

วงจรแปลงสัญญาณและจัดเก็บข้อมูล

ANALOG SIGNAL CONVERTTER AND DATA STORAGE MODULE



โดย
นายคมกฤษ จันทร์ทิพย์
นายประสิทธิ์ นฤตธรประกิจ

ร.พ.
๑๑๖๖
๒๕๔๗

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62062
วัน,เดือน,ปี 27 ก.ค. 2549

๑. 11559011
๒.
๓.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

เรื่อง วงจรแปลงสัญญาณและจัดเก็บข้อมูล

ANALOG SIGNAL CONVERTTER AND DATA STORAGE MODULE

ผู้จัดทำ

1. นายคมกฤษ จันทร์ทิพย์
2. นายประสิทธิ์ นฤกุลธรประกิจ

..... **ธวัชชัย คำศรี** อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ธวัชชัย คำศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแปลงสัญญาณและจัดเก็บข้อมูล

คมกณศ จันทร์ทิพย์
ประสิทธิ์ นกุลธรประกิต
อ.รัชชชัย คำศรี
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเสนอการศึกษาวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแล้วทำการเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอก , การออกแบบ และการสร้างวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เพื่อเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอก รวมทั้งการวัดและทดสอบ การแปลงแรงดันจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล โดยทำการเทียบระหว่างแรงดันที่ป้อนเข้ามาทางอินพุตกับแรงดันที่แปลงค่าเป็นดิจิตอลแล้ว และทดสอบส่งค่าที่ได้ ออกไปพล็อต ผ่านทางพอร์ตอนุกรมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล ให้ออกมาในรูปแบบคลื่นในความถี่ต่างๆ ซึ่งผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ สามารถแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลได้ โดยมีค่าผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุตที่ป้อนเข้ามา และโครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทดแทนออสซิลโลสโคป ซึ่งในปัจจุบันยังคงมีราคาสูงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALOG SIGNAL CONVERTTER AND DATA STORAGE MODULE

Komkanate Chanthip

Prasit Nukuntornprakit

Thawatchai Kumsri Advisor

2004

Abstract

This thesis is present the study at the analog to digital converter module and store data outside memory . This circuit was design and made by PIC16F877 Microcontroller for store data outside memory and instrument , test by compare between input voltage and digital converter voltage , test by transfer data through computer serial port by Hyper Terminal software in waveform on the analog frequency . The experimental result show the circuit can convert analog signal to digital signal and have a little bit error when compare with the input voltage . This thesis can be apply for high price oscilloscope .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. หลักการและเหตุผล	1
1.2. วัตถุประสงค์	3
1.3. ขอบเขตการทำงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1. ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877	4
2.1.1. โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F87x	4
2.1.2. โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	5
2.2. คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F87X	7
2.3. โหมดสัญญาณนาฬิกา	14
2.4. กระบวนการรีเซ็ตใน PIC16F87X	15
2.4.1. เพาเวอร์ออนรีเซ็ต (Power-on reset : POR)	15
2.4.2. การรีเซ็ตที่ขา MCLR	17
2.4.3. การรีเซ็ตเนื่องจากวอตช์ด็อกไทมเมอร์	17
2.4.4. บราวเอาต์รีเซ็ต	17
2.5. การจัดสรรหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ควบคุมของ PIC16F87x	19
2.5.1. การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม	19
2.5.2. การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์	21
2.5.3. รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F877	23
2.6. พอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F87x	28
2.6.1. พอร์ต A	28
2.6.2. พอร์ต B	31
2.6.3. พอร์ต C	33
2.6.4. พอร์ต D	37
2.6.5. พอร์ต E	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 2.6.5. พอร์ต E
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.6.พอร์ตนานเสริมของPIC16F877 (Parallel Slave port : PSP)	42
2.7. ไทเมอร์เคาน์เตอร์ในไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877	43
2.7.1. ไทเมอร์ 0	43
2.7.2. ไทเมอร์ 1	46
2.7.3. ไทเมอร์ 2	47
2.7.4. วอตช์ดีด็อกไทเมอร์ (Watchdog timer : WDT)	48
2.8. ทฤษฎีการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	49
2.8.1. การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล แบบติดตาม	49
2.8.2. การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล แบบแฟลช	50
2.8.3. วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล แบบความชันคู่	50
2.8.4. วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล แบบการประมาณสี่บิต	51
2.9. โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลของ PIC16F877	52
2.9.1. การทำงานของ โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	53
2.9.2. การเลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาของการแปลงสัญญาณ	55
2.9.3. กระบวนการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	55
2.9.4. สรุปขั้นตอนการใช้งาน โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	56
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	57
3.1. บทนำ	57
3.2. วงจรปรับซีโรและสเปน	57
3.3. ส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F877	58
3.4. หน่วยความจำภายนอก	59
3.5. ไอซี MAX RS232	60
3.6. ส่วนของโปรแกรม	64
บทที่ 4 การทดลอง และ ผลการทดลอง	68
4.1. ส่วนปรับซีโรและสเปน	68
4.2. การทดลองแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	70
4.3. การทดลองเก็บสัญญาณลงหน่วยความจำ	72
บทที่ 5 บทสรุป วิเคราะห์ ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา	75
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	
5.1. บทสรุป วิเคราะห์ และปัญหาที่พบ	75
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.1 การศึกษาการทำงานของPIC16F877A	75
5.1.2 การศึกษาการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรม	75
5.1.3 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อจัดเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ	75
5.1.4 ปัญหาที่พบ	75
5.2. แนวทางการพัฒนา	75
ภาคผนวก	76



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1. ระบบการประมวลผลเชิงเวลาเต็มหน่วย	2
รูปที่ 2.1. ไคอะแกรมแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	4
รูปที่ 2.2. การจัดการขาของไมโครคอนโทรลเลอร์	5
รูปที่ 2.3. โครงสร้างการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	6
รูปที่ 2.4. การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	20
รูปที่ 2.5. การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	22
รูปที่ 2.6. แสดงกลไกการทำงานของโปรแกรมเคาเตอร์ (PC)	27
รูปที่ 2.7. แสดงกลไกการทำงานของสแต็กอย่างง่าย	27
รูปที่ 2.8 โครงสร้างขา RA0-RA3 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	30
รูปที่ 2.9 โครงสร้างขา RA4 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	30
รูปที่ 2.10 การต่ออุปกรณ์เข้าที่ขาพอร์ต RA4 เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต	31
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของขาพอร์ต B ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	33
รูปที่ 2.12 โครงสร้างขา RC0-RC2,RC5-RC7 ของพอร์ต C	35
รูปที่ 2.13 โครงสร้างขา RC3 และ RC4 ของพอร์ต C	36
รูปที่ 2.14 โครงสร้างของพอร์ต D ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	38
รูปที่ 2.15 โครงสร้างของพอร์ต E ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	40
รูปที่ 2.16 แสดงไคอะแกรมการทำงานของพอร์ต PSP	42
รูปที่ 2.17 แสดงการใช้ปริสเทิลเลอร์ร่วมกันของไทเมอร์ 0 กับวอตช์ด็อกไทเมอร์	45
รูปที่ 2.18 ไคอะแกรมการทำงานของไทเมอร์ 1	47
รูปที่ 2.19 ไคอะแกรมการทำงานของไทเมอร์ 2	48
รูปที่ 2.20 ไคอะแกรมของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบติดตาม	49
รูปที่ 2.21 ไคอะแกรมของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบเฟลช 3 บิต	50
รูปที่ 2.22 ไคอะแกรมของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบความชันคู่	51
รูปที่ 2.23 ไคอะแกรมของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบประมาณสี่บิตเนื่อง	52
รูปที่ 2.24 ไคอะแกรมการทำงานของโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	54
รูปที่ 2.25 วงจรสมมูลของขาอินพุตแอนะล็อกของโมดูลแปลง ADC ใน PIC16F877	54
รูปที่ 2.26 แสดงกลไกการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลของ PIC16F877	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูปลภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.1. วงจรยกระดับสัญญาณ	57
รูปที่ 3.2. แสดงส่วนการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877	59
รูปที่ 3.3. แสดงการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำภายนอก	60
รูปที่ 3.4. แสดงวงจรการต่อ IC MAX 232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์	61
รูปที่ 3.5. แสดงวงจรการทำงานของการแปลง ADC แล้วทำการเชื่อมต่อกับแรม	62
รูปที่ 3.6. แสดงแผงวงจรแปลง ADC แล้วเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ	63
รูปที่ 3.7. แสดงขั้นตอนการทำงานของการแปลง ADC โดยรวม	64
รูปที่ 3.8. ไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันย่อยในการหาค่า ADC	65
รูปที่ 3.9. ไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันย่อยในการเขียนข้อมูลข้อมูลที่ได้รับการแปลง ADC แล้วลงหน่วยความจำ	66
รูปที่ 3.10. ไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันย่อยในการอ่านข้อมูลที่ได้รับการแปลง ADC แล้วออกจากหน่วยความจำ	67
รูปที่ 4.1. วงจรปรับซีโรและสเปน	68
รูปที่ 4.2. แสดงค่า ผิดพลาดของวงจรซีโรและสเปน	69
รูปที่ 4.3. ผลการทดลองผ่าน โปรแกรม ไฮเปอร์เทอร์มินอน	71
รูปที่ 4.4. แสดงค่า ผิดพลาดของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	71
รูปที่ 4.5. แสดงรูปสัญญาณการเขียนข้อมูลที่ได้รับการแปลง ADC แล้วลงหน่วยความจำ	73
รูปที่ 4.6. แสดงรูปสัญญาณการอ่านข้อมูลที่ได้รับการแปลง ADC แล้วออกจากหน่วยความจำ	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1. ตารางสรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของ PIC 16F87x	9
ตารางที่ 2.2. สรุปหน้าที่การทำงานของขาพอร์ต C ใน PIC16F87x	34
ตารางที่ 2.3. แสดงการทำงานอย่างละเอียดของขาพอร์ต E ในโหมดต่าง ๆ	41
ตารางที่ 4.1. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรปรับซีโร และสเปน	69
ตารางที่ 4.2. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตของการแปลงADC	70



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีบริษัทที่ผลิตคอมพิวเตอร์เกิดขึ้นอย่างมากมาย ในปีหนึ่งคอมพิวเตอร์ได้ถูกผลิตขึ้นมาจำนวนหลายล้านชิ้น ซึ่งแต่ละบริษัทได้ทำการแข่งขันกัน เพื่อแย่งส่วนแบ่งทางตลาดให้ได้มากที่สุด โดยการแข่งขันทันในเรื่องของเทคโนโลยี ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ ๆ ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้คอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ทุกวันนี้ดีกว่าอย่างรวดเร็วจนเราจำเป็นต้องการใช้คอมพิวเตอร์ที่สามารถตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นทำให้คอมพิวเตอร์รุ่นเก่าๆ ถูกลืมน และกลายเป็นขยะไปในที่สุด

จอคอมพิวเตอร์เป็นส่วนคอมพิวเตอร์ อีกส่วนหนึ่งที่ได้ทำการผลิตขึ้นมาเป็นจำนวนมากและได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ดังนั้นในปีหนึ่งเราจะมีจอคอมพิวเตอร์รุ่นเก่าๆ ที่ไม่ได้ทำการใช้งานอยู่นับล้านชิ้น ซึ่งจอคอมพิวเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถที่จะทำลายได้ง่ายๆ เนื่องจากต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมให้มากที่สุด ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้สังเกตเห็นคุณค่าที่จะนำเอาจอคอมพิวเตอร์ที่ไม่ได้ใช้แล้วมาดัดแปลง เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง โดยการนำเอามาตัดแปลงเข้ากับงานวัดสัญญาณแล้วเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ เพื่อที่จะนำไปแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งหากทำการศึกษาต่อไปเราสามารถนำไปใช้ทดแทนออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ซึ่งปัจจุบันยังคงมีราคาที่สูงอยู่และเป็นการนำสิ่งที่ไม่ได้ใช้แล้วมาพัฒนาเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดสัญญาณแอนะล็อกแล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เข้ามาประมวลผลแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ก่อนที่จะส่งออกไปประมวลผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป

เนื่องจากสัญญาณส่วนใหญ่ในทางปฏิบัติเป็นสัญญาณเวลา ดังนั้นเราจึงแบ่งสัญญาณตามลักษณะจำเพาะของตัวแปรเวลาและค่าของสัญญาณได้ดังนี้

- สัญญาณแอนะล็อก (Analog signal) เป็นสัญญาณที่มีรูปคลื่นของสัญญาณแปรเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่องกับพิสัยเวลาโดยแอมพลิจูดของสัญญาณก็มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปด้วย เช่น สัญญาณไซน์ สัญญาณซัฟฟและสัญญาณแรนด้อม เป็นต้น

- สัญญาณเชิงเวลาต่อเนื่อง (Continuous data signal) สัญญาณแบบนี้จะมีรูปคลื่นของสัญญาณแปรค่าไปอย่างต่อเนื่องกับพิสัยเวลาแอมพลิจูดของสัญญาณ ไม่ได้เจาะจงว่าต้องแปรไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้าอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นชนิดหนึ่งของสัญญาณเชิงเวลาต่อเนื่อง

ไม่วารัณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

- สัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย (Discrete time signal) เป็นสัญญาณที่ค่าของฟังก์ชันกำหนดเฉพาะเซตของเวลาที่แน่นอนอันหนึ่งเท่านั้นซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบคือ

ก) สัญญาณเชิงข้อมูลเต็มหน่วย (Discrete time signal) สัญญาณในลักษณะนี้แอมพลิจูดจะมีค่าเท่ากันทุกประการกับสัญญาณแอนะลอกที่เป็นตัวต้นแบบในการ sampling

ข) สัญญาณเชิงเลข (Digital signal) สัญญาณในลักษณะนี้จะมีแอมพลิจูดของสัญญาณเป็นค่าที่แน่นอนคือ 0 และ 1 เช่นสัญญาณที่ออกจากวงจรแปลงรูปสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข

สัญญาณที่อยู่ตามธรรมชาติ เช่น สัญญาณเสียง สัญญาณการสั่นสะเทือนของพื้นโลก สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) เป็นต้น จะเป็นสัญญาณแอนะลอก การนำสัญญาณแอนะลอกเหล่านี้ไปประมวลผลในลักษณะการประมวลผลสัญญาณเชิงเวลาอย่างเต็มหน่วย (Discrete time signal) จะต้องกระทำการเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข (Analog to Digital Converter (A/D)) ก่อน ซึ่งก่อนที่เราจะกระทำการเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข หรือสัญญาณดิจิทัลนั้นจะต้องมีการสุ่มตัวอย่างหรือ sampling เสียก่อนเพื่อข้อมูลที่สำคัญจะได้ไม่เกิดการสูญเสียหลังจากที่แปลงกลับจากสัญญาณเชิงเลขเป็นสัญญาณแอนะลอก (Digital to Analog Converter (D/A)) ซึ่งกระบวนการนี้สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1.1 และสัญญาณที่ได้จากการ sampling จะเป็นสัญญาณเชิงข้อมูลเต็มหน่วย (Discrete data signal) ซึ่งมีอัตราการ sample เท่ากับ $1/T$ เฮิร์ต



รูปที่ 1.1 ระบบการประมวลผลเชิงเวลาเต็มหน่วย

จากเดิม เรารู้จักไมโครคอนโทรลเลอร์กันดีในชื่อของชิพ MCS 51 โดยบริษัทอินเทลและในปัจจุบันนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับการนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย บริษัทผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์จึงได้ทำการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ ๆ ออกมาให้เลือกใช้กันหลายแบบตามลักษณะของงาน

PIC16F877 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทไมโครชิพ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้ เนื่องจาก PIC16F877 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานที่ใช้คือ มีวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลความละเอียดสูงหลายช่อง, มีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว เกร็ดข่าวก่อนหน้านี้คือ ไทมเมอร์, หน่วยความจำโปรแกรมเก็บเฟิร์มแวร์ที่ลบได้ นับเล่นครั้ง, หน่วยความจำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลแบบอีอีพรอมที่ลบได้นับล้านครั้ง, ชุดคำสั่งน้อยแต่ประมวลผลได้แม่นยำและสามารถกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก

1.2. วัตถุประสงค์

- ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์
- ศึกษาและทดลองใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบ PIC
- สามารถใช้งานวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ได้
- สามารถนำค่าสัญญาณที่แปลงจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอลมาแสดงเป็นรูปภาพได้
- สามารถใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้
- สามารถสร้างวงจรที่สามารถแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแล้วจัดเก็บข้อมูลได้
- วงจรสามารถส่งค่าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำและสามารถเรียกใช้ได้
- สามารถเรียกค่าที่ได้รับการแปลงแล้วมาพล็อตได้

1.3. ขอบเขตการทำงาน

- ศึกษาวงจรระดับสัญญาณ
- ทำการทดลองต่ออุปกรณ์อินพุตร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล
- ทำการแสดงผลการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลออกทางจอคอมพิวเตอร์
- ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการแปลงแอนะล็อกเป็นเป็นดิจิตอลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์เทียบกับการใช้มัลติมิเตอร์วัด
- สรุปผลการแปลงเทียบกับแรงดันอินพุต เพื่อหาค่าผิดพลาด
- ทำการทดลองต่อวงจรระดับเพื่อวัดสัญญาณที่ได้
- ต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล
- ทำการเก็บค่าการแปลงสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ
- สรุปและประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

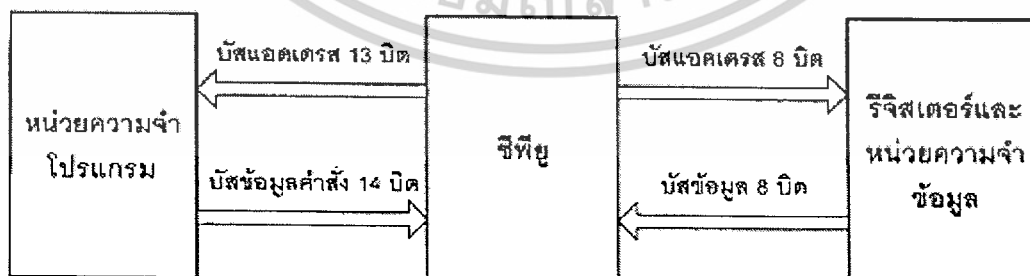
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

ในการทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เราจำเป็นต้องศึกษา โครงสร้างและการทำงานต่างๆของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 อย่างละเอียดเพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ได้กับการทำงานของเรา

2.1.1. โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F87x

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลPICมีสถาปัตยกรรมแบบ ฮาร์วาร์ด กล่าวคือมีการแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน โดยมีบัสสำหรับติดต่อแยกกันด้วย ดังแสดงใน รูปที่ 2.1. จะเห็นว่าซีพียูภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม ด้วยบัสแอดเดรส 13 บิต บัสข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูล และ รีจิสเตอร์ภายใน เป็นแบบ 8 บิต ทั้งบัสแอดเดรส และ บัสข้อมูล นอกจากการจัตุสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้ว การกระทำคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์PICยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไปป์ไลน์ ทำให้สามารถ เฟตซ์คำสั่งถัดไปในขณะที่กำลัง เอ็กซีกิวต์ คำสั่งในปัจจุบัน ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก

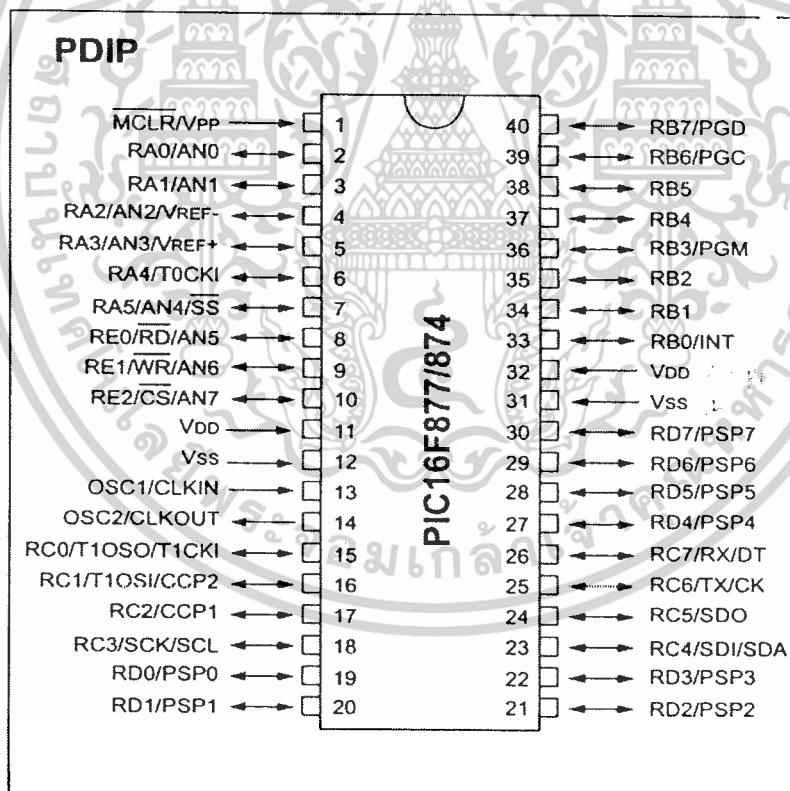


รูปที่ 2.1. ไดอะแกรมแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

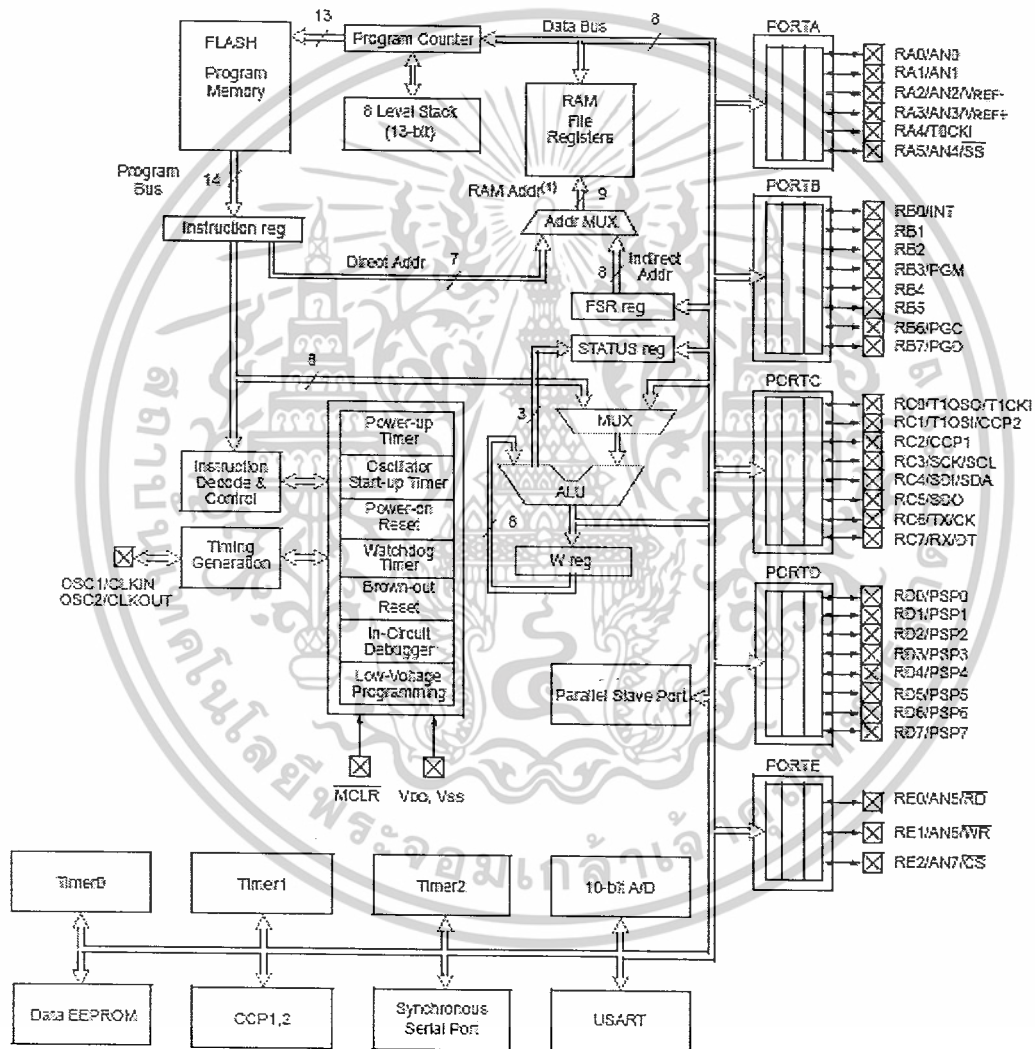
แสดงดังในรูปที่ 2.3. ส่วนประกอบก็จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาพอสมควร ได้แก่ วงจรบรรเทาแอมป์สัญญาณ ส่วนแก้ไขข้อมูลในวงจรหรือดีบั๊กเกอร์ วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ ไทเมอร์ที่มีมากถึง 3 ตัว วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม วงจรเชื่อมต่อระบบบัส I2C วงจรสื่อสารอนุกรม และโมดูลเปรียบเทียบสัญญาณ-ตรวจจับสัญญาณ-วงจรมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ หรือ PWM นอกจากนี้ในอนุกรม PIC16F877A จะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันแอนะล็อกและโมดูลสร้างแรงดันอ้างอิงเพิ่มเติมเข้ามาอีกด้วย



รูปที่ 2.2. การจัดการขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	182 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



รูปที่ 2.3. โครงสร้างการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น 40 ขา เบอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F87X

คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC(Reduced Instruction Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง35คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20MHz

-หน่วยความจำโปรแกรม

2กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC16F870/871/872

4กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC16F873(A)/874(A)

8กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC16F876/876A/877/877A

-หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์

128 ไบต์ สำหรับ PIC16F870/871/872

192 ไบต์ สำหรับ PIC16F873(A)/874(A)

368 ไบต์ สำหรับ PIC16F/876(A)/877(A)

-ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีพรอม

64 ไบต์ สำหรับ PIC16F870/871/872

128 ไบต์ สำหรับ PIC16F873(A)/874(A)

256 ไบต์ สำหรับ PIC16F/876(A)/877(A)

- ตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์สูงสุดถึง 15 แหล่งขึ้นกับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

-มีสเต็ก 8 ระดับ

-มีวงจรวอร์ออนรีเซต

-มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ และออสซิลเลเตอร์สตาร์อัปไทเมอร์

- มีวงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัวทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง

- เลือกป้องกันข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสามารถเลือกระดับการป้องกันได้

-มีโหมดประหยัดพลังงาน

- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน+5 V ได้

-แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการICD (In circuit Debugger) ผ่าน

เอกสารนี้เป็น**พอร์ทัลเพียง2ขา**สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 ถึง +5V
- กระแสซิงก์และซอร์ส ของพอร์ต 25 mV
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลดน้อยกว่า 2 mA ที่ไฟเลี้ยง +5V และสัญญาณนาฬิกา 4 MHz 20 uA ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz น้อยกว่า 1uA ในโหมดประหยัดพลังงานหรือ สแตนด์บาย
- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8บิต มีปริสเกลเลอร์ขนาด 8บิตในตัว , ไทเมอร์ 1ขนาด 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์ และ ไทเมอร์ 2ขนาด 8บิต มีปริสเกลเลอร์, โปสต์สเกลเลอร์ และริจิสเตอร์คาบเวลา ขนาด 8 บิตในตัว
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดยส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ มีขนาด 16 บิตความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาทีส่วนเปรียบเทียบสัญญาณมีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 200 นาโนวินาทีวงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และบัส I2C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม พร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยงเพื่อการรีเซตซีพียู หรือ เรียกว่า บราวเอาต์รีเซต

นอกจากนี้ขนาดของหน่วยความจำทั้งส่วนโปรแกรม, ข้อมูล, ริจิสเตอร์ และหน่วยความจำอีอีพรอมในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ก็มีเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถสรุปคุณสมบัติทางเทคนิคและการจัดขาของ PIC16F877

ในตารางที่ 2.1. เป็นรายละเอียดของการทำงานในแต่ละขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87X โดยเน้นไปที่ PIC16F873/876 และ PIC16F874/877 ตัวเลขในวงเล็บคือตำแหน่ง ขาของ PIC16F874/877

ตารางที่ 2-1 ตารางสรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16F87x

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดของวงจรบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
OSC1/CLKIN	9 (13)	อินพุต	ซมิตต์ทริกเกอร์ / ซีมอส	ขาต่อคริสตอล/ รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
OSC2/CLKOUT	10 (14)	เอาต์พุต	-	ขาต่อคริสตอล/ ในโหมด RC เป็นขาเอาต์พุต สัญญาณนาฬิกาความถี่ ¼ ของสัญญาณที่ขา OSC1
MCLR / Vpp	1	อินพุต	ซมิตต์ทริกเกอร์	- ขารับสัญญาณรีเซ็ตหลัก (Master Clear Input) ทำงานที่ลอจิก 0 - ขารับแรงดันโปรแกรม (programming voltage)
ขาพอร์ต A เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RA0 / AN0	2	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / แอนะลอก	- ขาพอร์ต RA 0 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 0
RA1 / AN1	3	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / แอนะลอก	- ขาพอร์ต RA 1 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 1
RA2 / AN2 / VREF- / C VREF	4	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / แอนะลอก	- ขาพอร์ต RA 2 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 2 - อินพุตแรงดันอ้างอิงลบของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล - เอาต์พุตแรงดันอ้างอิงของไมโครคอนโทรเลอร์ (PIC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำมาใช้ในงานเชิงพาณิชย์โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

				16F87xA)
RA3 / AN3 / VREF +	5	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / แอนะลอก	- ขาพอร์ต RA 3 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 3 - อินพุตแรงดันอ้างอิงบวกของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล
RA4 / TOCKI / C1OUT	6	อินพุต / เอาต์พุต	ซมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RA 4 กรณีใช้พอร์ตเอาต์พุตมีโครงสร้างแบบ เคนเปิด - อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 0 - เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันแอนะลอกช่อง 1 (PIC 16F87xA)
RA5 / AN5 / SS / C2OUT	7	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / แอนะลอก	- ขาพอร์ต RA 5 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 4 - เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง 2 (PIC16F87xA)

ขาพอร์ต B เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง สามารถกำหนดให้ต่อตัวต้านทานแบบพูลอัพภายในเมื่อทำงานเป็นอินพุตได้ทางซอฟต์แวร์

RB0 / INT	21 (33)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / ซมิตต์ทริกเกอร์ (1)	- ขาพอร์ต RB 0 - อินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก
RB1	22 (34)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล	- ขาพอร์ต RB 1
RB2	23 (35)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล	- ขาพอร์ต RB 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		เอาต์พุต		
RB3 / LVP	24 (36)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล	- ขาพอร์ต RB 3 - อินพุตรับแรงดันโปรแกรมต่ำ (+5V) ถ้าเอ็นเอเบิลไว้
RB4	25 (37)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล	- ขาพอร์ต RB 4 และสามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
RB5	26 (38)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล	- ขาพอร์ต RB 5 และสามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
RB6 / PGC	27 (39)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / ซมิตต์ทริกเกอร์ (2)	- ขาพอร์ต RB 6 - เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบัคในวงจร (ICD) - สามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
RB7 / PGD	28 (40)	อินพุต / เอาต์พุต	ทีทีแอล / ซมิตต์ทริกเกอร์ (2)	- ขาพอร์ต RB 7 - เป็นขาสัญญาณข้อมูลของการดีบัคในวงจร (ICD) - สามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
ขาพอร์ต C เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RCO/TIOSO/T1 CKI	11(15)	อินพุต / เอาต์พุต	ซมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 0 - เอาต์พุตของวงจรรอสซิชเลเตอร์ของไทเมอร์ 1 - อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RC1/TIOSI/CCP 2	12(16)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 1 - อินพุตของวงจรถอดสวิตช์มอเตอร์ ของไทเมอร์ 1 - อินพุตของวงจรถ่ายเจอร์/ เอาต์พุตวงจรถ่ายเทียบ/ เอาต์พุต PWM สำหรับโมดูล CCP 2
RC2/CCP1	13(17)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 2 - อินพุตของวงจรถ่ายเจอร์/ เอาต์พุตวงจรถ่ายเทียบ/ เอาต์พุต PWM สำหรับโมดูล CCP 1
RC3/SCK/SCL	14(18)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 3 - ขาสัญญาณนาฬิกาของวงจรถ่าย SPI และระบบบัส I ² C
RC4/SDI/SDA	15(23)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 4 - ขาข้อมูลอินพุตวงจรถ่าย SPI - ขาข้อมูลอนุกรมของระบบบัส I ² C
RC5/SDO	16(24)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 5 - ขาข้อมูลเอาต์พุตวงจรถ่าย SPI
RC6/TxD	17(25)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 6 - ขาเอาต์พุตวงจรถ่าย USART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม
RC7/RxD	18(26)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	- ขาพอร์ต RC 7 - ขาอินพุตวงจรถ่าย USART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม

ขาพอร์ต D เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง สามารถใช้เป็นส่วนขยายพอร์ตแบบขนานเพื่อติดต่อกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระบบบัสอื่น ไม่มีใน PIC16F873(A)/876(A)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RD0/PSP0	(19)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 0 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0
RD1/PSP1	(20)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 1 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1
RD2/PSP2	(21)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 2 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2
RD3/PSP3	(22)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 3 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3
RD4/PSP4	(27)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 4 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4
RD5/PSP5	(28)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 5 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5
RD6/PSP6	(29)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 6 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6
RD7/PSP7	(30)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RD 7 - ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 7
ขาพอร์ต E เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง ไม่มีใน PIC16F873(A)/876(A)				
RE0/AN5/RD	(8)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RE 0 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิตอล ช่อง 5 - ขาสัญญาณ RD สำหรับส่วน ขยายพอร์ตแบบขนาน
RE1/AN6/WR	(9)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RE 1 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิตอล ช่อง 6 - ขาสัญญาณ WR สำหรับส่วน ขยายพอร์ตแบบขนาน
RE0/AN7/CS	(10)	อินพุต / เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์ / ทีทีแอล ⁽³⁾	- ขาพอร์ต RE 2 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิตอล ช่อง 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

				- ขาสัญญาณ CS สำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน
ขาค่อไฟเลี้ยง				
VDD	20(11,32)	อินพุต	-	- ขาค่อไฟเลี้ยง ใช้ได้ตั้งแต่ +2-+5.5V
VSS	8,19(12,31)	อินพุต	-	- ขาค่อกราวด์
หมายเหตุ <ol style="list-style-type: none"> (1) อินพุตของวงจรับไฟเฟอร์จะเป็นแบบซิมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก (2) อินพุตของวงจรับไฟเฟอร์จะเป็นแบบซิมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อทำงานในโหมดโปรแกรมข้อมูลอนุกรม (Serial Programming Mode) (3) อินพุตของวงจรับไฟเฟอร์จะเป็นแบบซิมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นขาพอร์ตปกติ และเป็นแบบ ทีทีแอล เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน (PSP) สำหรับเชื่อมต่อกับระบบบัสไมโครโปรเซสเซอร์อื่น (4) สำหรับ PIC16F874/877 อินพุตของวงจรับไฟเฟอร์จะเป็นแบบซิมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด RC และเป็น ซิมอสเมื่อทำงานในโหมดอื่น 				

2.3 โหมดสัญญาณนาฬิกา

PIC16F877 สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานได้มากถึง 4 โหมด ซึ่งในการทำงานจะต้องเลือกโหมดใดโหมดหนึ่ง ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

- โหมด LP ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์พลังงานต่ำความถี่ 32 kHz – 200 kHz
- โหมด XT ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์มาตรฐานความถี่ 200kHz – 4 MHz
- โหมด HS ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์พลังงานต่ำความถี่ 4 MHz – 20 MHz
- โหมด RC สามารถกำหนดค่าความถี่ได้จากค่าจากค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อภายนอก

เข้ากับขา OSC1/CLKIN ความถี่สูงสุดคือ 4 MHz อย่างไรก็ตามความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในโหมดนี้ไม่อาจกำหนดลงไปได้อย่างชัดเจน เนื่องจากต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สามารถเปลี่ยนไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงได้ในขอบเขตที่กว้าง ไม่ว่าจะเป็นค่าของแรงดันไฟเลี้ยง , ค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ซึ่งต้องรวมไปถึงค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ทั้งสองด้วย อย่างไรก็ตามค่าของตัวต้านทานที่เหมาะสมอยู่ในย่าน $3k - 100k$ ส่วนค่าของตัวเก็บประจุควรมากกว่า $20pF$ นอกจากนี้ที่ขา OSC2/CLKOUT จะมีสัญญาณนาฬิกาความถี่ $\frac{1}{4}$ เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักที่ส่งออกมา

2.4 กระบวนการรีเซ็ตใน PIC16F87X

การรีเซ็ต เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการกำหนดให้ซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นการทำงานใหม่ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการแก้ไขความผิดปกติหรือการทำงานที่ผิดพลาดของไมโครคอนโทรลเลอร์ อันทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานค้างอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่ง หรือ หยุดทำงานเมื่อทำการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะกลับมาเริ่มต้นการทำงานใหม่ ทำให้ระบบโดยรวมยังกลับมาทำงานได้ต่อไป การรีเซ็ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87X มีด้วยกัน 4 ประเภทดังนี้

2.4.1. เพาเวอร์ออนรีเซ็ต (Power-on reset : POR)

เป็นการรีเซ็ตที่มีนัยสำคัญสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ เกิดขึ้นเมื่อหลังจากมีการจ่ายไฟเลี้ยงใหม่ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงเป็นการรีเซ็ตที่เกิดขึ้นแรกสุด โดยวงจร POR ในไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซ็ตจนกว่าไฟจะเลี้ยงเพิ่มขึ้น ถึงจุดที่สูงเพียงพอให้ส่วนประกอบทั้งหมดในไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมทำงานได้ โดยปกติจะใช้เวลาประมาณ $0.05V$ ต่อมิลลิวินาที ถ้าไฟเลี้ยง $5V$ ก็จะใช้เวลาสูงสุดประมาณ 100 มิลลิวินาที

หลังจากที่เกิดเพาเวอร์ออนรีเซ็ตจะมีไทมเมอร์อีก 2 ตัวที่ทำงานเพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้แก่ เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (Power-up timer : PWRT) และ ออสซิลเลเตอร์ สตาร์ทอัปไทมเมอร์ (Oscillator start-up timer) มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1.1. เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (PWRT)

ไทมเมอร์ตัวนี้โดยปกติจะมีคาบเวลาคงที่ที่ 72 มิลลิวินาที จะทำงานหลังจากที่เกิดเพาเวอร์ออนรีเซ็ตหรือบราวเอาต์รีเซ็ต โดยจะเป็นตัวกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซ็ตจนกว่าไฟเลี้ยงจะเพิ่มถึงจุดที่ทำงานได้ อย่างไรก็ตามสามารถที่จะดิสเอเบิลไทมเมอร์ตัวนี้ได้โดยการเซตบิต PWRT ใน Configuration word แต่ถ้าหากมีการเอ็นเอเบิลบราวเอาต์รีเซ็ตไว้ ต้องเอ็นเอเบิลไทมเมอร์แต่ละตัวและจะเปลี่ยนแปลงตามค่าของไฟเลี้ยงและอุณหภูมิด้วยให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2. ออสซิลเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์ (OST)

เป็นไทเมอร์ที่มีคาบเวลา 1,024 ไซเคิลของคาบเวลาสัญญาณนาฬิกาหลัก (TOSC) ที่ขา อินพุตสัญญาณนาฬิกา OSC1 ไทเมอร์ตัวนี้จะทำงานต่อจากเพาเวอร์อัปไทเมอร์ หน้าที่ของมันคือ หน่วงเวลาเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ที่ใช้ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได้เริ่มต้นทำงานและสร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีเสถียรภาพเพียงพอแล้ว ไทเมอร์ OST จะทำงานก็ต่อเมื่อเลือกโหมดสัญญาณนาฬิกาเป็น LP, XT หรือ HS เท่านั้น และทำงานเฉพาะเมื่อเกิดเพาเวอร์อนรีเซตหรือเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เวกอัปออกจากโหมดสลีป

2.4.1.3 จังหวะการเกิดเพาเวอร์อนรีเซต

ไต่อะแกรมเวลาของการเกิดสัญญาณรีเซตอื่นเนื่องจากการเริ่มต้นจ่ายไฟเลี้ยงใหม่ โดยจะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ ไต่อะแกรมเวลาที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่ไมต่อขา MCLR เข้ากับไฟเลี้ยง ส่วนกรณีที่ต่อขา MCLR เข้ากับไฟเลี้ยงไปพร้อมๆ กัน เมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟเลี้ยง VDD แรงดันจะเพิ่มค่าขึ้น พร้อมกันนั้นสัญญาณ POR ภายในจะเกิดการแอกตีฟ ทำให้ PWRT เริ่มต้นทำงาน หลังจากนั้น OST จะทำงานรับช่วงต่อ เมื่อครบเวลาสัญญาณรีเซตภายในจึงหยุดลง ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเริ่มต้นทำงานได้ พิจารณาที่ขา MCLR ในกรณีที่ไมต่อกับไฟเลี้ยงสถานะที่ขาจะเป็น "0" หรือ "1" อย่างไม่แน่นอน ถ้าหากเกิดเป็นลอจิก "1" ขึ้นก่อนที่ไทเมอร์ทั้งสองตัวคือ PWRT และ OST จะทำงานสิ้นสุด หลังจากนั้น OST หยุดทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานได้ทันที แต่ถ้าหากขา MCLR ยังคงเป็น "0" หลังจากที่ PWRT และ OST หยุดทำงานแล้วตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงอยู่ในสภาวะรีเซตต่อไปอีกชั่วขณะ หรือบางทีอาจยาวนาน ทั้งนี้ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดได้ จนกระทั่งขา MCLR เป็นลอจิก "1" สัญญาณรีเซตภายในก็จะหยุดลง แต่ถ้าหากต่อขา MCLR เข้ากับไฟเลี้ยงโดยผ่านตัวต้านทานพูลอัป จะทำให้ขา MCLR เป็นลอจิก "1" ไปตามการจ่ายไฟเลี้ยง VDD หลังจากนั้นสัญญาณรีเซตภายในก็จะเกิดขึ้น และหยุดลงหลังจาก OST หยุดทำงาน ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ทันทีอย่างแน่นอน แสดงตัวอย่างการต่อวงจรเพาเวอร์อนรีเซตเข้าที่ขา MCLR เพื่อควบคุมสถานะลอจิกที่ขา MCLR

2.4.2. การรีเซตที่ขา MCLR

เกิดขึ้นเมื่อขา MCLR ได้รับลอจิก “ 0 ” ในการใช้งานปกติขานี้จะต่อตัวต้านทานพูลอัพหรือวงจรเพาเวอร์อนรีเซตซึ่งหลังจากจ่ายไฟแล้วสถานะที่ขา MCLR จะถูกรักษาไว้ที่ระดับลอจิก “ 1 ” ในกรณีที่ต้องการให้เกิดการรีเซตสามารถต่อขา MCLR นี้ลงกราวด์ชั่วคราว แล้วปลดออก จะทำให้เกิดการรีเซตแล้ว ดังนั้นในทางปฏิบัติอาจต่อสวิตช์กดติดปล่อยดับเข้าระหว่างขา MCLR นี้กับกราวด์ หากต้องการให้เกิดการรีเซต ก็เพียงกดสวิตช์แล้วปล่อยเท่านั้น

การรีเซตแบบนี้จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลับมาเริ่มทำงานที่แอดเดรส 0x0000 ใหม่ ค่าในรีจิสเตอร์บางตัวไม่เปลี่ยนแปลง และข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลแรมจะไม่ได้รับผลกระทบ ถ้าหากไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมดสลีป และมีการป้อนลอจิก “ 0 ” เข้าที่ขา MCLR นอกจากทำให้เกิดการรีเซตแล้วยังทำให้เกิดการเวกอัพออกจากโหมดสลีปด้วย

