สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องจ่ายน้ำแบบเติมธนบัตร

THAI BANK NOTE WATER MACHINE

โดย

นาย จตุพล ศรีทอง

นาย ธวัชชัย ใบโพธิ์

นางสาว พัชนี ขันตี

สนง.
ค/36ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82459
วัน,เดือน,ปี 11 ก.ค. 2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b 11901610
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจ่ายน้ำแบบเติมธนบัตร

THAI BANK NOTE WATER MACHINE

โดย

นาย จตุพล ศรีทอง รหัส 48015242

นาย ธวัชชัย ใบโพธิ์ รหัส 48015251

นางสาว พัชนี ขันตี รหัส 48015259

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสำหรับ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องจ่ายน้ำแบบเติมธนบัตร THAI BANK NOTE WATER MACHINE

ผู้จัดทำ

นาย จตุพล ศรีทอง รหัส 48015242

นาย ธวัชชัย ใบโพธิ์ รหัส 48015251

นางสาว พัชนี ขันตี รหัส 48015259

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

วันที่ ...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจ่ายน้ำแบบเติมธนบัตร

นาย จตุพล ศรีทอง รหัส 48015242
นาย ธวัชชัย ใบโพธิ์ รหัส 48015251
นางสาว พัชนี ขันตี รหัส 48015259
รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปัจจุบันน้ำเป็นสิ่งจำเป็นมากในชีวิตประจำวัน ดังนั้นโครงงานนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อที่จะสามารถจำหน่ายน้ำได้เหมือนกับตู้น้ำหยอดเหรียญทั่วไปได้ ซึ่งสามารถใช้ธนบัตรในการเติมน้ำได้

เครื่องจ่ายน้ำแบบเติมธนบัตร ในส่วนการรับธนบัตรและแยกธนบัตรจะใช้เซนเซอร์ทางแสงเป็นตัวตรวจรับว่ามีธนบัตรเข้ามาหรือไม่ เพื่อไปควบคุมส่วนของสเต็ปมอเตอร์ให้ทำงานส่งต่อไปยังส่วนของการแยกชนิดธนบัตร โดยใช้หลอดฉายแสงสีม่วง (Black Light) และตรวจจับแสงสะท้อนของธนบัตรที่เราใส่เข้าไป เพื่อตรวจสอบว่าเป็นธนบัตรจริงหรือปลอมและเป็นธนบัตรชนิดใด โดยรับจากเซนเซอร์แสงเข้ามาแปลงจาก Analog เป็น Digital เพื่อเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลรอง โดยสามารถรับธนบัตรตั้งแต่ 20 บาท, 50 บาท และ 100 บาท เพื่อส่งไปยังส่วนของการประมวลผล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC 16F877 เป็นหน่วยประมวลผลเพื่อควบคุมการทำงาน ในส่วนของระบบสั่งจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THAI BANK NOTE WATER MACHINE

Mr. Jatupol Sreetong ID 48015242

Mr. Thawatchai Baipo ID 48015251

Miss. Patchanee Khuntee ID 48015259

Assist. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon Advisor

Educational Year 2007

Abstract

Nowadays, water is important in our daily life. Thus, this thesis is conducted to make the automatic water up which is able to be paid by bank notes.

The Automatic water up machine will use the light sensor to detect whether there are any bank notes. If there is, it will order the step motor to identify types of the notes by using black light and detect the reflection from the note to check whether it is a real or fake one. The signal from the light sensor will be changed from analog into digital. This signal will be sent to microcontroller to process minor data. This machine will be able to work with a 20, 50 and 100 baht notes. The PIC 16F877 Microcontroller is processed to control the system to the water valve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคต่างๆในการต่อวงจรในโครงงานครื่องจ่ายน้ำแบบเติมธนบัตร

อีกทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงานและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ อีกทั้งยังได้รับความรู้ ประสบการณ์ และเทคนิคใหม่ๆในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นอย่างมาก

จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

นาย จตุพล ศรีทอง
นาย ธวัชชัย ใบโพธิ์
นางสาว พัชนี ขันตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	i
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ธนบัตรที่มีการจัดพิมพ์และนำออกใช้อยู่ในปัจจุบัน	3
2.1.1 ธนบัตรชนิดราคา 1000 บาท แบบ 15	3
2.1.2 ธนบัตรชนิดราคา 500 บาท แบบ 15	4
2.1.3 ธนบัตรชนิดราคา 100 บาท แบบ 15 (ปรับปรุง)	5
2.1.4 ธนบัตรชนิดราคา 50 บาท แบบ 15 (ปรับปรุง)	7
2.1.5 ธนบัตรชนิดราคา 20 บาท แบบ 15	8
2.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 (Microcontroller PIC16F877)	9
2.2.1 คุณสมบัติทั่วๆ ไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	9
2.2.2 โครงสร้างภายนอก	11
2.2.3 สถาปัตยกรรมภายในของ PIC 16F877	14
2.2.4 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	23
2.3 ชุดคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 (Instructions Microcontroller PIC16F877) ความหมายของตัวแปรที่ควรทราบ	34
2.3.1 รูปแบบและตัวอย่างการเขียนคำสั่ง PIC16F877	35
2.4 หลอดไฟรังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)	48
2.5 ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor)	51
2.5.1 คุณสมบัติทางแสง	52
2.5.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า	52
2.5.3 การวัดความต้านทานของ LDR	52
2.5.4 การนำ LDR ไปใช้งาน	53
2.6 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าสี (color light-to-frequency converter)	54
2.6.1 รายละเอียดของบอร์ด	56
2.6.2 การนำไปใช้งาน	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การใช้งาน ET-TCS230 59
2.7 รีเลย์ (Relay) 60
2.7.1 โครงสร้างของรีเลย์ 60
2.7.2 หลักการทำงานของรีเลย์ 60
2.7.3 ทฤษฎีการทำงานของรีเลย์ 61
2.8 โซลินอยด์ 61
2.8.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์ 62
2.8.2 ขั้นตอนการเลือกใช้โซลินอยด์ 64
2.8.3 แนวความคิดในการนำเอาโซลิ นอยด์ไปประยุกต์ใช้ 66
2.8.4 ข้อระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อายุยืนยาวที่สุด 67
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 69
3.1 หน่วยประมวลผลหลัก 69
3.2 หน่วยประมวลผลรอง 70
3.3 วงจรขับหลอด black light 75
3.4 วงจรตรวจเช็คระดับน้ำ 77
3.5 วงจรหน่วยประมวลผลหลัก 80
บทที่4 ขั้นตอนการทดลอง 89
4.1 ขั้นตอนการทดลอง 89
4.2 ผลการทดลอง 90
บทที่ 5 ปัญหาที่เกิดขึ้นและสรุปผลโครงการ 99
5.1 ปัญหาเรื่องข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดหา 99
5.2 ปัญหาในการทดสอบลงอุปกรณ์ 99
5.3 ปัญหาตำแหน่งในการป้อนธนบัตร 99
5.4 ปัญหาการสร้างโครงสร้างและเซนเซอร์ตรวจระดับน้ำ 100
5.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 100
5.6 สรุปผลโครงการ 100
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ธนบัตรชนิดราคา 1000 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง	3
รูปที่ 2.2 ธนบัตรชนิดราคา 500 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง	4
รูปที่ 2.3 ธนบัตรชนิดราคา 100 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง	5
รูปที่ 2.4 ธนบัตรชนิดราคา 50 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง	7
รูปที่ 2.5 ธนบัตรชนิดราคา 20 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง	8
รูปที่ 2.6 การจัดขาของ PIC16F877	11
รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมภายในของ PIC 16F87	14
รูปที่ 2.8 หน่วยความจำโปรแกรมและสแต็กของ PIC16F877	15
รูปที่ 2.9 ตำแหน่งรีจีสเตอร์ไฟล์ของ PIC 16F877	16
รูปที่ 2.10 รีจิสเตอร์สถานะ (ตำแหน่ง 03H, 83H, 103H, 183H)	18
รูปที่ 2.11 OPTION Register (Address 81h, 181h)	19
รูปที่ 2.12 INTCON Register (Address 0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh)	20
รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมของ RA0-RA3 และ RA5	23
รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของ RA4/TOCKI	24
รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมของ RB0-RB3	26
รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของ RB4 - RB7	26
รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของ RC0-RC2 และ RC5-RC7	29
รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของ RC3-RC4	30
รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D	31
รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต E	33
รูปที่ 2.21 หลอดไฟรังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)	48
รูปที่ 2.22 หลอดแบคไลท์มีทั้งหลอดยาวและหลอดอ้วน	49
รูปที่ 2.23 สีที่เขียนไว้บนมือและกระดาษ จะสว่างขึ้นในที่มืดเมื่อฉายด้วยหลอดแบคไลท์	50
รูปที่ 2.24 โครงสร้างของ LDR	51
รูปที่ 2.25 กราฟแสดงความไวของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน	52
รูปที่ 2.26 วงจรแบ่งแรงดัน	53
รูปที่ 2.27 การต่อ LDR อนุกรมกับโวลท์มิเตอร์	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 การใช้ LDR เป็นส่วนประกอบของวงจรมิเตอร์วัดแสงอย่างง่าย 54
รูปที่ 2.29 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตช์ 54
รูปที่ 2.30 โครงสร้างของ TCS230 55
รูปที่ 2.31 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ TCS230 55
รูปที่ 2.32 รายละเอียดของบอร์ด 56
รูปที่ 2.33 แสดงหน้าสัมผัสของรีเลย์ทั้งในกรณีที่มีและไม่มีแรงดันตกคร่อม 60
รูปที่ 2.34 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์ 61
รูปที่ 2.35 แสดงถึงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด 62
รูปที่ 2.36 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล 62
รูปที่ 2.37 แสดงการเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก 63
รูปที่ 2.38 แสดงการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง 63
รูปที่ 2.39 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน 65
รูปที่ 2.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ไฟตรง 12 V ยี่ห้อโคอิเกะรุ่น SB-102 65
รูปที่ 2.41 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน 66
รูปที่ 2.42 แสดงการเพิ่มเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่า 68
รูปที่ 2.43 แสดงการใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทุ้งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน 68
รูปที่ 3.1 Block diagram โดยรวมทั้งหมด 69
รูปที่ 3.2 ส่วนประมวลผลรอง 71
รูปที่ 3.3 หน่วยประมวลผลหลัก 72
รูปที่ 3.4 Flowchart การทำงาน 73
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ TCS230 74
รูปที่ 3.6 วงจรขับหลอดblack ligh 75
รูปที่ 3.7 วงจรขับมอเตอร์ 76
รูปที่ 3.8 วงจรตรวจเช็คระดับน้ำ 77
รูปที่ 3.9 วงจรขับโซลินอยด์วาล์ว 78
รูปที่ 3.10 วงจรขับปั๊มน้ำ 79
รูปที่ 3.11 วงจรของหน่วยประมวลผลหลัก 80
รูปที่ 3.12 วงจรของหน่วยประมวลผลรอง 80
รูปที่ 3.13 ตัวเครื่องโดยรวม 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14ส่วนของหน้าจอแสดงผล LCD 16 X 2 81
รูปที่ 3.15 หน่วยประมวลผลรอง 82
รูปที่ 3.16 วงจรขับหลอด black light 82
รูปที่ 3.17 หน่วยประมวลผลหลัก 83
รูปที่ 3.18 เซ็นเซอร์สี 83
รูปที่ 3.19 หลอด black light ในการตรวจสอบลายน้ำ 84
รูปที่ 3.20 ลักษณะของการเรืองแสงของหลอด black light 84
รูปที่ 3.21 ส่วนของถังเก็บน้ำ 85
รูปที่ 3.22 หน้าจอแสดงผล 85
รูปที่ 3.23 วงจรภาคต่างๆภายในตัวเครื่อง (1) 86
รูปที่ 3.24 ปั๊มจ่ายน้ำ 86
รูปที่ 3.25 ด้านหลังเครื่อง 87
รูปที่ 3.26 วงจรภาคต่างๆภายในตัวเครื่อง (2) 87
รูปที่ 3.27 ภาพด้านบนตัวเครื่อง 88
รูปที่ 3.28 ด้านหน้าของตัวเครื่อง 88
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตร100 บาท จำนวน 50 ครั้ง 96
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตร 50 บาท จำนวน 50 ครั้ง 96
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตร 20 บาท จำนวน 50 ครั้ง 97
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของกระดาษ A4 จำนวน 50 ครั้ง 97
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของกระดาษโปสเตอร์ จำนวน 50 ครั้ง 98
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของหนังสือพิมพ์ จำนวน 50 ครั้ง 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F877	12
ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F877 (ต่อ)	13
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของรีจีสเตอร์ไฟล์	21
ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของรีจีสเตอร์ไฟล์ (ต่อ)	22
ตารางที่ 2.5 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต A	25
ตารางที่ 2.6 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต A	25
ตารางที่ 2.7 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต B	28
ตารางที่ 2.8 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต B	28
ตารางที่ 2.9 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต C	30
ตารางที่ 2.10 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต C	31
ตารางที่ 2.11 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต D	32
ตารางที่ 2.12 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต D	32
ตารางที่ 2.13 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต E	33
ตารางที่ 2.14 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต E	34
ตารางที่ 2.15 การกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo)	57
ตารางที่ 2.16 การกำหนดชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่ต้องการวัดสัญญาณ	58
ตารางที่ 2.17 สรุปหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของ IC TCS230	58
ตารางที่ 3.1 แสดงลำดับการทำงานของเซนเซอร์แต่ละตัว	78
ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตรและอื่นๆ ที่ไม่ใช่ธนบัตร	90
ตารางที่ 4.2 ค่าที่ได้จากการทดลองธนบัตรชนิดต่างๆ	90
ตารางที่ 4.3 ค่าที่ได้จากกระดาษชนิดต่างๆ	92
ตารางที่ 4.4 ค่าเวลาในการวัดระดับน้ำ	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันมีเครื่องมือและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกมากมาย เช่น ตู้ขายน้ำหยอดเหรียญ เครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ เครื่องจ่ายน้ำมันหยอดเหรียญ เป็นต้น ซึ่งเครื่องอำนวยความสะดวกดังกล่าวก็สามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานของบุคคลได้ในระดับหนึ่ง แต่หากเครื่องอำนวยความสะดวกเหล่านั้นสามารถทำงานได้โดยใช้ธนบัตรแทนเหรียญได้ คงจะเพิ่มความสะดวกสบายได้มากขึ้น เนื่องจากเราไม่นิยมพกเงินประเภทเหรียญเพราะมีน้ำหนักมากกว่าธนบัตร หากต้องการใช้บริการเครื่องจ่ายน้ำต้องนำธนบัตรนั้นไปแลกเป็นเหรียญก่อน ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากและเสียเวลา

ดังนั้นหากสามารถพัฒนาเครื่องจ่ายน้ำ ให้สามารถรับเงินประเภทธนบัตรได้ จะสามารถสนองความต้องของผู้ใช้บริการที่ต้องการความสะดวกสบายและนิยมพกเงินประเภทธนบัตรได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้งานเซนเซอร์แสงเพื่อใช้การตรวจชนิดของธนบัตร ในการแยกราคาธนบัตรเนื่อง จากธนบัตรราคา 20, 50 และ 100 บาทมีขนาดที่ต่างกัน

2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C สำหรับ Microcontroller (PIC16F877) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบส่วนนำธนบัตรเข้า-ออก ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์แสง ควบคุมการสั่งจ่ายน้ำ ควบคุมการแสดงผลจำนวนเงิน

3. ออกแบบและสร้างส่วนนำธนบัตรเข้า-ออก ส่วนตรวจแยกราคาธนบัตร ส่วนการสั่งจ่ายน้ำ ส่วนแสดงผลจำนวนเงิน

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1. ใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดความยาวของธนบัตรที่เข้ามาในระบบเพื่อแยกราคาธนบัตร โดยในการพัฒนาเครื่องจ่ายน้ำโดยใช้ธนบัตรนี้จะทดลองกับธนบัตรที่เป็นธนบัตรใหม่และไม่มีรอยยับเท่านั้น โดยแยกเป็นธนบัตรราคา 20, 50 หรือ 100 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C และประยุกต์ใช้กับ Microcontroller (PIC16F877) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบส่วนนำธนบัตรเข้า-ออก ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์แสง ควบคุมการสั่งจ่ายน้ำ ควบคุมการแสดงผลจำนวนเงิน

3. สร้างส่วนนำธนบัตรเข้า-ออก ส่วนแยกราคาธนบัตร ส่วนแสดงผลจำนวนเงิน ของระบบให้สามารถรับ Input ซึ่งเป็นธนบัตรราคา 20, 50 และ 100 บาท

1.4 แนวทางการดำเนินงาน

1. ศึกษาการใช้งานเซนเซอร์แสง

2. ศึกษาการใช้งาน Microcontroller (PIC16F877)

3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C และประยุกต์ใช้กับ Microcontroller (PIC16F877)

4. ออกแบบและสร้างส่วนนำธนบัตรเข้า-ออก ส่วนแยกราคาธนบัตร ส่วนการสั่งจ่ายน้ำ ส่วนแสดงผลจำนวนเงิน ของระบบเครื่องจ่ายน้ำโดยใช้ธนบัตร ให้สามารถรับ Input ซึ่งเป็นธนบัตรราคา 20, 50 และ 100 บาท

5. ทดลองและปรับปรุงการทำงานของส่วนนำธนบัตรเข้า-ออก ส่วนแยกราคาธนบัตร ส่วนแสดงผลจำนวนเงิน เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

I. สามารถใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดขนาดของธนบัตรที่เข้ามาในระบบเพื่อแยกราคาธนบัตร 20, 50 หรือ 100 บาทได้

2. มีความรู้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C และการประยุกต์ใช้งาน Microcontroller (PIC16F877)

3. สร้างเครื่องจ่ายน้ำโดยใช้ธนบัตรที่รับเงินประเภทธนบัตรราคา 20, 50 และ 100 บาทให้สามารถทำงานอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ธนบัตรที่มีการจัดพิมพ์และนำออกใช้อยู่ในปัจจุบัน

ธนบัตรไทยเริ่มพิมพ์ออกใช้เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2445 ในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 แบ่งเป็นแบบใหญ่ๆ ตามประกาศของกระทรวงการคลังได้ 15 แบบ และยังมีแบบพิเศษ และธนบัตรที่ระลึก ซึ่งผลิตจำนวนน้อยและไม่ได้นำออกใช้หมุนเวียนอีก 3 แบบ นอกจากนี้ยังมีบัตรธนาคารซึ่งสามารถใช้ชำระหนี้ได้ตามกฎหมายอีก 1 แบบ แต่ปัจจุบันที่มีการจัดพิมพ์และนำออกใช้ คือ แบบ 15

2.1.1 ธนบัตรชนิดราคา 1000 บาท แบบ 15

รูปที่ 2.1 ธนบัตรชนิดราคา 1000 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง

2.1.1.1 ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

2.1.1.2 ภาพประธานด้านหลัง พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ขณะทรงประกอบพระราชกรณียกิจ ทางซ้ายมีภาพเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

2.1.1.3 ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายพุ่มข้าวบิณฑ์ ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

2.1.1.4 เส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวยืน ปรากฏให้เห็นเป็นระยะเฉพาะที่ด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 ขนาด กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 16.2 เซนติเมตร

2.1.1.6 ลักษณะพิเศษ ตัวเลขแฝง "1000" บริเวณด้านหน้ามุมซ้ายล่าง ซ่อนในลายไทยมองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหากึ่งกลางของธนบัตร ตัวเลข "1000" บริเวณมุมขวาบน พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษ มองเห็นส่วนบนเป็นสีทองส่วนล่างเป็นสีเขียว เมื่อพลิกขอบล่างธนบัตรขึ้น จะเห็นเป็นสีเขียวทั้งหมดลายรูปดอกบัวพิมพ์แยกส่วนไว้บนด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อยกส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นรูปดอกบัวที่สมบูรณ์

2.1.1.7 ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์) สีเหลืองบริเวณลายประดิษฐ์รูปวงกลม และในลายเส้นรัศมีตอนกลาง พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเรืองแสง หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลืองในเนื้อกระดาษ

2.1.1.8 วันประกาศออกใช้ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2542 เริ่มจ่ายแลก วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

2.1.2 ธนบัตรชนิดราคา 500 บาท แบบ 15

รูปที่ 2.2 ธนบัตรชนิดราคา 500 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง

2.1.2.1 ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบันทรงเครื่องแบบจอมทัพ

2.1.2.2 ภาพประธานด้านหลัง พระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว

2.1.2.3 ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายประจำยามซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 เส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวยืน ปรากฏให้เห็นเป็นระยะเฉพาะที่ด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

2.1.2.5 ขนาด กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 15.6 เซนติเมตร

2.1.2.6 ลักษณะพิเศษ แถบฟอยล์สีเงิน มีตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ "ภ.ป.ร." และตัวเลข "๕๐๐" มองเห็นเป็นหลายมิติจะเปลี่ยนสีและสะท้อนแสงวาววับเมื่อพลิกธนบัตรไปมา ตัวเลขแฝง "500" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง ซ่อนในลายประดิษฐ์ มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหากึ่งกลางของธนบัตร ตัวเลข "500" บริเวณมุมขวาบน พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษ มองเห็นเป็นสีเขียว เมื่อพลิกขอบล่างธนบัตรขึ้นจะเห็นเป็นสีม่วง ลายรูปดอกพุดตาน พิมพ์แยกไว้บนด้านหลังและด้านหน้า เมื่อยกส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นรูปดอกพุดตานที่สมบูรณ์

2.1.2.7 ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์) ลายพื้นสีเขียวเบื้องหลังพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเรืองแสง หมวดอักษรและเลขหมายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสงมีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

2.1.2.8 วันประกาศออกใช้ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 เริ่มจ่ายแลกวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2544

2.1.3 ธนบัตรชนิดราคา 100 บาท แบบ 15 (ปรับปรุง)

รูปที่ 2.3 ธนบัตรชนิดราคา 100 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

2.1.3.2 ภาพประธานด้านหลัง ภาพพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวในฉลองพระองค์เต็มยศทหารเรือ บริเวณตอนล่างของพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มีลายประดิษฐ์ และลายไทยสีแดงเข้ม ได้ลายไทยมีข้อความว่า "โทษฐานปลอมหรือแปลงธนบัตร คือ จำคุกตลอดชีวิต หรือจำคุกอย่างสูงยี่สิบปี และปรับอย่างสูงสี่หมื่นบาท"ขนาดเล็กพิมพ์ด้วยหมึกสีแดงเข้ม อ่านได้โดยใช้แว่นขยาย ตอนกลางเบื้องซ้าย มีภาพพระราชกรณียกิจเกี่ยวกับการเลิกทาส

2.1.3.3 ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายประจำยาม ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

2.1.3.4 เส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวยืน เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

2.1.3.5 ขนาด กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 15.0 เซนติเมตร

2.1.3.6 แถบฟอยล์สีเงิน มีพระราชลัญจกรประจำพระองค์รัชกาลที่ ๙ ตัวเลข "๑๐๐" และ "100" มองเห็นเป็นหลายมิติ จะเปลี่ยนสี และสะท้อนแสงวาววับเมื่อพลิกธนบัตรไปมา ตัวเลขแฝง "100" บริเวณมุมล่างซ้าย ซ่อนในลายไทย มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหากึ่งกลางของธนบัตร ตัวเลข "100" พิมพ์แยกไว้บนด้านหน้า และด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรด้านหน้าส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นตัวเลข "100" ที่สมบูรณ์

2.1.3.7 ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์) ลายพื้นสีส้มและสีเขียว พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเรืองแสงเป็นสีส้มและสีเขียว หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

2.1.3.8 วันประกาศออกใช้ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2548 เริ่มจ่ายแลก วันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ธนบัตรชนิดราคา 50 บาท แบบ 15 (ปรับปรุง)

รูปที่ 2.4 ธนบัตรชนิดราคา 50 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง

2.1.4.1 ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

2.1.4.2 ภาพประธานด้านหลัง พระบรมราชานุสาวรีย์ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

2.1.4.3 ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายดอกลอย ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

2.1.4.4 เส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวขึ้น เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษร "50 BAHT" ทั้งสองด้าน

2.1.4.5 ขนาด กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 14.4 เซนติเมตร

2.1.4.6 ลักษณะพิเศษ ตัวเลขแฝง "50" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง ซ่อนในลายประดิษฐ์ มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหากึ่งกลางของธนบัตร ตัวเลข "50" บริเวณเบื้องซ้ายตอนล่างภายในรูปวงกลมสีขาว พิมพ์แยกไว้บนด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรด้านหน้าส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นเป็นตัวเลข "50" ที่สมบูรณ์

2.1.4.7 ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์) ลายพื้นสีเหลือง พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเรืองแสงเป็นสีเหลืองหมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดงและสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

2.1.4.8 วันประกาศออกใช้ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่19 มีนาคม พ.ศ. 2547 เริ่มจ่ายแลก วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ธนบัตรชนิดราคา 20 บาท แบบ 15

รูปที่ 2.5 ธนบัตรชนิดราคา 20 บาท แบบ 15 ด้านหน้าและด้านหลัง

2.1.5.1 ภาพประธานด้านหน้า พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

2.1.5.2 ภาพประธานด้านหลัง พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระปรเมนทรมหาอานันทมหิดล พระอัฐมรามาธิบดินทร ซ้อนทับบนภาพสะพานพระราม 8 ตอนกลางเบื้องซ้ายเป็นภาพพระราชกรณียกิจเมื่อครั้งเสด็จพระราชดำเนินเยี่ยมราษฎรที่สำเพ็ง มุมบนด้านซ้ายมีพระราชลัญจกรประจำพระองค์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 8

2.1.5.3 ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายดอกจอก ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษเส้นใยสีโลหะ ฝังในเนื้อกระดาษตามแนวยืน เมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

2.1.5.4 ขนาด กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 13.8 เซนติเมตร

2.1.5.5 ลักษณะพิเศษ ตัวเลขแฝง "20" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง โดยซ่อนในลายประดิษฐ์ มองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหากึ่งกลางของธนบัตร ตัวเลข "20" บริเวณด้านหน้าเบื้องซ้ายในวงกลม พิมพ์แยกส่วนไว้บนด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อยกธนบัตรด้านหน้าส่องดูกับแสงสว่างจะเห็น เป็นตัวเลข "20" ที่สมบูรณ์

2.1.5.6 ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์) ลายพื้นสีเหลือง พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษจะเรืองแสงเป็นสีเหลือง หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสงมีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดงและสีเหลือง ในเนื้อกระดาษ

2.1.5.7 วันประกาศออกใช้ ประกาศออกใช้ เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 เริ่มจ่ายแลกวันที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 (Microcontroller PIC16F877)

PIC 16F877 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC (Peripheral Interface Controller) ของไมโครชิพเทคโนโลยี (Microchip Technology) ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นแบบแฟลช (Flash) ซึ่งมีหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบด้วยสัญญาณไฟฟ้านับพันครั้ง อีกทั้งสามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาสูงได้ เช่น ภาษาเบสิก หรือภาษาซี เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ จัดอยู่ในกลุ่มของไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC (Reduce Instruction Set Computer) มีชุดคำสั่งเพียง 35 คำสั่งพื้นฐานเท่านั้น และทุกคำสั่งสามารถทำงานให้เสร็จสิ้นด้วยการใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียว ทำงานในลักษณะไปป์ไลน์ (Pipe Line) เหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์สมัยใหม่

2.2.1 คุณสมบัติทั่ว ๆ ไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

2.2.1.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายใน PIC16F877

1) หน่วยประมวลผลกลางเป็นแบบ RISC
2) สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz
3) ประมวลผลข้อมูลขนาด 8 บิต
4) มีคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
5) มีรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ 15 ตัว
6) มีสแต็ก 8 ระดับ
7) โหมดการอ้างอิงแอดเดรส 3 โหมดคือ แบบโดยตรง (Direct), แบบโดยอ้อม (Indirect) และแบบสัมพัทธ์ (Relative)
8) มีแหล่งกำเนิดการขัดจังหวะ 14 แหล่ง
9) หน่วยความจำข้อมูล (Data memory) เป็นแบบอีอีพรอมสามารถลบ และเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้นาน 40 ปี
10) ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นแบบแฟลชมีขนาด 8 กิโลเวิร์ด
11) หน่วยความจำอีอีพรอมภายใน 256 ไบต์
12) หน่วยความจำแรม 368 ไบต์ ซึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 คุณสมบัติทางเทคนิคใน PIC16F877

1) มีขาอินพุต เอาต์พุต 22 ขาสามารถกำหนดเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้อย่างอิสระ

2) กระแสซิงก์ / ซอร์สของแต่ละขาอินพุต ซึ่งสูงพอที่จะขับ LED ได้โดยตรง

3) กระแสซิงก์และซอร์ส สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ ต่อขา

2.2.1.3 คุณสมบัติอื่น ๆ

1) มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว (POR: Power-on Reset)

2) มีเพาเวอร์อัพไทเมอร์ในตัว (PWRT: Power-up Timer)

3) มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัพไทเมอร์ (OST: Oscillator Start-up Timer)

4) มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT: Watch Dog-timer) พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วยให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีความแน่นอนยิ่งขึ้น

5) ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

6) มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป (Sleep mode)

7) สามารถเลือกวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้

8) การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา

9) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีมอสแฟลช / อีอีพรอม ความเร็วสูง พลังงานต่ำ

ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า

ก) กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 2 มิลลิแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง +5 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz

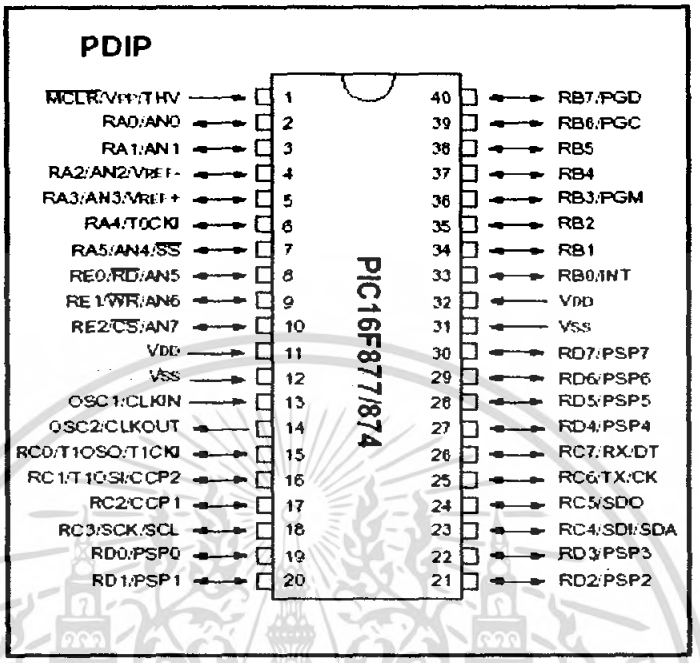
ข) กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 2 ไมโครแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง +3 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 kHz

ค) กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 1 ไมโครแอมป์ ขณะสแตนด์บาย

10) อุณหภูมิ CPU ขณะเริ่มใช้งาน 34 องศาหลังจากใช้ผ่านไประยะหนึ่ง 38-39 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างภายนอก



รูปที่ 2.6 การจัดขาของ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 บรรจุอยู่ในตัว PDIP (Plastic Dual – In Line package) ซึ่งมีลักษณะเดียวกับไอซีแบบดีนตะขาบที่พบเห็นโดยทั่วไป มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถจัดขาต่อใช้งานของ PIC16F877 เป็น 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มสัญญาณนาฬิกา มี 2 ขา คือ OSC1 / CLKIN (ขา 13) และ OSC 2 / CLKOUT (ขา 14)

2. กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขาคือ MCLR (ขา 1)

3. กลุ่มขาพอร์ตอินพุต-เอาต์พุต มี 33 ขา แบ่งเป็นขาพอร์ตเอ 6 ขา ได้แก่ RA0 – RA5 ขาพอร์ตบีได้แก่ ขา RB0 – RB7 พอร์ตซี ได้แก่ RC0-RC7 พอร์ตดี ได้แก่ RD0 – RD7 และพอร์ตอี ได้แก่ RE0 – RE2

4. กลุ่มขาไฟเลี้ยง มี 2 ขา คือ ขา V_{SS} (ขา12, 31) หรือขากราวด์ และขา V_{DD} (ขา 11, 32) หรือขาไฟเลี้ยง +5 V

สำหรับรายละเอียดโดยสรุปของขาต่อใช้งานทั้งหมดแสดงในตารางที่ 1.1 และ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F877

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS(4)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	2	18	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer counter. Output is open drain type.
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Interrupt on change pin.
RB5	38	42	15	I/O	TTL	Interrupt on change pin.
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin Serial programming clock.
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin Serial programming data.

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

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F877 (ต่อ)

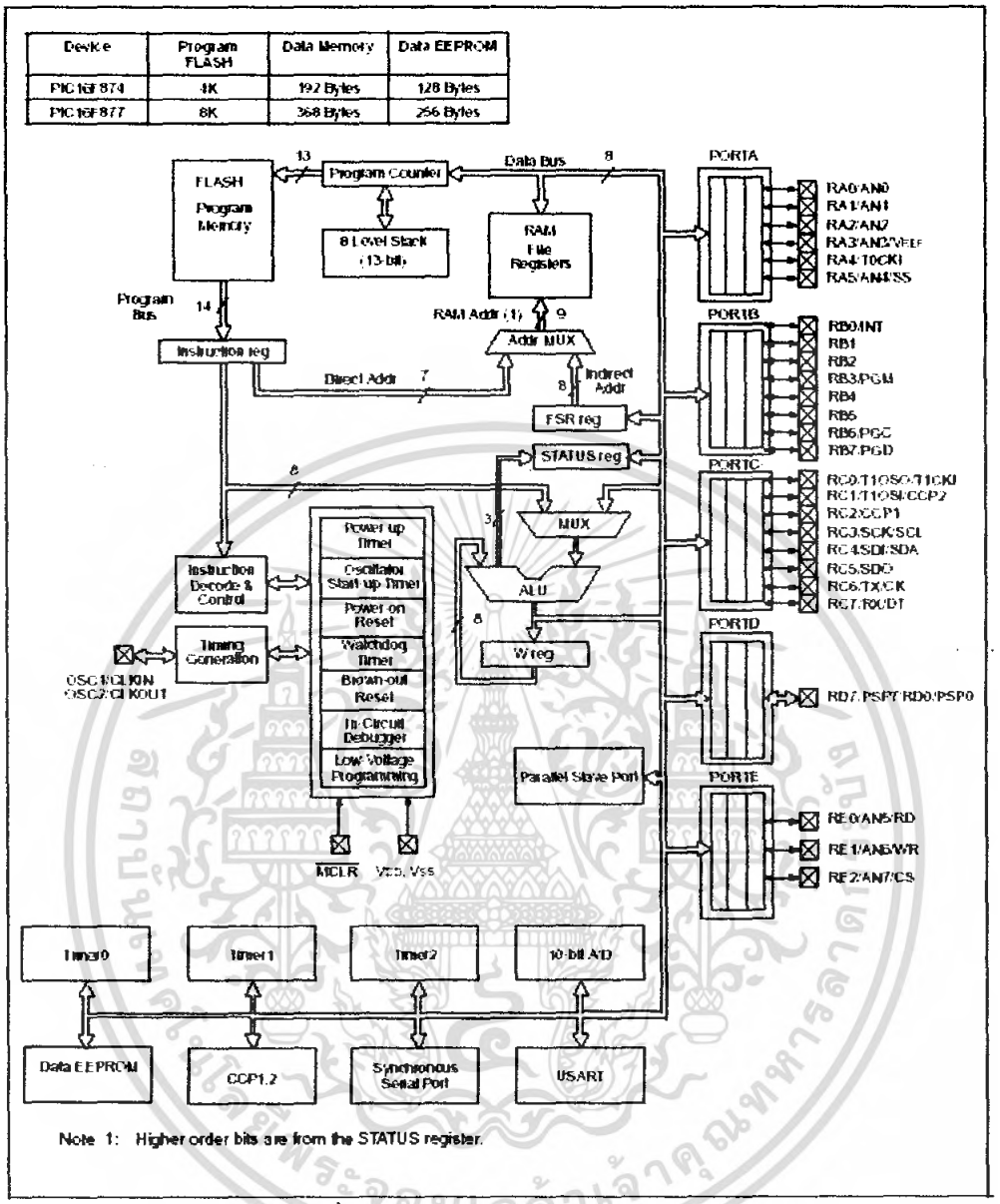
Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
						PORTC is a bi-directional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/ PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/ output for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
						PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL(3)	
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL(3)	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL(3)	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL(3)	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL(3)	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL(3)	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL(3)	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL(3)	
						PORTE is a bi-directional I/O port.
RE0/RD/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL(3)	RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.
RE1/WR/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL(3)	RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.
RE2/CS/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL(3)	RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
VSS	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28, 40	12,13, 33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

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

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 สถาปัตยกรรมภายในของ PIC 16F877



รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมภายในของ PIC 16F87

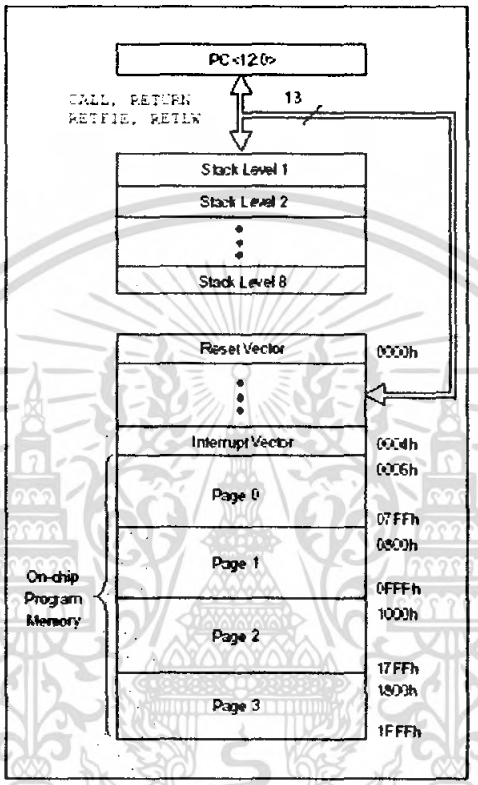
2.2.3.1 การจัดหน่วยความจำของ PIC16F877

การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877 ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำส่วนของ EEPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) หน่วยความจำโปรแกรม มีโครงสร้างเป็นหน่วยความจำแบบแฟลชมีขนาด 8 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เวิร์ดของ PIC16F877 มีขนาด 14 บิต

PIC 16F877 มี Program Counter (PC) ขนาด 13 บิต ที่สามารถอ้างตำแหน่งหน่วยความจำได้ 8Kx14 ตำแหน่ง โดยมีตำแหน่ง Reset Vector อยู่ที่ 0000h และ Interrupt vector ที่ 0004 h และมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.8 ซึ่งจากภาพจะเห็นว่า PIC 16F877 มีความลึกของ Stack 8 ระดับ

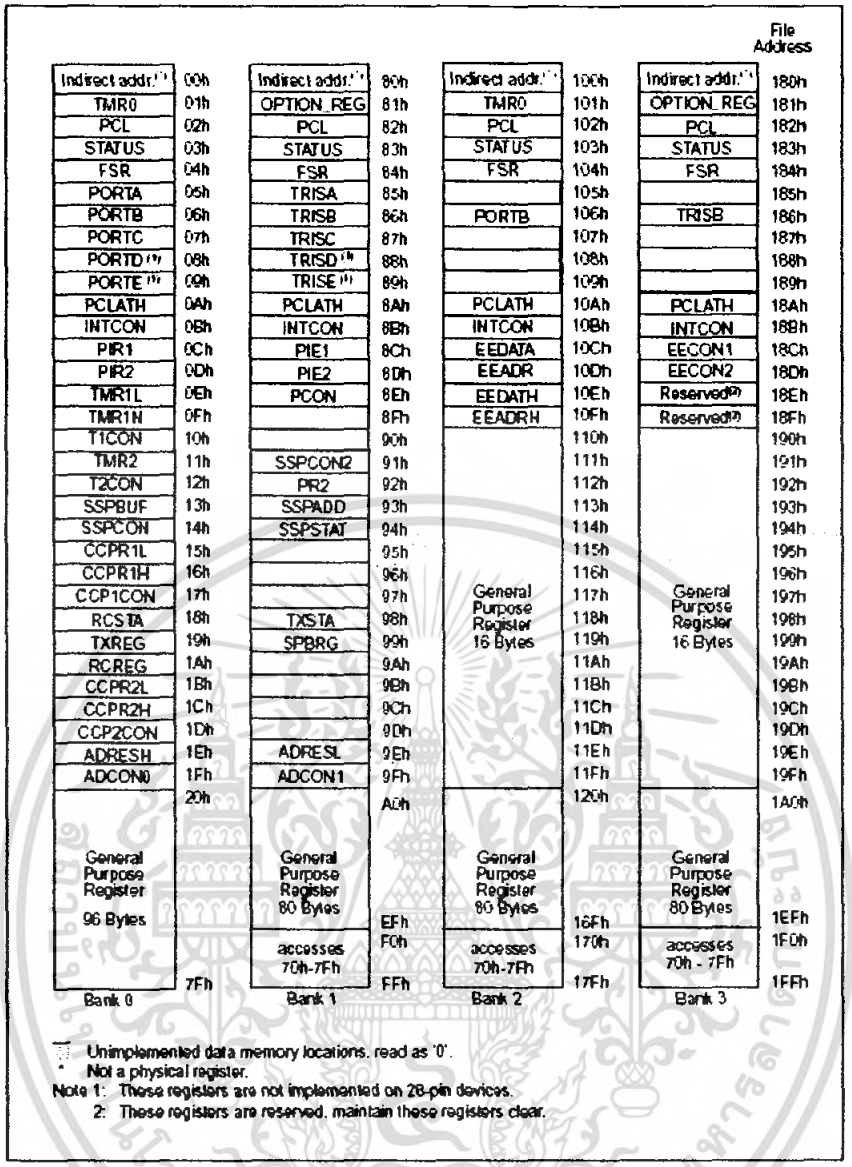


รูปที่ 2.8 หน่วยความจำโปรแกรมและสแต็กของ PIC16F877

2.2.3.2 หน่วยความจำข้อมูล หน่วยความจำข้อมูลเป็นหน่วยความจำแบบอีอีพรอมขนาด 128 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 BANK ซึ่งเป็นที่อยู่ของ General Purpose Register และ Special Function Register เราสามารถเปลี่ยน BANK ได้โดยการเลือกที่บิต PR0 และ PR1 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RP1 , RP0 (Status <6:5>)



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งรีจีสเตอร์ไฟล์ของ PIC 16F877

RP1 =0, RP0 =0 เป็น BANK 0

RP1 =0, RP0 =1 เป็น BANK 1

RP1 =1, RP0 =0 เป็น BANK 2

RP1 =1, RP0 =1 เป็น BANK 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แต่ละ BANK มีถึง 128 Bytes และส่วนต้นของแต่ละ BANK จะเป็นที่อยู่ของ Special Function Register ซึ่งถูกใช้เหมือน RAM ทั่วๆ ไป รีจีสเตอร์ได้รับการนำมารวมไว้มีชื่อว่า รีจีสเตอร์ไฟล์ (Register file) มีขนาด 8 บิต เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.9 จะพบว่าใน PIC16F877 มีรีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ 32 ตัว ที่ถูกกำหนดหน้าที่และตำแหน่งไว้แล้ว และอีก 96 ตัว จะได้รับการกำหนดให้ใช้งานอย่างอิสระ

1) รีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (General Purpose Register)

การเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลสามารถทำได้โดยตรง (DIRECT) โดยกำหนดแฟ้มข้อมูลที่เก็บรีจีสเตอร์นั้น ๆ หรือโดยอ้อม (INDIRECT) โดยผ่านทางรีจีสเตอร์เลือกแฟ้มข้อมูล FSR (File Select Register)

2) รีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ (Special Function Register)

ใน PIC16F877 มีรีจีสเตอร์ควบคุมที่มีบทบาทสำคัญอยู่ 6 ตัว คือ STATUS, OPTION, INTCON, PCL, PCLATH และ W ซึ่งจะได้ทำการอธิบายตามลำดับดังนี้

ก) รีจีสเตอร์สถานะ (STATUS REGISTER)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้แสดงสถานะทางคณิตศาสตร์ของ ALU, สถานะ การทำงานของ PIC16F877 และใช้เป็นตัวกำหนดการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูล การเข้าถึงรีจีสเตอร์ STATUS เพื่ออ่านและเขียนข้อมูลสามารถกระทำได้ด้วยวิธีการเดียวกับการอ่านและเขียนรีจีสเตอร์ตัวอื่น ๆ และถ้าหากมีการกระทำคำสั่งเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และลอจิก บิต Z, DC และ C จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าตามผลการทำงานที่เกิดขึ้น โดยไม่คำนึงถึงค่าเดิมที่มีการเขียนหรือกำหนดก่อนหน้านี้

