

เครื่องกวนสารเคมี
CHEMICAL MIXING



นายชาญวิทย์ ลาสูนนท์
นายวุฒิไกร โคตรพันธ์
นายศักดิ์ชัย เชาว์เปี่ยมจิตต์

พ.ศ.
พ.ค.
๒๕๖๖

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...50423...
วัน,เดือน,ปี...13 พ.ค. 2547

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

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2545
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHEMICAL MIXING

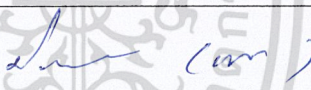


**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ **2002** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

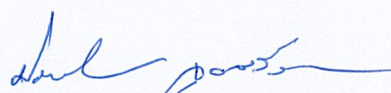
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องกวนสารเคมี
CHAMICAL MIXING
ผู้จัดทำ นายชาญวิทย์ ลาสุนนท์ รหัสประจำตัว 43015508
นายวุฒิไกร โคตรพันธ์ รหัสประจำตัว 43015536
นายศักดิ์ชัย เชาวเปี่ยมจิตต์ รหัสประจำตัว 43015537
ปริญญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ. สุพรรณ กุลพาณิชย์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2546
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

เครื่องกวนสารเคมี

CHEMICAL MIXING

ผู้จัดทำ

นายชาณวิทย์ ลาสุนนท์

นายวุฒิไกร โคตรพันธ์

นายศักดิ์ชัย เชาว์เปี่ยมจิตต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.สุพรรณ กุลพาณิชย์

ปีการศึกษา

2545

บทคัดย่อ

ในห้องทดลองเคมีจะต้องมีการผสมสารเคมี ซึ่งบางครั้งก็ต้องการปริมาตรของสารละลายที่มีความเที่ยงตรงสูง โครงการนี้จึงเป็นการออกแบบและทำการสร้างอุปกรณ์ในการกวนสารเคมีโดยจะมีสองส่วนใหญ่ๆ ซึ่งประกอบด้วยชุดกวนสารเคมีและชุดหยดสารเคมี ในส่วนของชุดกวนสารเคมีจะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำกับแขนกวนสารเคมีให้เข้ากัน ในส่วนของชุดหยดสารเคมีจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมปริมาตรของสารละลาย โดยจะมีแป้นคีย์ตัวป้อนปริมาตรของสารละลาย ซึ่งค่าที่ป้อนจะแสดงผลออกไปยังจอของ LCD และจะมีชุดเซนเซอร์ไว้ตรวจสอบปริมาตรของสารละลายเพื่อความแม่นยำ

เครื่องกวนสารเคมีนี้จะช่วยลดเวลาในการกวนสารเคมีในห้องทดลองให้น้อยลง และยังช่วยในการกำหนดปริมาตรของสารละลายให้แม่นยำและจะเพิ่มความปลอดภัยในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Chemical Mixing
Authors	Mr. Chanwit lasunont Mr. Wuttikai khotpan Mr. Cakchai chaopiamjit
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Supan Kulapanit
Year	2002

ABSTRACT

In chemical laboratory must have to mix chemical. It sometime need volume of accurate chemical. This project design and make chemical tool equipment. It has two parts such as chemical mixing and chemical dropping. Chemical mixing uses stepping motor to control mixing chemical arm. Chemical dropping uses microcontroller to control volume of chemical by using keyboard to take input volume of chemical. The input volume of chemical will display to LCD monitor. Sensor is used to check volume of chemical for accuracy. Chemical mixing helpfully decrease time of mixing and helpfully fix volume of accurate chemical for safety in experiment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริิณณานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจากรองศาสตราจารย์
สุพรรณ กุลพาณิชย์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเพื่ออุปกรณ์และเครื่องมือ
ต่างๆ ที่ใช้ในการทำปริิณณานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่ที่ส่งเสียเลี้ยงดู เอาใจใส่และคอยให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้
ปริิณณานิพนธ์เล่มนี้นั้นสมบูรณ์ในที่สุด

และสุดท้าย ขอขอบพระคุณทุกๆ คนที่มีส่วนร่วมในการทำปริิณณานิพนธ์ในเล่มนี้ แต่มิได้
เอ่ยนาม ขอให้ทุกคนค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริิณณานิพนธ์ฉบับนี้ จะมีแก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII

บทที่ 1	บทนำ.....	1
1.1	แนวความคิดและที่มา.....	1
1.2	วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3	ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1	ชุดกวนสารเคมี.....	3
2.2	ชุดหยดสารเคมี.....	4
2.2.1	กลไกการรีดแบบคั่นตะขาบ.....	4
2.3	โครงสร้างของ MCS 51.....	5
2.3.1	คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51.....	5
2.3.2	โครงสร้างภายในของ 8051.....	5
2.3.3	พอร์ทของ 8051.....	8
2.3.4	การแบ่งประเภทหน่วยความจำ.....	10
2.3.5	หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม.....	11
2.3.6	พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น.....	12
2.3.7	พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม.....	12
2.4	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์.....	15
2.4.1	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์.....	15
2.4.2	โหมดไทม์เมอร์ Up Counter Register (TH _x , TL _x).....	15
2.4.3	โหมดเคาน์เตอร์ Up Counter Register (TH _x , TL _x).....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

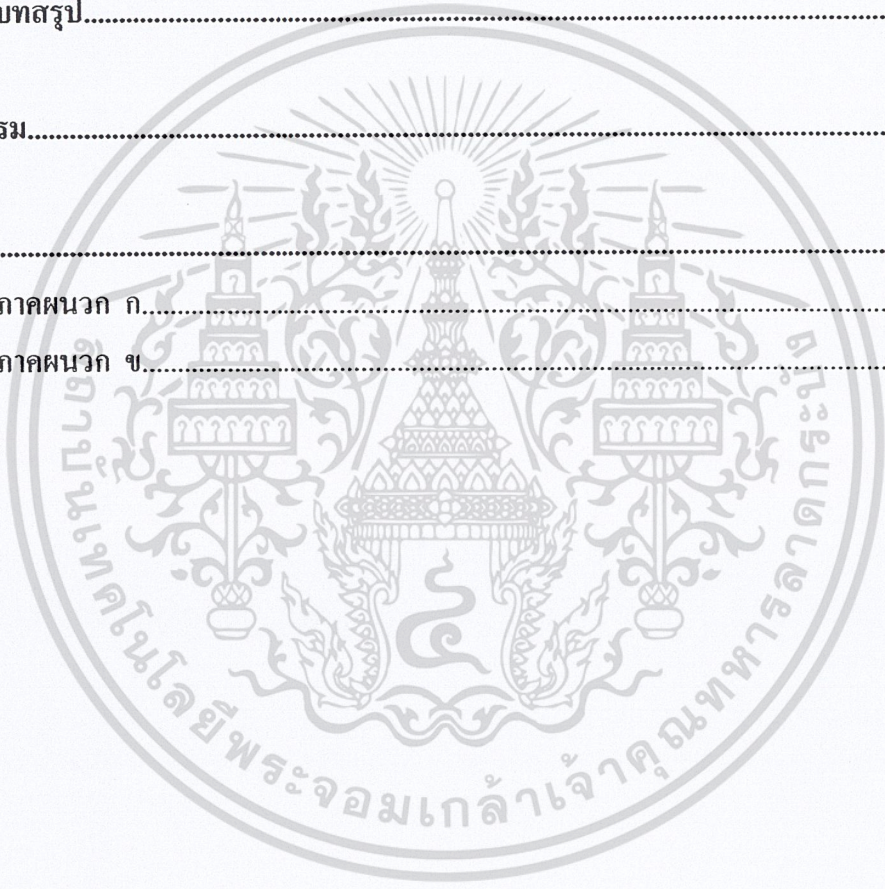
หน้า

2.4.4	โครงสร้างของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์.....	15
2.5	คีย์เพด.....	17
2.6	LED แบบตัวเลข 7 ส่วน (7-Segment).....	17
2.6.1	การขับ LED แบบตัวเลข 7 ส่วน แบบหลักเดียว.....	19
2.6.2	การขับ LED แบบตัวเลข 7 ส่วน แบบมัลติเพล็กซ์.....	19
2.6.3	โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD).....	20
2.6.4	คำสั่งการควบคุมโมดูล LCD.....	23
2.6.5	การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD.....	26
2.7	สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping Motor).....	26
2.7.1	การทำงานของสเต็ปปีงมอเตอร์.....	26
2.7.2	ชนิดของสเต็ปปีงมอเตอร์.....	27
บทที่ 3	การออกแบบ.....	29
3.1	Block diagram.....	29
3.2	วงจรเซนเซอร์ (sensor).....	30
3.3	วงจรคอมพาราเตอร์ (COMPARATOR) และวงจรโมโนสเตเบิล (MONOSTABLE).....	31
3.3.1	การตรวจับการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์.....	32
3.4	ชุดกลไก.....	33
บทที่ 4	การเขียนโปรแกรม.....	35
4.1	การควบคุมมอเตอร์.....	35
4.2	การควบคุมส่วนการแสดงผล.....	35
4.3	การควบคุมคีย์บอร์ด.....	36
4.4	การทำงานของเครื่อง.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การทดลอง.....	44
5.1 การทดลองที่ 1.....	44
5.2 การทดลองที่ 2.....	45
5.3 ภาพแสดงชิ้นงาน.....	46
บทที่ 6 บทสรุป.....	48
บรรณานุกรม.....	49
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก.....	51
ภาคผนวก ข.....	71



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดง Serial Port Control Register.....	10
2.2 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม.....	10
2.3 แสดงชื่อสัญลักษณ์และตำแหน่งต่างๆ ที่มีอยู่ใน Special Function Register.....	14
2.4 แสดงการทำงานของขา RS , R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ.....	22
2.5 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMODE ค่าต่างๆ สำหรับ Counter 1.....	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดควนสารเคมี.....	3
2.2 แสดงกลไกการรีดแบบดินตะขาบ.....	4
2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MCS 51.....	6
2.4 แสดงการจัดวางขาของ 8051.....	7
2.5 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เบอร์ 8051.....	11
2.6 แสดงผังความจำสำหรับ DATA MEMORY เบอร์ 8051.....	11
2.7 แสดง 128 ไบต์ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม.....	13
2.8 แสดงวงจรการต่อสวิทช์แบบต่อเข้าไฟเลี้ยงกับกราวด์และการต่อสวิทช์แบบเมตริก หรือคีย์แพด.....	17
2.9 (a) แสดงรูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน.....	18
2.9 (b) แสดงวงจรภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมและแอโนดร่วม.....	18
2.10 แสดงการจัดขาของLED ตัวเลข 7 ส่วนทั้งแบบเดี่ยวและแบบคู่.....	19
2.11 แสดงไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD.....	21
2.12 แสดงรูปร่างและการจัดขาของโมดูล LCD แบบอักษร.....	22
2.13 แสดงการพันขลวดบนสแต็ปมอเตอร์.....	28
3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM เครื่องควบคุมการหยดสารเคมี.....	29
3.2 แสดงชุดวงจรเซนเซอร์ตรวจจับการหยดของสารเคมี.....	30
3.3 แสดงวงจรเปรียบเทียบแรงดัน.....	31
3.4 แสดงโครงสร้างของกลไกที่ใช้.....	33
4.1 แสดงการต่อไมโครคอนโทรเลอร์ (89C52) กับอุปกรณ์ภายนอก.....	36
4.2 แสดงค่าประจำตำแหน่งต่างๆ ของคีย์.....	37
4.3 แสดงเป็นคีย์ที่ใช้งาน.....	37
4.4 แสดงโฟลชาร์ตขั้นตอนการทำงานของเครื่อง.....	38
4.5 แสดงผลขณะกำหนดค่าต่างๆ.....	39
4.6 แสดงผลขณะทำการปรับอัตราการไหล.....	40
4.7 แสดงโฟลชาร์ตขั้นตอนการปรับเพื่อให้อัตราการไหลเริ่มต้น.....	41
4.8 แสดงขั้นตอนการปรับอัตราการไหล.....	42

เอกสารนี้เป็นต้นฉบับการทำงานในช่วงของการปรับอัตราการไหล (ส่วนของการอินเตอรัพท์).....43
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.1 แสดงสัญญาณหยดน้ำก่อนเข้าอปแอมป์ (Ch 1) สัญญาณหลังเข้าอปแอมป์ (Ch 2).....	44
5.2 แสดงสัญญาณหยดน้ำจากอปแอมป์ (Ch 1) สัญญาณหยดน้ำจาก NE555 (Ch 2).....	45
5.3 แสดงชุดกวนสารเคมี.....	46
5.4 แสดงชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมการหยดสารเคมี.....	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวความคิดและที่มา

เนื่องจากในอดีตเทคโนโลยีด้านเคมีภัณฑ์ของประเทศไทย ยังยังไม่มีความต้องการใช้เท่าใดนักแต่ในปัจจุบันเริ่มมีการพัฒนาและการทำงานด้านเคมีอย่างกว้างขวางทั้งด้านอุตสาหกรรมและทางการแพทย์และห้องทดลองแต่ก็ต้องสั่งซื้ออุปกรณ์และเคมีภัณฑ์จากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูงดังนั้นจึงเกิดแนวความคิดว่าเราอาจจะสามารถที่จะผลิตหรือประกอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองด้านเคมีภัณฑ์ในห้องทดลอง เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการสั่งซื้ออุปกรณ์การทดลองจากต่างประเทศจึงเป็นที่มาของเครื่องกวนสารเคมี

เครื่องกวนสารเคมีใช้หลักการทำงานง่ายๆคือ ใช้แม่เหล็กเหนี่ยวนำแกนกวนให้ผสมสารเคมีแต่ในทางปฏิบัติเมื่อกวนสารเคมีไปนานๆจะทำให้สารเคมีเกิดความเป็นกรดค้างขึ้นซึ่งจะทำให้การทดลองเกิดค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งต้องมีการหยดสารเคมีบางตัวลงไปเพื่อลดค่าผิดพลาดในส่วนนี้จึงนำเครื่องหยดสารเคมีโดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งคำสั่งให้สเต็ปป์มอเตอร์ได้กำหนดการหยดของสารเคมี เพื่อที่จะให้ได้ผลการทดลองใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลี
4. สามารถที่จะออกแบบเครื่องกวนสารเคมีและเครื่องหยดสารเคมีได้
5. เพื่อให้สามารถนำอุปกรณ์ที่ออกแบบใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ในโครงงานนี้ประกอบไปด้วย เครื่องกวนสารเคมี และเครื่องหยดสารเคมี โดยในส่วน of เครื่องกวนสารเคมีสามารถใช้งานได้แล้ว จึงหันมาศึกษาเรื่องของเครื่องหยดสารเคมี โดยเครื่องหยดสารเคมีจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก

โดยเมื่อเราป้อนสัญญาณอินพุตโดยใช้แป้นคีย์เป็นตัวกำหนดหยดที่ต้องการ แล้วเข้าไปยัง

ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งคำสั่งให้สเต็ปป์มอเตอร์หมุนและบีบท่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งสารเคมีให้ได้จำนวนหยดที่ต้องการ โดยจะมีอุปกรณ์ควบคุมอีกครั้งเซ็นเซอร์อีกครั้งเพื่อ
จะตรวจสอบค่าที่ได้ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อจะได้คุณภาพใกล้เคียงที่สุด



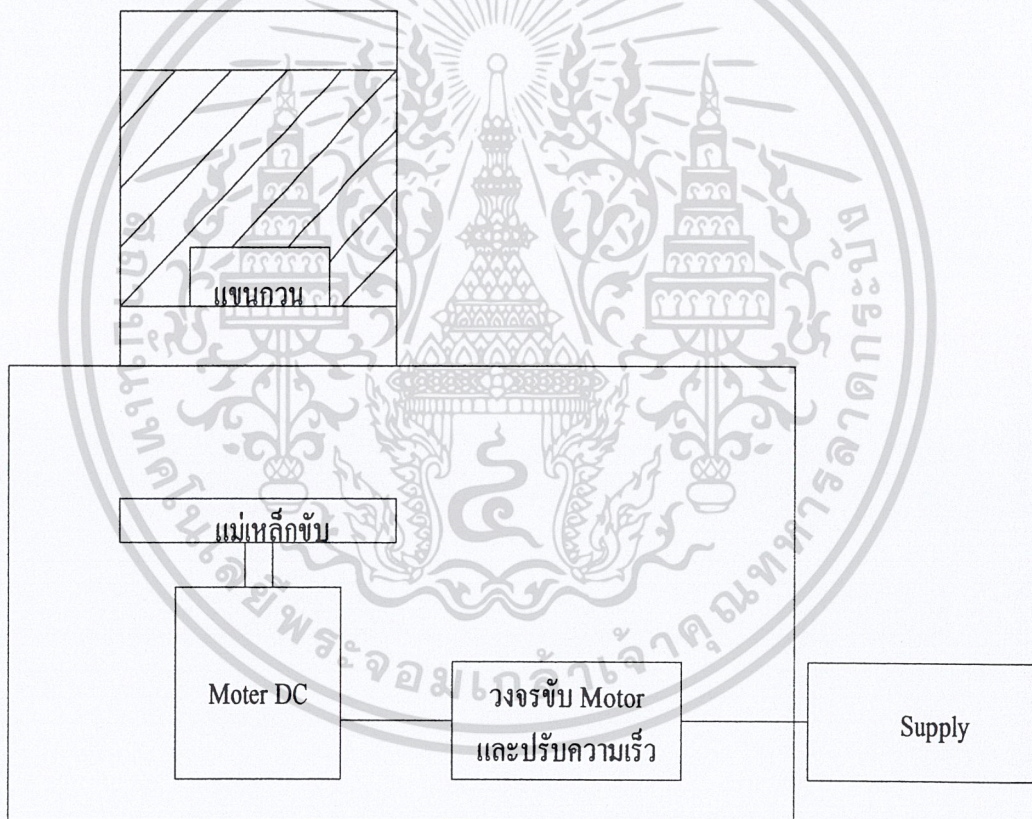
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ชุดกวนสารเคมี

ในชุดกวนสารเคมีใช้หลักการถือการเหนี่ยวนำระหว่างแม่เหล็กในการหมุนแกนกวนของเครื่องกวนสารเคมีโดยจะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับแม่เหล็กให้หมุนจะทำให้แกนกวนที่ทำจากแม่เหล็กเคลือบสารที่ทนการกัดกร่อนสูงและไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายเกิดการเหนี่ยวนำทำให้แกนกวนหมุนตามแม่เหล็กที่ขับโดยมอเตอร์จะทำให้สามารถกวนสารเคมีได้ดังภาพที่ 2.1



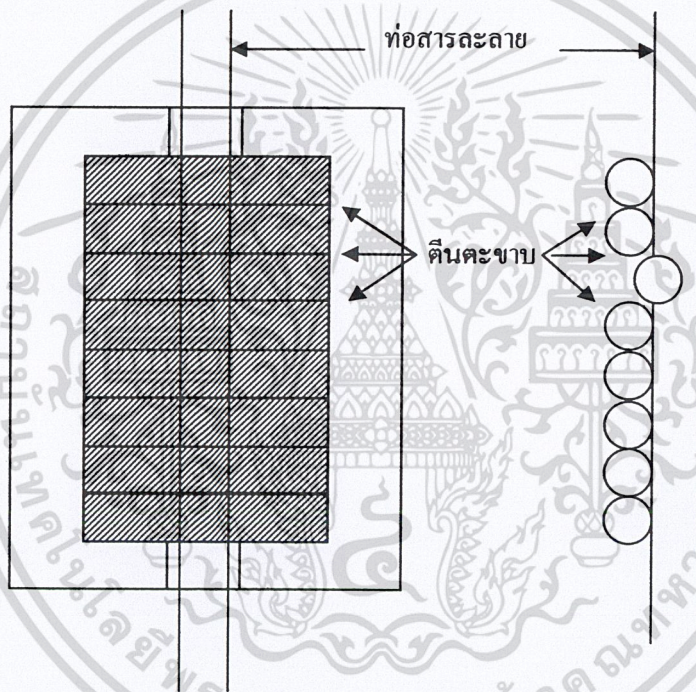
ภาพที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดกวนสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชุดหยดสารละลาย

2.2.1 กลไกการรีดแบบดินตะขาบ

เครื่องควบคุมให้สารละลาย ที่มีชุดการรีดแบบดินตะขาบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากสามารถนำไปใช้งานได้สะดวกที่สุด กลไกแบบดินตะขาบแสดงให้ดูตามตัวอย่างคร่าวๆ ดังภาพที่ 2.1 การทำงานของกลไกแบบนี้ก็คือ ดินตะขาบแต่ละอันที่วางเรียงเป็นหน้ากระดานนั้น จะเคลื่อนตัวออกไปกดทับสายน้ำเกลือในลักษณะที่ผลักดันกดแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีลักษณะ เหมือนกับล้อที่กดทับสายน้ำเกลือ แล้วค่อยๆ เคลื่อนลงมาทำให้เกิดการรีดสารละลายให้ออกมาจากสายที่หยดตามที่เรากำลังต้องการ



ภาพที่ 2.2 แสดงกลไกการรีดแบบดินตะขาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

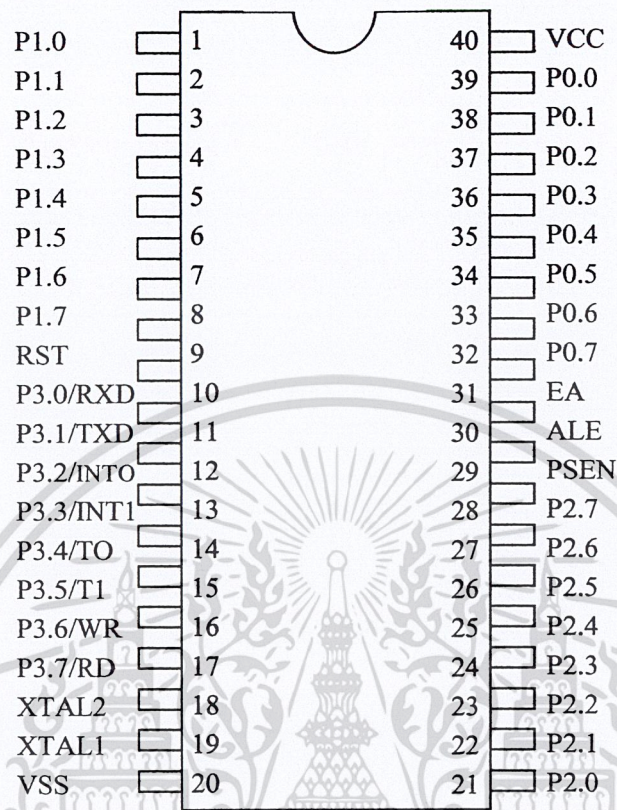
2.3 โครงสร้างของ MCS-51

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุคเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8013 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ เคน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 แบบ Full Duplex เลือกgrupได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

2.3.2 โครงสร้างภายในของ 8051

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS เป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังแสดงในรูป 2.3 และภาพที่ 2.4 แสดงการวางขา 8051



ภาพที่ 2.4 แสดงการจัดวางขาของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่างๆ ดังนี้

- Vcc (ขา 40) ต่อกับ +5V
- Vss (ขา20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) มีโครงสร้างแบบ Open-Drain Bi-directional
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7 – P0.0) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ แอ็คเตสบั๊สและคาส์บั๊สเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำออกหรือเป็นไอโอพอร์ท ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุตพอร์ทต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ทนี้จะมี $\bar{Q}$ ผลให้ ของ D-FF เป็น “0” ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ทแลตช์โดยส่งสัญญาณ READLATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ Read (pin)
- พอร์ต 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงที่สร้างคล้ายพอร์ท 0 แต่จะใช้เวลาต้านทานภายในพูลอัพแทน Internal Pull up Register มีโครงสร้าง
- พอร์ต 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P2.7-P2.0) ซึ่งมีโครงสร้างที่คล้ายพอร์ท 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานที่เป็นพูลอัพแทน (Internal pull up) พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือสามารถใช้เป็นแอ็คเตสบั๊สขนาด 8 บิต (A 15-A8) และเป็นไอโอ พอร์ท ใช้งานทั่วไปเมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ทต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ทนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสถานะ off
- พอร์ต 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P3.7-P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือ เป็นไอโอพอร์ทถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุตพอร์ทต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ทนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไปสัญญาณต่างๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port)	เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
P3.1/TXD (Serial Output Port)	เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
P3.2/ $\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt 0)	ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
P3.3/ $\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt 1)	ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1
P3.4/T0 (Counter 0 External Input)	ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร Counter 0(เป็นอินพุต โหมดเคาน์เตอร์)
P3.5/T1 (Counter 1 External Input)	ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร Counter (เป็นอินพุต โหมดเคาน์เตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.6/ $\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลง
หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/ $\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจาก
หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

- ALE (ขา 30) เป็นขาที่ส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตช์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7-A0) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ต 0) สัญญาณนี้จะแอกทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมกซีนไซเคิล
- $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้ง ในแต่ละแมกซีนไซเคิล แต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกมาที่ขานี้
- $\overline{\text{EA}}$ (ขา 30) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
 ป้อน “0” จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
 ป้อน “1” จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ
- RST (ขา 9) ขารีเซ็ต จะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก “1” เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 แมกซีนไซเคิล
- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตัลภายนอก เป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซีสเลเตอร์ภายใน
- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตัลภายนอก เป็นเอาต์พุตของวงจรรอสซีสเลเตอร์ภายใน

สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูล (Baud Rate) สามารถหาได้จากการหาสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงSerial Port Control Register

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลคกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับส่งข้อมูลในโหมด 2 และโหมด 3 สามารถเซตและเคลียร์ได้โดยซอฟต์แวร์
SCON.2	RB8	9AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา
SCON.1	TI	99H	บิตแฟลคแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไป โดยจะเซตเมื่อส่งข้อมูลออกไปหมดแล้ว และสามารถเคลียร์ได้โดยซอฟต์แวร์
SCON.0	RI	98H	แฟลคแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการรับข้อมูลเข้ามาสามารถเคลียร์ได้โดยซอฟต์แวร์

ตารางที่ 2.2 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม

SM0	SM1	MODE	ความหมาย	Band Rate
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency)
0	1	1	8-Bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์
1	0	2	9-Bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency/12 หรือ/64)
1	1	3	9-Bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์

2.3.4 การแบ่งประเภทหน่วยความจำ

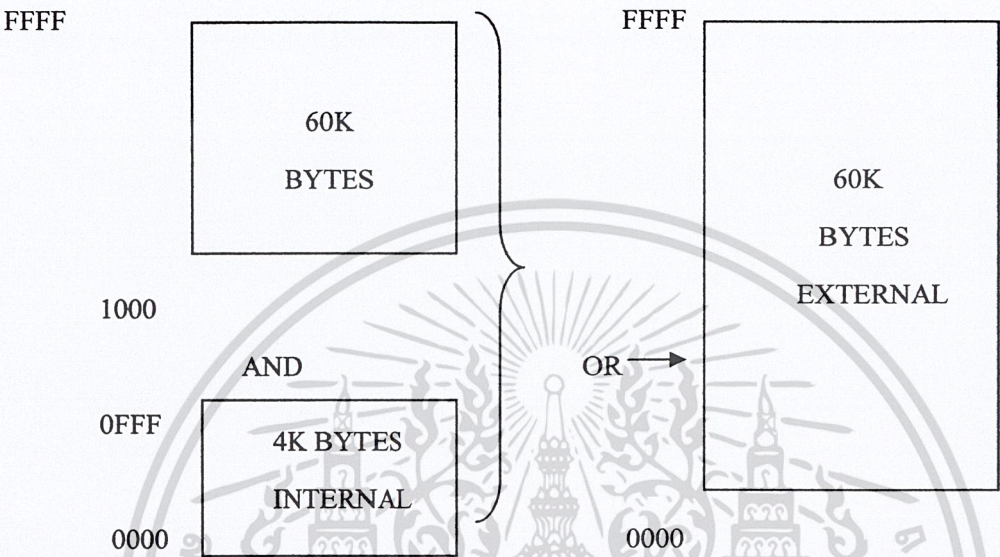
หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

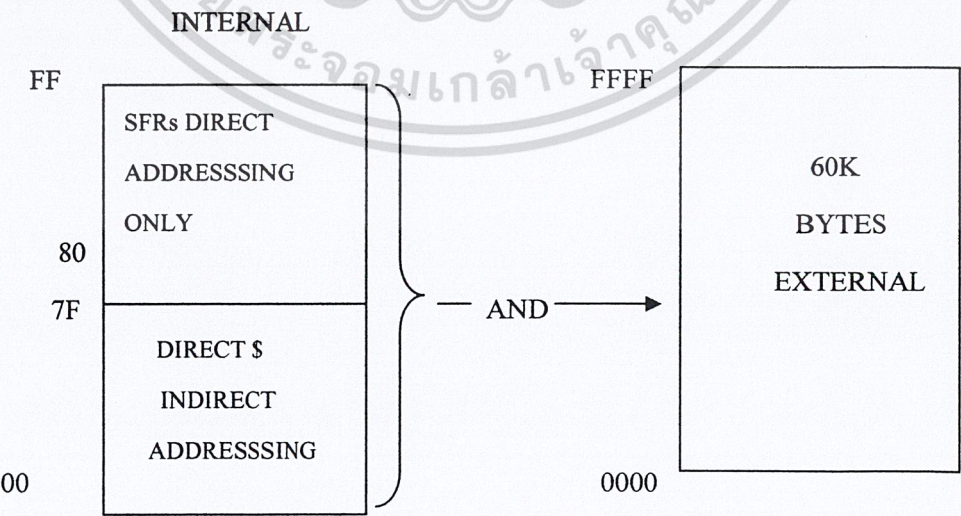
2.3.5 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์



ภาพที่ 2.5 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เบอร์ 8051

Data Memory (RAM) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปแต่ละหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์ ดังแสดงในรูป 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงผังความจำสำหรับ DATA MEMORY เบอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังไม่มีเหตุใดแต่สิ่งเนื้อหา และต้องอยู่ใต้อาณัติของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งอาจจะสงสัยว่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม และค่าตัวมีตำแหน่งที่ซ้อนกันซีพียูจะรู้ได้อย่างไรว่าติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล บริษัทอินเทลได้ออกแบบแยกคำสั่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

MOV ใช้ติดต่อกับ RAM ภายใน

MOVC ใช้ติดต่อ Program Memory

MOVX ใช้ติดต่อ Data Memory ภายนอกชิพโดยระบุตำแหน่งผ่าน DPTR และ PC

ชิพเบอร์ 8052 จะมีพื้นที่บริเวณ 80h-FFh ซึ่งถ้าจะเขียนอ่านข้อมูล ณ บริเวณนี้จะเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น ดังผังหน่วยความจำดังรูป 2.6

2.3.6 พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์ โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอคเคสและ Indirect Address Area ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมถ้าจะติดต่อกับ SFR จะต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

2.3.7 พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม

(Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1. รีจิสเตอร์ แบงค์ (Register Banks 0-3)

ตั้งตำแหน่ง (00-1Fh) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงค์ๆละ 8 ไบต์รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละไบต์จะมีรีจิสเตอร์ R0, R2, R3, R4, R5, R6, R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ตก็จะกลับมาทำงานที่แบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Address Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-7Fh) จำนวน 16 ไบต์ หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิตซึ่งตำแหน่งบิตมีดังนี้ 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 จนถึง 7Fh เช่น

บิต 00 ก็คือ D0 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

บิต 01 ก็คือ D1 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

3. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้น ไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้โปรคระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

BYTE	(MSB)				(LSB)				
7FH	Scratch Pad Area								
30H									
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78	
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70	
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68	
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60	
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58	
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50	
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48	
28H	47	46	45	44	43	42	41	40	
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38	
26H	37	36	35	34	33	32	31	30	
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28	
24H	27	26	25	24	23	22	21	20	
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18	
22H	17	16	15	14	13	12	11	10	
21H	0F	0E	0C	0B	0A	10	09	08	
20H	07	06	05	04	03	02	01	00	
1FH	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 3
18H									
17H	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 2
10H									
0FH	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 1
08H									
07H	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 0
00H									

ภาพที่ 2.7 แสดง 128 ไบต์ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงชื่อสัญลักษณ์และตำแหน่งต่างๆ ที่มีอยู่ใน Special Function Register

SYMBOL	NAME	ADDRESS
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	0B0H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Timer/Counter Mode	89H
*TCON	Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter Control	0C8H
TH0	Timer/Counter 2 Control	8CH
TL0	Timer/Counter 0 High Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 0 Low Byte	8DH
	Timer/Counter 1 High Byte	
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
+TH2	Timer/Counter 2 High Byte	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 Low Byte	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. High Byte	0CBH
+RCAP2L	T/C 2 Capture Reg. Low Byte	0CAH
*SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H
PCON	Power Control	87H

* = Bit addressable

+ = 8052 only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

2.4.1 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

สามารถเลือกให้การทำงานเป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยเลือกที่บิต $C/\bar{T}$ ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD ดังแสดงในภาพ ที่ 2.18 ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์จะใช้ up Counter Register (TH_x , TL_x) ตัวเดียวกันซึ่งเป็นแบบนับขึ้น

2.4.2 ไทม์เมอร์ up Counter Register (TH_x , TL_x)

ไทม์เมอร์จะถูกเพิ่มค่าทุกๆ 1 แมกซ์ซีเคิล (12 คาบเวลาของ CPU osc) ซึ่งโหมคนี้นี้ไม่ต้องป้อนสัญญาณจากภายนอกเข้ามาแต่จะใช้สัญญาณ CPU osc

2.4.3 ไทม์เคาน์เตอร์ up Counter Register (TH_x , TL_x)

