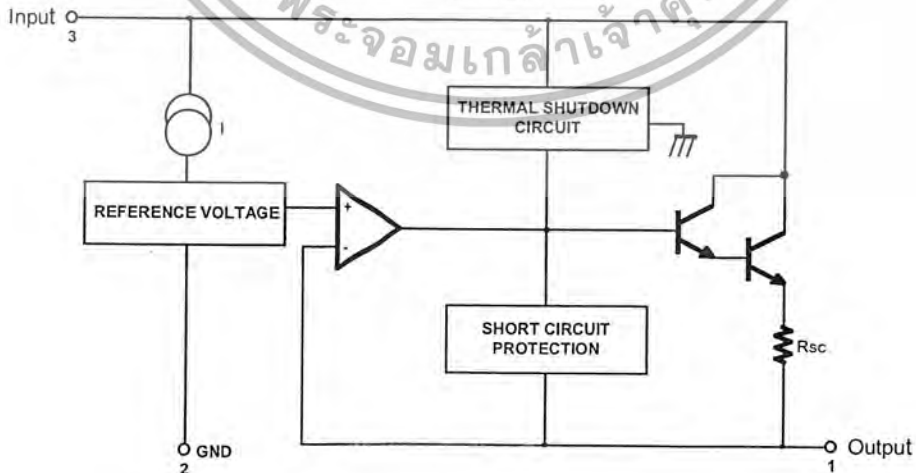
- Maximum Output Current of 100mA
- Output Voltage of 5V, 8V, 12V, 15V, 18V and 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Current Limiting
- Output Voltage Offered in  $\pm 5\%$  Tolerance

### Description

The MC78LXXA/LM78LXXA/MC78L05AA series of fixed voltage monolithic integrated circuit voltage regulators are suitable for application that required supply current up to 100mA.



### Internal Block Diagram



## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V, 8V$ ) (for $V_O = 12V$ to $18V$ ) (for $V_O = 24V$ )	$V_I$	30	V
		35	V
		40	V
Operating Junction Temperature Range	$T_J$	0 ~ +150	°C
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +150	°C

## Electrical Characteristics(MC78L05A/LM78L05A)

( $V_I = 10V, I_O = 40mA, 0^\circ C \leq T_J \leq 125^\circ C, C_I = 0.33\mu F, C_O = 0.1\mu F$ , unless otherwise specified. (Note 1))

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	$V_O$	$T_J = 25^\circ C$	4.8	5.0	5.2	V	
Line Regulation (Note1)	$\Delta V_O$	$T_J = 25^\circ C$ $7V \leq V_I \leq 20V$	-	8	150	mV	
		$8V \leq V_I \leq 20V$	-	6	100	mV	
Load Regulation (Note1)	$\Delta V_O$	$T_J = 25^\circ C$ $1mA \leq I_O \leq 100mA$	-	11	60	mV	
		$1mA \leq I_O \leq 40mA$	-	5.0	30	mV	
Output Voltage	$V_O$	$7V \leq V_I \leq 20V$ $1mA \leq I_O \leq 40mA$	-	-	5.25	V	
		$7V \leq V_I \leq V_{MAX}$ (Note 2) $1mA \leq I_O \leq 70mA$	4.75	-	5.25	V	
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = 25^\circ C$	-	2.0	5.5	mA	
Quiescent Current Change	With Line	$\Delta I_Q$	$8V \leq V_I \leq 20V$	-	-	1.5	mA
	With Load	$\Delta I_Q$	$1mA \leq I_O \leq 40mA$	-	-	0.1	mA
Output Noise Voltage	$V_N$	$T_A = 25^\circ C, 10Hz \leq f \leq 100kHz$	-	40	-	$\mu V/V_O$	
Temperature Coefficient of $V_O$	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.65	-	mV/°C	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz, 8V \leq V_I \leq 18V, T_J = 25^\circ C$	41	80	-	dB	
Dropout Voltage	$V_D$	$T_J = 25^\circ C$	-	1.7	-	V	

### Note:

- The maximum steady state usable output current and input voltage are very dependent on the heat sinking and/or lead length of the package. The data above represent pulse test conditions with junction temperature as indicated at the initiation of tests.
- Power dissipation  $P_D \leq 0.75W$ .