รีจีสเตอร์ STATUS มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 0 x 03 และ 0 x 83 ในหน่วยความจำข้อมูล

สำหรับความหมายและการกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ STATUS มีรายละเอียดตามรูปที่ 2.10 อย่างไรก็ตามในบางคำสั่งที่จัดการข้อมูลระดับบิตเช่น BTFSC จะไม่มีผลต่อคำของรีจีสเตอร์ STATUS เช่นเดียวกับคำสั่ง BSF, BCF, SWAPF และ MOVWF ซึ่งเมื่อกระทำด้วยตัวดังกล่าวแล้ว บิตที่ใช้แสดงสถานะจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

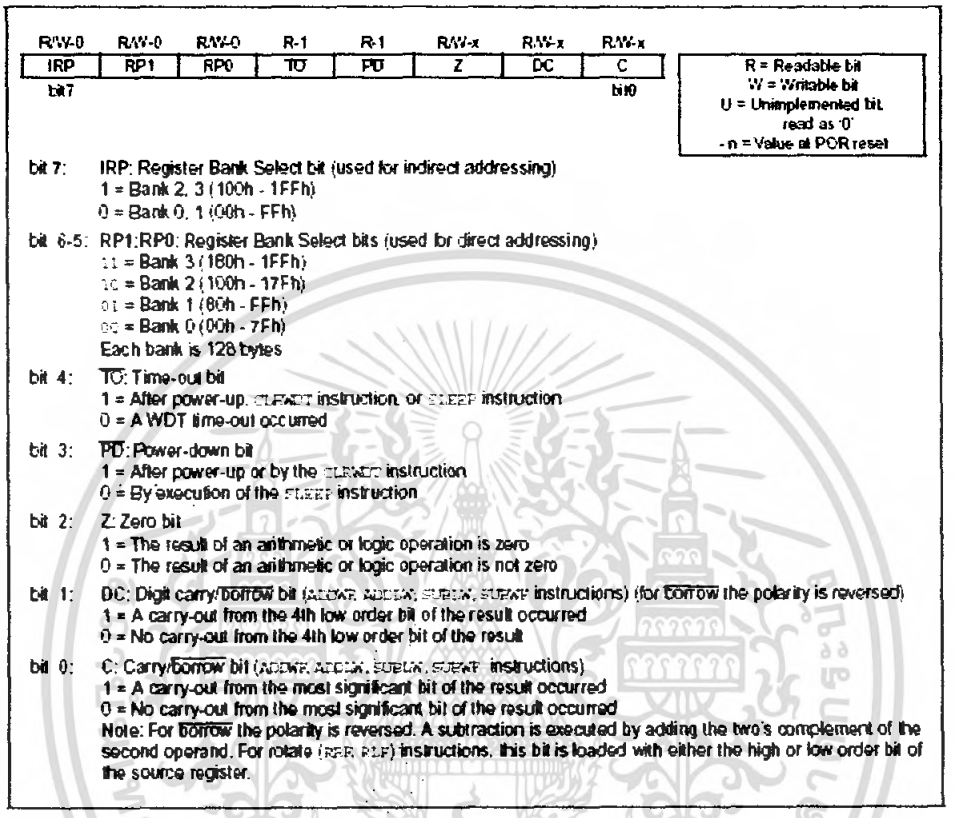
ข) รีจีสเตอร์ OPTION

เป็นรีจีสเตอร์ที่บรรจุบิตควบคุมการการขัดจังหวะจากสัญญาณภายนอกปรีสเกลเลอร์ของ TMRO/WDT การพูลอัพที่ขาของพอร์ต B และควบคุมการทำงานของ TMR0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 0081H สำหรับรายละเอียดของรีจีสเตอร์ OPTION ในแต่ละบิตแสดงดังรูปที่ 2.11

82459
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) รีจีสเตอร์ INTCON

เป็นรีจีสเตอร์ที่เก็บค่าบิตของการอีนาเบิลสัญญาณอินเตอรัปต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x0BH มีบทบาทสำคัญมากในเรื่องการการขัดจังหวะ สำหรับรายละเอียดของรีจีสเตอร์ INTCON ในแต่ละบิตแสดงใน รูปที่ 2.12



R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
bit7							bit0

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

bit 7: IRP: Register Bank Select bit (used for indirect addressing)
1 = Bank 2, 3 (100h - 1FFh)
0 = Bank 0, 1 (00h - FFh)

bit 6-5: RP1:RP0: Register Bank Select bits (used for direct addressing)
11 = Bank 3 (180h - 1FFh)
10 = Bank 2 (100h - 17Fh)
01 = Bank 1 (80h - FFh)
00 = Bank 0 (00h - 7Fh)
Each bank is 128 bytes

bit 4: TO: Time-out bit
1 = After power-up, CLRWDT instruction, or SLEEP instruction
0 = A WDT time-out occurred

bit 3: PD: Power-down bit
1 = After power-up or by the CLRWDT instruction
0 = By execution of the SLEEP instruction

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

bit 1: DC: Digit carry/borrow bit (ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF instructions) (for borrow the polarity is reversed)
1 = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
0 = No carry-out from the 4th low order bit of the result

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

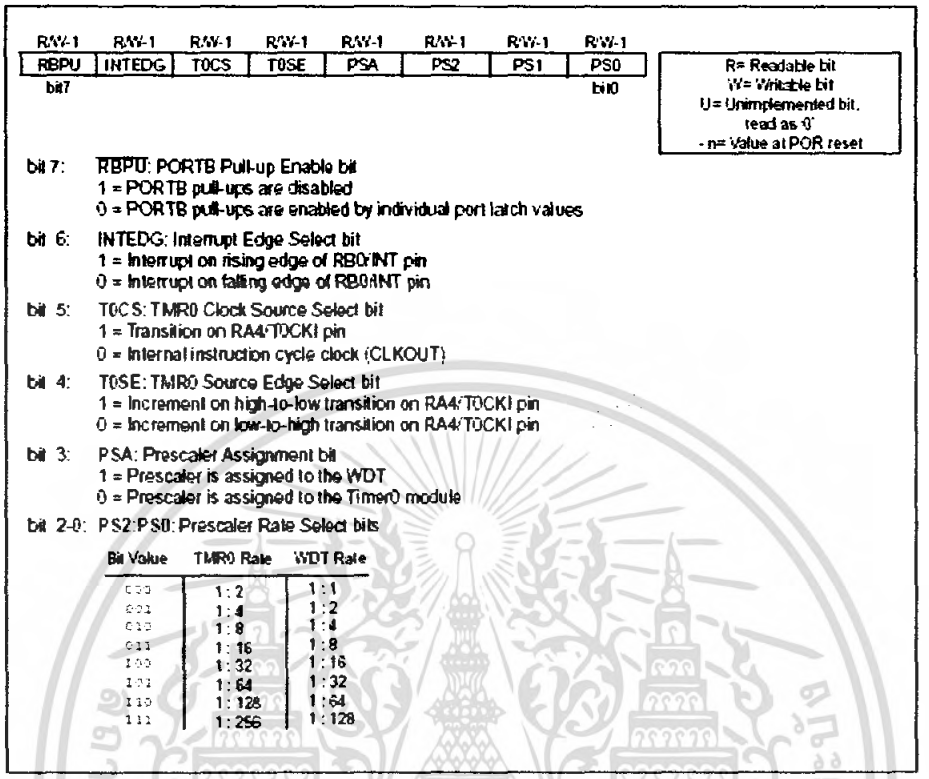
รูปที่ 2.10 รีจิสเตอร์สถานะ (ตำแหน่ง 03H, 83H, 103H, 183H)

ง) รีจีสเตอร์โปรแกรมเคาน์เตอร์ PCL และ PCLATH

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PROGRAM COUNTER: PC) เป็นรีจีสเตอร์ที่มีหน้าที่ชี้ตำแหน่งแอดเดรสต่อไปของหน่วยความจำโปรแกรมที่ซีพียูจะต้องไปทำงานโปรแกรมเคาน์เตอร์หรือ PC ใน PIC16F877 มีขนาด 13 บิต แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ รีจีสเตอร์โปรแกรมเคาน์เตอร์ไบต์ต่ำหรือ PCL (Program counter low byte) ซึ่งในส่วนนี้มีขนาด 8 บิต สามารถอ่านและเขียนค่าได้โดยตรง ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งมีขนาด 5 บิต ไม่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลได้โดยตรง ต้องอาศัยการเขียนและอ่านค่าผ่านรีจีสเตอร์ PCLATH โดย รีจีสเตอร์ PCLATH จะทำการเก็บค่าของ 5 บิตบนโปรแกรมเคาน์เตอร์ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ่ายทอดลงสู่ 5 บิตบนของโปรแกรมเคาน์เตอร์ไบต์สูง (PCH) ก็ต่อเมื่อโปรแกรมเคาน์เตอร์มีการโหลดค่าใหม่เข้ามา ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อกระทำคำสั่ง CALL หรือ GOTO



R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit7							bit0

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

bit 7: RBPU: PORTB Pull-up Enable bit
1 = PORTB pull-ups are disabled
0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values

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

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

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

bit 3: PSA: Prescaler Assignment bit
1 = Prescaler is assigned to the WDT
0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module

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

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

รูปที่ 2.11 OPTION Register (Address 81h, 181h)

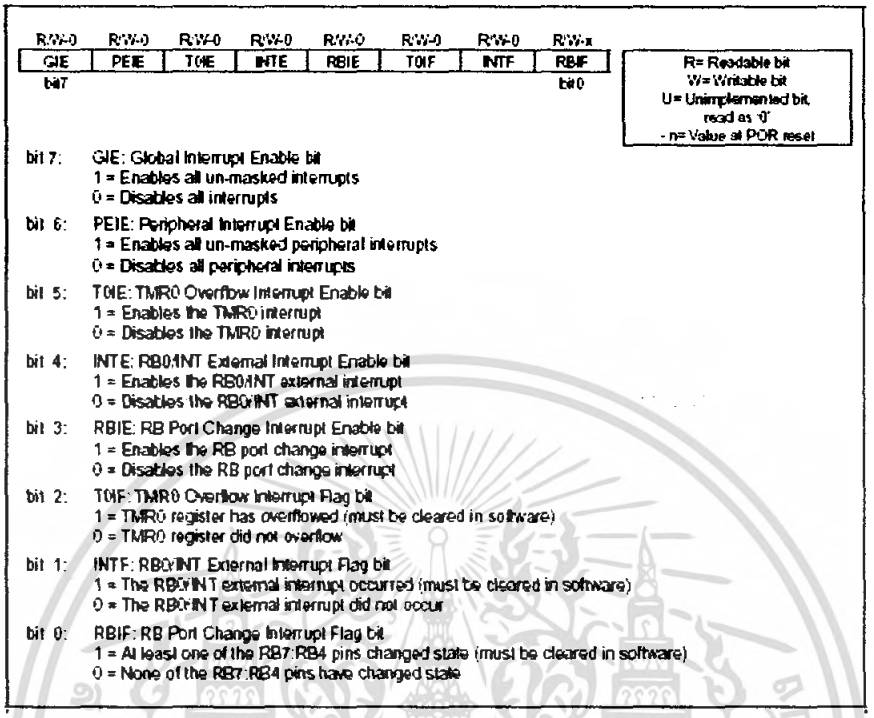
จ) สแต็ก (Stack)

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ได้จัดสรรสแต็กหรือพื้นที่ในหน่วยความจำ เพื่อใช้ในการเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ชั่วคราวไว้ 8 ระดับ ในแต่ละระดับมีขนาด 13 บิต ถ้ามีการใช้คำสั่ง CALL 1 ครั้งสแต็กจะทำการเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ไว้ 1 ค่า สแต็กใน PIC16F877 จะรองรับได้ 8 ครั้งต่อเนื่องกันหากมีการพุชเป็นครั้งที่ 9 ซีพียูจะนำค่าของ PC ในครั้งที่ 9 นี้เก็บลงในสแต็กที่เก็บค่า PC ในครั้งที่ 1

การพุช (Push) หมายถึงการที่ซีพียูกระทำคำสั่งตามลำดับปกติแล้วไปพบคำสั่ง CALL หรือเกิดการการขัดจังหวะ ก่อนที่ซีพียูจะกระโดดไปซีพียูจะทำการเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ในขณะนั้นไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว ซึ่งหน่วยความจำชั่วคราวดังกล่าวนั่นก็คือ สแต็กเมื่อซีพียูกระทำคำสั่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยที่กระโดดไปเรียบร้อยแล้วซีพียูจะกลับไปอ่านค่าโปรแกรมเคาน์เตอร์ที่เก็บไว้ในสแต็ก แล้วกลับมากระทำคำสั่งในแอดเดรสต่อไป



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

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

bit 7: GIE: Global Interrupt Enable bit
1 = Enables all un-masked interrupts
0 = Disables all interrupts

bit 6: PEIE: Peripheral Interrupt Enable bit
1 = Enables all un-masked peripheral interrupts
0 = Disables all peripheral interrupts

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

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

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

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

bit 1: INTF: RB0/INT External Interrupt Flag bit
1 = The RB0/INT external interrupt occurred (must be cleared in software)
0 = The RB0/INT external interrupt did not occur

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

รูปที่ 2.12 INTCON Register (Address 0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh)

ฉ) รีจีสเตอร์ W

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการทำงานหลักอยู่ตัวหนึ่งคือรีจีสเตอร์ W หากเปรียบเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ๆ รีจีสเตอร์ W เทียบได้กับแอกคิวมูเลเตอร์ เมื่อ PIC16F877 กระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์รีจีสเตอร์ W จะเป็นรีจีสเตอร์ที่ซีพียูติดต่อด้วย การโอนข้อมูลหรือการตรวจสอบข้อมูลจะกระทำที่รีจีสเตอร์ W นี้เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของรีจีสเตอร์ไฟล์

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)
Bank 2											
100h(4)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								xxxx xxxx	xxxx xxxx
101h	TMR0	Timer0 module's register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
102h(4)	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000
103h(4)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
104h(4)	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxx xxxx	uuuu uuuu
105h	—	Unimplemented								—	—
106h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								xxxx xxxx	uuuu uuuu
107h	—	Unimplemented								—	—
108h	—	Unimplemented								—	—
109h	—	Unimplemented								—	—
10Ah(1,4)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000
10Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
10Ch	EEDATA	EEPROM data register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10Dh	EEADR	EEPROM address register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10Eh	EEDATH	—	—	EEPROM data register high byte						xxxx xxxx	uuuu uuuu
10Fh	EEADRH	—	—	—	EEPROM address register high byte					xxxx xxxx	uuuu uuuu
Bank 3											
180h(4)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000
181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111
182h(4)	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000
183h(4)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
184h(4)	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxx xxxx	uuuu uuuu
185h	—	Unimplemented								—	—
186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
187h	—	Unimplemented								—	—
188h	—	Unimplemented								—	—
189h	—	Unimplemented								—	—
18Ah(1,4)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000
18Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
18Ch	EECON1	EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD	x--- x000	u--- u000
18Dh	EECON2	EEPROM control register2 (not a physical register)								--- ---	--- ---
18Eh	—	Reserved maintain clear								0000 0000	0000 0000
18Fh	—	Reserved maintain clear								0000 0000	0000 0000

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

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.

2: Other (non power-up) resets include external reset through MCLR and Watchdog Timer Reset.

3: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the 28-pin devices, always maintain these bits clear.

4: These registers can be addressed from any bank.

5: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on the 28-pin devices, read as '0'.

6: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices, always maintain these bits clear.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของรีจีสเตอร์ไฟล์ (ต่อ)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)
Bank 1											
80h(4)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								xxxx xxxx	xxxx xxxx
81h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111
82h(4)	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000
83h(4)	STATUS	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C	0001 1xxx	q[q] quuu
84h(4)	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxx xxxx	uuuu uuuu
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
88h(5)	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
89h(5)	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111
8Ah(1,4)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000
8Bh(4)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
8Ch	PIE1	PSPIE(3)	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
8Dh	PIE2	—	(6)	—	EEIE	BCLIE	—	—	CCP2IE	-0-0 0--0	-0-0 0--0
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	POR	BOR	---- --qq	---- --uu
8Fh	—	Unimplemented								—	—
90h	—	Unimplemented								—	—
91h	SSPCON2	GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0000 0000	0000 0000
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	1111 1111
93h	SSPADD	Synchronous Serial Port (I²C mode) Address Register								0000 0000	0000 0000
94h	SSPSTAT	SMP	CKE	D/A	P	S	R/W	UA	BF	0000 0000	0000 0000
95h	—	Unimplemented								—	—
96h	—	Unimplemented								—	—
97h	—	Unimplemented								—	—
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000
9Ah	—	Unimplemented								—	—
9Bh	—	Unimplemented								—	—
9Ch	—	Unimplemented								—	—
9Dh	—	Unimplemented								—	—
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0--- 0000	0--- 0000

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

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.

2: Other (non power-up) resets include external reset through MCLR and Watchdog Timer Reset.

3: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the 28-pin devices, always maintain these bits clear.

4: These registers can be addressed from any bank.

5: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on the 28-pin devices, read as '0'.

6: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices, always maintain these bits clear.

2.2.3.3 **หน่วยความจำที่เป็น EEPROM สามารถเก็บข้อมูลได้ 256 ตำแหน่ง (0x00 – 0xFF) วิธีการติดต่อโดยอ้อมผ่านรีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR) 6 ตัว คือ EEDATA, EEDATH, EEADR, EEADRH, EECON1, EECON2**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

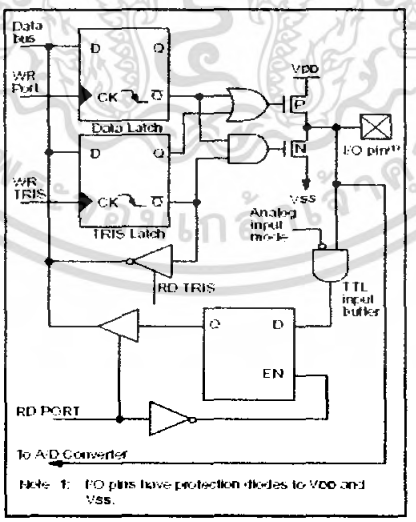
2.2.4 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

2.2.4.1 พอร์ตเอ ใน PIC16F877 (PORT A)

อินพุต/เอาต์พุตพอร์ตบางตัวของ PIC เป็นแบบมัลติเพล็กซึ่ง อาจเป็นทั้งอินพุต/เอาต์พุตหรือคุณสมบัติอื่น (เช่น A/D, Serial, IIC) ซึ่งเมื่อ ขาเหล่านี้ใช้งานในส่วน เพอริเฟอรัลก็จะไม่สามารถใช้งานในลักษณะของ อินพุต/เอาต์พุตได้

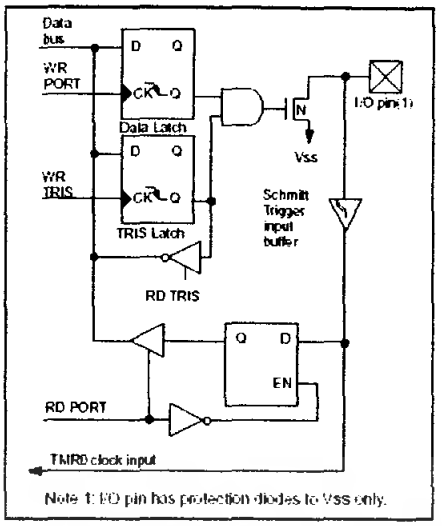
พอร์ตA มีขนาด 6 bit ซึ่งเป็น พอร์ต ที่เป็นได้ทั้ง อินพุต/เอาต์พุตโดยต้องเลือกแบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จากรีจีสเตอร์ที่มีชื่อว่า TRISA ซึ่งถ้า TRISA บิตถูกเซต เป็น '1' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็นอินพุต (ทำให้พอร์ตนั้นอยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูง) ส่วนถ้า TRISA บิตถูกเซตเป็น '0' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็จะทำงานเป็นเอาต์พุต (พอร์ตจะอยู่ในสถานะเอาต์พุตแลตช์) การอ่านค่าพอร์ต A รีจีสเตอร์คือการอ่านค่าสถานะขาพอร์ต A ในขณะนั้น ส่วนการเขียนค่าไปยัง พอร์ต A คือการเขียนไปยังแลตช์ของพอร์ต ลักษณะการเขียนจะเป็นแบบ Read-Modify-Write Operations ซึ่งหมายความว่า ในการเขียนไปยังพอร์ตจะเริ่มด้วยการ อ่านค่าพอร์ตนั้นมาก่อนแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่า จากนั้นก็ทำการเขียนกลับไปยังพอร์ตแลตช์อีกครั้งหนึ่ง

ขา RA4 จะมัลติเพล็กกับ Timer0 module clock input ซึ่งจะเรียกรวมๆ ว่า RA4/T0CKI โดยที่ขา RA4/T0CKI จะเป็นลักษณะอินพุตแบบชมิตทริกเกอร์ และเอาต์พุต แบบเดรนเปิดพอร์ต A ทั้งหมดจะมีอินพุตเป็น TTL และ มีเอาต์พุตแบบซีมอสส่วนพอร์ต A ขาอื่นๆ จะ มัลติเพล็กกับแอนะลอกอินพุต และ แรงดันอ้างอิงของ A/D อินพุตซึ่งการกำหนดการทำงานของแต่ละขา สามารถเลือกได้โดยเคลียร์หรือเซตบิตใน ADCON1 รีจีสเตอร์



รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมของ RA0-RA3 และ RA5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของ RA4/TOCKI

ในขณะที่เกิด Power-on Reset ขาเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอนะลอกอินพุต และจะอ่านค่าได้เป็น '0' จีสเตอร์ TRISA มีหน้าที่ควบคุมว่าขาพอร์ต A ใด ๆ จะเป็นอินพุต/เอาต์พุตในกรณีที่ใช้พอร์ต A เป็น อินพุตแอนะลอกรีจิสเตอร์ TRISA จะต้องถูกเซต

วิธีการ INITIALIZING พอร์ต A

```
BCF     STATUS, RP0
CLRF    PORTA       ; ทำการ clear output data ของ PORTA
BSF     STATUS, RP0 ; เลือก BANK1
MOVLW   0xCF        ; ใส่ค่าคงที่ลงใน W register
MOVWF   TRISA       ; กำหนดให้ PORTA 0-3 เป็น input, กำหนดให้ PORTA 4-5 เป็น
        output
```

วิธีการ INITIALIZING พอร์ต A ให้พอร์ต A เป็น ดิจิตอล อินพุต และเอาต์พุต

```
BSF     STATUS, RP0
MOVLW   0X06
MOVWF   ADCON1      ; ADCON1 = 9FH
BCF     STATUS, RP0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต A

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input
RA3/AN3/VREF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 Output is open drain type
RA5/SS/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input

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

ตารางที่ 2.6 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต A

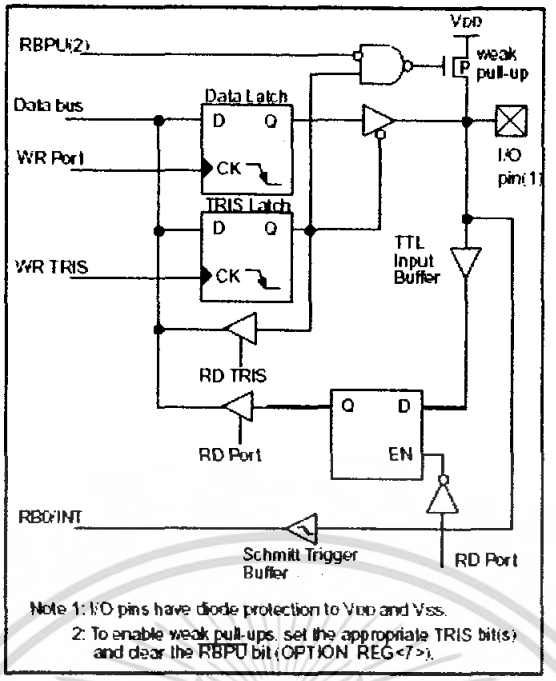
Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

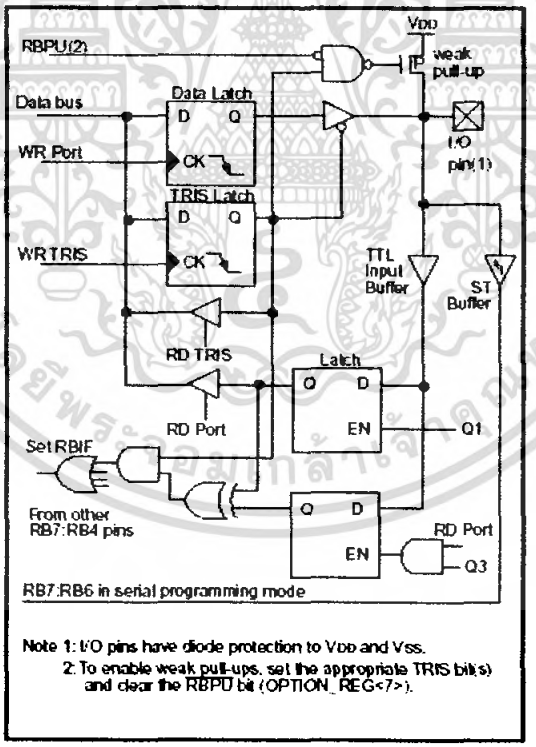
2.2.4.2 พอร์ตบี ใน PIC16F877 (PORT B)

พอร์ต B เป็นลักษณะพอร์ตแบบสองทิศทาง ซึ่งรีจีสเตอร์ที่จะเป็นตัวกำหนดว่าพอร์ตใดจะเป็นแบบอินพุต/เอาต์พุตจะถูกกำหนดโดยรีจีสเตอร์ TRISB ถ้าเซตบิตของ TRISB ใด (=1) พอร์ต B ที่บิตนั้นก็จะเป็นอินพุตถ้าเคลียร์บิต TRISBใด (=0) พอร์ต B ที่บิตนั้นก็จะเป็นเอาต์พุตขาสามขาของพอร์ต B จะ มัลติเพล็กกับ ฟังก์ชันการโปรแกรมด้วยแรงดันต่ำซึ่งได้แก่ RB3/PGM, RB6/PGC และ RB7/PGD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมของ RB0-RB3



รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของ RB4 - RB7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ INITIALIZING พอร์ต B