เคาน์เตอร์จะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่งเมื่อป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามา 1 ลูกเข้ามาทางขา $T0$ (pin) หรือ $T1$ (pin) อยู่ที่ขา 14 และ 15 ตามลำดับโดยไม่สนใจคาบเวลาของพัลส์แต่ละลูกการตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาทางขา^{นี้}โดยจะตรวจสอบทุก S5P2 ของแต่ละแมกซ์ซีเคิล ดังนั้นการตรวจสอบสัญญาณนาฬิกา 1 ลูกจะต้องใช้ถึง 2 แมกซ์ซีเคิล (1/24 คาบเวลาของ CPU osc)

2.4.4 โครงสร้างของไทม์เมอร์ และ เคาน์เตอร์

ไทม์และเคาน์เตอร์จะมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

- เคาน์เตอร์ แบบนับขึ้น up Counter Register (TH_x , TL_x)
- ส่วนเลือกโหมคไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์เลือกที่บิต $C/\bar{T}$
- ส่วนควบคุมการนับ และหยุดนับ (Start Counter) ควบคุมที่บิต TR_x , GATE และสัญญาณจากภายนอกที่ขา $\overline{INTx}$ (pin)
- ในโหมคเคาน์เตอร์จะรับอินพุต พัลส์จากภายนอกที่ขา Tx pin
- ในโหมคไทม์เมอร์จะรับอินพุตพัลส์จากคล็อกซีฟิยูที่หารด้วย 12 แล้ว
- โหมคเคาน์เตอร์และไทม์เมอร์ใช้เคาน์เตอร์ตัวเดียวกันเป็นแบบนับขึ้น
- $GATE_x$ เป็นบิตเลือกการสตาร์ทไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ x

0 ควบคุมโดย Software (Internal Control)

1 ควบคุมโดย Hardware (External Control โดยการทริกจาก-ภายนอก)

- $C/\bar{T}$ บิตเลือกการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์โดยเลือกดังนี้

ถ้า $C/\bar{T} = 0$ เป็นการเลือกโหมคไทม์เมอร์ (นับจำนวนแมกซ์ซีเคิล)

ถ้า $C/\bar{T} = 1$ เป็นการเลือกโหมคเคาน์เตอร์ (นับจำนวนพัลส์จากภายนอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- M1, M0 เลือกโหมดการทำงานได้ 4 โหมด

M1	M0	โหมด	การทำงาน
0	0	0	13 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์
0	1	1	16 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์
1	0	2	8 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์แบบโพลลซ้ำอัตโนมัติ
1	1	3	8 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์โดยใช้ TLO
1	1	3	8 บิต ไทม์เมอร์โดยใช้ TH0

- Timer/Counter Control Register (TCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (088H)

บิต TF1 แฟล็กส์แสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 จะเซ็ทค่า เมื่อค่าของไทม์เมอร์ 1 โอเวอร์โฟลว์และจะถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายการทำงานไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์หรือใช้คำสั่ง CLR TF1

บิต TR1 บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม
 1 ไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ
 0 ไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน
 (กรณีนี้ต้องเซ็ทหรือรีเซ็ทบิต GATE1 ใน TMOD ก่อน)

บิต TF0 แฟล็กส์แสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 0 ถูกเซ็ทค่า เมื่อค่าของไทม์เมอร์ 0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ เช่นเดียวกันกับ TF1

บิต TR0 เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทม์เมอร์ 0

บิต IE1 แฟล็กส์แสดงการเกิดสัญญาณการเกิดอินเตอร์รัปต์ภายนอก หมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา $\overline{\text{INT}} 0$ และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์

บิต IT1 แฟล็กส์เลือกประเภทของการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นที่ขา $\overline{\text{INT}} 1$ โดย

1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับแบบขอบขาลงที่ขา $\overline{\text{INT}} 1$

0 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา $\overline{\text{INT}} 1$

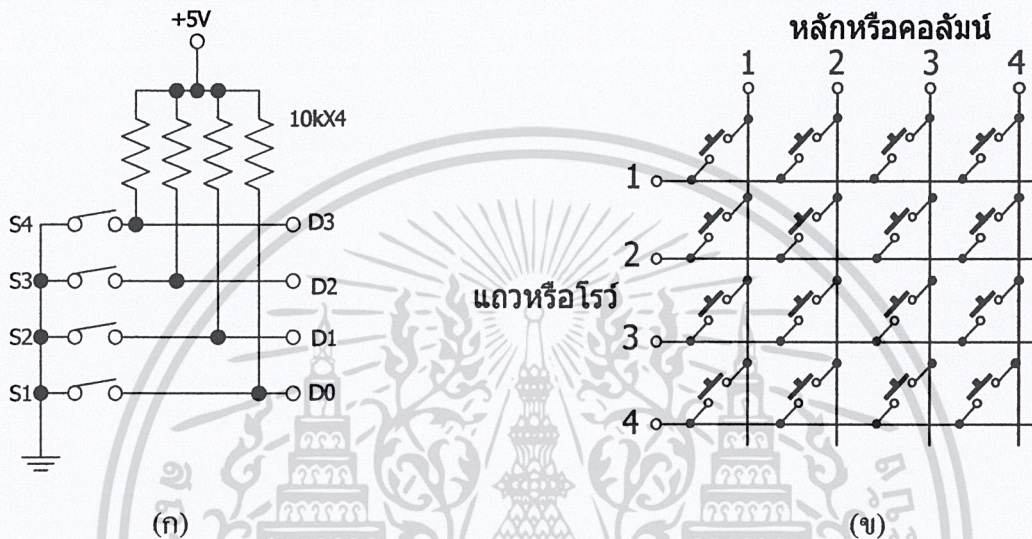
บิต IE0 แฟล็กส์แสดงการเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก หมายเลข 0 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา $\overline{\text{INT}} 1$ และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรม ส่วนบริการอินเตอร์รัปต์

บิต IT0 เช่นเดียวกันกับ IT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คีย์แพด

การอ่านค่าหรือการกด สวิตช์จะมีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือ กราวด์โดยตรง เมื่อสวิตช์ตัวใดต่อวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง ดังภาพที่ 2.39(ก) วงจรในลักษณะนี้ จะไม่มีความซับซ้อน สามารถอ่านค่าได้ง่ายและรวดเร็ว แต่ข้อเสียก็คือ ถ้าหากสวิตช์มีจำนวนมาก ทำให้จำนวนของสายข้อมูลจะมีมากตามไปด้วยทำให้ระบบและวงจรมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง



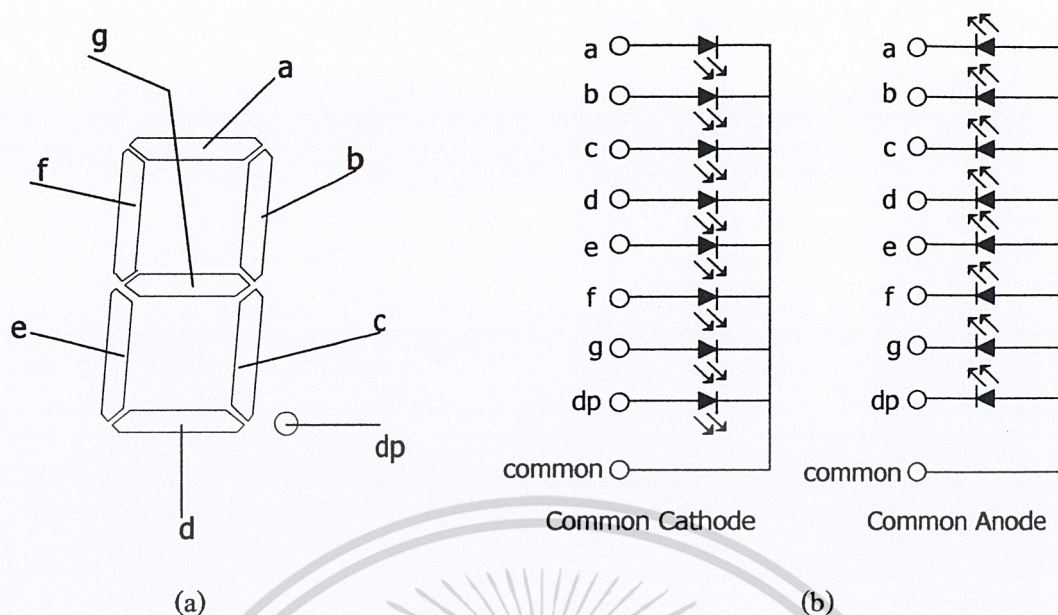
ภาพที่ 2.8 แสดงวงจรการต่อสวิตช์แบบต่อเข้าไฟเลี้ยงกับกราวด์และการต่อสวิตช์แบบเมตริกหรือคีย์แพด

ในภาพที่ 2.8(ข) วงจรแผงสวิตช์อีกลักษณะหนึ่งคือ การต่อวงจรแบบเมตริกซ์ (matrix switch) จะถูกต่อกันทั้งในแนวตั้งและแนวนอน จะเรียกแนวตั้งว่า หลักหรือ คอลัมน์ (column) แนวนอนจะเรียกว่าแถวหรือ (row) ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วยตำแหน่งที่แน่นอน สวิตช์แบบนี้จะมีข้อดีคือสามารถรองรับการเพิ่มของสวิตช์ได้อย่างสะดวก เพียงทำการแก้ไขซอฟต์แวร์เล็กน้อยเท่านั้น ทำให้เป็นที่นิยมใช้กันมากในระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ ที่มีจำนวนสวิตช์มากกว่า 8 ตัว ในการใช้งานทั่วไปจะเรียกว่า คีย์แพด

2.6 LED แบบ ตัวเลข 7 ส่วน (7-Segment)

LED ตัวเลข 7 ส่วนประกอบขึ้นจาก LED จำนวน 7 ตัวที่บรรจุอยู่ในตัวถังเดียวกันและได้รับการจัดเรียงเป็นรูปตัวเลข LED แต่ละตัวจะถูกเรียกว่า ส่วน หรือ เซกเมนต์ (Segment) แต่ละส่วนหรือเรียกว่า เซกเมนต์มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามตำแหน่งที่ได้รับการจัดวางคือ a,b,c,d,e,f และ g ดังแสดงในภาพที่ 2.40 ส่วน db เป็น LED อีก 1 ตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วนนี้ใช้

เป็นตัวแสดงจุดทศนิยมในกรณีที่มีการแสดงผลในลักษณะเลขที่มีทศนิยมให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณหรือการแสดงผลอื่น ๆ ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณหรือการแสดงผลอื่น ๆ ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณหรือการแสดงผลอื่น ๆ ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้



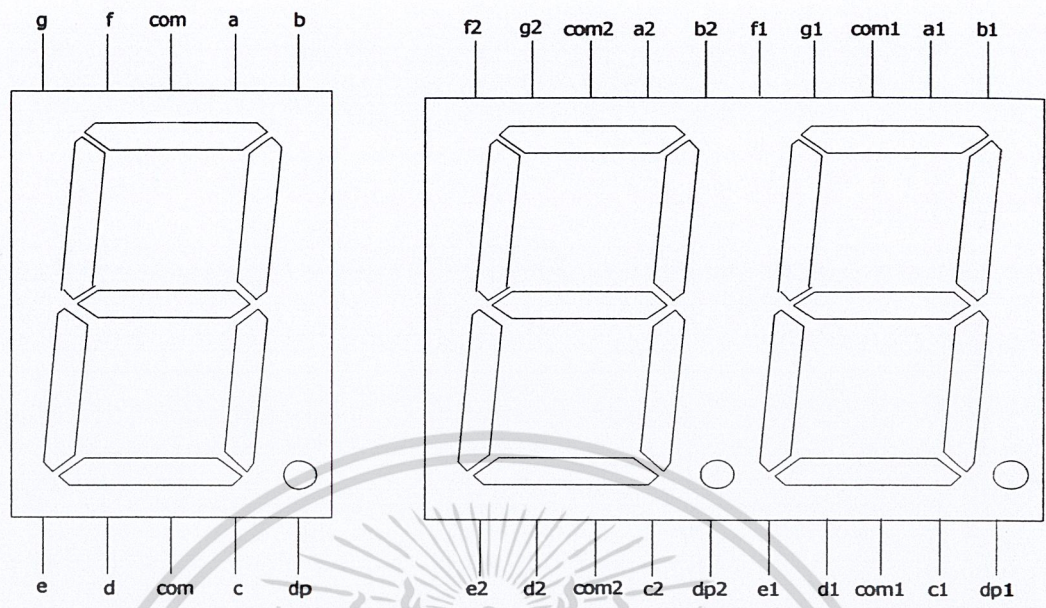
ภาพที่ 2.9 (a) แสดงรูปร่างและการกำหนดชื่อเชกเมนต์ต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน

(b) แสดงวงจรภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมและแอนโอดร่วม

LED ทุกตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วน นี้มีขาต่อร่วมกัน ซึ่งก็มีทั้งแบบต่อขาแคโทดร่วมกันเรียกว่าแบบแคโทดร่วม (Common cathode) และแบบต่อขาแอนโอดร่วมกันเรียกว่าแบบแอนโอดร่วม (common anode) การขับให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมสว่างจะต้องจ่ายไฟลบเข้าที่ขาพร้อม แล้วจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาแอนโอด ซึ่งก็คือขาของแต่ละเชกเมนต์นั่นเอง ดังแสดง ในภาพที่ 2.10 ในขณะที่ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแอนโอดร่วมจะต้องจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาพร้อม แล้วจ่ายไฟลบเข้าที่ขาแคโทด ซึ่งเป็นขาของแต่ละเชกเมนต์ ดังแสดงในภาพที่ 2.10(b)

LED ตัวเลข 7 ส่วนมีจำหน่ายทั้งแบบตัวเดี่ยว, ตัวคู่ และแบบที่มีมากกว่า 2 หลัก แต่ที่นิยมใช้งานและส่วนแบบตัวเดี่ยวนั้นมีขาต่อใช้งานและหาได้ง่ายมี 2 แบบคือ แบบตัวเดี่ยวและแบบตัวคู่ โดยมีการจัดขาดังในภาพที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวเดี่ยวมีขาต่อใช้งาน 10 ขา คือขา a, b, c, d, e, f, g, dp และขาพร้อม (Common) ซึ่งมี 2 ขา ถ้าเป็น LED 7 ส่วนแบบตัวคู่จะมีขาต่อใช้งาน 20 ขา แบ่งขาเป็นขา a, b, c, d, e, f, g, dp และขาพร้อม (Common) ซึ่งมี 2 ขา รวม 16 ขา และขาพร้อมอีกหลักละ 2 ขา การต่อขาพร้อมของแต่ละหลักทั้ง 2 ขานั้น สามารถต่อใช้งานเพียงขาเดียวได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วน ขาพร้อมนี้ต่อถึงกันอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แสดงการจัดขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วนทั้งแบบตัวเดี่ยวและตัวคู่

2.6.1 การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ควรนำมาขับ LED 7 ส่วนโดยตรงเนื่องจากความสามารถในการจ่ายกระแสเอาต์พุตรวมไม่สูงมากนักจึงต้องอาศัยไอซีบัฟเฟอร์มาช่วยในการขับ LED และที่เอาต์พุตของไอซีบัฟเฟอร์ที่ต่อกับ LED ตัวเลข 7 ส่วนต้องมีตัวต้านทานจำกัดกระแสให้แก่ LED และในทุกเชกเมนต์ การกำหนดให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแสดง ข้อมูลเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์ใดๆ ก็ตามต้องมีการกำหนดรูปแบบการแสดงผลของเชกเมนต์ต่างๆ ด้วยข้อมูลแต่ละบิตของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วใช้วิธีการเปิดตารางหรือ Look up table

2.6.2 การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

ในกรณีที่ต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ขับตัวเลข 7 ส่วนมากกว่า 1 หลัก จะต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่า การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) อันเป็นวิธีการขับให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนสว่างทีละหลักด้วยอัตราเร็วที่ตาของมนุษย์ไม่สามารถตรวจจับได้ทัน จึงดูเหมือนว่า LED ตัวเลข 7 ส่วนทุกหลักติดสว่างในเวลาเดียวกัน การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์นี้มีประโยชน์หลายประการดังนี้

- 1. ช่วยลดพลังงานที่ไฟฟ้าที่ใช้ ทำให้ขนาดของแหล่งจ่ายไฟลดลง ขนาดของระบบโดยรวมเล็กลงด้วย

เอกสารนี้เป็น 2. ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนได้มากกว่า 1 หลักโดยที่ไม่ใช้จำนวนพอร์ต์เพิ่มเติมเฉพาะการติดต่อกับขาคอมมอนเท่านั้น

3. ลดจำนวนตัวด้านทานที่ใช้ในการจำกัดกระแสของ LED ตัวเลข 7 ส่วนในแต่ละเซกเมนต์ยกตัวอย่าง LED ตัวเลข 7 ส่วน หนึ่งหลักต้องใช้ตัวด้านทานจำกัดกระแส 8 ตัวถ้าหากขับ LED ตัวเลข 7 ส่วน 4 หลักโดยตรง ต้องใช้ตัวด้านทานมากถึง 32 ตัว ในขณะที่หากใช้การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ยังคงใช้งานตัวด้านทานจำกัดกระแสให้ LED ในแต่ละเซกเมนต์เพียง 8 ตัว ไม่ว่าจะขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนกี่หลักก็ตาม

การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์จะทำการต่อขาแต่ละเซกเมนต์ร่วมกันคือ เซกเมนต์ a ของทุกหลักจะต่อถึงกันไล่เรียงไปจนถึงเซกเมนต์ g ในบางงานที่ต้องใช้จุด dp ก็ต้องต่อขาของจุด dp ร่วมกันด้วยการควบคุมให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักใดสว่าง ทำได้โดยการจ่ายไฟเข้าที่ขาาร่วมของ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักนั้นๆ ยกตัวอย่างหาก LED ตัวเลข 7 ส่วนที่ใช้เป็นแบบแคโทดรวม หากต้องการให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักที่ 3 ติด ก็ให้ต่อขาาร่วมของหลักที่ 3 ลงกราวด์หรือจ่ายไฟลบ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักที่ 3 ก็จะติดตามข้อมูลที่ส่งเข้ามาของแต่ละเซกเมนต์

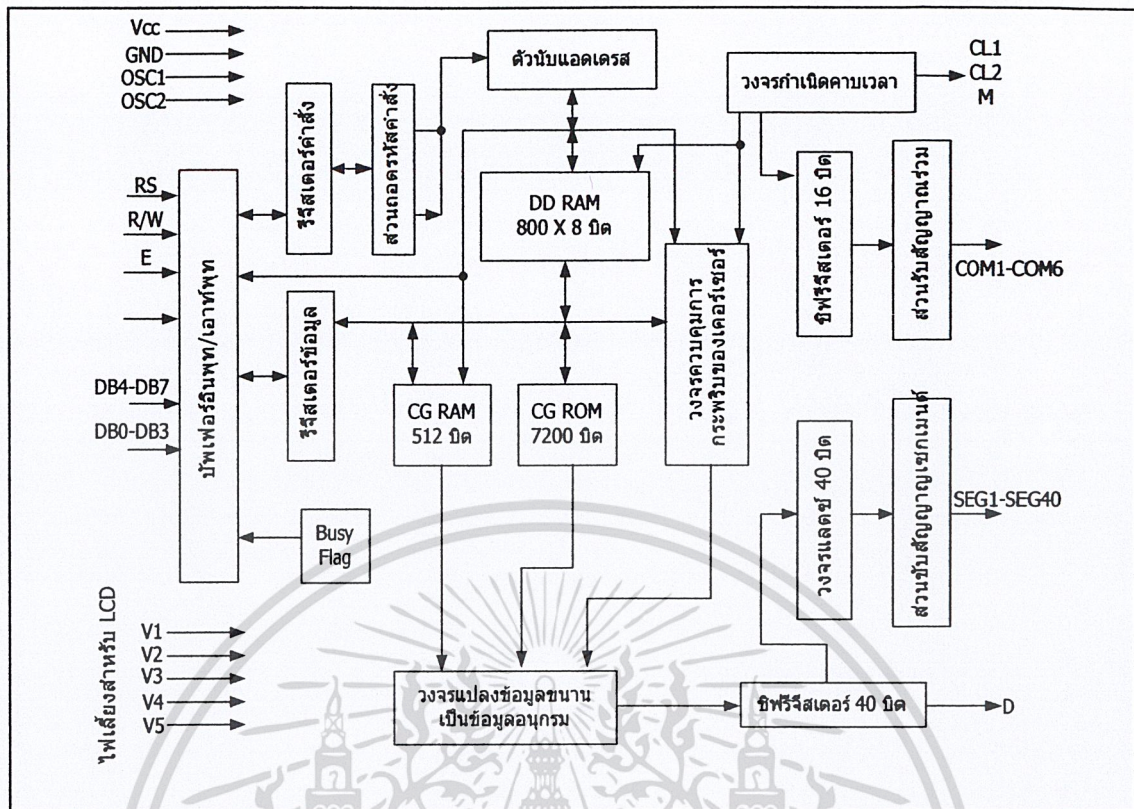
2.6.3 โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว(LCD)

ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วนคือ

1. ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็น โดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD
2. ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปที่ นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ เบอร์ HD61830 โดยเบอร์ HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักษร HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก
3. ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

2.6.3.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ โครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้เสียก่อน ในที่นี้จะอ้างอิงเกี่ยวกับโมดูล LCD แบบอักษร เพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย ดังภาพที่ 2.11 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักษร



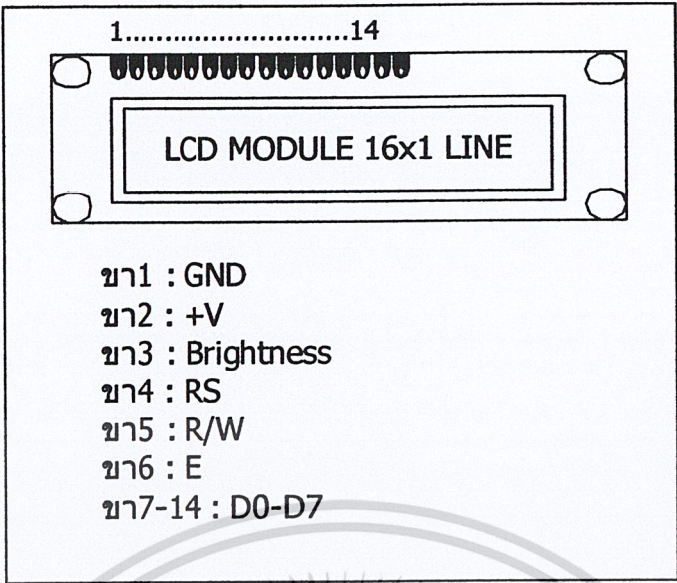
ภาพที่ 2.11 แสดงไคอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD

บัพเพอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ เพื่อที่จะ
ถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register :IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register :DR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้รับคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

แรมเก็บข้อมูลการแสดงผล (Display Data RAM :DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรม ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up table)ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษรเพื่อนำไปแสดงผล



ภาพที่ 2.12 แสดงรูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ

ตารางที่ 2.4 แสดงการทำงานของขา RS,R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

2.6.3.2 ขาใช้งานของโมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1)

โมดูล LCD ขนาด 16x1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา ซึ่งแต่ละขามีการทำงานดังนี้

V_{SS} (ขา 1) : ต่อกราวด์

V_{DD} (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

V_o (ขา 3) : เป็นขาอินพุตเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา4) : เป็นขาอินพุตที่ใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่จะทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือว่าเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่งแต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกในการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น “0”

เป็นการกำหนด ให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นแต่มีหนังสือแนบมาอย่างชัดเจนจากเจ้าของลิขสิทธิ์ที่มีการนำไปใช้

D0-D7 (ขา 7-14) 8 : เป็นขาที่ใช้สำหรับเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับ อุปกรณ์ภายนอกมีขนาดเป็นบิต

2.6.4 คำสั่งการควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม แน่แน่นอนว่าต้องกำหนดให้ขา RS และ R/W เป็น “0” และเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมีดังนี้

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (Clear Display) มีข้อมูลเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่าง หรือ Space เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมคำสั่งเอ็กซีคิวต์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรส ของ DDRAM เป็น “0” เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผลแล้วเซต I/D ให้เป็น “1”

2. คำสั่ง Return Home ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น “1” เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลจะไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ข้อมูลคำสั่ง ของคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

3. คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

บิต S เป็นบิตที่ใช้กำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น “1” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนหน้าจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางด้านซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น “0” เมื่อเกิดข้อมูลข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วแอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรส โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าบิตนี้เป็น “0” แอดเดรสของบิตนี้จะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H – 07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึง กำหนดเมื่อเกิดข้อมูลใหม่ เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น

4. คำสั่งการควบคุมการแสดงผลมีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีตัวเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผล ต้องกำหนดบิตนี้ให้เป็น “1” ถ้ากำหนดบิตนี้ให้เป็น “0” จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์ หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น “1” เคอร์เซอร์จะกระพริบ ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H-0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์ และ 0FH เป็นคำสั่งให้เปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์และสั่งให้เคอร์เซอร์กระพริบ

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษรมีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	10H - 13H
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา	14H - 17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18H - 1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1CH - 1FH

6. คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงานมีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	1	DL	N	F	*	*

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็น 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะแสดงผล 1 บรรทัด ถ้าเป็น “1” จะแสดง 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด ก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น “1” จุดที่น่าสังเกตคือ โมดูล LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด แม้จะมีผลการแสดงผลเพียง 1 บรรทัด แต่จะต้องกำหนด N ให้เป็น “1” เนื่องจากแอดเดรสของ DDRAM แบ่งเป็น 2 ช่องคือ 00H และ 40H

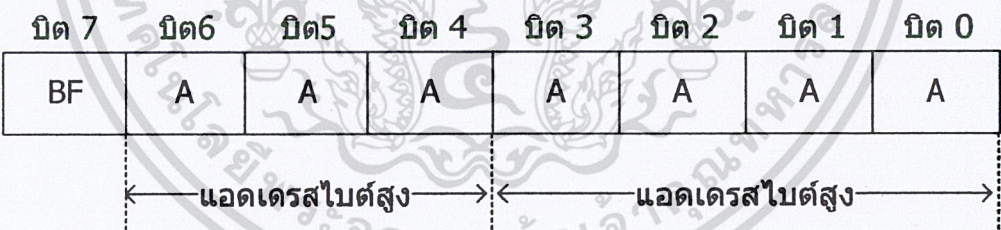
บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x7 จุด และถ้าเป็น “1” จะแสดงผลเป็นแบบ 5x10 จุด

ข้อมูลคำสั่งที่ใช้บ่อยคือ 38H เป็นการกำหนดให้โมดูล LCD ทำงานในแบบ 8 บิต แสดงผล 2 บรรทัด เลือกความละเอียดเป็น 5x7 จุด

7. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น “0” บิต 6 เป็น “1” ส่วน 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วย คำสั่งนี้ ก่อนที่จะอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูลให้ CGRAM โดยแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H - 3FH

8. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 จะต้องเป็น “1” และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-0FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสนี้ขึ้นอยู่กับ การกำหนดสถานะที่บิต N เป็น “0” แอดเดรส ของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H-0CH และถ้าบิต N เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะมี 2 ช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

9. ตั้งอ่านแฟล็ก BUSY และแอดเดรส มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้



เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟล็ก BUSY (BF) โดยแฟล็กนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของ ตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น “0” แสดงว่าตัว LCD พร้อมรับ ข้อมูลหรือเขียนคำสั่ง ถ้าเป็น “1” แสดงว่า ขณะนี้ตัวควบคุม LC D ยังอยู่ในกระบวนการทำงาน ภายในหรือกำลังประมวลผลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูล เมื่อต้องการอ่านแฟล็กต้องกำหนดให้ ขา R/W เป็น “1” ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น “0” อยู่ เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ยังใช้เป็น คำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดย บิต 0 ถึง บิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

2.6.5 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (Data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของ โมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS ได้ลอจิก “0” หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้ามหากขา RS ได้รับลอจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เมื่อต้องการเขียนข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อนโดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรสจากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต หรือ 4 บิตก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาจะได้เป็นข้อมูลจากแอดเดรส ของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้ว ต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้น จึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Counter 1

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 Bit Timer	40H	C0H
1	16 Bit Timer	50H	D0H
2	8 Bit Auto Reload	60H	E0H
3	Two 8 Bit Counter	--	--

2.7 สเต็ปปีง มอเตอร์ (Stepping Motor)

2.7.1 การทำงานของสเต็ปปีงมอเตอร์

สเต็ปปีงมอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วไปโดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ มอเตอร์ก็จะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและจะหยุดในขณะที่มอเตอร์ทั่วๆ ไปจะหมุนทันที และ ตลอดเวลาตราบเท่าที่มีพลังงานจ่ายให้แก่ตัวมันแต่สเต็ปปีงมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างละเอียด โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดและจัดเก็บเลขข้อมูลของการหมุน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้ไว้ สเต็ปป์มอเตอร์สามารถใช้งานในระบบเปิด (Open System) นั่นคือมันสามารถจะทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนกลับ (Feed back) แต่ในการกำหนดตำแหน่งให้ถูกต้องจำเป็นต้องที่จะต้องมีการป้อนข้อมูลกลับไปยังระบบควบคุมให้รับรู้ เพื่อตรวจสอบว่าตำแหน่งถูกต้องหรือว่าเกิดการผิดพลาด (Error) หรือไม่วิธีหนึ่งที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ การใช้ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) โดยติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับ เมื่อสเต็ปป์มอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนจนถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณก็จะถูกป้อนกลับเข้าสู่ระบบทำให้ทราบการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์ได้ตลอดเวลา ซึ่งปกติวงจรควบคุมจะมีการกำหนดจุดอ้างอิงที่ (Reference Point) ไว้ด้วย เพื่อให้การทำงานไม่ผิดพลาด สเต็ปป์มอเตอร์โดยทั่วไปมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนสเต็ปต่อรอบเป็นจำนวนมาก ปกติอยู่ที่ประมาณ 100-400 สเต็ปต่อรอบ การมีจำนวนสเต็ปมากๆ นี้ไม่ได้เพิ่มที่จำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเตเตอร์ แต่ทำได้โดยเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ จำนวนสเต็ปต่อรอบทั้งหมดจะได้จากการคูณจำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์และจำนวนขั้วที่โรเตอร์ ดังเช่นถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์ และ 8 ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์สเต็ปเปอร์มอเตอร์ตัวนี้จะทำงานที่ 24 สเต็ปต่อรอบ หรือ หมุนเป็นมุม 15 องศาต่อสเต็ป

การใช้วงจรดิจิทัลคอนโทรลเลอร์กำหนดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ชุดควบคุมบนสเตเตอร์แบบซีเวนเซิลทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทุกสเต็ปได้ เช่นเดียวกับการควบคุมในวงจรดีซีเซอร์โว (DC servo) แต่การควบคุมด้วยดิจิทัลไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ การเคลื่อนที่ทุกสเต็ปได้จากการคำนวณจำนวนรอบหรือมุมในการหมุนที่ต้องการ แล้วจึงส่งข้อมูลที่ได้ออกไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ เช่น ความเร็ว มุมในการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของเพลาถูกกำหนดจากข้อมูลที่ส่งมาควบคุม

2.7.2 ชนิดของสเต็ปป์มอเตอร์

สเต็ปป์มอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้เป็น 3 ชนิด คือ วาไรเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable reluctance : VR) เพอร์มาเนนต์แม็กเนต (Permanent magnet : PM) และแบบไฮบริด (Hybrid)

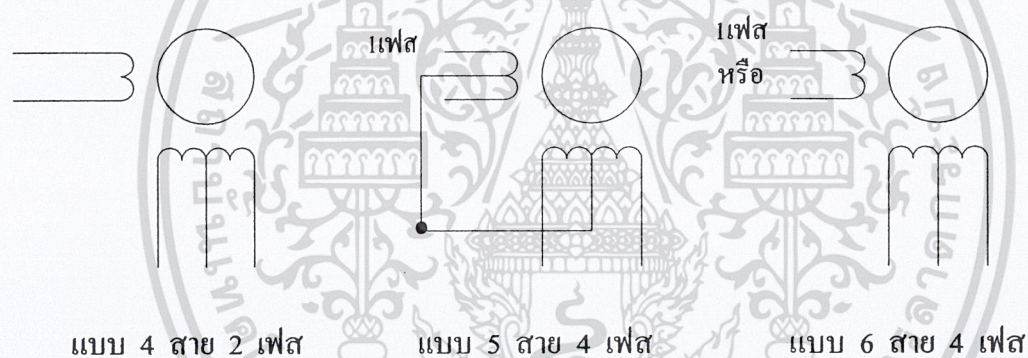
ชนิดวาไรเอเบิลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทู้ธ (multitooth) ทำจากเหล็กอ่อน การทดสอบเพื่อให้ทราบว่าสเต็ปป์มอเตอร์ชนิดนี้ทำได้ง่ายมากคือ ใช้นิ้วหมุนเพลลาของมอเตอร์ สเต็ปป์มอเตอร์ชนิดนี้ที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (magnetism) มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด แตกต่างจากชนิด PM และชนิดไฮบริดซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ เมื่อหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปป์มอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่คึกคักเมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง

ชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนตมีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีขั้วแม่เหล็ก บนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรการควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ชุดควบคุมบนสเตเตอร์ เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ถ้าเป็นสเตเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันอยู่แยกจากกันขั้วแม่เหล็กไม่วางเรียงกัน แต่สลับกันทุกขั้ว อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดหน่วงขึ้น สเต็ปป์มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุดโดยเฉพาะนำมาใช้ในอุปกรณ์ที่ใช้ในเรื่อง คอมพิวเตอร์สแต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีโครงสร้างภายในคือ สเตเตอร์เป็นชนิดนี้มีโครงสร้าง ภายในคือ สเตเตอร์เป็นชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ ส่วนโรเตอร์เป็นชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนต นำมาประกอบเข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงบิดสูง, มีแรงบิดคงและผลักดี และยังคงทำงานได้ดีแม้ว่าจะมีจำนวนของสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูงก็ตาม

