สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติ

AUTOMATIC SALINE DRIPPING CONTROLLER

โดย

นายยิ่งยง ช่วยรอด

นายศิพัฒน์ เรียงรุ่งโรจน์

นายสมเจนต์ ดอนไพ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36955
วัน, เดือน, ปี.....29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติ

AUTOMATIC SALINE DRIPPING CONTROLLER

โดย

นายยิ่งยง	ช่วยรอด	เลขประจำตัว 40013224
นายศิพัฒน์	เรียงรุ่งโรจน์	เลขประจำตัว 40013228
นายสมเจนต์	ดอนไพ	เลขประจำตัว 40013232

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พิชัย คูศิริวานิชกร

ปริญญานิพนธ์นี้สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติ (AUTOMATIC SALINE DRIPPING CONTROLLER)

ผู้จัดทำ

1. นายยิ่งยง ช่วยรอด 40013224
2. นายศิพัฒน์ เรียงรุ่งโรจน์ 40013228
3. นายสมเจนต์ ดอนไพ 40013232

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.พิชัย คูศิริวานิชกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติ

นายยิ่งยง ช่วยรอด
นายศิพัฒน์ เรียงรุ่งโรจน์
นายสมเจนต์ ดอนไพ
ผศ. พิชัย คูศิริวานิชกร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

การควบคุมการให้น้ำเกลือสำหรับคนไข้ที่อยู่ในภาวะวิกฤติ ต้องการความเที่ยงตรงสูง เพื่อลดอันตรายซึ่งเกิดจากการให้น้ำเกลือมากหรือน้อยเกินไป ด้วยเหตุนี้จึงทำการพัฒนาชุดสายน้ำเกลือแบบธรรมดาซึ่งอาศัยการตั้งค่าโดยวิธีการประมาณ มาเป็นเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นส่วนควบคุม โดยไมโครคอนโทรเลอร์จะรับข้อมูลจากชุดตรวจจับซึ่งมีวงจรตรวจจับหยดน้ำเป็นหลักและทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ แล้วส่งไปยังสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อควบคุมให้มีระยะในการบีบที่เหมาะสม เมื่อเครื่องทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะส่งเสียงเตือนและแสดงผลออกทางจอแสดงผลให้ทราบ และถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นขณะเครื่องทำงานอยู่ จะหยุดการทำงานพร้อมทั้งแสดงผลออกทางจอแสดผลและส่งเสียงเตือนให้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC SALINE INFUSION CONTROLLER

Mr.Yingyong Choirod
Mr.sipat Riangrungrot
Mr.Somjaen Donpai
Mr.Pichai Koosirivanichakorn Advisor
1999

ABTRACT

For patients with critical condition, saline infusion control requires great accuracy in order to reduce the danger of over or under supply. This reason, we have developed a prototype of automatic saline infusion controller from a typical saline tube set using microcontroller, which is simply used. The microcontroller will receive data from dripping detection circuit then compare to the pre-set value, and send the information to the motor in order to apply an appropriate compression to the tube, which will make the dripping rate steady at the pre-set rate. When the saline is finished, the system will give a sound signal and shows the result on the display. In the case of error happen in the process, the system will stop working and give an alarm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**I**
Abstract	**II**
สารบัญ	**III**
สารบัญรูป	**V**
สารบัญตาราง	**VII**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น	**2**
2.1 วิธีการให้น้ำเกลือทั่วไป	2
2.1.1 ขั้นเตรียม	2
2.1.2 ขั้นลงมือปฏิบัติ	2
2.1.3 เมื่อเสร็จแล้ว	3
2.2 แบบของกลไกการรีดน้ำเกลือ	3
2.2.1 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะเหมือนการปั้ม	3
2.2.2 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะแบบการรีด	5
2.2.3 กลไกการรีดแบบตีนตะขาบ	5
2.2.4 กลไกการรีดแบบวงกลม	6
2.3 โครงสร้างของ MCS-51	7
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	7
2.3.2 โครงสร้างภายในของ 8051	7
2.3.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ	12
2.3.4 ส่วนการสร้างฐานเวลาและการนับ	14
2.3.4.1 TIMER MODE REGISTER	14
2.3.4.2 TCON	15
บทที่ 3 การออกแบบ	**16**
3.1 บล็อกไดอะแกรม	16
3.2 วงจรเซ็นเซอร์	17
3.2.1 ชุดตรวจจับการตกของหยดน้ำ	17
3.2.2 วงจรคอมพาราเตอร์และวงจรโมโนสเตเบิ้ล	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	21
3.3.1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์	21
3.3.2 การตรวจจับการหมุนของสเต็ปมอเตอร์	23
3.4 กลไก	24
บทที่ 4 การเขียนโปรแกรม	**26**
4.1 การควบคุมมอเตอร์	26
4.2 การควบคุมส่วนการแสดงผล	26
4.3 การควบคุมคีย์บอร์ด	27
4.4 การทำงานของเครื่อง	30
บทที 5 การทดลอง	**36**
5.1 การทดลองที่ 1	36
5.2 การทดลองที่ 2	46
บทที่ 6 บทสรุป	**47**
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กลไกในการรีดสารละลายที่มีการทำงานคล้ายปั๊มน้ำ	4
รูปที่ 2.2 กลไกการให้สารละลายแบบปั๊มอีกแบบหนึ่ง	4
รูปที่ 2.3 แสดงชุดการให้น้ำเกลือ	5
รูปที่ 2.4 แสดงกลไกการรีดลักษณะแบบตีนตะขาบ	6
รูปที่ 2.5 แสดงชุดการรีดสารละลายแบบวงกลม	6
รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ MCS-51	8
รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของรีจีสเตอร์และหน่วยความจำ	9
รูปที่ 2.8 การจัดวางขาของ 8051	10
รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่ง Register ของ TMODE	14
รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่ง Register ของ TCON	15
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติ	16
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรชุดตรวจจับหยดน้ำ	17
รูปที่ 3.3 แสดงสภาวะของพินไดโอดวัดคร่อมตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม	18
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน	18
รูปที่ 3.5 แสดงสัญญาณหยดน้ำก่อนเข้า ออปแอมป์และหลังเข้าออปแอมป์	20
รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณหยดน้ำจากออปแอมป์และสัญญาณหยดน้ำจาก NE555	21
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรที่ใช้ในการขับมอเตอร์และส่วนของอินเตอร์รัพท์เตอร์	22
รูปที่ 3.8 รูปโครงสร้างของกลไกที่ใช้	24
รูปที่ 4.1 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก	27
รูปที่ 4.2 แสดงค่าประจำตำแหน่งต่างๆ ของคีย์	28
รูปที่ 4.3 แสดงแป้นคีย์ที่ใช้งาน	28
รูปที่ 4.4 โฟลชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่อง	29
รูปที่ 4.5 จอแสดงผลขณะกำหนดค่าต่างๆ	30
รูปที่ 4.6 จอแสดงผลขณะทำการปรับอัตราการไหล	31
รูปที่ 4.7 โฟลชาร์ตแสดงขั้นตอนการปรับเพื่อหาอัตราการไหลเบื้องต้น	32
รูปที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการปรับอัตราการไหล	32
รูปที่ 4.9 แสดงขั้นตอนการทำงานในช่วงของการปรับอัตราการไหล (ส่วนการอินเตอร์รัพท์)	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.10 แสดงขั้นตอนการทำงานในช่วงของการปรับอัตราการไหล (ส่วนการจับเวลา) 35

รูปที่ 5.1 อัตราการไหล 100 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 15 หยด/CC 37
รูปที่ 5.2 อัตราการไหล 150 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 15 หยด/CC 38
รูปที่ 5.3 อัตราการไหล 300 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 15 หยด/CC 39
รูปที่ 5.4 อัตราการไหล 100 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 20 หยด/CC 40
รูปที่ 5.5 อัตราการไหล 150 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 20 หยด/CC 41
รูปที่ 5.6 อัตราการไหล 300 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 20 หยด/CC 42
รูปที่ 5.7 อัตราการไหล 100 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 60 หยด/CC 43
รูปที่ 5.8 อัตราการไหล 150 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 60 หยด/CC 44
รูปที่ 5.9 อัตราการไหล 300 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 60 หยด/CC 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่2.1 แสดงค่าของรีจีสเตอร์เมื่อทำการรีเซทแล้ว	12
ตารางที่2.2 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน	13
ตารางที่2.3 รีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer/Counter	14
ตารางที่2.4 แสดงการใช้งาน Timer/Counter ในโหมดต่างๆ	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

เครื่องตรวจนับจำนวนหยดน้ำเกลือนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ชนิดหนึ่ง ที่มีการใช้กันทั่วไปโดยเฉพาะในห้องไอซียู แต่คนทั่วไปมักไม่ค่อยรู้จัก และมองไม่ออกถึงความจำเป็นของเครื่องนี้ แต่ถ้ามองถึงความจำเป็นที่จะต้องให้ยาแก่ผู้ป่วยโดยทางสายน้ำเกลือ (เช่น ในกรณีที่ผู้ป่วยหมดสติ และต้องให้ยาสม่ำเสมอ) เป็นปริมาณที่ถูกต้อง และในอัตราต่อเวลาที่แน่นอน ก็จะพบว่าจะต้องมีอุปกรณ์บางอย่างที่ทำหน้าที่เป็นผู้คอยตรวจสอบปริมาณ และอัตราการให้ยาแทนพยาบาลหรือแพทย์ ซึ่งไม่สามารถมาคอยดูแลผู้ป่วยคนเดียวได้ตลอดเวลา เครื่องนี้สามารที่จะควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือและยาให้เข้าสู่ตัวผู้ป่วยได้อย่างคงที่ ทำให้สามารถคำนวณปริมาณยาต่อเวลาที่จะให้ผู้ป่วยได้อย่างแม่นยำ อันจะทำให้การรักษาพยาบาลผู้ป่วยเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 วิธีการให้น้ำเกลือทั่วไป

2.1.1 ขั้นเตรียม

1. เตรียมสารละลายตามแพทย์สั่ง ยกมาข้างเตียงผู้ป่วย
2. เขียนชื่อ-นามสกุล วันที่ เวลาที่ให้ผู้ป่วยเตียงที่ ชนิดของสารละลาย รวมทั้งน้ำยาที่ผสมใส่การ์ดยาแล้วปิดไว้ข้างขวด
3. บอกให้ผู้ป่วยทราบ ถึงวิธีทำและประโยชน์
4. ให้ผู้ป่วยถ่ายปัสสาวะก่อนแล้วจัดท่านอนให้อยู่ในท่าที่สบาย ท่าที่สบายที่สุด คือ ท่านอนหงายศีรษะสูง (Semi Fowler's)
5. ล้างมือให้สะอาด แล้วต่อ ชุดเซต เข้ากับขวดเพื่อให้น้ำยาผ่านชุดเซต แล้วบีบให้แน่น วางเข็มไว้บนผ้าสี่เหลี่ยมหรือผ้าก็อสปลอดเชื้อ

2.1.2 ขั้นลงมือปฏิบัติ

1. ปูผ้าสี่เหลี่ยมปลอดเชื้อใต้แขนผู้ป่วย แล้วรัดสายยางเหนือบริเวณที่จะแทง
2. ให้ผู้ป่วยกำมือสลับแบ หรืองอ และเหยียดแขนสลับกัน บนหมอนที่รองใต้แขนใต้ผ้าสี่เหลี่ยม
3. ทำความสะอาดผิวหนัง บริเวณที่ให้โดยใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ 70% เช็ดบริเวณที่จะแทงเข็ม แล้วทาตามด้วยยาทิงเจอร์ไอโอดีน 2% ในแอลกอฮอล์ 70% รอบบริเวณนั้นให้แห้งก่อนแทงเข็ม
4. ใช้หัวแม่มือข้างหนึ่งวางกดลงบนผิวหนังและหลอดเลือดเหนื่อบรเวณที่จะแทงเข็มประมาณ 5 ซ.ม. (2 นิ้ว)
5. จับบริเวณหัวต่อระหว่างเข็มทำมุม 45 องศา แล้วแทงเข็มเข้าในเส้นเลือดดำประมาณ 2/3ของเข็มแล้วค่อยๆ ลดเข็มลงมาจนติดบริเวณผิวหนัง ในรายที่ใช้กระบอกชีดยาแทงก่อนให้จับบริเวณหัวต่อเข็มกับกระบอกฉีดยาทำมุม 45 องศา แล้วขั้นตอนต่อไปเหมือนดังกล่าวข้างต้น ดึงลูกสูบกระบอกฉีดยาให้เลือดไหลออกมาเล็กน้อยแล้วปลดกระบอกฉีดยา ต่อชุดเซตกับหัวเข็ม
6. ปลดสายยางรัดแน่น
7. เปิดตัวบีบให้สารละลายไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ใช้ผ้าก็อสรองใต้หัวเข็มแล้วใช้พลาสเตอร์เทปยึดหัวเข็ม
9. ปรับอัตราหยดของสารละลายให้อยู่ในอัตราหยดที่สม่ำเสมอ จำนวนหยดที่ได้คำนวณถูกต้องภายในเวลาที่กำหนด
10. ใช้ที่รองแขนที่มีผ้าหรือฟองน้ำรอง และยึดไว้อย่าให้แน่นเกินไป ในผู้ป่วยเด็กถ้าให้ทาง Scalp vein ต้องใช้ที่ครอบบริเวณเข็ม เพื่อกันเข็มหลุด

2.1.3 เมื่อเสร็จแล้ว

1. เก็บเครื่องใช้เข้าที่
2. จดบันทึก เวลา จำนวน ชนิดของสารละลายที่ให้ และยาที่ผสม ลงในแผ่นบันทึกทุกครั้ง พร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงและปฏิกิริยาที่เกิดกับผู้ป่วย
3. เมื่อให้ครบจำนวนแล้ว ปิดที่บีบ เอาพลาสเตอร์ หรือเทป ที่ยึดไว้ออก ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ 70% กดลงตกบริเวณปลายเข็มแล้วชักออก ให้ผู้ป่วยพับแขน หรือกดบริเวณนั้นชั่วครู่เพื่อให้เลือดหยุดไหล แก้ที่รองแขนออกพร้อมกับจัดให้ผู้ป่วยนอนในท่าที่สบาย และอำนวยความสะดวกให้

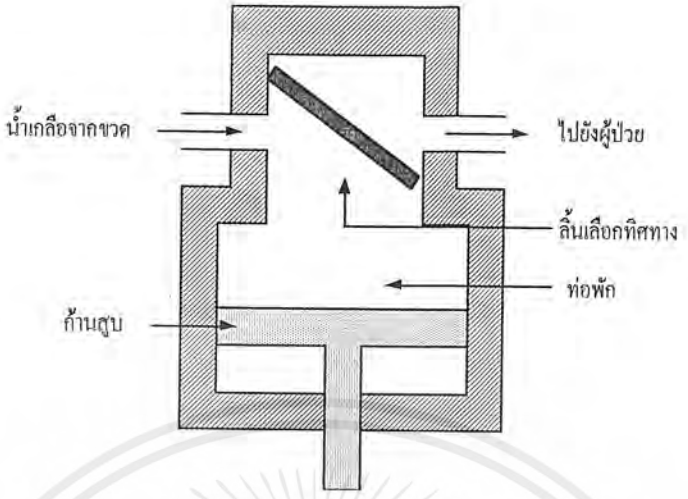
2.2 แบบของกลไกลการรีดน้ำเกลือ

เครื่องควบคุมการให้สารละลายหรือ Infusion Pump ที่มีใช้ตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ในปัจจุบันนั้น มีรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งรูปแบบต่าง ๆ กันนี้ส่วนมากแล้วจะต่างกันที่ การออกแบบทางกลศาสตร์ในการรีดสารละลายให้ออกมาซึ่งในส่วนนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่ถึงอย่างไรหลักการทำงานของเครื่องนี้ก็คือ การใช้ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิคส์ในการควบคุมการทำงาน ให้กลไกในการรีดสารละลายเป็นไปตามที่เราต้องการ ดังนั้นสิ่งแรกที่เราต้องคำนึง ในการออกแบบก็คือ เราต้องการให้มีกลไกในการรีดสารละลายอย่างไร ซึ่งจากการศึกษากลไกของเครื่องควบคุมการให้สารละลายที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและจากวารสารทางวิชาการแพทย์พบว่ามีด้วยกัน 4 แบบ แต่สามารถแบ่งเป็นลักษณะในการทำเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ

2.2.1 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะเหมือนการปั๊ม

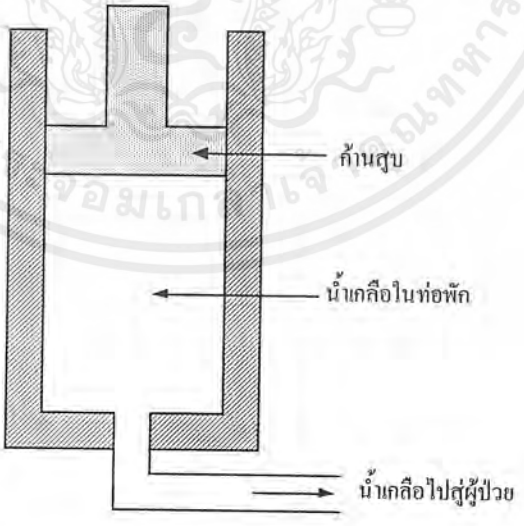
กลไกในการให้สารละลายในลักษณะนี้ จะมีลักษณะเหมือนกับปั๊มน้ำซึ่งจะสูบน้ำจากแหล่งจ่ายน้ำไปเก็บไว้ในถังพักน้ำ และจะจ่ายน้ำออกไปให้กับผู้ใช้เมื่อถึงคราวที่ต้องการ รูปแสดงกลไกคร่าว ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กลไกในการรีดสารละลายที่มีการทำงานคล้ายปั๊มน้ำ

เมื่อเริ่มต้นการทำงานสารละลายจะถูกสูบเข้ามาเก็บไว้ในหอพักจนเต็มโดยใช้เวลาช่วงนี้ไม่นานนัก จากนั้นวงจรทางอิเล็กทรอนิคส์ก็จะควบคุมการทำงานของก้านสูบโดยให้ก้านสูบค่อยๆ ดันสารละลายออกจากท่อพักเข้าสู่ตัวผู้ป่วย ซึ่งความเร็วในการดันของก้านสูบจะแปรผันตามอัตราการให้สารละลายที่แพทย์หรือพยาบาลตั้งไว้ในตอนต้น เมื่อสารละลายหมดจากท่อพักแล้วก็จะมีการสูบสารละลายให้เต็มท่อพักใหม่อีกและก็จะทำงานเป็นเช่นนี้เรื่อยไป



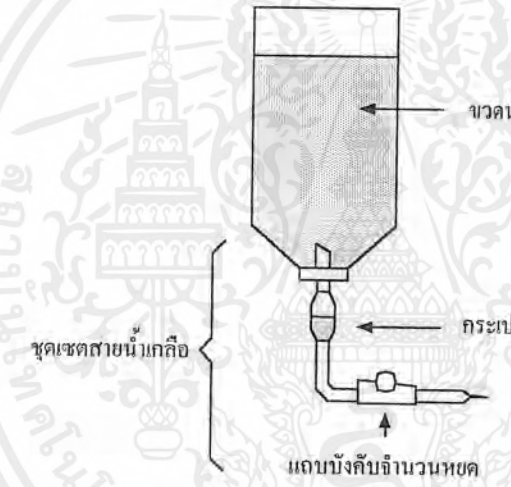
รูปที่ 2.2 กลไกการให้สารละลายแบบปั๊มอีกแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกรูปแบบหนึ่งของกลไกที่มีลักษณะการปั๊มเช่นกันแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งแบบนี้สารละลายทั้งจะถูกบรรจุไว้ในท่อพักก่อน ซึ่งท่อพักนี้มีขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุปริมาตรสารละลายที่ให้ผู้ป่วย เนื่องจากวิธีการนี้จะไม่มีการสูบสารละลายเข้ามายังท่อพักเมื่อสารละลายหมดจากท่อพักแล้ว

2.2.2 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะแบบการรีด

กลไกลักษณะนี้จะมีใช้ตามโรงพยาบาลมากกว่าแบบที่แล้ว ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะสามารถใช้งานได้สะดวกและคล่องตัวกว่า ซึ่งถ้าเราเคยเห็นผู้ป่วยที่ต้องให้น้ำเกลือจะเห็นว่า ชุดการให้น้ำเกลือประกอบไปด้วยขวดน้ำเกลือและเซตสายน้ำเกลือ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

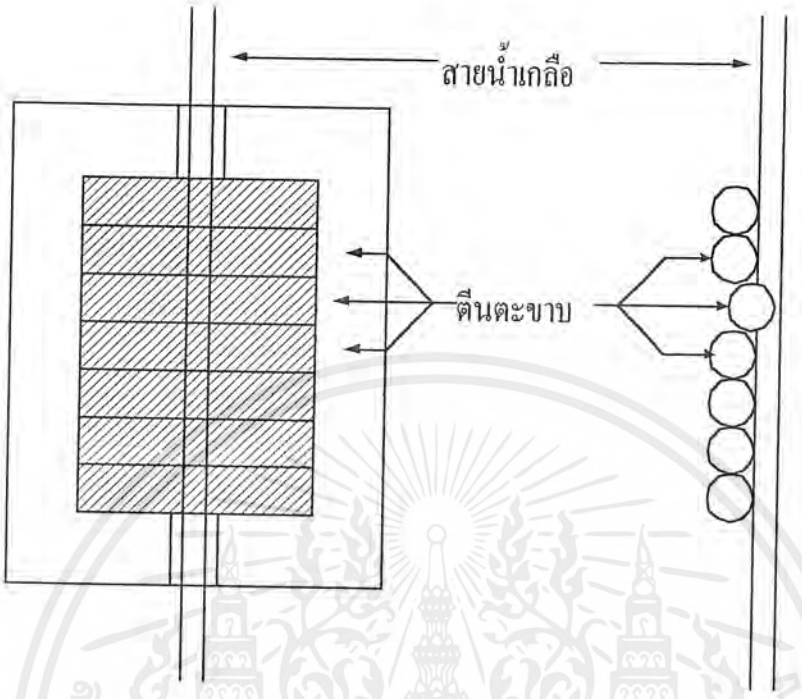


รูปที่ 2.3 แสดงชุดการให้น้ำเกลือ

2.2.3 กลไกการรีดแบบตีนตะขาบ

เครื่องควบคุมให้สารละลาย ที่มีชุดการรีดแบบตีนตะขาบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาที่สุด เพราะเนื่องจากสามารถนำไปใช้งานได้สะดวกที่สุด กลไกแบบตีนตะขาบแสดงให้ดูตามตัวอย่างคร่าว ๆ ดังรูปที่ 2.4 การทำงานของกลไกแบบนี้ก็คือ ตีนตะขาบแต่ละอันที่วางเรียงเป็นหน้ากระดานนั้นจะเคลื่อนตัวออกไปกดทับสายน้ำเกลือในลักษณะที่ผลัดกันกดแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับล้อที่กดทับสายน้ำเกลือ แล้วค่อย ๆ เคลื่อนลงมาทำให้เกิดการรีดสารละลายให้ออกมาจากสายทีละหยดตามที่เราต้องการ

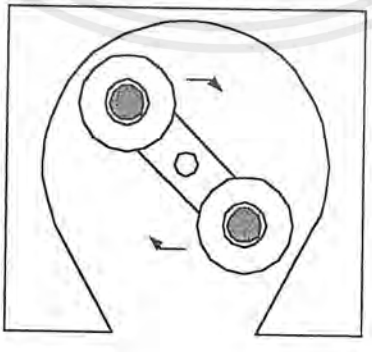
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงกลไกการีดลักษณะแบบตีนตะขาบ

2.2.4 กลไกการรีดแบบวงกลม

รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงชุดรีดสารละลายที่มีโครงสร้างเป็นแบบวงกลม การทำงานของชุดการรีดแบบนี้ก็คือ ล้อใดล้อหนึ่งจะกดทับสายน้ำเกลือตลอดเวลา เพื่อบังคับให้สารละลายส่งผ่านไปยังผู้ป่วยเมื่อแกนรีดนี้หมุนไปเท่านั้น