```
BCF     STATUS, RP0  ; ทำการ Initialize PORTB โดยทำการ clear output
                     ; data latchs
CLRF    PORTB
BSF     STATUS, RP0  ; ทำการเลือกไปยัง Bank1
MOVLW   0xCF         ; โหลดค่าที่ต้องการ set
MOVWF   TRISB        ; Set PORTB0-3 เป็น inputs, Set PORTB4-5 เป็น
                     ; outputs, Set PORTB6-7 เป็น inputs
```

พอร์ต B แต่ละพอร์ตจะมีวงจรพูลอัพอยู่ภายใน (ถ้าต้องการพูลอัพ ต้องต่อวงจรภายนอก) เราสามารถกำหนดว่าจะใช้ พูลอัพภายในหรือไม่จากการเซต หรือเคลียร์ RBPU\ (OPTION รีจีสเตอร์บิต 7) โดยถ้าเราเคลียร์ RBPU\ จะหมายถึง เราทำการยกเลิกการพูลอัพภายใน และถ้าเรากำหนดให้พอร์ต B เป็น เอาต์พุตแล้วการพูลอัพจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ

สำหรับพอร์ต B นั้น ขา RB4-RB7 จะมีลักษณะเพิ่มเติมก็คือ การกำหนดให้เกิดการขัดจังหวะเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะของสัญญาณไฟฟ้าที่ขา RB4-RB7 (โดยถ้าขาใดขาหนึ่งเกิดเปลี่ยนสถานะก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการการขัดจังหวะขึ้น ซึ่งจะทำให้ RBIF (INTCON.0) แฟลกถูกเซตโดยที่ การขัดจังหวะ ประเภทนี้สามารถทำการเปลี่ยนสถานะจากสถานะสลีปโหมดได้

RBIF จะถูกเคลียร์ได้ 2 กรณี คือ

1) ทำการอ่านหรือเขียนพอร์ต B

2) ทำการเคลียร์ RBIF แฟลกโดยตรง

หากเราใช้ การการขัดจังหวะพอร์ต B แล้วไม่ควรจะพูลอัพ พอร์ต B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต B

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST(1)	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

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

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

ตารางที่ 2.8 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต B

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
06h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

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

2.2.4.3 พอร์ต C ใน PIC16F877 (PORT C)

พอร์ต C เป็นลักษณะแบบพอร์ตแบบสองทิศทาง ซึ่งรีจีสเตอร์ที่จะเป็นตัวกำหนดว่าพอร์ตใดจะเป็นแบบ อินพุต/เอาต์พุตจะถูกกำหนดโดยรีจีสเตอร์ TRISC ถ้าเซตบิต TRISC ใด (=1) พอร์ต C ที่บิตนั้นก็จะเป็นอินพุต ถ้าเคลียร์บิต TRISC ใด (=0) พอร์ต C ที่บิตนั้นก็จะเป็นเอาต์พุตที่ พอร์ต C จะมีคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น IIC, USART, SPI, PWM, CAPTURE ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน โดยเมื่อเราทำการอินาเบิล

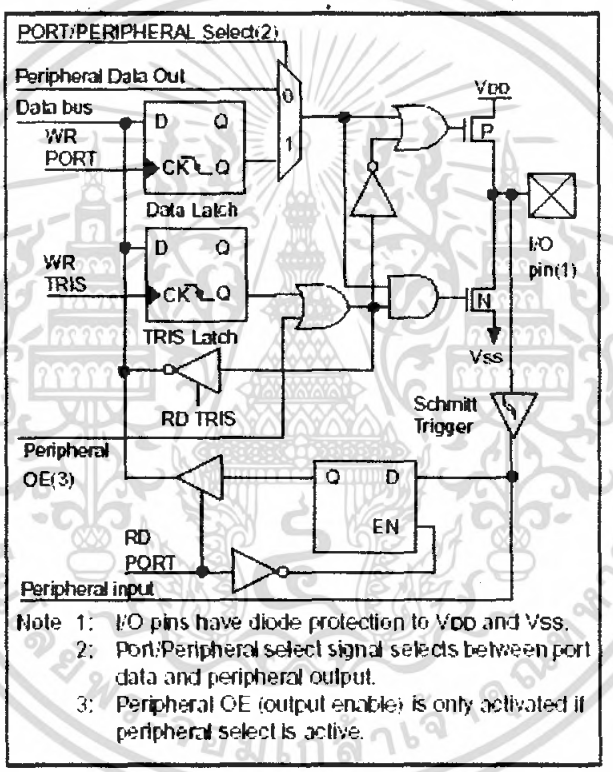
คุณสมบัติเพิ่มเติมต่างๆ ที่พอร์ต C เราต้องระวังในเรื่องของการตั้งค่า TRISC ของแต่ละขาของพอร์ต C เพราะในการอินาเบิลคุณสมบัติบางตัวที่อยู่ที่ พอร์ต C (เช่น UART) ตัวมันเองก็จะทำการเปลี่ยนบิต TRISC โดยอัตโนมัติ ดังนั้นไม่ควรที่จะตั้งค่า TRISC โดยตรงกับขาใดของพอร์ต C ที่ทำการอินาเบิล คุณสมบัติเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ INITIALIZING พอร์ต C

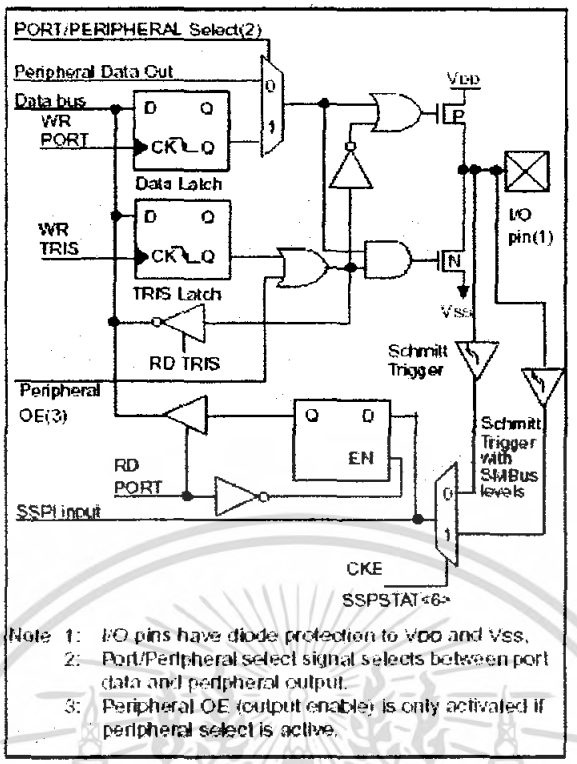
```
BCF     STATUS, RP0  ; ทำการ Initialize PORTC โดยทำการ clear output data latchs
CLRF    PORTC
BSF     STATUS, RP0  ; ทำการเลือกไปยัง Bank1
MOVLW   0xCF         ; โหลดค่าที่ต้องการ set
MOVWF   TRISB        ; Set PORTC0-3 เป็น inputs, Set PORTC4-5 เป็น outputs, Set
                     ; PORTC6-7 เป็น inputs
```

พอร์ต C แต่ละพอร์ต จะชมิตทริกเกอร์อินพุตอยู่ภายในแต่ละขา



รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของ RC0-RC2 และ RC5-RC7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของ RC3-RC4

ลักษณะโครงสร้างของพอร์ตจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ พอร์ต C 0-2, 5-7 และอีกกลุ่มหนึ่งก็คือ พอร์ต C 3-4

ตารางที่ 2.9 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต C

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output/Timer1 clock input
RC1/T1OSI/CCP2	bit1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input or Capture2 input/ Compare2 output/PWM2 output
RC2/CCP1	bit2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output
RC3/SCK/SCL	bit3	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	bit4	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output
RC6/TX/CK	bit6	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Transmit or Synchro-nous Clock
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Receive or Synchro-nous Data

Legend: ST = Schmitt Trigger input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

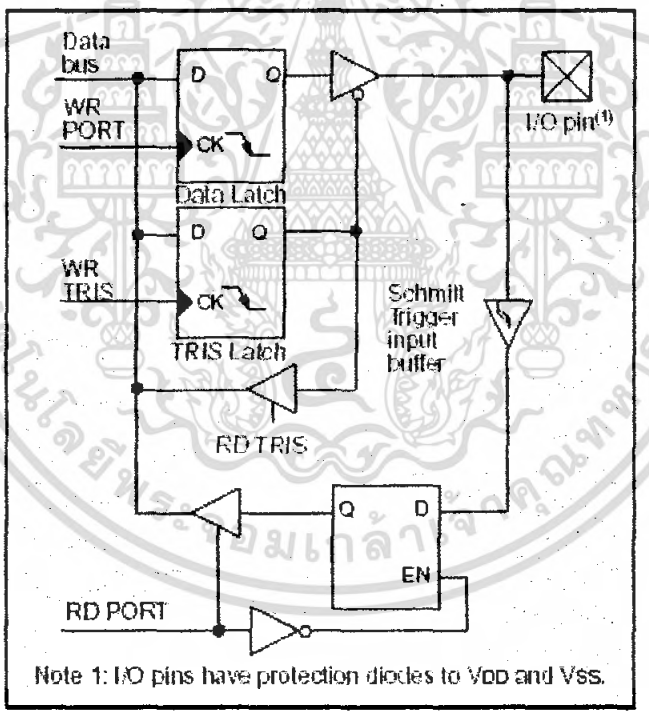
ตารางที่ 2.10 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต C

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
07h	PORTC	RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged.

2.2.4.4 พอร์ต D และ พอร์ต E ใน PIC16F877

พอร์ต D จะเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตซึ่งจะมี ชมิตทริกเกอร์อินพุตอยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของพอร์ตให้เป็นพอร์ตอินพุต หรือ เอาต์พุตได้โดยอิสระจากกัน พอร์ต D สามารถที่จะทำตัวเป็น พอร์ตขนานได้อีกด้วย โดยทำได้โดยการเซตที่บิต PSPMODE (TRISE < 4 >) ซึ่งในโหมดนี้ บัฟเฟอร์ภายในจะกลายเป็นแบบ TTL รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต D

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RD0/PSP0	bit0	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit0
RD1/PSP1	bit1	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit1
RD2/PSP2	bit2	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit2
RD3/PSP3	bit3	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit3
RD4/PSP4	bit4	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit4
RD5/PSP5	bit5	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit5
RD6/PSP6	bit6	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit6
RD7/PSP7	bit7	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit7

Legend: ST = Schmitt Trigger input TTL = TTL input
Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffer when in Parallel Slave Port Mode.

ตารางที่ 2.12 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต 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 all other resets
08h	PORTD	RD7	RD6	RD5	RD4	RD3	RD2	RD1	RD0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
88h	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111

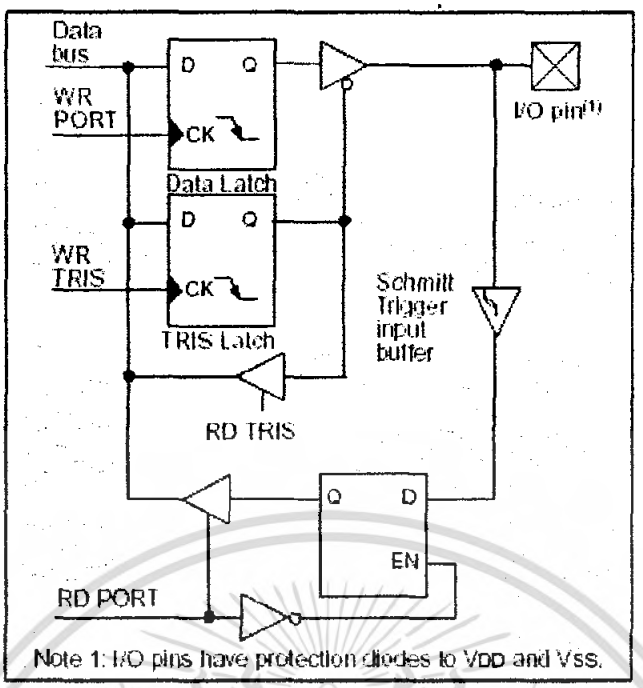
Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented read as '0'. Shaded cells are not used by PORTD.

2.2.4.5 พอร์ต E ใน PIC16F877 (PORT E)

พอร์ต E จะมีทั้งหมด 3 ขา คือ RE0/ (RD\)/AN5, RE1/(WR\)/AN6 และ RE2/(CS\)/AN7 ซึ่งจะมี จะชมิตทริกเกอร์อินพุตอยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของพอร์ต ให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ซึ่งสามารถกลายเป็นอินพุตควบคุม สำหรับพอร์ตของไมโครโปรเซสเซอร์เมื่อทำการเซตบิต PSPMODE (TRISE<4>) ข้อควรระวังเมื่ออยู่ในโหมดนี้ก็คือ ต้องตรวจดูให้ดีว่า TRISE ตั้งแต่บิต 0-2 ถูกเซต (อยู่ในสถานะอินพุต) และต้องแน่ใจว่า ADCON1 ถูกเซตให้อยู่ในโหมดอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอล ซึ่งในโหมดนี้ อินพุตบัฟเฟอร์จะเป็น TTL

พอร์ต E จะมีลักษณะคือ จะมัลติเพล็กกับแอนะลอกโดยเมื่อพอร์ต E ถูกเซตเป็นอินพุตแอนะลอกแล้ว ขาเหล่านี้เมื่อทำการอ่านค่าจะมีค่าเป็น 0 ส่วน TRISE ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ควบคุมนั้นจะต้องเซตให้เป็นอินพุตเมื่อเซต ให้อยู่ในโหมดแอนะลอกอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต E

ตารางที่ 2.13 ฟังก์ชันต่าง ๆ ของพอร์ต E

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RE0/$\overline{RD}$/AN5	bit0	ST/TTL(1)	Input/output port pin or read control input in parallel slave port mode or analog input: $\overline{RD}$ 1 = Not a read operation 0 = Read operation. Reads PORTD register (if chip selected)
RE1/$\overline{WR}$/AN6	bit1	ST/TTL(1)	Input/output port pin or write control input in parallel slave port mode or analog input: $\overline{WR}$ 1 = Not a write operation 0 = Write operation. Writes PORTD register (if chip selected)
RE2/$\overline{CS}$/AN7	bit2	ST/TTL(1)	Input/output port pin or chip select control input in parallel slave port mode or analog input: $\overline{CS}$ 1 = Device is not selected 0 = Device is selected

Legend: ST = Schmitt Trigger input TTL = TTL input
Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffers when in Parallel Slave Port Mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 รายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ต E

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
09h	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	-0-- 0000	-0-- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented read as '0'. Shaded cells are not used by PORTE.

2.3 ชุดคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 (Instructions Microcontroller PIC16F877)

ความหมายของตัวแปรที่ควรทราบ

ในแต่ละคำสั่งของ PIC 16F877 จะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องอยู่หลายตัว โดยจะเขียนต่อจากคำสั่งเพื่อเป็นการกำหนดหรือระบุว่าคำส่งนั้น ๆ กระทำ หรือมีผลต่อรีจีสเตอร์หรือข้อมูลใดบ้าง สามารถสรุปรายละเอียดความหมายของตัวแปรทั้งหมดได้ดังนี้

f หมายถึง รีจีสเตอร์ไฟล์

d หมายถึง ที่เก็บค่าปลายทางถ้าหากเป็น "0" จะเป็นการกำหนดให้เก็บค่าที่รีจีสเตอร์ W แต่ถ้าหากเป็น "1" จะเป็นการกำหนดให้เก็บค่าหลังจากการกระทำคำสั่งลงในรีจีสเตอร์ไฟล์

k หมายถึง ค่าคงที่ใด ๆ ในกรณีที่ใช้กับคำสั่งประมวลผลของทางคณิตศาสตร์และลอจิกและยังหมายถึงตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการให้กระโดดไปในกรณีที่ใช้กับคำสั่งการกระโดด เช่น call หรือ goto

b หมายถึง ข้อมูลระดับบิตหรือบิตแอดเดรสภายในรีจีสเตอร์ไฟล์ขนาด 8 บิต

d หมายถึง ข้อมูลเลขฐานสิบ กรณีที่ใช้คำสั่งประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก

W หมายถึง รีจีสเตอร์ w (แอกคิวมูเลเตอร์)

x หมายถึง ตำแหน่งที่ไม่สนใจเมื่อใช้กับแอสเซมเบลอร์ MPASM ของไมโครชิฟจะกำหนดค่า x นี้เท่ากับ "0" โดยอัตโนมัติ เว้นแต่จะมีการกำหนดเพจหรือหน้าของหน่วยความจำเป็นอย่างอื่น

label หมายถึง ตำแหน่งของแอดเดรสที่ต้องการให้กระโดดไปทำงาน

TOS หมายถึง ตำแหน่งบนสุดของสแต็ก

PC หมายถึง โปรแกรมเคาน์เตอร์

H หมายถึง ข้อมูลเลขฐานสิบหก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 รูปแบบและตัวอย่างการเขียนคำสั่ง PIC16F877

กลุ่มคำสั่งของ PIC16F877 สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ 6 กลุ่ม ได้แก่ การโอนย้ายข้อมูลหรือกำหนดค่าข้อมูล, กลุ่มคำสั่งเปลี่ยนแปลงค่าของรีจีสเตอร์, กลุ่มคำสั่งการกระโดดและควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม, กลุ่มคำสั่งควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์, กลุ่มคำสั่งประมวลผลทางลอจิก และกลุ่มคำสั่งประมวลผลทางคณิตศาสตร์

2.3.1.1 การโอนย้ายข้อมูลหรือกำหนดค่าข้อมูล มี 3 คำสั่งคือ movlw, movf, movwf มีรายละเอียดดังนี้

1) คำสั่ง movlw (move data to W register)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดค่าคงที่ 8 บิตของในรีจิสเตอร์ W ขอบเขตของค่าที่ที่ใช้ได้ระหว่าง 0 - 255 มีรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : movlw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : $k \longrightarrow (W)$

จำนวนเวิร์ด : 1

จำนวนไซเคิล : 1

2) คำสั่ง movf (move data from register to register)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลของรีจิสเตอร์ที่กำหนดไปเก็บในรีจิสเตอร์ W หรือรีจิสเตอร์ไฟล์ที่กำหนด การเลือกตำแหน่งปลายทางกำหนดได้ด้วยข้อมูล 0 หรือ 1 ต่อ หลังรีจิสเตอร์ไฟล์ต้นทาง หากกำหนดให้เป็น 0 จะหมายถึง โอนย้ายข้อมูลไปเก็บที่รีจิสเตอร์ W ถ้ากำหนดให้เป็น 1 ข้อมูลจะโอนย้ายมาที่ตำแหน่งเดิม คือไม่เกิดการโอนย้ายข้อมูล แต่จะเกิดผลกับแฟลก โดยแฟลกศูนย์ (Z) เซต ดังนั้นคำสั่งนี้จึงสามารถนำไปใช้เซตแฟลกศูนย์ (Z) ได้เลย โดยไม่ต้องใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์แต่อย่างใด รูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : movf f,d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127, d \in (0, 1)$

การทำงาน : $(f) \longrightarrow (W)$ หรือ $(f) \longrightarrow (f), Z = 1$

แฟลกที่การเปลี่ยนแปลง: แฟลกศูนย์ หรือ Z

จำนวนเวิร์ด : 1

จำนวนไซเคิล : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คำสั่ง movwf (move data from W register to file register)

เป็นคำสั่งที่ให้ผลตรงข้ามกับ movf คือเป็นคำสั่งโอนย้ายข้อมูลจากรีจิสเตอร์ W มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ไฟล์ที่กำหนด มีรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : movwf f

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

การทำงาน : $(W) \longrightarrow (f)$

2.3.1.2 กลุ่มคำสั่งเปลี่ยนแปลงค่าของรีจีสเตอร์ มีทั้งสิ้น 10 คำสั่ง คือ clrf, clrw, comf, decf, incf, bcf, bsf, rlf, rrf และ swapf

1) คำสั่ง clrf (clear file register)

เป็นคำสั่งเคลียร์ค่าของรีจีสเตอร์ไฟล์ใด ๆ ให้เป็นศูนย์ เมื่อกระทำคำสั่งแล้วแฟลกศูนย์ (Z) จะเซต สำหรับรายละเอียดและรูปแบบมีดังนี้

รูปแบบ : clrf f

โอเปอร์แรนด์ : $0 < f < 127$

การทำงาน : $00H \longrightarrow (f), 1 \longrightarrow Z$

แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: แฟลกศูนย์ หรือ Z

2) คำสั่ง clrw (clear W register)

clrw เป็นคำสั่งเคลียร์ค่าของรีจีสเตอร์ W ให้เป็นศูนย์ และเมื่อกระทำคำสั่งแล้วแฟลกศูนย์ (Z) จะเซต สำหรับรายละเอียดและรูปแบบมีดังนี้

รูปแบบ : clrw

การทำงาน : $00H \longrightarrow (W), 1 \longrightarrow Z$

แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: แฟลกศูนย์ หรือ Z

3) คำสั่ง comf (complement register)

เป็นคำสั่งใช้กลับข้อมูล "0" ให้เป็น "1" และกลับข้อมูล "1" ให้เป็น "0" ของรีจีสเตอร์ไฟล์ใดๆ หรือเรียกว่า การทำคอมพลีเมนต์ หลังจากกระทำคำสั่งนี้แล้ว ค่าของรีจีสเตอร์ไฟล์ที่ถูกกำหนดจะมีค่าเป็นตรงกับข้าม เช่น จากเดิมมีค่า 1011 0011 หรือ 0xB3 จะกลายเป็น 0100 1100 หรือ 0x4C เป็นต้น สำหรับค่าที่ทำการคอมพลีเมนต์จะเลือกที่เก็บได้ 2 แห่ง คือ เก็บที่รีจีสเตอร์ W โดยการเขียนข้อมูล "0" ต่อท้าย รีจีสเตอร์ไฟล์ที่ต้องการทำคอมพลีเมนต์หรือเก็บที่รีจีสเตอร์ไฟล์ตัวเดิมที่ต้องการทำคอมพลีเมนต์โดยการเขียนข้อมูล "1" ต่อท้าย สำหรับรายละเอียดและรูปแบบมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ : comf f,d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$, d ε (0, 1)

การทำงาน : f $\longrightarrow$ (W) :d = 0, f $\longrightarrow$ (f) :d = 1

แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: แฟลกศูนย์ หรือ Z

4) คำสั่ง decf (decrement register)

เป็นคำสั่งลดค่าของค่าของรีจีสเตอร์ไฟล์ใด ๆ ลงหนึ่งค่า สามารถเก็บค่าได้ 2 แห่งคือ ที่รีจีสเตอร์ W โดยการเขียนข้อมูล "0" ต่อกับรีจีสเตอร์ไฟล์ที่ต้องการลดค่า และที่รีจีสเตอร์ไฟล์ตัวเดิมโดยการเขียนข้อมูล "1" ต่อท้ายรีจีสเตอร์ไฟล์ที่ต้องการลดค่า สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : decf f, d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

d ε (0,1)

การทำงาน : f — 1 $\longrightarrow$ (W) เมื่อ d=0

f — 1 $\longrightarrow$ (f) เมื่อ d=1

1 $\longrightarrow$ (Z) เมื่อผลลัพธ์ลดค่าเป็นศูนย์

แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: แฟลกศูนย์ หรือ Z

5) คำสั่ง incf (increment register)

เป็นคำสั่งที่ใช้เพิ่มค่าของรีจีสเตอร์ไฟล์ใด ๆ ขึ้นหนึ่งคำการเก็บผลลัพธ์เหมือนกับคำสั่ง decf ทุกประการสำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : incf f,d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

D ε (0, 1)

การทำงาน : f + 1ε $\longrightarrow$ (W) เมื่อ d=0

f + 1 $\longrightarrow$ (f) เมื่อ d=1

1 $\longrightarrow$ (Z) เมื่อผลลัพธ์ลดค่าเป็นศูนย์

แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: แฟลกศูนย์ หรือ Z

6) คำสั่ง bcf (clear bit in register)

เป็นคำสั่งเคลียร์บิตในรีจีสเตอร์ไฟล์ที่กำหนดให้เป็น "0" มีรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : bcf f,d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$0 \leq b \leq 7$

การทำงาน : $0 \longrightarrow (f<b>)$

7) คำสั่ง bsf (set bit in register)

เป็นคำสั่งเซตบิตในรีจีสเตอร์ไฟล์ที่กำหนดให้เป็น "1" มีรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : bsf f,b

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

$0 \leq b \leq 7$

การทำงาน : $1 \longrightarrow (f<b>)$

8) คำสั่ง rlf (rotate left register through carry)

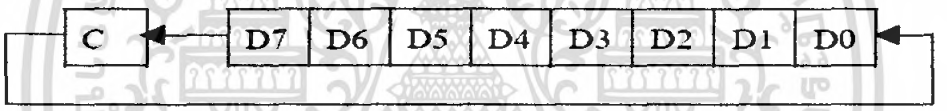
เป็นคำสั่งหมุนข้อมูลในรีจีสเตอร์ไปทางซ้ายเข้าสู่แฟลกทด (carry flag: C) มีรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : rlf f, d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

$d \in (0, 1)$

การทำงาน :



แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: C

9) คำสั่ง rrf (rotate right register through carry)

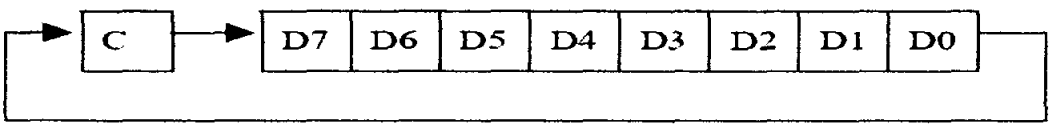
เป็นคำสั่งหมุนข้อมูลไปทางขวาผ่านเข้าไปในแฟลกทดมีการทำงานตรงข้าม rlf สำหรับรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : rrf f, d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

$d \in (0, 1)$

การทำงาน :



แฟลกที่มีการเปลี่ยนแปลง: C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) คำสั่ง swapf (swap register)

เป็นคำสั่งสลับข้อมูล 4 บิตบนหรือ 4 บิตล่างของรีจีสเตอร์ผลของการสลับข้อมูลจะเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ W หรือรีจีสเตอร์ตัวเดิมที่ทำการสลับค่าก็ได้ โดยการกำหนดข้อมูล "0" หรือ "1" ต่อเข้ากับรีจีสเตอร์ที่ต้องการสลับข้อมูล สำหรับรูปแบบและรายละเอียดดังนี้

รูปแบบ : swapf f, b

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$

$d \in (0, 1)$

การทำงาน : กรณี d= 0

(f < 3:0 >) ⟶ (W < 7:4 >)

(f < 7:4 >) ⟶(W < 3:0 >)

กรณี d= 1

(f < 3:0 >) ⟶ (f < 7:4 >)

(f < 7:4 >) ⟶ (f < 3:0 >)

2.3.1.3 กลุ่มคำสั่งการกระโดดและควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม

มีด้วยกัน 9 คำสั่งคือ goto, call, return, retlw, retlw, retfie, btfss, decfsz และ incfsz

1) คำสั่ง goto (go to address)

เป็นคำสั่งที่กำหนดให้ซีพียูกระโดดไปทำงานแอดเดรสที่กำหนดให้หน่วยความจำโปรแกรม โดยไม่มีเงื่อนไขค่าที่กำหนดให้กระโดดไปนี้ต้องไม่เกิน 2047 รูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : GOTO K

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 2047$

การทำงาน : k ⟶ (PC <10:0>)

(PCLATH <4:3>) ⟶ (PC < 12:11>)

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 2

2) คำสั่ง Call (subroutine call)

เป็นคำสั่งที่กำหนดให้ซีพียูกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยโดยไม่มีเงื่อนไขและจะกลับมายังโปรแกรมหลักก็ต่อเมื่อพบคำสั่ง return หรือ retlw เมื่อกระทำคำสั่งนี้ ซีพียูจะทำการเก็บค่า PC ไว้ในสแต็กโดยอัตโนมัติ หลังจากที่ซีพียูทำงานในโปรแกรมย่อยเสร็จ ก็จะกลับมาอ่านค่า PCจากสแต็กแล้วกลับไปทำงานต่ออย่างถูกต้อง รูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ : call k

โอเปอร์แรนด์ :$0 \leq k \leq 2047$

การทำงาน : (PC) + 1 $\longrightarrow$ TOS, k $\longrightarrow$ (PC <10:0>)

(PCLATH <4:3>) $\longrightarrow$ (PC < 12:11>)

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 2

3) คำสั่ง return (return from subroutine)

เป็นคำสั่งที่แจ้งให้ซีพียูทราบว่าสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมย่อยแล้ว เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งแล้ว จะไปอ่านค่า PC จากสแต็กที่นำไปเก็บไว้ชั่วคราวก่อนหน้านี้ที่กระทำคำสั่ง call จากนั้นกระโดดไปยังแอดเดรสที่กำหนดโดย PC ในการเขียนโปรแกรมย่อยทุกครั้งต้องมีคำสั่ง return หรือ retlw ต่อท้ายเสมอ

รูปแบบ : return

โอเปอร์แรนด์ : ไม่มี

การทำงาน : TOS $\longrightarrow$ PC

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 2

4) คำสั่ง retlw (retlw from subroutine and literal to w register)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการออกจากโปรแกรมย่อยอีกแบบหนึ่งที่มีความแตกต่างจากคำสั่ง return ตรงที่ หลังจากกระทำคำสั่งนี้แล้วซีพียูจะไปอ่านค่า PC ในสแต็ก เพื่อกระโดดกลับไปทำงานต่อที่แอดเดรสซึ่งกำหนดไว้ใน PC อันเป็นแอดเดรสที่ต่อจากคำสั่งที่กำหนดให้ซีพียูกระโดดมาทำงานที่โปรแกรมย่อย พร้อมกันนั้นยังมีการโอนย้ายค่าคงที่ ที่กำหนดไว้ต่อท้ายคำสั่ง retlw ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ W ด้วย

ดังนั้นคำสั่งนี้จึงมีประโยชน์มากสำหรับโปรแกรมย่อยที่เกี่ยวข้องกับการเปิดตารางเพื่อค้นหาหรือแปลงข้อมูล เพื่อที่เรียกว่า look up table สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : retlw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : k $\longrightarrow$ w

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 2

5) คำสั่ง retfie (return from interrupt service routine)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการออกจากโปรแกรมย่อยของการบริการอินเตอร์รัปต์ หลังจากกระทำคำสั่งนี้ซีพียูจะกลับไปทำงานยังแอดเดรสที่ถัดจากแอดเดรสสุดท้ายที่ทำงานก่อนเกิดการอินเตอร์รัปต์โดยค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแอดเดรสนี้จะเก็บไว้ในสแต็กโดยอัตโนมัติ หลังจากที่เกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น พร้อมกันนั้นยังทำการเซตบิต GIE ด้วย เพื่อทำการอีนาเบิลการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ของซีพียูอีกครั้ง หลังจากถูกดิสเอเบิลในขณะที่ทำการบริการอินเตอร์รัปต์ สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : retfie

โอเปอร์แรนด์ :ไม่มี

การทำงาน : TOS (PC), 1⟶ GIE

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 2

6) คำสั่ง btfsc (bit test register, skip if clear)

เป็นคำสั่งกระโดดอย่างมีเงื่อนไขแบบหนึ่งที่จะทำการตรวจสอบบิตที่กำหนดในรีจิสเตอร์เสียก่อนหากตรงตามเงื่อนไขก็จะกระโดดข้ามแอดเดรสถัดไป 1 แอดเดรส แล้วจึงทำงานต่อที่แอดเดรสถัดจากนั้นเงื่อนไขการตรวจสอบคือ บิตที่ตรวจสอบนั้นเป็น "0" หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะกระโดดไม่ทำงานในแอดเดรสถัดไป แต่ถ้าไม่ใช่ นั่นคือค่าเป็น "1" ซีพียูก็จะทำงานในแอดเดรสต่อไปตามปกติลักษณะของการทำงานในกรณีหลังนี้จะให้ผลการทำงานเหมือนกับคำสั่ง NOP

สำหรับจำนวนไซเคิลที่ใช้ หากตรวจสอบตรงตามเงื่อนไขจะใช้ 2 ไซเคิล แต่ถ้าไม่ตรงจะใช้เพียงไซเคิลเดียวสำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : btfsc f, b

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127, 0 \leq b \leq 7$

การทำงาน : กระโดดข้ามแอดเดรส 1 ตำแหน่งถ้า (f < b>) = 0

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 1 (2)

7) คำสั่ง btfss (bit test register, skip if set)

เป็นคำสั่งกระโดดอย่างมีเงื่อนไขแบบหนึ่ง ที่จะทำการตรวจสอบบิตที่กำหนดในรีจิสเตอร์เสียก่อน หากตรงตามเงื่อนไขก็จะกระโดดข้ามแอดเดรสถัดไป 1 แอดเดรส แล้วจึงทำงานต่อที่แอดเดรสถัดจากนั้น เงื่อนไขการตรวจสอบคือบิตที่ตรวจสอบนั้นเป็น "1" หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะกระโดดไม่ทำงานในแอดเดรสถัดไป แต่ถ้าไม่ใช่นั่นคือค่าเป็น "0" ซีพียูก็จะทำงานในแอดเดรสต่อไปตามปกติการทำงานในกรณีหลังนี้จะให้ผลการทำงานเหมือนกับคำสั่ง NOP

สำหรับจำนวนไซเคิลที่ใช้ หากตรวจสอบตรงตามเงื่อนไขจะใช้ 2 ไซเคิล แต่ถ้าไม่ตรงจะใช้เพียงไซเคิลเดียว คำสั่ง btfss มีลักษณะการตรวจสอบเงื่อนไขของการกระโดดที่ตรงข้ามกับคำสั่ง btfsc สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ : btfss f, b

โอเปอร์แรนด์ :$0 \leq f \leq 127, 0 \leq b \leq 7$

การทำงาน : กระโดดข้ามแอดเดรส 1 ตำแหน่งถ้า (f < b>) = 1

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 1 (2)

8) คำสั่ง decfsz (decrement register, skip if zero)

เป็นคำสั่งกระโดดอย่างมีเงื่อนไขแบบหนึ่ง ที่จะทำการลดค่าในรีจีสเตอร์ลงหนึ่งค่าแล้วตรวจสอบว่าเป็น "0" หรือไม่ หากตรงตามเงื่อนไขก็จะกระโดดข้ามแอดเดรสถัดไป 1 แอดเดรสแล้วจึงทำงานต่อที่แอดเดรสถัดจากนั้น ค่าของรีจีสเตอร์ที่ทำการลดค่าลงแล้วจะถูกเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ W หรือรีจีสเตอร์ตัวเดิมก็ได้ ทั้งที่ขึ้นอยู่กับการกำหนดข้อมูลที่ต่อจากรีจีสเตอร์

สำหรับจำนวนไซเคิลที่ใช้ หากตรวจสอบตรงตามเงื่อนไขจะใช้ 2 ไซเคิล แต่ถ้าไม่ตรงจะใช้เพียงไซเคิลเดียว สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : decfsz f, d

โอเปอร์แรนด์ :$0 \leq f \leq 127$, d ε [0, 1]

การทำงาน : กรณี d = 0, (f) – 1 ⟶ (w) กระโดดข้ามหนึ่งแอดเดรส ถ้าผลของการลดค่าเป็น 0

กรณี d = 1, (f) – 1 ⟶ (f) กระโดดข้ามหนึ่งแอดเดรส ถ้าผลของการลดค่าเป็น 0

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 1 (2)

9) คำสั่ง incfsz (increment register, skip if zero)

เป็นคำสั่งกระโดดอย่างมีเงื่อนไขแบบหนึ่ง ที่จะทำการเพิ่มค่าในรีจีสเตอร์ขึ้นหนึ่งค่าแล้วตรวจสอบว่าเป็น "0" หรือไม่ หากตรงตามเงื่อนไขก็จะกระโดดข้ามแอดเดรสถัดไป 1 แอดเดรสแล้วจึงทำงานต่อที่แอดเดรสถัดจากนั้นค่าของรีจีสเตอร์ที่ทำการเพิ่มค่าแล้วจะถูกเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ W หรือรีจีสเตอร์ตัวเดิมก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดข้อมูลที่ต่อจากรีจีสเตอร์

สำหรับจำนวนไซเคิลที่ใช้ หากตรวจสอบตรงตามเงื่อนไขจะใช้ 2 ไซเคิล แต่ถ้าไม่ตรงจะใช้เพียงไซเคิลเดียว สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : incfsz f, d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$, d ε [0,1]

การทำงาน : กรณี d = 0, (f) + 1 ⟶ (w) กระโดดข้ามหนึ่งแอดเดรส ถ้าผลของการลดค่าเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี d = 1, (f) + 1 ⟶ (f) กระโดดข้ามหนึ่งแอดเดรส ถ้าผลของการลดค่าเป็น 0

จำนวนเวิร์ด: 1 จำนวนไซเคิล: 1 (2)

2.3.1.4 กลุ่มคำสั่งควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

มีทั้งสิ้น 5 คำสั่งคือ clrwdt , option , sleep , tris และ nop แต่เหมาะที่จะใช้กับ PIC16F877 เพียง 3 คำสั่งคือ clrwdt, sleep และ nop แต่การอธิบายจะอธิบายทุกคำสั่ง ทั้งนี้เพราะคำสั่ง option, และ tris จะมีใช้ใน PIC16C5x

1) คำสั่ง clrwdt (clear Watchdog Timer)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเคลียร์ค่าของวอตช์ด็อกไทเมอร์และปรีสเกลเลอร์ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมกับเซตบิต TO และ PD สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : clrwdt

โอเปอร์แรนด์ : ไม่มี

การทำงาน : 00H —> WDT

0 —> WDT ปรีสเกลเลอร์

1 —> TO, 1 —> PD

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : TO และ PD

จำนวนเวิร์ด: 1

จำนวนไซเคิล : 1

2) คำสั่ง sleep (go to standby mode)

เป็นคำสั่งที่กำหนดให้ซีพียูทำงานในโหมดสลีป เพื่อประหยัดพลังงาน หลังจากกระทำคำสั่งนี้ค่าการนับภายในวอตช์ด็อกไทเมอร์จะถูกเคลียร์ให้เป็นศูนย์ พร้อม ๆกับค่าของปรีสเกลเลอร์ภายในวอตช์ด็อกไทเมอร์ด้วย ในขณะที่ TO จะถูกเซต และ PD จะถูกเคลียร์ให้เป็นศูนย์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้ซีพียูอยู่ในโหมดสลีปแล้ว สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : sleep

การทำงาน : 00H —> WDT

0 —> WDT ปรีสเกลเลอร์

1 —> TO, 0 —> PD

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : TO และ PD

จำนวนเวิร์ด : 1 จำนวนไซเคิล : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คำสั่ง option (load OPTION register)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดค่าของรีจีสเตอร์ OPTION โดยค่าที่ใช้กำหนดนี้จะเก็บอยู่ในรีจีสเตอร์ W คำสั่งนี้เหมาะสมกับ PIC16C5x เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงรีจีสเตอร์ OPTION ได้โดยตรง สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : option

โอเปอร์แรนด์ : ไม่มี

การทำงาน : (W) —> OPTION

4) คำสั่ง tris (load TRIS register)

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ TRIS อันเป็นการกำหนดทิศทางการถ่ายทอดสัญญาณของพอร์ต โดยที่การกำหนดนี้จะเก็บค่าไว้ในรีจิสเตอร์ W คำสั่งนี้เหมาะสมกับ PIC16C5x เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงรีจิสเตอร์ TRIS ได้โดยตรงสำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

รูปแบบ : tris f

โอเปอร์แรนด์ : $5 \leq f \leq 7$

การทำงาน : (W) —> TRIS (f)

5) คำสั่ง nop (no operation)

เป็นคำสั่งพิเศษมักจะใช้ในการหน่วงเวลา เพราะเมื่อซีพียูกระทำคำสั่งนี้จะเกิดผลเพียงอย่างเดียวคือ ค่าของ PC เพิ่มขึ้น

2.3.1.5 กลุ่มคำสั่งประมวลผลทางลอจิก

มีด้วยกัน 6 คำสั่งคือ andlw, andwf, iorlw, iorwf, xorlw และ xorwf

1) คำสั่ง andlw และ andwf (AND operations)

เป็นคำสั่งให้ทำการ "แอนด์" ค่าของข้อมูล โดย andlw จะเป็นการแอนด์ ค่าคงที่กับค่าในรีจิสเตอร์ W แล้วผลของการแอนด์จะเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ W ส่วน andwf จะเป็นการแอนด์ระหว่างค่ารีจิสเตอร์ใด ๆ กับรีจิสเตอร์ W ผลของการประมวลผลสามารถเลือกเก็บได้ว่าจะให้เก็บที่รีจิสเตอร์ที่ทำการแอนด์หรือรีจิสเตอร์ W สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

คำสั่ง andlw

รูปแบบ : andlw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : (W) AND (k) —> (W)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คำสั่ง andwf

รูปแบบ : andwf f , d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$, $d \in [0, 1]$

การทำงาน : กรณี d = 0, (W) AND (f) —> (W)

กรณี d = 1, (W) AND (f) —> (f)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : Z

3) คำสั่ง iorlw และ iorwf (OR operations)

เป็นคำสั่งให้ทำการ "ออร์" ค่าของข้อมูล โดย iorlw จะเป็นการออร์ค่าคงที่กับค่าในรีจิสเตอร์ W แล้วผลของการออร์จะเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ W ส่วน iorwf จะเป็นการออร์ระหว่างค่ารีจิสเตอร์ใด ๆ กับ รีจิสเตอร์ W ผลของการประมวลผลสามารถเลือกเก็บได้ว่าจะให้ไปเก็บที่รีจิสเตอร์ที่ทำการออร์หรือรีจิสเตอร์ W สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

คำสั่ง iorlw

รูปแบบ : iorlw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : (W) OR (k) —> (W)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : Z

คำสั่ง iorwf

รูปแบบ : iorwf f , d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$, $d \in [0, 1]$

การทำงาน : กรณี d = 0, (W) OR (f) —> (W)

กรณี d = 1, (W) OR (f) —> (f)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : Z

4) คำสั่ง xorlw และ xorwf (XOR operations)

เป็นคำสั่งให้ทำการ "เอ็กคลูซีฟ-ออร์" ค่าของข้อมูล โดย xorlw จะเป็นการเอ็กคลูซีฟ-ออร์ค่าคงที่กับค่าในรีจิสเตอร์ W แล้วผลของการเอ็กคลูซีฟ-ออร์จะเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ W ส่วน xorwf จะเป็นการเอ็กคลูซีฟ-ออร์ระหว่างค่ารีจิสเตอร์ใด ๆ กับรีจิสเตอร์ W ผลของการประมวลผลสามารถเลือกเก็บได้ว่าจะให้ปเก็บที่รีจิสเตอร์ที่ทำการเอ็กคลูซีฟ-ออร์หรือรีจิสเตอร์ W สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง xorlw

รูปแบบ : xorlw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : (W) XOR (k) —> (W)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : Z

จำนวนเวิร์ด: 1

จำนวนไซเคิล : 1

คำสั่ง xorwf

รูปแบบ : xorwf f , d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq f \leq 127$, $d \in [0, 1]$

การทำงาน : กรณี d = 0, (W) XOR (f) —> (W)

กรณี d = 1, (W) XOR (f) —> (f)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : Z

จำนวนเวิร์ด: 1

จำนวนไซเคิล: 1

2.3.1.6 กลุ่มคำสั่งประมวลผลทางคณิตศาสตร์

มีด้วยกัน 4 คำสั่ง แบ่งเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการบวก 2 คำสั่งคือ addlw และ addwf คำสั่งเกี่ยวกับการลบ 2 คำสั่งคือ sublw และ subwf

1) คำสั่ง addlw และ addwf (ADD operations)

เป็นคำสั่งให้ทำการบวกค่าของข้อมูล โดย addlw เป็นคำสั่งบวกค่าคงที่กับค่าในรีจิสเตอร์ W แล้วผลของการบวกจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ W ส่วน addwf เป็นคำสั่งบวกระหว่างค่าในรีจิสเตอร์ใด ๆ กับรีจิสเตอร์ W ผลของการประมวลผลสามารถเลือกเก็บได้ว่าจะให้ไปเก็บที่รีจิสเตอร์ที่ทำการบวกหรือรีจิสเตอร์ W สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

คำสั่ง addlw

รูปแบบ : addlw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : (W) + (k) —> (W)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : C, DC, Z

จำนวนเวิร์ด: 1 **จำนวนไซเคิล**: 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง addwf

รูปแบบ : addwf f,d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 127$

