สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วงจรวัดและควบคุมระดับของเหลวโดยอาศัยหลักการควบคุมตำแหน่ง



จัดทำโดย

นางสาว ณัฏฐณิชา	อัศวสงคราม	40010215
นาย วชิรุฬ	สงวนศิลป์ชัย	40010663

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติศักย์ คมวัชระ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42500
วัน, เดือน, ปี 24 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรวัดและควบคุมระดับของเหลวโดยอาศัยหลักการควบคุมตำแหน่ง

ผู้จัดทำ

1.นางสาว ณัฏฐณิชา อัศวสงคราม รหัส 40010215

2.นาย วชิรุพ สงวนศิลป์ชัย รหัส 40010663

โครงงานนี้ทำการตรวจสอบแล้ว อนุญาตให้ทำการสอบได้

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรวัดและควบคุมระดับของเหลวโดยอาศัยหลักการควบคุมตำแหน่ง

นางสาว ณัฏฐณิชา อัศวสงคราม 40010215
นาย วชิรุพ สงวนศิลป์ชัย 40010663
อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระ
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอถึงวงจรวัดและควบคุมระดับของเหลวโดยอาศัยหลักการควบคุมตำแหน่งซึ่งใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนในทิศทางที่ต้องการ โดยที่ตัวสเตปปิ้งมอเตอร์จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับ(SENSOR)ที่ทำหน้าที่ในการตรวจจับของเหลวเช่น น้ำหรือน้ำมัน เมื่อตัวตรวจจับตรวจจับของเหลวได้จะส่งสัญญาณกลับมาเข้าไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลเป็นระยะทางโดยมีการแสดงตำแหน่งระยะทางผ่านทางอุปกรณ์แสดงผล LED โครงงานประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือ ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย มอเตอร์, อุปกรณ์ตรวจจับ,อุปกรณ์แสดงผล LED ส่วนที่2 คือส่วนซอฟแวร์ใช้ภาษาแอสเซมบลี้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

Abstract

This project present the measurement and control of liquid level by using microcontroller to control the stepping motor to rotate in spacific direction.The motor is connected to the sensor unit which detects the existence of the liquid,such as water or oil,and informs the microcontroller if the liquid is found.The microcontroller will then calculate the distance and show the calculated value through LED display

The project consists of 2 parts:hadrware and software.The hard part includes motor ,sensor and LED display.The software part includes the proggram,using Assembly Language,which controls the system process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

บทที่1 บทนำ 1

บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ 2

2.1 ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 8051 2

2.1.1 หน่วยความจำโปรแกรม 2

2.1.2 หน่วยความจำข้อมูล 3

2.1.3 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051 8

2.1.4 การ อินเตอร์รัพต์ใน 8051 10

2.1.5การอินเตอร์เฟส ร่วมกับสวิตช์ 15

2.2 สเต็ปมอเตอร์ 16

2.2.1 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ 16

2.2.2 การสั่งการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ 18

2.2.3 ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบต่างๆ 20

2.3 อุปกรณ์เซนเซอร์ 20

2.3.1 สวิตช์กล 20

2.3.2 สวิตช์ตัวอ่อน 21

2.3.3 สวิตช์ปรอท 21

2.2.4 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง 22

2.4 อุปกรณ์เปล่งแสง 25

บทที่3 การออกแบบและการจัดสร้าง 27

3.1 ภาพรวมโครงงาน 27

3.2 การสร้างวงจรวัดและควบคุมระดับของเหลว 28

3.2.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ 28

3.2.2 การกำหนดพอร์ต 29

3.2.3 การทำงานส่วนโปรแกรม 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4 การทดลองและผลการทดลอง 31
4.1 วงจรตรวจจับการสะท้อนพื้นผิวของเหลว 31
4.2 ค่าระยะทางที่วัดได้ 33
4.3 การใช้งานตัวควบคุม 34
บทที่5 สรุปและวิจารณ์ 36
ภาคผนวก ก .โฟล์วชาร์ท
ข. โปรแกรม
ค. Datasheet
กิตติกรรมประกาศ
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก 2

รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ และหน่วยความจำภายใน 8

รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างของพอร์ต 10

รูปที่ 4 แผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัพต์ของ 8051 11

รูปที่ 5 แสดงการต่อสวิตช์แบบต่างๆ 15

รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์ 16

รูปที่ 7 แสดงการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ 17

รูปที่ 8 แสดงการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์ 17

รูปที่ 9 ภาพตัดแสดงโครงสร้างสวิตช์ตัวอ่อน 21

รูปที่ 10 แสดงรูปแบบโฟโต้เซลล์ 22

รูปที่ 11 แสดงโครสร้างทางเทคนิคของโซลาร์เซลล์ 23

รูปที่ 12 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 23

รูปที่ 13 แสดงรูปแบบวงจรใช้งานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 24

รูปที่ 14 แสดงตัวเชื่อมโยงด้วยแสงที่บรรจุอยู่ในรูปของไอซี 25

รูปที่ 15 แสดงโครงสร้างภายในของ LED 25

รูปที่ 16 แสดงลักษณะของLED ตัวเลข 7ส่วน 26

รูปที่ 17 แสดงโครงสร้างภายในของ LED ตัวเลข7ส่วน 26

รูปที่ 18 แสดงแผนภาพของโครงงาน 27

รูปที่ 19 แสดงการต่อเชื่อมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ 29

รูปที่ 20 แสดงวงจรตรวจจับการสะท้อนของผิวหน้าของหลว
เชื่อต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แสดง แอดเดรสบริเวณ 00H-1FH ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ใช้งาน	3
ตารางที่ 2	แสดงการกำหนดค่าในการเลือกรีจิสเตอร์	4
ตารางที่ 3	แสดงหน้าที่ต่างๆของโปรแกรมสเตตัสเวิร์ด	6
ตารางที่ 4	แสดงความหมายของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์ PCON	7
ตารางที่ 5	แสดงการกำหนดสภาวะเป็นตัวจับเวลา	13
ตารางที่ 6	แสดงลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบเวฟ	18
ตารางที่ 7	แสดงลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส	19
ตารางที่ 8	แสดงลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบครึ่งสเต็ป	19
ตารางที่ 9	แสดงค่าเฉลี่ยความต่างศักดิ์ที่วัดได้จาก วงจรตรวจจับการสะท้อนเทียบกับระยะทาง	31
ตารางที่ 10	แสดงค่าระยะทางที่วัดได้เทียบกับระยะทางจริง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

วงจรวัดและควบคุมระดับของเหลวโดยอาศัยหลักการควบคุมตำแหน่ง

ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท จะมีงานวัดระดับแทรกอยู่ด้วยแสมอ เครื่องมือวัดระดับสามารถแสดงค่าระดับและควบคุมระดับในงานประเภทต่างๆ เช่น งานด้านอุตสาหกรรมเยื่อน การระบายน้ำ การเก็บและวัดระดับผลิตภัณฑ์ งานด้านน้ำมัน ซึ่งในงานวัดและควบคุมระดับของเหลวในแต่ละประเภทนั้น การเลือกรูปแบบของอุปกรณ์ในการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง การวัดคุมที่แม่นยำนั้นทำให้ระบบมีเสถียรภาพและเกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น

วีธีการวัดระดับพอจะแบ่งเป็นหลักการใหญ่ๆ ได้สองประเภทคือ

1. วิธีการวัดโดยตรง (Direct)
2. วีธีการวัดโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างอื่นเข้าช่วย (Inferential)

ในการวัดโดยการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์นั้น เช่น หลักการของแรงและความดัน หลักการทางไฟฟ้า หลักการของเสียง เป็นต้น

การควบคุมและวัดระดับของเหลวแบ่งออกเป็น

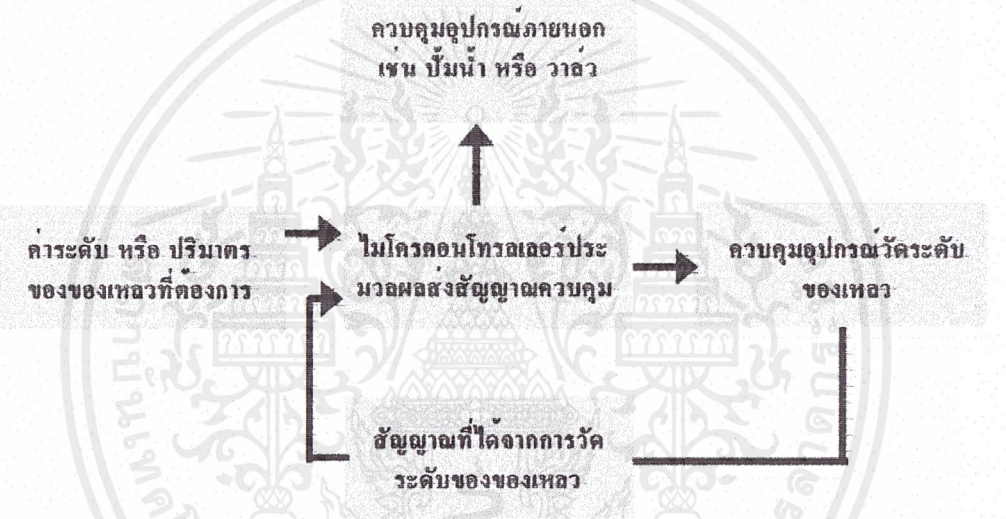
1. ชนิดควบคุมแบบลูกลอย (FLOAT TYPE)
2. ชนิดควบคุมแบบใช้ความดัน (PRESSURE DETECTION TYPE)
3. ชนิดควบคุมแบบใช้ความจุ (CAPACITANCE DETECTION TYPE)
3. ชนิดควบคุมแบบใช้ความนำ (CONDUCTANCE DETECTION TYPE)

ในแต่ละชนิดของการควบคุมจะมีการควบคุมเป็นแบบจุด (POINT DETECTION) และการควบคุมแบบแสดงค่าระดับอย่างต่อเนื่อง (CONTINUONS DETECTION / INDICATION)

ในการควบคุมระการวัดระดับของของเหลวนั้น การควบคุมอาจทำได้หลายแบบ ซึ่งการออกแบบการควบคุมโดยการใช้ไมโครคอนโทรเลอร์นั้นก็เป็นการควบคุมและการวัดอีกประประเภทหนึ่ง จากคุณสมบัติของไมโครคอนโทรเลอร์ซึ่งเป็นตัวประมวลผลที่มีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์ต่อร่วมต่างๆได้มากมาย จึงเป็นที่นิยมในการนำมาใช้ควบคุมระบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบตัวควบคุมและตัววัดระดับของของเหลวโดยการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมการวัดระดับของของเหลว และนำสัญญาณที่ได้จากการวัดนั้นนำไปเปรียบเทียบกับค่าของระดับความสูงหรือปริมาตรของของเหลวที่ต้องการ สัญญาณที่ได้จะถูกประมวลผลและนำค่านั้นไปใช้งานเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอกให้สัมพันธ์กับค่าระดับที่ต้องการ ซึ่งแสดงให้เห็นดังแผนภาพ



การวัดระดับของของเหลวที่มีความสัมพันธ์กับการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์เชื่อมต่อในการปล่อยของเหลวเข้าหรือออกจากถังบรรจุ หากมีความสัมพันธ์และเกี่ยวเนื่องกันแล้วย่อมส่งผลดีต่อกระบวนการต่างๆในระบบทำให้ระบบมีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไมรโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 8051

ไมโครคอนโทรเลอร์ 8051ได้มีการผลิตครั้งแรกโดยบริษัท Intel และใช้ชื่อว่า MCS-51 ซึ่งปรากฏว่านิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 16 บิตต่อมาได้มีหลายบริษัทที่รับลิขสิทธ์จากบริษัท อินเทล ให้มีการนำ MCS-51 ไปผลิตเพื่อจำหน่าย ทำให้เกิด 8051ไมโครคอนโทรเลอร์หลายรุ่นจำนวนมากขึ้นมาซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม ของลักษณะงาน

การจัดการหน่วยความจำและการเชื่อมต่อ

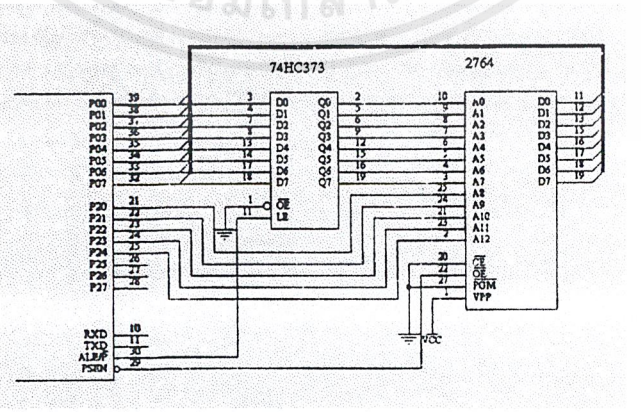
หน่วยความจำของไมโครคอนโทรเลอร์ 8051 แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม(Program Memory) หน่วยความจำประเภทนี้ คือ ROM ใช้เก็บโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมระบบ ซึ่งเป็นหน่วยความจำประเภท non-volatile

2. หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำประเภทนี้ได้แก่ RAM

2.1.1 หน่วยความจำโปรแกรม

ใน 8051 จะแบ่งหน่วยความจำประเภทนี้เป็น 2 ประเภทคือ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก(external memory)คือ ROM ที่มาต่อภายนอกตัว 8051 ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ หน่วยความจำภายใน(internal memory) ได้แก่ ROM ภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์เอง



รูปที่ 1. ตัวอย่างการเชื่อมต่อ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรหน่วยความจำโปรแกรมภายในทำได้โดยการให้สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขา EA/ โดย

สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขา EA/ เป็นลอจิก 0 หมายถึง หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขา EA/ เป็นลอจิก 1 หมายถึง หน่วยความจำโปรแกรมภายใน

2.1.2 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการ จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูล ของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็น 2 ลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น

- หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Data Memory) ซึ่งเป็น RAM ที่อยู่ภายในตัวของไมโครคอนโทรล เลอร์เอง

- หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM มาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำไอซี EPROM มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง

หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือพื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง หรือเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7 และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมใช้งานที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมา

- หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก บริเวณแอดเดรส 00H - 1FH จำนวน 32 ไบต์จำแนกออกเป็นกลุ่ม(Blank) 8 ไบต์ จำนวน 4 กลุ่ม ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจีสเตอร์ R0 - R7 ดังตารางต่อไปนี้

แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงค์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H-07H	0	R0-R7
0SH-0FH	1	R0-R7
10H-17H	2	R0-R7
1SH-1FH	3	R0-R7

ตารางที่ 1 แสดง แอดเดรสบริเวณ 00H-1FH ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงค์ใด ก็จะมีชื่อ R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงค์ใด การสวิตช์เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW เท่านั้นตามตาราง ต่อไปนี้

รีจิเตอร์แบงค์	บิต RS0	บิต RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
0	0	0	0000H
1	0	1	000SH
2	1	0	0010H
3	1	1	001SH

ตารางที่ 2 แสดงการกำหนดค่าในการเลือกรีจิเตอร์

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของ แบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำข้อมูลภายในปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขของ แอดเดรสนั้นๆ โดยตรง

- บริเวณแอดเดรส 20H - 2FH จำนวน 16ไบต์ บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้อาจสามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ทั้งในลักษณะของ ไบต์ข้อมูลหรืออาจจะเป็นบิตข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากว่ามองในลักษณะบิตข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ตัวแปรแบบบิตให้ใช้งานได้มากถึง128 บิต โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตซึ่งเริ่มต้นนับจากบิตนัยสำคัญต่ำสุด(LSB) ของแอดเดรส 20H เรื่อยไปจนกระทั่งถึงบิตที่ 127 ซึ่งเป็นบิตนัยสำคัญสูงสุด (MSB) ของแอดเดรส 2FH

ความสามารถในการใช้งานพื้นที่ส่วนนี้แบบบิตข้อมูลโดยตรงนี้นับว่าน่าสนใจมาก และถือเป็นการใช้งาน 8051 อย่างเต็มประสิทธิภาพเนื่องจากว่า 8051 ได้รับการออกแบบมาก็มักจะเป็นเพียงการอ่านค่าสถานะลอจิกของเส้นสัญญาณ หรือกรณีการส่งออกข้อมูลก็จะเป็นการกำหนดสภาวะลอจิกให้กับวงจรภายนอกผ่านทางบิตใดบิตหนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นหากว่ามีการกำหนดบิตหรืออ่านค่าของบิตมาโดยตรง แทนที่จะต้องทำลอจิกขั้นต้นกับข้อมูลทั้งไบต์ เพื่อต้องการทราบผลเพียงหนึ่งบิต เช่นที่กระทำกันในโปรเซสเซอร์โดยทั่วไป ก็จะเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการ เขียนโปรแกรมควบคุมมาก รายละเอียดในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงอีกครั้งหนึ่งเมื่อศึกษาถึงการใช้งานพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตต่อไป

บริเวณแอดเดรส 30H - 7FH เป็นบริเวณที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้เฉพาะ ในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป พื้นที่ตั้งแต่บริเวณตั้งแต่แอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของ รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special-Function Register หรือ SFR) จำนวน 20 ตำแหน่ง ดังแสดงแผนภาพในรูปที่ 2. สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการใช้งานเพิ่มมากขึ้น กว่าเบอร์อื่นๆ เช่น 8031 หรือ 8751 อีก 128 ไบต์ โดยจะอยู่บริเวณช่วงแอดเดรส 80H ถึง FFH เช่นกัน ซึ่งแม้ว่า จะเป็นพื้นที่ที่มีหมายเลขแอดเดรสเดียวกับส่วนของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเป็นพื้นที่หน่วย ความจำอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีการซ้อนเกย (Overlap) กันให้อยู่ในบริเวณแอดเดรสส่วนนี้ ซึ่งหากว่าผู้ใช้งานต้องการ จะเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณนี้ก็จะต้องใช้การอ้างถึงหน่วยความจำแบบโดยอ้อม (Indirect Addressing) เท่านั้น

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ 8051 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึงชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไปการใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ A

รีจิสเตอร์ B เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งการคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัด ไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ (Pointer) ของบริเวณสแต็ก(Stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้น ระบบใหม่ภายหลังจากการเริ่มจ่ายไฟฟ้า หรือมีการรีเซต (Reset) เกิดขึ้นค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่ง เป็นตำแหน่งแอดเดรสภายในบริเวณเนื้อที่ 128 ไบต์แรกขอหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า DPTR และสามารถใช้งานแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตสองตัวคือ รีจิสเตอร์ DPH และ DPL เพื่อเก็บค่าของแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหน่วยความจำที่ต้องใช้งานภายในโปรแกรมหรืออาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายในโปรแกรม

โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์(Bank)ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย แสดงดังตาราง

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	Carry Flag
AC	PSW.6	Auxiliary Carry Flag
F0	PSW.5	Flag 0
RS1	PSW.4	Select Blank bit 1
RS0	PSW.3	Select Blank bit 0
OV	PSW.2	Overflow Flag
-	PSW.1	-
P	PSW.0	Parity Flag

ตารางที่ 3 แสดงหน้าที่ต่างๆของโปรแกรมสเตตัสเวิร์ด

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port Register) รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาท์พุตโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะของการอินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆ ที่ เกี่ยวกับพอร์ตทั้งสี่นี้จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้พอร์ต P0 และ P2 ยังสามารถนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิตบนของหน่วยความจำ ส่วนพอร์ต P0 นั้นในช่วงเริ่มแรกจะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิต ล่างของหน่วยความจำช่วงเวลาต่อมาจึงจะนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสสำหรับการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ ภายนอก สำหรับพอร์ต P3นั้นนอกเหนือจากจะใช้ในฐานะของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตเช่นปกติแล้ว ยังนำมาใช้ในฐานะ บัสควบคุมเกี่ยวกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้อีกด้วย

รีจิสเตอร์ SBUF เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็น จริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุดและแยกจากกันอย่างชัดเจนสำหรับการส่งและการรับโดยซีพียูจะทำการจัดการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมหน้าที่การทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรโซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม(บิต SMOD) และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GR0 และ GR1)

ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SMOD	PCON.7	บิตทวีคูณของอัตราบอดปรกติ
-	PCON.6	-
-	PCON.5	-
-	PCON.4	-
GF1	PCON.3	แฟลกสำหรับให้ผู้ใช้ ใช้งานทั่วไป Flag 0
GF0	PCON.2	แฟลกสำหรับให้ผู้ใช้ ใช้งานทั่วไป Flag 1
PD	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนด Power down
IDL	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนด idel mode

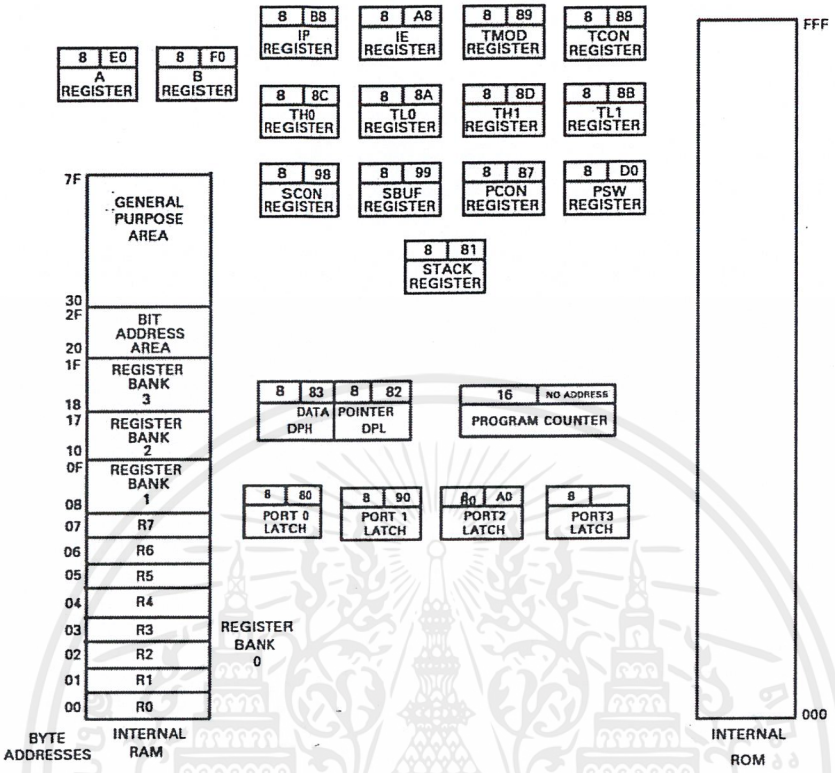
ตารางที่ 4 แสดงความหมายของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์ PCON

บิต PD (Power down) เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์ภายในลงโดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต IDL (Idle Mode) เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดการทำงานชั่วขณะ (Sleep)และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อ ทำการรีเซตทางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้นการทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ ก็เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดการทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียงการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของ โปรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่ เป็นปกติ

รีจิสเตอร์ IP,IE,TMOD,TMOD,SCON เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของรีจีสเตอร์ต่างๆ และหน่วยความจำภายใน

2.1.3 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051

พอร์ต มีความหมายถึง แอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโคร คอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก (ดูรูปที่ 4.1) ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากวงจรภายนอกจึงเรียกว่าการอินพุต (input)และในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลก็จะเรียกว่าการเอาต์พุต (output) เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตจะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็นสองลักษณะ คือพอร์ตแบบขนาน (Parallel port) ซึ่งทำการส่งจำนวนบิตข้อมูลทั้งหมดออกมาหรือนำเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียว และพอร์ตแบบอนุกรม (Serial port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิตๆ จนครบจำนวน แต่สำหรับในบทนี้จะกล่าว ถึงเฉพาะในส่วนของพอร์ตแบบขนานเท่านั้น สำหรับการทำงานของพอร์ตแบบอนุกรมจะได้กล่าวภายหลัง

