

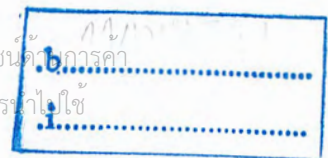
เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ
(SALINE DRIPPING CONTROL)



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น หากมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55457
วัน,เดือน,ปี- 9 พ.ค. 2548



เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ
(SALINE DRIPPING CONTROL)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ

SALINE DRIPPING CONTROL

จัดทำโดย

นายกฤษฎา อนันตะ เลขประจำตัว 44015183

นายนิพัทธ์ บันดาลชัย เลขประจำตัว 44015198

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.พิชัย กุศิริวานิชกร



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(พิชัย กุศิริวานิชกร)

วันที่...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการนี้ขึ้นมา ถ้าหากผู้จัดทำกระทำการใดๆ โดยลำพังแล้วอาจต้องใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลเป็นระยะเวลานาน แต่เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากหลายท่านจึงทำให้ปัญหาต่างๆ ที่ประสบสำเร็จลุล่วงไปได้มาก ถึงแม้จะไม่สามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นได้ทั้งหมดก็ตาม แต่ก็สามารถทำให้มีวิธีหรือแนวความคิดในการดำเนินโครงการให้ก้าวหน้าไปได้ดังนั้นแล้วผู้จัดทำโครงการจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือให้คำปรึกษา ตลอดจนความคิดเห็นหรือแม้กระทั่งข้อมูลเล็กๆ น้อยๆ ที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงการ ไม่ว่าจะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา รุ่นพี่ เพื่อนๆ ตลอดจนท่านผู้ที่แต่งหนังสือตำราทุกท่าน ที่ผู้จัดทำโครงการได้นำข้อมูลที่ท่านได้รื้อเรียงขึ้นมาเพื่อให้ความรู้กับผู้อ่านมาอ้างอิงในโครงการนี้ รวมทั้งพ่อแม่พี่น้องที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือหลายๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงการ ขอกล่าวคำว่าขอบคุณอย่างยิ่งที่ได้รับความช่วยเหลือจากทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

(นายกฤษฎา อนันต์๊ะ)

(นายนิพัทธ์ บันดาลชัย)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ

นายกฤษฎา อนันต์ตะ

นายนิพัทธ์ บันดาลชัย

รศ.พิชัย คุศิริวานิชกร

อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ นั้น ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ชนิดหนึ่งก็ได้เพราะในการให้น้ำเกลือหรือสารละลายกับผู้ป่วย ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ มากกว่าการควบคุมด้วยแถบบีบสายน้ำเกลือ ยิ่งถ้าต้องการควบคุมระยะเวลาหรือปริมาณให้ถูกต้องและแม่นยำแล้วการใช้เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือจะมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงกว่า ซึ่งในโครงการเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือนี้ได้นำ Microcontroller มาใช้ในการออกแบบเพื่อควบคุมการให้น้ำเกลือเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยใช้หลักการป้อนกลับ เอาท์พุทของระบบคือ ระยะเวลาในการหยดของน้ำเกลือมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ถูกกำหนด โดยผู้ใช้งาน หากระยะเวลาของเอาท์พุทและระยะเวลาที่ถูกกำหนดขึ้นมาไม่เท่ากัน ก็จะมีสัญญาณความผิดพลาดเกิดขึ้นมา แล้ววงจรควบคุมก็จะนำสัญญาณความผิดพลาดนี้ไปขับเคลื่อนกลไกเพื่อให้ระยะของเอาท์พุทมีความถูกต้องตามที่กำหนดไว้ นอกจากนี้แล้วเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือยังต้องสามารถตรวจสอบในกรณีที่มีฟองอากาศอยู่ในสายน้ำเกลือ น้ำเกลือไม่ไหล น้ำเกลือหมด ส่วนอินพุทที่รับการโปรแกรมจากผู้ใช้งานและส่วนแสดงผลที่แจ้งการทำงานให้ผู้ใช้งานทราบถึงการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saline Dripping Control

Mr.Krissada Ananta

Mr.Nipat Bandarnchai

Assoc.Prof.Pichai Koosirivanishakorn

(Advisor)

1st Semester, Educationnal Year 2003

Abstract

Saline dripping control is one of medical equipments. Currently, Saline dripping control method is popular than salting forcing control. Especially when you concern about time, amount, and accuracy which Saline dripping control will give more effective and accurate result. Beside that, Saline dripping control also uses Microcontrollor to controlling by user needed. It uses repeat output system, each dripping compared with user setting time. If output time and setting time are not same, alarm will on. Then the system will adapt to reach as setting. Beside that, it is also checking for air in salting line, salting transaction, salting finished. For user programming input will show on result monitor to the user about the working system.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.2 ขอบเขตของโครงการ	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 รายละเอียดของเนื้อหาในรายงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 วิธีการให้น้ำเกลือโดยใช้เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ	3
2.2 รูปแบบของกลไกเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ	4
2.2.1 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะเหมือนการบีบ	4
2.2.2 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะแบบการรีด	5
2.2.3.1 กลไกการรีดแบบตีนตะขาน	6
2.2.3.2 กลไกการรีดแบบวงกลม	6
2.3 ระบบการควบคุมดีซีมอเตอร์	7
2.3.1 พื้นฐานของระบบควบคุมดีซีมอเตอร์	7
2.3.2 ลักษณะการควบคุมของระบบดีซีมอเตอร์	8
2.3.2.1 ระบบควบคุมแบบอนาล็อก	8
2.3.2.2 ระบบควบคุมแบบดิจิทัล	10
2.4 วงจรขยายกำลังเชิงเส้น (Linear Power Amplifier)	11
2.4.1 วงจรขยายแบบทิศทางเดียว (Uni-directional amplifier)	11
2.4.2 วงจรขยายแบบสองทิศทาง (Bi-directional amplifier)	13
2.5 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.5.1 วิธีการควบคุมความต้านทานอาร์มาเจอร์ (Armature resistance control method)	15
2.5.2 วิธีควบคุมสนามแม่เหล็ก (Field control method)	16
2.5.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยวงจรชอปเปอร์ (Chopper circuit)	16
2.5 การโปรแกรมให้กับระบบ	21
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ	25
3.1 คุณสมบัติเบื้องต้นที่จำเป็นต่อการใช้งาน	25
3.2 การวิเคราะห์และการวางระบบของ โครงการงาน	25
3.3 หลักการในการตรวจสอบปริมาณน้ำเกลือ	26
3.4 การวิเคราะห์วงจรควบคุมและหน่วยประมวลผล	26
3.5 การออกแบบกลไกควบคุมการให้น้ำเกลือ	30
3.6 วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือ (Drip Sensor)	33
3.6.1 ภาคส่ง	33
3.6.2 ภาครับ	35
3.7 วงจรตรวจจับฟองอากาศ	39
3.8 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน	40
3.8.1 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์	43
3.8.2 การออกแบบทางซอฟต์แวร์	48
3.9 การออกแบบวงจรจ่ายไฟเลี้ยง	63
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	70
4.1 การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด	70
4.1.1 วัตถุประสงค์	70
4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง	70
4.1.3 ผลการทดลอง	71
4.2 การทดสอบความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด	72
4.2.1 วัตถุประสงค์	72
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง	72
4.2.3 ผลการทดลอง	73
4.3 การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราการหยดเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	73
4.3.1 วัตถุประสงค์	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง	73
4.3.3 ผลการทดลอง	74
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	76
5.1 การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราหาคต่ออัตราที่กำหนด	76
5.2 การทดสอบความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด	80
5.3 การทดสอบหาความเที่ยงตรงของอัตราหาคเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	83
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง อุปสรรค ปัญหา และข้อเสนอแนะ	88
6.1 สรุปผลการทดลอง	88
6.2 ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะ	88



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 กลไกการรีดสารละลายที่มีการทำงานคล้ายปั๊มน้ำ	4
รูปที่ 2.2 กลไกการให้สารละลายแบบปั๊มอีกแบบหนึ่ง	5
รูปที่ 2.3 ขวดน้ำเกลือและชุดสายน้ำเกลือ	5
รูปที่ 2.4 กลไกการรีดลักษณะแบบดินตะขาบ	6
รูปที่ 2.5 ชุดการรีดสารละลายแบบวงกลม	6
รูปที่ 2.6 ระบบควบคุมดีซีมอเตอร์	7
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบบังคับความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ	9
รูปที่ 2.8 ระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ให้แปรผันตามอุณหภูมิ	9
รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิทัลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์	10
รูปที่ 2.10 วงจรขยายแบบทิศทางเดียว - บังคับได้เพียงควอเตอร์นั้เดียว	12
รูปที่ 2.11 วงจรขยายแบบทิศทางเดียวที่มีไดนามิกเบรค - บังคับได้สองควอเตอร์นั้	12
รูปที่ 2.12 แสดงถึงรูปลักษณะการลดความเร็วของระบบแบบทิศทางเดียวที่ไม่มีไดนามิกเบรค	12
รูปที่ 2.13 วงจรขยายแบบสองทิศทางแสดงการบังคับได้เต็มทั้งสองควอเตอร์นั้	13
รูปที่ 2.14 ภาคเอาต์พุทของวงจรเชิงเส้นแบบไบโพลาร์	13
รูปที่ 2.15 ภาคเอาต์พุทของวงจรเชิงเส้นแบบบริดจ์	13
รูปที่ 2.16 วงจรการควบคุมความดันพาวเวอร์มาเจอร์	15
รูปที่ 2.17 วงจรการควบคุมสนามแม่เหล็ก	16
รูปที่ 2.18 วงจรชอปเปอร์ (Chopper circuit)	17
รูปที่ 2.19 รูปคลื่นของกระแสและแรงดัน	17
รูปที่ 2.20 แสดงการควบคุมความกว้างของพัลส์ด้วยทรานซิสเตอร์	18
รูปที่ 2.21 แสดงการควบคุมให้ความกว้างของพัลส์คงที่แต่เปลี่ยนคาบ	18
รูปที่ 2.22 แสดงวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก.	20
(ก) ลักษณะการทำงานอยู่ในควอเตอร์นั้ที่ 1	
(ข) วงจรเบื้องต้นของวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก.	
(ค) เงื่อนไขเมื่อกระแสภาระ I_a ไหลไม่ต่อเนื่อง	
(ง) เงื่อนไขเมื่อมีกระแสภาระ I_a ไหลต่อเนื่อง	
รูปที่ 2.23 ไดอะแกรมการทำงานของภาษาเครื่อง	21
รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมการทำงานของภาษาแอสเซมบลี	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25	ไดอะแกรมการทำงานของภาษาระดับกลาง	22
รูปที่ 2.26	ไดอะแกรมการทำงานของภาษาระดับสูง	22
รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมของโครงการ	25
รูปที่ 3.2	บล็อกไดอะแกรมโดยละเอียดที่ต้องทำการออกแบบ	27
รูปที่ 3.3	ลูกเบี้ยวที่ใช้ในการบีบสายน้ำเกลือ	30
	(ก) ขนาดของวงกลมที่นำมาทำเป็นลูกเบี้ยว	
	(ข) ระยะบีบต่ำสุด	
	(ค) ระยะบีบสูงสุด	
รูปที่ 3.4	มอเตอร์ที่ทำการดีดลูกเบี้ยวที่ใช้บีบสายน้ำเกลือ	31
	(ก) ภาพลูกเบี้ยวที่ติดกับมอเตอร์ด้านข้าง	
	(ข) ภาพลูกเบี้ยวที่ติดกับมอเตอร์ด้านหน้า	
	(ค) ภาพลูกเบี้ยวที่ติดกับมอเตอร์ด้านบน	
รูปที่ 3.5	รูปลักษณะของกลไกเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือและรูปลักษณะด้านหน้า	32
รูปที่ 3.6	กลไกบีบสายน้ำเกลือ	32
	(ก) แสดงขนาดของกลไกบีบสายน้ำเกลือและขนาดของกลอง	
	(ข) ลักษณะของตัวกคที่ทำงานร่วมกับลูกเบี้ยว	
รูปที่ 3.7	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ	33
รูปที่ 3.8	วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือทางด้านภาคส่ง	33
รูปที่ 3.9	วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือทางด้านรับ	35
รูปที่ 3.10	วงจรตรวจจับฟองอากาศ	39
รูปที่ 3.11	วงจรแสดงผล LED	43
รูปที่ 3.12	วงจรขับบีชเซอร์	44
รูปที่ 3.13	วงจรควบคุมการเปิดเครื่อง	45
รูปที่ 3.14	วงจรขับมอเตอร์โดยการใช้ไอซี TA7279P	46
รูปที่ 3.15	แสดงส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์	47
รูปที่ 3.16	วงจรจ่ายไฟเลี้ยงที่ควบคุมการปิดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	48
รูปที่ 3.17	ปุ่มกดตั้งงาน	48
รูปที่ 3.18	ไฟล์ชาร์ทการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	49
รูปที่ 3.18 (ต่อ)	ไฟล์ชาร์ทการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	50
รูปที่ 3.19	รายละเอียดของบล็อกที่ 1	52
รูปที่ 3.20	รายละเอียดของบล็อกที่ 2	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21	รายละเอียดของบล็อกที่ 3	54
รูปที่ 3.22	รายละเอียดของบล็อกที่ 4	54
รูปที่ 3.23	รายละเอียดของบล็อกที่ 5	55
รูปที่ 3.24	รายละเอียดของบล็อกที่ 6	56
รูปที่ 3.25	รายละเอียดของบล็อกที่ 7	57
รูปที่ 3.26	รายละเอียดของบล็อกที่ 8	58
รูปที่ 3.27	รายละเอียดของบล็อกที่ 9	59
รูปที่ 3.28	รายละเอียดของบล็อกที่ 10	60
รูปที่ 3.29 (ต่อ)	รายละเอียดของบล็อกที่ 10	61
รูปที่ 3.29	รายละเอียดของบล็อกที่ 11	63
รูปที่ 3.30	รายละเอียดของบล็อกที่ 12	64
รูปที่ 3.31	รายละเอียดของบล็อกที่ 13	65
รูปที่ 3.32	วงจรจ่ายไฟเลี้ยงของโครงงาน	68
รูปที่ 3.33	รูปถ่ายด้านหน้าของเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ	68
รูปที่ 3.34	แสดงกลไกที่ใช้ในการบีบสายน้ำเกลือ	69
รูปที่ 3.35	แสดงรูปด้านข้างของตัวเครื่องและลักษณะการเชื่อมต่อชุดตรวจจับ หยดน้ำเกลือ	69
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยที่อัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด	77
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนที่อัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด	77
รูปที่ 5.3	กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยที่อัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด	79
รูปที่ 5.4	กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยที่อัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด	80
รูปที่ 5.5	กราฟแสดงค่าปริมาตรเฉลี่ยต่อปริมาตรที่กำหนด	81
รูปที่ 5.6	กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด	81
รูปที่ 5.7	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด	83
รูปที่ 5.8	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด	83
รูปที่ 5.9	อัตราหยดที่ 5 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	85
รูปที่ 5.10	อัตราหยดที่ 20 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	85
รูปที่ 5.11	อัตราหยดที่ 40 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	86
รูปที่ 5.12	อัตราหยดที่ 60 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	86
รูปที่ 5.13	อัตราหยดที่ 80 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	87
รูปที่ 5.14	อัตราหยดที่ 100 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของ โพลีโพรพิลีน	40
ตารางที่ 3.2 อินพุตและเอาต์พุตหลักของระบบ	41
ตารางที่ 3.3 อินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดของวงจร	41
ตารางที่ 3.4 การกำหนดอินพุตให้กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์	42
ตารางที่ 3.5 การกำหนดเอาต์พุตให้กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์	42
ตารางที่ 3.6 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์	46
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด	71
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความเที่ยงตรงของปริมาตรต่ออัตราที่กำหนด	73
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการหยุดของน้ำเกลือเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน	74
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการหยุดของน้ำเกลือเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน (ต่อ)	75
ตารางที่ 5.1 แสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนของการทดลองความเที่ยงตรงของ อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด	76
ตารางที่ 5.2 แสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด	78
ตารางที่ 5.3 แสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและและเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง เฉลี่ยของการทดลองความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด	79
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนของการทดลองความเที่ยงตรงของ อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด	80
ตารางที่ 5.5 แสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของปริมาตรที่กำหนดในช่วงเวลา ที่ทดลอง	82
ตารางที่ 5.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตร ที่กำหนด	82
ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาตรเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของอัตราหยุดที่ปริมาตร เริ่มต้นมีค่าต่างกัน	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ เป็นเครื่องที่ใช้ควบคุมการหยดของน้ำเกลือลงสู่กระเปาะแล้วจึงไหลออกจากกระเปาะ ไปตามสายน้ำเกลือเข้าสู่ตัวผู้ป่วย โดยเครื่องควบคุมนี้จะมีหน้าที่การทำงานเปรียบเสมือนแถบบังคับจำนวนการหยดของน้ำเกลือที่ติดมากับสายน้ำเกลือ โดยปกติเมื่อเราให้น้ำเกลือแก่ผู้ป่วยต้องมีการตรวจเช็คอยู่เสมอว่าน้ำเกลือหยดอยู่ในปริมาณปกติที่ผู้ป่วยต้องการหรือไม่ และการปรับแถบบังคับด้วยมือก็เป็นการประมาณเท่านั้น ไม่ได้ให้ด้วยปริมาณที่คงที่แน่นอน ดังนั้นเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ ที่นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการควบคุมจึงมีการทำงานที่ถูกต้องแม่นยำสูงกว่า โดยเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ แบ่งส่วนประกอบหลักเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ และ ส่วนของกลไก