ยังมีสเต็ปป์มอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่ง เป็นชนิดที่ปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ตนั่นคือ ชนิดเรียร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ต (rare earth permanent magnet) หรือที่เรียกกันว่าชนิดดิสก์แม็กเน็ตสเต็ปป์มอเตอร์ (disc magnet steppers)

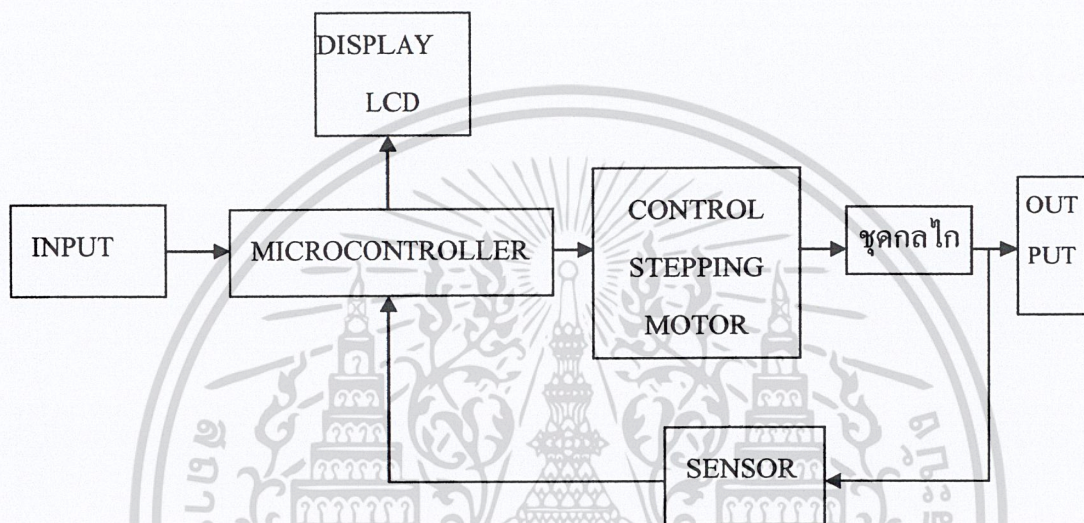


ภาพที่ 2.13 แสดงการพันขดลวดบนสเต็ปป์มอเตอร์

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 BLOCK DIAGRAM



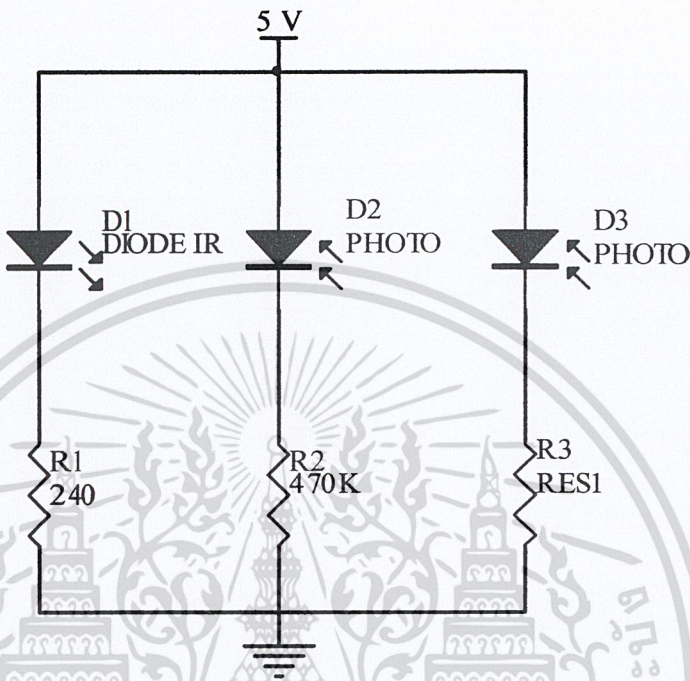
ภาพที่ 3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM เครื่องควบคุมการหดยสสารเคมี

- **SENSOR** เปลี่ยนหยดน้ำเป็นสัญญาณไฟฟ้า
- **MICROCONTROLLER** ประมวลผล แสดง และควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- **DISPLAY** แสดงผลการทำงานของเครื่องด้วยจอ LCD 16 อักขระ 2 บรรทัด
- **INPUT** ป้อนค่าเพื่อเข้าการทำงานของเครื่อง
- **CONTROL STEPPING MOTOR** วงจร DRIVE และควบคุม STEPPING MOTOR
- **ชุดกลไก** ชุดการกำหนดหยดของสารละลาย
- **Output** จำนวนหยดของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรเซ็นเซอร์ (SENSOR)

ชุดตรวจจับการตกของหยดน้ำ

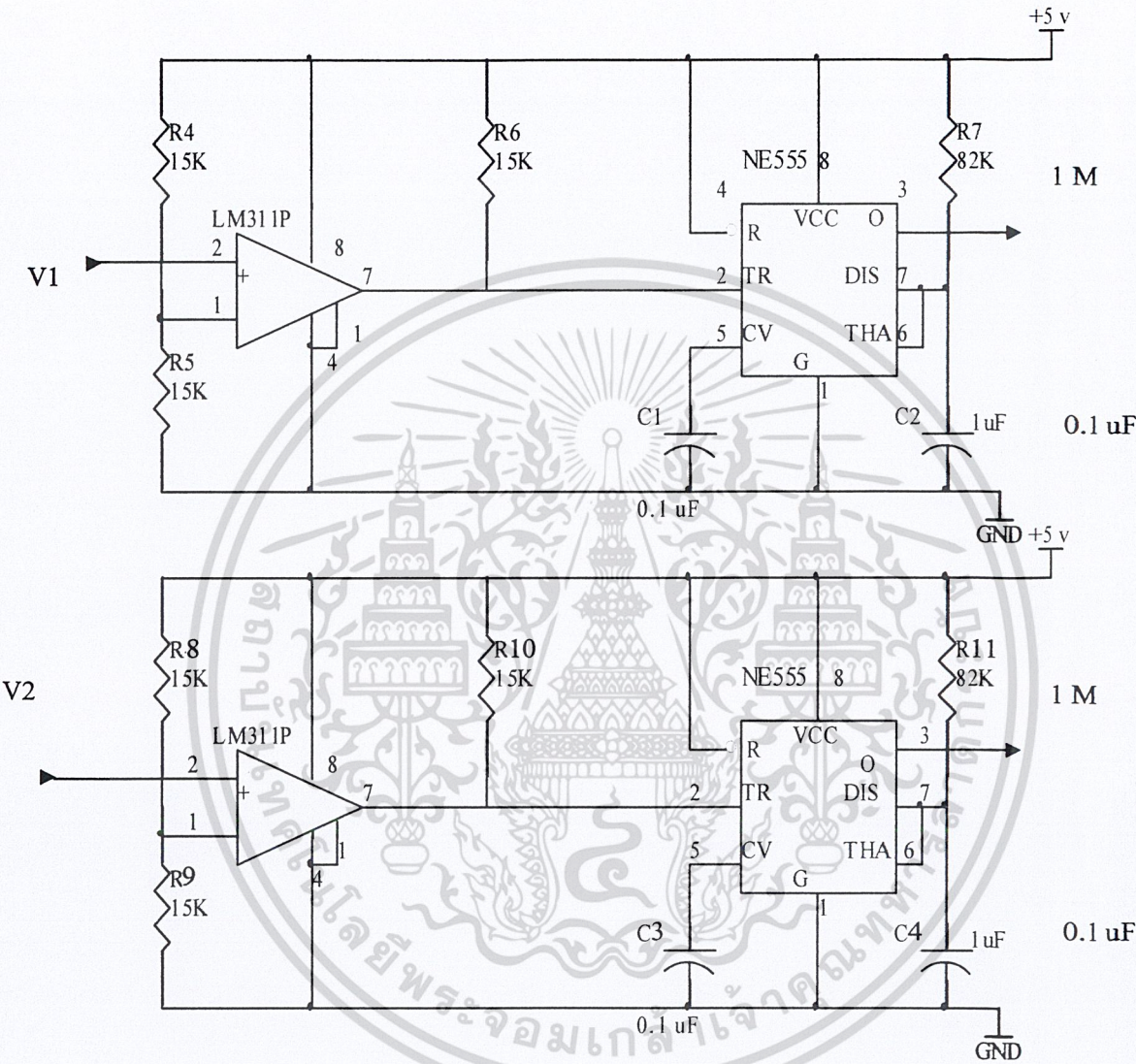


ภาพที่ 3.2 แสดงชุดวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการหยดของสารเคมี

ไดโอด อินฟราเรด (Diode Infrared) ทำหน้าที่ปล่อยแสง อินฟราเรด (Infrared) ให้ไปกระทบยังตัว โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) โดยการกำหนดให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดอินฟราเรดประมาณ 15.60 มิลลิแอมป์ (milliAmp) ในขณะที่ไม่มีหยดน้ำมาบังแนวรับแสงของโฟโต้ไดโอดทั้งสองตัว ทำให้ตัวโฟโต้ไดโอดได้รับแสงจากไดโอด อินฟราเรด มีผลทำให้กระแสไหลผ่านโฟโต้ไดโอด ทั้งสองตัวได้ วัดแรงดันคร่อมตัวความต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม (kilo Ohm) (R2, R3) ได้ประมาณ 2.80 โวลท์ จะมีกระแสไหล โฟโต้ไดโอด ผ่านประมาณ 10.5 มิลลิแอมป์ (mA) แต่เมื่อมีหยดน้ำมาบังแนวรับแสงของโฟโต้ไดโอดทำให้แสงมาถึงโฟโต้ไดโอด ได้น้อยลง กระแสไหลผ่านตัวโฟโต้ไดโอดน้อยลงด้วย วัดแรงดันคร่อมตัวต้านทาน ขนาด 470 กิโลโอห์ม (kilo Ohm) (R2, R3) ได้ประมาณ 2.48 จะมีกระแสไหลประมาณ 9.7 มิลลิแอมป์ ได้สภาวะความแตกต่างระหว่าง 2 สภาวะ คือระหว่างไม่มีหยดน้ำผ่านดังภาพที่ 3.3 แสดงสภาวะการทำงานของโฟโต้ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรคอมพาราเตอร์ (COMPARATOR) และวงจรโมโนสเตเบิล (MONOSTABLE)



ภาพที่ 3.3 แสดงวงจรเปรียบเทียบระหว่างแรงดัน

ในสถานะที่ยังไม่มีหยดน้ำ ระดับแรงดันที่ขา 2 ของออปแอมป์ (OP-AMP) LM 311 ทั้ง 2 ตัว อยู่ที่ระดับ 2.80 โวลต์ คือแรงดันที่ตกคร่อมค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และที่ขา 1 ของ ออปแอมป์ LM 311 แรงดันประมาณครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ในวงจรนี้มีประมาณ 2.42 โวลต์ เพราะฉะนั้นในสถานะที่ไม่มีน้ำที่ OP-AMP ทั้งสองตัว แรงดันที่ ขาบวก (ขา 2) จะมีแรงดันมากกว่าที่ขาลบ (ขา 1) ที่เอาต์พุต (OUT PUT) ของออปแอมป์ (ขา 7) เปรียบเสมือนลอยไม่ต่ออะไรอยู่ เนื่องจากออปแอมป์ต่อเป็นวงจรคอมพาราเตอร์ วัดแรงดันที่

เอาต์พุตของออปแอมป์ทั้งสองตัว จะได้เท่ากับแรงดันที่ต่อมาจาก R6, R10 เท่ากับ 2.85 โวลต์ และที่ขา 2 ของไอซี NE555 ซึ่งต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล ก็จะได้รับไฟบวก 5 โวลต์ ไอซี NE555 ก็จะยังไม่ทำงานเพราะไอซี NE555 จะทำงานที่ขอบาลงของสัญญาณไฟฟ้าที่ ขาเอาต์พุต ไอซี NE555 (ขา 3) ทั้งสองตัวก็จะยังไม่มีสัญญาณไฟฟ้าออกมา

ในสถานะที่มีหยคน้ำผ่าน แสงจะมากด โฟโต้ไดโอดน้อยลง แรงดันที่ขาบวกของ ออปแอมป์จะมีค่าประมาณ 2.5 โวลต์ ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าแรงดันที่ขาลบของออปแอมป์ทำให้ ขาเอาต์พุตของออปแอมป์เปรียบเสมือนลงกราวนด์ไปกระตุ้นการทำงานของไอซี NE555 ซึ่งต่อ เป็นวงจรโมโนสเตเบิล ไอซี NE555 จะสร้างพัลส์บวกมีความกว้าง 100 มิลลิวินาที (millisecond) นี่คือนสถานะที่มีหยคน้ำผ่าน ส่งผ่านให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดระยะห่างระหว่างหยด แต่ละหยดต่อไป

การหาค่า R และค่า C ของวงจรโมโนสเตเบิล

จาก $t = 1.1 \times R \times C$

กำหนด $t = 100 \text{ ms}$ $C = 0.1 \mu\text{F}$

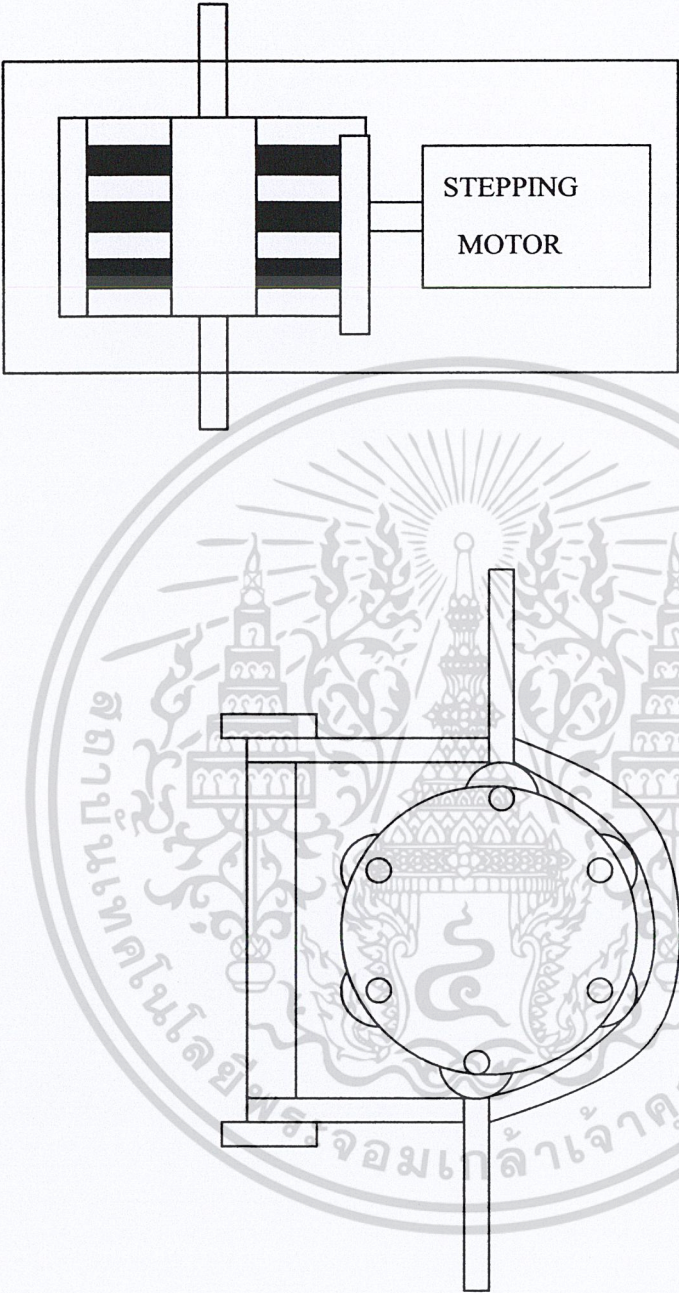
$$\therefore R = (100 \times 10^{-3}) / (1.1 \times 0.1 \times 10^{-6}) = 909 \times 10^3 \Omega$$

เพราะฉะนั้นจะใช้ค่า R7 และ R11 เท่ากับประมาณ 1 M Ω

3.3.1 การตรวจับการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

ทางด้านเอาต์พุตของวงจร ต่อเข้ากับ P0.5 จึงจะต้องใช้ R17 ต่อเป็น R pull up โดยใช้ ค่า 6.8 กิโลโอห์ม ดังนั้น ถ้าต้องการให้อาต์พุตมีระดับเป็นลอจิกศูนย์ อินเตอร์รัพเตอร์ต้อง ค้างกระแสทางเอาต์พุตอย่างน้อย 691 ไมโครแอมแปร์ ดังนั้นกระแสที่ไหลทางด้านอินพุตของ อินเตอร์รัพเตอร์จะต้องไม่น้อยกว่า 6.91 มิลลิแอมแปร์ คำนวณค่า R18 ได้ 564 โอห์ม จึงเลือกใช้ 560 โอห์ม

3.4 ชุดกลไก



ภาพที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของกลไกที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกที่ใช้จะถูกขับโดยสตีปิ้งมอเตอร์ที่มีขนาด 48 สตีป/รอบ สามารถควบคุมระยะบีบได้สูงสุด 2.9 มิลลิเมตร (ระยะฟรี 0.4 มิลลิเมตร) หรือเท่ากับสตีปิ้งมอเตอร์หมุน 74 รอบ ระยะบีบที่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ จะอยู่ในช่วง 0.9 -1.05 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาอย่างง่าย สามารถแบ่งระยะบีบในช่วงของสตีปิ้งที่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ แบ่งเป็น 1133 สตีป แต่การประมาณอย่างง่ายนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีการปรับแต่งจุดต่างๆ ของกลไก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การเขียนโปรแกรม

4.1 การควบคุมมอเตอร์

มอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นชนิดสเต็ปมอเตอร์ และเนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสสูงจึง เลือกที่จะต่อกับพอร์ต 0 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถจะใช้งานที่กระแสสูงกว่าพอร์ตอื่นๆ โดยจะต่ออยู่ที่ขา 36-39(p0.0-p0.3) ดังภาพที่ 4.1

เนื่องจากใช้สเต็ปมอเตอร์ การจะให้มอเตอร์หมุนนั้นต้องป้อนไฟให้ทีละขาสลับกันไป ไม่เหมือนกับมอเตอร์ทั่วไป เช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนเข้า ก็ต้องเปลี่ยนสถานะจาก 0111 => 1011 => 1101 => 1110 => 0111 ตามลำดับ ส่วนการที่จะทำให้มอเตอร์หมุนออกก็จะสามารถทำได้ในทางสลับกัน คือ มอเตอร์จะเปลี่ยนสถานะ 0111 => 1110 => 1101 => 1011 => 0111 ตามลำดับ แต่ถ้าให้มอเตอร์อยู่ในสถานะ 1111 หมด มอเตอร์จะหยุดหมุนเนื่องจากไม่มีการดึงกระแสจากมอเตอร์

การใช้สถานะลอจิกศูนย์ควบคุมการหมุนนั้น เนื่องมาจาก กระแสเอาต์พุตในสถานะลอจิกศูนย์นั้นจะมีค่า 3.2 มิลลิแอมป์เปร์ ซึ่งมีค่ามากกว่า กระแสเอาต์พุตในสถานะลอจิกหนึ่งที่มีค่าสูงสุดเพียง 800 ไมโครแอมป์เปร์ ดังนั้นเราจึงใช้สถานะศูนย์เป็นสถานะควบคุมมอเตอร์

4.2 การควบคุมส่วนการแสดงผล : LCD (Liquid Crystal Display)

ส่วนการแสดงผลจะต่อกับพอร์ต 2 และบางส่วนของพอร์ต 3 เนื่องจากในการควบคุมชุดการแสดงผลนั้นต้องใช้ถึง 14 ขา คือส่วนของคำสั่งจะต่อกับขา 21-28 (P2.0 – P2.7) ส่วนของการควบคุมจะต่อกับขา 10 – 12 (P3.0 – P3.2) โดยขา RS ต่อกับขา 10(P3.0) ขา R/W ต่อกับขา 11(P3.1) ขา E ต่อกับขา 12(P3.2) ดังภาพที่ 4.1

จอที่ใช้เป็นจอผลึกเหลว ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด (16 Characters x 2 Line) ก่อนการใช้งานจะต้องทำการเซต ค่าต่างๆ เพื่อติดต่อกับจอแสดงผลก่อน ไม่เช่นนั้น จอแสดงผลจะไม่สามารถทำงานได้

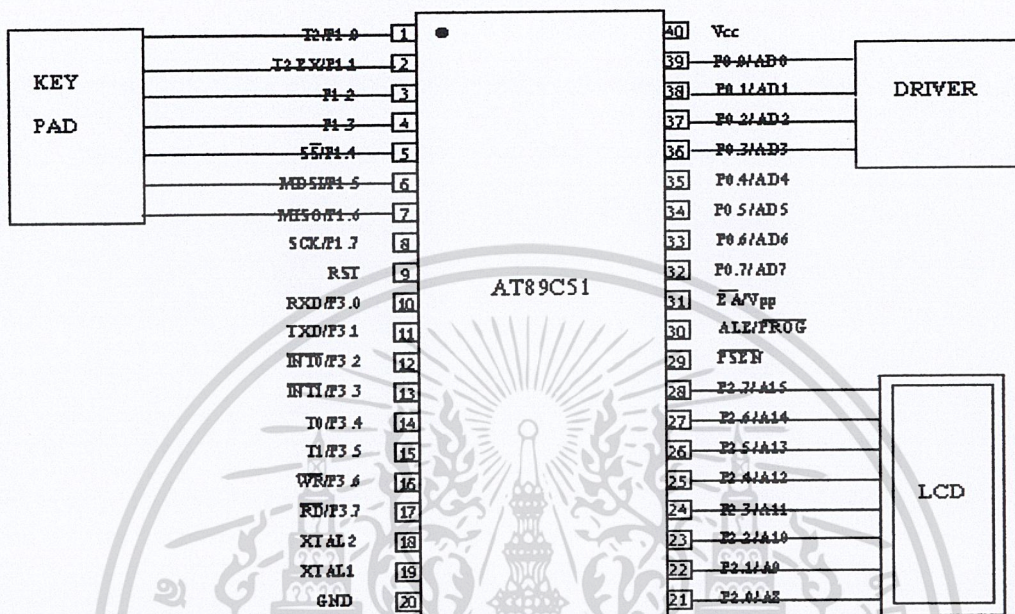
คำสั่งแรกที่จะใช้ติดต่อกับจอแสดงผลคือ คำสั่ง Function Set เป็นการติดต่อกับจอแสดงผลเมื่อทำคำสั่งนี้แล้วจอแสดงผล จะรับรู้ว่าการที่ต้องการที่จะติดต่อด้วย

จากนั้นจะเป็นการติดต่อกับจอแสดงผลว่าจะมีนำค่าที่ใดแสดงออกมาหรือไม่และจะแสดง

เคอร์เซอร์(Cursor)หรือไม่ โดยใช้คำสั่ง Display on/off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Entry mode เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์และหน้าจอว่าจะเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่ เมื่อทำการเซต ค่าของคำสั่งทั้ง 3 นี้ จอแสดงผลก็จะอยู่ในสถานะที่พร้อมจะทำงานได้ ถ้าเราเขียนคำสั่งใดๆ จอแสดงผลก็จะปฏิบัติตามคำสั่งนั้นทันที



ภาพที่ 4.1 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ (89C52) กับอุปกรณ์ภายนอก

4.3 การควบคุมคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดจะต่ออยู่ที่ พอร์ต 1 (ขา 1-8) ขาบนจะเป็นแถวของคีย์ โดยขาที่ 7 จะเป็นแถวที่ 1, ขาที่ 6 จะเป็นแถวที่ 2, ขา 5 และ 4 จะเป็นแถวที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ในส่วนของ 4 ขาล่าง จะต่อเข้ากับหลักของคีย์ โดย ขา 3 จะต่อกับหลักที่ 1, บิตที่ 2,1,0 จะต่ออยู่กับหลักที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นค่าประจำตำแหน่งของแต่ละคีย์จึงแสดงได้ดังภาพที่ 4.2

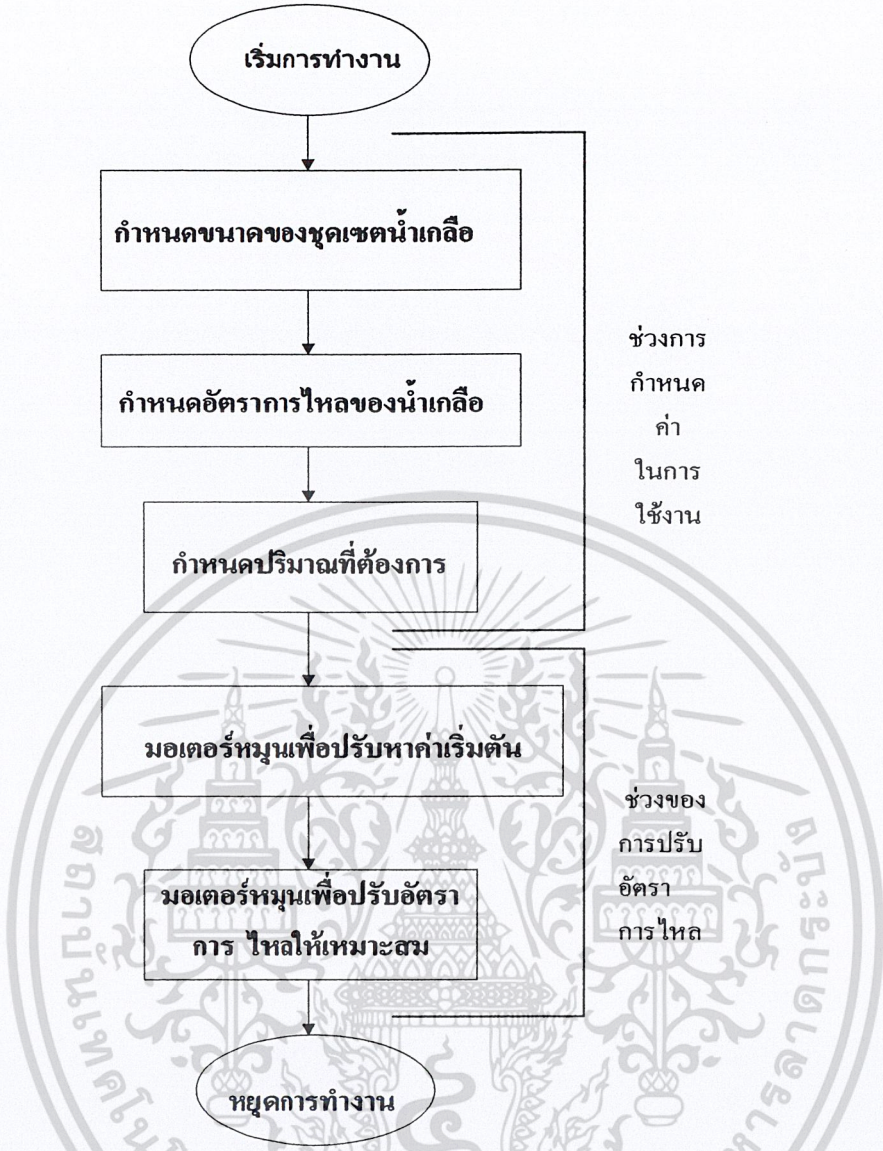
77H	7BH	7DH	7DH
B7H	BBH	BDH	BEH
D7H	DBH	DDH	DEH
E7H	EBH	EDH	EEH

ภาพที่ 4.2 แสดงค่าประจำตำแหน่งต่างๆของคีย์

1	2	3	↑
4	5	6	↓
7	8	9	FUN
CLEAR	0	HELP	ENTER

ภาพที่ 4.3 แสดงเป็นคีย์ที่ใช้งาน

การต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คีย์บอร์ด เป็นการต่อโดยตรง ไม่ได้ผ่านวงจรสแกนคีย์ จึงจำเป็นต้องควบคุมโดยการสแกนคีย์ โดยจะทำการส่งสัญญาณไปที่แถวแล้วก็จะตรวจรับสัญญาณทีละหลัก ถ้ามีการกดคีย์ใดคีย์หนึ่งก็จะทำให้ค่าประจำหลักของคีย์นั้นๆ ออกมา เช่นที่ 4 บิตบน เป็น 7H และรับที่ 4 บิตล่าง ได้ 7H ก็จะได้ค่าตัวเลข 1 ออกมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงโฟลชาร์ตขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

4.4 การทำงานของเครื่อง

การทำงานของเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือจะแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ ช่วงของการกำหนดค่าในการใช้งาน และส่วนของการปรับอัตราการไหล

1 5 = 1

2 0 = 2

6 0 = 3

*

(d r o p / m L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาพที่ 4.5ก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S E L E C T T U B I N G

(d r o p / m L)

ภาพที่ 4.5ข

S E T F L O W R A T E

* * * (m L / h r)

ภาพที่ 4.5ค

S E T V O L U M E

* * * * (m L)

ภาพที่ 4.5ง

ภาพที่ 4.5 แสดงผลขณะกำหนดค่าต่างๆ

เมื่อเริ่มการทำงาน หลังจากประกอบชุดสายน้ำเกลือเข้ากับเครื่องเรียบร้อยแล้วเครื่องจะให้เรทำการกำหนดค่าต่างๆ เริ่มแรกจะต้องใส่ขนาดของสายน้ำเกลือ จอแสดงผลจะแสดงข้อความดังภาพที่ 4.5ก. และภาพที่ 4.5ข ซึ่งขนาดของสายที่สามารถใช้เครื่องได้ มีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ 15, 20 และ 60 หยด/มิลลิลิตร หลังจากนั้นจะเป็นการกำหนดอัตราการไหลและปริมาณของน้ำเกลือที่ให้แก่ผู้ป่วย ซึ่งจอแสดงผลจะแสดงข้อความดังภาพที่ 4.5ค และ ภาพที่ 4.5ง และเมื่อกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วหน้าจอจะแสดงผลดังภาพที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R a t e * * * m L / h r

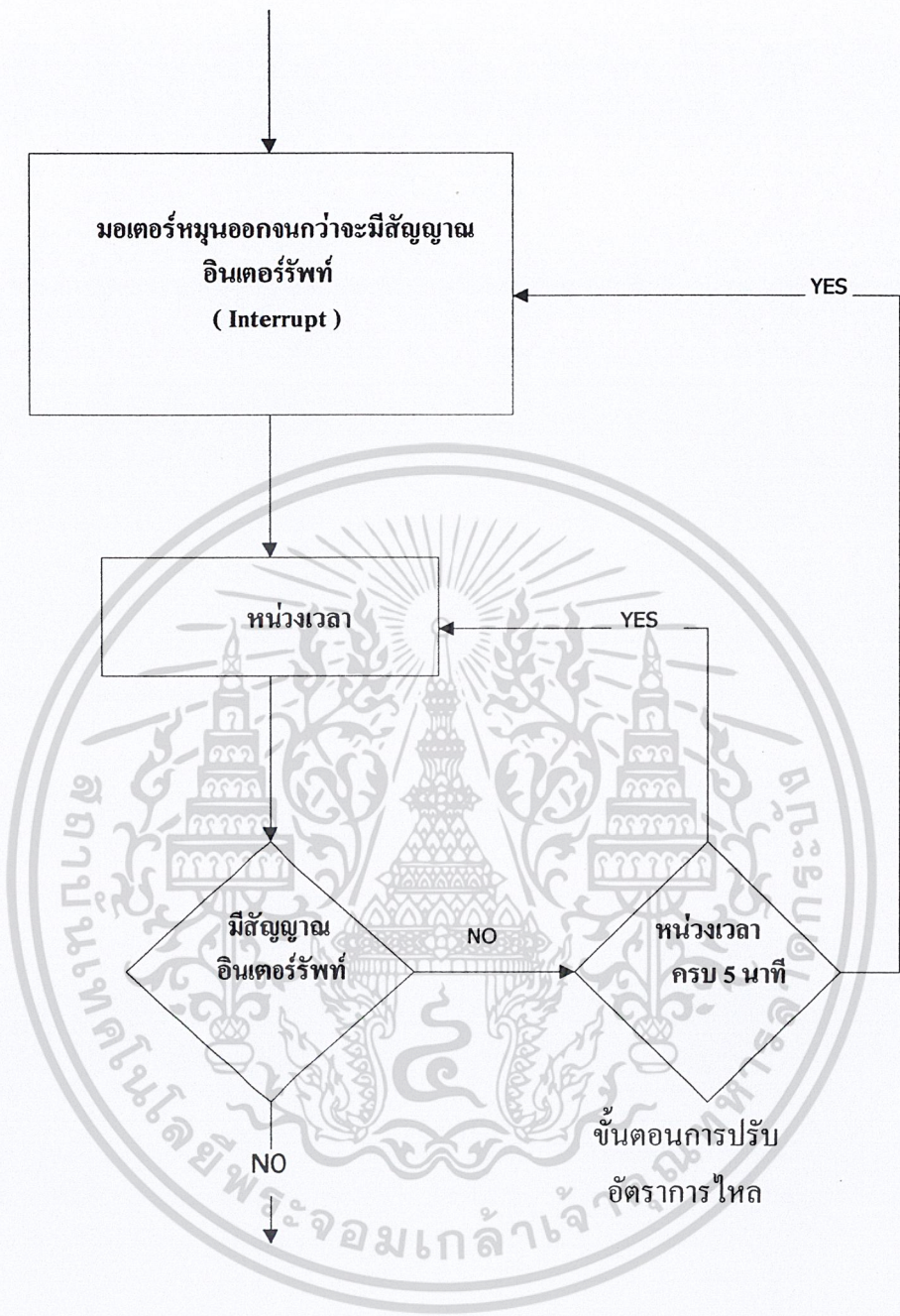
V o l * * * * m L * * * *

ภาพที่ 4.6 แสดงผลขณะทำการปรับอัตราการไหล

เมื่อทำการกำหนดค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้วเครื่องจะเข้าสู่ช่วงของการปรับอัตราไหล เริ่มแรกเครื่องจะทำการหมุนมอเตอร์เพื่อปรับเข้าสู่อัตราการไหลเริ่มต้น โดยมอเตอร์จะทำการหมุนออกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามา มอเตอร์จะหยุดหมุนและจะทำการหน่วงเวลาไป 5 วินาที ถ้าภายใน 5 วินาทีนี้มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์หลังเข้ามาอีก ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับอัตราการไหล ถ้าไม่มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์มอเตอร์ก็จะทำการหมุนอีกครั้งหนึ่ง ถ้าใช้ชุดสายน้ำเกลือขนาด 60 หยด/มิลลิลิตร อัตราการไหลของน้ำเกลือจะมีค่าตั้งแต่ 12 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ถ้าใช้ชุดสายน้ำเกลือขนาด 20 และ 15 หยด/มิลลิลิตร อัตราการไหลจะเท่ากับ 36 และ 48 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