$d \in [0,1]$

การทำงาน : กรณี d = 0, (W) + (f) —> (W)

กรณี d = 1, (W) + (f) —> (f)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : C, DC, Z

จำนวนเวิร์ด: 1

จำนวนไซเคิล: 1

2) คำสั่ง sublw และ subwf (Subtractor operations)

เป็นคำสั่งให้ทำการลบค่าของข้อมูล โดย sublw เป็นคำสั่งลบค่าคงที่กับค่าในรีจิสเตอร์ W แล้วผลของการลบจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ W ส่วน subwf เป็นคำสั่งลบระหว่างค่าในรีจิสเตอร์ใด ๆ กับรีจิสเตอร์ W ผลของการประมวลผลสามารถเลือกเก็บได้ว่าจะให้ไปเก็บที่รีจิสเตอร์ที่เป็นตัวตั้งหรือรีจิสเตอร์ W สำหรับรูปแบบและรายละเอียดมีดังนี้

คำสั่ง sublw

รูปแบบ : sublw k

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : (k) - (W) —> (W)

บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : C, DC, Z

จำนวนเวิร์ด: 1

จำนวนไซเคิล: 1

คำสั่ง subwf

รูปแบบ : subwf f,d

โอเปอร์แรนด์ : $0 \leq k \leq 255$

การทำงาน : กรณี d = 0, (f) - (W) —> (W)

กรณี d = 1, (f) - (W) —> (f)

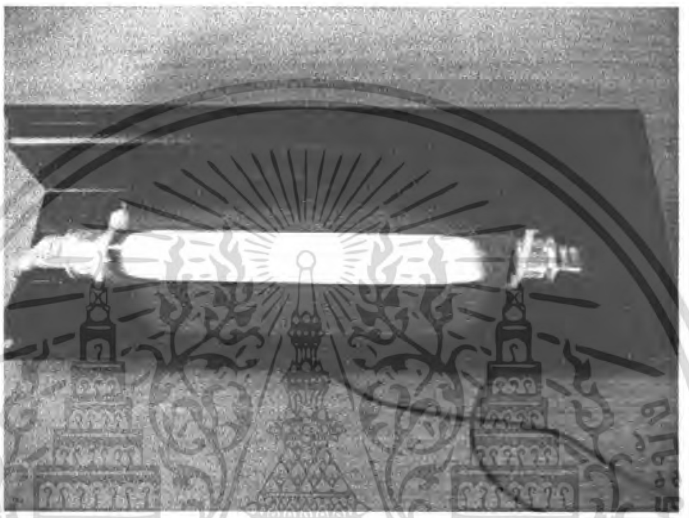
บิตสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง : C, DC, Z

จำนวนเวิร์ด: 1 **จำนวนไซเคิล**: 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลอดไฟรังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)

เป็นหลอดไฟที่สามารถกำเนิดแสงที่ให้แสงในย่านความถี่เหนือม่วง 1015 ถึง 1018 เฮิรตซ์ (Ultraviolet; UV) มีคุณสมบัติพิเศษใช้ในการตรวจสอบธนบัตรว่าเป็นของจริงหรือของปลอม โดยสีที่ใช้ในการพิมพ์ธนบัตรจะพิมพ์ข้อความบางอย่างไว้ที่จะมองไม่เห็นได้ด้วยแสงธรรมดา แต่เมื่อส่องกับแสง Ultraviolet จะถูกกระตุ้นให้ปล่อยแสงที่ตามองเห็นออกมาทำให้มองเห็น



รูปที่ 2.21 หลอดไฟรังสีเหนือม่วง (แบล็กไลท์)

หลอดแบคไลท์ไม่ได้ฉาบฟอสฟอรัสไว้ จึงเห็นเป็นแสงสีม่วงจางๆเท่านั้น เราแยกประเภทของหลอดแบคไลท์ออกเป็น 2 แบบคือ

- **หลอดยาว** เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เราใช้ตามบ้าน ฉาบสารป้องกัน UV-B เพราะแสงอัลตร้าไวโอเล็ตย่าน B เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ปล่อย ให้แต่ UV-A ผ่านออกมา
- **หลอดอ้วน** หมือนกับหลอดไฟมีไส้ เคลือบสารป้องกัน UV-B ปล่อย UV-A ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

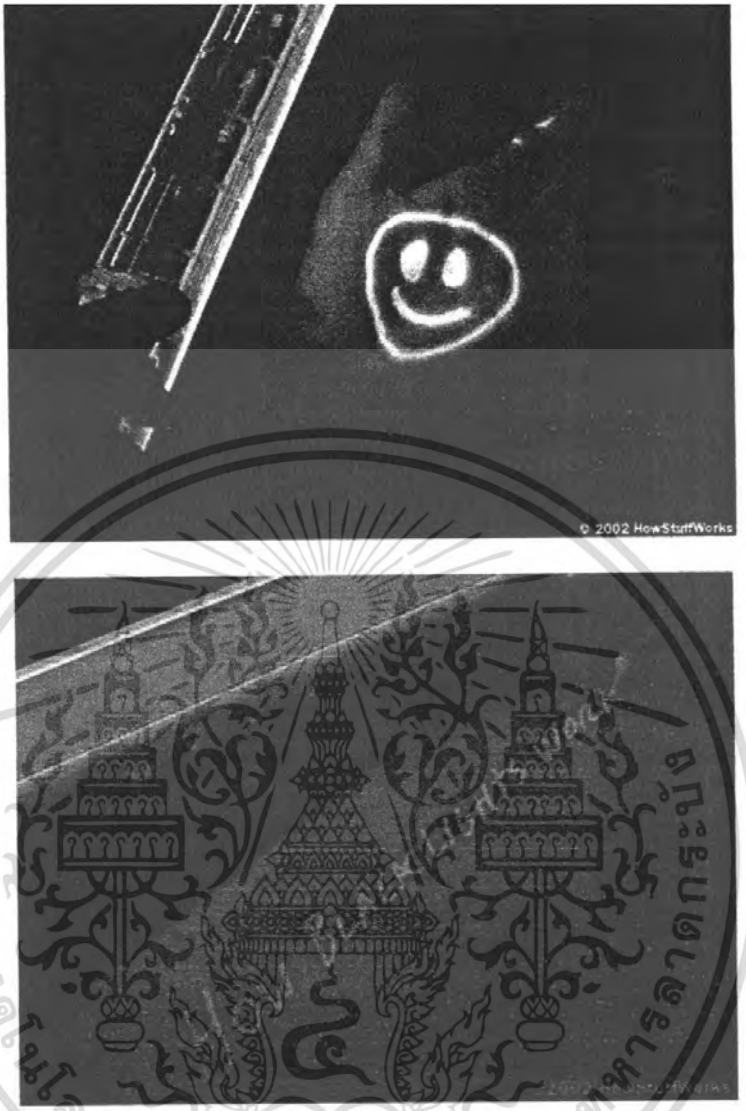
รูปที่ 2.22 หลอดแบคไลท์มีทั้งหลอดยาวและหลอดอ้วน

ทั้งสองแบบมีหลักการทำงานเหมือนกัน คือให้แสง UV-A ที่ตามองไม่เห็น แต่ถ้าไปเจอกับฟอสฟอรัส มันจะเปล่งแสงขึ้น และสิ่งของมีฟอสฟอรัส ก็มีมากมายเลียด้วย

ถ้าเรามองสิ่งของใดบ้างที่สว่างขึ้นถ้ามองเข้าไปในห้องมืด และเปิดหลอดแบคไลท์ คุณจะพบว่ามีหลายสิ่งหลายอย่างที่สว่างขึ้นในที่มืด เพราะสิ่งเหล่านั้นมีฟอสฟอรัสที่เกิดจากธรรมชาติ ฟันและเล็บของคุณ ก็มีฟอสฟอรัสอยู่ด้วย ส่วนฟอสฟอรัสที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้นก็มี เช่น หน้าจอโทรทัศน์ สี และเส้นใยพลาสติก เป็นต้น สีบางประเภทเพื่อให้เกิดความสว่างในที่มืดได้มากๆ จะใส่ฟอสฟอรัสไว้ เมื่อคุณนำไปเขียน และฉายด้วยหลอดแบคไลท์มันจะสว่างในที่มืดได้

ในไนท์คลับของคนที่เที่ยวกลางคืน ชอบนำสีพวกนี้ไปทา เมื่อเปิดแบคไลท์มันจะสว่างขึ้นในที่มืด ดูสวยงาม ลึกลับ สามารถล่อนักเที่ยวกลางคืนได้อย่างดียิ่ง คุณก็สามารถหาซื้อหลอดพวกนี้ได้อย่างง่ายดาย คนหัวใสบางคนออกผลิตภัณฑ์เจลใส่ผมที่ผสมฟอสฟอรัสไว้ เมื่อวัยรุ่นนำเจลมาทาผม มันจะสว่างขึ้นในที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 สีที่เขียนไว้บนมือและกระดาษ จะสว่างขึ้นในที่มืดเมื่อฉายด้วยหลอดแบคไลท์

บางครั้งเสื้อผ้าที่คุณสวมใส่ก็สว่างขึ้นในที่มืดได้ เมื่อส่องด้วยแบคไลท์ เพราะว่าน้ำยาสมัยใหม่ที่ใช้กับผ้า ผสมด้วยฟอสฟอรัส ลองสังเกตดูว่า คนที่โฆษณาขายน้ำยาพวกนี้ จะบอกว่าเสื้อผ้าจะขาวขึ้นถ้าใช้น้ำยา เวลานำเสื้อผ้าขึ้นส่องมันจะขาวจริง เหตุผลก็เพราะว่า ฟอสฟอรัส จะให้แสงสว่างออกมาเมื่อกระทบกับแสงอาทิตย์

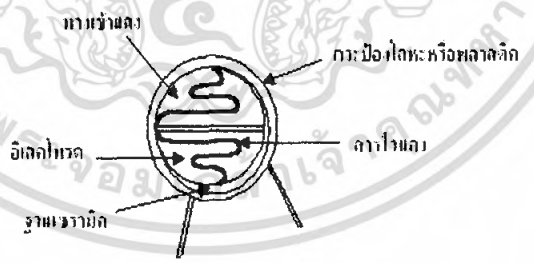
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคไลท์ สามารถประยุกต์ใช้งานได้อีกหลายอย่างเช่น

- **นักโบราณคดีใช้ตรวจสอบของเก่าว่าเก่าจริงหรือไม่** สีสมัยใหม่มักจะผสมฟอสฟอรัส จึงสว่างขึ้นเมื่อฉายด้วยหลอดแบคไลท์ แต่สีสมัยก่อนไม่ได้ผสมไว้ เมื่อคุณส่องแล้วไม่สว่างขึ้นแสดงว่าเก่าแน่นอน
- **วิศวกรใช้แบคไลท์ตรวจสอบการรั่วซึมของเครื่องจักร** ด้วยการฉีดสีฟลูออเรสเซนต์ (คือสารที่ผสมสารฟอสฟอรัส) เข้าไปในท่อ และอัดด้วยแรงดัน เมื่อตรวจตามผิวของท่อโดยใช้แบคไลท์ส่อง ถ้ามันสว่างขึ้น แสดงว่ารั่ว นิยมใช้ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ต่อท่อระโยงระยางภายในอาคารมากมาย หารอยรั่วได้ยากมากถ้าไม่ใช้วิธีนี้
- **ธนาคารใช้แบคไลท์** ในการตรวจสอบธนบัตรว่า ปลอมหรือไม่ เพราะว่าผู้ผลิตธนบัตรจะออกแบบลายเส้นที่ฉาบฟอสฟอรัสไว้ เมื่อส่องจะสว่างขึ้น
- **ส่วนสนุกและไนท์คลับ** ใช้แบคไลท์ ทำให้ห้องมืดสว่างขึ้น ดูตื่นเต้นและลึกลับ
- **หน่วยสืบสวน** ใช้ตรวจหารอยนิ้วมือในที่เกิดเหตุ เมื่อมีผู้ก่ออาชญากรรมขึ้น โดยนักสืบจะฉีดสีที่ผสมฟอสฟอรัส และฉายแบคไลท์ รอยนิ้วมือผู้ต้องสงสัยจะปรากฏขึ้นมา

2.5 ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor)

ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า LDR ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟล์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลิไนด์ (Cdse) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาฉาบบนแผ่นเซรามิคที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบเอาไว้ออกมาดังโครงสร้างในรูป 2.24

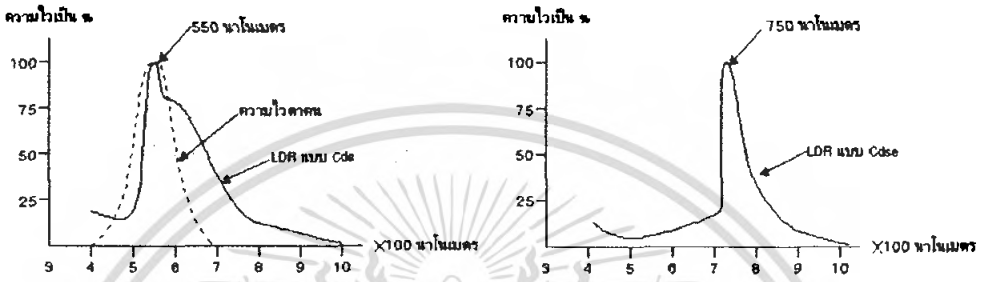


รูปที่ 2.24 โครงสร้างของ LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 คุณสมบัติทางแสง

LDR ไวต่อแสงนช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 10-9 เมตร) ซึ่งครอบคลุม ช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ LDR ไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไส้ หรือ หลอดเรืองแสงและยังไวต่อแสงอินฟาเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป)



รูปที่ 2.25 กราฟแสดงความไวของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน

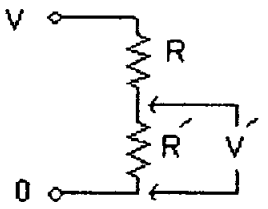
2.5.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

อัตราส่วนของความต้านทาน LDR ขณะที่ไม่มีแสงกับในขณะที่มีแสง อาจมีค่าต่างกัน 100, 1,000, 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่น ความต้านทานในขณะไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 MΩ ขึ้นไป และความต้านทานขณะที่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 KΩ ลงมาทนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลท์ และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 mW

2.5.3 การวัดความต้านทานของ LDR

เนื่องจาก LDR ทนกำลังไฟฟ้าได้เพียงประมาณ 50 mW ดังนั้นถ้าเราใช้โอห์มมิเตอร์ วัดความต้านทานของ LDR อาจทำความเสียหายให้กับ LDR ได้ เราอาจวัดความต้านทานของ LDR ได้โดยอ้อมดังนี้ โดยอาศัยวงจรแบ่งแรงดัน เราได้ความสัมพันธ์ระหว่าง V และ V´ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



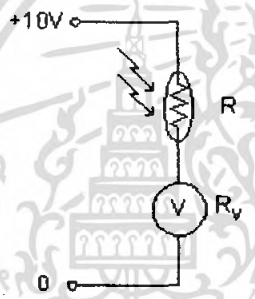
$V' = (R'/R+R).V$

ดังนั้นค่า R จึงเป็น

$R = R'\{(V/V')-1\}$

รูปที่ 2.26 วงจรแบ่งแรงดัน

เราสามารถใช้หลักการนี้วัดความต้านทานของ LDR ได้ โดยการต่อ LDR อนุกรมกับโวลท์มิเตอร์แล้วต่อกับแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.27



ความต้านทาน R จะหาได้จาก

$R = Rv\{(V/V)-1\}$

โดยที่ V = 10 โวลท์

V = แรงดันที่อ่านได้จากโวลท์มิเตอร์

Rv = ความต้านทานของโวลท์มิเตอร์ซึ่งมีค่าเป็น 20 KΩ/V

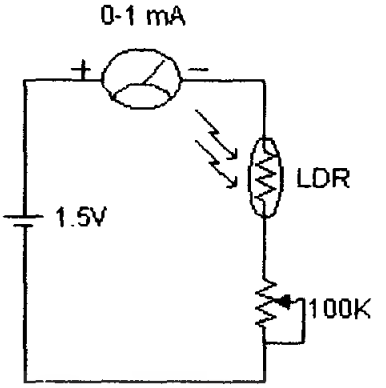
รูปที่ 2.27 การต่อ LDR อนุกรมกับโวลท์มิเตอร์

ดังนั้นถ้าตั้งสเกลของโวลท์มิเตอร์ไว้ที่ 10 V ความต้านทานของโวลท์มิเตอร์จะเป็น (10)*(20K) = 200 KΩ หรือตั้งสเกล 5 V จะได้ Rv เป็น (5)*(20K) = 100KΩ เป็นต้น

2.5.4 การนำ LDR ไปใช้งาน

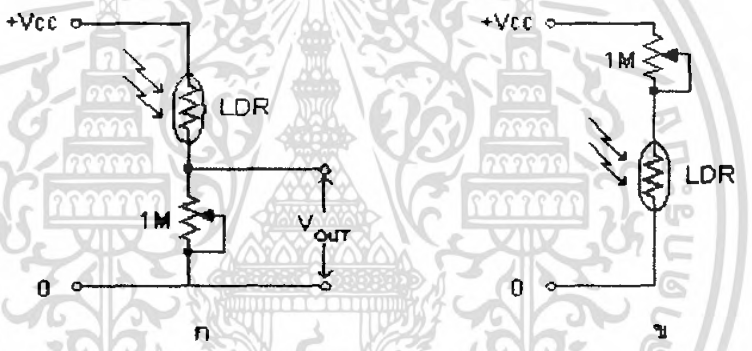
จากหลักการดังกล่าวแล้วจะเห็นว่าเมื่อมีแสงสว่างมาตกที่ตัว LDR กระแสที่ไหลผ่านตัว LDR จะสูงเนื่องจากมีความต้านทานต่ำ และเมื่อไม่มีแสงความต้านทานของ LDR มีค่าสูง ทำให้กระแสไหลได้น้อย เราจึงอาจนำ LDR ไปเป็นส่วนประกอบของมิเตอร์วัดความเข้มแสงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 การใช้ LDR เป็นส่วนประกอบของวงจรมิเตอร์วัดแสงอย่างง่าย

นอกจากนี้เราอาจใช้ LDR ในวงจรสวิตช์ควบคุมด้วยแสงได้ดังนี้



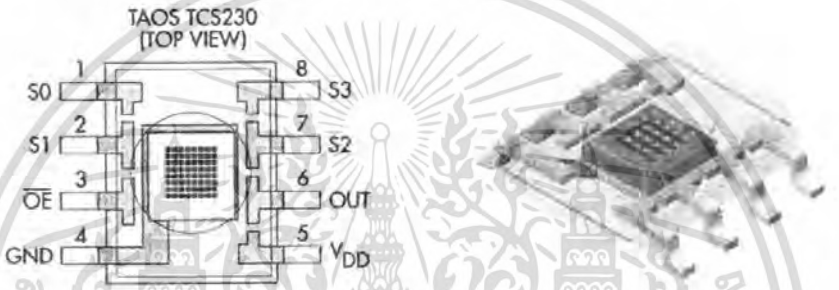
รูปที่ 2.29 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตช์

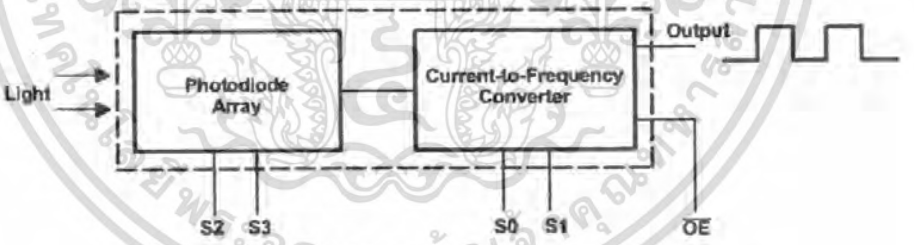
ในรูปที่ 2.29 LDR และความต้านทานปรับค่าได้ 1 MW เป็นวงจรแบ่งแรงดันรูป ก. แรงดัน Vout จะมีค่าเกือบเท่ากับ Vcc เมื่อมีแสงมาตกและจะมีค่าน้อยเมื่อไม่มีแสงมาตาก ส่วนรูป ข. เป็นแบบตรงกันข้าม คือเมื่อมีแสงมาตก แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าต่ำ และจะมีค่าสูงเมื่อไม่มีแสงมา

2.6 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าสี (color light-to-frequency converter)

ET-TCS230 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้นำเอาอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดค่าระดับความสว่างของสี คือ TCS230 ซึ่งอุปกรณ์ตัวดังกล่าวนี้สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณ- ความถี่เอาต์พุต สี่เหลี่ยม (Square wave) โดยมีค่าduty cycle เป็น 50%ซึ่งความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะมีผล ความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวเซนเซอร์โดยโครงสร้างของ TCS230 นั้นจะประกอบไปด้วย โฟโต้ไดโอดขนาด 8x8 ตัว ซึ่งมีการจัดเรียงกันแบบอาร์เรย์ โดยโฟโต้ไดโอดเหล่านี้จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ โฟโต้ไดโอดที่มีฟิลเตอร์ สีแดง (Red) , เขียว (Green) , น้ำเงิน (Blue) และ แบบไม่มีฟิลเตอร์ (Clear) จำนวนชุดละ 16 ตัว ซึ่งแต่ละ กลุ่มก็จะตอบสนองต่อสนองต่อความสว่างของสีแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของฟิลเตอร์นั้นๆ

รูปที่ 2.30 โครงสร้างของ TCS230



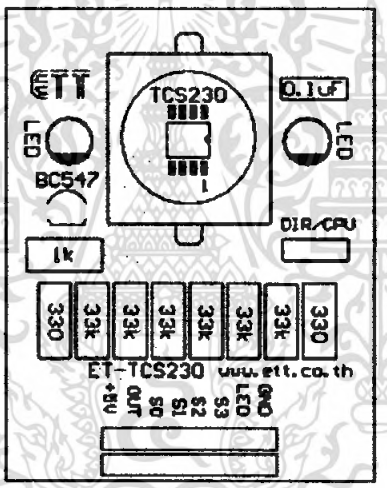
รูปที่ 2.31 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ TCS230

จากรูปบล็อกไดอะแกรม แสง (Light) จะเข้ามาตกกระทบที่โฟโต้ไดโอด (Photodiode Array) ซึ่งเราสามารถเลือกชนิดฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอด ได้จากขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า และ จะถูกส่งไปยังภาค Current-to-Frequency Converter เพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณความถี่ออกไปที่ขาสัญญาณ Output โดยมี S0 และ S1 เป็นตัวกำหนดช่วงของสัญญาณความถี่ที่เราต้องการ ส่วนขาสัญญาณ OE ทำหน้าที่ควบคุมการ Enable และ Disable ของสัญญาณ Output ซึ่งจะแอคทีฟที่สัญญาณลอจิก “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติบอร์ด ET-TCS230

- **ให้ค่าความละเอียดของผลลัพธ์สูง (ค่าจากการแปลงความเข้มของแสงไปเป็นความถี่ fo)**
- **สามารถโปรแกรมเลือกตรวจวัดค่าสีจากฟิลเตอร์ (RED, Green ,Blue และ Clear) ตามต้องการ และ กำหนดระดับสัญญาณของเอาต์พุต fo (Frequency Output) ได้**
- **สามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ เขากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง**
- **ทำงานที่แรงดัน** 2.7 V **ถึง** 5.5V
- TCS230 **เป็นชิพที่มีคุณสมบัติกินกำลังงานต่ำ**
- **ค่าความคลาดเคลื่อน** 0.2% **ที่ความถี่** 50kHz
- **มีหลอดไฟ** LED **สำหรับทำการสะท้อนสีของวัตถุ**

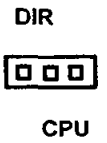


รูปที่ 2.32 **รายละเอียดของบอร์ด**

2.6.1 รายละเอียดของบอร์ด

2.6.1.1 DIR/CPU **เป็นจัมเปอร์สำหรับเลือกการทำงานของหลอดไฟ** LED **ซึ่งมีหน้าที่ในการสะท้อนแสงสีของวัตถุมายังเลนส์ของตัวเซนเซอร์** TCS230 **โดยสามารถเลือกได้สองลักษณะคือ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DIR = การเชื่อมต่อวงจร LED ให้ทำงาน (ติดสว่าง) ตลอดเวลาโดยไม่ต้องมีการควบคุมใดจาก CPU

CPU = คือ การควบคุมการทำงานของ LED ด้วย CPU หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายนอก ซึ่งจะควบคุมที่ขาสัญญาณ LED ของคอนเนกเตอร์ 8 PIN

2.6.1.2 ขาสัญญาณต่างๆ

จะถูกจัดเรียงเป็นคอนเนคเตอร์ขนาด 8 PIN โดยมีทั้งตัวผู้และตัวเมีย เพื่อความสะดวกในการ ต่อใช้งานซึ่งขาสัญญาณต่างๆ มีหน้าที่ดังนี้

1) +5V คือ ขาสัญญาณไฟเลี้ยงแรงดันไฟบวก 5 โวลท์

2) OUT คือ ขาสัญญาณเอาต์พุต โดยให้ค่าออกมาเป็นความถี่ (fo) เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม Duty cycle 50% ซึ่งค่าความถี่จะแปรผันตามค่าของแสงที่ตกกระทบ ชนิดของฟิลเตอร์

3) S0 และ S1 เป็นขาสัญญาณเลือกระดับของสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo) โดยสามารถเลือกได้ 4 ระดับดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.15 การกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo)

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (fo)
0	0	Power down (ไม่ผลิตสัญญาณความถี่)
0	1	2% (ความถี่ต่ำ)
1	0	20% (ความถี่ที่ 20%)
1	1	100% (ความถี่สูงสุด)

4) S2 และ S3 เป็นขาสัญญาณที่ใช้เลือกชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่เราต้องการอ่าน ค่าดังรางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.16 การกำหนดชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่ต้องการวัดสัญญาณ

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
0	0	แดง (Red)
0	1	น้ำเงิน (Blue)
1	0	ไม่มีฟิลเตอร์ (Clear : no filter)
1	1	เขียว (Green)

5) LED เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมหลอดไฟ LED ให้ติดสว่าง หรือ ดับ ทั้งนี้หากต้องการที่จะควบคุมการทำงานของ LED จากขาสัญญาณนี้จะต้องทำการเลือกจัมเปอร์ DIR/CPU มาอยู่ที่ตำแหน่ง CPU ด้วย จึงจะสามารถทำการควบคุมการทำงานของหลอด LED ได้

ตารางที่ 2.17 สรุปหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของ IC TCS230

ขาสัญญาณ	I/O	คำอธิบาย
GND		*Power supply ground*
OE	Input	ขาสัญญาณ Enable สัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo) ทำงานที่ลอจิก "0" โดยในบอร์ด ET-TCS230 ได้ทำการต่อ Enable ไว้ให้แล้ว
OUT	Output	ขาสัญญาณความถี่เอาพุต(fo) ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าความสว่างของสี
S0,S1	Input	ขาสัญญาณอินพุต กำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต(สามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 15)
S2,S3	Input	ขาสัญญาณเลือกประเภทของ Photodiode หรือ สีของฟิลเตอร์ที่ต้องการ (สามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 16)
VDD		Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การนำไปใช้งาน

ขาสัญญาณ S0 และ S1 ได้มีการต่อตัวต้านทาน Pull-Up ไว้ (S0=1,S1=1) ซึ่งจะทำให้ระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุตอยู่ในระดับ 100% อยู่แล้ว ซึ่งถ้าหากต้องการระดับสัญญาณที่ 100% ก็ไม่จำเป็นต้อง ต่อสัญญาณมาควบคุม (แต่ถ้าต้องการที่ระดับต่างๆจะต้องต่อสัญญาณมาควบคุมดูรายละเอียดในตารางที่ 15) ซึ่งขาสัญญาณที่จำเป็นต้องควบคุมก็คือขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยวิธีการในการอ่าน ค่าสีจากตัวเซนเซอร์ดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยการเลือกฟิลเตอร์ของสีที่เราต้องการ อ่านจากนั้นทำการนับสัญญาณความถี่ (fo) ที่ขาสัญญาณ OUT แล้วทำการเก็บค่าไว้ซึ่งควรจะทำการแยกเก็บตัวแปรออก เป็น 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรเก็บค่าสี แดง (Red) , เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) ซึ่งสามารถสรุปตาม ตัวอย่างขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ตัวอย่างขั้นตอนการอ่านค่าสี RGB

(1). กำหนดลอจิกให้กับ S0 และ S1 เพื่อกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุตในช่วงที่ ต้องการ (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1)

(2). กำหนดลอจิกให้ S2=0, S3=0 เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีแดง

(3). นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Red_result

(4). กำหนดลอจิกให้ S2=0, S3=1 เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีน้ำเงิน

(5). นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Blue_result

(6). กำหนดลอจิกให้ S2=1, S3=1 เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีเขียว

(7). นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Green_result

หมายเหตุ : จะต้องทำการ On หรือ ส่งลอจิกให้ LED ติดสว่างทุกครั้งที่ทำการอ่านค่าสัญญาณสีเพื่อให้แสงของ LED สะท้อนแสงของสีวัตถุเข้ามาหาตัวเซนเซอร์ หรือ ถ้าหากต้องการให้หลอดไฟ LED ติดสว่างตลอดเวลาก็ให้เลือกจัมเปอร์ DIR/CPU มาที่ตำแหน่ง DIR

2.6.3 การใช้งาน ET-TCS230

จากตัวอย่างในขั้นต้นเราจะได้ผลลัพธ์ออกมา 3 ค่า คือ Red_result, Blue_result และ Green_result ซึ่งค่าทั้ง 3 นี้จะเป็นความสัมพันธ์ของสีที่เกิดขึ้น หรือ เรียกได้เป็นค่าของแม่สี RGB (Red, Green, Blue) โดยสีทั่วๆไปจะมีค่าสีRGB แตกต่างกันไป เราจึงสามารถจำแนกสีออกเป็นสีต่างๆได้จากความสัมพันธ์ของค่า RGB ที่ได้นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์แม่เหล็ก (Megnatics device) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กรีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย

2.7.1 โครงสร้างของรีเลย์

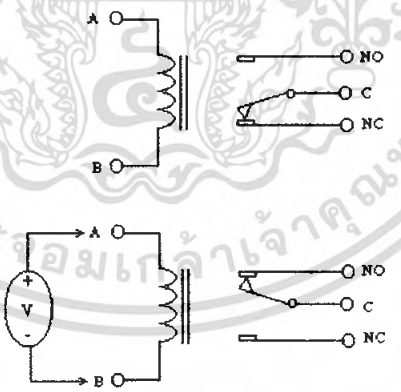
ภายในโครงสร้างของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวด (Coil) 1 ชุด และ หน้าสัมผัส (Contactor) ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด จะประกอบไปด้วย

2.7.1.1 หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC.) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (Common)

2.7.1.2 หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO.) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (Common) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ)

2.7.2 หลักการทำงานของรีเลย์

ในรีเลย์ 1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด เช่น 2 ชุด, 4 ชุด เป็นต้น (แล้วแต่ผู้ผลิต) เมื่อขดลวดได้รับแรงดันตกคร่อม (ขา A และ B) จะทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้เกิดอำนาจสนามแม่เหล็กดึงดูดให้หน้าสัมผัส NO และ C ติดกัน ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แสดงหน้าสัมผัสของรีเลย์ทั้งในกรณีที่มีและไม่มีแรงดันตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ทฤษฎีการทำงานของรีเลย์

ทฤษฎีการทำงานของรีเลย์แบบนี้ก็มีว่า

แรงดึงดูดแม่เหล็กไฟฟ้า α (airgap flux, Φ) 2

ถ้าเราไม่คิดว่าแม่เหล็กมีการอิ่มตัว จะได้ว่า

$$\Phi \alpha I$$

ดังนั้น

แรงดึงดูดแม่เหล็กทั้งหมด $F = K1I2 - K2$

เมื่อ F = แรงลัพท์ที่จะดูดตัวหน้าสัมผัส

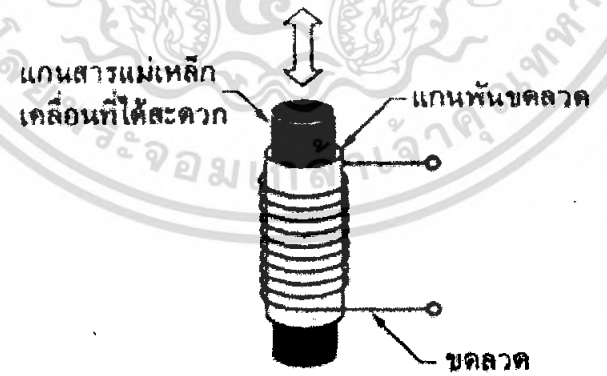
K1 = ตัวคงที่สำหรับแปลี่ยนค่ากระแสเป็นแรง

I = ค่ากระแส rms ในขดลวด

K2 = แรงต้านการดูด (สปริง)

2.8 โซลินอยด์

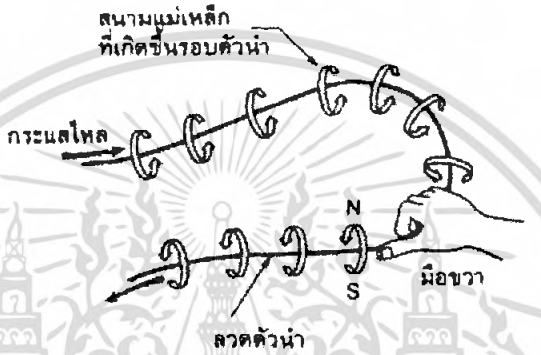
เราใช้โซลินอยด์มาประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเชื่อมโยงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยตรง โดยสัญญาณไฟฟ้า ที่ป้อนเข้ามาทางขดลวด จะทำให้แกนสารแม่เหล็กของโซลินอยด์เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่นี้เองที่เรานำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขัดกลอนประตูเอาไว้, ไปถีบกระเดื่องทำให้กลไกทำงาน หรือ หยุดทำงาน ฯลฯ เราจะมาศึกษาโซลินอยด์ที่ใช้กันซึ่งมีทั้ง ชนิดใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง



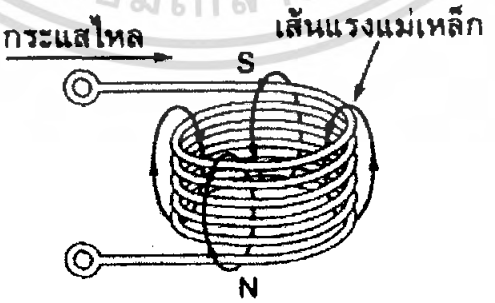
รูปที่ 2.34 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำใดๆ ก็ตามจะ เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆตัวนำนั้น (ดูรูปที่ 2.35) และยังออกกฎมือขวามาให้ดูทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กด้วย คือ ถ้าเอามือขวากำรอบเส้นลวด (อย่าเอาไปใช้กับไฟ 220 V หรือ สูงกว่า เพราะอาจไม่มีโอกาสปล่อยมือได้) โดยนิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางกระแสไหล นิ้วที่เหลือทั้งหมด (ซึ่งมี 4 นิ้ว และ จะหันไปทางเดียวกัน ถ้านิ้วไม่เก) จะแสดงทิศทางเส้นแรง แม่เหล็กจากขั้วใต้ ไปขั้วเหนือ

รูปที่ 2.35 แสดงถึงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด

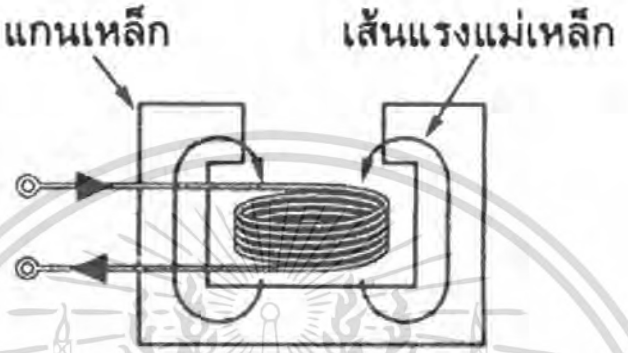
เมื่อเราเอาเส้นลวดที่ยาวกว่าหน่อยมาขดเป็นวงๆ หลายๆ วง ก็จะเกิดลักษณะของขดลวดขึ้น ดังรูปที่ 2.36 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละขดจะอยู่ในทิศทางเสริมกัน และก่อกำเนิดเป็นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กถาวรแท่งหนึ่ง ซึ่งพร้อมที่จะดูดสารแม่เหล็กทันที แต่เนื่องจากสภาพรอบๆ ขดลวดอาจเป็นอากาศ เส้นแรงแม่เหล็กจึงไม่เข้มข้นมากนัก



รูปที่ 2.36 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล

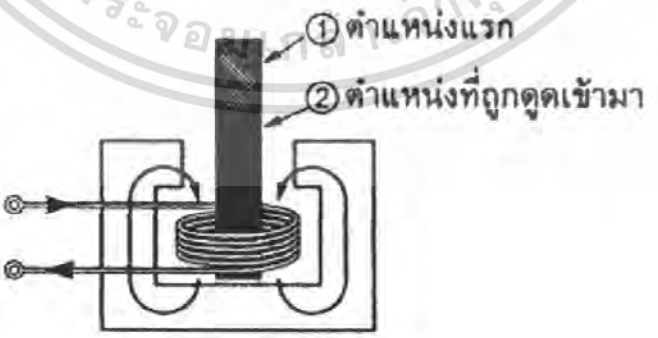
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะไม่ให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกระจัดกระจาย เขาจึงใส่แกนเหล็กอ่อนรูปตัว C เข้ามารอบๆขดลวด เพื่อให้สนาม แม่เหล็กมากขึ้นดังรูปที่ 2.37 ถ้าเอาแกนกระทุ้ง (plunger) มาใส่เข้าไปตรงกลางขดลวดในตำแหน่งที่ 1 แกนกระทุ้งจะถูกดูดให้ลึกเข้ามาจนสนิทในตำเหน่งที่ 2 ยิ่งระยะทางใกล้มากเท่าไรแรงดูดก็จะมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 2.37 แสดงการเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก

มีข้อแตกต่างอยู่ระหว่างโซลินอยด์ไฟตรง และโซลินอยด์ไฟสลับ คือ ในโซลินอยด์ไฟตรง กระแสที่ไหลในขดลวด จะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าแกนกระทุ้งจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม แต่โซลินอยด์ไฟสลับ กระแสในขณะที่แกนกระทุ้ง อยู่นอกขดลวดจะมีค่าสูง และเมื่อแกนกระทุ้งถูกดูดเข้ามาจนสุดขดลวด กระแสจะลดต่ำลง ลักษณะแบบนี้นี่เองที่ทำให้เราต้อง ระวังอย่าให้เกิดการกระทุ้งในโซลินอยด์ไฟสลับ เพราะจะทำให้เกิดกระแสมากๆ ไหลค้างอยู่ ทำให้ขดลวดร้อนขึ้น และ อาจจะไหม้เสียหายได้



รูปที่ 2.38 แสดงการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงสร้างของโซลินอยด์แบบไฟสลับนั้นจะต้องพันขดลวด shaded coil หรือ แหวน (ring) ซึ่งเป็นลวดพันรอบแกนเหล็กเพียงรอบเดียวหรือไม่กี่รอบลัดวงจรเอาไว้เลย จุดประสงค์ที่พันไว้เพราะในไฟสลับ กระแสจุลดลงมาเป็นศูนย์ นี้เองทำให้แรงดูดแม่เหล็กลดลง และ ทำให้เกิดเสียงหึ่งๆ ขึ้น และ การดูดก็ไม่แน่นแฟ้น ขดลวดแหวนที่เพิ่มเติมเข้าไปนี้ จะทำ ให้วงจรแม่เหล็กเกิดเป็นสภาพ 2 เฟส คือ แม้ในขณะที่กระแสเป็นศูนย์ ก็ตาม ขดลวดแหวนซึ่งมีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็ก จะยังคงมีแรงแม่เหล็กมาเสริมการดูดในช่วงนี้ได้ แต่ก็จะทำให้เกิดการสูญเสีย (loss) ของความร้อนในขดลวดบ้างเป็นข้อแลกเปลี่ยน

2.8.2 ขั้นตอนการเลือกใช้โซลินอยด์

ก็ไม่มีอะไรยุ่งยากมากนัก เราจะคำนึงถึงหลักใหญ่ๆ คือ

1. แรงดันใช้งานไม่ว่าจะเป็นไฟตรงหรือ ไฟสลับ ถ้าเป็นไฟสลับก็ต้องดูความถี่ใช้งานให้ตรงตามต้องการด้วย

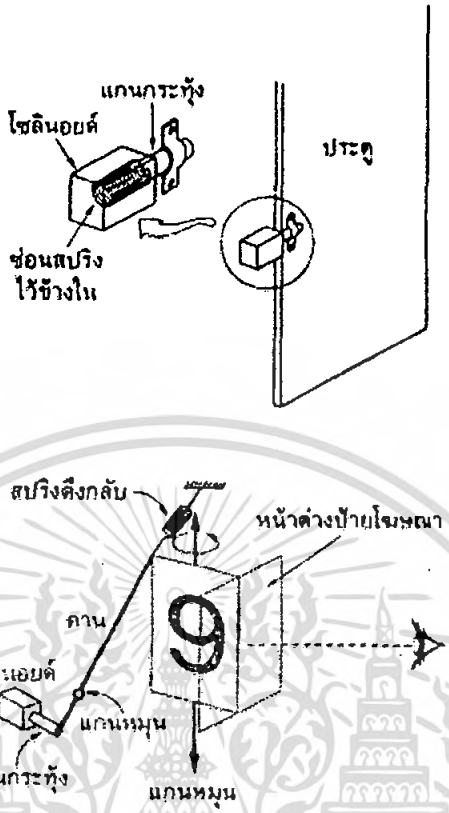
2. ช่วงชักใช้งาน (operating stroke) ของโซลินอยด์จะต้องเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใด (จะกำหนดเป็นมิลลิเมตร)

3. ขนาดของโหลด ว่าต้องใช้แรงขนาดเท่าใดมักจะบอกเป็นกรัม

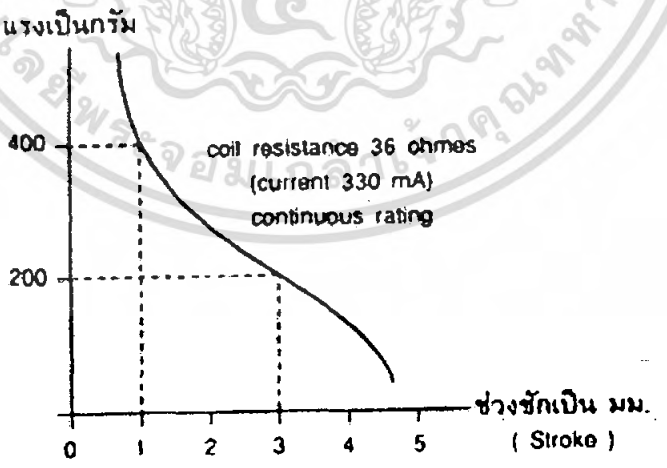
4. ใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ การใช้งานต่อเนื่อง (continuous) หมายถึง เราอาจจะใส่แรงดันไฟเข้าขดลวดค้างไว้ได้เลยโดยขดลวดไม่ไหม้หรือเป็นแบบจังหวะๆ (intermitent duty)

ในรูปที่ 2.40 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ จะเห็นว่าช่วงชักไกลๆ จะมีแรงน้อยมาก และที่ระยะใกล้เข้ามาแรงก็จะมากขึ้นเป็นทวีคูณ ในกรณีนี้โซลินอยด์จะให้แรงดูด 200 กรัม ที่ระยะช่วงชัก 3 มม. และ จะให้แรงถึง 400 กรัมในช่วงชักสั้นๆ ขนาด 1 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน



รูปที่ 2.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ไฟตรง 12 V ยี่ห้อ โคอิเกะ รุ่น SB-102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

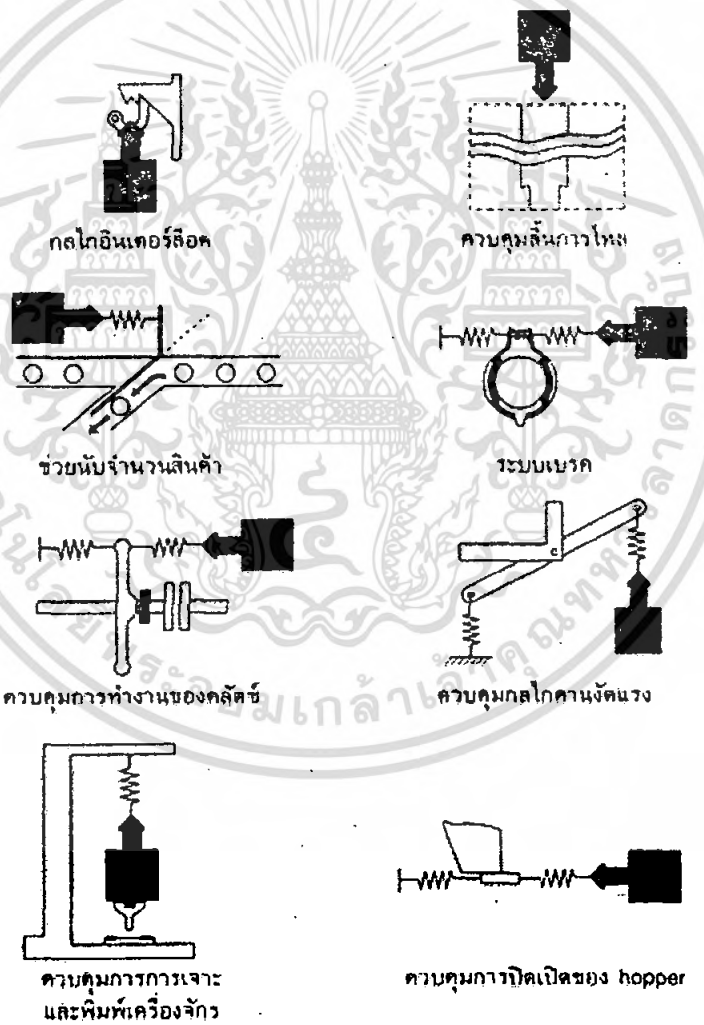
2.8.3 แนวความคิดในการนำเอาโซลิ นอยด์ไปประยุกต์ใช้

สำหรับโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก

1. ทำเป็นกลอนล็อกประตู เมื่อมีแรงดันมาที่ขอลวดโซลินอยด์ก็จะดึงแกนกระทุ้งกลับเป็นการปลดล็อก

2. ชูป้ายโฆษณา (display) ในกรณีนี้ถ้าโซลินอยด์ยังไม่ทำงาน สปริงจะถึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้ายทำให้เราไม่เห็นตัวหนังสือแต่ถ้าโซลินอยด์ได้รับแรงดันเข้ามาแกนกระทุ้งจะถูกดูดทำให้คานดีดงัด หน้าป้ายโฆษณาออกมา ให้เราเห็นได้

3. ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์ รถยนต์ และ อื่นๆ อีกมาก



รูปที่ 2.41 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมาก (เช่นในงานอุตสาหกรรม) ขอให้ดูรูปที่ 2.41 ประกอบด้วย

1. กลไกอินเตอร์ล็อก ใช้กับพวกเครื่องหยอดเหรียญต่างๆ, เครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์, กระเดื่องทริป ของเซอกิตเบรกเกอร์ ฯลฯ

2. ควบคุมลิ้นของไหล พวกลิ้นปิดเปิดทางเดินของลม หรือ น้ำมันในระบบนิวแมติก และไฮโดรลิกส์, ควบคุมลิ้นทิ้งน้ำของ เครื่องซักผ้า

3. ช่วยในการนับจำนวนสินค้า โดยวงจรนับจะส่งแรงดันมาที่โซลิ นอยด์ เป็นช่วงเวลาที่จะได้จำนวนตามต้องการ.โซลิ นอยด์ จะดูด และ เบนทิศทางสินค้าไปลงหีบห่อ ตามจำนวนที่ถูกต้อง

4. ระบบเบรก ใช้ควบคุมระบบเบรกในเครื่องจักรกล, เครื่องมือช่างไม้, ลิฟท์, รอก ฯลฯ

5. ควบคุมการทำงานของคลัทช์ โดยการดึงให้หน้าคลัตช์เข้ามาแตะกันเป็นการถ่ายทอดกำลังผ่านไปได้

6. ควบคุมกลไกดานงัดแรง ในเครื่องมือสำนักงาน, เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์, เครื่องบันทึกสัญญาณ

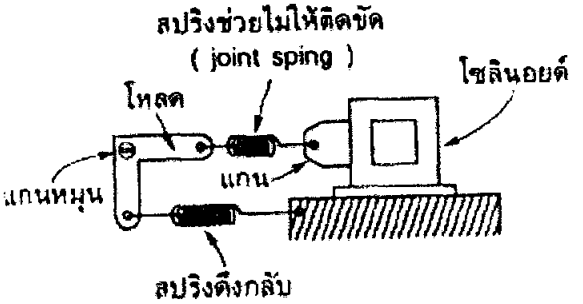
7. ควบคุมการเจาะและพิมพ์ของเครื่องจักร ก็โดยการดัดแปลงติดตั้งหัวเจาะ และ พิมพ์เข้าบนแกนของโซลินอยด์

8. ควบคุมการปิดเปิดของฮอปเปอร์ (hopper - คล้ายกับปากกรวย มีหน้าที่เป็นทางไหลของวัตถุที่อยู่ในโซโล)

2.8.4 ข้อระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อายุยืนยาวที่สุด

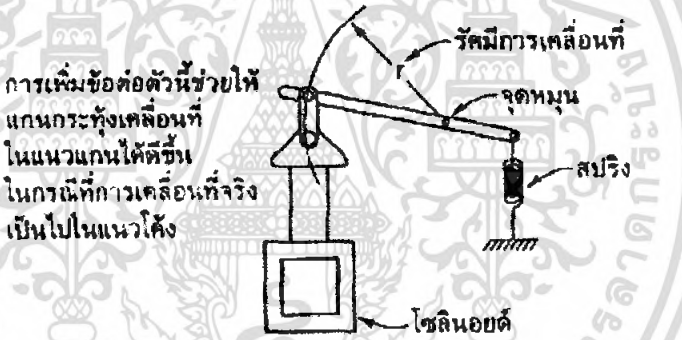
1. ถ้าคุณกำลังใช้โซลินอยด์ไฟสลับจะต้องทำกลไกให้มั่นใจได้ว่า โซลินอยด์จะดูดแกนเข้ามาหาสุดตัวเต็มที่ ถ้าไม่เช่นนั้น กระแสในโซลินอยด์จะสูงและเกิดความร้อน และขดลวดอาจจะไหม้ได้ การดัดแปลงแก้ไขก็ กระทำกันดังรูปที่ 2.42 โดยถ้าเกิดมีการ ติดขัดด้านโหลด สปริงเชื่อมต่อ (joint spring) เพิ่มเติมนี้จะยืดตัวให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปสุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แสดงการเพิ่มเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่า

2. ควรระวังให้แนวการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนเสมอในกรณีที่ การเคลื่อนที่จะเป็นส่วนโค้ง ก็อาจเพิ่มข้อต่อ เข้ามาดังรูปที่ 2.43 เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนมากขึ้น



รูปที่ 2.43 แสดงการใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทุ้งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน

3. พยายามอย่าวางตำแหน่งโซลินอยด์อยู่ใกล้หรือติดกับสารแม่เหล็ก เพราะอาจจะมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งรั่วไหลออกไป ได้อันจะเป็นเหตุให้แรงดึงดูดลดลง ควรแก้ไขโดยเพิ่มฉนวนแม่เหล็กแทรกเข้าไปด้วย

4. ต้องติดตั้งตัวถังโซลินอยด์ให้แน่นหนา เนื่องจากโซลินอยด์เป็นตัวส่งกำลังทางกล ฉะนั้นเมื่อมีแรงกริยาออกมา ก็ย่อม ต้องมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับตัวถังของโซลินอยด์ ถ้ายึดไม่แน่นพอในระยะยาวอาจจะทำให้เกิดการสั่น หรือหลุด หรือหลวมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ และการสร้าง

รูปที่ 3.1 Block diagram โดยรวมทั้งหมด

3.1 หน่วยประมวลผลหลัก

ส่วนแรกเป็นส่วนของ การประมวลผลหลัก โดยรอรับข้อมูลเข้ามาที่ data in ที มีขนาด 3 bit รอการรับข้อมูลจากส่วนประมวลผลรอง ซึ่งอยู่อีกส่วน โดยเมื่อระบบข้อมูลที่เป็นขนาด 3 bit ซึ่งหมายถึงว่า ธนบัตรที่รับเข้ามานั้นเป็นธนบัตรมูลค่าเท่าไหร่ การป้อนข้อมูลหลังจากที่ รับข้อมูลว่าธนบัตรที่รับเข้ามานั้นมีมูลค่าเท่าไหร่ ส่วน s3 จะเป็นปุ่ม Enter ที่จะบอกว่า ยืนยัน ว่าต้องการเติมในมูลค่าที่ป้อนเข้าไป ซึ่งแสดงผลบนจอ LCD ขนาด 16 X 2 เพื่อแสดงให้ผู้ใช้เห็นว่าต้องการเติม หลังจากที่กด ปุ่ม Enter ก็จะส่ง ลอจิก high ออกสู่ port data out 3 เพื่อส่งไปเปิดการทำงานของวงจรจ่ายน้ำ

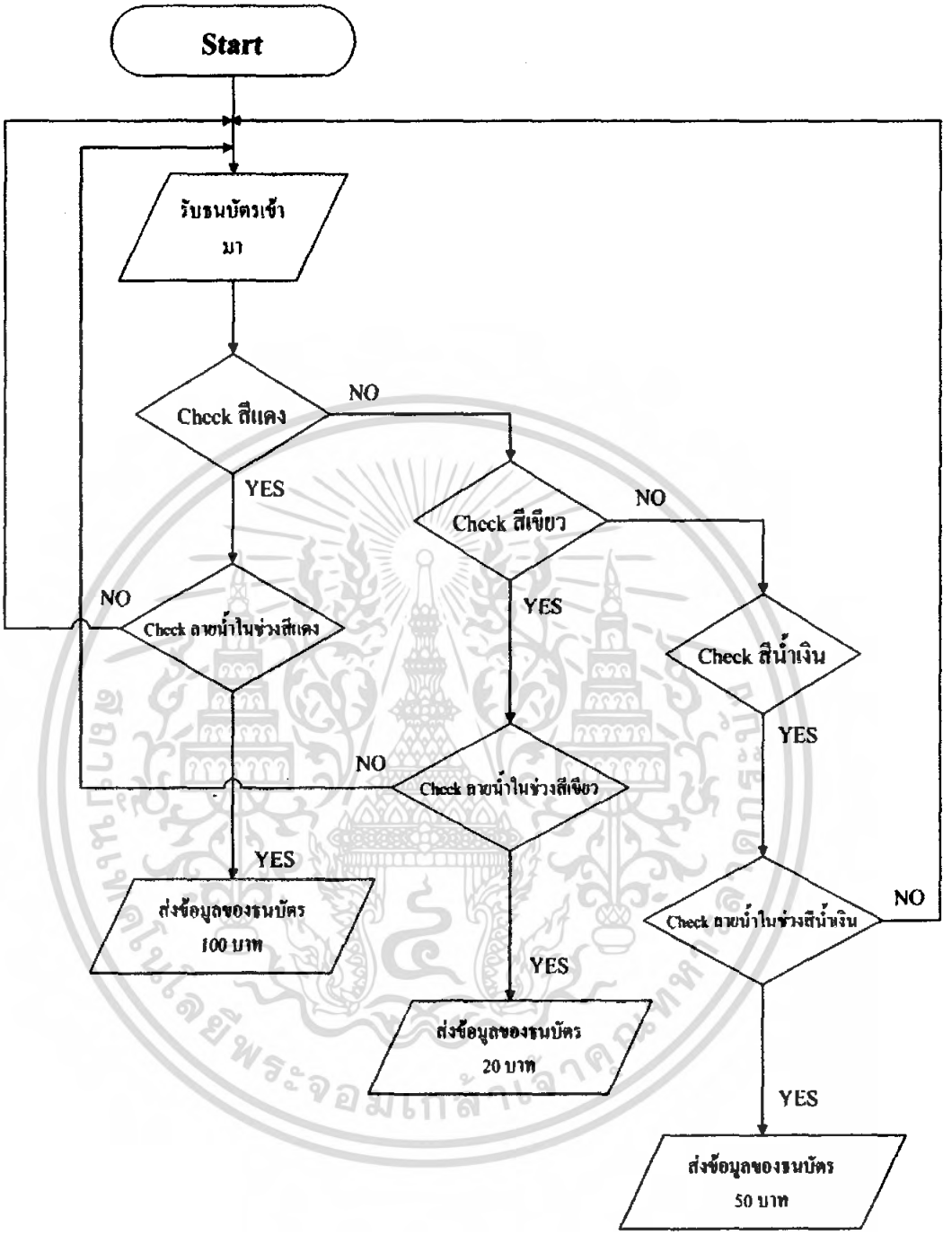
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หน่วยประมวลผลรอง

ทำหน้าที่รับธนบัตรเข้าเครื่องและทำการตรวจสอบว่าธนบัตรนั้นเป็นจริงหรือปลอม ระบุธนบัตรว่ามีราคาเท่าไหร่ เพื่อทีจะส่งไปยังสวนประมวลผลหลัก ภาคประมวลผลรองจะใช้เซ็นเซอร์ 3 จุด

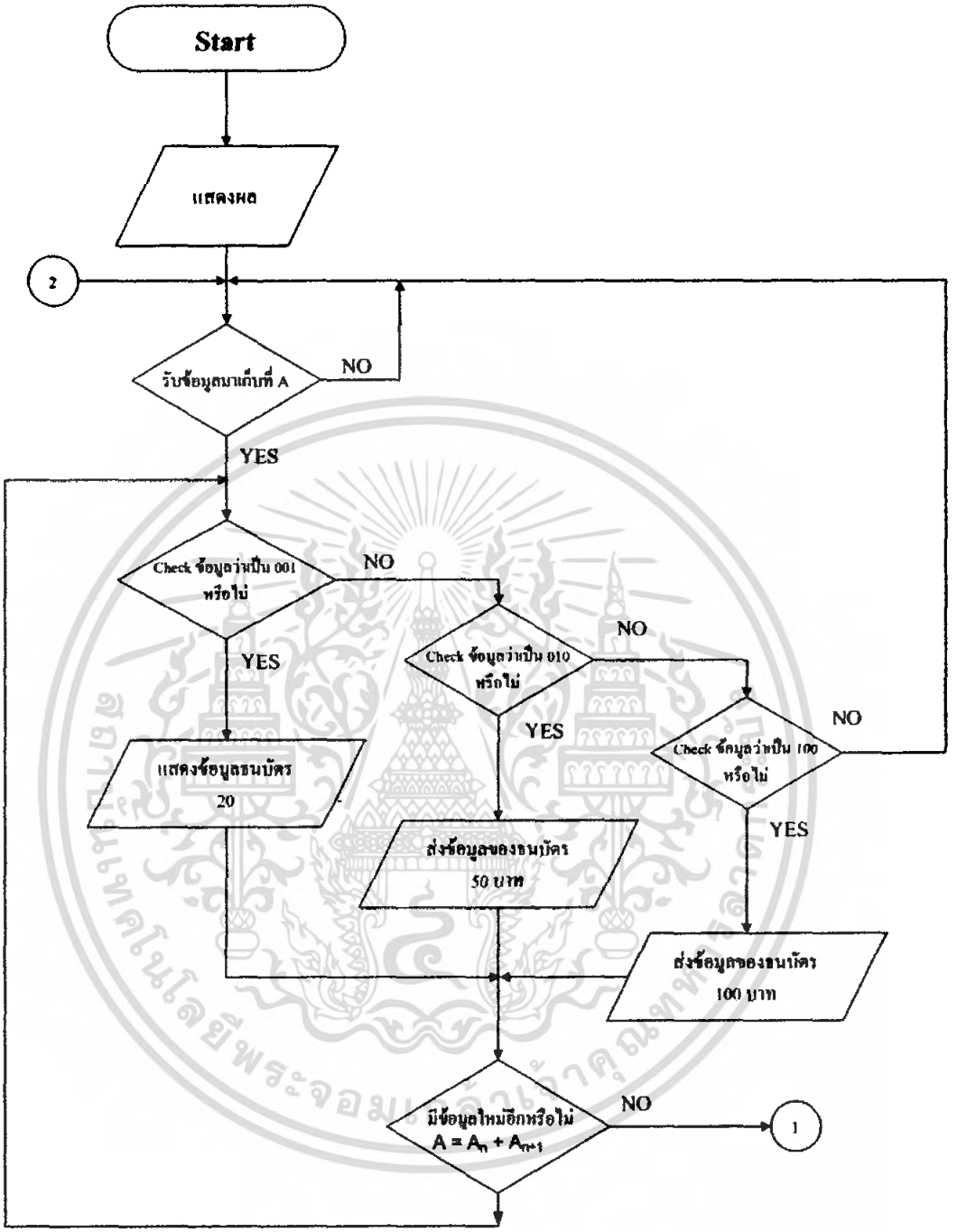
จุดแรกเป็นจุดที่ตรวจสอบการเข้ามาของธนบัตรว่าเข้ามาหรือไม่ หากมีการเข้ามาก็จะสั่งให้ motor 1 ทำการหมุนเพื่อที่จะทำการรับธนบัตรเข้าไปในเครื่องเพื่อที่จะส่งไปให้กับ sensor ชุดที่ 2 ทำการตรวจสอบซึ่งคุณสมบัติของ sensor ตัวที่สอง เป็น sensor ที่จะอ่านค่าสีว่ามีค่าเท่าไหร่ในรูปของ ความถี่ ซึ่งจะส่งเข้าไปในส่วนประมวลผลรองเพื่อการประมวลผล ว่าสิ่งที่เข้ามาเป็นธนบัตรหรือสิ่งที่ไม่ใช่ธนบัตร จากนั้นจะทำการเก็บค่าแม่สีของธนบัตรที่เข้ามา ว่ามีค่าเท่าไหร่ จากนั้นก็จะ ทำการฉายหลอด black light หรือหอดไฟสีม่วงเข้าไปเพื่อตรวจหาลายน้ำซึ่งจะเป็นส่วนของ sensor 3 ทำการตรวจสอบและส่งข้อมูลเข้าไปสู่หน่วยประมวลผลรองซึ่งข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของดิจิตอล เพื่อเอาข้อมูลทั้งหมดมาทำการตรวจสอบและวิเคราะว่าธนบัตรมีค่าเท่าไหร่ จริงหรือปลอม เป็นไปตาม flow chart ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



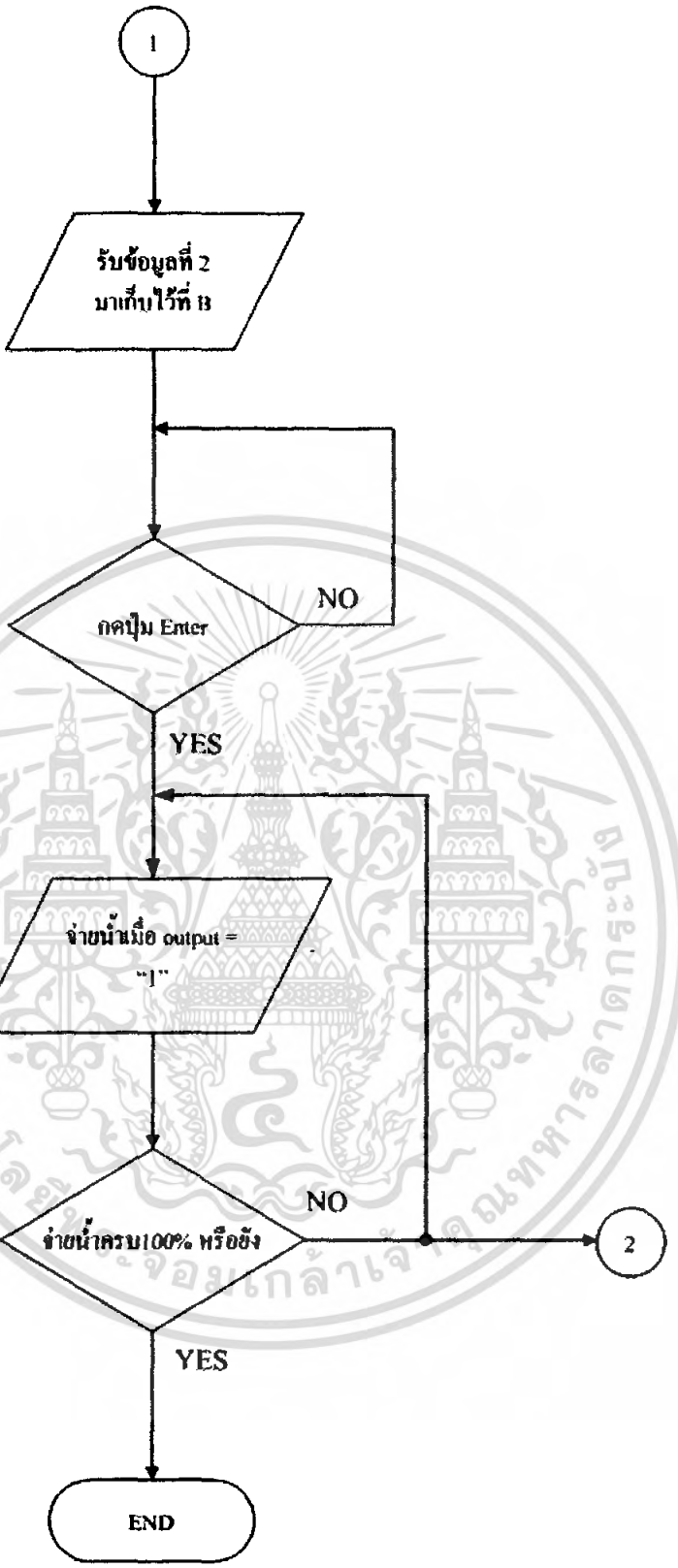
รูปที่ 3.2 ส่วนประมวลผลรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 หน่วยประมวลผลหลัก

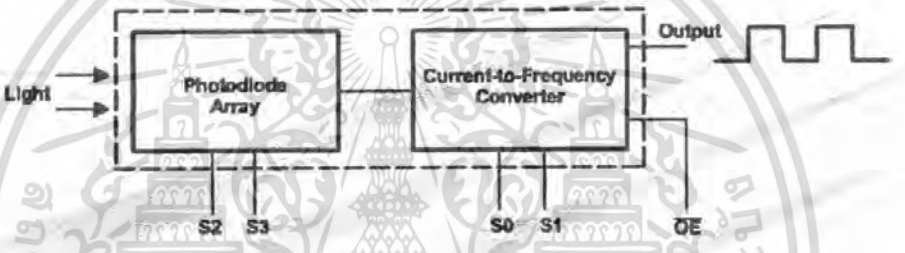
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Flowchart การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-TCS230 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้นำเอาอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดค่าระดับ ความสว่างของสี คือ ซึ่งอุปกรณ์ตัวดังกล่าวนี้สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณ-ความถี่เอาต์พุตสี่เหลี่ยม (Square wave) โดยมีค่าduty cycleเป็น 50%ซึ่งความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะมีผลความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวเซนเซอร์ โดยโครงสร้างของ TCS230นั้นจะประกอบไปด้วยโฟโต้ไดโอดขนาด 8x8 ตัวซึ่งมีการจัดเรียงกันแบบอาร์เรย์ โดยโฟโต้ไดโอดเหล่านี้จะแบ่ง ออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ โฟโต้ไดโอดที่มีฟิลเตอร์สีแดง (Red) , เขียว (Green) , น้ำเงิน (Blue) และ แบบไม่มี ฟิลเตอร์ (Clear) จำนวนชุดละ 16ตัวซึ่งแต่ละกลุ่มก็จะตอบสนองต่อสนองต่อความสว่างของสีแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของฟิลเตอร์นั้นๆ



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ TCS230

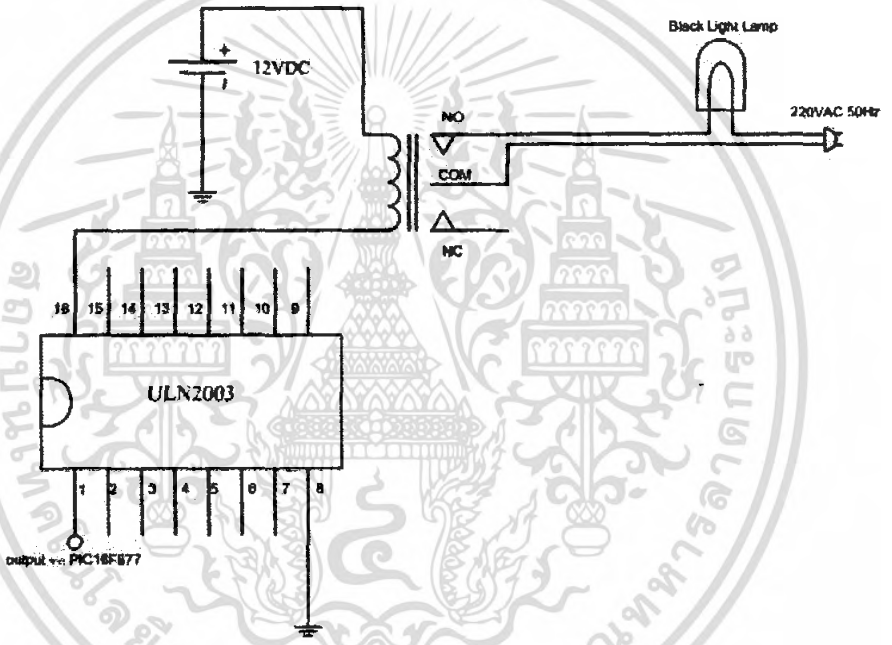
<u>คุณสมบัติบอร์ด ET-TCS230</u>

- ให้ค่าความละเอียดของผลลัพธ์สูง (ค่าจากการแปลงความเข้มของแสงไปเป็นความถี่ fo)
- สามารถโปรแกรมเลือกตรวจวัดค่าสีจากฟิลเตอร์ (RED, Green, Blue และ Clear) ตามต้องการ และ กำหนดระดับสัญญาณของเอาต์พุต fo (Frequency Output) ได้
- สามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ เขากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง
- ทำงานที่แรงดัน 2.7 V ถึง 5.5V
- TCS230 เป็นชิพที่มีคุณสมบัติกินกำลังงานต่ำ
- ค่าความคลาดเคลื่อน 0.2% ที่ความถี่ 50 kHz
- มีหลอดไฟ LED สำหรับทำการสะท้อนสีของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปบล็อกไดอะแกรม แสง (Light) จะเข้ามาตกกระทบที่โฟโต้ไดโอด (Photodiode Array) ซึ่งเราสามารถเลือกชนิดฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอด ได้จากขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า และ จะถูกส่งไปยังภาค Current-to-Frequency Converter เพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณความถี่ออกไปที่ขาสัญญาณ Output โดยมี S0 และ S1 เป็นตัวกำหนดช่วงของสัญญาณความถี่ที่เราต้องการ ส่วนขาสัญญาณ OE ทำหน้าที่ควบคุมการ Enable และ *Disable* ของสัญญาณ Output ซึ่งจะแอคทีฟที่สัญญาณลอจิก "0"

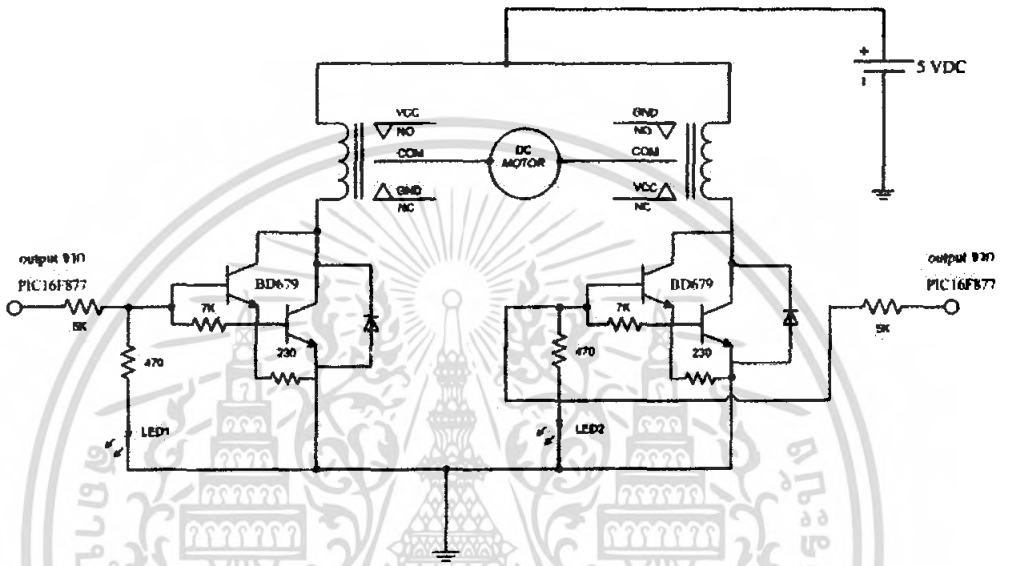
3.3 วงจรขับหลอด black light



รูปที่ 3.6 วงจรขับหลอด black light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อส่วนป้อนธนบัตรทำการป้อนธนบัตรเข้ามาแล้ว ในส่วนของวงจรเซ็นเซอร์สีจะทำการตรวจเช็คสีของธนบัตรว่ามีค่า R, G, B อยู่ในย่านของธนบัตรต้นแบบที่ทำการเก็บข้อมูลไว้แล้วหรือไม่ ถ้าอยู่ในย่านนั้นส่วนประมวลจะทำการสั่งให้หลอด Black Light ทำงานเพื่อทำการเช็คลายน้ำของธนบัตร โดยใช้ไอซี ULN2003 เป็นตัวขับกระแสให้แก่ Relay เพื่อเป็นการสวิตช์ ON หลอด Black Light ให้ติดเพื่อให้วงจรในส่วนของการเช็คลายน้ำทำงานต่อไป

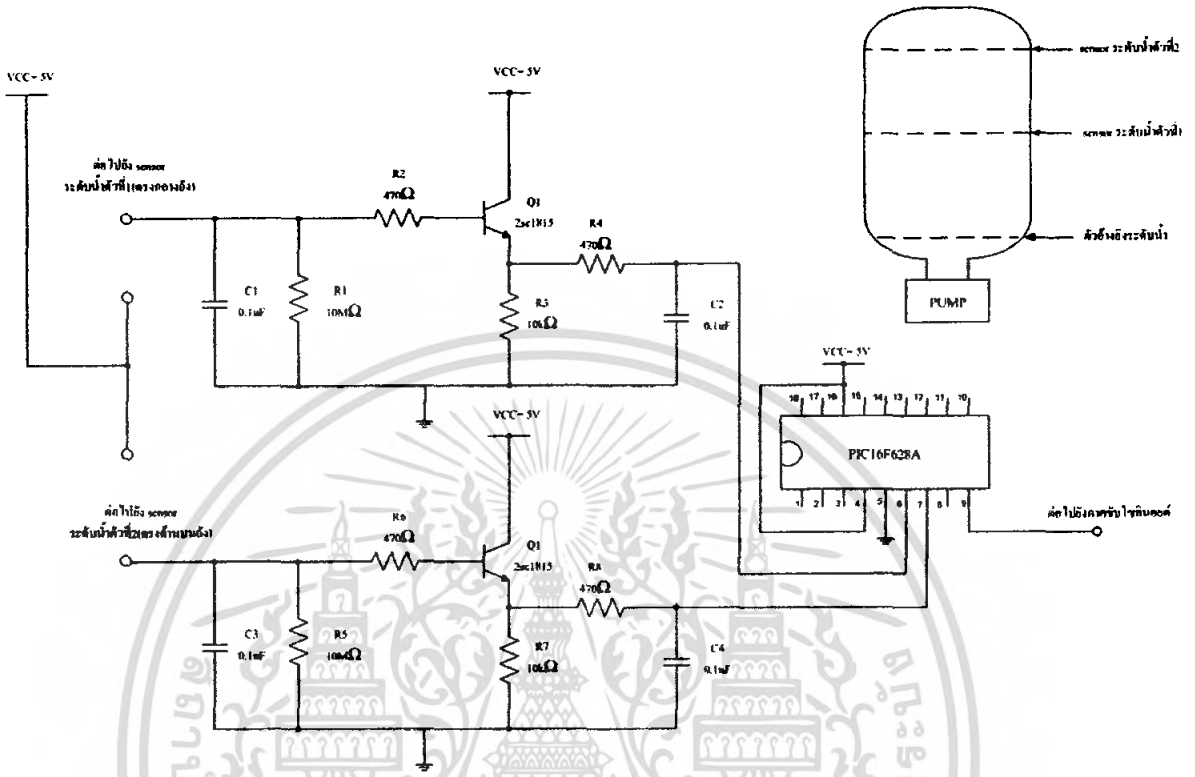


รูปที่ 3.7 วงจรขับมอเตอร์