รูปที่ 2.5 แสดงชุดการีดสารละลายแบบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โครงสร้างของ MCS-51

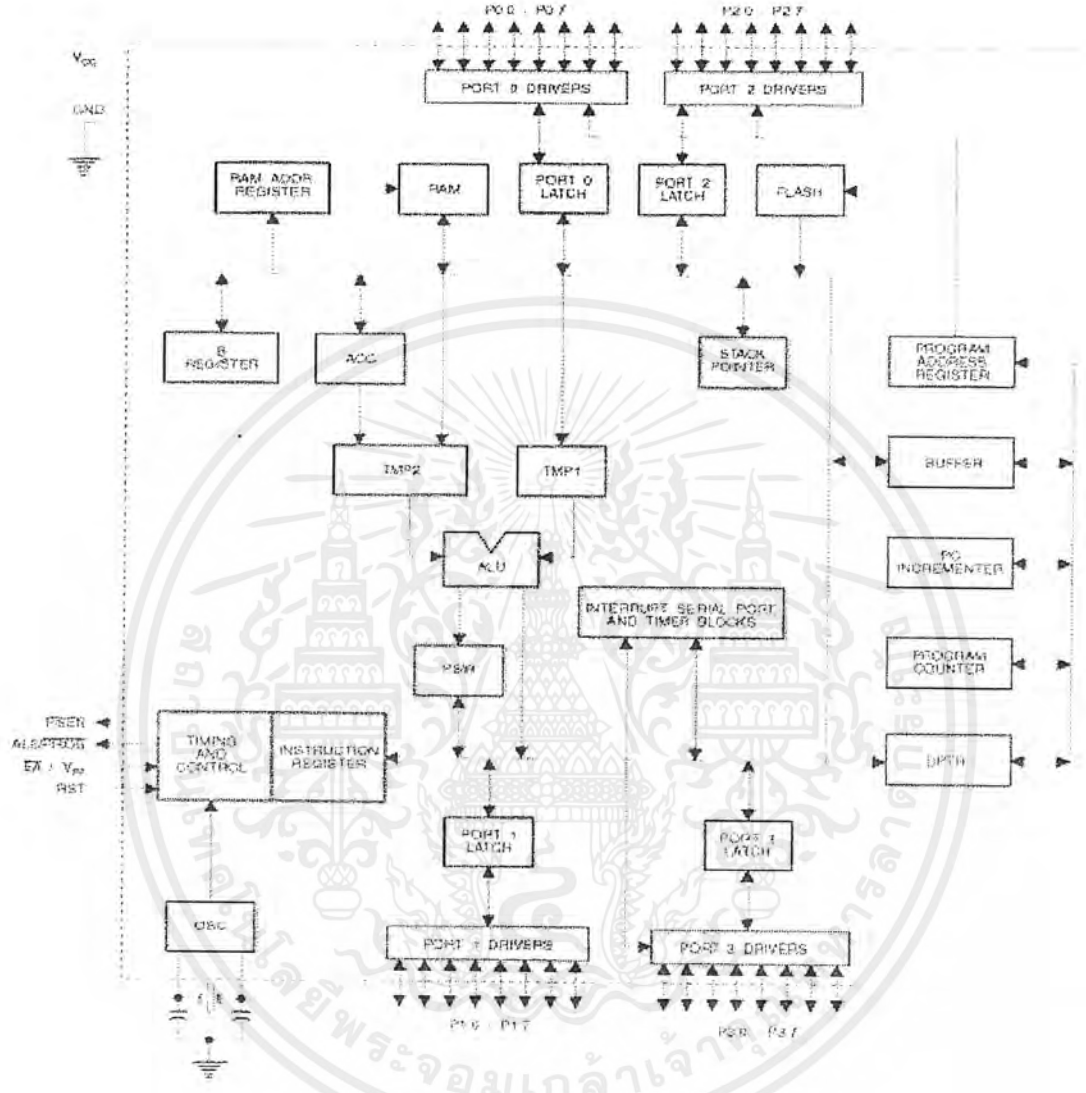
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ + 5V ชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031, 8032 ไม่มีหน่วยความจำชุดนี้ ส่วน 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
3. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับ 8052 มีถึง 256 ไบต์
4. หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูล (Program Memory) และ Data Memory แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
5. คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 1 uS เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 Mhz
6. มี Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด
7. รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์
8. มีพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ต ทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกันได้ (Full Duplex) เลือกรูปแบบการส่งข้อมูลได้ 4 โหมด
9. มีคำสั่งในการทำ AND,OR หรือ COMPLEMENT ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

2.3.2 โครงสร้างภายในของ 8051

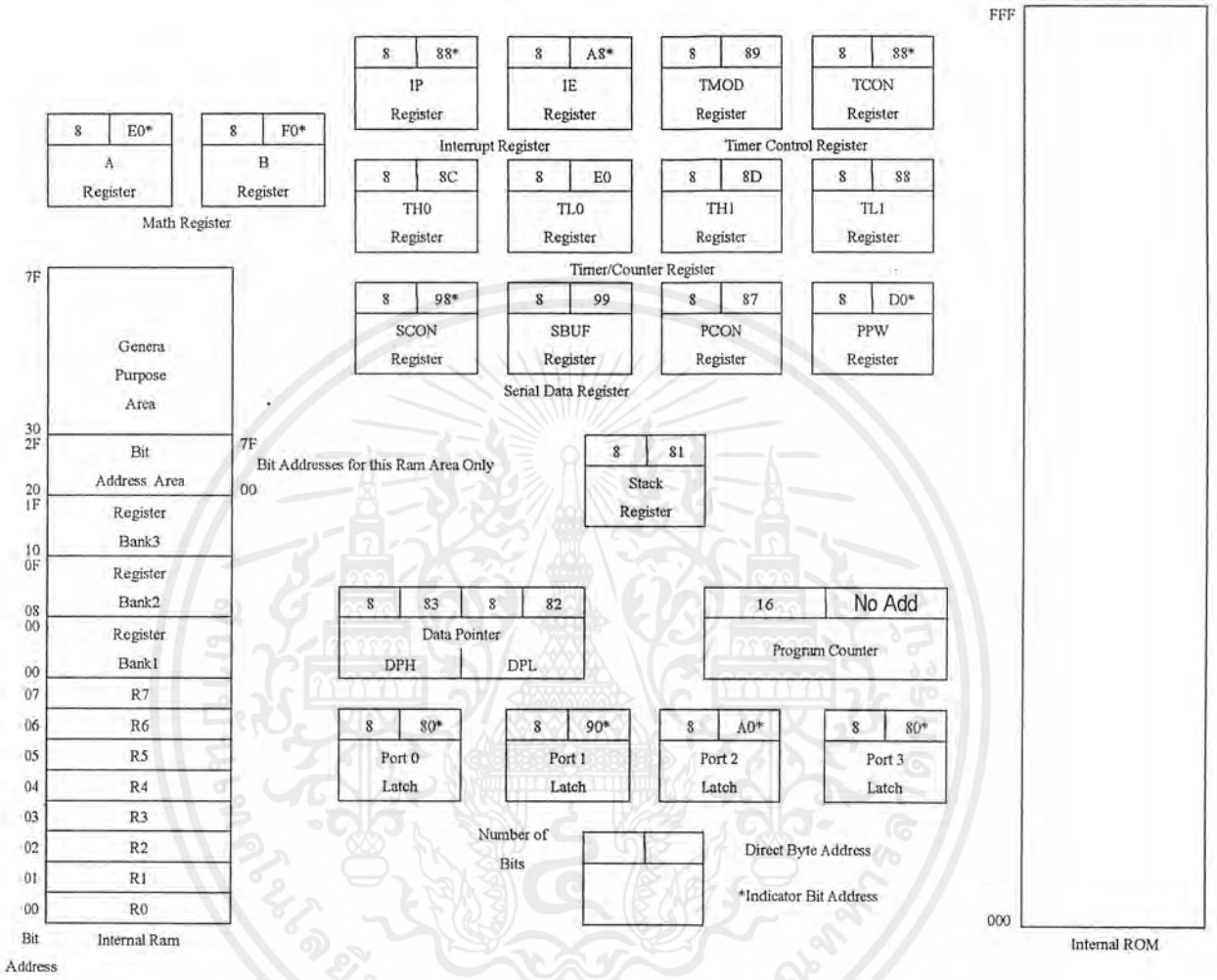
MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิค โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังแสดงรูปที่ 2.6 และ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



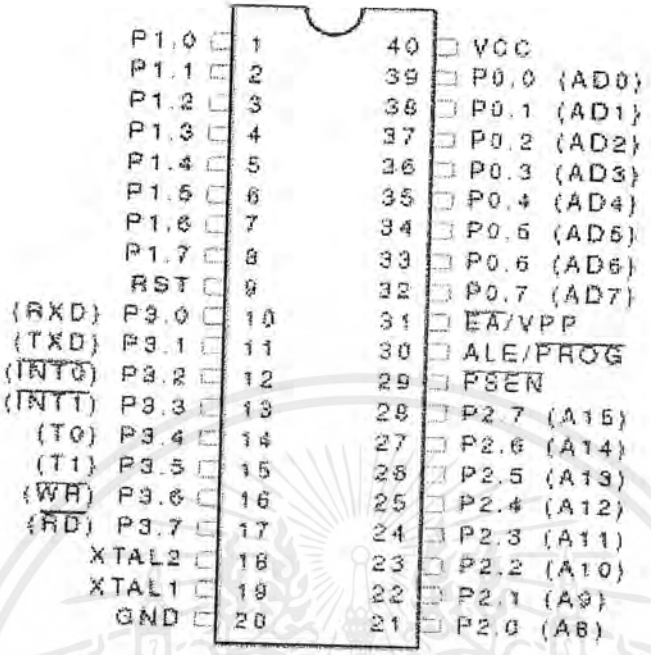
รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ และหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การจัดวางขาของ 8051

พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่าง ๆ ดังนี้

- ไฟเลี้ยง (ขา 40) ต่อกับ +5V
- ไฟเลี้ยง (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่แอดเดรสและข้อมูลออกไปให้หน่วยความจำภายนอกเมื่อทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอกและอีกหน้าที่หนึ่งคือเป็นพอร์ อินพุทและเอาท์พุท ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก 1 ไปยังพอร์ตนี้
- พอร์ต 1 (ขา 1 – 8) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน (Internal pull Up Register)
- พอร์ต 2 (ขา21-28)มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P2.0-P2.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ สามารถใช้เป็นพอร์ตสำหรับส่งแอดเดรส 8 บิตบน (A8-A15) และเป็นอินพุท,เอาท์พุทพอร์ตใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องส่งลอจิก 1 มาที่พอร์ตนี้ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิท คือขา (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต1 พอร์ตนี้ทำหน้าที่เป็นอินพุทและเอาพุทพอร์ต ถ้าจะให้พอร์ตนี้เป็นอินพุทพอร์ตก็ให้ส่งลอจิก 1 มาที่พอร์ตนี้ก่อนและอีกหน้าที่ หนึ่งคือ ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/RXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INT0 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/INT1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปในวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T1 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังTimer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/WR (External Data Memory Write strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/RD (External Data Memory Read strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

- ALE (ขา 30)เป็นขาส่ง สโตรบสำหรับใช้ในการแลตช์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ต 0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุก ๆ ครั้งใน 1 แมชชีนไซเคิล (1/16 ของสัญญาณนาฬิกา)

- PSEN (ขา 29) เป็นขาที่ส่งสโตรบสำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก (หน่วยความจำประเภท ROM EPROM) สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณ นาฬิกาออกที่ขานี้

- EA (ขา 30)ถ้าป้อนลอจิก 0 เข้าที่ขานี้ ซีพียูจะอ่านค่าจาก Program Memory ภายนอกชิพเท่านั้น แต่ถ้าถูกป้อนด้วยลอจิก 1 ก็จะอ่านโปรแกรมภายในชิพ

- RST (ขา 9) เป็นขารีเซ็ทซีพียู จะรีเซ็ทได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก 1 เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล เมื่อ ซีพียูถูกรีเซ็ทค่าต่าง ๆ ในรีจิสเตอร์ใด ๆ จะมีคำสั่งดังตารางที่ 2.1

- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทของวงจรออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าของรีจีสเตอร์เมื่อทำการรีเซทแล้ว

รีจีสเตอร์	
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	00H
DPTR	OOOOH
P0-P3	0FFH
IP	00H
IE	0X000000B
TMOD	00H
TCON	00H
TH0,TL0	00H
TH1,TL1	00H
SCON	00H
SBUF	Indeterminate

2.3.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS –51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ Program Memory และ Data Memory Program Memoryซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 ก็คือ ROM ขนาด 8 กิโลไบต์

Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลหน่วยความจำนี้ สามารถเขียนข้อมูลลงไปและ อ่านข้อมูลออกมาได้ ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 ไบต์ สำหรับเบอร์8052 ส่วนหน่วยความจำภายนอกชิพมี 64 กิโลไบต์

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area) พื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1. รีจิสเตอร์แบงก์ (Register Banks 0-3) ตั้งแต่ตำแหน่ง (00H-1FH) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(0-3) โดยแบ่งเป็นแบงก์ละ 8 ไบต์รวมแล้วได้ 32 ไบต์ ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงก์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ทก็จะกลับมาทำงานที่แบงก์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07Hทันที

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งเขียนอ่านเกี่ยวกับบิตได้ (Bit Addressable Area) พื้นที่ตั้งแต่

แอดเดรส (20H-7FH) จำนวน 16 ไบต์ หรือถ้านับเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิต ซึ่งตำแหน่งบิต 00,01,02,03,04,05,06,07 ก็คือตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 20H ที่บิต 0,1,2,3,4,5,6,7, ตามลำดับ ดูตาราง 2.2 เช่นถ้าต้องการเซทบิต D0 ของตำแหน่ง 20H ก็จะต้องเขียนคำสั่งว่า SETB 00H

ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area) พื้นที่ตั้งแต่ (30H-7FH) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้น ไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้

- ช่วง 78H-37H คือช่วง SCRATCH PAD AREA
- ช่วง 28H-27H คือช่วง BIT ADDRESSABLE SEGMENT
- ช่วง 18H-07H คือช่วง REGISTER BANK

2.3.4 ส่วนการสร้างฐานเวลาและการนับ (Timer /Counter)

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในชิพ รีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน Timer/Counter แสดงไว้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 รีจีสเตอร์ที่เกียวข้องกับการใช้ Timer/Counter

รีจีสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างอิงตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMODE	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No

2.3.4.1 Timer Mode Register (TMODE)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้สำหรับควบคุม Timer/Counter ไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลระดับบิตได้ โดยสี่บิตล่างจะทำหน้าที่ควบคุม Timer/Counter 0 และสี่บิตบนใช้สำหรับ Timer/Counter 1

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

MSB LSB

รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่ง Register ของ TMODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- GATE เป็นบิตสำหรับควบคุม Timer/Counter ถ้าเป็นลอจิก 1 Timer/Counter นั้นจะทำงาน เมื่อขาสัญญาณที่ขา INTx เป็นลอจิก 1 เท่านั้น ที่บิต TRx ใน TCON ต้องเป็นลอจิก 1 ด้วย ซึ่งจะเป็นการควบคุมด้วย ฮาร์ดแวร์ เมื่อเป็นลอจิก 0 การควบคุม Timer/Counter นั้นๆ จะเป็นการควบคุมด้วย โปรแกรมที่บิต TRx ของรีจีสเตอร์ TCON เท่านั้น
- C/T เป็นบิตสำหรับเลือกการทำงานของ Timer/Counter เป็น Timer หรือ Counter โดย ถ้าเป็นลอจิก 1 จะเป็น Counter
- M0,M1 เป็นบิตสำหรับเลือกการทำงานของ Timer/Counter

ตารางที่ 2.4 แสดงการใช้งาน Timer/Counter ในโหมดต่างๆ

M1	M0	mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13บิต
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16บิต
1	0	2	ใช้เป็น Timer แบบ 8 บิต สามารถตั้งค่าใหม่อัตโนมัติ
1	1	3	Timer 0 จะถูกแยกออกเป็น Timer 8บิตสองตัวคือ TL0 และ TH0 โดยไม่ใช้ Timer1

2.3.4.2 TCON

เป็นรีจีสเตอร์ ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter และระดับการตอบรับอินเตอร์รัพท์ ซึ่งสามารถอ้างอิงระดับบิตได้

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

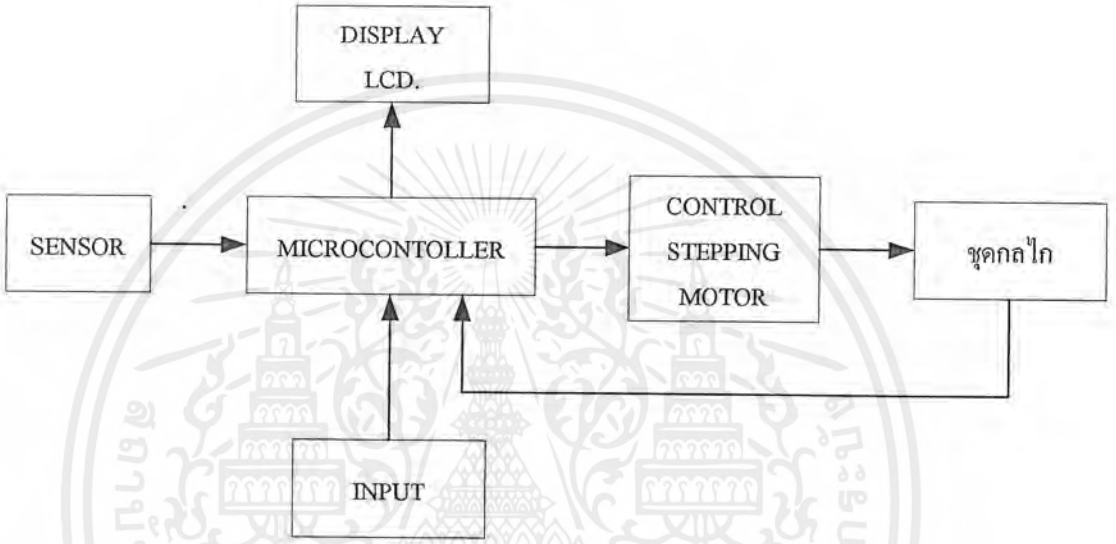
MSB LSB

รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่ง Register ของ TCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบ

3.1 BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 3.1 BLOCK DIAGRAM เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติ

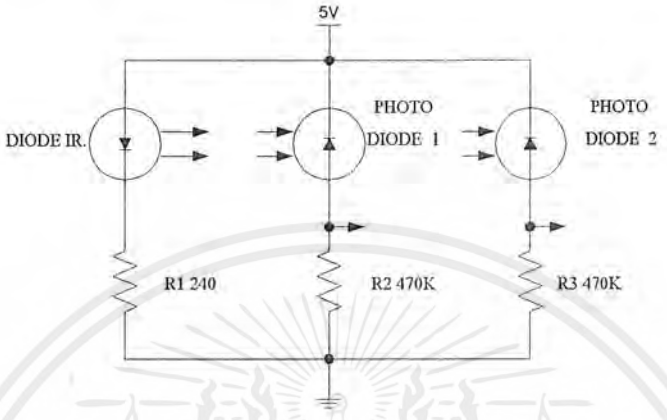
- SENSOR เปลี่ยนหยดน้ำเป็นสัญญาณไฟฟ้า
- MICROCONTROLLER ประมวลผล แสดงผล และควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- DISPLAY แสดงผลการทำงานของเครื่องด้วย จอ LCD 16 อักขระ 2 บรรทัด
- IN PUT ป้อนค่าเพื่อเซ็ทการทำงานของเครื่อง
- CONTROL STEPPING MOTOR วงจร DRIVE ละควบคุม STEPPING MOTOR
- กลไก ชุดการบีบสายน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2 วงจรเซ็นเซอร์(SENSOR)

3.2.1 ชุดตรวจจับการตกของหยดน้ำ

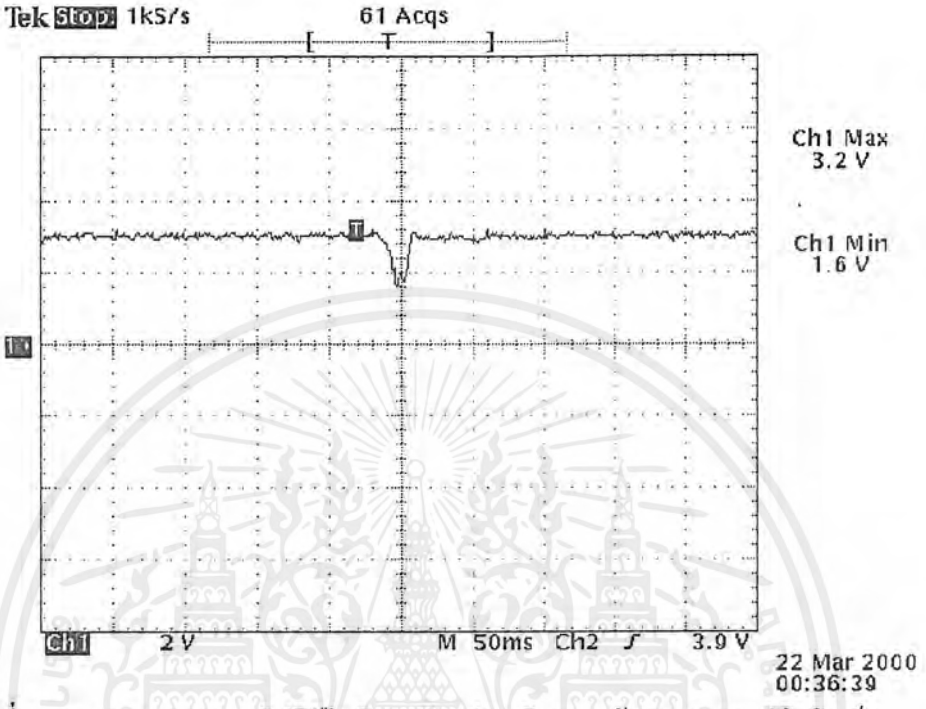


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรชุดตรวจจับหยดน้ำ

ไดโอด อินฟราเรด (Diode Infrared) ทำหน้าที่ปล่อยแสง อินฟราเรด (Infrared) ให้ไปกระทบยังตัว โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)โดยกำหนดให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด อินฟราเรด ประมาณ 14.25 มิลลิแอมป์(milli Amp) ในขณะที่ไม่มีหยดน้ำมาบังแนวรับแสงของ โฟโต้ไดโอด ทั้งสองตัว ทำให้ตัวโฟโต้ไดโอดได้รับแสงจากไดโอด อินฟราเรด มีผลทำให้กระแสไหลผ่าน โฟโต้ไดโอด ทั้งสองตัวได้ วัดแรงดันคร่อมตัวความต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม(kilo Ohm) (R2, R3) ได้ประมาณ 3.2 โวลท์ จะมีกระแสไหล โฟโต้ไดโอด ผ่านประมาณ 6.80 นาโนแอมป์(nA) แต่เมื่อมีหยดน้ำมาบังแนวรับแสงของโฟโต้ไดโอดทำให้แสงมาถึงโฟโต้ไดโอด ได้น้อยลง กระแสไหลผ่านตัวโฟโต้ไดโอดน้อยลงด้วย วัดแรงดันคร่อมตัวความต้านทาน ขนาด 470 กิโลโอห์ม (R2,R3) ได้ประมาณ 1.6 โวลท์ จะมีกระแสไหลประมาณ 3 มิลลิแอมป์ ได้สภาวะความแตกต่างระหว่าง 2 สภาวะ คือระหว่างไม่มีหยดน้ำผ่านและมีหยดน้ำผ่าน ดังรูปที่ 3.3 แสดงสภาวะการทำงานของโฟโต้ไดโอด