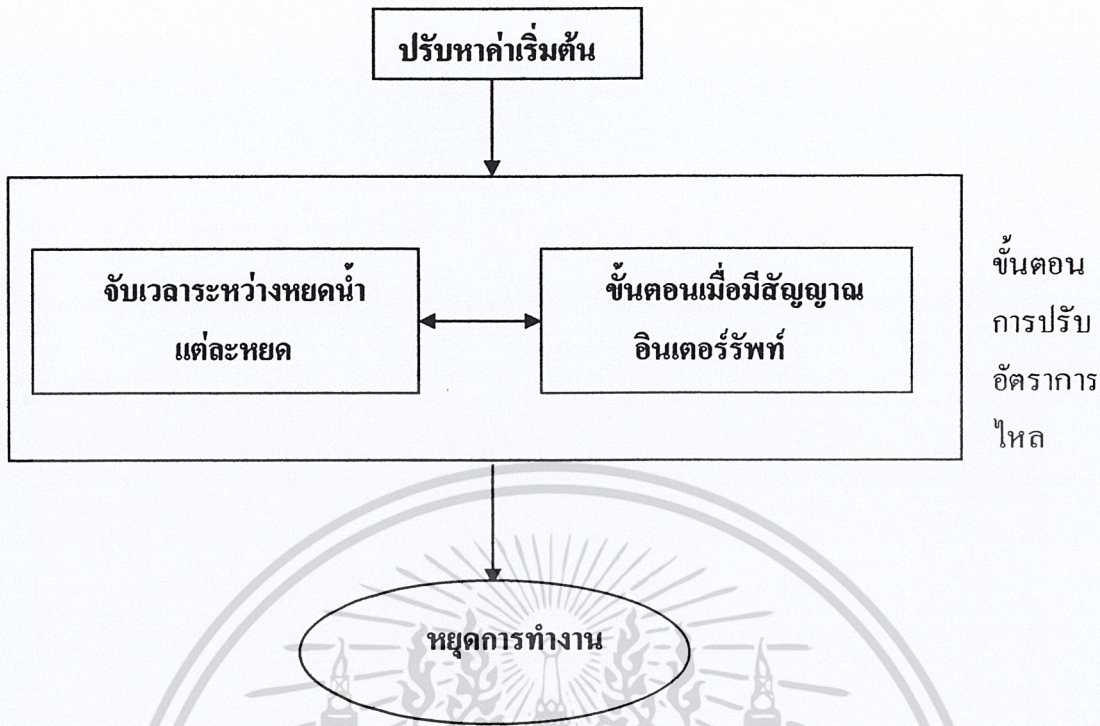
$$\text{อัตราการไหล} = 3600 / (\text{ขนาดของชุดสายน้ำเกลือ} \times \text{เวลาในการหน่วง}) \quad (4.1)$$

หลังจากการปรับเข้าสู่อัตราการไหลเริ่มต้นแล้วเครื่องจะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับอัตราการไหล ขั้นตอนการปรับอัตราการไหลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการจับเวลาระหว่างหยดน้ำแต่ละหยด และส่วนของการปรับเมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามา ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.7 แสดงโฟลชาร์ตขั้นตอนการปรับเพื่อหาอัตราการใช้ไฟเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



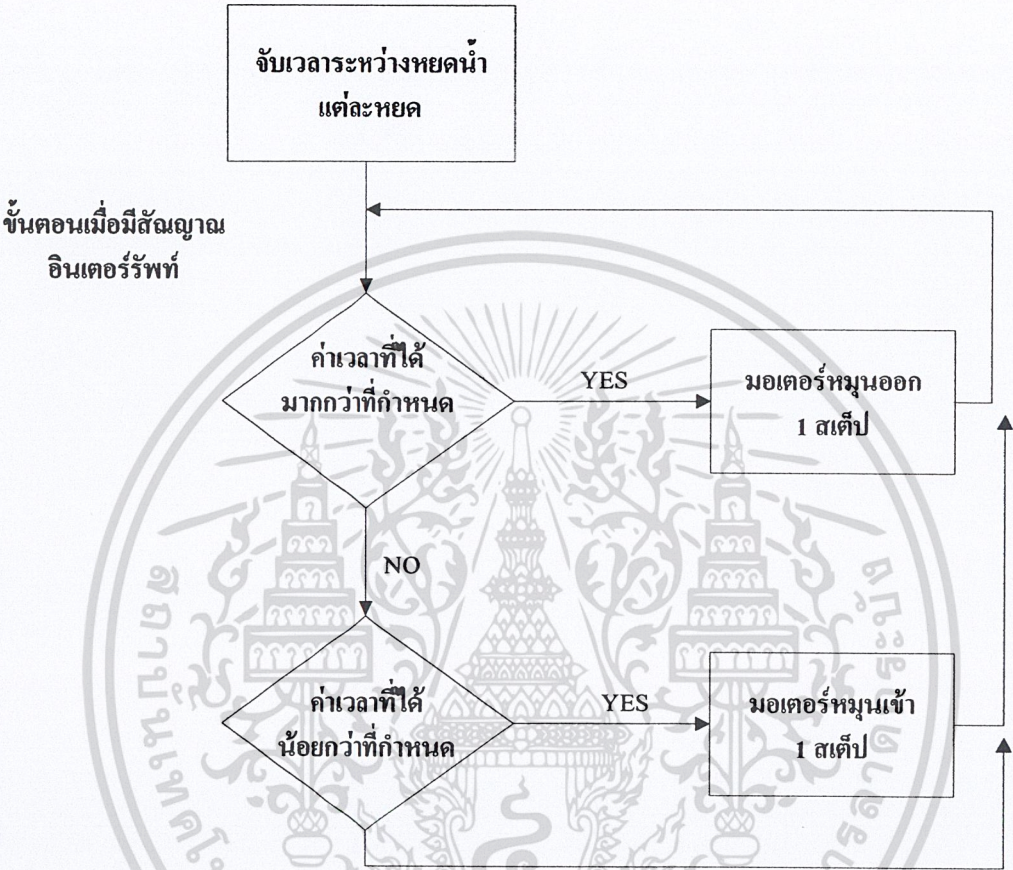
ภาพที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการปรับอัตราการไหล

ส่วนของการจับเวลาจับเวลาระหว่างหยดน้ำแต่ละหยด จะเริ่มจากการสร้างฐานเวลา 1 มิลลิวินาทีขึ้นมา จากนั้นจะทำการนับฐานเวลาที่สร้างขึ้นรวมกันเอาไว้รอจนกว่าจะมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์ ในช่วงของการรอคอยสัญญาณอินเตอร์รัพท์จะมีการตรวจสอบว่ามีการไหลของหยดน้ำหรือไม่เพื่อกันการที่น้ำหมดจากขวดหรือเกิดการผิดพลาดขึ้น โดยจะทำการตรวจสอบเวลาที่นับรวมไว้ ถ้ามีค่ามากกว่า 4 เท่าของค่าที่ตั้งเอาไว้ มอเตอร์จะทำการหมุนออกพร้อมกับทำการหน่วงเวลา ถ้าภายใน 10 วินาที ไม่มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามาเครื่องจะส่งเสียงเตือนแล้วหยุดการทำงานและในช่วงของการรอสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่อยู่นี้ ก็จะมีการตรวจสอบการกดคีย์ไปด้วยหากมีการกดคีย์จะนำค่ามาตรวจสอบว่าเป็นคีย์อะไร ถ้าคีย์จิสเตอร์ A ซึ่งเก็บค่าเมื่อมีการกดคีย์ มีค่าเท่ากับ 41H แล้วเครื่องจะหยุดการทำงาน เข้าสู่สถานะเตรียมพร้อมเพื่อการทำงาน เข้าสู่สถานะเตรียมพร้อมเพื่อการทำงานต่อไป ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากได้กำหนดค่าของขนาดชุดสายน้ำเกลือที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ซึ่งขั้นตอนการทำงานแสดงไว้ดังภาพที่ 4.10

ในช่วงของการจับเวลา ถ้าหากมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามาเครื่องจะไปทำงานในส่วนของการอินเตอร์รัพท์ ซึ่งขั้นตอนของการทำงานได้แสดงไว้ดังภาพที่ 4.9 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามา จะทำการเปรียบเทียบค่าเวลามาตรฐานที่ได้นำเอามาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้นหากค่าฐานเวลาที่ได้มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนด เครื่องจะสั่งให้มอเตอร์ทำการหมุนออกค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งสแต็ป และถ้าไม่เป็นเช่นนั้นจะถือว่าค่ามาตรฐานที่นับรวมไว้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ หากมีค่าน้อยกว่าจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเข้า หนึ่งสแต็ป ถ้าไม่เป็นเช่นนั้นมอเตอร์จะไม่มีกรหมุนปรับใดๆ เนื่องจากค่าที่ได้มีค่าถูกต้องแล้ว



ภาพที่ 4.9 แสดงขั้นตอนการทำงานในช่วงของการปรับอัตราไหล(ส่วนของการอินเทอร์รัพท์)

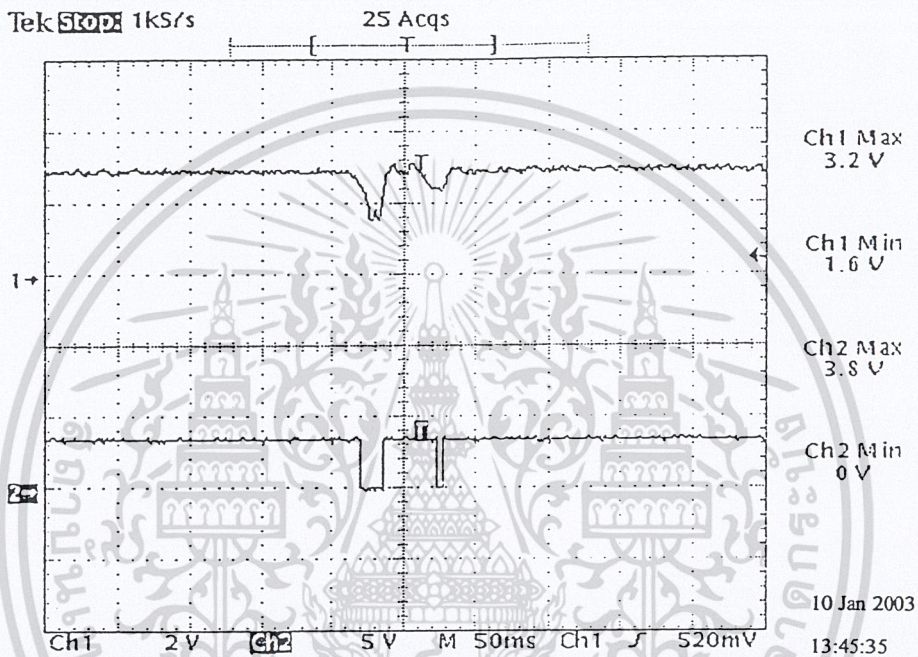
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 วัดสัญญาณก่อนเข้าอปแอมป์ (Ch 1) สัญญาณออกจากอปแอมป์ (Ch 2)

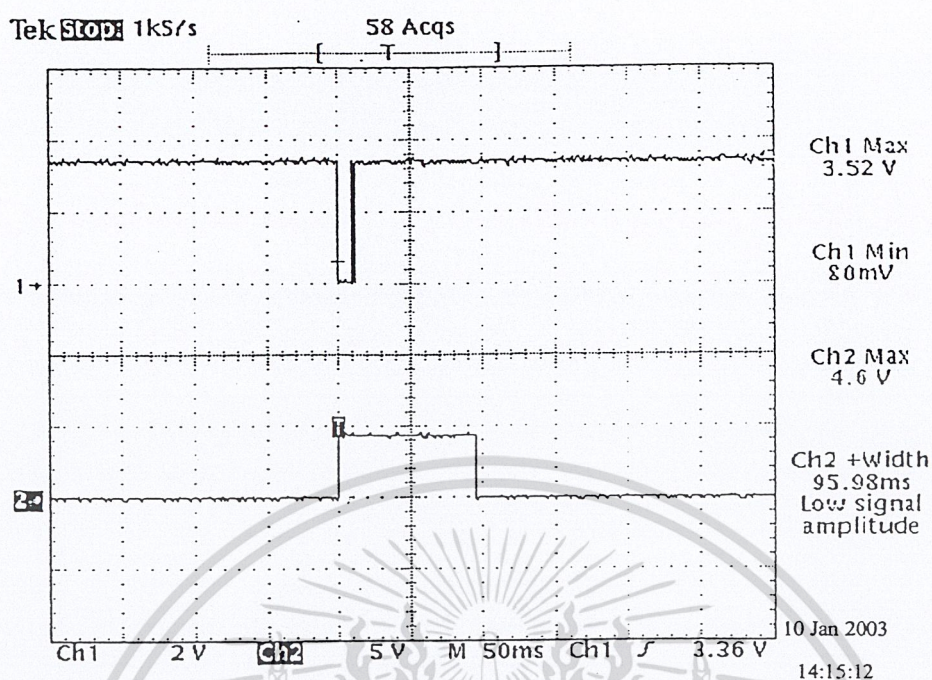


ภาพที่ 5.1 แสดงหยดน้ำสัญญาณก่อนเข้าอปแอมป์ (Ch 1) สัญญาณหลังเข้าอปแอมป์ (Ch 2)

ภาพที่ 5.1 แสดงรูปสัญญาณหยดน้ำจากพินไดโอดในแชนแนลที่ 1 (Channel 1) และสัญญาณหยดน้ำที่ผ่านวงคอมพาราเตอร์ในแชนแนลที่ 2 (Channel 2) จะเห็นจากรูปข้างบนว่าหยดน้ำเกิดพัลส์ช้อนจากพินไดโอดขึ้นมา กรณีแบบนี้จะเกิดขึ้นในบางครั้งเท่านั้น สัญญาณหยดน้ำที่เกิดกรณีของพัลส์ที่ช้อนกันมานี้ จำเป็นต้องสร้างวงจรโมโนสเตเบิลที่คาบเวลามากกว่าคาบเวลาของสัญญาณนำปกรวมกับสัญญาณที่เกิดช้อนขึ้นมา ในที่นี้ใช้คาบเวลาของโมโนสเตเบิลประมาณ 100 มิลลิเซค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 1 สัญญาณจากออปแอมป์(Ch 1) สัญญาณจาก NE555 (Ch 2)



ภาพที่ 5.2 แสดงสัญญาณหยดน้ำจากออปแอมป์(Ch 1) สัญญาณหยดน้ำจาก NE555 (Ch 2)

ภาพที่ 5.2 แสดงสัญญาณจากเอาต์พุตของออปแอมป์ในแชนแนลที่ 1 สัญญาณจากออป-แอมป์ จะไปทริก(TRIGE) การทำงานของไอซี NE555 ซึ่งค่อเป็นวงจร โมโนสเตเบิลจะสร้างพัลส์ ความกว้างขนาด 100 มิลลิเซค ส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล

5.2 การทดลองที่ 2

วัดการทำงานของเครื่องโดยรวม

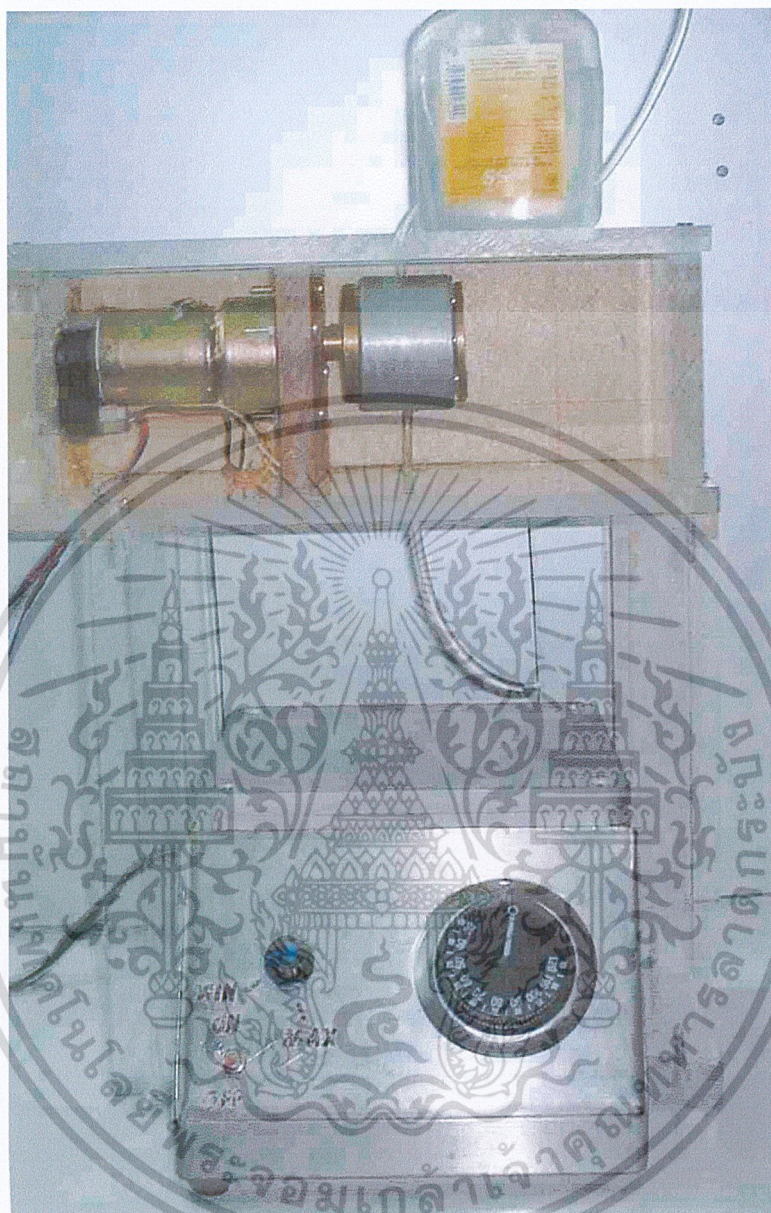
จุดประสงค์ เพื่อวัดผลการทำงานโดยรวมของเครื่องว่าสามารถควบคุมอัตราการไหลโดยเฉลี่ยได้ถูกต้องเพียงใดวิธีการทดลอง ตั้งค่าอัตราการไหลค่าใดค่าหนึ่งเพื่อทดสอบทำงานจับเวลาและปริมาณของน้ำเกลือ จนสิ้นสุดการทำงานของเครื่องว่าใช้เวลาเท่าไรและปริมาณที่ให้มีความเท่าไร

ผลการทดลอง

เวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดคือ 27.49 นาที ซึ่งมีค่าต่างจากค่าที่คำนวณ ไม่มากนัก ค่าที่คำนวณได้ 30 นาที เพราะฉะนั้นคำนวณค่าผิดพลาดได้ 8.36%

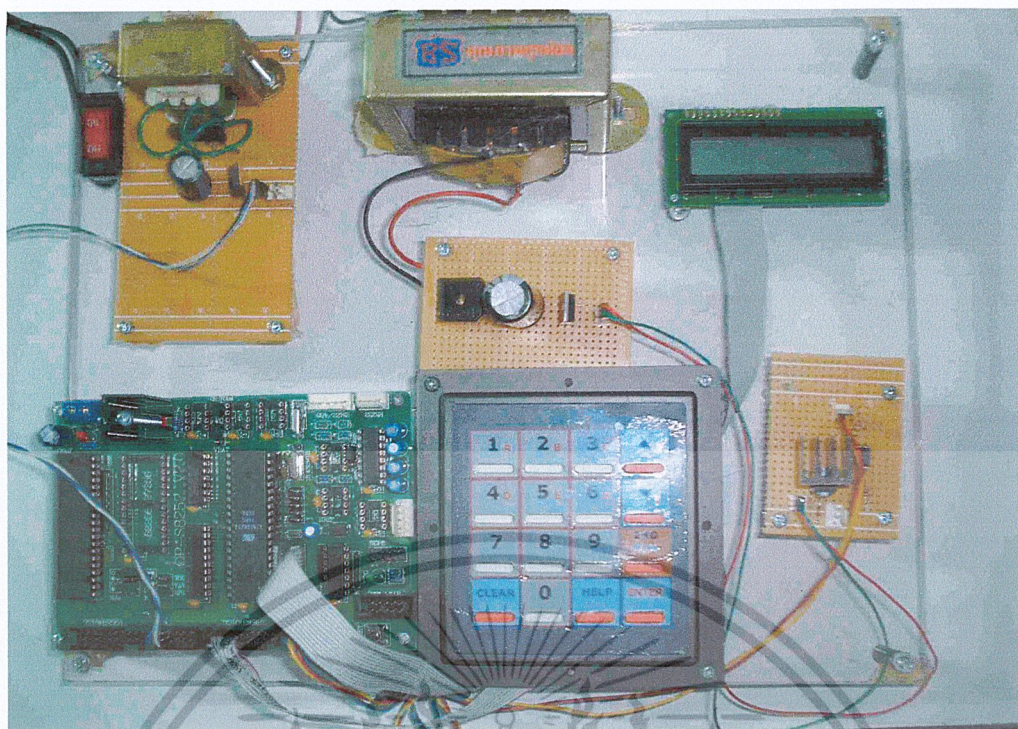
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ภาพแสดงชิ้นงาน



ภาพที่ 5.3 แสดงชุดกวนสารเคมีและชุดหยุดสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 แสดงชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมการหยดสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

โครงการนี้ กลุ่มนักศึกษาได้เน้นที่จะควบคุมปริมาตรของสารละลายให้มีความเที่ยงตรงมากที่สุดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมสเต็ปมอเตอร์เป็นตัวบีบสายสารละลายในขั้นแรกเราสามารถป้องกันอัตราการไหลซึ่งอยู่ในรูปของเวลาได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุม ให้อัตราการไหลเป็นไปตามที่เรากำหนด มอเตอร์จึงหยุดหมุน ซึ่งผลที่ออกมา ก็น่าพอใจแต่ยังไม่ดีนัก เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ บางครั้งต้องใช้เวลานานในการควบคุมอัตราการไหลให้เป็นไหลตามที่เรต้องการ และที่บางอัตราการไหล ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถปรับ อัตราการไหลให้เข้าหาค่านั้นได้เราได้พบว่าปัญหาใหญ่ที่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถปรับเข้าหาอัตราการไหลที่เรากำหนดได้ เกิดจากชุดกลไกการบีบที่มีเสถียรภาพในการทำงานไม่ดีนัก

ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การนำชุดเซ็นเซอร์ไปติดกับเครื่องหยดสารละลาย บางครั้งชุดเซ็นเซอร์จะตรวจจับระดับของหยดน้ำด้วยทำให้เกิดพัลส์ซ้อนขึ้น จึงจำเป็นต้องคำนวณค่า time constant มาให้ใกล้เคียง เพราะฉะนั้นถ้าจะทำให้การตรวจจับหยดน้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้น ควรคำนวณ time constant มา ให้ตรงจะให้ประสิทธิภาพการตรวจจับหยดน้ำที่ดีกว่า

บรรณานุกรม

- เจน สงสมพันธุ์, “ เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 1 ”, พิมพ์ครั้งที่ 13. เม็คทรายพริ้นติ้ง : กรุงเทพฯ, 2538
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล, “ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “ เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช ”, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนส์
- ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “ MC-2 บอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ผ่านคอมพิวเตอร์ ”
- เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. ซีเอ็ด : กรุงเทพฯ, 2540
- สมยศ จุณณะปิยะ, “ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ”, พิมพ์ครั้งที่ 3 : กรุงเทพฯ, 2543



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

CS_LCD: BIT P1.3 ; P1.3;E LCD (PIN INT1)

RS_LCD: BIT P1.2 ; P1.2;RS LCD (Pin T0)

COLUMN: EQU 020H ; COLUM SCAN

ROW: EQU 021H ; ROW SCAN

KEY: EQU 022H ; DATA KEY

SCAN: EQU 023H ; SCAN OUT

ADD_LCD: EQU 024H ; ADDRESS LCD

CHARAC: EQU 025H ; CHARACTER

ADD_TAB: EQU 026H ; ADDRESS TABLE

R8: EQU 028H ; DEALY

R9: EQU 029H ; DELAY

RA: EQU 02AH ; DELAY

PORT_ROW: EQU 02BH ; BACK UP ROW

RATE: EQU 02CH

VOL: EQU 02DH

C_RATE: EQU 02EH

C_VOL: EQU 02FH

SENSOR: BIT P2.5 ;ACTIVE HIGHT

MOTOR: BIT P2.7 ;ACTIVE LOW

ORG 0000H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
.*****
;
.*****          INITIAL          *****
;
.*****
;
```

CONTROL: SETB MOTOR

```

SETB   CS_LCD     ; initial LCD
ACALL     DELAY_1     ; initial delay
ACALL     INIT_LCD
ACALLDELAY_1
ACALLCLR_LCD

.*****
;
.*****          START          *****
;
.*****
;
```

```
START:            ACALLCLR_LCD
MOV   DPTR,#TB_CHE
ACALLSHOW_L1
ACALLDELAY_3
```

```
.*****
;
.*****          MANU KEEP DATA          *****
;
.*****
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MANU: SETB MOTOR

;***** KEEP RATE *****

MANU_1: ACALLCLR_LCD

MOV DPTR,#TB_RATE

ACALLSHOW_L1

MOV DPTR,#TB_RML

ACALLSHOW_L2

MOV RATE,#01H

MA1_1: ACALLKEY_UP

ACALLSCAN_KEY ;; START 03H

MOV A,KEY

MA1_2: CJNE A,#"C",MA1_3

AJMP MANU_1

MA1_3: CJNE A,#"U",MA1_4

AJMP INC_R

MA1_4: CJNE A,#"D",MA1_5

AJMP DEC_R

MA1_5: CJNE A,#"E",MA1_1

AJMP NEXT_VOL

INC_R: MOV A,RATE

CJNE A,#03H,IR_1

MOV RATE,#00H

IR_1 INC RATE

AJMP SHOW_R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

DEC_R:      MOV  A,RATE
            CJNE A,#01H,DR_1
            MOV  RATE,#04H
DR_1:      DEC  RATE
            AJMP SHOW_R

```

```

;*****
;

```

```

SHOW_R:     MOV  A,RATE
            CJNE A,#01H,SH_R1
            MOV  ADD_LCD,#42H
            ACALLSHOW_050
            AJMP MA1_1

```

```

SH_R1:      CJNE A,#02H,SH_R2
            MOV  ADD_LCD,#42H
            ACALLSHOW_100
            AJMP MA1_1

```

```

SH_R2:      CJNE A,#03H,SH_R3
            MOV  ADD_LCD,#42H
            ACALLSHOW_150
            AJMP MA1_1

```

```

SH_R3:      MOV  RATE,#01H
            MOV  ADD_LCD,#42H
            ACALLSHOW_050
            AJMP MA1_1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

SHOW_050:  MOV  A,#"0"
            ACALLSHOW_1C
            MOV  A,#"5"
            INC   ADD_LCD
            ACALLSHOW_1C
            MOV  A,#"0"
            INC   ADD_LCD
            ACALLSHOW_1C

            RET

```

```

SHOW_100:  MOV  A,#"1"
            ACALLSHOW_1C
            MOV  A,#"0"
            INC   ADD_LCD
            ACALLSHOW_1C
            MOV  A,#"0"
            INC   ADD_LCD
            ACALLSHOW_1C

            RET

```

```

SHOW_150:  MOV  A,#"1"
            ACALLSHOW_1C
            MOV  A,#"5"
            INC   ADD_LCD
            ACALLSHOW_1C
            MOV  A,#"0"
            INC   ADD_LCD
            ACALLSHOW_1C

            RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
;*****
```

```
NEXT_VOL:
```

```
;***** KEEP VOL *****
```

```
MANU_2:          ACALLCLR_LCD
```

```
MOV DPTR,#TB_VOL
```

```
ACALLSHOW_L1
```

```
MOV DPTR,#TB_VML
```

```
ACALLSHOW_L2
```

```
MOV VOL,#01H
```

```
MA2_1:
```

```
ACALLKEY_UP
```

```
ACALLSCAN_KEY ;; START 03H
```

```
MOV A,KEY
```

```
MA2_2:
```

```
CJNE A,#"C",MA2_3
```

```
AJMP MANU_2
```

```
MA2_3:
```

```
CJNE A,#"U",MA2_4
```

```
AJMP INC_V
```

```
MA2_4:
```

```
CJNE A,#"D",MA2_5
```

```
AJMP DEC_V
```

```
MA2_5:
```

```
CJNE A,#"E",MA2_1
```

```
AJMP NEXT_WORK
```

```
INC_V:
```

```
MOV A,VOL
```

```
CJNE A,#03H,IV_1
```

```
MOV VOL,#00H
```

```
IV_1
```

```
INC VOL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
AJMP SHOW_V
```

```
DEC_V:      MOV  A,VOL
```

```
            CJNE A,#01H,DV_1
```

```
            MOV  VOL,#04H
```

```
DV_1:      DEC  VOL
```

```
            AJMP SHOW_V
```

```
;*****
```

```
SHOW_V:    MOV  A,VOL
```

```
            CJNE A,#01H,SH_V1
```

```
            MOV  ADD_LCD,#42H
```

```
            ACALLSHOW_V010
```

```
            AJMP MA2_1
```

```
SH_V1:     CJNE A,#02H,SH_V2
```

```
            MOV  ADD_LCD,#42H
```

```
            ACALLSHOW_V020
```

```
            AJMP MA2_1
```

```
SH_V2:     CJNE A,#03H,SH_V3
```

```
            MOV  ADD_LCD,#42H
```

```
            ACALLSHOW_V030
```

```
            AJMP MA2_1
```

```
SH_V3:     MOV  VOL,#01H
```

```
            MOV  ADD_LCD,#42H
```

```
            ACALLSHOW_V010
```

```
            AJMP MA2_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

SHOW_V010: MOV  A,#"0"
             ACALLSHOW_1C
             MOV  A,#"1"
             INC   ADD_LCD
             ACALLSHOW_1C
             MOV  A,#"0"
             INC   ADD_LCD
             ACALLSHOW_1C
             RET

```

```

SHOW_V020: MOV  A,#"0"
             ACALLSHOW_1C
             MOV  A,#"2"
             INC   ADD_LCD
             ACALLSHOW_1C
             MOV  A,#"0"
             INC   ADD_LCD
             ACALLSHOW_1C
             RET

```

```

SHOW_V030: MOV  A,#"0"
             ACALLSHOW_1C
             MOV  A,#"3"
             INC   ADD_LCD
             ACALLSHOW_1C
             MOV  A,#"0"
             INC   ADD_LCD
             ACALLSHOW_1C

```

```

RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
*****
;
```

```
NEXT_WORK:
```

```
***** CONFROM *****
;
```

```
ACALL CLR_LCD
```

```
CONFROM: MOV DPTR,#TB_TOT
```

```
ACALLSHOW_L1
```

```
*** RATE ***
;
```

```
MOV A,RATE
```

```
CJNE A,#01H,S_CON1
```

```
MOV ADD_LCD,#01H
```

```
ACALLSHOW_050
```

```
AJMP SHOW_VOL
```

```
S_CON1: CJNE A,#02H,S_CON2
```

```
MOV ADD_LCD,#01H
```

```
ACALLSHOW_100
```

```
AJMP SHOW_VOL
```

```
S_CON2: CJNE A,#03H,S_CON3
```

```
MOV ADD_LCD,#01H
```

```
ACALLSHOW_150
```

```
AJMP SHOW_VOL
```

```
S_CON3: MOV RATE,#01H
```

```
MOV ADD_LCD,#01H
```

```
ACALLSHOW_050
```

```
AJMP SHOW_VOL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ไม่มีค่าลิขสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;*** VOL ***

```
SHOW_VOL:      MOV  A,VOL
                CJNE A,#01H,SV_CON1
                MOV  ADD_LCD,#0AH
                ACALL SHOW_V010
                AJMP SHOW_CF
```

```
SV_CON1:       CJNE A,#02H,SV_CON2
                MOV  ADD_LCD,#0AH
                ACALL SHOW_V020
                AJMP SHOW_CF
```

```
SV_CON2:       CJNE A,#03H,SV_CON3
                MOV  ADD_LCD,#0AH
                ACALL SHOW_V030
                AJMP SHOW_CF
```

```
SV_CON3:       MOV  VOL,#01H
                MOV  ADD_LCD,#0AH
                ACALL SHOW_V010
                AJMP SHOW_CF
```

```
SHOW_CF:       MOV  DPTR,#TB_CON
                ACALL SHOW_L2
```

```
CF_0:          ACALL SCAN_KEY
                CJNE A,#"E",CF_1
                AJMP WORKING
```

```
CF_1:          CJNE A,#"C",CF_0
```

```
AJMP MANU
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
*****
,
*****      WROKING      *****
,
*****
```

```
WORKING:  ACALL      CLR_LCD
          MOV  DPTR,#TB_WORK
          ACALLSHOW_L1
```

```
          MOV  C_RATE,RATE
          MOV  C_VOL,VOL
```