เริ่มต้นจากวงจรสวิทช์แสง เมื่อนำธนบัตรป้อนเข้ามาธนบัตรจะบังแสงจากหลอด LED ทำให้ LDR ที่รับแสงจากหลอด LED ให้ค่าความต้านทานที่สูงประมาณ 150 KΩ ทำให้ทรานซิสเตอร์ *cut-off* ทำให้แรงดันระหว่างขา C-E มีค่าเท่ากับ VCC คือ 5V จากนั้นก็นำค่าแรงดันนี้ไปเป็นอินพุทให้กับ PIC16F877 เพื่อให้ PIC16F877 เป็นตัวสั่งให้ส่วนของวงจรขับมอเตอร์ทำงาน โดยเมื่อป้อนธนบัตรเข้ามาจากทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน ทำให้หน้าสัมผัส NO กับ COM ของ Relay 1 เชื่อมต่อกันทำให้มอเตอร์หมุนธนบัตรเข้ามา และเมื่อส่วนประมวลผลทำการเช็คว่าเป็นธนบัตรปลอมPIC16F877 จะสั่งให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงานแทน ทำให้หน้าสัมผัส NO กับ COM ของ Relay 2 เชื่อมต่อกัน และในขณะเดียวกันหน้าสัมผัส NO กับ COM ของ Relay 1 ก็จะแยกจากกัน ทำให้มอเตอร์หมุนกับทิศกับในกรณีแรก ทำให้ธนบัตรถูกป้อนออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรตรวจเช็คระดับน้ำ



รูปที่ 3.8 วงจรตรวจเช็คระดับน้ำ

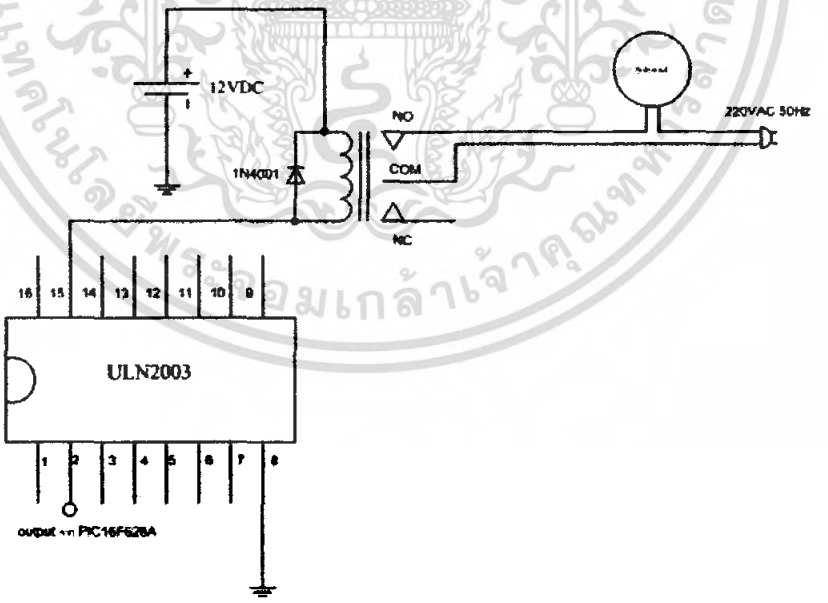
เริ่มต้นจาก จะมีเซนเซอร์วัดระดับน้ำอยู่ 3 ตัวติดตั้งตามรูปที่ 3.8 โดยจะมีเซนเซอร์ตัวล่างสุดของถังเป็นตัวอ้างอิงระดับน้ำ หลักการทำงานคือเมื่อเริ่มเปิดเครื่องเซนเซอร์จะตรวจจับระดับน้ำว่ามีระดับต่ำกว่าระดับน้ำที่ 1 หรือไม่โดยจะวัดเทียบกับเซนเซอร์ตัวล่างสุดของถังซึ่งจะเป็นตัวอ้างอิงระดับน้ำ ถ้าเช็คแล้วพบว่าระดับน้ำไม่มีในถังเลยหรือมีระดับต่ำกว่าเซนเซอร์ระดับน้ำตัวที่1 จะทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อม R1 และ R5 ทำให้ Q1 และ Q2 cutoff ทำให้มีแรงดันตกคร่อม R3 และ R7 มีค่าประมาณศูนย์โวลต์แล้วจึงนำแรงดันดังกล่าวไปเป็นแรงดันอินพุตให้กับ PIC16F628A ก็จะทำการประมวลผลแล้วทำให้ที่ขา 9 Active high ไปสั่งให้วงจรขับโซลินอยด์ทำการเปิดวาล์วน้ำให้น้ำจากภายนอกไหลเข้าสู่ถัง เมื่อระดับน้ำมีระดับสูงขึ้นเกินเซนเซอร์ระดับที่ 1 จนถึงเซนเซอร์ระดับที่ 2 จะมีผลทำให้มีแรงดันตกคร่อม R1 และ R5 ทำให้ Q1 และ Q2 ประมาณ 4 โวลต์กว่าๆจึงทำให้ Q1 และ Q2 ทำงานในโหมด saturation ทำเกิดแรงดันตกคร่อมR3 และ R7 มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าประมาณเกือบห้าโวลต์ แล้วจึงนำแรงดันดังกล่าวไปเป็นแรงดันอินพุตให้กับ PIC16F628A ก็จะทำการประมวลผลแล้วทำให้ที่ขา 9 Active low ไปสั่งให้วงจรขับโซลินอยด์ทำการปิดวาล์วน้ำไม่ให้น้ำจากภายนอกไหลเข้าสู่ถัง และเมื่อระดับน้ำมีระดับลดลงต่ำกว่าเซนเซอร์ระดับที่ 1 ก็จะทำให้ PIC16F628A active high ไปสั่งให้วงจรขับโซลินอยด์ทำการเปิดวาล์วน้ำให้น้ำจากภายนอกไหลเข้าสู่ถังจนเต็มอีกครั้งทำอย่างนี้สับกันไปเรื่อย C1-C4 มีหน้าที่บายพาสความถี่อื่นๆจากภายนอกลงกราวด์และทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R1 และ R5 มีค่าคงที่เมื่อเซนเซอร์ระดับน้ำวัดระดับน้ำที่มีการกระเพื่อมซึ่งจะทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R1 และ R5 มีการแกว่ง ตารางที่ 3.1 แสดงลำดับการทำงานของเซนเซอร์แต่ละตัว

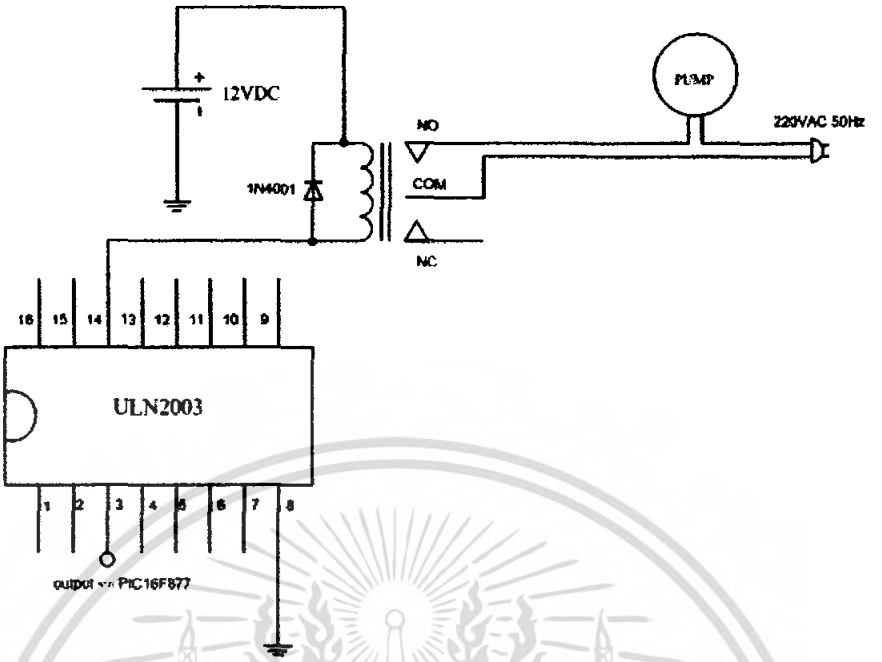
ตารางที่ 3.1 แสดงลำดับการทำงานของเซนเซอร์แต่ละตัว

ลำดับการทำงาน	เซนเซอร์ระดับที่ 2	เซนเซอร์ระดับที่ 1	เอาต์พุตที่ PIC16F628A
00	Off	Off	High
01	On	Off	High
11	On	On	Low



รูปที่ 3.9 วงจรขับโซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

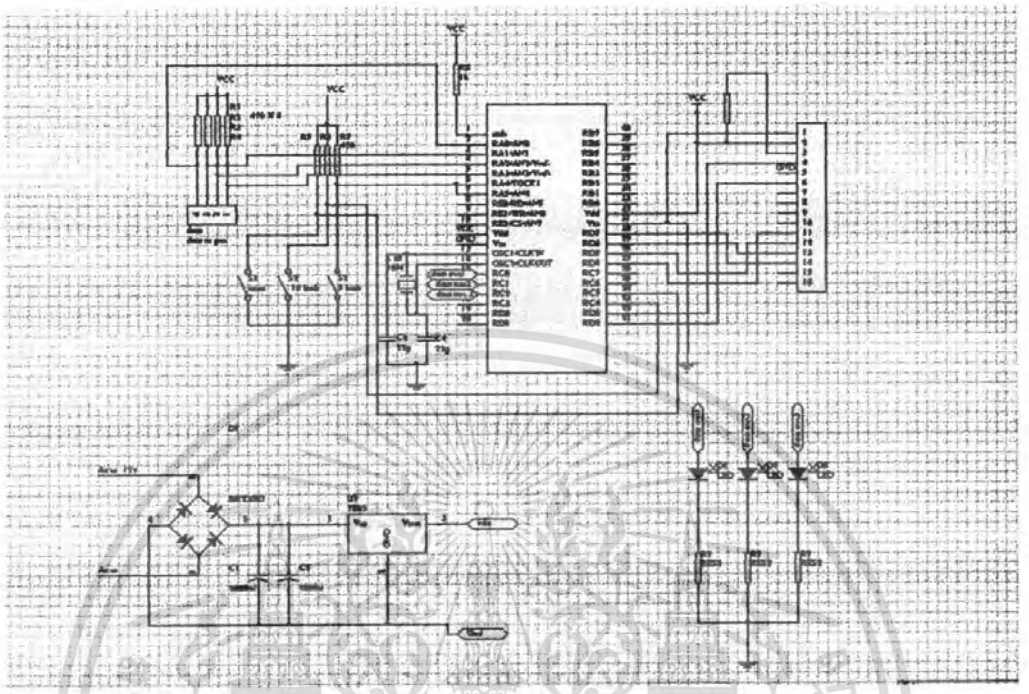


รูปที่ 3.10 วงจรขับปั๊มน้ำ

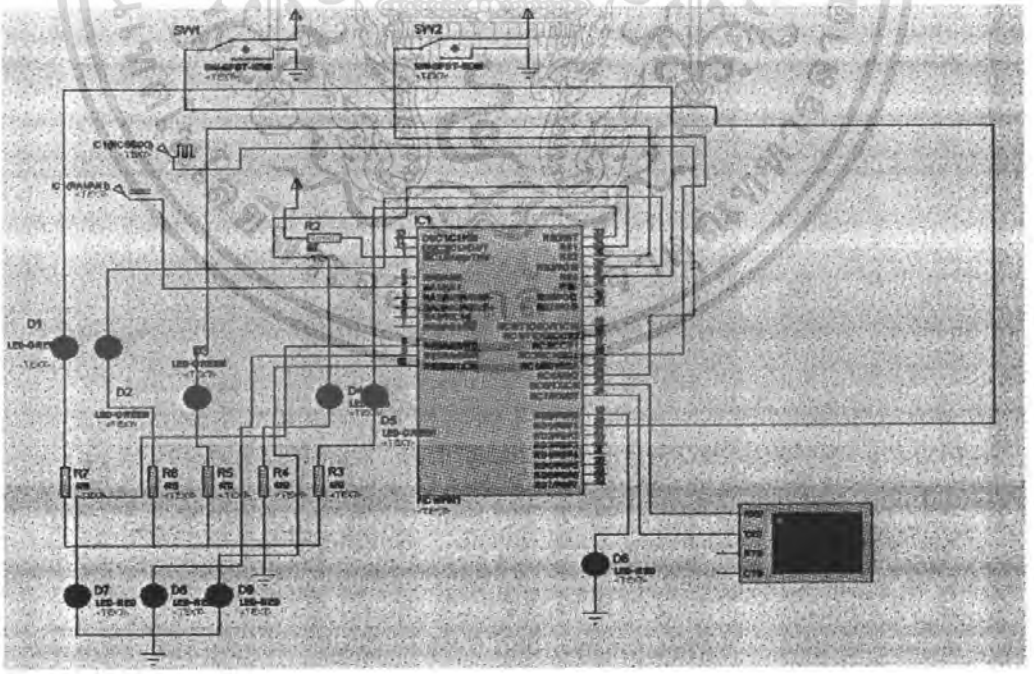
เมื่อส่วนของการป้อนธนบัตร, ส่วนการตรวจเช็คและจำแนกธนบัตร, ส่วนประมวลผลทำงานครบทุกส่วนแล้วที่หน้าจอ LCD จะแสดงมูลค่ารวมทั้งหมดของธนบัตรทำการป้อนเข้าไปในส่วนของการป้อนธนบัตร ซึ่งส่วนประมวลผลก็พร้อมที่จะทำการสั่งการทำงานของวงจรขับปั๊มน้ำเพื่อจ่ายน้ำออกจากถังตามมูลค่ารวมของธนบัตรที่ป้อนเข้าไป ในส่วนของวงจรขับปั๊มน้ำนั้นจะรับอินพุทมาจากส่วนประมวลผลหลักโดยส่วนประมวลผลหลักจะเป็นตัวกำหนดว่าควรจ่ายน้ำนานเท่าไหร่อย่างเช่น 100 บาท จ่ายน้ำ 20 นาที 50 บาท จ่ายน้ำ 10 นาที ส่วน 20 บาท 4 นาที เป็นต้น ซึ่งเราใช้ปั๊มที่มีอัตราการไหลที่คงที่จึงสามารถทำการประมาณเพื่อนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรหน่วยประมวลผลหลัก

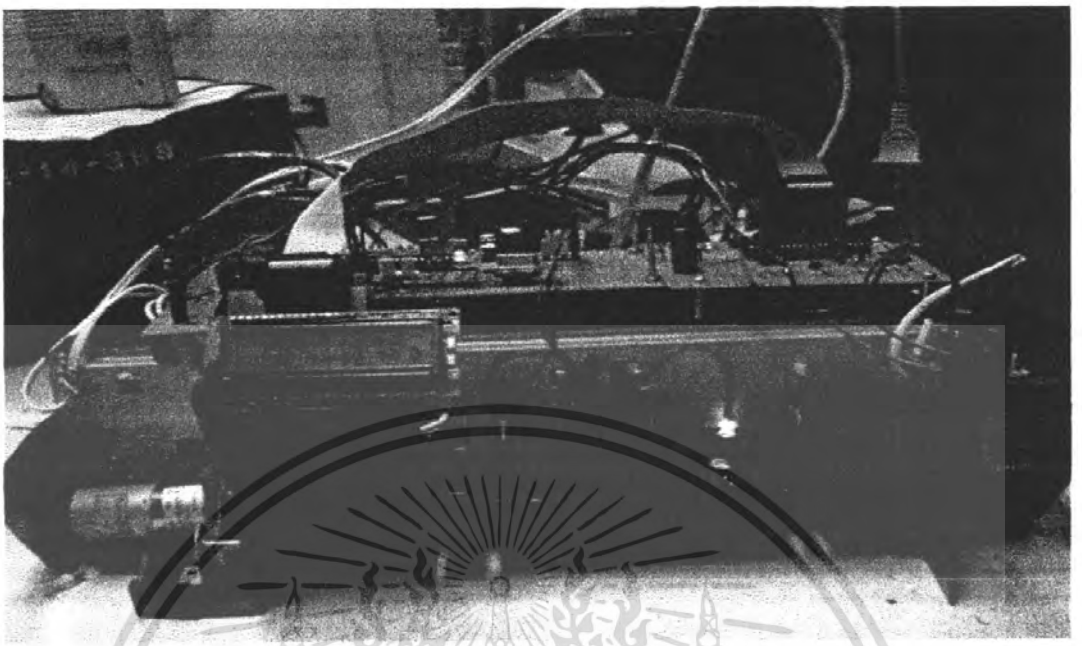


รูปที่ 3.11 วงจรของหน่วยประมวลผลหลัก



รูปที่ 3.12 วงจรของหน่วยประมวลผลรอง

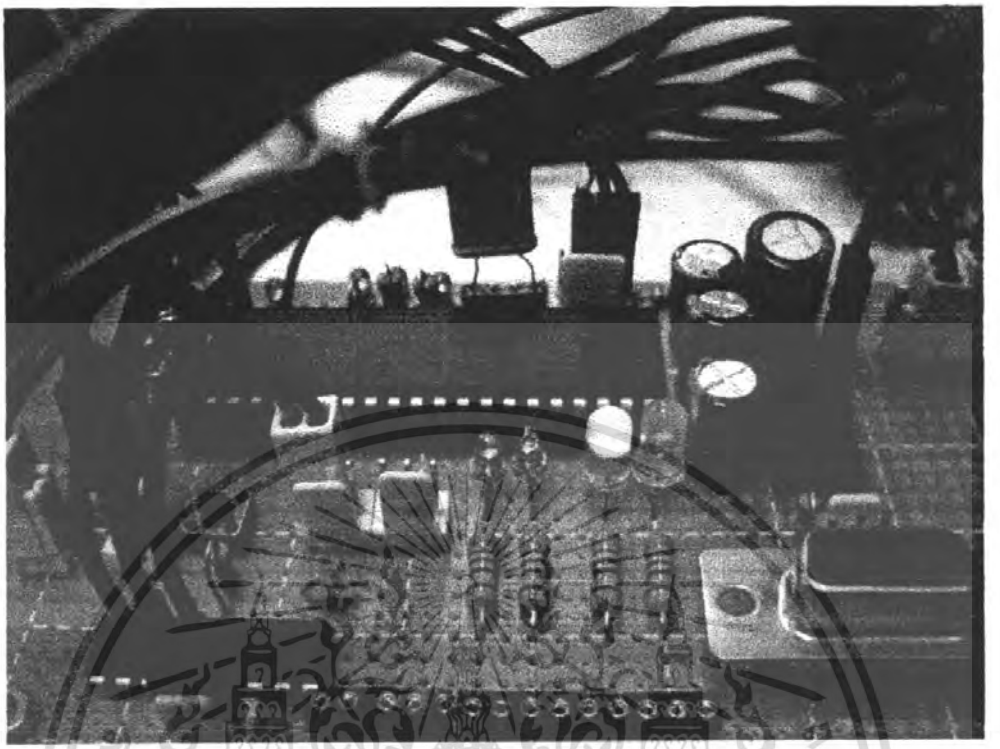
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



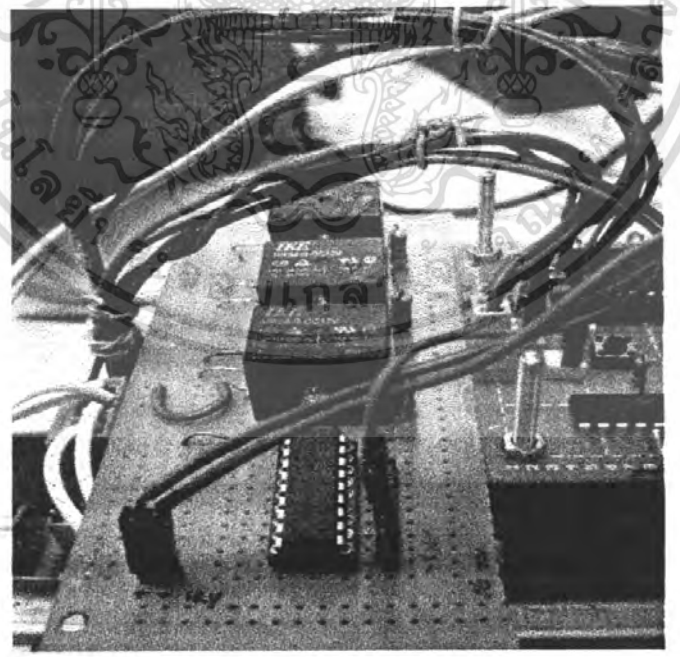
รูปที่ 3.13 ตัวเครื่องโดยรวม

รูปที่ 3.14 ส่วนของหน้าจอแสดงผล LCD 16 X 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

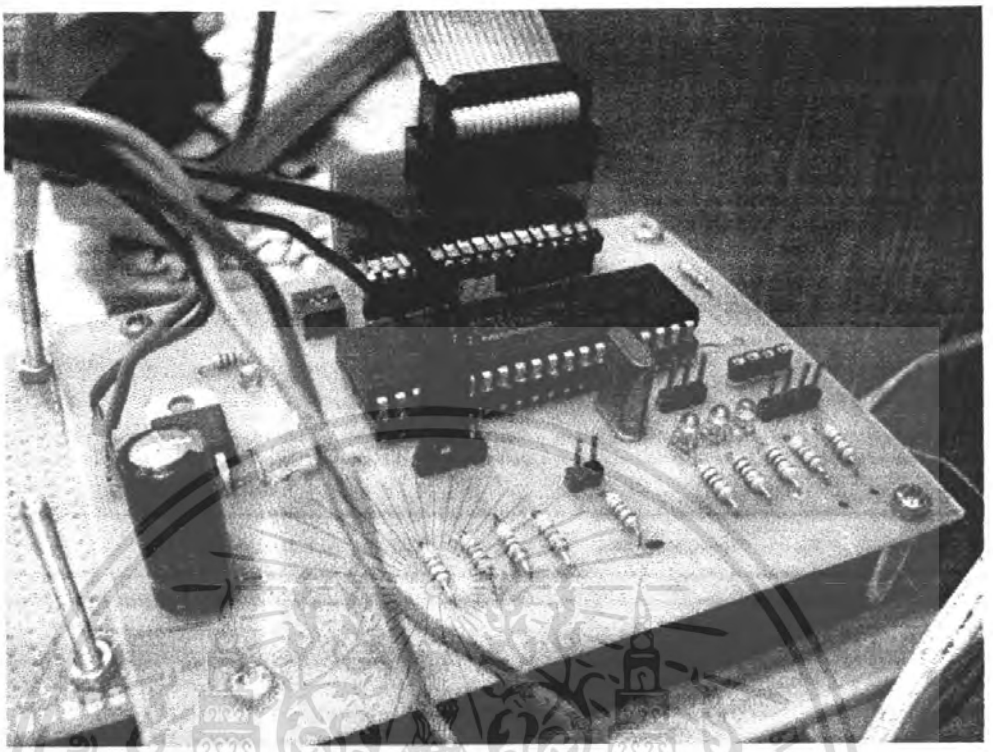


รูปที่ 3.15 หน่วยประมวลผลรอง



รูปที่ 3.16 วงจรขับหลอด black light

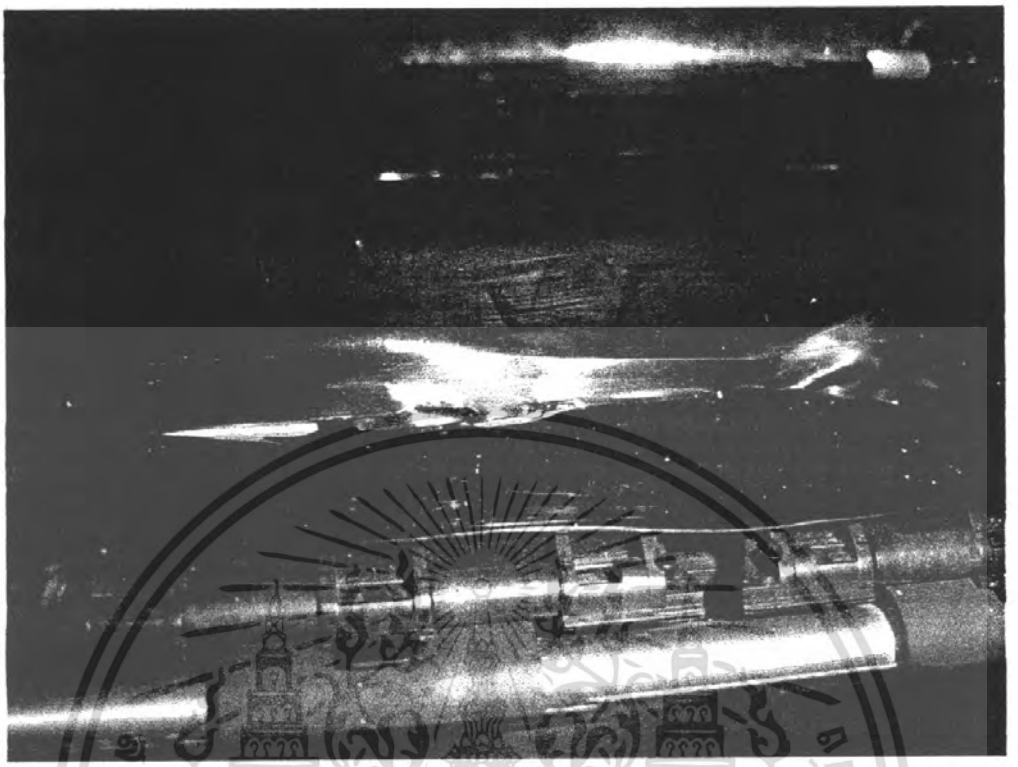
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 หน่วยประมวลผลหลัก

รูปที่ 3.18 เซ็นเซอร์สี

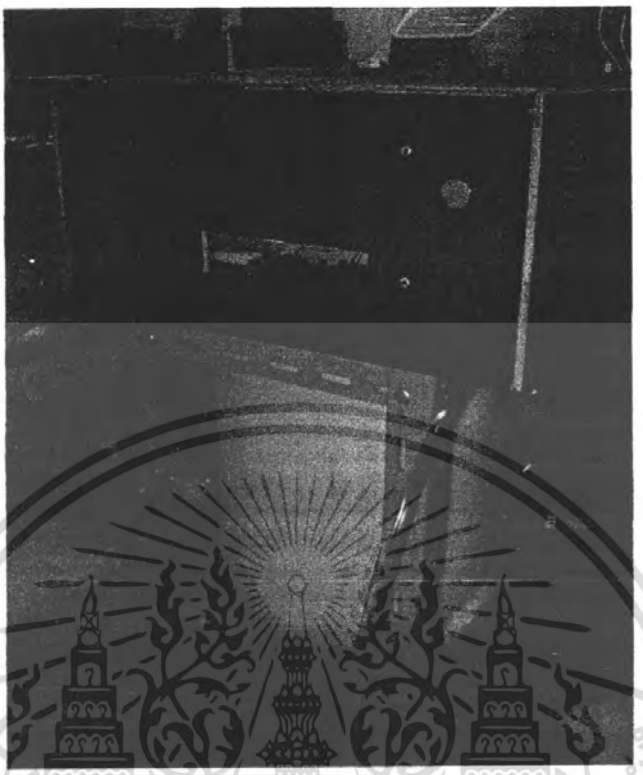
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 หลอด black light ในการตรวจสอบลายน้ำ

รูปที่ 3.20 ลักษณะของการเรืองแสงของหลอด black light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ส่วนของถังเก็บน้ำ

รูปที่ 3.22 หน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 วงจรภาคต่างๆภายในตัวเครื่อง (1)

รูปที่ 3.24 ปั๊มจ่ายน้ำ

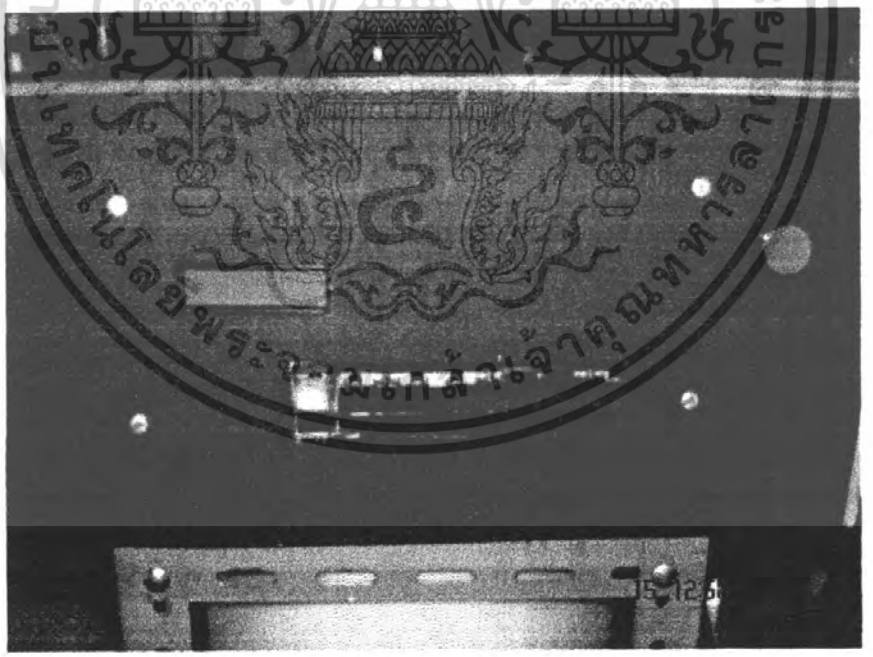
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 ด้านหลังเครื่อง

รูปที่ 3.26 วงจรภาคต่างๆภายในตัวเครื่อง (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.27 ภาพด้านบนตัวเครื่อง



รูปที่ 3.28 ด้านหน้าของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ขั้นตอนการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการทดสอบ ใช้ธนบัตร 100 บาท, 50 บาท, 20 บาท ทำการป้อนเข้าเครื่องส่วนรับธนบัตร
2. ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 50 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย ของธนบัตรทั้ง 3 แล้วบันทึกข้อมูล
3. ทำการทดสอบเครื่องโดยใช้ กระดาษ A4 ขนาดเท่าธนบัตร ทำการป้อนเข้าเครื่องส่วนรับธนบัตร
4. ทำการอ่านค่าข้อมูลทั้งหมด 50 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกข้อมูล
5. ทำการป้อน กระดาษโปสเตอร์ขนาดเท่ากับธนบัตร ทำการป้อนเข้าเครื่องส่วนรับธนบัตร
6. ทำการอ่านค่าข้อมูลบันทึกค่าข้อมูล
7. ทำการสอดกระดาษหนังสือพิมพ์ขนาดเท่ากับธนบัตร ทำการป้อนเข้าเครื่องส่วนรับธนบัตร
8. ทำการอ่านค่าข้อมูลทั้งหมด 50 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตรและอื่นๆที่ไม่ใช่ธนบัตร พบว่ามีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตรและอื่นๆ ที่ไม่ใช่ธนบัตร

ค่าข้อมูล decimal	ธนบัตร 100 บาท	ธนบัตร 50 บาท	ธนบัตร 20 บาท	กระดาษ A 4	กระดาษโปสเตอร์	หนังสือพิมพ์
สีแดง	212	166	114	60	119	73
สีเขียว	85	101	185	71	187	207
สีน้ำเงิน	39	128	64	51	125	162

ตารางที่ 4.2 ค่าที่ได้จากการทดลองธนบัตรชนิดต่างๆ

ครั้งที่	ชนิดธนบัตร								
	ธนบัตร 100			ธนบัตร 50			ธนบัตร 20		
	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน
1	188	72	37	156	92	94	140	63	14
2	187	70	35	172	107	111	150	70	21
3	182	71	36	161	98	100	144	66	16
4	184	74	39	161	98	100	165	82	29
5	184	75	40	207	136	140	152	71	21
6	188	76	40	162	98	101	163	80	28
7	183	69	33	170	103	106	140	63	12
8	185	73	38	167	102	106	169	86	34
9	184	71	36	171	106	109	141	63	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	183	72	39	169	104	106	137	60	10
11	180	70	35	169	103	104	149	70	19
12	178	69	35	160	96	98	171	88	36
13	179	70	37	188	119	122	156	74	22
14	194	77	43	177	111	112	145	66	15
15	185	71	37	185	119	124	143	65	14
16	199	80	45	166	101	102	159	77	25
17	177	70	36	175	109	112	140	63	14
18	180	70	37	180	113	115	182	96	45
19	187	73	39	182	114	116	157	77	26
20	182	72	37	186	118	120	138	61	12
21	180	70	37	166	102	104	143	65	15
22	175	63	31	205	135	139	144	65	15
23	182	73	39	165	100	101	152	71	21
24	206	87	53	166	100	102	140	62	11
25	197	79	45	168	102	105	141	62	13
26	191	77	41	176	108	110	145	66	15
27	187	80	47	160	96	98	147	67	16
28	186	74	40	164	99	101	171	87	16
29	188	81	48	175	109	113	150	70	19
30	190	76	42	185	119	123	144	66	16
31	213	96	62	188	121	124	144	66	15
32	191	77	43	164	99	101	152	74	24
33	189	76	42	163	99	101	146	66	15
34	198	80	44	176	110	113	139	62	13
35	194	78	44	166	101	104	142	64	15
36	182	69	35	180	112	116	149	69	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37	187	75	41	174	107	109	147	69	18
38	190	76	41	170	106	108	154	73	16
39	195	77	42	174	109	113	112	66	16
40	195	77	42	171	106	109	144	64	14
41	191	79	44	175	108	110	147	69	17
42	193	78	44	166	100	102	147	68	18
43	197	80	44	171	105	108	142	63	13
44	198	80	45	178	111	113	141	63	13
45	191	77	43	161	97	100	155	74	22
46	188	77	42	179	112	116	145	66	16
47	191	78	43	164	100	103	151	71	20
48	194	78	43	169	103	106	150	71	20
49	195	80	45	163	99	100	150	71	20
50	187	76	43	165	101	103	149	71	22
เฉลี่ย	188.6	75.38	40.98	172.22	106.46	109.06	148.48	69.64	18.58

ตารางที่ 4.3 ค่าที่ได้จากกระดาษชนิดต่างๆ

ครั้งที่	กระดาษชนิดต่างๆ								
	กระดาษ A4			กระดาษโปสเตอร์			หนังสือพิมพ์		
	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน
1	219	251	226	116	198	129	63	209	166
2	216	249	224	115	195	121	70	206	172
3	218	251	226	113	203	123	66	208	161
4	216	248	223	117	203	124	82	206	161
5	222	253	227	117	194	129	71	202	167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	220	252	227	112	195	121	80	200	162
7	219	251	226	120	199	131	63	209	170
8	219	251	226	117	206	125	86	209	167
9	221	253	228	115	202	127	63	201	171
10	222	255	230	120	194	131	60	202	169
11	220	253	228	117	191	124	70	200	169
12	224	255	230	118	198	128	88	204	160
13	224	253	231	114	190	127	74	204	168
14	223	255	229	112	190	126	66	203	177
15	222	254	230	116	198	129	65	202	185
16	221	254	229	117	195	121	77	201	166
17	221	253	228	120	203	123	63	201	175
18	220	253	228	121	203	124	96	200	160
19	225	254	233	118	194	129	77	205	162
20	218	252	227	119	195	121	69	218	166
21	216	251	225	112	199	131	65	216	166
22	215	250	225	123	206	125	65	215	175
23	216	249	225	122	202	127	71	206	165
24	217	250	225	113	194	131	62	207	166
25	217	251	226	115	191	124	62	217	168
26	214	249	224	114	198	128	66	214	176
27	213	247	224	119	190	127	67	213	160
28	215	250	225	115	173	126	87	215	164
29	215	249	224	121	190	129	70	215	175
30	221	253	229	121	182	121	66	201	185
31	219	251	228	118	197	123	66	209	168
32	214	249	225	115	196	124	74	214	164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

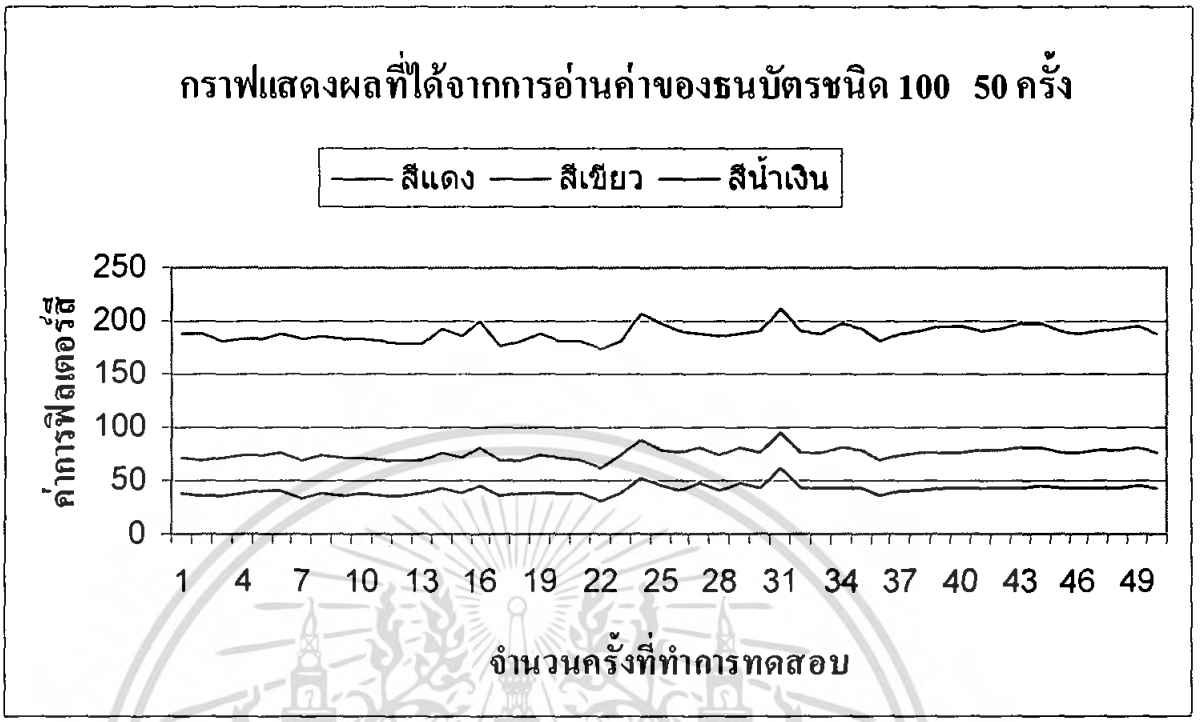
33	213	247	223	115	199	129	66	213	163
34	215	249	224	110	191	121	68	215	176
35	214	248	225	117	199	131	64	214	166
36	215	249	224	115	196	125	69	215	160
37	215	248	225	112	199	127	69	215	174
38	213	248	224	123	206	131	73	213	170
39	219	252	228	122	202	124	66	209	174
40	214	248	225	113	194	128	64	214	171
41	216	250	225	115	191	127	69	216	175
42	214	248	224	114	198	126	68	214	166
43	213	248	224	119	190	129	66	213	171
44	215	250	225	115	173	121	63	215	178
45	213	248	223	121	190	123	74	213	161
46	215	249	225	121	182	124	66	215	179
47	212	247	224	118	197	129	71	212	164
48	211	247	223	115	196	121	71	211	169
49	212	247	223	115	199	131	71	212	163
50	211	247	222	110	191	125	71	211	165
เฉลี่ย	217.04	250.38	225.94	116.64	195.14	126.02	69.98	209.44	168.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

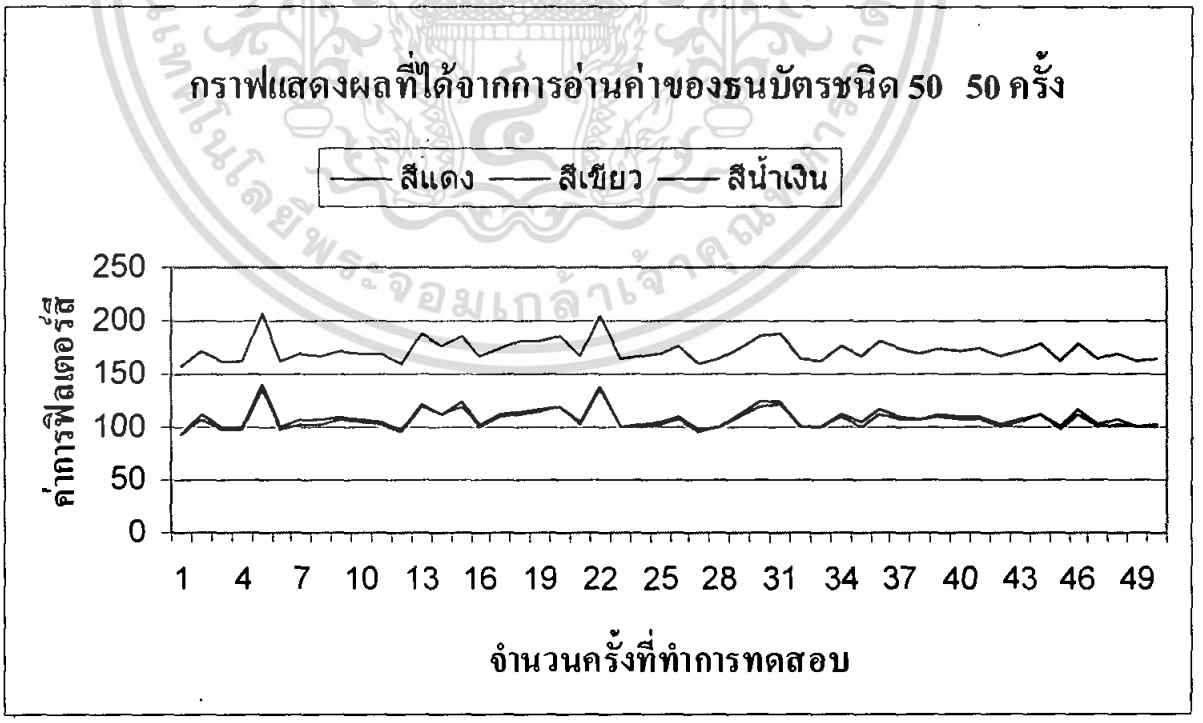
ตารางที่ 4.4 ค่าเวลาในการวัดระดับน้ำ

ครั้งที่	เวลาในการวัดระดับน้ำ (s)		
	1 ลิตร	**10 ลิตร**	**20 ลิตร**
	ระดับกลาง	**ระดับกลาง**	**ระดับกลาง**
1	15.4	120.3	236.5
2	15.3	120.1	236.7
3	15.2	120.5	236.2
4	15.7	120.2	236.9
5	15.4	120.4	236.4
6	15.6	120.6	236.2
7	15.3	120.3	236.5
8	15.7	120.8	236.8
9	15.5	120.2	236.2
10	15.8	120.4	236.8
เฉลี่ย	15.49	120.38	236.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

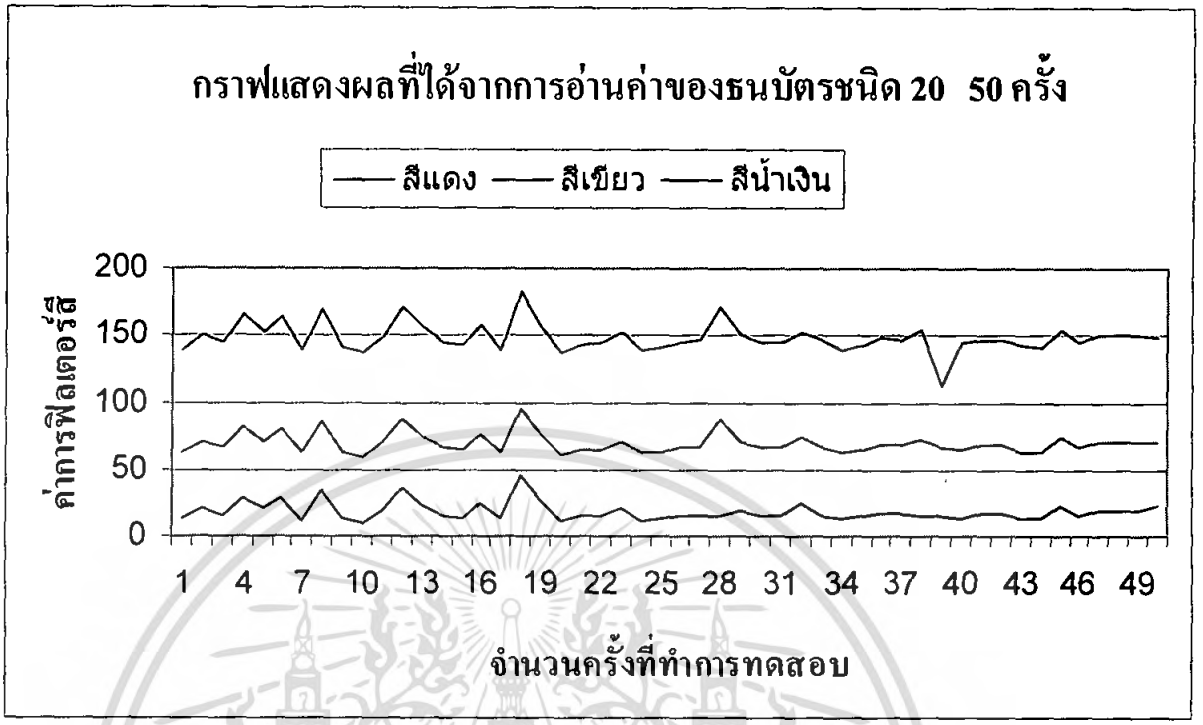


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตร100 บาท จำนวน 50 ครั้ง

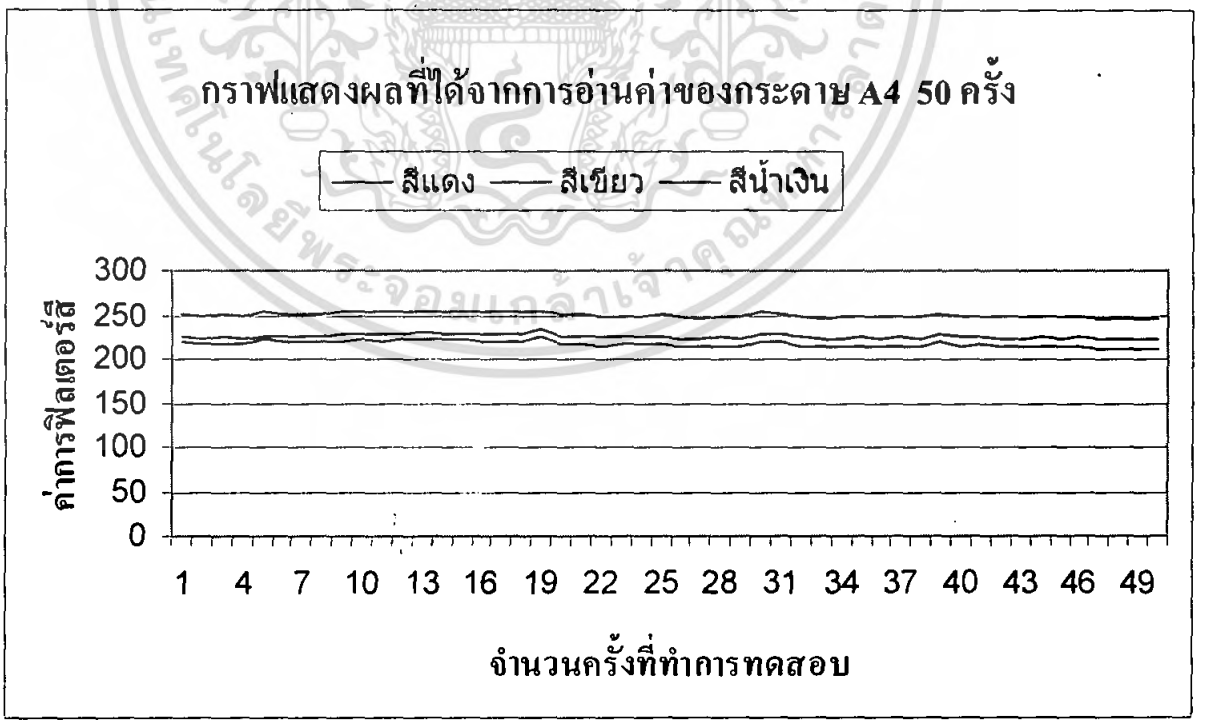


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตร 50 บาท จำนวน 50 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

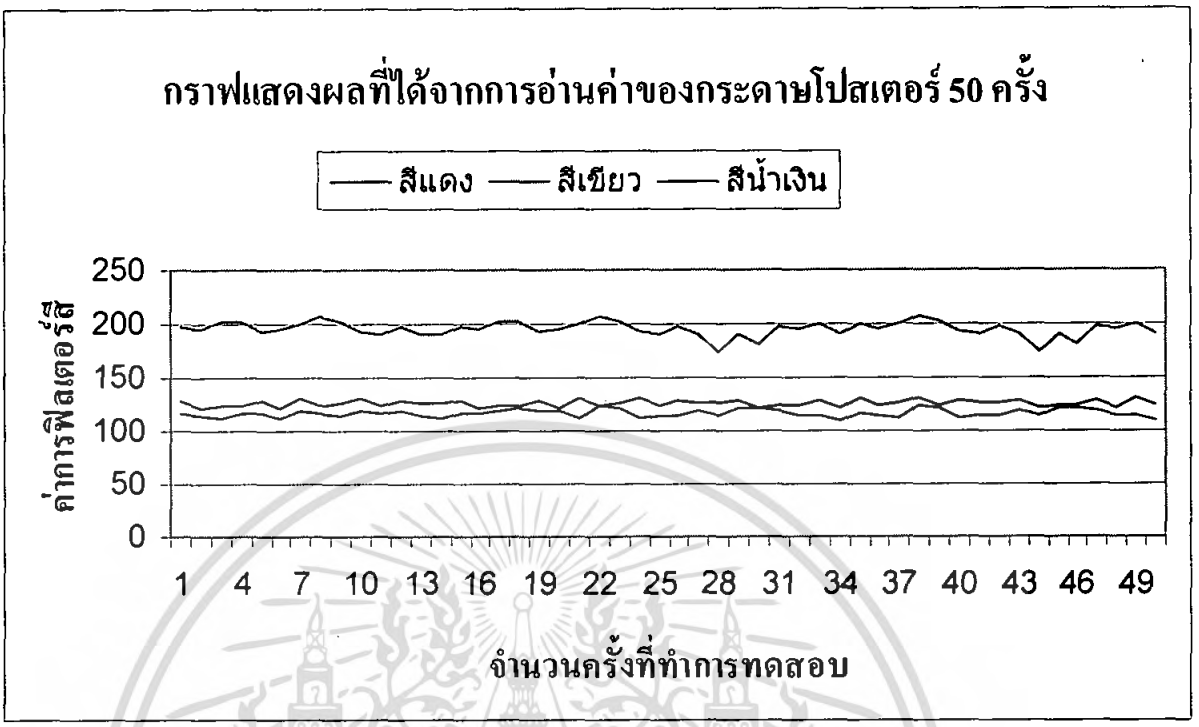


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของธนบัตรชนิด 20 บาท จำนวน 50 ครั้ง

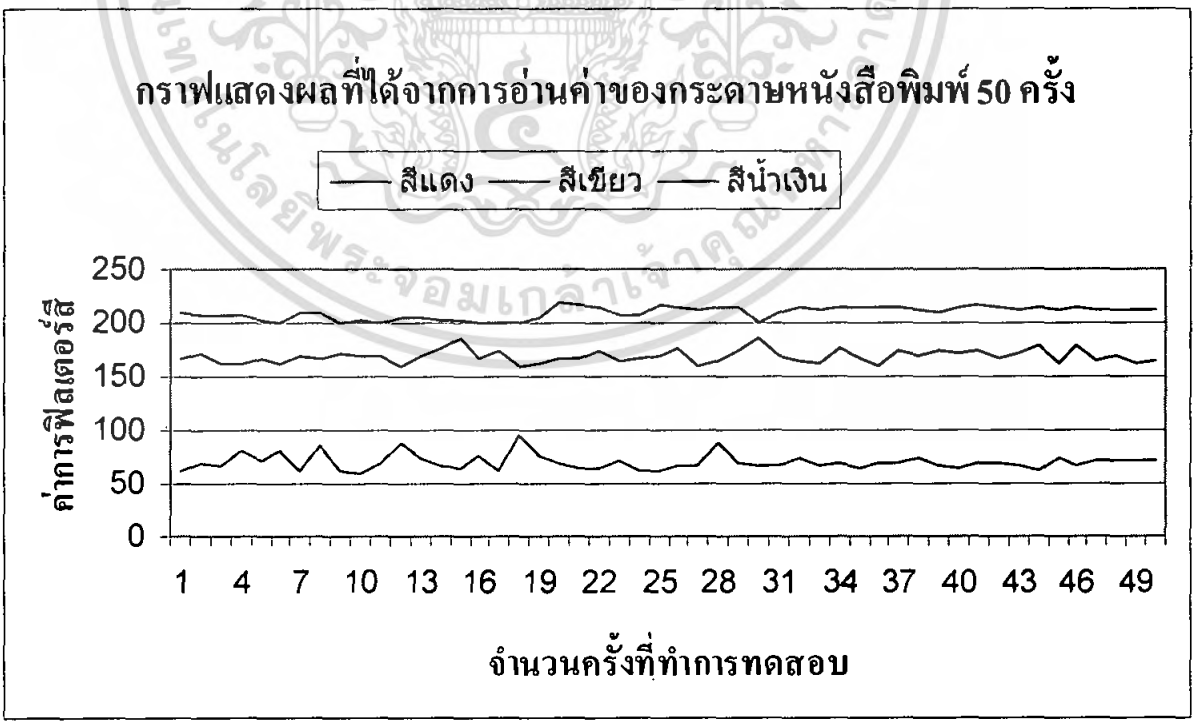


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของกระดาษ A4 จำนวน 50 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของกระดาษโปสเตอร์ จำนวน 50 ครั้ง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลที่ได้จากการอ่านค่าของหนังสือพิมพ์ จำนวน 50 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ปัญหาที่เกิดขึ้นและสรุปผลโครงการ

5.1 ปัญหาเรื่องข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดหา

ปัญหานี้เป็นส่วนที่ทำให้การทำงานของโครงการล่าช้าเป็นอย่างมาก เพราะว่าอุปกรณ์บางอย่างไม่มีขายในท้องที่ ทำให้ต้องมีการสั่งซื้อของทางไปรษณีย์เป็นผลให้เกิดความล่าช้า และเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจัดส่งสินค้า และอุปกรณ์บางอย่างเราต้องนำสิ่งที่เหลือใช้มาประยุกต์ใช้ในโครงการ เช่นชิ้นส่วนของปริ๊นเตอร์ที่เสียแล้วจนไม่สามารถซ่อมได้นำเอาส่วนที่ใช้ได้มาปรับแต่งอาทิ เช่น ฟันเฟือง แกนเหล็ก โดยที่เมื่อนำมาประกอบกันแล้วยังไม่สามารถเข้ากันได้ทันที

5.2 ปัญหาในการทดสอบลงอุปกรณ์

ก่อนที่จะมีการนำวงจรที่ต้องการใช้มาใช้ในการทำงานของโครงการ เราก็ได้ทำการต่ออุปกรณ์ในบอร์ดทดลองก่อนซึ่งก็ได้ผลการทำงานที่ดี แต่เมื่อนำนำมาลงในแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ผลที่ได้กลับไม่ดีเท่าที่ควรแต่ก็ปรับแต่งแก้ไขได้อย่างสมบูรณ์

ในการทดสอบการทำงานและการเก็บค่าการทดสอบของวงจรเซ็นเซอร์แสง การทดสอบอาจจะมีความคลาดเคลื่อนไปเนื่องจาก การควบคุมแสงจากภายนอกไม่มิดชิดทำให้แสงจากภายนอกเล็ดลอดเข้ามากายในกล่องที่มีหลอดฉายแสงสีม่วง และในการแก้ไขปัญหานี้เราก็ได้ทำกล่องทดสอบอย่างมิดชิด

5.3 ปัญหาตำแหน่งในการป้อนธนบัตร

เนื่องจากว่าในส่วนของการป้อนธนบัตรได้ใช้ในส่วนของชุดป้อนกระดาษที่มาจาก Printer ดังนั้นจึงมีปัญหาเรื่องของตำแหน่งในการวางธนบัตรก่อนป้อน เนื่องจากว่ธนบัตรแต่ละชนิดมีขนาดความยาวไม่เท่ากัน

ดังนั้นจึงได้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้กำหนดตำแหน่งในการวางธนบัตร เพื่อให้ตำแหน่งที่ตรวจเช็คของธนบัตรแต่ละชนิดได้ตำแหน่งที่ตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ปัญหาการสร้างโครงสร้างและเซนเซอร์ตรวจระดับน้ำ

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นแบบจำลองของเครื่องจ่ายน้ำแบบป้อนธนบัตร ในส่วนของตัวถังเก็บน้ำได้นำเอาถังน้ำขนาด 20 ลิตรมาเป็นถังเก็บน้ำ ดังนั้นโครงสร้างของตัวถังจึงมีขนาดเล็กและในส่วนของการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ เนื่องจากเป็นถังแบบปิดจึงทำให้การติดตั้งทำได้ยากและวัสดุที่ทำมาสร้างนั้นได้นำมาจากอะลูมิเนียมซึ่งทำให้สัมผัสกับน้ำทำมีสารจากตัวอะลูมิเนียมละลายกับน้ำทำให้เป็นอันตรายได้ และปัญหาอีกส่วนหนึ่งคือตัวเซนเซอร์ตรวจวัดค่า (ในรูปของแรงดัน) ได้ค่าที่ไม่คงที่ และได้ทำการแก้ไขโดยใช้ตัวคาปาซิสเตอร์ต่อคร่อมที่จุดนั้นกับกราวด์ เพื่อบายพาสสัญญาณรบกวนต่างๆลงกราวด์

5.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เราสามารถประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในงานประเภทต่างๆได้
2. ทำให้เราเข้าใจหลักการของการตรวจสอบธนบัตร
3. ทำให้เราสามารถประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ประเภทต่างๆเข้ามาใช้ในโครงงานนี้
4. ทำให้เราสามารถประยุกต์ใช้โซลินอยด์วาวล์กับงานประเภทต่างๆได้
5. ทำให้เราสามารถฝึกทักษะในการใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น สว่าน จิ๊กซอว์ตัดไม้ เลื่อยตัดเหล็ก เป็นต้น

5.6 สรุปผลโครงการ

ในการตรวจสอบในบางครั้งการควบคุมจำกัดแสงจากภายนอกอาจจะไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบมีการคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงและที่สำคัญเราไม่สามารถที่จะหาธนบัตรตัวอย่างที่เป็นธนบัตรปลอมมาทำการตรวจสอบได้ จึงได้พยายามศึกษาจากข้อมูลข้อจำกัดของธนบัตรปลอมที่แตกต่างจากธนบัตรจริงอย่างละเอียด วิธีการที่แสดงคุณสมบัติต่างๆของธนบัตรปลอมจากแหล่งข้อมูลต่างๆอย่างมากมายตามอินเตอร์เน็ต วารสารและหนังสือต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่พบส่วนใหญ่เป็นการสังเกตุการณ์จากการสะท้อนแสงสีม่วงของหลอดแบล็คไลท์ว่าเป็นวิธีการที่ตรวจสอบได้ดีในระดับหนึ่ง และในการทดสอบแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าธนบัตรจริงชนิดราคาต่างๆ มีค่าการการตรวจสอบที่ใกล้เคียงกันมากโดยดูได้จากผลการทดสอบในบทที่ผ่านมาโดยมีค่าสี R, G, B มีค่าเกือบเท่ากัน แต่ในวัสดุทดสอบชนิดอื่นแตกต่างอย่างชัดเจน และเครื่องตรวจสอบธนบัตรที่มีขายตามท้องตลาดก็มีหลักเกณฑ์การตรวจสอบธนบัตรที่คล้ายคลึงกัน คือหลักการฉายแสงสีม่วงตกกระทบและใช้เซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบปริมาณที่แสงสะท้อนขึ้นมา แต่ที่ทำในโครงการนี้ทำโดยการหมุนป้อนธนบัตรเข้ามาโดยใช้ส่วนป้อนกระดาษของ Printer ซึ่งตำแหน่งในการป้อนธนบัตรแต่ละชนิดนั้นยังได้ค่าที่ไม่เท่ากันเท่าที่ควร และในส่วนของเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำนั้นก็ได้คิด, สร้างขึ้นมาเองซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานก็จะไม่สามารถทำงานได้เทียบเท่ากับเซนเซอร์ที่มีขายในท้องตลาด ดังนั้นในส่วนของโครงสร้างถ้าจะทำให้สมบูรณ์กว่านี้ก็ต้องมีการพัฒนาที่ต่อเนื่องสืบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. มงคล ทองสงคราม, 2541, **อิเล็กทรอนิกส์ 2**. ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี. เจ. ปริ๊นติ้ง
2. นายวีระพล เทียนงามสัจ. 2548. **ธนบัตรที่มีการจัดพิมพ์และนำออกใช้อยู่ในปัจจุบัน**. http://www.bot.or.th/bothomepage/BankAtWork/Banknotes/Issue/Issue_1/Data/current_series_new. 19/8/2548
3. ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล. 2547. **LDRตัวต้านทานไวแสง**. SEMICONDUCTER. ปีที่ 41: หน้า 58-61
4. Robert Boylestad, 1996, **Electronic Devices and Circuit Theory**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'*****************************************
'*   Program     : LCD                   *
'*   Hardware    : Programed by mier     *
'*   CPU         : PIC 16F877-20P        *
'*   OSC         : 10 MHz [HS Mode]      *
'*****************************************

    define  osc 10
    Define  LCD_DREG    PORTD       '
    Define  LCD_DBIT    4           ' PORTD[7:4] is LCD data pin
    Define  LCD_RSREG   PORTD       '
    Define  LCD_RSBIT   3           ' RD3 is RS pin
    Define  LCD_EREG    PORTD
    Define  LCD_EBIT    2           ' RD2 is E pin
    Define  LCD_BITS    4           ' LCD 4 bit mode
    define  botton_pause 25
    sw1         var     portc.4
    sw2         var     portc.5
    sen_1       var     porta.0
    sen_2       var     porta.1
    sen_3       var     porta.2
    sen_4       var     porta.3
    enter       var     porta.4
    fill        var     porta.5
    adcon1 =7
    active_high     con 1
    active_low      con 0
    delay           con 255
    rate            con 200
     i              var byte
    tim            var  word
start:
    sub         var     word
    sum         var     word
    B0          var     byte
    coin        var     word
    B1          var     word
    B2          var     word
    B3          var     word
    c_1         var     byte
    c_2         var     byte
   ' c_3         var     byte
   tim_b        var     word
 '*********************** main *********************************
        for B0= $c0-16 to $c0
        lcdout $fe,1
        LCDOUT  " Gassolin Ver_1 "          'DISPLAY LINE 1
        LCDOUT  $FE,B0,"generate by mier"       ' DISPLAY LINE 2

        pause 100
  next B0

main:
        B1    = 0
        B2    = 0
        B3    = 0
        coin  = 0
        sum   = 0
        sub   = 0
        c_1   = 0
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        c_2    = 0
       ' c_3    = 0
        tim_b = 0
        tim    = 0
        low portc.3
        low portc.2
        pause  1000

        lcdout $FE,$40+(8*0), $00,$00,$0E,$11,$09,$11,$11,$11
B_in:
        pause 300
        button sen_1 ,active_low,delay,rate ,i,1, twenty
        button sen_2 ,active_low,delay,rate ,i,1, fivty
        button sen_3 ,active_low,delay,rate ,i,1, hund
        button sen_4 ,active_low,delay,rate ,i,1, five_hund
        button enter ,active_low,delay,rate ,i,1, wait_money
        lcdout $FE,1,"  insert money "
        lcdout $FE,$C0 , "total money =",dec B3," B"
        goto B_in


wait_money:
        pause 500
        gosub  show_B_insert
        gosub  show_B_want
        button sw1 ,active_low,delay,rate ,i,1,chk_1
        button sw2 ,active_low,delay,rate ,i,1,chk_2
        button fill ,active_low,delay,rate ,i,1, cal
        gosub   chk
        goto wait_money
cal:
         if B3 < sum then eror
         if (2*B1)-B2=0 then tim_set
         tim_b = 0  '***************when  use want to cash
loop:
        for B0= 0to 100
             lcdout $fe,1
             LCDOUT  "Loading= ",dec B0,"%"
             high  portd.0
             pause tim + tim_b     '**********************
'//////////////////
          if  fill = 0 then goto unit_pause
 return_pause:


         next B0
        gosub caluate
        gosub chg
no_chg_ag:
       pause 100
        low   portd.0
        gosub thank
        pause 1000
        goto  main
unit_pause:
        low  portd.0
        pause 1000
        'stop
        LCDOUT $FE,1,"pause",dec B0,"%"
       if fill  =0 then goto unit_pause ;*****************************
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit_resume:
        if fill =1 then goto unit_resume       ;**********************

        pause 1000
        goto return_pause

'***************subutine ****************************
tim_set:
        tim = 0
        goto loop


chk:
        branch coin ,[wait_money,ten,five]
        return

show_B_insert:
        lcdout $FE,1, "total money =",dec B3," B"
        return
show_B_want:
        ;lcdout $FE ,$C0,"want to Cash=", dec sum ,"B"
        return
chg:
        pause 200

        if (4*B1)-B2=0 then  no_chg
        for i=1 to c_1
            pause 500
            high  portc.3
            pause 500
            low   portc.3
        next i
          pause 500

         for i =1 to c_2
           pause 500
            high  portc.2
            pause 500
            low   portc.2
            next i
        return

caluate:
        sub = B3 - sum
        c_1 = sub / 10
        c_2 =(sub-(c_1*10))/5
        return
thank:
        lcdout $FE,$C0 ," thank you "
        return


ten:
        pause 500
        B1=     (coin + B1)
        sum=     (B1*10)+ ((B2*5)/2)
        gosub  show_B_insert
        gosub   show_B_want
        tim = tim +50
        coin  = 0
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        c_1 = c_1+1
        goto wait_money
five:
       B2=     (coin + B2)
        sum=     (B1*10)+ ((B2*5)/2)
        gosub  show_B_insert
        gosub   show_B_want
        tim = tim + 25
        coin  = 0
        c_2 = c_2+ 1
        goto wait_money
chk_1:

        coin =1
        pause 100
        goto wait_money
chk_2:
        coin =2
        pause 100
        goto wait_money
twenty:
        B3 =   B3+20
        tim_b = tim_b + 100 '*****************
        goto  B_in

fivty:
        B3 =   B3+50
        tim_b = tim_b + 250'**********
        goto  B_in
hund:
        B3 =   B3+100
        tim_b = tim_b + 500'*********
        goto  B_in
five_hund:
        B3 =   B3+500
        tim_b = tim_b + 2500 '*********
        goto  B_in


         END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'*****************************************************************
'*  Name    : bankprocess.BAS                                    *
'*  Author  : programe check_bank pass 1                         *
'*  Notice  : Copyright (c) 2007 [set under view...options]      *
'*          : All Rights Reserved                                *
'*  Date    : 27/8/2007                                          *
'*  Version : 1.0                                                *
'*  Notes   : programed by mier                                  *
'*          :                                                    *
'*****************************************************************
'*****************************************************************
     INCLUDE "modedefs.bas"           ' Include serial modes
     define  osc 10
'************************ setup lcd ****************************8

    cov_3bit  con 1016
    define adc_bits 10
    define adc_clock 3
    define adc_sampleus 500
    freq    var word
    volt_1  var byte
    volt_2  var byte
    chk  var byte
    adc_val var byte
    define adc_bits 10
    define adc_clock 3
    define adc_sampleus 1000

    i           var byte
    delay       con 255
    rate        con 200
    active_low  con 0
    active_high con 1
'************************[ for black light sensor ] ***********
    sw          var portd.1 'sensor
    sw_mode     var portc.3 ' "sw for set mode"
    fw          var portb.1
    rw          var portb.0
    lamp        var portd.0
'******************* <i/o for sensorcolor Tcs230 > **************
    lamp_sensor var portb.2
    s2          var portb.3
    s3          var portb.4
    sb          var portb.5
'************************[mode of scan color ] ******************
    F_Red               CON     0               ' TCS230 filter selection
    F_Green             CON     1
    F_Blue              CON     2
    F_ClearColor        CON     3
    filter              VAR     byte
    red_val             var     byte
    green_val           var     byte
    blue_val            var     byte
    Err                 con     20
    red                 var     BYTE[4]   ' ******** form color for bank 100 bth
???????? no set
    green               var     BYTE[4]   ' ******** form color for bank 20  bth  ??????
no set
    blue                var     BYTE[4]   ' ******** form color for bank 50  bth
???????? no set
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Cnt_color          var   byte
    now_color          var   bit
    red_temp           var   byte
    green_temp         var   byte
    blue_temp          var   byte
    adc_temp           var   byte[3]
'*************************************************************
    pause  1000
    lcdout $FE,1
    adcon1   = %00000000
    trisa    = %10000011
    adcon1.7 = 1

inti:

read_data:
        high lamp
        for i = 0 to 3
            read i, red[i]
            serout portc.6,T9600,[10,13,"r=" ,#red[i]]
        next i
        for i = 0 to 3
            read i+4,blue[i]
            serout portc.6,T9600,[10,13,"b=" ,#blue[i]]
        next i
        for i = 0 to 3
            read i+8,green[i]
            serout portc.6,T9600,[10,13,"g=" ,#green[i]]
        next i
        pause 1000
        low lamp
        serout portc.6,T9600,[10,13,"ready"]

start:  low s3
        now_color = 0
        cnt_color = 0
        low portb.6
        low portb.7
        low fw
        low rw
        low lamp
        button sw,active_low,delay,rate,i,1,main
        button sw_mode ,active_low,delay,rate,i,1,setup
        'pause 500
        goto start
main:
        gosub feed_in
        pause 1000
        chk = 0
        gosub get_rgb
        pause 500
        gosub compare
        pause 1000

'*************************************************8
        select case cnt_color
        case 1
        serout  portc.6,T9600,[10,13,"100 bath"]
        high    porte.0
        pause   500
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        low     porte .0
        gosub   feed_in_b
'*************************************************88
        case 2
       serout   portc.6,T9600,[10,13,"50 bath"]
        high    porte.1
        pause   500
        low     porte.1
        gosub   feed_in_b
'*********************************************
        case 3
        serout  portc.6,T9600,[10,13,"20 bath"]
        high    porte.2
        pause   500
        low     porte.2
        gosub   feed_in_b               ;!!!!!!!!!!!!!!!!!edit at 13/1/2008

        case else
        serout  portc.6,T9600,[10,13,"not match"]
        gosub   feed_out
        end select
        pause   500
        goto    inti

setup:
         serout portc.6,T9600,[10,13,"insert bk 100 bath"]
setup_100:
        pause 500
        button sw,active_low,delay,rate,i,1,get_hun
        pause 500
        goto setup_100
set_50:
        serout portc.6,T9600,[10,13,"bk 50 bath"]
setup_50:
        button sw,active_low,delay,rate,i,1,get_fivty
        goto setup_50
set_20:
        serout portc.6,T9600,[10,13,"bk 20 bath"]
setup_20:
         button sw,active_low,delay,rate,i,1,get_twenty
        goto setup_20
get rgb:
        filter= f_red
        gosub read_color
        red_val= freq
        pause 500

        filter= f_green
        gosub read_color
        green_val= freq
        pause 500

         filter= f_blue
        gosub read_color
        blue_val= freq
        pause 500
        gosub read_adc
        adc_val= volt_2

         return
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
get_hun:
        pause 500
'*************************************
        gosub feed_in
        filter = f_red
        gosub read_color
        red[0] = freq
        pause 500
'************************************************
        filter = f_green
        gosub read_color
        red[1] = freq
'************************************************
        pause 500
        filter = f_blue
        gosub read_color
        red[2] = freq
        pause 200
        red[3] = volt_2 '*****************************..>>>>>>>
        gosub feed_out
        for i = 0 to 3
        pause 1000
        next i
        goto set_50
'************get 50 bth *************************
get_fivty :
         low s3                          '*************************************
         gosub feed_in
         pause 500
        filter = f_red
        gosub read_color
        blue[0] = freq
'************************************************
        pause 500
        filter = f_green
        gosub read_color
        blue[1] = freq
'************************************************
        pause 500
        filter = f_blue
        gosub read_color
        blue[2] = freq
        pause 200
        blue[3] = volt_2 '.....................>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
        gosub feed_out
         serout portc.6,T9600,[10,13]
        for i = 0 to 3
        pause 1000
        next i
        goto set_20

get_twenty :                            '*****************************************
        low s3
        gosub feed_in
        pause 500
        filter = f_red
        gosub read_color
        green[0] = freq
        pause 500
'************************************************
```