การทำงานโดยรวมของวงจร คือ ส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะเป็นตัวควบคุมกลไก ซึ่งกลไกจะกดทับลงบนสายน้ำเกลือ แรงที่ใช้ในการกดทับสาย ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเกลือที่เราต้องการให้แก่ผู้ป่วย และขณะที่เครื่องทำงานก็สามารถตรวจสอบได้ว่า การหยดของน้ำเกลืออยู่ในปริมาณที่ปกติตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ามีการหยดของน้ำเกลือช้าหรือเร็วเกินไป ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็จะรู้ได้จากการตรวจจับการหยดของน้ำเกลือและประมวลผลหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้น แล้วควบคุมให้กลไกปรับเปลี่ยนการกดทับสายน้ำเกลือเพื่อให้ปริมาณของหยดน้ำเกลือหยดในปริมาณปกติและถูกต้องแม่นยำอยู่เสมอจนน้ำเกลือหมดจากขวด โดยผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดว่าต้องการให้น้ำเกลือหยดปริมาณเท่าใด โดยการป้อนค่าปริมาณของน้ำเกลือที่จะให้กับผู้ป่วยเทียบกับระยะเวลาที่ต้องการ เมื่อป้อนเข้าไปแล้วเครื่องก็จะทำการคำนวณและควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้กำหนด ซึ่งการควบคุมการให้น้ำเกลือในลักษณะเช่นนี้ก็มีใช้ในโรงพยาบาล แต่มีราคาค่อนข้างแพงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ยี่ห้อ TOLUMU ที่มีราคาประมาณ 15,000 บาทต่อเครื่อง

หนึ่งในโครงงานนี้เป็นโครงงานที่ออกแบบวงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมสั่งงานของเครื่อง โดยการใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะใช้ภาษาซี (C Language) ในการเขียนโปรแกรมซึ่งเป็นภาษาที่ได้รับความนิยมในการใช้เขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน เนื่องจากภาษาซีเป็นภาษาระดับสูงที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าภาษาแอสเซมบลี (Assembly)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อสร้างเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือที่มีราคาถูกแต่ใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อพัฒนาโครงการเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือให้ดีกว่าโครงการที่มีอยู่เดิม
3. เพื่อนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถควบคุมการหยดของน้ำเกลือสูงสุดได้ 100 หยด/นาทิจ หรือ 6.666 CC/นาทิจ
2. สามารถควบคุมการหยดของน้ำเกลือต่ำสุดได้ 5 หยด/นาทิจ หรือ 0.3333CC/นาทิจ
3. สามารถตรวจสอบอากาศที่อยู่ในสายน้ำเกลือได้
4. สามารถแจ้งเตือนเมื่อน้ำเกลือหมดหรือน้ำเกลือไม่ไหลได้
5. ผู้ใช้งานสามารถกำหนดปริมาณน้ำเกลือ (cc) กับเวลา (นาทิจ) ที่ต้องการให้น้ำเกลือได้
6. มีจอแสดงผลและเสียงเตือนเมื่อแจ้งการทำงานของเครื่องได้ เช่น ปริมาณที่ได้ให้น้ำเกลือไปแล้ว เป็นต้น

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือที่มีราคาถูกแต่มีประสิทธิภาพ
2. อุปกรณ์ทางการแพทย์ที่สามารถใช้งานได้จริง
3. ความรู้และทักษะที่เกิดขึ้นกับผู้จัดทำโครงการ ซึ่งมาจากการปฏิบัติงาน

1.4 รายละเอียดของเนื้อหาในรายงาน

ในรายงานฉบับนี้จะแสดงถึงรายละเอียดของโครงการที่ได้จัดทำขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆรวมทั้งหมด 6 บท แต่ละบทกล่าวถึงดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำของรายงาน ได้กล่าวถึงลักษณะโดยรวมของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และ รายละเอียดของโครงการโดยย่อ

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและแนวความคิดที่ได้ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำโครงการ

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบของโครงการ

บทที่ 4 แสดงถึงการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง อุปสรรค ปัญหา และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงการขึ้นมาจะมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ว่าด้วยเรื่องของหลักการที่จะใช้ในการควบคุมให้น้ำเกลือไหลในปริมาณที่ต้องการ ซึ่งจะมีอยู่หลายวิธีด้วยกันจะได้กล่าวถึงในบทนี้ และทฤษฎีอีกส่วนหนึ่งก็คือ การนำเอาอุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมาใช้ออกแบบประกอบกันให้ทำงานเพื่อให้ตอบสนองต่อหลักการที่จะควบคุมให้น้ำเกลือเป็นไปตามที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการให้น้ำเกลือโดยใช้เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ

ก่อนอื่นจะต้องมาศึกษาวิธีการให้น้ำเกลือโดยการใช้เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือก่อนว่าวิธีและขั้นตอนเตรียมการต่างๆ ก่อนทำการให้น้ำเกลือแก่ผู้ป่วยนั้นมีขั้นตอนอย่างไรบ้างเพราะข้อมูลส่วนนี้จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบการทำงานของเครื่องให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำผู้ป่วยที่จะรับน้ำเกลือหรือสารละลายมานอนบนเตียงจัดให้อยู่ในท่าที่สบายและผ่อนคลาย
2. ดำรงเส้นเลือดดำในบริเวณที่จะแทงเข็มให้น้ำเกลือ
3. นำกระเปาะน้ำเกลือต่อเข้ากับขวดบรรจุน้ำเกลือ โดยแทงเข็มของกระเปาะน้ำเกลือเข้าทางด้านข้างท่อหุ้มที่อยู่ทางด้านปลายขวด โดยต้องบีบสายน้ำเกลือให้ปิดสนิทก่อน
4. คลายแถบที่บีบสายน้ำเกลือออกเพื่อให้น้ำเกลือไหลให้เต็มสายน้ำเกลือ โดยต้องไม่มีอากาศผสมอยู่ เมื่อน้ำเกลือเต็มสายน้ำเกลือแล้วจึงบีบสายน้ำเกลือไปตามเดิม
5. เปิดเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ แล้วนำสายน้ำเกลือติดตั้งตามที่คู่มือในการใช้เครื่องระบุไว้
6. ตั้งค่าปริมาณน้ำเกลือที่ต้องการให้กับเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ
7. นำผ้าหรือสายยางรัดเหนือบริเวณอวัยวะของผู้ป่วยที่จะแทงเข็มให้น้ำเกลือ
8. ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่จะแทงด้วยการนำสำลีชุบแอลกอฮอล์ แล้วเช็ดผิวหนังบริเวณนั้น
9. แทงเข็มเข้าเส้นเลือดดำของผู้ป่วยแล้วกดเข็มให้แนบกับผิวหนังใช้เทปกาวปิดทับเข็มกับผิวหนังเข้าด้วยกันเพื่อไม่ให้เข็มเคลื่อนที่ได้ เสร็จแล้วนำผ้าหรือสายยางที่รัดไว้ออก
10. กดปุ่มสตาร์ทให้เครื่องทำงาน
11. คลายแถบบีบสายน้ำเกลือออกจนสุด

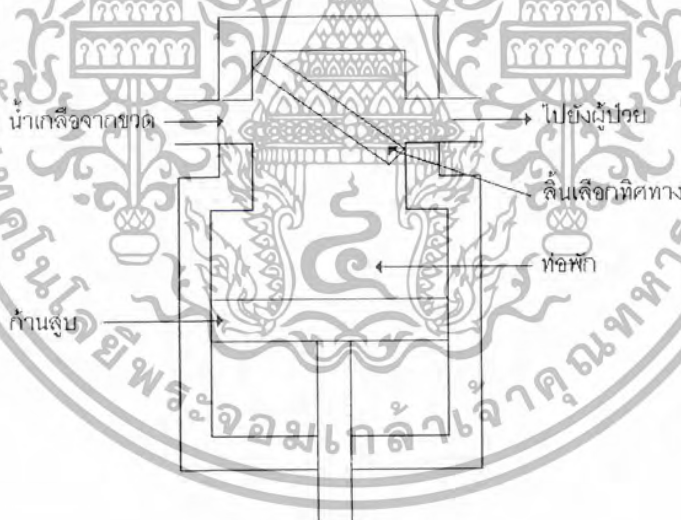
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รูปแบบของกลไกเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ

เครื่องควบคุมการให้สารละลายหรือ Infusion Pump ที่มีใช้ตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ในปัจจุบันนั้น มีรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งรูปแบบต่าง ๆ กันนี้ส่วนมากแล้วจะต่างกันที่ การออกแบบทางกลศาสตร์ในการรีดสารละลายให้ออกมาซึ่งในส่วนนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันแต่ถึงอย่างไร หลักการทำงานของเครื่องนี้ก็คือ การใช้ส่วนของวงจรมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงานให้กลไกในการรีดสารละลายเป็นไปตามที่เราต้องการ ดังนั้นสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบก็คือ เราต้องการให้มีกลไกในการรีดสารละลายอย่างไร ซึ่งการศึกษากลไกของเครื่องควบคุมการให้สารละลายที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและ จากวารสารทางวิชาการแพทย์พบว่ามีด้วยกัน 4 แบบ แต่สามารถแบ่งเป็นลักษณะในการทำเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

2.2.1 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะเหมือนการปั๊ม

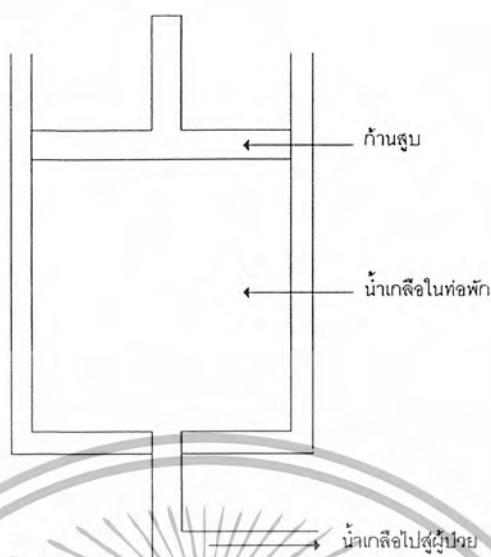
กลไกในการให้สารละลายลักษณะนี้ จะมีลักษณะเหมือนกับปั๊มน้ำซึ่งจะสูบน้ำจากแหล่งจ่ายน้ำไปเก็บไว้ในถังพักน้ำและจะจ่ายน้ำออกไปให้กับผู้ใช้เมื่อถึงเวลาที่ต้องการ รูปกลไกคร่าว ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กลไกการรีดสารละลายที่มีการทำงานคล้ายปั๊มน้ำ

เมื่อเริ่มต้นการทำงานสารละลายจะถูกสูบเข้ามาเก็บไว้ในท่อพักจนเต็ม โดยใช้เวลาช่วงนี้ไม่นานนัก จากนั้นวงจรมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ก็จะควบคุมการทำงานของก้านสูบ โดยให้ก้านสูบค่อย ๆ ดันสารละลายออกจากท่อพักเข้าสู่ตัวผู้ป่วย ซึ่งความเร็วในการดันของก้านสูบจะแปรผันตามอัตราการให้สารละลายที่แพทย์หรือพยาบาลตั้งไว้ในตอนต้น เมื่อสารละลายหมดจากท่อพักแล้วก็จะมีการสูบสารละลายให้เต็มท่อพักใหม่อีกและก็จะทำงานเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กลไกการให้สารละลายแบบปั๊มอีกแบบหนึ่ง

อีกรูปแบบหนึ่งของกลไกที่มีลักษณะการป้อนเช่นกันแสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งแบบนี้สารละลายทั้งหมดจะถูกบรรจุไว้ในท่อพักก่อน ซึ่งท่อพักนี้มีขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุปริมาณสารละลายที่ให้ผู้ป่วยเนื่องจากวิธีนี้จะไม่มีการสูบลำละลายเข้ามายังท่อพักเมื่อสารละลายหมดจากท่อพักแล้ว