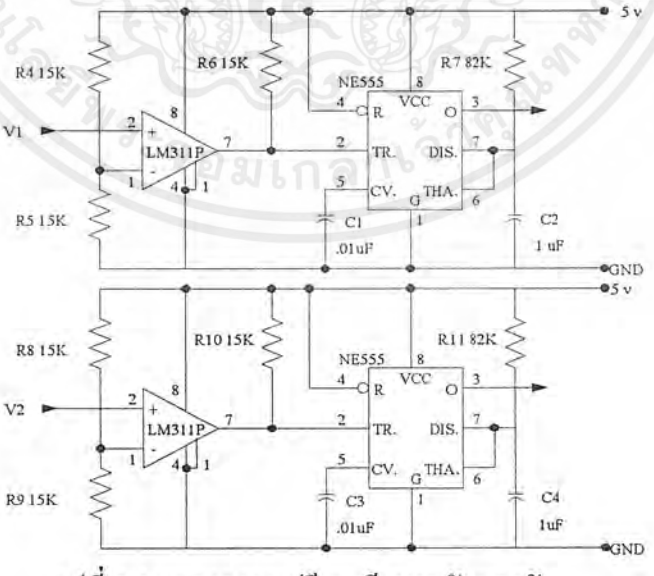
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36955

ผลการทดลองที่ 1 วัดแรงดันที่ R 470 กิโลโอห์ม



รูปที่ 3.3 แสดงสภาวะของโฟโต้ไดโอด วัดคร่อมตัวความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม

3.2.2 วงจรคอมพาราเตอร์ (COMPARATOR) และ วงจรโมโนสเตเบิ(MONOSTABLE)



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะที่ยังไม่มีหยดน้ำ ระดับแรงดันที่ขา 2 ของออปแอมป์ (OP-AMP) เบอร์ LM 311 ทั้ง 2 ตัว อยู่ที่ระดับ 3.2 โวลท์ คือแรงดันที่ตกคร่อมค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และที่ขา 1 ของ ออปแอมป์ LM 311 แรงดันประมาณครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ในวงจรนี้มีประมาณ 2.5 โวลท์ เพราะฉะนั้นในสภาวะที่ไม่มีหยดน้ำนี้ที่ OP-AMP ทั้งสองตัว แรงดันที่ขาบวก (ขา 2) จะมีแรงดันมากกว่าที่ขาลบ (ขา 1) ที่ เอาท์พุท (OUT PUT) ของออปแอมป์ (ขา 7) เปรียบเสมือนลอยไม่ต่ออะไรอยู่ เนื่องจากออปแอมป์ต่อเป็นวงจรคอมพาราเตอร์ วัดแรงดันที่เอาท์พุทของออปแอมป์ทั้งสองตัว จะได้เท่ากับแรงดันที่ต่อมาจาก R6,R10 เท่ากับ 5 โวลท์ และที่ขา 2 ของ ไอซี (IC) NE555 ซึ่งต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล ก็จะได้รับไฟบวก 5 โวลท์ ไอซี NE555 ก็จะยังไม่ทำงาน เพราะ ไอซี NE555 จะทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณไฟฟ้า ที่ เอาท์พุทของ ไอซี NE555 (ขา 3)ทั้งสองตัวก็จะยังไม่มีสัญญาณไฟฟ้าออกมา

ในสภาวะที่มีหยดน้ำผ่าน แสงจะมาตก โฟโต้ไดโอด น้อยลง แรงดันที่ขาบวกของออปแอมป์ จะมีค่าประมาณ 1.6 โวลท์ ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าค่าน้อยกว่าแรงดันที่ขาลบของออปแอมป์ทำให้ขาเอาท์พุทของออปแอมป์ เปรียบเสมือนลงกราวนด์ ไปกระตุ้นการทำงานของไอซี NE555 ซึ่งต่อเป็นวงจร โมโนสเตเบิล ไอซี NE555 จะสร้างพัลส์บวกมีความกว้าง 100 มิลลิวินาที (millisecond) นี่คือสภาวะที่มีหยดน้ำผ่าน ส่งผ่านให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำการวัดระยะห่างระหว่างหยดแต่ละหยดต่อไป

การหาค่า R และ ค่า C ของวงจรโมโนสเตเบิล

จาก $t = 1.1 \times R \times C$ (3.1)

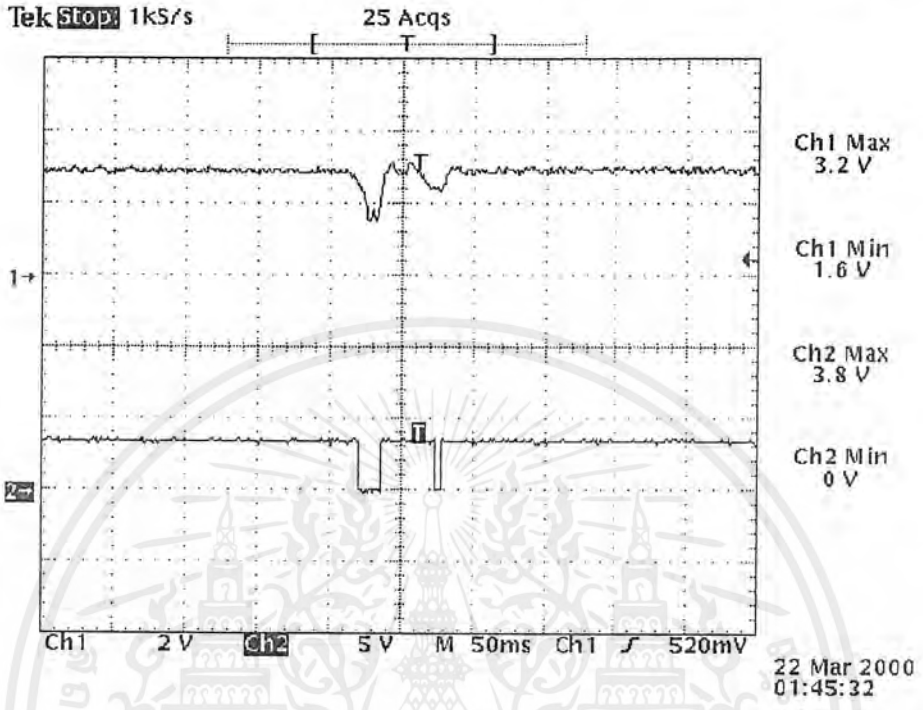
กำหนด $t = 100\ ms \quad C = 1\ uF$

$$\therefore R = (100 \times 10^{-3})/(1.1 \times 1 \times 10^{-6}) = 90.90 \times 10^{3}\ \Omega$$

เพราะฉะนั้นจึงใช้ค่า R7 และ R11 เท่ากับประมาณ 82 $k\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 วัดสัญญาณก่อนเข้าออปแอมป์ (Ch 1) สัญญาณออกจากออปแอมป์ (Ch 2)

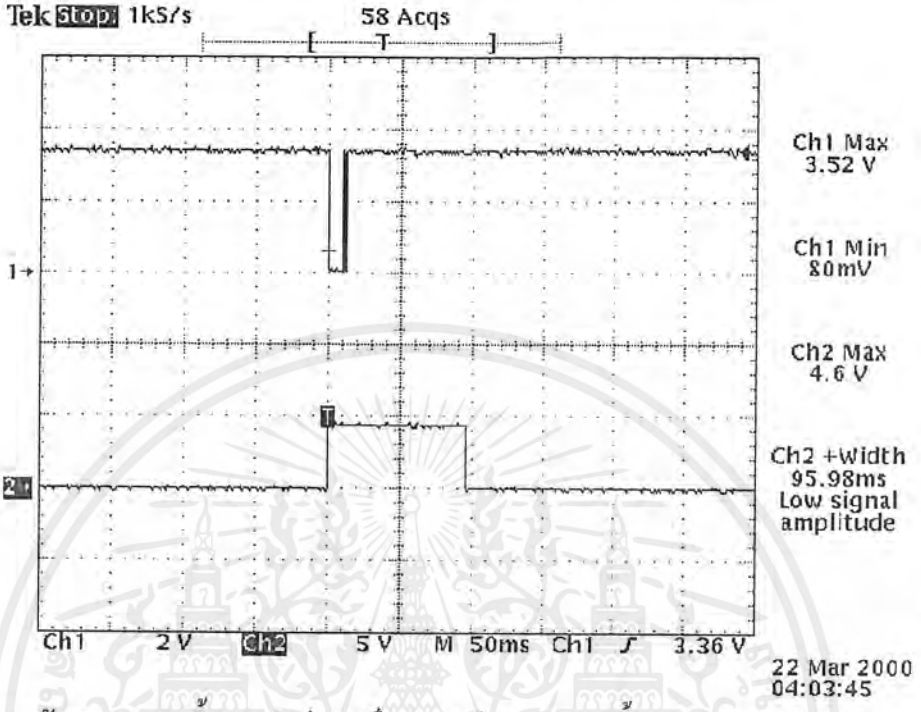


รูปที่ 3.5 แสดงหยดน้ำสัญญาณก่อนเข้าออปแอมป์ (Ch 1) สัญญาณหลังเข้าออปแอมป์ (Ch 2)

รูปที่ 3.5 แสดงรูปสัญญาณหยดน้ำจากพินไดโอดในแชลแนลที่ 1 (Channel 1)และสัญญาณหยดน้ำที่ผ่านวงคอมพาราเตอร์ในแชลแนลที่ 2 (Channel 2) จะเห็นจากรูปข้างบนว่าหยดน้ำเกิดพัลส์ซ้อนจากพินไดโอดขึ้นมา กรณีแบบนี้จะเกิดในบางครั้งเท่านั้น สัญญาณหยดน้ำที่เกิดกรณีของพัลส์ที่ซ้อนกันมานี้ จำเป็นต้องสร้างวงจรโมโนสเตอเบิล ที่คาบเวลามากกว่าคาบเวลาของสัญญาณหยดน้ำปกติรวมกับสัญญาณที่เกิดซ้อนขึ้นมา ในที่นี้ใช้คาบเวลาของโมโนสเตเบิลประมาณ 100 มิลลิเซค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 3 สัญญาณจากออปแอมป์(Ch 1) สัญญาณจาก NE555 (Ch 2)



รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณหยดน้ำจากออปแอมป์(Ch 1) สัญญาณหยดน้ำจาก NE555 (Ch 2)

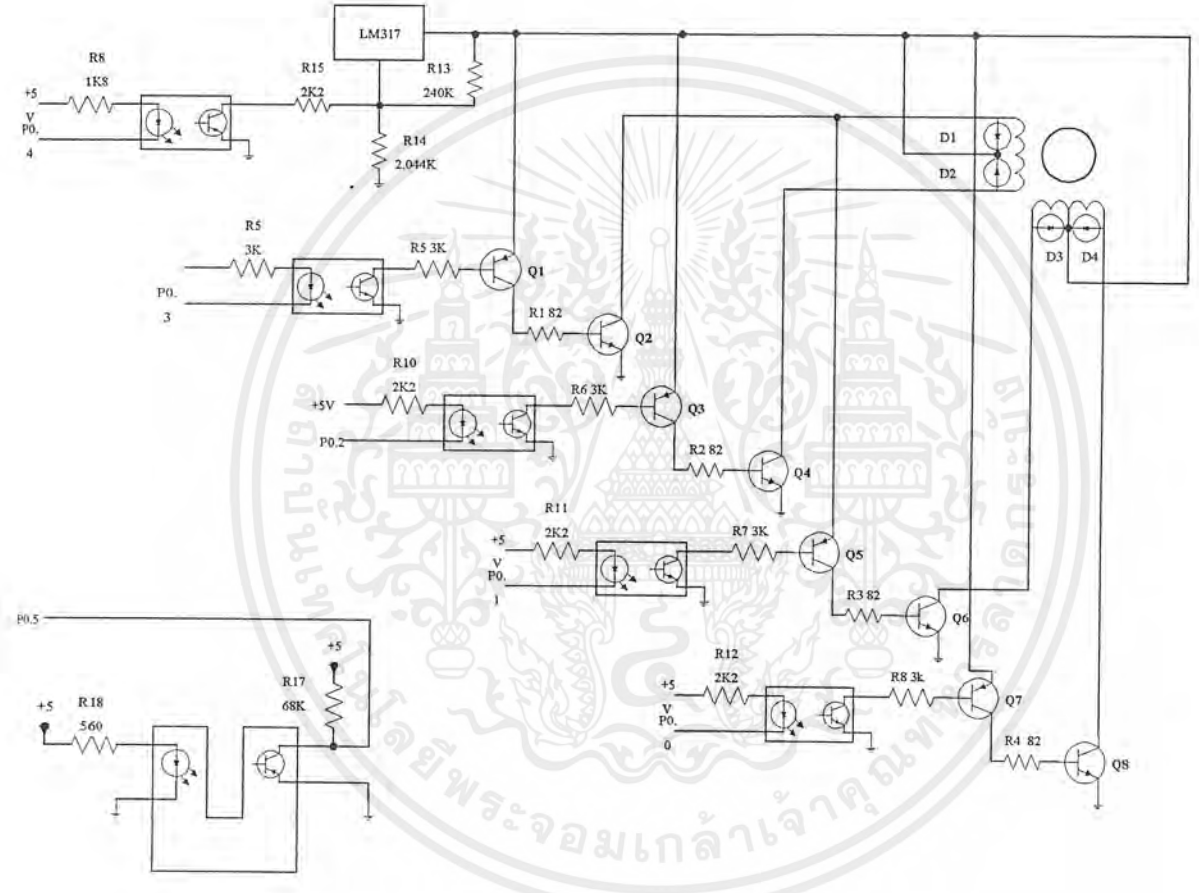
รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณจากเอาท์พุทของออปแอมป์ในแชลแนลที่ 1 สัญญาณจากออปแอมป์ จะไปทริก(TRIGE) การทำงานของไอซี NE 555ไอซี NE 555 ซึ่งต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล จะสร้างพัลส์ความกว้างขนาด 100 มิลลิเซค ส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล

3.3 สเต็ปปิ้ง มอเตอร์ (Stepping Motor)

3.3.1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

วงจรในส่วนนี้รับแรงดันไฟเลี้ยง 2 ระดับ คือ 12 โวลต์ หรือ 7 โวลต์ พิจารณาการออกแบบที่แรงดัน12 โวลต์ จากการทดลองที่ 4 เมื่อแรงดันตกคร่อมสเต็ปมอเตอร์ 12 โวลต์ จะมีกระแสไหล 1.3 แอมแปร์ ดังนั้น ทรานซิสเตอร์ Q2,Q4,Q6 และ Q8 ต้องทนกระแสได้ไม่ต่ำกว่า 1.3 แอมแปร์ จึงเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ BD139 ซึ่งมีแรงดันตกคร่อมคอลเลคเตอร์และอีมิตเตอร์อิ่มตัว(VCEsat) เท่ากับ 0.5 โวลต์ ดังนั้นกระแสที่ไหลจริงจะไม่เกิน 1.2 แอมแปร์ และเนื่องจากทรานซิสเตอร์ถูกออกแบบให้ทำงานเป็นสวิตซ์ จึงใช้ค่า β ในการคำนวณเท่ากับ 10 ได้กระแสเบสมีค่าเท่ากับ 120 มิลลิแอมแปร์ และเกิดแรงดันตกคร่อมเบส-อีมิตเตอร์ (VBE(on)) 1 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรที่ใช้ในการขับมอเตอร์ และส่วนของการอินเตร์รัพท์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาที่ทรานซิสเตอร์ Q1,Q3,Q5 และ Q7 จะต้องทนกระแสไม่น้อยกว่า 120 มิลิแอมแปร์ จึงเลือกใช้ BC557 จากกราฟการทำงาน ณ.ที่กระแสคอลเลคเตอร์ 120 มิลิแอมแปร์ จะต้องให้กระแสเบสไหลประมาณ 2 มิลิแอมแปร์ โดยจะเกิดแรงดันตกคร่อมคอลเลคเตอร์-อีมิตเตอร์เท่ากับ 1 โวลต์ สามารถคำนวณหาความต้านทาน R1,R2,R3,R4 ได้เท่ากับ 83.3 โอห์ม จึงเลือกใช้ค่า 82 โอห์ม พิจารณาที่ระดับแรงดันด้านต่ำ(7 โวลต์) คำนวณหาความต้านทาน R5,R6,R7,R8 โดยต้องการให้กระแสไหลผ่านไม่น้อยกว่า 2 มิลิแอมแปร์ สามารถคำนวณค่าความต้านทานได้ เท่ากับ 3 กิโลโอห์ม ได้กระแสทางด้าน อินพุตของไอซี ออปโตไอโซเลเตอร์ 1.8 มิลิแอมแปร์ คำนวณค่า R9,R10,R11,R12 ได้ 2.2 กิโลโอห์ม

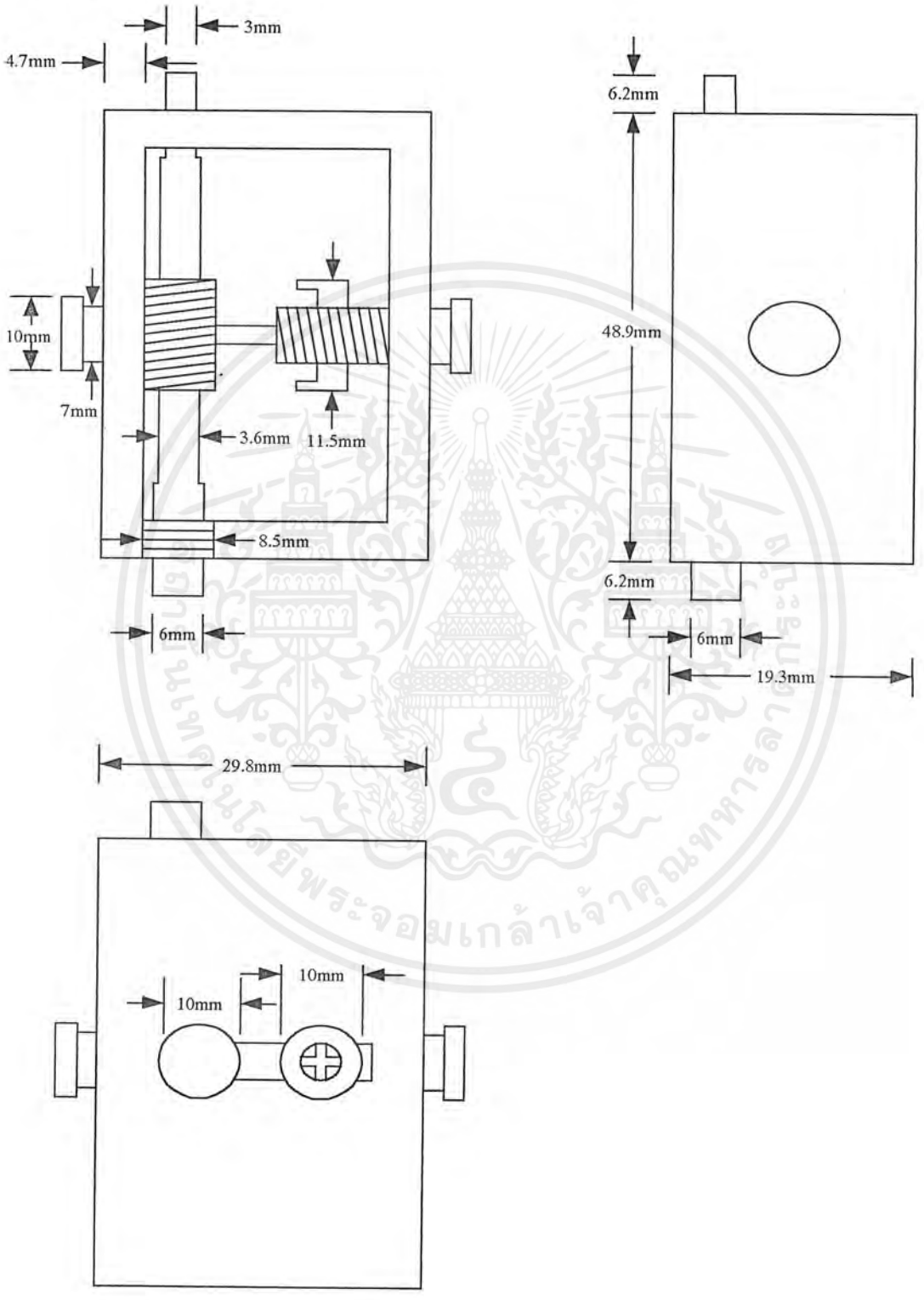
พิจารณาภาคควบคุมแรงดันสเต็ปมอเตอร์ ถูกออกแบบให้สามารถ จ่ายไฟ ได้ 2 ระดับ คือ 12 โวลต์ และ 7โวลต์ ต่อเป็นวงจร ดิจิตอลลี้ เซเลคเอาต์พุต (Digitally Select Output) กำหนด ค่า R13 เท่ากับ 240 โอห์ม ได้ค่า R14 เท่ากับ 2.044 กิโลโอห์มจึงใช้ ค่า R 2.2kΩ//30kΩ แทน สำหรับR15 ใช้ค่า 2.2 k คำนวณกระแสไหลผ่านเอาท์พุทของไอซี ออปโตไอโซเลเตอร์ได้ 2.445 มิลิแอมแปร์ ดังนั้นกระแสไหลผ่านทางด้างอินพุท ของ ไอซี มีค่า 2.22 มิลิแอมแปร์ คำนวณค่า R16 ได้ 1.8 กิโลโอห์ม

3.3.2 การตรวจจับการหมุนของสเตปมอเตอร์

ทางด้านเอาต์พุตของวงจร ต่อเข้าอยู่กับ P0.5 จึงจะต้องใช้ R17 ต่อเป็น R pull up โดยใช้ค่า 6.8 กิโลโอห์ม ดังนั้น ถ้าต้องการให้เอาต์พุตมีระดับเป็นลอจิกศูนย์ อินเตอร์รัพเตอร์ต้องดึงกระแสทางเอาท์พุตอย่างน้อย 691 ไมโครแอมแปร์ ดังนั้นกระแสที่ไหลทางด้านอินพุตของอินเตอร์รัพเตอร์จะต้องไม่น้อยกว่า 6.91 มิลิแอมแปร์ คำนวณค่า R18 ได้ 564 โอห์ม จึงเลือกใช้ 560 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 กลไก



รูปที่ 3.7 รูปโครงสร้างของกลไกที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกที่ใช้ถูกขับโดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีขนาด 48 สเต็ป/รอบ สามารถควบคุมระยะบีบได้สูงสุด 2.9 มิลลิเมตร (ระยะฟรี 0.4 มิลลิเมตร) หรือเท่ากับสเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน 74 รอบ ระยะบีบที่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ จะอยู่ในช่วง 0.9 –1.05 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาอย่างง่าย สามารถแบ่งระยะบีบในหน่วยของสเต็ป ที่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ แบ่งเป็น 1133 สเต็ป แต่ค่าจากการประมาณอย่างง่ายนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีการปรับแต่งจุดต่างๆ ของกลไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การเขียนโปรแกรม

4.1 การควบคุมมอเตอร์

มอเตอร์ที่เลือกใช้นั้นเป็นชนิดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และเนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสสูงจึง เลือกที่จะต่อกับพอร์ต 0 ของ ไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่งสามารถจะใช้งานได้ที่กระแสสูงกว่าพอร์ตอื่นๆ โดยจะต่ออยู่ที่ขา 36 - 39 (P0.0 - P0.3) แสดงดังรูปที่ 4.1

เนื่องจากใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ การจะทำให้มอเตอร์หมุนนั้นต้องป้อนไฟให้ทีละขาสลับกันไป ไม่เหมือนกับมอเตอร์ทั่วๆไป เช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนเข้า ก็ต้องเปลี่ยน สภาวะจาก 0111 => 1011 => 1101 => 1110 => 0111 ตามลำดับ ส่วนการที่จะทำให้มอเตอร์หมุนออกก็จะสามารถทำได้ในทางกลับกัน คือ มอเตอร์จะเปลี่ยนสภาวะ 0111 => 1110 =>1101 =>1011 =>0111 ตามลำดับ แต่ถ้าให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะ 1111 หมด มอเตอร์จะหยุดหมุนเนื่องจากไม่มีการดึงกระแสจากมอเตอร์

การใช้สถานะลอจิกศูนย์ควบคุมการหมุนนั้น เนื่องมาจาก กระแสเอาท์พุตในสภาวะลอจิกศูนย์นั้นจะมีค่า 3.2 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งมีค่ามากกว่า กระแสเอาท์พุตในสภาวะลอจิกหนึ่งที่มีค่าสูงสุดเพียง 800 ไมโครแอมแปร์ ดั้งนั้นเราจึงใช้สภาวะศูนย์เป็นสภาวะควบคุมมอเตอร์