DIVE_MOTOR:

```
          MOV  R1,#125D
          MOV  A,R1
          MOV  B,RATE
          DIV  AB
          MOV  R2,A
```

```
DIVE:      MOV  A,R2
          MOV  R1,A
```

```
DIVE_1:    ACALLDIVE_M
          DJNZ R1,DIVE_1
          DJNZ C_VOL,DIVE
```

AJMP MANU

```
DIVE_M:    CLR   MOTOR      ;DIVE MOTOR POSITIVE PULSE
```

```
          MOV  C_RATE,RATE
```

```
DIV_P1:    MOV  R9,#050H      ;50 ML/HR
```

```
DIV_P2:    MOV  RA,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
DJNZ RA,$
DJNZ R9,DIV_P2
DJNZ C_RATE,DIV_P1
SETB MOTOR
ACALLDIVE_MN
RET

DIVE_MN: MOV R8,#080H ;DIVE MOTOR NEGATIVE PLUSE
DIV_M1: MOV R9,#0FFH
DJNZ R9,$
DJNZ R8,DIV_M1
RET

MOV A,RATE
ORL A,#00110000B
MOV ADD_LCD,#48H
ACALLSHOW_1C

MOV A,VOL
ORL A,#00110000B
INC ADD_LCD
ACALLSHOW_1C
AJMP $
```

```
,*****
,***** show LCD *****
,*****
```

```
SHOW_1C: PUSH ACC
MOV A,ADD_LCD
```

SETB ACC.7
ACALLWR_INS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นผู้ที่ไม่มีสิทธิเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

POP    ACC
ACALL  WR_DATA
RET

```

```

SHOW_L1:  MOV  ADD_LCD,#00H
          AJMP  SHOW_LCD
SHOW_L2:  MOV  ADD_LCD,#40H
SHOW_LCD: MOV  CHARAC,#16D
          MOV  ADD_TAB,#00H
S_LCD_1:  MOV  A,ADD_LCD  ;SET ADDRESS
          SETB ACC.7
          ACALL WR_INS
          MOV  A,ADD_TAB
          MOVC A,@A+DPTR
          CJNE A,#"-",S_LCD_2
          AJMP  S_LCD_3      ;*****
S_LCD_2:  ACALL WR_DATA
          INC  ADD_TAB
          INC  ADD_LCD
          DJNZ CHARAC,S_LCD_1
S_LCD_3:  RET

```

```

;*****
;

```

```

WR_DATA:  MOV  B,A
          ANL  A,#0F0H
          ORL  A,#00001100B  ;RS/CS HI
          MOV  R2,A
          MOV  A,P1
          ANL  A,#00000011B

```

```

ORL  A,R2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 MOV P1,A
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

ACALL    EN_LCD
MOV  A,B      ;Low byte
SWAP  A
ANL  A,#0F0H
ORL  A,#00001100B
MOV  R2,A
MOV  A,P1
ANL  A,#00000011B
ORL  A,R2
MOV  P1,A
ACALL EN_LCD
RET

```

```

WR_INS:  MOV  B,A
        ANL  A,#0F0H
        ORL  A,#00001000B      ; CS HI
        MOV  R2,A
        MOV  A,P1
        ANL  A,#00000011B      ;else bit
        ORL  A,R2
        MOV  P1,A      ; High byte
        ACALL EN_LCD
        MOV  A,B      ; Low byte
        SWAP  A
        ANL  A,#0F0H
        ORL  A,#00001000B      ; CS HI
        MOV  R2,A
        MOV  A,P1
        ANL  A,#00000011B
        ORL  A,R2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

INIT_LCD: CLR RS_LCD

MOV A,#33H ; Set DL = 1 3-time

ACALL WR_INS

MOV A,#32H ; Clear DL = 0 1-time

ACALL WR_INS

MOV A,#28H ; Function set

ACALL WR_INS ; DL=0 4Bit,N=1 2Line,F=0 5X7

MOV A,#0CH

ACALL WR_INS ; Entry display,cursor off,cursor not blink

MOV A,#06H ; Entry mode set

ACALL WR_INS ; I/D=1 Increment,S=0 cursor shift

MOV A,#01H ; Clear display

ACALL WR_INS ; Clear display,set DD RAM address=0

RET

CLR_LCD: MOV A,#01H

ACALL WR_INS

RET

EN_LCD: CLR CS_LCD ; Enable LCD

ACALL BUSY ; Busy delay time

SETB CS_LCD ; Disable LCD

RET

***** SCANKEY *****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
;COLUMN EQU P0.4 - P0.7 V
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
;ROW EQU P0.0 - P0.3 >
;P3.4 EQU ENABLE KEY PORT , ACTIVE "0"
```

```
SCAN_KEY: ACALLBUSY
MOV COLUMN,#00H
MOV ROW,#00H
MOV R7,#00H ;ROW
MOV SCAN,#11110111B
```

```
SCAN_C: MOV A,SCAN
RL A
MOV SCAN,A
INC R7
CJNE R7,#05H,SC_1 ;End of column
AJMP SCAN_KEY
SC_1: MOV P0,A
ACALLBUSY ;If conect buffer,we must delay
MOV A,P0
ORL A,#0F0H
MOV PORT_ROW,A
CJNE A,#0FFH,SCAN_R ;Check key down
AJMP SCAN_C
```

```
SCAN_R: MOV A,PORT_ROW
SETB C
```

```
SR_1: RRC A
INC ROW
JNC ACTIVE
AJMP SR_1
```

```
ACTIVE: DEC R7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

DEC    ROW
MOV    A,ROW
MOV    B,#04H
MUL    AB
ADD    A,COLUMN
MOV    DPTR,#TB_D1
MOVC   A,@A+DPTR
MOV    KEY,A

```

```
RET
```

```

KEY_UP:  MOV    A,P0
        ORL     A,#0F0H
        CJNE    A,#0FFH,KEY_UP

```

```
RET
```

```

;*****
;*** ASC TO HEX INPUT R1,R2,R3 OUTPUT R4 ***
;*****

```

```

ASC_HEX: MOV    A,R1
        ANL     A,#00FH
        MOV     R1,A

```

```

MOV     A,R2
ANL     A,#00FH
MOV     R2,A

```

```

MOV     A,R3
ANL     A,#00FH

```

```
MOV     R3,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

MOV  A,R2
MOV  B,#10D
MUL  AB
ADD  A,R3
MOV  R5,A
MOV  A,R1
MOV  B,#100D
MUL  AB
CLR  C

```

```

ADD  A,R5
MOV  R4,A
RET

```

```

CHECK_KEY: ACALLSCAN_KEY
MOV  A,KEY
MOV  ADD_LCD,#08H
ACALLSHOW_1C
AJMP CHECK_KEY

```

```

,*****
,
,***      DELAY      ***
,*****
,

```

```

BUSY:      MOV  R8,#0AH
BUSY1:     MOV  R9,#0FFH
           DJNZ R9,$
           DJNZ R8,BUSY1
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 DELAY_1: MOV R8,#0FFH
 ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
DEL:      MOV  R9,#0FFH
          DJNZ R9,$
          DJNZ R8,DEL
          RET
```

```
DELAY_2:  MOV  R8,#03H
DEL2_2:    MOV  R9,#0FFH
DEL2_1     MOV  RA,#0FFH
          DJNZ RA,$
          DJNZ R9,DEL2_1
          DJNZ R8,DEL2_2
          RET
```

```
DELAY_3:  MOV  R8,#00AH
DEL3_2:    MOV  R9,#0FFH
DEL3_1     MOV  RA,#0FFH
          DJNZ RA,$
          DJNZ R9,DEL2_1
          DJNZ R8,DEL2_2
          RET
```

```
*****
;
***** TABLE *****
;
*****

;TB_D1:      DB   "123A456B789CD0NY_"
TB_D1:       DB   "EH0CF987D654U321_"
;0123456789012345
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
TB CHE: DB "CHEMICAL MIXER_"
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TB_RATE: DB " SET FLOW RATE_"
TB_RML: DB "(050) ml/Hr_"
TB_050: DB "050_"
TB_100: DB "100_"
TB_150: DB "150_"
TB_VOL: DB " SET VOLUME_"
TB_VML: DB "(010) ml_"
TB_TOTR: DB " RATE ml/Hr_"
TB_TOTV: DB " VOL ml_"
TB_TOT: DB " ---ml/Hr ---ml_"
TB_CON: DB " YES(E) NO(C)_"
TB_SETING DB " ---/ml_"

TB_OK: DB "OK PRESS E_"
TB_NK: DB " NOT OK PRESS C_"
TB_PW: DB " PLEASE WAIT_"
TB_WORK: DB " WORKING _"

END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT SPECIFICATIONS

- PHYSICAL DATA
- EXTERNAL DIMENSIONS
- BLOCK DIAGRAM
- ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
- ELECTRICAL CHARACTERISTICS
- OPERATING PRINCIPLES & METHODS
- DISPLAY DATA RAM ADDRESS MAP
- ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS
- INTERFACE PIN CONNECTIONS
- PART LIST
- CIRCUIT DIAGRAM
- RELIABILITY
- QUALITY GUARANTEE
- INSPECTION CRITERIA
- PRECAUTIONS FOR USING LCD MODULES
- USING LCD MODULES

■ PHYSICAL DATA

Item	Contents	Unit
LCD type	STN	---
LCD duty	1/16	---
LCD bias	1/5	---
Viewing direction	6	o'clock
Module size (W×H×T)	85 × 30 × 10MAX (3.35" × 1.18" × 0.39"MAX)	mm
Viewing area (W×H)	62.8 × 16 (2.47" × 0.63")	mm
Number of characters (characters×lines)	16 × 2	---
Character matrix (W×H)	5 × 8	dots
Character size (W×H)	3.53 × 4.89 (0.139" × 0.193")	mm
Dot size (W×H)	0.50 × 0.55 (0.020" × 0.022")	mm
Dot pitch (W×H)	0.57 × 0.62 (0.022" × 0.024")	mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT SPECIFICATIONS

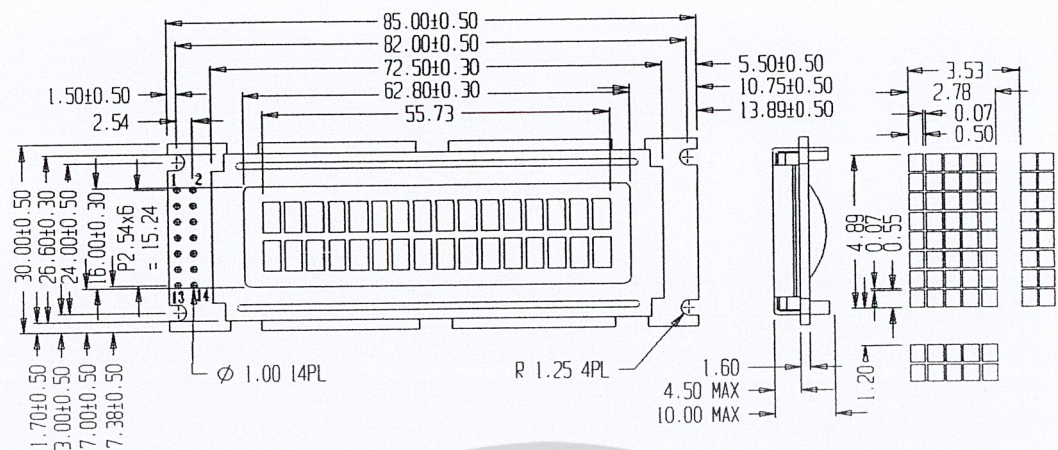
- PHYSICAL DATA
- EXTERNAL DIMENSIONS
- BLOCK DIAGRAM
- ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
- ELECTRICAL CHARACTERISTICS
- OPERATING PRINCIPLES & METHODS
- DISPLAY DATA RAM ADDRESS MAP
- ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS
- INTERFACE PIN CONNECTIONS
- PART LIST
- CIRCUIT DIAGRAM
- RELIABILITY
- QUALITY GUARANTEE
- INSPECTION CRITERIA
- PRECAUTIONS FOR USING LCD MODULES
- USING LCD MODULES

■ PHYSICAL DATA

Item	Contents	Unit
LCD type	STN	---
LCD duty	1/16	---
LCD bias	1/5	---
Viewing direction	6	o'clock
Module size (W×H×T)	85 × 30 × 10MAX (3.35" × 1.18" × 0.39"MAX)	mm
Viewing area (W×H)	62.8 × 16 (2.47" × 0.63")	mm
Number of characters (characters×lines)	16 × 2	---
Character matrix (W×H)	5 × 8	dots
Character size (W×H)	3.53 × 4.89 (0.139" × 0.193")	mm
Dot size (W×H)	0.50 × 0.55 (0.020" × 0.022")	mm
Dot pitch (W×H)	0.57 × 0.62 (0.022" × 0.024")	mm

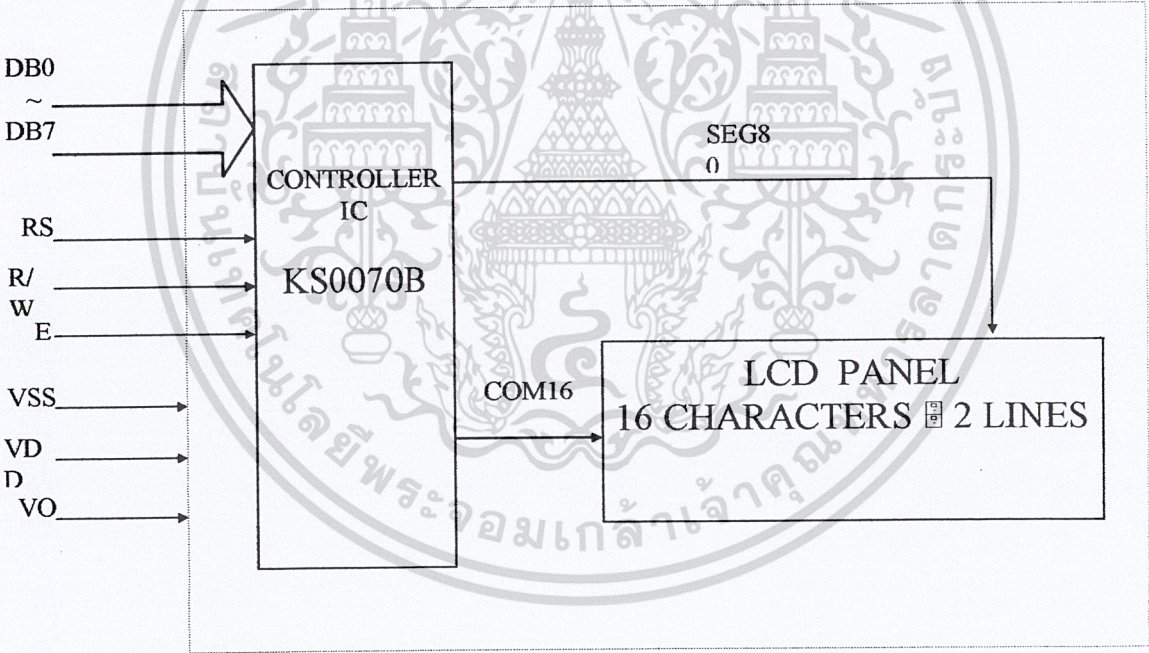
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ EXTERNAL DIMENSIONS



■ BLOCK DIAGRAM

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	E	R/W	RS	VO	VSS	VDD



■ ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Supply voltage for logic	VDD	-0.3	7.0	V
Supply voltage for LCD	VDD - VO	-0.3	VDD+0.3	V
Input voltage	VI	-0.3	VDD+0.3	V
Operating temperature	TOP	0	50	°C
Storage temperature	TST	-10	60	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS (VDD = +5V±10% , VSS = 0V,
Ta = 25°C)

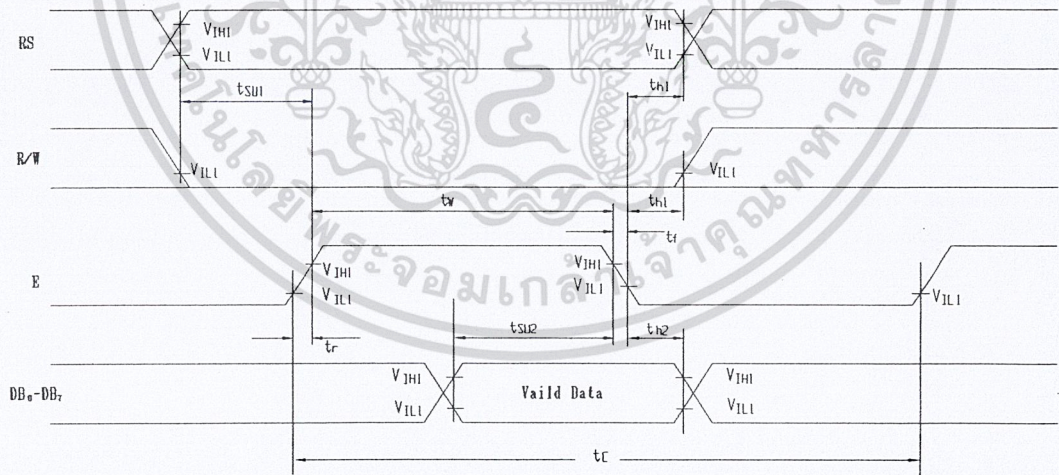
u DC Characteristics

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply voltage for logic	VDD	---	4.5	5.0	5.5	V
Supply current for logic	IDD	---	---	1.38	3	mA
Operating voltage for LCD	VDD - VO	0°C	4.7	5.0	5.3	V
		25°C	4.5	4.8	5.1	V
		50°C	4.3	4.6	4.9	V
Input voltage ' H ' level	VIH	---	2.2	---	VDD	V
Input voltage ' L ' level	VIL	---	-0.3	---	0.6	V

u AC Characteristics

● Write mode

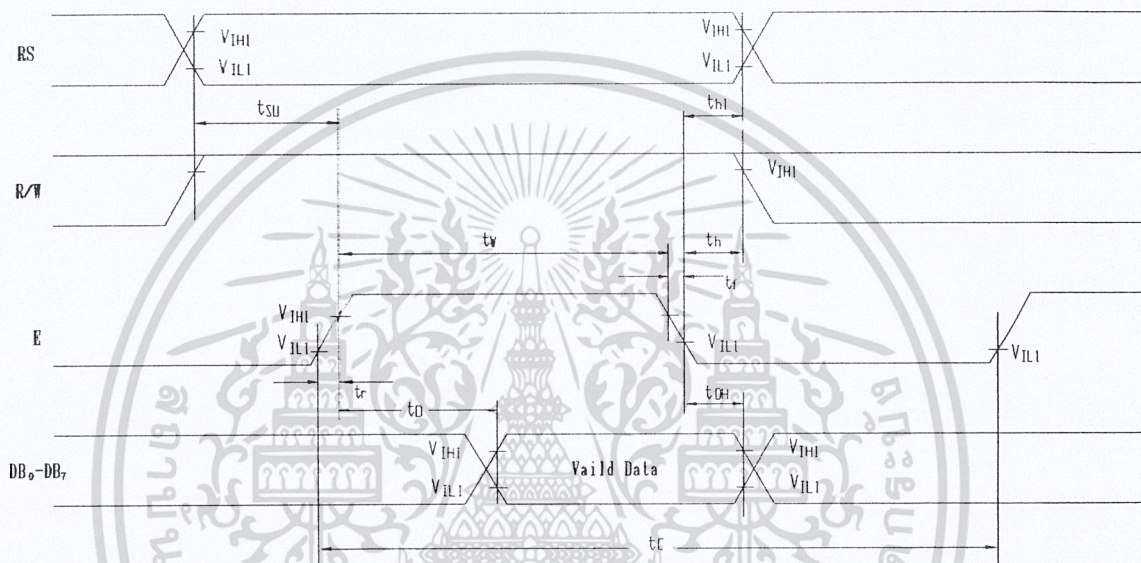
Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test pin
E cycle time	t _C	500	---	---	ns	E
E rise time	t _r	---	---	25	ns	E
E fall time	t _f	---	---	25	ns	E
E pulse width (High, Low)	t _w	220	---	---	ns	E
R/W and RS set-up time	t _{SU1}	40	---	---	ns	R/W, RS
R/W and RS hold time	t _{h1}	10	---	---	ns	R/W, RS
Data set-up time	t _{SU2}	60	---	---	ns	DB ₀ ~DB ₇
Data hold time	t _{h2}	10	---	---	ns	DB ₀ ~DB ₇



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● Read mode

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test pin
E cycle time	t_C	500	---	---	ns	E
E rise time	t_r	---	---	25	ns	E
E fall time	t_f	---	---	25	ns	E
E pulse width	t_w	220	---	---	ns	E
R/W and RS set-up time	t_{SU}	40	---	---	ns	R/W, RS
R/W and RS hold time	t_h	10	---	---	ns	R/W, RS
Data output delay time	t_D	---	---	120	ns	DB ₀ ~ DB ₇
Data hold time	t_{DH}	20	---	---	ns	DB ₀ ~ DB ₇



■ OPERATING PRINCIPLES & METHODS

u Control and Display Command

Command	RS	R/W	DB 7	DB 6	DB 5	DB 4	DB 3	DB 2	DB 1	DB 0	Execution Time ($f_{osc} = 250kHz$)	Remark		
DISPLAY CLEAR	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	1.64ms			
RETURN HOME	L	L	L	L	L	L	L	L	H	X	1.64ms	Cursor move to first digit		
ENTRY MODE SET	L	L	L	L	L	L	L	H	I/D	SH	42μs	• I/D : Set cursor move direction		
												I/D	H	Increase
													L	Decrease
												• SH : Specifies shift of display		
SH	H	Display is shifted												
		L	Display is not shifted											
DISPLAY ON/OFF	L	L	L	L	L	L	H	D	C	B	42μs	D	H	Display on
												D	L	Display off
													• Cursor	
												C	H	Cursor on
L	Cursor off													
• Blinking	B	H	Blinking on											
		L	Blinking off											
SHIFT	L	L	L	L	L	H	S/C	R/L	X	X	42μs	S/C	H	Display shift
													L	Cursor move
												R/L	H	Right shift
													L	Left shift
SET FUNCTION	L	L	L	L	H	DL	N	F	X	X	42μs	DL	H	8 bits interface
													L	4 bits interface
												N	H	2 line display
													L	1 line display
												F	H	5 X 10 dots
													L	5 X 7 dots
SET CG RAM ADDRESS	L	L	L	H	CG RAM address (corresponds to cursor address)						42μs	CG RAM Data is sent and received after this setting		
SET DD RAM ADDRESS	L	L	H	DD RAM address						42μs	DD RAM Data is sent and received after this setting			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ BUSY FLAG & ADDRESS	L	H	BF	Address Counter used for both DD & CG RAM address	0μs	<table><tr><td rowspan="2">BF</td><td>H</td><td>Busy</td></tr><tr><td>L</td><td>Ready</td></tr></table> – Reads BF indication internal operating is being performed – Reads address counter contents	BF	H	Busy	L	Ready
	BF	H	Busy								
L		Ready									
WRITE DATA	H	L	Write Data		46μs	Write data into DD or CG RAM					
READ DATA	H	H	Read Data		46μs	Read data from DD or CG RAM					

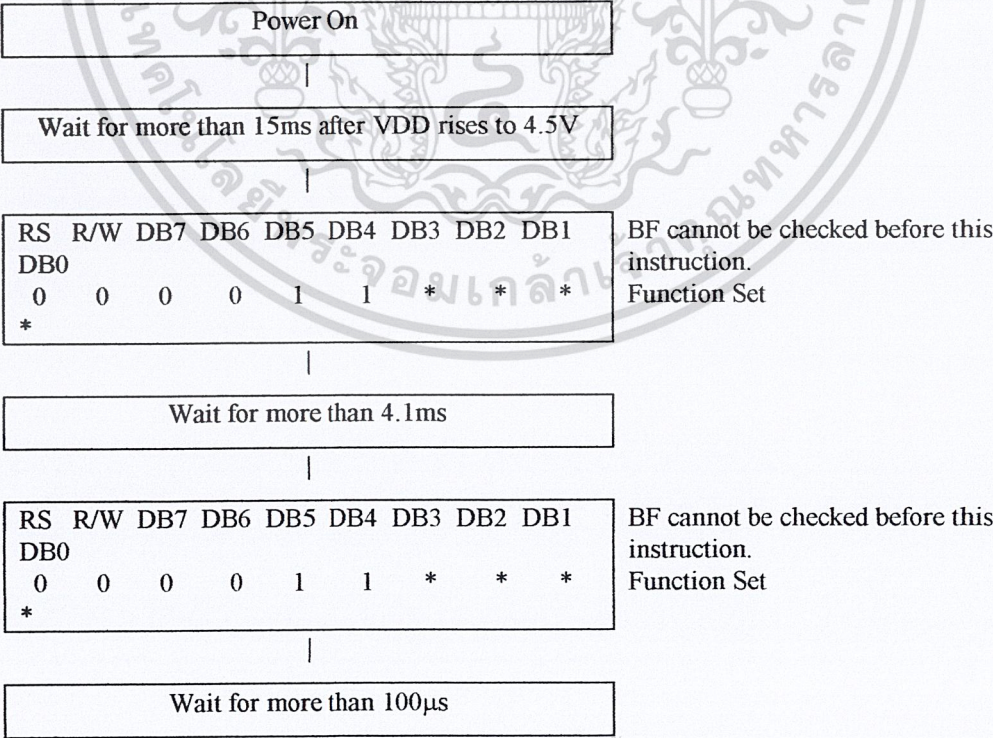
X : Don't care

u Initializing by Internal Reset Circuit

The KS0070B automatically initializes (resets) when the power is on using the internal reset circuit. The following instruction are executed in initialization. The busy flag is kept in busy state (BF=1) until initialization ends. The busy state is 10ms after VDD rises to 4.5V.

- (1) Display Clear
- (2) Function Set
 - DL = 1 : 8-bit interface data
 - N = 0 : 1-line display
 - F = 0 : 5x7-dot character font
- (3) Display On/Off Control
 - D = 0 : Display Off
 - C = 0 : Cursor Off
 - B = 0 : Blink Off
- (4) Entry Mode Set
 - I/D = 1 : +1 (Increment)
 - S = 0 : No Shift

u Initializing by Instruction



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1
DB0								
0	0	0	0	1	1	*	*	*
*								

BF cannot be checked before this instruction.
Function Set



BF can be checked after following instruction.
When BF is not checked, the waiting time between instructions is longer than execution instruction time.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1
DB0								
0	0	0	0	1	1	N	F	*
*								
0	0	0	0	0	0	1	0	0
0								
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1								
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D
S								

Function Set (Specify the number of display lines and character font.) The number of display lines and character font cannot be changed afterwards.
Display Off
Display Clear
Entry Mode Set

Initialization ends

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u Standard Character Pattern

upper 4 bit lower 4 bit		0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0000	CG RAM (1)															
0001	(2)															
0010	(3)															
0011	(4)															
0100	(5)															
0101	(6)															
0110	(7)															
0111	(8)															
1000	(1)															
1001	(2)															
1010	(3)															
1011	(4)															
1100	(5)															
1101	(6)															
1110	(7)															
1111	(8)															

■ DISPLAY DATA RAM ADDRESS MAP

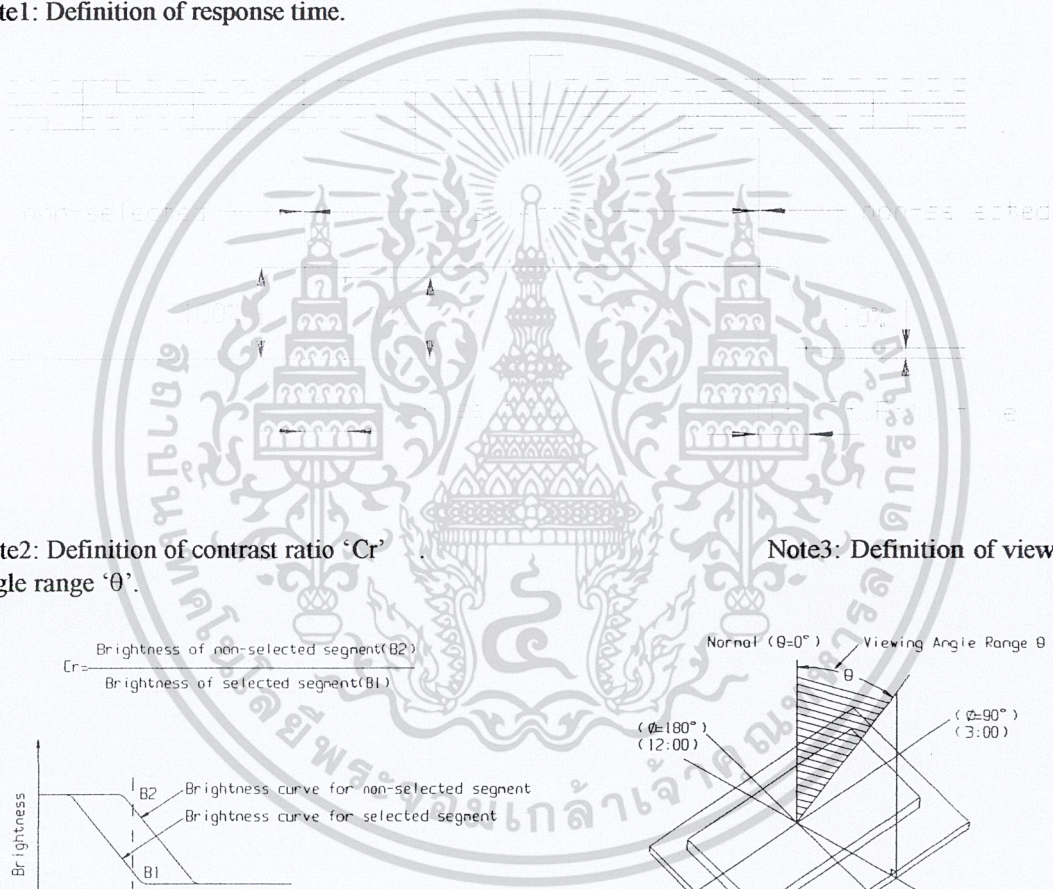
Characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
First line	00H	01H	02H	03H	04H	05H	06H	07H	08H	09H	0AH	0BH	0CH	0DH	0EH	0FH
Second line	40H	41H	42H	43H	44H	45H	46H	47H	48H	49H	4AH	4BH	4CH	4DH	4EH	4FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

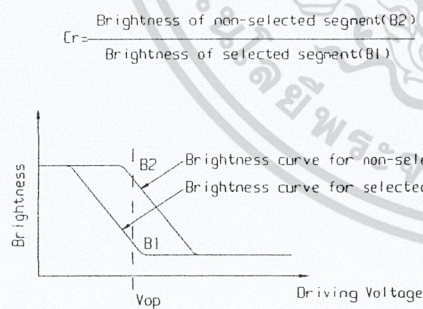
■ ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS ($V_{OP} = 4.8V$, $T_a = 25^{\circ}C$)

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit	Remarks	Note
Response time	Tr	---	---	287	---	ms	---	1
	Tf	---	---	57	---	ms	---	1
Contrast ratio	Cr	---	---	28.1	---	---	---	2
Viewing angle range	θ	$Cr \geq 2$	45	---	---	deg	$\varnothing = 90^{\circ}$	3
			46	---	---	deg	$\varnothing = 270^{\circ}$	3
			60	---	---	deg	$\varnothing = 0^{\circ}$	3
			60	---	---	deg	$\varnothing = 180^{\circ}$	3

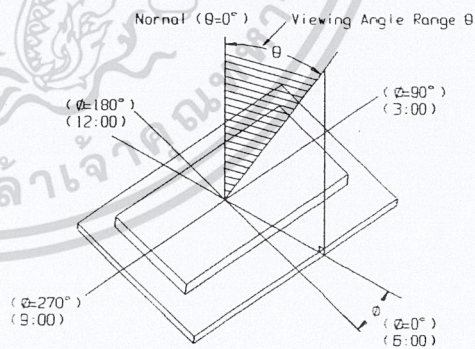
Note1: Definition of response time.



Note2: Definition of contrast ratio ‘Cr’
angle range ‘ θ ’.