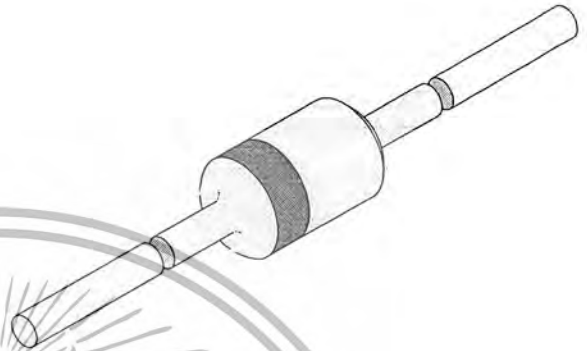
**Silicon Power Z-Diodes**

**Features**

- Very sharp reverse characteristic
- Very high stability
- Low reverse current level
- $V_Z$ -tolerance  $\pm 5\%$

**Applications**

Voltage stabilization



94 9369

**Absolute Maximum Ratings**

$T_j = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Value	Unit
Power dissipation	$T_{amb} \leq 50^\circ\text{C}$		$P_V$	1	W
Z-current			$I_Z$	$P_V/V_Z$	mA
Junction temperature			$T_j$	200	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range			$T_{stg}$	-65...+200	$^\circ\text{C}$

**Maximum Thermal Resistance**

$T_j = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Junction ambient	$l=9.5\text{mm (3/8")}, T_L=\text{constant}$	$R_{thJA}$	100	K/W

**Characteristics**

$T_j = 25^\circ\text{C}$

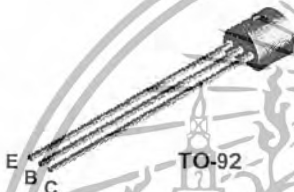
Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Forward voltage	$I_F=200\text{mA}$		$V_F$			1.2	V

# 1N4728A...1N4761A

Type	$V_{Znom}^{1)}$	$I_{ZT}$ for	$r_{zjT}$	$r_{zjk}$ at	$I_{ZK}$	$I_R$ at	$V_R$
1N4728A	3.3	76	< 10	< 400	1.0	< 100	1
1N4729A	3.6	69	< 10	< 400	1.0	< 100	1
1N4730A	3.9	64	< 9	< 400	1.0	< 50	1
1N4731A	4.3	58	< 9	< 400	1.0	< 10	1
1N4732A	4.7	53	< 8	< 500	1.0	< 10	1
1N4733A	5.1	49	< 7	< 550	1.0	< 10	1
1N4734A	5.6	45	< 5	< 600	1.0	< 10	2
1A4735A	6.2	41	< 2	< 700	1.0	< 10	3
1N4736A	6.8	37	< 3.5	< 700	1.0	< 10	4
1N4737A	7.5	34	< 4.0	< 700	0.5	< 10	5
1N4738A	8.2	31	< 4.5	< 700	0.5	< 10	6
1N4739A	9.1	28	< 5.0	< 700	0.5	< 10	7
1N4740A	10	25	< 7	< 700	0.25	< 10	7.6
1N4741A	11	23	< 8	< 700	0.25	< 5	8.4
1N4742A	12	21	< 9	< 700	0.25	< 5	9.1
1N4743A	13	19	< 10	< 100	0.25	< 5	9.9
1N4744A	15	17	< 14	< 700	0.25	< 5	11.4
1N4745A	16	15.5	< 16	< 700	0.25	< 5	12.2
1N4746A	18	14	< 20	< 750	0.25	< 5	13.7
1B4747A	20	12.5	< 22	< 750	0.25	< 5	15.2
1N4748A	22	11.5	< 23	< 750	0.25	< 5	16.7
1N4749A	24	10.5	< 25	< 750	0.25	< 5	18.2
1N4750A	27	9.5	< 35	< 750	0.25	< 5	20.6
1N4751A	30	8.5	< 40	< 1000	0.25	< 5	22.8
1N4752A	33	7.5	< 45	< 1000	0.25	< 5	25.1
1N4753A	36	7.0	< 50	< 1000	0.25	< 5	27.4
1N4754A	39	6.5	< 60	< 1000	0.25	< 5	29.7
1N4755A	43	6.0	< 70	< 1500	0.25	< 5	32.7
1N4756A	47	5.5	< 80	< 1500	0.25	< 5	35.8
1N4757A	51	5.0	< 95	< 1500	0.25	< 5	38.8
1N4758A	56	4.5	< 110	< 2000	0.25	< 5	42.6
1N4759A	62	4.0	< 125	< 2000	0.25	< 5	47.1
1N4760A	68	3.7	< 150	< 2000	0.25	< 5	51.7
1N4761A	75	3.3	< 175	< 2000	0.25	< 5	56.0

1) Based on dc-measurement at thermal equilibrium while maintaining the lead temperature ( $T_L$ ) at  $30^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , 9.5 mm ( $3/8''$ ) from the diode body.