4.2 การควบคุมส่วนการแสดงผล : LCD (Liquid Crystal Display)

ส่วนของการแสดงผลจะต่ออยู่กับ พอร์ต2 และบางส่วนนของ พอร์ต3 เนื่องจากในการควบคุมชุดการแสดงผลนั้นต้องใช้ถึง 14 ขา คือส่วนของดาต้าจะต่ออยู่กับขา 21-28 (P2.0 – P2.7) ส่วนของการควบคุมจะต่ออยู่ที่ขา 10 – 12 (P3.0 – P3.2) โดยขา RS ต่ออยู่กับขา 10(P3.0) ขา R/W ต่ออยู่ที่ขา 11(P3.1) ขา E ต่ออยู่ที่ขา 12(P3.2) ดังรูปที่ 4.1

จอที่ใช้เป็นจอผลึกเหลว ขนาด 16 ตัวอักขระ 2 บรรทัด (16Characters x 2Line) ก่อนการใช้งานจะต้องทำการ เซต ค่าต่างๆ เพื่อติดต่อกับจอแสดงผลก่อน ไม่เช่นนั้น จอแสดงผลจะไม่สามารทำงานได้

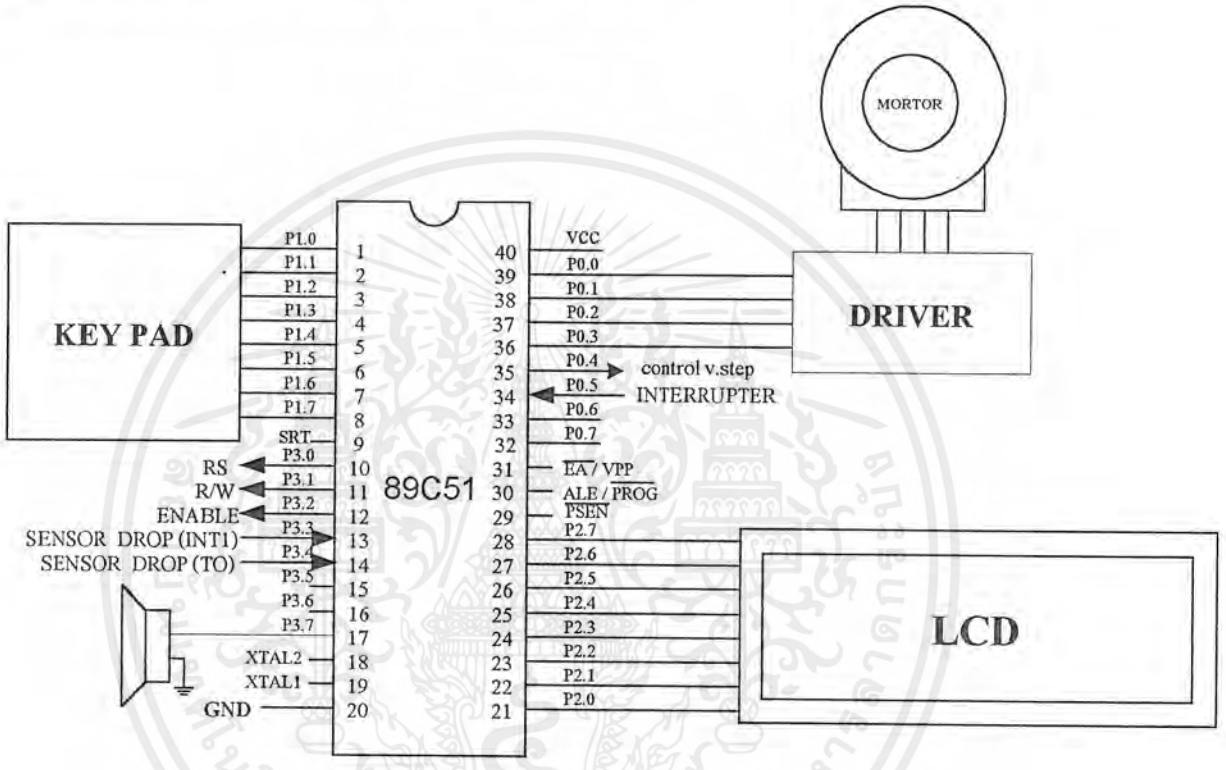
คำสั่งแรกที่จะใช้ในการติดต่อกับจอแสดงผลคือ คำสั่ง Function Set เป็นการติดต่อกับจอแสดงผล เมื่อทำคำสั่งนี้แล้วจอแสดงผล จะรับรู้ว่าเราต้องการที่จะติดต่อด้วย

จานั้นเป็นการติดต่อกับจอแสดงผลว่าจะนำค่าที่ได้แสดงออกมาหรือไม่ และจะแสดงเคอร์เซอร์ (Cursor)หรือไม่ โดยใช้คำสั่ง Display on/off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง Entry mode เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์และหน้าจอ ว่าจะเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่

เมื่อทำการเซต ค่าของคำสั่งทั้ง 3 นี้ จอแสดงผลก็จะอยู่ในสภาวะที่พร้อมจะทำงานได้ ถ้าเราเขียนคำสั่ง ใดๆ จอแสดงผลก็จะปฏิบัติตามคำสั่งนั้นทันที

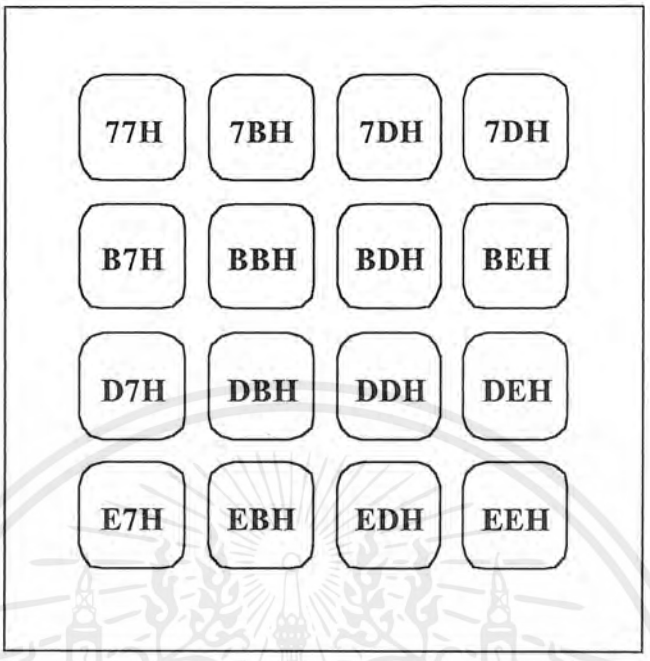


รูปที่ 4.1 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ (89C51) กับอุปกรณ์ภายนอก

4.3 การควบคุมคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ด จะต่ออยู่ที่ พอร์ต1 (ขา 1-8) 4 ขาบนจะเป็นแถวของคีย์ โดยขาที่7 จะเป็นแถวที่ 1, ขา 6 จะเป็นแถวที่2, ขา 5 และ4 จะเป็นแถว 3 และ4 ตามลำดับ ในส่วนของ 4 ขาล่าง จะต่อเข้ากับหลักของคีย์ โดย ขา 3 จะต่อกับหลักที่ 1, บิตที่ 2,1,0 จะต่ออยู่กับหลักที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นค่าประจำตำแหน่งของแต่ละคีย์จึงแสดงได้ดังรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

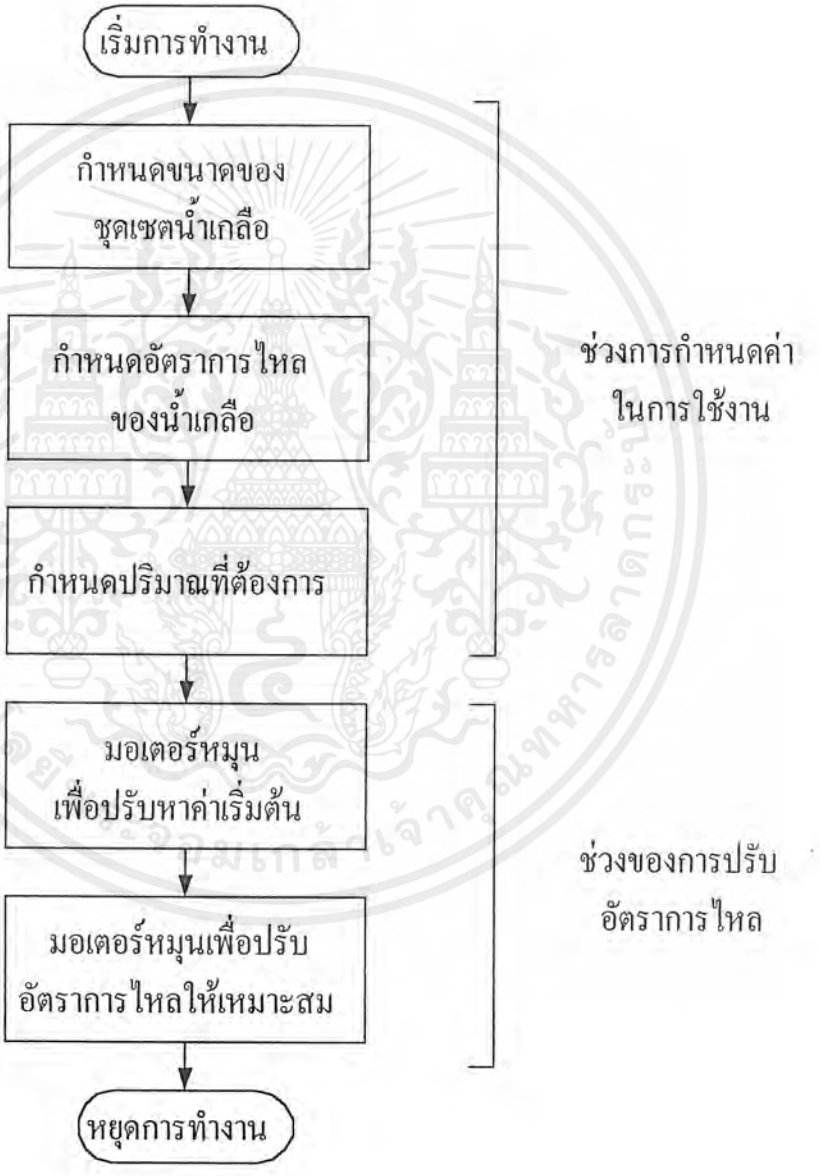


รูปที่ 4.2 แสดงค่าประจำตำแหน่งต่างๆของคีย์

รูปที่ 4.3 แสดงแป้นคีย์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คีย์บอร์ด เป็นการต่อโดยตรง ไม่ได้ผ่าน วงจรสแกนคีย์ จึงจำเป็นต้องควบคุมโดยการสแกนคีย์ โดยจะทำการส่งสัญญาณไป ทีละแถวแล้วก็จะตรวจรับสัญญาณทีละหลัก ถ้ามีการกดคีย์ ใดคีย์หนึ่งก็จะได้ค่าประจำหลักของคีย์นั้น ๆ ออกมา เช่น ถ้าส่งที่ 4 บิตบน เป็น 7H และรับที่ 4 บิตล่าง ได้ 7H ก็จะได้ค่าเลข 1 ออกมา

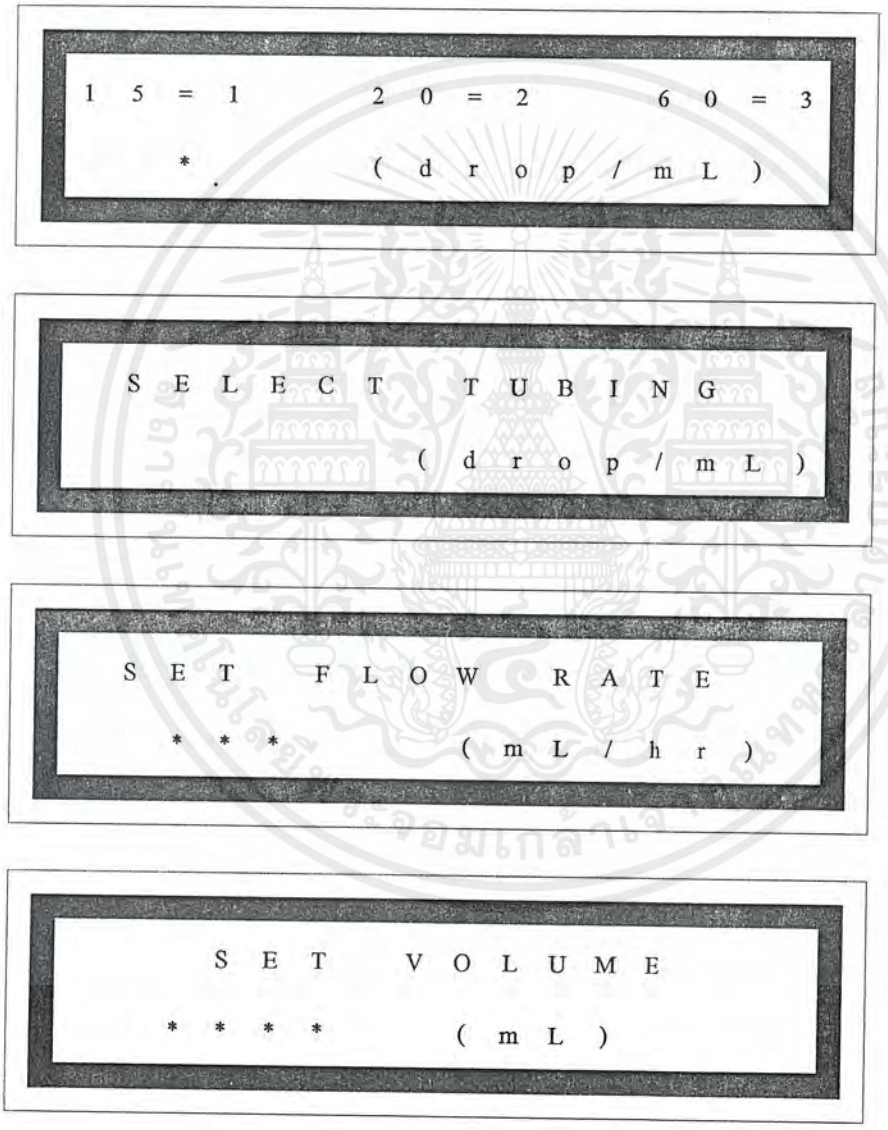


รูปที่ 4.4โฟลชาร์ตแสดงขันตอนการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทำงานของเครื่อง

การทำงานของเครื่องควบคุมการการให้น้ำเกลือจะแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ ช่วงของการกำหนดค่าในการใช้งาน และส่วนของการปรับอัตราการไหล



รูปที่ 4.5ก

รูปที่ 4.5ข

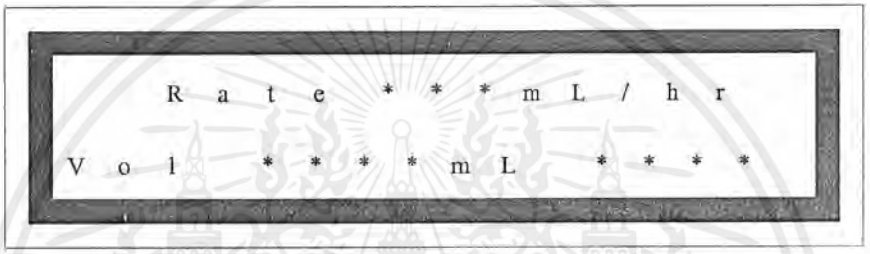
รูปที่ 4.5ค

รูปที่ 4.5ง

รูปที่ 4.5 จอแสดงผลขณะกำหนดค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มการทำงาน หลังจากประกอบชุดสายน้ำเกลือเข้ากับเครื่องเรียบร้อยแล้วเครื่องจะให้เราทำการกำหนดค่าในการใช้งานต่างๆ เริ่มแรกจะต้องใส่ขนาดของชุดสายน้ำเกลือ จอแสดงผลจะแสดงข้อความดังรูปที่4.5ก และ รูปที่ 4.5ข ซึ่งขนาดของสายที่สามารถใช้กับเครื่องได้ มีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ 15 , 20 และ 60 หยด/มิลลิลิตร หลังจากนั้นจะเป็นการกำหนดอัตราการไหลและปริมาณของน้ำเกลือที่ให้แก่ผู้ป่วย ซึ่งจอแสดงผลจะแสดงข้อความดังรูปที่ 4.5ค และ รูปที่ 4.5ง และเมื่อกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วหน้าจอจะแสดงผลดังรูปที่ 4.6



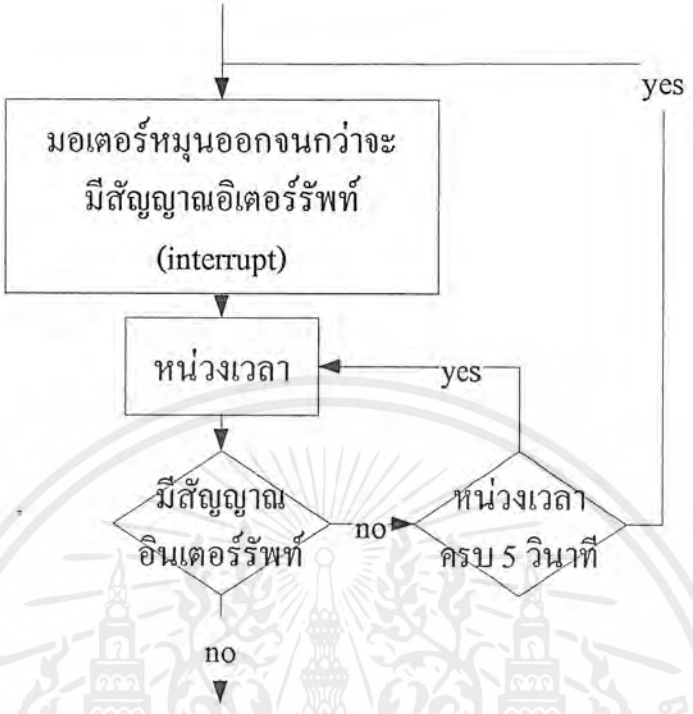
รูปที่ 4.6 จอแสดงผลขณะทำการปรับอัตราการไหล

เมื่อทำการกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้วเครื่องจะเข้าสู่ช่วงของการปรับอัตราการไหล เริ่มแรกเครื่องจะทำการหมุนมอเตอร์เพื่อปรับเข้าสู่อัตราการไหลเริ่มต้น โดยมอเตอร์จะทำการหมุนออกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามา มอเตอร์จะหยุดหมุนและจะทำการหน่วงเวลา ไป 5 วินาที ถ้าภายใน 5 วินาทีนี้มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์หลังเข้ามาอีก ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับอัตราการไหล ถ้าไม่มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์มอเตอร์ก็จะทำการหมุนออกอีกครั้งหนึ่ง ถ้าใช้ชุดสายน้ำเกลือขนาด 60 หยด/มิลลิลิตร อัตราการไหลของน้ำเกลือจะมีค่าตั้งแต่ 12 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ถ้าใช้ชุดสายน้ำเกลือขนาด 20และ 15 หยด/มิลลิลิตร อัตราการไหลจะเท่ากับ 36 และ 48 มิลิลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

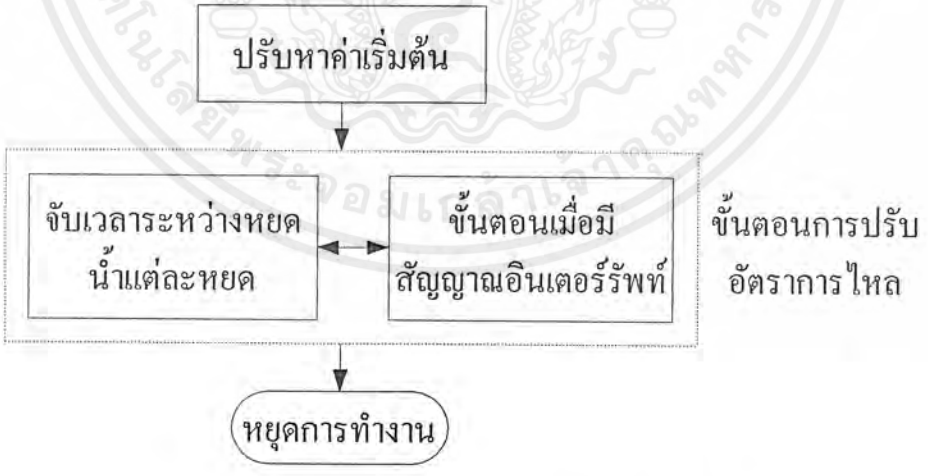
$$\text{อัตราการไหล} = 3600/(\text{ขนาดของชุดสายน้ำเกลือ} \times \text{เวลาในการหน่วง}) \qquad (4.1)$$

หลังจากปรับเข้าสู่อัตราการไหลเริ่มต้นแล้วเครื่องจะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับอัตราการไหล ขั้นตอนการปรับอัตราการไหลสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนการจับเวลาระหว่างหยดน้ำแต่ละหยด และส่วนของการปรับเมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามา ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 โฟลชาร์ตแสดงขั้นตอนการปรับเพื่อหาอัตราการไหลเริ่มต้น



รูปที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการปรับอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

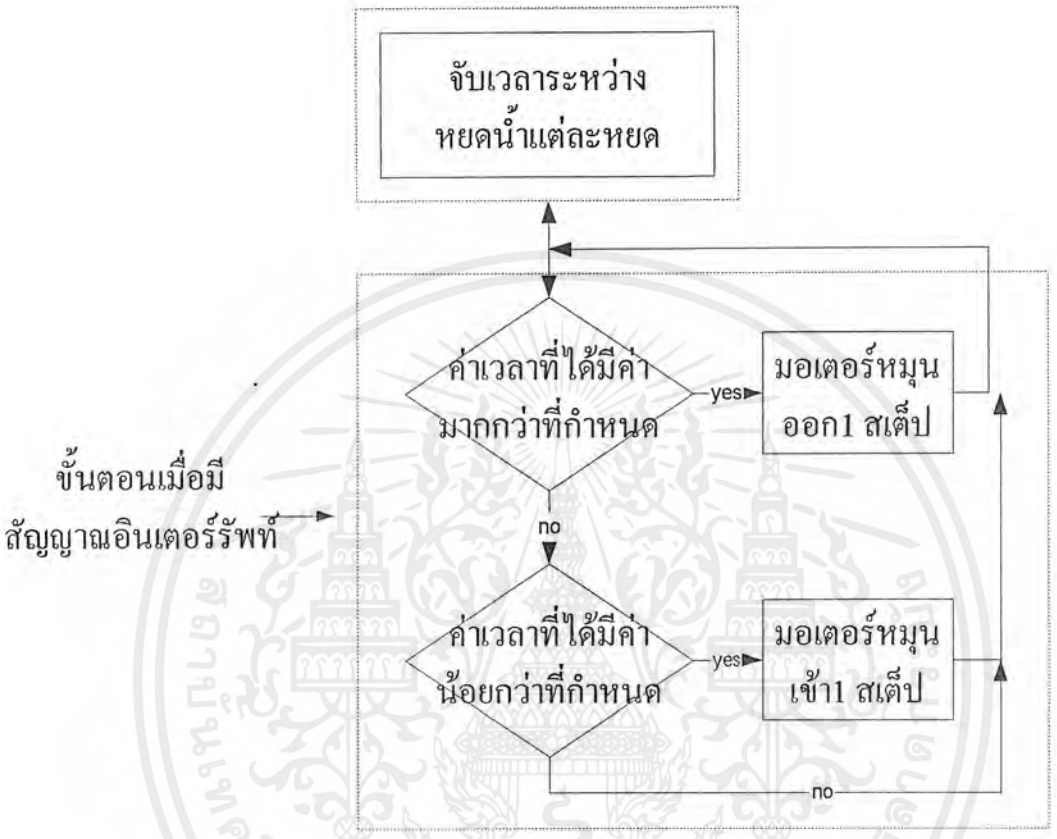
ส่วนของการจับเวลาระหว่างหยดน้ำแต่ละหยด จะเริ่มจากการสร้างฐานเวลา 1 มิลลิวินาที ขึ้นมา จากนั้นจะทำการนับฐานเวลาที่สร้างขึ้นรวมกันเอาไว้รอจนกว่าจะมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์ ในช่วงของการรอสัญญาณอินเตอร์รัพท์ จะมีการตรวจว่ามีการไหลของหยดน้ำหรือไม่เพื่อกันการที่น้ำหมดจากขวดหรือเกิดการผิดพลาดขึ้น โดยจะทำการตรวจสอบเวลาที่นับรวมไว้ ถ้ามีค่ามากกว่า 4 เท่าของค่าที่ได้ตั้งเอาไว้ มอเตอร์จะทำการหมุนออกพร้อมกับทำการหน่วงเวลา ถ้าภายใน 10 วินาที ไม่มีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามาเครื่องจะส่งเสียงเตือน แล้วหยุดการทำงาน