2.4.3. การรีเซตเนื่องจากวอตซ์ด็อกไทเมอร์

จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเอ็นเอเบิลวอตซ์ด็อกไทเมอร์ให้ทำงาน และไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถเคลียร์ค่าวอตซ์ด็อกไทเมอร์ได้ทันภายในคาบเวลาของวอตซ์ด็อกไทเมอร์ อันเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาด วนอยู่กับการทำงานบางอย่างจนไม่สามารถกลับมาทำงานตามขั้นตอนปกติได้ จนกระทั่งวอตซ์ด็อกไทเมอร์เกิดใหม่เอาต์ วอตซ์ด็อกไทเมอร์ก็จะสร้างสัญญาณรีเซตภายในส่งมายังซีพียู ทำให้เกิดการรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้น

แต่ถ้าหากในขณะนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอยู่ในโหมดสลีป การที่วอตซ์ด็อกไทเมอร์จะเป็นการเวกอัพหรือกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากโหมดสลีป กลับมาทำงานในโหมดปกติ

2.4.4. บราวเอาต์รีเซต

ภายใน PIC16F877 มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนดหรือเรียกว่า บราวเอาต์ดีเท็ก (Brown-out detect : BOD) หากพบว่าไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์ลดต่ำลงถึงจุดที่กำหนด ก็จะกำเนิดสัญญาณรีเซตภายในส่งไปยังซีพียูเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ถ้าหากไฟเลี้ยงกลับมาอยู่ในระดับปกติระบบก็จะสามารถปฏิบัติงานต่อไปได้อย่างไม่ติดขัดการใช้ BOD จะช่วย

แก้ปัญหาไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาด หรือ หยุดทำงานอันเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้าของไฟเลี้ยง ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับใน PIC16F877 ระดับแรงดันที่ทำให้วงจร BOD ทำงานคือ 3.7-4.35V ในการทำงานจริงเมื่อแรงดันลดลงถึง 4V เป็นเวลามากกว่า 100 ไมโครวินาที วงจร BOD จะทำงานเพื่อสร้างสัญญาณรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงอยู่ในสภาวะรีเซ็ตจนกว่าระดับไฟเลี้ยงจะกลับมาอยู่ในระดับต่ำสุดที่สามารถทำงาน ซึ่งทำให้เพาเวอร์อัปไทมเมอร์(PWRT) ทำงาน หน่วงเวลา 72 มิลลิวินาที ถ้าหากในช่วงเวลานั้นไฟเลี้ยงเกิดลดต่ำลงจนวงจร BOD ทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะกลับก็จะกลับไปสู่สภาวะรีเซ็ตอีกครั้ง รอคอยไฟเลี้ยงให้กลับมาอยู่ในระดับที่สามารถทำงานได้ นั่นคือเริ่มต้นกระบวนการของเพาเวอร์อัปไทมเมอร์ใหม่อีกครั้ง จนกระทั่งไฟเลี้ยงคงที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะกลับมาทำงานตามปกติ

หากไฟเลี้ยงตกลงชั่วขณะแต่นานพอที่จะทำให้วงจร BOD ตรวจจับได้ ก็จะเกิดสัญญาณรีเซ็ตภายในซึ้น หลังจากไฟเลี้ยงกลับมาอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการทำงาน จะมีการหน่วงเวลาไปอีก 72 มิลลิวินาที

กรณีไฟเลี้ยงเกิดการกระเพื่อม จะมีช่วงเวลานึงที่มีค่าสูงถึงระดับที่ทำงานได้ แต่ทว่ามีระยะเวลาสั้นกว่า 72 มิลลิวินาที จึงยังคงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซ็ตจะเห็นประโยชน์ของเพาเวอร์อัปไทมเมอร์ในเวลานี้ เพราะมันจะช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่ต้องทำงานจนกว่าจะแน่ใจว่ามีการจ่ายไฟเลี้ยงที่ถูกต้องและมีระยะเวลาที่นานพอจะแน่ใจได้ว่า ไม่ใช่แรงดันกระชากที่ปะปนเข้ามาในสายไฟเลี้ยง

แสดงให้เห็นถึงการตกลงของไฟเลี้ยงเป็นเวลายาวนาน ไม่ใช่ชั่วขณะซึ่ง วงจรบราวเอาต์ดีเท็คต์สามารถตรวจสอบได้ และควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะรีเซ็ตยาวนานต่อเนื่องและหน่วงเวลาต่อไปอีก 72 มิลลิวินาทีหลังจากไฟเลี้ยงกลับมาอยู่ในระดับปกติ

ผู้ใช้งานสามารถเลือกให้วงจร BOD ทำงานหรือไม่ก็ได้ โดยการกำหนดที่บิต BODEN ใน Configuration word ถ้าต้องการใช้งานให้เซตบิต BODEN แต่ถ้าต้องการดิสเอบิลหรือไม่เลือกใช้งานให้เคลียร์บิต BODEN

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องดิสเอบิลวงจร BOD ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ยังคงต้องการการรีเซ็ตแบบนี้อยู่ก็สามารถทำได้โดยการต่อวงจรภายนอกเพิ่มเติม ดังแสดงตัวอย่างวงจร ซึ่งก็คือการป้อนลอจิก “ 0 ” ให้แก่ขา MCLR เพื่อรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง หากแต่การเกิดสัญญาณรีเซ็ตนี้จะมีเงื่อนไขคือ เมื่อแรงดันไฟเลี้ยงลดต่ำกว่าที่กำหนด ทรานซิสเตอร์ Q1 จะหยุดทำงาน ทำให้แรงดันตกคร่อม R3 เป็น “ 0 ” และแรงดันตกคร่อม R3 ก็คือแรงดันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนให้แก่ขา MCLR เมื่อแรงดันเป็นศูนย์จึงเกิดเป็นระดับลอจิก “ 0 ” ส่งเข้าที่ขา MCLR ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเกิดการรีเซ็ตขึ้นในที่สุด

2.5.การจัดสรรหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ควบคุมของPIC16F87x

2.5.1.การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นที่เก็บข้อมูลคำสั่งทั้งหมดซึ่งใช้ในการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน หน่วยความจำโปรแกรมของ PIC16F877 เป็นแบบแฟลช (flash memory) ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับแสนครั้ง แต่อย่างไรก็ตามโดยปกติ หน่วยความจำที่ทำการเขียนในขั้นตอนของการทำโปรแกรมแล้วก็จะมิไว้สำหรับอ่านออกมาได้เพียงทางเดียว

PIC16F877 มีโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ขนาด 13บิตเพื่อกำหนดการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรม โดยใน PIC16F876/877 จะมีขนาด 8K × 14 บิต(หรือ 8กิโลเวิร์ด) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรมนี้มีขนาดหน่วยความจำโปรแกรมที่ค่อนข้างใหญ่มากจึงต้องมีการจัดสรรเป็นเพจ(page)หรือเป็นหน้า โดยในแต่ละเพจมีขนาด 2 กิโลเวิร์ด ทั้งนี้เนื่องจากชุดคำสั่งเกี่ยวกับการกระโดด ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC สามารถอ้างถึงตำแหน่งของหน่วยความจำได้สูงสุด 2048 ตำแหน่ง

การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC16F877 สำหรับพื้นที่ 4 แอดเดรสแรก ของเพจ 0 สกวนไว้เป็นที่เก็บค่าแอดเดรสรีเซ็ตแอดเดรส ซึ่งจัดสรรไว้ที่ตำแหน่ง 0x0000 และที่ตำแหน่ง 0x0004 เป็นที่เก็บค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์แอดเดรส ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมที่ดีจึงควรกระโดดมาเริ่มต้นทำงานที่แอดเดรส 0x0005 จะเหมาะสมมากที่สุด แต่ถ้าหากผู้เขียนโปรแกรม คาดว่าไม่มีการใช้งานอินเตอร์รัปต์อย่างแน่นอน ก็สามารถละเลยเรื่องอินเตอร์รัปต์แอดเดรสนี้ไปได้ จุดที่จะต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่งก็คือ การติดต่อกันระหว่างเพจ ของหน่วยความจำโปรแกรม ผู้เขียนโปรแกรมจำเป็นต้องกำหนดให้เกิดการกระโดด อยู่ในตำแหน่ง 2,048 ตำแหน่ง และถ้าหากมีการข้ามเพจเกิดขึ้นจะต้องแบ่งช่วงกระโดดระหว่างเพจนี้ สำหรับ PIC16F876/877 มีการแบ่งหน่วยความจำโปรแกรมออกเป็น 4 เพจ ดังนี้

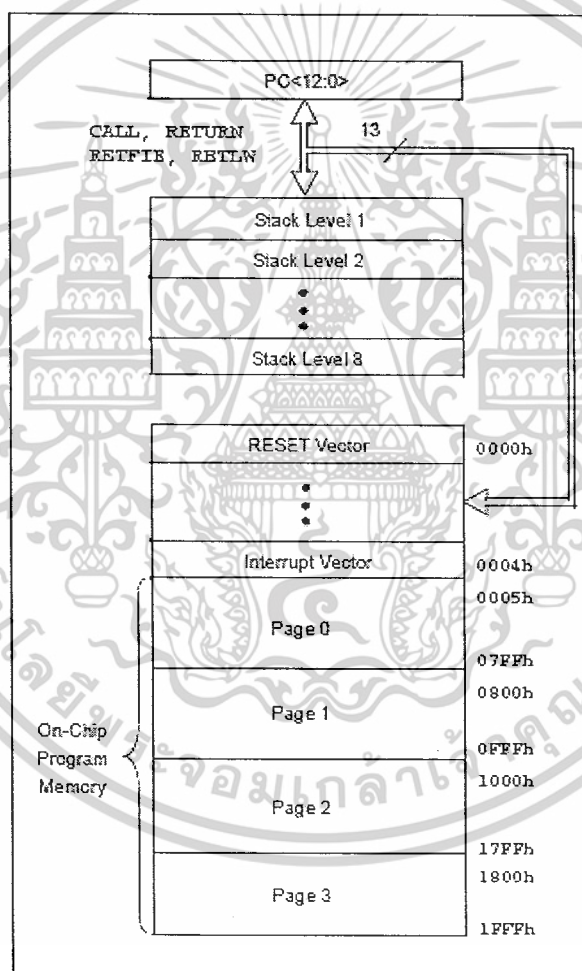
เพจ 0 มีแอดเดรสในช่วง 0x0000-0x07FF (โดยควรสกวนแอดเดรส0x0000 และ 0x0004ไว้)

เพจ 1มีแอดเดรสในช่วง 0x0800-0x0FFF

เพจ 2 มีแอดเดรสในช่วง 0x1000-0x17FF

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้น ใน PIC16F877 ยังมีพื้นที่หน่วยความจำพิเศษสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ชั่วคราวขนาด 13 บิต เรียกว่า สแต็ก (stack) ซึ่ง จะมีบทบาทในการกระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อยของ PIC16F877 โดยเมื่อกระทำคำสั่งให้กระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อย เมื่อทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ซีพียูจะไปอ่านค่า PC จากสแต็กกลับมา แล้วทำงานตามกระบวนการในโปรแกรมหลักต่อไป สำหรับสแต็กใน PIC16F87x มีขนาด 13 บิต สามารถเก็บค่าของ PC ได้ 8 ระดับ



รูปที่ 2.4. การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2. การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์

ใน PIC16F876/877 หน่วยความจำข้อมูลแรมสำหรับใช้งานทั่วไป 368 ไบต์และมีรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 8 บิต 57 ตัว หรือ 59 ในเบอร์ PIC16F876A/877A ดังแสดงในรูปที่ 2.4. แต่ละแบงก์มีขนาดสูงสุด 128 ไบต์ แต่มีการใช้งานได้จริงในแต่ละแบงก์ต่างกัน โดยในแต่ละแบงก์ มีการจัดสรรพื้นที่ดังนี้

แบงก์ 0 มีช่วงแอดเดรส 0x00-0x7F

แอดเดรส 0x00-0x1F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์

แอดเดรส 0x20-0x7F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 96 ไบต์

แบงก์ 1 มีช่วงแอดเดรส 0x80-0xFF

แอดเดรส 0x80-0x9F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0xA0-0xFF เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

แอดเดรส 0xF0-0xFF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจาก แอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยน แบงก์

แบงก์ 2 มีช่วงแอดเดรส 0x100-0x17F

แอดเดรส 0x100-0x10F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0x110-0x11F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 16 ไบต์

แอดเดรส 0x120-0x16F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

แอดเดรส 0x170-0x17F บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจาก แอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยน แบงก์

แบงก์ 3 มีช่วงแอดเดรส 0x180-0x1FF

แอดเดรส 0x180-0x18F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0x190-0x19F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 16 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรส 0x1A0-0x1EF เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

แอดเดรส 0x1F0-0x1FF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจาก แอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้อง เปลี่ยน แบงก์

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ^(*) 00h	Indirect addr. ^(*) 80h	Indirect addr. ^(*) 100h	Indirect addr. ^(*) 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h		
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPAD0 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 96h	General Purpose Register 16 Bytes 117h	General Purpose Register 16 Bytes 197h
TXREG 19h	SPBRG 98h		
RCON 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch			
CCP2CON 1Dh			
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
General Purpose Register 98 Bytes 20h	General Purpose Register 80 Bytes ADh	General Purpose Register 80 Bytes 120h	General Purpose Register 80 Bytes 1A0h
	accesses 70h-7Fh EFh	accesses 70h-7Fh 16Fh	accesses 70h-7Fh 1EFh
Bank 0 7Fh	Bank 1 FFh	Bank 2 17Fh	Bank 3 1FFh

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 * Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.
 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

รูปที่ 2.5. การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F876(A)/877(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3. รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F877

2.5.3.1. รีจิสเตอร์ STATUS

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลแสดงสถานการณ์ทำงานของ PIC16F87x ไม่ว่าจะเป็นแฟลค แสดงผลของการกระทำคำสั่ง ทางคณิตศาสตร์และลอจิก , แสดงการทำงานของวอตช์ดอกโทเมอร์ , แสดงการทำงานในโหมด สลึปและใช้ในการเลือกแบงค์ ของหน่วยความจำข้อมูลแรม มีแอดเดรส อยู่ที่ตำแหน่ง 0x03 ในแบงค์ 0 , 0x83 ในแบงค์ 1, 0x103 ในแบงค์ 2 และ 0x183 ในแบงค์ 3 ดังมีรายละเอียดของแต่ละบิตดังต่อไปนี้

IRP (Indirect Register Bank Select bit) : ใช้เลือกแบงค์ของหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์ เมื่อใช้ในการอ้างถึงแบบ โดยอ้อม (indirect addressing mode)

“ 0 ” - เลือกแบงค์ 0 และ 1 (แอดเดรส 0x00-0xFF)

“ 1 ” - เลือกแบงค์ 2 และ 3 (แอดเดรส 0x100-0x1FF)

RP1-RP0 (Register Bank Select bit) : ใช้เลือกแบงค์ของหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์ เมื่อใช้ในการอ้างถึงแบบ โดยตรง (direct addressing mode)

“ 00 ” แบงค์ 0 (แอดเดรส 0x00-0x7F)

“ 01 ” แบงค์ 1 (แอดเดรส 0x80-0xFF)

“ 10 ” แบงค์ 2 (แอดเดรส 0x100-0x17F)

“ 11 ” แบงค์ 3 (แอดเดรส 0x180-0x1FF)

TO (Time-out bit) : บิตแสดงขอบเขตเวลา แสดงการเกิดไทม์เอาต์ เมื่อวอตช์ดอกโทเมอร์ (WDT) ทำงานครบเวลาที่กำหนด โดยแอกติฟเป็นลอจิก “ 0 ” บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว การเซตบิตนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ เริ่มจ่ายไฟให้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือ เมื่อมีการกระทำคำสั่ง CLRWDT หรือ SLEEP

PD (Power-down bit) : บิตแสดงการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานจากการกระทำคำสั่ง SLEEP บิตนี้จะกลายเป็นลอจิก “ 0 ” สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว การเซตบิตนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อมีการกระทำคำสั่ง CLRWDT ทำให้ออกจากโหมดประหยัดพลังงาน

Z (Zero bit) : บิต 0 ใช้แสดงผลการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์

“ 0 ” - หลังจากกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์หรือลอจิกแล้ว ผลลัพธ์ไม่เป็นศูนย์

“ 1 ” - หลังจากกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์หรือลอจิกแล้ว ผลลัพธ์เป็นศูนย์

DC (Digit carry/borrow bit) : บิตทดหรือยืมระหว่างหลัก เป็นบิตแสดงผลทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง ADDWF และ ADDLW ที่บิต DC จะเกิดผลดังนี้

“ 0 ” - หากไม่เกิดการทดข้ามจากบิต 3 ไปยังบิต 4

“ 1 ” - หากเกิดการทดข้ามจากบิต 3 ไปยังบิต 4

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง SUBWF และ SUBLW ที่บิต DC จะเกิดผลดังนี้

“ 0 ” - หากเกิดการยืมค่าจากบิต 4 ไปยังบิต 3

“ 1 ” - หากไม่เกิดการยืมค่าจากบิต 4 ไปยังบิต 3

C (Carry / borrow bit) : บิตทดหรือยืม ใช้แสดงผลการทดและยืมค่าทางคณิตศาสตร์

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง ADDWF และ ADDLW ที่บิต C จะเกิดผลดังนี้

“ 0 ” - หากไม่เกิดการทดจากบิต MSB หรือ บิต 7

“ 1 ” - หากเกิดการทดจากบิต MSB หรือ บิต 7

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง SUBWF และ SUBLW ที่บิต C จะเกิดผลดังนี้

“ 0 ” - หากเกิดการยืมค่าของบิต MSB

“ 1 ” - หากไม่เกิดการยืมค่าของบิต MSB

2.5.3.2. รีจิสเตอร์ OPTION_REG

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านและเขียนได้ทุกบิตบรรจุข้อมูลควบคุมการพูลอัปของพอร์ต B , เลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RBO/INT , ข้อมูลสำหรับควบคุมการทำงานของไทเมอร์เบอร์ 0 และวอตช์ด็อกไทเมอร์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x81 ในแบงก์ 1 และ 0x181 ในแบงก์ 3 ดังมีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตดังต่อไปนี้

RBPU (Port B Pull-up enable bit) : บิตเอ็นเอเบิลการพูลอัปของพอร์ต B

“ 0 ” - เอ็นเอเบิลการพูลอัป

“ 1 ” - ดิสเอเบิลการพูลอัป

INTEDG (Interrupt edge select bit) : บิตเลือกขอบขาสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RBO/INT

“ 0 ” - เลือกขอบขาลงของสัญญาณ

“ 1 ” - เลือกขอบขาขึ้นของสัญญาณ

TOCS (TMRO Clock source select bit) : บิตเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 0

“ 0 ” - รับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนด ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1 - รับสัญญาณจากภายนอกที่ขา RA4/TOCKI
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSE(TMRO source select bit) : บิตเลือกการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณเพื่อทำให้ไทมเมอร์ 0 เพื่อเพิ่มค่า การกระทำข้อมูลในบิตนี้เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไทมเมอร์ 0 ที่บิต TOCS หากเลือกรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก จะต้องมาเลือกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่บิตนี้ แต่ถ้าเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายใน การกำหนดข้อมูลที่บิตนี้จะไม่แสดงผลแต่อย่างใด

“ 0 ” - เลือกการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากต่ำไปสูง

“ 1 ” - เลือกการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากสูงไปต่ำ

PSA(Prescaler assignmment bit) : บิตเลือกการทำงานของปริสเกลเลอร์

“ 0 ” - เลือกให้ปริสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับไทมเมอร์ 0

“ 1 ” - เลือกให้ปริสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับวอตช์ดีค็อกไทมเมอร์ เมื่อ ปริสเกลเลอร์ทำงาน กับวอตช์ดีค็อกไทมเมอร์ จะเรียกว่าโพสต์สเกลเลอร์(postscaler)

PS2-PS0 (Presclaer rate select bit) : บิตเลือกอัตราส่วนของปริสเกลเลอร์ ใช้ในการกำหนดอัตราส่วนในการทำงานของปริสเกลเลอร์เมื่อทำงานร่วมกับทั้งวอตช์ดีค็อกไทมเมอร์และ ไทมเมอร์ 0 ซึ่งจะมีอัตราส่วน ที่แตกต่างกัน

2.5.3.3. รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการแจ้งสถานะของการรีเซตที่เกิดขึ้นของ PIC16F87X มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x8E มีบิตใช้งานเพียง 2 บิตดังนี้

บิต 2-7 ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เป็น “ 0 ”

POR (Power – on reset status bit) : บิตแสดงสถานะ การเกิดเพาเวอร์ออกรีเซต

“ 0 ” - มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออกรีเซตเกิดขึ้น

“ 1 ” - ไม่มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออกรีเซตเกิดขึ้น

หลังจากที่มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออกรีเซตเกิดขึ้น จะต้องเซตบิตนี้ให้เป็น “ 1 ” ทันทีด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

BOR (Brown – out reset status bit) : บิตแสดงการเกิดสถานะการเกิดบราวเอาต์รีเซต

“ 0 ” - มีเหตุการณ์บราวเอาต์เกิดขึ้น

“ 1 ” - ไม่มีเหตุการณ์บราวเอาต์เกิดขึ้น

หลังจากที่มีเหตุการณ์บราวเอาต์รีเซตเกิดขึ้น จะต้องเซตบิตนี้ให้เป็น “ 1 ” ทันทีด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.4. รีจิสเตอร์ W

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพราะไม่ว่าจะเป็นการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ ลอจิก การเพิ่มหรือลดค่าต่างๆ ต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ W นี้ทั้งสิ้น หรืออาจกล่าวได้ว่า รีจิสเตอร์ W คือ แอควิวมูลเลเตอร์ (accumulator) ในการเรียกใช้งานรีจิสเตอร์ตัวนี้สามารถกระทำได้ในทันทีและตลอดเวลาโดยผ่านคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับรีจิสเตอร์ W ซึ่งสามารถสังเกตได้จากชื่อคำสั่ง หากคำสั่งใดมีอักษร W เข้าไปเป็นส่วนประกอบ คำสั่งนั้นๆจะต้องติดต่อกับรีจิสเตอร์ W อย่างแน่นอน

2.5.3.5. โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)

เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ทำหน้าที่ระบุแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมที่ซีพียูต้องไปอ่านข้อมูลเพื่อทำงาน โปรแกรมเคาน์เตอร์มีขนาด 13 บิต สำหรับ PIC16F873/876 ซึ่งมีมีขนาดหน่วยความจำ 4 กิโลเวิร์ดจะใช้โปรแกรมเคาน์เตอร์จำนวน 12 บิต และ PIC16F874/877 ใช้ครบทั้ง 13 บิต

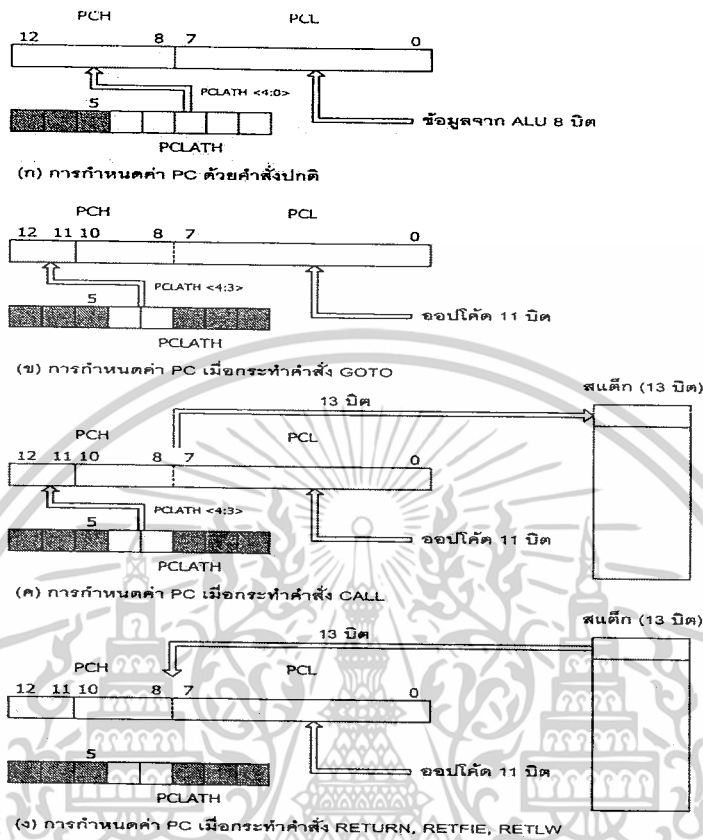
โปรแกรมเคาน์เตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาด 8 บิต เป็นข้อมูลในไบต์ต่ำ (บิต 0-7) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCL มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x02 อีกส่วนหนึ่งมีขนาด 5 บิต เป็นข้อมูลในไบต์สูง (บิต 8-12) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCH สำหรับรีจิสเตอร์ PCH ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง การปรับปรุงข้อมูลใน PCH ต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ PCLATH ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0

ในรูปที่ 2.6. แสดงการกำหนดค่าลงในโปรแกรมเคาน์เตอร์ซึ่งอาจเกิดขึ้น 4 ลักษณะคือ จากในรูปที่ 2.6. (ก) เป็นการกำหนดค่า PC หลังจากการกระทำคำสั่งทั่วไป โดยข้อมูลแอดเดรส 8 บิต ใน PCL จะได้มาจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (ALU) ส่วนอีก 5 บิตจะผ่านมาทางรีจิสเตอร์ PCLATH ลักษณะที่ สอง เมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง GOTO ออปโค้ด 11 บิตแรก (บิต 0-10) ซึ่งเป็นค่าของแอดเดรสปลายทางจะเก็บไว้ใน PCL 8 บิต รวมอีก 3 บิตล่างของ PCH จะได้ข้อมูลมาจากบิต 3 และ 4 ของรีจิสเตอร์ PCLATH ดังในรูปที่ 2.6. (ข)

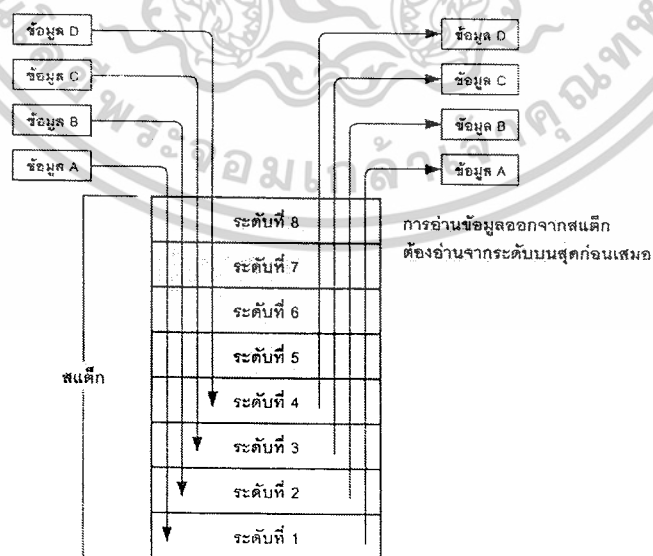
ลักษณะที่สาม เมื่อ ซีพียูกระทำคำสั่ง CALL ค่าของ PC เดิมทั้ง 13 บิตจะนำไปเก็บไว้ในสแต็กเรียกกระบวนการนี้ว่า พูช (push) จากนั้นค่าของ PC จะเปลี่ยนแปลงตามค่าของแอดเดรสที่ต้องกระโดดไปทำงาน โดยค่าของ PC ใน 2 บิตบนจะได้มาจาก บิต 3 และ 4 ของ PCLATH ดังในรูปที่ 2.6. (ค)

ลักษณะที่สี่ หลังจากทีซีพียูกระทำคำสั่ง RETURN , RETFIE หรือ RETLW จะทำการโหลดค่า PC ที่เก็บไว้ในสแต็กกลับมา เรียกกระบวนการนี้ว่า ป๊อป (pop) ดังนั้นการกำหนดค่าของ PC ในลักษณะนี้จึงไม่ต้องใช้ PCLATH ในการกำหนดค่าแต่อย่างใด ดังในรูปที่ 2.6. (ง)

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6. แสดงกลไกการทำงานของโปรแกรมเคาเตอร์ (PC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.7. แสดงกลไกการทำงานของสแต็กอย่างง่าย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.6. สแต็ก (stack)

ใน PIC16F877 มีหน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ซึ่งควรวางขนาด 13 บิต หรือเรียกว่า สแต็ก หน้าทีของมันคือ เก็บข้อมูลที่ยังต้องการอยู่ของรีจิสเตอร์ และเมื่อข้อมูลนั้นถูกนำมาเก็บไว้ในสแต็กแล้ว ก็สามารถที่จะเปลี่ยนข้อมูลในรีจิสเตอร์ตัวนั้นๆ ได้ทันที หลังจากที่ทำงานเรียบร้อยแล้วจึงกลับมาอ่านข้อมูลจากสแต็ก ดังมีกระบวนการทำงานแสดงในรูปแบบที่ 2.7. การเก็บข้อมูลของสแต็กจะมีลักษณะเป็นระดับหรือเป็นชั้น ข้อมูลที่เก็บเข้ามาก่อนจะต้องอ่านออกทีหลังหรือแบบ FILO (Fist In Last Out) จำนวนระดับจำกัดไว้ที่ 8 ระดับ โดยพื้นที่ของสแต็กนั้นจะจัดสรรแยกไว้ต่างหาก ไม่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ของหน่วยความจำแต่อย่างใด

ตัวชี้ตำแหน่งของสแต็กหรือ สแต็กพอยน์เตอร์ (stack pointer) ผู้ใช้งานไม่สามารถทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ โดยค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะเปลี่ยนแปลงอัตโนมัติจากการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE การเก็บค่าของสแต็กจะต่อเนื่องกันเป็นวงกลม สามารถเก็บข้อมูลได้ 8 ค่า เมื่อมีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 9 เข้ามาข้อมูลนั้นจะไปทับในสแต็กของข้อมูลครั้งแรกวนเช่นนี้ไปตลอด ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จึงไม่มีการแจ้งสแต็กเกิน (stack overflow) นอกจากนี้การเก็บหรืออ่านค่าในสแต็กของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE หรือเกิดการอินเตอร์รัปต์เท่านั้น ไม่มีคำสั่ง PUSH หรือ POP เพื่อติดต่อกับสแต็กเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ

2.6. พอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F87x

PIC16F877 มีพอร์ตให้ใช้งานตั้งแต่ 3-5 พอร์ต จำนวน 20-33 บิต ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้จะกล่าวถึงภาพรวมของพอร์ต A ถึง E โดยจะเน้นไปที่โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และฟังก์ชันการทำงานในภาพรวม

ความสามารถในการจ่ายกระแสเอาต์พุตของขาพอร์ตที่ไฟเลี้ยง +5V คือ 25mA ต่อขาทั้งกระแสซิงค์และกระแสซอร์ซ ในขณะที่กระแสเอาต์พุตรวมของพอร์ต A , B และ E มีค่าสูงสุด 200mA ส่วนกระแสเอาต์พุตรวมของพอร์ต C และ D มีค่าสูงสุด 200mA

2.6.1. พอร์ต A

มีทั้งสิ้น 6 ช่อง หรือ 6 บิต กำหนดเชื่อมขาเป็น RA0-R4 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTA มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x05 (แแบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แต่ใช้งานจริงเพียง 6 บิต ที่เหลือ 2 บิต ต้องกำหนดให้เป็น “ 0 ” ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISA ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x85 (แแบงก์ 1) มีขนาด 8 บิตและใช้เพียง 6 บิตเช่นกัน 2 บิตไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนคือ บิต 6 และบิต 7 ต้องกำหนดให้เป็น “0” บิต 0 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA0 ไล่เรียงลำดับจนถึงบิต 5 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA5 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล “1” ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุตให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการให้เป็นขาเอาต์พุตให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังบิตนั้น

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

พอร์ต A สามารถทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติและเป็นขาอินพุตสัญญาณแอนะล็อก สำหรับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อก เป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขา RA0-RA3 และ RA 5 จะมีการทำงานที่เหมือนกัน ส่วน RA4 จะแตกต่างตรงที่ขานี้นอกจากเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติแล้ว ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับ ไทมเมอร์ 0 ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย และขา RA4 นี้ไม่สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณแอนะล็อกได้

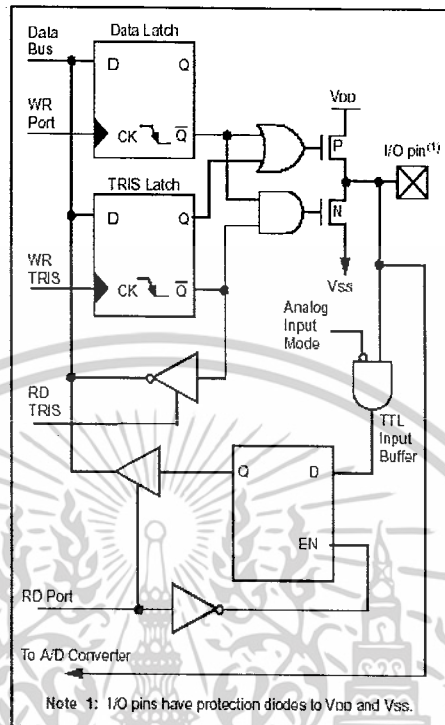
ในรูปที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต A ในบิต RA0-RA3 จะเห็นได้ว่าที่ขาพอร์ตจะมีแอนด์เกตทำหน้าที่เลือกลักษณะการทำงานของขาพอร์ตเมื่อเป็นขาอินพุต หากเลือกให้ขาพอร์ตนี้เป็นขาพอร์ตอินพุตดิจิตอล สัญญาณเลือกโหมดอินพุตแอนะล็อกจะต้องเป็นลอจิก “0” แต่ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาอินพุตสัญญาณแอนะล็อกสัญญาณเลือกโหมดต้องเป็นลอจิก “1” สัญญาณแอนะล็อกที่ป้อนเข้ามาขานี้

เมื่อขาพอร์ต RA0-RA3 ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตดิจิตอล จะสามารถรับสัญญาณดิจิตอลระดับที่ทีแอล (0-5V) ได้โดยตรง หากทำงานเป็นเอาต์พุตจะสามารถขับโหลดที่ต้องการกระแส 20mA

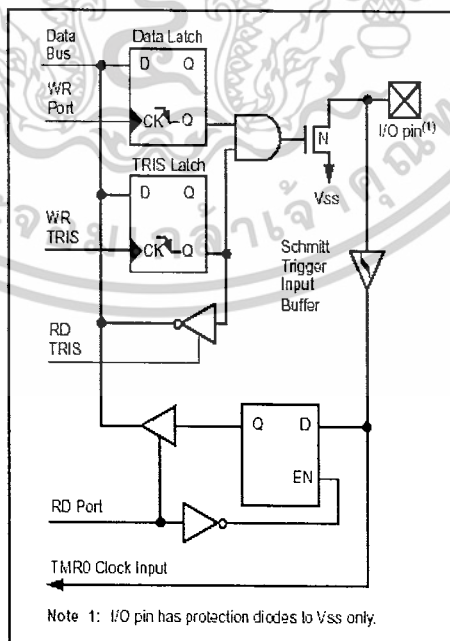
ขาพอร์ต RA5 ขานี้ก็มีความพิเศษไม่น้อย โดยนอกจากเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอลแล้วยังสามารถเลือกให้ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตสัญญาณแอนะล็อก สำหรับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลในช่อง 4

ในรูปที่ 2.9 เป็นไดอะแกรมของขาพอร์ต RA4/T0CK1 โดยขานี้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ และขาอินพุตรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกของโมดูลไทมเมอร์ 0 วงจรอินพุตบัฟเฟอร์ที่ขาพอร์ตนี้เป็นแบบซมิตต์ทริกเกอร์ ทั้งนี้เพื่อจัดการให้สัญญาณอินพุตที่เข้ามามีความสามารถสมบูรณ์มากที่สุด และจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปค่าประมาณ 4.7k – 10k ที่ขานี้เสมอเมื่อใช้งานเป็นอินพุต

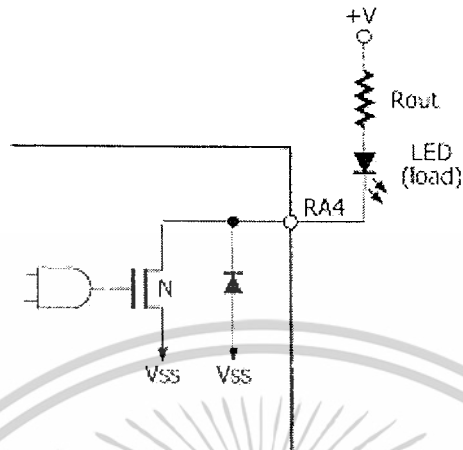
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้าง RA0-RA3 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877



รูปที่ 2.9 โครงสร้าง RA4 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาเบไซประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การต่ออุปกรณ์เข้าที่ขาพอร์ต RA4 เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

ในกรณีที่ใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับโหลด และ ไฟเลี้ยงของ โหลด ดังวงจรในรูปที่ 2.10. โดยปกติถ้าหากไม่มีความจำเป็นควรกำหนดให้ขา RA4/T0CK1 นี้ เป็นอินพุตจะดีที่สุด โดยต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปเสมอ และในการต่อขับโหลดจะเป็นไปในแบบ กระแสซิงก์เท่านั้น

2.6.2.พอร์ต B

มี 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RB0-RB7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTB มี แอแดเรสอยู่ที่ 0x06 (แบงก์ 0) และ 0x106 (แบงก์ 2) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนด ทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISB ซึ่งมีแอดเดเรสอยู่ที่ 0x86 (แบงก์ 1) และ 0x186 (แบงก์ 3) มีขนาด 8 บิต บิต 0 ของ TRISB ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RB0 ไล่เรียงลำดับ จนถึงบิต 7 ของ TRISB ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RB7 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใน บิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังบิตนั้น ในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขา เอาต์พุตให้เขียนข้อมูล “ 0 ” ไปยังบิตนั้น

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

พอร์ต B สามารถใช้งานในลักษณะต่างๆ ได้ 5 แบบคือ

1. เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ
2. เป็นขาอินพุตสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก โดยใช้ขา RB0/INT

3. เป็นขาพอร์ตอินพุตสำหรับรับแรงดันโดยโปรแกรมระดับต่ำ (low voltage programming)

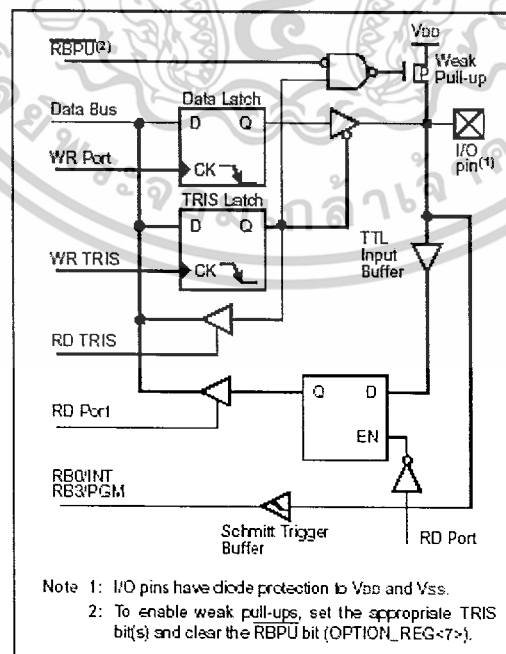
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
โดยใช้ขา RB3/PGM

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

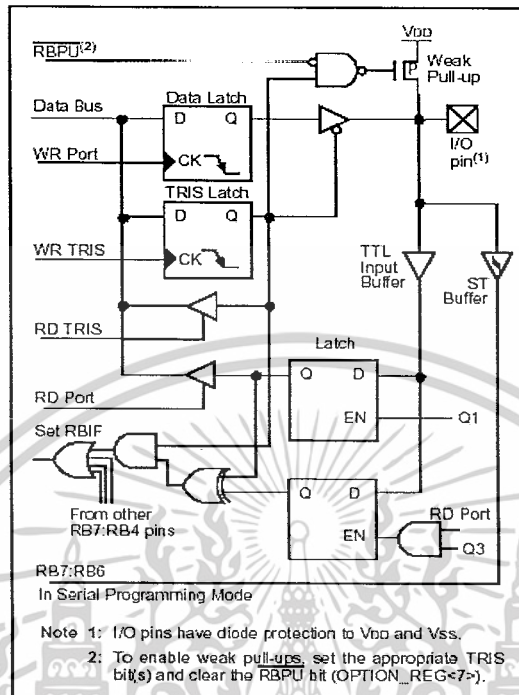
4. เป็นขาข้อมูลอนุกรมและสัญญาณนาฬิกาอนุกรมสำหรับการ โปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ขา 2 ขาคือ RB7/PGD และ RB6/PGC
5. ใช้เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์แบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือระดับสัญญาณที่ขา RB4-RB7

ในรูปที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต B ในบิต RB0-RB3 จะเห็นได้ว่าที่ขาพอร์ตจะมีวงจรพูลอัปแบบโปรแกรมได้ต่ออยู่ นั่นคือหากต้องการกำหนดให้เป็นขาอินพุต ต้องทำการเขียนข้อมูล ไปยังบิต RBPU ในรีจิสเตอร์ OPTION_REG เพื่อเอ็นเอเบิลวงจรพูลอัปภายในขาพอร์ต B ในขณะที่หากกำหนดเป็นเอาต์พุต การพูลอัปที่ขาพอร์ต B นี้จะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้การพูลอัปนี้จะได้รับการยกเลิกเมื่อเกิดเพาเวอร์อนรีเซตขึ้น ในกรณีใช้ขา RB0/INT เพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก สัญญาณจะผ่านเข้าไปยังวงจรบัฟเฟอร์แบบชmitt ทริกเกอร์ เพื่อให้สัญญาณที่ได้มีความแม่นยำและมีเสถียรภาพ

ในรูปที่ 2.11 (ข) เป็นไดอะแกรมของขาพอร์ต RB4-RB7 โดยขาพอร์ตในกลุ่มนี้มีความสามารถพิเศษพอสมควร โดยสามารถเลือกทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ, ขาอินพุตรับแรงดันสำหรับการโปรแกรม (RB3), ขาสัญญาณสำหรับการโปรแกรม (RB6-RB7) และทำงานเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ในแบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ขาพอร์ต RB4-RB7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ก)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 2.11 โครงสร้างของขาพอร์ต B ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

(ก) ขา RB0-RB3

(ข) ขา RB4-RB7

วงจรมีอินพุตบัฟเฟอร์ที่ขาพอร์ตนี้ทั้งแบบที่ทีแอลและชนิดที่ทริกเกอร์ ทั้งนี้เพื่อจัดการให้สัญญาณอินพุตที่เข้ามามีความเหมาะสมและสมบูรณ์มากที่สุด และ ยังคงสามารถรองรับการพูลอัปภายในแบบอัตโนมัติได้

ในกรณีที่มีการเอ็นเอเบิลการตอบสนองอินเตอร์รัปต์แบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลอจิกที่พอร์ต RB4-RB7 หากเกิดการอินเตอร์รัปต์ บิตRBIF (บิต0ในรีจิสเตอร์INTCON) จะเซตและหลังจากตอบสนองการอินเตอร์รัปต์แล้ว ต้องเคลียร์บิต RBIF ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์เสมอ

2.6.3 พอร์ต C

มีทั้งสิ้น 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RC0-RC7 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลคือ PORTC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x07 (แแบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x87 (แแบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับพอร์ต A และ B บิต 0 ของ TRISC ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RC0 ไล่เรียงลำดับจนถึงบิต 7 ของ

TRISC ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RC7 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุต ให้เขียนข้อมูล “ 0 ” ไปยังบิตนั้น