Note3: Definition of viewing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ INTERFACE PIN CONNECTIONS

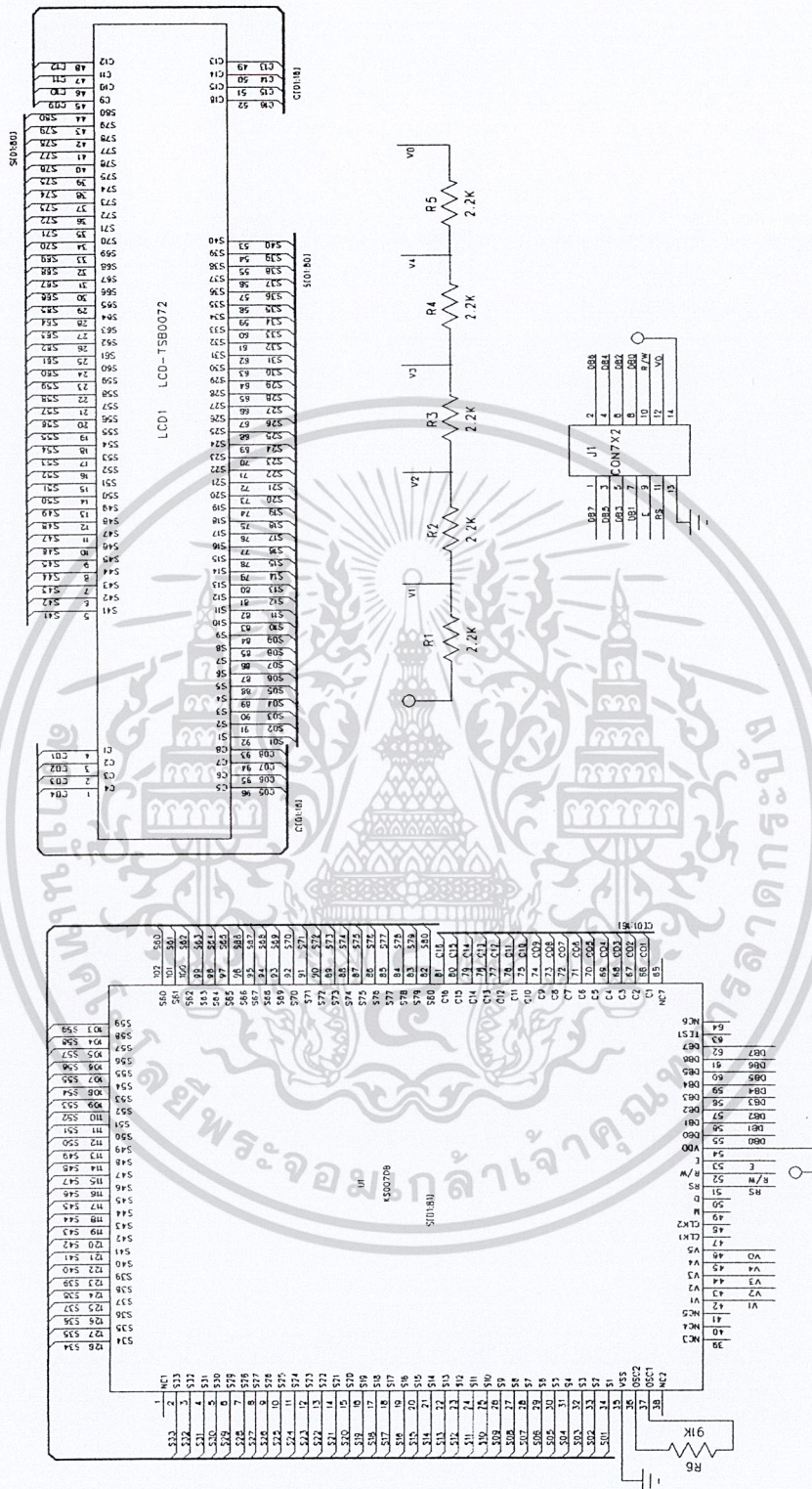
Pin NO.	Symbol	Level	Description
1	DB7	H/L	Data bit 7
2	DB6	H/L	Data bit 6
3	DB5	H/L	Data bit 5
4	DB4	H/L	Data bit 4
5	DB3	H/L	Data bit 3
6	DB2	H/L	Data bit 2
7	DB1	H/L	Data bit 1
8	DB0	H/L	Data bit 0
9	E	H, H → L	Chip enable signal
10	R/W	H/L	H : Read mode, L : Write mode
11	RS	H/L	H : Data signal, L : Instruction signal
12	VO	---	Input voltage for LCD
13	VSS	0V	Ground
14	VDD	5.0V	Supply voltage for logic

■ PART LIST

Part Name	Description	Quantity
IC	KS0070B.PCC	1
LCD	162D	1
PCB	162D	1
Frame	162D	1
Rubber connector	68.5x2.4x2.2mm YS	2
Resistor	6.8KΩ	5
Resistor	91KΩ	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ CIRCUIT DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ RELIABILITY

u Content of Reliability Test

Environmental Test				
No	Test Item	Content of Test	Test Condition	Applicable Standard
1	High temperature storage	Endurance test applying the high storage temperature for a long time.	60 °C 200 hrs	-----
2	Low temperature storage	Endurance test applying the low storage temperature for a long time.	-10 °C 200 hrs	-----
3	High temperature operation	Endurance test applying the electric stress (Voltage & Current) and the thermal stress to the element for a long time.	50 °C 200 hrs	-----
4	Low temperature operation	Endurance test applying the electric stress under low temperature for a long time.	0 °C 200 hrs	-----
5	High temperature / Humidity storage	Endurance test applying the high temperature and high humidity storage for a long time.	60 °C , 90 %RH 96 hrs	MIL-202E-103B JIS-C5023
6	High temperature / Humidity operation	Endurance test applying the electric stress (Voltage & Current) and temperature / humidity stress to the element for a long time.	40 °C , 90 %RH 96 hrs	MIL-202E-103B JIS-C5023
7	Temperature cycle	Endurance test applying the low and high temperature cycle. -10°C 25°C 60°C 30min 5min 30min ↔ ↔ ↔ 1 cycle	-10°C / 60°C 10 cycles	-----
Mechanical Test				
8	Vibration test	Endurance test applying the vibration during transportation and using.	10~22Hz → 1.5mmp-p 22~500Hz → 1.5G Total 0.5hrs	MIL-202E-201A JIS-C5025 JIS-C7022-A-10
9	Shock test	Constructional and mechanical endurance test applying the shock during transportation.	50G Half sign wave 11 msdc 3 times of each direction	MIL-202E-213B
10	Atmospheric pressure test	Endurance test applying the atmospheric pressure during transportation by air.	115 mbar 40 hrs	MIL-202E-105C
Others				
11	Static electricity test	Endurance test applying the electric stress to the terminal.	VS=800V , RS=1.5 kΩ CS=100 pF 1 time	MIL-883B-3015.1

*** Supply voltage for logic system = 5V. Supply voltage for LCD system = Operating voltage at 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u Failure Judgement Criterion

Criterion Item	Test Item No.												Failure Judgment Criterion
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Basic specification													Out of the Basic Specification
Electrical characteristic													Out of the DC and AC Characterstic
Mechanical characteristic													Out of the Mechanical Specification Color change : Out of Limit Apperance Specification
Optical characterstic													Out of the Apperance Standard

■ QUALITY GUARANTEE

u Acceptable Quality Level

- Each lot should satisfy the quality level defined as follows.
- Inspection method : MIL-STD-105E LEVEL II Normal one time sampling
 - AQL

Partition	AQL	Definition
A: Major	0.4%	Functional Defective as Product
B: Minor	1.5%	Satisfy all functions as Product but not satisfy cosmetic standard

u Definition of 'LOT'

One lot means the delivery quantity to customer at one time.

u Conditions of Cosmetic Inspection

- Environmental condition
The inspection should be performed at the 1m of height from the LCD module under 2 pieces of 40W white fluorescent lamps (Normal temperature 20~25°C and normal humidity 60±15%RH).
- Inspection method
The visual check should be performed vertically at more than 30cm distance from the LCD panel.
- Driving voltage
The V_0 value which the most optimal contrast can be obtained near the specified V_0 in the specification. (Within $\pm 0.5V$ of the typical value at 25°C.).

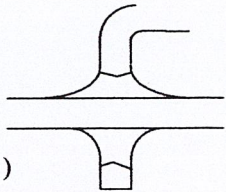
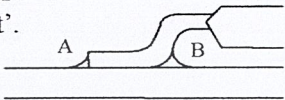
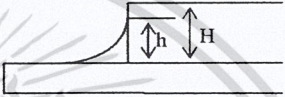
■ INSPECTION CRITERIA

u Module Cosmetic Criteria

No.	Item	Judgement Criterion	Partition
1	Difference in Spec.	None allowed	Major
2	Pattern peeling	No substrate pattern peeling and floating	Major
3	Soldering defects	No soldering missing No soldering bridge No cold soldering	Major Major Minor
4	Resist flaw on substrate	Invisible copper foil ($\varnothing 0.5\text{mm}$ or more) on substrate pattern	Minor
5	Accretion of metallic foreign matter	No soldering dust No accretion of metallic foreign matters (Not exceed $\varnothing 0.2\text{mm}$)	Minor Minor
6	Stain	No stain to spoil cosmetic badly	Minor
7	Plate discoloring	No plate fading, rusting and discoloring	Minor

เอกสารนี้เป็นเอกสารผลงานสร้างสรรค์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u Module Cosmetic Criteria (continued)

8	Solder amount	a. Soldering side of PCB Solder to form a 'Filet' all around the lead. Solder should not hide the lead form perfectly. (too much) b. Components side (In case of 'Through Hole PCB') Solder to reach the Components side of PCB. 	Minor
	2. Flat packages	Either 'toe' (A) or 'heel' (B) of the lead to be covered by 'Filet'. Lead form to be assume over solder. 	Minor
	3. Chips	$(3/2) H \geq h \geq (1/2) H$ 	Minor

u Screen Cosmetic Criteria (Non-Operating)

N o.	Defect	Judgement Criterion	Partitio n										
1	Spots	In accordance with <i>Screen Cosmetic Criteria (Operating) No.1.</i>	Minor										
2	Lines	In accordance with <i>Screen Cosmetic Criteria (Operating) No.2.</i>	Minor										
3	Bubbles in polarizer	<table><tr><th>Size : d mm</th><th>Acceptable Qty in active area</th></tr><tr><td>$d \leq 0.3$</td><td>Disregard</td></tr><tr><td>$0.3 < d \leq 1.0$</td><td>3</td></tr><tr><td>$1.0 < d \leq 1.5$</td><td>1</td></tr><tr><td>$1.5 < d$</td><td>0</td></tr></table>	Size : d mm	Acceptable Qty in active area	$d \leq 0.3$	Disregard	$0.3 < d \leq 1.0$	3	$1.0 < d \leq 1.5$	1	$1.5 < d$	0	Minor
Size : d mm	Acceptable Qty in active area												
$d \leq 0.3$	Disregard												
$0.3 < d \leq 1.0$	3												
$1.0 < d \leq 1.5$	1												
$1.5 < d$	0												
4	Scratch	In accordance with spots and lines operating cosmetic criteria. When the light reflects on the panel surface, the scratches are not to be remarkable.	Minor										
5	Allowable density	Above defects should be separated more than 30mm each other.	Minor										
6	Coloration	Not to be noticeable coloration in the viewing area of the LCD panels. Back-lit type should be judged with back-lit on state only.	Minor										
7	Contamination	Not to be noticeable.	Minor										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u Screen Cosmetic Criteria (Operating)

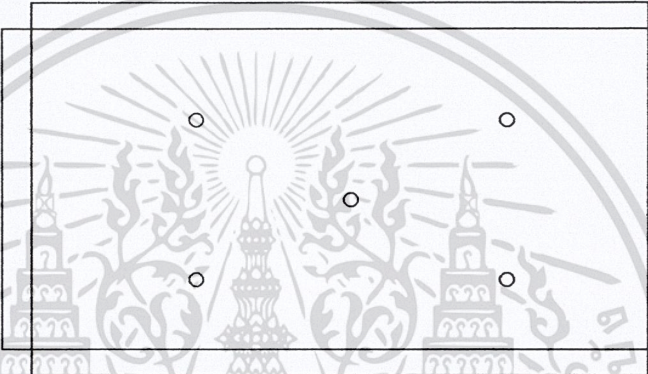
No	Defect	Judgement Criterion	Partitio n																				
1	Spots	A) Clear <table><tr><th>Size : d mm</th><th>Acceptable Qty in active area</th></tr><tr><td>$d \leq 0.1$</td><td>Disregard</td></tr><tr><td>$0.1 < d \leq 0.2$</td><td>6</td></tr><tr><td>$0.2 < d \leq 0.3$</td><td>2</td></tr><tr><td>$0.3 < d$</td><td>0</td></tr></table> Note : Including pin holes and defective dots which must be within one pixel size. B) Unclear <table><tr><th>Size : d mm</th><th>Acceptable Qty in active area</th></tr><tr><td>$d \leq 0.2$</td><td>Disregard</td></tr><tr><td>$0.2 < d \leq 0.5$</td><td>6</td></tr><tr><td>$0.5 < d \leq 0.7$</td><td>2</td></tr><tr><td>$0.7 < d$</td><td>0</td></tr></table>	Size : d mm	Acceptable Qty in active area	$d \leq 0.1$	Disregard	$0.1 < d \leq 0.2$	6	$0.2 < d \leq 0.3$	2	$0.3 < d$	0	Size : d mm	Acceptable Qty in active area	$d \leq 0.2$	Disregard	$0.2 < d \leq 0.5$	6	$0.5 < d \leq 0.7$	2	$0.7 < d$	0	Minor
Size : d mm	Acceptable Qty in active area																						
$d \leq 0.1$	Disregard																						
$0.1 < d \leq 0.2$	6																						
$0.2 < d \leq 0.3$	2																						
$0.3 < d$	0																						
Size : d mm	Acceptable Qty in active area																						
$d \leq 0.2$	Disregard																						
$0.2 < d \leq 0.5$	6																						
$0.5 < d \leq 0.7$	2																						
$0.7 < d$	0																						
2	Lines	A) Clear Note : () - Acceptable Qty in active area L - Length (mm) W - Width (mm) ∞ - Disregard B) Unclear	Minor																				

‘Clear’ = The shade and size are not changed by Vo.

‘Unclear’ = The shade and size are changed by Vo.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u Screen Cosmetic Criteria (Operating) (Continued)

No	Defect	Judgement Criterion	Partition
3	Rubbing line	Not to be noticeable.	
4	Allowable density	Above defects should be separated more than 10mm each other.	Minor
5	Rainbow	Not to be noticeable.	Minor
6	Dot size	To be 95% ~ 105% of the dot size (Typ.) in drawing. Partial defects of each dot (ex. pin-hole) should be treated as 'spot'. (see Screen Cosmetic Criteria (Operating) No.1)	Minor
7	Uneven brightness (only back-lit type module)	Uneven brightness must be $B_{MAX} / B_{MIN} \leq 2$ - B_{MAX} : Max. value by measure in 5 points - B_{MIN} : Min. value by measure in 5 points Divide active area into 4 vertically and horizontally. Measure 5 points shown in the following figure.  O : Measuring points	Minor

Note :

- (1) Size : $d = (\text{long length} + \text{short length}) / 2$
- (2) The limit samples for each item have priority.
- (3) Complexed defects are defined item by item, but if the number of defects are defined in above table, the total number should not exceed 10.
- (4) In case of 'concentration', even the spots or the lines of 'disregarded' size should not allowed.
Following three situations should be treated as 'concentration'.
 - 7 or over defects in circle of $\varnothing 5\text{mm}$.
 - 10 or over defects in circle of $\varnothing 10\text{mm}$.
 - 20 or over defects in circle of $\varnothing 20\text{mm}$.

■ PRECAUTIONS FOR USING LCD MODULES

u Handling Precautions

- (1) The display panel is made of glass. Do not subject it to a mechanical shock by dropping it or impact.
- (2) If the display panel is damaged and the liquid crystal substance leaks out, be sure not to get any in your mouth. If the substance contacts your skin or clothes, wash it off using soap and water.
- (3) Do not apply excessive force to the display surface or the adjoining areas since this may cause the color tone to vary.
- (4) The polarizer covering the display surface of the LCD module is soft and easily scratched. Handle this polarizer carefully.
- (5) If the display surface becomes contaminated, breathe on the surface and gently wipe it with a soft dry cloth. If it is heavily contaminated, moisten cloth with one of the following solvents :

เอกสารนี้เป็น - Isopropyl alcohol สำหรับการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- Ethyl alcohol
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) Solvents other than those above-mentioned may damage the polarizer. Especially, do not use the following.

- Water
- Ketone
- Aromatic solvents

(7) Exercise care to minimize corrosion of the electrode. Corrosion of the electrodes is accelerated by water droplets, moisture condensation or a current flow in a high-humidity environment.

(8) Install the LCD module by using the mounting holes. When mounting the LCD module make sure it is free of twisting, warping and distortion. In particular, do not forcibly pull or bend the I/O cable or the backlight cable.

(9) Do not attempt to disassemble or process the LCD module.

(10) NC terminal should be open. Do not connect anything.

(11) If the logic circuit power is off, do not apply the input signals.

(12) To prevent destruction of the elements by static electricity, be careful to maintain an optimum work environment.

- Be sure to ground the body when handling the LCD modules.
- Tools required for assembling, such as soldering irons, must be properly grounded.
- To reduce the amount of static electricity generated, do not conduct assembling and other work under dry conditions.
- The LCD module is coated with a film to protect the display surface. Exercise care when peeling off this protective film since static electricity may be generated.

u Storage Precautions

When storing the LCD modules, avoid exposure to direct sunlight or to the light of fluorescent lamps. Keep the modules in bags (avoid high temperature / high humidity and low temperatures below 0°C). Whenever possible, the LCD modules should be stored in the same conditions in which they were shipped from our company.

u Others

Liquid crystals solidify under low temperature (below the storage temperature range) leading to defective orientation or the generation of air bubbles (black or white). Air bubbles may also be generated if the module is subject to a low temperature.

If the LCD modules have been operating for a long time showing the same display patterns, the display patterns may remain on the screen as ghost images and a slight contrast irregularity may also appear. A normal operating status can be regained by suspending use for some time. It should be noted that this phenomenon does not adversely affect performance reliability.

To minimize the performance degradation of the LCD modules resulting from destruction caused by static electricity etc., exercise care to avoid holding the following sections when handling the modules.

- Exposed area of the printed circuit board.
- Terminal electrode sections.

■ USING LCD MODULES

u Liquid Crystal Display Modules

LCD is composed of glass and polarizer. Pay attention to the following items when handling.

(1) Please keep the temperature within specified range for use and storage. Polarization degradation, bubble generation or polarizer peel-off may occur with high temperature and high humidity.

(2) Do not touch, push or rub the exposed polarizers with anything harder than an HB pencil lead (glass, tweezers, etc.).

(3) N-hexane is recommended for cleaning the adhesives used to attach front/rear polarizers and reflectors made of organic substances which will be damaged by chemicals such as acetone, toluene, ethanol and isopropylalcohol.

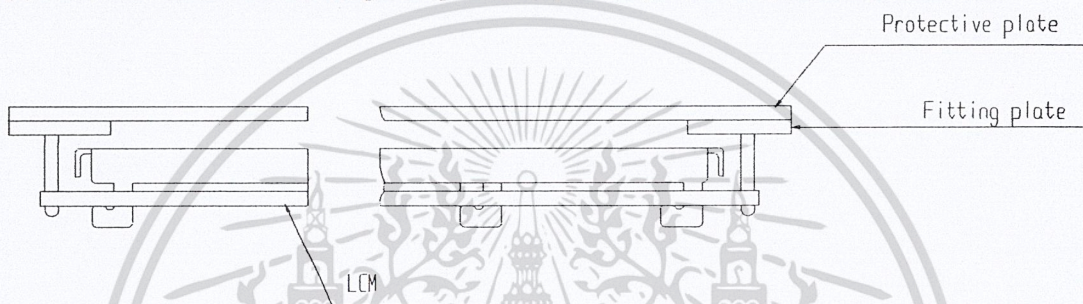
(4) When the display surface becomes dusty, wipe gently with absorbent cotton or other soft material like chamois soaked in petroleum benzin. Do not scrub hard to avoid damaging the display surface.

- (5) Wipe off saliva or water drops immediately, contact with water over a long period of time may cause deformation or color fading.
- (6) Avoid contacting oil and fats.
- (7) Condensation on the surface and contact with terminals due to cold will damage, stain or dirty the polarizers. After products are tested at low temperature they must be warmed up in a container before coming in contact with room temperature air.
- (8) Do not put or attach anything on the display area to avoid leaving marks on.
- (9) Do not touch the display with bare hands. This will stain the display area and degrade insulation between terminals (some cosmetics are determined to the polarizers).
- (10) As glass is fragile. It tends to become or chipped during handling especially on the edges. Please avoid dropping or jarring.

u Installing LCD Modules

The hole in the printed circuit board is used to fix LCM as shown in the picture below. Attend to the following items when installing the LCM.

- (1) Cover the surface with a transparent protective plate to protect the polarizer and LC cell.



- (2) When assembling the LCM into other equipment, the spacer to the bit between the LCM and the fitting plate should have enough height to avoid causing stress to the module surface, refer to the individual specifications for measurements. The measurement tolerance should be ± 0.1 mm.

u Precaution for Handling LCD Modules

Since LCM has been assembled and adjusted with a high degree of precision, avoid applying excessive shocks to the module or making any alterations or modifications to it.

- (1) Do not alter, modify or change the the shape of the tab on the metal frame.
- (2) Do not make extra holes on the printed circuit board, modify its shape or change the positions of components to be attached.
- (3) Do not damage or modify the pattern writing on the printed circuit board.
- (4) Absolutely do not modify the zebra rubber strip (conductive rubber) or heat seal connector.
- (5) Except for soldering the interface, do not make any alterations or modifications with a soldering iron.
- (6) Do not drop, bend or twist LCM.

u Electro-Static Discharge Control

Since this module uses a CMOS LSI, the same careful attention should be paid to electrostatic discharge as for an ordinary CMOS IC.

- (1) Make certain that you are grounded when handling LCM.
- (2) Before remove LCM from its packing case or incorporating it into a set, be sure the module and your body have the same electric potential.
- (3) When soldering the terminal of LCM, make certain the AC power source for the soldering iron does not leak.
- (4) When using an electric screwdriver to attach LCM, the screwdriver should be of ground potential to minimize as much as possible any transmission of electromagnetic waves produced sparks coming from the commutator of the motor.
- (5) As far as possible make the electric potential of your work clothes and that of the work bench the ground potential.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) To reduce the generation of static electricity be careful that the air in the work is not too dried. A relative humidity of 50%-60% is recommended.

u Precaution for soldering to the LCM

(1) Observe the following when soldering lead wire, connector cable and etc. to the LCM.

- Soldering iron temperature : $280^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.
- Soldering time : 3-4 sec.
- Solder : eutectic solder.

If soldering flux is used, be sure to remove any remaining flux after finishing to soldering operation. (This does not apply in the case of a non-halogen type of flux.) It is recommended that you protect the LCD surface with a cover during soldering to prevent any damage due to flux spatters.

(2) When soldering the electroluminescent panel and PC board, the panel and board should not be detached more than three times. This maximum number is determined by the temperature and time conditions mentioned above, though there may be some variance depending on the temperature of the soldering iron.

(3) When remove the electroluminescent panel from the PC board, be sure the solder has completely melted, the soldered pad on the PC board could be damaged.

u Precautions for Operation

(1) Viewing angle varies with the change of liquid crystal driving voltage (V_0). Adjust V_0 to show the best contrast.

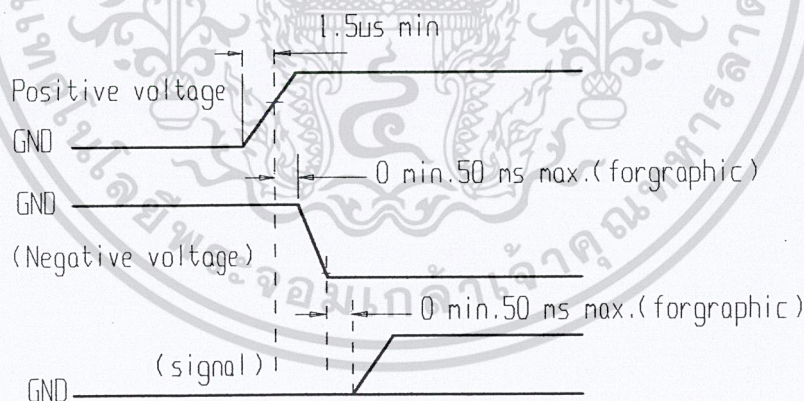
(2) Driving the LCD in the voltage above the limit shortens its life.

(3) Response time is greatly delayed at temperature below the operating temperature range. However, this does not mean the LCD will be out of the order. It will recover when it returns to the specified temperature range.

(4) If the display area is pushed hard during operation, the display will become abnormal. However, it will return to normal if it is turned off and then back on.

(5) Condensation on terminals can cause an electrochemical reaction disrupting the terminal circuit. Therefore, it must be used under the relative condition of 40°C , 50% RH.

(6) When turning the power on, input each signal after the positive/negative voltage becomes stable.



u Storage

When storing LCDs as spares for some years, the following precaution are necessary.

(1) Store them in a sealed polyethylene bag. If properly sealed, there is no need for dessicant.

(2) Store them in a dark place. Do not expose to sunlight or fluorescent light, keep the temperature between 0°C and 35°C .

(3) The polarizer surface should not come in contact with any other objects. (We advise you to store them in the container in which they were shipped.)

(4) Environmental conditions :

- Do not leave them for more than 168hrs. at 60°C .
- Should not be left for more than 48hrs. at -20°C .

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u Safety

(1) It is recommended to crush damaged or unnecessary LCDs into pieces and wash them off with solvents such as acetone and ethanol, which should later be burned.

(2) If any liquid leaks out of a damaged glass cell and comes in contact with the hands, wash off thoroughly with soap and water.

u Limited Warranty

Unless agreed between DISPLAYTECH and customer, DISPLAYTECH will replace or repair any of its LCD modules which are found to be functionally defective when inspected in accordance with DISPLAYTECH LCD acceptance standards (copies available upon request) for a period of one year from date of shipments. Cosmetic/visual defects must be returned to DISPLAYTECH within 90 days of shipment. Confirmation of such date shall be based on freight documents. The warranty liability of DISPLAYTECH limited to repair and/or replacement on the terms set forth above. DISPLAYTECH will not be responsible for any subsequent or consequential events.

u Return LCM under warranty

No warranty can be granted if the precautions stated above have been disregarded. The typical examples of violations are :

- Broken LCD glass.
- PCB eyelet's damaged or modified.
- PCB conductors damaged.
- Circuit modified in any way, including addition of components.
- PCB tampered with by grinding, engraving or painting varnish.
- soldering to or modifying the bezel in any manner.

Module repairs will be invoiced to the customer upon mutual agreement. Modules must be returned with sufficient description of the failures or defects. Any connectors or cable installed by the customer must be removed completely without damaging the PCB eyelet's, conductors and terminals.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

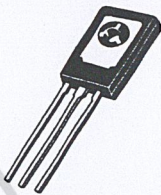
Plastic Medium Power Silicon
NPN Transistor

... designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi complementary circuits.

- DC Current Gain — $h_{FE} = 40$ (Min) @ $I_C = 0.15 A_{dc}$
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

BD135
BD137
BD139

1.5 AMPERE
POWER TRANSISTORS
NPN SILICON
45, 60, 80 VOLTS
10 WATTS



CASE 77-08
TO-225AA TYPE

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Type	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 80	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}		5	Vdc
Collector Current	I_C		1.5	Adc
Base Current	I_B		0.5	Adc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^{\circ}C$ Derate above $25^{\circ}C$	P_D		1.25 10	Watts mW/ $^{\circ}C$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^{\circ}C$ Derate above $25^{\circ}C$	P_D		12.5 100	Watt mW/ $^{\circ}C$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}		-55 to +150	$^{\circ}C$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	θ_{JC}	10	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance, Junction to Ambient	θ_{JA}	100	$^{\circ}C/W$

BD135 BD137 BD139

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Type	Min	Max	Unit
Collector–Emitter Sustaining Voltage* (I _C = 0.03 Adc, I _B = 0)	BV _{CEO} *	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 80	— — —	Vdc
Collector Cutoff Current (V _{CB} = 30 Vdc, I _E = 0) (V _{CB} = 30 Vdc, I _E = 0, T _C = 125°C)	I _{CBO}		— —	0.1 10	μAdc
Emitter Cutoff Current (V _{BE} = 5.0 Vdc, I _C = 0)	I _{EBO}		—	10	μAdc
DC Current Gain (I _C = 0.005 A, V _{CE} = 2 V) (I _C = 0.15 A, V _{CE} = 2 V) (I _C = 0.5 A V _{CE} = 2 V)	h _{FE} *		25 40 25	— 250 —	—
Collector–Emitter Saturation Voltage* (I _C = 0.5 Adc, I _B = 0.05 Adc)	V _{CE(sat)} *		—	0.5	Vdc
Base–Emitter On Voltage* (I _C = 0.5 Adc, V _{CE} = 2.0 Vdc)	V _{BE(on)} *		—	1	Vdc

*Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

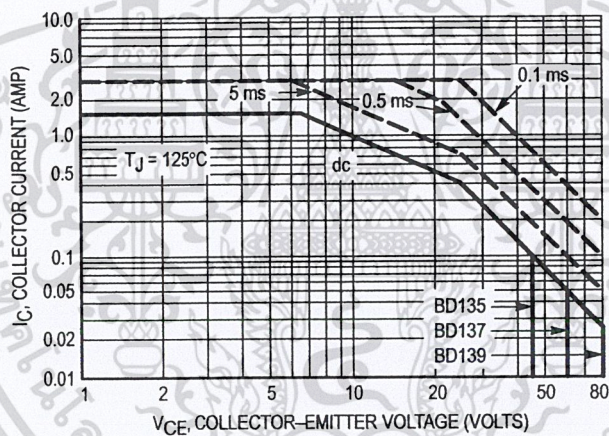
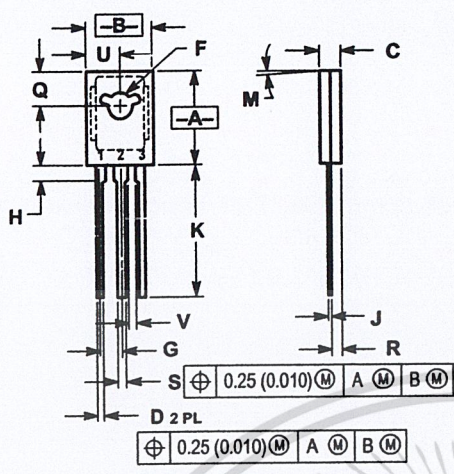


Figure 1. Active-Region Safe Operating Area

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.425	0.435	10.80	11.04
B	0.295	0.305	7.50	7.74
C	0.095	0.105	2.42	2.66
D	0.020	0.026	0.51	0.66
F	0.115	0.130	2.93	3.30
G	0.094 BSC		2.39 BSC	
H	0.050	0.095	1.27	2.41
J	0.015	0.025	0.39	0.63
K	0.575	0.655	14.61	16.63
M	5° TYP		5° TYP	
Q	0.148	0.158	3.76	4.01
R	0.045	0.055	1.15	1.39
S	0.025	0.035	0.64	0.88
U	0.145	0.155	3.69	3.93
V	0.040	—	1.02	—

- STYLE 1:
PIN 1. EMITTER
2. COLLECTOR
3. BASE

CASE 77-08
TO-225AA TYPE
ISSUE V

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA.