และในช่วงของการรอสัญญาณอินเตอร์รัพท์อยู่นี้ ก็จะมีการตรวจสอบการกดคีย์ไปด้วย หากมีการกดคีย์จะนำค่ามาตรวจสอบว่าเป็นคีย์อะไร ถ้าค่ารีจีสเตอร์ A ซึ่งเก็บค่าเมื่อมีการกดคีย์ มีค่าเท่ากับ 41H แล้วเครื่องจะหยุดการทำงาน เข้าสู่สภาวะเตรียมพร้อมเพื่อการทำงานต่อไป ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากได้กำหนดให้คีย์ยกเลิกการทำงาน มีค่าเท่ากับ 41H ถ้าค่า A มีค่าเท่ากับ 42H เครื่องจะแสดงค่าของขนาดของชุดสายน้ำเกลือที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ซึ่งขั้นตอนการทำงานแสดงไว้ดังรูปที่ 4.10

ในช่วงของการจับเวลา ถ้าหากมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามาเครื่องจะไปทำงานในส่วนของการอินเตอร์รัพท์ ซึ่งขั้นตอนการทำงานได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.9

เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามา จะทำการเปรียบเทียบค่าฐานเวลาที่ได้นับเอาไว้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้น หากค่าฐานเวลาที่ได้มีค่ามากกว่า ค่าที่กำหนดเครื่องจะสั่งให้มอเตอร์ทำการหมุนออก 1 สเต็ป และถ้าไม่เป็นเช่นนั้นจะดูว่าค่าฐานเวลาที่นับรวมไว้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่ หากมีค่าน้อยกว่าจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเข้า 1สเต็ป ถ้าไม่เป็นเช่นนั้นมอเตอร์จะไม่มีการหมุนปรับใดๆ เนื่องจากค่าที่ได้มีค่าถูกต้องแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงขั้นตอนการทำงานในช่วงของการปรับอัตราการไหล
(ส่วนการอินเตอร์รัพท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 แสดงขั้นตอนการทำงานในช่วงของการปรับอัตราการไหล(ส่วนการจับเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1

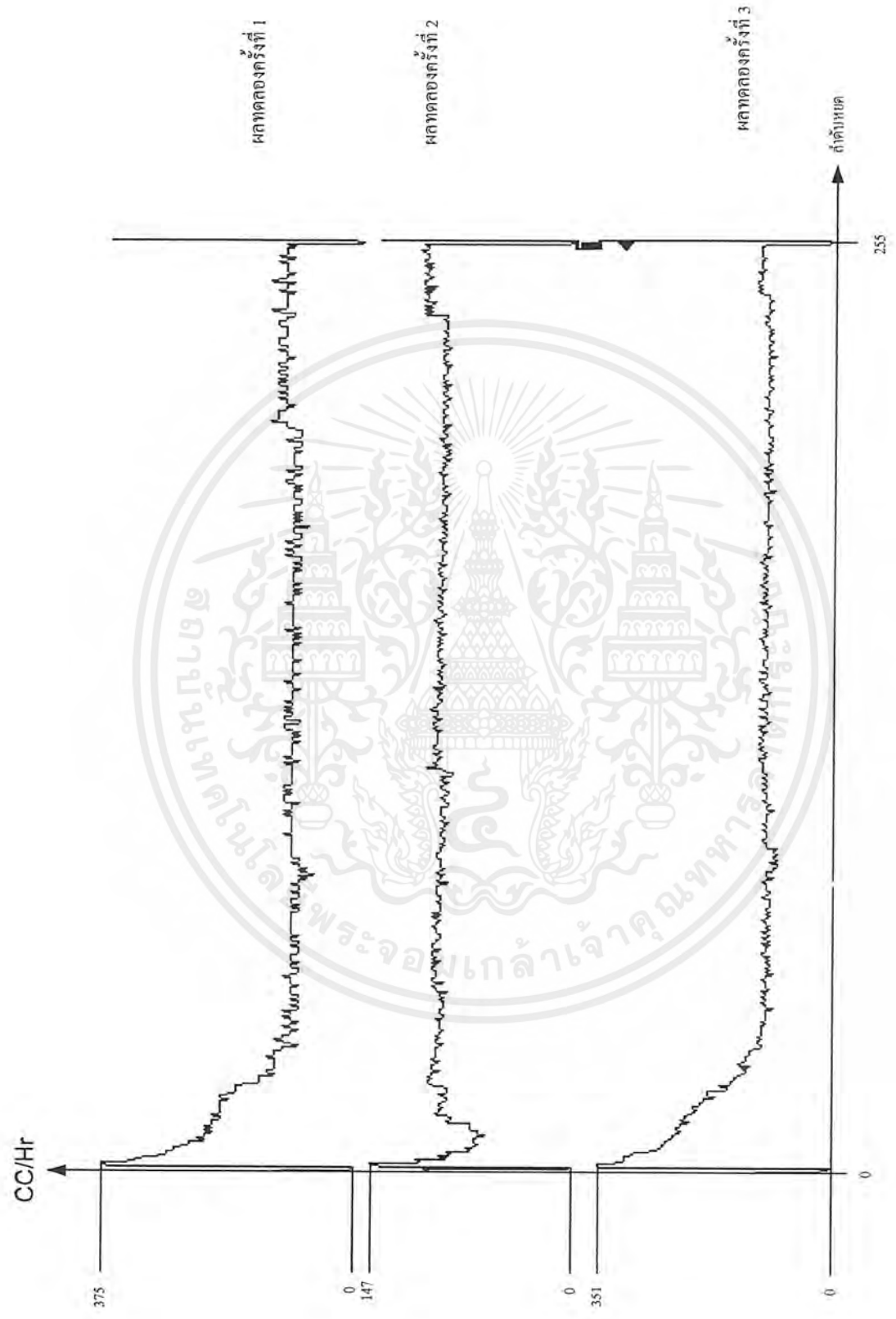
การวัดการทำงานของเครื่องในช่วงการปรับแต่งอัตราการไหลขั้นต้น

จุดประสงค์ เพื่อวัดประสิทธิภาพของเครื่องว่าสามารถปรับแต่งอัตราการไหลเข้าสู่ช่วงที่กำหนดครั้งแรก นั้น ใช้เวลาเท่าไร และเกิดการกกระเพื่อมและการเพิ่มของอัตราการไหลมากน้อยเพียงไร

ขั้นตอนการทดลอง

เซตค่าอัตราการไหลไว้ที่ 50,100,150 และ 300 มิลลิลิตร/ชั่วโมง โดยใช้ชุดเซทขนาด 15,20 และ 60หยด/ลูกบาศ์ก เซนติเมตร โดยทดสอบกรณีละ 3 ครั้ง รวมทดสอบ ทั้งหมด 36 ครั้ง การทดสอบแต่ละครั้งใช้จุดต่อจากชุดตรวจจับหยดน้ำของเครื่อง นำมาประมวณผลต่อเนื่องจำนวน 250 หยด แล้วนำผลที่ได้มาพล๊อตกราฟแสดงอัตราการไหล ในช่วงเวลาต่างๆ เปรียบเทียบผลแต่ละครั้งในแต่ละกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 อัตราการไหล 100 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 15 หยด/CC

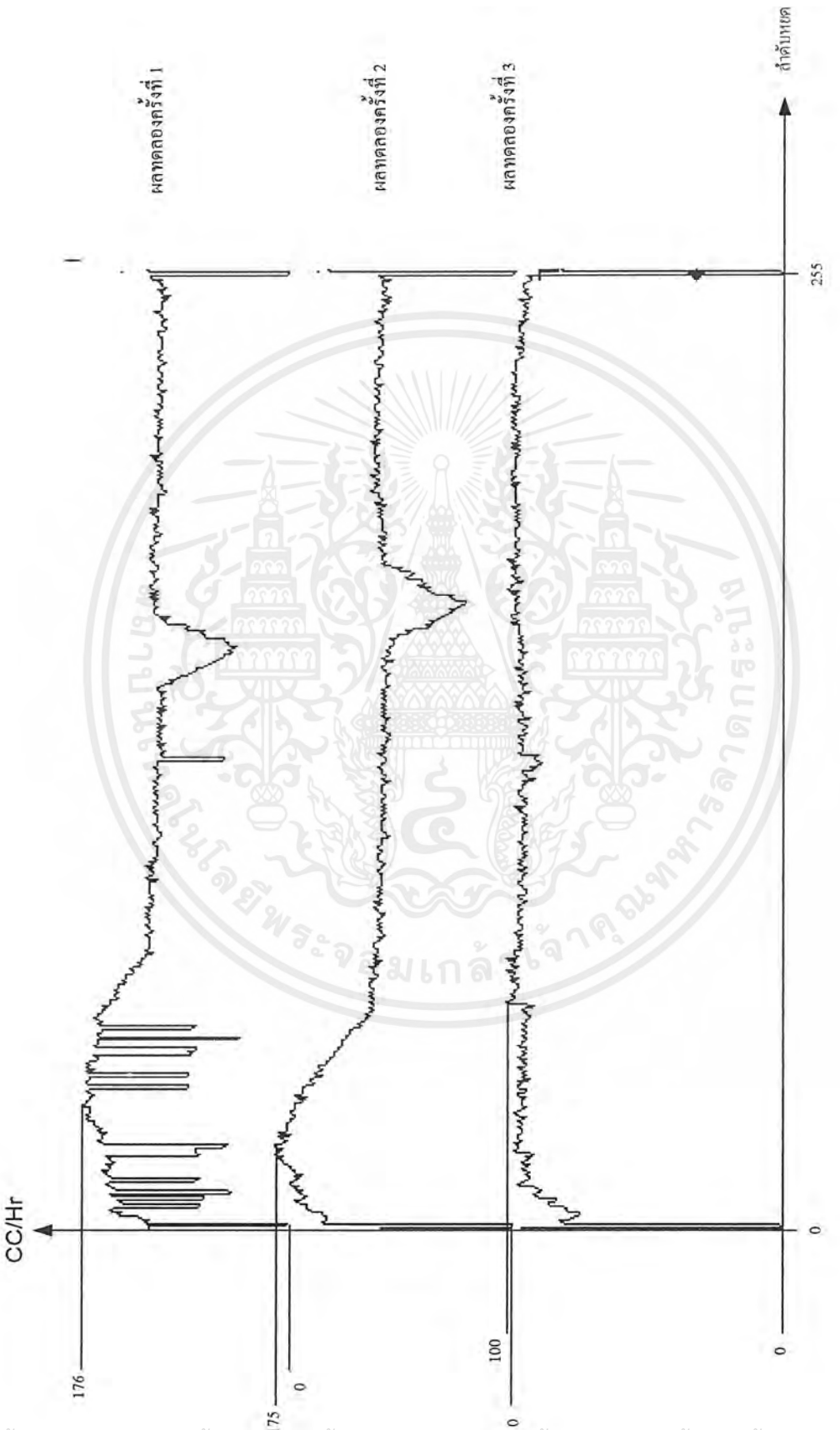
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 อัตราการไหล 150 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 15 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

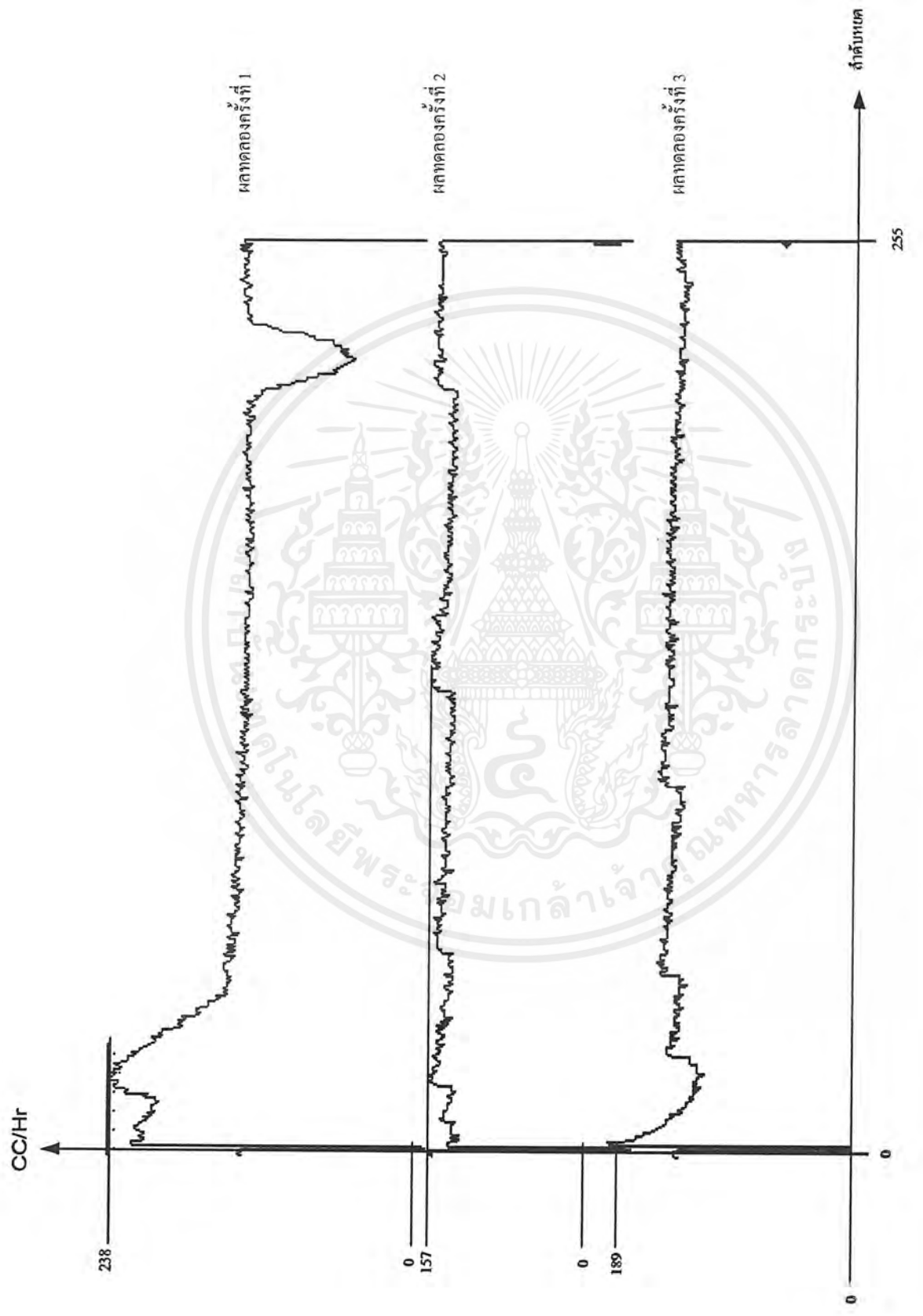
รูปที่ 5.3 อัตราการไหล 300 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 15 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



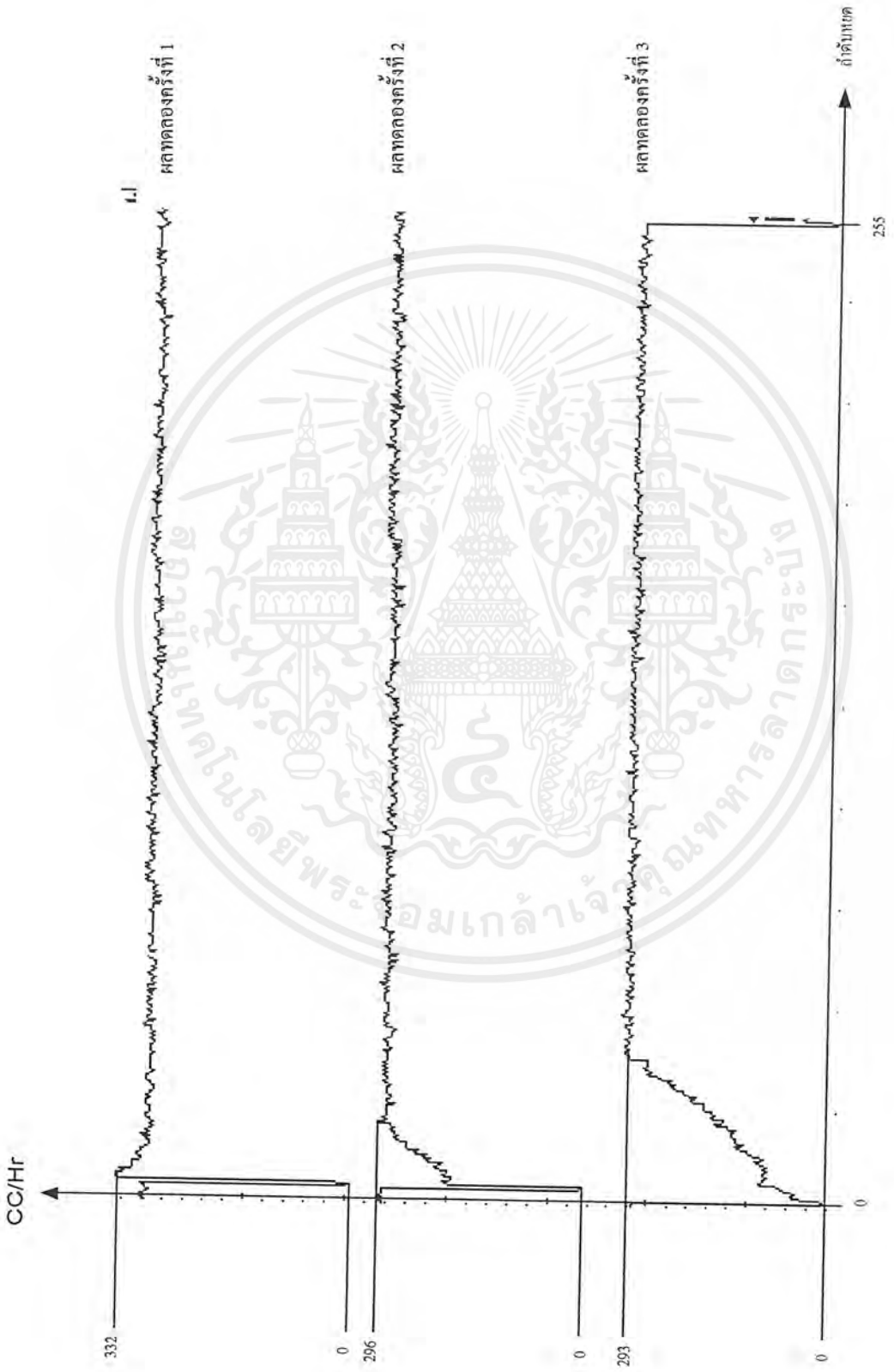
รูปที่ 5.4 อัตราการไหล 100 CC/Hr โดยใช้ชุดเซา 20 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



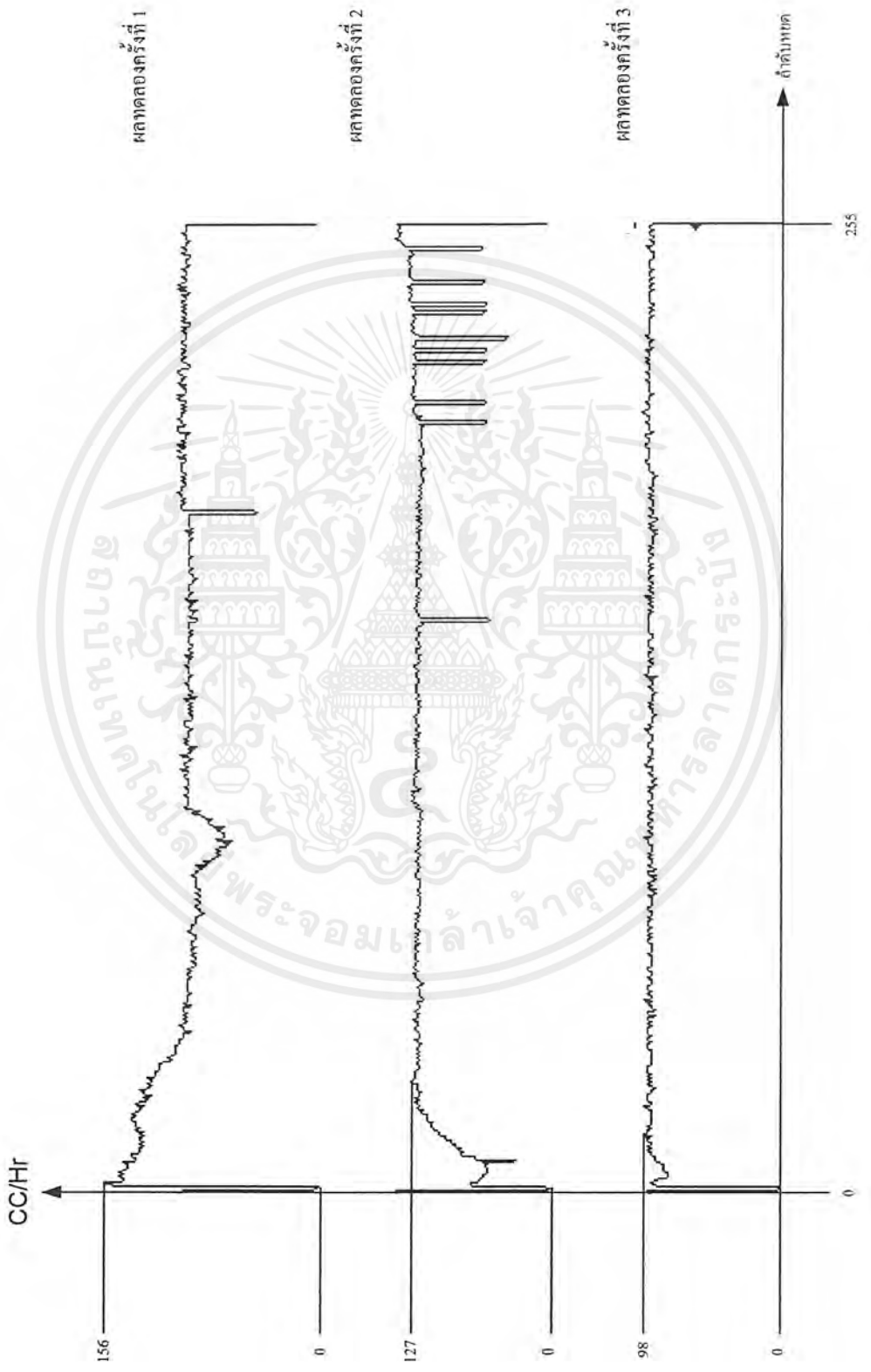
รูปที่ 5.5 อัตราการไหล 150 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 20 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