พอร์ตแบบขนานของ 8051

8051 มีโครงสร้างของพอร์ตที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมดสี่พอร์ตเรียกชื่อเรียงตามลำดับว่าพอร์ต0,1,2 และ 3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทั้งในลักษณะของเส้น สัญญาณเดี่ยวๆหรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0,2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆที่ไม่ใช่เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตได้โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อกับวงจรประกอบร่วมข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2 สำหรับพอร์ต 3 นั้น นอกเหนือไปจากความสามารถเช่นพอร์ตปกติแล้วสามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเตอร์รัปต์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณควบคุม RD\ และ WR\ เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย การใช้งานพอร์ตลักษณะงานแบบอื่นๆที่ไม่ใช่เป็นพอร์ต/เอาต์พุทนี้จะดำเนินการโดย 8051 เองโดยอัตโนมัติ

โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

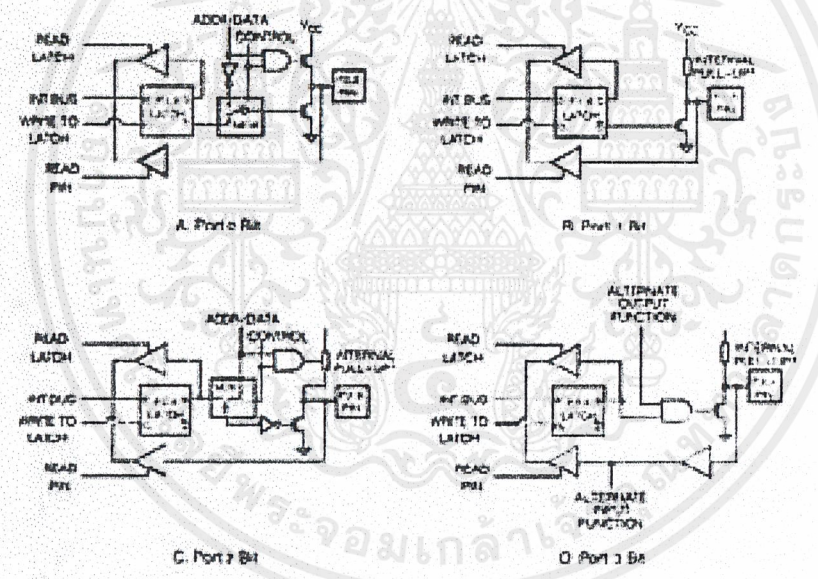
จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 นั้นจะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirectional port ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มี ตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้ พอร์ตสามารถแลตช์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้เอาต์พุตนี้ต่อเข้ากับส่วนของ ทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูลด้วย สำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานแยกกันโดยอิสระโดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อ เมื่อมีการอ่านค่าข้อมูลที่ค้างไว้ส่วนอีกตัวหนึ่งซึ่งอยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อได้มีการอ่านสถานะของขา สัญญาณเท่านั้น

ลักษณะสมบัติของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

ดังได้กล่าวแล้วว่าพอร์ต 1,2 และ 3 ของ 8051 มีตัวต้านทาน (ซึ่งสร้างขึ้นจาก FET) ทำหน้าที่ Pull-up ขาสัญญาณไว้และมีค่าประมาณ 50 K โอห์ม ซึ่งถือว่ามีค่าที่สูงมาก เป็นผลให้การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณลอจิก จากสูงไปต่ำทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีตรงข้ามจะใช้เวลาการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณนานกว่ามาก ทั้งนี้เนื่อง จากว่ากระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานนี้ได้น้อยมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้มีการออกแบบตัวต้านทานเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง ตัวขนานไว้โดยมีค่าประมาณ 1K โอห์ม เรียกว่า Speed-up resistor ซึ่งยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้นประมาณ 50-100 เท่า และจะมีการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้นนี้เฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิก สูงเท่านั้น โดยใช้เวลาประมาณ 2 คล็อกไซเคิล 4.6 คำสั่งการใช้งานพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก 8051 ใช้หลักการที่เรียกว่า Memory mapped system กล่าวคือ การอ้างถึงพอร์ตรีจิสเตอร์หรืออุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบ จะเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในการดำเนินการเพื่อนำ เข้าหรือส่งออกข้อมูลกับพอร์ต จึงใช้คำสั่งการอ่านค่าจากหน่วยความจำซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตำแหน่งของพอร์ตหรือ คำสั่งการเขียนค่าข้อมูลไปยังตำแหน่ง หน่วยความจำนั้นแทน ดังนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าในตารางชุดคำสั่งของ 8051 จะไม่มีคำสั่งที่เกี่ยวกับการทำงานพอร์ตแต่ประการใด เช่น คำสั่ง IN (นำเข้าข้อมูลจากพอร์ต)หรือคำสั่ง OUT(ส่ง ข้อมูลออกจากพอร์ต) เป็นต้น นอกจากนี้ 8051 ยังมีชุดคำสั่งที่จัดการข้อมูลแบบบิตได้โดยตรง (Single-bit Operation) ดังนั้นเรา สามารถที่จะใช้คำสั่งนี้จัดการพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตทั้งหมดแบบเส้นสัญญาณเดี่ยวได้โดยการใช้คำสั่ง SETB เพื่อ กำหนดค่าเป็น 1 หรือคำสั่ง CLR เพื่อทำให้บิตมีค่าเป็น 0 คำสั่งเหล่านี้มีประโยชน์มากและทำให้ลดความซับซ้อนในการ ใช้คำสั่งภายในโปรแกรมลงได้มาก



รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างของพอร์ต

2.1.4 การ อินเตอร์รัพต์ใน 8051

ประเภทของการอินเตอร์รัพต์

- การอินเตอร์รัพต์ภายนอก การตรวจสอบสัญญาณที่มาอินเตอร์รัพต์นี้ จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะเมื่อได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (Level-

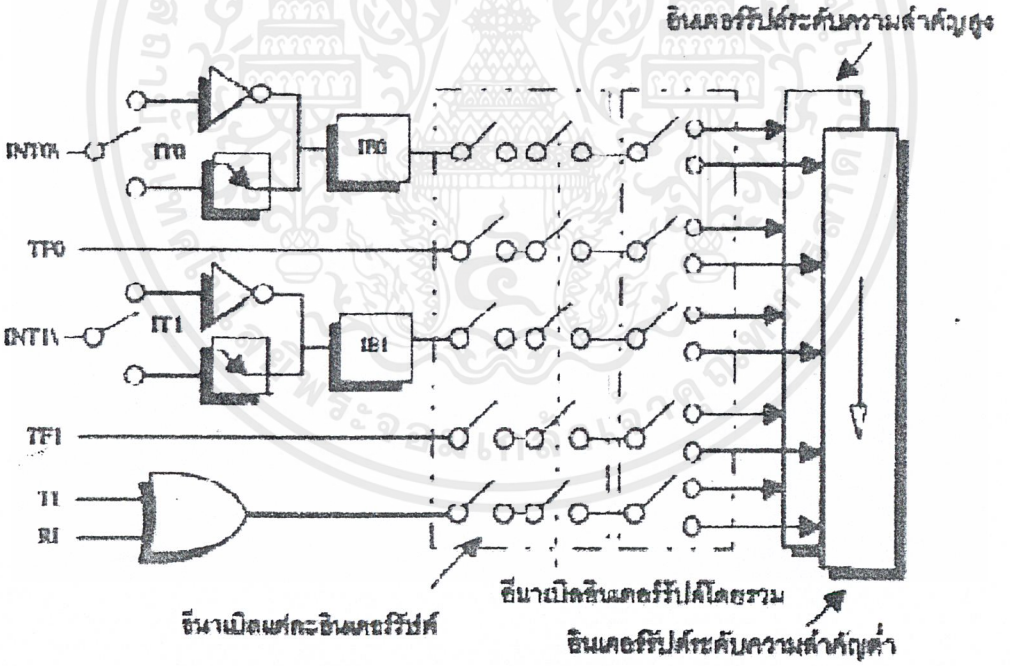
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sensitive) ไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมี การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปต่ำ (Edge-sensitive)

– การอินเตอร์รัพต์ภายใน แหล่งกำเนิดสัญญาณนี้จะเป็นวงจรภายในไมโครคอนโทรเลอร์ เอง เช่น วงจรนับ/จับเวลา วงจรเชื่อต่อสัญญาณอนุกรม เป็นต้น

โครงสร้างการอินเตอร์รัพต์ เกิดได้ 5 ลักษณะ คือ

- INT0 สัญญาณอินเตอร์รัพต์ จากภายนอก ทางขาสัญญาณ P3.2 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่าง สัญญาณเมื่อสิ้นสุดทุก Machine Cycle
- INT1 สัญญาณอินเตอร์รัพต์ จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.3 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณเมื่อสิ้นสุดทุก Machine Cycl
- Timer0 สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟล ของ Timer 0
- Timer1 สัญญาณการเกิดโอเวอร์โฟล ของ Timer 1
- Serial Port การเกิดอินเตอร์รัพต์ ที่เกิดขึ้นจากการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม ทำให้มีผลต่อ flag interrupt RI และ TI ตามลำดับ



- รูปที่ 4 แผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัพต์ของ 8051

จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัพต์ ของ 8051 จะเห็นว่าเมื่อเกิดการอินเตอร์รัพต์สัญญาณ ต่างๆขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรสต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งปรกติควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัพต์ ของ 8051 จะเห็นว่าเมื่อเกิดการอินเตอร์รัพต์สัญญาณ ต่างๆขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรสต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งปรกติควรมีการสร้างโปรแกรมเหล่านี้ไว้ เพื่อทำหน้าที่ย่อยบริการอินเตอร์รัพต์ การกำหนดให้ 8051 สามารถตอบรับการอินเตอร์รัพต์แต่ละประเภททำได้โดยกำหนด บิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักอยู่ภายในรีจีสเตอร์ TCON และ SCON หากได้ว่ามีการกำหนด ค่าของบิตซึ่งอยู่ภายใน รีจีสเตอร์ IE (Intereupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็สามารถตอบรับการอินเตอร์รัพต์ของสัญญาณนั้นๆ ได้ นอกจากนี้ตามแผนภาพในรูป ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัพต์แต่ละประเภท ยังสามารถกำหนดความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ได้ 2 ลักษณะ คือ ความสำคัญสูงและต่ำ กล่าวคือขณะที่ประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อย บริเวณอินเตอร์รัพต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ก็สามารถถูกอินเตอร์รัพต์ที่มีความสำคัญสูงกว่าได้ แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่มีความสำคัญเดียวกันหรือต่ำกว่าแล้วก็จะต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินอยู่ก่อน

การควบคุมอินเตอร์รัพต์

ตามโครงสร้างที่ด้านการจัดการอินเตอร์รัพต์ของ 8051 สามารถกำหนดเรียกเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable/Disabble) ให้มีการอินเตอร์รัพต์แต่ละสัญญาณได้โดยใช้วิธีการกำหนดค่าของบิตภายในรีจีสเตอร์ IE และTCON

การอินเตอร์รัพต์วงจรนับตรวจ/จับเวลา

จากกระบวนการทำงานของวงจรนับ/จับเวลาของ 8051 จำเป็นต้องกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับรีจีสเตอร์T0 หรือ T1 ค่านี้เป็นค่าจำนวนพัลซ์ภายในที่จะต้องนับหรือค่าของจำนวนพัลซ์ภายนอก ที่เข้ามาทางขาสัญญาณสัญญาณ T0 หรือ T1 ค่าตัวเลขภายในรีจีสเตอร์นี้จะต้องลดให้มีค่าที่น้อยกว่าค่าที่ต้องการอยู่หนึ่งค่า ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของรีจีสเตอร์จะเพิ่มค่าจากที่กำหนดไปเรื่อยๆ จนถึง ค่าสูงสุดของ รีจีสเตอร์และกลับไปเป็นค่า 0 เมื่อมีการเกิด โอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้น ทำให้เกิดการกำหนดค่าแฟลกเพื่อแจ้งให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับทราบ ดังนั้นโปรแกรมทั่วไปจึงมักใช้สภาวะของแฟลกนี้(TF0 และ TF1) ซึ่งเป็นบิต อยู่ภายในรีจีสเตอร์TCON เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการนั้นได้เสร็จสิ้นลงแล้ว หรือใช้เพื่อ ทำการอินเตอร์รัพต์โปรแกรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา

ซึ่งประกอบด้วยส่วนของการกำหนดที่มาของสัญญาณ (Timer) หรือ (Counter) และบิต หรือขาสัญญาณสำหรับการหยุดหรือทำงานของวงจรนับ

การทำงานเป็นตัวจับเวลา

ก่อนที่ทำงานเป็นวงจรจับเวลา ต้องมีการกำหนดค่าให้อยู่ในสภาวะดังตารางก่อน

การกำหนดค่า bit	รีจิสเตอร์	ความหมาย
C/T = 0	TMOD	กำหนดให้เป็นการจับเวลา
TR1 หรือ TR0 = 1	TCON	กำหนดสภาวะให้มีการทำงาน
GATE = 0 หรือระดับขาสัญญาณที่ขาINT0 หรือ INT1 เป็นสภาวะlogic สูง	TMOD	กำหนดสภาวะควบตุมการทำงาน

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดสภาวะเป็นตัวจับเวลา

การจับเวลาใน mode 0 : การทำงานในโหมด 0 วงจรนับ/จับเวลาจะทำหน้าที่เป็นตัวนับขนาด 13 บิต (โดยใช้ รีจีสเตอร์TH0 หรือ TH1 เป็นตัวนับขนาด 8 บิต และ รีจิสเตอร์ TL0 หรือ TL1 มีขนาด 5 bit)

การจับเวลาใน mode 1 : การทำงานในโหมด1 มีความคล้ายคลึงในโหมด0 มาก แตกต่างกันที่โหมด1 เป็นตัวนับขนาด 16 บิตเต็ม

การจับเวลาใน mode 2 : การทำงานในโหมด2 ของวงจรนับ/จับเวลาแตกต่างกันออกไป เพียงใช้ รีจิสเตอร์ TL0(TL1) เป็น ตัวนับขนาด 8 บิต ส่วนรีจีสเตอร์TH0(TH1) เก็บค่าเริ่มต้นของการนับไว้

การจับเวลาใน mode 3 : การทำงานในโหมด3 จะสามารถใช้ได้เฉพาะกับ Timer 0 เท่านั้น หากว่านำไปกำหนดให้กับ Timer 1 จะทำให้หยุดการทำงานไป เมื่อ Timer 0 ได้รับการกำหนดทำงานในโหมด3 จะมีผลทำให้ รีจีสเตอร์ของมันแยกการทำงานเป็นอิสระ โดยรีจีสเตอร์ TL0 จะถูกควบคุมจาก บิตภายในรีจีสเตอร์ TCON และ ขาสัญญาณ INT0 ดังแสดงในรูป และเมื่อมีการ โอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้น จากค่า 0FFH เป็น 00H ก็ จะมีผลให้ แฟลก TF0 มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สำหรับรีจีสเตอร์ TH0 จะถูกกำหนดให้ทำงานในแบบ ของตัวจับเวลาภายใต้การควบคุมของบิต TR1 ในรีจีสเตอร์ TCON เท่านั้น และหากเกิดโอเวอร์โฟลว์จะมีผลเฉพาะต่อ แฟลก TF1 ในส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer 1 ขณะเมื่อ Timer 0 ถูกกำหนดให้ทำงานโหมด 3 ก็ยังจะสามารถทำงานในโหมดอื่นๆ ที่ไม่ใช้ โหมด 3 ได้ เช่นเดิม ยกเว้นจะไม่มีการอินเตอร์รัพต์เกิดขึ้นเท่านั้น (เนื่องจากแฟลก TF1 ถูก ใช้โดย Timer 0 ไปแล้ว)

การทำงานเป็นตัวนับสัญญาณ

การใช้งานในลักษณะตัวนับ(counter) โดยหลักแล้วจะเหมือนกับลักษณะการทำงานเป็นตัวจับเวลา (Timer) ดังได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ข้อแตกต่างประการเดียวคือ แทนที่จะนับพัลซ์สัญญาณภายในและผ่านวงจรหาร 12 มาเป็นการนับพัลซ์สัญญาณทางขาสัญญาณ T0(P3.4) ให้ กับ Timer0 หรือขาสัญญาณ T1(P3.5) ให้กับ Timer1 เท่านั้น นอกจากนี้ก่อนการเริ่มต้นใช้งานจะ ต้องกำหนดค่าของ bit C/T ภายในรีจีสเตอร์TCON ให้มีค่าเป็น 1 เสียก่อน

วงจรนับ/จับเวลา2(Timer2) โหมดการทำงานของ Timer2 ประกอบด้วย

Capture mode: สามารถเลือกใช้งานได้ 2 ลักษณะด้วยการกำหนดให้บิต EXEN2 ของรีจีสเตอร์ T2CON ดังนี้ 1. เมื่อกำหนด บิตEXEN2 เป็น 0 Timer 2 ยังทำงานเป็นวงจรนับ/ตรวจจับเวลาเมื่อมีการ โอเวอร์โฟลว์ขึ้น บิตในรีจีสเตอร์ TF2 จะถูกเซต และสามารถนำไปสร้างการอินเตอร์รัพต์ขึ้นได้ 2. เมื่อกำหนดค่าบิต EXEN2 เป็น 1 การทำงานจะครอบคลุมการทำงานลักษณะข้างต้น แต่จะเพิ่มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับ สัญญาณทางขาสัญญาณ T2EX จากลอจิกสูง ไปเป็นลอจิกต่ำ จะมีผลทำให้ค่าข้อมูลภายในรีจีสเตอร์ของ Timer2 คือ TL2 และ TH2 ถูกนำไปใส่(Capture) ให้กับรีจีสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์หน้าที่พิเศษ หรือ SFR ที่มีใน ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 เท่านั้น นอกจากนี้จะมีผลทำให้บิตEXF2 ภายในรีจีสเตอร์ T2CON มีค่าเป็น 1 สามารถนำไปใช้งานในการ interrupt ได้เช่นกัน

Auto-reload mode: สามารถทำงานได้ 2 ลักษณะเช่นเดียวกัน

Baud rate Generator: ของ Timer 2 จะมีความแตกต่างจาก Timer 0 และ Timer 1 โดยวงจรรับ และการส่ง สามารถเป็นค่าที่ต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าให้กับบิต TCLK และ RCLK ของ Timer 2 การทำงานของโหมดนี้คล้ายคลึงกับการทำงานใน Auto-reload mode กล่าวคือค่าในรีจีสเตอร์ TH2 เปลี่ยนแปลงจากค่า 0FFH ไปเป็นค่า 0 หรือที่เรียกว่าโอเวอร์โฟลว์จะมีผลให้มีการโหลดข้อมูลขนาด 16 บิตจาก รีจีสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L ซึ่งมีการเตรียมค่าล่วงหน้าแล้วโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

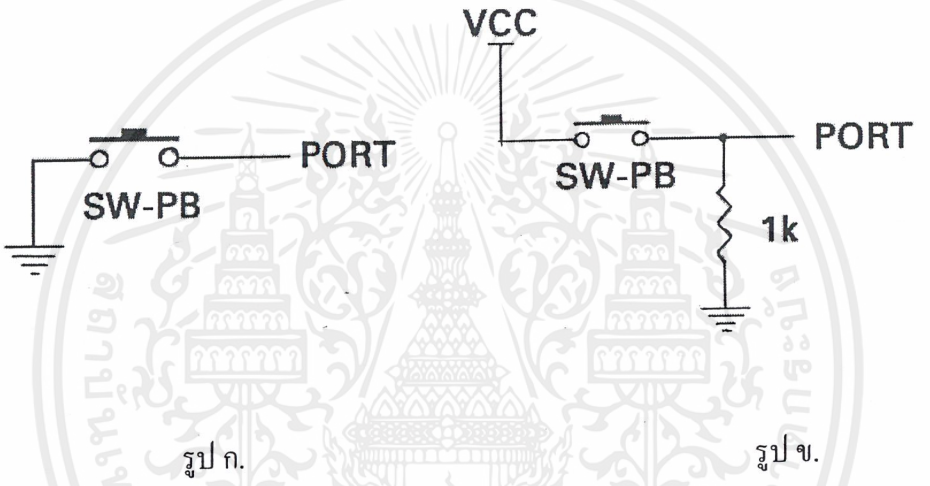
2.1.5 การอินเตอร์เฟส MCS-51 ร่วมกับสวิตช์

ในการ อินเตอร์เฟส MCS-51 ร่วมกับสวิตช์ ชนิดที่นิยมใช้กับเบื้องต้น จะมีสวิตช์อยู่ 2 ชนิดคือ

1 สวิตช์ชนิดกดติดปล่อยดับ (SINGLE POLE / SINGLE THROW ; SPST)

2 IC KEY ENCODER

ทั้ง 2 ชนิดถูกนำมาใช้เป็น KEY SWITCH ในการใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ โดยมีรายละเอียดวงจรและโปรแกรมการใช้งานแสดงดังต่อไปนี้



รูป ก. รูป ข.