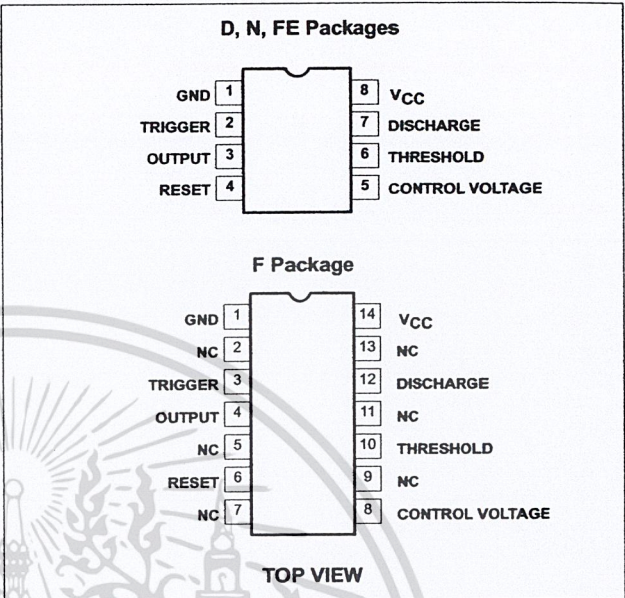
- FEATURES**
- Turn-off time less than 2μs
 - Max. operating frequency greater than 500kHz
 - Timing from microseconds to hours
 - Operates in both astable and monostable modes
 - High output current
 - Adjustable duty cycle
 - TTL compatible
 - Temperature stability of 0.005% per °C

- APPLICATIONS**
- Precision timing
 - Pulse generation
 - Sequential timing
 - Time delay generation
 - Pulse width modulation

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE555D	0174C
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE555N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA555N	0404B
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA555D	0174C
8-Pin Hermetic Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CFE	
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555CN	0404B
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555N	0405B
8-Pin Hermetic Cerdip	-55°C to +125°C	SE555FE	
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	0 to +70°C	NE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CF	0581B

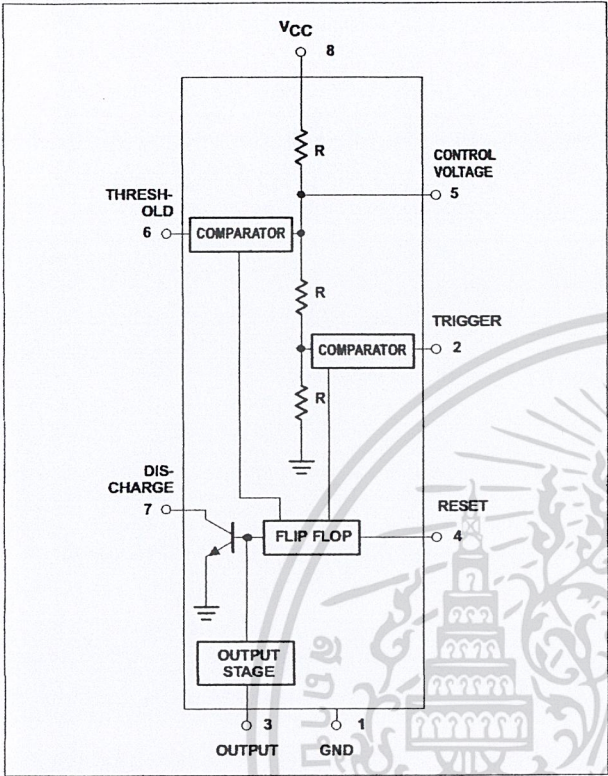
PIN CONFIGURATIONS



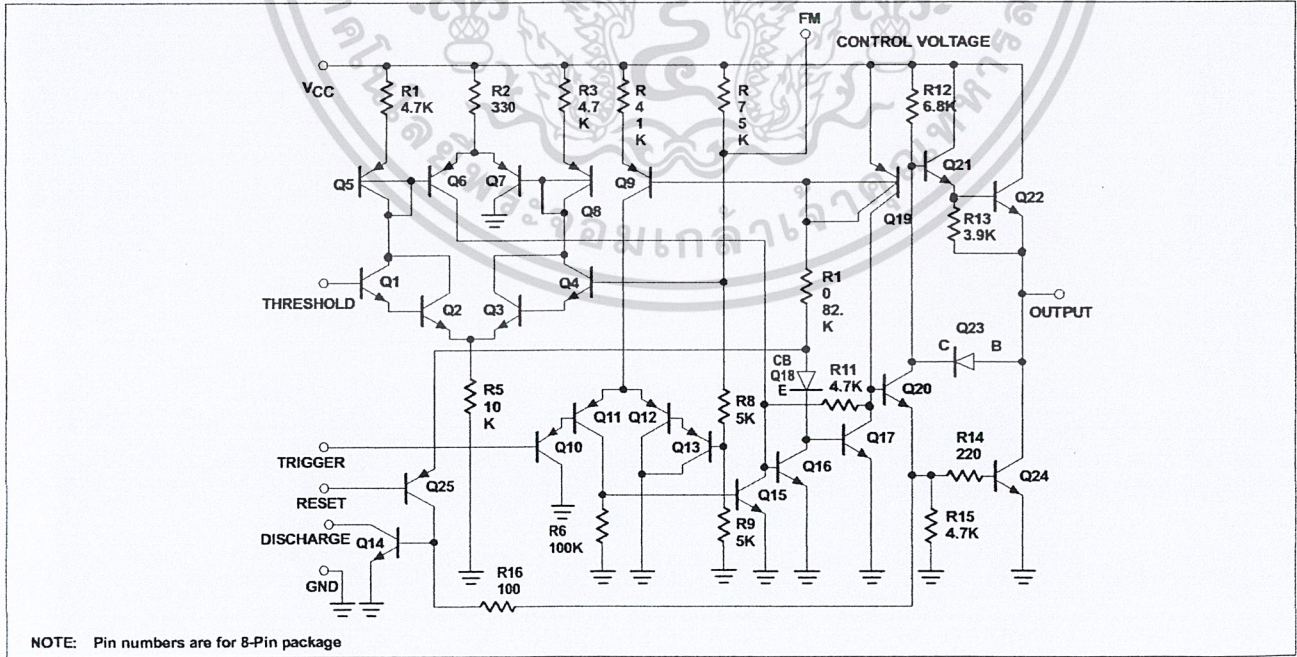
Timer

NE/SA/SE555/SE555C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V _{CC}	Supply voltage		
	SE555	+18	V
	NE555, SE555C, SA555	+16	V
P _D	Maximum allowable power dissipation ¹	600	mW
T _A	Operating ambient temperature range		
	NE555	0 to +70	°C
	SA555	-40 to +85	°C
	SE555, SE555C	-55 to +125	°C
T _{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T _{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	+300	°C

- NOTES:**
1. The junction temperature must be kept below 125°C for the D package and below 150°C for the FE, N and F packages. At ambient temperatures above 25°C, where this limit would be derated by the following factors:
- D package 160°C/W
 - FE package 150°C/W
 - N package 100°C/W
 - F package 105°C/W

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15 unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{CC}	Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
I _{CC}	Supply current (low state) ¹	V _{CC} =5V, R _L =∞ V _{CC} =15V, R _L =∞		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
t _M Δt _M /ΔT Δt _M /ΔV _S	Timing error (monostable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	R _A =2kΩ to 100kΩ C=0.1μF		0.5 30 0.05	2.0 100 0.2		1.0 50 0.1	3.0 150 0.5	% ppm/°C %/V
t _A Δt _A /ΔT Δt _A /ΔV _S	Timing error (astable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	R _A , R _B =1kΩ to 100kΩ C=0.1μF V _{CC} =15V		4 0.15	6 500 0.6		5 0.3	13 500 1	% ppm/°C %/V
V _C	Control voltage level	V _{CC} =15V V _{CC} =5V	9.6 2.9	10.0 3.33	10.4 3.8	9.0 2.6	10.0 3.33	11.0 4.0	V V
V _{TH}	Threshold voltage	V _{CC} =15V V _{CC} =5V	9.4 2.7	10.0 3.33	10.6 4.0	8.8 2.4	10.0 3.33	11.2 4.2	V V
I _{TH}	Threshold current ³			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V _{TRIG}	Trigger voltage	V _{CC} =15V V _{CC} =5V	4.8 1.45	5.0 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5.0 1.67	5.6 2.2	V V
I _{TRIG}	Trigger current	V _{TRIG} =0V		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V _{RESET}	Reset voltage ⁴	V _{CC} =15V, V _{TH} =10.5V	0.3		1.0	0.3		1.0	V
I _{RESET}	Reset current Reset current	V _{RESET} =0.4V V _{RESET} =0V		0.1 0.4	0.4 1.0		0.1 0.4	0.4 1.5	mA mA
V _{OL}	Output voltage (low)	V _{CC} =15V I _{SINK} =10mA		0.1	0.15		0.1	0.25	V
		I _{SINK} =50mA		0.4	0.5		0.4	0.75	V
		I _{SINK} =100mA		2.0	2.2		2.0	2.5	V
		I _{SINK} =200mA		2.5			2.5		V
		V _{CC} =5V I _{SINK} =8mA		0.1	0.25		0.3	0.4	V
		I _{SINK} =5mA		0.05	0.2		0.25	0.35	V
V _{OH}	Output voltage (high)	V _{CC} =15V I _{SOURCE} =200mA		12.5			12.5		V
		I _{SOURCE} =100mA	13.0	13.3		12.75	13.3		V
		V _{CC} =5V I _{SOURCE} =100mA	3.0	3.3		2.75	3.3		V
t _{OFF}	Turn-off time ⁵	V _{RESET} =V _{CC}		0.5	2.0		0.5	2.0	μs
t _R	Rise time of output			100	200		100	300	ns
t _F	Fall time of output			100	200		100	300	ns
	Discharge leakage current			20	100		20	100	nA

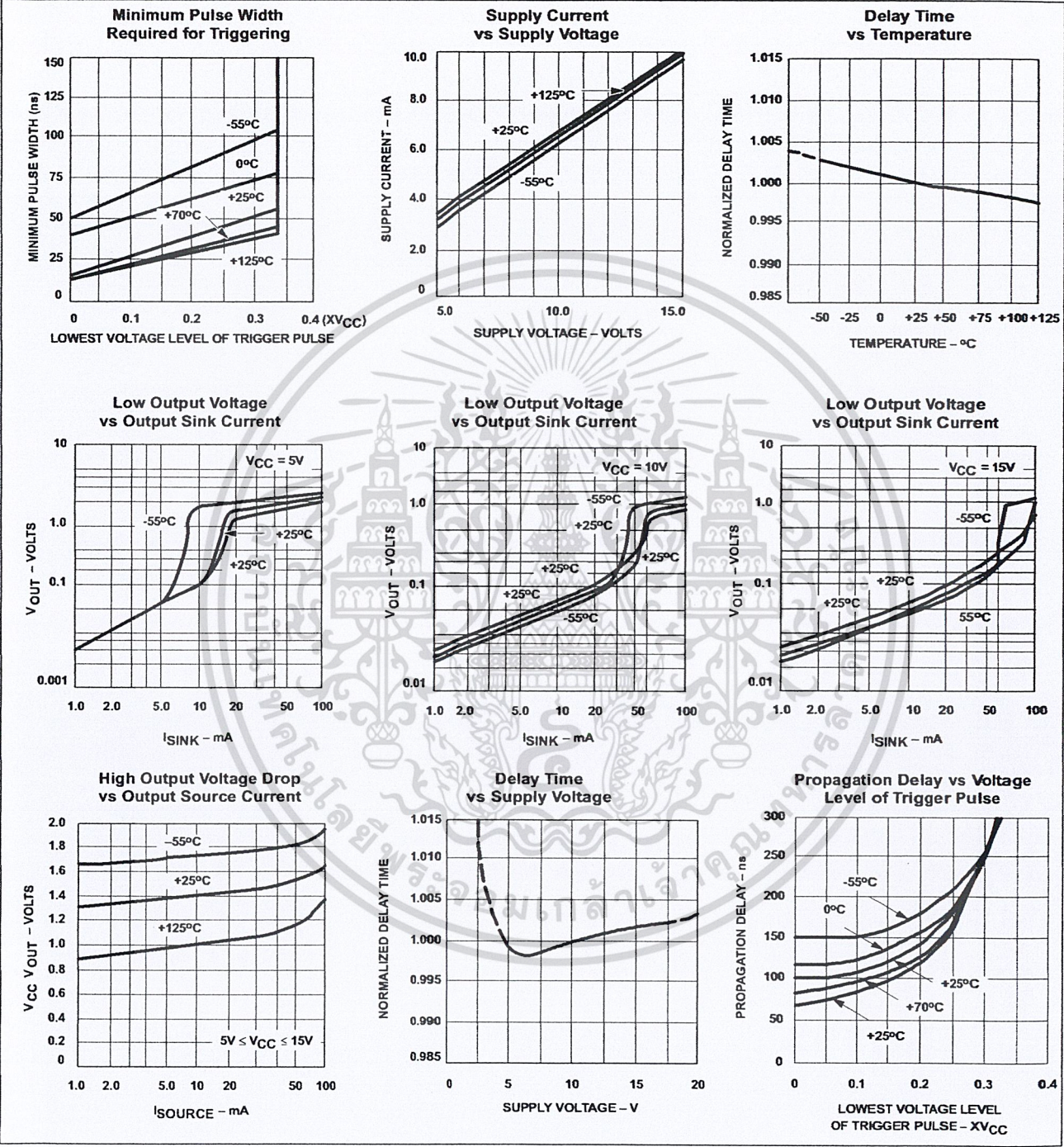
NOTES:

1. Supply current when output high typically 1mA less.
2. Tested at V_{CC}=5V and V_{CC}=15V.
3. This will determine the max value of R_A+R_B, for 15V operation, the max total R=10MΩ, and for 5V operation, the max. total R=3.4MΩ.
4. Specified with trigger input high.
5. Time measured from a positive going input pulse from 0 to 0.8×V_{CC} into the threshold to the drop from high to low of the output. Trigger is tied to threshold.

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

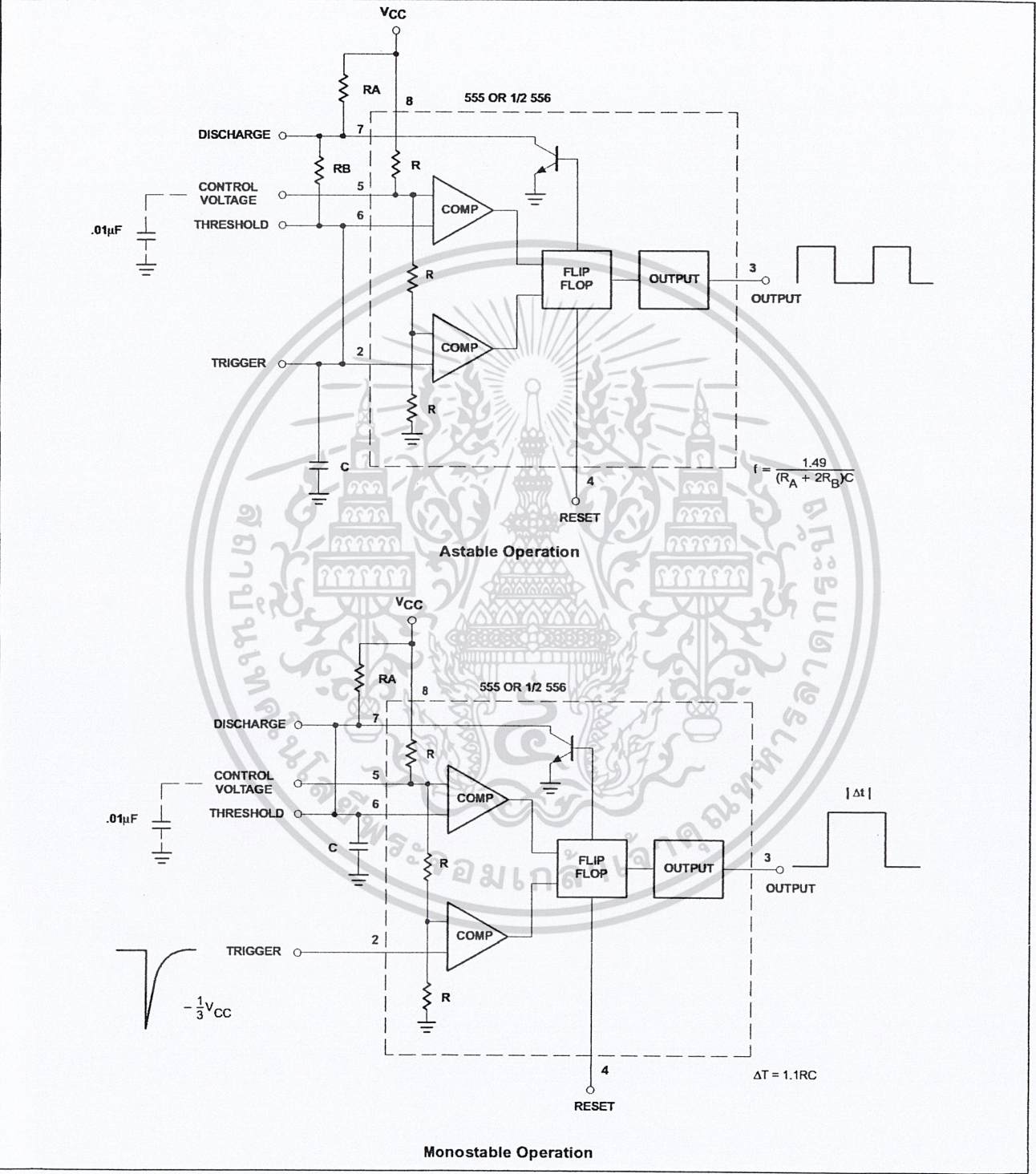
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

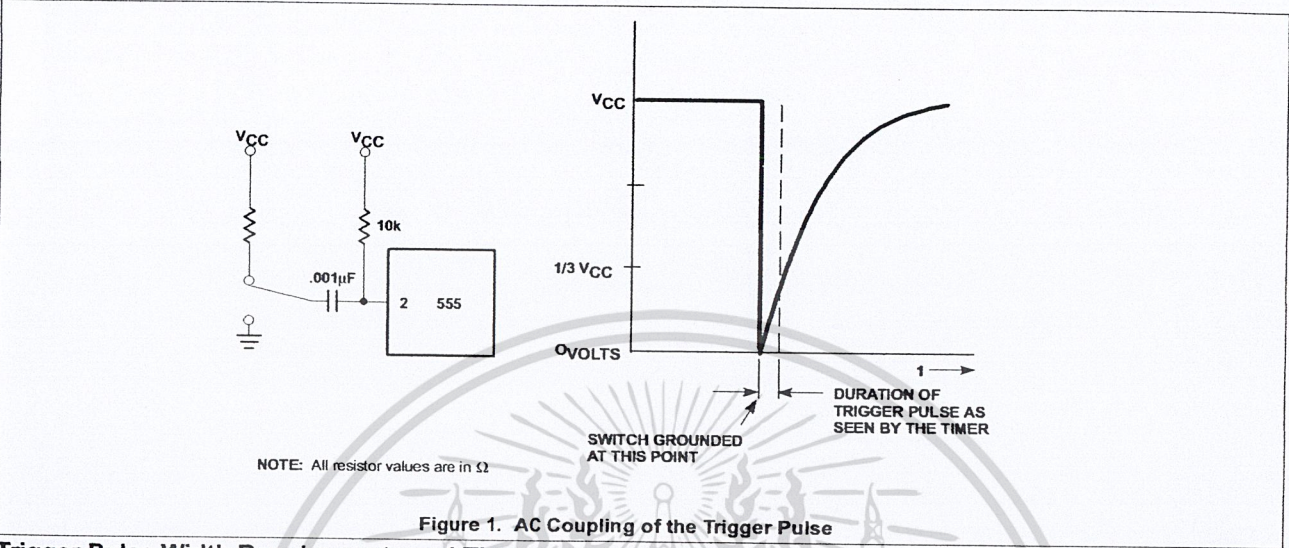
TYPICAL APPLICATIONS



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS



Trigger Pulse Width Requirements and Time Delays

Due to the nature of the trigger circuitry, the timer will trigger on the negative going edge of the input pulse. For the device to time out properly, it is necessary that the trigger voltage level be returned to some voltage greater than one third of the supply before the time out period. This can be achieved by making either the trigger pulse sufficiently short or by AC coupling into the trigger. By AC coupling the trigger, see Figure 1, a short negative going pulse is achieved when the trigger signal goes to ground. AC coupling is most frequently used in conjunction with a switch or a signal that goes to ground which initiates the timing cycle. Should the trigger be held low, without AC coupling, for a longer duration than the timing cycle the output will remain in a high state for the duration of the low trigger signal, without regard to the threshold comparator state. This is due to the predominance of Q₁₅ on the base of Q₁₆, controlling the state of the bi-stable flip-flop. When the trigger signal then returns to a high level, the output will fall immediately. Thus, the output signal will follow the trigger signal in this case.

Another consideration is the "turn-off time". This is the measurement of the amount of time required after the threshold reaches $\frac{2}{3} V_{CC}$ to turn the output low. To explain further, Q₁ at the threshold input turns on after reaching $\frac{2}{3} V_{CC}$, which then turns on Q₅, which turns on Q₆. Current from Q₆ turns on Q₁₆ which turns Q₁₇ off. This allows current from Q₁₉ to turn on Q₂₀ and Q₂₄ to given an output low. These steps cause the 2 μ s max. delay as stated in the data sheet.

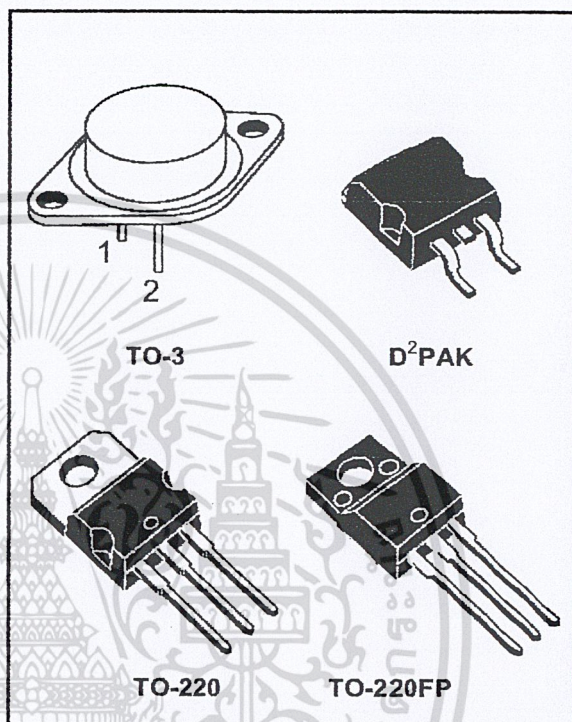
Also, a delay comparable to the turn-off time is the trigger release time. When the trigger is low, Q₁₀ is on and turns on Q₁₁ which turns on Q₁₅. Q₁₅ turns off Q₁₆ and allows Q₁₇ to turn on. This turns off current to Q₂₀ and Q₂₄, which results in output high. When the trigger is released, Q₁₀ and Q₁₁ shut off, Q₁₅ turns off, Q₁₆ turns on and the circuit then follows the same path and time delay explained as "turn off time". This trigger release time is very important in designing the trigger pulse width so as not to interfere with the output signal as explained previously.

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

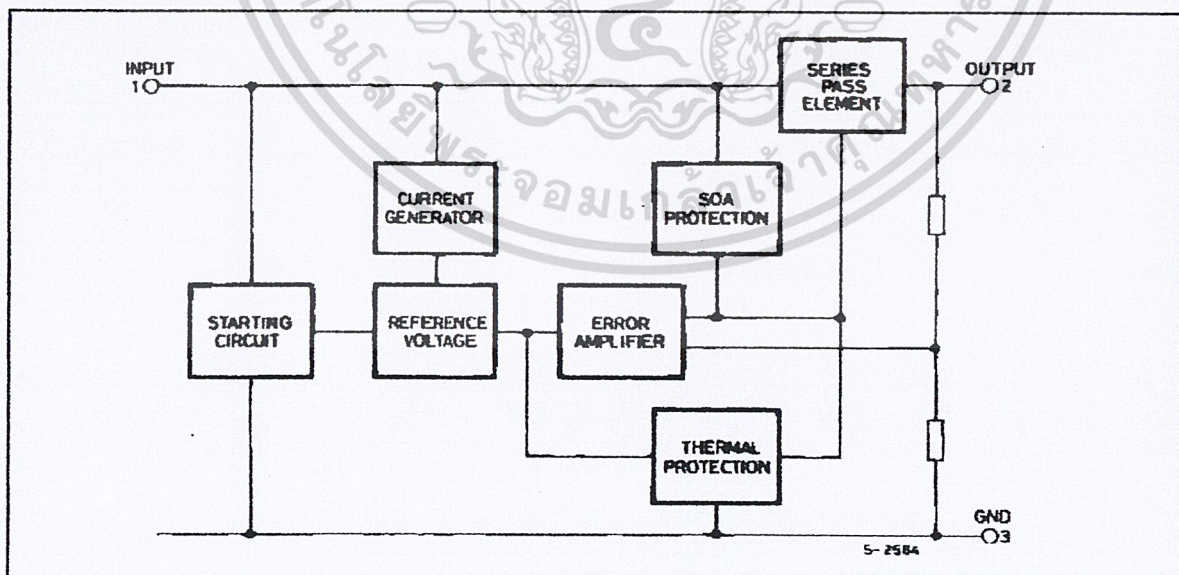
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 TO-220FP TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



BLOCK DIAGRAM



L7800

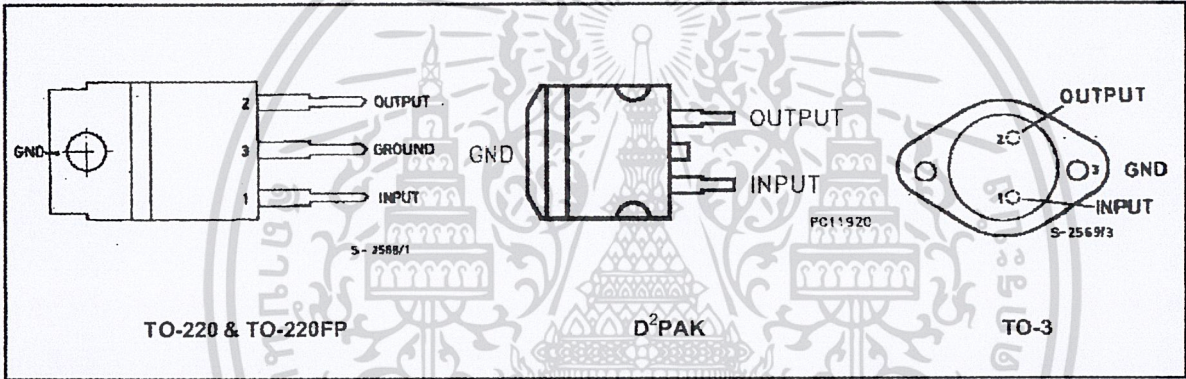
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage (for $V_o = 5$ to 18V) (for $V_o = 20, 24V$)	35	V
		40	V
I_o	Output Current	Internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature Range (for L7800) (for L7800C)	-55 to 150	°C
		0 to 150	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	D ² PAK	TO-220	TO-220FP	TO-3	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case Max	3	3	5	4	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max	62.5	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



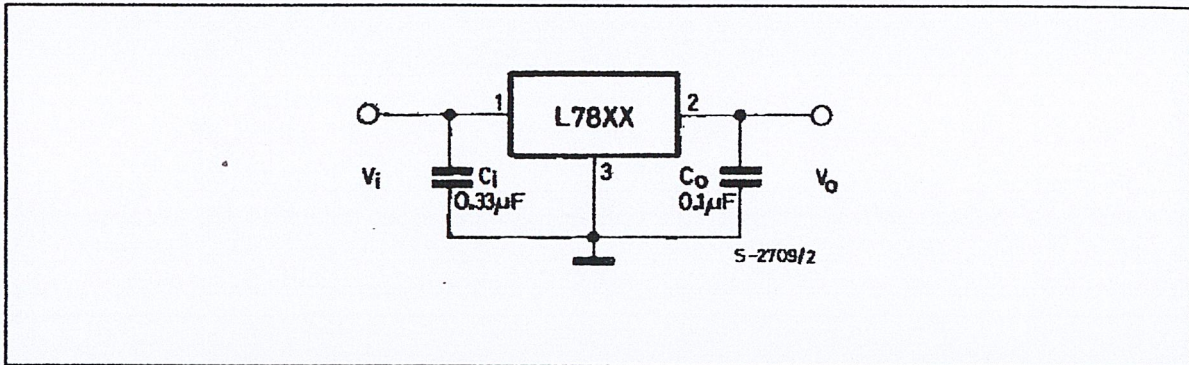
Type	TO-220	D ² PAK (*)	TO-220FP	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

(*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH *-TR* SUFFIX

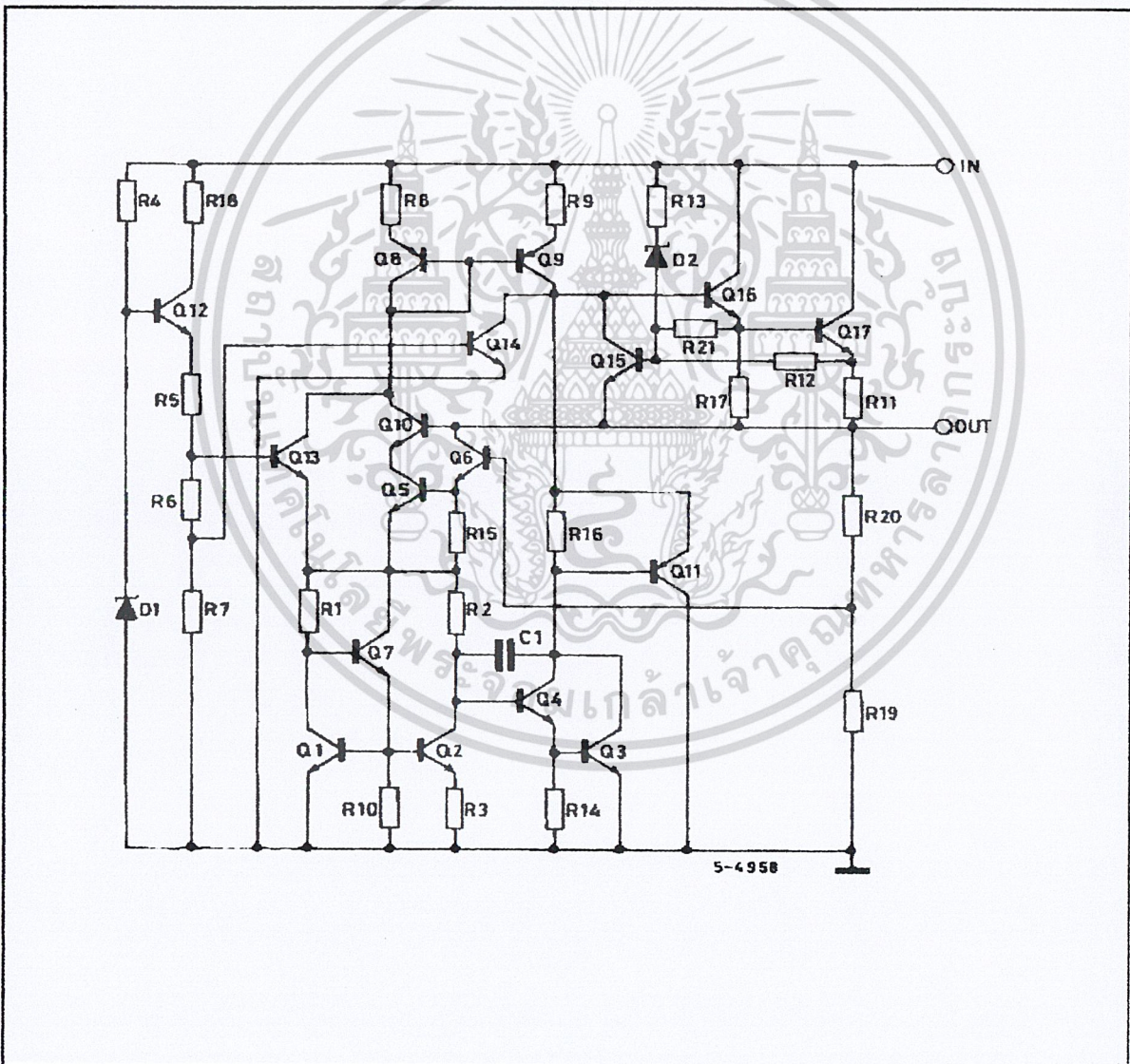


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION CIRCUIT



SCHEMATIC DIAGRAM



TEST CIRCUITS

Figure 1 : DC Parameter

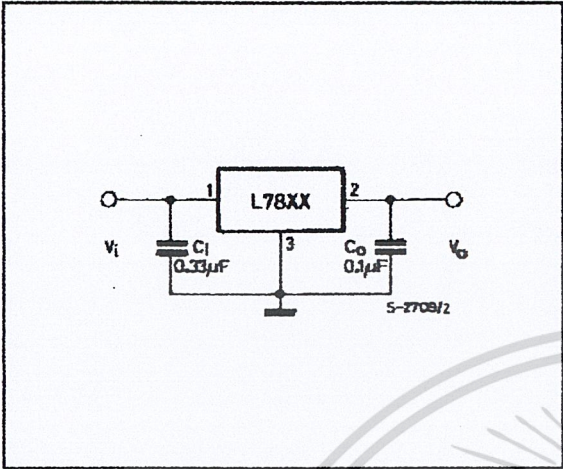


Figure 2 : Load Regulation.

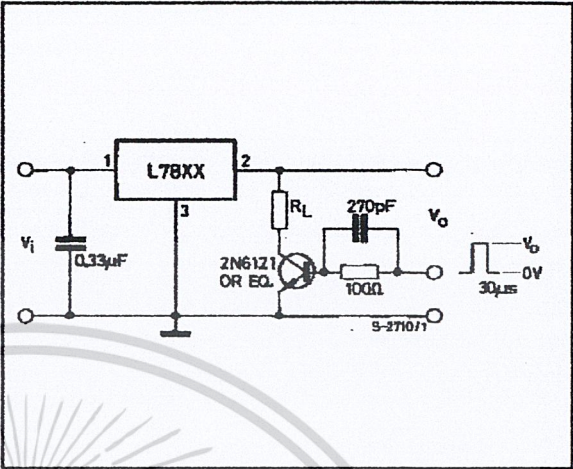
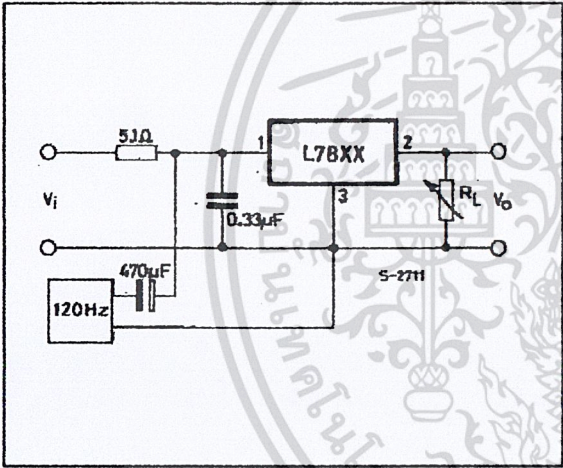


Figure 3 : Ripple Rejection.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805 (refer to the test circuits, $T_J = -55$ to $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 10\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 8\text{ to }20\text{ V}$	4.65	5	5.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 8\text{ to }12\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		3 1	50 25	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			100 25	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 8\text{ to }25\text{ V}$			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		0.6		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			40	$\mu\text{V}/V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8\text{ to }18\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	68			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806 (refer to the test circuits, $T_J = -55$ to $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 15\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 9\text{ to }21\text{ V}$	5.65	6	6.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 8\text{ to }25\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 9\text{ to }13\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			60 30	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			100 30	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 9\text{ to }25\text{ V}$			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		0.7		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			40	$\mu\text{V}/V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 9\text{ to }19\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	65			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 10\text{V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 7\text{ to }20\text{ V}$	4.75	5	5.25	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 8\text{ to }12\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		3 1	100 50	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			100 50	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.1		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz to }100\text{KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		40		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8\text{ to }18\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7852C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 10\text{V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.0	5.2	5.4	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 8\text{ to }20\text{ V}$	4.95	5.2	5.45	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 8\text{ to }12\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		3 1	105 52	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			105 52	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.0		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz to }100\text{KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		42		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8\text{ to }18\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 19\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 14.5\text{ to }27\text{ V}$	11.4	12	12.6	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 14.5\text{ to }30\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 16\text{ to }22\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			240 120	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			240 120	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 14.5\text{ to }30\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		75		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 15\text{ to }25\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	55			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		18		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		350		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7815C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 23\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	14.4	15	15.6	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 17.5\text{ to }30\text{ V}$	14.25	15	15.75	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 17.5\text{ to }30\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 20\text{ to }26\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			300 150	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			300 150	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 17.5\text{ to }30\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		90		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 18.5\text{ to }28.5\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	54			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		19		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		230		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7824C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 33\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	23	24	25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 27\text{ to }38\text{ V}$	22.8	24	25.2	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 27\text{ to }38\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 30\text{ to }36\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			480 240	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			480 240	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 27\text{ to }38\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.5		mV/ $^{\circ}\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		170		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 28\text{ to }38\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	50			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		28		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		150		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4 : Dropout Voltage vs. Junction Temperature.