2.2.2 กลไกในการให้สารละลายที่มีลักษณะแบบการรีด

กลไกลักษณะนี้จะมีใช้ตามโรงพยาบาลมากกว่า 2 แบบที่แล้ว ทั้งนี้จะเป็นเพราะสามารถใช้งานได้สะดวกและคล่องตัวกว่า ซึ่งถ้าเราเคยเห็นผู้ป่วยที่ต้องให้น้ำเกลือจะเห็นว่าชุดการให้น้ำเกลือประกอบไปด้วยขวดน้ำเกลือและชุดสายน้ำเกลือ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขวดน้ำเกลือและชุดสายน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 กลไกการรีดแบบตีนตะขาบ

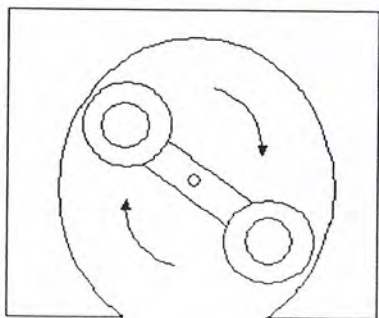
เครื่องควบคุมการให้สารละลายที่มีชุดการรีดแบบตีนตะขาบนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะเนื่องจากสามารถนำไปใช้งานได้สะดวกที่สุด กลไกแบบตีนตะขาบแสดงให้เห็นตามตัวอย่างคร่าวๆ ดังรูปที่ 2.4 การทำงานของกลไกแบบนี้ก็คือ ตีนตะขาบแต่ละอันที่วางเรียงเป็นหน้ากระดานนั้นจะเคลื่อนตัวออกไปกดทับสายน้ำเกลือในลักษณะที่ผลักดันกบดแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับล้อที่กดทับสายน้ำเกลือแล้วค่อยๆ เคลื่อนลงมาทำให้เกิดการรีดสายละลายให้ออกมาจากสายที่ละหยดตามที่เรากำลังต้องการ



รูปที่ 2.4 กลไกการรีดลักษณะแบบตีนตะขาบ

2.2.2.2 กลไกการรีดแบบวงกลม

รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงชุดรีดสารละลายที่มีโครงสร้างเป็นแบบวงกลม การทำงานของชุดการรีดแบบนี้ก็คือ ล้อใดล้อหนึ่งจะกดทับสายน้ำเกลือตลอดเวลา เพื่อบังคับให้สารละลายส่งผ่านไปยังผู้ป่วยเมื่อแกนรีดนี้หมุนไปเท่านั้น



รูปที่ 2.5 ชุดการรีดสารละลายแบบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบการควบคุมดิซีมอเตอร์

ในหัวข้อที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นเป็นลักษณะการควบคุมการให้น้ำเกลือแบบต่าง ๆ ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงระบบการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมการให้น้ำเกลือซึ่งจะมีลักษณะการทำงานที่เป็นลูปปิด (Close loop) นั่นคือการนำเอาเอาต์พุทของระบบป้อนกลับมาควบคุมระบบ (Feed Back Control System) ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันการควบคุมดิซีมอเตอร์จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมากเนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมดิซีมอเตอร์และการวิเคราะห์จึงเป็นเทคนิคใหม่ที่มีความสำคัญและน่าสนใจ

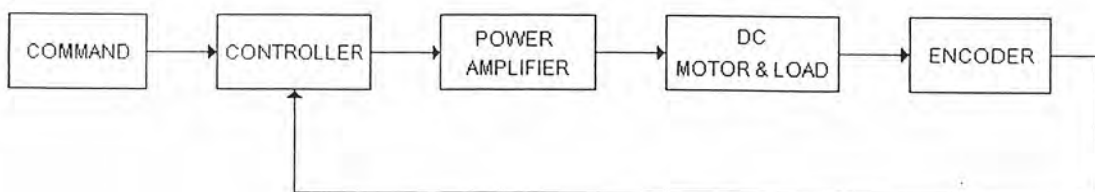
ระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมพลังจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ ไฮดรอลิกแอกชูเอเตอร์ (Hydraulic Actuator) และอุปกรณ์จำพวกเบรคและคลัทช์ เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูง ทำให้ดิซีมอเตอร์กลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบควบคุมเกือบทุกชนิดในปัจจุบัน และในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างการประยุกต์งานใหม่ๆ ขึ้นทำให้ดิซีมอเตอร์และสเตปมอเตอร์ได้รับความนิยมใช้งานในอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

ดิซีมอเตอร์เป็นที่ตัวกระตุ้นเป็นแบบอนาลอกที่ไม่มีตำแหน่งหยุดที่แน่นอนเหมือนสเตปมอเตอร์ ดังนั้นระบบควบคุมดิซีมอเตอร์ โดยทั่วไปมักเป็นระบบแบบลูปปิด (Close loop) ในระบบแบบเปิดลูป (Open loop) ตำแหน่งเอาต์พุทหรือความเร็วเอาต์พุทจะถูกป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุทอ้างอิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติการทำงานที่ต้องการ

2.3.1 พื้นฐานของระบบควบคุมดิซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมดิซีมอเตอร์แสดงได้ในบล็อกไดอะแกรมของรูปที่ 2.6 ซึ่งประกอบด้วย บล็อกที่สำคัญ 4 บล็อก คือ

1. วงจรควบคุม (Controller)
2. วงจรไดรเวอร์หรือเพาเวอร์แอมพลิไฟเออร์ (Driver or power amplifier)
3. ตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับและตัวถอดรหัส (Feed back transducer or encoder)
4. ดิซีมอเตอร์และโหลด (DC motor and load)



รูปที่ 2.6 ระบบการควบคุมดิซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรถอบคุม เป็นส่วนของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณควบคุมไปยังคัปดิซิมอเตอร์และโพลค วงจรถอบคุมที่ให้สัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณอนาลอกเราเรียกว่าอนาลอกคอนโทรลเลอร์ (Analog Controller) ส่วนวงจรถอบคุมที่ให้สัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณดิจิทัลเราเรียกว่าดิจิทัลคอนโทรลเลอร์ (Digital Controller)

วงจรถอบคุม เป็นส่วนประกอบของระบบที่อยู่ระหว่างวงจรถอบคุมกับคัปดิซิมอเตอร์และโพลคมีหน้าที่ปรับรูปและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนเข้าไปขับเคลื่อนมอเตอร์และโพลค วงจรถอบคุมส่วนใหญ่ได้แก่เพาเวอร์แอมพลิไฟเออร์ซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมพลิไฟเออร์และพัลส์วิดท์มอดูเลชันแอมพลิไฟเออร์ (Pulse width modulation amplifier)

ตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับหรือ ตัวถอดรหัสเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้รับรู้หรือตรวจจับสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดคิง (Loading) สัญญาณตรวจจับได้นี้จะป้อนกลับ ไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณผิดพลาด (Error) ตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ ตัวแปลงสัญญาณแบบอนาลอก (Analog Transducer) คือสิ่งประดิษฐ์ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอกได้แก่จ้าววก ทาโคเจนเนอเรเตอร์ (Tachogenerator) ไปแทนที โอมิเตอร์และซิงโคร (Potentionmeter and Cynchro) เป็นต้น ส่วนตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับแบบหนึ่งคือ ตัวแปลงสัญญาณแบบดิจิทัล (Digital Transducer) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ได้แก่จ้าววกอินครีเมนทอนโคดเดอรรีโซลเวอร์ (Increment Encoder Resolver) แมกเนติกพิกอัฟ (Magnetic pickup)

คัปดิซิมอเตอร์และโพลค คือ ระบบที่ถูกควบคุมหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล (DC Motor) หรืออะไรก็ตามที่ทำให้เกิดงานขึ้น คัปดิซิมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์มาเจอร์อินดักแตนซ์ (Armature Inductance) และแรงเฉื่อยของโรเตอร์ (Rotor)

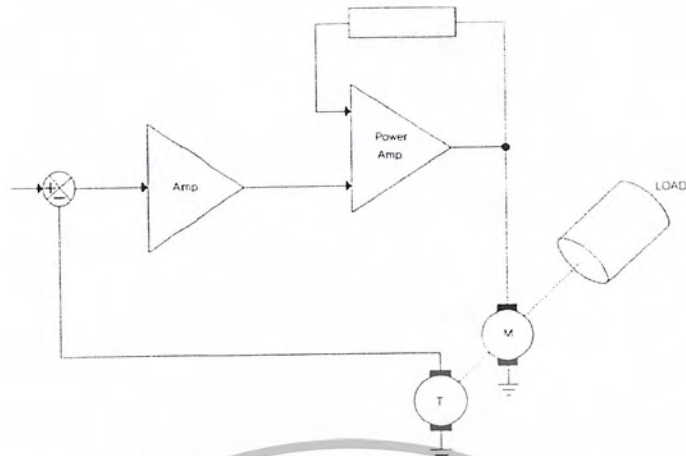
2.3.2 ลักษณะการควบคุมของระบบคัปดิซิมอเตอร์

ระบบการควบคุมคัปดิซิมอเตอร์สามารถที่จะจำแนกลักษณะการควบคุมได้เป็น 2 แบบ คือระบบควบคุมแบบอนาลอก และ ระบบควบคุมแบบดิจิทัล

2.3.2.1 ระบบควบคุมแบบอนาลอก

ในรูปควบคุมแบบอนาลอก เอาต์พุตของระบบจะถูกวัดค่าหรือตรวจจับค่าได้เป็นสัดส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอก เช่นระบบที่มีการป้อนกลับด้วยทาโคมิเตอร์ในรูปที่ 2.7 แรงดันเอาต์พุตของทาโคมิเตอร์จะเป็นสัญญาณอนาลอกของความเร็วมอเตอร์ สรุปได้ว่าระบบควบคุมแบบอนาลอกก็คือรูปควบคุมที่มีตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับเป็นตัวแปลงแบบอนาลอกที่เปลี่ยนค่าการแปรเปลี่ยนของตัวแปรออกมาเป็นสัญญาณอนาลอกแล้วป้อนกลับไปยังวงจรถอบคุมแบบอนาลอกเพื่อควบคุมให้ได้คุณสมบัติการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ

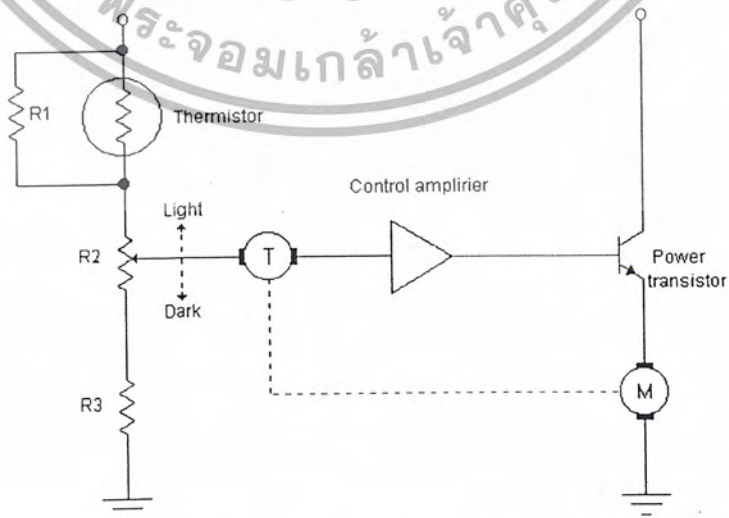
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบบังคับความเร็วที่มีทำโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรมของระบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบอนาลอก มีดังนี้

- เครื่องจักรกลสำหรับพันคอปป์
- เครื่องจักรกลสำหรับการต่อสาย
- X - Y พล็อตเตอร์ (X - U Plotor)
- เครื่องมือแพทย์
- เครื่องจักรกลสำหรับการบรรจุกล่อง
- เครื่องจักรกลการเกษตร
- ระบบควบคุมในเครื่องบิน
- เครื่องมือในทางฟิสิกส์และเคมี

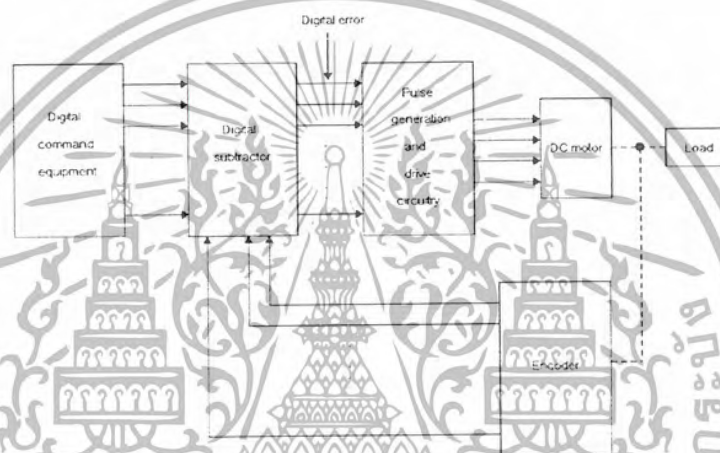


รูปที่ 2.8 ระบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้แปรผันตามอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 ระบบควบคุมแบบดิจิทัล

ระบบควบคุมแบบดิจิทัลคือ ระบบที่ควบคุมที่มีตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับเป็นแบบดิจิทัล ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าการแปรเปลี่ยนของตัวแปรออกเป็นสัญญาณดิจิทัลหรืออยู่ในรูปของสัญญาณที่ต้องมีการเข้ารหัสของไบนารี คือ สัญญาณเอาต์พุตของตัวแปลงสัญญาณป้อนกลับจะเป็นรหัสไบนารี (Binary code) ป้อนกลับไปยังวงจรควบคุมแบบดิจิทัลเพื่อควบคุมให้คุณสมบัติการทำงานจากระบบเป็นไปตามที่ต้องการ บล็อกไดอะแกรมของระบบการควบคุมแบบดิจิทัลของดีซีมอเตอร์แสดงได้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิทัลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมของระบบดิจิทัลดีซีมอเตอร์คอนโทรลมีดังนี้

- เครื่องจักรกล NC
- หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม
- ระบบการป้อนกระดาษของไลน์ปริ้นเตอร์
- เครื่องอ่านและปรูเทป
- เครื่องอ่านและปรูการ์ด
- ระบบการขับเคลื่อนเทปในเครื่องคอมพิวเตอร์
- RAM (Random Access Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจรขยายกำลังเชิงเส้น (Linear Power Amplifier)