รูปที่ 5 แสดงการต่อสวิตช์แบบต่างๆ

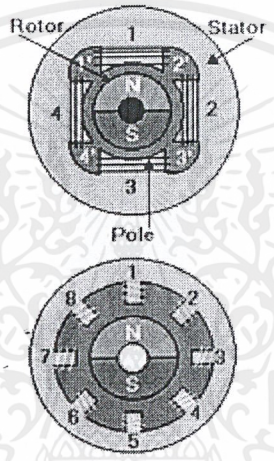
จากรูปที่ 5 ก.และ ข. เป็นการใช้งาน KEY SWITCH ระดับเบื้องต้น จะใช้ สวิตช์ชนิดกดติดปล่อยดับเป็นตัวควบคุมในการเปลี่ยนสภาวะจาก LOW เป็น HIGH หรือ HIGH เป็น LOW ในการใช้งาน MCS-51 เป็น INPUT PORT นั้น ต้องเซตให้พอร์ตหรือบิตที่ต้องการให้เป็น INPUT มีค่าเป็น '1' ก่อนเสมอ ในส่วนของรูป ก. ขา PORT ของ MCU หากมีการกดสวิตช์จะทำให้มีสภาวะเป็น LOW ส่วนวงจรในรูป ข. จะมีสภาวะเป็น HIGH

การใช้สวิตช์แบบ SPST เมื่อทำการกดจะเกิดการกระเด้งของหน้าสัมผัสหรือที่เรียกว่าเกิดการ BOUNCE แต่ถ้ามีการใช้ IC KEY ENCODER สภาวะที่ OUTPUT มาจาก IC จะมีความแน่นอนมากกว่าเพราะภายใน IC จะมีวงจรป้องกันการกระเด้งของหน้าสัมผัส ในส่วนของ IC ประเภทนี้จะมีลักษณะฟังก์ชั่นในรูปแบบของ KEYBOARD คือ ลักษณะ MATRIX SWITCH ซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่มี KEY SWITCH มากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกรุ๊ปของไบนารี่โวลท์เตทเป็นอินพุตและการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็นเอาท์พุต หรือว่าหมุนทีละสเต็ปซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1 - 30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์โดยตามสัญญาณพัลซ์ที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงผลักแก่โรเตอร์หมุนไป สเต็ปมอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่าเฟส(Phase) ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็นซีเควน(Sequence) ลักษณะของไบนา(Binary) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจรไดรเวอร์(Driver) ก็จะ ทำให้โรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์

2.2.1 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์

ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละซี่นั้นจะมีคอยล์(ขดลวด)พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic) ดังรูปที่ 5 จะแสดงถึงองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์

การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ จะเห็นว่าการพันมีด้วยกัน 2 วิธี คือ แบบไบโพล่าร์ (Bipolar)และแบบยูนิโพล่าร์ (Unipolar)

แบบ Bipolar

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขดในแต่ขั้วแม่เหล็กของสแตอร์(จะกี่รอบก็แล้วแต่สเป็กใช้งาน) โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่ง

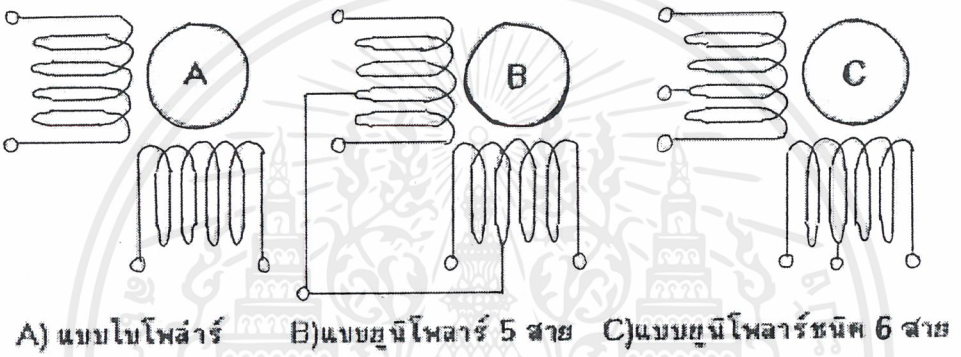
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้ เพียงการกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทชิ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า (รูปที่ 7 A)

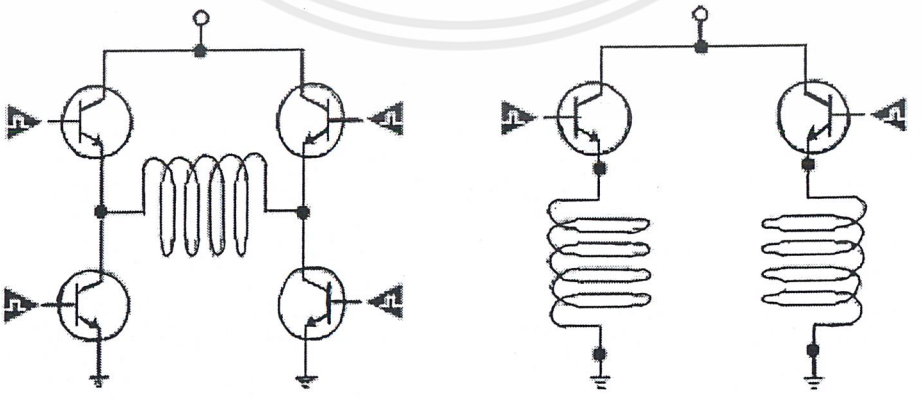
แบบ Unipolar

แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม เช่นกันในการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิทชิ่งให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทนกัน (รูปที่ 6 B และ C)



รูปที่ 7 แสดงการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์

ในส่วนการพันขดลวดทั้ง 2 แบบดังที่กล่าวมานั้น ความแตกต่างของทั้ง 2 แบบคือ แบบยูนิโพล่าร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพล่าร์ โดนส่วนมากแล้วสายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพล่าร์จะมี 4 สาย ส่วนแบบยูนิโพล่าร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย



รูปที่ 8 แสดงการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42500

2.2.2 การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงานไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวดในแต่ละขอบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีเควนเชียลในลูปที่ถูกต้องซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1. แบบเวฟ (wave)
2. แบบ 2 เฟส (2 phase)
3. แบบครึ่งสเต็ป (half step)

แบบเวฟ (wave)

จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆเรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1 , 2 , 3 , 4 ,1, 2 , 3 , 4 เป็นลำดับอย่างนี้ หรือ ขด 1 , 4 , 3 , 2 , 1 , 4 , 3 , 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราต้องให้มอเตอร์หมุนไป ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบเวฟดังตารางต่อไปนี้

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

ตารางที่ 6 แสดงลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบเวฟ

แบบ 2 เฟส(2 Phase)

แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่ แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันใน เวลาเดียวกัน และจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟ การกระตุ้นของขดลวดในลักษณะซีเควนมีดังนี้ 12,23,34.41,12,23,34,41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14,43,32,21,14,43,32,21 เรียงกันไปเรื่อยๆเช่นกัน ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step No.	Phase 1	Phase 1	Phase 1	Phase 1
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

ตารางที่ 7 แสดงลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส

แบบครึ่งสเต็ป

แบบนี้แบบรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่าง แบบเวฟ กับ แบบ 2 เฟส เพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปให้ มากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆ เป็นลำดับ ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้ 1,12,2,23,3,34,4,41,1,12,2,23,3,34,4,41,1 เป็นลำดับอยู่อย่างนี้เรื่อยไปถ้าเราจะกลับทิศทางการหมุนก็จะได้เป็นดังนี้1,41,4,43,3,32,2,21,1,41,4,43,3,32,2,21,1 เป็นลำดับกันไป ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบครึ่งสเต็ป ดังตารางต่อไปนี้

Step No.	Phase 1	Phase 1	Phase 1	Phase 1
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
Step No.	Phase 1	Phase 1	Phase 1	Phase 1
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

ตารางที่ 8 แสดงลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ในแบบต่างๆ

ข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นแบบ 2 เฟส เมื่อเทียบกับแบบเวฟ

- ข้อดี คือการที่เราเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบบเต็มๆแรงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน
- ข้อเสียของแบบ 2 เฟส คือ การกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ

ข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ปเทียบกับแบบ 2 เฟส

- ข้อดี คือการกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลงและอีกประการหนึ่งแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน เป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย
- ข้อเสีย ก็คงจะเช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2เฟส นั้นเอง

2.3 อุปกรณ์เซนเซอร์

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของอินพุตที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกต่างๆ เรียกว่า ตัวตรวจจับ หรือเซนเซอร์ (sensor) ซึ่งมักจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆที่ได้รับให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแปลความหมาย และนำผลดังกล่าวไปใช้งาน

ตัวตรวจจับแบบง่ายๆ ที่คุ้นเคย เช่น สวิตช์กลไก สวิตช์แม่เหล็ก เซลล์รับแสง ตัวตรวจจับตำแหน่ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิ เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆเหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดของตัวตรวจจับแบบต่างๆมีดังต่อไปนี้

2.3.1 สวิตช์กล (MECHANICAL SWITCHS)

สวิตช์กลที่เราพบเห็นและใช้กันมาตลอด จัดเป็นตัวตรวจจับประเภทรับแรงกระทำจากภายนอกเพื่อใช้เป็นแรงกระทำต่อหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าใช้เปิดหรือปิดตามต้องการ การกระทำของหน้าสัมผัสจะเปิดหรือปิดเพียงชั่วขณะจากนั้นก็จะคืนสู่ตำแหน่งเดิมในตอนแรก

การสึกกร่อนของหน้าสัมผัสและการเกิดประกายไฟของหน้าสัมผัส เป็นสองปัญหาใหญ่ของสวิตช์กลไกแบบนี้ วัสดุจำพวกทอง เงิน พัลลาเดียม โมลิบดินัม และทังสเตนถูกนำมาใช้เป็นหน้าสัมผัสของสวิตช์เพราะสามารถนำกระแสไฟได้ดีและมีความต้านทานต่ำ แต่โลหะเหล่านี้เมื่อ

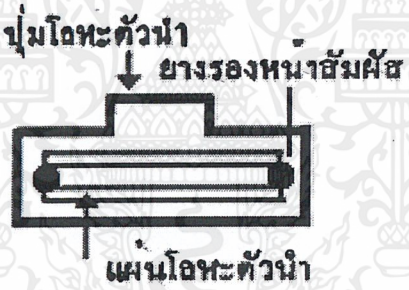
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งจะเกิดออกไซด์ เคลือบที่ผิวหน้าสัมผัสและผิวของโลหะ เป็นผลทำให้คุณสมบัติการนำไฟฟ้าต่ำลง

ในเรื่องของการเกิดประกายไฟบนหน้าสัมผัสของสวิตช์นั้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสวิตช์ดังกล่าวถูกนำไปใช้ในวงจรที่มีการใช้กระแสค่อนข้างสูง เมื่อใช้สวิตช์กับโหลดที่ดึงกระแสสูงจะเกิดประกายไฟกระโดดระหว่างหน้าสัมผัสทั้งสอง ซึ่งทำให้หน้าสัมผัสบริเวณที่เกิดประกายไฟสึกกร่อนเป็นหลุมได้เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากประกายไฟ

2.3.2 สวิตช์ตัวอ่อน (FLEX SWITCHES)

สวิตช์ตัวอ่อนมีโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 9 สวิตช์ตัวอ่อนนี้สามารถนำไปใช้ในการตรวจจับการสัมผัสหรือความตึงที่เกิดจากแรงได้ ตัวสวิตช์สามารถทำงานได้โดยอาศัยแรงที่กระทำบนพื้นที่รับแรงของสวิตช์ การใช้งานของสวิตช์เหล่านี้ต้องระมัดระวังเรื่องของความชื้นและน้ำมันค่อนข้างมาก การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ประเภทตรวจจับน้ำหนัก และระบบส่งสัญญาณเตือนภัยเป็นต้น



รูปที่ 9 ภาพตัดแสดงโครงสร้างสวิตช์ตัวอ่อน

2.3.3 สวิตช์ปรอท (MERCURY SWITCHES)

ปรอทเป็นโลหะตัวนำที่ดีมีสภาวะเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิห้อง ปรอทถูกนำมาสร้างเป็นสวิตช์อีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า สวิตช์ปรอท โดยปรอทจะถูกบรรจุอยู่ในหลอดแก้ว และมีหน้าสัมผัสสองหน้าสัมผัส เมื่อโลหะปรอทเคลื่อนที่ไปแตะกับหน้าสัมผัสทั้งสอง ทำให้เกิดความต้านทานต่ำลงจนเป็นสวิตช์ปิดวงจร ในหลอดแก้วที่บรรจุปรอทไว้จะบรรจุก๊าซเฉื่อยเอาไว้เพื่อป้องกันการเกิดออกไวด์และประกายไฟที่หน้าสัมผัสของสวิตช์

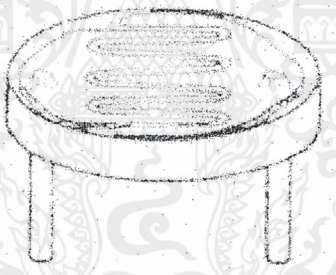
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง(OPTO DEVICE)

เป็นการนำเอาผลของแสงสว่างมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อสามารถนำมาใช้งานในวงจรอีเล็กทรอนิกส์ได้ อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงก็มีอยู่หลายชนิด ดังนี้

โฟโต้เซลล์(Photo cell)

เป็นตัวตรวจจับทางแสงแบบพื้นฐานที่มีใช้กัน ตัวตรวจจับแบบนี้มีโครงสร้างที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำที่ขั้วต่อใช้งานทั้งสองขั้ว เมื่อมีแสงมาตกกระทบกับตัวตรวจจับชนิดนี้จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานบนโฟโต้เซลล์ตามการเปลี่ยนแปลงของแสงที่เปลี่ยนไป โฟโต้เซลล์มักจะสร้างมาจากสารแคดเมี่ยมซัลไฟด์หรือแคดเมี่ยมเซเลไมด์จะได้ว่ามีผลของการตอบสนองต่อแสงค่อนข้างช้าทำให้การเชื่อมต่อกับวงจรดิจิตอลค่อนข้างลำบากและมีปัญหาบ้างเล็กน้อย แต่โฟโต้เซลล์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้มากตามปริมาณความเข้มของแสงที่เปลี่ยนไปมากๆได้ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง



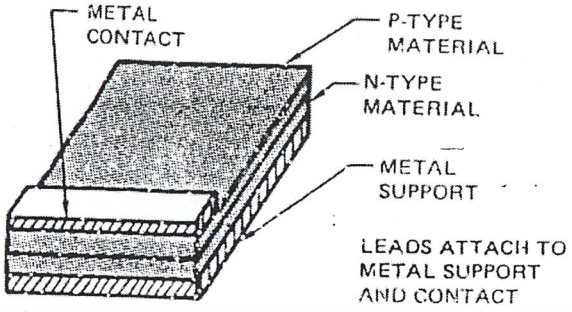
รูปที่ 10 แสดงรูปแบบโฟโต้เซลล์

จากรูป 10 แสดงรูปแบบของโฟโต้เซลล์และที่สำคัญคือโฟโต้เซลล์เป็นอุปกรณ์ที่มีความวัยต่อแสงมากกว่าอุปกรณ์อื่นๆ มีประโยชน์สำหรับการใช้งานกับแสงต่ำสำหรับข้อเสียคือจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแสงช้า

โฟโต้โวลทาอิคเซลล์ (SOLAR CELL)

จะทำงานโดยเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการของอุปกรณ์พีเอ็นจังชั่น ซึ่งทำจากสารกึ่งตัวนำโดยส่วนมากนิยมใช้ซิลิคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

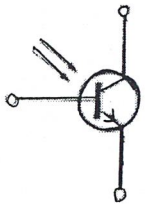


รูปที่ 11 แสดงโครสร้างทางเทคนิคของโซลาร์เซลล์

จากรูป 11 ในส่วนของ METAL SUPPORT และ METAL จะเป็นเสมือนหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าซึ่งถูกออกแบบให้มีพื้นที่ผิวใหญ่ๆ เมื่อแสงตกกระทบผิวหน้าของโซลาร์เซลล์จะมีพลังงานพอๆกันกับพลังงานของอะตอมในสารกึ่งตัวนำ ซึ่งจะทำให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดจากวงโคจรและกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมตัวสารพี-เอ็น ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น สำหรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ประมาณ 0.45 โวลต์ที่ 50 มิลลิแอม

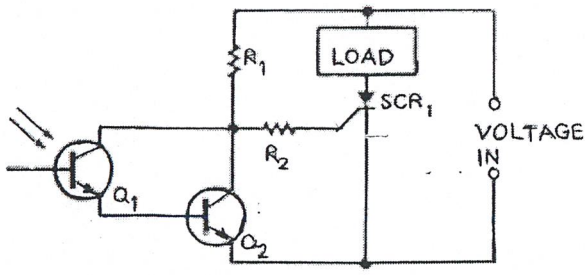
โฟโต้ทรานซิสเตอร์(PHOTO TRANSISTOR)

เป็นการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โปรตรอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งถูกออกแบบขึ้นจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำและมีรอยต่อพี-เอ็น(P-N Junction) ระหว่างสารสองชนิดของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อพี-เอ็นของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์โดยทั่วไปคือที่ตัวถัง(case) ด้านบนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับแสงเพื่อส่องไปยังรอยต่อพี-เอ็นโดยที่ช่องรับแสงนี้ จะมีวัสดุเคลียร์ไมก้า (clear mica) หรือควอตซ์เลนส์ (quartz lenz) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว



รูปที่ 12 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดงรูปแบบวงจรใช้งานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

การทำงานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มีความรวดเร็วกว่าโฟโต้เซลล์มาก ซึ่งสามารถตอบสนองได้รวดเร็วถึง 1 ไมโครวินาทีทีเดียวทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง

อินฟราเรด แอลอีดี (Infrared LED)

อินฟราเรดแอลอีดี ถูกสร้างขึ้นเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟาเรด เมื่ออินฟราเรดแอลอีดีนำกระแส อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานดังกล่าวขึ้นจากโปรตรอน การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน

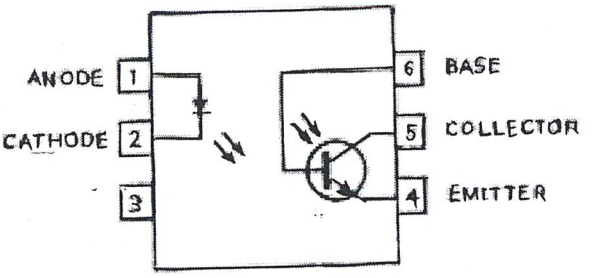
อินฟราเรดแอลอีดีสามารถกำเนิดอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่นคืออินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนด์ จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 900 นาโนเมตร และอินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอลูมินั่มอาเซได์ จะกำเนิดแสงอินฟาเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

ออปโต้ไอโซเลเตอร์(Opto Isolator)

ออปโต้ไอโซเลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์มาก เนื่องจากมันได้รวมเอาตัวกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสงเข้าไว้ด้วยกัน มีจุดประสงค์ คือ เพื่อเป็นการแยกกันทางไฟฟ้า (Electrical Isolation) ตัวอย่างเช่นการเชื่อมโยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อไปควบคุมงานกำลังไฟฟ้ากำลังเป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากการที่มีระบบแหล่งจ่ายไฟที่ไม่เหมือนกัน

ออปโต้ไอโซเลเตอร์จะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่ทึบแสงเพื่อป้องกันการรบกวนของแสงจากภายนอก ออปโต้ไอโซเลเตอร์อาจจะรวมเอาอุปกรณ์ตรวจจับแสงดังที่ได้กล่าวมาแล้วจับคู่กันและบรรจุในตัวถังเดียวกันก็ได้ ส่วนออปโต้ไอโซเลเตอร์ที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรืองานที่มีกำลังค่อนข้างต่ำและปานกลางจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังรูปไอซีที่เคยพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 แสดงตัวเชื่อมโยงด้วยแสงที่บรรจุอยู่ในรูปของไอซี

2.4 อุปกรณ์เปล่งแสง

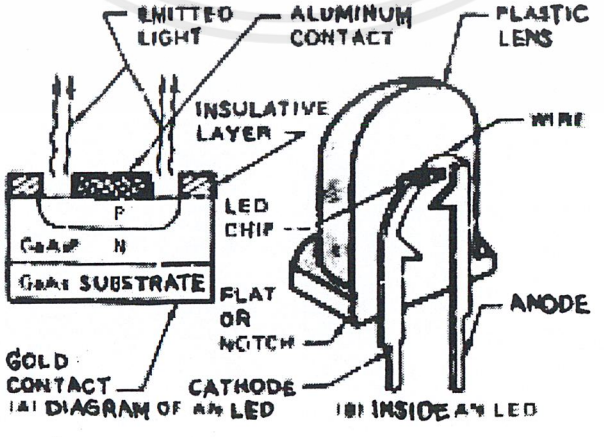
อุปกรณ์เปล่งแสงจะปล่อยแสงออกมาเมื่อมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์นั้นๆ โดยมักจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง

ไดโอดเปล่งแสง (light emitting diode) เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงสารกึ่งตัวนำที่ใช้กันมากที่สุด โดยส่วนที่เป็นสารกึ่งตัวนำจะมีช่วงอายุการใช้งานไม่จำกัด ตลอดจนกว่าไส้จะขาด

ไดโอดแบบรอยต่อพีเอ็น (PN junction diode) สามารถเปล่งแสงเมื่อตัวมันมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยที่แสงจะเกิดเมื่ออิเล็กตรอนรวมตัวกับโฮล และจะปล่อยพลังงานที่สูงมากออกมาในรูปของแสง ซึ่งความถี่ของแสงที่ปล่อยออกมาพิจารณาจากชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างไดโอด

LED ที่ใช้สารแกลเลียมอาร์เซนไนด์ (GaAs) จะผลิตแสงในขอบเขตของแสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

LED ที่ใช้สารแกลเลียมอาร์เซนไนด์ ฟอสเฟส (GaAs P)จะผลิตแสงสีแดง ซึ่งสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า



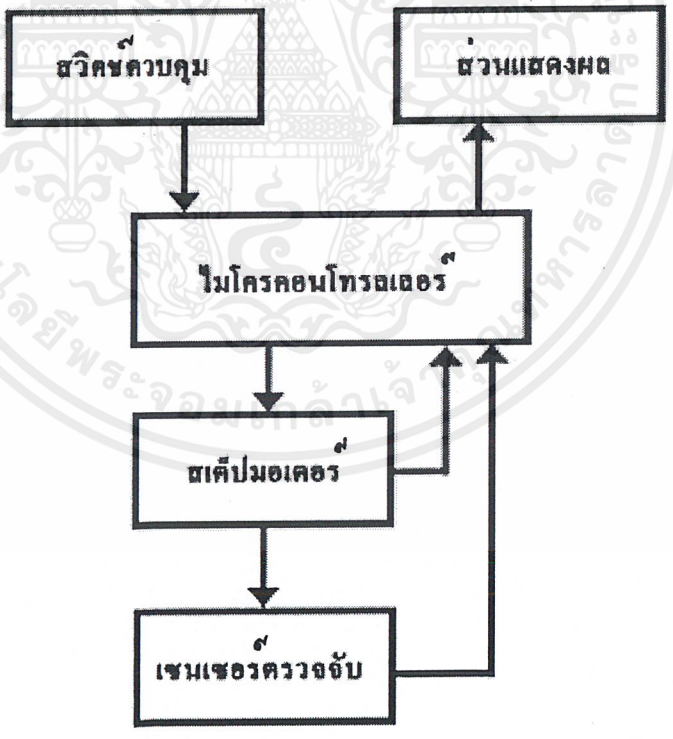
รูปที่ 15 แสดงโครงสร้างภายในของ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 ภาพรวมของโครงงาน

การควบคุมตัววัดระดับของเหลวจะถูกเขียนโปรแกรมควบคุมโดยการใช้โปรแกรมแอสเซมบลี้ เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์ จะทำการป้อนโปรแกรมเข้าไปเก็บไว้ในรอมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของตัววัดระดับของเหลวจะเริ่มขึ้นเมื่อมีการกดคีย์สวิตช์เลือกการทำงานของโหมดการวัด ซึ่งเป็นการสั่งให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานตามโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นโดยจะไปควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์และตรวจสอบการอินเตอร์รัพต์ของเซนเซอร์ตรวจจับระดับน้ำ จากนั้นจะส่งค่าไปคำนวณออกมาเป็นระยะทางซึ่งจะแสดงค่าระยะทางออก 7 เซกเมนต์ ค่าระยะทางที่ได้นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของระดับของเหลวที่ได้ตั้งค่าไว้ และนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วหรือปั๊มต่อไป



รูปที่ 18 แสดงภาพของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างวงจรวัดและควบคุมระดับของเหลว

ในการสร้างวงจรวัดและควบคุมระดับของของเหลวส่วนประกอบหลักๆในการสร้างประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. ส่วนฮาร์ดแวร์
2. ส่วนซอร์ฟแวร์

3.2.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

ตัวควบคุมการทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งคุณสมบัติดังนี้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต AT89C51
- ส่วนเก็บข้อมูลภายในจำนวน 4K ไบต์แบบ Flash Memory
- พอร์ตอินพุต-เอาพุต จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต
- แรมภายในขนาด 128 ไบต์

ตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของหัววัดระดับของเหลว

สเต็ปมอเตอร์

- แบบยูนิโพล่า 4 สาย
- 200 สเต็ปต่อรอบ
- ความต้านทานภายใน 12 โอมห์
- ใช้ไฟดีซี 5 โวลต์