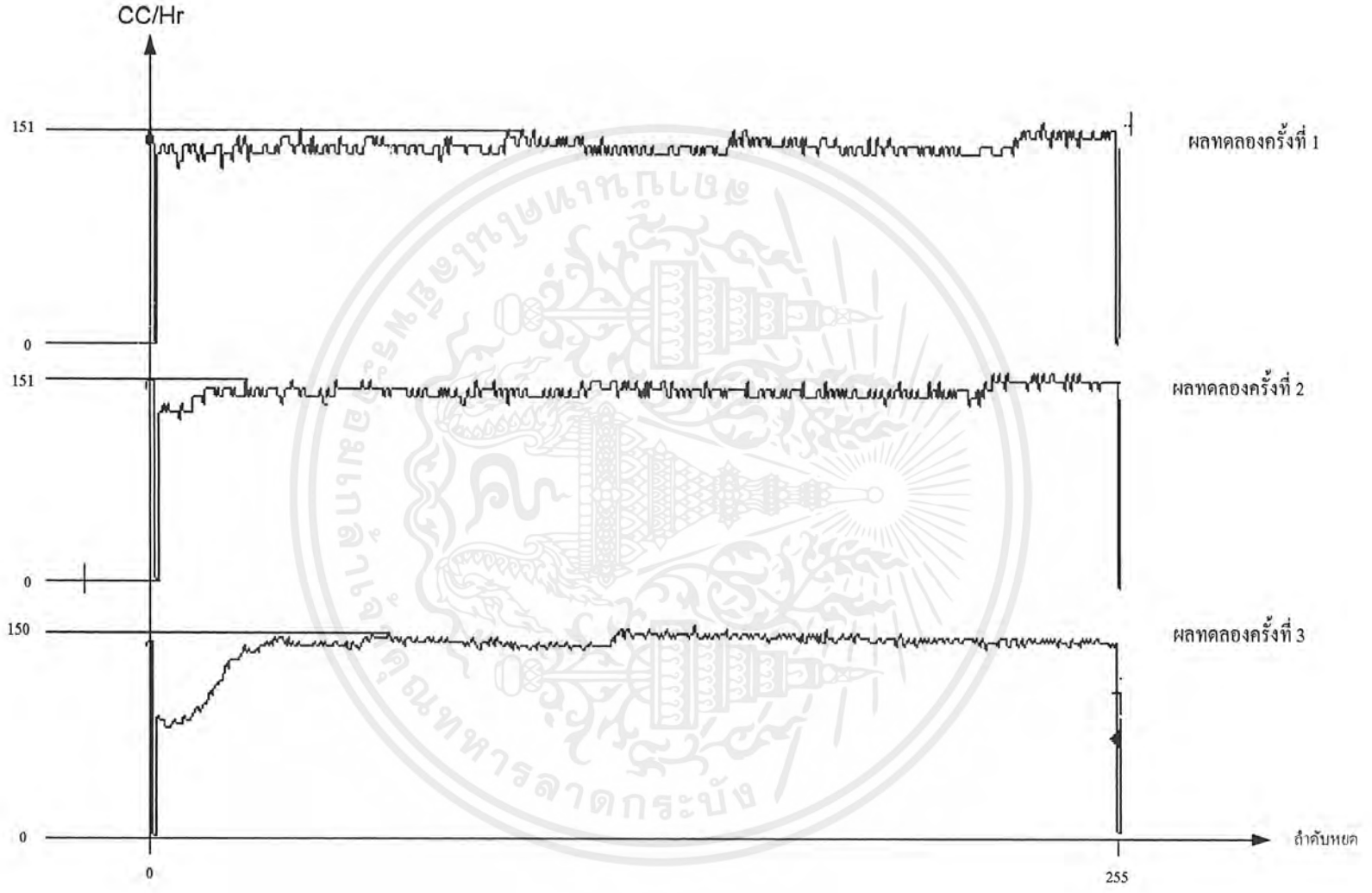
รูปที่ 5.6 อัตราการไหล 300 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 20 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

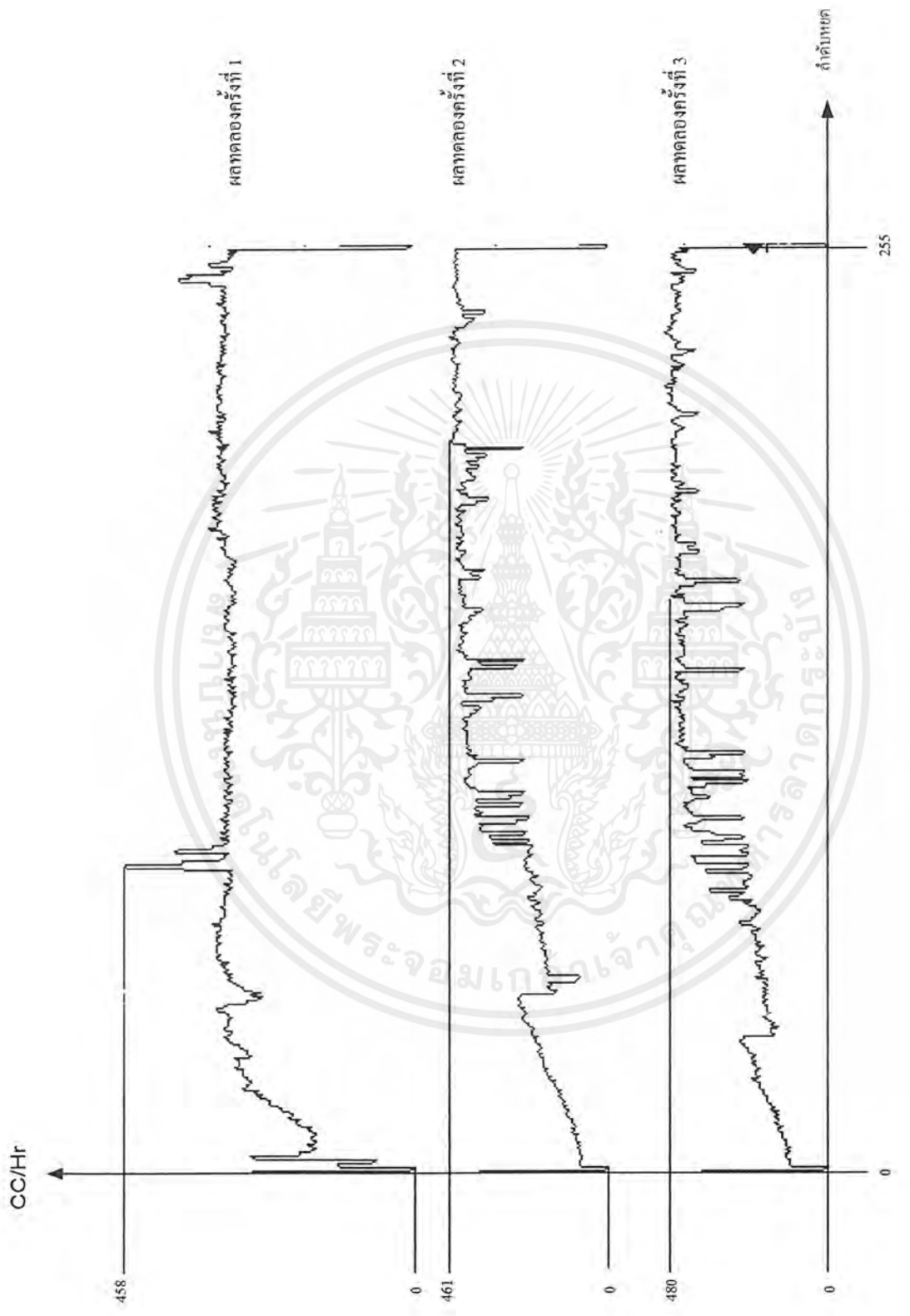


รูปที่ 5.7อัตราการไหล 100 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 60 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8อัตราการไหล 150 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 60 หยด/CC



รูปที่ 5.9 อัตราการไหล 300 CC/Hr โดยใช้ชุดเซท 60 หยด/CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การทดลองที่ 2

วัดการทำงานของเครื่องโดยรวม

จุดประสงค์ เพื่อวัดผลการทำงานโดยรวมของเครื่องว่าสามารถควบคุมอัตราการไหลโดยเฉลี่ยได้ถูกต้องเพียงใด

วิธีการทดลอง ตั้งค่าอัตราการไหลค่าใดค่าหนึ่งเพื่อทดสอบการทำงานจับเวลาและปริมาณของน้ำแกลือ จนสิ้นสุดการทำงานของเครื่องว่าใช้เวลาเท่าไหร่ และปริมาณที่ให้มีค่าเท่าไหร่

ผลการทดลอง

เวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดคือ 27.49 นาที ซึ่งมีค่าต่างจากค่าที่คำนวณไม่มากนักค่าคำนวณได้ 30นาที เพฉาะนั้นคำนวณ ค่าผิดพลาดได้ 8.36 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

โครงงานนี้ กลุ่มนักศึกษาได้เน้นที่จะนำหยดน้ำ จากการหยดในกระเปาะของสายน้ำเกลือมาวิเคราะห์หาอัตราการไหล ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 โดยใช้สเต็ปมอเตอร์เป็นตัวบีบสายน้ำเกลือ ในขั้นแรกเราสามารถป้อนอัตราการไหลซึ่งอยู่ในรูปของเวลาได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุม ให้อัตราการไหลเป็นไปตามที่เรากำหนด มอเตอร์จึงหยุดหมุน ซึ่งผลที่ออกมา ยังไม่เป็ที่น่าสพอใจ เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ บางครั้งต้องใช้เวลานานในการควบคุมอัตราการไหลให้เป็นไหลตามที่เราต้องการ และที่บางอัตราการไหล ไมโครคอนโทรลเลอร์ไไม่สามารถปรับ อัตราการไหลให้เข้าหาค่านั้นได้

เราได้พบว่าปัญหาใหญ่ที่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถปรับเข้าหาอัตราการไหลที่เรากำหนดได้ เกิดจาก ชุดกลไกการบีบที่มีเสถียรภาพในการทำงานต่ำ มีค่าผิดพลาดในการทำงานสูง ยากแก่การควบคุม เรื่องของกลไกการบีบจึงเป็นปัญหาใหญ่ที่เราได้พบ เพราะฉะนั้นการจะพัฒนาให้การควบคุมการไหลเป็นไปอย่างถูกต้องจำเป็นต้องพัฒนาชุดกลไกให้มีประสิทธิภาพให้ดีกว่านี้

ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การนำชุดเซ็นเซอร์ไปติดกับกระเปราะน้ำเกลือ เราไม่สามารถติดเซ็นเซอร์ให้เหมาะสมกับชุดเซตการให้น้ำเกลือทุก ๆ ชุดเซตได้ เพราะว่าแต่ละชุดเซตมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน เป็นสาเหตุให้เกิดการผิดพลาดในการตรวจจับหยดน้ำได้ เพราะฉะนั้นถ้าจะทำให้การตรวจจับหยดน้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้น ควรติดเซ็นเซอร์ไว้ที่ชุดเซตใดชุดเซตหนึ่งจะให้ประสิทธิภาพการตรวจจับหยดน้ำที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ENABLE      EQU   P3.2
RS          EQU   P3.0
LCD         EQU   P2
MOTOR       EQU   P0
INTER       EQU   P0.5

            ORG   0000H
            JMP   LCD_DISPLAY

            ORG   000BH
            CLR   TR0
            CLR   TF0
            JMP   COUNT

            ORG   0013H
            JMP   INTE

LCD_DISPLAY:    CALL  DELAY_LCD
                MOV   P3,#18H
                MOV   LCD,#3FH
                CALL  DELAY_LCD
                CALL  DELAY_LCD
                MOV   LCD,#3BH      ;function set
                CALL  DELAY_LCD
                MOV   LCD,#0FH      ;display on/off
                CALL  DELAY_LCD
                MOV   LCD,#06H      ;entry mode
                CALL  DELAY_LCD
                CALL  DP_FIRST
            MOV   3EH,#03H
SET0:       CALL  DELAY3
            DJNZ  3EH,SET0
SET:        CALL  DP_STAND
            CALL  GO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET1:       CALL   CLEAR_LCD
            MOV    LCD,#81H          ;
            CALL   DELAY_LCD         ;
            SETB   RS                ;set lcd "select tubing"
            MOV    A,#01H            ;
            CALL   DP                ;
            MOV    A,R7
            INC    A
            MOV    R7,A
            CLR    RS                ;
            MOV    LCD,#0C6H         ;set lcd "(drop/mL)"
            CALL   DP2
            CALL   HIDE_CURSOR
            CALL   DELAY3
            CLR    RS                ;
            MOV    LCD,#02H      ;set lcd "15=1  20=2  60=3"
            CALL   DP2
            CALL   SELECT_TUBING     ;press key to select tubing
            CJNE   A,#99H,SET2
            JMP    SET1
SET2:       SETB   RS
            MOV    LCD,A
            CALL   DELAY_LCD
            CALL   HIDE_CURSOR
SET2_1:     CALL   SCANKEY
            CJNE   A,#41H,SET3
          JMP    SET1
SET3:       CJNE   A,#44H,SET2_1
SET4:       CALL   CLEAR_LCD         ;
          MOV    LCD,#81H          ;set lcd "set flow rate"
            CALL   DP2
            CLR    RS                ;
            MOV    LCD,#0C8H         ;set lcd "(mL)"
            CALL   DP2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL   SET_FR
               CJNE   A,#43H,SFR
               JMP    SET1
SFR:           CALL   HIDE_CURSOR
SET5:       CALL   SCANKEY
               CJNE   A,#41H,SET6
SUBSET1:        MOV    R7,#42
               JMP    SET4
SET6:          CJNE   A,#43H,CA
               JMP    SET1
CA:            CJNE   A,#44H,SET5
SET7:          CALL   CLEAR_LCD      ;
               MOV    LCD,#83H       ;set lcd "set volume"
               CALL   DP2
               CLR    RS             ;
               MOV    LCD,#0C8H      ;set lcd "(mL/hr)"
               CALL   DP2            ;
               CALL   SET_VOLUME
               CJNE   A,#43H,SVOL
               JMP    SET1
SVOL:          CALL   HIDE_CURSOR
SET8:          CALL   SCANKEY
            CJNE   A,#41H,SET9
SUBSET2:        MOV    R7,#64
               JMP    SET7
SET9:          CJNE   A,#43H,CA1
               JMP    SET1
CA1:           CJNE   A,#44H,SET8

            CALL   DIV                ;jump to program divide
               CALL   ERROR
               CALL   NON
               CALL   DP_SHOW
            MOV    72H,#30H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    73H,#30H
              MOV    74H,#30H
                MOV    75H,#30H
                CALL   DP_V
                MOV    79H,78H
                SETB   T0
                SETB   INT1
                SETB   IT0
                SETB   IT1
              MOV    IE,#86H       ;interrupt timer0(ET0),int1(EX1)
                MOV    TMOD,#15H     ;T1 mode1 , C0 mode1(int=TF0)
                SETB   TR0
O_F:            MOV    60H,#99H      ;key code 60h=#99h
O_F1:           CALL   OUT
              MOV    3EH,#04H
O_F1_1:          CALL   DELAY2
              DJNZ   3EH,O_F1_1
              MOV    A,60H
              CJNE   A,#88H,O_F1
              MOV    60H,#77H      ;key code 60h=#77h
              MOV    62H,#02H
O_F2:           MOV    61H,#0FFH
O_F3:           CALL   DELAY2
              MOV    A,60H
              CJNE   A,#66H,O_F4
          JMP    WORK
O_F4:           DJNZ   61H,O_F3
              DJNZ   62H,O_F2
              JMP    O_F
WORK:            MOV    R7,#00H
WORK1:        MOV    70H,#00H
                MOV    R5,#00H
                MOV    R6,#00H
WORK2:           MOV    TH1,#0FCH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   TL1,#2CH          ;set value timer1 (0.980 ms)
        SETB  TR1
        CALL  KEY
        JZ    W2_1
        CJNE  A,44H,W2_0
      INC   43H
        MOV   A,43H
      CJNE  A,#04H,W2_2
        JMP   WORK11
W2_0:   MOV   44H,A
W2_1:   MOV   43H,#00H
W2_2: INC   R7
        CJNE  R7,#00H,WORK4
      INC   R6
        CJNE  R6,#00H,WORK4
      INC   R5
WORK4:   MOV   A,R5
        CJNE  A,56H,WORK5
        MOV   A,R6
        CJNE  A,57H,WORK5
        MOV   A,R7
        CJNE  A,58H,WORK5
        MOV   3EH,#04H
W4_1:   CALL  OUT
      DJNZ  3EH,W4_1
        JMP   OUTN
WORK5:  MOV   A,70H
        CJNE  A,#99H,WORK7
      JMP   WORK1
WORK7:   JNB   TF1,$
        CLR   TF1
        CLR   TR1
        MOV   A,45H
        JZ    WORK9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JMP    WORK2
SHOW_TU:      MOV    70H,#88H
                CALL   CLEAR_LCD
            MOV    LCD,#83H
                CALL   DELAY_LCD
                SETB   RS
             MOV    4DH,#01H
SH_TU1:          MOV    A,4DH
                CALL   DP_TU
                CJNE   A,#30H,SH_TU2
                JMP    SH_TU3
SH_TU2:       MOV    LCD,A
                CALL   DELAY_LCD5
                INC    4DH
                JMP    SH_TU1
DP_TU:        MOVC   A,@A+PC
                RET
                DB     "TUBING_0"
SH_TU3:       MOV    LCD,76H
                CALL   DELAY_LCD5
                MOV    LCD,77H
                CALL   DELAY_LCD5
                CALL   DELAY3
                CALL   DP_SHOW
                CALL   DP_V
                MOV    70H,#77H
                JMP    W2_2
OUTN:           MOV    3EH,#20
OUN1:           CALL   OUT
                MOV    7BH,#02
OUN2:         MOV    7CH,#250
OUN3:         CALL   DELAY1
                MOV    A,70H
                CJNE   A,#99H,OUN4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV   60H,#00H
              JMP   WORK1
OUN4:       DJNZ  7CH,OUN3
              DJNZ  7BH,OUN2
              DJNZ  3EH,OUN1
            JMP   WORK10
WORK9:      MOV   IE,#00H
              MOV   R1,#99H
              CALL  R_S
              CALL  DP_COMPLETE
              CALL  SOUND
              MOV   R1;#00H
              JMP   SET
WORK10:       MOV   IE,#00H
            MOV   R1,#99H
              CALL  R_S
              CALL  SOUND3
              MOV   R1,#00H
              JMP   SET

WORK11:       MOV   A,44H
              CJNE  A,#41H,W11_1
              MOV   IE,#00H
              MOV   R1,#99H
              CALL  R_S
              MOV   R1,#00H
              JMP   SET
W11_1:        CJNE  A,#42H,W11_2
            JMP   SHOW_TU
W11_2:        JMP   W2_2

;********** CLEAR LCD SUB **********
CLEAR_LCD:      CLR   RS
              MOV   LCD,#01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL   DELAY_LCD
                RET

; ********** HIDE CURSOR SUB **********
HIDE_CURSOR:    CLR    RS
                MOV    LCD,#0D0H
                CALL   DELAY_LCD
                RET
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DISPLAY SUB

```
; ********** DISPLAY SUB **********
DP_FIRST:       CALL   CLEAR_LCD
                SETB   RS
                MOV    4DH,#01H
                CALL   DST
              CLR    RS
                MOV    LCD,#0C6H
                CALL   DELAY_LCD
                SETB   RS
                CALL   DST
                RET
DP_STAND:         CALL   CLEAR_LCD
                MOV    LCD,#84H
                CALL   DELAY_LCD
                SETB   RS
                MOV    4DH,#21
                CALL   DST
                RET
DST:            MOV    A,4DH
              CALL   DP_ST
              CJNE   A,#39H,DST1
              INC    4DH
              RET
DST1:         MOV    LCD,A
              CALL   DELAY_LCD
              INC    4DH
              JMP    DST
DP_ST:        MOVC   A,@A+PC
                RET
              DB     " INFUSION PUMP9V1.09STAND BY9"
DP:             MOV    R7,A
                CALL   DP_SETVALUE
                JZ     DP1
                MOV    LCD,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL   DELAY_LCD
            MOV    A,R7
          INC    A
            JMP    DP
DP1:        RET
DP2:      CALL   DELAY_LCD
          SETB   RS
            MOV    A,R7
            CALL   DP
          INC    R7
            RET
DP3:      CALL   CLEAR_LCD          ;display wrong key
          MOV    LCD,#90H
            CALL   DELAY_LCD
            MOV    LCD,#07H         ;set entry mode (shift display)
            CALL   DELAY_LCD
            MOV    A,#01H
DP4:        MOV    R7,A
          CALL   DP_WRONG
            JZ     DP8              ;jump if 00h code
            CJNE   A,#99H,DP5
            JMP    DP7              ;jump if 99h code
DP5:        SETB   RS
            MOV    LCD,A
            CALL   DELAY_LCD1
DP6:        MOV    A,R7
            INC    A
            JMP    DP4
DP7:        CLR    RS
            MOV    LCD,#80H
          CALL   DELAY_LCD
            JMP    DP6
DP8:        MOV    R3,#10H
DP9:        MOV    LCD,#20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL   DELAY_LCD1
                DJNZ   R3,DP9
                CLR    RS
                MOV    LCD,#06H
                CALL   DELAY_LCD
                MOV    A,#99H
                RET
DP_WRONG:       MOVC   A,@A+PC
                RET
                DB     50H,6CH,65H,61H,73H,65H,20H,65H,6EH,74H,65H,72H,20H
              DB    31H,2CH,32H,20H,6FH,72H,20H,33H,20H,66H,6FH,99H,72H
                DB     20H,73H,65H,6CH,65H,63H,74H,20H,54H,55H,42H,49H,4EH
              DB    47H,00H   ;"Please enter 1,2 or 3 for select TUBING"

DP_SETVALUE:          MOVC   A,@A+PC
                RET
                DB     53H,45H,4CH,45H,43H,54H,20H,54H,55H,42H,49H,4EH,47H
                DB     00H,28H,64H,72H,6FH,70H,2FH,6DH,4CH,29H ;"(drop/mL)"
                DB     00H,31H,35H,3DH,31H,20H,20H,32H,30H,3DH,32H,20H,20H
                DB     36H,30H,3DH,33H              ;"15=1 20=2 60=3"
                DB     00H,53H,45H,54H,20H,46H,4CH,4FH,57H,20H,52H,41H,54H
                DB     45H                    ;"SET FLOW RATE"
                DB     00H,28H,6DH,4CH,2FH,68H,72H,29H        ;"(mL/hr)"
                DB     00H,53H,45H,54H,20H,56H,4FH,4CH,55H,4DH,45H
                DB     00H,28H,6DH,4CH,29H,00H                ;"(mL)"
DP_SHOW:          CALL   CLEAR_LCD
                MOV    LCD,#82H
                CALL   DELAY_LCD
                SETB   RS
                MOV    4DH,#01H
                CALL   DSH
DPSH1:          MOV    R0,#46H
                MOV    4EH,#03H
DPSH1_1:         MOV    LCD,@R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL   DELAY_LCD5
          INC   R0
            DJNZ   4EH,DPSH1_1
            CALL   DSH
           CLR   RS
            MOV   LCD,#0C0H
            CALL   DELAY_LCD
            SETB   RS
            CALL   DSH
            MOV   4EH,#04H
DPSH1_2:     MOV   LCD,@R0
            CALL   DELAY_LCD5
          INC   R0
            DJNZ   4EH,DPSH1_2
            CALL   DSH
            RET
DSH:        MOV   A,4DH
            CALL   DP_SH
            CJNE   A,#30H,DSH1
            INC   4DH
          RET
DSH1:       MOV   LCD,A
            CALL   DELAY_LCD5
            INC   4DH
            JMP   DSH
DP_SH:      MOVC   A,@A+PC
            RET
            DB   "Rate 0mL/hr0Vol 0mL 0"
DP_V:       MOV   R0,#72H
DP_V1:      MOV   LCD,@R0
          CALL   DELAY_LCD5
          INC   R0
          CJNE   R0,#76H,DP_V1
          RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DISPLAY SUB

```
DP_COMPLETE:      CALL   CLEAR_LCD
                  MOV    LCD,#84H
                  CALL   DELAY_LCD
                  SETB   RS
                MOV    4DH,#01H
COM:            MOV    A,4DH
                  CALL   DP_COM
                  CJNE   A,#30H,CO1
                  RET
CO1:            MOV    LCD,A
                  CALL   DELAY_LCD5
                  INC    4DH
                  JMP    COM
DP_COM:           MOVC   A,@A+PC
                  RET
                  DB     "COMPLETE0"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ********** ROTATE SUB **********
; use RAM 4FH  R1