**BC547  
BC547A  
BC547B  
BC547C**



**NPN General Purpose Amplifier**

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 300 mA. Sourced from Process 10. See PN100A for characteristics.

**Absolute Maximum Ratings\***

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V <sub>CEO</sub>	Collector-Emitter Voltage	45	V
V <sub>CES</sub>	Collector-Base Voltage	50	V
V <sub>EBO</sub>	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I <sub>C</sub>	Collector Current - Continuous	500	mA
T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

**NOTES:**

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

**Thermal Characteristics**

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		BC547 / A / B / C	
P <sub>D</sub>	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	mW
		5.0	mW/°C
R <sub>θJC</sub>	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
R <sub>θJA</sub>	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## NPN General Purpose Amplifier

(continued)

### Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-------

#### OFF CHARACTERISTICS

$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	45		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	50		V
$V_{(BR)CES}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	50		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
$I_{CBO}$	Collector Cutoff Current	$V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0, T_A = +150^\circ\text{C}$		15 5.0	nA $\mu\text{A}$

#### ON CHARACTERISTICS

$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	547	110	800
			547A	110	220
			547B	200	450
			547C	420	800
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$		0.25	V
		$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.60	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	0.58	0.70	V
		$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		0.77	V

#### SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

$h_{fe}$	Small-Signal Current Gain	$I_C = 2.0 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$	125	900	
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 200 \mu\text{A},$ $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz},$ $B_W = 200 \text{ Hz}$		10	dB

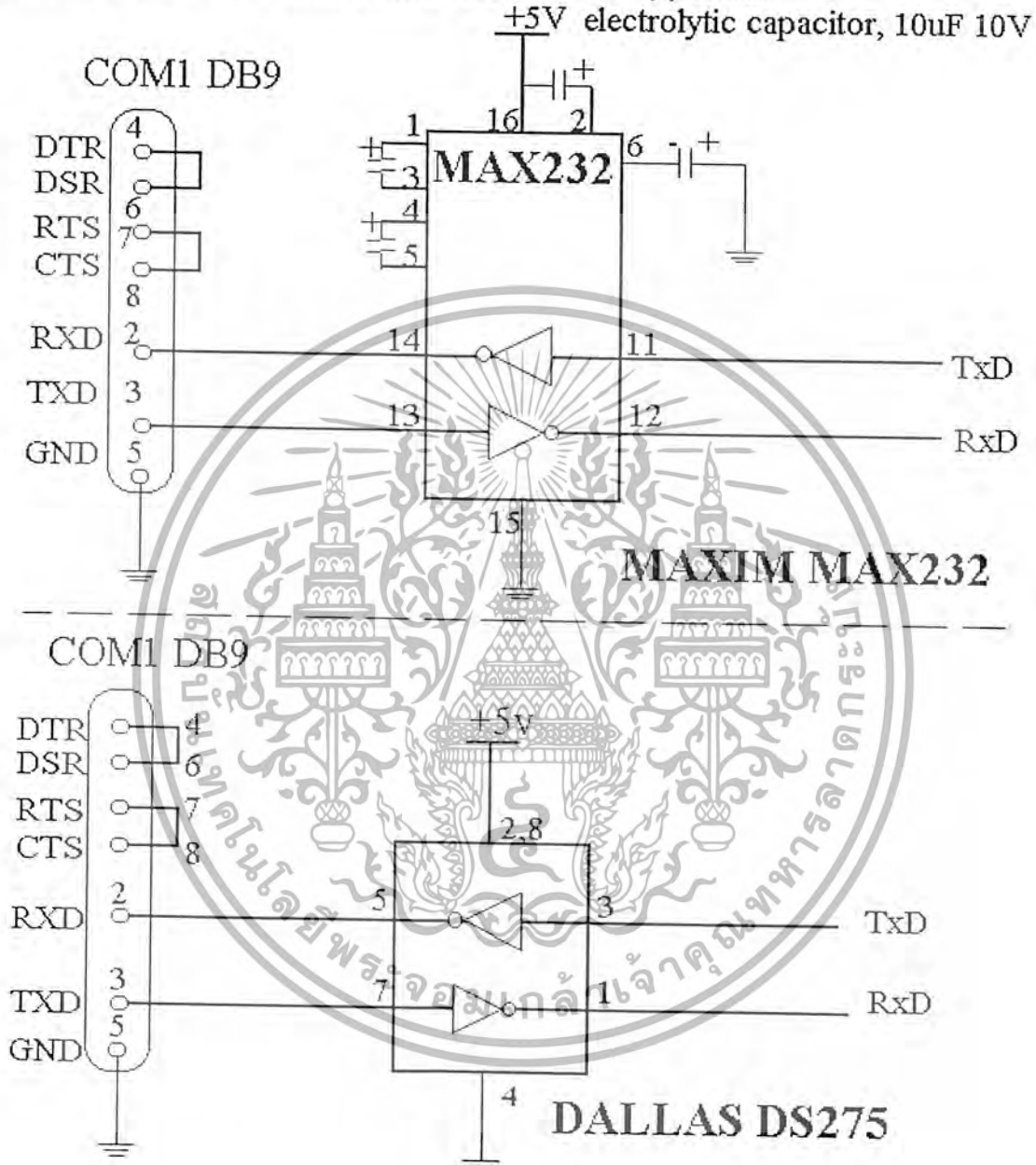
BC547 / BC547A / BC547B / BC547C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# RS232C Level Converter