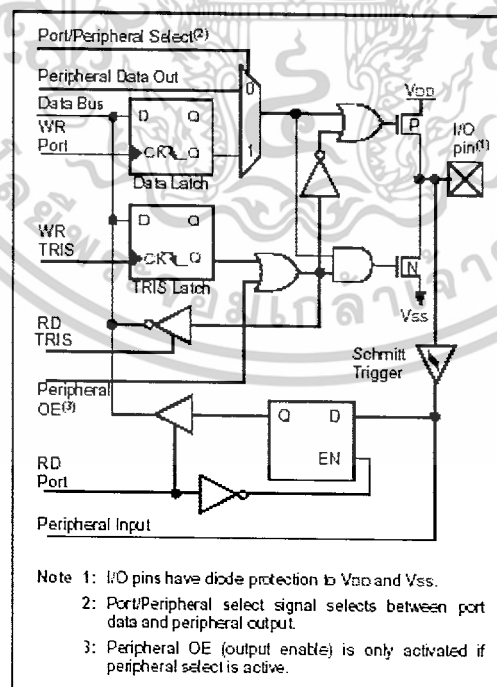
โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

พอร์ต C สามารถใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ได้หลายรูปแบบ และเป็นขาพอร์ตที่มีความสามารถสูงมาก ไม่ว่าจะเป็นขาอินพุตเอาต์พุตปกติ, ขาอินพุตเอาต์พุตออสซิลเลเตอร์ของโมดูลไทมเมอร์ 1, ขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณนาฬิกาของโมดูลไทมเมอร์ 1, ขาเชื่อมต่อระบบบัส I²C, ขาเชื่อมต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface), ขาเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมแบบ USART, ขาอินพุตวงจรถ่ายเก็บ (capture) หรือวงจรถว้จับสัญญาณ ขาเอาต์พุตของวงจรถ่ายเก็บเทียบสัญญาณ (compare) และขาเอาต์พุตวงจรถว้จับสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) หรืออาจกล่าวได้ว่าพอร์ต C เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (peripheral function port) ที่มีความสมบูรณ์แบบมากที่สุด สามารถสรุปหน้าที่และการทำงานที่หลากหลายของขาพอร์ต C ดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สรุปหน้าที่การทำงานของขาพอร์ต C ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87x

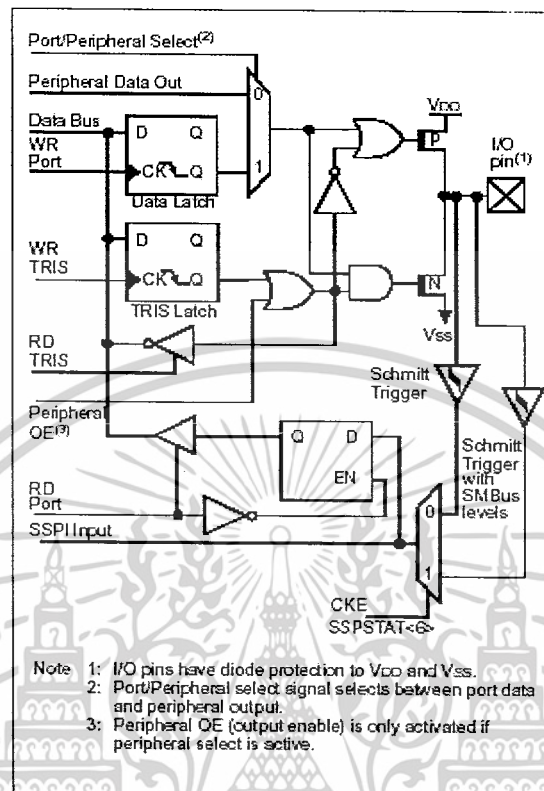
ชื่อขา	การทำงาน
RC0/T1OSO/TICKI	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 0 ของพอร์ต C - เอาต์พุตวงจรถว้จับสัญญาณนาฬิกาของไทมเมอร์ 1 (T1OSO) - อินพุตรับสัญญาณนาฬิกาของไทมเมอร์ 1 (TICKI)
RC1/T1OSI/CCP2	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 1 ของพอร์ต C - อินพุตวงจรถว้จับสัญญาณนาฬิกาของไทมเมอร์ 1 (T1OSI) - เอาต์พุตวงจรถว้จับสัญญาณนาฬิกาของโมดูล CCP2 - เอาต์พุตวงจรถว้จับสัญญาณนาฬิกาของโมดูล CCP2 - เอาต์พุต PWM ของโมดูล CCP2
RC2/CCP1	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 2 ของพอร์ต C - อินพุตแคปเจอร์หรือวงจรถว้จับสัญญาณของโมดูล CCP 1 - เอาต์พุตวงจรถว้จับสัญญาณนาฬิกาของโมดูล CCP1 - เอาต์พุต PWM ของโมดูล CCP1
RC3/SCK/SCL	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 3 ของพอร์ต C

	<ul style="list-style-type: none"> - ขาสัญญาณนาฬิกาอนุกรมของระบบ SPI (SCK) - ขาสัญญาณนาฬิกาอนุกรมของระบบบัส I2C (SCL)
RC4/SDI/SDA	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 4 ของพอร์ต C - ขาข้อมูลอินพุตอนุกรมของระบบ SDI (SDI) - ขาข้อมูลอนุกรมของระบบบัส I²C (SDA)
RC5/SDO	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 5 ของพอร์ต C - ขาข้อมูลอินพุตอนุกรมของระบบ SDI (SDO)
RC6/TxD/CK	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 6 ของพอร์ต C - ส่งข้อมูลพอร์ตอนุกรม USART (TxD) - ขาสัญญาณนาฬิกาซิงโครนัส (CK)
RC7/RxD/DT	<ul style="list-style-type: none"> - ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 7 ของพอร์ต C - ส่งข้อมูลพอร์ตอนุกรม USART (RxD) - ขาสัญญาณนาฬิกาซิงโครนัส (DT)



รูปที่ 2.12 โครงสร้างขา RC0-RC2,RC5-RC7 ของพอร์ต C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างขา RC3 และ RC4 ของพอร์ต C

ในรูปที่ 2.12 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต C ในบิต RC0-RC2 และ RC5-RC7 จะเห็นได้ว่ามีสัญญาณควบคุมการทำงานของขาพอร์ตมากมาย ทั้งนี้เนื่องจากขาพอร์ต C สามารถทำงานได้หลากหลายนั่นเอง สัญญาณควบคุมที่สำคัญคือ สัญญาณเลือกการทำงานระหว่างเป็นพอร์ตปกติหรือขาเชื่อมต่ออุปกรณ์พิเศษ (PORT/PERIPHERAL Select) และสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลของวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Peripheral Output Enable) สำหรับข้อมูลของวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ส่งออกและรับเข้ามาจะผ่านทางขาพอร์ตปกติ แต่เมื่อผ่านวงจรสำหรับเลือกสัญญาณข้อมูลแล้วสายสัญญาณข้อมูลของพอร์ต (data bus) กับข้อมูลของวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ (peripheral output / peripheral input) จะแยกกัน

ในรูปที่ 2.13 เป็นไดอะแกรมของขาพอร์ต RC3-RC4 ทั้ง 2 ขานี้มีความพิเศษตรงที่สามารถใช้งานเป็นขาเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบซิงโครนัส ซึ่งแบ่งเป็นระบบ SPI และระบบบัส I²C จึงทำให้ต้องเพิ่มสายสัญญาณควบคุมอินพุตเพิ่มเข้ามาอีก 1 เส้น เพื่อเลือกสัญญาณอินพุตระหว่าง SPI และบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรีจิสเตอร์ของขาพอร์ต C นี้เป็นแบบซิมิต์ทริกเกอร์ทั้งหมด ทั้งนี้เพิ่มจัดการให้ สัญญาณอินพุตที่เข้ามามีความเหมาะสมและสมบูรณ์มากที่สุด และยังคงสามารถรองรับการพูลอัพ ภายในแบบอัตโนมัติได้

2.6.4. พอร์ต D

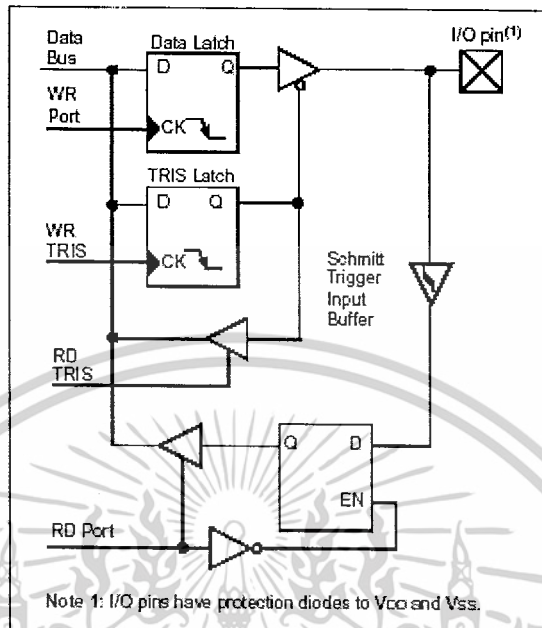
มี 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RD0-RD7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTD มี แอดเดรสอยู่ที่ 0x09 (แแบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำ ผ่านรีจิสเตอร์ TRISD มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x88 (แแบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต หากต้องการกำหนดให้ขา พอร์ตในบิตเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนด ให้เป็นขาเอาต์พุต ให้เขียนข้อมูล “ 0 ” ไปยังบิตนั้น สำหรับพอร์ต D นี้จะมีเฉพาะในไมโคร คอนโทรลเลอร์ PIC รุ่น 40 ขาเท่านั้น

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

พอร์ต D สามารถใช้งานได้ 2 โหมด คือ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ และเป็นส่วน ขยายพอร์ตแบบขนาน (Parallel Slave Port : PSP) สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีการ จัดระบบบัสแบบไมโครโปรเซสเซอร์คือ มีสายข้อมูล 8 เส้น สายสัญญาณควบคุม 3 เส้นคือ สายสัญญาณควบคุมการอ่าน (RD : Read), เขียน (WR : Write) และเลือกอุปกรณ์ (CS : Chip Select)

ในรูปที่ 2.14 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต D ซึ่งมีโครงสร้างเหมือนกันทุกบิต เมื่อทำงาน ในโหมดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ วงจรรีจิสเตอร์จะเป็นแบบซิมิต์ทริกเกอร์ แต่เมื่อทำงานในโหมด ขยายพอร์ตแบบขนานหรือ PSP วงจรรีจิสเตอร์จะเปลี่ยนเป็นแบบทีทีแอล

การเลือกโหมดทำงานของพอร์ต D นี้ขึ้นกับบิต PSPMODE (บิต 4 .ในรีจิสเตอร์ TRISE) ถ้าเป็น “0”เป็นการกำหนดให้พอร์ต D เป็นพอร์ตปกติ และถ้าเป็น “1” พอร์ต D จะทำงานในโหมด PSP



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของพอร์ต D ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

2.6.5. พอร์ต E

มี 3 บิต กำหนดชื่อเป็น RE0-RE2 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTE มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x99 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แต่ใช้งานเพียง 3 บิตล่างคือ บิต 0-บิต 2 เท่านั้น ที่เหลือกำหนดให้เป็น " 0 " ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้ กระทำผ่าน รีจิสเตอร์ TRISE ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x89 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต โดยใช้สามบิตล่างในการกำหนดทิศทางของพอร์ต E ส่วนที่เหลือใช้ควบคุมการทำงานในโหมด PSP ของพอร์ต D

พอร์ต E สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ , ขาอินพุตแอนะล็อกของโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และขาควบคุมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบ PSP ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดข้อมูลของรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของพอร์ตนี้

2.6.5.1. รีจิสเตอร์ TRISE

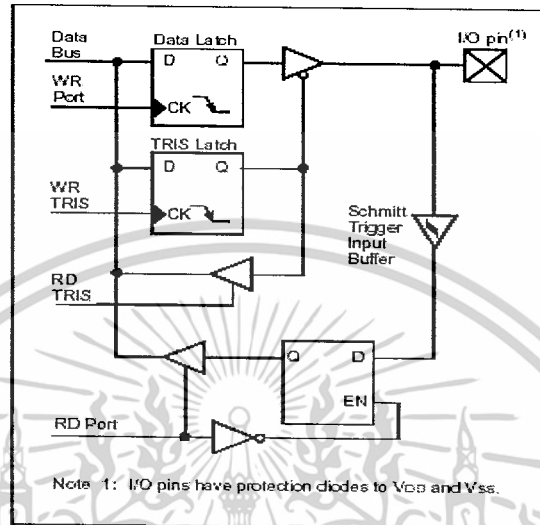
เมื่อมีการกำหนดให้พอร์ต D ทำงานในโหมด PSP 4 บิตบนของรีจิสเตอร์ TRISE จะใช้เป็นบิตแสดงสถานะของวงจรวอร์มอัพเฟลท์ที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูล ของส่วนขยายพอร์ตแบบขนานหรือ PSP ส่วน 3 บิตล่างใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ต D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากพอร์ต E ทำงานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ 3 บิตล่างของรีจิสเตอร์ TRISE จะใช้ในการกำหนดทิศทางการถ่ายทอดสัญญาณข้อมูลของพอร์ต ดังมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TRISE ดังนี้

- IBF (Input Buffer Full status bit) : บิตแสดงสถานะบัฟเฟอร์ทางอินพุตของ PSP
 - “ 0 ” แสดงว่า ไม่มีข้อมูลรับเข้ามาในบัฟเฟอร์
 - “ 1 ” แสดงว่า มีข้อมูลเข้ามาแล้วและกำลังรอการอ่านจากซีพียู
 - OBF (Output Buffer Full status bit) : บิตแสดงสถานะบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตของ PSP
 - “ 0 ” แสดงว่า ข้อมูลในบัฟเฟอร์ถูกส่งออกไปแล้ว
 - “ 1 ” แสดงว่า ยังคงมีข้อมูลเดิมอยู่ในบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุต
 - IBOV (Input Buffer Overflow Detect bit) : บิตแสดงการรับข้อมูลเกินของบัฟเฟอร์อินพุต
 - “ 0 ” แสดงว่า ไม่มีการรับข้อมูลเกินหรือโอเวอร์โฟลวเกิดขึ้น
 - “ 1 ” แสดงว่า เกิดการเขียนข้อมูลมายังบัฟเฟอร์อินพุต ทั้งที่ยังคงมีข้อมูลเดิมอยู่
 - PSPMODE (Parallel Slave Port Mode select bit) : บิตเลือกการทำงาน PSP ของพอร์ต D และ E
 - “ 0 ” กำหนดให้ทำงานในโหมดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ
 - “ 1 ” กำหนดให้ทำงานในโหมด PSP
- บิต 3 : ไม่มีการใช้งาน กำหนดค่าเป็น “0”
- DIR-RE2 ถึง DIR-RE0 (Direction control bit for RE2-RE0) : บิตควบคุมทิศทางของพอร์ต E เมื่อทำงานในโหมดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ
 - “ 0 ” เป็นเอาต์พุต
 - “ 1 ” เป็นอินพุต

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของพอร์ต E ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ในรูปที่ 2.15 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต E ในบิต RE0-RE2 เมื่อทำงานในโหมดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ จะเห็นได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับขาพอร์ตอื่น ๆ ของ PIC16F877 ถ้าหากทำงานในโหมดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ วงจรอินพุตของพอร์ตนี้จะเป็นแบบขมิตต์ทริกเกอร์ ในขณะที่หากทำงานในโหมดการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล วงจรอินพุตจะเปลี่ยนเป็นแบบทีทีแอล

ถึงแม้ว่าพอร์ต E ใน PIC16F877 มีจำนวนน้อยเพียง 3 บิต แต่สามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้มากถึง 3 แบบคือเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ, อินพุตสำหรับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตในไมโครคอนโทรลเลอร์ และพอร์ตสัญญาณควบคุมสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ในโหมด PSP ดังนั้นในการเลือกรูปแบบการทำงานต้องระมัดระวังเช่นเดียวกับพอร์ต C ที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

ตารางที่ 2.3 แสดงการทำงานอย่างละเอียดของขาพอร์ต E ในโหมดต่าง ๆ

ชื่อขา	การทำงาน
REO/RD/ANS	<p>- ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 0 ของพอร์ต E</p> <p>- ขาคควบคุมการอ่านข้อมูลสำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนานหรือโหมด PSP (RD)</p> <p>“0” = มีการอ่านข้อมูลเกิดขึ้น โดยทำการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ PORTD ในกรณีที่ต้องการติดต่อด้วย (ขา CS = “0”)</p> <p>“1” = ไม่มีการอ่านข้อมูลเกิดขึ้น</p> <p>- อินพุตรับสัญญาณแอนะล็อกช่อง 5</p>
RE1/WR/AN6	<p>- ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 1 ของพอร์ต E</p> <p>- ขาคควบคุมการอ่านข้อมูลสำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนานหรือโหมด PSP (RD)</p> <p>“0” = มีการอ่านข้อมูลเกิดขึ้น โดยเขียนข้อมูลไปยังจากรีจิสเตอร์ PORTD ในกรณีที่มีการเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย (ขา CS = “0”)</p> <p>“1” = ไม่มีการอ่านข้อมูลเกิดขึ้น</p> <p>- อินพุตรับสัญญาณแอนะล็อกช่อง 6</p>
ชื่อขา	การทำงาน
RE2/CS/AN7	<p>- ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตบิต 2 ของพอร์ต E</p> <p>- ขาเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วยสำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนานหรือโหมด PSP (RD)</p> <p>“0” = มีการอ่านเลือกอุปกรณ์</p> <p>“1” = ไม่มีการเลือกอุปกรณ์</p> <p>- อินพุตรับสัญญาณแอนะล็อกช่อง 7</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7. ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ความสามารถที่โดดเด่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 อีกประการหนึ่งคือมี ไทเมอร์/เคาน์เตอร์(timer/counter) มากถึง 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 (timer 0), ไทเมอร์ 1 (timer 1) และ ไทเมอร์ 2 (timer 2)

ไทเมอร์ 0 สามารถทำงานเป็นไทเมอร์และเคาน์เตอร์(ตัวตั้งเวลาและตัวนับเวลา) ขนาด 8 บิตมี ปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตรวมอยู่ด้วย

ไทเมอร์ 1 เหมือนกับไทเมอร์ 0 แต่มีขนาด 16 บิต พร้อม ปริสเกลเลอร์ และที่พิเศษคือแม้ว่าจะอยู่ในโหมดสลีป ไทเมอร์ 1 ยังเพิ่มค่าอยู่ต่อไป เลือกทำงานเป็นไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ 16 บิต ทั้งแบบซิงโครนัสและ อะซิงโครนัสได้ และกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลวได้ด้วย

ไทเมอร์ 2 เป็นไทเมอร์ขนาด 8 บิตที่มีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้น โดยมีทั้งไทเมอร์, ปริสเกลเลอร์, โปสสเกลเลอร์(post scaler) และรีจิสเตอร์คาบเวลา (period register) อยู่ในตัวครบพร้อมกันนั้น ไทเมอร์ 2 ยังใช้เป็นตัวกำหนดฐานเวลาของโมดูล CCP (Capture/Compare/Pulse width modulation module) เมื่อกำหนดในโหมด PWM ด้วย

2.7.1 ไทเมอร์ 0

ประกอบด้วยรีจิสเตอร์หลักขนาด 8 บิต 1 ตัว คือรีจิสเตอร์ TMR0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x01 ข้อมูลที่เกิดจากการทำงานของไทเมอร์ 0 ทั้งหมดจะได้รับการเขียนและเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ TMR0 นี้ และเมื่อต้องการอ่านค่าของไทเมอร์ 0 ก็ต้องมาอ่านที่รีจิสเตอร์ TMR0 นี้เช่นกัน

การรับสัญญาณเพื่อกระตุ้นให้ไทเมอร์ 0 ทำงาน มาจาก 2 แหล่งกำเนิดคือ แหล่งกำเนิดภายในจากสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งมีความถี่เท่ากับ ความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักหาร 4 และจากสัญญาณกระตุ้นภายนอกที่มาจากขา RA4/TOCKI จากการรับสัญญาณกระตุ้นจากแหล่งกำเนิดทั้งสองนี้เอง จึงเป็นสิ่งที่ใช้แบ่งแยกให้ทราบว่า ไทเมอร์ 0 ทำงานเป็นไทเมอร์ (ตัวตั้งเวลา) หรือเคาน์เตอร์ (ตัวนับ) หากไทเมอร์ 0 รับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายใน แสดงว่า ไทเมอร์ 0 ทำงานเป็นหากไทเมอร์ หรือตัวตั้งเวลา แต่ถ้าวรับสัญญาณจากภายนอกแสดงว่า หากไทเมอร์ 0 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์หรือตัวนับ และเมื่อการเพิ่มค่าของหากไทเมอร์ 0 มาถึงจุดสูงสุดคือ 0xFF แล้วเปลี่ยนเป็น 0x00 จะเกิดโอเวอร์โฟลวขึ้นพร้อมกับเกิดการอินเตอร์รัปต์ ในกรณีที่มีการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์แบบนี้ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.1 การทำงานเบื้องต้นของไทเมอร์ 0

โหมดการทำงานของไทเมอร์ 0 สามารถกำหนดได้ที่บิต TOCS ซึ่งเป็นบิต 5 ในรีจิสเตอร์ OPTION ซึ่งก็คือ การเลือกรับสัญญาณอินพุตเพื่อกระตุ้นการทำงานของไทเมอร์ 0 โดย

ทำงานในโหมดไทเมอร์ เมื่อ TOCS = “ 0 ” และ

ทำงานในโหมดเคาน์เตอร์ เมื่อ TOCS = “ 1 ”

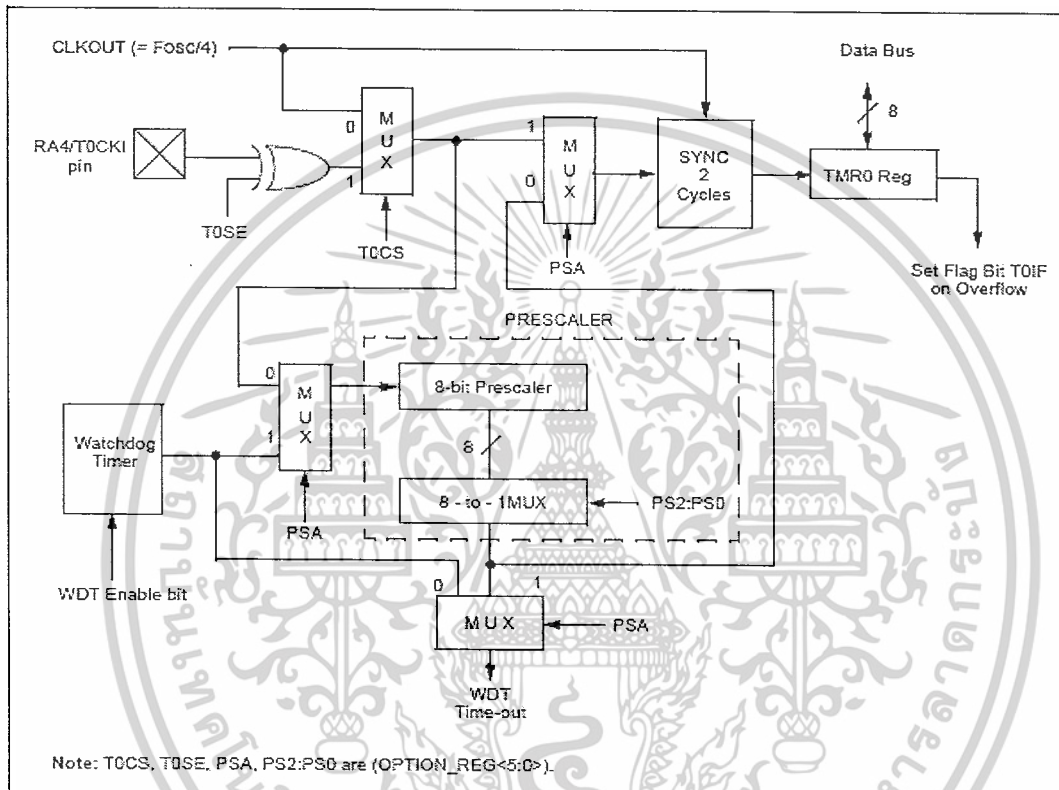
เมื่อทำงานในโหมดไทเมอร์ ค่า TMR0 จะเพิ่มขึ้นทุกๆ ไซเคิลการทำงาน ถ้าหากมีการเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ TMR0 การเพิ่มค่าของไทเมอร์ 0 จะหยุดชะงักชั่วคราว และกลับมาเพิ่มเป็นค่าปกติหลังจากนั้น 2 ไซเคิลการทำงาน ดังนั้นในการอ่านข้อมูลของไทเมอร์ 0 มาใช้ต้องระมัดระวัง หากมีการเขียนข้อมูลไปยัง TMR0 ต้องรอนอย่างน้อยอีก 2 ไซเคิลการทำงาน ค่าของ TMR0 จึงจะได้รับการปรับปรุงให้ถูกต้อง

เมื่อทำงานในโหมดเคาน์เตอร์ ต้องเลือกว่า จะให้ไทเมอร์ 0 ทำงานหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อขอบขาใดของสัญญาณป้อนเข้ามา โดยเลือกที่บิต TOES (บิต 4 ของรีจิสเตอร์ OPTION_REG) ถ้าบิต TOES เป็น “ 0 ” ค่าของไทเมอร์ 0 จะเพิ่มขึ้นเมื่อพบขอบขาขึ้นของสัญญาณอินพุต ในทางตรงกันข้ามหากบิต TOES เป็น “ 1 ” ค่าของไทเมอร์ 0 จะเพิ่มขึ้นเมื่อพบขอบขาลงของสัญญาณที่ขา RA4/TOCKI

การเพิ่มค่าของไทเมอร์ 0 ยังถูกควบคุมโดยปริสเกลเลอร์ ด้วย โดยปริสเกลเลอร์ ทำหน้าที่เหมือนตัวหารค่าของไทเมอร์ 0 โดยปริสเกลเลอร์นี้สามารถกำหนดอัตราการหารได้โดยการกำหนดที่บิต PS2-PS0 ในรีจิสเตอร์ OPTION_REG โดยสามารถเลือกได้ว่าต้องการให้ ปริสเกลเลอร์ทำงานกับไทเมอร์ 0 หรือไม่ด้วยการกำหนดไปที่บิต PSA ในรีจิสเตอร์ OPTION_REG ทั้งนี้เนื่องจาก ปริสเกลเลอร์นี้มีการใช้งานร่วมกันระหว่างไทเมอร์ 0 กับวอตช์ดีค็อกไทเมอร์ หลังจากนั้นสัญญาณจะผ่านเข้าไปยังส่วนจัดการสัญญาณเพื่อให้การเพิ่มค่าของไทเมอร์ 0 สัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นจึงเขียนค่าลงในรีจิสเตอร์ TMR 0

เมื่อค่า TMR 0 เพิ่มขึ้นจนถึงค่า 0xFF และเปลี่ยนเป็น 0x00 จะเกิดโอเวอร์โฟลวขึ้น บิต TOIF ในรีจิสเตอร์ INTCON จะถูกเซตให้เป็น “ 1 ” และจะเกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้นทันที หากมีการเอ็นเอเบิลอินเทอร์รัปต์ของ TMR 0 ไว้โดยการเซตบิต GIE และ TOIE ในรีจิสเตอร์ INTCON อย่างไรก็ตาม PIC16F877 จะไม่สามารถบริการอินเทอร์รัปต์แบบนี้ได้ หากก่อนหน้านี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกกำหนดให้ทำงานในสภาวะสลีป (sleep) ทั้งนี้เพราะเมื่อทำงานในโหมดสลีป ไทเมอร์ 0 จะหยุดทำงาน สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทมเมอร์ 0 จะให้ผลทางเอาต์พุต 2 ลักษณะคือ อ่านข้อมูลที่รีจิสเตอร์ TMR 0 ที่แอดเดรส 0x01 และ กำหนดสัญญาณอินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว จากการแปลงข้อมูล 0xFF เป็น 0x00



รูปที่ 2.17 แสดงการใช้ปริสเกลเลอร์ร่วมกันของไทมเมอร์ 0 กับวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์

2.7.1.2. ปริสเกลเลอร์

เป็นตัวนับขนาด 8 บิต ทำงาน 2 ลักษณะคือ เป็นปริสเกลเลอร์หรือตัวหาร-ตัวลดทอน สำหรับโมดูลไทมเมอร์ 0 และเป็น โพสต์สเกลเลอร์ หรือตัวเพิ่มค่าเวลาสำหรับวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ ดังมีไดอะแกรมการทำงานร่วมกับไทมเมอร์ 0 และวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ แสดงในรูปที่ 2.17 ผู้ใช้งานสามารถอ่านและเขียนค่ากับปริสเกลเลอร์ได้ แต่สามารถกำหนดโหมดและอัตราการทำงานของปริสเกลเลอร์ได้ โดยกำหนดข้อมูลที่บิต PSA สำหรับเลือกให้ปริสเกลเลอร์ทำงานกับไทมเมอร์ 0 (โดยการเคลียร์ PSA= “ 0 ”) หรือ วอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ (โดยการเซตบิต PSA= “ 1 ”) และบิต PS2-PS0 เพื่อกำหนดอัตราการทำงาน โดยเลือกได้ 8 ค่า ขึ้นอยู่กับที่กำหนดให้ ปริสเกลเลอร์ทำงานกับไทมเมอร์ 0 หรือ วอตช์ดีด็อกไทมเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 การใช้ TMR 0 กับสัญญาณนาฬิกาภายนอก

เมื่อต้องการให้ TMR 0 ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายนอก สิ่งที่จะให้ความสำคัญมากที่สุดคือ จังหวะเวลาของสัญญาณจะต้องสอดคล้องกับจังหวะการทำงานภายในของของ PIC 16F877 หรือเกิดการซิงโครไนเซชัน เมื่อมีการป้อนสัญญาณนาฬิกาภายนอกให้แก่ TMR 0 ผ่านทางขา RA4/TOCKI และไม่มีการใช้ ปรีสเกลเลอร์ภายใน PIC 16F877 การซิงโครไนเซชัน ระหว่างสัญญาณนาฬิกาภายนอก ที่ขา RA4/TOCKI กับ สัญญาณนาฬิกาภายใน สัญญาณที่ขา TOCKI จะต้องมีคาบเวลามากกว่าสัญญาณนาฬิกาภายใน หรือ TOSC อย่างน้อย 2 เท่า

ในกรณีที่มีการใช้ ปรีสเกลเลอร์ สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจะถูกหารด้วยปรีสเกลเลอร์แบบวงจรรนับอะซิงโครนัส(Asynchronous ripple counter type prescaler) ทำให้สัญญาณที่เอาต์พุต ปรีสเกลเลอร์ จะมีความสมมาตรกัน สัญญาณนาฬิกาภายนอกที่ป้อนเข้าสู่ TMR 0 ต้องมีคาบเวลาอย่างน้อย 4 เท่า ของ TOSC และความกว้างของสัญญาณจะต้อง ไม่น้อยกว่า 10 นาโนวินาที

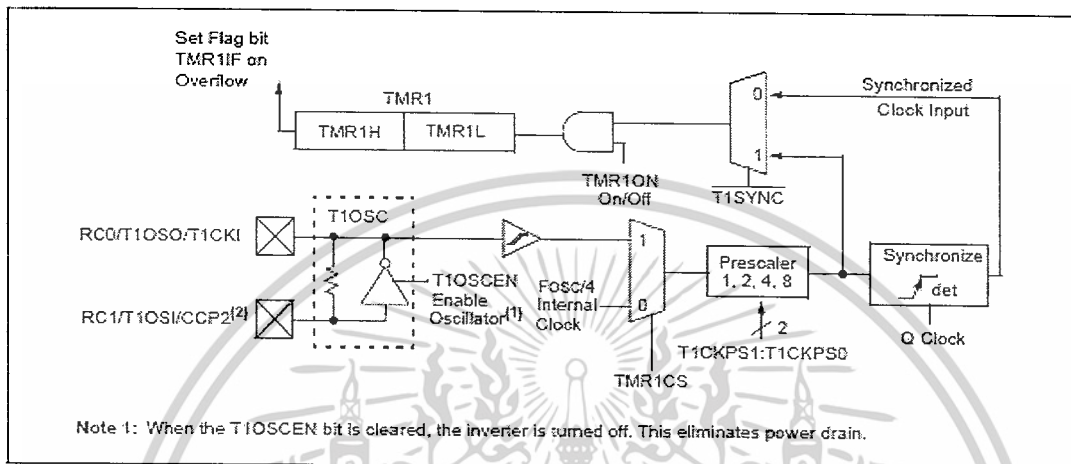
2.7.2. ไทเมอร์ 1

เช่นเดียวกับ ไทเมอร์ 0 โมดูล ไทเมอร์ 1 นี้สามารถกำหนดให้ทำงานได้ 2 ลักษณะ คือเป็นตัวตั้งเวลาหรือ ไทเมอร์ และตัวนับเวลาหรือเคาน์เตอร์ เพียงแต่ขนาดของ ไทเมอร์ 1 มากกว่า คือ เป็น ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต โดยประกอบด้วย ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ ขนาด 8 บิต 2 ตัวต่อร่วมกัน รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ ไทเมอร์ 1 มีด้วยกัน 2 ตัวคือ TMR1 และ TICON โดย TMR1 เป็น รีจิสเตอร์เก็บข้อมูลของ ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ มีขนาด 16 บิต สามารถแบ่งเป็น รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ได้อีก 2 ตัว คือ TMR1H ใช้เก็บค่าของ ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ ในไบต์สูงหรือ 8 บิตบน และ TMR1L ใช้เก็บค่าไบต์ล่างหรือ 8 บิตล่าง ดังนั้นค่าของ ไทเมอร์ 1 จึงเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ 0x0000 -0xFFFF และเมื่อค่าของ ไทเมอร์ เปลี่ยนจาก 0xFFFF กลับมาเป็น 0x0000 ก็จะทำให้เกิดโอเวอร์โฟลว บิต TMR1F ใน รีจิสเตอร์ PIR1 (บิต 0) เซต ทำให้เกิดอินเตอร์รัปต์ขึ้น หากเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ด้วย ไทเมอร์ 1 ไว้ โดยการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์แบบนี้กำหนดได้ที่ บิต TMR1E ใน รีจิสเตอร์ PIE (บิต 0) รูปที่ 2.25 แสดงการทำงานของ ไทเมอร์ 1

จุดที่แตกต่างของ ไทเมอร์ 0 กับ ไทเมอร์ 1 เมื่อได้รับการเอ็นเอเบิลให้ทำงานในโหมด เคาน์เตอร์แล้วจะทำงานอย่างต่อเนื่อง แม้ว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานอยู่ในโหมดสลีปก็ตาม และใน ไทเมอร์ 1 สามารถกำหนดได้ว่าต้องการให้มีการซิงโครไนซ์ระหว่างสัญญาณกระตุ้นจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกกับสัญญาณนาฬิกาจากภายในหรือไม่ก็ได้ ในกรณีที่ใช้ สัญญาณกระตุ้นจากภายนอก รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทมเมอร์ 1 คือ T1CON



รูปที่ 2.18 โค้ดอะแกรมการทำงานของไทมเมอร์ 1

2.7.2.1. การทำงานในโหมดไทมเมอร์

เลือกให้ทำงานโดยการเคลียร์บิต TMR1CS สัญญาณนาฬิกาใช้จากภายใน มีความถี่เท่ากับ ¼ เท่า ของความถี่หลักของสัญญาณนาฬิกาหรือ $F_{osc}/4$ ซึ่งเท่ากับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง โดยสถานะที่บิต T1SYNC จะไม่มีผลต่อบิตนี้

2.7.3. ไทมเมอร์ 2

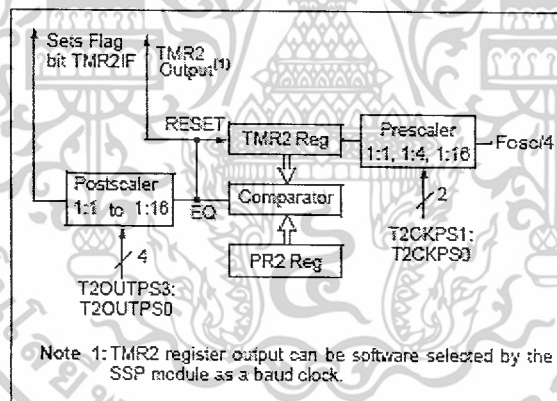
เป็นไทมเมอร์ขนาด 8 บิต ที่มีทั้ง ปริสเกลเลอร์และโพสดีสเกลเลอร์ สามารถใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างสัญญาณ PWM เมื่อกำหนดให้ทำงานกับโมดูล CCP และสัญญาณเอาต์พุตของไทมเมอร์ 2 ยังถูกใช้ในโมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous Serial Port module : SSP) เพื่อใช้เป็นคำสั่งสำหรับเลื่อนข้อมูล

รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลของไทมเมอร์ 2 คือ TMR2 สามารถเข้าถึงเพื่อทำการอ่านและเขียนได้ เมื่อเกิดการรีเซตไม่ว่าจากสาเหตุใด ค่าของ TMR2 จะถูกเคลียร์เป็น 0x00 ด้วยเสมอ รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทมเมอร์ 2 คือ T2CON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในไทมเมอร์ 2 ยังมีรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตอีกตัวหนึ่งคือ รีจิสเตอร์ PR2 เมื่อค่าของไทมเมอร์ 2 เพิ่มขึ้นจาก 0x00 จนถึงค่าของ PR2 จะทำให้ TMR2 ถูกเคลียร์เป็น 0x00 ในไซเคิลถัดไป นั้นหมายความว่า ผู้ใช้งานสามารถกำหนดขอบเขตในการเพิ่มค่าของไทมเมอร์ 2 ด้วยการกำหนดค่าลงในรีจิสเตอร์ PR2 สำหรับรีจิสเตอร์ PR2 นี้เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการรีเซต ค่าของมันจะกลายเป็น 0xFF

เมื่อค่าของ TMR 2 เท่ากับ PR2 จะเกิดการกระตุ้นให้โพสต์สเกลเลอร์ทำงาน โดยอัตราการทำงานของโพสต์สเกลเลอร์สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 1:1 ถึง 1:16 โดยกำหนดที่บิต T2OUTPS3-T2OUTPS0 (บิต 6-3 ในรีจิสเตอร์ T2CON) เมื่อโพสต์สเกลเลอร์ทำงานก็จะเซตบิต TMR2IF (บิต 1 ในรีจิสเตอร์ PRI1) เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ต่อไปในกรณีที่มีการเอ็นเอเบิลไว้ ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมตามรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ไคอะแกรมการทำงานของไทมเมอร์ 2

2.7.4. วอตช์ด็อกไทมเมอร์ (Watchdog timer : WDT)

วอตช์ด็อกไทมเมอร์ใน PIC 16F877 เป็นไทมเมอร์ที่บรรจุวงจรกำเนิดสัญญาณอย่างต่อเนื่อง หรือเรียกว่าฟรีรันนิ่งออสซิลเลเตอร์ (free running oscillator) แบบ RC อยู่ภายใน ในการทำงานจึงไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอก วงจรออสซิลเลเตอร์ของวอตช์ด็อกไทมเมอร์นี้แยกการทำงานออกจาก วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ขา OSC1/CLKIN ดังนั้นวอตช์ด็อกไทมเมอร์จะยังคงทำงานต่อไป แม้ว่าไม่มีการป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้ามาที่ขา OSC1/CLKIN และ OSC2/CLKOUT ก็ตาม โดยเมื่อเอ็นเอเบิล เอนให้ทำงานแล้ววอตช์ด็อกไทมเมอร์ จะทำงานตรงกับเท่าที่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

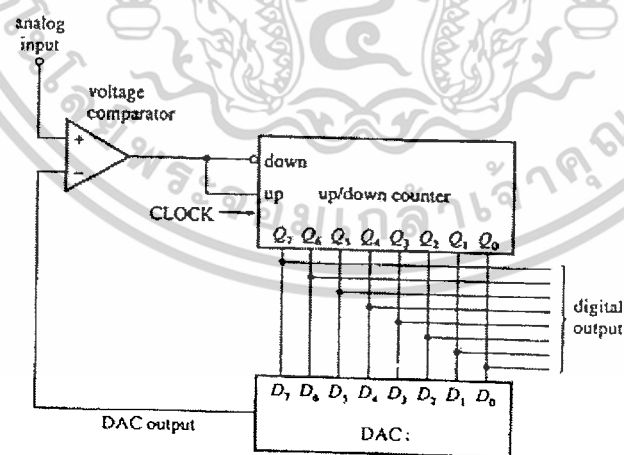
การเอ็นเอเบิล หรือ ดิส์เอ็นเอเบิลวอตซ์ดีอ็อกโทเมอร์สามารถกระทำได้ โดยการกำหนดค่าที่บิต WDTE ใน Configuration word ถ้าเป็น “ 0 ” จะเป็นการดิส์เอ็นเอเบิลวอตซ์ดีอ็อกโทเมอร์ ถ้ากำหนดค่า “ 1 ” จะเป็นการเอ็นเอเบิลวอตซ์ดีอ็อกโทเมอร์

2.8. ทฤษฎีการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

สัญญาณที่ได้จากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมจะเป็นสัญญาณแอนะล็อก แต่ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะใช้สัญญาณดิจิตอลในการประมวลผล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากกระบวนการผลิตให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อที่จะนำไปประมวลผล และการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (A / D) จะมีอยู่หลายแบบด้วยกัน

2.8.1. การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบติดตาม

การแปลง A / D ด้วยวิธีนี้จะใช้วงจรรนับ เพื่อนับค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแอนะล็อกที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการนับค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแอนะล็อกจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปเรื่อยๆ โดยไม่มีการรีเซ็ตค่าการนับครั้งก่อน และค่าดิจิตอลเอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับจำนวนพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับวงจรรนับ

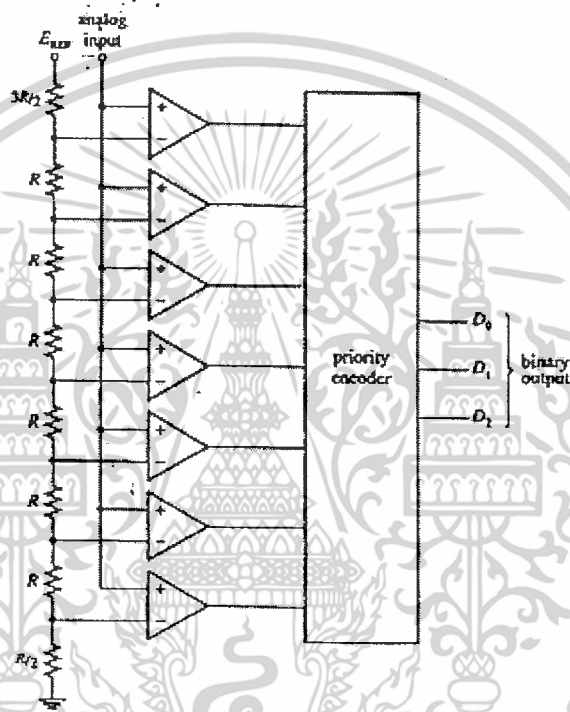


รูปที่ 2.20 ไคอะแกรมของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2. การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบแฟลช

การแปลง A / D ด้วยวิธีนี้จะใช้วิธีแบ่งแรงดัน โดยตัวต้านทานแบ่งแรงดันเพื่อที่จะใช้เปรียบเทียบกับสัญญาณแอนะล็อก โดยในรูปที่ 2.21. จะเป็นตัวอย่างการแปลง A / D ชนิด 3 บิต จะใช้ตัวแบ่งแรงดัน 7 ระดับ โดยแรงดันในแต่ละระดับจะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เท่ากัน



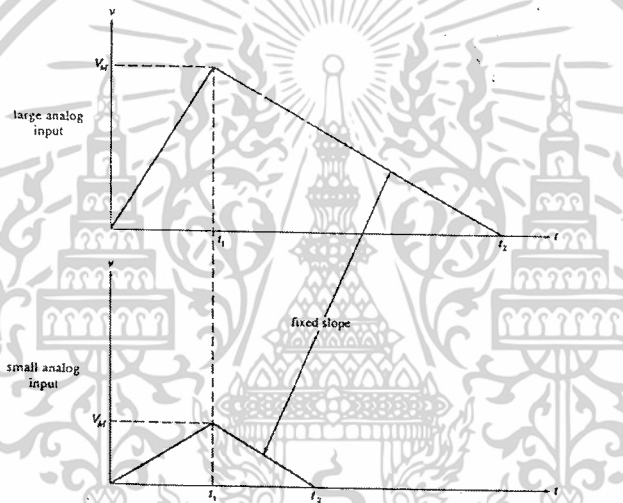
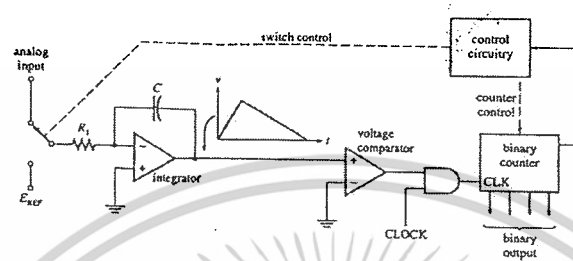
รูปที่ 2.21 โค้ดแอมป์ของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบแฟลช 3 บิต