R_S:   MOV    4FH,#0FEH
QQ1:        CALL   IN
           MOV    MOTOR,4FH
           MOV    A,#0FFH
R_S1:       DEC    A
           CALL   DELAY1
           CALL   DELAY1
           JZ     GO
       JB     INTER,R_S1
           CALL   IN
           MOV    MOTOR,4FH
           MOV    A,#0FFH
R_S2:       DEC    A
           CALL   DELAY1
       CALL   DELAY1
           JZ     GO
           JNB    INTER,R_S2
           JMP    QQ1
GO:         MOV    MOTOR,#0FFH
           CJNE   R1,#99H,GO1
           RET
GO1:        CALL   SCANKEY1
           CJNE   A,#45H,GO2
           JMP    O_S
GO2:        CJNE   A,#46H,GO3
           JMP    R_S
GO3:        CJNE   A,#44H,GO1
           RET
O_S:        MOV    4FH,#0FEH
ZZ1:        CALL   OUT
           MOV    MOTOR,4FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   A,#0FFH
O_S1:     DEC   A
        CALL  DELAY1
        CALL  DELAY1
        JZ    INS
        JB    INTER,O_S1
        CALL  OUT
        MOV   MOTOR,4FH
        MOV   A,#0FFH
O_S2:     DEC   A
        CALL  DELAY1
        CALL  DELAY1
        JZ    INS
        JNB   INTER,O_S2
        JMP   ZZ1
INS:      MOV   R1,#08H
INS1:     CALL  IN
        DJNZ  R1,INS1
        JMP   GO
IN:   MOV   A,4FH
        ANL   A,#0FH
    RRC   A
        JNC   IN1
        SETB  ACC.3
IN1:      ORL   A,#0F0H
        MOV   MOTOR,A
        CALL  DELAY4
        MOV   4FH,A
        MOV   MOTOR,#0FFH
        RET
OUT:  MOV   A,4FH
    ANL   A,#0FH
        CLR   C
        JNB   ACC.3,OUT1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROTATE SUB

```
        SETB   C
OUT1:     RLC    A
        ORL    A,#0F0H
        MOV    MOTOR,A
        CALL   DELAY4
        MOV    4FH,A
        MOV    MOTOR,#0FFH
        RET
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ********** SELECT TUBING SUB **********
; use RAM 45H,76H-78H

SELECT_TUBING: CLR   RS
        MOV   LCD,#0C2H
        CALL  DELAY_LCD
        CALL  SCANKEY
        CJNE  A,#31H,TU2
        MOV   45H,#15      ;tubing=15 drop/mL
        MOV   78H,#15
        MOV   76H,#31H
        MOV   77H,#35H
        JMP   TUBING15
TU2:    CJNE  A,#32H,TU3
        MOV   45H,#20      ;tubing=20 drop/mL
        MOV   78H,#20
        MOV   76H,#32H
        MOV   77H,#30H
        JMP   TUBING20
TU3:    CJNE  A,#33H,TU4
        MOV   45H,#60      ;tubing=60 drop/mL
        MOV   78H,#60
        MOV   76H,#36H
        MOV   77H,#30H
        JMP   TUBING60
TU4:    LJMP  DP3

TUBING15:   MOV   30H,#03H
        MOV   31H,#0A9H
        MOV   32H,#80H
        RET
TUBING20:   MOV   30H,#02H
        MOV   31H,#0BFH
        MOV   32H,#20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET
TUBING60:   MOV   30H,#00H
        MOV   31H,#0EAH
        MOV   32H,#60H
        RET

; ********** SET VOLUME SUB **********
; use RAM 49H-4CH,52H,53H  R1,R5,R6

SET_VOLUME:   CLR   RS
        MOV   LCD,#0C2H
        CALL  DELAY_LCD
        SETB  RS
        MOV   R1,#49H
        MOV   R6,#04H
VO1:      CALL  SCANKEY
        CJNE  A,#43H,CA2
        RET
CA2:      CJNE  A,#41H,VO2
        DEC   SP
        DEC   SP
        JMP   SUBSET2
VO2:      CJNE  A,#40H,VO3    ; no A-F , 0-9 only
VO3:      JNC   VO1
        MOV   @R1,A
        INC   R1
        MOV   LCD,A
        CALL  DELAY_LCD
        DJNZ  R6,VO1
        MOV   R5,49H
        MOV   R6,4AH
        CALL  ATOH
        MOV   R1,A
        MOV   R5,4BH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   R6,4CH
        CALL  ATOH
        MOV   R2,A
        CALL  DTOH
        MOV   A,DPL
        CPL   A
        CLR   C
        INC   A
        MOV   53H,A
        MOV   TL0,A
        MOV   A,DPH
        CPL   A
        JNC   VO4
        INC   A
VO4:    MOV   52H,A
        MOV   TH0,A
        RET

;********** SET FLOW RATE SUB **********
; use RAM 46H-48H,33H,34H  R1,R5,R6

SET_FR:   CLR   RS
        MOV   LCD,#0C2H
        CALL  DELAY_LCD
        MOV   R6,#03H
        MOV   R1,#46H
        SETB  RS
FR1:    CALL  SCANKEY
        CJNE  A,#43H,CA3
        RET
CA3:    CJNE  A,#41H,FR2
        DEC   SP
        DEC   SP
        JMP   SUBSET1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FR2:    CJNE  A,#40H,FR3
FR3:    JNC   FR1
        MOV   @R1,A
        MOV   LCD,A
        CALL  DELAY_LCD
        INC   R1
        DJNZ  R6,FR1
        MOV   A,46H
        CALL  ATOHS
        MOV   R1,A
        MOV   R5,47H
        MOV   R6,48H
        CALL  ATOH
        MOV   R2,A
        CALL  DTOH
        MOV   33H,DPH
        MOV   34H,DPL
        RET

; ********** ASCII TO BCD SUB **********
; IN = R5,R6
; OUT = A

ATOH:  MOV  A,R5
       CALL ATOHS
       SWAP A
       MOV  R5,A
       MOV  A,R6
       CALL ATOHS
       ORL  A,R5
       RET

ATOHS: CJNE A,#'A',$+3
       JC   ATOHS1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ADD   A,#9
ATOHS1: ANL   A,#0FH
    RET

; ********** DECIMAL TO HEX SUB **********
; IN = R1,R2
; OUT = DPTR

DTOH:  MOV   R4,#16
DTOH1:  MOV   R5,#2          ;SHIFT & SUB
    MOV   R0,#1          ;INDEX TO R1
    CLR   C
DTOH2:  MOV   A,@R0
    RRC   A
    PUSH  PSW          ;-[
    JNB   ACC.7,DTOH3
    CLR   C
    SUBB  A,#30H
DTOH3:  JNB   ACC.3,DTOH4
    CLR   C
    SUBB  A,#03H
DTOH4:  MOV   @R0,A
    INC   R0
    POP   PSW          ;-]
    DJNZ  R5,DTOH2

    MOV   A,DPH
    RRC   A
    MOV   DPH,A
    MOV   A,DPL
    RRC   A
    MOV   DPL,A
    DJNZ  R4,DTOH1
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub

```
; ********** DIVIDE SUB **********
; use RAM 30H-3CH,41H-42H  R7

DIV:  MOV   38H,30H
      MOV   39H,31H
      MOV   3AH,32H
      MOV   3BH,33H
      MOV   3CH,34H
      MOV   41H,#24       ;keep settor position address 41H
      CLR   C
      MOV   A,38H
DIV1: JB    ACC.7,DIV2
      DEC   41H
      MOV   A,3AH
      RLC   A
      MOV   3AH,A
      MOV   A,39H
      RLC   A
      MOV   39H,A
      MOV   A,38H
      RLC   A
      MOV   38H,A
      JMP   DIV1

DIV2: MOV   42H,#16       ;keep subtractor position address 42H
      CLR   C
      MOV   A,3BH
DIV3: JB    ACC.7,DIV4
      DEC   42H
      MOV   A,3CH
      RLC   A
      MOV   3CH,A
      MOV   A,3BH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    RLC   A
    MOV   3BH,A
    JMP   DIV3

DIV4: MOV   A,41H
    SUBB  A,42H
    INC   A
    MOV   R7,A        ;keep loop number at R7
    CLR   C
    SUBB  A,#04H
    MOV   64H,A       ;keep error value at 64H
    MOV   35H,#00
    MOV   36H,#00
    MOV   37H,#00

JAM:  CALL  HARN
    CPL   C
    JNC   LOOPO
JAM1: MOV   39H,R4
    MOV   38H,A
LOOPO: CALL  SHIFT1
    CALL  SHIFT
    DEC   R7
    JC    JAM2
    CJNE  R7,#00H,JAM

DIV_N: RET

JAM2: CALL  HARN
    CJNE  R7,#00H,JAM3
    JMP   DIV_N
HARN: CLR   C
    MOV   A,39H
    SUBB  A,3CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MOV   R4,A
    MOV   A,38H
    SUBB  A,3BH
    RET
JAM3: SETB  C
    JMP   JAM1

SHIFT: CLR   C
    MOV   A,3AH
    RLC   A
    MOV   3AH,A
    MOV   A,39H
    RLC   A
    MOV   39H,A
    MOV   A,38H
    RLC   A
    MOV   38H,A
    RET

SHIFT1: MOV   A,37H
    RLC   A
    MOV   37H,A
    MOV   A,36H
    RLC   A
    MOV   36H,A
    MOV   A,35H
    RLC   A
    MOV   35H,A
    RET

; ********** ERROR VALUE SUB **********
; use RAM 38H-3EH,56H-58H

ERROR: MOV   38H,35H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MOV   39H,36H
    MOV   3AH,37H
    MOV   3EH,#04H
ER: CLR   C
    MOV   A,38H
    RRC   A
    MOV   38H,A
    MOV   A,39H
    RRC   A
    MOV   39H,A
    MOV   A,3AH
    RRC   A
    MOV   3AH,A
    DJNZ  3EH,ER

    ADD   A,37H
    MOV   3DH,A
    MOV   A,39H
    ADDC  A,36H
    MOV   3CH,A
    MOV   A,38H
    ADDC  A,35H
    MOV   3BH,A

    CLR   C
    MOV   A,37H
    SUBB  A,3AH
    MOV   3AH,A
    MOV   A,36H
    SUBB  A,39H
    MOV   39H,A
    MOV   A,35H
    SUBB  A,38H
    MOV   38H,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub

    RET

NON:  MOV   56H,35H
      MOV   57H,36H
      MOV   58H,37H
      MOV   3EH,#02H
NON1: CLR   C
      MOV   A,58H
      RLC   A
      MOV   58H,A
      MOV   A,57H
      RLC   A
      MOV   57H,A
      MOV   A,56H
      RLC   A
      MOV   56H,A
      DJNZ  3EH,NON1
      RET

; ********** SOUND SUB **********
SOUND: S_OUT  EQU   P3.7

AGAIN: MOV    TMOD,#52H
       MOV    TH0,#-125
SOUND1: MOV   TH1,#0F0H
       MOV    TL1,#60H
       MOV    TCON,#50H
SO11:  CALL   KEY
       CJNE   A,#43H,SO12
       RET
SO12:  JNB    TF0,SO11
       SETB   T1
       CLR    TF0
       CPL    S_OUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CLR   T1
    JNB   TF1,SO12
    MOV   TCON,#00H

SOUND2: MOV   TH1,#0E0H
    MOV   TL1,#0C0H
    MOV   TCON,#50H
SO21:  CALL   KEY
    CJNE  A,#43H,SO22
    RET
SO22:  JNB   TF0,SO21
    SETB  T1
    CLR   TF0
    CLR   T1
    JNB   TF1,SO22
    MOV   TCON,#00H
    JMP   SOUND1

SOUND3: MOV   TMOD,#20H
    MOV   TH1,#-125
    SETB  TR1
SO31:  CALL   KEY
    CJNE  A,#43H,SO32
 RET
SO32:  JNB   TF1,SO31
    CLR   TF1
    CPL   S_OUT
    JMP   SO31
;********** DELAY SUB **********
; use RAM 50H,51H,54H-55H

DELAY_LCD:   SETB  ENABLE        ;delay 9 ms
        MOV   50H,#09H
D1:        CALL  DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ   50H,D1
        CLR    ENABLE
        RET

DELAY_LCD5:   SETB   ENABLE
        MOV    50H,#0FFH
D10:      DJNZ   50H,D10
        CLR    ENABLE
        RET


DELAY_LCD1:   SETB   ENABLE
        MOV    50H,#90H
D6:       CALL   DELAY1
        DJNZ   50H,D6
        CLR    ENABLE
        RET


DELAY1:      MOV    51H,#0FAH     ;delay 1 ms
D2:       NOP
        NOP
        DJNZ   51H,D2
        RET

DELAY2:      MOV    54H,#0AH
D3:       CALL   DELAY1
        DJNZ   54H,D3
        RET

DELAY3:      MOV    55H,0A0H
D4:       CALL   DELAY2
        DJNZ   55H,D4
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY4:     MOV   54H,#05H
D5:         CALL  DELAY1
            DJNZ  54H,D5
            RET
;********** SCANKEY SUB **********
; use RAM 67H,68H,7EH,7FH  R3

SCANKEY:    CALL  SCANKEY1
            JZ    SCANKEY
            MOV   7EH,A
SCAN1:      CALL  SCANKEY1
            JNZ   SCAN1
            MOV   A,7EH
            RET
SCANKEY1:   CALL  KEY
            MOV   7FH,A
            MOV   R3,#0FFH
KEY1:       CALL  KEY
            CJNE  A,7FH,SCANKEY1
            DEC   R3
            CJNE  R3,#00H,KEY1
            RET
KEY:        MOV   P1,#0EFH      ;scan key
            MOV   A,P1
            CJNE  A,#0EFH,CON
            MOV   P1,#0DFH
            MOV   A,P1
            CJNE  A,#0DFH,CON
            MOV   P1,#0BFH
            MOV   A,P1
            CJNE  A,#0BFH,CON
            MOV   P1,#07FH
            MOV   A,P1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE   A,#07FH,CON
        CLR    A
        RET

CON:      MOV    68H,A
        MOV    67H,#00H
PP1:      INC    67H
        MOV    A,67H
        CALL   DDRR
        CJNE   A,68H,PP1
        MOV    A,67H
        DEC    A
        ORL    A,#30H
        CJNE   A,#3AH,PP2
PP2:      JC     PP3
        ADD    A,#07H
PP3:      RET
DDRR:     MOVC   A,@A+PC
        RET
        DB     0EBH,77H,7BH,7DH,0B7H,0BBH,0BDH,0D7H
        DB     0DBH,0DDH,7EH,0BEH,0DEH,0EEH,0EDH,0E7H

; ********** INTERRUPT SUB **********
INTE:  MOV    7AH,A
    MOV    7DH,#00H
    DEC    79H
    MOV    A,79H
    JZ     MIX
INTE0: MOV    A,60H
    CJNE   A,#99H,INTE1
    MOV    60H,#88H      ;key code 60h=#88h
    MOV    A,7AH
    RETI
INTE1: CJNE   A,#77H,COMP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MOV   60H,#66H      ;key code 60h=#66h
    MOV   A,7AH
    RETI

MIX:    MOV   79H,78H
        INC   75H
        MOV   A,75H
        CJNE  A,#3AH,MIXED
        MOV   75H,#30H
        INC   74H
        MOV   A,74H
        CJNE  A,#3AH,MIXED
        MOV   74H,#30H
        INC   73H
        MOV   A,73H
        CJNE  A,#3AH,MIXED
        MOV   73H,#30H
        INC   72H
MIXED:  CLR   RS
        MOV   LCD,#0CBH
        CALL  DELAY_LCD5
        SETB  RS
        CALL  DP_V
        MOV   7DH,#02H
        JMP   INTE0