Wichit Sirichote, [kswichit@kmitl.ac.th](mailto:kswichit@kmitl.ac.th)

A standard serial interfacing for PC, RS232C, requires negative logic, i.e., logic '1' is -3V to -12V and logic '0' is +3V to +12V. To convert a TTL logic, say, TxD and RxD pins of the uC chips, thus need a converter chip. A MAX232 chip has long been using in many uC boards. It provides 2-channel RS232C port and requires external 10uF capacitors. Carefully check the polarity of capacitor when soldering the board. A DS275, however, no need external capacitor and smaller. Either circuit can be used without any problems.



Build Your Own uC Projects

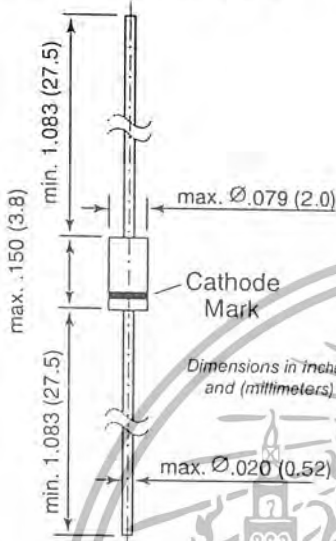
Last updated, 9 October 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# Schottky Diode

DO-204AH (DO-35 Glass)



## Features

- For general purpose applications
- This diode features low turn-on voltage and high breakdown voltage. This device is protected by a PN junction guard ring against excessive voltage, such as electrostatic discharges
- This diode is also available in a MiniMELF case with type designation LL41

## Mechanical Data

Case: DO-35 Glass Case

Weight: approx. 0.13g

Packaging Codes/Options:

D7/10K per 13" reel (52mm tape), 20K/box

D8/10K per Ammo tape (52mm tape), 20K/box

## Maximum Ratings & Thermal Characteristics

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Value	Unit
Repetitive Peak Reverse Voltage	$V_{RRM}$	100	V
Forward Continuous Current at $T_{amb} = 25^{\circ}C$	$I_F$	100 <sup>(1)</sup>	mA
Repetitive Peak Forward Current at $t_p < 1s, @ < 0.5, T_{amb} = 25^{\circ}C$	$I_{FRM}$	350 <sup>(1)</sup>	mA
Surge Forward Current at $t_p = 10ms, T_{amb} = 25^{\circ}C$	$I_{FSM}$	750 <sup>(1)</sup>	A
Power Dissipation at $T_{amb} = 25^{\circ}C$	$P_{tot}$	400 <sup>(1)</sup>	mW
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	$R_{\theta JA}$	300 <sup>(1)</sup>	$^{\circ}C/W$
Junction Temperature	$T_j$	125	$^{\circ}C$
Ambient Operating Temperature Range	$T_{amb}$	-65 to +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_s$	-65 to +150	$^{\circ}C$