2.8.3. วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบความชันคู่ (การอินทิเกรต)

ADC แบบความชันคู่ใช้วงจรขยายดำเนินการเพื่ออินทิเกรตอินพุตแอนะล็อกคือ เมื่อค่าแรงดันหนึ่งสัญญาณลาดเอียงจะถูกปล่อยให้ต่อเนื่องเป็นเวลาคงที่ และแรงดันที่ได้นั้นจะปฏิบัติโดยตรงกับอินพุตแอนะล็อก เวลาคงที่ดังกล่าวจะถูกควบคุมด้วยการตรวจจับเวลา เมื่อวงจรนับทำการนับถึงค่าที่กำหนดไว้ดังกล่าววงจรนับจะเกิดการรีเซ็ตและวงจรควบคุมจะทำให้สวิทช์ไปขั้วแรงดันอ้างอิงที่มีขั้วตรงข้ามกับอินพุตแอนะล็อก

ข้อดีที่สำคัญอย่างหนึ่งของตัวแปลงผัน A/D แบบความชันคู่ คือตัวอินทิเกรตจะกำจัดสัญญาณรบกวน เนื่องจากที่เอาต์พุตของตัวอินทิเกรตมีแอมป์ฟลิคูดเป็นปฏิภาคผกผันกับความถี่ ดังนั้นองค์ประกอบสัญญาณรบกวนความถี่สูง ในอินพุตแอนะล็อกจะถูกลดทอนลงไป คุณสมบัตินี้ทำให้เป็นประโยชน์สำหรับระบบเครื่องมือและถูกใช้มากในการประยุกต์ เช่น วัลด์คิมเตอร์ อย่างไรก็ตามไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ตาม ADC แบบการอินทิเกรตไม่รวดเร็วมากนัก จึงถูกใช้เฉพาะกับสัญญาณที่มีความถี่ต่ำและปานกลาง



รูปที่ 2.22 โค้ดแอมป์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบความชันคู่ (การอินทิเกรต)

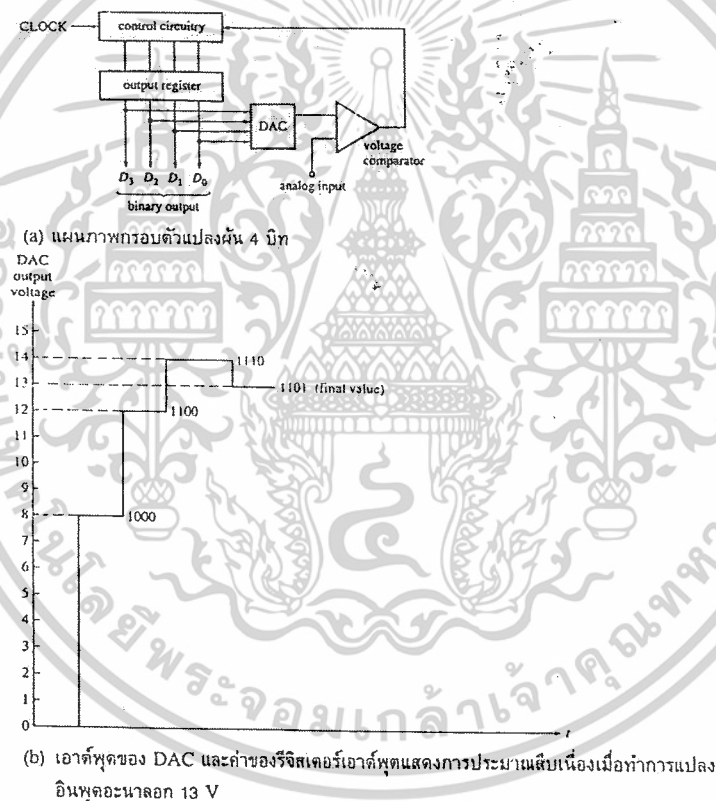
2.8.4. วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบการประมาณสี่บิต

การประมาณสี่บิตเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสำหรับการสร้างตัวแปลงผัน A/D และนอกจากตัวแปลงผันแบบ แฟลช แล้ว ตัวแปลงผันแบบการประมาณสี่บิตมีความเร็วที่สุดกว่าแบบอื่น

วิธีการของการประมาณสี่บิตเป็นการทดสอบแบบลองผิดลองถูก ซึ่งจะถูกรับทำให้เกิดเลขจำนวนที่เข้าใกล้ค่าของอินพุตมากกว่าค่าก่อนหน้า นั่นคือ ตัวเปรียบเทียบแรงดันจะทำการเปรียบเทียบ D/A ทางเอาต์พุตว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า อินพุตแอนะล็อกที่ป้อนเข้ามา หากค่าน้อยกว่าที่พัลส์สัญญาณนาฬิกาต่อไป วงจรควบคุมจะทำให้รีจิสเตอร์เอาต์พุตไหลค่าเพิ่มขึ้นมา แล้วทำการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบอีกที หายค่ายังน้อยกว่า ในพัลส์สัญญาณนาฬิกาต่อไปวงจรควบคุมจะทำให้รีจิสเตอร์เอาต์พุตไหลลดค่าเพิ่มขึ้นมา จนกว่าจะได้ค่าที่เท่ากับอินพุต

ส่วนประกอบปฐมภูมิที่มีผลต่อความแม่นยำของตัวแปรแบบการประมาณสลับเนื่องคือตัวแปลงผัน D/A ซึ่งมีผลทำให้แรงดันอ้างอิงที่ถูกต่อเข้ากับ D/A และร่างตาข่ายขั้นบันไดจะต้องเที่ยงตรงมากๆ เพื่อให้ได้การแปลงผันที่แม่นยำ อีกทั้งอินพุตแอนะลอกจะต้องคงค่าเดิมไว้ตลอดระหว่างเวลาการแปลงผัน



รูปที่ 2.23 ไคอะแกรมของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบการประมาณสลับเนื่อง

2.9. โมดูลแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลของ PIC16F877

อีกหนึ่งโมดูลสำคัญที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ต้องมีคือโมดูลแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีความละเอียด 8 ช่องอินพุต โดยขาเอกรหัสสี่ขาเอกรหัสสี่ขาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนยาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ฟอรัทที่ใช้งานร่วมกันคือขาฟอรัท RA0-RA3, RA5 และ RE0-RE2 การทำงานเพอร์อองรับอินพุตไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

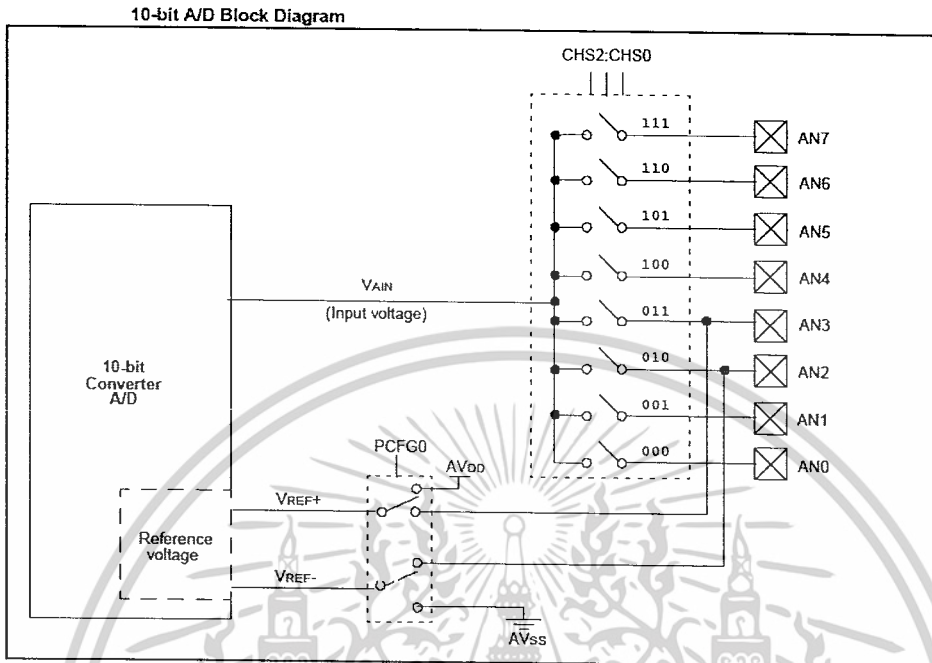
จำนวนมากจะใช้วิธีการมัลติเพล็กซ์ ซึ่งควบคุมด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ สำหรับการทำงานของโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ใน PIC16F877 เป็นแบบซั๊กเซสซีฟ แอปพลิเคชันเมชั่น หรือแบบการประมาณสี่บิตเนื่องด้วยได้กล่าวในหัวข้อ 2.8.4. นั่นเอง

2.9.1. การทำงานของโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

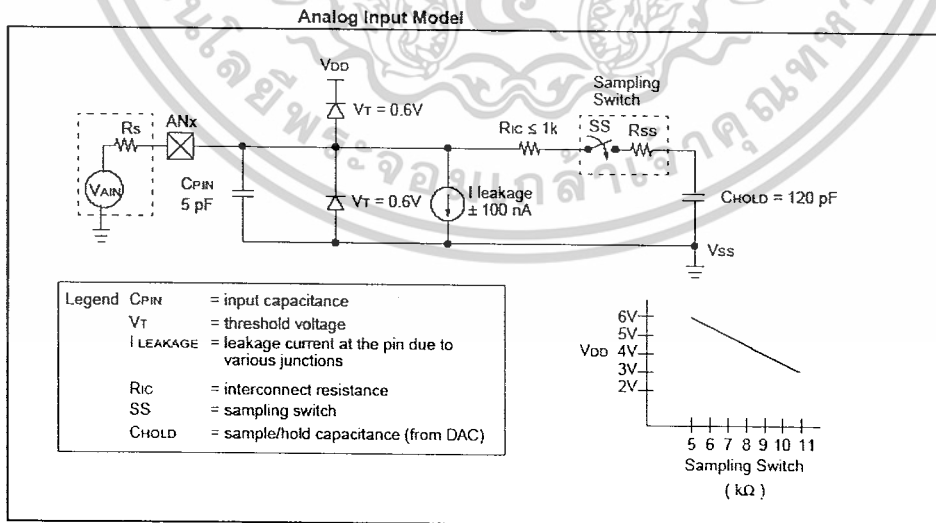
มีไดอะแกรมดังรูปที่ 2.24. ขาพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุตแอนะล็อกจะต้องได้รับการกำหนดมาจากบิต PCFG3:PCFG0 ในรีจิสเตอร์ ADCON1 ว่าจะให้ขาพอร์ตใดเป็นพอร์ตรับสัญญาณแอนะล็อก พอร์ตใดรับแรงดันอ้างอิง หรือพอร์ตใดเป็นพอร์ตดิจิทัล จากนั้นสัญญาณแอนะล็อกที่ต้องการแปลงจะถูกส่งผ่านวงจรเลือกช่องสัญญาณซึ่งควบคุมโดยบิต CHS2 : CHS0 ในรีจิสเตอร์ ADCON0

ภาคอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ภายใน PIC16F877 แสดงด้วยวงจรสมมูลในรูปที่ 2.24. ประกอบด้วยวงจรมุมและเก็บสัญญาณ (Sample and hold) ที่มีตัวเก็บประจุ 120 พิโคฟารัดทำหน้าที่เก็บแรงดันอินพุตไว้ให้กับวงจรแปลงดิจิทัลเป็นแอนะล็อกและวงจรเปรียบเทียบภายในหรือ C_{HOLD} ประจุแรงดันอินพุตให้เต็มก่อน จึงจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง ซึ่งถ้าพิจารณาจากวงจรสมมูล แล้วจะเห็นว่าวงจรมุมภายนอก C_{HOLD} แล้วยังมีตัวต้านทานอีก 3 ตัวที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเก็บประจุ นั่นคือ ความต้านทานของแหล่งจ่ายสัญญาณภายนอกหรือ R_S ค่าความต้านทานภายในของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลหรือ R_C และความต้านทานของสวิทช์มุมสัญญาณหรือ R_{SS}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลใน PIC16F877



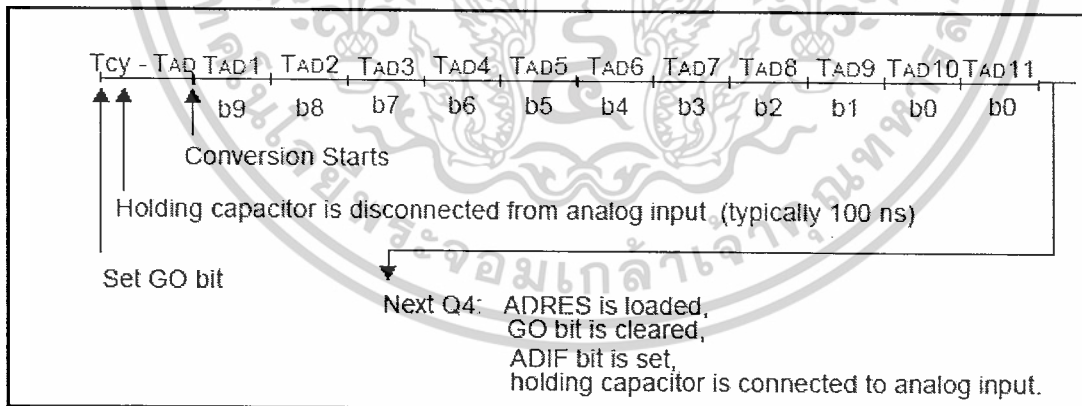
รูปที่ 2.25 วงจรสมมูลของขาอินพุตแอนะล็อกของโมดูลแปลง ADC ใน PIC16F877
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2. การเลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาของการแปลงสัญญาณ

การเลือกความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของการแปลงสัญญาณนี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลต่อค่าเวลารวมในการแปลงสัญญาณ โดยในโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลของ PIC16F877 ต้องใช้เวลาแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลดิจิทัล 10 บิตเท่ากับ $12T_{AD}$ โดยค่าเวลา T_{AD} คือค่าเวลาที่ใช้แปลงสัญญาณต่อบิต และค่า T_{AD} ที่น้อยที่สุดที่ยังคงให้ผลการแปลงสัญญาณที่ถูกต้อง คือ 1.6 ไมโครวินาที ดังนั้นการเลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้ด้วย

2.9.3. กระบวนการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

เมื่อสั่งให้โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลทำงาน บิต GO/DONE ที่ใช้แสดงสถานการณ์ทำงานจะเซต ถ้าหากมีการเคลียร์บิตนี้เกิดขึ้นในขณะที่การแปลงสัญญาณยังดำเนินอยู่ การแปลงสัญญาณจะหยุดลงทันที แต่ข้อมูลของการแปลงสัญญาณที่ไม่สมบูรณ์จะไม่ได้รับการนำไปใช้งาน นั่นคือถ้าแปลงไม่สมบูรณ์ค่าในรีจิสเตอร์ ADRESH และ ADRESL จะยังเป็นค่าเดิมก่อนหน้า ในรูปที่ 2.34 แสดงกระบวนการแปลงสัญญาณที่สัมพันธ์กับค่าเวลาและบิตสถานะ



รูปที่ 2.26 แสดงกลไกการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลของไมโครคอนโทรลเลอร์

PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4. สรุปขั้นตอนการทำงาน การใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

2.9.4.1. กำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นต่างๆ

- กำหนดให้ขาพอร์ตใช้งานเป็นอินพุต โดยเซตบิตในรีจิสเตอร์ TRISA หรือ TRISE
- เลือกจำนวนช่องและแหล่งจ่ายแรงดันอ้างอิงที่ บิต PCFG3:PCFG0 ในรีจิสเตอร์ ADCON1
- เลือกรูปแบบผลลัพธ์จากบิต ADFM ในรีจิสเตอร์ ADCON1
- เลือกช่องสัญญาณผ่านทางรีจิสเตอร์ ADCON1 และ ADCON0
- เลือกสัญญาณนาฬิกาจากข้อมูลที่บิต ADCS1 : ADCS0 ในรีจิสเตอร์ ADCON0
- เอ็นเอเบิล โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล โดยเซตบิต ADON ในรีจิสเตอร์ ADCON0

2.9.4.2. ถ้ามีการใช้งานอินเตอร์รัปต์ให้มีการกำหนดค่าดังต่อไปนี้

(ถ้าไม่ใช่ให้ข้ามไปข้อ 2.9.4.3.)

- เคลียร์บิต ADIF ในรีจิสเตอร์ PIR 1
- เซตบิต ADIE ในรีจิสเตอร์ PIE 1
- เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ โดยเซตบิต GIE ในรีจิสเตอร์ INTCON

2.9.4.3. หน่วงเวลาเพื่อให้พ้นช่วงเวลาแอกควิซิชัน (acquisition time)

2.9.4.4. เริ่มต้นการแปลงสัญญาณโดยการเซตบิต GO/DONE ในรีจิสเตอร์ ADCON0 (ห้ามเซตบิตนี้ในคำสั่งเดียวกับที่เซตบิต ADON เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการแปลงสัญญาณได้)

2.9.4.5. หน่วงเวลาเพื่อรอให้จบกระบวนการแปลงสัญญาณ ซึ่งทำได้โดย

- วนรอค่าที่บิต GO/DONE ถ้าเป็น “ 0 ” หมายถึงเสร็จสิ้นการแปลงสัญญาณ
- รอให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น

2.9.4.6. อ่านผลลัพธ์จากรีจิสเตอร์ ADRESH : ADRESL

2.9.4.7. ถ้าต้องการให้เกิดการแปลงสัญญาณอย่างต่อเนื่อง ให้หน่วงเวลาอย่างน้อย $2 T_{AD}$ แล้วกลับไปทำในข้อ 2.9.4.3. (ถ้ามีการใช้งานอินเตอร์รัปต์ให้กลับไปทำในข้อ 2.9.4.2.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

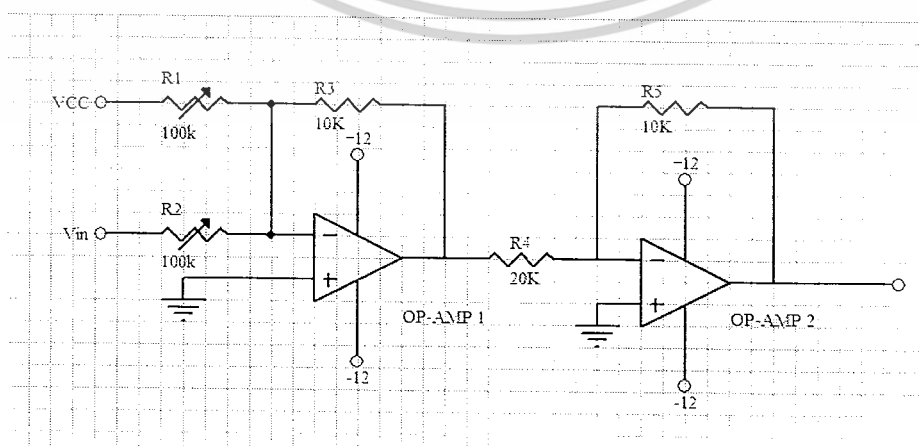
การคำนวณและการสร้าง

3.1. บทนำ

ในโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ ส่วนที่ 1 เป็นวงจรปรับซีโรและสเปน เพื่อทำการยกระดับสัญญาณ ± 5 โวลต์ ให้ออกมา 5 โวลต์ เพื่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 สามารถรับแรงดันได้สูงสุด 5 โวลต์ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการรับสัญญาณจากวงจรปรับซีโรและสเปน เพื่อเข้ามาทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ส่วนที่ 3 เป็นหน่วยความจำรับค่าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแล้วมาเก็บไว้ที่ตัวมัน ส่วนที่ 4 เป็นส่วนนำค่าออกไปแสดงผล โดยผ่าน ไอซี MAX 232 เพื่อแสดงข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากการแปลงสัญญาณ ส่วนโครงสร้างทางด้านซอฟต์แวร์จะเป็นตัวทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 สามารถทำการประมวลผลการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

3.2. วงจรปรับซีโรและสเปน (Zero & Span Circuit)

ในการสร้างวงจรซีโรและสเปน เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับสัญญาณแอนะล็อกได้ตั้งแต่ 0-5 โวลต์ ตามแรงดันที่จ่ายให้ไฟเลี้ยง ทางผู้จัดทำได้ใช้ ออปแอมป์ (Op - Amp) ในการปรับแรงดันจากอินพุต ± 5 โวลต์ เพื่อให้ออกมา 0-5 โวลต์ ในส่วนเอาต์พุต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนที่ภาควิชาศึกษานานับ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1. วงจรปรับซีโรและสเปน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1. เราสามารถหาค่าการปรับซีโรและสเปนได้จากสมการด้านล่าง

$$m = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out(max)} - V_{out(min)}}{V_{in(max)} - V_{in(min)}} = \frac{5V - 0V}{5V - (-5V)} = 0.5V$$

หรือ

$$m = \frac{R_f}{R_i} = 0.5 \quad \text{ถ้าเลือก } R_f = 10k\Omega \quad \text{จะได้ } R_i = 20k\Omega$$

จาก $y = mx = b$ หรือเขียนได้เป็น $V_{out} = mV_{in} + b$

ดังนั้น $V_{in} = -5V$ แล้ว $V_{out} = 0V$

นั่นคือ

$$0V = (0.5)(-5V) + b$$

$$b = 2.5$$

แต่ $b = \frac{R_f}{R_{os}}(\pm V) = 2.5V$ ดังนั้นต้องเลือก $\pm V$ เป็นไฟลบและในที่นี้เลือก $V = -12V$

จะได้

$$R_{os} = \frac{R_f}{b}(\pm V) = \frac{(10k\Omega)(-12V)}{2.5} = 48k\Omega$$

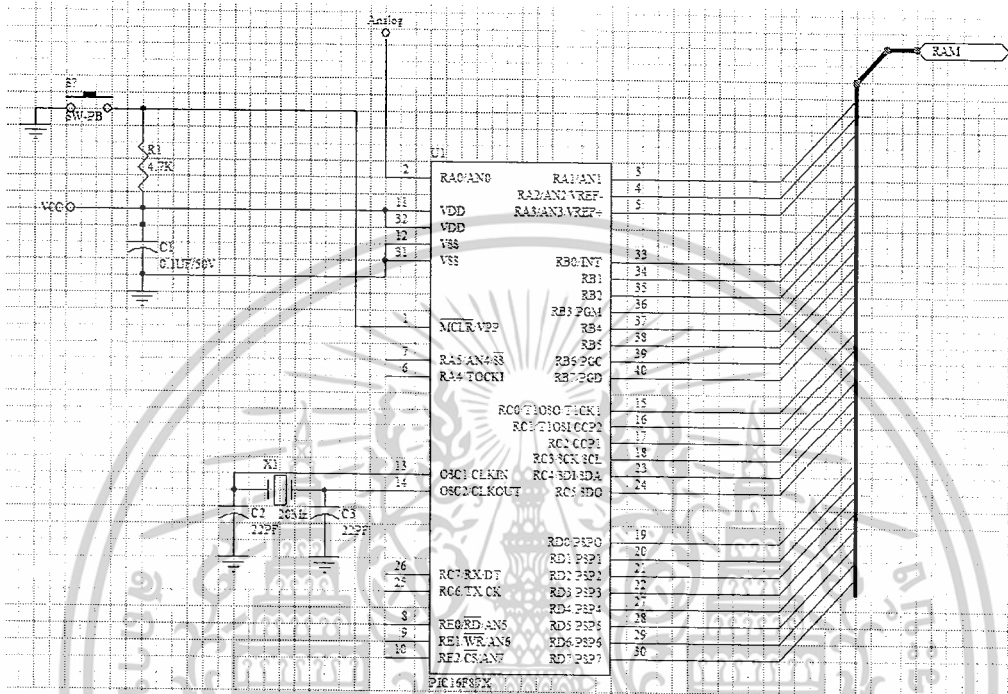
และ

$$R_{comp} = R_f // R_i // R_{os} = 5853.65\Omega$$

3.3. ส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877

ไมโครคอนโทรเลอร์จะเป็นตัวรับสัญญาณแอนะล็อกเข้ามาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่สำคัญจะประกอบไปด้วยวงจรป้อนสัญญาณนาฬิกา, ไฟเลี้ยง VDD และขาพอร์ตสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 3.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2. แสดงส่วนการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

3.4. หน่วยความจำภายนอก

ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 จุดสำคัญอีกจุด คือ การนำค่าดิจิทัลที่ได้รับการแปลงแล้วไปเก็บไว้ในหน่วยความจำแล้วส่งออกมาประมวลผลทางจอมนิเตอร์

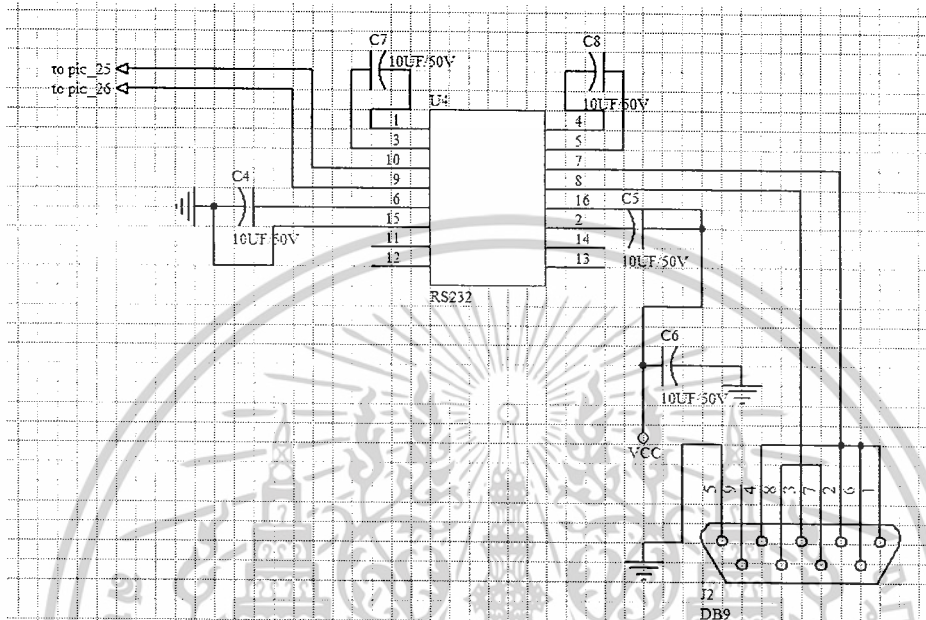
ในการเลือกใช้ แรม ทางผู้จัดทำได้ทำการเลือกใช้ SRAM เนื่องจาก ความเร็วในการเข้าถึง, สามารถเชื่อมต่อได้ง่าย และยั้งราคาเหมาะสม โดยเลือกใช้ของ SAMSUNG K6X1008C2D-DB70 ซึ่งมีรายละเอียดการใช้งานดังนี้คือ ขาแอดเดรสทั้งหมด 17 ขา คือ A0-A16 และมีขนาดคำ 8 ขา คือ D0-D7 ดังนั้นจากสูตร

การคำนวณการอ้างอิงตำแหน่งแอดเดรส

2^x โดยที่ x = จำนวนขาแอดเดรส

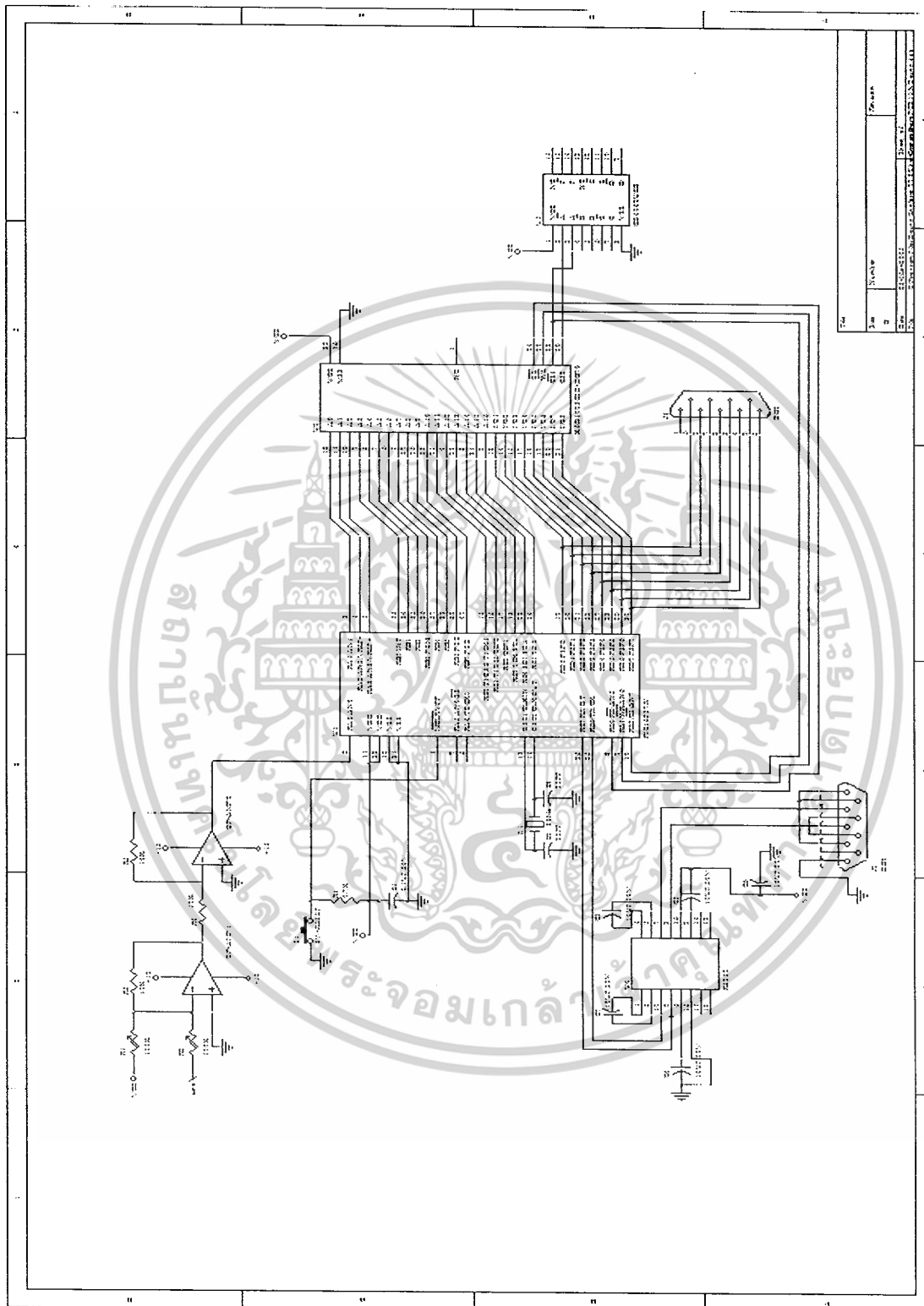
เอกสารนี้ใช้เอกสารที่ส่งมอบไว้ว่าบรรณาธิการใช้แล้วจะคิดเงินไปไหนเอาแต่ทำงานไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

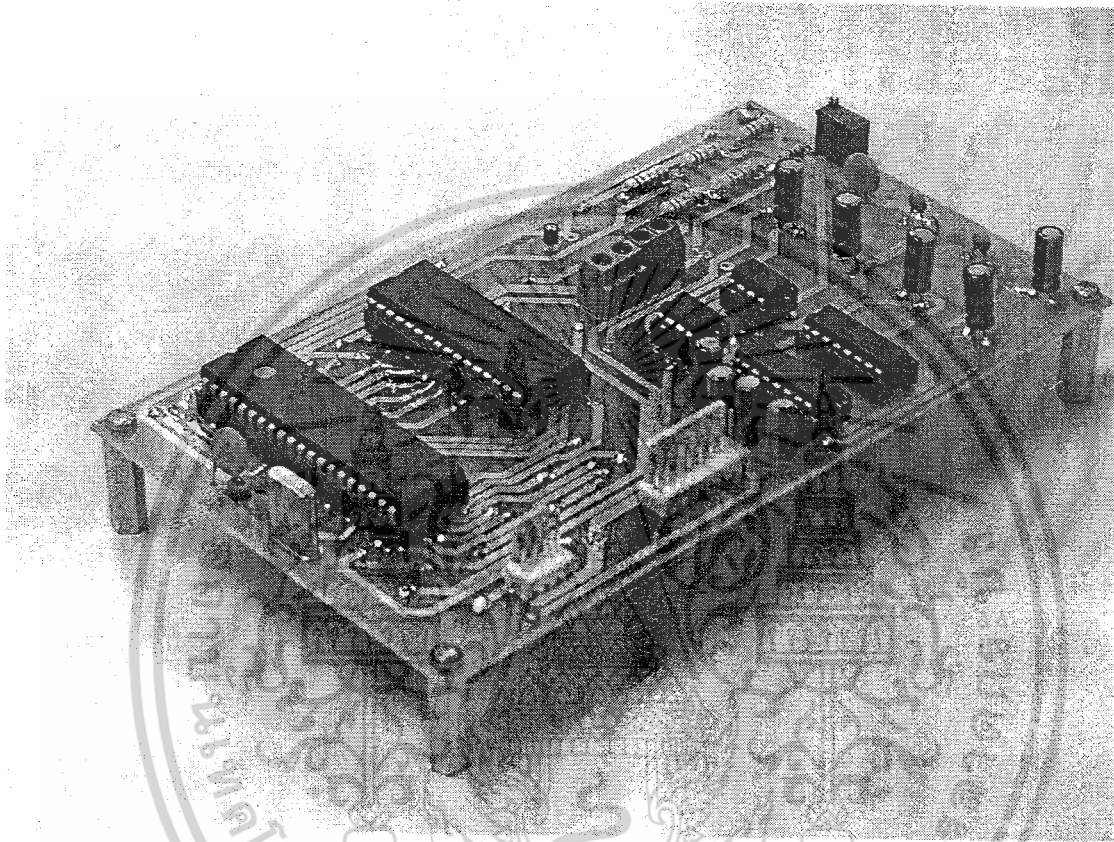


รูปที่ 3.4. แสดงวงจรการต่อ ไอซี MAX 232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5. แสดงวงจรการทำงานของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแล้วทำการเชื่อมต่อกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หน่วยความจำ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

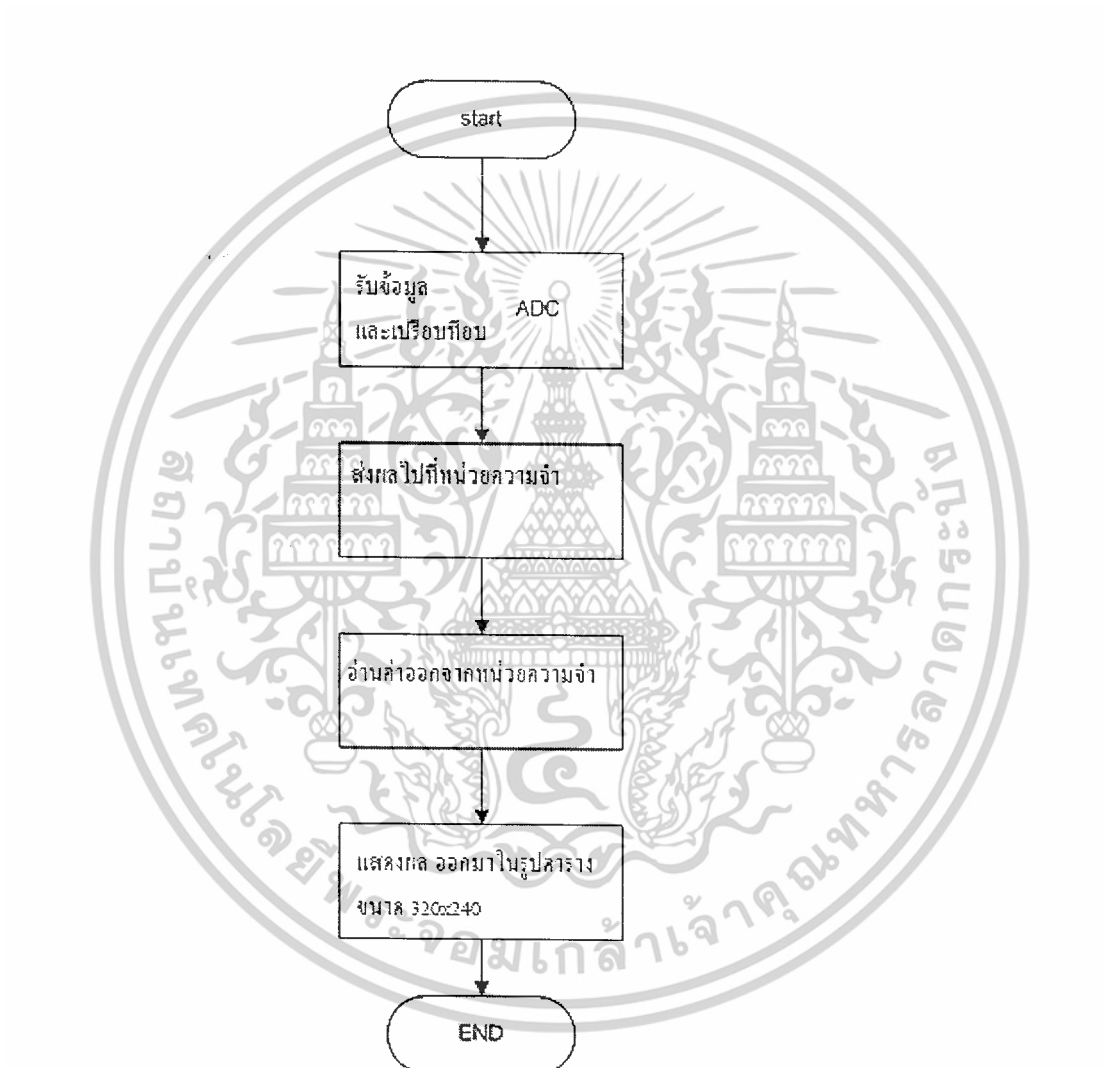


รูปที่ 3.6.แสดงแผงวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแล้วเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

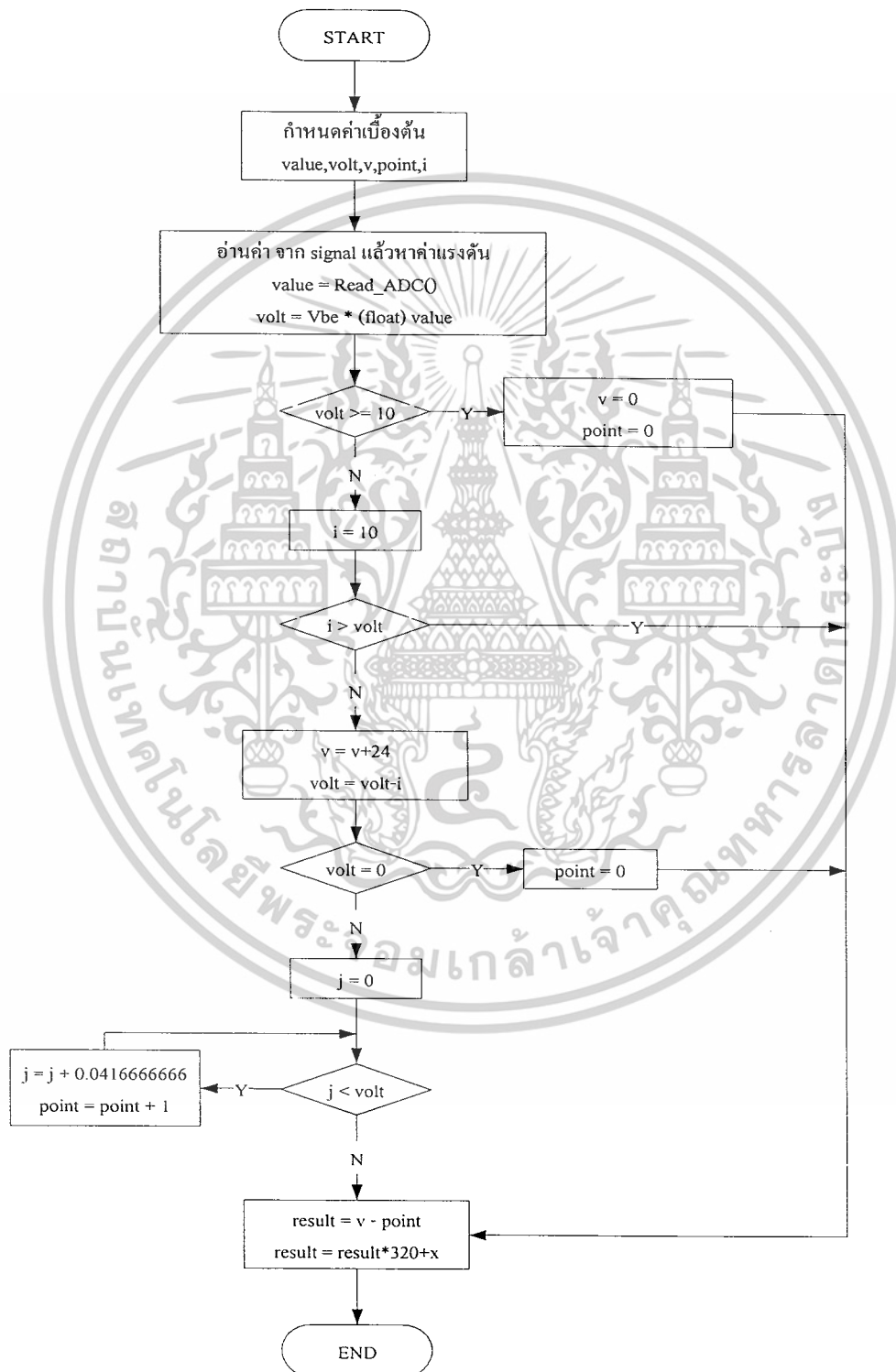
3.6. ส่วนของโปรแกรม

จะแสดงเป็นโฟลวชาร์ตเพื่อความสะดวกดังต่อไปนี้

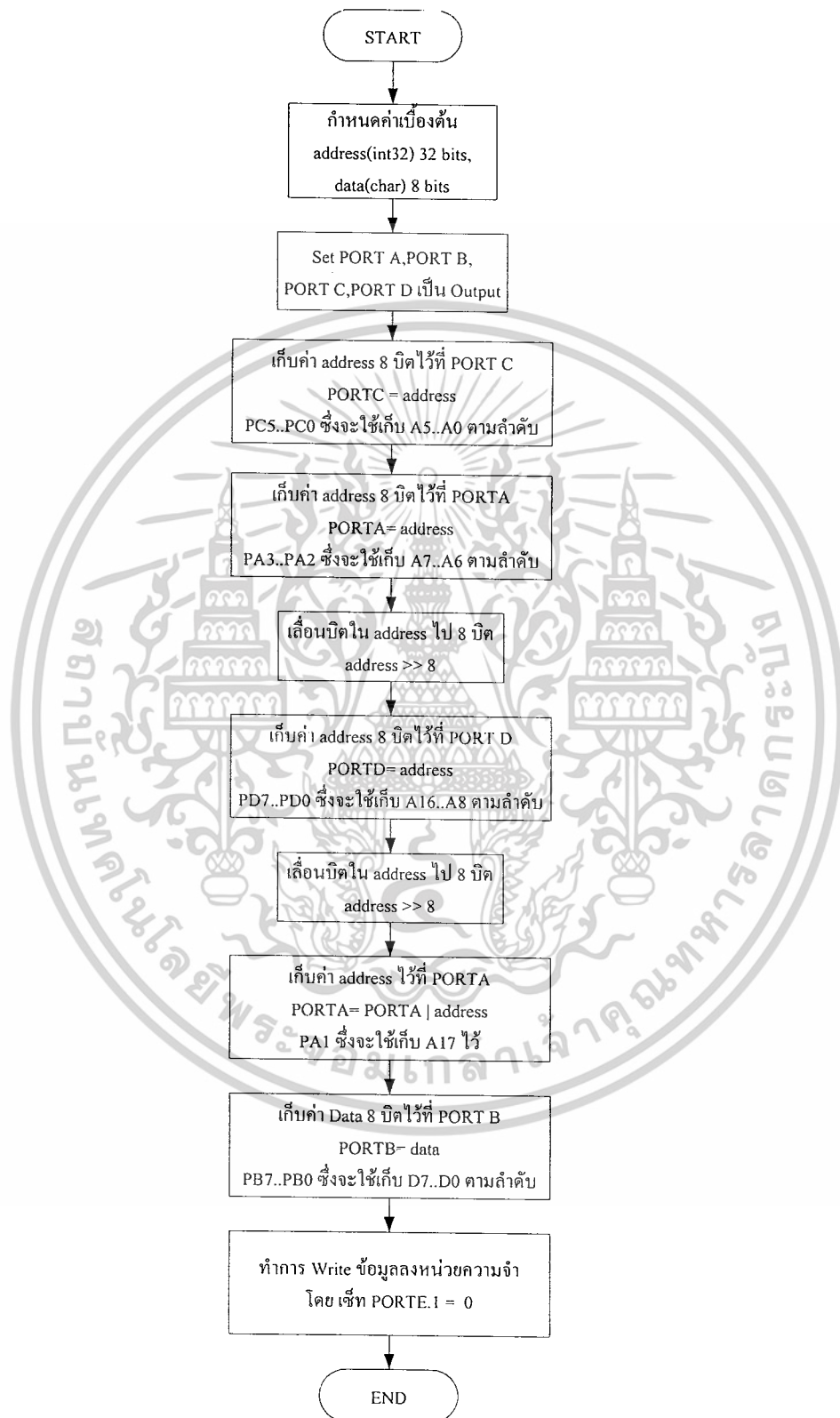


รูปที่ 3.7. แสดงขั้นตอนการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล โดยรวม