การขับกระแสให้กับสเต็ปมอเตอร์

- ไอซีเบอร์ ULN2803A
- ไอซีเบอร์ 74LS244

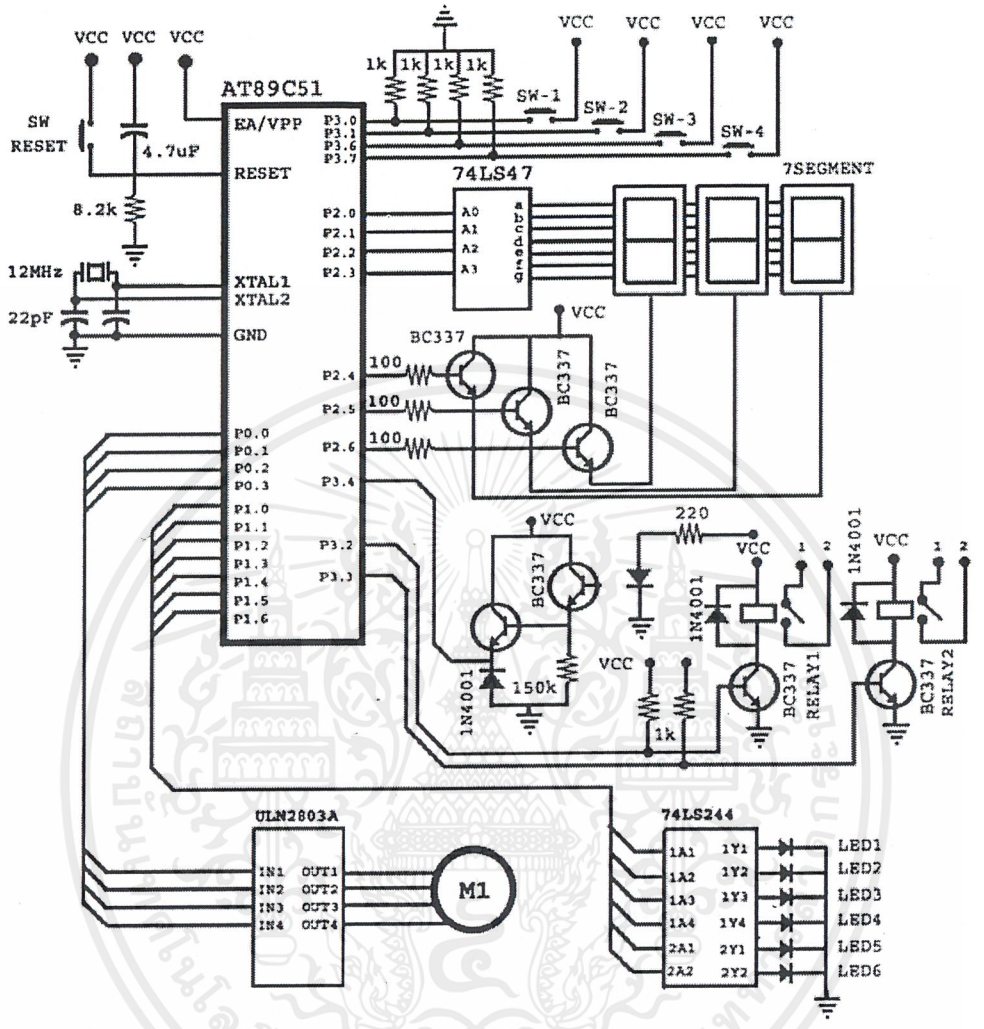
ตัวตรวจจับของเหลว

- โฟโต้ทรานซิสเตอร์

ส่วนแสดงผล

- 7 เซกเมนต์ จำนวน 3 ตัว แบบอาโนดร่วม
- ไอซีดีโคดเดอร์เบอร์ 74LS47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 แสดงการต่อเชื่อมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

3.2.2 การกำหนดพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

อินพุตพอร์ต

P3.0	สวิตช์ 1	ใช้ตรวจสอบการกด สวิตช์ 1 ใช้เลือกโหมดการทำงานต่างๆ
P3.1	สวิตช์ 2	ใช้ตรวจสอบการกด สวิตช์ 2 เป็นการเลือกตัวเลข 7 SEGMENT (0-9) หรือใช้เป็นตัวสั่งให้หัววัดระดับเคลื่อนที่ขึ้น
P3.6	สวิตช์ 3	ใช้ตรวจสอบการกดสวิตช์3 เป็นการเลือกหลักของ 7 SEGMENT หรือใช้เป็นตัวสั่งให้หัววัดระดับเคลื่อนที่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.7	สวิตช์ 4	ใช้ตรวจสอบการกดสวิตช์3 เป็นการยืนยันคำสั่งต่างๆ
P3.4	สัญญาณตรวจจับ	ใช้รับสัญญาณตรวจจับจากวงจรตรวจจับการสะท้อนผิวหน้าของของเหลว
P3.5	สัญญาณตรวจจับ	ใช้รับสัญญาณตรวจจับจำนวนรอบของสเต็ปมอเตอร์ที่หมุน

เอาต์พุตพอร์ต

P0.0-P0.3	ใช้ในการควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์
P1.0	LED ขีดจำกัดบน (UPPER)
P1.1	LED ระยะทางจากก้นถังถึง ผิวบนสุดของของเหลว (HEIGHT-DEPTH)
P1.2	LED ระยะทางจากผิวบนสุดของของเหลวถึงอุปกรณ์วัด (DEPTH)
P1.3	LED ระยะทางความสูงทั้งหมด (HEIGHT)
P1.4	LED ขีดจำกัดล่าง (LOWER)
P1.5	LED การควบคุมแบบควบคุมด้วยตนเอง (MANUAL)
P1.6	LED การควบคุมแบบอัตโนมัติ (AUTO)
P2.0-P2.3	ควบคุม 7 เซกเมนต์ ในส่วนการแสดงค่าตัวเลข
P2.4	ควบคุมหลักหน่วย 7 เซกเมนต์
P2.5	ควบคุมหลักสิบ 7 เซกเมนต์
P2.6	ควบคุมร้อย 7 เซกเมนต์
P3.2	รีเลย์ 1
P3.3	รีเลย์ 2

3.2.3 การทำงานในส่วนของโปรแกรม

โปรแกรมควบคุมจะเขียนโดยใช้ภาษาแอสเซมบลี้ ในการเขียนได้ทำการเขียนโปรแกรมที่ Edit ของ Dos และบันทึกเป็น Asm ไฟล์ จากนั้นจะใช้โปรแกรมที่เป็นคอมไพร์เลอร์(Compiler) แปลง Asm ไฟล์ ไปเป็น Hex ไฟล์ แล้วจึงโหลดโปรแกรมลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรตรวจจับการสะท้อนพื้นผิวของของเหลว

การทดสอบการตรวจจับการสะท้อนผิวของของเหลวทดสอบโดยการต่อวงจรตรวจจับการสะท้อนและการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ดังรูปที่..) โดยกำหนดพอร์ตอินพุตเป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรตัวตรวจจับการสะท้อนไว้ที่พอร์ต P3.4 ส่วนพอร์ตเอาต์พุตทำการต่อ LED ที่พอร์ต P2.0 เพื่อทำการแสดงผลเมื่อมีการสะท้อน

จากวงจรตรวจจับการสะท้อนของผิวของของเหลว ค่าความต่างศักดิ์เมื่อเทียบกับระยะทางระหว่างผิวของของเหลวมีค่าต่างๆดังตารางต่อไปนี้

ระยะทางระหว่างผิวของของเหลวกับตัวตรวจจับการสะท้อน (เซนติเมตร)	ค่าความต่างศักดิ์ที่วัดได้จากวงจร (โวลต์)	การแสดงผลของ LED
100	0.14	ดับ
30	0.13	ดับ
20	0.18	ดับ
10	0.4	ดับ
9	0.47	ดับ
8	0.51	ดับ
7	0.64	ดับ
6	0.87	ดับ
5	1.17	ดับ
4	1.75	สว่าง
3	3.87	สว่าง
2	3.94	สว่าง
1	0.6	สว่าง
0	0.27	สว่าง

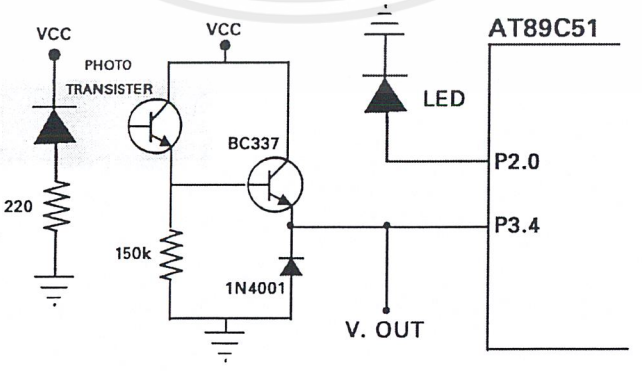
ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยความต่างศักดิ์ที่วัดได้จากวงจรตรวจจับการสะท้อนเทียบกับระยะทางต่างๆและการตอบสนองของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อสัญญาณที่รับเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบจะพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับสัญญาณอินพุตจากวงจรตรวจจับการสะท้อน ที่ระยะทางระหว่างตัวตรวจจับกับผิวหน้าของของเหลวที่ระยะเริ่มต้น 4 เซนติเมตร จนถึง 2 เซนติเมตร ส่วนระยะทางที่มากกว่า 4 เซนติเมตรนั้น ค่าความต่างศักดิ์ที่ได้นั้นจะมีค่าน้อย จนไมโครคอนโทรเลอร์ไม่สามารถตรวจจับได้

การทดสอบโดยการใช้โปรแกรมดังนี้

```
ORG     0000H
CLR     P3.4
CLR     P2.1
TEST:
        ACALL       DELAY
        JNB         P3.4,TEST1
        SETB        P2.1
        SJMP        TEST
TEST1:
        CLR         P2.1
        SJMP        TEST
DELAY:
        MOV         R0,#0FFH
        D1:         MOV  R5,#0FFH
        D2:         DJNZ R5,D2
        DJNZ        R0,D1
        RET
END
```



รูปที่ 20 แสดงวงจรตรวจจับการสะท้อนของผิวหน้าของเหลวเชื่อต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าระยะทางที่วัดได้

จากวงจรวัดและควบคุมระดับของของเหลวเพื่อนำมาทดสอบหาระยะความทาง โดยวัดระยะทางเริ่มต้นจากอุปกรณ์จนถึงผิวหน้าของของเหลวได้ดังตารางต่อไปนี้

ระยะทางที่วัดได้จากวงจรวัดระดับ (เซนติเมตร)	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ค่าความผิดพลาด (%)
10	10.2	2
20	20.3	1.5
30	30.6	2
40	40.5	1.25
50	50.6	1.2
60	61.1	1.8
70	72.2	3.1
80	83.1	3.8
90	93.2	3.5
100	103.4	3.4
110	113.7	3.3
120	124.4	3.6
130	135.5	4.2
140	145	3.5
150	155.4	3.6
160	165.9	3.6
170	177.2	4.2
180	186.7	3.7
190	197.8	4.1
200	208.2	4.1
210	218.4	4
220	228.7	3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทางที่วัดได้จากวงจรวัดระดับ (เซนติเมตร)	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ค่าความผิดพลาด (%)
230	239.3	4.0
240	250	4.1
250	262.7	5.0
260	274.7	5.6
270	286	5.9
280	293.6	4.8
290	305.7	5.4
300	317.5	5.8

ตารางที่ 10 แสดงค่าระยะทางที่วัดได้เทียบกับระยะทางจริง

ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในการคำควณทศนิยมนั้นมีการปัดเศษที่จะใช้เป็นคำสั่งในการควบคุมจำนวนสเต็ปทิ้งทำให้เกิดการสะสมของจำนวนสเต็ปที่ไปสั่งมอเตอร์ทำงานและค่าผิดพลาดนั้นจะมาจากในส่วนของฮาร์ดแวร์เนื่องด้วยในการสร้างนั้นมีข้อจำกัดบางประการไม่สามารถทำชิ้นงานให้มีความละเอียดได้

4.3 การใช้งานและการควบคุมตัวควบคุมการวัดระดับของของเหลว

การควบคุมวงจรจะทำการควบคุมผ่านทางสวิตช์กดติดปล่อยดับ 4 ตัวซึ่งแต่ละตัวจะทำหน้าที่ต่างๆกันดังนี้

สวิตช์ตัวที่ 1 ทำหน้าที่เลือกโหมดการทำงานต่างๆ และการเปลี่ยนค่าแสดงผล

สวิตช์ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ปรับค่าตัวเลขของ 7 เซกเมนต์ โดยเปลี่ยนตัวเลข 0-9

ในส่วนของการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ จะทำการควบคุมทิศทางการหมุนขึ้น

สวิตช์ตัวที่ 3 ทำหน้าที่ปรับค่าตัวเลขของ 7 เซกเมนต์ โดยเปลี่ยนหลัก

ในส่วนของการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ จะทำการควบคุมทิศทางการหมุนลง

สวิตช์ตัวที่ 4 ทำหน้าที่ยืนยันการทำงาน

เริ่มต้นการใช้งานโดย จะทำการตั้งค่าความสูงของการวัดทั้งหมดก่อน หลังจากนั้นจะทำการตั้งค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างตามลำดับ ถัดไปจะเป็นการเลือกโหมดการควบคุมซึ่งจะมีการควบคุมด้วยกัน 2 โหมด คือ การควบคุมแบบอัตโนมัติ และการควบคุมด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแบบอัตโนมัติ – จะทำการควบคุมหัววัดการสัมผัสของของเหลวขึ้นลงและทำการแสดงผลระยะทางออกมา หากค่าระยะทางเกินขีดจำกัดบนหรือต่ำกว่าขีดจำกัดล่าง จะมีการสั่งการควบคุมการเปิดหรือปิดรีเลย์ ซึ่งจะทำการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ภายนอกอีกที

การควบคุมแบบควบคุมด้วยตนเอง – เป็นการสั่งการควบคุมหัววัดระดับขึ้นลงโดยการกดสวิตช์ควบคุม และจะแสดงผลออกมาทาง 7 เซกเมนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

ประโยชน์ที่ได้จากการทำโครงงานในครั้งนี้ ทำเกิดทักษะในการคิดการออกแบบและการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการทำงาน และเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมจากการที่ต้องศึกษา จัดวางแผนงานหรือการนำทฤษฎีต่างๆที่มีอยู่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน

ปัญหาที่พบจากการทำโครงงาน

ในการทำโครงงานครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ ในการวัดนั้นต้องใช้สายตัวนำเป็นสายส่งและรับสัญญาณในการควบคุมและรับค่าต่างๆ ผลของความยาวของสายนำสัญญาณนั้นจะทำให้เกิดค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อวงจรและทำให้เกิดค่าผิดพลาดขึ้นมาได้ การแก้ไขนั้นอาจออกแบบการควบคุมเป็นลูปของการ วัดกระแสแทนการวัดความต่างศักดิ์ ซึ่งต้องมีการเพิ่มเติมวงจรในการวัดและควบคุมกระแสให้สัมพันธ์กับค่าความต่างศักดิ์

ในการควบคุมตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์นั้น ในบางครั้งการควบคุมตำแหน่งจะเกิดค่าผิดพลาดขึ้น เนื่องจากโหลดที่เปลี่ยนไป หรือ เกิดความฝืดของอุปกรณ์ การใช้สัญญาณป้อนกลับเป็นตัวช่วยหาตรวจสอบรอบที่แท้จริงนั้นช่วยได้บ้างในบางส่วนแต่ในบางครั้งสัญญาณที่ได้จากการป้อนกลับนั้นไม่สัมพันธ์กับส่วนของโปรแกรม อาจเนื่องมาจากเกิดความคลาดเคลื่อนของคาบเวลาในการตรวจสอบสัญญาณหรือเกิดจาช่วงเวลาในการทำงานของโปรแกรม เป็นผลทำให้ระยะทางที่แท้จริงนั้นออกมาไม่ตรงกับค่าความเป็นจริง

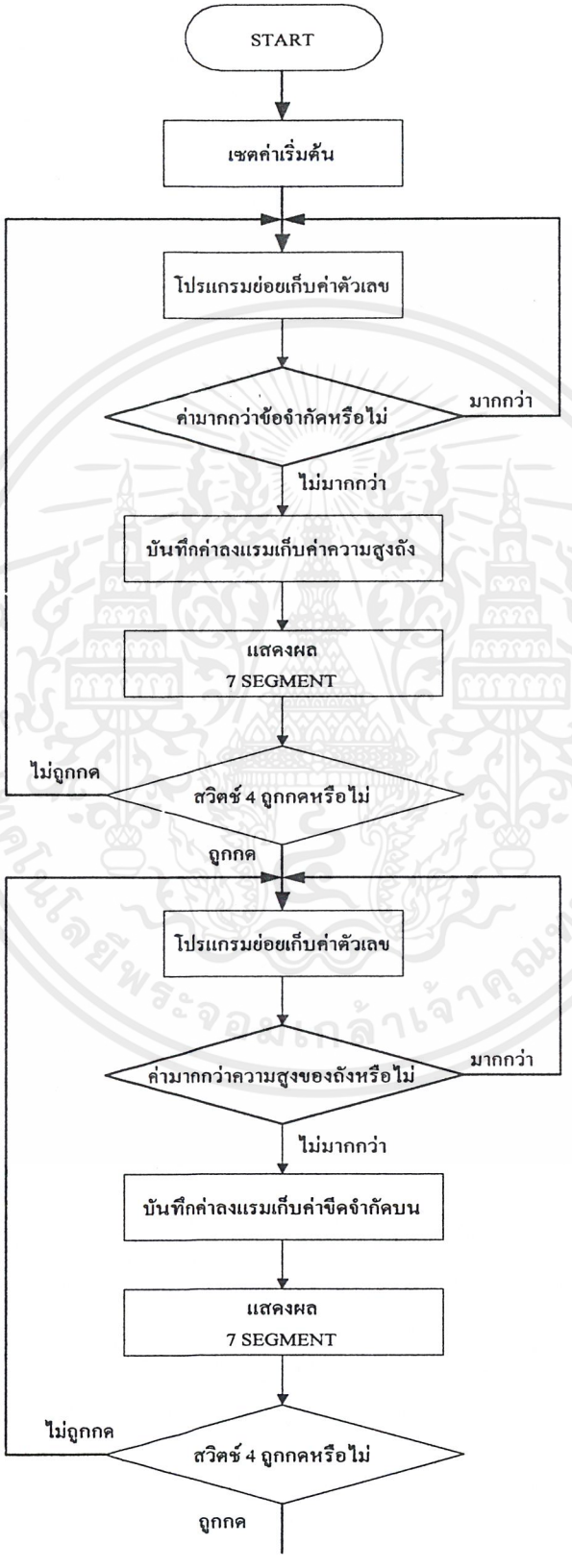
การออกแบบการสร้างในส่วนของฮาร์ดแวร์ การสร้างอุปกรณ์บางอย่างไม่สามารถที่จะสร้างได้เนื่องจากต้องใช้ความละเอียดในการสร้างจึงไม่สามารถจัดทำได้ การใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดน้อยลงมาจึงเป็นปัจจัยที่ทำให้การวัดนั้นเกิดค่าผิดพลาดขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

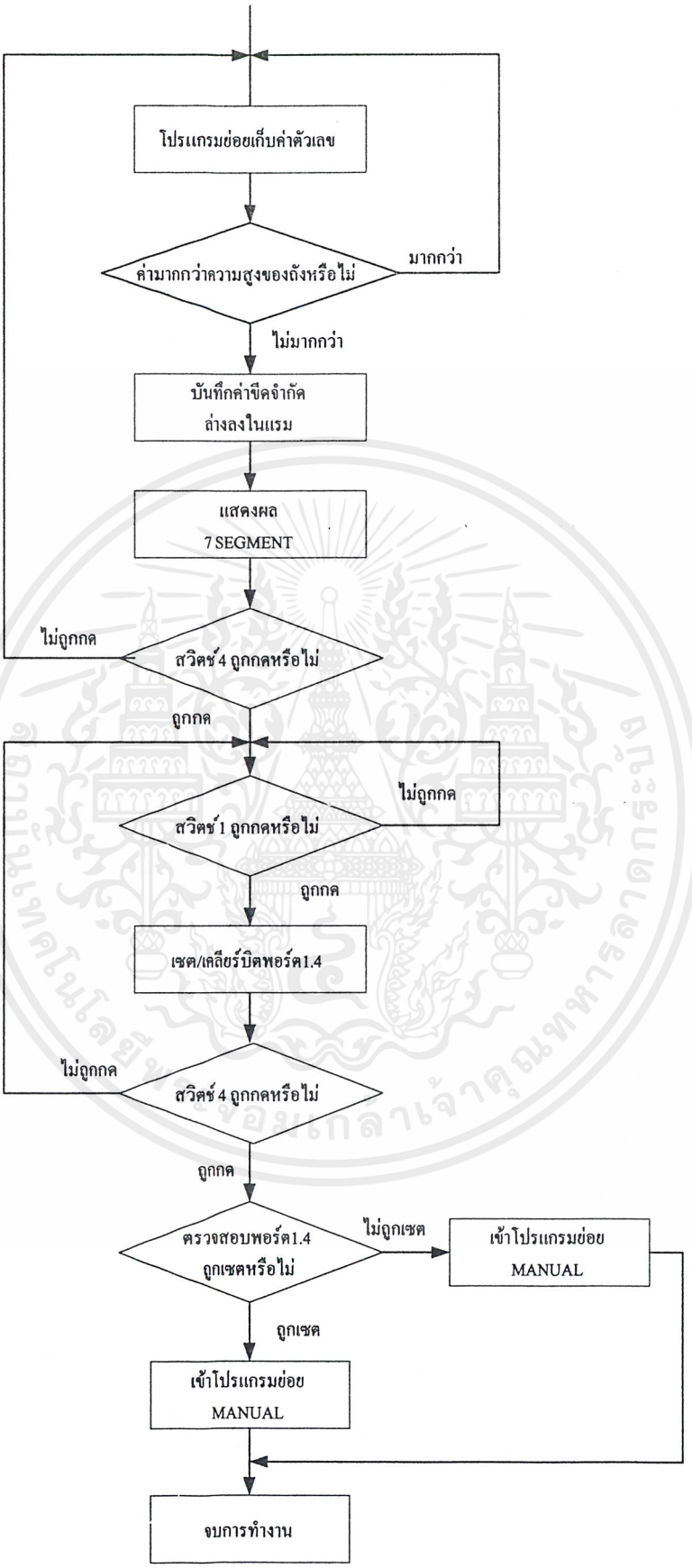
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก

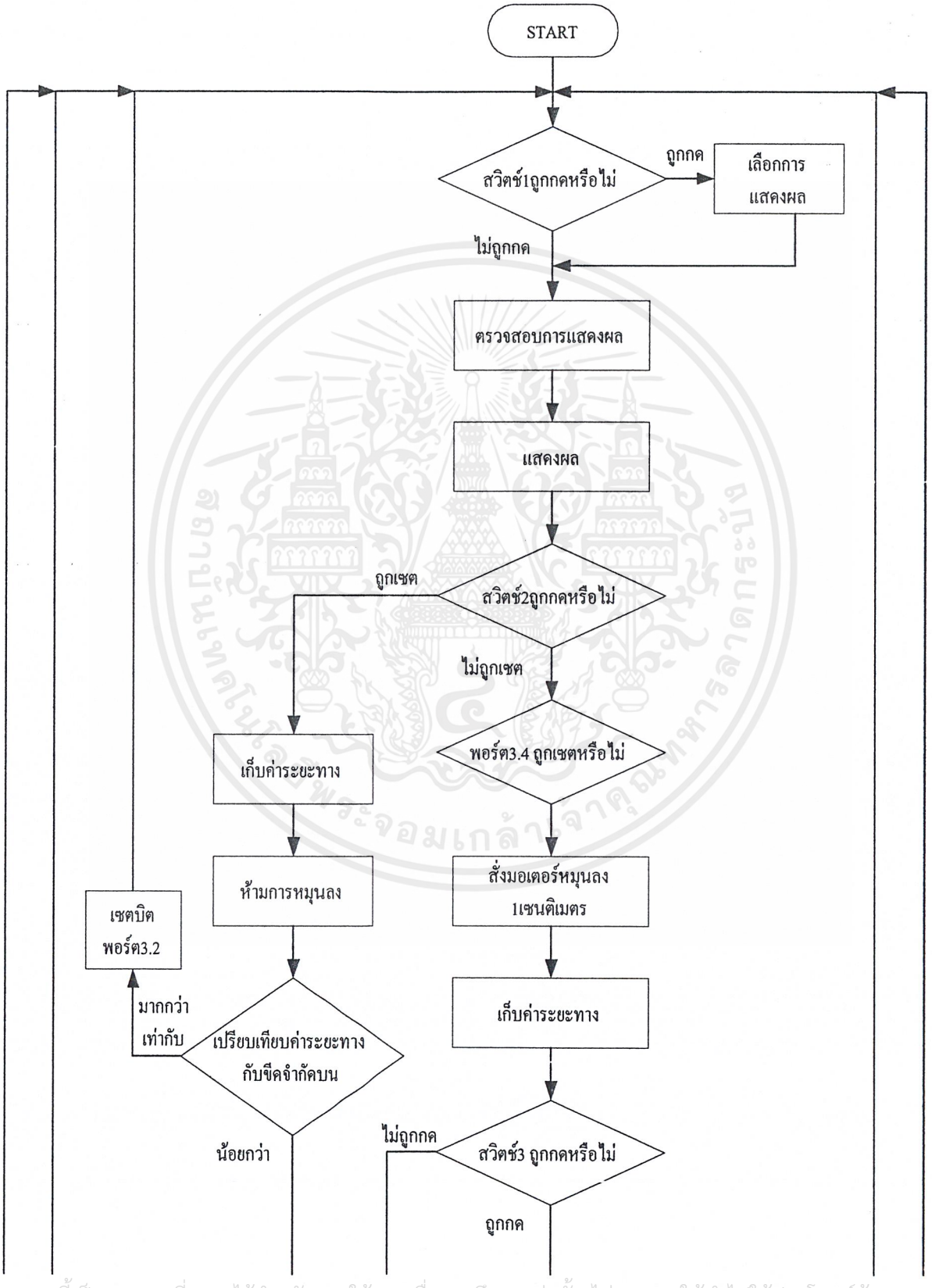


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

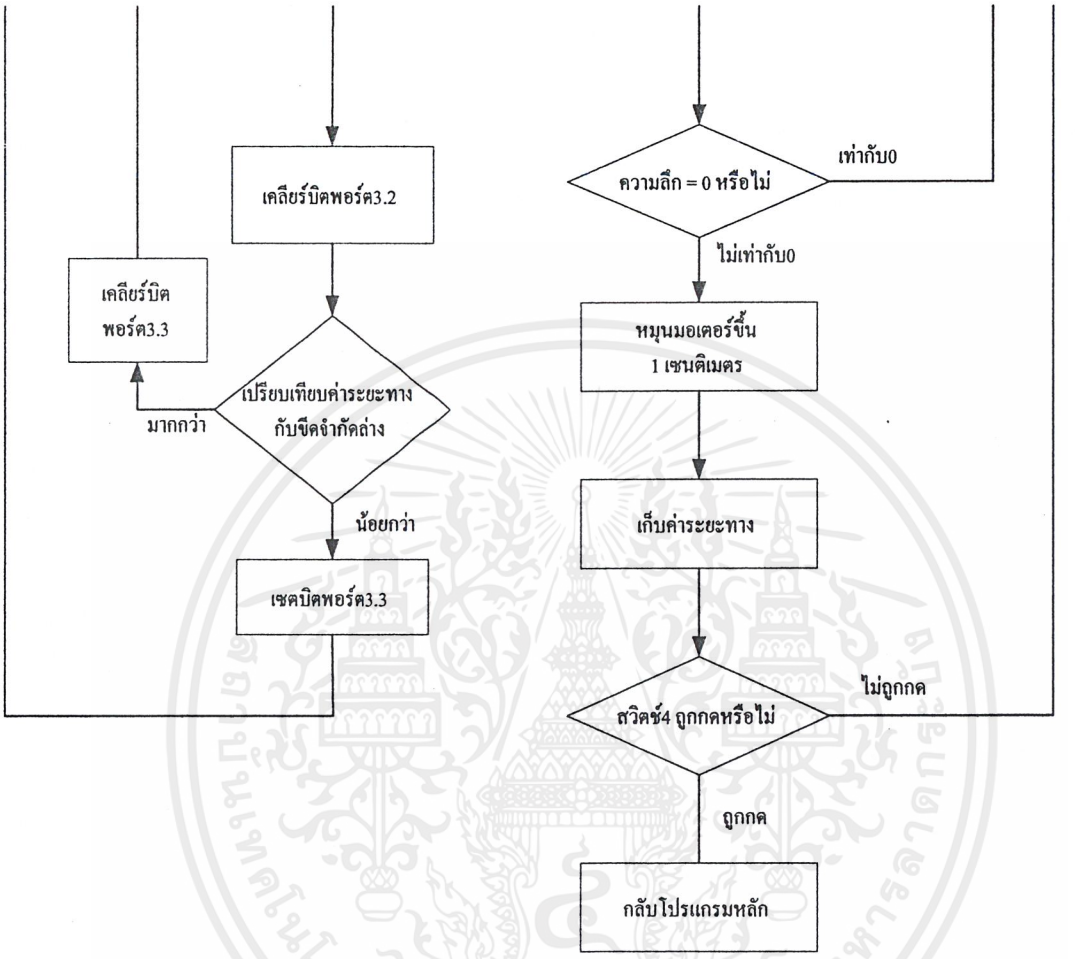


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย การทำงานแบบควบคุมด้วยตนเอง

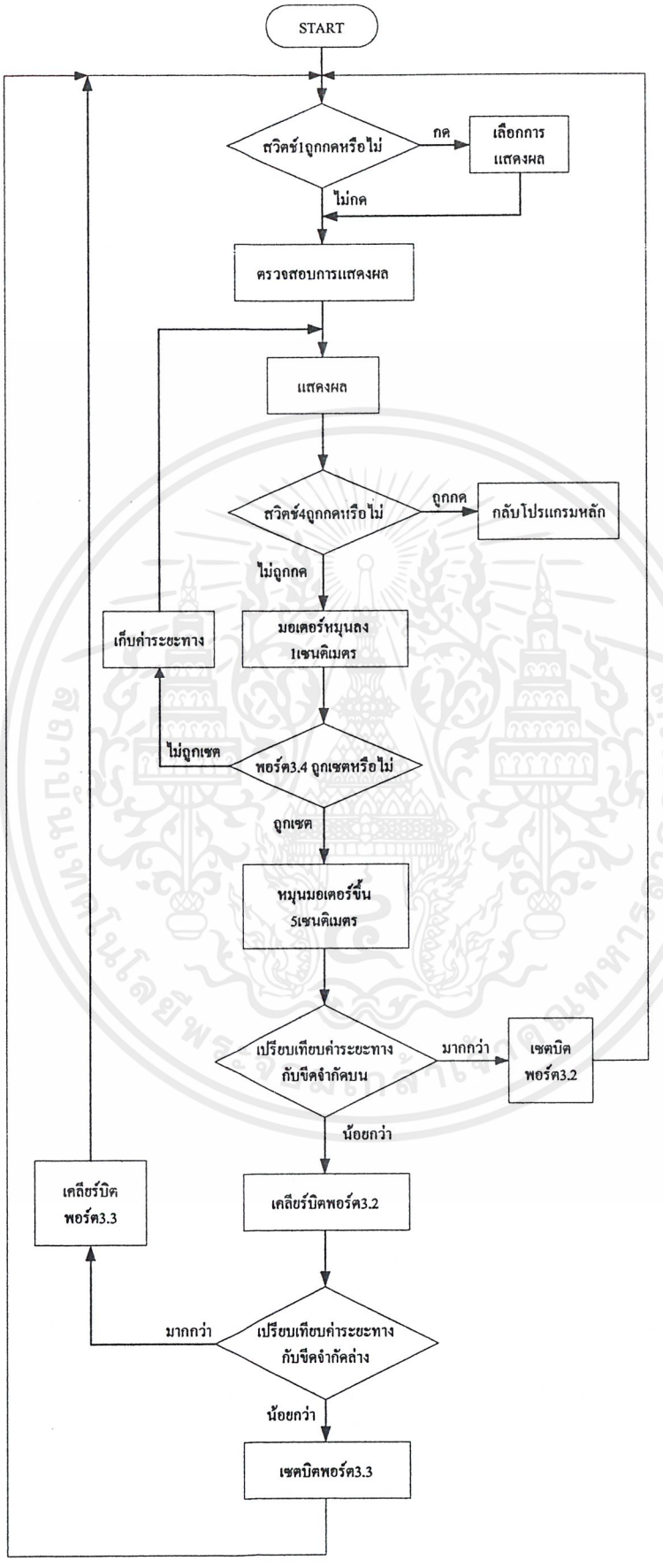


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



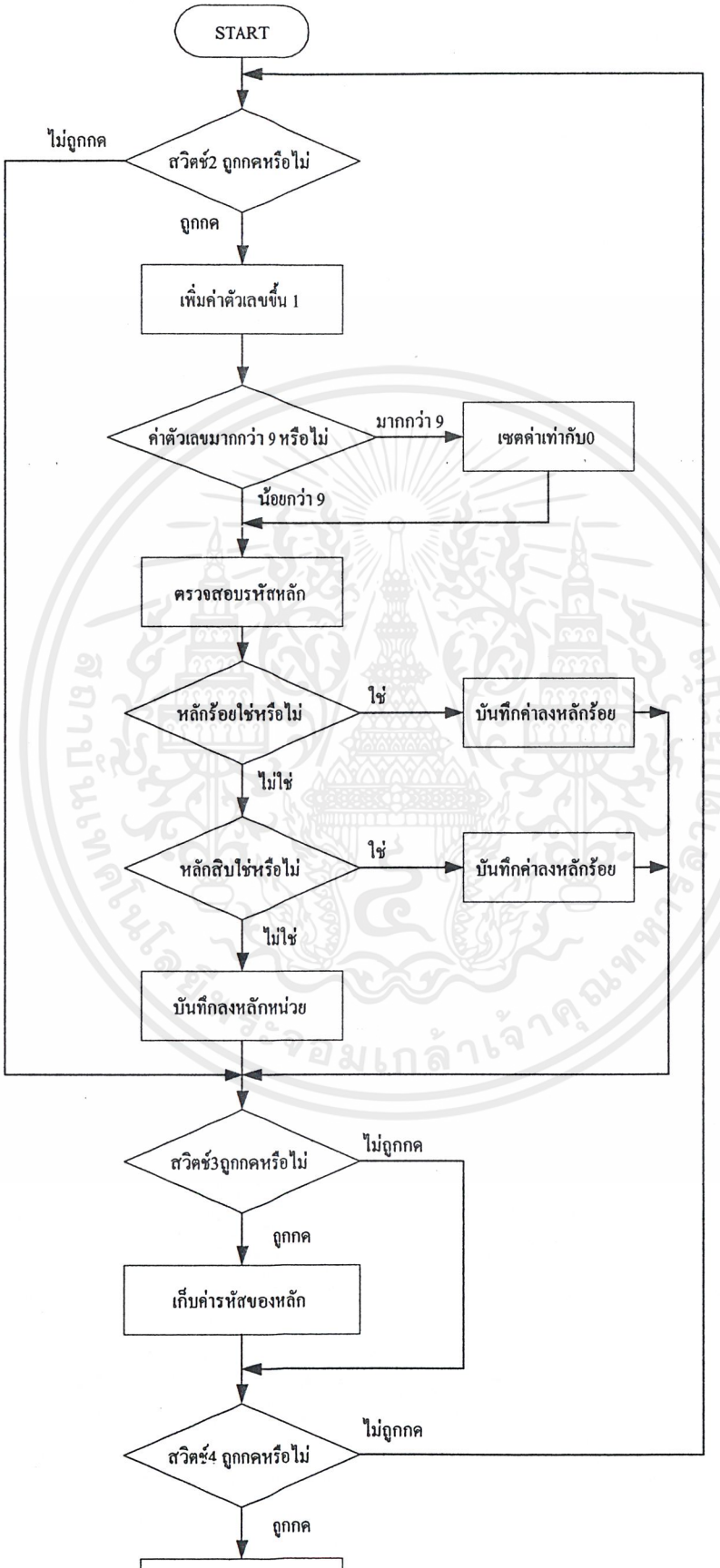
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมย่อยการควบคุมแบบอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ทแสดงการทำงานของ โปรแกรมย่อการเก็บค่าตัวเลข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DIGI_1          EQU     7FH     ;ค่าหลักหน่วย      7segment
DIGI_2          EQU     7EH     ;ค่าหลักสิบ        7segment
DIGI_3L         EQU     7DH     ;ค่าหลักร้อย       7segment
DIGI_3H         EQU     7CH     ;
SUM_DIGIL       EQU     7BH     ;เก็บค่าจากการแปลง BCD_HEX
SUM_DIGIH       EQU     7AH     ;เก็บค่าจากการแปลง BCD_HEX
HI_H            EQU     6FH     ;เก็บค่าความสูงที่บันทึกไว้ บิตบน
HI_L            EQU     6EH     ;เก็บค่าความสูงที่บันทึกไว้ บิตล่าง
BUFF_LED        EQU     78H
BUFF_1          EQU     77H     ;เก็บค่าจากการแปลง HEX_BCD h
BUFF_2          EQU     76H     ;เก็บค่าจากการแปลง HEX_BCD l
C_NUM           EQU     75H     ;เก็บค่าคงที่ของ function sw
C_DIGI          EQU     74H     ;เก็บค่าคงที่ของ function sw
UP_H            EQU     73H     ;เก็บค่า upper
UP_L            EQU     72H     ;เก็บค่า upper
LOW_H           EQU     71H     ;เก็บค่า lower
LOW_L           EQU     70H     ;เก็บค่า lower
DEEP_H          EQU     6DH     ;เก็บค่าระยะทาง
DEEP_L          EQU     6CH     ;
HD_H            EQU     6BH     ;เก็บค่า HIALL-DISTANT
HD_L            EQU     6AH     ;
N_STEP          EQU     69H     ; นับจำนวนรอบเริ่มต้น 42 สิ้นสุด 13
CM_STEP         EQU     68H     ; ค่าคำสั่งสั่งหมุน 1 cm
COUNT_STEP      EQU     67H     ;นับจำนวน step
ORG     0000H
START:
MOV     BUFF_LED,#6D
SETB    P3.0    ; SW1 MODE
SETB    P3.1    ; SW2
SETB    P3.6    ; SW3
SETB    P3.7    ; SW4 ENTER
MOV     HI_H,#01H
MOV     HI_L,#0F4H
MOV     P1,#10100000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     COUNT_STEP,#00H
LCALL   C_STEP                  ; ชดเชยกรณีตัววัดไม่ได้อยู่ตำแหน่งเริ่มต้น
MODE1:                          ; SET HEIGHT
        LCALL   HIGHT
        LCALL   DPAY
        LCALL   DLAY1
        JB      P3.7,MODE2      ; กระโดดไป mode ถัดไป
        SJMP    MODE1
MODE2:  CLR     P1.3            ; SET UPPER
        LCALL   UPPER
        LCALL   DPAY
        LCALL   DLAY1
        JB      P3.7,MODE3      ; กระโดดไป mode ถัดไป
        SJMP    MODE2
MODE3:  CLR     P1.0            ; SET LOWER
        LCALL   DLAY1
        LCALL   LOWER
        LCALL   DPAY
        LCALL   DLAY1
        JB      P3.7,MODE4      ; กระโดดไป mode ถัดไป
        SJMP    MODE3
MODE4:  LCALL   DLAY1
        CLR     P1.4
        CLR     P2.6
        LCALL   DLAY1
        JB      P3.0,C_MODE4            ; กดเปลี่ยน led
        JB      P3.7,MODE5              ; กดเปลี่ยน mode ถัดไป
        SJMP    MODE4
        C_MODE4:    LCALL   DLAY1
                    CPL     P1.5        ;LED MANUAL
                    CPL     P1.6        ;LED AUTO
                    SJMP    MODE4
MODE5:  LCALL   DLAY1
        JB      P1.5,MANUAL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB      P1.6,AUTO
MANUAL:     LCALL  DLAY1
        MOV     DIGI_1,#10D
        MOV     DIGI_2,#10D
        MOV     DIGI_3L,#10D
        MOV     P1,#00100000B
        LCALL   IN_MANUAL
        LJMP    START

AUTO:
        MOV     DIGI_1,#11D
        MOV     DIGI_2,#11D
        MOV     DIGI_3L,#11D
        LCALL   IN_AUTO
        LJMP    START
IN_AUTO:
        JB      P3.0,SHOW_AU
        LCALL   DW_1CM
        JB      P3.4,SEN_AU
        LCALL   UPLOW
        LCALL   HEX_BCD
        LCALL   DPAY
        JB      P3.7,STOP2
        SJMP    IN_AUTO
SEN_AU:
        MOV     60H,#5D
        MOV     A,N_STEP
        SEN_AU2:
        CJNE    A,#42D,SEN_AU1
        SJMP    IN_AUTO
        SEN_AU1:        LCALL  UP_1CM
                        DJNZ   60H,SEN_AU2
        SJMP    IN_AUTO
SHOW_AU:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  SHOW
        LCALL  LED
        SETB   P1.6
        SJMP   IN_AUTO
STOP2:  LCALL  DLAY1
        RET

IN_MANUAL:
        JB     P3.1,UP_M
        JB     P3.6,DOWN_M
        JB     P3.0,SHOW_MA
        JB     P3.7,STOP1
        LCALL  UPLOW
        LCALL  HEX_BCD
        LCALL  DPAY
        SJMP   IN_MANUAL
STOP1:  LCALL  DLAY1          ;STOP MANUAL MODE
        RET
SHOW_MA:
        LCALL  SHOW
        LCALL  LED
        SETB   P1.5
        SJMP   IN_MANUAL
UP_M:
        LCALL  UP_1CM
        SJMP   IN_MANUAL

DOWN_M:
        LCALL  DW_1CM
        SJMP   IN_MANUAL
;-----------------------------------------------
UPLOW:                        ; ตรวจสอบ upper lower ควบคุม relay 1-2
        MOV    R1,HD_H                ; hd-upper
        MOV    R0,HD_L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R3,UP_H
        MOV     R2,UP_L
        LCALL   SUB_16
        JNC     UPLOW1
        MOV     R1,HD_H                 ; hd-lower
        MOV     R0,HD_L
        MOV     R3,LOW_H
        MOV     R2,LOW_L
        LCALL   SUB_16
        JC      UPLOW2
        RET
        UPLOW1:
                CLR     P3.2    ; ค่าเกิน upper ปิด relay บน
                SETB    P3.3
                RET
        UPLOW2:
                SETB    P3.2
                CLR     P3.3
                RET
;-----------------------------------------
UP_1CM:                                 ;สั่งหมุนขึ้น 1 cm
        MOV     A,00110011B
        LCALL   STEP_CM                 ;หาจำนวน step ที่เหมาะสม
        UP_1CM1:
                MOV     A,00110011B
                RR      A
                LCALL   DLAYM
                MOV     P3,A                    ;หมุนขึ้น
                DJNZ    CM_STEP,UP_1CM1
        MOV     A,CM_STEP
        ADD     A,COUNT_STEP
        CLR     C
        SUBB    A,#200D
        JNC     UP_1CM2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R1,DEEP_H               ; เก็บค่าระยะทาง
        MOV     R0,DEEP_L
        MOV     R3,#00H
        MOV     R2,#01H
        LCALL   SUB_16
        MOV     DEEP_H,R1
        MOV     DEEP_L,R0
        RET
        UP_1CM2:
                INC     N_STEP
                MOV     COUNT_STEP,A
        MOV     R1,DEEP_H               ; เก็บค่าระยะทาง
        MOV     R0,DEEP_L
        MOV     R3,#00H
        MOV     R2,#01H
        LCALL   SUB_16
        MOV     DEEP_H,R1
        MOV     DEEP_L,R0
        RET
;---------------------------------------
DW_1CM:                                 ;สั่งหมุนลง 1 cm
        MOV     A,00110011B
        LCALL   STEP_CM                 ;หาจำนวน step ที่เหมาะสม
        DW_1CM1:
                MOV     A,00110011B
                RL      A
                LCALL   DLAYM
                MOV     P3,A            ;หมุนลง
                DJNZ    CM_STEP,DW_1CM1
        MOV     A,CM_STEP
        ADD     A,COUNT_STEP
        CLR     C
        SUBB    A,#200D
        JNC     DW_1CM2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R6,DEEP_H               ; เก็บค่าระยะทาง
        MOV     R7,DEEP_L
        MOV     R4,#00H
        MOV     R5,#01H
        LCALL   ADD_16
        MOV     DEEP_H,R1
        MOV     DEEP_L,R0
        RET
        DW_1CM2:
                INC     N_STEP
                MOV     COUNT_STEP,A
        MOV     R1,DEEP_H               ; เก็บค่าระยะทาง
        MOV     R0,DEEP_L
        MOV     R3,#00H
        MOV     R2,#01H
        LCALL   SUB_16
        MOV     DEEP_H,R1
        MOV     DEEP_L,R0
        RET
;---------------------------------------
STEP_CM:                        ;คำนาณจำนวน step ที่ได้ระยะทาง 1 cm
        MOV     R1,#01H         ;ค่าคงที่ 408
        MOV     R0,#98H
        MOV     R3,#00H
        MOV     R2,N_STEP
        LCALL   DIV_16
        MOV     CM_STEP,R0
RET
;---------------------------------------
C_STEP:                         ; ตรวจสภาพเริ่มต้นกรณีเริ่มแรกไม่เท่ากับรอบที่ตั้งไว้
        MOV     A,N_STEP
        CJNE    A,#42D,CE_STEP  ; ไม่เท่ากระโดดไป ce_step
RET
        CE_STEP:                ; แก้ค่าผิดพลาด
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,#42D
        SUBB    A,N_STEP
        MOV     R0,A
        CE_STEP1:                                   ; หมุนชดเชยรอบที่ขาดหายไป
                MOV     A,#00110011B
                MOV     R0,#05FH
                CE1:    MOV     R5,#200D
                CE2:    RR      A
                        LCALL   DLAYM
                        MOV     P3,A
                        DJNZ    R5,CE2
                        DJNZ R0,CE1
RET
;-------------------------------------------
LED:    CJNE    R0,#5D,LED1     ;HIGHT
        MOV     P1,#10001000B
        RET
 LED1:  CJNE    R0,#4D,LED2     ;UP
        MOV     P1,#10000001B
        RET
 LED2:  CJNE    R0,#3D,LED3     ;LOW
        MOV     P1,#10010000B
        RET
 LED3:  CJNE    R0,#2D,LED4     ;DEPTH
        MOV     P1,#10000100B
        RET
 LED4:  MOV     P1,#10000010B
        RET
;-------------------------------------------
SHOW:   LCALL   DLAY1                   ;SHOW DISPLAY เมื่อกด sw1
        DJNZ    BUFF_LED,SHOW1                  ;ลดค่าเปรียบเทียบลง 1 ทุกครั้งที่กด sw 1
        MOV     BUFF_LED,#6D            ;ค่าลดลงถึง 0 set ค่าเป็น 5 ใหม่
        SJMP    SHOW
        SHOW1:  MOV     R0,BUFF_LED
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    R0,#5D,SHOW2   ;ค่าไม่เท่ากับ 5 กระโดด show2
        MOV     BUFF_1,HI_H    ;แสดงค่าของ height
        MOV     BUFF_2,HI_L
        RET
SHOW2:  CJNE    R0,#4D,SHOW3   ;ค่าไม่เท่ากับ 5 กระโดด show2
        MOV     BUFF_1,UP_H    ;แสดงค่าของ upper
        MOV     BUFF_2,UP_L
        RET
SHOW3:  CJNE    R0,#3D,SHOW4   ;ค่าไม่เท่ากับ 5 กระโดด show2
        MOV     BUFF_1,LOW_H   ;แสดงค่าของ lower
        MOV     BUFF_2,LOW_L
        RET
SHOW4:  CJNE    R0,#2D,SHOW5   ;ค่าไม่เท่ากับ 5 กระโดด show2
        MOV     BUFF_1,DEEP_H  ;แสดงค่าของ depth
        MOV     BUFF_2,DEEP_L
        RET
SHOW5:  LCALL   HD
        MOV     BUFF_1,HD_H    ;แสดงค่าของ height-depth
        MOV     BUFF_2,HD_L
        RET
;-----------------------------------------
UPPER:  MOV     BUFF_1,UP_H
        MOV     BUFF_2,UP_L
        LCALL   HEX_BCD
        SETB    P1.0
IN_UP:  LCALL   SW23
        LCALL   BCD_HEX
        MOV     R1,HI_H        ; ค่าตั้งไว้ไม่เกินค่าของ HI_H,HI_L
        MOV     R0,HI_L
        MOV     R3,SUM_DIGIH
        MOV     R2,SUM_DIGIL
        LCALL   SUB_16
        JC      R_UP
        MOV     UP_H,SUM_DIGIH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     UP_L,SUM_DIGIL
        MOV     BUFF_1,UP_H
        MOV     BUFF_2,UP_L
        LCALL   HEX_BCD
        LCALL   DLAY1
RET
        R_UP:   MOV     DIGI_3L,#14D
                MOV     DIGI_2,#14D
                MOV     DIGI_1,#14D
        SJMP    IN_UP
;-----------------------------------------
LOWER:MOV       BUFF_1,LOW_H
        MOV     BUFF_2,LOW_L
        LCALL   HEX_BCD
        SETB    P1.4
IN_LOW:         LCALL   SW23
        LCALL   BCD_HEX
        MOV     R1,UP_H                 ; ค่าตั้งไว้ไม่เกินค่าของ HI_H,HI_L
        MOV     R0,UP_L
        MOV     R3,SUM_DIGIH
        MOV     R2,SUM_DIGIL
        LCALL   SUB_16
        JC      R_LOW
        MOV     LOW_H,SUM_DIGIH
        MOV     LOW_L,SUM_DIGIL
        MOV     BUFF_1,LOW_H
        MOV     BUFF_2,LOW_L
        LCALL   HEX_BCD
        LCALL   DLAY1
RET
        R_LOW:  MOV     DIGI_3L,#14D
                MOV     DIGI_2,#14D
                MOV     DIGI_1,#14D
        SJMP    IN_LOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----------------------------------------------
HIGHT: MOV    BUFF_1,HI_H     ; โปรแกรมย่อย set ค่า ความสูงของถังจำกัดค่าไว้ที่ 5.00 เมตร
       MOV    BUFF_2,HI_L
       LCALL  HEX_BCD
       SETB   P1.3
IN_HI: LCALL  SW23
       LCALL  BCD_HEX
       MOV    R1,#01H         ; ค่าตั้งไว้ไม่เกิน 500 ( 1F4 )
       MOV    R0,#0F4H
       MOV    R3,SUM_DIGIH
       MOV    R2,SUM_DIGIL
       LCALL  SUB_16
       JC     R_SET
       MOV    HI_H,SUM_DIGIH
       MOV    HI_L,SUM_DIGIL
       MOV    BUFF_1,HI_H
       MOV    BUFF_2,HI_L
       LCALL  HEX_BCD
       LCALL  DLAY1
RET
       R_SET: MOV    DIGI_3L,#14D
              MOV    DIGI_2,#14D
              MOV    DIGI_1,#14D
       SJMP   IN_HI
;-----------------------------------------------
HD:
       MOV    R1,HI_H
       MOV    R0,HI_L
       MOV    R3,DEEP_H
       MOV    R2,DEEP_L
       LCALL  SUB_16
       MOV    HD_H,R1
       MOV    HD_L,R0
RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----------------------------------------------
SW23:                           ; SUBFUNCTION FOR CHANGE DIGIT AND NUMBER
                                ; ค่าที่ได้จะเก็บไว้ที่ DIGI_1,DIGI_2,DIGI_3L
                                ; เก็บในรูปของ BCD แสดงผลทาง 7 segment
        MOV     C_NUM,#00H
        MOV     C_DIGI,#01D
        MOV     R7,#01D
INLOOP:
    LCALL  DPAY
    JB      P3.1,CNUM           ; กดเพื่อเปลี่ยนค่าตัวเลข 0-9
    JB      P3.6,CDIGI          ; กดเพื่อเปลี่ยนหลัก
    JNB     P3.7,INLOOP         ; กดเพื่อหลุด loop
    RET