COMP:   MOV   A,70H
        CJNE  A,#88H,CO88
        JMP   COMP6_1
CO88:   CJNE  A,#77H,CO88_1
        JMP   COMP6
CO88_1: MOV   A,60H
        CJNE  A,#55H,CO77
        JMP   STABLE
```

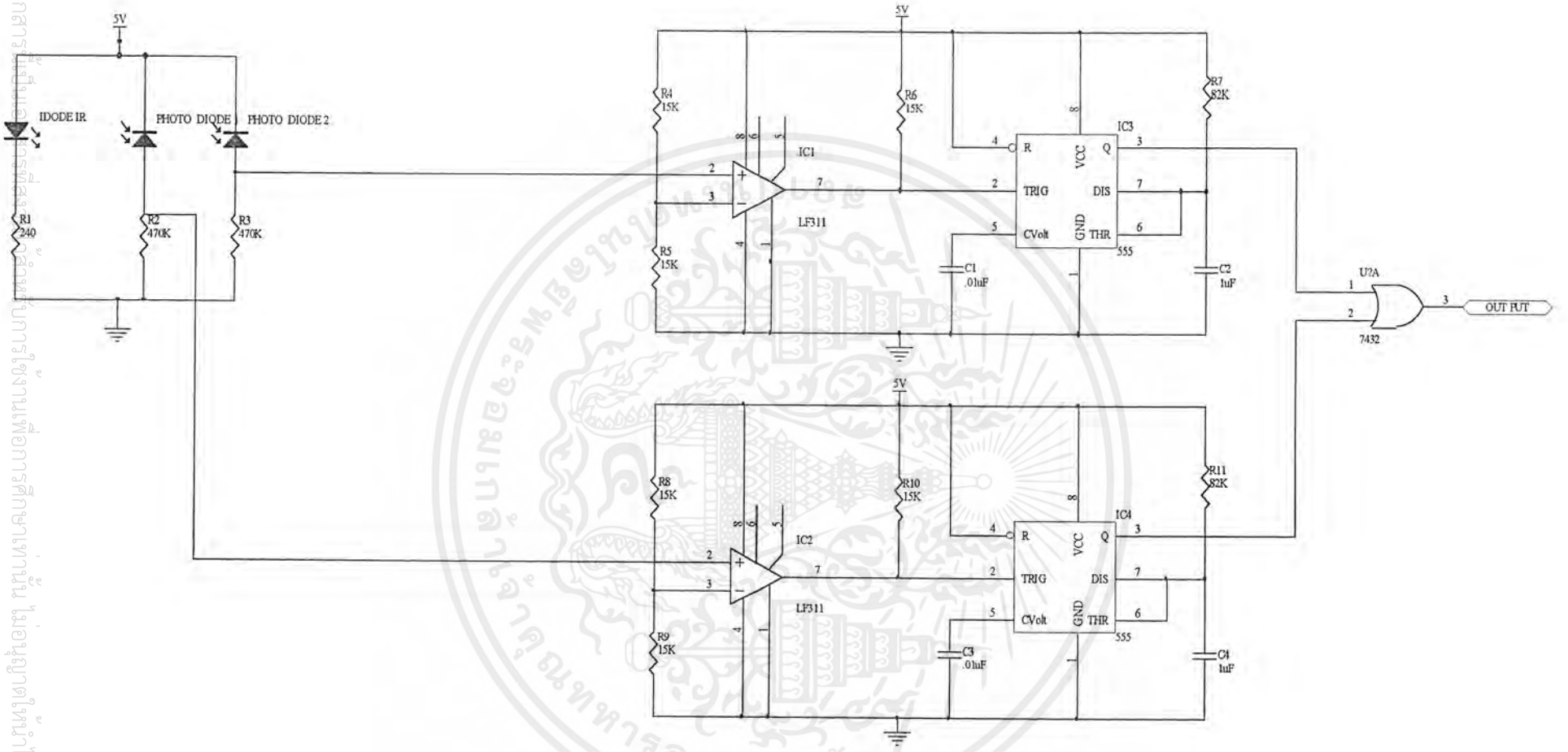
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CO77:     MOV   A,R5
          CJNE  A,38H,COMP1
          MOV   A,R6
          CJNE  A,39H,COMP2
          MOV   A,R7
          CJNE  A,3AH,COMP3
          MOV   60H,#55H      ;key code 60h=#55h
          JMP   COMP6
COMP1:    JNC   MAI1
          JMP   PAT1
COMP2:    JNC   MAI2
          JMP   PAT1
COMP3:    JNC   MAI3
          JMP   PAT1
MAI1:     CJNE  A,3BH,MAI4
MAI2:     CJNE  A,3CH,MAI4
MAI3:     CJNE  A,3DH,MAI4
          MOV   60H,#55H      ;key code 60h=#55h
          JMP   COMP6
MAI4:     JNC   PAT2
          MOV   60H,#55H      ;key code 60h=#55h
          JMP   COMP6

PAT1:     CALL  IN
          MOV   A,7DH
          ADD   A,#07H
          MOV   R7,A
          JMP   COMP6

PAT2:     CALL  OUT
          MOV   A,7DH
          ADD   A,#07H
          MOV   R7,A
COMP6:    MOV   70H,#99H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COMP6_1:    MOV   A,7AH
            RETI

STABLE:     MOV   A,R5
            CJNE  A,3BH,STA
ST1:        MOV   A,R6
            CJNE  A,3CH,STA
ST2:        MOV   A,R7
            CJNE  A,3DH,STA
            MOV   63H,#00H
            JMP   COMP6

STA:        JNC   STA1
            JMP   COMP6

STA1:       MOV   A,63H
            CJNE  A,#99H,STA2
            JMP   PAT2

STA2:       MOV   63H,#99H
            JMP   COMP6

COUNT:      DEC   45H
            MOV   TH0,52H
            MOV   TL0,53H
            SETB  TR0
            RETI
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรเซ็นเซอร์และวงจรคอมพาราเตอร์

National Semiconductor

LM117/LM317A/LM317
3-Terminal Adjustable Regulator

General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

LM117 Series Packages and Power Capability

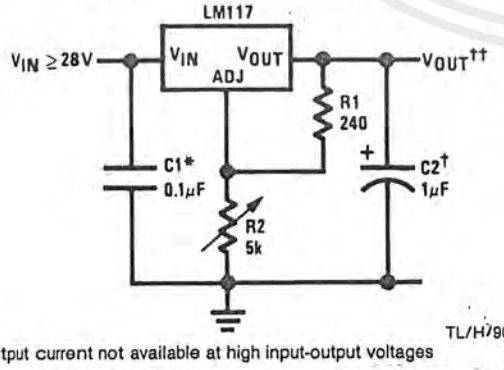
Part Number Suffix	Package	Rated Power Dissipation	Design Load Current
K	TO-3	20W	1.5A
H	TO-39	2W	0.5A
T	TO-220	20W	1.5A
E	LCC	2W	0.5A
S	TO-263	4W	1.5A

Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

Typical Applications

1.2V–25V Adjustable Regulator



TL/H/9063–1

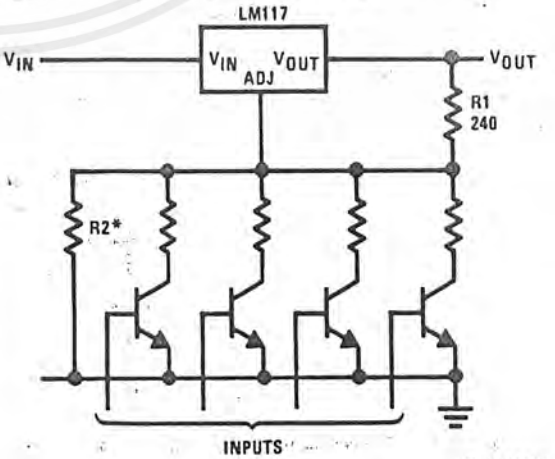
Full output current not available at high input-output voltages

*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

†Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1 μF to 1000 μF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

$$\dagger\dagger V_{OUT} = 1.25V\left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{ADJ}(R_2)$$

Digitally Selected Outputs



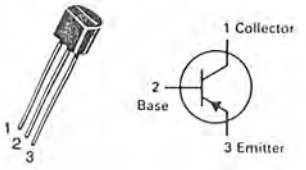
TL/H/9063–2

*Sets maximum V_{OUT}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC556,B
BC557,A,B,C
BC558B

CASE 29-04, STYLE 17
TO-92 (TO-226AA)



AMPLIFIER TRANSISTORS

PNP SILICON

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC556	BC557	BC558	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	−65	−45	−30	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	−80	−50	−30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}		−5.0		Vdc
Collector Current — Continuous	I_C		−100		mAdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D		625 5.0		mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D		1.5 12		Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}		−55 to +150		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I_C = −2.0 mAdc, I_B = 0)	BC556	$V_{(BR)CEO}$	−65	—	—	V
	BC557		−45	—	—	
	BC558		−30	—	—	
Collector-Base Breakdown Voltage (I_C = −100 μAdc)	BC556	$V_{(BR)CBO}$	−80	—	—	V
	BC557		−50	—	—	
	BC558		−30	—	—	
Emitter-Base Breakdown Voltage (I_E = −100 μAdc, I_C = 0)	BC556	$V_{(BR)EBO}$	−5.0	—	—	V
	BC557		−5.0	—	—	
	BC558		−5.0	—	—	
Collector-Emitter Leakage Current		I_{CES}				nA
(V_{CES} = −40 V)	BC556		—	−2.0	−100	
(V_{CES} = −20 V)	BC557		—	−2.0	−100	
	BC558		—	−2.0	−100	
(V_{CES} = −20 V, T_A = 125°C)	BC556		—	—	−4.0	
	BC557		—	—	−4.0	μA
	BC558		—	—	−4.0	
ON CHARACTERISTICS						
DC Current Gain		h_{FE}				—
(I_C = −10 μAdc, V_{CE} = −5.0 V)	BC557A		—	90	—	
	BC556B/557B/558B		—	150	—	
	BC557C		—	270	—	
(I_C = −2.0 mAdc, V_{CE} = −5.0 V)	BC556		120	—	500	
	BC557		120	—	800	
	BC558		120	—	800	
	BC557A		120	170	220	
	BC556B/557B/558B		180	290	460	
	BC557C		420	500	800	
(I_C = −100 mAdc, V_{CE} = −5.0 V)	BC557A		—	120	—	
	BC556B/557B/558B		—	180	—	
	BC557C		—	300	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage		$V_{CE(sat)}$				V
(I_C = −10 mAdc, I_B = −0.5 mAdc)			—	−0.075	−0.3	
(I_C = −10 mAdc, I_B = see Note 1)			—	−0.3	−0.6	
(I_C = −100 mAdc, I_B = −5.0 mAdc)			—	−0.25	−0.65	

NOTE 1: I_C = −10 mAdc on the constant base current characteristics, which yields the point I_C = −11 mAdc, V_{CE} = −1.0 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS (continued)						
Base-Emitter Saturation Voltage (I_C = −10 mAdc, I_B = −0.5 mAdc) (I_C = −100 mAdc, I_B = −5.0 mAdc)		$V_{BE(sat)}$	— —	−0.7 −1.0	— —	V
Base-Emitter On Voltage (I_C = −2.0 mAdc, V_{CE} = −5.0 Vdc) (I_C = −10 mAdc, V_{CE} = −5.0 Vdc)		$V_{BE(on)}$	−0.55 —	−0.62 −0.7	−0.7 −0.82	V
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS						
Current-Gain Bandwidth Product (I_C = −10 mA, V_{CE} = −5.0 V, f = 100 MHz)	BC556 BC557 BC558	f_T	— — —	280 320 360	— — —	MHz
Output Capacitance (V_{CB} = −10 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{ob}	—	3.0	6.0	pF
Noise Figure (I_C = −0.2 mAdc, V_{CE} = −5.0 V, R_S = 2 k ohms, f = 1.0 kHz, Δf = 200 Hz)	BC556 BC557 BC558	NF	— — —	2.0 2.0 2.0	10 10 10	dB
Small-Signal Current Gain (I_C = −2.0 mAdc, V_{CE} = −5.0 V, f = 1.0 kHz)	BC556 BC557/558 BC557A BC556B/557B/558B BC557C	h_{fe}	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900	—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1 – NORMALIZED DC CURRENT GAIN

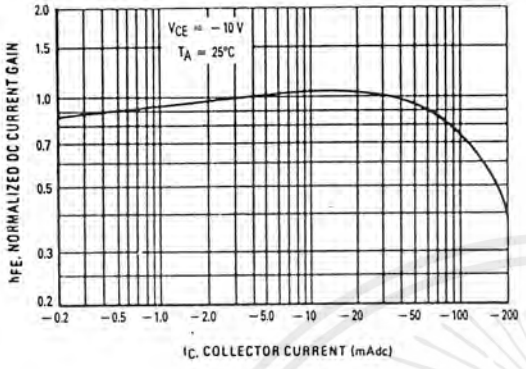


FIGURE 2 – "SATURATION" AND "ON" VOLTAGES

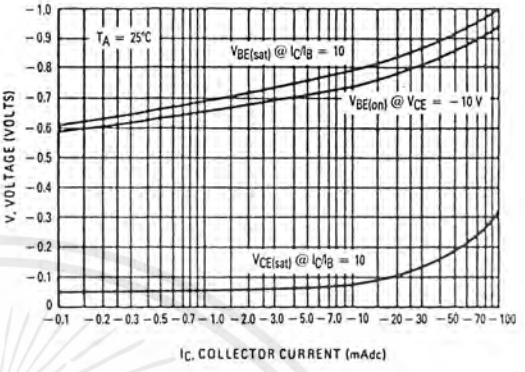


FIGURE 3 – COLLECTOR SATURATION REGION

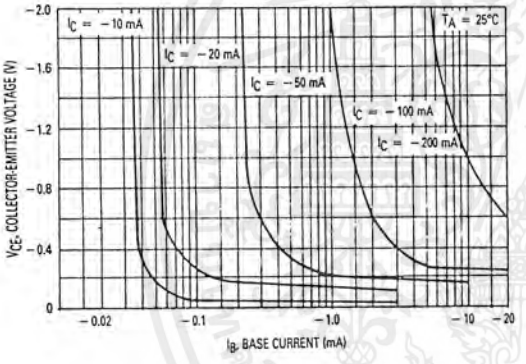


FIGURE 4 – BASE EMITTER TEMPERATURE COEFFICIENT

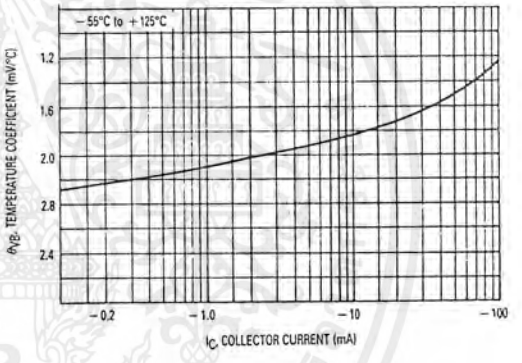


FIGURE 5 – CAPACITANCES

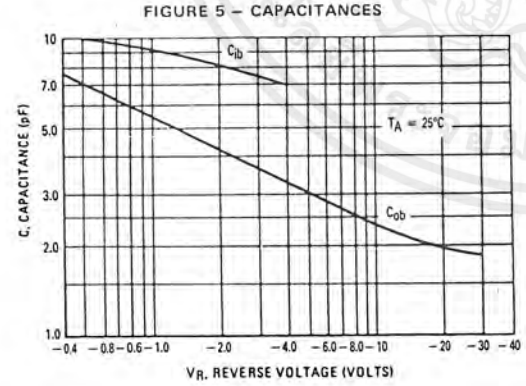
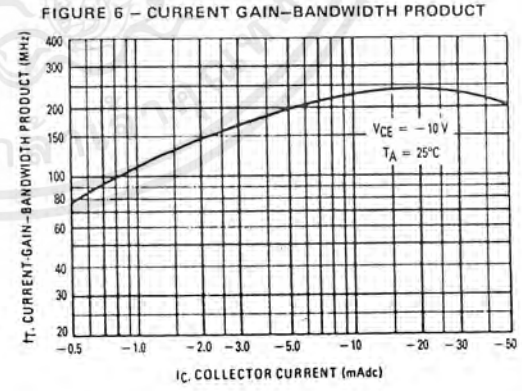


FIGURE 6 – CURRENT GAIN–BANDWIDTH PRODUCT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT}$ = 5V, and I_{OUT} = 10 mA. (Note 3)

Parameter	Conditions	LM317A			LM317			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Voltage		1.238	1.250	1.262				V
	3V ≤ ($V_{IN} - V_{OUT}$) ≤ 40V, 10 mA ≤ I_{OUT} ≤ I_{MAX}, P ≤ P_{MAX}	**1.225**	**1.250**	**1.270**	**1.20**	**1.25**	**1.30**	V
Line Regulation	3V ≤ ($V_{IN} - V_{OUT}$) ≤ 40V (Note 4)		0.005	0.01		0.01	0.04	%/V
			0.01	**0.02**		**0.02**	**0.07**	%/V
Load Regulation	10 mA ≤ I_{OUT} ≤ I_{MAX} (Note 4)		0.1	0.5		0.1	0.5	%
			0.3	**1**		**0.3**	**1.5**	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.04	0.07		0.04	0.07	%/W
Adjustment Pin Current			**50**	**100**		**50**	**100**	μA
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I_{OUT} ≤ I_{MAX}, 3V ≤ ($V_{IN} - V_{OUT}$) ≤ 40V		**0.2**	**5**		**0.2**	**5**	μA
Temperature Stability	T_{MIN} ≤ T_J ≤ T_{MAX}		**1**			**1**		%
Minimum Load Current	($V_{IN} - V_{OUT}$) = 40V		**3.5**	**10**		**3.5**	**10**	mA
Current Limit	($V_{IN} - V_{OUT}$) ≤ 15V							
	K, T Packages	**1.5**	**2.2**	**3.4**	**1.5**	**2.2**	**3.4**	A
	H, P Packages	**0.5**	**0.8**	**1.8**	**0.5**	**0.8**	**1.8**	A
	($V_{IN} - V_{OUT}$) = 40V							
	K, T Packages	0.15	0.4		0.15	0.4		A
	H, P Packages	0.075	0.2		0.075	0.2		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003			0.003		%
Ripple Rejection Ratio	V_{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C_{ADJ} = 0 μF		**65**			**65**		dB
	V_{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C_{ADJ} = 10 μF	**66**	**80**		**66**	**80**		dB
Long-Term Stability	T_J = 125°C, 1000 hrs		0.3	1		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction-to-Case	K Package					2.3	3	°C/W
	H Package		12	15		12	15	°C/W
	T Package		4	5		4		°C/W
	P Package							°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K Package		35			35		°C/W
	H Package		140			140		°C/W
	T Package		50			50		°C/W
	P Package (Note 6)					50		°C/W

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Refer to RETS117H drawing for the LM117H, or the RETS117K for the LM117K military specifications.

Note 3: Although power dissipation is internally limited, these specifications are applicable for maximum power dissipations of 2W for the TO-39 and 20W for the TO-3 and TO-220. I_{MAX} is 1.5A for the TO-3 and TO-220 packages and 0.5A for the TO-39 package. All limits (i.e., the numbers in the Min. and Max. columns) are guaranteed to National's AOQL (Average Outgoing Quality Level).

Note 4: Regulation is measured at a constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specifications for thermal regulation.

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 6: If the TO-263 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area thermally connected to the package: Using 0.5 square inches of copper area. θ_{JA} is 50°C/W; with 1 square inch of copper area, θ_{JA} is 37°C/W; and with 1.6 or more square inches of copper area, θ_{JA} is 32°C/W.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plastic Medium Power Silicon NPN Transistor

BD135
BD137
BD139

. . . 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 Adc
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

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°C Derate above 25°C	P_D		1.25 10	Watts mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D		12.5 100	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}		−55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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%.

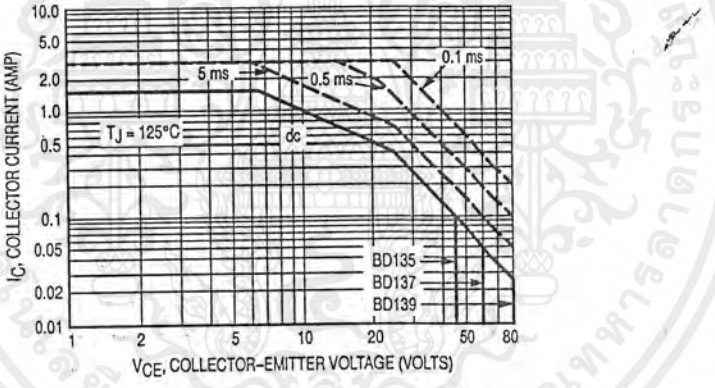


Figure 1. Active–Region Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

LF111/LF211/LF311 Voltage Comparators

General Description

The LF111, LF211 and LF311 are FET input voltage comparators that virtually eliminate input current errors. Designed to operate over a 5.0V to ±15V range the LF111 can be used in the most critical applications.

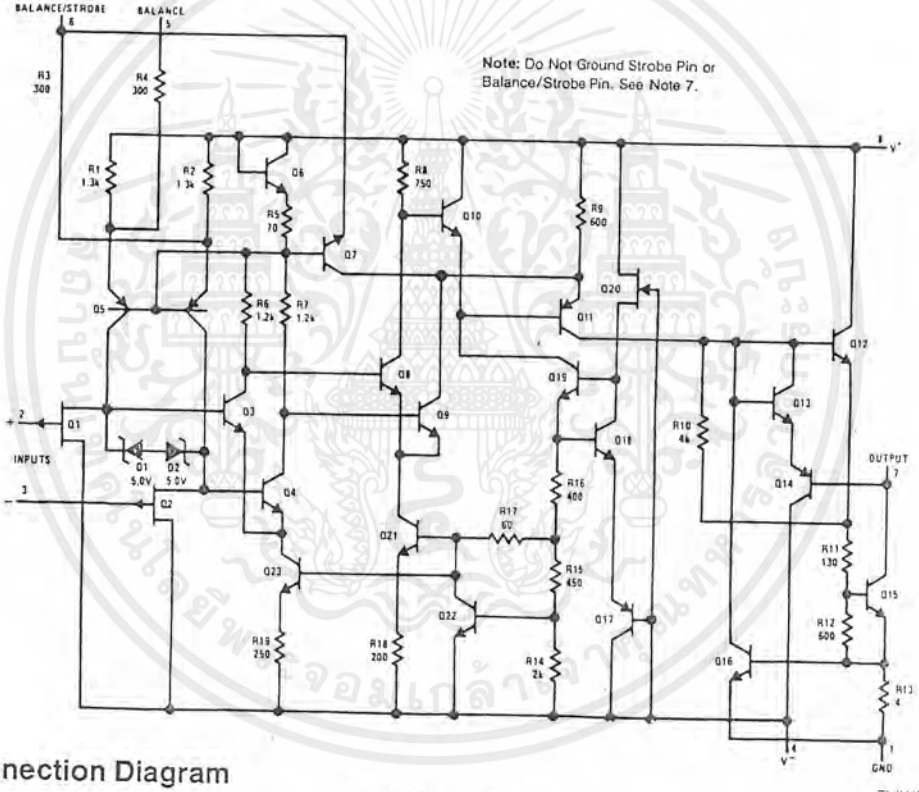
The extremely low input currents of the LF111 allows the use of a simple comparator in applications usually requiring input current buffering. Leakage testing, long time delay circuits, charge measurements, and high source impedance voltage comparisons are easily done.

Further, the LF111 can be used in place of the LM111 eliminating errors due to input currents. See the "application hints" of the LM311 for application help.

Features

- Eliminates input current errors
- Interchangeable with LM111
- No need for input current buffering

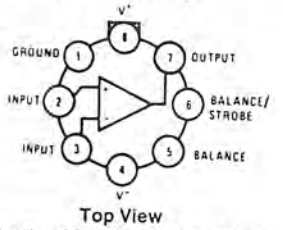
Schematic Diagram



TL/H/5703–2

Connection Diagram

Metal Can Package



TL/H/5703–1

Top View
Order Number LF111H, LF111H-MIL or LF311H
See NS Package Number H08C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 8)

	LF111/LF211	LF311
Total Supply Voltage (V_{84})	36V	36V
Output to Negative Supply Voltage (V_{74})	50V	40V
Ground to Negative Supply Voltage (V_{14})	30V	30V
Differential Input Voltage	±30V	±30V
Input Voltage (Note 1)	±15V	±15V
Power Dissipation (Note 2)	500 mW	500 mW
Output Short Circuit Duration	10 seconds	10 seconds

	LF111/LF211	LF311
Operating Temp. Range		
LF111	−55°C to +125°C	
LF211	−25°C to +85°C	
LF311		0°C to +70°C
Storage Temp. Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C

ESD rating to be determined.

Electrical Characteristics (LF111/LF211) (Note 3)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input Offset Voltage (Note 4)	$T_A = 25°C$, $R_S \leq 50k$		0.7	4.0	mV
Input Offset Current (Note 4)	$T_A = 25°C$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		5.0	25	pA
Input Bias Current	$T_A = 25°C$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		20	50	pA
Voltage Gain	$T_A = 25°C$	40	200		V/mV
Response Time (Note 5)	$T_A = 25°C$		200		ns
Saturation Voltage	$V_{IN} \leq -5.0$ mV, $I_{OUT} = 50$ mA, $T_A = 25°C$		0.75	1.5	V
Strobe On Current	$T_A = 25°C$		3.0		mA
Output Leakage Current	$V_{IN} \leq 5.0$ mV, $V_{OUT} = 35V$, $T_A = 25°C$		0.2	10	nA
Input Offset Voltage (Note 4)	$R_S \leq 50k$			6.0	mV
Input Offset Current (Note 4)	$V_S = \pm 15V$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		2.0	3.0	nA
Input Bias Current	$V_S = \pm 15V$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		5.0	7.0	nA
Input Voltage Range		−13.5	±14	13.0	V
Saturation Voltage	$V^+ \geq 4.5V$, $V^- = 0$ $V_{IN} \leq -6.0$ mV, $I_{OUT} \leq 8.0$ mA		0.23	0.4	V
Output Leakage Current	$V_{IN} \geq 5.0$ mV, $V_{OUT} = 35V$		0.1	0.5	μA
Positive Supply Current	$T_A = 25°C$		5.1	6.0	mA
Negative Supply Current	$T_A = 25°C$		4.1	5.0	mA

Note 1: This rating applies for ±15V supplies. The positive input voltage limit is 30V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30V below the positive supply, whichever is less.

Note 2: The maximum junction temperature of the LF111 is 150°C, the LF211 is 110°C and the LF311 is 85°C. For operating at elevated temperatures, devices in the H08 package must be derated based on a thermal resistance of 65°C/W junction to ambient (in 400 linear feet/min air flow), 165°C/W junction to ambient (in static air), or 20°C/W junction to case.

Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm 15V$, and the Ground pin at ground, and $-55°C \leq T_A \leq +125°C$ for the LF111, unless otherwise stated. With the LF211, however, all temperature specifications are limited to $-25°C \leq T_A \leq +85°C$ and for the LF311 $0°C \leq T_A \leq +70°C$. The offset voltage, offset current and bias current specifications apply for any supply voltage from a single 5.0V supply up to ±15V supplies.

Note 4: The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output within a volt of either supply with a 1.0 mA load. Thus these parameters define an error band and take into account the worst case effects of voltage gain and input impedance.

Note 5: The response time specified (see definitions) is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive.

Note 6: For input voltages greater than 15V above the negative supply the bias and offset currents will increase—see typical performance curves.

Note 7: This specification gives the current that must be drawn from the strobe pin to ensure the output is properly disabled. Do not short the strobe pin to ground; it should be current driven at 3 to 5 mA.

Note 8: Refer to RETSF111X for LF111H military specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (LF311) (Note 3)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input Offset Voltage (Note 4)	$T_A = 25°C$, $R_S \leq 50k$		2.0	10	mV
Input Offset Current (Note 4)	$T_A = 25°C$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		5.0	75	pA
Input Bias Current	$T_A = 25°C$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		25	150	pA
Voltage Gain	$T_A = 25°C$		200		V/mV
Response Time (Note 5)	$T_A = 25°C$		200		ns
Saturation Voltage	$V_{IN} \leq -10$ mV, $I_{OUT} = 50$ mA, $T_A = 25°C$		0.75	1.5	V
Strobe On Current	$T_A = 25°C$		3.0		mA
Output Leakage Current	$V_{IN} \geq 10$mV, $V_{OUT} = 35V$, $T_A = 25°C$		0.2	10	nA
Input Offset Voltage (Note 4)	$R_S \leq 50k$			15	mV
Input Offset Current (Note 4)	$V_S = \pm 15V$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		1.0		nA
Input Bias Current	$V_S = 15V$, $V_{CM} = 0$ (Note 6)		3.0		nA
Input Voltage Range			+14 −13.5		V V
Saturation Voltage	$V^+ \geq 4.5V$, $V^- = 0$ $V_{IN} \leq -10$ mV, $I_{OUT} \leq 8.0$ mA		0.23	0.4	V
Positive Supply Current	$T_A = 25°C$		5.1	7.5	mA
Negative Supply Current	$T_A = 25°C$		4.1	5.0	mA

Note 1: This rating applies for ±15V supplies. The positive input voltage limit is 30V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30V below the positive supply, whichever is less.

Note 2: The maximum junction temperature of the LF111 is +150°C, the LF211 is +110°C and the LF311 is +85°C. For operating at elevated temperatures, devices in the H08 package must be derated based on a thermal resistance of +165°C/W, junction to ambient, or +20°C/W, junction to case.

Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm 15V$ and $-55°C \leq T_A \leq +125°C$ for the LF111, unless otherwise stated. With the LF211, however, all temperature specifications are limited to $-25°C \leq T_A \leq +85°C$ and for the LF311 $0°C \leq T_A \leq +70°C$. The offset voltage, offset current and bias current specifications apply for any supply voltage from a single 5.0 mV supply up to ±15V supplies.

Note 4: The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output within a volt of either supply with a 1.0 mA load. Thus, these parameters define an error band and take into account the worst case effects of voltage gain and input impedance.

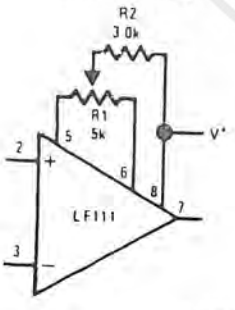
Note 5: The response time specified (see definitions) is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive.

Note 6: For input voltages greater than 15V above the negative supply the bias and offset currents will increase—see typical performance curves.

Note 7: This specification gives the current that must be drawn from the strobe pin to ensure the output is properly disabled. Do not short the strobe pin to ground; it should be current driven at 3 to 5 mA.

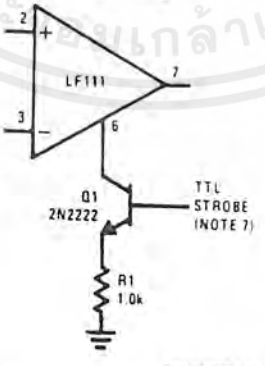
Auxiliary Circuits

Offset Balancing



TL/H/5703–13

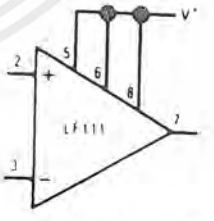
Strobing



TL/H/5703–14

Note: Do Not Ground Strobe Pin.

Increasing Input Stage Current*



TL/H/5703–15

*Increases typical common mode slew from 7.0V/μs to 18V/μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงาน “เครื่องควบคุมการให้น้ำแกลืออัตโนมัติ” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เลย หากขาดท่านทั้งหลายเหล่านี้

ขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ผู้ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในด้านงบประมาณด้วยดีเสมอมา

ผศ.พิชัย คูศิริวานิชกร ในฐานะของอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องการทำโครงงานและเรื่องของการเรียนด้วยดีตลอดมา

คุณสุดารัตน์ รักษาเดน ผู้ที่ให้การสนับสนุนจัดหาชุดสายน้ำเกลือ อุปกรณ์จริงที่นำมาให้ดูเป็นตัวอย่าง รวมทั้งเอกสารข้อมูลต่างๆ

และที่จะขาดไม่ได้เลย คือ เพื่อนๆ ,รุ่นพี่ และรุ่นน้อง ทั้งหลายที่คอยให้กำลังใจ ให้ยืมอุปกรณ์ในการทดลอง ให้คำปรึกษาต่างๆด้วยดีเสมอมา

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ธีรวัฒน์ ประกอบผล "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์" สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)
2. พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์ "เอกสารประกอบการอบรม เรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051" ศูนย์บริการและพัฒนาวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. คู่มือไอซี ไมโครโพรเซสเซอร์ "MICROPROCESSOR DATA BOOK MCS-51 MICROCONTROLLER" บริษัท อีทีที จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้