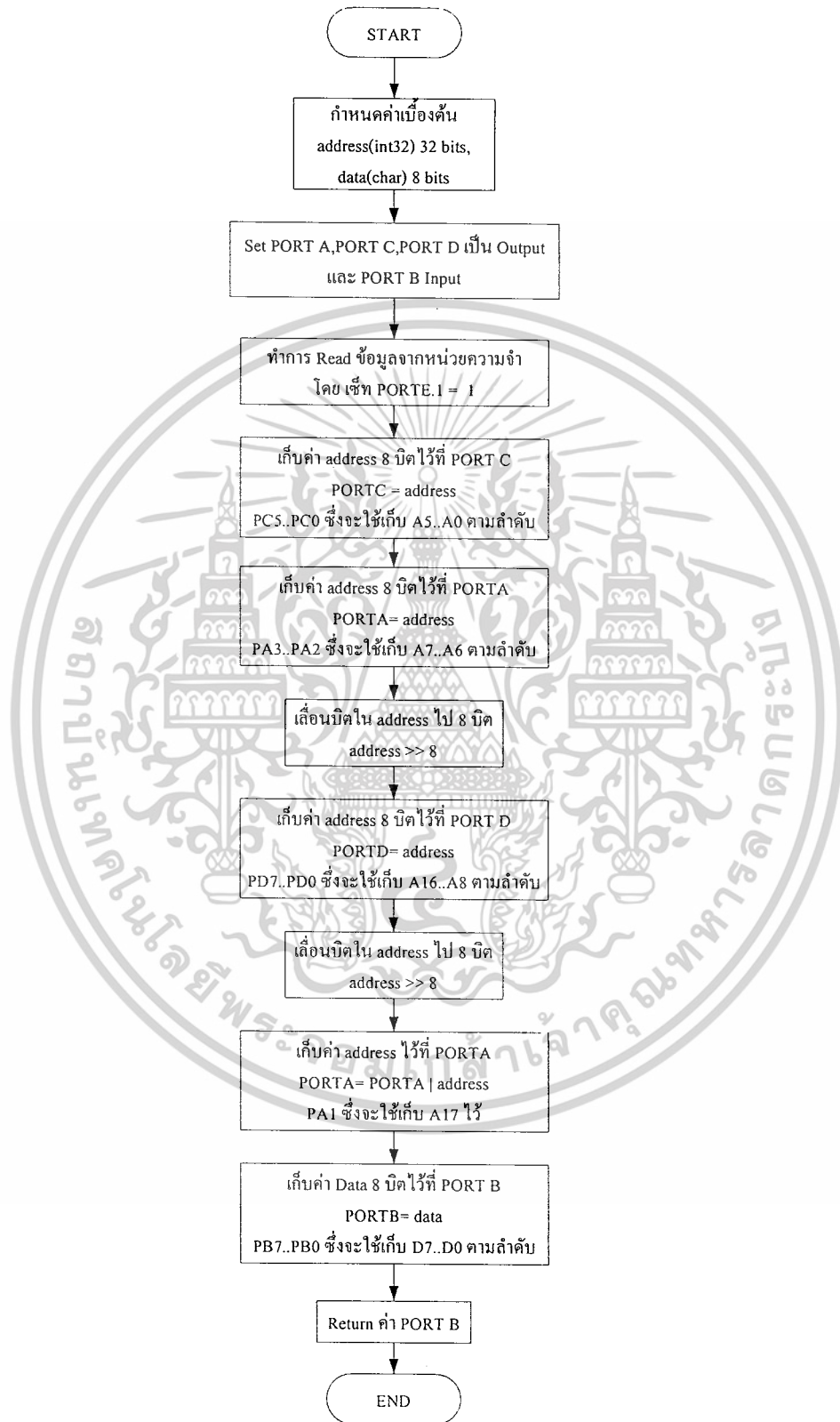
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.8. โค้ดแอสเซมบลีแสดงฟังก์ชันย่อยในการหาค่า ADC
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9. ไคอะแกรมแสดงฟังก์ชันย่อยในการเขียนข้อมูลที่ได้รับการแปลงเป็นดิจิตอลแล้วลงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในสื่อใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10. โค้ดแอสเซมบลีที่แสดงฟังก์ชันย่อยในการอ่านข้อมูลที่ได้รับการแปลงเป็นดิจิตอลแล้วออก
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
จากหน่วยความจำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

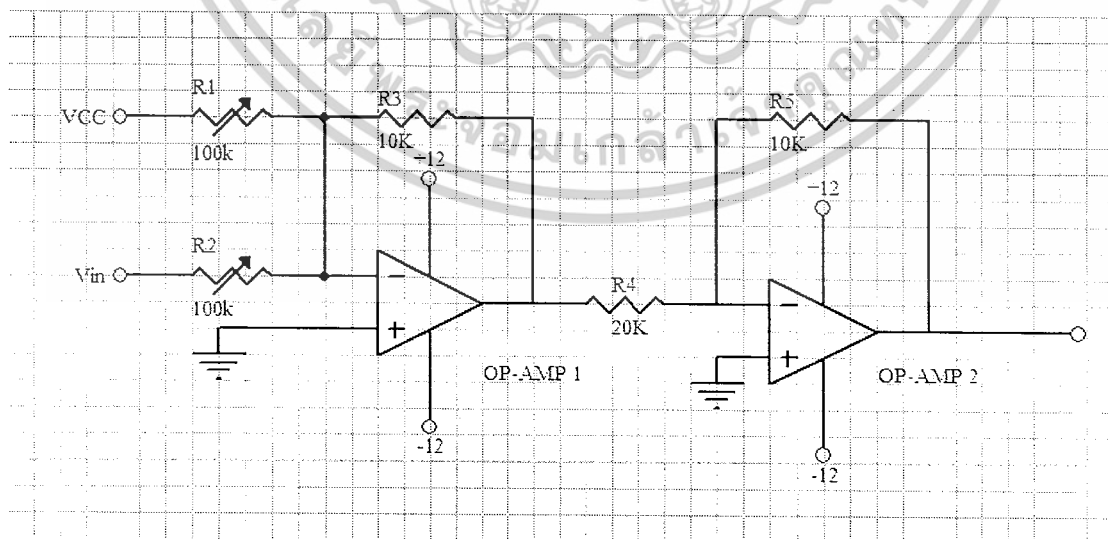
ในการทดลองนั้นได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือน ส่วนปรับซีโรและสเปน ส่วนการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล และ ส่วนของซอฟต์แวร์

4.1. ส่วนปรับซีโรและสเปน

ในการทดลองนี้เป็นส่วนของ การปรับซีโรและสเปนก่อนที่จะจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากว่า PIC สามารถที่จะแปลงสัญญาณได้ในช่วง 0-5V เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องทำการปรับซีโรและสเปน

วิธีการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรดังรูป
2. ทำการปรับ VR 1 และ VR 2 ให้ได้ระดับสัญญาณตามที่ต้องการ
3. ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าคงที่ 5 V
4. วัดสัญญาณเอาต์พุตและบันทึกผล
5. ทำซ้ำการทดลองข้อที่ 3 โดยลดขนาดแรงดันไฟฟ้าลงทีละ 1 V จนถึง -5V



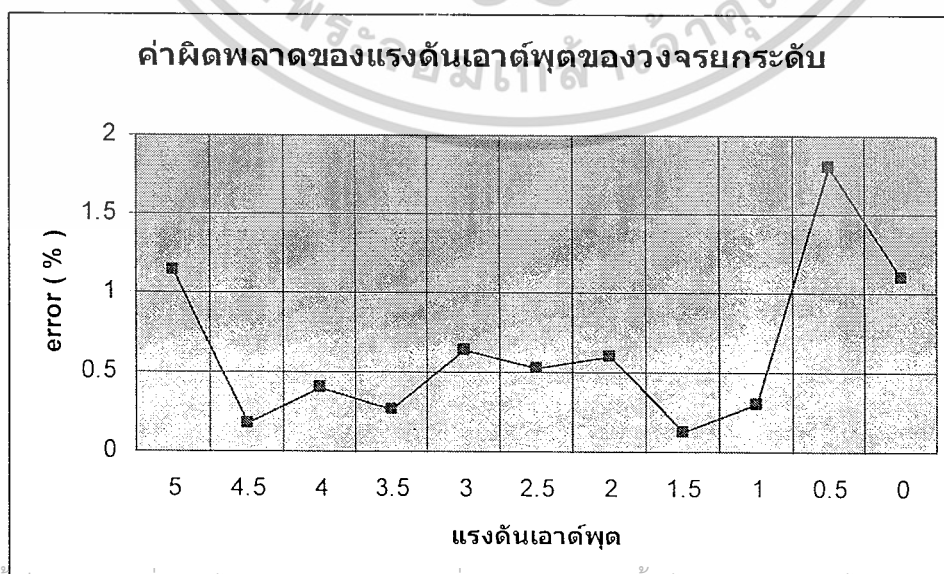
รูปที่ 4.1 วงจรปรับซีโรและสเปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรปรับซีโรและสเปน

แรงดันอินพุต (V)	แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณ (V)	แรงดันเอาต์พุต (V)
5	5	4.943
4	4.5	4.508
3	4	4.016
2	3.5	3.491
1	3	3.018
0	2.5	2.513
-1	2	2.012
-2	1.5	1.502
-3	1	1.003
-4	0.5	0.509
-5	0	0.011



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปที่ 4.2. แสดงค่าผิดพลาดของวงจรปรับซีโรและสเปน

4.2. การทดลองแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

การทดลองแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลนั้นจะทำโดยการปรับค่า VR เพื่อที่จะปรับแรงดันให้ได้ตามต้องการก่อนที่จะจ่ายให้กับ PIC และส่งออกมายังที่ RS 232 เพื่อดูผลที่ได้

วิธีการทดลอง

1. ทำการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงค่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล
2. ทำการคอมไพล์โปรแกรม
3. ทำการต่อวงจร
4. ทำการปรับค่าแรงดันโดยการปรับ VR
5. ทำการส่งค่าออก RS 232 และบันทึกผล

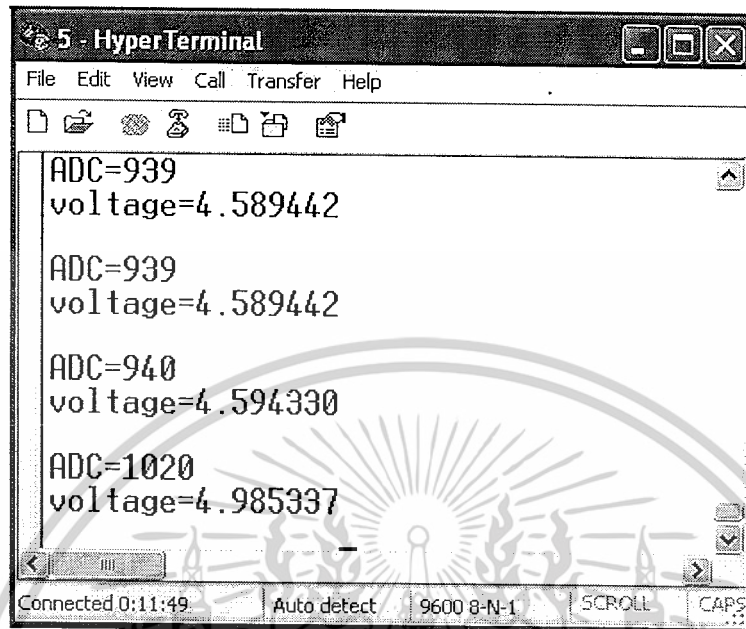
ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตของการแปลง A/D

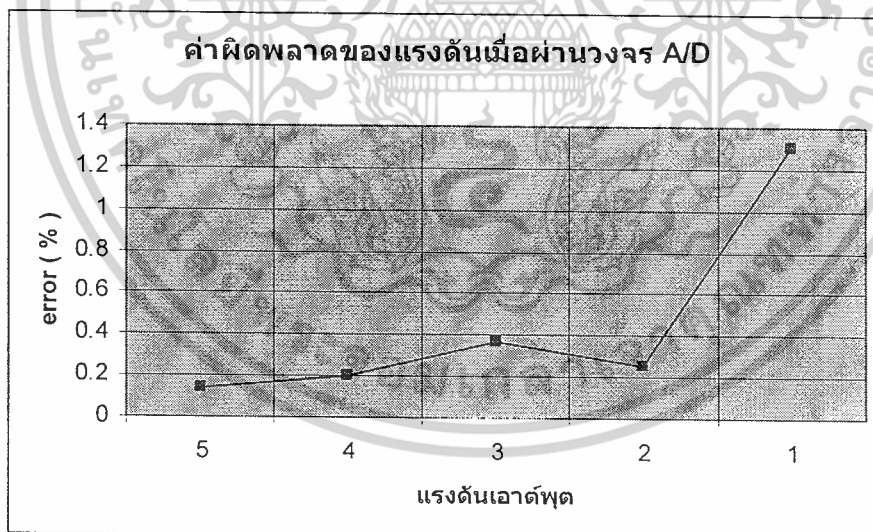
แรงดันวัดได้จากขา RA0	แรงดันที่โปรแกรม Hyper Terminal
5V	4.993
4V	3.992
3V	2.989
2V	1.995
1V	0.987

การทดลองเป็นการแปลงค่าแรงดันที่ขา RA 0 เป็นค่าต่างดูผลได้จากการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล โดยจากการทดลองจะเห็นว่าค่าแรงดันที่ขา RA 0 กับค่าแรงดันที่คอมพิวเตอร์มีค่าใกล้เคียงกันมากจะเกิดค่าผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3. ผลการทดลองผ่าน โปรแกรม ไฮเปอร์เทอร์มินอล



รูปที่ 4.4. แสดงค่า ผิดพลาดของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. การทดลองเก็บสัญญาณลงหน่วยความจำ

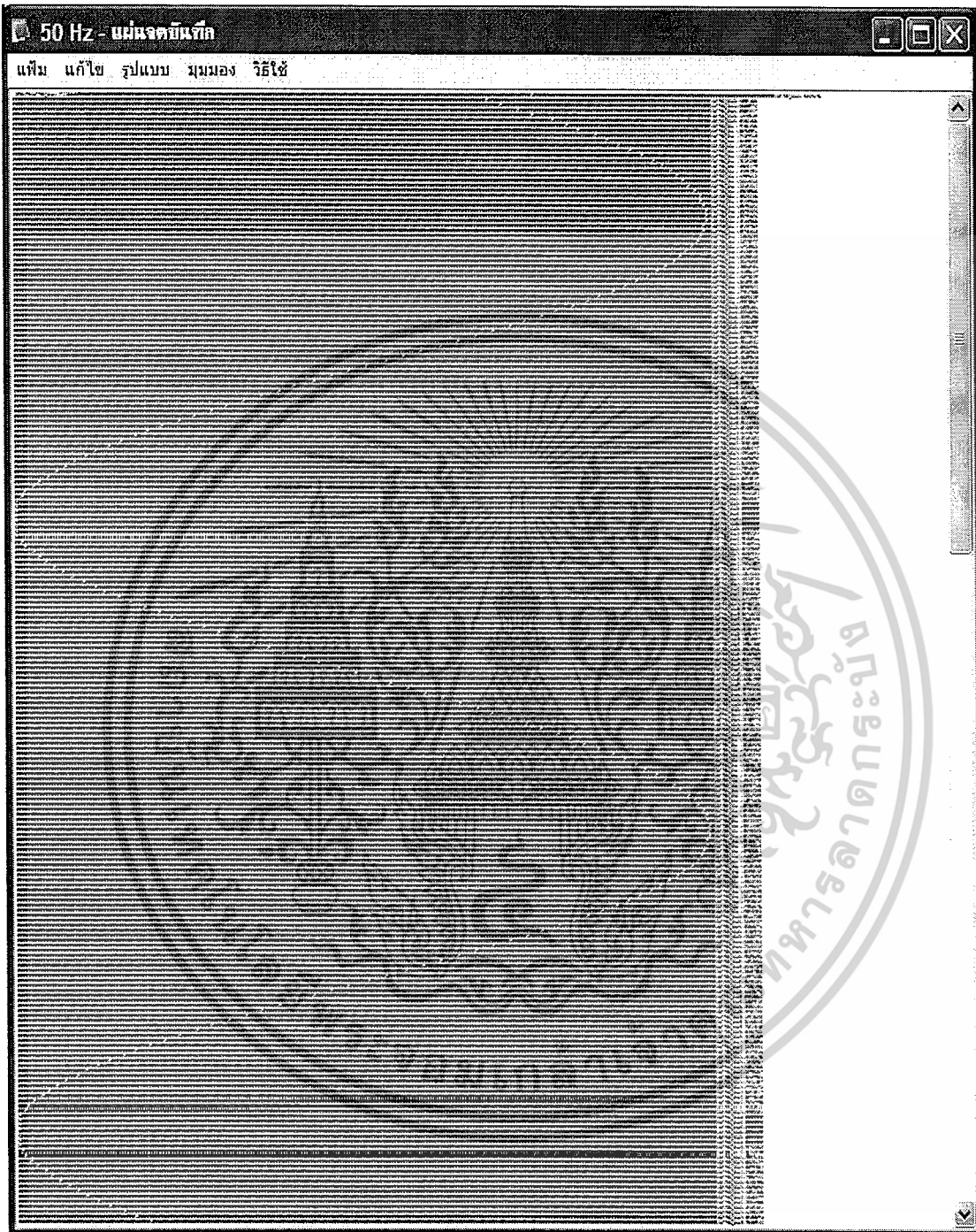
ในการทดลองนี้จะทำการรับค่าสัญญาณขาอินพุตจากวงจรปรับซีโรและสเปกมาเข้าที่ขา RA0 ของ PIC เพื่อจะนำมาแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และ จัดเก็บลงหน่วยความจำ และ จากนั้นทำการอ่านค่าจากหน่วยความจำ แล้ว ส่งค่าออก RS232 ไปที่โปรแกรม HYPER TERMINAL

วิธีการทดลอง

- 1.) ทำการต่อวงจรและเปิดโปรแกรม HYPERTERMINAL
- 2.) ทำการเขียนโปรแกรมการทดลอง
- 3.) ทำการจ่ายสัญญาณขาอินพุตที่ความถี่ 50 Hz ให้กับวงจร

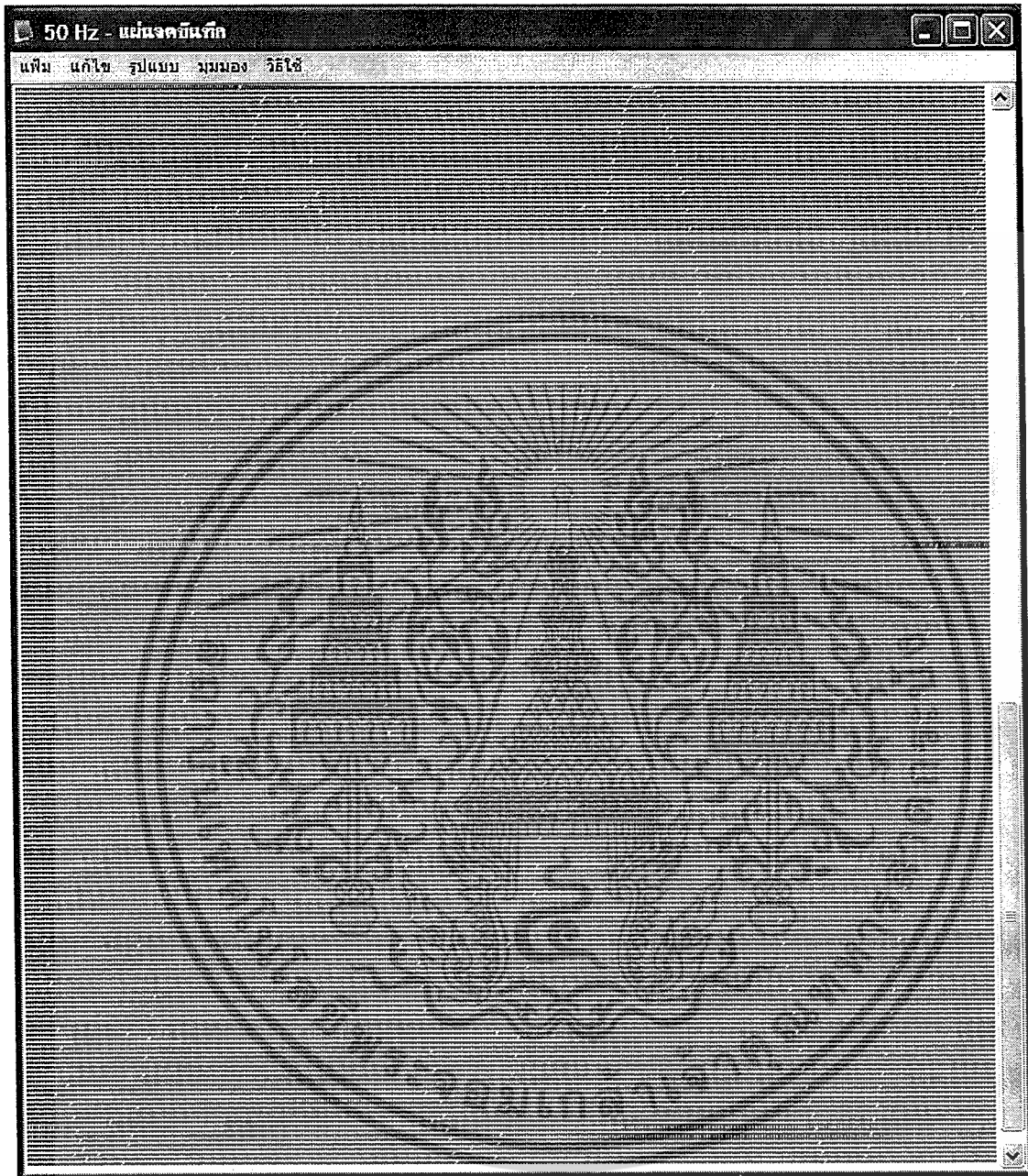
ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าสัญญาณที่แสดงบนโปรแกรม HYPERTERMINAL จะมีลักษณะเป็นสัญญาณขาอินพุต ซึ่งมีความถี่ในการแซมปลิงเท่ากับ 1 ms



รูปที่ 4.5. แสดงรูปสัญญาณการเขียนข้อมูลที่ได้รับการแปลงเป็นดิจิทัลแล้วลงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6. แสดงรูปสัญญาณการอ่านข้อมูลที่ได้รับการแปลงเป็นดิจิทัลแล้วออกจากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทสรุป วิจารณ์ และปัญหาที่พบ

5.1.1 การศึกษาการทำงานของ PIC16F877A

เป็นการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A ซึ่งประกอบด้วยทดลองใช้พอร์ต การทดลองใช้ไทมเมอร์/คาน์เตอร์ การทดลองติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่งการทดลองต่างๆทำการทดลองทั้งทางวงจรและโปรแกรมของ PIC16F877A ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการทำงานพื้นฐานของ PIC16F877A มากขึ้น

5.1.2 การศึกษาการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นการศึกษาการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 โดยใช้วงจรแปลงระดับสัญญาณ TTL เป็นระดับสัญญาณ ในการติดต่อส่งและรับข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การทดลองในขั้นแรกจะมีปัญหาในการทดลองอยู่บ้างเนื่องจากความไม่คุ้นเคยในตัวของวงจรของผู้จัดทำโครงการ

5.1.3 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อจัดเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

โปรแกรมที่พัฒนาจะแบ่งเป็น 2 โปรแกรมหลักๆ ซึ่งก็คือโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และ ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

5.1.4 ปัญหาที่พบ

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 มีข้อจำกัด คือ สามารถวัดสัญญาณแอนะล็อกได้สูงสุดเท่ากับไฟเลี้ยง คือ ช่วง 0-5 โวลต์ ทำให้มีปัญหาในการรับสัญญาณที่สูงกว่า 5 โวลต์ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมียังวงจรปรับซีโรและสแปนเข้ามาช่วย

5.2. แนวทางการพัฒนา

สามารถนำเอาไปพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนออสซิลโลสโคป ซึ่งในปัจจุบันยังคงมีราคาที่สูงอยู่ และยังสามารถนำอนิเตอร์เก่าที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว ซึ่งนับวันก็จะเพิ่มมากขึ้นทุกที มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยมีต้องเป็นขยะย่อยสลายยาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0000: NOP	0821: MOVWF 5C	0846: BTFSS 03.0	086B: MOVWF 60
0001: MOVLW 00	0822: CLRF 63	0847: GOTO 0BE	086C: BCF 0A.3
0002: MOVWF 0A	0823: MOVLW C0	0848: CLRF 5F	086D: CALL 092
0003: GOTO 382	0824: MOVWF 62	0849: MOVLW 70	086E: BSF 0A.3
0800: CLRF 36	0825: MOVLW 7F	084A: MOVWF 5E	086F: MOVF 7A.W
0801: CLRF 35	0826: MOVWF 61	084B: MOVLW 6A	0870: MOVWF 52
0802: CLRF 34	0827: MOVLW 88	084C: MOVWF 5D	0871: MOVF 79.W
0803: CLRF 33	0828: MOVWF 60	084D: MOVLW 88	0872: MOVWF 51
0804: BSF 1F.2	0829: BCF 0A.3	084E: MOVWF 5C	0873: MOVF 78.W
0805: BTFSC 1F.2	082A: CALL 053	084F: MOVF 52.W	0874: MOVWF 50
0806: GOTO 005	082B: BSF 0A.3	0850: MOVWF 63	0875: MOVF 77.W
0807: MOVF 1E.W	082C: BTFSS 03.2	0851: MOVF 51.W	0876: MOVWF 4F
0808: MOVWF 7A	082D: GOTO 034	0852: MOVWF 62	0877: CLRF 4E
0809: BSF 03.5	082E: CLRF 36	0853: MOVF 50.W	0878: MOVLW 80
080A: MOVF 1E.W	082F: CLRF 35	0854: MOVWF 61	0879: MOVWF 4D
080B: BCF 03.5	0830: CLRF 34	0855: MOVF 4F.W	087A: MOVLW 2A
080C: MOVWF 5C	0831: MOVLW 01	0856: MOVWF 60	087B: MOVWF 4C
080D: MOVF 1E.W	0832: MOVWF 33	0857: BCF 0A.3	087C: MOVLW 85
080E: MOVWF 5D	0833: GOTO 754	0858: CALL 053	087D: MOVWF 4B
080F: BCF 0A.3	0834: MOVF 52.W	0859: BSF 0A.3	087E: MOVF 52.W
0810: GOTO 033	0835: MOVWF 5F	085A: BTFSS 03.0	087F: MOVWF 5F
0811: BSF 0A.3	0836: MOVF 51.W	085B: GOTO 0BE	0880: MOVF 51.W
0812: MOVF 7A.W	0837: MOVWF 5E	085C: BSF 03.1	0881: MOVWF 5E
0813: MOVWF 52	0838: MOVF 50.W	085D: MOVF 52.W	0882: MOVF 50.W
0814: MOVF 79.W	0839: MOVWF 5D	085E: MOVWF 5F	0883: MOVWF 5D
0815: MOVWF 51	083A: MOVF 4F.W	085F: MOVF 51.W	0884: MOVF 4F.W
0816: MOVF 78.W	083B: MOVWF 5C	0860: MOVWF 5E	0885: MOVWF 5C
0817: MOVWF 50	083C: CLRF 63	0861: MOVF 50.W	0886: MOVF 4E.W
0818: MOVF 77.W	083D: MOVLW C0	0862: MOVWF 5D	0887: MOVWF 63
0819: MOVWF 4F	083E: MOVWF 62	0863: MOVF 4F.W	0888: MOVF 4D.W
081A: MOVF 52.W	083F: MOVWF 7F	0864: MOVWF 5C	0889: MOVWF 62
081B: MOVWF 5F	0840: MOVWF 61	0865: CLRF 63	088A: MOVF 4C.W
081C: MOVF 51.W	0841: MOVLW 88	0866: MOVLW 70	088B: MOVWF 61
081D: MOVWF 5E	0842: MOVWF 60	0867: MOVWF 62	088C: MOVF 4B.W
081E: MOVF 50.W	0843: BCF 0A.3	0868: MOVLW 6A	088D: MOVWF 60
081F: MOVWF 5D	0844: CALL 053	0869: MOVWF 61	088E: BCF 0A.3
0820: MOVF 4F.W	0845: BSF 0A.3	086A: MOVLW 88	088F: CALL 053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0890: BSF 0A.3	08B1: BCF 0A.3	08D2: BTFSS 03.2	08F3: BTFSC 03.0
0891: BTFSS 03.0	08B2: CALL 092	08D3: GOTO 158	08F4: MOVLW 01
0892: GOTO 0BD	08B3: BSF 0A.3	08D4: CLRF 5F	08F5: ADDWF 36.F
0893: MOVLW 01	08B4: MOVF 7A.W	08D5: MOVLW 20	08F6: BSF 03.1
0894: ADDWF 33.F	08B5: MOVWF 4E	08D6: MOVWF 5E	08F7: MOVF 52.W
0895: MOVLW 00	08B6: MOVF 79.W	08D7: MOVLW 55	08F8: MOVWF 5F
0896: BTFSC 03.0	08B7: MOVWF 4D	08D8: MOVWF 5D	08F9: MOVF 51.W
0897: MOVLW 01	08B8: MOVF 78.W	08D9: MOVLW 88	08FA: MOVWF 5E
0898: ADDWF 34.F	08B9: MOVWF 4C	08DA: MOVWF 5C	08FB: MOVF 50.W
0899: MOVLW 00	08BA: MOVF 77.W	08DB: MOVF 52.W	08FC: MOVWF 5D
089A: BTFSC 03.0	08BB: MOVWF 4B	08DC: MOVWF 63	08FD: MOVF 4F.W
089B: MOVLW 01	08BC: GOTO 07E	08DD: MOVF 51.W	08FE: MOVWF 5C
089C: ADDWF 35.F	08BD: GOTO 754	08DE: MOVWF 62	08FF: CLRF 63
089D: MOVLW 00	08BE: MOVF 52.W	08DF: MOVF 50.W	0900: MOVLW 20
089E: BTFSC 03.0	08BF: MOVWF 5F	08E0: MOVWF 61	0901: MOVWF 62
089F: MOVLW 01	08C0: MOVF 51.W	08E1: MOVF 4F.W	0902: MOVLW 55
08A0: ADDWF 36.F	08C1: MOVWF 5E	08E2: MOVWF 60	0903: MOVWF 61
08A1: BSF 03.1	08C2: MOVF 50.W	08E3: BCF 0A.3	0904: MOVLW 88
08A2: MOVF 4E.W	08C3: MOVWF 5D	08E4: CALL 053	0905: MOVWF 60
08A3: MOVWF 5F	08C4: MOVF 4F.W	08E5: BSF 0A.3	0906: BCF 0A.3
08A4: MOVF 4D.W	08C5: MOVWF 5C	08E6: BTFSS 03.0	0907: CALL 092
08A5: MOVWF 5E	08C6: CLRF 63	08E7: GOTO 158	0908: BSF 0A.3
08A6: MOVF 4C.W	08C7: MOVLW 70	08E8: MOVLW 14	0909: MOVF 7A.W
08A7: MOVWF 5D	08C8: MOVWF 62	08E9: ADDWF 33.F	090A: MOVWF 52
08A8: MOVF 4B.W	08C9: MOVLW 6A	08EA: MOVLW 00	090B: MOVF 79.W
08A9: MOVWF 5C	08CA: MOVWF 61	08EB: BTFSC 03.0	090C: MOVWF 51
08AA: MOVLW 66	08CB: MOVLW 88	08EC: MOVLW 01	090D: MOVF 78.W
08AB: MOVWF 63	08CC: MOVWF 60	08ED: ADDWF 34.F	090E: MOVWF 50
08AC: MOVWF 62	08CD: BCF 0A.3	08EE: MOVLW 00	090F: MOVF 77.W
08AD: MOVLW 08	08CE: CALL 053	08EF: BTFSC 03.0	0910: MOVWF 4F
08AE: MOVWF 61	08CF: BSF 0A.3	08F0: MOVLW 01	0911: CLRF 4E
08AF: MOVLW 81	08D0: BTFSC 03.0	08F1: ADDWF 35.F	0912: MOVLW 80
08B0: MOVWF 60	08D1: GOTO 0D4	08F2: MOVLW 00	0913: MOVWF 4D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0914: MOVLW 2A	0939: MOVLW 01	095E: MOVF 4F.W	0983: ADDWF 33.F
0915: MOVWF 4C	093A: ADDWF 36.F	095F: MOVWF 5C	0984: MOVLW 00
0916: MOVLW 85	093B: BSF 03.1	0960: CLRF 63	0985: BTFSC 03.0
0917: MOVWF 4B	093C: MOVF 4E.W	0961: MOVLW 20	0986: MOVLW 01
0918: MOVF 52.W	093D: MOVWF 5F	0962: MOVWF 62	0987: ADDWF 34.F
0919: MOVWF 5F	093E: MOVF 4D.W	0963: MOVLW 55	0988: MOVLW 00
091A: MOVF 51.W	093F: MOVWF 5E	0964: MOVWF 61	0989: BTFSC 03.0
091B: MOVWF 5E	0940: MOVF 4C.W	0965: MOVLW 88	098A: MOVLW 01
091C: MOVF 50.W	0941: MOVWF 5D	0966: MOVWF 60	098B: ADDWF 35.F
091D: MOVWF 5D	0942: MOVF 4B.W	0967: BCF 0A.3	098C: MOVLW 00
091E: MOVF 4F.W	0943: MOVWF 5C	0968: CALL 053	098D: BTFSC 03.0
091F: MOVWF 5C	0944: MOVLW 66	0969: BSF 0A.3	098E: MOVLW 01
0920: MOVF 4E.W	0945: MOVWF 63	096A: BTFSC 03.0	098F: ADDWF 36.F
0921: MOVWF 63	0946: MOVWF 62	096B: GOTO 16E	0990: BSF 03.1
0922: MOVF 4D.W	0947: MOVLW 08	096C: BTFSS 03.2	0991: MOVF 52.W
0923: MOVWF 62	0948: MOVWF 61	096D: GOTO 1F2	0992: MOVWF 5F
0924: MOVF 4C.W	0949: MOVLW 81	096E: CLRF 5F	0993: MOVF 51.W
0925: MOVWF 61	094A: MOVWF 60	096F: MOVLW D0	0994: MOVWF 5E
0926: MOVF 4B.W	094B: BCF 0A.3	0970: MOVWF 5E	0995: MOVF 50.W
0927: MOVWF 60	094C: CALL 092	0971: MOVLW 3F	0996: MOVWF 5D
0928: BCF 0A.3	094D: BSF 0A.3	0972: MOVWF 5D	0997: MOVF 4F.W
0929: CALL 053	094E: MOVF 7A.W	0973: MOVLW 88	0998: MOVWF 5C
092A: BSF 0A.3	094F: MOVWF 4E	0974: MOVWF 5C	0999: CLRF 63
092B: BTFSS 03.0	0950: MOVF 79.W	0975: MOVF 52.W	099A: MOVLW D0
092C: GOTO 157	0951: MOVWF 4D	0976: MOVWF 63	099B: MOVWF 62
092D: MOVLW 01	0952: MOVF 78.W	0977: MOVF 51.W	099C: MOVLW 3F
092E: ADDWF 33.F	0953: MOVWF 4C	0978: MOVWF 62	099D: MOVWF 61
092F: MOVLW 00	0954: MOVF 77.W	0979: MOVF 50.W	099E: MOVLW 88
0930: BTFSC 03.0	0955: MOVWF 4B	097A: MOVWF 61	099F: MOVWF 60
0931: MOVLW 01	0956: GOTO 118	097B: MOVF 4F.W	09A0: BCF 0A.3
0932: ADDWF 34.F	0957: GOTO 754	097C: MOVWF 60	09A1: CALL 092
0933: MOVLW 00	0958: MOVF 52.W	097D: BCF 0A.3	09A2: BSF 0A.3
0934: BTFSC 03.0	0959: MOVWF 5F	097E: CALL 053	09A3: MOVF 7A.W
0935: MOVLW 01	095A: MOVF 51.W	097F: BSF 0A.3	09A4: MOVWF 52
0936: ADDWF 35.F	095B: MOVWF 5E	0980: BTFSS 03.0	09A5: MOVF 79.W
0937: MOVLW 00	095C: MOVF 50.W	0981: GOTO 1F2	09A6: MOVWF 51
0938: BTFSC 03.0	095D: MOVWF 5D	0982: MOVLW 28	09A7: MOVF 78.W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

09A8: MOVWF 50	09CD: MOVLW 00	09F2: MOVF 52.W	0A17: BCF 0A.3
09A9: MOVF 77.W	09CE: BTFSC 03.0	09F3: MOVWF 5F	0A18: CALL 053
09AA: MOVWF 4F	09CF: MOVLW 0i	09F4: MOVF 51.W	0A19: BSF 0A.3
09AB: CLRF 4E	09D0: ADDWF 35.F	09F5: MOVWF 5E	0A1A: BTFSS 03.0
09AC: MOVLW 80	09D1: MOVLW 00	09F6: MOVF 50.W	0A1B: GOTO 28C
09AD: MOVWF 4D	09D2: BTFSC 03.0	09F7: MOVWF 5D	0A1C: MOVLW 3C
09AE: MOVLW 2A	09D3: MOVLW 01	09F8: MOVF 4F.W	0A1D: ADDWF 33.F
09AF: MOVWF 4C	09D4: ADDWF 36.F	09F9: MOVWF 5C	0A1E: MOVLW 00
09B0: MOVLW 85	09D5: BSF 03.1	09FA: CLRF 63	0A1F: BTFSC 03.0
09B1: MOVWF 4B	09D6: MOVF 4E.W	09FB: MOVLW D0	0A20: MOVLW 01
09B2: MOVF 52.W	09D7: MOVWF 5F	09FC: MOVWF 62	0A21: ADDWF 34.F
09B3: MOVWF 5F	09D8: MOVF 4D.W	09FD: MOVLW 3F	0A22: MOVLW 00
09B4: MOVF 51.W	09D9: MOVWF 5E	09FE: MOVWF 61	0A23: BTFSC 03.0
09B5: MOVWF 5E	09DA: MOVF 4C.W	09FF: MOVLW 88	0A24: MOVLW 01
09B6: MOVF 50.W	09DB: MOVWF 5D	0A00: MOVWF 60	0A25: ADDWF 35.F
09B7: MOVWF 5D	09DC: MOVF 4B.W	0A01: BCF 0A.3	0A26: MOVLW 00
09B8: MOVF 4F.W	09DD: MOVWF 5C	0A02: CALL 053	0A27: BTFSC 03.0
09B9: MOVWF 5C	09DE: MOVLW 66	0A03: BSF 0A.3	0A28: MOVLW 01
09BA: MOVF 4E.W	09DF: MOVWF 63	0A04: BTFSC 03.0	0A29: ADDWF 36.F
09BB: MOVWF 63	09E0: MOVWF 62	0A05: GOTO 208	0A2A: BSF 03.1
09BC: MOVF 4D.W	09E1: MOVLW 08	0A06: BTFSS 03.2	0A2B: MOVF 52.W
09BD: MOVWF 62	09E2: MOVWF 61	0A07: GOTO 28C	0A2C: MOVWF 5F
09BE: MOVF 4C.W	09E3: MOVLW 81	0A08: CLRF 5F	0A2D: MOVF 51.W
09BF: MOVWF 61	09E4: MOVWF 60	0A09: MOVLW 80	0A2E: MOVWF 5E
09C0: MOVF 4B.W	09E5: BCF 0A.3	0A0A: MOVWF 5E	0A2F: MOVF 50.W
09C1: MOVWF 60	09E6: CALL 092	0A0B: MOVLW 2A	0A30: MOVWF 5D
09C2: BCF 0A.3	09E7: BSF 0A.3	0A0C: MOVWF 5D	0A31: MOVF 4F.W
09C3: CALL 053	09E8: MOVF 7A.W	0A0D: MOVLW 88	0A32: MOVWF 5C
09C4: BSF 0A.3	09E9: MOVWF 4E	0A0E: MOVWF 5C	0A33: CLRF 63
09C5: BTFSS 03.0	09EA: MOVF 79.W	0A0F: MOVF 52.W	0A34: MOVLW 80
09C6: GOTO 1F1	09EB: MOVWF 4D	0A10: MOVWF 63	0A35: MOVWF 62
09C7: MOVLW 01	09EC: MOVF 78.W	0A11: MOVF 51.W	0A36: MOVLW 2A
09C8: ADDWF 33.F	09ED: MOVWF 4C	0A12: MOVWF 62	0A37: MOVWF 61
09C9: MOVLW 00	09EE: MOVF 77.W	0A13: MOVF 50.W	0A38: MOVLW 88
09CA: BTFSC 03.0	09EF: MOVWF 4B	0A14: MOVWF 61	0A39: MOVWF 60
09CB: MOVLW 01	09F0: GOTO 1B2	0A15: MOVF 4F.W	0A3A: BCF 0A.3
09CC: ADDWF 34.F	09F1: GOTO 754	0A16: MOVWF 60	0A3B: CALL 092