  CNUM:     LCALL  DLAY1
            INC     C_NUM
            MOV     A,C_NUM
            CJNE    A,#10D,CNUM1
            MOV     C_NUM,#0FFH
            SJMP    CNUM
  CNUM1:    CJNE    R7,#1D,CNUM2
            MOV     DIGI_1,A
            SJMP    INLOOP
  CNUM2:    CJNE    R7,#2D,CNUM3
            MOV     DIGI_2,A
            SJMP    INLOOP
  CNUM3:    MOV     DIGI_3L,A
            SJMP    INLOOP
  CDIGI:    LCALL           DLAY1
            INC     C_DIGI
            MOV     R7,C_DIGI
            CJNE    R7,#4D,INLOOP
            MOV     C_DIGI,#00H
            SJMP    CDIGI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----------------------------------------
BCD_HEX:                    ; รวมค่าแต่ละหลักเป็นค่าเดียวเพื่อนำไปคำนาณ
                            ; นำค่าจาก DIGI_1,DIGI_2,DIGI_3 ไปคำนวณ
                            ; OUTPUT เก็บค่าที่  SUM_DIGIH - SUM_DIGIL
        MOV     A,DIGI_2
        MOV     B,#10D
        MUL     AB
        ADD     A,DIGI_1
        MOV     SUM_DIGIL,A
        MOV     A,DIGI_3L
        MOV     B,#100D
        MUL     AB
        MOV     DIGI_3L,A
        MOV     DIGI_3H,B
        MOV     R6,DIGI_3H
        MOV     R7,DIGI_3L
        MOV     R4,#00H
        MOV     R5,SUM_DIGIL
        LCALL   ADD_16
        MOV     SUM_DIGIH,R2
        MOV     SUM_DIGIL,R3
RET
;-----------------------------------------
HEX_BCD:                    ;เปลี่ยนค่าฐาน 16 ( 16 bit ) เป็นค่า BCD เพื่อนำไป แสดงผล 7
segment
                            ;input    buff_1( H ),buff_2( L )
                            ;output   digi_1,digi_2,digi_3l
        MOV     R1,BUFF_1
        MOV     R0,BUFF_2
        MOV     R3,#00H
        MOV     R2,#100D
        CALL    DIV_16
        MOV     DIGI_3L,R0
        MOV     A,R2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     B,#10D
        DIV     AB
        MOV     DIGI_2,A
        MOV     DIGI_1,B
RET
;-----------------------------------------
ADD_16:                         ;บวกเลข 16 บิต
                                ;INPUT          R6-R7+R4-R5
                                ;OUTPUT                 R1-R2-R3
        MOV     A,R7
        ADD     A,R5
        MOV     R3,A
        MOV     A,R6
        ADDC    A,R4
        MOV     R2,A
        MOV     A,#00H
        ADDC    A,#00H
        MOV     R1,A
RET
;-----------------------------------------
SUB_16:                         ;  subtraction 16-bit
                                ; INPUT  R1-R0 - R3-R2
                                ; OUTPUT   R1-R0
        ANL     PSW,#0E7H
        MOV     A,R0
        CLR     C
        SUBB    A,R2
        MOV     R0,A
        MOV     A,R1
        SUBB    A,R3
        MOV     R1,A
RET
;-----------------------------------------
MUL_16:                                 ; 16 bit multiplication
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ; input  R6-R7 and R4-R5
                    ; output R0-R1-R2-R3 ( 32 BIT )
MOV     A,R5
MOV     B,R7
MUL     AB
MOV     R2,B
MOV     R3,A
MOV     A,R5
MOV     B,R6
MUL     AB
ADD     A,R2
MOV     R2,A
MOV     A,B
ADDC    A,#00H
MOV     R1,A
MOV     A,#00H
ADDC    A,#00H
MOV     R0,A
MOV     A,R4
MOV     B,R7
MUL     AB
ADD     A,R2
MOV     R2,A
MOV     A,B
ADDC    A,R1
MOV     R1,A
MOV     A,#00H
ADDC    A,R0
MOV     R0,A
MOV     A,R4
MOV     B,R6
MUL     AB
ADD     A,R1
MOV     A,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ADDC    A,R0
        MOV     R0,A
RET
;-----------------------------------------
DIV_16:                 ; 16บิตหาร16บิต ไม่คิดเครื่องหมาย
                        ; INPUT ตัวตั้ง     R1-R0
                        ;       ตัวหาร     R3-R2
                        ; เศษ     R1-R0
                        ; ส่วน    R3-R2
        MOV     R7,#0
        MOV     R6,#0
        MOV     B,#16
DIV_LOOP:
        CLR     C
        MOV     A,R0
        RLC     A
        MOV     R0,A
        MOV     A,R1
        RLC     A
        MOV     R1,A
        MOV     A,R6
        RLC     A
        MOV     R6,A
        MOV     A,R7
        RLC     A
        MOV     R7,A
        MOV      A,R6
        CLR     C
        SUBB    A,R2
        MOV     DPL,A
        MOV     A,R7
        SUBB    A,R3
        MOV     DPH,A
        CPL     C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNC     DIV_1

        MOV     R7,DPH
        MOV     R6,DPL
DIV_1:
        MOV     A,R4
        RLC     A
        MOV     R4,A
        MOV     A,R5
        RLC     A
        MOV     R5,A
        DJNZ    B, DIV_LOOP
        MOV     A,R5
        MOV     R1,A
        MOV     A,R4
        MOV     R0,A
        MOV     A,R7
        MOV     R3,A
        MOV     A, R6
        MOV     R2,A
RET
;-------------------------------------
DPAY:                           ; SUBFUNCTION DISPLAY 7 SEGMENT
  LCALL             DLAY2
  MOV       P2,DIGI_1
  SETB      P2.4            ; DIGI 1
  LCALL             DLAY2
  MOV       P2,DIGI_2
  SETB      P2.5            ; DIGI 2
  LCALL             DLAY2
  MOV       P2,DIGI_3L
  SETB      P2.6            ; DIGI 3
RET
;-------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DLAYM:                          ; FOR MOTOR
        MOV     R0,#05FH
        M1:     MOV     R5,#02FH
        M2:     DJNZ    R5,M2
         DJNZ R0,M1
RET
DLAY1:                          ; DELAY FOR SW 1-4
     MOV  R0,#0FFH
     D1: MOV  R5,#0FFH
     D2: DJNZ R5,D2
         DJNZ R0,D1
RET
DLAY2:                          ; DELAY FOR 7 SEGMENT DISPLAY
     MOV R0,#200D
     DJNZ  R0,$
RET
;-------------------------------------
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

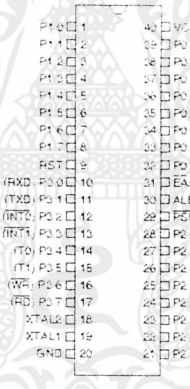
- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

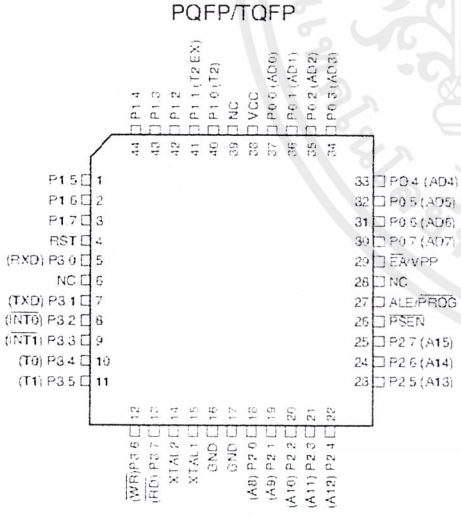
The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations

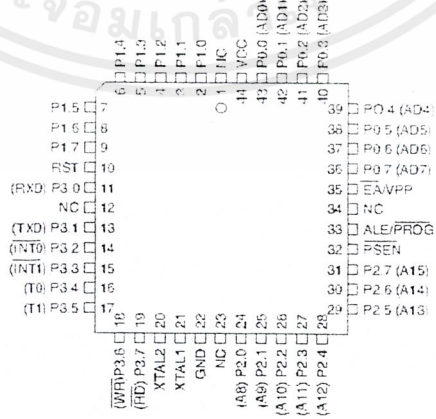
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



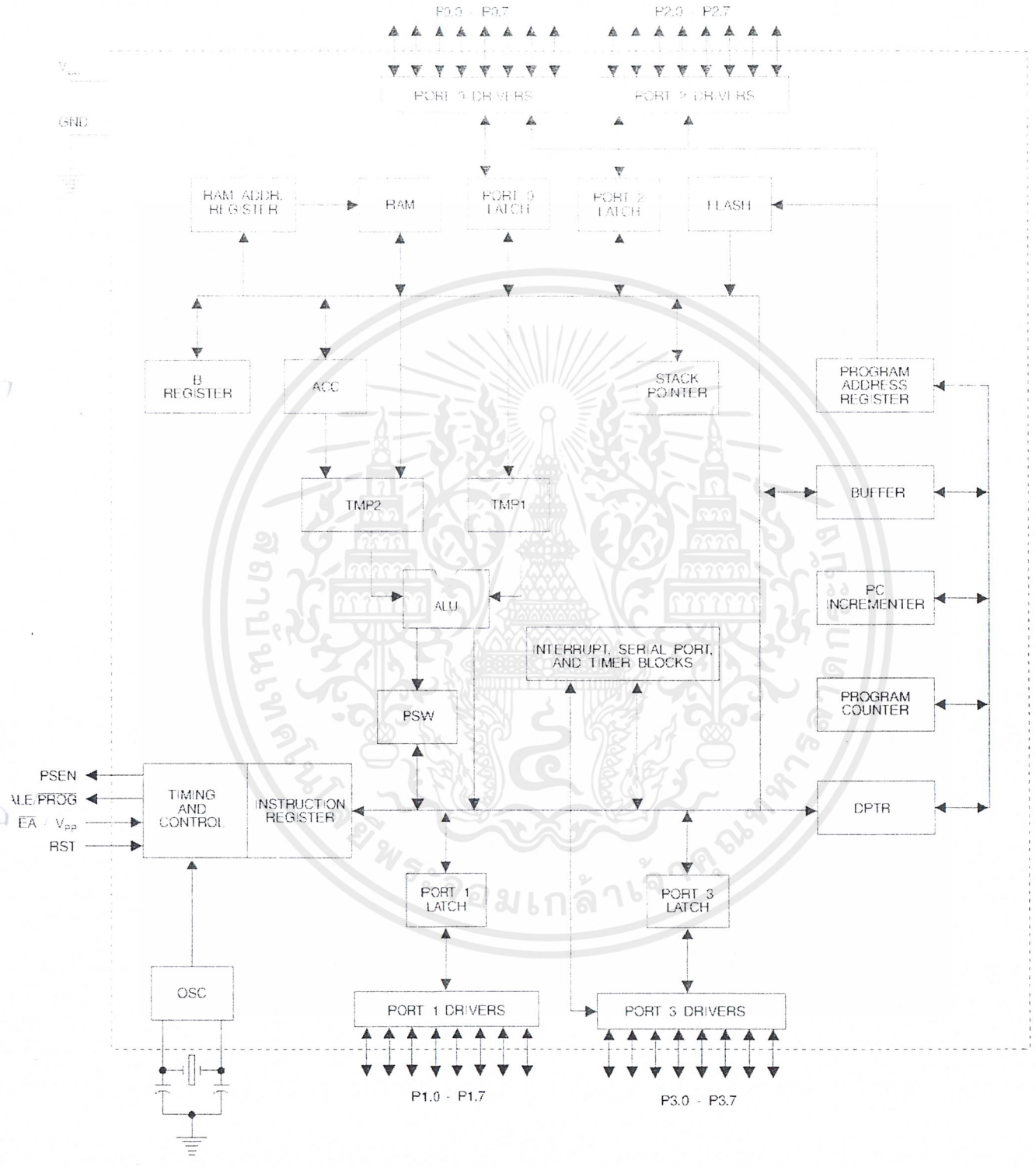
8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

Rev. 0265G–02/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Characteristics

T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to PROG Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After PROG	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to PROG Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After PROG	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to PROG Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After PROG	10		µs
t_{GLGH}	PROG Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	ENABLE Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After ENABLE	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	PROG High to BUSY Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

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

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low-voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low-voltage[1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, EA)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode[2]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes:
1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
   Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
   Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
   Ports 1, 2, 3: 15 mA
   Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
   If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

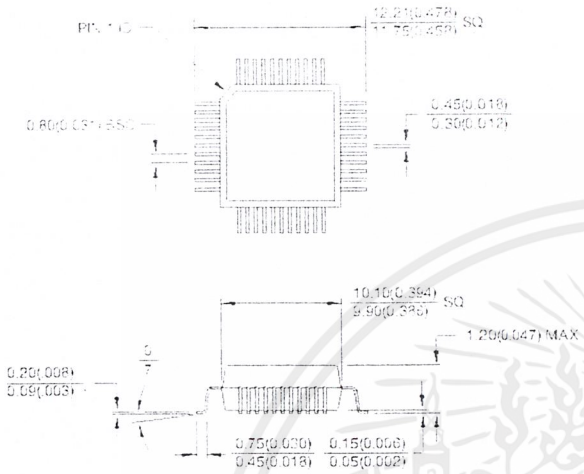
External Program and Data Memory Characteristics

		12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		
Symbol	Parameter	Min	Max	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		t_{CLCL}-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}$-65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}$-150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}$-165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

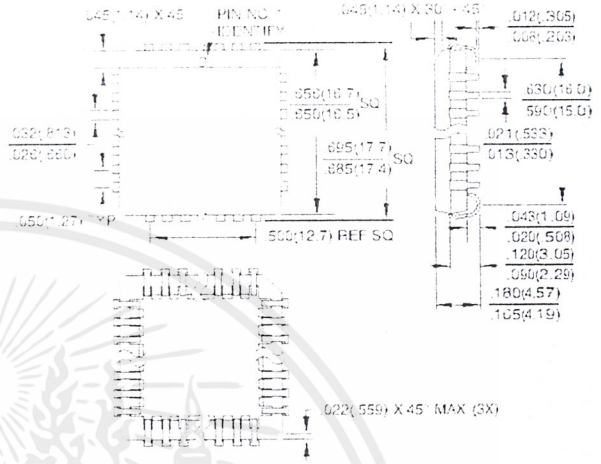
Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-026 ACB

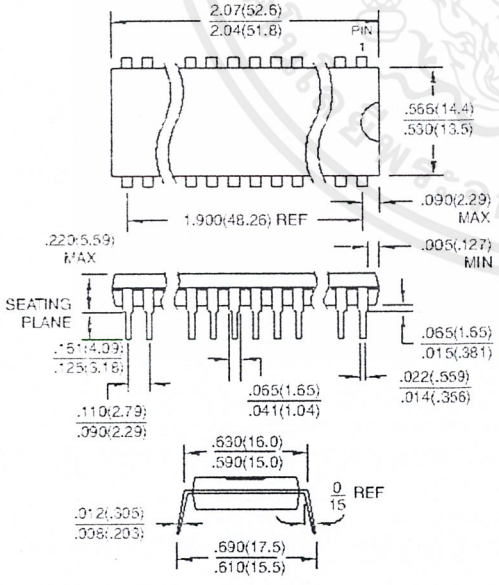


Controlling dimension: millimeters

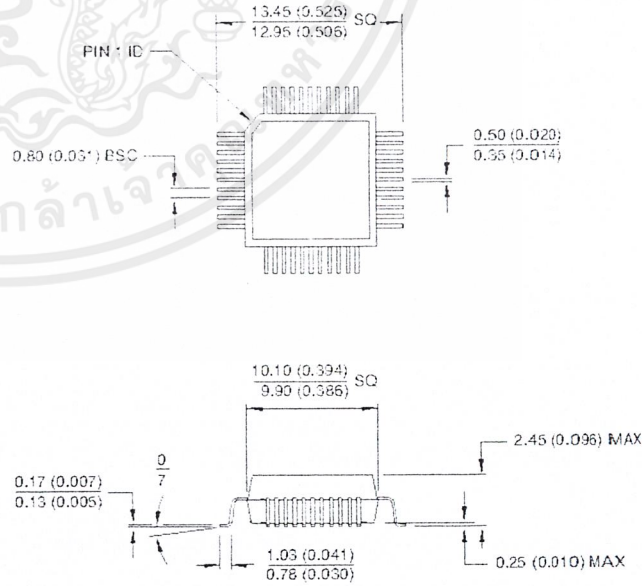
44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018 AC



40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

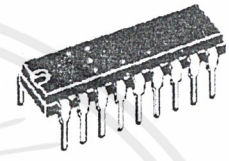
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

ULN2801A
ULN2802A - ULN2803A
ULN2804A - ULN2805A

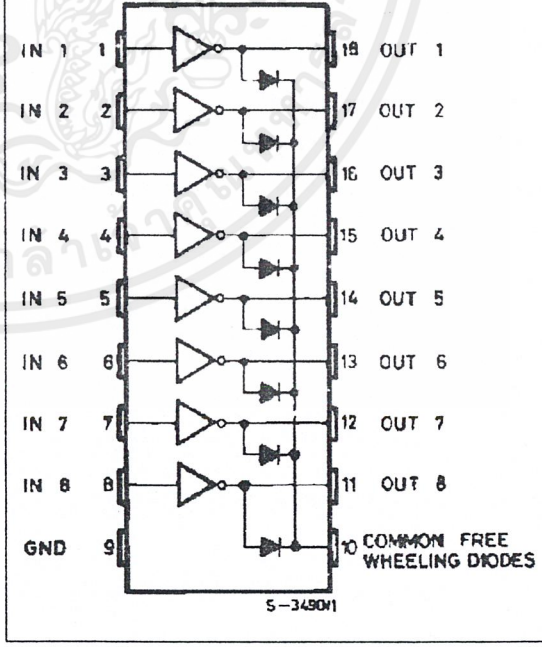
EIGHT DARLINGTON ARRAYS

- EIGHT DARLINGTONS WITH COMMON EMITTERS
- OUTPUT CURRENT TO 500 mA
- OUTPUT VOLTAGE TO 50 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES
- VERSIONS FOR ALL POPULAR LOGIC FAMILIES
- OUTPUT CAN BE PARALLELED
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY BOARD LAYOUT



DIP18

PIN CONNECTION (top view)



DESCRIPTION

The ULN2801A-ULN2805A each contain eight darlington transistors with common emitters and integral suppression diodes for inductive loads. Each darlington features a peak load current rating of 600mA (500mA continuous) and can withstand at least 50V in the off state. Outputs may be paralleled for higher current capability.

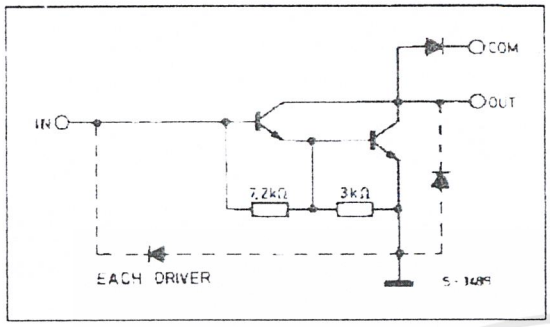
Five versions are available to simplify interfacing to standard logic families : the ULN2801A is designed for general purpose applications with a current limit resistor ; the ULN2802A has a 10.5kΩ input resistor and zener for 14-25V PMOS ; the ULN2803A has a 2.7kΩ input resistor for 5V TTL and CMOS ; the ULN2804A has a 10.5kΩ input resistor for 6-15V CMOS and the ULN2805A is designed to sink a minimum of 350mA for standard and Schottky TTL where higher output current is required.

All types are supplied in a 18-lead plastic DIP with a copper lead frame and feature the convenient input-opposite-output pinout to simplify board layout.