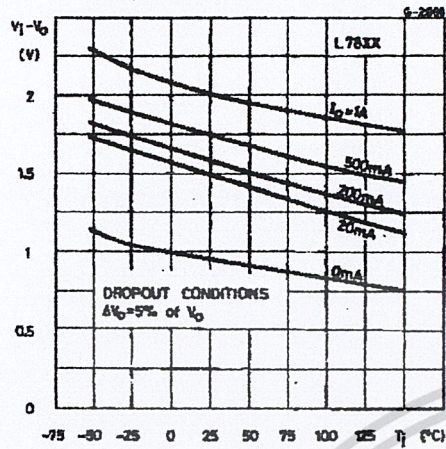


Figure 5 : Peak Output Current vs. Input/output Differential Voltage.

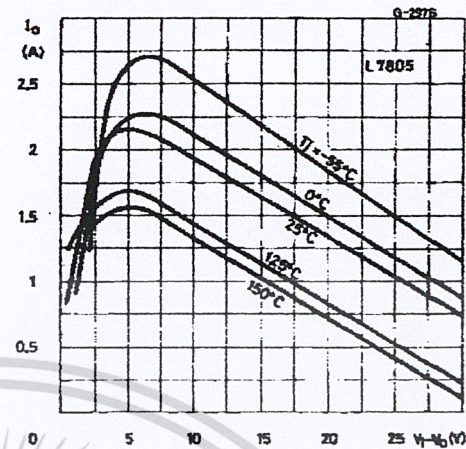


Figure 6 : Supply Voltage Rejection vs. Frequency.

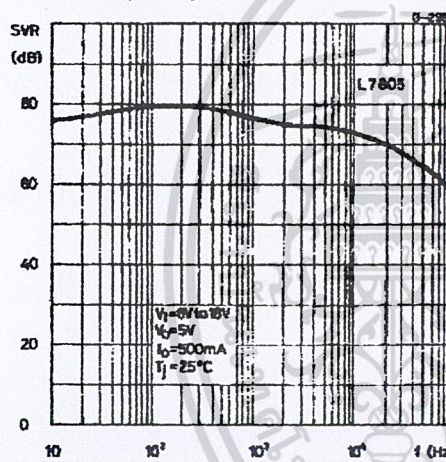


Figure 7 : Output Voltage vs. Junction Temperature.

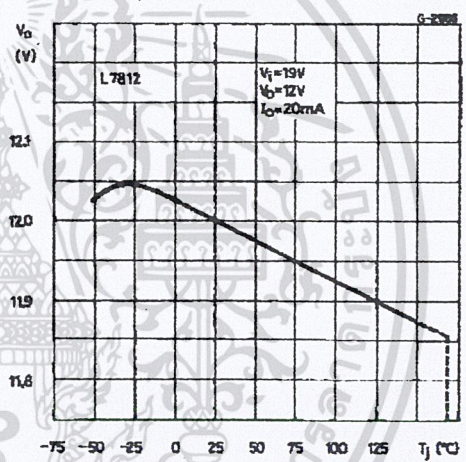


Figure 8 : Output Impedance vs. Frequency.

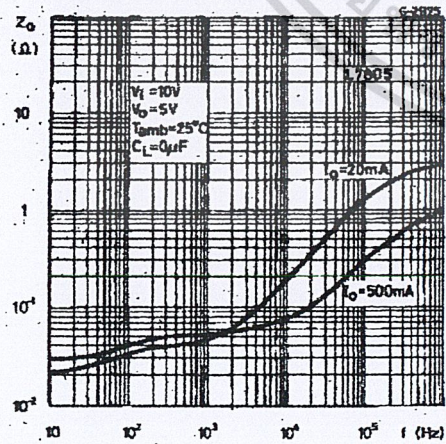


Figure 9 : Quiescent Current vs. Junction Temperature.

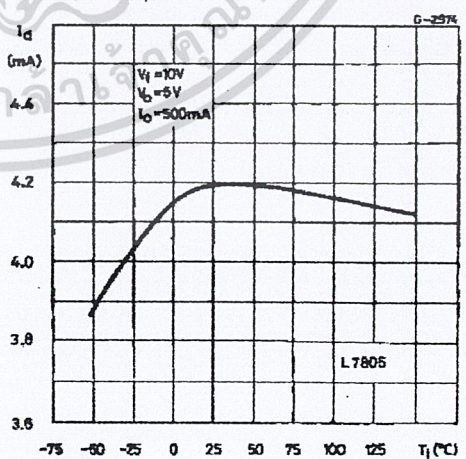


Figure 10 : Load Transient Response.

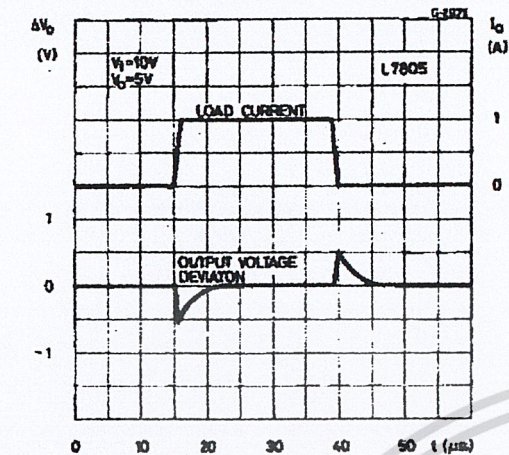


Figure 11 : Line Transient Response.

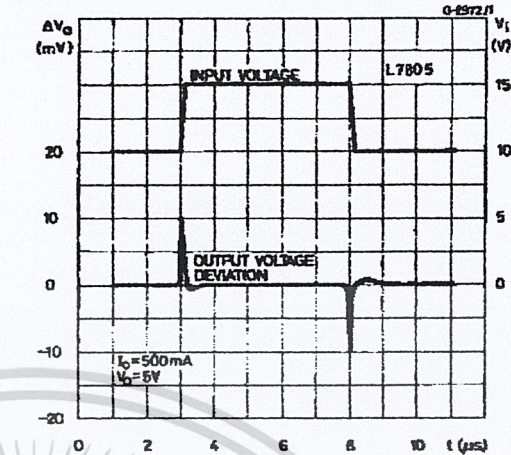


Figure 12 : Quiescent Current vs. Input Voltage.

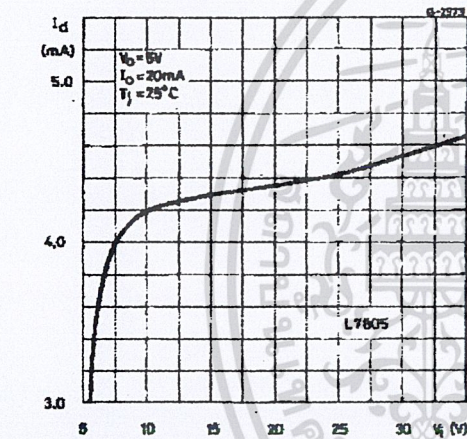


Figure 13 : Fixed Output Regulator.

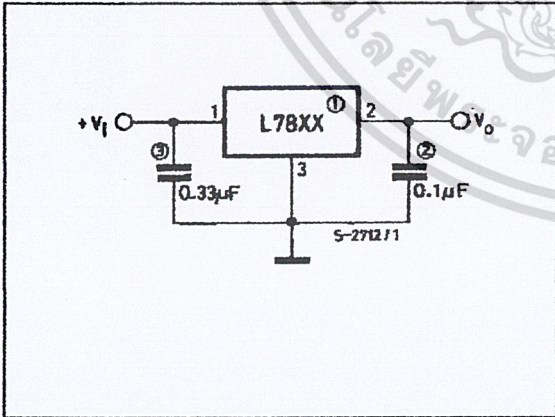
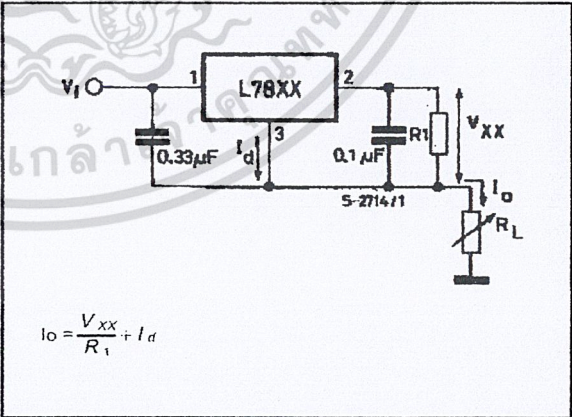


Figure 14 : Current Regulator.



NOTE:

1. To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".
2. Although no output capacitor is need for stability, it does improve transient response.
3. Required if cregulator is locate an appreciable distance from power supply filter.



Figure 15 : Circuit for Increasing Output Voltage.

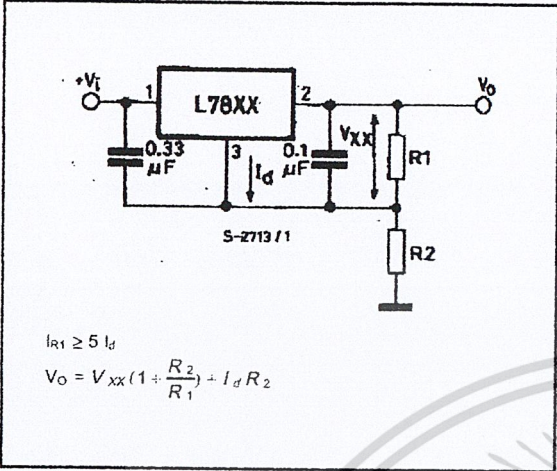


Figure 16 : Adjustable Output Regulator (7 to 30V).

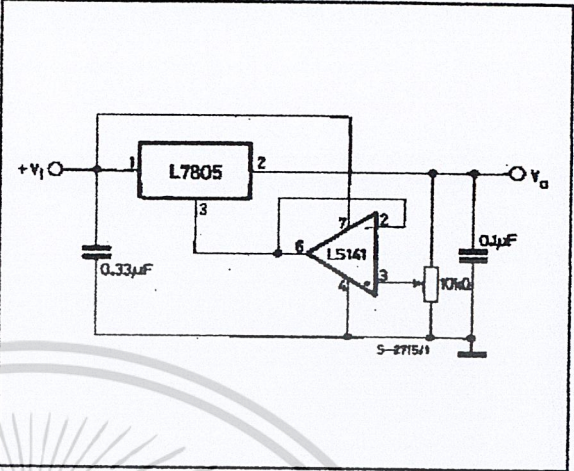


Figure 17 : 0.5 to 10V Regulator.

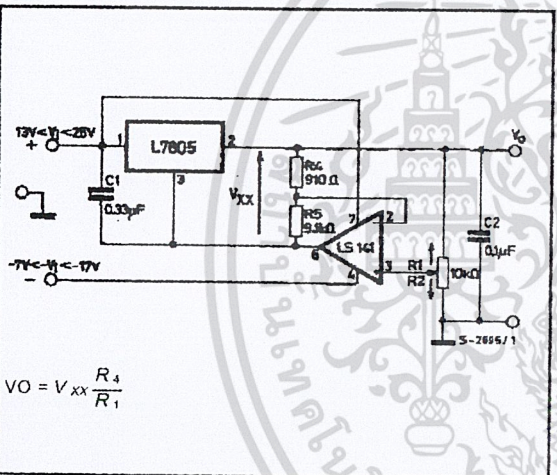


Figure 18 : High Current Voltage Regulator.

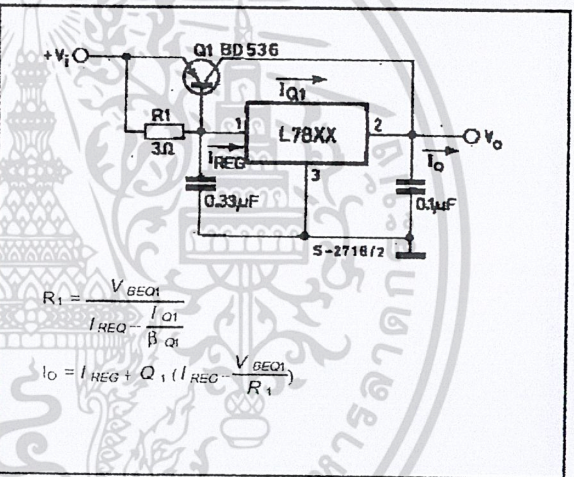


Figure 19 : High Output Current with Short Circuit Protection.

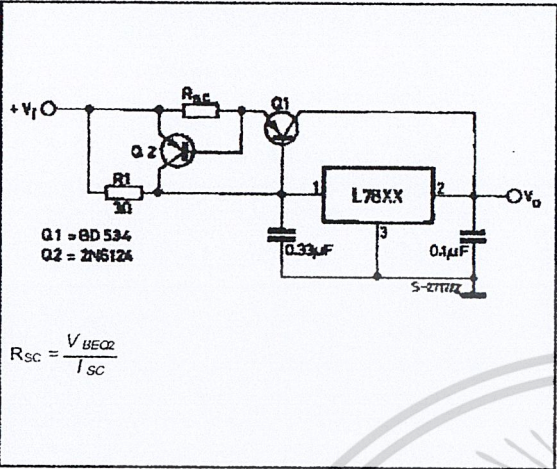


Figure 20 : Tracking Voltage Regulator.

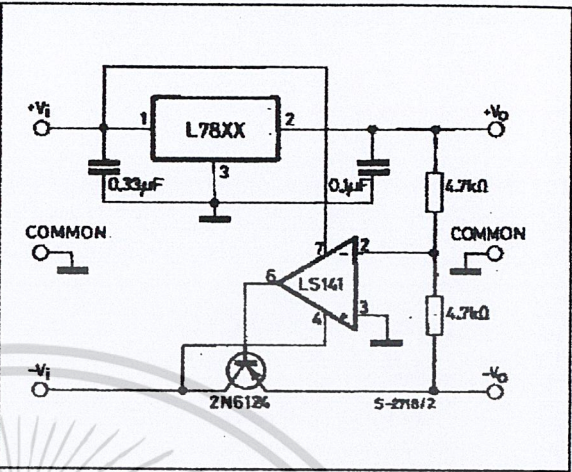


Figure 21 : Split Power Supply ($\pm 15V - 1A$).

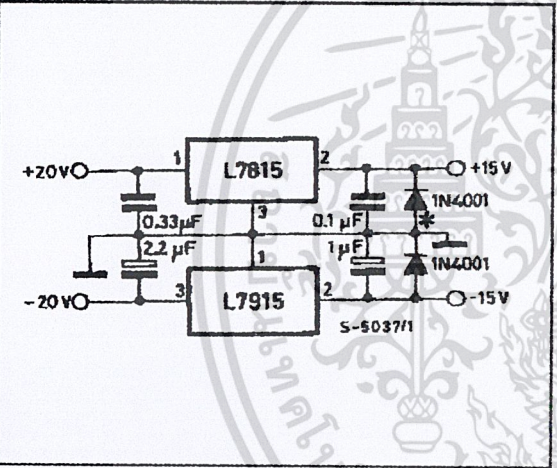
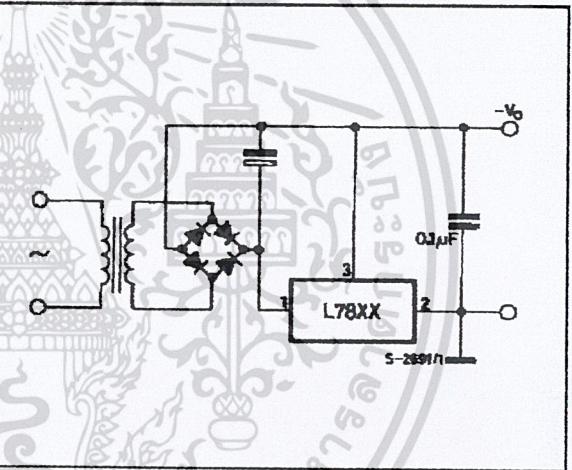


Figure 22 : Negative Output Voltage Circuit.



* Against potential latch-up problems.

Figure 23 : Switching Regulator.

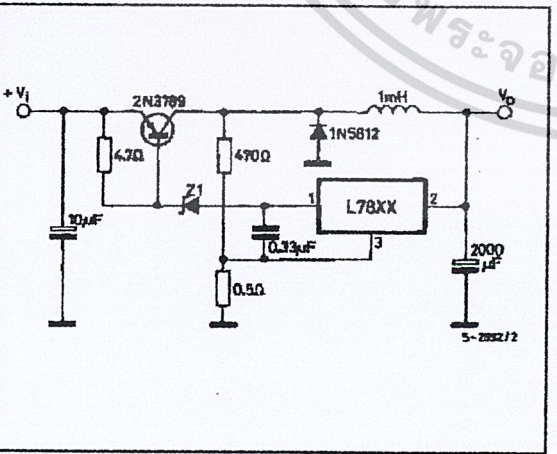


Figure 24 : High Input Voltage Circuit.

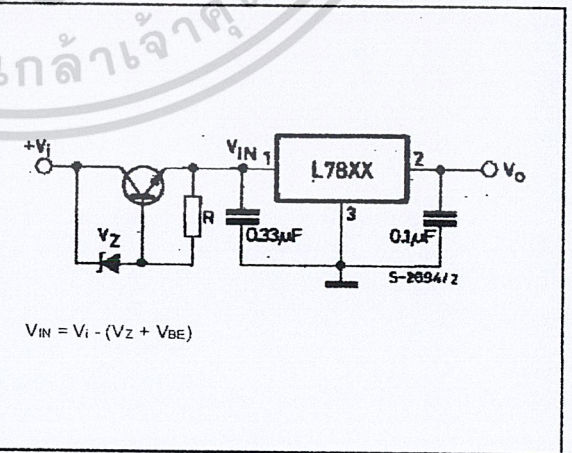


Figure 25 : High Input Voltage Circuit.

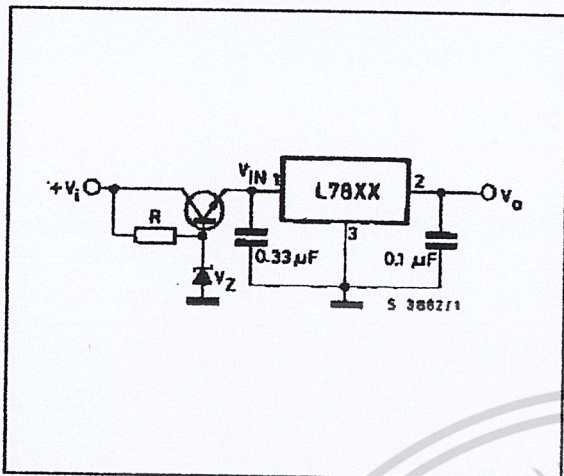


Figure 26 : High Output Voltage Regulator.

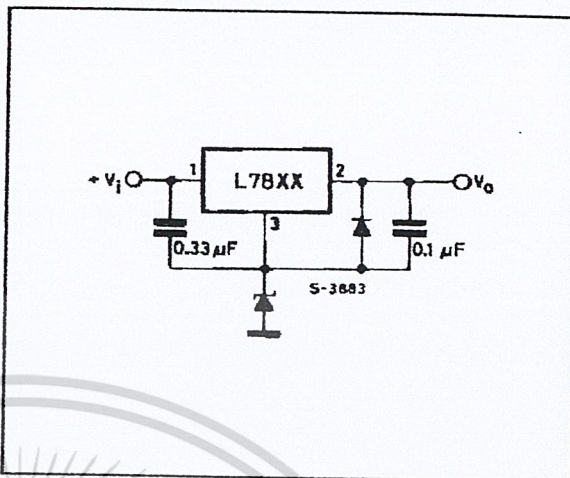


Figure 27 : High Input and Output Voltage.

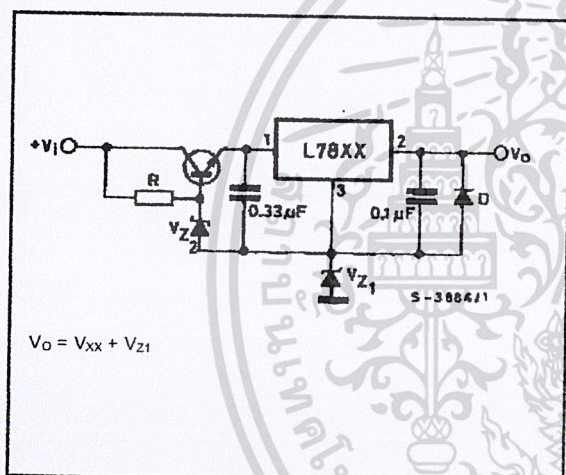


Figure 28 : Reducing Power Dissipation with Dropping Resistor.

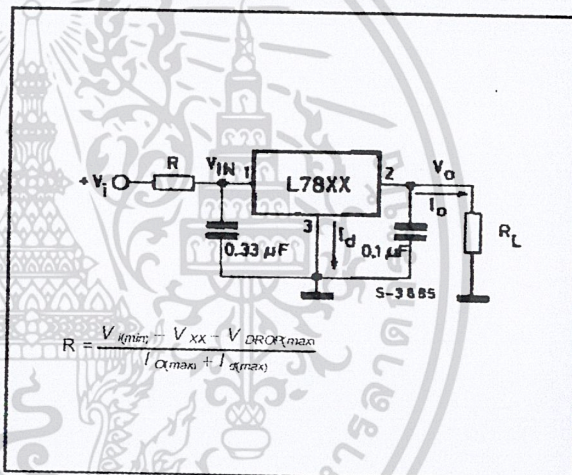


Figure 29 : Remote Shutdown.

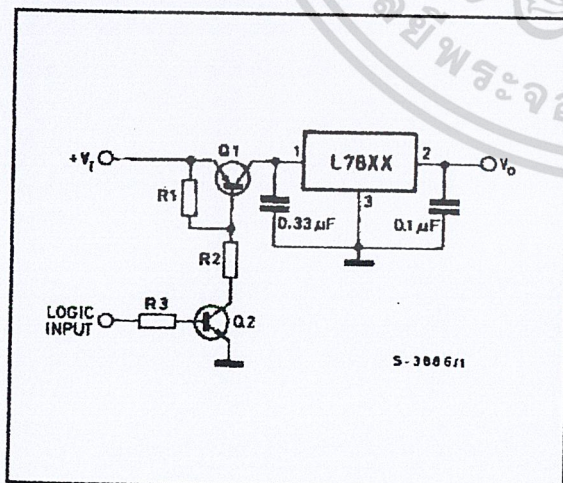
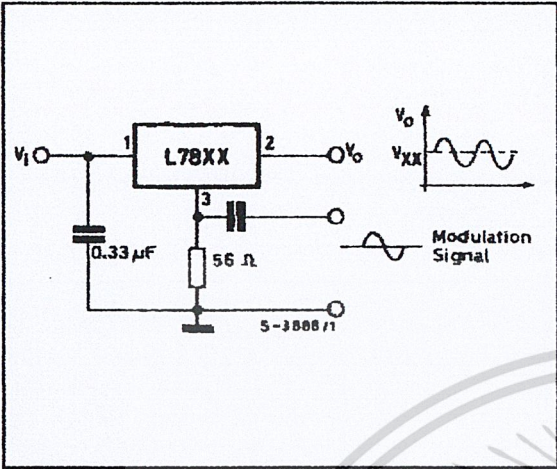
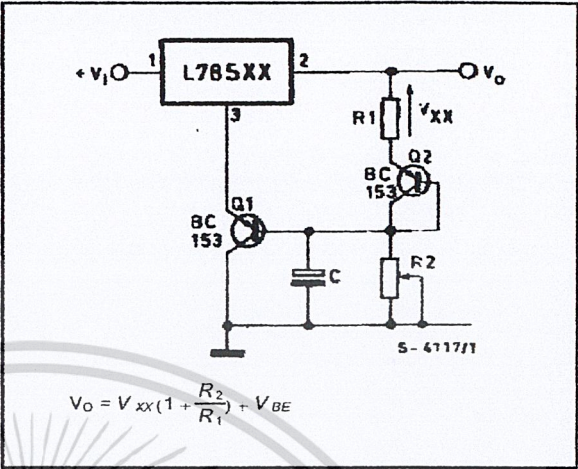


Figure 30 : Power AM Modulator (unity voltage gain, $I_o < 1A$).



NOTE: The circuit performs well up to 100KHz

Figure 31 : Adjustable Output Voltage with Temperature Compensation.



NOTE: Q2 is connected as a diode in order to compensate the variation of the Q1 V_{BE} with the temperature. C allows a slow rise-time of the V_o .

Figure 32 : Light Controllers ($V_{o min} = V_{xx} + V_{BE}$).

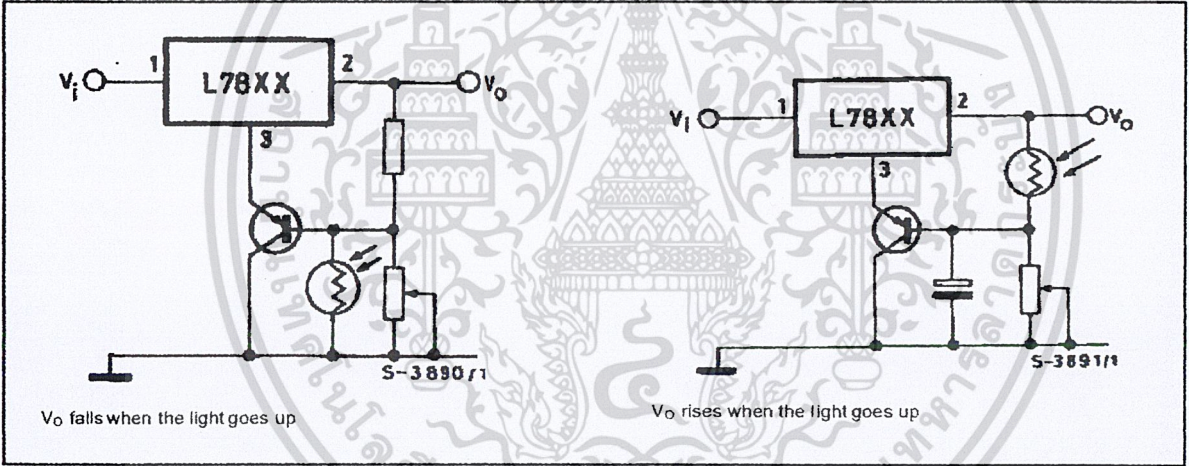
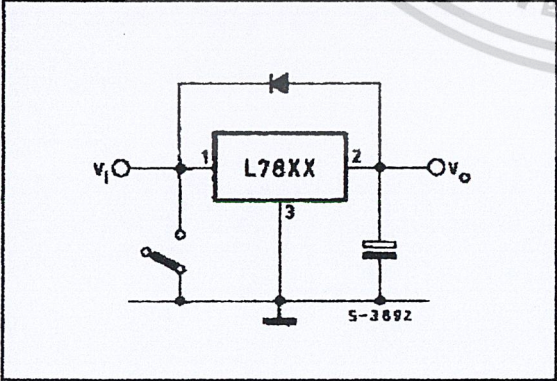


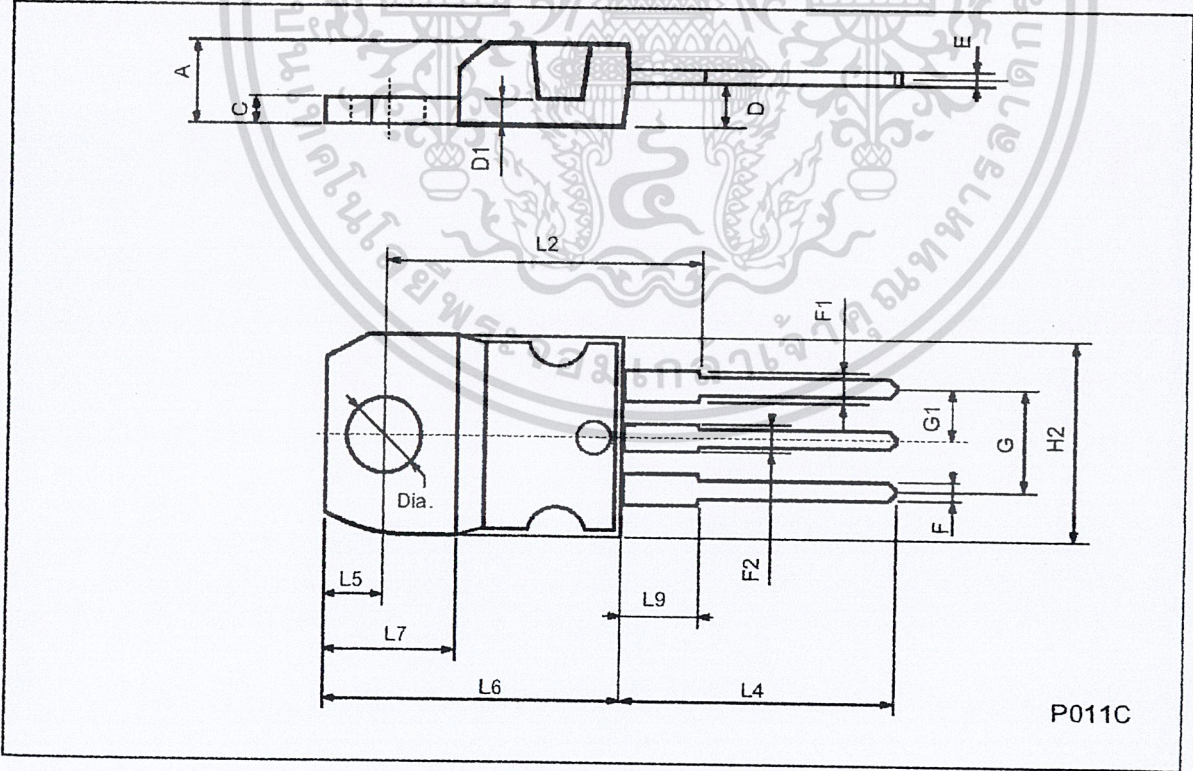
Figure 33 : Protection against Input Short-circuit with High Capacitance Loads.



Application with high capacitance loads and an output voltage greater than 6 volts need an external diode (see fig. 33) to protect the device against input short circuit. In this case the input voltage falls rapidly while the output voltage decrease slowly. The capacitance discharges by means of the Base-Emitter junction of the series pass transistor in the regulator. If the energy is sufficiently high, the transistor may be destroyed. The external diode by-passes the current from the IC to ground.

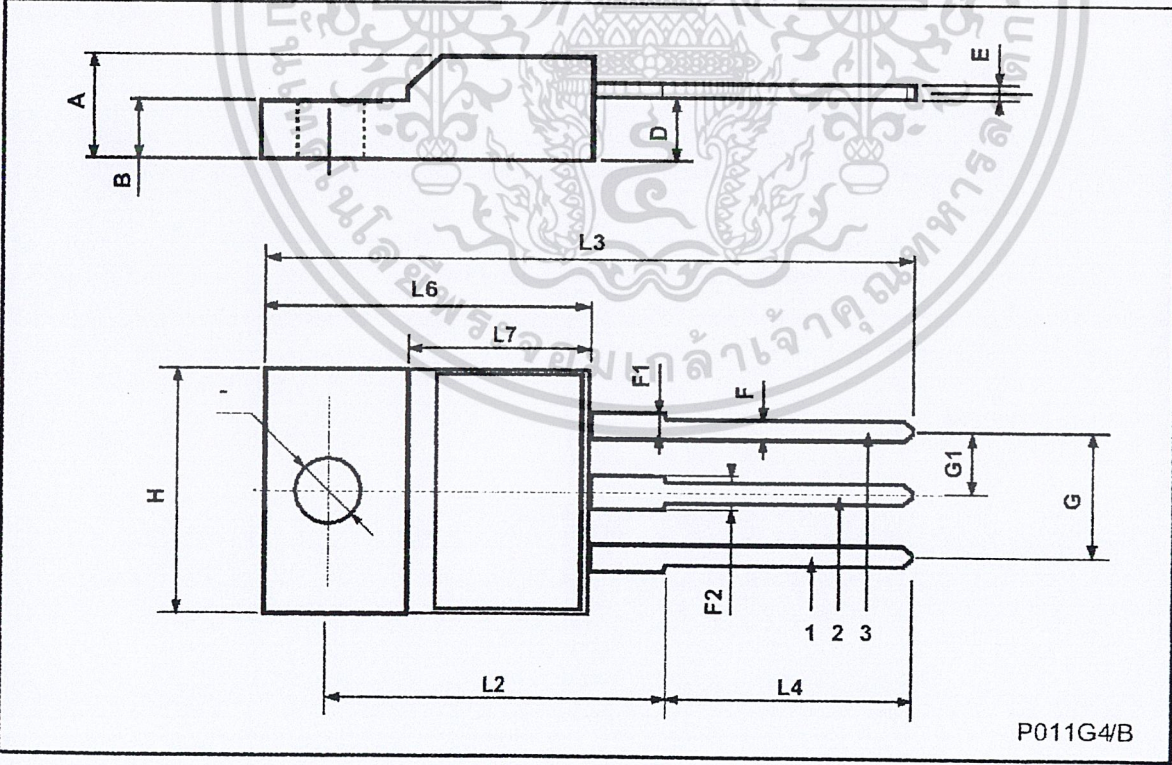
TO-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



TO-220FP MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.45		0.7	0.017		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO-263 (D²PAK) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
A1	2.49		2.69	0.098		0.106
B	0.7		0.93	0.027		0.036
B2	1.14		1.7	0.044		0.067
C	0.45		0.6	0.017		0.023
C2	1.23		1.36	0.048		0.053
D	8.95		9.35	0.352		0.368
E	10		10.4	0.393		0.409
G	4.88		5.28	0.192		0.208
L	15		15.85	0.590		0.624
L2	1.27		1.4	0.050		0.055
L3	1.4		1.75	0.055		0.068