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0A3C: BSF 0A.3	0A61: MOVLW 01	0A86: MOVF 78.W	0AAB: MOVF 51.W
0A3D: MOVF 7A.W	0A62: ADDWF 33.F	0A87: MOVWF 4C	0AAC: MOVWF 62
0A3E: MOVWF 52	0A63: MOVLW 00	0A88: MOVF 77.W	0AAD: MOVF 50.W
0A3F: MOVF 79.W	0A64: BTFSC 03.0	0A89: MOVWF 4B	0AAE: MOVWF 61
0A40: MOVWF 51	0A65: MOVLW 01	0A8A: GOTO 24C	0AAF: MOVF 4F.W
0A41: MOVF 78.W	0A66: ADDWF 34.F	0A8B: GOTO 754	0AB0: MOVWF 60
0A42: MOVWF 50	0A67: MOVLW 00	0A8C: MOVF 52.W	0AB1: BCF 0A.3
0A43: MOVF 77.W	0A68: BTFSC 03.0	0A8D: MOVWF 5F	0AB2: CALL 053
0A44: MOVWF 4F	0A69: MOVLW 01	0A8E: MOVF 51.W	0AB3: BSF 0A.3
0A45: CLRF 4E	0A6A: ADDWF 35.F	0A8F: MOVWF 5E	0AB4: BTFSS 03.0
0A46: MOVLW 80	0A6B: MOVLW 00	0A90: MOVF 50.W	0AB5: GOTO 326
0A47: MOVWF 4D	0A6C: BTFSC 03.0	0A91: MOVWF 5D	0AB6: MOVLW 50
0A48: MOVLW 2A	0A6D: MOVLW 01	0A92: MOVF 4F.W	0AB7: ADDWF 33.F
0A49: MOVWF 4C	0A6E: ADDWF 36.F	0A93: MOVWF 5C	0AB8: MOVLW 00
0A4A: MOVLW 85	0A6F: BSF 03.1	0A94: CLRF 63	0AB9: BTFSC 03.0
0A4B: MOVWF 4B	0A70: MOVF 4E.W	0A95: MOVLW 80	0ABA: MOVLW 01
0A4C: MOVF 52.W	0A71: MOVWF 5F	0A96: MOVWF 62	0ABB: ADDWF 34.F
0A4D: MOVWF 5F	0A72: MOVF 4D.W	0A97: MOVLW 2A	0ABC: MOVLW 00
0A4E: MOVF 51.W	0A73: MOVWF 5E	0A98: MOVWF 61	0ABD: BTFSC 03.0
0A4F: MOVWF 5E	0A74: MOVF 4C.W	0A99: MOVLW 88	0ABE: MOVLW 01
0A50: MOVF 50.W	0A75: MOVWF 5D	0A9A: MOVWF 60	0ABF: ADDWF 35.F
0A51: MOVWF 5D	0A76: MOVF 4B.W	0A9B: BCF 0A.3	0AC0: MOVLW 00
0A52: MOVF 4F.W	0A77: MOVWF 5C	0A9C: CALL 053	0AC1: BTFSC 03.0
0A53: MOVWF 5C	0A78: MOVLW 66	0A9D: BSF 0A.3	0AC2: MOVLW 01
0A54: MOVF 4E.W	0A79: MOVWF 63	0A9E: BTFSC 03.0	0AC3: ADDWF 36.F
0A55: MOVWF 63	0A7A: MOVWF 62	0A9F: GOTO 2A2	0AC4: BSF 03.1
0A56: MOVF 4D.W	0A7B: MOVLW 08	0AA0: BTFSS 03.2	0AC5: MOVF 52.W
0A57: MOVWF 62	0A7C: MOVWF 61	0AA1: GOTO 326	0AC6: MOVWF 5F
0A58: MOVF 4C.W	0A7D: MOVLW 81	0AA2: CLRF 5F	0AC7: MOVF 51.W
0A59: MOVWF 61	0A7E: MOVWF 60	0AA3: MOVLW 30	0AC8: MOVWF 5E
0A5A: MOVF 4B.W	0A7F: BCF 0A.3	0AA4: MOVWF 5E	0AC9: MOVF 50.W
0A5B: MOVWF 60	0A80: CALL 092	0AA5: MOVLW 15	0ACA: MOVWF 5D
0A5C: BCF 0A.3	0A81: BSF 0A.3	0AA6: MOVWF 5D	0ACB: MOVF 4F.W
0A5D: CALL 053	0A82: MOVF 7A.W	0AA7: MOVLW 88	0ACC: MOVWF 5C
0A5E: BSF 0A.3	0A83: MOVWF 4E	0AA8: MOVWF 5C	0ACD: CLRF 63
0A5F: BTFSS 03.0	0A84: MOVF 79.W	0AA9: MOVF 52.W	0ACE: MOVLW 30
0A60: GOTO 28B	0A85: MOVWF 4D	0AAA: MOVWF 63	0ACF: MOVWF 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0AD0: MOVLW 15	0AF5: MOVWF 60	0B3F: MOVLW 7F	0B1A: CALL 092
0AD1: MOVWF 61	0AF6: BCF 0A.3	0B40: MOVWF 5D	0B1B: BSF 0A.3
0AD2: MOVLW 88	0AF7: CALL 053	0B41: MOVLW 87	0B1C: MOVF 7A.W
0AD3: MOVWF 60	0AF8: BSF 0A.3	0B42: MOVWF 5C	0B1D: MOVWF 4E
0AD4: BCF 0A.3	0AF9: BTFSS 03.0	0B43: MOVF 52.W	0B1E: MOVF 79.W
0AD5: CALL 092	0AFA: GOTO 325	0B44: MOVWF 63	0B1F: MOVWF 4D
0AD6: BSF 0A.3	0AFB: MOVLW 01	0B45: MOVF 51.W	0B20: MOVF 78.W
0AD7: MOVF 7A.W	0AFC: ADDWF 33.F	0B46: MOVWF 62	0B21: MOVWF 4C
0AD8: MOVWF 52	0AFD: MOVLW 00	0B47: MOVF 50.W	0B22: MOVF 77.W
0AD9: MOVF 79.W	0AFE: BTFSC 03.0	0B48: MOVWF 61	0B23: MOVWF 4B
0ADA: MOVWF 51	0AFF: MOVLW 01	0B49: MOVF 4F.W	0B24: GOTO 2E6
0ADB: MOVF 78.W	0B00: ADDWF 34.F	0B4A: MOVWF 60	0B25: GOTO 754
0ADC: MOVWF 50	0B01: MOVLW 00	0B4B: BCF 0A.3	0B26: MOVF 52.W
0ADD: MOVF 77.W	0B02: BTFSC 03.0	0B4C: CALL 053	0B27: MOVWF 5F
0ADE: MOVWF 4F	0B03: MOVLW 01	0B4D: BSF 0A.3	0B28: MOVF 51.W
0ADF: CLRF 4E	0B04: ADDWF 35.F	0B4E: BTFSS 03.0	0B29: MOVWF 5E
0AE0: MOVLW 80	0B05: MOVLW 00	0B4F: GOTO 3C0	0B2A: MOVF 50.W
0AE1: MOVWF 4D	0B06: BTFSC 03.0	0B50: MOVLW 64	0B2B: MOVWF 5D
0AE2: MOVLW 2A	0B07: MOVLW 01	0B51: ADDWF 33.F	0B2C: MOVF 4F.W
0AE3: MOVWF 4C	0B08: ADDWF 36.F	0B52: MOVLW 00	0B2D: MOVWF 5C
0AE4: MOVLW 85	0B09: BSF 03.1	0B53: BTFSC 03.0	0B2E: CLRF 63
0AE5: MOVWF 4B	0B0A: MOVF 4E.W	0B54: MOVLW 01	0B2F: MOVLW 30
0AE6: MOVF 52.W	0B0B: MOVWF 5F	0B55: ADDWF 34.F	0B30: MOVWF 62
0AE7: MOVWF 5F	0B0C: MOVF 4D.W	0B56: MOVLW 00	0B31: MOVLW 15
0AE8: MOVF 51.W	0B0D: MOVWF 5E	0B57: BTFSC 03.0	0B32: MOVWF 61
0AE9: MOVWF 5E	0B0E: MOVF 4C.W	0B58: MOVLW 01	0B33: MOVLW 88
0AEA: MOVF 50.W	0B0F: MOVWF 5D	0B59: ADDWF 35.F	0B34: MOVWF 60
0ALB: MOVWF 5D	0B10: MOVF 4B.W	0B5A: MOVLW 00	0B35: BCF 0A.3
0AEC: MOVF 4F.W	0B11: MOVWF 5C	0B5B: BTFSC 03.0	0B36: CALL 053
0AED: MOVWF 5C	0B12: MOVLW 66	0B5C: MOVLW 01	0B37: BSF 0A.3
0AEE: MOVF 4E.W	0B13: MOVWF 63	0B5D: ADDWF 36.F	0B38: BTFSC 03.0
0AEF: MOVWF 63	0B14: MOVWF 62	0B5E: BSF 03.1	0B39: GOTO 33C
0AF0: MOVF 4D.W	0B15: MOVLW 08	0B5F: MOVF 52.W	0B3A: BTFSS 03.2
0AF1: MOVWF 62	0B16: MOVWF 61	0B60: MOVWF 5F	0B3B: GOTO 3C0
0AF2: MOVF 4C.W	0B17: MOVLW 81	0B61: MOVF 51.W	0B3C: CLRF 5F
0AF3: MOVWF 61	0B18: MOVWF 60	0B62: MOVWF 5E	0B3D: MOVLW C0
0AF4: MOVF 4B.W	0B19: BCF 0A.3	0B63: MOVF 50.W	0B3E: MOVWF 5E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0B64: MOVWF 5D	0B88: MOVF 4E.W	0BAC: MOVLW 66	0BD0: CALL 053
0B65: MOVF 4F.W	0B89: MOVWF 63	0BAD: MOVWF 63	0BD1: BSF 0A.3
0B66: MOVWF 5C	0B8A: MOVF 4D.W	0BAE: MOVWF 62	0BD2: BTFSC 03.0
0B67: CLRF 63	0B8B: MOVWF 62	0BAF: MOVLW 08	0BD3: GOTO 3D6
0B68: MOVLW C0	0B8C: MOVF 4C.W	0BB0: MOVWF 61	0BD4: BTFSS 03.2
0B69: MOVWF 62	0B8D: MOVWF 61	0BB1: MOVLW 81	0BD5: GOTO 45A
0B6A: MOVLW 7F	0B8E: MOVF 4B.W	0BB2: MOVWF 60	0BD6: CLRF 5F
0B6B: MOVWF 61	0B8F: MOVWF 60	0BB3: BCF 0A.3	0BD7: MOVLW 20
0B6C: MOVLW 87	0B90: BCF 0A.3	0BB4: CALL 092	0BD8: MOVWF 5E
0B6D: MOVWF 60	0B91: CALL 053	0BB5: BSF 0A.3	0BD9: MOVLW 55
0B6E: BCF 0A.3	0B92: BSF 0A.3	0BB6: MOVF 7A.W	0BDA: MOVWF 5D
0B6F: CALL 092	0B93: BTFSS 03.0	0BB7: MOVWF 4E	0BDB: MOVLW 87
0B70: BSF 0A.3	0B94: GOTO 3BF	0BB8: MOVF 79.W	0BDC: MOVWF 5C
0B71: MOVF 7A.W	0B95: MOVLW 01	0BB9: MOVWF 4D	0BDD: MOVF 52.W
0B72: MOVWF 52	0B96: ADDWF 33.F	0BBA: MOVF 78.W	0BDE: MOVWF 63
0B73: MOVF 79.W	0B97: MOVLW 00	0BBB: MOVWF 4C	0BDF: MOVF 51.W
0B74: MOVWF 51	0B98: BTFSC 03.0	0BBC: MOVF 77.W	0BE0: MOVWF 62
0B75: MOVF 78.W	0B99: MOVLW 01	0BBD: MOVWF 4B	0BE1: MOVF 50.W
0B76: MOVWF 50	0B9A: ADDWF 34.F	0BBE: GOTO 380	0BE2: MOVWF 61
0B77: MOVF 77.W	0B9B: MOVLW 00	0BBF: GOTO 754	0BE3: MOVF 4F.W
0B78: MOVWF 4F	0B9C: BTFSC 03.0	0BC0: MOVF 52.W	0BE4: MOVWF 60
0B79: CLRF 4E	0B9D: MOVLW 01	0BC1: MOVWF 5F	0BE5: BCF 0A.3
0B7A: MOVLW 80	0B9E: ADDWF 35.F	0BC2: MOVF 51.W	0BE6: CALL 053
0B7B: MOVWF 4D	0B9F: MOVLW 00	0BC3: MOVWF 5E	0BE7: BSF 0A.3
0B7C: MOVLW 2A	0BA0: BTFSC 03.0	0BC4: MOVF 50.W	0BE8: BTFSS 03.0
0B7D: MOVWF 4C	0BA1: MOVLW 01	0BC5: MOVWF 5D	0BE9: GOTO 45A
0B7E: MOVLW 85	0BA2: ADDWF 36.F	0BC6: MOVF 4F.W	0BEA: MOVLW 78
0B7F: MOVWF 4B	0BA3: BSF 03.1	0BC7: MOVWF 5C	0BEB: ADDWF 33.F
0B80: MOVF 52.W	0BA4: MOVF 4E.W	0BC8: CLRF 63	0BEC: MOVLW 00
0B81: MOVWF 5F	0BA5: MOVWF 5F	0BC9: MOVLW C0	0BED: BTFSC 03.0
0B82: MOVF 51.W	0BA6: MOVF 4D.W	0BCA: MOVWF 62	0BEE: MOVLW 01
0B83: MOVWF 5E	0BA7: MOVWF 5E	0BCB: MOVLW 7F	0BEF: ADDWF 34.F
0B84: MOVF 50.W	0BA8: MOVF 4C.W	0BCC: MOVWF 61	0BF0: MOVLW 00
0B85: MOVWF 5D	0BA9: MOVWF 5D	0BCD: MOVLW 87	0BF1: BTFSC 03.0
0B86: MOVF 4F.W	0BAA: MOVF 4B.W	0BCE: MOVWF 60	0BF2: MOVLW 01
0B87: MOVWF 5C	0BAB: MOVWF 5C	0BCF: BCF 0A.3	0BF3: ADDWF 35.F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0BF4: MOVLW 00	0C19: MOVWF 4B	0C3E: MOVF 4E.W	0C63: MOVLW 20
0BF5: BTFSC 03.0	0C1A: MOVF 52.W	0C3F: MOVWF 5F	0C64: MOVWF 62
0BF6: MOVLW 01	0C1B: MOVWF 5F	0C40: MOVF 4D.W	0C65: MOVLW 55
0BF7: ADDWF 36.F	0C1C: MOVF 51.W	0C41: MOVWF 5E	0C66: MOVWF 61
0BF8: BSF 03.1	0C1D: MOVWF 5E	0C42: MOVF 4C.W	0C67: MOVLW 87
0BF9: MOVF 52.W	0C1E: MOVF 50.W	0C43: MOVWF 5D	0C68: MOVWF 60
0BFA: MOVWF 5F	0C1F: MOVWF 5D	0C44: MOVF 4B.W	0C69: BCF 0A.3
0BFB: MOVF 51.W	0C20: MOVF 4F.W	0C45: MOVWF 5C	0C6A: CALL 053
0BFC: MOVWF 5E	0C21: MOVWF 5C	0C46: MOVLW 66	0C6B: BSF 0A.3
0BFD: MOVF 50.W	0C22: MOVF 4E.W	0C47: MOVWF 63	0C6C: BTFSC 03.0
0BFE: MOVWF 5D	0C23: MOVWF 63	0C48: MOVWF 62	0C6D: GOTO 470
0BFF: MOVF 4F.W	0C24: MOVF 4D.W	0C49: MOVLW 08	0C6E: BTSS 03.2
0C00: MOVWF 5C	0C25: MOVWF 62	0C4A: MOVWF 61	0C6F: GOTO 4F4
0C01: CLRF 63	0C26: MOVF 4C.W	0C4B: MOVLW 81	0C70: CLRF 5F
0C02: MOVLW 20	0C27: MOVWF 61	0C4C: MOVWF 60	0C71: MOVLW 80
0C03: MOVWF 62	0C28: MOVF 4B.W	0C4D: BCF 0A.3	0C72: MOVWF 5E
0C04: MOVLW 55	0C29: MOVWF 60	0C4E: CALL 092	0C73: MOVLW 2A
0C05: MOVWF 61	0C2A: BCF 0A.3	0C4F: BSF 0A.3	0C74: MOVWF 5D
0C06: MOVLW 87	0C2B: CALL 053	0C50: MOVF 7A.W	0C75: MOVLW 87
0C07: MOVWF 60	0C2C: BSF 0A.3	0C51: MOVWF 4E	0C76: MOVWF 5C
0C08: BCF 0A.3	0C2D: BTSS 03.0	0C52: MOVF 79.W	0C77: MOVF 52.W
0C09: CALL 092	0C2E: GOTO 459	0C53: MOVWF 4D	0C78: MOVWF 63
0C0A: BSF 0A.3	0C2F: MOVLW 01	0C54: MOVF 78.W	0C79: MOVF 51.W
0C0B: MOVF 7A.W	0C30: ADDWF 33.F	0C55: MOVWF 4C	0C7A: MOVWF 62
0C0C: MOVWF 52	0C31: MOVLW 00	0C56: MOVF 77.W	0C7B: MOVF 50.W
0C0D: MOVF 79.W	0C32: BTFSC 03.0	0C57: MOVWF 4B	0C7C: MOVWF 61
0C0E: MOVWF 51	0C33: MOVLW 01	0C58: GOTO 41A	0C7D: MOVF 4F.W
0C0F: MOVF 78.W	0C34: ADDWF 34.F	0C59: GOTO 754	0C7E: MOVWF 60
0C10: MOVWF 50	0C35: MOVLW 00	0C5A: MOVF 52.W	0C7F: BCF 0A.3
0C11: MOVF 77.W	0C36: BTFSC 03.0	0C5B: MOVWF 5F	0C80: CALL 053
0C12: MOVWF 4F	0C37: MOVLW 01	0C5C: MOVF 51.W	0C81: BSF 0A.3
0C13: CLRF 4E	0C38: ADDWF 35.F	0C5D: MOVWF 5E	0C82: BTSS 03.0
0C14: MOVLW 80	0C39: MOVLW 00	0C5E: MOVF 50.W	0C83: GOTO 4F4
0C15: MOVWF 4D	0C3A: BTFSC 03.0	0C5F: MOVWF 5D	0C84: MOVLW 8C
0C16: MOVLW 2A	0C3B: MOVLW 01	0C60: MOVF 4F.W	0C85: ADDWF 33.F
0C17: MOVWF 4C	0C3C: ADDWF 36.F	0C61: MOVWF 5C	0C86: MOVLW 00
0C18: MOVLW 85	0C3D: BSF 03.1	0C62: CLRF 63	0C87: BTFSC 03.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0C88: MOVLW 01	0CAD: CLRf 4E	0CD2: ADDWF 35.F	0CF7: MOVWF 5F
0C89: ADDWF 34.F	0CAE: MOVLW 80	0CD3: MOVLW 00	0CF8: MOVF 50.W
0C8A: MOVLW 00	0CAF: MOVWF 4D	0CD4: BTFSC 03.0	0CF9: MOVWF 5D
0C8B: BTFSC 03.0	0CB0: MOVLW 2A	0CD5: MOVLW 01	0CFA: MOVF 4F.W
0C8C: MOVLW 01	0CB1: MOVWF 4C	0CD6: ADDWF 36.F	0CFB: MOVWF 5C
0C8D: ADDWF 35.F	0CB2: MOVLW 85	0CD7: BSF 03.1	0CFC: CLRf 63
0C8E: MOVLW 00	0CB3: MOVWF 4B	0CD8: MOVF 4E.W	0CFD: MOVLW 80
0C8F: BTFSC 03.0	0CB4: MOVF 52.W	0CD9: MOVWF 5F	0CFE: MOVWF 62
0C90: MOVLW 01	0CB5: MOVWF 5F	0CDA: MOVF 4D.W	0CFF: MOVLW 2A
0C91: ADDWF 36.F	0CB6: MOVF 51.W	0CDB: MOVWF 5E	0D00: MOVWF 61
0C92: BSF 03.1	0CB7: MOVWF 5E	0CDC: MOVF 4C.W	0D01: MOVLW 87
0C93: MOVF 52.W	0CB8: MOVF 50.W	0CDD: MOVWF 5D	0D02: MOVWF 60
0C94: MOVWF 5F	0CB9: MOVWF 5D	0CDE: MOVF 4B.W	0D03: BCF 0A.3
0C95: MOVF 51.W	0CBA: MOVF 4F.W	0CDF: MOVWF 5C	0D04: CALL 053
0C96: MOVWF 5E	0CBB: MOVWF 5C	0CE0: MOVLW 66	0D05: BSF 0A.3
0C97: MOVF 50.W	0CBC: MOVF 4E.W	0CE1: MOVWF 63	0D06: BTFSC 03.0
0C98: MOVWF 5D	0CBD: MOVWF 63	0CE2: MOVWF 62	0D07: GOTO 50A
0C99: MOVF 4F.W	0CBE: MOVF 4D.W	0CE3: MOVLW 08	0D08: BTFSS 03.2
0CA0: MOVWF 5C	0CBF: MOVWF 62	0CE4: MOVWF 61	0D09: GOTO 58E
0C9B: CLRf 63	0CC0: MOVF 4C.W	0CE5: MOVLW 81	0D0A: CLRf 5F
0C9C: MOVLW 80	0CC1: MOVWF 61	0CE6: MOVWF 60	0D0B: MOVLW C0
0C9D: MOVWF 62	0CC2: MOVF 4B.W	0CE7: BCF 0A.3	0D0C: MOVWF 5E
0C9E: MOVLW 2A	0CC3: MOVWF 60	0CE8: CALL 092	0D0D: MOVLW 7F
0C9F: MOVWF 61	0CC4: BCF 0A.3	0CE9: BSF 0A.3	0D0E: MOVWF 5D
0CA0: MOVLW 87	0CC5: CALL 053	0CEA: MOVF 7A.W	0D0F: MOVLW 86
0CA1: MOVWF 60	0CC6: BSF 0A.3	0CEB: MOVWF 4E	0D10: MOVWF 5C
0CA2: BCF 0A.3	0CC7: BTFSS 03.0	0CEC: MOVF 79.W	0D11: MOVF 52.W
0CA3: CALL 092	0CC8: GOTO 4F3	0CED: MOVWF 4D	0D12: MOVWF 63
0CA4: BSF 0A.3	0CC9: MOVLW 01	0CEE: MOVF 78.W	0D13: MOVF 51.W
0CA5: MOVF 7A.W	0CCA: ADDWF 33.F	0CEF: MOVWF 4C	0D14: MOVWF 62
0CA6: MOVWF 52	0CCB: MOVLW 00	0CF0: MOVF 77.W	0D15: MOVF 50.W
0CA7: MOVF 79.W	0CCC: BTFSC 03.0	0CF1: MOVWF 4B	0D16: MOVWF 61
0CA8: MOVWF 51	0CCD: MOVLW 01	0CF2: GOTO 4B4	0D17: MOVF 4F.W
0CA9: MOVF 78.W	0CCE: ADDWF 34.F	0CF3: GOTO 754	0D18: MOVWF 60
0CAA: MOVWF 50	0CCF: MOVLW 00	0CF4: MOVF 52.W	0D19: BCF 0A.3
0CAB: MOVF 77.W	0CD0: BTFSC 03.0	0CF5: MOVWF 5F	0D1A: CALL 053
0CAC: MOVWF 4F	0CD1: MOVLW 01	0CF6: MOVF 51.W	0D1B: BSF 0A.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0DAC: MOVWF 63	0DD0: MOVLW 80	0DF4: MOVF 4C.W	0E18: MOVWF 61
0DAD: MOVF 51.W	0DD1: MOVWF 62	0DF5: MOVWF 61	0E19: MOVLW 81
0DAE: MOVWF 62	0DD2: MOVLW 2A	0DF6: MOVF 4B.W	0E1A: MOVWF 60
0DAF: MOVF 50.W	0DD3: MOVWF 61	0DF7: MOVWF 60	0E1B: BCF 0A.3
0DB0: MOVWF 61	0DD4: MOVLW 86	0DF8: BCF 0A.3	0E1C: CALL 092
0DB1: MOVF 4F.W	0DD5: MOVWF 60	0DF9: CALL 053	0E1D: BSF 0A.3
0DB2: MOVWF 60	0DD6: BCF 0A.3	0DFA: BSF 0A.3	0E1E: MOVF 7A.W
0DB3: BCF 0A.3	0DD7: CALL 092	0DFB: BTFSS 03.0	0E1F: MOVWF 4E
0DB4: CALL 053	0DD8: BSF 0A.3	0DFC: GOTO 627	0E20: MOVF 79.W
0DB5: BSF 0A.3	0DD9: MOVF 7A.W	0DFD: MOVLW 01	0E21: MOVWF 4D
0DB6: BTFSS 03.0	0DDA: MOVWF 52	0DFE: ADDWF 33.F	0E22: MOVF 78.W
0DB7: GOTO 628	0ddb: MOVF 79.W	0DFE: MOVWF 00	0E23: MOVWF 4C
0DB8: MOVLW B4	0DDC: MOVWF 51	0E00: BTFSC 03.0	0E24: MOVF 77.W
0DB9: ADDWF 33.F	0DDD: MOVF 78.W	0E01: MOVLW 01	0E25: MOVWF 4B
0DBA: MOVLW 00	0DDE: MOVWF 50	0E02: ADDWF 34.F	0E26: GOTO 5E8
0DBB: BTFSC 03.0	0DDF: MOVF 77.W	0E03: MOVLW 00	0E27: GOTO 754
0DBC: MOVLW 01	0DE0: MOVWF 4F	0E04: BTFSC 03.0	0E28: MOVF 52.W
0DBD: ADDWF 34.F	0DE1: CLRF 4E	0E05: MOVLW 01	0E29: MOVWF 5F
0DBE: MOVLW 00	0DE2: MOVLW 80	0E06: ADDWF 35.F	0E2A: MOVF 51.W
0DBF: BTFSC 03.0	0DE3: MOVWF 4D	0E07: MOVLW 00	0E2B: MOVWF 5E
0DC0: MOVLW 01	0DE4: MOVLW 2A	0E08: BTFSC 03.0	0E2C: MOVF 50.W
0DC1: ADDWF 35.F	0DE5: MOVWF 4C	0E09: MOVLW 01	0E2D: MOVWF 5D
0DC2: MOVLW 00	0DE6: MOVLW 85	0E0A: ADDWF 36.F	0E2E: MOVF 4F.W
0DC3: BTFSC 03.0	0DE7: MOVWF 4B	0E0B: BSE 03.1	0E2F: MOVWF 5C
0DC4: MOVLW 01	0DE8: MOVF 52.W	0E0C: MOVF 4E.W	0E30: CLRF 63
0DC5: ADDWF 36.F	0DE9: MOVWF 5F	0E0D: MOVWF 5F	0E31: MOVLW 80
0DC6: BSF 03.1	0DEA: MOVF 51.W	0E0E: MOVF 4D.W	0E32: MOVWF 62
0DC7: MOVF 52.W	0DEB: MOVWF 5E	0E0F: MOVWF 5E	0E33: MOVLW 2A
0DC8: MOVWF 5F	0DEC: MOVF 50.W	0E10: MOVF 4C.W	0E34: MOVWF 61
0DC9: MOVF 51.W	0DED: MOVWF 5D	0E11: MOVWF 5D	0E35: MOVLW 86
0DCA: MOVWF 5E	0DEE: MOVF 4F.W	0E12: MOVF 4B.W	0E36: MOVWF 60
0DCB: MOVF 50.W	0DEF: MOVWF 5C	0E13: MOVWF 5C	0E37: BCF 0A.3
0DCC: MOVWF 5D	0DF0: MOVF 4E.W	0E14: MOVLW 66	0E38: CALL 053
0DCD: MOVF 4F.W	0DF1: MOVWF 63	0E15: MOVWF 63	0E39: BSF 0A.3
0DCE: MOVWF 5C	0DF2: MOVF 4D.W	0E16: MOVWF 62	0E3A: BTFSC 03.0
0DCF: CLRF 63	0DF3: MOVWF 62	0E17: MOVLW 08	0E3B: GOTO 63E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0D1C: BTFSS 03.0	0D40: MOVWF 52	0D64: ADDWF 33.F	0D88: MOVF 78.W
0D1D: GOTO 58E	0D41: MOVF 79.W	0D65: MOVLW 00	0D89: MOVWF 4C
0D1E: MOVLW A0	0D42: MOVWF 51	0D66: BTFSC 03.0	0D8A: MOVF 77.W
0D1F: ADDWF 33.F	0D43: MOVF 78.W	0D67: MOVLW 01	0D8B: MOVWF 4B
0D20: MOVLW 00	0D44: MOVWF 50	0D68: ADDWF 34.F	0D8C: GOTO 54E
0D21: BTFSC 03.0	0D45: MOVF 77.W	0D69: MOVLW 00	0D8D: GOTO 754
0D22: MOVLW 01	0D46: MOVWF 4F	0D6A: BTFSC 03.0	0D8E: MOVF 52.W
0D23: ADDWF 34.F	0D47: CLRF 4E	0D6B: MOVLW 01	0D8F: MOVWF 5F
0D24: MOVLW 00	0D48: MOVLW 80	0D6C: ADDWF 35.F	0D90: MOVF 51.W
0D25: BTFSC 03.0	0D49: MOVWF 4D	0D6D: MOVLW 00	0D91: MOVWF 5E
0D26: MOVLW 01	0D4A: MOVLW 2A	0D6E: BTFSC 03.0	0D92: MOVF 50.W
0D27: ADDWF 35.F	0D4B: MOVWF 4C	0D6F: MOVLW 01	0D93: MOVWF 5D
0D28: MOVLW 00	0D4C: MOVLW 85	0D70: ADDWF 36.F	0D94: MOVF 4F.W
0D29: BTFSC 03.0	0D4D: MOVWF 4B	0D71: BSF 03.1	0D95: MOVWF 5C
0D2A: MOVLW 01	0D4E: MOVF 52.W	0D72: MOVF 4E.W	0D96: CLRF 63
0D2B: ADDWF 36.F	0D4F: MOVWF 5F	0D73: MOVWF 5F	0D97: MOVLW C0
0D2C: BSF 03.1	0D50: MOVF 51.W	0D74: MOVF 4D.W	0D98: MOVWF 62
0D2D: MOVF 52.W	0D51: MOVWF 5E	0D75: MOVWF 5E	0D99: MOVLW 7F
0D2E: MOVWF 5F	0D52: MOVF 50.W	0D76: MOVF 4C.W	0D9A: MOVWF 61
0D2F: MOVF 51.W	0D53: MOVWF 5D	0D77: MOVWF 5D	0D9B: MOVLW 86
0D30: MOVWF 5E	0D54: MOVF 4F.W	0D78: MOVF 4B.W	0D9C: MOVWF 60
0D31: MOVF 50.W	0D55: MOVWF 5C	0D79: MOVWF 5C	0D9D: BCF 0A.3
0D32: MOVWF 5D	0D56: MOVF 4E.W	0D7A: MOVLW 66	0D9E: CALL 053
0D33: MOVF 4F.W	0D57: MOVWF 63	0D7B: MOVWF 63	0D9F: BSF 0A.3
0D34: MOVWF 5C	0D58: MOVF 4D.W	0D7C: MOVWF 62	0DA0: BTFSC 03.0
0D35: CLRF 63	0D59: MOVWF 62	0D7D: MOVLW 08	0DA1: GOTO 5A4
0D36: MOVLW C0	0D5A: MOVF 4C.W	0D7E: MOVWF 61	0DA2: BTFSS 03.2
0D37: MOVWF 62	0D5B: MOVWF 61	0D7F: MOVLW 81	0DA3: GOTO 628
0D38: MOVLW 7F	0D5C: MOVF 4B.W	0D80: MOVWF 60	0DA4: CLRF 5F
0D39: MOVWF 61	0D5D: MOVWF 60	0D81: BCF 0A.3	0DA5: MOVLW 80
0D3A: MOVLW 86	0D5E: BCF 0A.3	0D82: CALL 092	0DA6: MOVWF 5E
0D3B: MOVWF 60	0D5F: CALL 053	0D83: BSF 0A.3	0DA7: MOVLW 2A
0D3C: BCF 0A.3	0D60: BSF 0A.3	0D84: MOVF 7A.W	0DA8: MOVWF 5D
0D3D: CALL 092	0D61: BTFSS 03.0	0D85: MOVWF 4E	0DA9: MOVLW 86
0D3E: BSF 0A.3	0D62: GOTO 58D	0D86: MOVF 79.W	0DAA: MOVWF 5C
0D3F: MOVF 7A.W	0D63: MOVLW 01	0D87: MOVWF 4D	0DAB: MOVF 52.W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0E3C: BTFSS 03.2	0E60: BSF 03.1	0E84: MOVF 51.W	0EA8: MOVF 4D.W
0E3D: GOTO 6C2	0E61: MOVF 52.W	0E85: MOVWF 5E	0EA9: MOVWF 5E
0E3E: CLRF 5F	0E62: MOVWF 5F	0E86: MOVF 50.W	0EAA: MOVF 4C.W
0E3F: MOVLW 80	0E63: MOVF 51.W	0E87: MOVWF 5D	0EAB: MOVWF 5D
0E40: MOVWF 5E	0E64: MOVWF 5E	0E88: MOVF 4F.W	0EAC: MOVF 4B.W
0E41: MOVLW 2A	0E65: MOVF 50.W	0E89: MOVWF 5C	0EAD: MOVWF 5C
0E42: MOVWF 5D	0E66: MOVWF 5D	0E8A: MOVF 4E.W	0EAE: MOVLW 66
0E43: MOVLW 85	0E67: MOVF 4F.W	0E8B: MOVWF 63	0EAF: MOVWF 63
0E44: MOVWF 5C	0E68: MOVWF 5C	0E8C: MOVF 4D.W	0EB0: MOVWF 62
0E45: MOVF 52.W	0E69: CLRF 63	0E8D: MOVWF 62	0EB1: MOVLW 08
0E46: MOVWF 63	0E6A: MOVLW 80	0E8E: MOVF 4C.W	0EB2: MOVWF 61
0E47: MOVF 51.W	0E6B: MOVWF 62	0E8F: MOVWF 61	0EB3: MOVLW 81
0E48: MOVWF 62	0E6C: MOVLW 2A	0E90: MOVF 4B.W	0EB4: MOVWF 60
0E49: MOVF 50.W	0E6D: MOVWF 61	0E91: MOVWF 60	0EB5: BCF 0A.3
0E4A: MOVWF 61	0E6E: MOVLW 85	0E92: BCF 0A.3	0EB6: CALL 092
0E4B: MOVF 4F.W	0E6F: MOVWF 60	0E93: CALL 053	0EB7: BSF 0A.3
0E4C: MOVWF 60	0E70: BCF 0A.3	0E94: BSF 0A.3	0EB8: MOVF 7A.W
0E4D: BCF 0A.3	0E71: CALL 092	0E95: BTFSS 03.0	0EB9: MOVWF 4E
0E4E: CALL 053	0E72: BSF 0A.3	0E96: GOTO 6C1	0EBA: MOVF 79.W
0E4F: BSF 0A.3	0E73: MOVF 7A.W	0E97: MOVLW 01	0EBB: MOVWF 4D
0E50: BTFSS 03.0	0E74: MOVWF 52	0E98: ADDWF 33.F	0EBC: MOVF 78.W
0E51: GOTO 6C2	0E75: MOVF 79.W	0E99: MOVLW 00	0EBD: MOVWF 4C
0E52: MOVLW C8	0E76: MOVWF 51	0E9A: BTFSC 03.0	0EBE: MOVF 77.W
0E53: ADDWF 33.F	0E77: MOVF 78.W	0E9B: MOVLW 01	0EBF: MOVWF 4B
0E54: MOVLW 00	0E78: MOVWF 50	0E9C: ADDWF 34.F	0EC0: GOTO 682
0E55: BTFSC 03.0	0E79: MOVF 77.W	0E9D: MOVLW 00	0EC1: GOTO 754
0E56: MOVLW 01	0E7A: MOVWF 4F	0E9E: BTFSC 03.0	0EC2: MOVF 52.W
0E57: ADDWF 34.F	0E7B: CLRF 4E	0E9F: MOVLW 01	0EC3: MOVWF 5F
0E58: MOVLW 00	0E7C: MOVLW 80	0EA0: ADDWF 35.F	0EC4: MOVF 51.W
0E59: BTFSC 03.0	0E7D: MOVWF 4D	0EA1: MOVLW 00	0EC5: MOVWF 5E
0E5A: MOVLW 01	0E7E: MOVLW 2A	0EA2: BTFSC 03.0	0EC6: MOVF 50.W
0E5B: ADDWF 35.F	0E7F: MOVWF 4C	0EA3: MOVLW 01	0EC7: MOVWF 5D
0E5C: MOVLW 00	0E80: MOVLW 85	0EA4: ADDWF 36.F	0EC8: MOVF 4F.W
0E5D: BTFSC 03.0	0E81: MOVWF 4B	0EA5: BSF 03.1	0EC9: MOVWF 5C
0E5E: MOVLW 01	0E82: MOVF 52.W	0EA6: MOVF 4E.W	0ECA: CLRF 63
0E5F: ADDWF 36.F	0E83: MOVWF 5F	0EA7: MOVWF 5F	0ECB: MOVLW 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0EEC: MOVWF 62	0EF1: MOVLW 01	0F16: BTFSC 03.0	0F3B: MOVWF 4B
0ECD: MOVLW 2A	0EF2: ADDWF 35.F	0F17: MOVLW 01	0F3C: GOTO 6FE
0ECE: MOVWF 61	0EF3: MOVLW 00	0F18: ADDWF 34.F	0F3D: GOTO 754
0ECF: MOVLW 85	0EF4: BTFSC 03.0	0F19: MOVLW 00	0F3E: MOVF 52.W
0ED0: MOVWF 60	0EF5: MOVLW 01	0F1A: BTFSC 03.0	0F3F: MOVWF 5F
0ED1: BCF 0A.3	0EF6: ADDWF 36.F	0F1B: MOVLW 01	0F40: MOVF 51.W
0ED2: CALL 053	0EF7: CLRF 4E	0F1C: ADDWF 35.F	0F41: MOVWF 5E
0ED3: BSF 0A.3	0EF8: MOVLW 80	0F1D: MOVLW 00	0F42: MOVF 50.W
0ED4: BTFSC 03.0	0EF9: MOVWF 4D	0F1E: BTFSC 03.0	0F43: MOVWF 5D
0ED5: GOTO 6D8	0EFA: MOVLW 2A	0F1F: MOVLW 01	0F44: MOVF 4F.W
0ED6: BTFSS 03.2	0EFB: MOVWF 4C	0F20: ADDWF 36.F	0F45: MOVWF 5C
0ED7: GOTO 73E	0EFC: MOVLW 85	0F21: BSF 03.1	0F46: CLRF 63
0ED8: CLRF 5F	0EFD: MOVWF 4B	0F22: MOVF 4E.W	0F47: CLRF 62
0ED9: CLRF 5E	0EFE: MOVF 52.W	0F23: MOVWF 5F	0F48: CLRF 61
0EDA: CLRF 5D	0EFF: MOVWF 5F	0F24: MOVF 4D.W	0F49: CLRF 60
0EDB: CLRF 5C	0F00: MOVF 51.W	0F25: MOVWF 5E	0F4A: BCF 0A.3
0EDC: MOVF 52.W	0F01: MOVWF 5E	0F26: MOVF 4C.W	0F4B: CALL 053
0EDD: MOVWF 63	0F02: MOVF 50.W	0F27: MOVWF 5D	0F4C: BSF 0A.3
0EDE: MOVF 51.W	0F03: MOVWF 5D	0F28: MOVF 4B.W	0F4D: BTFSS 03.2
0EDF: MOVWF 62	0F04: MOVF 4F.W	0F29: MOVWF 5C	0F4E: GOTO 754
0EE0: MOVF 50.W	0F05: MOVWF 5C	0F2A: MOVLW 66	0F4F: CLRF 36
0EE1: MOVWF 61	0F06: MOVF 4E.W	0F2B: MOVWF 63	0F50: CLRF 35
0EE2: MOVF 4F.W	0F07: MOVWF 63	0F2C: MOVWF 62	0F51: CLRF 34
0EE3: MOVWF 60	0F08: MOVF 4D.W	0F2D: MOVLW 08	0F52: MOVLW F0
0EE4: BCF 0A.3	0F09: MOVWF 62	0F2E: MOVWF 61	0F53: MOVWF 33
0EE5: CALL 053	0F0A: MOVF 4C.W	0F2F: MOVLW 81	0F54: MOVLW 01
0EE6: BSF 0A.3	0F0B: MOVWF 61	0F30: MOVWF 60	0F55: SUBWF 33.F
0EE7: BTFSS 03.0	0F0C: MOVF 4B.W	0F31: BCF 0A.3	0F56: MOVLW 00
0EE8: GOTO 73E	0F0D: MOVWF 60	0F32: CALL 092	0F57: BTFSS 03.0
0EE9: MOVLW DC	0F0E: BCF 0A.3	0F33: BSF 0A.3	0F58: MOVLW 01
0EEA: ADDWF 33.F	0F0F: CALL 053	0F34: MOVF 7A.W	0F59: SUBWF 34.F
0EEB: MOVLW 00	0F10: BSF 0A.3	0F35: MOVWF 4E	0F5A: MOVLW 00
0EEC: BTFSC 03.0	0F11: BTFSS 03.0	0F36: MOVF 79.W	0F5B: BTFSS 03.0
0EED: MOVLW 01	0F12: GOTO 73D	0F37: MOVWF 4D	0F5C: MOVLW 01
0EEE: ADDWF 34.F	0F13: MOVLW 01	0F38: MOVF 78.W	0F5D: SUBWF 35.F
0EEF: MOVLW 00	0F14: ADDWF 33.F	0F39: MOVWF 4C	0F5E: MOVLW 00
0EF0: BTFSC 03.0	0F15: MOVLW 00	0F3A: MOVF 77.W	0F5F: BTFSS 03.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0F60: MOVLW 01	0215: MOVF 3D.W	023A: MOVLW 01	0F85: MOVWF 35
0F61: SUBWF 36.F	0216: MOVWF 79	023B: SUBLW 01	0F86: MOVF 41.W
0F62: MOVF 36.W	0217: MOVF 3C.W	023C: BTFSS 03.2	0F87: BTFSC 03.0
0F63: MOVWF 5F	0218: MOVWF 78	023D: GOTO 24B	0F88: INCFSZ 41.W
0F64: MOVF 35.W	0219: MOVF 3B.W	023E: MOVLW 01	0F89: ADDWF 35.F
0F65: MOVWF 5E	021A: MOVWF 77	023F: MOVWF 77	0F8A: MOVF 5F.W
0F66: MOVF 34.W	021B: MOVF 37.W	0240: MOVF 22.W	0F8B: MOVWF 36
0F67: MOVWF 5D	021C: MOVWF 5C	0241: MOVWF 78	0F8C: MOVF 42.W
0F68: MOVF 33.W	021D: BTFSC 03.2	0242: BTFSC 03.2	0F8D: BTFSC 03.0
0F69: MOVWF 5C	021E: GOTO 226	0243: GOTO 248	0F8E: INCFSZ 42.W
0F6A: CLRF 63	021F: BCF 03.0	0244: BCF 03.0	0F8F: ADDWF 36.F
0F6B: CLRF 62	0220: RRF 7A.F	0245: RLF 77.F	0F90: BCF 0A.3
0F6C: MOVLW 01	0221: RRF 79.F	0246: DECFSZ 78.F	0F91: BCF 0A.4
0F6D: MOVWF 61	0222: RRF 78.F	0247: GOTO 244	0F92: GOTO 412 (RETURN)
0F6E: MOVLW 40	0223: RRF 77.F	0248: MOVF 77.W	01FE: MOVLW 01
0F6F: MOVWF 60	0224: DECFSZ 5C.F	0249: IORWF 25.F	01FF: MOVWF 22
0F70: BCF 0A.3	0225: GOTO 21F	024A: GOTO 258	0200: CLRF 23
0F71: CALL 1D4	0226: BTFSC 77.0	024B: MOVLW 01	0201: CLRF 24
0F72: BSF 0A.3	0227: GOTO 22A	024C: MOVWF 77	0202: CLRF 3A
0F73: MOVF 7A.W	0228: BCF 20.0	024D: MOVF 22.W	0203: CLRF 39
0F74: MOVWF 5F	0229: GOTO 21B	024E: MOVWF 78	0204: CLRF 38
0F75: MOVF 79.W	022A: BSF 20.0	024F: BTFSC 03.2	0205: CLRF 37
0F76: MOVWF 5E	022B: MOVF 3A.F	0250: GOTO 255	0206: MOVF 3A.F
0F77: MOVF 78.W	022C: BTFSS 03.2	0251: BCF 03.0	0207: BTFSS 03.2
0F78: MOVWF 5D	022D: GOTO 25A	0252: RLF 77.F	0208: GOTO 2DB
0F79: MOVF 77.W	022E: MOVF 39.F	0253: DECFSZ 78.F	0209: MOVF 39.F
0F7A: MOVWF 5C	022F: BTFSS 03.2	0254: GOTO 251	020A: BTFSS 03.2
0F7B: MOVF 3F.W	0230: GOTO 25A	0255: MOVF 77.W	020B: GOTO 2DB
0F7C: ADDWF 5C.W	0231: MOVF 38.F	0256: XORLW FF	020C: MOVF 38.F
0F7D: MOVWF 33	0232: BTFSS 03.2	0257: ANDWF 25.F	020D: BTFSS 03.2
0F7E: MOVF 5D.W	0233: GOTO 25A	0258: MOVLW 01	020E: GOTO 2DB
0F7F: MOVWF 34	0234: MOVF 37.W	0259: ADDWF 22.F	020F: MOVF 37.W
0F80: MOVF 40.W	0235: SUBLW 02	025A: MOVF 3A.F	0210: SUBLW 10
0F81: BTFSC 03.0	0236: BTFSS 03.0	025B: BTFSS 03.2	0211: BTFSS 03.0
0F82: INCFSZ 40.W	0237: GOTO 25A	025C: GOTO 267	0212: GOTO 2DB
0F83: ADDWF 34.F	0238: MOVLW 00	025D: MOVF 39.F	0213: MOVF 3E.W
0F84: MOVF 5E.W	0239: BTFSC 20.0	025E: BTFSS 03.2	0214: MOVWF 7A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