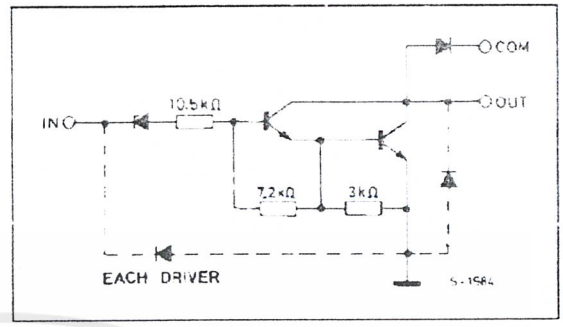
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM AND ORDER CODES

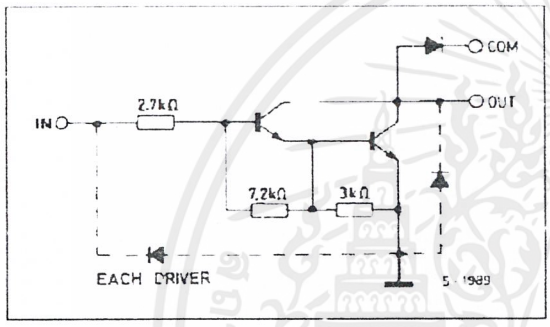
For ULN2801A (each driver for PMOS-CMOS)



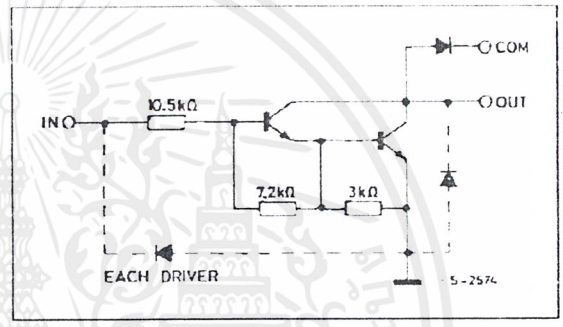
For ULN2802A (each driver for 14-15 V PMOS)



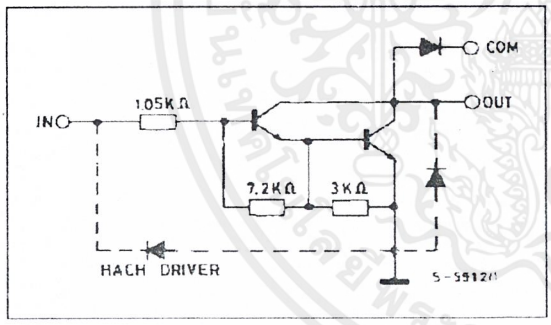
For ULN2803A (each driver for 5 V, TTL/CMOS)



For ULN2804A (each driver for 6-15 V CMOS/PMOS



For ULN2805A (each driver for high out TTL)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_i	Input Voltage for ULN2802A, ULN2803A, ULN2804A for ULN2805A	 30 15	V
I_C	Continuous Collector Current	500	mA
I_B	Continuous Base Current	25	mA
P_{tot}	Power Dissipation (one Darlington pair) (total package)	 1.0 2.25	W
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature Range	– 20 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		Value	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	55	°C/W

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 ULN2802A V_{CE} = 50V, V_i = 6V for ULN2804A 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 = 200mA, 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
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2802A V_i = 17V for ULN2803A V_i = 3.85V for ULN2804A V_i = 5V V_i = 12V for ULN2805A V_i = 3V		0.82 0.93 0.35 1 1.5	1.25 1.35 0.5 1.45 2.4	mA mA mA mA mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2 V for ULN2802A I_C = 300mA for ULN2803A I_C = 200mA I_C = 250mA I_C = 300mA for ULN2804A I_C = 125mA I_C = 200mA I_C = 275mA I_C = 350mA for ULN2805A I_C = 350mA			 13 2.4 2.7 3 5 6 7 8 2.4	 V V V V V V V V V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2801A 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

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

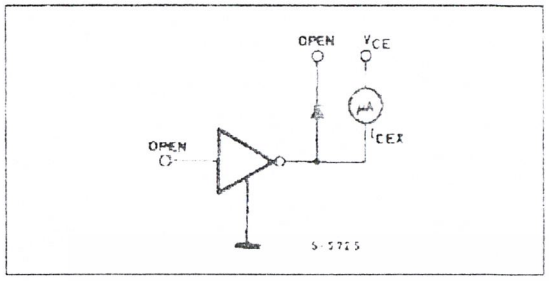


Figure 1b.

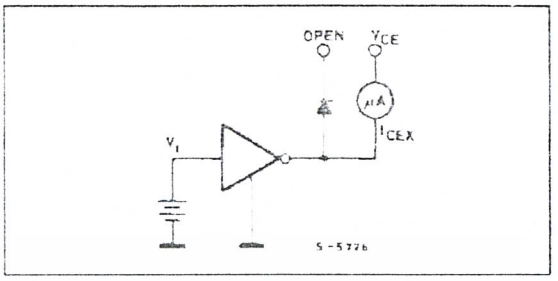


Figure 2.

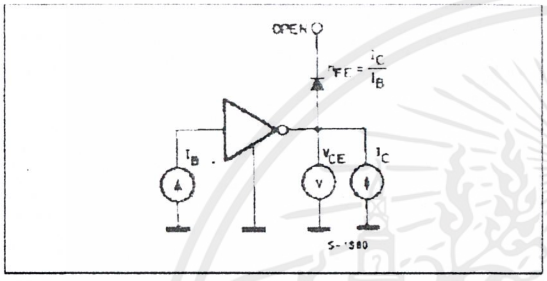


Figure 3.

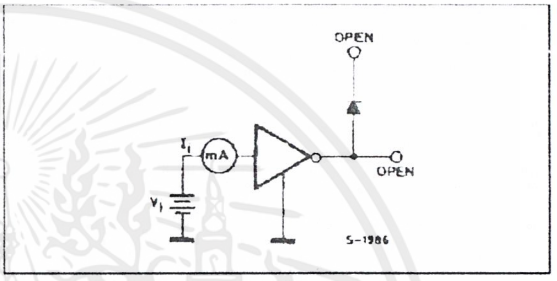


Figure 4.

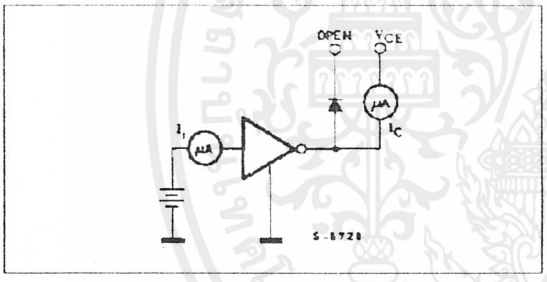


Figure 5.

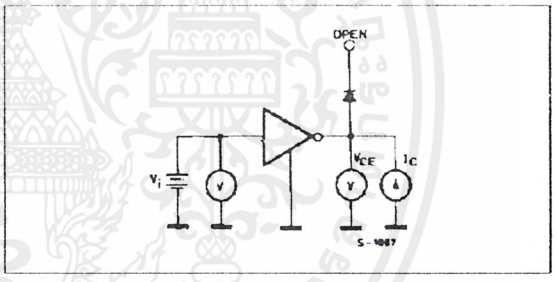


Figure 6.

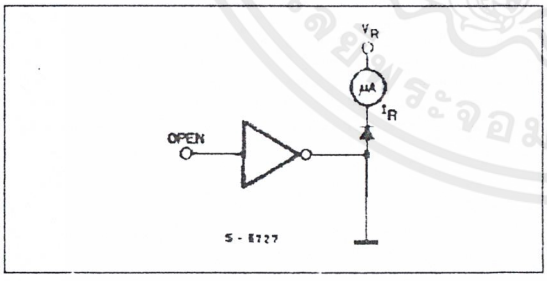
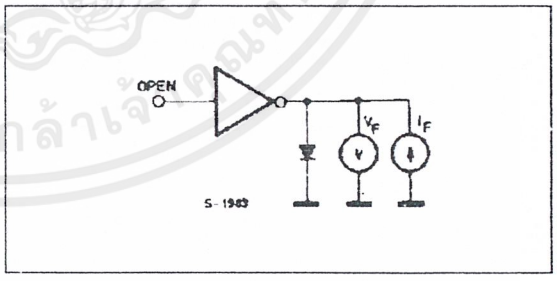


Figure 7.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 8 : Collector Current as a Function of Saturation Voltage.

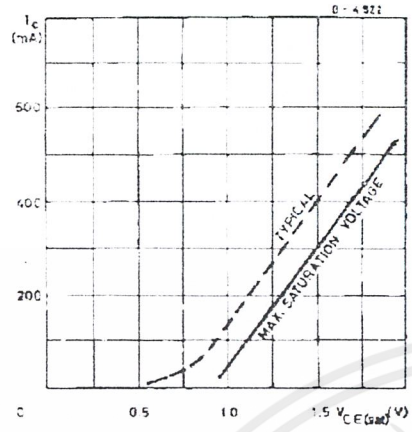


Figure 9 : Collector Current as a Function of Input Current.

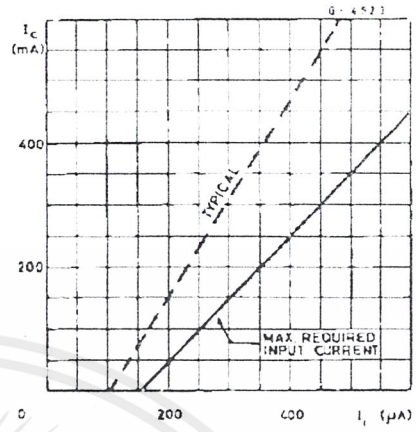


Figure 10 : Allowable Average Power Dissipation as a Function of Ambient Temperature.

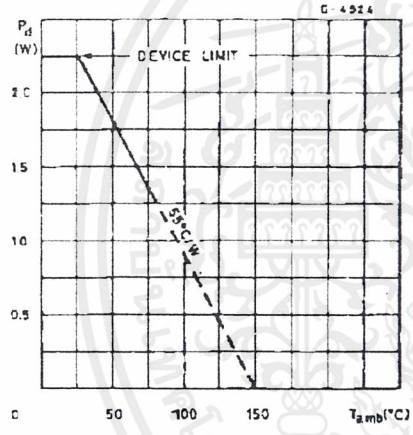


Figure 11 : Peak Collector Current as a Function of Duty Cycle.

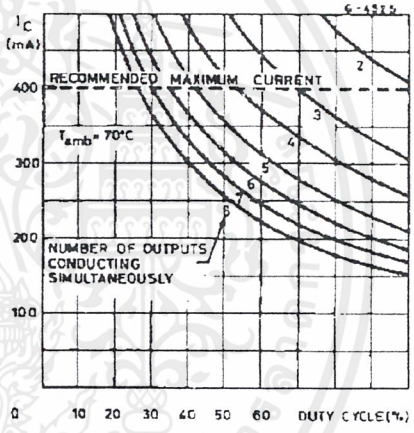


Figure 12 : Peak Collector Current as a Function of Duty.

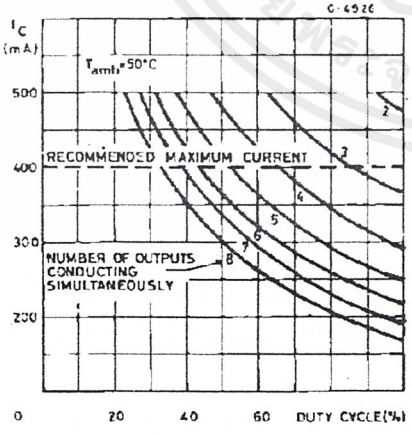
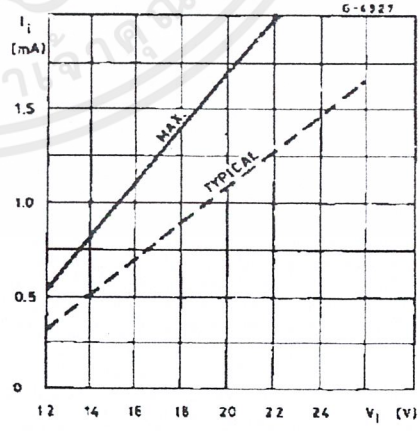


Figure 13 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2802A).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 14 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2804A)

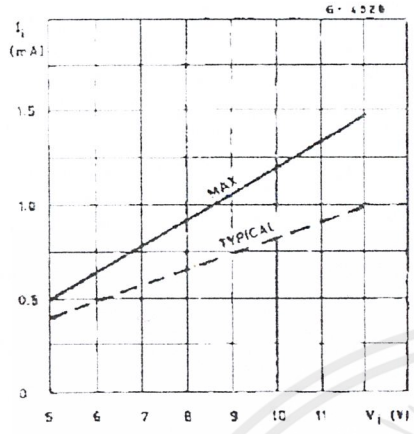


Figure 15 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2803A)

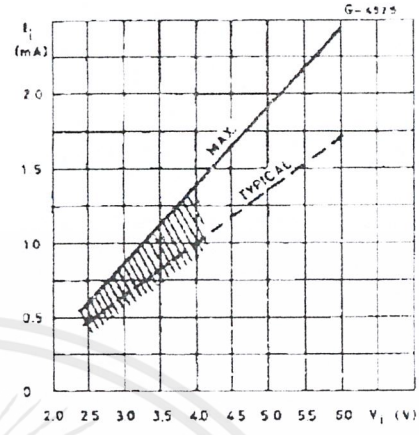
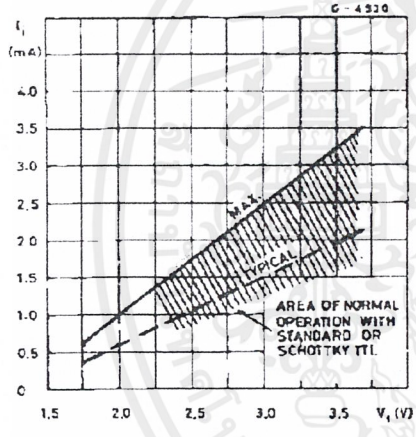


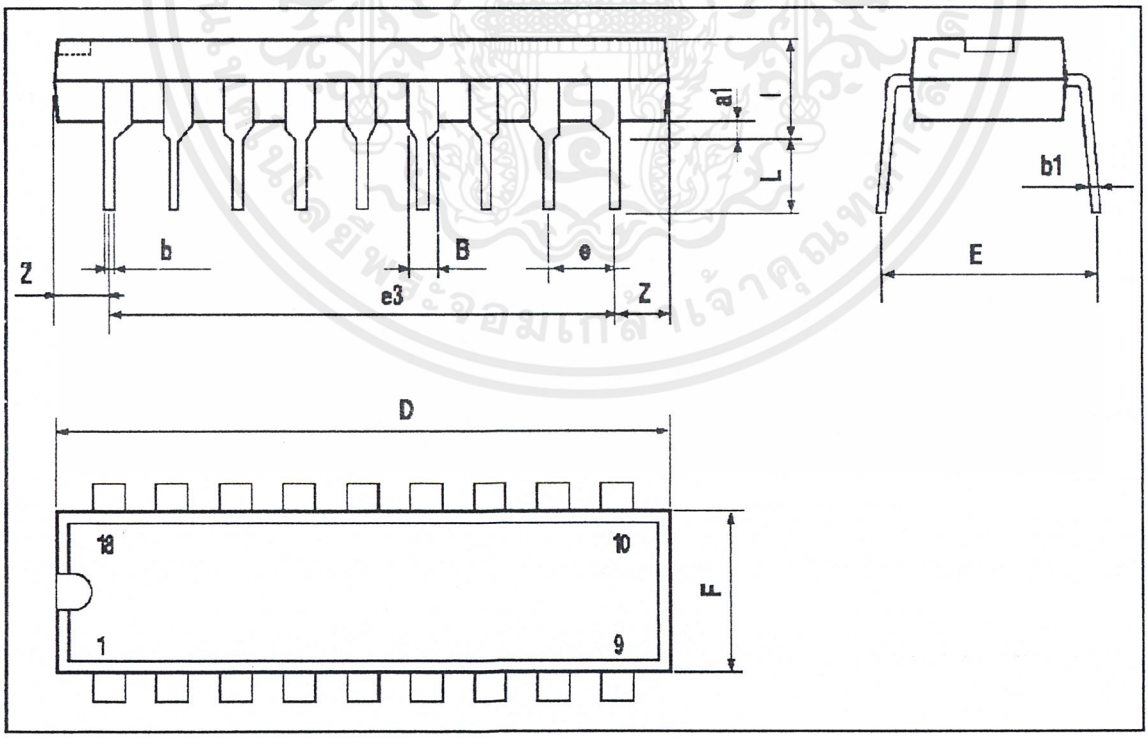
Figure 16 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2805A)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP18 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.254			0.010		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.46			0.018	
b1		0.25			0.010	
D			23.24			0.915
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		20.32			0.800	
F			7.1			0.280
I			3.93			0.155
L		3.3			0.130	
Z		1.27	1.59		0.050	0.063



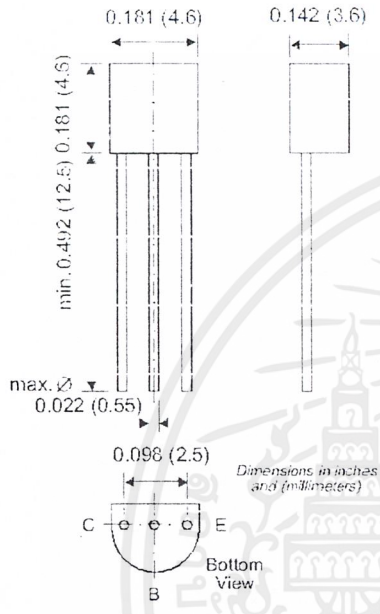
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL SEMICONDUCTOR

BC337 and BC338

Small Signal Transistors (NPN)

TO-226AA (TO-92)



Features

- NPN Silicon Epitaxial Planar Transistors for switching and amplifier applications. Especially suited for AF-driver stages and low power output stages.
- These types are also available subdivided into three groups -16, -25, and -40, according to their DC current gain. As complementary types, the PNP transistors BC327 and BC328 are recommended.
- On special request, this transistor is also manufactured in the pin configuration TO-18.

Mechanical Data

Case: TO-92 Plastic Package

Weight: approx. 0.18g

Packaging Codes/Options:

E6/Bulk - 5K per container

E7/4K per Ammo tape

Maximum Ratings & Thermal Characteristics

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Parameters		Symbols	Value	Units
Collector-Emitter Voltage	BC337 BC338	V_{CES}	50 30	V
Collector-Emitter Voltage	BC337 BC338	V_{CEO}	45 25	V
Emitter-Base Voltage		V_{EBO}	5	V
Collector Current		I_C	800	mA
Peak Collector Current		I_{CM}	1	A
Base Current		I_B	100	mA
Power Dissipation at T_{amb} = 25°C		P_{tot}	625(1)	mW
Thermal Resistance Junction to Ambient Air		$R_{\Theta JA}$	200(1)	°C/W
Junction Temperature		T_j	150	°C
Storage Temperature Range		T_S	– 65 to +150	°C

Notes:
(1) Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case.

2/28/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC337 and BC338

Small Signal Transistors (NPN)

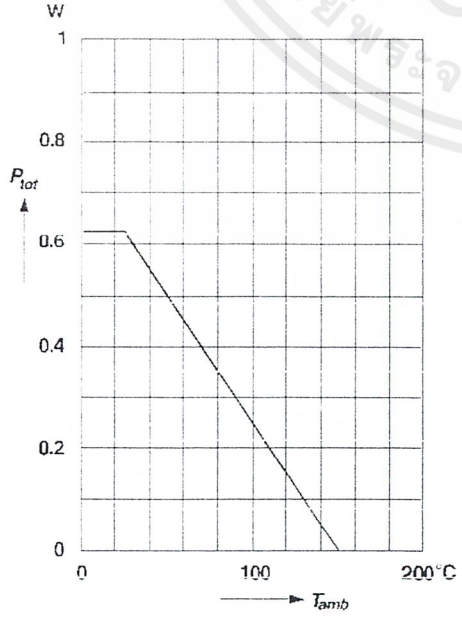
Electrical Characteristics (T_{amb} = 25 °C unless otherwise noted)

Parameter		Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
DC Current Gain	Current gain group -16	h_{FE}	V_{CE} = 1 V, I_C = 100 mA	100	160	250	—
	-25			160	250	400	
	-40			250	400	630	
	Current gain group -16		V_{CE} = 1 V, I_C = 300 mA	60	130	—	
	-25			100	200	—	
	-40			170	320	—	
Collector-Emitter Cutoff Current	BC337	I_{CES}	V_{CE} = 45 V	—	2	100	nA
	BC338		V_{CE} = 25 V	—	2	100	nA
	BC337		V_{CE} = 45 V, T_{amb} = 125 °C	—	—	10	µA
	BC338		V_{CE} = 25 V, T_{amb} = 125 °C	—	—	10	µA
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BC337	$V_{(BR)CEO}$	I_C = 10 mA	20	—	—	V
	BC338			45	—	—	
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BC337	$V_{(BR)CES}$	I_C = 0.1 mA	30	—	—	V
	BC338			50	—	—	
Emitter-Base Breakdown Voltage		$V_{(BR)EBO}$	I_E = 0.1 mA	5	—	—	V
Collector Saturation Voltage		V_{CEsat}	I_C = 500 mA, I_B = 50 mA	—	—	0.7	V
Base-Emitter Voltage		V_{BE}	V_{CE} = 1 V, I_C = 300 mA	—	—	1.2	V
Gain-Bandwidth Product		f_T	V_{CE} = 5 V, I_C = 10 mA, f = 50 MHz	—	100	—	MHz
Collector-Base Capacitance		C_{CBO}	V_{CB} = 10 V, f = 1 MHz	—	12	—	pF

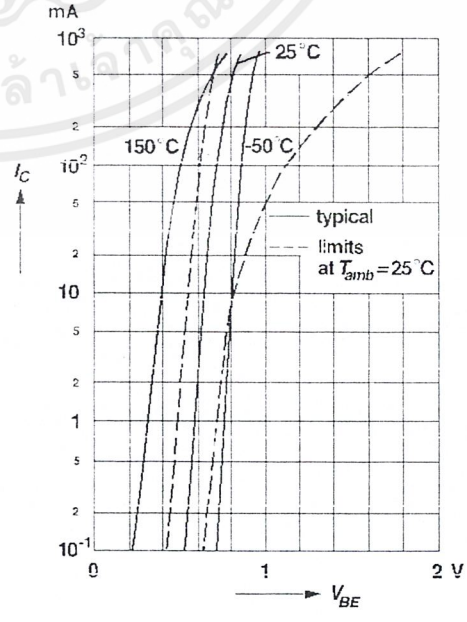
Ratings and Characteristic Curves

Admissible power dissipation versus ambient temperature

Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case



Collector current versus base-emitter voltage

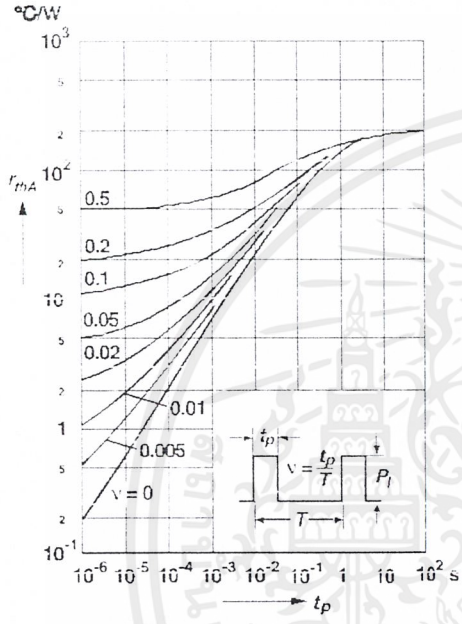


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

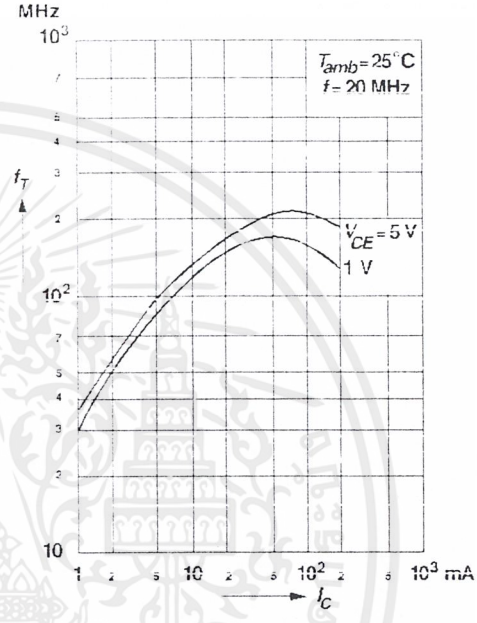
Ratings and Characteristic Curves

Pulse thermal resistance versus pulse duration

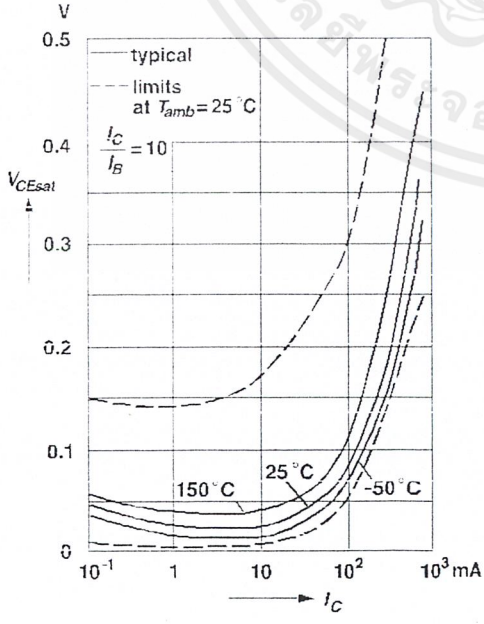
Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case