## Electrical Characteristics ( $T_j = 25^{\circ}C$ unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Breakdown Voltage <sup>(2)</sup>	$V_{(BR)R}$	$I_R = 100\mu A$	100	110	—	V
Leakage Current <sup>(2)</sup>	$I_R$	$V_R = 50V, T_j = 25^{\circ}C$ $V_R = 50V, T_j = 100^{\circ}C$	—	—	100 20	nA $\mu A$
Forward Voltage <sup>(2)</sup>	$V_F$	$I_F = 1mA$ $I_F = 200mA$	—	0.40	0.45 1.0	V
Capacitance	$C_{tot}$	$V_R = 1V, f = 1MHz$	—	2	—	pF
Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$I_F = 10mA, I_R = 10mA$ $I_{rr} = 1mA, R_L = 100\Omega$	—	5	—	ns

Notes: (1) Valid provided that leads at a distance of 4mm from case are kept at ambient temperature

(2) Pulse test,  $t_p = 300\mu s$

# BAT41



Vishay Semiconductors  
formerly General Semiconductor

## Ratings and Characteristic Curves

Fig. 1 – Admissible Power Dissipation vs. Ambient Temperature

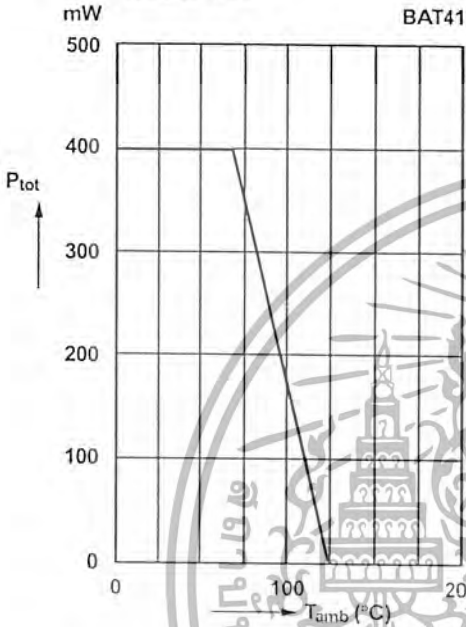


Fig. 2 – Typical Reverse Characteristics

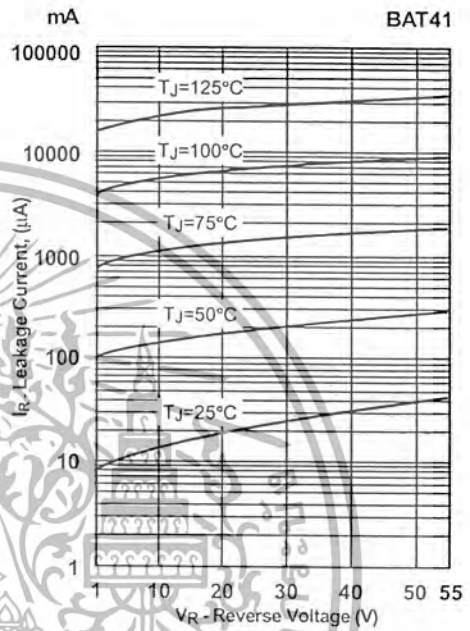


Fig. 3 – Typical Forward Characteristics

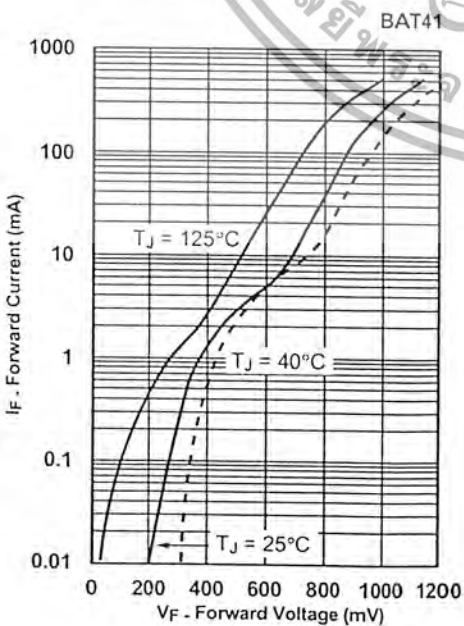


Fig. 4 – Typical Capacitance vs. Reverse Voltage