025F: GOTO 267	0284: MOVF 77.W	02A9: MOVF 38.F	02CE: XORLW FF
0260: MOVF 38.F	0285: IORWF 26.F	02AA: BTFSS 03.2	02CF: ANDWF 27.F
0261: BTFSS 03.2	0286: GOTO 294	02AB: GOTO 2D2	02D0: MOVLW 01
0262: GOTO 267	0287: MOVLW 01	02AC: MOVF 37.W	02D1: ADDWF 24.F
0263: MOVF 37.W	0288: MOVWF 77	02AD: SUBLW 10	02D2: MOVLW 01
0264: SUBLW 02	0289: MOVF 23.W	02AE: BTFSS 03.0	02D3: ADDWF 37.F
0265: BTFSC 03.0	028A: MOVWF 78	02AF: GOTO 2D2	02D4: BTFSC 03.0
0266: GOTO 296	028B: BTFSC 03.2	02B0: MOVLW 00	02D5: INCF 38.F
0267: MOVF 3A.F	028C: GOTO 291	02B1: BTFSC 20.0	02D6: BTFSC 03.2
0268: BTFSS 03.2	028D: BCF 03.0	02B2: MOVLW 01	02D7: INCF 39.F
0269: GOTO 296	028E: RLF 77.F	02B3: SUBLW 01	02D8: BTFSC 03.2
026A: MOVF 39.F	028F: DECFSZ 78.F	02B4: BTFSS 03.2	02D9: INCF 3A.F
026B: BTFSS 03.2	0290: GOTO 28D	02B5: GOTO 2C3	02DA: GOTO 206
026C: GOTO 296	0291: MOVF 77.W	02B6: MOVLW 01	02DB: BCF 0A.3
026D: MOVF 38.F	0292: XORLW FF	02B7: MOVWF 77	02DC: BCF 0A.4
026E: BTFSS 03.2	0293: ANDWF 26.F	02B8: MOVF 24.W	02DD: GOTO 449 (RETURN)
026F: GOTO 296	0294: MOVLW 01	02B9: MOVWF 78	0382: CLRF 04
0270: MOVF 37.W	0295: ADDWF 23.F	02BA: BTFSC 03.2	0383: MOVLW 1F
0271: SUBLW 0A	0296: MOVF 3A.F	02BB: GOTO 2C0	0384: ANDWF 03.F
0272: BTFSS 03.0	0297: BTFSS 03.2	02BC: BCF 03.0	0385: MOVLW 07
0273: GOTO 296	0298: GOTO 2A3	02BD: RLF 77.F	0386: BSF 03.5
0274: MOVLW 00	0299: MOVF 39.F	02BE: DECFSZ 78.F	0387: MOVWF 1F
0275: BTFSC 20.0	029A: BTFSS 03.2	02BF: GOTO 2BC	0388: BCF 03.5
0276: MOVLW 01	029B: GOTO 2A3	02C0: MOVF 77.W	0389: MOVWF 1F
0277: SUBLW 01	029C: MOVF 38.F	02C1: IORWF 27.F	038A: MOVLW 81
0278: BTFSS 03.2	029D: BTFSS 03.2	02C2: GOTO 2D0	038B: BSF 03.5
0279: GOTO 287	029E: GOTO 2A3	02C3: MOVLW 01	038C: MOVWF 19
027A: MOVLW 01	029F: MOVF 37.W	02C4: MOVWF 77	038D: MOVLW 26
027B: MOVWF 77	02A0: SUBLW 0A	02C5: MOVF 24.W	038E: MOVWF 18
027C: MOVF 23.W	02A1: BTFSC 03.0	02C6: MOVWF 78	038F: MOVLW 90
027D: MOVWF 78	02A2: GOTO 2D2	02C7: BTFSC 03.2	0390: BCF 03.5
027E: BTFSC 03.2	02A3: MOVF 3A.F	02C8: GOTO 2CD	0391: MOVWF 18
027F: GOTO 284	02A4: BTFSS 03.2	02C9: BCF 03.0	0392: CLRF 21
0280: BCF 03.0	02A5: GOTO 2D2	02CA: RLF 77.F	0393: MOVLW 01
0281: RLF 77.F	02A6: MOVF 39.F	02CB: DECFSZ 78.F	0394: MOVWF 22
0282: DECFSZ 78.F	02A7: BTFSS 03.2	02CC: GOTO 2C9	0395: CLRF 23
0283: GOTO 280	02A8: GOTO 2D2	02CD: MOVF 77.W	0396: CLRF 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0397: CLRF 3B	03BC: BSF 03.5	03E1: CLRF 1D	03F9: CLRF 0F
0398: CLRF 3C	03BD: MOVWF 07	03E2: MOVLW 01	03FA: CLRF 0E
0399: CLRF 3D	03BE: BCF 03.5	03E3: MOVWF 05	03FB: CLRF 42
039A: CLRF 3E	03BF: BCF 5B.3	03E4: MOVLW 00	03FC: CLRF 41
039B: CLRF 47	03C0: MOVF 5B.W	03E5: MOVWF 06	03FD: CLRF 40
039C: CLRF 48	03C1: BSF 03.5	03E6: MOVWF 07	03FE: MOVLW 01
039D: CLRF 49	03C2: MOVWF 07	03E7: BCF 03.5	03FF: MOVWF 3F
039E: CLRF 4A	03C3: MOVLW 00	03E8: MOVWF 5B	0400: MOVF 42.F
039F: MOVLW 77	03C4: BCF 03.5	03E9: BSF 03.5	0401: BTFSS 03.2
03A0: MOVWF 57	03C5: MOVWF 14	03EA: MOVWF 08	0402: GOTO 488
03A1: MOVLW 20	03C6: BSF 03.5	0004: BCF 0A.0	0403: MOVF 41.F
03A2: MOVWF 58	03C7: MOVWF 14	0005: BCF 0A.1	0404: BTFSS 03.2
03A3: MOVLW 28	03C8: MOVF 01.W	0006: BCF 0A.2	0405: GOTO 488
03A4: MOVWF 59	03C9: ANDLW C0	0007: ADDWF 02.F	0406: MOVF 40.W
03A5: MOVLW 0A	03CA: IORLW 08	0008: RETLW 0A	0407: SUBLW 01
03A6: MOVWF 5A	03CB: MOVWF 01	0009: RETLW 0D	0408: BTFSS 03.0
03A7: MOVLW FF	03CC: MOVLW A5	000A: RETLW 20	0409: GOTO 488
03A8: MOVWF 5B	03CD: BCF 03.5	000B: RETLW 73	040A: BTFSS 03.2
03A9: MOVLW 8E	03CE: MOVWF 10	000C: RETLW 74	040B: GOTO 410
03AA: BSF 03.5	03CF: MOVLW 00	000D: RETLW 61	040C: MOVF 3F.W
03AB: MOVWF 1F	03D0: MOVWF 78	000E: RETLW 72	040D: SUBLW 40
03AC: BCF 03.5	03D1: MOVWF 12	000F: RETLW 74	040E: BTFSS 03.0
03AD: MOVF 1F.W	03D2: MOVLW 00	0010: RETLW 00	040F: GOTO 488
03AE: ANDLW 38	03D3: BSF 03.5	03EB: BCF 03.5	0410: BSF 0A.3
03AF: IORLW C1	03D4: MOVWF 12	03EC: CLRF 5C	0411: GOTO 000
03B0: MOVWF 1F	03D5: MOVLW 07	03ED: MOVF 5C.W	0412: BCF 0A.3
03B1: BSF 03.5	03D6: MOVWF 1C	03EE: CALL 004	0413: CLRF 46
03B2: BCF 09.4	03D7: MOVF 05.W	03EF: INCF 5C.F	0414: CLRF 45
03B3: BCF 03.5	03D8: MOVLW 10	03F0: MOVWF 77	0415: CLRF 44
03B4: BCF 14.5	03D9: MOVWF 77	03F1: BTFSS 0C.4	0416: CLRF 43
03B5: BCF 5B.5	03DA: DECFSZ 77.F	03F2: GOTO 3F1	0417: MOVF 46.F
03B6: MOVF 5B.W	03DB: GOTO 3DA	03F3: MOVWF 19	0418: BTFSS 03.2
03B7: BSF 03.5	03DC: NOP	03F4: MOVLW 08	0419: GOTO 47F
03B8: MOVWF 07	03DD: MOVF 1C.W	03F5: SUBWF 5C.W	041A: MOVF 45.F
03B9: BCF 03.5	03DE: BCF 03.5	03F6: BTFSS 03.2	041B: BTFSS 03.2
03BA: BSF 5B.4	03DF: BCF 0D.6	03F7: GOTO 3ED	041C: GOTO 47F
03BB: MOVF 5B.W	03E0: BSF 03.5	03F8: CLRF 01	041D: MOVF 44.F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

041E: BTFSS 03.2	0443: MOVWF 3E	0468: SUBWF 36.W	048D: MOVF 0E.W
041F: GOTO 47F	0444: MOVF 42.W	0469: BTFSS 03.2	048E: MOVWF 77
0420: MOVF 43.W	0445: BTFSC 03.0	046A: GOTO 46E	048F: MOVF 0F.W
0421: SUBLW EF	0446: INCFSZ 42.W	046B: MOVLW 01	0490: SUBWF 7A.W
0422: BTFSS 03.0	0447: ADDWF 3E.F	046C: MOVWF 21	0491: BTFSS 03.2
0423: GOTO 47F	0448: GOTO 1FE	046D: GOTO 46F	0492: GOTO 48B
0424: CLRF 5F	0449: MOVF 25.W	046E: CLRF 21	0493: MOVF 77.W
0425: CLRF 5E	044A: MOVWF 05	046F: MOVF 21.W	0494: MOVWF 2D
0426: MOVLW 01	044B: MOVF 26.W	0470: MOVWF 08	0495: MOVF 7A.W
0427: MOVWF 5D	044C: MOVWF 06	0471: NOP	0496: MOVWF 2E
0428: MOVLW 40	044D: MOVF 27.W	0472: NOP	0011: BCF 0A.0
0429: MOVWF 5C	044E: MOVWF 07	0473: NOP	0012: BCF 0A.1
042A: MOVF 46.W	044F: BSF 03.5	0474: NOP	0013: BCF 0A.2
042B: MOVWF 63	0450: BCF 09.0	0475: NOP	0014: ADDWF 02.F
042C: MOVF 45.W	0451: BCF 03.5	0476: MOVLW 01	0015: RETLW 0A
042D: MOVWF 62	0452: BSF 09.0	0477: ADDWF 43.F	0016: RETLW 0D
042E: MOVF 44.W	0453: BSF 03.5	0478: BTFSC 03.0	0017: RETLW 20
042F: MOVWF 61	0454: BCF 09.1	0479: INCF 44.F	0018: RETLW 74
0430: MOVF 43.W	0455: BCF 03.5	047A: BTFSC 03.2	0019: RETLW 69
0431: MOVWF 60	0456: BCF 09.1	047B: INCF 45.F	001A: RETLW 6D
0432: CALL 1D4	0457: BSF 03.5	047C: BTFSC 03.2	001B: RETLW 65
0433: MOVF 3F.W	0458: BCF 09.2	047D: INCF 46.F	001C: RETLW 30
0434: ADDWF 77.W	0459: BCF 03.5	047E: GOTO 417	001D: RETLW 3D
0435: MOVWF 3B	045A: BCF 09.2	047F: MOVLW 01	001E: RETLW 25
0436: MOVF 78.W	045B: MOVF 3B.W	0480: ADDWF 3F.F	001F: RETLW 6C
0437: MOVWF 3C	045C: SUBWF 33.W	0481: BTFSC 03.0	0020: RETLW 75
0438: MOVF 40.W	045D: BTFSS 03.2	0482: INCF 40.F	0021: RETLW 00
0439: BTFSC 03.0	045E: GOTO 46E	0483: BTFSC 03.2	02DE: MOVF 04.W
043A: INCFSZ 40.W	045F: MOVF 3C.W	0484: INCF 41.F	02DF: MOVWF 64
043B: ADDWF 3C.F	0460: SUBWF 34.W	0485: BTFSC 03.2	02E0: SWAPF 5E.W
043C: MOVF 79.W	0461: BTFSS 03.2	0486: INCF 42.F	02E1: IORLW F0
043D: MOVWF 3D	0462: GOTO 46E	0487: GOTO 400	02E2: MOVWF 60
043E: MOVF 41.W	0463: MOVF 3D.W	0488: MOVF 01.W	02E3: ADDWF 60.F
043F: BTFSC 03.0	0464: SUBWF 35.W	0489: CLRF 2C	02E4: ADDLW E2
0440: INCFSZ 41.W	0465: BTFSS 03.2	048A: MOVWF 2B	02E5: MOVWF 61
0441: ADDWF 3D.F	0466: GOTO 46E	048B: MOVF 0F.W	02E6: ADDLW 32
0442: MOVF 7A.W	0467: MOVF 3E.W	048C: MOVWF 7A	02E7: MOVWF 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02E8: MOVF 5E.W	030D: DECF 5E.F	0331: MOVF 77.W	002E: RETLW 3D
02E9: ANDLW 0F	030E: BTFSS 03.0	0332: BTFSS 0C.4	002F: RETLW 25
02EA: ADDWF 61.F	030F: GOTO 30C	0333: GOTO 332	0030: RETLW 6C
02EB: ADDWF 61.F	0310: MOVLW 5F	0334: MOVWF 19	0031: RETLW 75
02EC: ADDWF 63.F	0311: MOVWF 04	0335: RETLW 00	0032: RETLW 00
02ED: ADDLW E9	0312: MOVLW 07	0497: CLRF 5C	04AA: CLRF 5C
02EE: MOVWF 62	0313: ANDWF 64.W	0498: MOVF 5C.W	04AB: MOVF 5C.W
02EF: ADDWF 62.F	0314: ADDWF 04.F	0499: CALL 011	04AC: CALL 022
02F0: ADDWF 62.F	0315: MOVLW 63	049A: INCF 5C.F	04AD: INCF 5C.F
02F1: SWAPF 5D.W	0316: SUBWF 04.W	049B: MOVWF 77	04AE: MOVWF 77
02F2: ANDLW 0F	0317: BTFSC 03.2	049C: BTFSS 0C.4	04AF: BTFSS 0C.4
02F3: ADDWF 62.F	0318: GOTO 32D	049D: GOTO 49C	04B0: GOTO 4AF
02F4: ADDWF 63.F	0319: MOVF 00.W	049E: MOVWF 19	04B1: MOVWF 19
02F5: RLF 62.F	031A: MOVWF 77	049F: MOVLW 09	04B2: MOVLW 09
02F6: RLF 63.F	031B: BTFSS 03.2	04A0: SUBWF 5C.W	04B3: SUBWF 5C.W
02F7: COMF 63.F	031C: GOTO 323	04A1: BTFSS 03.2	04B4: BTFSS 03.2
02F8: RLF 63.F	031D: BTFSC 64.4	04A2: GOTO 498	04B5: GOTO 4AB
02F9: MOVF 5D.W	031E: GOTO 32B	04A3: MOVLW 10	04B6: MOVLW 10
02FA: ANDLW 0F	031F: BTFSC 64.3	04A4: MOVWF 04	04B7: MOVWF 04
02FB: ADDWF 63.F	0320: GOTO 325	04A5: MOVF 2C.W	04B8: MOVF 2E.W
02FC: RLF 60.F	0321: MOVLW 20	04A6: MOVWF 5E	04B9: MOVWF 5E
02FD: MOVLW 07	0322: GOTO 326	04A7: MOVF 2B.W	04BA: MOVF 2D.W
02FE: MOVWF 5F	0323: MOVLW 08	04A8: MOVWF 5D	04BB: MOVWF 5D
02FF: MOVLW 0A	0324: MOVWF 64	04A9: CALL 2DE	04BC: CALL 2DE
0300: ADDWF 63.F	0325: MOVLW 30	0022: BCF 0A.0	04BD: MOVLW 0A
0301: DECF 62.F	0326: ADDWF 77.F	0023: BCF 0A.1	04BE: BTFSS 0C.4
0302: BTFSS 03.0	0327: MOVF 77.W	0024: BCF 0A.2	04BF: GOTO 4BE
0303: GOTO 300	0328: BTFSS 0C.4	0025: ADDWF 02.F	04C0: MOVWF 19
0304: ADDWF 62.F	0329: GOTO 328	0026: RETLW 0A	04C1: MOVLW 0D
0305: DECF 61.F	032A: MOVWF 19	0027: RETLW 0D	04C2: BTFSS 0C.4
0306: BTFSS 03.0	032B: INCF 04.F	0028: RETLW 20	04C3: GOTO 4C2
0307: GOTO 304	032C: GOTO 315	0029: RETLW 74	04C4: MOVWF 19
0308: ADDWF 61.F	032D: MOVF 00.W	002A: RETLW 69	04C5: MOVLW 1E
0309: DECF 60.F	032E: MOVWF 77	002B: RETLW 6D	04C6: MOVWF 5C
030A: BTFSS 03.0	032F: MOVLW 30	002C: RETLW 65	04C7: MOVLW 2D
030B: GOTO 308	0330: ADDWF 77.F	002D: RETLW 31	04C8: BTFSS 0C.4
030C: ADDWF 60.F			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

04C9: GOTO 4C8	04ED: GOTO 4D1	0511: BSF 05.1	0535: BSF 03.5
04CA: MOVWF 19	04EE: CLRF 32	0512: BSF 03.5	0536: BCF 09.2
04CB: DECFSZ 5C.F	04EF: CLRF 31	0513: BCF 05.1	0537: BCF 03.5
04CC: GOTO 4C7	04F0: MOVF 32.F	0514: BCF 03.5	0538: BCF 09.2
04CD: CLRF 3A	04F1: BTFSS 03.2	0515: MOVF 29.F	0539: CLRF 36
04CE: CLRF 39	04F2: GOTO 579	0516: BTFSS 03.2	053A: CLRF 35
04CF: CLRF 38	04F3: MOVF 31.W	0517: GOTO 51A	053B: CLRF 34
04D0: CLRF 37	04F4: SUBLW 3F	0518: BCF 05.2	053C: MOVF 08.W
04D1: MOVF 3A.F	04F5: BTFSS 03.0	0519: GOTO 51B	053D: MOVWF 33
04D2: BTFSS 03.2	04F6: GOTO 579	051A: BSF 05.2	053E: MOVLW 08
04D3: GOTO 4EE	04F7: CLRF 30	051B: BSF 03.5	053F: MOVWF 77
04D4: MOVF 39.F	04F8: CLRF 2F	051C: BCF 05.2	0540: DECFSZ 77.F
04D5: BTFSS 03.2	04F9: MOVF 30.W	051D: BCF 03.5	0541: GOTO 540
04D6: GOTO 4EE	04FA: SUBLW 00	051E: MOVF 2A.F	034B: MOVF 78.W
04D7: MOVF 38.W	04FB: BTFSS 03.0	051F: BTFSS 03.2	034C: MOVF 5C.W
04D8: SUBLW 01	04FC: GOTO 575	0520: GOTO 523	034D: MOVWF 5E
04D9: BTFSS 03.0	04FD: CLRF 2A	0521: BCF 05.3	034E: MOVLW 64
04DA: GOTO 4EE	04FE: MOVF 2A.W	0522: GOTO 524	034F: MOVWF 5F
04DB: BTFSS 03.2	04FF: SUBLW 01	0523: BSF 05.3	0350: CALL 336
04DC: GOTO 4E1	0500: BTFSS 03.0	0524: BSF 03.5	0351: MOVF 77.W
04DD: MOVF 37.W	0501: GOTO 571	0525: BCF 05.3	0352: MOVWF 5C
04DE: SUBLW 3F	0502: CLRF 29	0526: BCF 03.5	0353: MOVF 78.W
04DF: BTFSS 03.0	0503: MOVF 29.W	0527: MOVF 2F.W	0354: MOVLW 30
04E0: GOTO 4EE	0504: SUBLW 01	0528: MOVWF 06	0355: BTFSS 03.2
04E1: MOVLW 37	0505: BTFSS 03.0	0529: MOVF 31.W	0356: GOTO 35E
04E2: BTFSS 0C.4	0506: GOTO 56F	052A: MOVWF 07	0357: BTFSC 5D.0
04E3: GOTO 4E2	0507: CLRF 28	052B: MOVLW FF	0358: GOTO 365
04E4: MOVWF 19	0508: MOVF 28.W	052C: BSF 03.5	0359: BTFSC 5D.3
04E5: MOVLW 01	0509: SUBLW 01	052D: MOVWF 08	035A: GOTO 365
04E6: ADDWF 37.F	050A: BTFSS 03.0	052E: BCF 09.0	035B: BTFSC 5D.4
04E7: BTFSC 03.0	050B: GOTO 56D	052F: BCF 03.5	035C: MOVLW 20
04E8: INCF 38.F	050C: MOVF 28.F	0530: BCF 09.0	035D: GOTO 360
04E9: BTFSC 03.2	050D: BTFSS 03.2	0531: BSF 03.5	035E: BCF 5D.3
04EA: INCF 39.F	050E: GOTO 511	0532: BCF 09.1	035F: BCF 5D.4
04EB: BTFSC 03.2	050F: BCF 05.1	0533: BCF 03.5	0360: ADDWF 78.F
04EC: INCF 3A.F	0510: GOTO 512	0534: BSF 09.1	0361: MOVF 78.W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0362: BTFSS 0C.4	0547: MOVLW 01	056C: GOTO 508
0363: GOTO 362	0548: ADDWF 47.F	056D: INCF 29.F
0364: MOVWF 19	0549: MOVLW 00	056E: GOTO 503
0365: MOVF 5C.W	054A: BTFSC 03.0	056F: INCF 2A.F
0366: MOVWF 5E	054B: MOVLW 01	0570: GOTO 4FE
0367: MOVLW 0A	054C: ADDWF 48.F	0571: INCF 2F.F
0368: MOVWF 5F	054D: MOVLW 00	0572: BTFSC 03.2
0369: CALL 336	054E: BTFSC 03.0	0573: INCF 30.F
036A: MOVF 77.W	054F: MOVLW 01	0574: GOTO 4F9
036B: MOVWF 5C	0550: ADDWF 49.F	0575: INCF 31.F
036C: MOVF 78.W	0551: MOVLW 00	0576: BTFSC 03.2
036D: MOVLW 30	0552: BTFSC 03.0	0577: INCF 32.F
036E: BTFSS 03.2	0553: MOVLW 01	0578: GOTO 4F0
036F: GOTO 374	0554: ADDWF 4A.F	0579: GOTO 579
0370: BTFSC 5D.3	0555: MOVF 47.F	
0371: GOTO 379	0556: BTFSS 03.2	
0372: BTFSC 5D.4	0557: GOTO 56B	
0373: MOVLW 20	0558: MOVF 48.W	
0374: ADDWF 78.F	0559: SUBLW 2C	
0375: MOVF 78.W	055A: BTFSS 03.2	
0376: BTFSS 0C.4	055B: GOTO 56B	
0377: GOTO 376	055C: DECFSZ 49.W	
0378: MOVWF 19	055D: GOTO 56B	
0379: MOVLW 30	055E: MOVF 4A.F	
037A: ADDWF 5C.F	055F: BTFSS 03.2	
037B: MOVF 5C.W	0560: GOTO 56B	
037C: BTFSS 0C.4	0561: MOVLW 02	
037D: GOTO 37C	0562: MOVWF 28	
037E: MOVWF 19	0563: MOVWF 29	
037F: BCF 0A.3	0564: MOVWF 2A	
0380: BCF 0A.4	0565: MOVLW 01	
0381: GOTO 547 (RETURN)	0566: MOVWF 30	
0542: MOVF 33.W	0567: CLRF 2F	
0543: MOVWF 5C	0568: CLRF 32	
0544: MOVLW 18	0569: MOVLW 40	
0545: MOVWF 5D	056A: MOVWF 31	
0546: GOTO 34B	056B: INCF 28.F	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



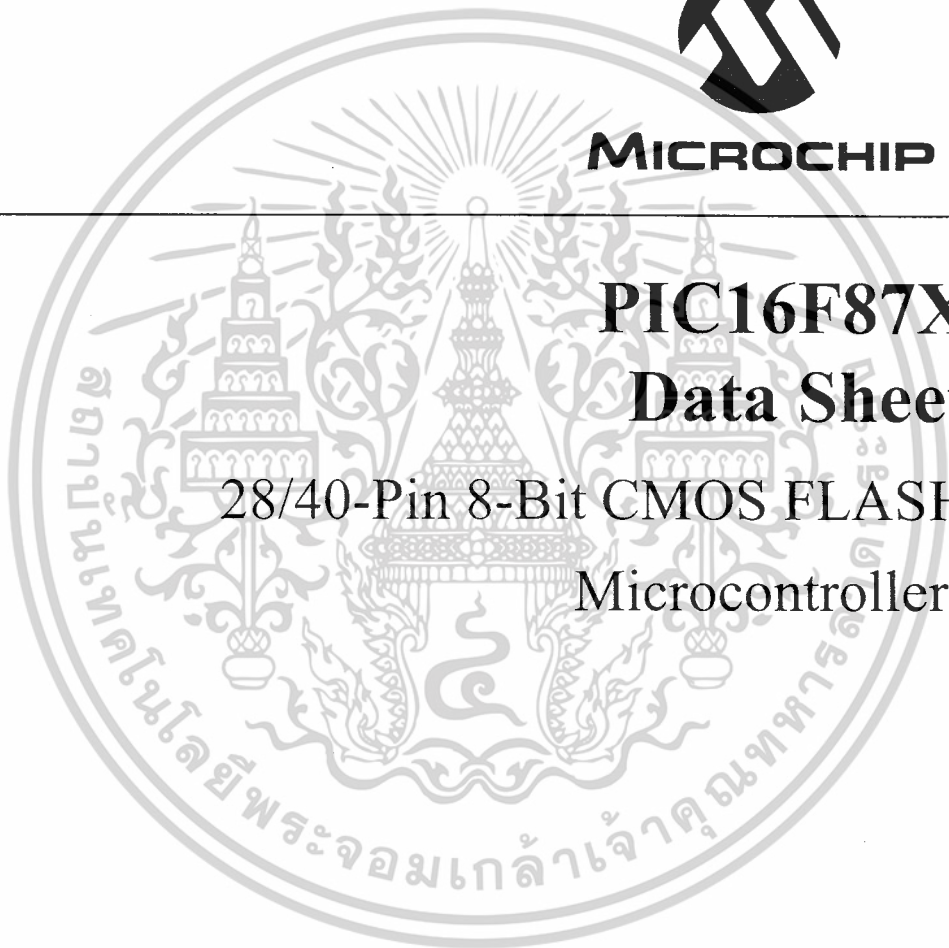
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MICROCHIP

PIC16F87X Data Sheet

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





MICROCHIP

PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

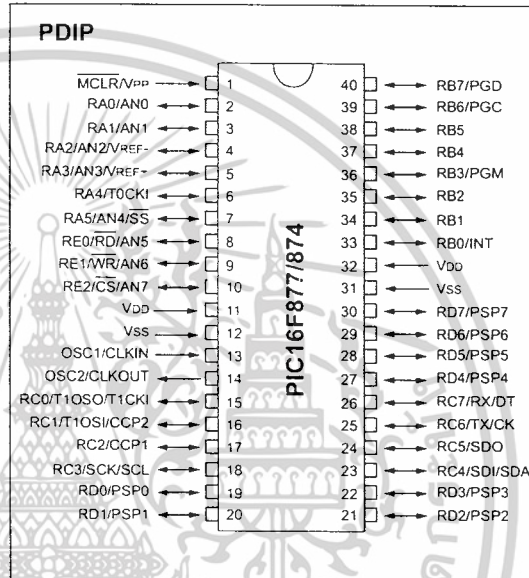
Devices Included in this Data Sheet:

- 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

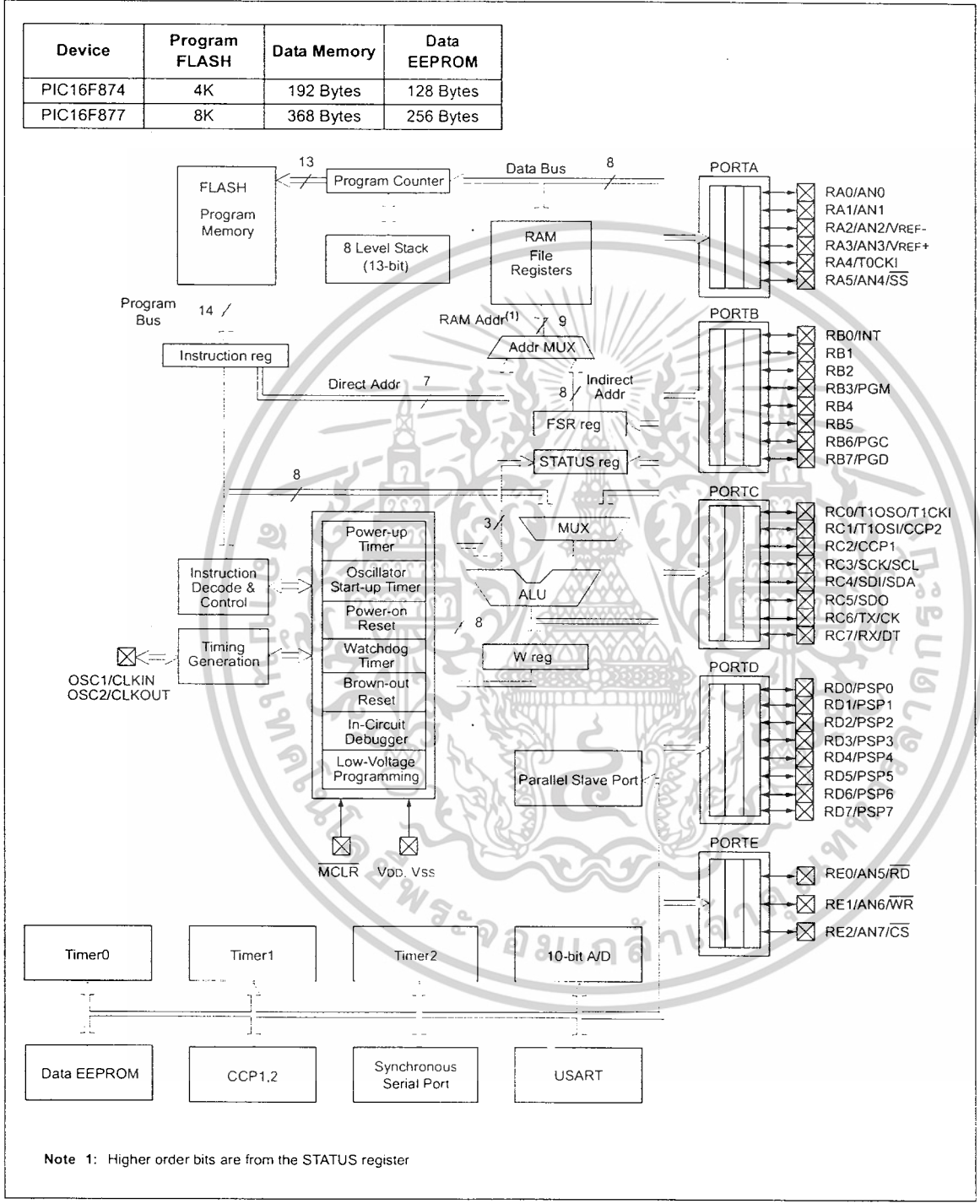


Peripheral Features:

- 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 I²C™ (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

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F87X

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are three memory blocks in each of the PIC16F87X MCUs. The Program Memory and Data Memory have separate buses so that concurrent access can occur and is detailed in this section. The EEPROM data memory block is detailed in Section 4.0.

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

2.1 Program Memory Organization

The PIC16F87X devices have a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. The PIC16F877/876 devices have 8K x 14 words of FLASH program memory, and the PIC16F873/874 devices have 4K x 14. Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound.

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

FIGURE 2-1: PIC16F877/876 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK

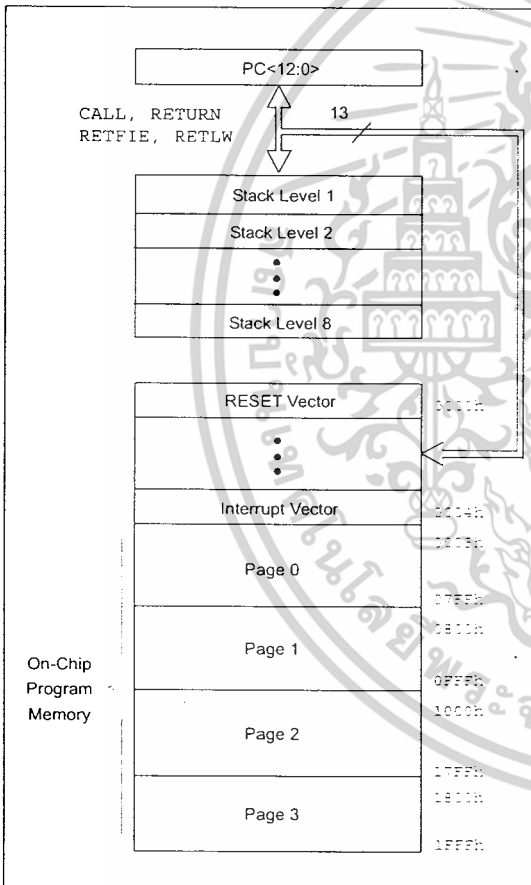
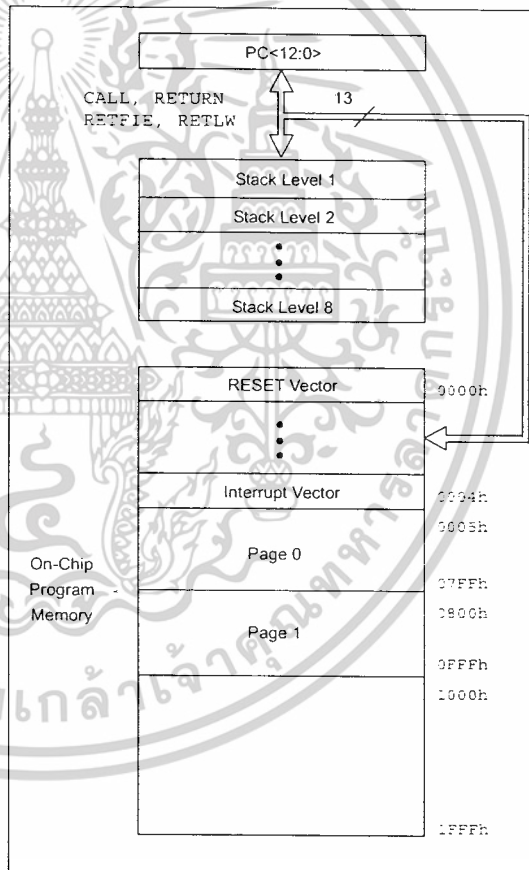


FIGURE 2-2: PIC16F874/873 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



PIC16F87X

11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs for the 28-pin devices and eight for the other devices.

The analog input charges a sample and hold capacitor. The output of the sample and hold capacitor is the input into the converter. The converter then generates a digital result of this analog level via successive approximation. The A/D conversion of the analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low voltage reference input that is software selectable to some combination of VDD, Vss, RA2, or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in SLEEP mode. To operate in SLEEP, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference), or as digital I/O.

Additional information on using the A/D module can be found in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7								bit 0
bit 7-6	ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select bits 00 = Fosc/2 01 = Fosc/8 10 = Fosc/32 11 = FRC (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)							
bit 5-3	CHS2:CHS0: Analog Channel Select bits 000 = channel 0, (RA0/AN0) 001 = channel 1, (RA1/AN1) 010 = channel 2, (RA2/AN2) 011 = channel 3, (RA3/AN3) 100 = channel 4, (RA5/AN4) 101 = channel 5, (RE0/AN5) ⁽¹⁾ 110 = channel 6, (RE1/AN6) ⁽¹⁾ 111 = channel 7, (RE2/AN7) ⁽¹⁾							
bit 2	GO/DONE: A/D Conversion Status bit <u>If ADON = 1:</u> 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion) 0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)							
bit 1	Unimplemented: Read as '0'							
bit 0	ADON: A/D On bit 1 = A/D converter module is operating 0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current							

Note 1: These channels are not available on PIC16F873/876 devices.

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87X

REGISTER 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit
 1 = Right justified. 6 Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
 0 = Left justified. 6 Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6-4 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

- Note 1:** These channels are not available on PIC16F873/876 devices.
Note 2: This column indicates the number of analog channels available as A/D inputs and the number of analog channels used as voltage reference inputs.

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

The ADRESH:ADRESL registers contain the 10-bit result of the A/D conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into this A/D result register pair, the GO/DONE bit (ADCON0<2>) is cleared and the A/D interrupt flag bit ADIF is set. The block diagram of the A/D module is shown in Figure 11-1.

After the A/D module has been configured as desired, the selected channel must be acquired before the conversion is started. The analog input channels must have their corresponding TRIS bits selected as inputs.

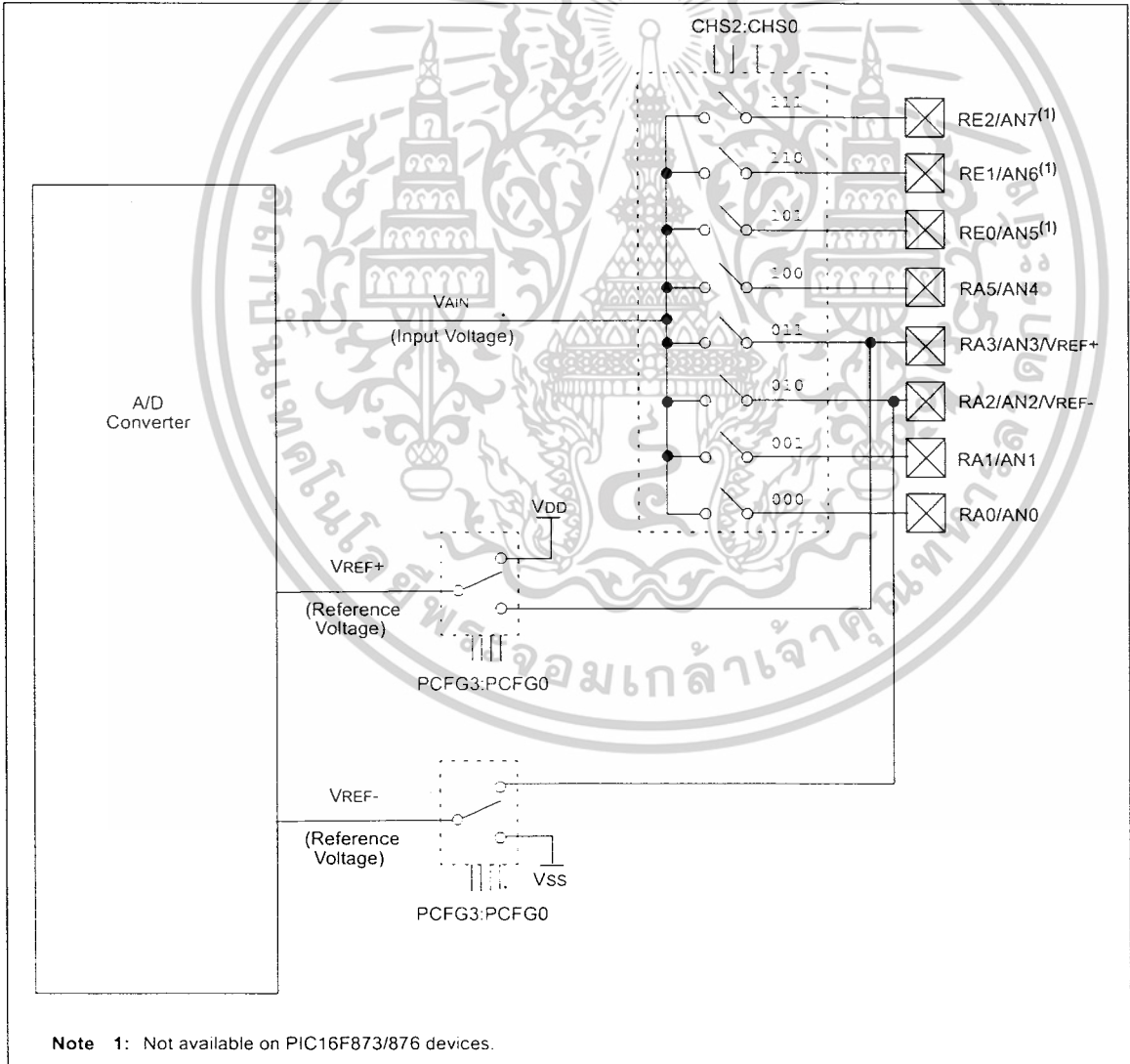
To determine sample time, see Section 11.1. After this acquisition time has elapsed, the A/D conversion can be started.

PIC16F87X

These steps should be followed for doing an A/D Conversion:

1. Configure the A/D module:
 - Configure analog pins/voltage reference and digital I/O (ADCON1)
 - Select A/D input channel (ADCON0)
 - Select A/D conversion clock (ADCON0)
 - Turn on A/D module (ADCON0)
2. Configure A/D interrupt (if desired):
 - Clear ADIF bit
 - Set ADIE bit
 - Set PEIE bit
 - Set GIE bit
3. Wait the required acquisition time.
4. Start conversion:
 - Set $\overline{GO/DONE}$ bit (ADCON0)
5. Wait for A/D conversion to complete, by either:
 - Polling for the $\overline{GO/DONE}$ bit to be cleared (with interrupts enabled); OR
 - Waiting for the A/D interrupt
6. Read A/D result register pair (ADRESH:ADRESL), clear bit ADIF if required.
7. For the next conversion, go to step 1 or step 2, as required. The A/D conversion time per bit is defined as T_{AD} . A minimum wait of $2T_{AD}$ is required before the next acquisition starts.

FIGURE 11-1: A/D BLOCK DIAGRAM



PIC16F87X

11.1 A/D Acquisition Requirements

For the A/D converter to meet its specified accuracy, the charge holding capacitor (CHOLD) must be allowed to fully charge to the input channel voltage level. The analog input model is shown in Figure 11-2. The source impedance (R_S) and the internal sampling switch (R_{SS}) impedance directly affect the time required to charge the capacitor CHOLD. The sampling switch (R_{SS}) impedance varies over the device voltage (V_{DD}), see Figure 11-2. **The maximum recommended impedance for analog sources is 10 k Ω .** As the impedance is decreased, the acquisition time may be decreased.

After the analog input channel is selected (changed), this acquisition must be done before the conversion can be started.

To calculate the minimum acquisition time, Equation 11-1 may be used. This equation assumes that 1/2 LSB error is used (1024 steps for the A/D). The 1/2 LSB error is the maximum error allowed for the A/D to meet its specified resolution.