วงจรขยายกำลังเชิงเส้น โดยปกติสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ขยายเชิงเส้นเช่นเดียวกับ ออปแอมป์ หรือ วงจรขยายความแตกต่าง (Differential amplifier) ที่ใช้ไปกระตุ้นภาคเพาเวอร์ให้ ไปขับมอเตอร์ ภาคเพาเวอร์จะมีการป้อนกลับแบบลูปปิดเพื่อให้พารามิเตอร์ที่ต้องการ ได้แก่ แรงดันและกระแสของมอเตอร์หรือพารามิเตอร์ทั้งสองดังกล่าวมีความเป็นเชิงเส้น

วงจรขยายกำลังเชิงเส้นจะเป็นตัวควบคุมแรงดันหรือกระแสของมอเตอร์โดยการบังคับ ขนาดของแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ดังนั้นหน้าที่ของวงจรก็คือจะเป็นตัวลดแรงดันเอาไว้ซึ่ง เท่ากับผลต่างระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายและแรงดันที่มอเตอร์ใช้งานจริง ในขณะที่มีกระแสที่ เหมาะสมไหลผ่าน วงจรขยายกำลังเชิงเส้นสามารถจำแนกตามหน้าที่จะแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. แบบทิศทางเดียว (Unidirectional)
2. แบบสองทิศทาง (Bidirectional amplifier)

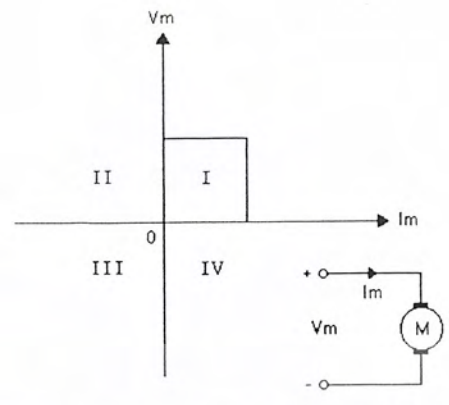
และถ้าแบ่งตามโครงสร้างสามารถจำแนกตามหน้าที่จะแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. แบบไบโพลาร์ (Bipolar)
2. แบบบริดจ์ (Bridge)

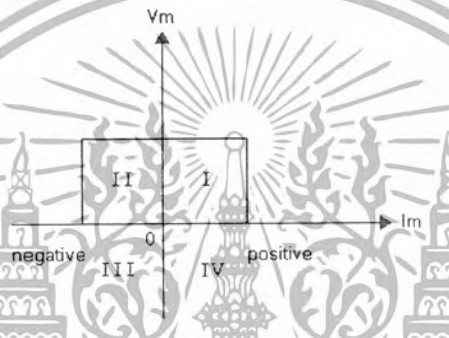
2.4.1 วงจรขยายแบบทิศทางเดียว (Uni-directional amplifier)

วงจรขยายแบบทิศทางเดียวเป็นวงจรขยายแบบง่ายที่สุดของวงจรขยายกำลังเชิงเส้นและใช้ ในระบบที่มอเตอร์ถูกขับให้หมุนได้ในทิศทางเดียว นั่นคือ ฟังก์ชันการส่งผ่านเชิงเส้น (Linear Transfers Function) ของวงจรขยายแบบนี้จะทำงานอยู่ในควอเตอร์ที่ (Quadrant) แรก เท่านั้น และไม่สามารถให้แรงดันหรือกระแสไหลกลับทิศทางได้ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ระบบ ดังกล่าว แสดงคุณสมบัติการทำงาน โดยสามารถเพิ่มอัตราเร่งได้อย่างรวดเร็ว แต่สามารถลดความเร็วลง ได้ อย่างเชื่องช้าเนื่องจากมอเตอร์จะลดความเร็วลง ได้ด้วยแรงเสียดทานและความหนืด (Viscous Damping) ของระบบเพียงเท่านั้นการเพิ่มไดนามิกเบรค (Dynamic Break) เข้าในระบบสามารถทำ ให้ วงจรขยายแบบทิศทางเดียวทำงานได้สองควอเตอร์ (ดังในรูปที่ 2.11) การหมุนของมอเตอร์ ยังคงเป็นทิศทางเดียวแต่สามารถกลับทิศทางการไหลของกระแสของมอเตอร์โดยการตัดกระแส ขับเคลื่อนมอเตอร์ออกและให้ทางเดินของกระแสซึ่งเกิดจากแรงดันย้อนกลับของมอเตอร์ (Motor Back EMF) ในทิศทางตรงกันข้าม กระแสที่ใช้สำหรับลดความเร็วลงเป็นฟังก์ชันกับแรงดัน ย้อนกลับ (Back EMF) ดังนั้น มันจึงเป็นฟังก์ชันกับความเร็วและให้คุณสมบัติสามารถลด ความเร็วลงได้อย่างมากเมื่อมอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วสูงและความสามารถในการหน่วงความเร็ว ลงนี้จะลดลงเป็นศูนย์เมื่อมอเตอร์มีความเร็วเข้าใกล้ศูนย์ การทำงานในควอเตอร์ที่ 2 นี้ เป็น ลักษณะของการทำงานเพียงชั่วขณะเท่านั้นและใช้งานได้เฉพาะขณะที่ระบบต้องการลดความเร็วลง จากความเร็วที่เป็นอยู่ เพื่อให้เกิดกระแสหรือกระแสต้านการหมุนของมอเตอร์ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

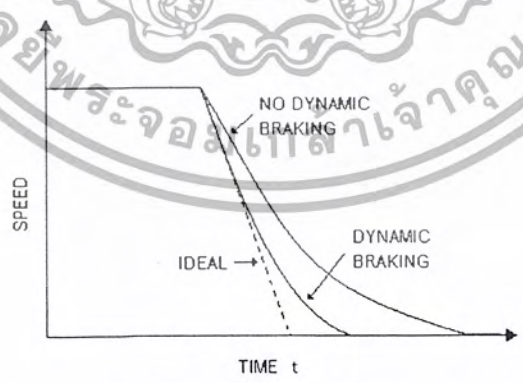


รูปที่ 2.10 วงจรขยายแบบทิศทางเดียว - บังคับได้เพียงควอเตอร์เดียว



รูปที่ 2.11 วงจรขยายแบบทิศทางเดียวที่มีไดนามิกเบรก - บังคับได้สองควอเตอร์

รูปที่ 2.12 แสดงถึงรูปลักษณะของระบบการลดความเร็วลงของระบบทิศทางเดียวที่มีและไม่มีไดนามิกเบรก สังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของไดนามิกเบรกลดลงที่ความเร็วต่ำๆ



รูปที่ 2.12 แสดงถึงรูปลักษณะการลดความเร็วลงของระบบแบบทิศทางเดียว ที่มีและไม่มีไดนามิกเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วงจรขยายแบบสองทิศทาง (Bi-directional amplifier)

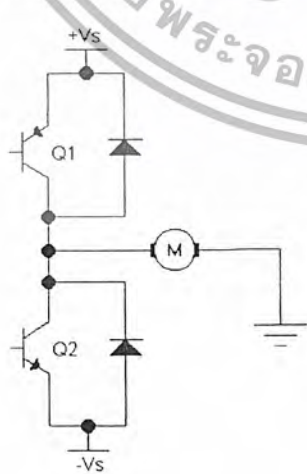
วงจรขยายแบบสองทิศทางสามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้สองทิศทาง และมีฟังก์ชันการส่งผ่านเชิงเส้นตลอดย่านจนถึงช่วงความเร็วเป็นศูนย์ วงจรขยายแบบนี้สามารถบังคับได้เต็มทั้ง 4 ควอเตอร์ดังในรูปที่ 2.13 และสามารถป้อนแรงดันและกระแสทั้งขั้วบวกหรือลบให้กับมอเตอร์ได้

วงจรขยายแบบสองทิศทางแบบพื้นฐาน 2 แบบ ได้แก่ เชิงเส้นแบบไบโพลาร์ (Linear Bipolar) ตามรูปที่ 2.14 และเชิงเส้นแบบบริดจ์ (Linear Bridge) ตามรูปที่ 2.15 ซึ่งแบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างของภาคเอาต์พุต

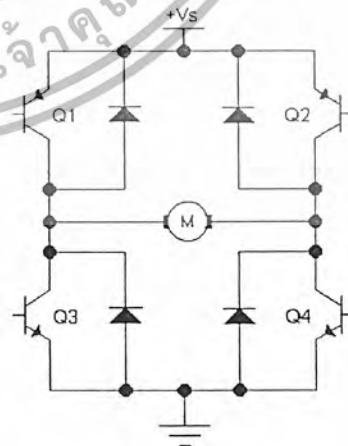
วงจรขยายแบบไบโพลาร์จะใช้แหล่งจ่ายแรงดันถึงสองขั้ว สำหรับการดำเนินงานแบบฟอร์เวิร์ด (Forward) และรีเวิร์ส (Reverse) แรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์เท่ากับผลต่างระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายและแรงดันที่ตกคร่อมขาออกสเตลคเตอร์-อิมิตเตอร์ ของ Q_1 หรือ Q_2 ในขณะที่ตัวหนึ่งตัวไดนากระแส เนื่องจากวงจรถูกขยายเชิงเส้นโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพไม่ค่อนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภาวะความเร็วต่ำแรงบิดสูงซึ่งในภาวะนี้กระแสไหลสูงและแรงดันตกคร่อมเอาต์พุตทรานซิสเตอร์สูงด้วย ดังนั้นในระบบใหญ่จำเป็นต้องใช้ระบบระบายความร้อนขนาดใหญ่



รูปที่ 2.13 วงจรขยายแบบสองทิศทางแสดงการบังคับได้เต็มทั้งสี่ควอเตอร์



รูปที่ 2.14 ภาคเอาต์พุตของวงจรเชิงเส้นแบบไบโพลาร์



รูปที่ 2.15 ภาคเอาต์พุตของวงจรเชิงเส้นแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขายหรือนำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรถายเชิงเส้นแบบไบโพลาร์จะออกแบบได้ง่ายกว่าเชิงเส้นแบบบริดจ์แต่การออกแบบไบโพลาร์มีข้อเสียที่สำคัญหลายข้อซึ่งควรจะได้ประเมินข้อดีข้อเสียของระบบเสียก่อน

1. แหล่งจ่ายแรงดันเป็นแบบมีสองขั้ว บวกและลบ
2. ค่า V_{ceo} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องสูงกว่าผลบวกของแรงดันของแหล่งจ่ายทั้งสองข้าง ($2V_s$)
3. วงจรถายเชิงเส้นแบบไบโพลาร์จะต้องทนต่อฟอร์เวิร์ดไบอัสเบรคดาวน์ที่สอง (Secondary breakdown) เอาท์พุทเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อาจจะเสียได้ในช่วงการลดความเร็วของโหลดที่มีความเฉื่อยสูงลงจากความเร็วสูงๆ

วงจรถายเชิงเส้นแบบบริดจ์หรือนิยมเรียกกันว่า H - Bridge เพราะมีลักษณะการต่อเหมือนรูปตัว H จะใช้แหล่งจ่ายเพียงขั้วเดียว บวกหรือลบเพื่อป้อนให้กับมอดูเลเตอร์ซึ่งแรงดันที่ป้อนให้มอดูเลเตอร์นี้จะมีขนาดเกือบเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย ในวงจรบริดจ์ Q_1 และ Q_2 จะนำกระแสเมื่อมอดูเลเตอร์ได้รับแรงดันให้หมุนไปในทิศทางหนึ่งและ Q_3 และ Q_4 จะนำกระแสเมื่อมอดูเลเตอร์ได้รับแรงดันให้หมุนไปในทิศทางตรงข้าม ดังนั้นแรงดันคคร่อมทรานซิสเตอร์แต่ละตัวที่นำกระแสจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันแหล่งจ่าย โครงสร้างของวงจรแบบบริดจ์ต้องการให้ V_{ceo} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าสูงกว่า V_s ตามรูปที่ 2.14 หรือรูปที่ 2.15 ฟรีวีลิ่งไดโอด (Free Wheeling Diode) ที่ต่อคร่อม Q_1 และ Q_2 สำหรับไบโพลาร์และคร่อม Q_3 และ Q_4 สำหรับบริดจ์จะมีหน้าที่กักแรงดันเอาท์พุทให้ลดลงเท่ากับแรงดันคคร่อมไดโอดที่เป็นบวกหรือลบมากกว่า $\pm V_s$ สำหรับไบโพลาร์ สำหรับบริดจ์ไดโอดจะกักแรงดันแต่ละขาของบริดจ์เพื่อให้แรงดันคคร่อมไดโอดตัวหนึ่งเป็นบวกมากกว่า V_s กับให้แรงดันคคร่อมไดโอดอีกตัวหนึ่งมีค่าต่ำกว่ากราวด์ ดังนั้นเอาท์พุททรานซิสเตอร์จะไม่ขึ้นกับแรงดันที่มีค่ามากกว่า V_s สำหรับบริดจ์และเท่ากับ $2V_s$ สำหรับไบโพลาร์

ข้อดีอีกประการหนึ่งของวงจรแบบบริดจ์ คือ ช่วยลดแรงดันคคร่อมบนตัวทรานซิสเตอร์ที่นำกระแส ถ้าบริดจ์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมความแตกต่างระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายและแรงดันที่มอดูเลเตอร์ต้องการจะถูกแบ่งเท่าๆ กันระหว่างทรานซิสเตอร์ที่นำกระแสทั้งสองตัวนั้น

2.5 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นอยู่กับค่ากระแสและแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์ ฉะนั้น การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงขึ้นอยู่กับค่ากระแสและแรงดันที่ป้อนให้ เมื่อความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง อาจจะกำหนดโดยสมการ

$$W = (Vt - I_a \times R_a) / K$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

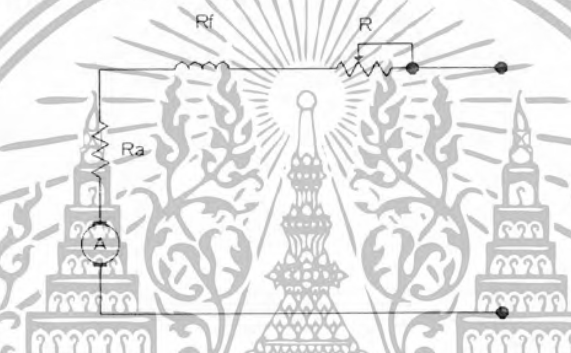
ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ก็สามารถทำได้โดยการแปรค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการข้างต้น ซึ่งมีวิธีการควบคุม 3 วิธี คือ

- 1) วิธีการควบคุมความต้านทานอาร์มาเจอร์
- 2) วิธีการควบคุมสนามแม่เหล็ก
- 3) วิธีการควบคุมโดยวิธีชอปเปอร์

ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 วิธีการควบคุมความต้านทานอาร์มาเจอร์ (Armature resistance control method)

คือการควบคุมความเร็วโดยการเพิ่มความต้านทาน ต่ออนุกรมกับความต้านทานอาร์มาเจอร์ ซึ่งมีผลทำให้ความเร็วลดลงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 วงจรการควบคุมความต้านทานอาร์มาเจอร์

ค่าความต้านทานที่เพิ่มเข้าไปในความต้านทานอาร์มาเจอร์ จะเป็นความต้านทานแบบปรับค่าได้

ข้อดีของการควบคุมความเร็วโดยวิธีนี้ คือ

- 1) สามารถควบคุมความเร็วในช่วงต่ำกว่าความเร็วพื้นฐานได้อย่างราบเรียบ ทำให้การลดความเร็วเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
- 2) ง่ายต่อการใช้งาน และประหยัดค่าใช้จ่าย
- 3) อาจใช้เป็นตัวสตาร์ทมอเตอร์

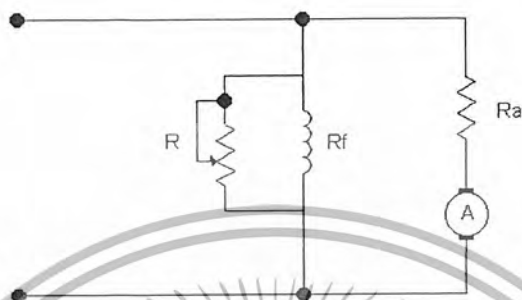
ข้อเสียของการควบคุมความเร็วโดยวิธีนี้ คือ

- 1) ไม่สามารถควบคุมความเร็วในช่วงที่สูงกว่าความเร็วพื้นฐานได้
- 2) อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะต้องสามารถรับกระแสอาร์มาเจอร์ได้อย่างต่อเนื่อง และไม่เสียหาย
- 3) ทำให้ Voltage Regulation มีค่าลดลงเนื่องจากเกิดแรงดันตกคร่อม ($I_a R_a$) สูงขึ้น
- 4) ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ต่ำลง เนื่องจากความสูญเสียในรูป $I_a^2 R_a$ สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 วิธีควบคุมสนามแม่เหล็ก (Field control method)

คือการควบคุมฟลักซ์แม่เหล็กของขดลวดสร้างสนาม (R_f) โดยการนำความต้านทานมาต่อขนาน หรือต่ออนุกรมกับขดลวดสร้างสนาม ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 วงจรการควบคุมสนามแม่เหล็ก

วิธีการควบคุมสนามทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วมีค่าลดลง และมอเตอร์มีความเร็วสูงขึ้นกว่าความเร็วพื้นฐาน

ข้อดีของการควบคุมความเร็วโดยวิธีนี้ คือ

- 1) สามารถควบคุมความเร็วในช่วงสูงกว่าความเร็วพื้นฐานได้อย่างราบเรียบ ทำให้การเพิ่มความเร็วเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
- 2) การควบคุมทำได้ง่าย และประหยัดค่าใช้จ่าย
- 3) การเปลี่ยนแปลงความเร็ว มีผลทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงน้อย เพราะความสูญเสียในวงจรสนามปกติจะมีค่าน้อย

- 4) ในช่วงความเร็วที่อยู่ในพิกัด Voltage Regulation ของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงน้อย

ข้อเสียของการควบคุมความเร็ว โดยวิธีนี้ คือ

- 1) จะควบคุมได้เฉพาะความเร็วสูงกว่าความเร็วพื้นฐานเท่านั้น ที่ความเร็วสูงกว่าความเร็วพื้นฐานมากๆ อาจมีปัญหาด้านเสถียรภาพ เนื่องจากปฏิกิริยาอาร์มาเจอร์
- 2) มีปัญหาด้านคอมมิวเตชันที่ความเร็วสูง เพราะค่ากระแสอาร์มาเจอร์ที่สูงมากเมื่อฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าต่ำสำหรับแรงบิด ณ โหลดเดียวกัน

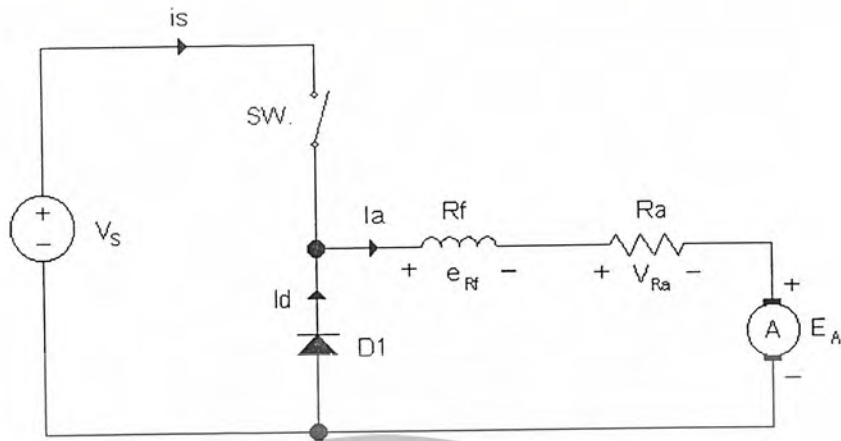
2.5.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยวงจรชอปเปอร์ (Chopper circuit)

การใช้วงจรชอปเปอร์ในการควบคุมความเร็ว ซึ่งเรียกชื่อตามรูปคลื่นของกระแสอาร์มาเจอร์ที่มีลักษณะตัด (Chop) โดยความเร็วของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับอัตราการเร่ง และชนิด

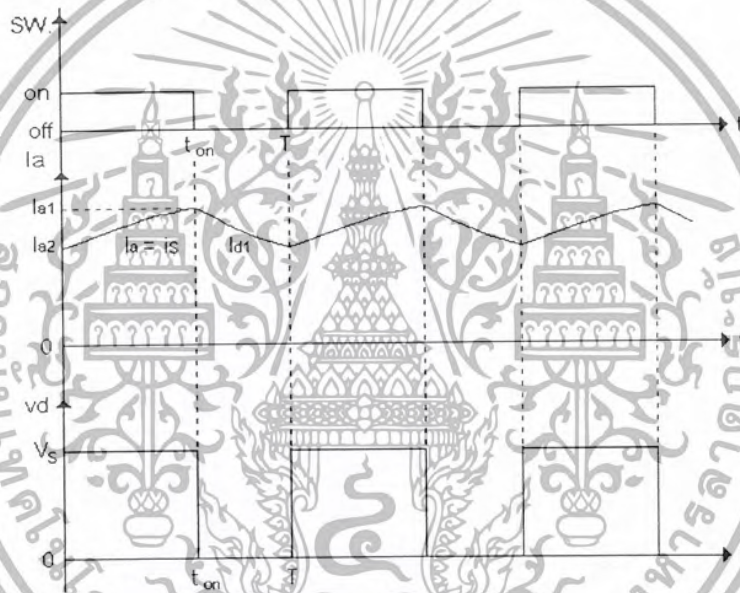
ของวงจร Chopper ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 วงจรชอปเปอร์ (Chopper circuit)



รูปที่ 2.19 รูปคลื่นของกระแสและแรงดัน

พิจารณาวงจรชอปเปอร์ดังรูปที่ 2.19 จะเห็นว่ากระแสอาร์มาเจอร์ที่เข้ามอเตอร์จะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างราบเรียบ

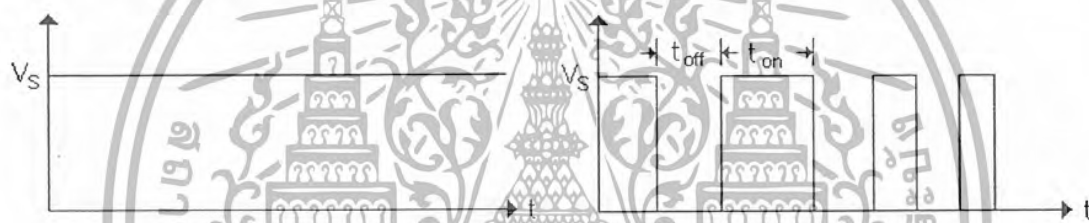
วงจรถอปเปอร์ดังกล่าว เป็นเพียงชนิดหนึ่งของวงจรถอปเปอร์ คือ คลาส A ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบลดแรงดัน นอกจากนั้นยังมีวงจรถอปเปอร์อีกหลายชนิด เช่น คลาส B, คลาส C, คลาส D, และ คลาส E ซึ่งแต่ละชนิด จะทำให้กระแสอาร์มาเจอร์ที่เข้ามอเตอร์มีการเพิ่มและลดอย่างต่อเนื่อง ข้อดี ของการควบคุมความเร็วโดยวิธีนี้ คือ

- 1) สามารถควบคุมความเร็วได้อย่างราบเรียบและต่อเนื่อง
- 2) สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดต่างๆ ได้หลายชนิด
- 3) สามารถควบคุมได้ทั้งส่วนของอาร์มาเจอร์ และ ส่วนของวงจรถอปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการนี้จะใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการสวิตช์ แทนตัวความต้านทาน อุปกรณ์เหล่านี้ เช่น ไทริสเตอร์, ทรานซิสเตอร์, ฯลฯ แต่ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะทรานซิสเตอร์ โดยเราจะควบคุมการนำกระแสของทรานซิสเตอร์ เราก็จะสามารถเปลี่ยนค่าแรงดันและกระแสที่ป้อนเข้ามอเตอร์ได้ ทรานซิสเตอร์จะนำกระแสได้ทางเดียวเสมอเมื่อบังคับให้ทรานซิสเตอร์ปิดและเปิด การนำกระแสให้มีลักษณะขาดความต่อเนื่องด้วยควมถี่ของการปิดเปิดเร็วมากก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยระดับแรงดันต่างๆ ซึ่งความเร็วของมอเตอร์จะขึ้นกับค่าเฉลี่ยนี้ที่ป้อนเข้ามอเตอร์

พิจารณารูปที่ 2.20 และ รูปที่ 2.21 เป็นวิธีการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตของให้ เป็นแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตที่มีระดับเฉลี่ยเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งทำได้ด้วยการบังคับให้ ทรานซิสเตอร์ปิดๆ เปิดๆ เกิดการนำกระแสอย่างรวดเร็ว วิธีการนี้จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง อินพุตถูกสับให้ขาดตอนออกเป็นห้วงๆ หรือเป็นพัลส์จำนวนมากที่เอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ ที่ ทำหน้าที่เป็นคัตตัวหรือวงจรสับไฟฟ้า (Chopper) โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่าอินพุต



รูปที่ 2.20 แสดงการควบคุมความกว้างของพัลส์ด้วยทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.21 แสดงการควบคุมให้ความกว้างของพัลส์ซึ่งที่แต่เปลี่ยนคาบ

จึงสามารถปรับค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาต์พุตได้ด้วยการปรับค่าอัตราส่วนของเวลาที่ ทรานซิสเตอร์เปิดให้นำกระแสต่อเวลาที่ปิดให้หยุดนำกระแส เรียกว่า อัตราส่วนมาร์คสเปซ (Mark space ratio) หรือ ควบคุมอัตราส่วนเวลา (Time ratio control : TRC) ซึ่งเราจะ ได้ 3 วิธี ดังนี้

1. ปรับค่าของ t_{on} แต่รักษาคาบ T (หรือความถี่) ให้คงที่
2. รักษา t_{on} ให้คงที่ แต่ปรับค่าของคาบ T
3. ปรับค่าของ t_{on} และค่าของคาบ T ทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ t_{on} เป็นช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์เปิดให้กระแสไหล

t_{off} เป็นช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์ปิดให้กระแสหยุดไหล

$T = t_{on} + t_{off}$ เป็นคาบ

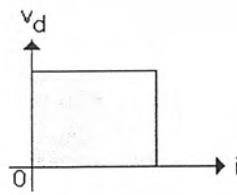
$f = 1/T$ เป็นความถี่ของการที่ทำให้ทรานซิสเตอร์เปิด-ปิด การนำกระแส

เราอาจแบ่งวงจรสับไฟฟ้าตามทิศทางของแรงดันและกระแสเอาต์พุต ออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ แบบ ก และ แบบ ข ซึ่งวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก มีลักษณะการทำงานที่ให้แรงดันและกระแสเอาต์พุตมีค่าเป็นบวกทั้งคู่หรือเป็นวงจรถยายแบบทิศทางเดียวที่บังคับได้เพียงครีโอดรันท์เดียว ส่วนวงจรสับไฟฟ้าแบบ ข มีลักษณะการทำงานที่ให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นบวกเสมอ แต่กระแสเอาต์พุตอาจมีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบก็ได้หรือก็คือ วงจรถยายแบบทิศทางเดียวที่บังคับได้สองครีโอดรันท์ ในที่นี้จะทำการพิจารณาเฉพาะวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก เท่านั้น

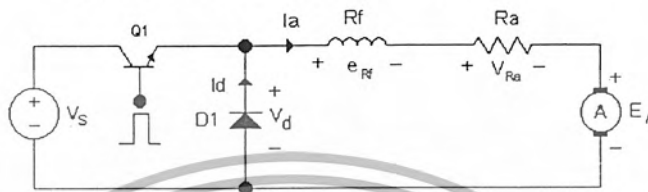
วงจรสับไฟฟ้าแบบ ก มีลักษณะการทำงานที่ให้แรงดันและกระแสเอาต์พุตมีค่าเป็นบวกทั้งคู่ ซึ่งเมื่อนำค่าแรงดันและกระแสเข้ามาเขียนเป็นกราฟจะได้ดังแสดงในรูปที่ 2.22 (ก) จะเห็นว่าวงจรสับไฟฟ้าจะทำงานอยู่ในควอดรันท์ที่ 1 รูปที่ 2.22 (ข) แสดงวงจรเบื้องต้นของวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก ซึ่งทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์เปิด-ปิดกระแสโดย D_1 เป็นพีวีคลิ่งไดโอด E_s เป็น แรงดันไฟฟ้าดีซีย้อนกลับจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งการทำงานของวงจรอาจแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 2 เงื่อนไขตามลักษณะการไหลของกระแส คือ

1. เงื่อนไขที่กระแสภาระ I_a ไหลไม่ต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.22 (ค)
2. เงื่อนไขที่กระแสภาระ I_a ไหลต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.22 (ง)