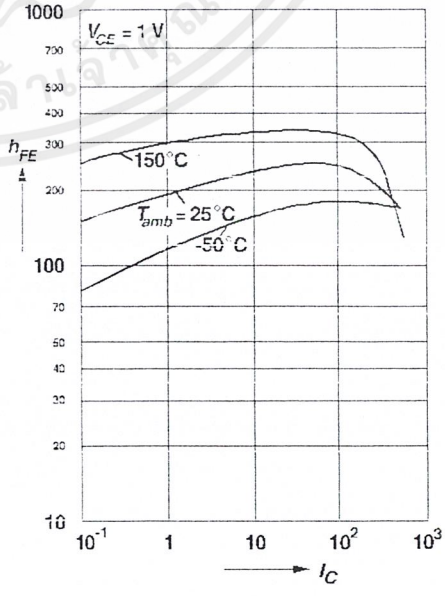
Gain-bandwidth product versus collector current



Collector saturation voltage versus collector current



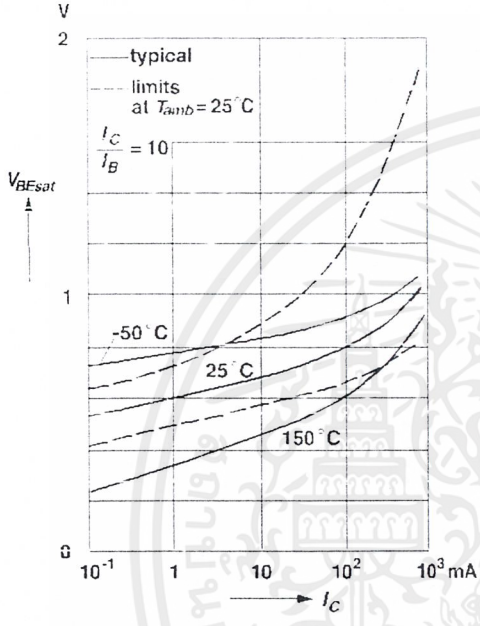
DC current gain versus collector current



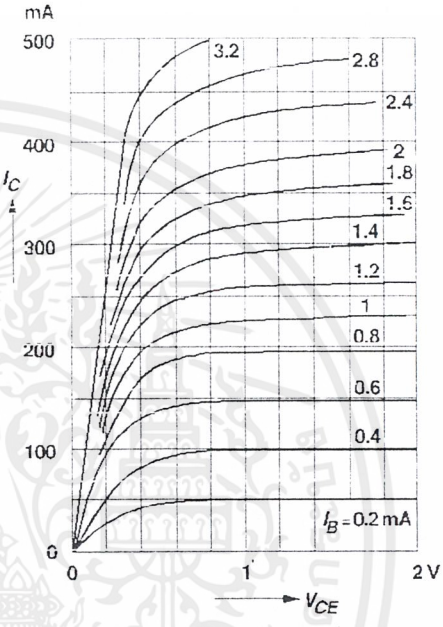
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ratings and Characteristic Curves

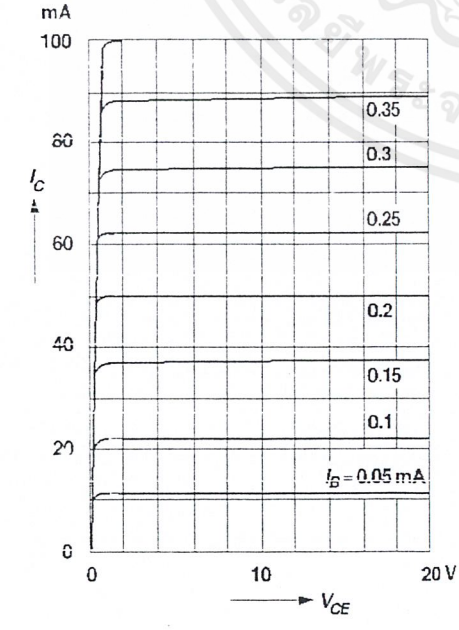
Base saturation voltage versus collector current



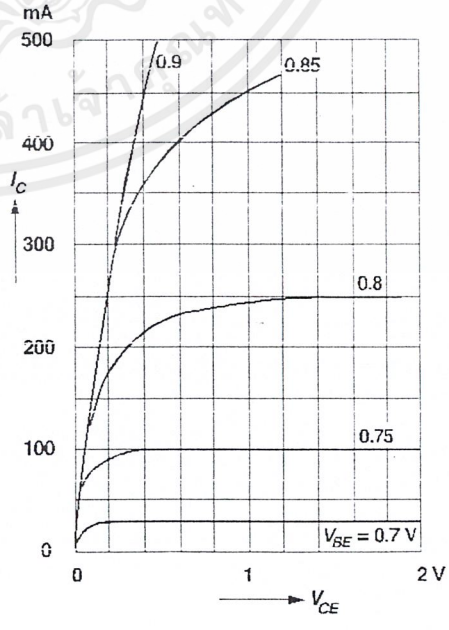
Common emitter collector characteristics



Common emitter collector characteristics



Common emitter collector characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1988
Revised March 2000

DM74LS47
BCD to 7-Segment Decoder/Driver with Open-Collector Outputs

General Description

The DM74LS47 accepts four lines of BCD (8421) input data, generates their complements internally and decodes the data with seven AND/OR gates having open-collector outputs to drive indicator segments directly. Each segment output is guaranteed to sink 24 mA in the ON (LOW) state and withstand 15V in the OFF (HIGH) state with a maximum leakage current of 250 µA. Auxiliary inputs provided blanking, lamp test and cascadable zero-suppression functions.

Features

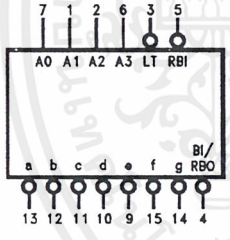
- Open-collector outputs
- Drive indicator segments directly
- Cascadable zero-suppression capability
- Lamp test input

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS47M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS47N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

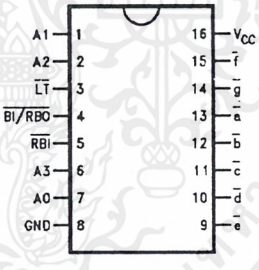
Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Logic Symbol



V_{CC} = Pin 16
GND = Pin 8

Connection Diagram



Pin Descriptions

Pin Names	Description
A0–A3	BCD Inputs
$\overline{RBI}$	Ripple Blanking Input (Active LOW)
$\overline{LT}$	Lamp Test Input (Active LOW)
$\overline{BI/RBO}$	Blanking Input (Active LOW) or Ripple Blanking Output (Active LOW)
$\overline{a}$ –$\overline{g}$	Segment Outputs (Active LOW) (Note 1)

Note 1: OC—Open Collector

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Truth Table

Decimal or Function	Inputs							Outputs							Note
	$\overline{LT}$	$\overline{RBI}$	A3	A2	A1	A0	$\overline{BI/RBO}$	$\overline{a}$	$\overline{b}$	$\overline{c}$	$\overline{d}$	$\overline{e}$	$\overline{f}$	$\overline{g}$	
0	H	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	(Note 2)
1	H	X	L	L	L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	(Note 2)
2	H	X	L	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	
3	H	X	L	L	H	H	H	L	L	L	L	H	H	L	
4	H	X	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	
5	H	X	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	L	
6	H	X	L	H	H	L	H	H	H	L	L	L	L	L	
7	H	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	
8	H	X	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
9	H	X	H	L	L	H	H	L	L	L	H	H	L	L	
10	H	X	H	L	H	L	H	H	H	H	L	L	H	L	
11	H	X	H	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	L	
12	H	X	H	H	L	L	H	H	L	H	H	H	L	L	
13	H	X	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	
14	H	X	H	H	H	L	H	H	H	H	L	L	L	L	
15	H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
$\overline{BI}$	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	(Note 3)
$\overline{RBI}$	H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	(Note 4)
$\overline{LT}$	L	X	X	X	X	X	H	L	L	L	L	L	L	L	(Note 5)

Note 2: $\overline{BI/RBO}$ is wire-AND logic serving as blanking input ($\overline{BI}$) and/or ripple-blanking output ($\overline{RBO}$). The blanking out ($\overline{BI}$) must be open or held at a HIGH level when output functions 0 through 15 are desired, and ripple-blanking input ($\overline{RBI}$) must be open or at a HIGH level if blanking or a decimal 0 is not desired. X = input may be HIGH or LOW.

Note 3: When a LOW level is applied to the blanking input (forced condition) all segment outputs go to a HIGH level regardless of the state of any other input condition.

Note 4: When ripple-blanking input ($\overline{RBI}$) and inputs A0, A1, A2 and A3 are LOW level, with the lamp test input at HIGH level, all segment outputs go to a HIGH level and the ripple-blanking output ($\overline{RBO}$) goes to a LOW level (response condition).

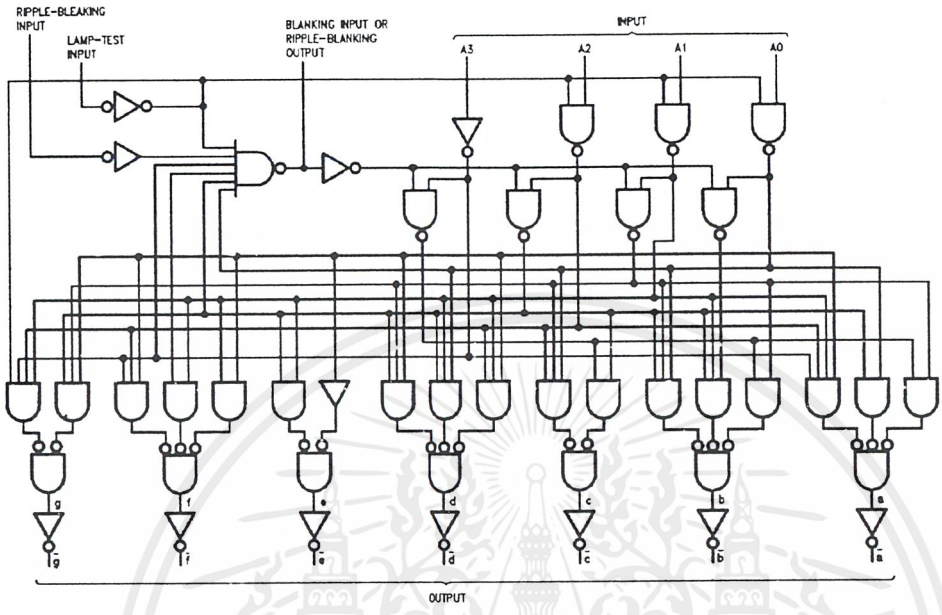
Note 5: When the blanking input/ripple-blanking output ($\overline{BI/RBO}$) is OPEN or held at a HIGH level, and a LOW level is applied to lamp test input, all segment outputs go to a LOW level.

Functional Description

The DM74LS47 decodes the input data in the pattern indicated in the Truth Table and the segment identification illustration. If the input data is decimal zero, a LOW signal applied to the $\overline{RBI}$ blanks the display and causes a multi-digit display. For example, by grounding the $\overline{RBI}$ of the highest order decoder and connecting its $\overline{BI/RBO}$ to $\overline{RBI}$ of the next lowest order decoder, etc., leading zeros will be suppressed. Similarly, by grounding $\overline{RBI}$ of the lowest order decoder and connecting its $\overline{BI/RBO}$ to $\overline{RBI}$ of the next highest order decoder, etc., trailing zeros will be suppressed. Leading and trailing zeros can be suppressed simultaneously by using external gates, i.e.: by driving $\overline{RBI}$ of a intermediate decoder from an OR gate whose inputs are $\overline{BI/RBO}$ of the next highest and lowest order decoders. $\overline{BI/RBO}$ also serves as an unconditional blanking input. The internal NAND gate that generates the $\overline{RBO}$ signal has a resistive pull-up, as opposed to a totem pole, and thus $\overline{BI/RBO}$ can be forced LOW by external means, using wired-collector logic. A LOW signal thus applied to $\overline{BI/RBO}$ turns off all segment outputs. This blanking feature can be used to control display intensity by varying the duty cycle of the blanking signal. A LOW signal applied to $\overline{LT}$ turns on all segment outputs, provided that $\overline{BI/RBO}$ is not forced LOW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Diagram



Numerical Designations—Resultant Displays



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 6)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 6: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current $\overline{a} - \overline{g}$ @ 15V = V_{OH} (Note 7)			−250	µA
I_{OH}	HIGH Level Output Current $\overline{BI}/\overline{RBO}$			−50	µA
I_{OL}	LOW Level Output Current			24	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Note 7: OFF-State at $\overline{a}$–$\overline{g}$.

Electrical Characteristics

Over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 8)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −18 mA			−1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IL} = Max, $\overline{BI}/\overline{RBO}$	2.7	3.4		V
I_{OFF}	Output HIGH Current Segment Outputs	V_{CC} = 5.5V, V_O = 15V $\overline{a} - \overline{g}$			250	µA
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IH} = Min, $\overline{a} - \overline{g}$		0.35	0.5	V
		I_{OL} = 3.2 mA, $\overline{BI}/\overline{RBO}$			0.5	
		I_{OL} = 12 mA, $\overline{a} - \overline{g}$		0.25	0.4	
		I_{OL} = 1.6 mA, $\overline{BI}/\overline{RBO}$			0.4	
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 7V			100	µA
		V_{CC} = Max, V_I = 10V				
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.7V			20	µA
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 9), I_{OS} at $\overline{BI}/\overline{RBO}$	−0.3		−2.0	mA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max			13	mA

Note 8: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 9: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics

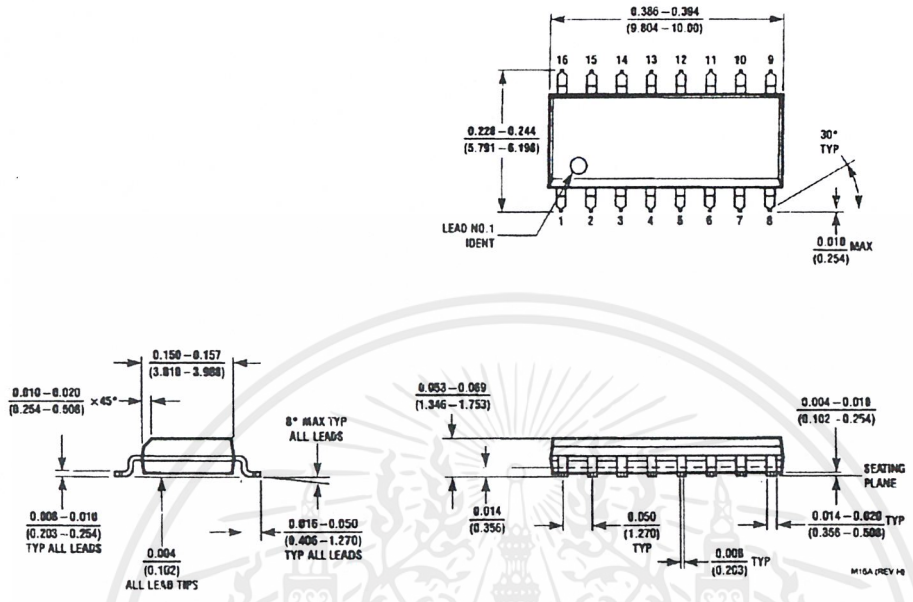
at V_{CC} = +5.0V, T_A = +25°C

Symbol	Parameter	Conditions	R_L = 665Ω, C_L = 15 pF Min	R_L = 665Ω, C_L = 15 pF Max	Units
t_{PLH}	Propagation Delay An to $\overline{a} - \overline{g}$			100	ns
t_{PHL}				100	
t_{PLH}	Propagation Delay $\overline{RBI}$ to $\overline{a} - \overline{g}$ (Note 10)			100	ns
t_{PHL}				100	

Note 10: $\overline{LT}$ = HIGH, A0–A3 = LOW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

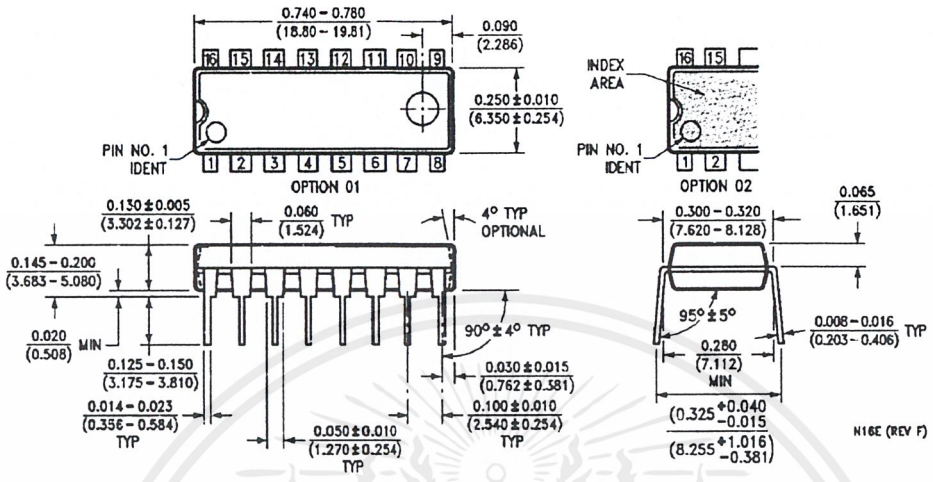
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
Package Number M16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
Package Number N16E

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

SN54/74LS240
SN54/74LS241
SN54/74LS244

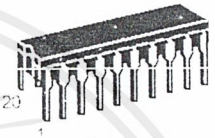
OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS

The SN54/74LS240, 241 and 244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

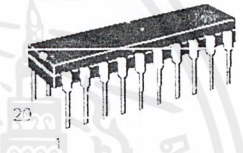
- Hysteresis at Inputs to Improve Noise Margins
- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

OCTAL BUFFER/LINE DRIVER
WITH 3-STATE OUTPUTS

LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 732-03



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 738-03



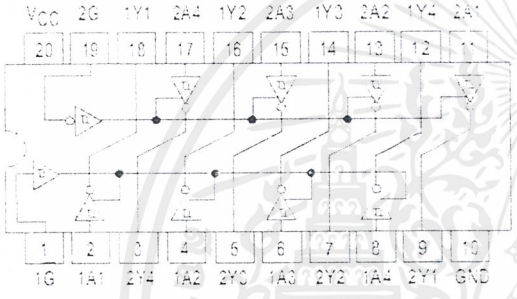
DW SUFFIX
SOIC
CASE 751D-03

ORDERING INFORMATION

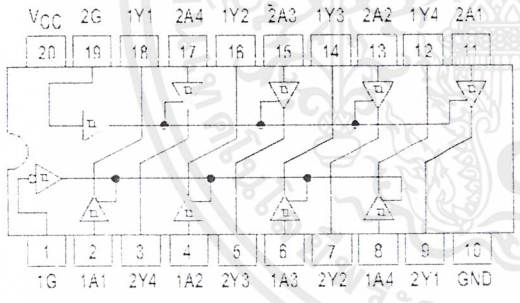
SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXDW	SOIC

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)

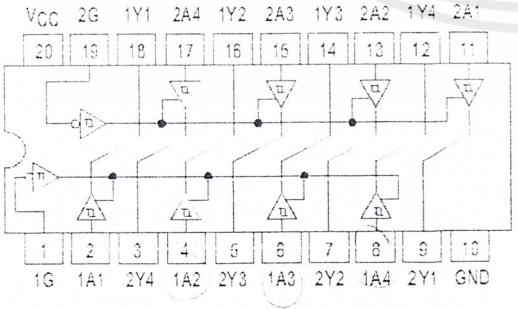
SN54/74LS240



SN54/74LS241



SN54/74LS244



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLES

SN54/74LS240

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	H
L	H	L
H	X	(Z)

SN54/74LS244

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	(Z)

SN54/74LS241

INPUTS		OUTPUT	INPUTS		OUTPUT
1G	D		2G	D	
L	L	L	H	L	L
L	H	H	H	H	H
H	X	(Z)	L	X	(Z)

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial
Z = HIGH Impedance

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	−55 0	25 25	125 70	°C
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−3.0	mA
		54 74			−12 −15	mA
I_{OL}	Output Current — Low	54 74			12 24	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
$V_{T+}-V_{T-}$	Hysteresis		0.2	0.4		V	V_{CC} = MIN	
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54, 74	2.4	3.4		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = −3.0 mA	
		54, 74	2.0			V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX	
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I_{OL} = 12 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	I_{OL} = 24 mA	
I_{OZH}	Output Off Current HIGH				20	μA	V_{CC} = MAX, V_{OUT} = 2.7 V	
I_{OZL}	Output Off Current LOW				−20	μA	V_{CC} = MAX, V_{OUT} = 0.4 V	
I_{IH}	Input HIGH Current				20	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
					0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current				−0.2	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Output Short Circuit Current (Note 1)		−40		−225	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH				27	mA	V_{CC} = MAX	
	Total, Output LOW	LS240			44			
		LS241/244			46			
	Total at HIGH Z	LS240			50			
		LS241/244			54			

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS240		9.0 12	14 18	ns	C_L = 45 pF, R_L = 667 Ω
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS241/244		12 12	18 18	ns	
t_{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level		15	23	ns	
t_{PZL}	Output Enable Time to LOW Level		20	30	ns	
t_{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level		15	25	ns	C_L = 5.0 pF, R_L = 667 Ω
t_{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level		10	16	ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS

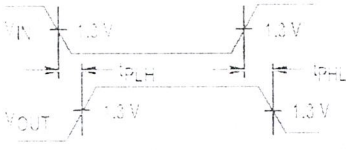


Figure 1

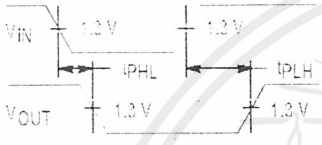


Figure 2

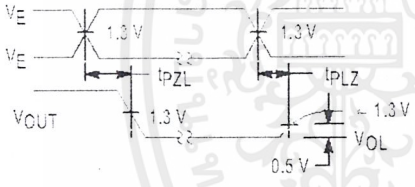


Figure 3

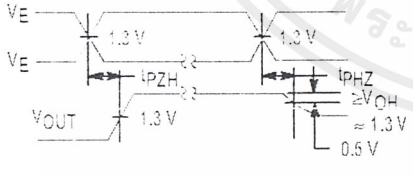
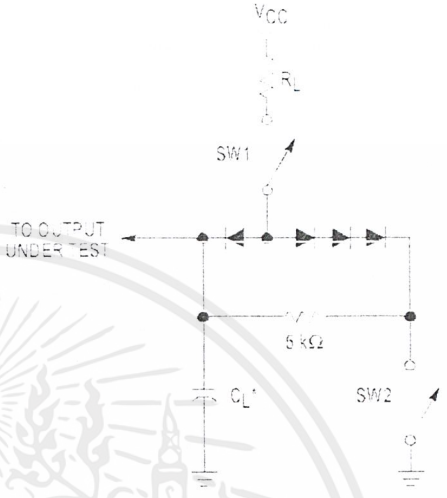


Figure 4



SWITCH POSITIONS

SYMBOL	SW1	SW2
tPZH	Open	Closed
tPZL	Closed	Open
tPLZ	Closed	Closed
tPHZ	Closed	Closed

Figure 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานและรายงานประกอบโครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้รับการแนะนำและสั่งสอนมาจาก อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ อีกทั้งได้รับคำแนะนำ การแก้ปัญหา การระดมพลังทางความคิดจากเพื่อน ๆ ที่ร่วมทำงานมาด้วยกัน ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในความสำเร็จครั้งนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

Takashi Kenjo, stepping motor and their microprocessor control, oxford science publication,1986

B.L. Theraja, A.K. Theraja, a text book of electrical technology, publication division of nirja construction & development co.,ltd, 1994

วันสุระ ศรีใสดี, ประยุกต์ใช้อินเตอร์เฟส ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคปฏิบัติ, บริษัทสำนักพิมพ์ดวงกมล (2520) จำกัด, 1999

รส สมยศ จุณณะปิยะ, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541

สมศักดิ์ กีรติวุฒเศรษฐ์, หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้