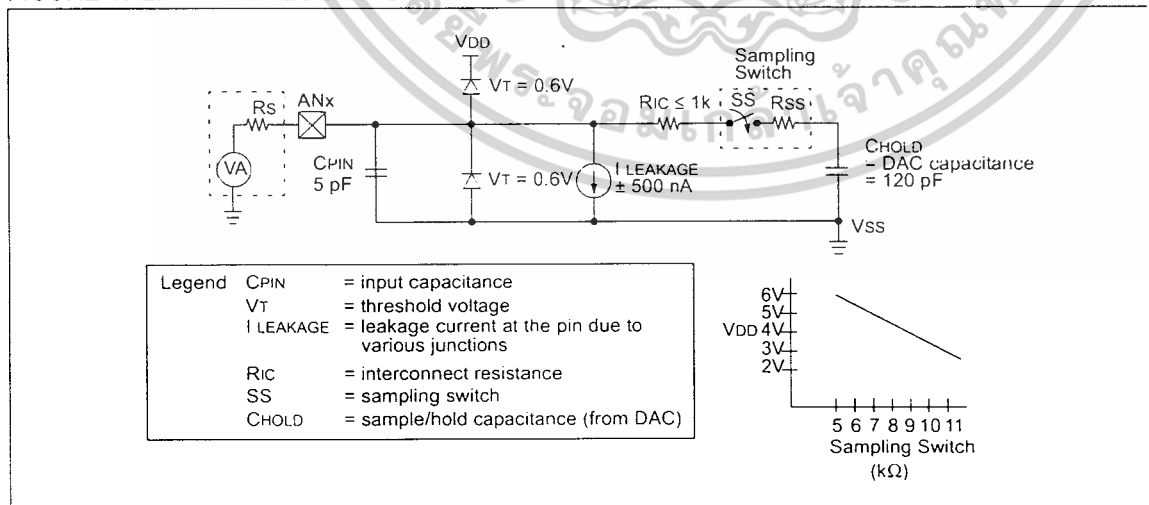
To calculate the minimum acquisition time, T_{ACQ} , see the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023).

EQUATION 11-1: ACQUISITION TIME

$$\begin{aligned}
 T_{ACQ} &= \text{Amplifier Settling Time} + \\
 &\quad \text{Hold Capacitor Charging Time} + \\
 &\quad \text{Temperature Coefficient} \\
 &= T_{AMP} + T_C + T_{COFF} \\
 &= 2\mu\text{s} + T_C + [(50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})(0.05\mu\text{s}/^\circ\text{C})] \\
 T_C &= \text{CHOLD} (R_{IC} + R_{SS} + R_S) \ln(1/2047) \\
 &= 120\text{pF} (1\text{k}\Omega + 7\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega) \ln(0.0004885) \\
 &= 16.47\mu\text{s} \\
 T_{ACQ} &= 2\mu\text{s} + 16.47\mu\text{s} + [(50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})(0.05\mu\text{s}/^\circ\text{C})] \\
 &= 19.72\mu\text{s}
 \end{aligned}$$

- Note 1:** The reference voltage (V_{REF}) has no effect on the equation, since it cancels itself out.
- Note 2:** The charge holding capacitor (CHOLD) is not discharged after each conversion.
- Note 3:** The maximum recommended impedance for analog sources is 10 k Ω . This is required to meet the pin leakage specification.
- Note 4:** After a conversion has completed, a 2.0TAD delay must complete before acquisition can begin again. During this time, the holding capacitor is not connected to the selected A/D input channel.

FIGURE 11-2: ANALOG INPUT MODEL



PIC16F87X

11.2 Selecting the A/D Conversion Clock

The A/D conversion time per bit is defined as TAD. The A/D conversion requires a minimum 12TAD per 10-bit conversion. The source of the A/D conversion clock is software selected. The four possible options for TAD are:

- 2Tosc
- 8Tosc
- 32Tosc
- Internal A/D module RC oscillator (2-6 μ s)

For correct A/D conversions, the A/D conversion clock (TAD) must be selected to ensure a minimum TAD time of 1.6 μ s.

Table 11-1 shows the resultant TAD times derived from the device operating frequencies and the A/D clock source selected.

TABLE 11-1: TAD vs. MAXIMUM DEVICE OPERATING FREQUENCIES (STANDARD DEVICES (C))

AD Clock Source (TAD)		Maximum Device Frequency
Operation	ADCS1:ADCS0	Max.
2Tosc	00	1.25 MHz
8Tosc	01	5 MHz
32Tosc	10	20 MHz
RC ^(1, 2, 3)	11	(Note 1)

- Note 1:** The RC source has a typical TAD time of 4 μ s, but can vary between 2-6 μ s.
2: When the device frequencies are greater than 1 MHz, the RC A/D conversion clock source is only recommended for SLEEP operation.
3: For extended voltage devices (LC), please refer to the Electrical Characteristics (Sections 15.1 and 15.2).

11.3 Configuring Analog Port Pins

The ADCON1 and TRIS registers control the operation of the A/D port pins. The port pins that are desired as analog inputs must have their corresponding TRIS bits set (input). If the TRIS bit is cleared (output), the digital output level (VOH or VOL) will be converted.

The A/D operation is independent of the state of the CHS2:CHS0 bits and the TRIS bits.

- Note 1:** When reading the port register, any pin configured as an analog input channel will read as cleared (a low level). Pins configured as digital inputs will convert an analog input. Analog levels on a digitally configured input will not affect the conversion accuracy.
- 2:** Analog levels on any pin that is defined as a digital input (including the AN7:AN0 pins), may cause the input buffer to consume current that is out of the device specifications.

PIC16F87X

11.4 A/D Conversions

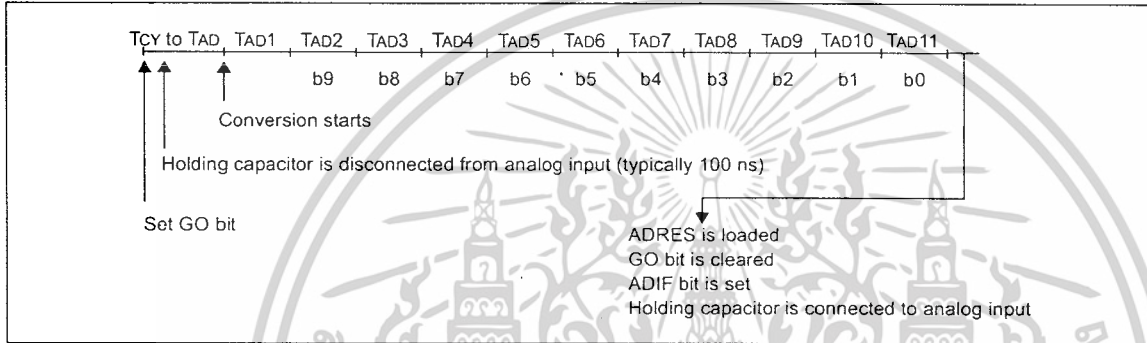
Clearing the $\overline{\text{GO/DONE}}$ bit during a conversion will abort the current conversion. The A/D result register pair will NOT be updated with the partially completed A/D conversion sample. That is, the ADRESH:ADRESL registers will continue to contain the value of the last completed conversion (or the last value written to the ADRESH:ADRESL registers). After the A/D conversion is aborted, a 2TAD wait is required before the next

acquisition is started. After this 2TAD wait, acquisition on the selected channel is automatically started. The $\overline{\text{GO/DONE}}$ bit can then be set to start the conversion.

In Figure 11-3, after the GO bit is set, the first time segment has a minimum of T_{CY} and a maximum of T_{AD}.

Note: The $\overline{\text{GO/DONE}}$ bit should NOT be set in the same instruction that turns on the A/D.

FIGURE 11-3: A/D CONVERSION TAD CYCLES

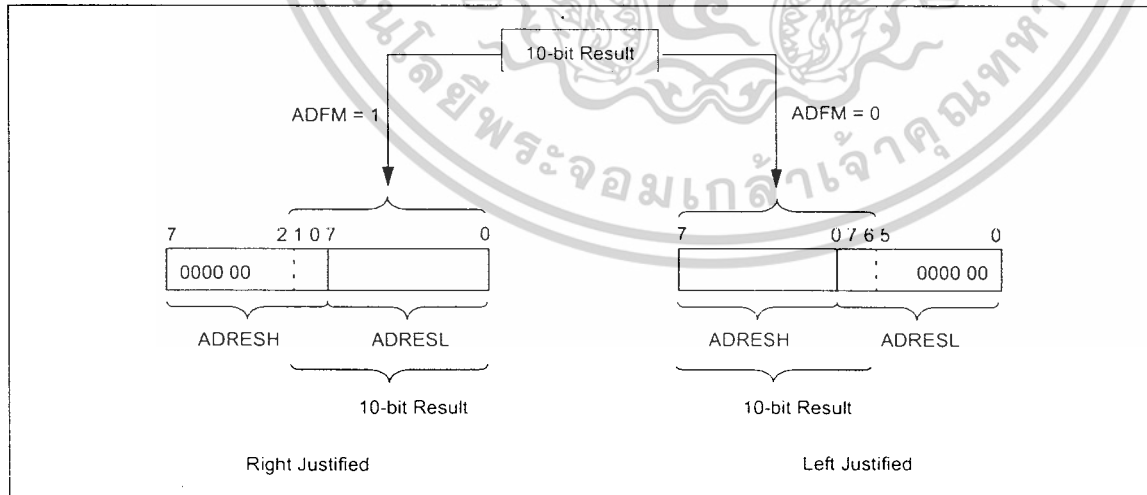


11.4.1 A/D RESULT REGISTERS

The ADRESH:ADRESL register pair is the location where the 10-bit A/D result is loaded at the completion of the A/D conversion. This register pair is 16-bits wide. The A/D module gives the flexibility to left or right justify the 10-bit result in the 16-bit result register. The A/D

Format Select bit (ADFM) controls this justification. Figure 11-4 shows the operation of the A/D result justification. The extra bits are loaded with '0's'. When an A/D result will not overwrite these locations (A/D disable), these registers may be used as two general purpose 8-bit registers.

FIGURE 11-4: A/D RESULT JUSTIFICATION



PIC16F87X

11.5 A/D Operation During SLEEP

The A/D module can operate during SLEEP mode. This requires that the A/D clock source be set to RC (ADCS1:ADCS0 = 11). When the RC clock source is selected, the A/D module waits one instruction cycle before starting the conversion. This allows the SLEEP instruction to be executed, which eliminates all digital switching noise from the conversion. When the conversion is completed, the GO/DONE bit will be cleared and the result loaded into the ADRES register. If the A/D interrupt is enabled, the device will wake-up from SLEEP. If the A/D interrupt is not enabled, the A/D module will then be turned off, although the ADON bit will remain set.

When the A/D clock source is another clock option (not RC), a SLEEP instruction will cause the present conversion to be aborted and the A/D module to be turned off, though the ADON bit will remain set.

Turning off the A/D places the A/D module in its lowest current consumption state.

Note: For the A/D module to operate in SLEEP, the A/D clock source must be set to RC (ADCS1:ADCS0 = 11). To allow the conversion to occur during SLEEP, ensure the SLEEP instruction immediately follows the instruction that sets the GO/DONE bit.

11.6 Effects of a RESET

A device RESET forces all registers to their RESET state. This forces the A/D module to be turned off, and any conversion is aborted. All A/D input pins are configured as analog inputs.

The value that is in the ADRESH:ADRESL registers is not modified for a Power-on Reset. The ADRESH:ADRESL registers will contain unknown data after a Power-on Reset.

TABLE 11-2: REGISTERS/BITS ASSOCIATED WITH A/D

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on MCLR, WDT
0Bh,8Bh, 10Bh,18Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBFIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	0000 00-0
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						--0x 0000	--0u 0000
89h ⁽¹⁾	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits			0000 -111	0000 -111
09h ⁽¹⁾	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for A/D conversion.

Note 1: These registers/bits are not available on the 28 pin devices.

Document Title

128Kx8 bit Low Power CMOS Static RAM

Revision History

<u>Revision No.</u>	<u>History</u>	<u>Draft Data</u>	<u>Remark</u>
0.0	Initial draft	July 15, 2002	Preliminary
0.1	Revised - Deleted 32-TSOP1-0820R Package Type. - Added Commercial product.	December 4, 2002	Preliminary
0.2	Revised - Added Lead Free 32-SOP-525 Product	May 13, 2003	Preliminary
0.3	Revised - Added Lead Free 32-TSOP1-0820F Product	June 21, 2003	Preliminary
1.0	Finalized - Changed Icc from 10mA to 5mA - Changed Icc2 from 35mA to 25mA - Changed I _{sb} from 3mA to 0.4mA - Changed I _{DR} (Industrial) from 15μA to 10μA - Changed I _{DR} (Automotive) from 25μA to 20μA	September 16, 2003	Final

The attached datasheets are provided by SAMSUNG Electronics. SAMSUNG Electronics CO., LTD. reserves the right to change the specifications and products. SAMSUNG Electronics will answer to your questions. If you have any questions, please contact the SAMSUNG branch offices.



ELECTRONICS

1

Revision 1.0
September 2003

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในส่วนการดำเนินงานด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K6X1008C2D Family

CMOS SRAM

128Kx8 bit Low Power full CMOS Static RAM

FEATURES

- Process Technology: Full CMOS
- Organization: 128K x 8
- Power Supply Voltage: 4.5~5.5V
- Low Data Retention Voltage: 2V(Min)
- Three state output and TTL Compatible
- Package Type: 32-DIP-600, 32-SOP-525, 32-SOP-525, 32-TSOP1-0820F

GENERAL DESCRIPTION

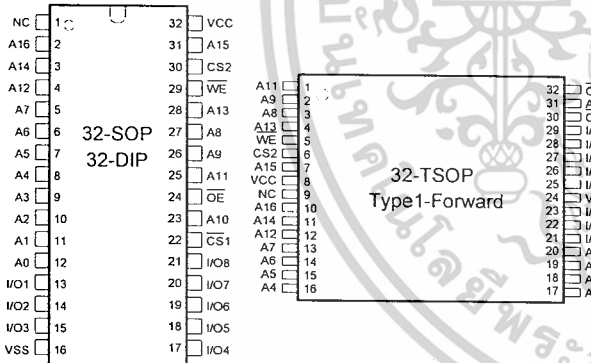
The K6X1008C2D families are fabricated by SAMSUNG's advanced CMOS process technology. The families support various operating temperature ranges and have various package types for user flexibility of system design. The families also support low data retention voltage for battery back-up operation with low data retention current.

PRODUCT FAMILY

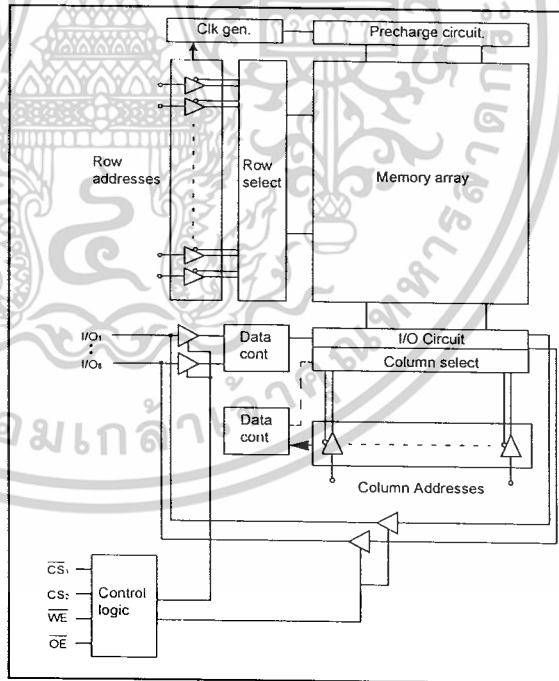
Product Family	Operating Temperature	Vcc Range	Speed	Power Dissipation		PKG Type
				Standby (I _{sb1} , Max)	Operating (I _{cc2} , Max)	
K6X1008C2D-B	Commercial(0~70°C)	4.5~5.5V	55 ¹⁾ /70ns	10µA	25mA	32-DIP-600, 32-SOP-525, 32-SOP-525, 32-TSOP1-0820F
K6X1008C2D-F	Industrial(-40~85°C)			15µA		
K6X1008C2D-Q	Automotive(-40~125°C)			25µA		32-SOP-525, 32-TSOP1-0820F

1. The parameters are tested with 50pF test load

PIN DESCRIPTION



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Name	Function
CS ₁ , CS ₂	Chip Select Input
OE	Output Enable Input
WE	Write Enable Input
I/O ₁ ~I/O ₈	Data Inputs/Outputs
A ₀ ~A ₁₆	Address Inputs
Vcc	Power
Vss	Ground
NC	No Connection

SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. reserves the right to change products and specifications without notice.



PRODUCT LIST

Commercial Products(0~70°C)		Industrial Products(-40~85°C)		Automotive Products(-40~125°C)	
Part Name	Function	Part Name	Function	Part Name	Function
K6X1008C2D-DB55	32-DIP, 55ns, LL	K6X1008C2D-DF55	32-DIP, 55ns, LL	K6X1008C2D-GQ55	32-SOP, 55ns, L
K6X1008C2D-DB70	32-DIP, 70ns, LL	K6X1008C2D-DF70	32-DIP, 70ns, LL	K6X1008C2D-GQ70	32-SOP, 70ns, L
K6X1008C2D-GB55	32-SOP, 55ns, LL	K6X1008C2D-GF55	32-SOP, 55ns, LL	K6X1008C2D-TQ55	32-TSOP-F, 55ns, L
K6X1008C2D-GB70	32-SOP, 70ns, LL	K6X1008C2D-GF70	32-SOP, 70ns, LL	K6X1008C2D-TQ70	32-TSOP-F, 70ns, L
K6X1008C2D-BB55 ¹⁾	32-SOP, 55ns, LL	K6X1008C2D-BF55 ¹⁾	32-SOP, 55ns, LL		
K6X1008C2D-BB70 ¹⁾	32-SOP, 70ns, LL	K6X1008C2D-BF70 ¹⁾	32-SOP, 70ns, LL		
K6X1008C2D-TB55	32-TSOP-F, 55ns, LL	K6X1008C2D-TF55	32-TSOP-F, 55ns, LL		
K6X1008C2D-TB70	32-TSOP-F, 70ns, LL	K6X1008C2D-TF70	32-TSOP-F, 70ns, LL		
K6X1008C2D-PB55 ¹⁾	32-TSOP-F, 55ns, LL	K6X1008C2D-PF55 ¹⁾	32-TSOP-F, 55ns, LL		
K6X1008C2D-PB70 ¹⁾	32-TSOP-F, 70ns, LL	K6X1008C2D-PF70 ¹⁾	32-TSOP-F, 70ns, LL		

1. Lead Free Product

FUNCTIONAL DESCRIPTION

CS ₁	CS ₂	OE	WE	I/O	Mode	Power
H	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	High-Z	Deselected	Standby
X ¹⁾	L	X ¹⁾	X ¹⁾	High-Z	Deselected	Standby
L	H	H	H	High-Z	Output Disabled	Active
L	H	L	H	Dout	Read	Active
L	H	X ¹⁾	L	Din	Write	Active

1. X means don't care (Must be in high or low states)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS¹⁾

Item	Symbol	Ratings	Unit	Remark
Voltage on any pin relative to V _{SS}	V _{IN} , V _{OUT}	-0.5 to V _{CC} +0.5V(Max. 7.0V)	V	-
Voltage on V _{CC} supply relative to V _{SS}	V _{CC}	-0.3 to 7.0	V	-
Power Dissipation	P _D	1.0	W	-
Storage temperature	T _{STG}	-65 to 150	°C	-
Operating Temperature	T _A	0 to 70	°C	K6X1008C2D-B
		-40 to 85	°C	K6X1008C2D-F
		-40 to 125	°C	K6X1008C2D-Q

1. Stresses greater than those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. Functional operation should be restricted to recommended operating condition. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS¹⁾

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply voltage	V _{CC}	4.5	5.0	5.5	V
Ground	V _{SS}	0	0	0	V
Input high voltage	V _{IH}	2.2	-	V _{CC} +0.5 ²⁾	V
Input low voltage	V _{IL}	-0.5 ³⁾	-	0.8	V

Note:

- Commercial Product: T_A=0 to 70°C, Otherwise specified
Industrial Product: T_A=-40 to 85°C, Otherwise specified
Automotive Product: T_A=-40 to 125°C, Otherwise specified
- Overshoot: V_{CC}+3.0V in case of pulse width≤30ns.
- Undershoot: -3.0V in case of pulse width≤30ns.
- Overshoot and undershoot are sampled, not 100% tested.

CAPACITANCE¹⁾ (f=1MHz, T_A=25°C)

Item	Symbol	Test Condition	Min	Max	Unit
Input capacitance	C _{IN}	V _{IN} =0V	-	8	pF
Input/Output capacitance	C _{IO}	V _{IO} =0V	-	10	pF

1. Capacitance is sampled, not 100% tested

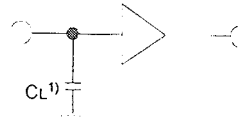
DC AND OPERATING CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Input leakage current	I _{LI}	V _{IN} =V _{SS} to V _{CC}	-1	-	1	μA	
Output leakage current	I _{LO}	CS ₁ =V _{IH} or CS ₂ =V _{IL} or OE=V _{IH} or WE=V _{IL} , V _{IO} =V _{SS} to V _{CC}	-1	-	1	μA	
Operating power supply current	I _{CC}	I _{IO} =0mA, CS ₁ =V _{IL} , CS ₂ =V _{IH} , V _{IN} =V _{IH} or V _{IL} , Read	-	-	5	mA	
Average operating current	I _{CC1}	Cycle time=1μs, 100% duty, I _{IO} =0mA, CS ₁ ≤0.2V, CS ₂ ≥V _{CC} -0.2V, V _{IN} ≤0.2V or V _{IN} ≥V _{CC} -0.2V	-	-	7	mA	
	I _{CC2}	Cycle time=Min, 100% duty, I _{IO} =0mA, CS ₁ =V _{IL} , CS ₂ =V _{IH} , V _{IN} =V _{IH} or V _{IL}	-	-	25	mA	
Output low voltage	V _{OL}	I _{OL} =2.1mA	-	-	0.4	V	
Output high voltage	V _{OH}	I _{OH} =-1.0mA	2.4	-	-	V	
Standby Current(TTL)	I _{SB}	CS ₁ =V _{IH} , CS ₂ =V _{IL} , Other inputs=V _{IH} or V _{IL}	-	-	0.4	mA	
Standby Current(CMOS)	I _{SB1}	CS ₁ ≥V _{CC} -0.2V, CS ₂ ≥V _{CC} -0.2V or CS ₂ ≤0.2V, Other inputs=0~V _{CC}	K6X1008C2D-B	-	-	10	μA
			K6X1008C2D-F	-	-	15	μA
			K6X1008C2D-Q	-	-	25	μA

AC OPERATING CONDITIONS

TEST CONDITIONS(Test Load and Input/Output Reference)

Input pulse level: 0.8 to 2.4V
 Input rising and falling time: 5ns
 Input and output reference voltage: 1.5V
 Output load(see right): $C_L=100\text{pF}+1\text{TTL}$
 $C_L=50\text{pF}+1\text{TTL}$



1. Including scope and jig capacitance

AC CHARACTERISTICS

($V_{CC}=4.5\sim 5.5\text{V}$, Commercial product: $T_A=0$ to 70°C , Industrial product: $T_A=-40$ to 85°C , Automotive product: $T_A=-40\sim 125^\circ\text{C}$)

Parameter List		Symbol	Speed Bins				Units
			55ns		70ns		
			Min	Max	Min	Max	
Read	Read Cycle Time	t _{RC}	55	-	70	-	ns
	Address Access Time	t _{AA}	-	55	-	70	ns
	Chip Select to Output	t _{CO}	-	55	-	70	ns
	Output Enable to Valid Output	t _{OE}	-	25	-	35	ns
	Chip Select to Low-Z Output	t _{LZ}	10	-	10	-	ns
	Output Enable to Low-Z Output	t _{OLZ}	5	-	5	-	ns
	Chip Disable to High-Z Output	t _{HZ}	0	20	0	25	ns
	Output Disable to High-Z Output	t _{OHZ}	0	20	0	25	ns
	Output Hold from Address Change	t _{OH}	10	-	10	-	ns
Write	Write Cycle Time	t _{WC}	55	-	70	-	ns
	Chip Select to End of Write	t _{CW}	45	-	60	-	ns
	Address Set-up Time	t _{AS}	0	-	0	-	ns
	Address Valid to End of Write	t _{AW}	45	-	60	-	ns
	Write Pulse Width	t _{WP}	40	-	50	-	ns
	Write Recovery Time	t _{WR}	0	-	0	-	ns
	Write to Output High-Z	t _{WHZ}	0	20	0	25	ns
	Data to Write Time Overlap	t _{DW}	20	-	25	-	ns
	Data Hold from Write Time	t _{DH}	0	-	0	-	ns
End Write to Output Low-Z	t _{OW}	5	-	5	-	ns	

DATA RETENTION CHARACTERISTICS

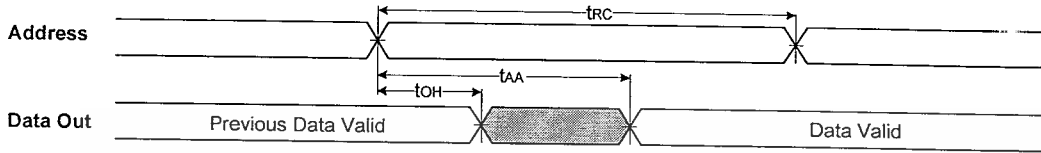
Item	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit	
V _{CC} for data retention	V _{DR}	$\overline{CS}_1 \geq V_{CC}-0.2\text{V}^1$	2.0	-	5.5	V	
Data retention current	I _{DR}	$V_{CC}=3.0\text{V}$, $\overline{CS}_1 \geq V_{CC}-0.2\text{V}^1$	K6X1008C2D-B	-	-	10	μA
			K6X1008C2D-F	-	-	10	μA
			K6X1008C2D-Q	-	-	20	μA
Data retention set-up time	t _{SDR}	See data retention waveform	0	-	-	ms	
Recovery time	t _{RDR}		5	-	-		

1. $\overline{CS}_1 \geq V_{CC}-0.2\text{V}$, $\overline{CS}_2 \geq V_{CC}-0.2\text{V}$, or $\overline{CS}_2 \leq 0.2\text{V}$

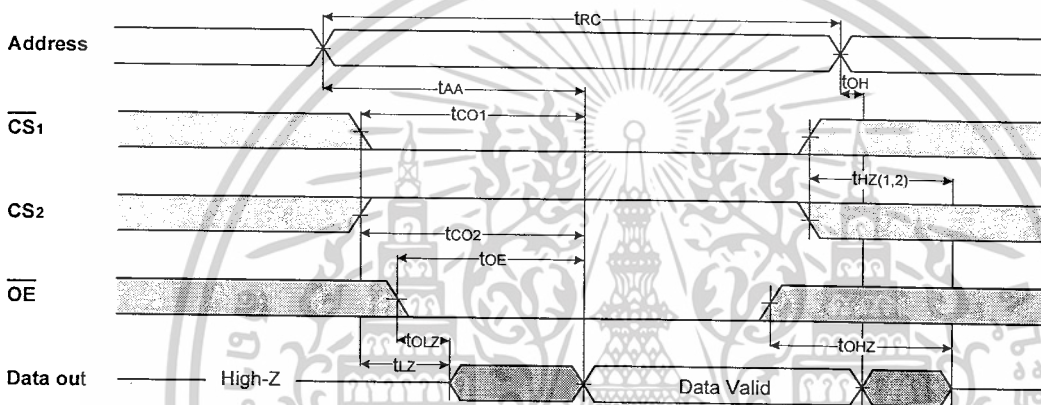


TIMING DIAGRAMS

TIMING WAVEFORM OF READ CYCLE(1) (Address Controlled, $\overline{CS1}=\overline{OE}=V_{IL}$, $CS2=\overline{WE}=V_{IH}$)



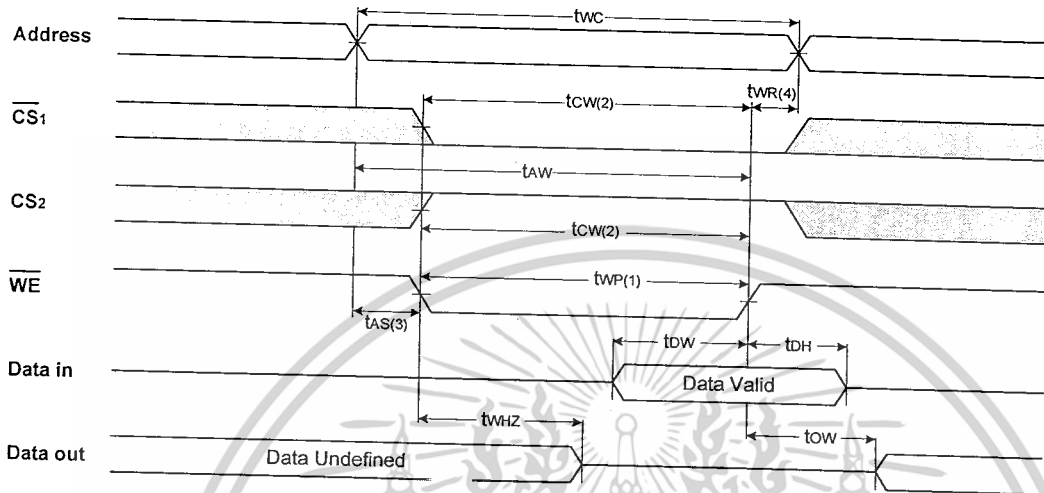
TIMING WAVEFORM OF READ CYCLE(2) ($\overline{WE}=V_{IH}$)



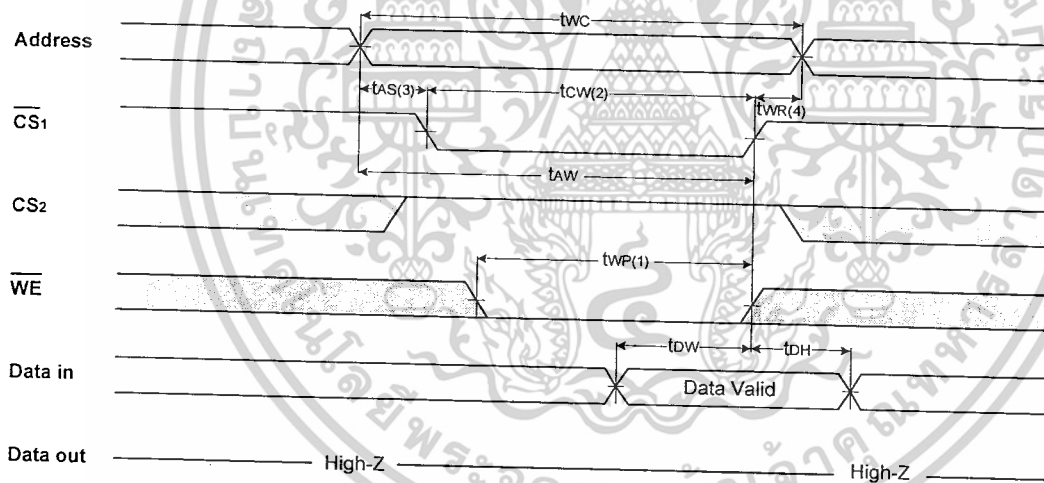
NOTES (READ CYCLE)

1. t_{HZ} and t_{OHZ} are defined as the time at which the outputs achieve the open circuit conditions and are not referenced to output voltage levels.
2. At any given temperature and voltage condition, $t_{HZ}(\text{Max.})$ is less than $t_{LZ}(\text{Min.})$ both for a given device and from device to device interconnection.

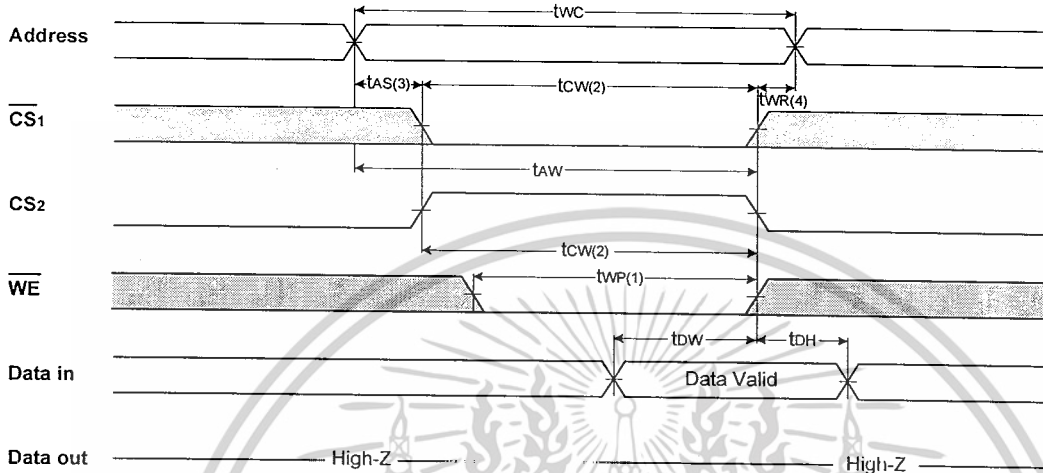
TIMING WAVEFORM OF WRITE CYCLE(1) (\overline{WE} Controlled)



TIMING WAVEFORM OF WRITE CYCLE(2) ($\overline{CS1}$ Controlled)



TIMING WAVEFORM OF WRITE CYCLE(3) (CS₂ Controlled)

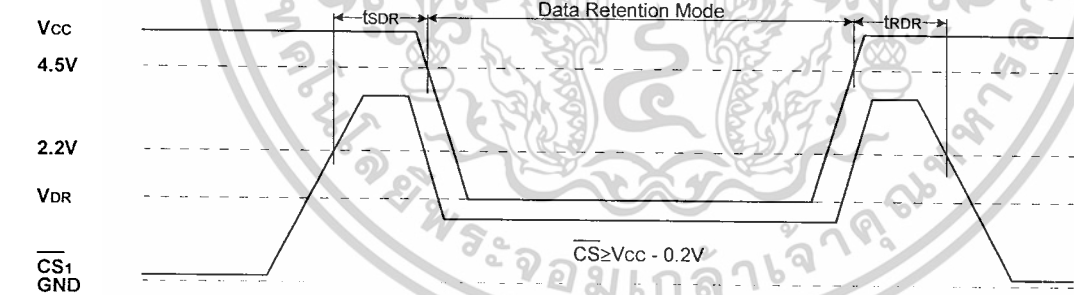


NOTES (WRITE CYCLE)

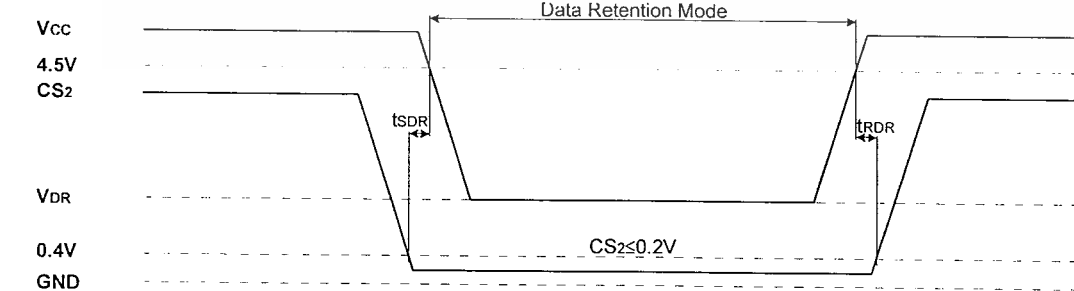
1. A write occurs during the overlap of a low CS₁, a high CS₂ and a low WE. A write begins at the latest transition among CS₁ goes low, CS₂ going high and WE going low. A write ends at the earliest transition among CS₁ going high, CS₂ going low and WE going high. t_{WR} is measured from the beginning of write to the end of write.
2. t_{CW} is measured from the CS₁ going low or CS₂ going high to the end of write.
3. t_{AS} is measured from the address valid to the beginning of write.
4. t_{WR} is measured from the end of write to the address change. t_{WR} applied in case a write ends as CS₁ or WE going high t_{WR2} applied in case a write ends as CS₂ going to low.

DATA RETENTION WAVE FORM

CS₁ controlled



CS₂ controlled



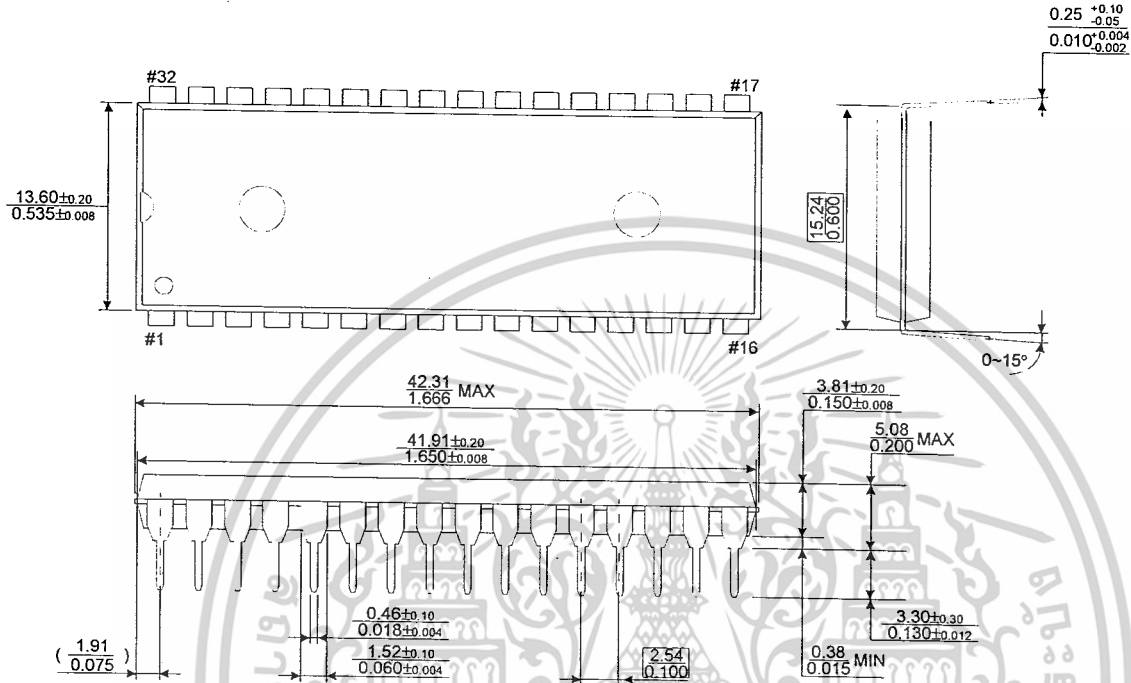
K6X1008C2D Family

CMOS SRAM

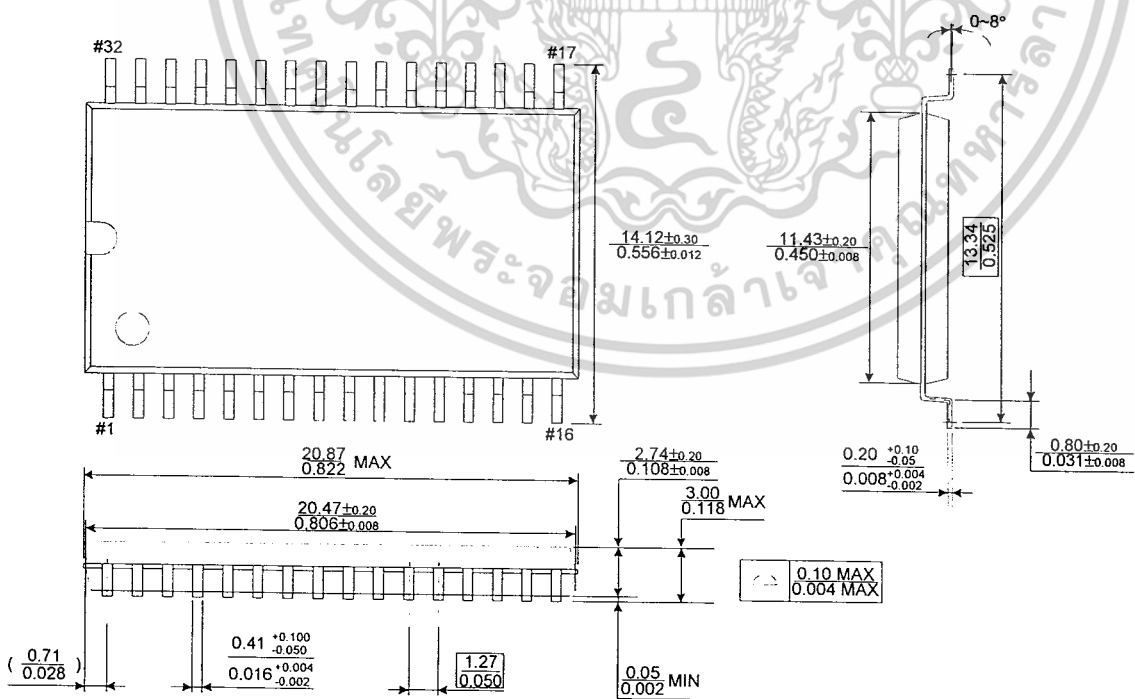
PACKAGE DIMENSIONS

32 DUAL INLINE PACKAGE (600mil)

Units: millimeters(inches)



32 PLASTIC SMALL OUTLINE PACKAGE (525mil)



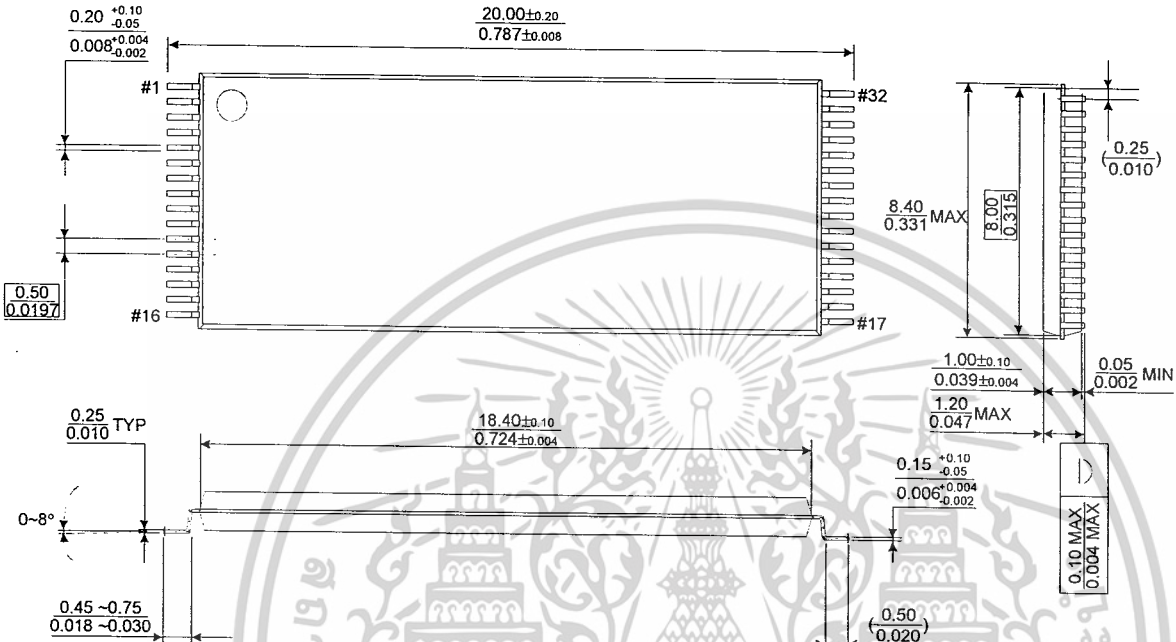
K6X1008C2D Family

CMOS SRAM

PACKAGE DIMENSIONS

Units: millimeters(inches)

32 PIN THIN SMALL OUTLINE PACKAGE TYPE I (0820F)



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รัชชัย คำศรีเป็นอย่างสูง ที่คอยให้ คำปรึกษาและแนวทางในการ แก้ไขปัญหา กับ โครงการงานชิ้นนี้อย่างต่อเนื่อง ตลอดจนระยะเวลาการทำโครงการงาน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ให้ความรู้ตลอดระยะเวลา 3 ปี การศึกษานี้ ทุกความรู้ที่ ได้รับจากคณาจารย์ทุกท่าน ล้วนมีประโยชน์ต่อคณะผู้จัดทำ และ จะขอนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ใน วิชาชีพต่อไป

ขอขอบพระคุณคุณแม่พ่อคุณแม่ของคณะผู้จัดทำที่ ให้กำเนิด และ เลี้ยงดูให้เติบโตขึ้นมา และ เป็น แรงใจให้คณะผู้จัดทำสามารถทำโครงการงานนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ทำให้คณะผู้จัดทำ ได้ให้สถานที่ศึกษา ได้รับการหล่อหลอมการศึกษาจนสามารถมีวันนี้ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ัญฐพล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ อิมพรจิตวิไล , ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 , บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , 324 หน้า
2. ประจัน พลังสันติสุข , เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ , บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , 312 หน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้