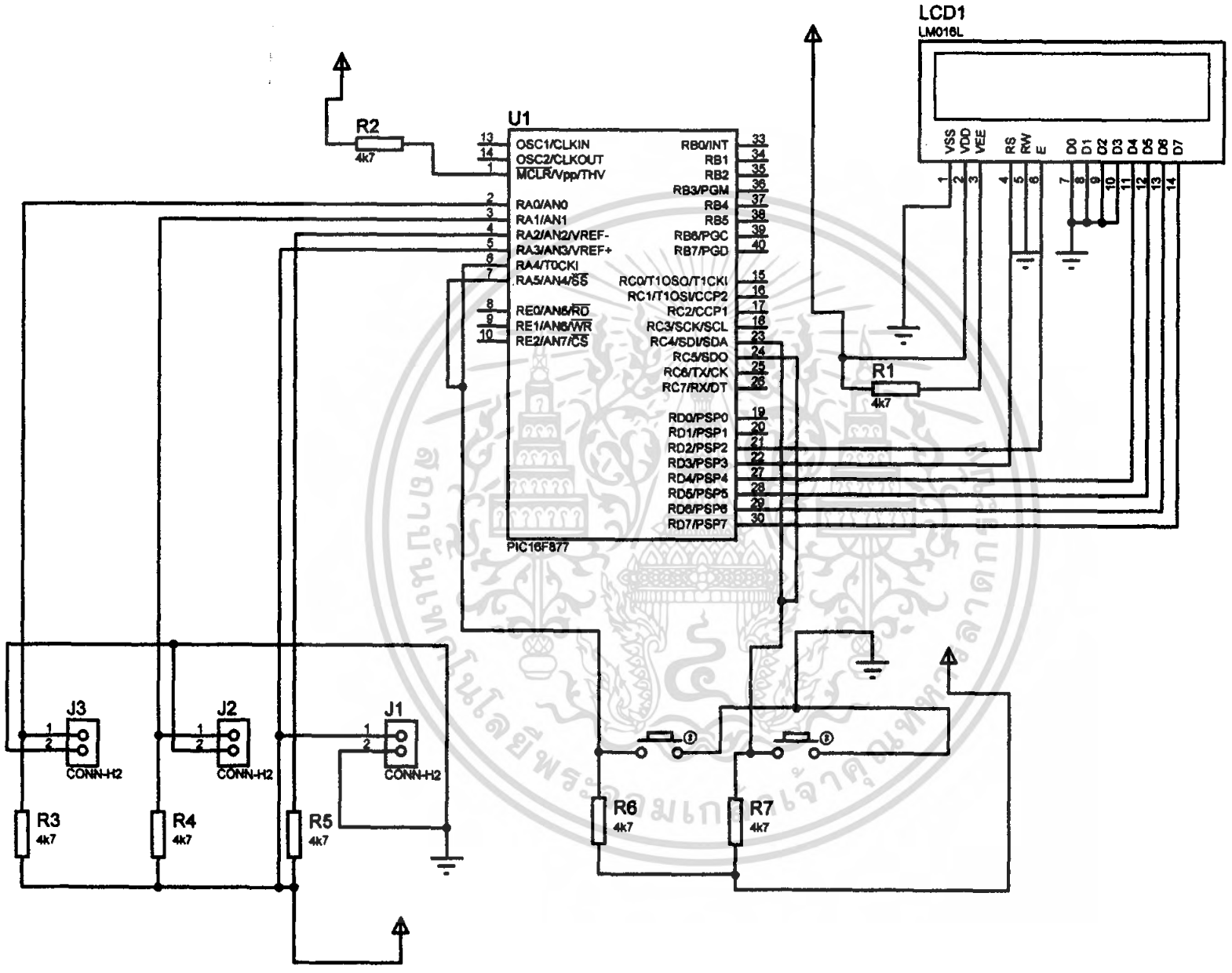

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

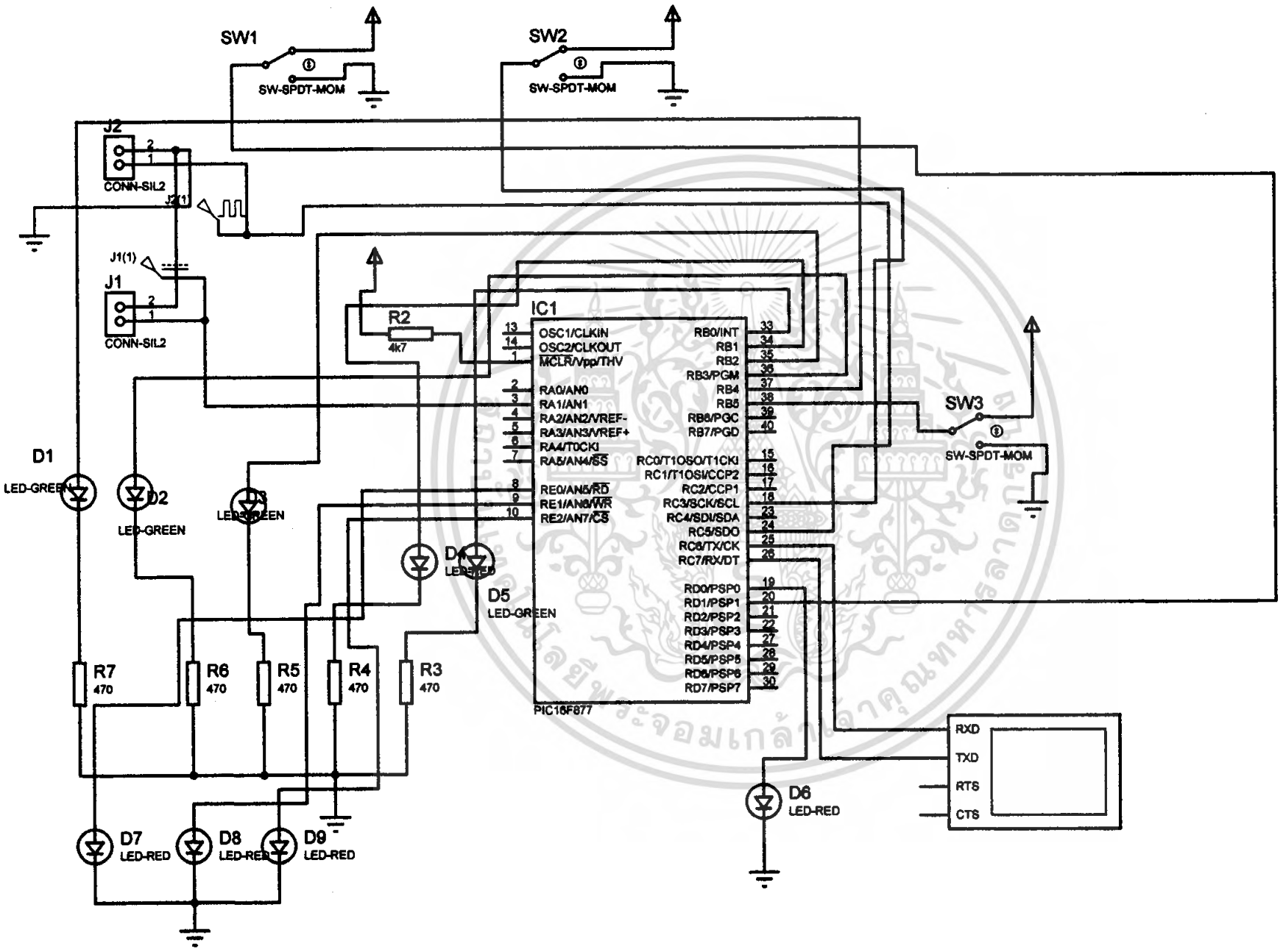
```
        filter = f_green
        gosub read_color
        green[1] = freq
'*************************************************
        pause 500
        filter = f_blue
        gosub read_color
        green[2] = freq
        pause 200
        green[3] = volt_2 '*****************************
        gosub feed_out
         for i = 0 to 3
        pause 1000
        next i
        pause 500
        gosub write_data
        goto inti
feed_in:
        pause 100
        high fw
        low rw
        if portb.5 =0 then feed_in
        low fw
        return
feed_in_b:
        high fw
        low rw
        pause 18000
        low fw
        return
feed_out:
        low fw
        high rw
        pause 18000
        low rw
        return
write_data:
        for i = 0 to 3
            write i, red[i]
        next i
        for i = 0 to 3
            write i+4,blue[i]
        next i
        for i = 0 to 3
            write i+8,green[i]
        next i
        return

Read_Color:
         Select Case Filter
         Case F_Red
            pause 1000
             LOW  S2
             LOW  S3
         Case F_Green
            pause 1000
             HIGH  S2
             HIGH  S3
         Case F_Blue
            pause 1000
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

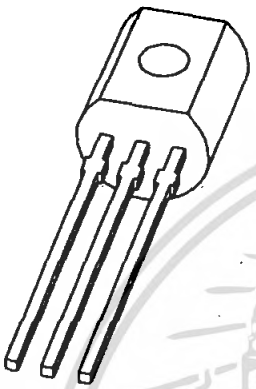
```
            LOW  S2
            HIGH S3
         Case Else
            pause 1000                          ' clear -- no filter
            HIGH S2
            LOW  S3
         End Select
         high lamp_sensor
         pause 200                              ' light sample
         Count portc.5, 100, freq
         pause 200              ' return unscaled value
         return
read_adc:
         low lamp_sensor
         pause 500
         high lamp
         pause 1000 '*************
'***************************** ck black light ********************88
         adcin 1 , volt_1
         volt_2 = volt_1& cov_3bit
         pause 500
         low lamp
         chk = 0
         Return
compare:
        red_temp  = red[0]
        green_temp= red[1]
        blue_temp = red[2]
        adc_temp  = red[3]
        gosub ck_color
        if now_color = 1 then return