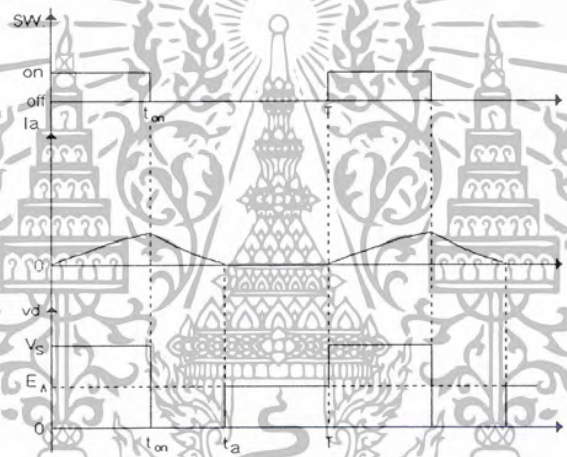
ในรูปที่ 2.22 (ค) กระแสภาระ I_a ไหลไม่ต่อเนื่อง ซึ่งในช่วงเวลาที่มีค่าเท่ากับศูนย์จะได้ค่า $V_d = E_s$ ส่วนในรูปที่ 2.22 (ง) ได้มีการลดคาบเวลา T เล็กลงจนกระทั่งกระแส I_a ไม่หยุดไหล ก่อนที่ทรานซิสเตอร์นำกระแสอีกครั้งจึงทำให้กระแสไหลต่อเนื่อง นอกจากนี้ การเพิ่มค่าเหนี่ยวนำ L ให้ใหญ่ขึ้นหรือลดขนาดของ E_s ก็อาจให้เงื่อนไขกระแสภาระไหลต่อเนื่องได้



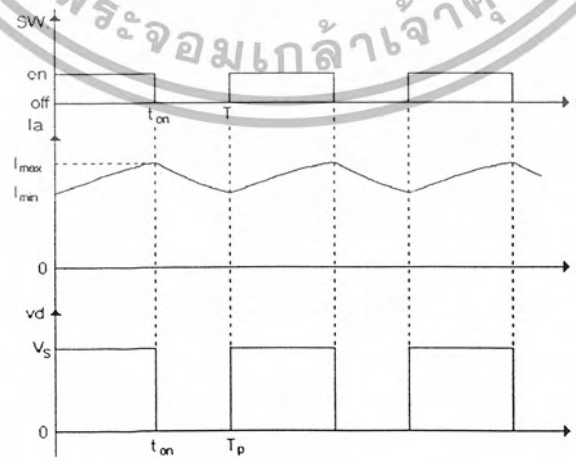
(ก) ลักษณะการทำงานอยู่ในควอดรันท์ที่ 1



(ข) วงจรเบื้องต้นของวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก



(ค) เส้นไขเมื่อกระแส Ia ไหลไม่ต่อเนื่อง



(ง) เส้นไขเมื่อมีกระแส Ia ไหลต่อเนื่อง

รูปที่ 2.22 แสดงวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การโปรแกรมให้กับระบบ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในงานควบคุม เพราะสามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยการเขียนโปรแกรมให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สอดคล้องกับงานที่ต้องการ แต่การจะเขียนโปรแกรมให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะต้องมีความรู้พื้นฐานอยู่ 2 อย่างคือ

1. สถาปัตยกรรม (Structure) ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งภาษาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ก็คือ ภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) สำหรับภาษาอื่น ก็สามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ แต่จะต้องมีการแปลภาษาอื่นๆ ที่ใช้เขียนโปรแกรมให้อยู่ในรูปแบบของภาษาเครื่องก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้ ซึ่งถ้าหากจะกล่าวถึงลักษณะของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

ภาษาลำดับงานคอมพิวเตอร์ หมายถึง ชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นตามรูปแบบและโครงสร้างของภาษาเพื่อสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามชุดคำสั่งหรือโปรแกรมซึ่งถูกเขียนขึ้นโดยโปรแกรมเมอร์ (Programmer) ภาษาลำดับงานคอมพิวเตอร์สามารถจำแนกออกได้ 3 ระดับดังนี้

ภาษาระดับต่ำ (Low Level Language)

เป็นภาษาที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจคำสั่งได้ง่ายแต่มนุษย์เข้าใจได้ยาก ใช้เวลาในการศึกษาเขียนโปรแกรมนานและต้องเข้าใจหลักการการทำงานของฮาร์ดแวร์ ภาษาระดับต่ำสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้ดีทำให้ทำงานได้เร็ว ซึ่งภาษาระดับต่ำมีอยู่ 2 ภาษาคือ

1. ภาษาเครื่อง (Machine Language) เป็นชุดคำสั่งที่อยู่ในรูปเลขฐานสองติดต่อกับฮาร์ดแวร์โดยตรง คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจคำสั่งได้ทันทีโดยไม่ต้องใช้ตัวแปรภาษาทำให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้รวดเร็ว แต่มนุษย์เข้าใจยากและใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมนาน

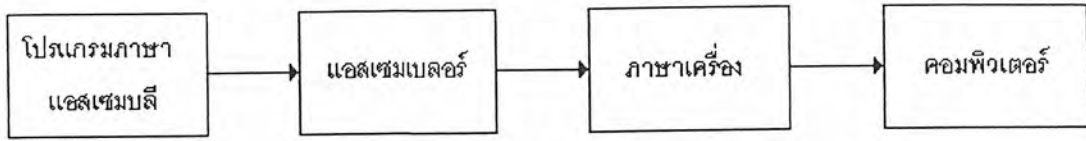


รูปที่ 2.23 โค้ดแอมการดำเนินงานของภาษาเครื่อง

2. ภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) เป็นภาษาที่อยู่ในรูปแบบของชุดคำสั่งตั้งต้นๆ มนุษย์เข้าใจได้ง่ายกว่าภาษาเครื่อง แต่ก็เข้าใจยากกว่าภาษาระดับกลางและระดับสูง ภาษาแอสเซมบลีสามารถทำงานได้เร็ว การติดต่อทางฮาร์ดแวร์ทำได้ดี และการสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานต้องมีการแปลความหมายให้เป็นภาษาเครื่องก่อน โดยใช้ตัวแปรภาษาที่เรียกว่า

แอสเซมเบลเลอร์ (Assembler)

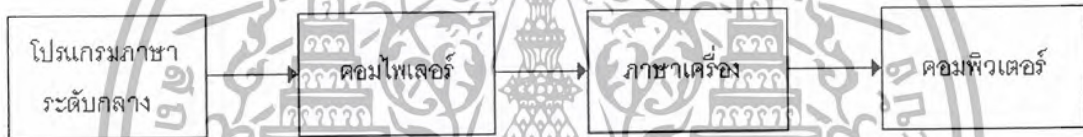
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ไคอะแกรมการทำงานของภาษาแอสเซมบลี

ภาษาระดับกลาง (Medium Level Language)

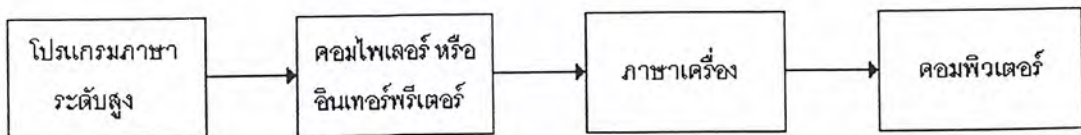
เป็นภาษาที่มีลักษณะผสมกันระหว่างภาษาระดับสูงกับภาษาระดับต่ำ คือมีลักษณะของคำสั่งคล้ายกับประโยคทางภาษาอังกฤษ แต่ยังมีบางคำสั่ง ใกล้เคียงกับภาษาระดับต่ำ ซึ่งสามารถทำงานได้เร็วและใช้เวลาในการศึกษาและเขียนโปรแกรมน้อยกว่าภาษาระดับต่ำ การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานต้องมีการแปลความหมายให้เป็นภาษาเครื่องก่อน โดยใช้ตัวแปลภาษาที่เรียกว่า คอมไพเลอร์ (Compiler) ตัวอย่างของภาษาระดับกลางอย่างเช่น ภาษาซี เป็นต้น



รูปที่ 2.25 ไคอะแกรมการทำงานของภาษาระดับกลาง

ภาษาระดับสูง (High Level Language)

เป็นภาษาที่สามารถศึกษาและเข้าใจได้ง่าย มีลักษณะของคำสั่งคล้ายกับประโยคทางภาษาอังกฤษซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจและใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมน้อย แต่การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานช้ากว่าและสั่งงานได้เพียงบางส่วนของคอมพิวเตอร์เท่านั้น การสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ทำงานต้องมีการแปลความหมายให้เป็นภาษาเครื่องก่อน โดยใช้ตัวแปลภาษาที่เรียกว่า อินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreter) หรือคอมไพเลอร์ (Compiler) ตัวอย่างเช่น ภาษาเบสิก (BASIC), ปาสคาล (PASCAL) เป็นต้น



รูปที่ 2.26 ไคอะแกรมการทำงานของภาษาระดับสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานได้จะต้องมีการป้อนชุดคำสั่งให้กับมัน การนำคำสั่งหลายๆ คำสั่งมาต่อเรียงกันจะเรียกว่าการโปรแกรม โดยภาษาแอสเซมบลีถือว่าเป็นภาษาพื้นฐานที่สุดที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน ในปัจจุบันได้มีการนำภาษาระดับสูงมาใช้ในงานไมโครคอนโทรลเลอร์มากขึ้นเนื่องจากสามารถเขียนได้ง่ายคล้ายกับภาษามนุษย์ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงนั้นจะต้องมีตัวแปลภาษา (Compiler) เพื่อแปลภาษาที่เขียนให้เป็นภาษาเครื่องของชิป (Ship) ตัวนั้นอีกทีหนึ่ง โดยจะอยู่ในรูปของ hex file แล้วนำไปโปรแกรมให้ชิปทำงาน ภาษาระดับสูงที่ใช้กับ MCS-51 มีหลายภาษา เช่น ภาษา BASIC ภาษาซี ภาษา PL/M เป็นต้น

ภาษาซีเป็นภาษาที่ใช้เขียนระบบปฏิบัติการ UNIX และเป็นภาษาที่มีลักษณะการเขียนแบบโครงสร้าง สามารถใช้แก้ปัญหาโปรแกรมที่มีความซับซ้อนได้ดี โครงสร้างของการเขียนโปรแกรมจะอยู่ภายในเครื่องหมาย {} ในปี ค.ศ. 1985 ได้มีการเริ่มใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ปัจจุบันได้มีตัวคอมไพเลอร์ (Compiler) ที่ใช้ในการแปลภาษาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่หลายตัว

ภาษา PL/M เป็นภาษาของอินเทลที่เริ่มใช้กับโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 รูปแบบภาษาจะคล้ายกับภาษาปาสคาลแต่มีโครงสร้างที่คล้ายกับภาษาซี แต่การอ่านคำสั่งจะทำให้ง่ายกว่า การใช้งานภาษานี้ MCS-51 จะเขียนโปรแกรมให้ทำงานทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนไม่ได้ ใช้ตัวแปรทศนิยม และฟังก์ชันทางตรีโกณมิติไม่ได้ การใช้ภาษาซีและภาษา PL/M กับงานไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายกว่าการใช้ภาษาแอสเซมบลี แต่เนื่องจากทั้งสองภาษานี้เป็นภาษาระดับสูงการใช้งานจะต้องมีตัวแปลภาษาให้เป็นภาษาเครื่องอีกทีหนึ่ง ซึ่งภาษาเครื่องที่ได้นี้อาจจะมีความซับซ้อนมากกว่าการเขียนด้วยภาษาแอสเซมบลีก็ได้

ในอดีตภาษา BASIC เป็นภาษาแรกที่นิยมใช้ในการเริ่มต้นเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ PC เนื่องจากคำสั่งจะคล้ายกับภาษาพูด ในปัจจุบันมีการใช้ภาษานี้กับงานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เช่นกันแต่ไม่ได้รับความนิยมเท่าใดนักซึ่งเกิดจากเหตุผลต่างๆ ดังนี้

ประการแรกคือการแปลภาษาเป็นแบบ Interpreted โดยการแปลภาษา BASIC ให้เป็นภาษาเครื่องจะทำเมื่อมีการรันโปรแกรม ทำให้ระบบทำงานได้ช้าแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการแปลภาษา BASIC แบบ Compiled แล้วแต่ก็ไม่สามารถใช้งานกับ MCS-51 ได้

ประการที่สองในการเขียนโปรแกรมตัวแปรทุกตัวจะถูกเปลี่ยนเป็นตัวแปรแบบ floating-point ซึ่งจะทำให้ใช้หน่วยความจำมาก และเวลาในการรันโปรแกรมจะช้าไปด้วย

ปัจจุบันการพัฒนางานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มีการใช้ภาษาระดับสูงในการเขียนโปรแกรมมากขึ้นและมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อยๆ งานที่เขียนด้วยภาษาแอสเซมบลีที่โปรแกรมมีความยาวประมาณ 10 หน้ากระดาษ เมื่อเขียนด้วยภาษาระดับสูงแล้วอาจทำให้เหลือความยาวเพียง 2 เอกสารนับเป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้ากระดาษเท่านั้น โดยการเขียนโปรแกรมจะเริ่มจากเขียนบนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC และแปลให้เป็นภาษาเครื่องในรูปแบบ hex file จากนั้นนำไปโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ระบบทำงาน โดยภาษาระดับสูงที่นิยมใช้กันก็คือภาษาซี เนื่องจากมีข้อดีหลายๆ ประการ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีนั้นสามารถเชื่อมต่อกับภาษาแอสเซมบลีได้เป็นอย่างดี เนื่องจากภาษาซีมีการทำงานใกล้เคียงกับภาษาแอสเซมบลีมากที่สุด ทำให้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีสามารถเขียนภาษาแอสเซมบลีรวมไปได้ ที่เรียกกันว่า In-line Assembly และเนื่องจากภาษาซีเป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมโครงสร้าง (Structure language) ทำให้เราสามารถสร้างฟังก์ชันต่างๆ เก็บไว้และนำมาเรียกใช้ในภายหลังได้ ทำให้การพัฒนาโปรแกรมใหญ่ๆ ทำได้ง่ายและเร็วขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ

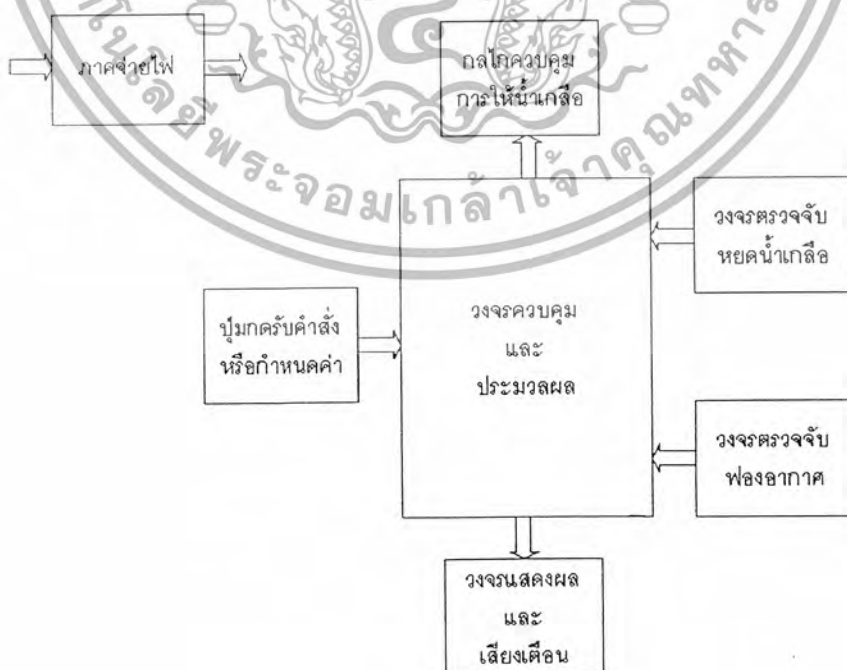
ในบทนี้จะเป็นการออกแบบส่วนต่างๆ ของโครงการ โดยอาศัยข้อมูลในบทที่ 1 และ 2 เพื่อนำมาประกอบกันให้โครงการที่จัดทำขึ้นมาสามารถทำงานได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ดังกล่าวถึงต่อไป

3.1 คุณสมบัติของโครงการเบื้องต้นที่จำเป็นต่อการใช้งาน

โครงการนี้เมื่อจัดทำขึ้นมาแล้วต้องสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้มาจากการสอบถาม และ โครงการเดิมที่มีอยู่ คุณสมบัติของ โครงการที่จำเป็น มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องต้องสามารถควบคุมปริมาณน้ำเกลือตรงตามที่กำหนดด้วยความถูกต้องแม่นยำ
2. ผู้ใช้งานสามารถตั้งโปรแกรมระบุปริมาณน้ำเกลือที่จะให้ผู้ป่วยภายในเวลาที่กำหนด
3. มีส่วนแสดงผลที่แจ้งสภาวะการทำงานของเครื่องให้ทราบ
4. เมื่อมีฟองอากาศอยู่ในสายน้ำเกลือ เมื่อน้ำเกลือหมด หรือน้ำเกลือไม่ไหลเครื่องต้องมีสัญญาณแจ้งเตือนให้ทราบ
5. เมื่อน้ำเกลือหมด ต้องป้องกันไม่ให้เลือดของผู้ป่วยไหลย้อนกลับ

3.2 การวิเคราะห์และการวางระบบของโครงการ



รูปที่ 3.1 บล็อกโคะแกรมของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติของโครงการที่จำเป็นในหัวข้อที่กล่าวผ่านมา การที่จะสร้างโครงการให้ตอบสนองต่อคุณสมบัติดังกล่าวได้นั้นจะเห็นได้ว่าต้องมีส่วนที่ทำงานร่วมกันอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. กลไกควบคุมการบีบสายน้ำเกลือ
2. วงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อแยกองค์ประกอบของโครงการได้เป็น 2 ส่วนแล้ว ผนวกกับคุณสมบัติของโครงการเมื่อนำมาเขียนขึ้นเป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานจะสามารถแสดงดังได้ดังรูปที่ 3.1

3.3 หลักการในการตรวจสอบปริมาณน้ำเกลือ

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่ามียูนิตของวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลืออยู่ ซึ่งวงจรนี้จะใช้ตรวจจับว่าการหยดของน้ำเกลือหรือไม่ โดยเมื่อน้ำเกลือหยดลงมาแล้ว วงจรในส่วนนี้จะต้องส่งสัญญาณให้หน่วยประมวลผลได้รับทราบ ดังนั้นจำนวนหยดของน้ำเกลือจึงแสดงถึงปริมาตรด้วย โดยอ้างอิงข้อมูลจากโครงการที่มีอยู่เดิม ความสัมพันธ์ของจำนวนหยดน้ำเกลือและปริมาตรมีค่าเท่ากับ

$$15 \text{ หยด} \approx 1 \text{ CC}$$

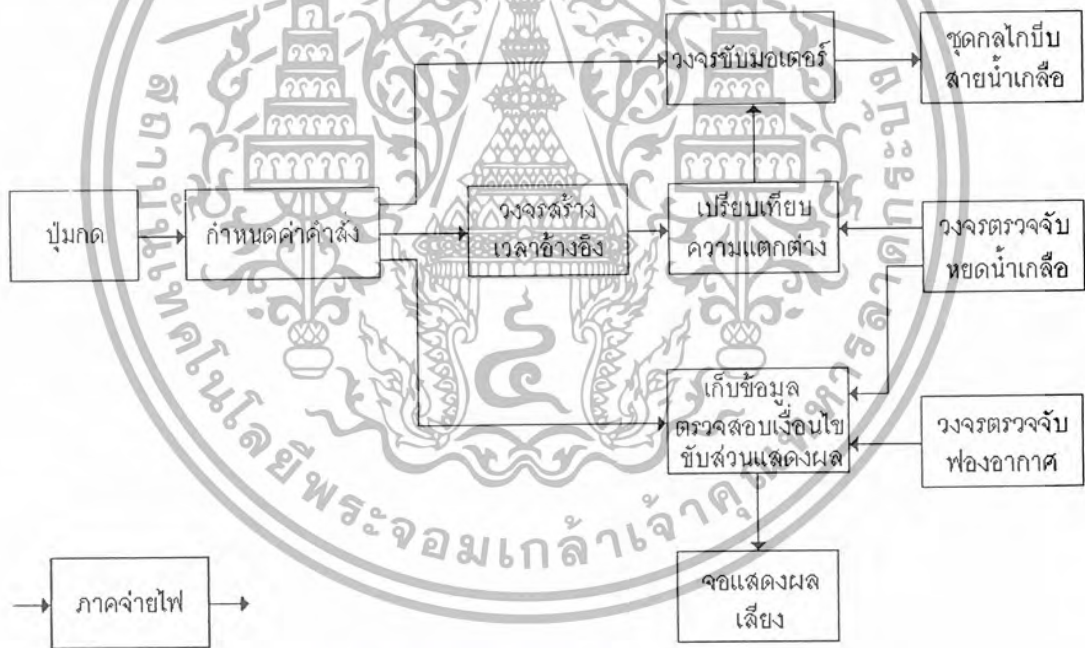
จากความสัมพันธ์จึงสามารถหาปริมาตรของน้ำเกลือได้ โดยทุกครั้งที่ยังวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือส่งสัญญาณให้กับหน่วยประมวลผล หน่วยประมวลผลต้องเก็บจำนวนครั้งของสัญญาณที่ถูกส่งมาเพื่อเก็บเป็นข้อมูลไว้ แล้วนำข้อมูลนี้มาคำนวณหาปริมาตรของน้ำเกลือที่ได้หยดไปแล้วว่ามีค่าเท่าใด

นอกจากที่กล่าวมาแล้วการหยดของน้ำเกลือยังแสดงถึงความถูกต้อง ของค่าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ด้วย ถ้าหากทำให้ความถี่ที่น้ำเกลือใช้ในการหยดมีค่าเท่ากับความถี่ที่กำหนดได้ นั่นก็แสดงว่าเราสามารถที่จะควบคุมให้ปริมาณน้ำเกลือไหลเท่ากับที่กำหนดได้ ดังนั้นหลักการของโครงการนี้ก็คือการให้ความถี่ที่ใช้ในการหยดของน้ำเกลือให้มีค่าเท่ากับค่าที่กำหนด โดยการควบคุมกลไกให้ทำการบีบสายน้ำเกลือ แล้วตรวจสอบสัญญาณจากวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือว่าความถี่ผิดพลาดไปจากที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าเกิดความผิดพลาดนั้นให้นำสัญญาณความผิดพลาดนั้นไปทำการแก้ไขการบีบสายน้ำเกลือต่อไป

3.4 การวิเคราะห์วงจรควบคุมและหน่วยประมวลผล

จากวงจรส่วนนี้จะมีหน้าที่ในการรับคำสั่งจากปุ่มกดเพื่อกำหนดปริมาตรที่ต้องการจะให้ ซึ่งโดยทั่วไป การกำหนดจะระบุเป็น CC/นาทื ดังนั้นการรับคำสั่งจะรับในหน่วยดังกล่าว จากนั้นเมื่อเริ่มให้เครื่องทำงาน วงจรควบคุมต้องทำการส่งสัญญาณให้ขับเคลื่อนกลไกบีบสายน้ำเกลือ โดยที่ความถี่ที่น้ำเกลือหยดจะต้องเท่ากับฐานเวลาอ้างอิงที่ถูกสร้างมาจากปริมาตรที่ถูกกำหนดโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้งาน ในระหว่างที่ให้น้ำเกลือวงจรประมวลผลจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของช่วงเวลาที่ใช้ในการหยดของน้ำเกลืออยู่เสมอหากเกิดความผิดพลาดจะต้องทำการจับเคลื่อนกลไกให้บีบสายน้ำเกลือในตำแหน่งที่ทำให้ไม่เกิดความผิดพลาดขึ้น และข้อมูลที่ได้จากวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือยังเป็นตัวบ่งชี้ปัญหาในการให้น้ำเกลืออย่างอื่นอีก เช่น กรณีที่น้ำเกลือไม่ไหล อาจมีสาเหตุจากสายน้ำเกลือพับงอ หรือน้ำเกลือหมด ทำให้เลือดของผู้ป่วยอาจไหลย้อนเข้ามาทางสายน้ำเกลือได้ ดังนั้น หากตรวจสอบพบเงื่อนไขดังกล่าวว่าเป็นจริง ก็จะต้องทำการบีบสายน้ำเกลือไม่ให้มีการถ่ายเทของมวลสารภายในสายน้ำเกลือและต้องทำการแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้ ในขณะที่เดียวกันวงจรประมวลผลนี้ก็จะคอยตรวจสอบสัญญาณจากวงจรตรวจจับฟองอากาศว่ามีฟองอากาศอยู่ในสายน้ำเกลือหรือไม่ ถ้ามีการตรวจจับพบว่ามีฟองอากาศกลไกก็จะถูกจับให้บีบสายน้ำเกลือและเครื่องจะต้องแจ้งให้ผู้ใช้ให้รับทราบเช่นเดียวกัน ซึ่งจากที่กล่าวมาในหัวข้อนี้ เมื่อนำมาเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมจะได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมโดยละเอียดที่ต้องทำการออกแบบ

จากบล็อกไดอะแกรมตามรูปที่ 3.2 นั้นจะแสดงบล็อกการทำงานหลักๆ ของโครงการให้สอดคล้องตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้งเอาไว้ แต่ในที่นี้ยังไม่ขอก้าวถึงรายละเอียดปลีกย่อยของกระบวนการทำงานทั้งหมดของโครงการ แต่จะกล่าวถึงการวิเคราะห์โครงการในส่วนของการทำงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนป้อนกลับ (Feed Back) ที่ได้จากการตรวจจับหยดน้ำเกลือ โดยวงจรส่วนแรกก็คือ วงจรสร้างฐานเวลาอ้างอิง จากนั้นก็คือวงจรเปรียบเทียบความแตกต่างและวงจรตรวจจับเอกซารีนเป็นเอกซารีนที่ส่งวินไวส์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับหยดน้ำเกลือ การสร้างฐานเวลาอ้างอิงจะถูกสร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของปริมาณหยดน้ำเกลือและเวลาที่ผู้ใช้ตั้งค่าเอาไว้ โดยจากขอบเขตของโครงการในบทที่ 1 และจากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำเกลือต่อหยดคือ

1. จำนวนหยดต่ำสุด 5 หยด/min. หรือ 0.333 cc/min
2. จำนวนหยดสูงสุด 100 หยด/min. หรือ 6.666 cc/min
3. 15 หยด/cc

เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาหาความถี่และคาบเวลาที่น้ำเกลือใช้ในการหยดจะได้ว่าที่จำนวนหยดต่ำสุด

$$5 \text{ หยด/min} = \frac{5 \text{ หยด}}{60 \text{ sec}} = 0.083 \text{ Hz หรือ } 12,000 \text{ msec}$$

ที่จำนวนหยดสูงสุด

$$100 \text{ หยด/min} = \frac{100 \text{ หยด}}{60 \text{ sec}} = 1.666 \text{ Hz หรือ } 600 \text{ msec}$$

จากขอบเขตของปริมาณน้ำเกลือที่สามารถควบคุมได้ ฐานเวลาจะถูกสร้างขึ้นมาอยู่ในช่วง 600 msec – 12,000 msec แต่ในการสร้างฐานเวลาที่ต้องการสร้างขึ้นจะต้องนำเอาข้อมูลทั้ง 2 นี้มาใช้ ซึ่งจะได้สมการความถี่ของหยดน้ำเกลือว่า

$$F = \frac{V(\text{cc}) \times 15 (\text{หยด/cc})}{T(\text{min}) \times 60 (\text{sec/min})}$$

หรือทำเป็นหน่วยเวลาได้ว่า

$$T_{\text{ref}} = \frac{T(\text{min}) \times 60 (\text{sec/min})}{V(\text{cc}) \times 15 (\text{หยด/cc})} = \frac{4T}{V} \text{ sec/หยด}$$

เมื่อคิดเป็นหน่วยมิลลิวินาทีก็คือ

$$T_{\text{ref}} = \frac{4000T}{V} \text{ msec/หยด}$$

จากสมการนี้เองจะนำไปใช้ในการสร้างฐานเวลาอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่น้ำเกลือหยด ซึ่งได้มาจากสัญญาณการตรวจจับหยดน้ำเกลือ ความแตกต่างของคาบเวลาที่เกิดขึ้นก็จะถูกนำไปจับมอเตอร์ให้บีบสายน้ำเกลือหรือ คลายการบีบสายน้ำเกลือเพื่อทำให้เวลาเท่ากัน

เนื่องด้วยโครงการได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมกระบวนการทำงาน ดังนั้นจะต้องมีการคำนึงถึงความเร็วของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยว่าสามารถทำงานได้เร็วพอที่จะแก้ไขความผิดพลาดของการหยดของน้ำเกลือที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้

โดยสามารถพิจารณาได้จากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะมีความถี่ 12 MHz ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานใน 1 แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) เท่ากับจำนวนสัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้น ใน 1 แมชชีนไซเคิลเวลาที่ใช้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_{\text{cycle}} = 12 \times \frac{1}{12 \text{ MHz}} = 1 \mu\text{sec}$$