        red_temp  = blue[0]
        green_temp= blue[1]
        blue_temp = blue[2]
        adc_temp  = blue[3]
        gosub ck_color
        if now_color = 1 then return

        red_temp  = green[0]
        green_temp= green[1]
        blue_temp = green[2]
        adc_temp  = green[3]
        gosub ck_color
        if now_color = 1 then return
        cnt_color = 0
        return
ck_color:
        ' now_color = 0
         Cnt_color = Cnt_color + 1
         If (red_Val   >= Red_Temp + Err)     Or (red_Val <=Red_Temp - Err)   Then
return
         If (green_Val >=Green_Temp + Err)    Or (green_Val <= Green_Temp - Err)
Then return
         If (Blue_Val  >= Blue_Temp + Err)    Or (Blue_Val <=Blue_Temp - Err) Then
return

         now_color = 1

        return
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


LCD1
LM016L
VSS
VDD
VEE
RS
RW
E
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
U1
PIC16F877
OSC1/CLKIN
OSC2/CLKOUT
MCLR/Vpp/THV
RA0/AN0
RA1/AN1
RA2/AN2/VREF-
RA3/AN3/VREF+
RA4/T0CKI
RA5/AN4/SS
RE0/AN5/RD
RE1/AN6/WR
RE2/AN7/CS
RB0/INT
RB1
RB2
RB3/PGM
RB4
RB5
RB6/PGC
RB7/PGD
RC0/T1OSO/T1CKI
RC1/T1OSI/CCP2
RC2/CCP1
RC3/SCK/SCL
RC4/SDI/SDA
RC5/SDO
RC6/TX/CK
RC7/RX/DT
RD0/PSP0
RD1/PSP1
RD2/PSP2
RD3/PSP3
RD4/PSP4
RD5/PSP5
RD6/PSP6
RD7/PSP7
R1
4k7
R2
4k7
R3
4k7
R4
4k7
R5
4k7
R6
4k7
R7
4k7
J1
J2
J3
CONN-H2
CONN-H2
CONN-H2


SW1
SW-SPDT-MOM
SW2
SW-SPDT-MOM
J2
CONN-SIL2
J2(1)
J1(1)
J1
CONN-SIL2
R2
4k7
IC1
OSC1/CLKIN
OSC2/CLKOUT
MCLR/Vpp/THV
RA0/AN0
RA1/AN1
RA2/AN2/VREF-
RA3/AN3/VREF+
RA4/T0CKI
RA5/AN4/SS
RE0/AN5/RD
RE1/AN6/WR
RE2/AN7/CS
RB0/INT
RB1
RB2
RB3/PGM
RB4
RB5
RB6/PGC
RB7/PGD
RC0/T1OSO/T1CKI
RC1/T1OSI/CCP2
RC2/CCP1
RC3/SCK/SCL
RC4/SDI/SDA
RC5/SDO
RC6/TX/CK
RC7/RX/DT
RD0/PSP0
RD1/PSP1
RD2/PSP2
RD3/PSP3
RD4/PSP4
RD5/PSP5
RD6/PSP6
RD7/PSP7
PIC16F877
SW3
SW-SPDT-MOM
D1
LED-GREEN
D2
LED-GREEN
D3
LED-GREEN
D4
LED-RED
D5
LED-GREEN
R7
470
R6
470
R5
470
R4
470
R3
470
D6
LED-RED
D7
LED-RED
D8
LED-RED
D9
LED-RED
RXD
TXD
RTS
CTS

DATA SHEET



BC556; BC557
PNP general purpose transistors

Product specification
Supersedes data of 1999 Apr 15

2004 Oct 11

Philips
Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PNP general purpose transistors BC556; BC557

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

APPLICATIONS

- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

PNP transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
NPN complements: BC546 and BC547.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector

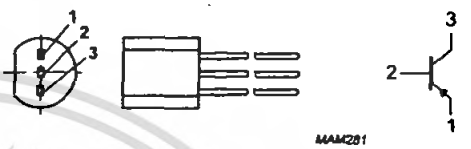


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
BC556	SC-43A	plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads	SOT54
BC557			

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter			
	BC556		–	–80	V
	BC557		–	–50	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base			
	BC556		–	–65	V
	BC557		–	–45	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	–5	V
I_C	collector current (DC)		–	–100	mA
I_{CM}	peak collector current		–	–200	mA
I_{BM}	peak base current		–	–200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T_j	junction temperature		–	150	°C
T_{amb}	ambient temperature		–65	+150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

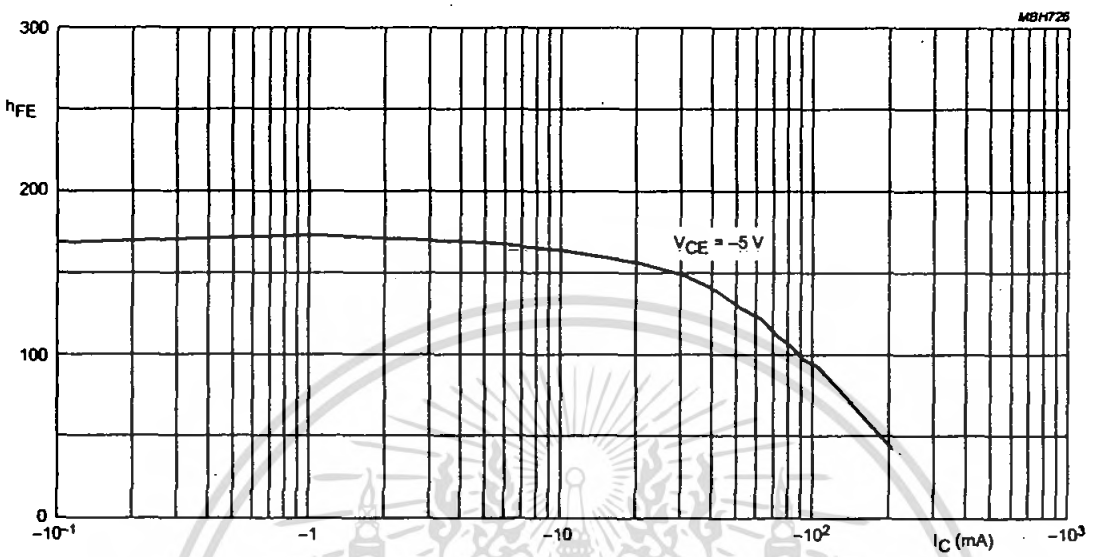
T_{amb} = 25 °C unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector-base cut-off current	V_{CB} = –30 V; I_E = 0 A	–	–1	–15	nA
		V_{CB} = –30 V; I_E = 0 A; T_j = 150 °C	–	–	–4	µA
I_{EBO}	emitter-base cut-off current	V_{EB} = –5 V; I_C = 0 V	–	–	–100	nA
h_{FE}	DC current gain	I_C = –2 mA; V_{CE} = –5 V; see Figs 2, 3 and 4				
	BC556		125	–	475	
	BC557		125	–	800	
	BC556A		125	–	250	
	BC556B; BC557B		220	–	475	
	BC557C		420	–	800	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	I_C = –10 mA; I_B = –0.5 mA	–	–60	–300	mV
		I_C = –100 mA; I_B = –5 mA	–	–180	–650	mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	I_C = –10 mA; I_B = –0.5 mA; note 1	–	–750	–	mV
		I_C = –100 mA; I_B = –5 mA; note 1	–	–930	–	mV
V_{BE}	base-emitter voltage	V_{CE} = –5 V; I_C = –2 mA; note 2	–600	–650	–750	mV
		V_{CE} = –5 V; I_C = –10 mA; note 2	–	–	–820	mV
C_c	collector capacitance	V_{CB} = –10 V; I_E = i_e = 0 A; f = 1 MHz	–	3	–	pF
C_e	emitter capacitance	V_{EB} = –0.5 V; I_C = i_c = 0 A; f = 1 MHz	–	10	–	pF
f_T	transition frequency	V_{CE} = –5 V; I_C = –10 mA; f = 100 MHz	100	–	–	MHz
F	noise figure	V_{CE} = –5 V; I_C = –200 µA; R_S = 2 kΩ; f = 1 kHz; B = 200 Hz	–	2	10	dB

Notes

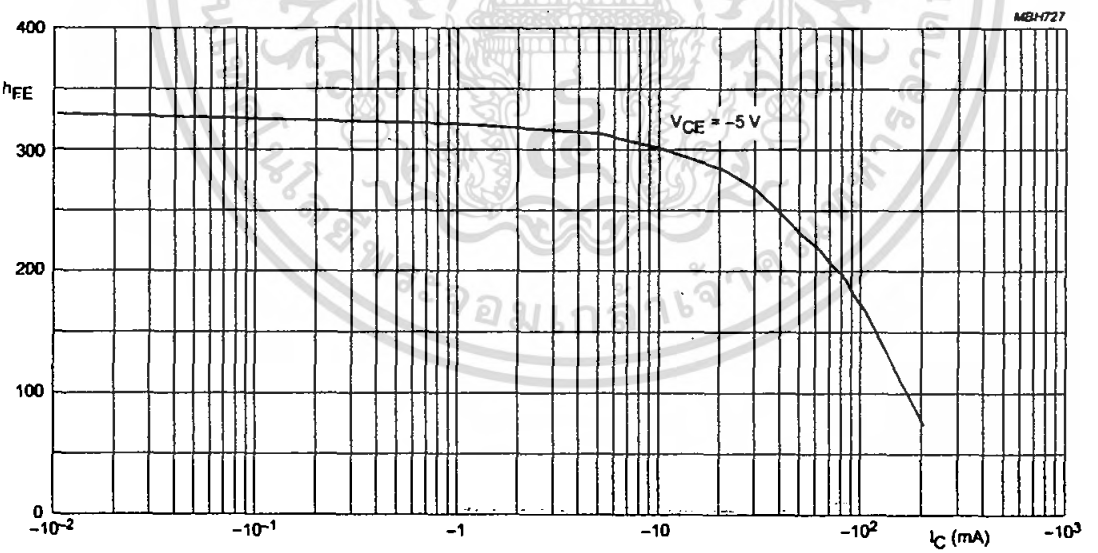
1. V_{BEsat} decreases by about –1.7 mV/K with increasing temperature.
2. V_{BE} decreases by about –2 mV/K with increasing temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BC556A.

Fig.2 DC current gain; typical values.



BC556B; BC557B.

Fig.3 DC current gain; typical values.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

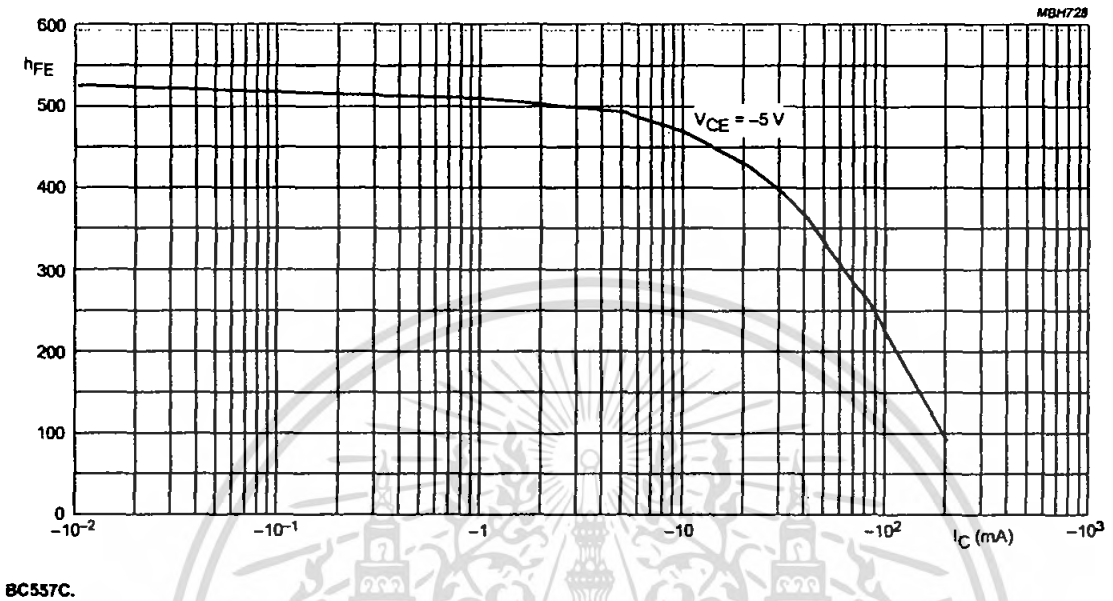
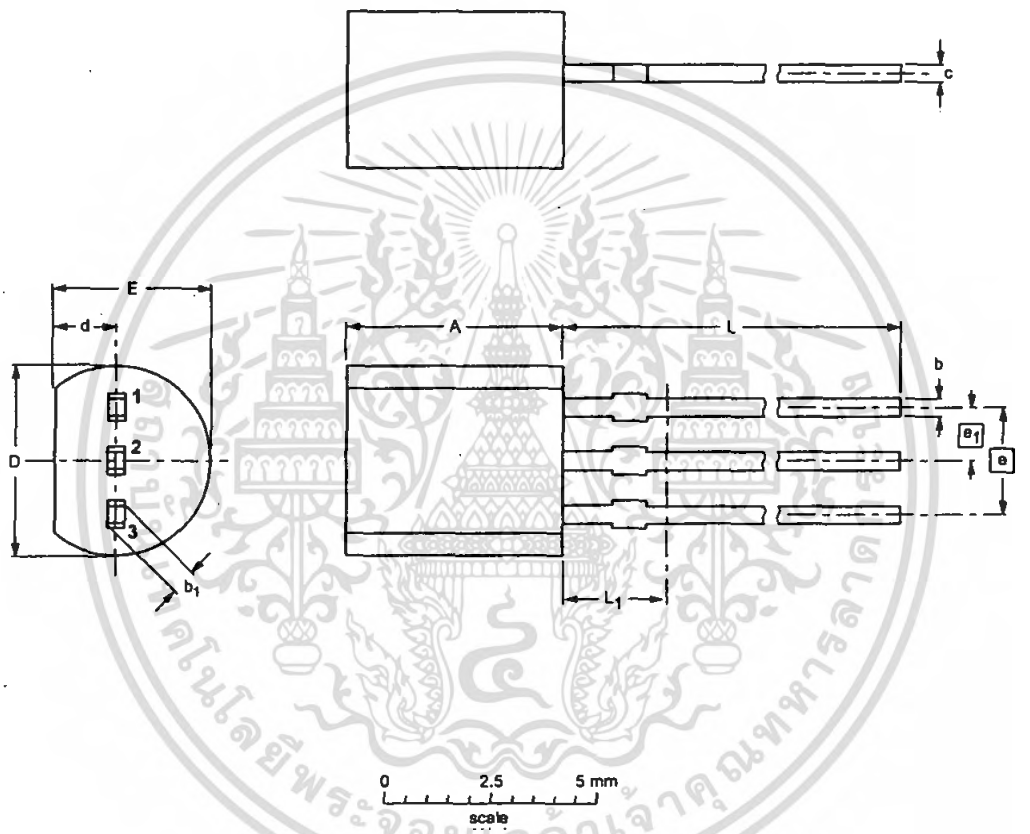


Fig.4 DC current gain; typical values.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads **SOT54**



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b_1	c	D	d	E	e	e_1	L	L_1 (1) max.
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.55	0.45 0.38	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	JEITA			
SOT54		TO-92	SC-43A			~~97-02-28~~ 04-06-28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET STATUS

LEVEL	DATA SHEET STATUS[1]	PRODUCT STATUS[2][3]	DEFINITION
I	Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
II	Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
III	Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN).

Notes

1. Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
2. The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL http://www.semiconductors.philips.com.
3. For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

DEFINITIONS

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

DISCLAIMERS

Life support applications — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

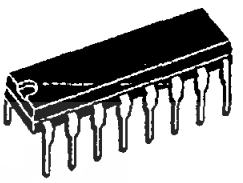
Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes in the products - including circuits, standard cells, and/or software - described or contained herein in order to improve design and/or performance. When the product is in full production (status 'Production'), relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN). Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

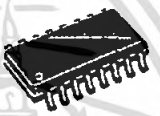
SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

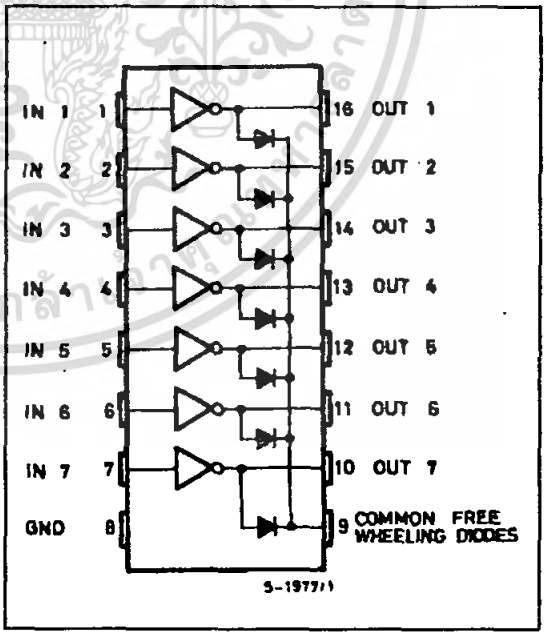
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

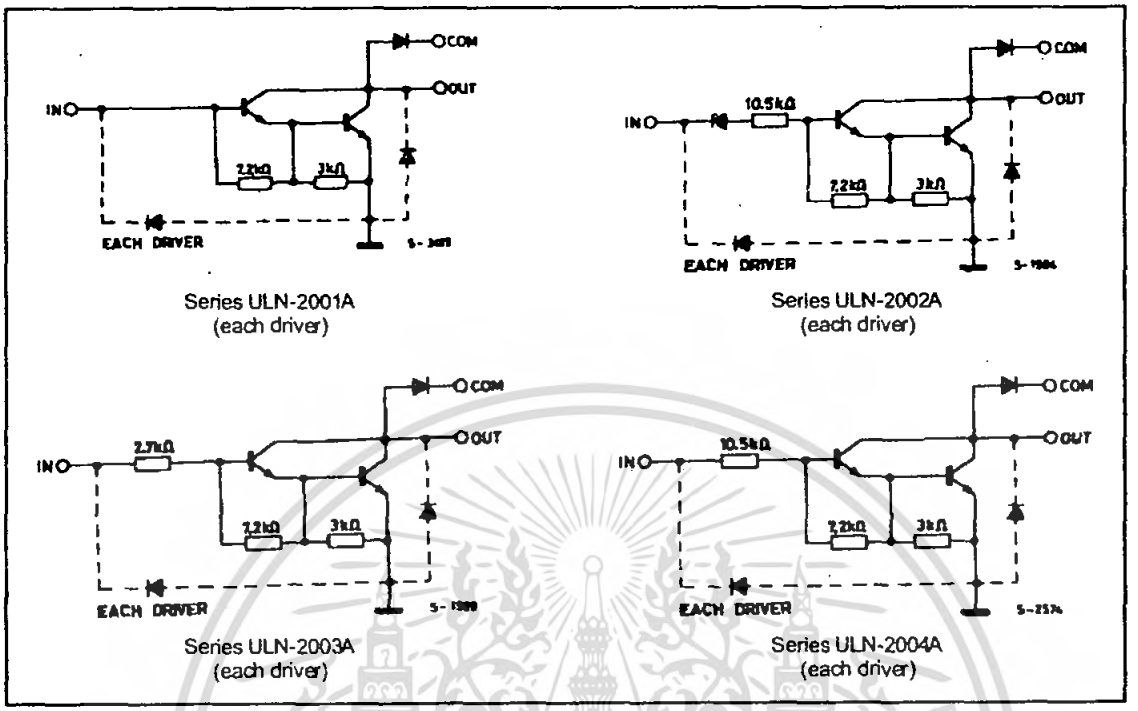
The ULN2001A/2002A/2003Aand 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM



Series ULN-2001A (each driver)

Series ULN-2002A (each driver)

Series ULN-2003A (each driver)

Series ULN-2004A (each driver)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP16	SO16	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	100	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	V_{CE} = 50V T_{amb} = 70°C, V_{CE} = 50V T_{amb} = 70°C for ULN2002A V_{CE} = 50V, V_i = 6V for ULN2004A V_{CE} = 50V, V_i = 1V			50 100 500 500	µA µA µA µA	1a 1a 1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	I_C = 100mA, I_B = 250µA I_C = 200 mA, I_B = 350µA I_C = 350mA, I_B = 500µA		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V V V	2 2 2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, V_i = 17V for ULN2003A, V_i = 3.85V for ULN2004A, V_i = 5V V_i = 12V		0.82 0.93 0.35 1	1.25 1.35 0.5 1.45	mA mA mA mA	3 3 3 3
$I_{i(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2V for ULN2002A I_C = 300mA for ULN2003A I_C = 200mA I_C = 250mA I_C = 300mA for ULN2004A I_C = 125mA I_C = 200mA I_C = 275mA I_C = 350mA			 13 2.4 2.7 3 5 6 7 8	V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A V_{CE} = 2V, I_C = 350mA	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	V_R = 50V T_{amb} = 70°C, V_R = 50V			50 100	µA µA	6 6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_F = 350mA		1.7	2	V	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

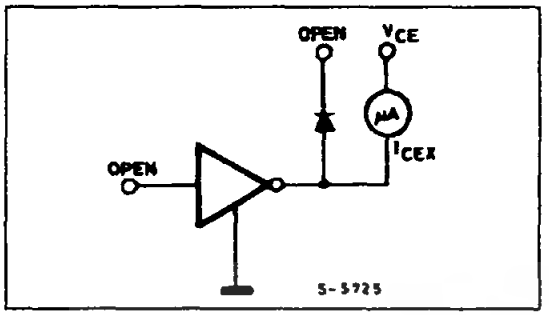


Figure 1b.

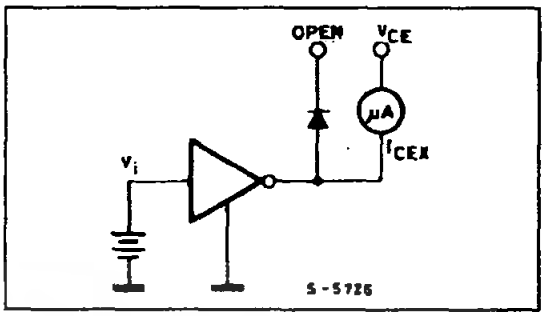


Figure 2.

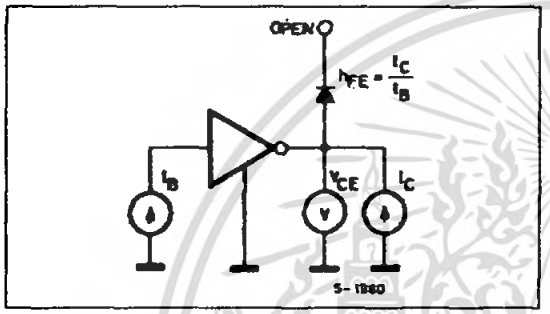


Figure 3.

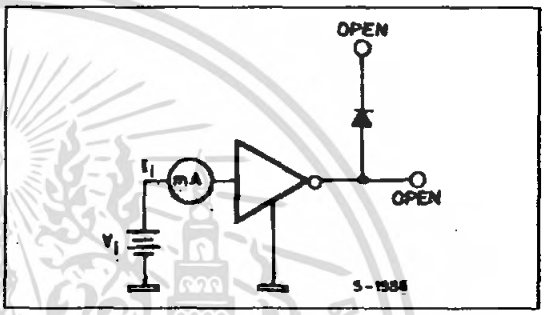


Figure 4.

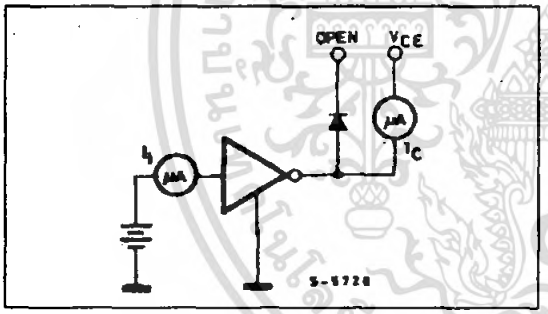


Figure 5.

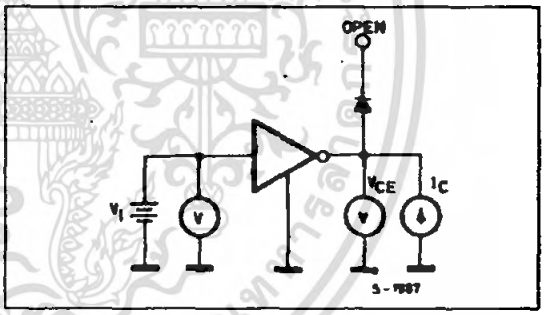


Figure 6.

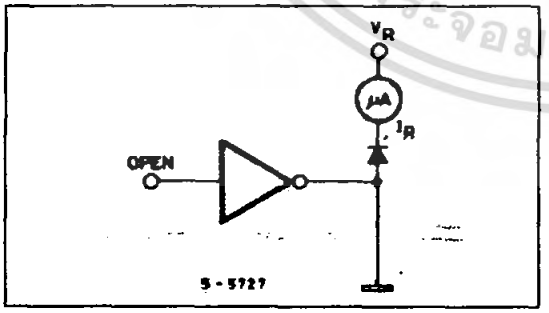
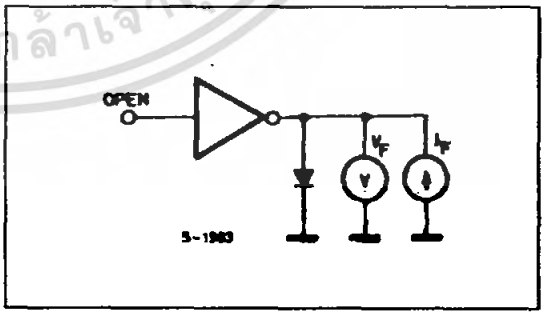


Figure 7.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 8: Collector Current versus Input Current

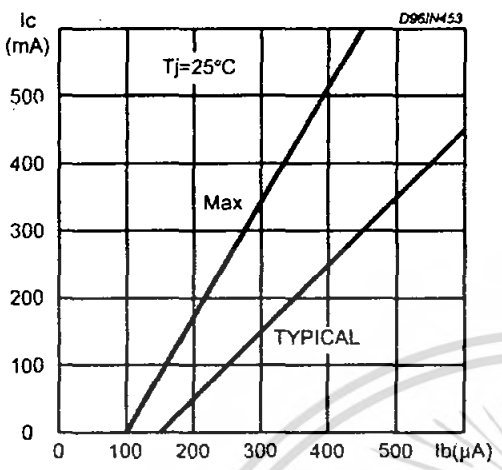


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

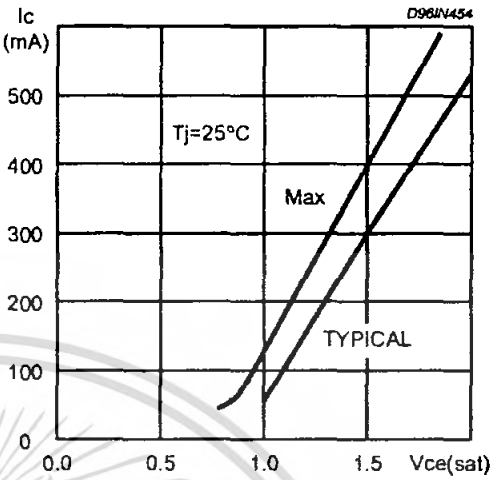


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

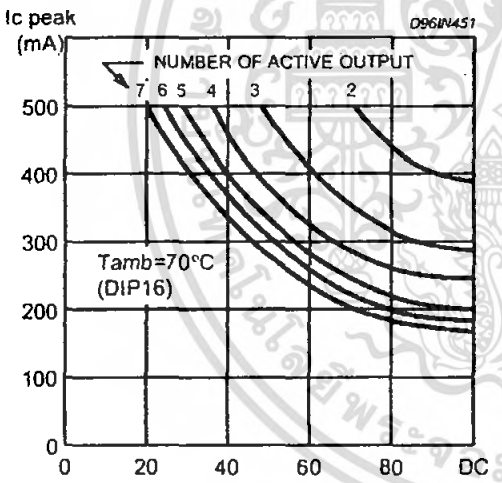
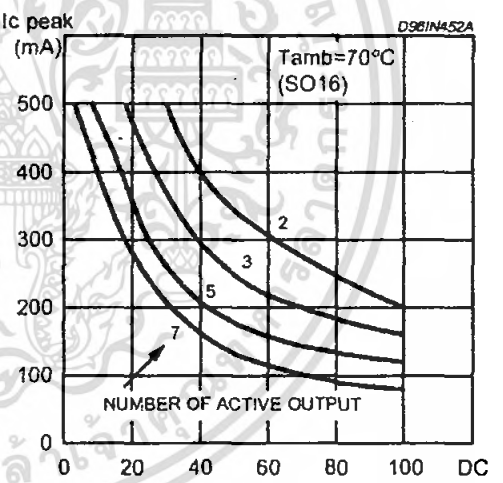


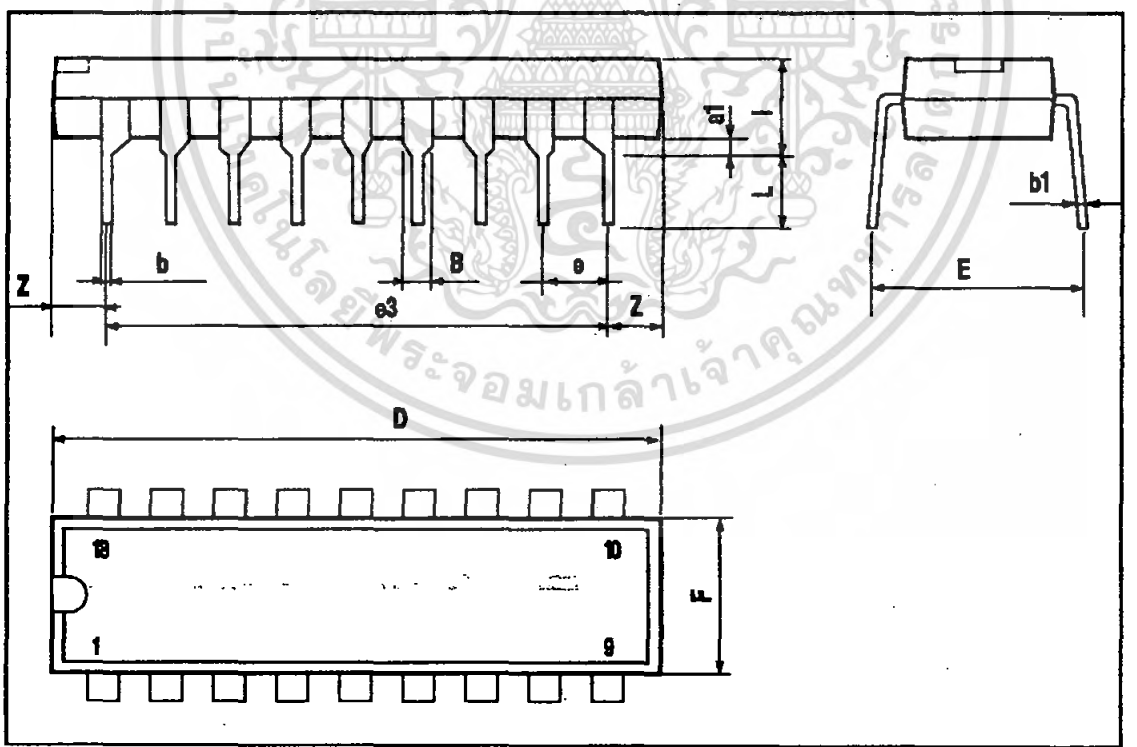
Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

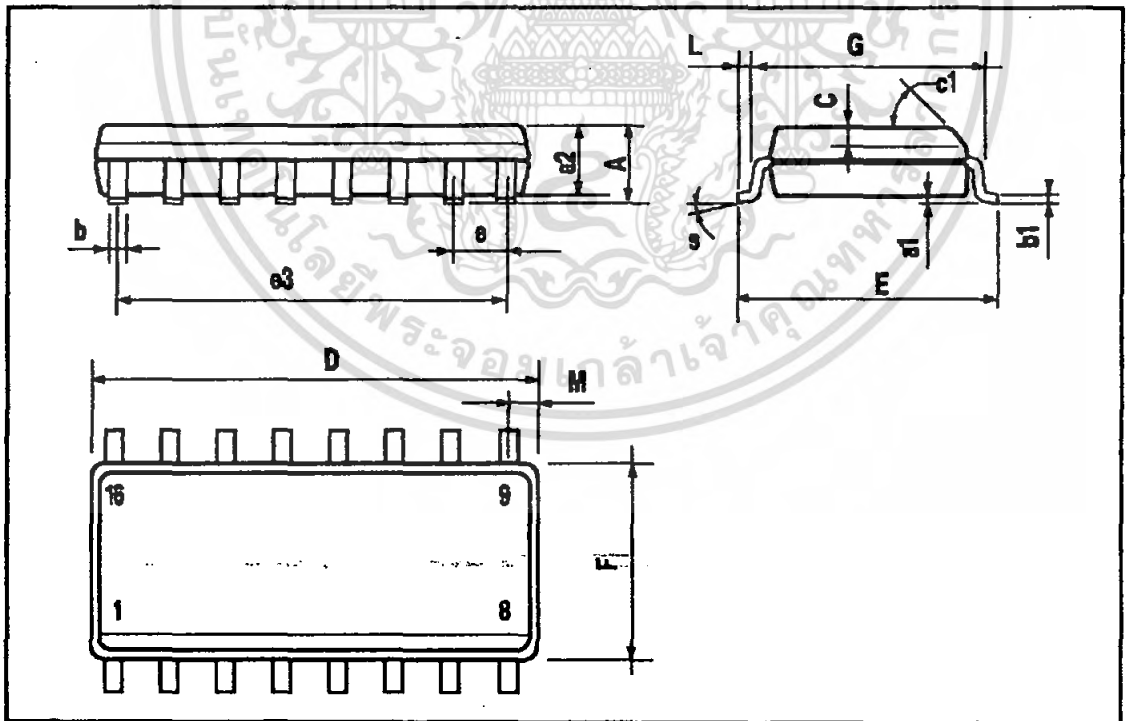
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SO16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45 (typ.)					
D	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8 (max.)					



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 1998 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

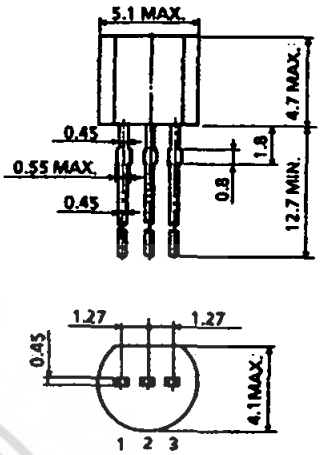
TOSHIBA Transistor Silicon NPN Epitaxial Type (PCT process)

2SC1815

Audio Frequency General Purpose Amplifier Applications
Driver Stage Amplifier Applications

Unit: mm

- High voltage and high current: V_{CEO} = 50 V (min), I_C = 150 mA (max)
- Excellent h_{FE} linearity: h_{FE} (2) = 100 (typ.) at V_{CE} = 6 V, I_C = 150 mA : h_{FE} (I_C = 0.1 mA)/h_{FE} (I_C = 2 mA) = 0.95 (typ.)
- Low noise: NF = 1dB (typ.) at f = 1 kHz
- Complementary to 2SA1015 (O, Y, GR class)



1. EMITTER
2. COLLECTOR
3. BASE

JEDEC	TO-92
JEITA	SC-43
TOSHIBA	2-5F1B

Weight: 0.21 g (typ.)

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristics	Symbol	Rating	Unit
Collector-base voltage	V_{CBO}	60	V
Collector-emitter voltage	V_{CEO}	50	V
Emitter-base voltage	V_{EBO}	5	V
Collector current	I_C	150	mA
Base current	I_B	50	mA
Collector power dissipation	P_C	400	mW
Junction temperature	T_j	125	°C
Storage temperature range	T_{stg}	−55~125	°C

Note: Using continuously under heavy loads (e.g. the application of high temperature/current/voltage and the significant change in temperature, etc.) may cause this product to decrease in the reliability significantly even if the operating conditions (i.e. operating temperature/current/voltage, etc.) are within the absolute maximum ratings. Please design the appropriate reliability upon reviewing the Toshiba Semiconductor Reliability Handbook ("Handling Precautions"/"Derating Concept and Methods") and individual reliability data (i.e. reliability test report and estimated failure rate, etc).

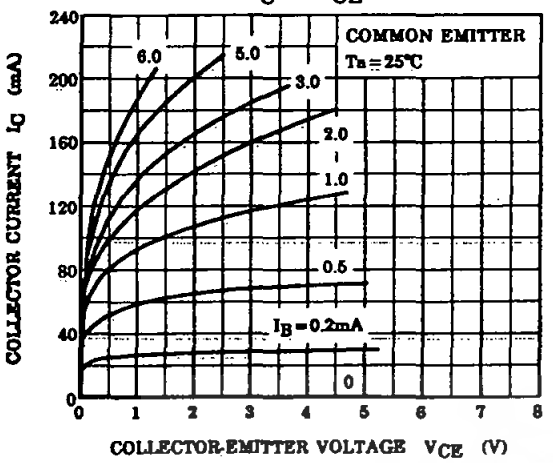
Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

Characteristics	Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Collector cut-off current	I_{CBO}	V_{CB} = 60 V, I_E = 0	—	—	0.1	μA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	V_{EB} = 5 V, I_C = 0	—	—	0.1	μA
DC current gain	h_{FE} (1) (Note)	V_{CE} = 6 V, I_C = 2 mA	70	—	700	
	h_{FE} (2)	V_{CE} = 6 V, I_C = 150 mA	25	100	—	
Collector-emitter saturation voltage	V_{CE} (sat)	I_C = 100 mA, I_B = 10 mA	—	0.1	0.25	V
Base-emitter saturation voltage	V_{BE} (sat)	I_C = 100 mA, I_B = 10 mA	—	—	1.0	V
Transition frequency	f_T	V_{CE} = 10 V, I_C = 1 mA	80	—	—	MHz
Collector output capacitance	C_{ob}	V_{CB} = 10 V, I_E = 0, f = 1 MHz	—	2.0	3.5	pF
Base intrinsic resistance	$r_{bb'}$	V_{CE} = 10 V, I_E = −1 mA, f = 30 MHz	—	50	—	Ω
Noise figure	NF	V_{CE} = 6 V, I_C = 0.1 mA, f = 1 kHz, R_G = 10 kΩ	—	1.0	10	dB

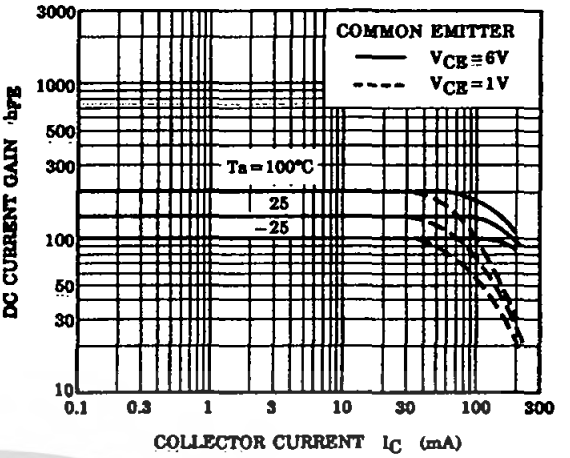
Note: h_{FE} classification O: 70~140, Y: 120~240, GR: 200~400, BL: 350~700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

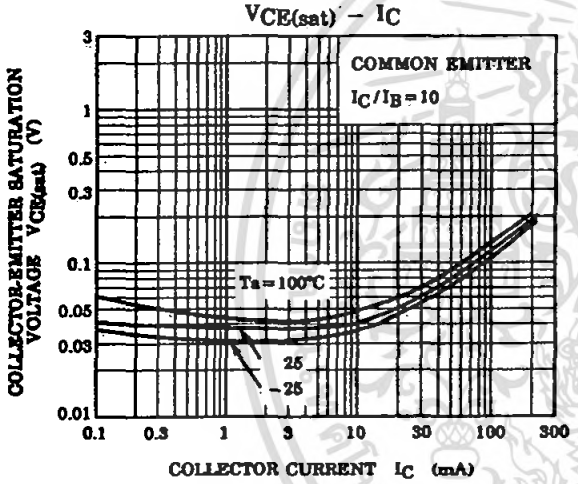
$I_C - V_{CE}$



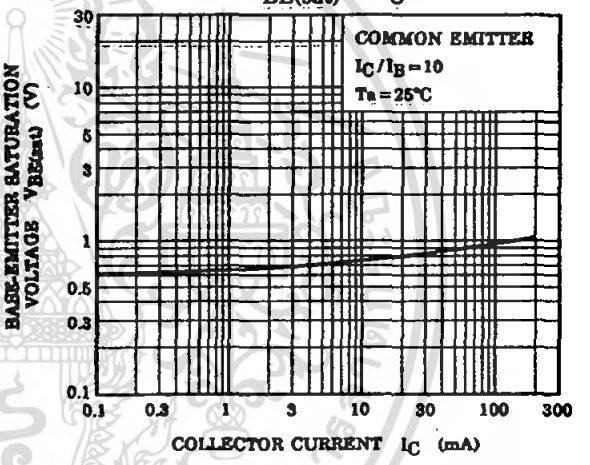
$h_{FE} - I_C$



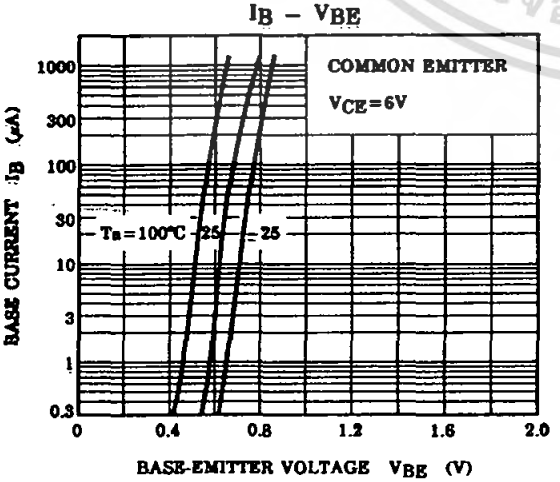
$V_{CE(sat)} - I_C$



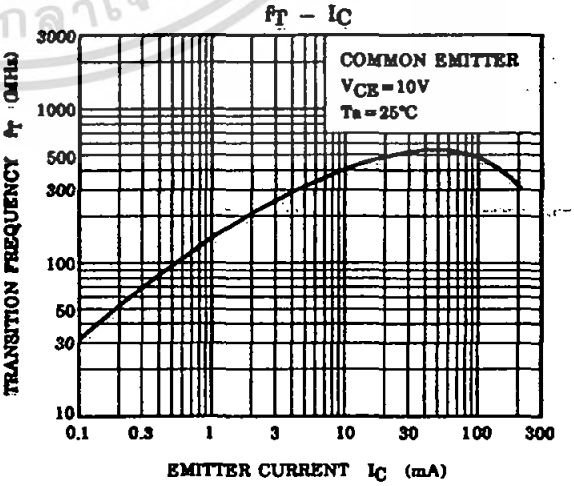
$V_{BE(sat)} - I_C$



$I_B - V_{BE}$

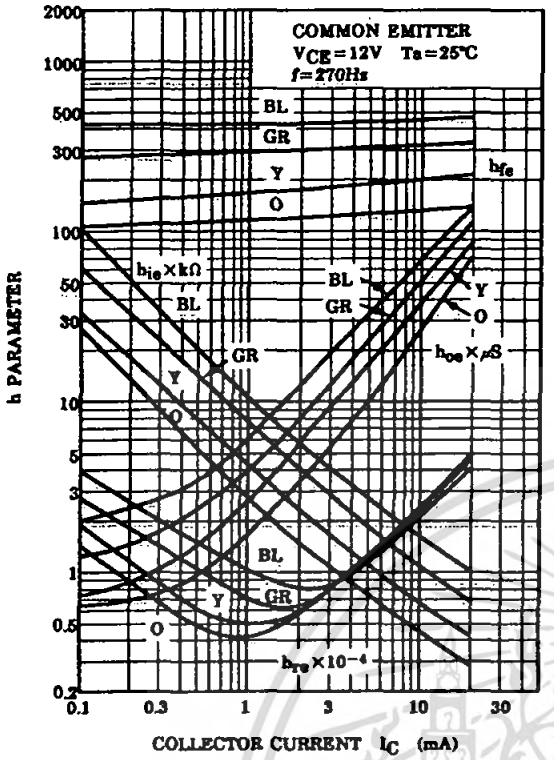


$f_T - I_C$

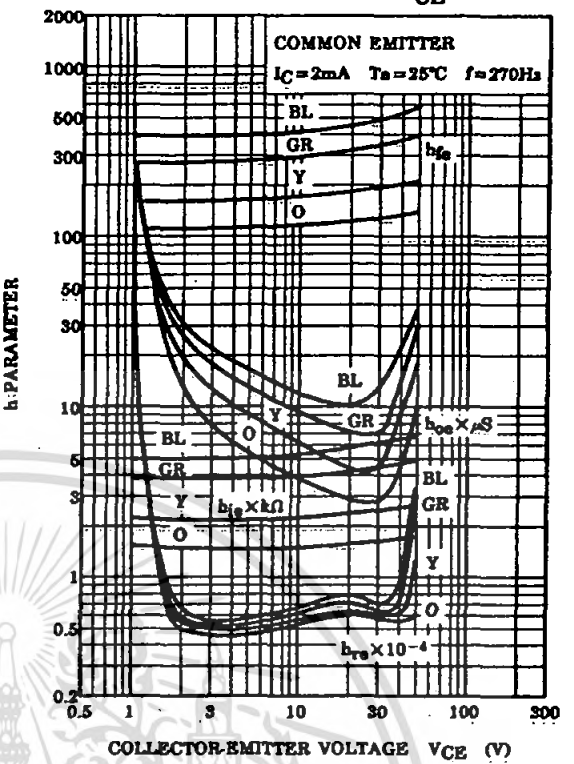


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

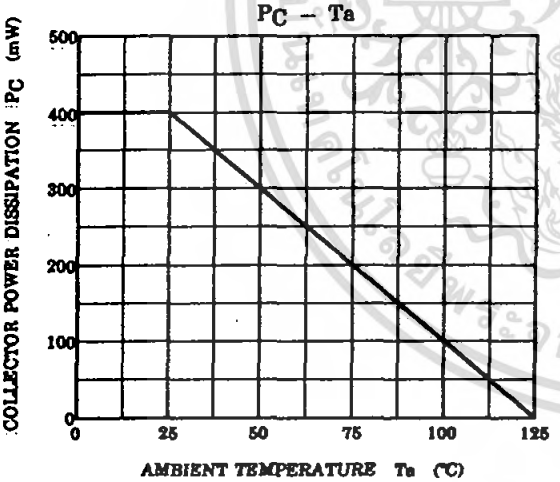
h PARAMATER – I_C



h PARAMATER – V_{CE}



P_C – Ta



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

20070701-EN GENERAL

- The information contained herein is subject to change without notice.
- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.
  In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc.
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.).These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in his document shall be made at the customer's own risk.
- The products described in this document shall not be used or embedded to any downstream products of which manufacture, use and/or sale are prohibited under any applicable laws and regulations.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringements of patents or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patents or other rights of TOSHIBA or the third parties.
- Please contact your sales representative for product-by-product details in this document regarding RoHS compatibility. Please use these products in this document in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances. Toshiba assumes no liability for damage or losses occurring as a result of noncompliance with applicable laws and regulations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Submersible Pump SP101-600

Specification

VOLT	:	220/110V
FREQ	:	50/60Hz
POWER	:	6W
LIFT	:	0.70m
FLOW	:	550L/h
SIZE	:	178x100x237mm

Feature :

1. driven by the permanent-magnet in-phase motor, this pump is high-efficiency, energy-saving and durable.

2. made of stainless steel, the shaft of the pump can endures abrasion and corrupt, and can be used in freshwater and seawater.

3. the motor is sealed in the body shell with resin. with excellent water-proof performance and high isolation intensity, it is safe and reliable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. multi-functional design, various purposes in a machine----- pumping, fountain and filter 3 in 1. with a stream control valve set in the pump, the stream can be adjusted at will.

5. with beautiful appearance, the fitting fountain is convenient to assemble and suitable for pumps of any sizes.

Applicable scope:

suitable for water-pumping, water-circulation, water crude-filter of various aquariums and seafood pools, and various water-pressure equipments such as fountains, waterfall, stream, indoor & outdoor water-column lamps.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

PIC16F87X

28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

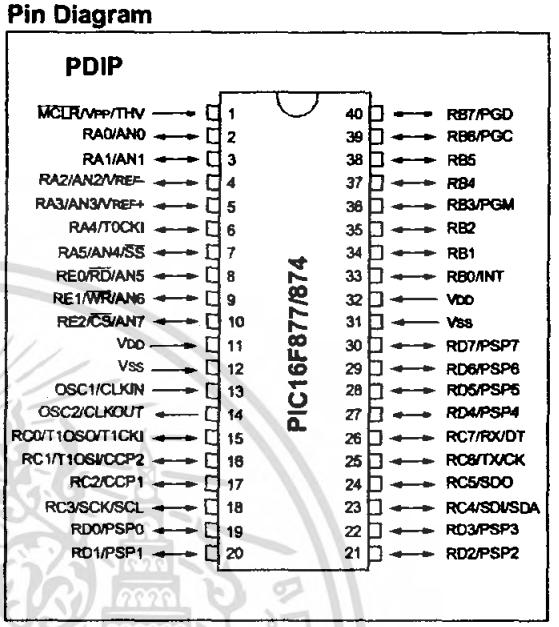
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- 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 and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



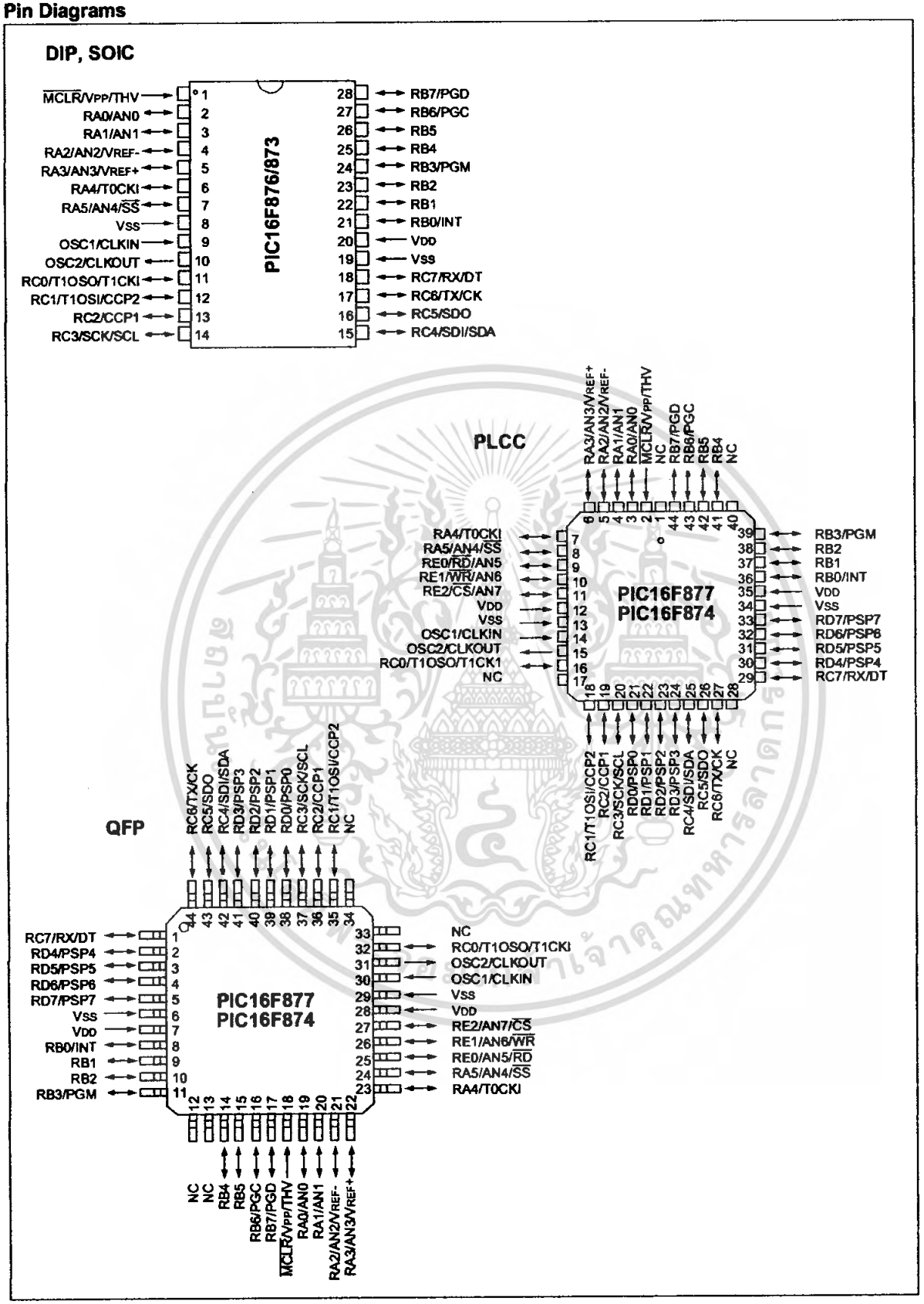
Peripheral Features:

- 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)

© 1999 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Diagrams



© 1999 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

© 1999 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1.0 Device Overview 5
2.0 Memory Organization 11
3.0 I/O Ports 29
4.0 Data EEPROM and FLASH Program Memory 41
5.0 Timer0 Module 47
6.0 Timer1 Module 51
7.0 Timer2 Module 55
8.0 Capture/Compare/PWM (CCP) Module(s) 57
9.0 Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module 63
10.0 Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) 95
11.0 Analog-to-Digital Converter (A/D) Module 111
12.0 Special Features of the CPU 121
13.0 Instruction Set Summary 137
14.0 Development Support 145
15.0 Electrical Characteristics 151
16.0 DC and AC Characteristics Graphs and Tables 173
17.0 Packaging Information 175
Appendix A: Revision History 183
Appendix B: Device Differences 183
Appendix C: Conversion Considerations 183
Index 185
On-Line Support 191
Product Identification System 193

To Our Valued Customers

Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

http://www.microchip.com

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number. e.g., DS30000A is version A of document DS30000.

New Customer Notification System

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

Errata

An errata sheet may exist for current devices, describing minor operational differences (from the data sheet) and recommended workarounds. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; http://www.microchip.com
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 786-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

Corrections to this Data Sheet

We constantly strive to improve the quality of all our products and documentation. We have spent a great deal of time to ensure that this document is correct. However, we realize that we may have missed a few things. If you find any information that is missing or appears in error, please:

- Fill out and mail in the reader response form in the back of this data sheet.
- E-mail us at webmaster@microchip.com.

We appreciate your assistance in making this a better document.

© 1999 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 DEVICE OVERVIEW

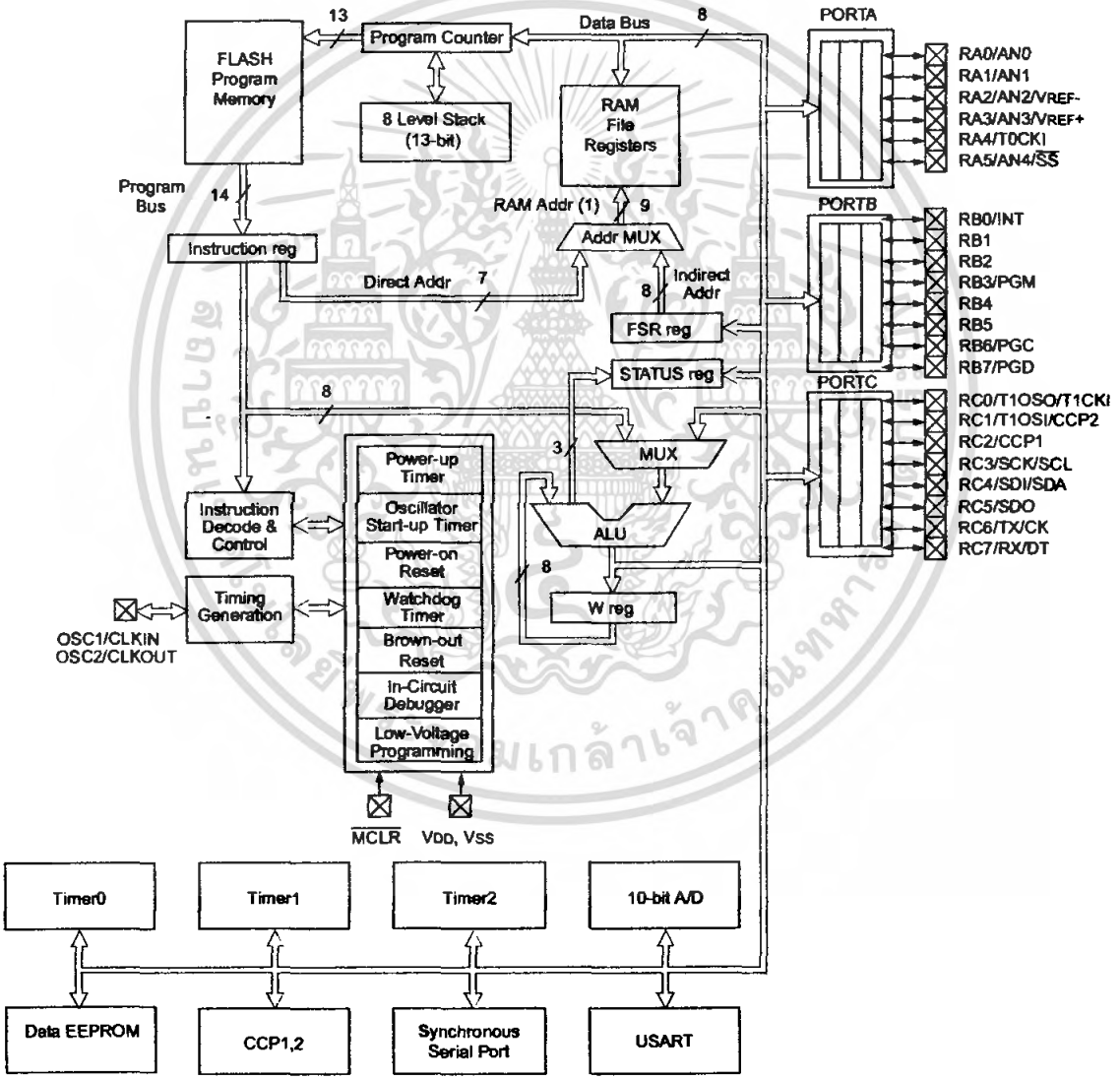
This document contains device-specific information. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary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

There are four devices (PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876 and PIC16F877) covered by this data sheet. The PIC16F876/873 devices come in 28-pin packages and the PIC16F877/874 devices come in 40-pin packages. The 28-pin devices do not have a Parallel Slave Port implemented.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin number; 28-pin for Figure 1-1 and 40-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40-pin pinouts are listed in Table 1-1 and Table 1-2, respectively.

FIGURE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F873	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F876	8K	368 Bytes	256 Bytes

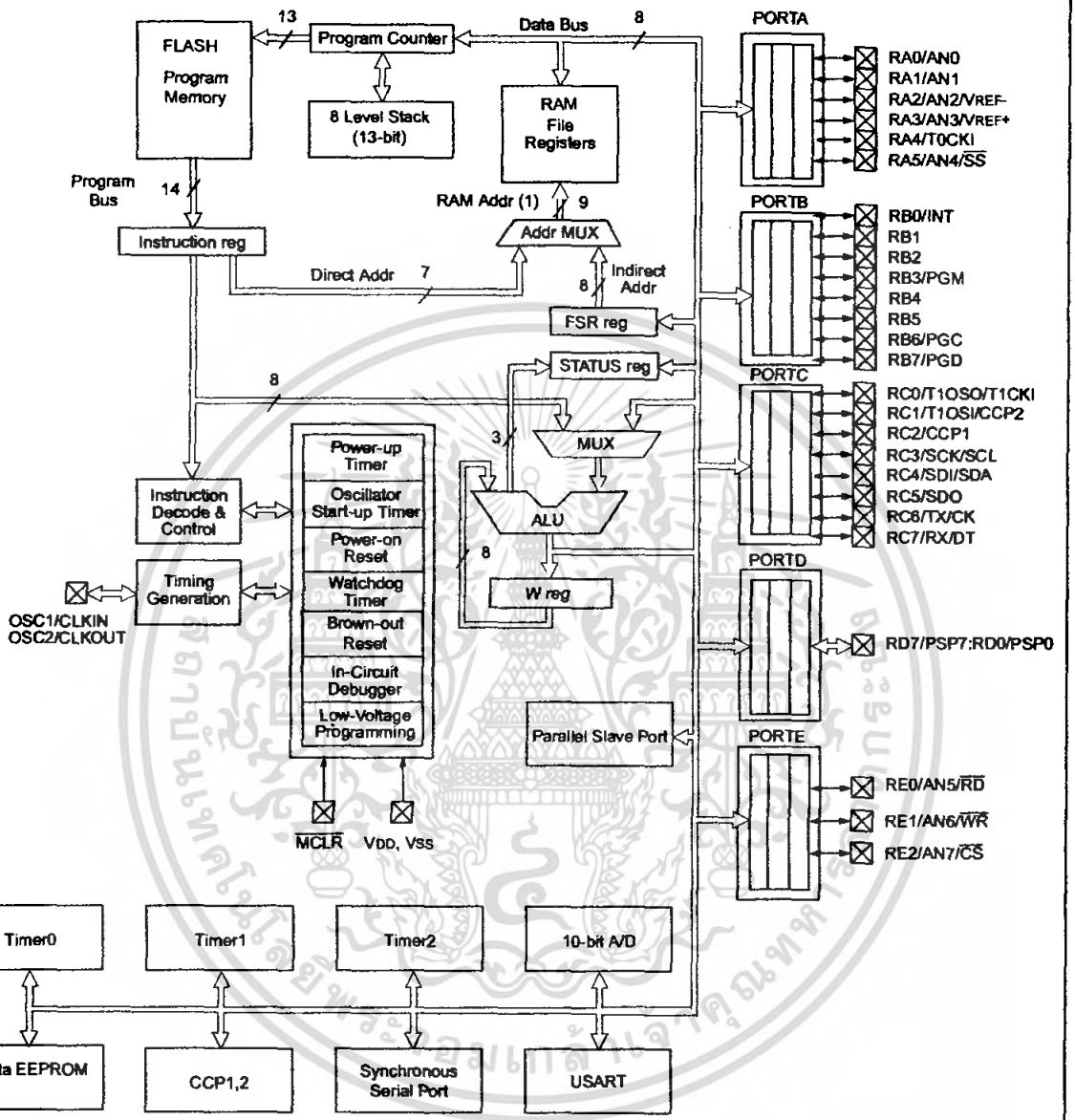


Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

© 1999 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 PINOUT DESCRIPTION

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS(4)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$/VPP/THV	1	2	18	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.
RA5/$\overline{SS}$/AN4	7	8	24	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Interrupt on change pin.
RB5	38	42	15	I/O	TTL	Interrupt on change pin.
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
						PORTC is a bi-directional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.

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

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

© 1999 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
						PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL(3)	
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL(3)	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL(3)	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL(3)	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL(3)	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL(3)	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL(3)	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL(3)	
						PORTE is a bi-directional I/O port.
RE0/$\overline{RD}$/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL(3)	RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.
RE1/$\overline{WR}$/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL(3)	RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.
RE2/$\overline{CS}$/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL(3)	RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
VSS	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28, 40	12,13, 33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

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

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES:

© 1999 Microchip Technology Inc.

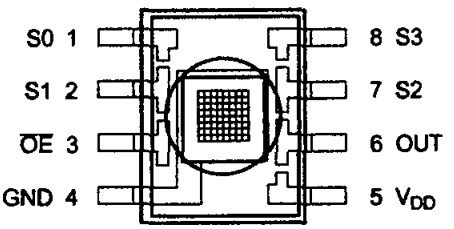
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS230
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046B – DECEMBER 2004

- **High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency**
- **Programmable Color and Full-Scale Output Frequency**
- **Communicates Directly With a Microcontroller**
- **Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)**
- **Power Down Feature**
- **Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz**
- **Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient**
- **Low-Profile Surface-Mount Package**

PACKAGE D
8-LEAD SOIC
(TOP VIEW)

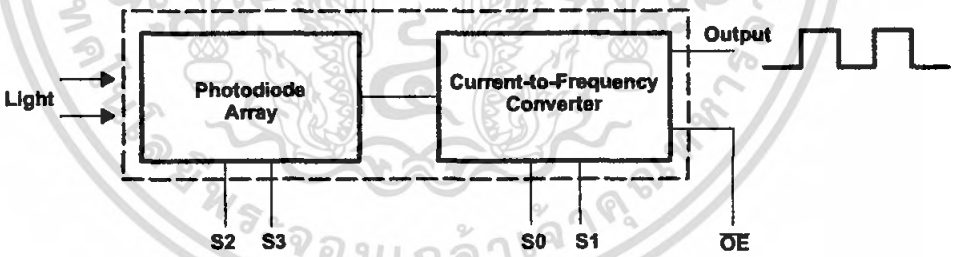


Description

The TCS230 programmable color light-to-frequency converter combines configurable silicon photodiodes and a current-to-frequency converter on single monolithic CMOS integrated circuit. The output is a square wave (50% duty cycle) with frequency directly proportional to light intensity (irradiance). The full-scale output frequency can be scaled by one of three preset values via two control input pins. Digital inputs and digital output allow direct interface to a microcontroller or other logic circuitry. Output enable ($\overline{OE}$) places the output in the high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

The light-to-frequency converter reads an 8 x 8 array of photodiodes. Sixteen photodiodes have blue filters, 16 photodiodes have green filters, 16 photodiodes have red filters, and 16 photodiodes are clear with no filters. The four types (colors) of photodiodes are interdigitated to minimize the effect of non-uniformity of incident irradiance. All 16 photodiodes of the same color are connected in parallel and which type of photodiode the device uses during operation is pin-selectable. Photodiodes are 120 µm x 120 µm in size and are on 144-µm centers.

Functional Block Diagram



Copyright © 2004, TAOS Inc.

Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc.
800 Jupiter Road, Suite 205 • Plano, TX 75074 • (972) 673-0759
www.taosinc.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminal Functions

TERMINAL NAME	TERMINAL NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
$\overline{OE}$	3	I	Enable for f_o (active low).
OUT	6	O	Output frequency (f_o).
S0, S1	1, 2	I	Output frequency scaling selection inputs.
S2, S3	7, 8	I	Photodiode type selection inputs.
V_{DD}	5		Supply voltage

Table 1. Selectable Options

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)	S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Power down	L	L	Red
L	H	2%	L	H	Blue
H	L	20%	H	L	Clear (no filter)
H	H	100%	H	H	Green

Available Options

DEVICE	T_A	PACKAGE – LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TCS230	−40°C to 85° C	SOIC-8	D	TCS230D

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1) . . . . . 6 V
Input voltage range, all inputs, V_I . . . . . −0.3 V to V_{DD} + 0.3 V
Operating free-air temperature range, T_A . . . . . −40°C to 85°C
Storage temperature range . . . . . −40°C to 85°C
Solder conditions in accordance with JEDEC J-STD-020A, maximum temperature . . . . . 240°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to GND.

Recommended Operating Conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}		2.7	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	V_{DD} = 2.7 V to 5.5 V	2		V_{DD}	V
Low-level input voltage, V_{IL}	V_{DD} = 2.7 V to 5.5 V	0		0.8	V
Operating free-air temperature range, T_A		−40		70	°C

Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics at T_A = 25°C, V_{DD} = 5 V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	I_{OH} = −4 mA	4	4.5		V
V_{OL}	Low-level output voltage	I_{OL} = 4 mA		0.25	0.40	V
I_{IH}	High-level input current				5	µA
I_{IL}	Low-level input current				5	µA
I_{DD}	Supply current	Power-on mode		2	3	mA
		Power-down mode		7	15	µA
	Full-scale frequency (See Note 2)	S0 = H, S1 = H	500	600		kHz
		S0 = H, S1 = L	100	120		kHz
		S0 = L, S1 = H	10	12		kHz
	Temperature coefficient of output frequency	λ ≤ 700 nm, −25°C ≤ T_A ≤ 70°C		±200		ppm/°C
k_{SVS}	Supply voltage sensitivity	V_{DD} = 5 V ±10%		±0.5		%/V

NOTE 2: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics at V_{DD} = 5 V, T_A = 25°C, S0 = H, S1 = H (unless otherwise noted) (See Notes 3, 4, 5, 6, and 7).

PARAMETER		TEST CONDITIONS	CLEAR PHOTODIODE S2 = H, S3 = L			BLUE PHOTODIODE S2 = L, S3 = H			GREEN PHOTODIODE S2 = H, S3 = H			RED PHOTODIODE S2 = L, S3 = L			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
f_O	Output frequency	E_e = 47.2 µW/cm², λ_p = 470 nm	16	20	24	11.2	16.4	21.6							kHz
		E_e = 40.4 µW/cm², λ_p = 524 nm	16	20	24				8	13.6	19.2				kHz
		E_e = 34.6 µW/cm², λ_p = 640 nm	16	20	24							14	19	24	kHz
f_D	Dark frequency	E_e = 0		2	12		2	12		2	12		2	12	Hz
R_e	Irradiance responsivity (Note 8)	λ_p = 470 nm		424			348			81			26		Hz/(µW/cm²)
		λ_p = 524 nm		495			163			337			35		
		λ_p = 565 nm		532			37			309			91		
		λ_p = 640 nm		578			17			29			550		
	Saturation irradiance (Note 9)	λ_p = 470 nm		1410			1720								µW/cm²
		λ_p = 524 nm		1210						1780					
		λ_p = 565 nm		1130						1940					
		λ_p = 640 nm		1040									1090		
R_v	Illuminance responsivity (Note 10)	λ_p = 470 nm		565			464			108			35		Hz/lx
		λ_p = 524 nm		95			31			65			7		
		λ_p = 565 nm		89			6			52			15		
		λ_p = 640 nm		373			11			19			355		
	Nonlinearity (Note 11)	f_O = 0 to 5 kHz		±0.1 %			±0.1 %			±0.1 %			±0.1 %		% F.S.
		f_O = 0 to 50 kHz		±0.2 %			±0.2 %			±0.2 %			±0.2 %		% F.S.
		f_O = 0 to 500 kHz		±0.5 %			±0.5 %			±0.5 %			±0.5 %		% F.S.
	Recovery from power down			100			100			100			100		µs
	Response time to output enable (OE)			100			100			100			100		ns

NOTES:
3. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.
4. The 470 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength λ_p = 470 nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2}$ = 35 nm, and luminous efficacy = 75 lm/W.
5. The 524 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength λ_p = 524 nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2}$ = 47 nm, and luminous efficacy = 520 lm/W.
6. The 565 nm input irradiance is supplied by a GaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength λ_p = 565 nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2}$ = 28 nm, and luminous efficacy = 595 lm/W.
7. The 640 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength λ_p = 640 nm, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2}$ = 17 nm, and luminous efficacy = 155 lm/W.
8. Irradiance responsivity R_e is characterized over the range from zero to 5 kHz.
9. Saturation irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity).
10. Illuminance responsivity Rv is calculated from the irradiance responsivity by using the LED luminous efficacy values stated in notes 4, 5, and 6 and using 1 lx = 1 lm/m².
11. Nonlinearity is defined as the deviation of f_O from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.

Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

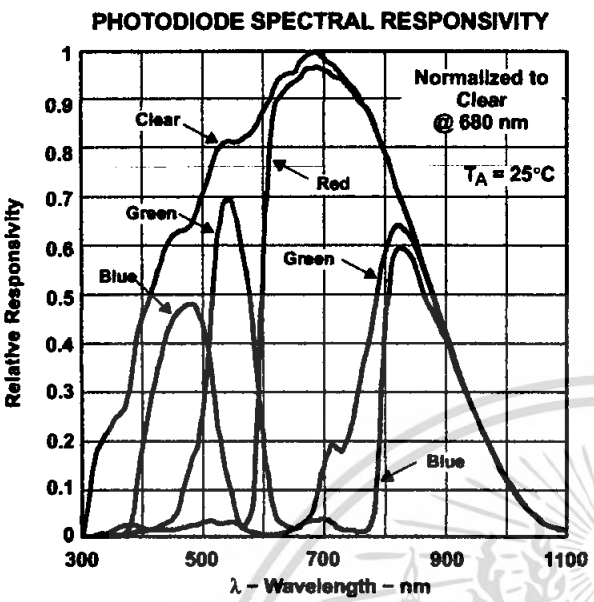


Figure 1

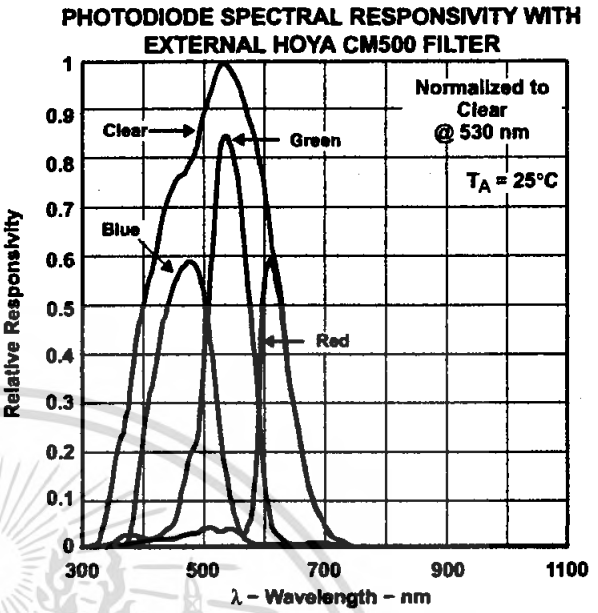


Figure 2

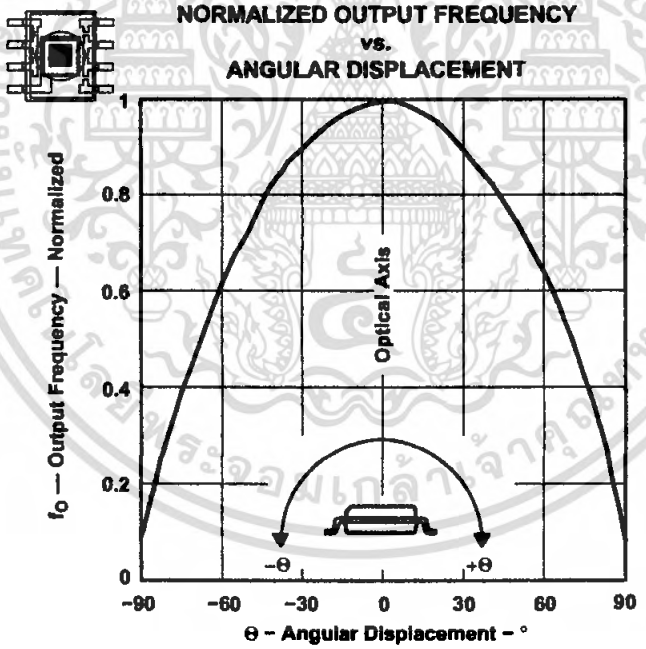


Figure 3

Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

Power supply considerations

Power-supply lines must be decoupled by a 0.01-μF to 0.1-μF capacitor with short leads mounted close to the device package.

Input interface

A low-impedance electrical connection between the device $\overline{OE}$ pin and the device GND pin is required for improved noise immunity.

Output interface

The output of the device is designed to drive a standard TTL or CMOS logic input over short distances. If lines greater than 12 inches are used on the output, a buffer or line driver is recommended.

Photodiode type (color) selection

The type of photodiode (blue, green, red, or clear) used by the device is controlled by two logic inputs, S2 and S3 (see Table 1).

Output frequency scaling

Output-frequency scaling is controlled by two logic inputs, S0 and S1. The internal light-to-frequency converter generates a fixed-pulsewidth pulse train. Scaling is accomplished by internally connecting the pulse-train output of the converter to a series of frequency dividers. Divided outputs are 50%-duty cycle square waves with relative frequency values of 100%, 20%, and 2%. Because division of the output frequency is accomplished by counting pulses of the principal internal frequency, the final-output period represents an average of the multiple periods of the principle frequency.

The output-scaling counter registers are cleared upon the next pulse of the principal frequency after any transition of the S0, S1, S2, S3, and $\overline{OE}$ lines. The output goes high upon the next subsequent pulse of the principal frequency, beginning a new valid period. This minimizes the time delay between a change on the input lines and the resulting new output period. The response time to an input programming change or to an irradiance step change is one period of new frequency plus 1 μS. The scaled output changes both the full-scale frequency and the dark frequency by the selected scale factor.

The frequency-scaling function allows the output range to be optimized for a variety of measurement techniques. The scaled-down outputs may be used where only a slower frequency counter is available, such as low-cost microcontroller, or where period measurement techniques are used.

Measuring the frequency

The choice of interface and measurement technique depends on the desired resolution and data acquisition rate. For maximum data-acquisition rate, period-measurement techniques are used.

Output data can be collected at a rate of twice the output frequency or one data point every microsecond for full-scale output. Period measurement requires the use of a fast reference clock with available resolution directly related to reference clock rate. Output scaling can be used to increase the resolution for a given clock rate or to maximize resolution as the light input changes. Period measurement is used to measure rapidly varying light levels or to make a very fast measurement of a constant light source.

Maximum resolution and accuracy may be obtained using frequency-measurement, pulse-accumulation, or integration techniques. Frequency measurements provide the added benefit of averaging out random- or high-frequency variations (jitter) resulting from noise in the light signal. Resolution is limited mainly by available counter registers and allowable measurement time. Frequency measurement is well suited for slowly varying or constant light levels and for reading average light levels over short periods of time. Integration (the accumulation of pulses over a very long period of time) can be used to measure exposure, the amount of light present in an area over a given time period.

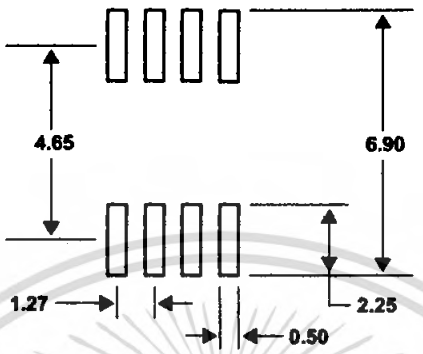
Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the D package are shown in Figure 4.



NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
B. This drawing is subject to change without notice.

Figure 4. Suggested D Package PCB Layout

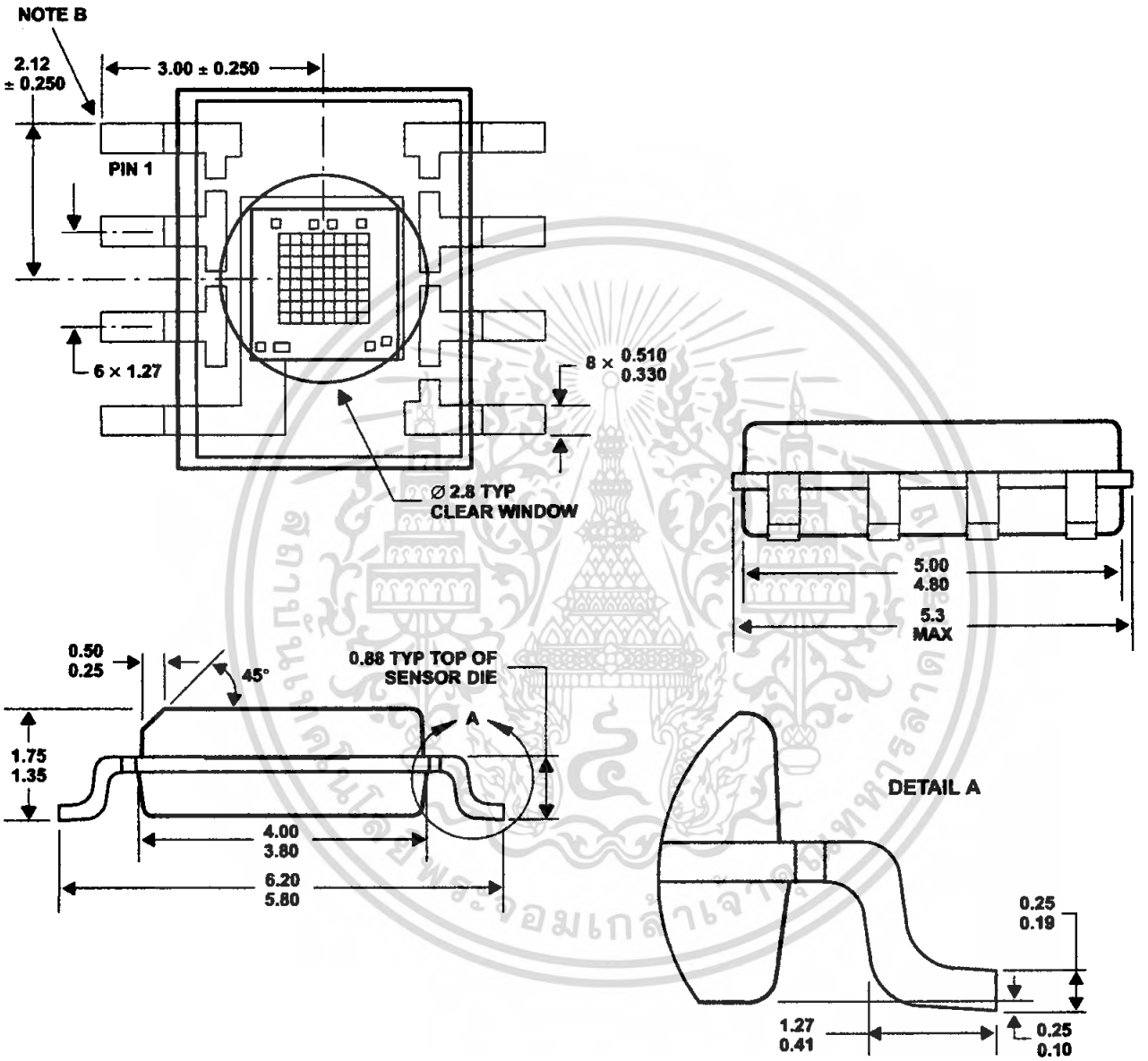
Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL INFORMATION

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS230 has an 8 × 8 array of photodiodes with a total size of 1.15 mm by 1.15 mm. The photodiodes are 120 μm × 120 μm in size and are positioned on 144 μm centers.

PACKAGE D **PLASTIC SMALL-OUTLINE**



NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
B. The center of the 1.15-mm by 1.15-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).
C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.
D. This drawing is subject to change without notice.

Figure 5. Package D — Plastic Small Outline IC Packaging Configuration

Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION DATA — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

NOTICE

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLOGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.

Copyright © 2004, TAOS Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้