เมื่อความเร็วสูงสุดที่น้ำเกลือหยดคือ 1.666 Hz หรือใช้เวลา 600 mSec และสมมติว่าการตรวจสอบความผิดพลาดจากการหยดของน้ำเกลือใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่ง 500 แมกซ์ซินไซเคิล ก็จะใช้เวลาเท่ากับ 500 μsec ซึ่งเปรียบเทียบกับเวลาที่น้ำเกลือใช้หยดเร็วที่สุดที่ 600 msec ก็จะทำให้เห็นว่าสามารถประมวลผลได้เร็วเพียงพอต่อการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ มอเตอร์ เพราะว่าถ้าหากมอเตอร์ไม่สามารถจะตอบสนองต่อการจับได้ทันทีจะทำให้ไม่สามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้จะต้องเลือกมอเตอร์ที่สามารถตอบสนองต่อพัลส์ที่มีความถี่ค่อนข้างสูงได้ ซึ่งที่ความเร็วในการหยดของน้ำเกลือสูงสุด ช่วงเวลาที่ใช้ในการจับมอเตอร์คือ 600 msec แต่จากการทดสอบมอเตอร์ที่ใช้ มอเตอร์สามารถตอบสนองต่อพัลส์ที่มีความถี่ค่อนข้างสูงที่ 3.9 KHz หรือคิดเป็นเวลาเท่ากับ 256.41 μsec ซึ่งก็จะมีการตอบสนองที่เร็วพอที่จะทำงานภายในเวลา 600 msec ได้ ส่วนการคำนวณหาค่าความถี่ของพัลส์ที่จะใช้จับมอเตอร์ ยังจะไม่กล่าวถึงในหัวข้อนี้

เมื่อได้วางโครงสร้างของโครงการไว้ดังนี้แล้ว ต่อไปจะเป็นการออกแบบโครงการในแต่ละส่วนเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ตามที่ได้วางเอาไว้

และจากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.2 ส่วนของวงจรที่จะต้องทำการออกแบบทั้งหมด แต่ในรายงานฉบับนี้แสดงถึงการออกแบบแต่ละบล็อกและทำการวิเคราะห์ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการควบคุมและประมวลผลของโครงการ ซึ่งต้องทำการรับค่าจากปุ่มกด สร้างฐานเวลาอ้างอิง เปรียบเทียบความแตกต่าง สร้างสัญญาณจับมอเตอร์ เก็บข้อมูล รวมทั้งแสดงผล ซึ่งจะทำให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน้าที่หลายด้าน แต่จะยกเว้นส่วนของวงจรตรวจจับฟองอากาศไว้ก่อน เมื่อแยกส่วนต่างๆ ออกเป็นหัวข้อ จะได้ส่วนที่ต้องออกแบบคือ

1. กลไกควบคุมการบีบสายน้ำเกลือ
2. วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือ
3. วงจรควบคุมการทำงาน (ไมโครคอนโทรลเลอร์)
4. ภาคจ่ายไฟเลี้ยงวงจรทั้งหมด

ซึ่งการออกแบบในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5 การออกแบบกลไกควบคุมการให้น้ำเกลือ

กลไกที่ออกแบบนี้จะมีหลักการคล้ายกับแถบบังคับจำนวนหยดน้ำเกลือ ดังที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 แต่แถบบังคับจำนวนหยดน้ำเกลือนั้นจะถูกแทนที่ด้วยมอเตอร์ที่ติดลูกเบี้ยว แล้วใช้ลูกเบี้ยวในการบีบสายน้ำเกลือเช่นเดียวกันกับล้อของแถบบังคับ ระยะที่บีบสายน้ำเกลือก็จะสามารถกระทำได้โดยการขับมอเตอร์ให้หมุนไป ณ ที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งก็จะทำให้กำหนดปริมาณการหยดของหยดน้ำเกลือได้ ลักษณะของลูกเบี้ยวที่ใช้แสดงได้ดังในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลูกเบี้ยวที่ใช้ในการบีบสายน้ำเกลือ

จากลักษณะของลูกเบี้ยวที่ใช้นี้ จะเลือกใช้ลูกเบี้ยวที่เป็นวงกลมแต่ทำให้จุดศูนย์กลางเบี่ยงเบน (δ) จากจุดศูนย์กลางของวงกลมเล็กน้อย โดยระยะของการเบี่ยงเบน (δ) นี้ จะได้มาจากการพิจารณาระยะบีบต่ำสุด (δ_{\min}) และระยะบีบสูงสุด (δ_{\max}) ที่จะใช้ในการบีบสายน้ำเกลือ

ซึ่งระยะจากการทดลองพบว่า

$$\delta_{\min} = 0 \text{ mm.}$$

$$\delta_{\max} = 2 \text{ mm.}$$

ดังนั้นค่าของ δ จะมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\delta = \frac{\delta_{\max} - \delta_{\min}}{2} = \frac{2\text{mm} - 0\text{mm}}{2} = 1\text{mm}.$$

และสมการของระยะทาง (R) ที่ได้ทำการหมุนลูกเบี้ยวไปเป็นมุม θ จะได้ว่า

$$R = [(r + \delta \cos \theta)^2 - (\delta \sin \theta)^2]^{1/2} \text{ mm.}$$

หรือเมื่อกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการจะทำให้ได้สมการที่นำไปใช้ในการคำนวณระยะที่จะบีบสายน้ำเกลือ คือ

$$R = [(11 + \cos \theta)^2 - \sin^2 \theta]^{1/2} \text{ mm.}$$

ซึ่งมุมจะสามารถปรับได้ตั้งแต่ $0 - 180^\circ$ และเมื่อแทนค่ามุม θ ลงไปในสมการของระยะจะได้ค่าระยะทางที่ต้องการ คือ

$$R_{\min} = [(11 + \cos 180^\circ)^2 - \sin^2 180^\circ]^{1/2}$$

$$= 10\text{mm.}$$

$$R_{\max} = [(11 + \cos 0^\circ)^2 - \sin^2 0^\circ]^{1/2}$$

$$= 12\text{mm.}$$

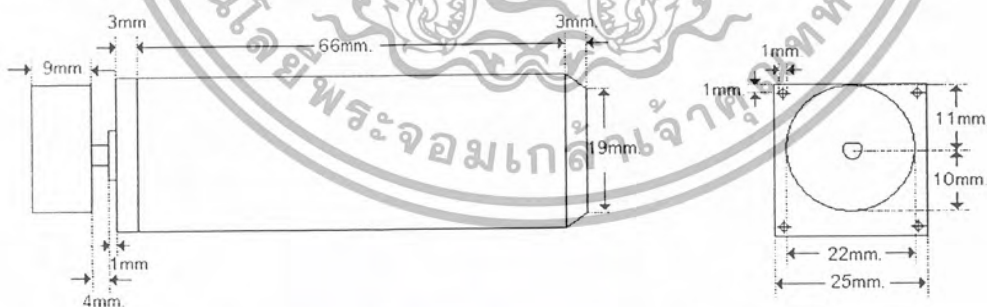
จะได้

$$R = R_{\max} - R_{\min}$$

$$= 12\text{mm} - 10\text{mm}$$

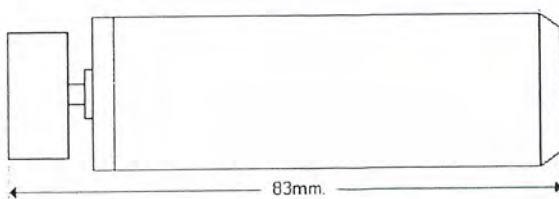
$$= 2\text{mm.}$$

นั่นคือเราสามารถทำการปรับระยะของ R ได้เท่ากับ 2 mm ตามที่ต้องการ และเมื่อนำไปสวมเข้ากับแกนของมอเตอร์ที่ใช้จะ ได้ดังรูปที่ 3.4



(ก) ภาพลูกเบี้ยวที่ติดกับมอเตอร์ด้านข้าง

(ข) ภาพลูกเบี้ยวที่ติดกับมอเตอร์ด้านหน้า

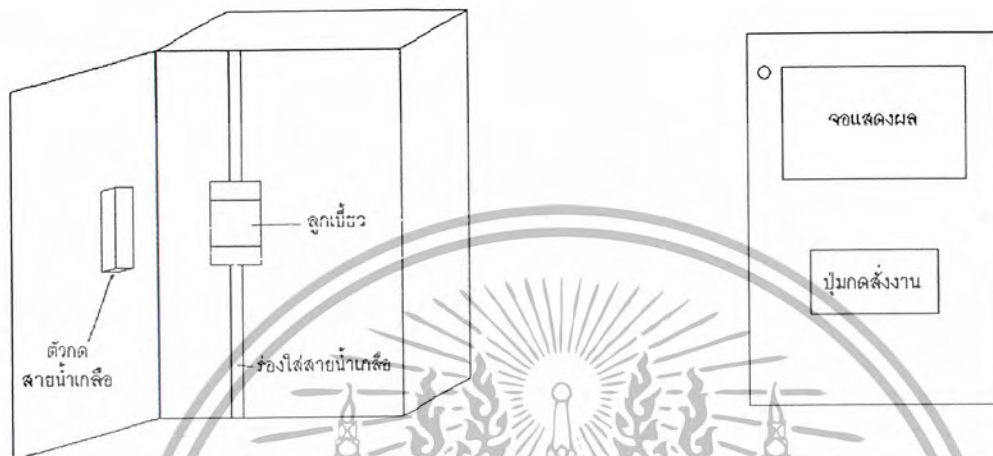


(ค) ภาพลูกเบี้ยวที่ติดกับมอเตอร์ด้านบน

รูปที่ 3.4 มอเตอร์ที่ทำการติดลูกเบี้ยวที่ใช้บีบสายน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

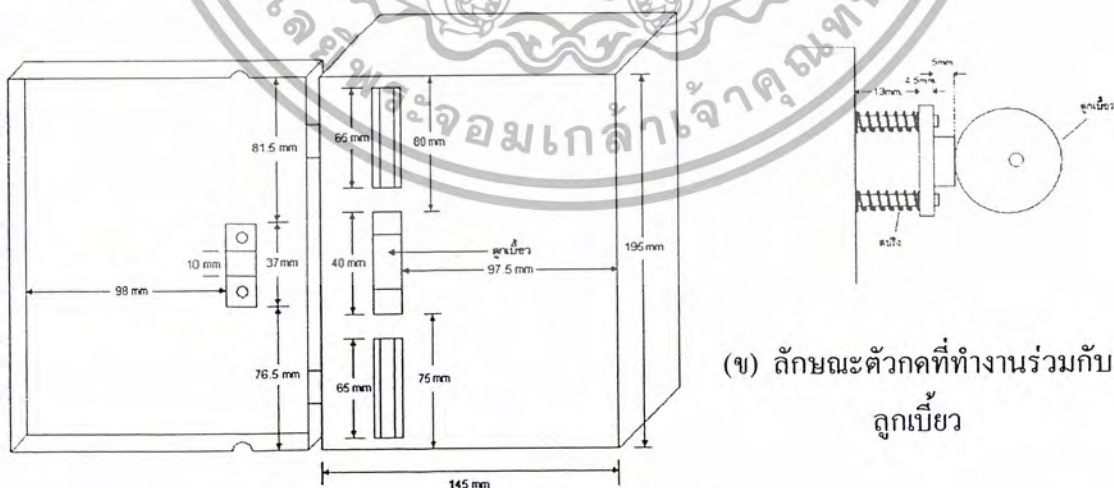
หลังจากที่ได้พิจารณาวิธีการที่จะบีบสายน้ำเกลือแล้ว ต่อไปจะเป็นการออกแบบตัวเครื่อง ซึ่งเมื่อคำนึงถึงลักษณะ การใช้งานของผู้ใช้และความสามารถในการควบคุมการทำงานของเครื่อง ให้เป็นไปตามที่ต้องการ รูปลักษณะของตัวเครื่องจะแสดง ได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 รูปลักษณะของกลไกเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือและรูปลักษณะด้านหน้า

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าการบีบสายน้ำเกลือจะใช้ตัวกดที่ติดกับฝาของเครื่องด้านใน กดทับสายน้ำเกลือ ทำให้หลังจากที่น้ำสายน้ำเกลือได้เข้าไปในตัวเครื่อง ลักษณะของการทำงาน ก็จะเหมือนกับแถบบังคับจำนวนหยดน้ำเกลือซึ่งมีลูกเบี้ยวเป็นตัวควบคุมการบีบสายน้ำเกลือ

โดยกลไกบีบสายน้ำเกลือนี้ หลังจากที่ได้คำนวณจากขนาดของสายน้ำเกลือและกล่องที่นำมา ประกอบเป็นตัวเครื่องจะแสดง ได้ดังรูปที่ 3.6



(ก) แสดงขนาดของกลไกบีบสายน้ำเกลือและขนาดของกล่อง

รูปที่ 3.6 กลไกบีบสายน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของกลไกจะใช้ตัวคเป็นตัวบับสายน้ำเกลือรวมกับลูกเบี้ยว โดยตัวคจะทำการไต้สปริงรองเพื่อให้อมีความยืดหยุ่น ป้องกันการโก่งของฝาปิดเครื่อง นอกจากนี้ยังทำให้การบับสายน้ำเกลือเป็นไปอย่างนุ่มนวล

3.6 วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือ (Drip Sensor)

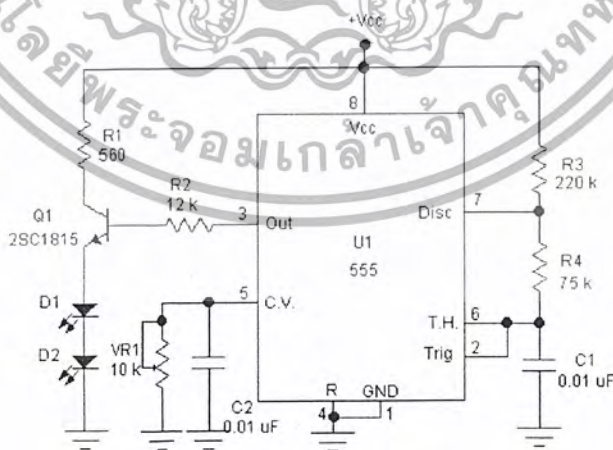
การทำงานของวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือมีบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.7 การตรวจจับหยดน้ำเกลือจะใช้พัลส์ในการรับ-ส่ง เพื่อตรวจจับหยดน้ำเกลือ และเป็นการลดผลกระทบจากการที่โฟโตไดโอดได้รับคลื่นความถี่จากแสงภายนอก ซึ่งจะทำให้วงจรตรวจจับไม่สามารถตรวจจับหยดน้ำเกลือได้ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดการออกแบบดังต่อไปนี้

3.6.1 ภาคส่ง



รูปที่ 3.8 วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือทางด้านภาคส่ง

สำหรับภาคส่งได้ออกแบบโดยใช้ไอซีไทมเมอร์ 555 ในการกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อใช้ในการขับอินฟราเรดผ่านทรานซิสเตอร์ Q₁ ซึ่งจากสมการของการกำเนิดคาบเวลาของไทมเมอร์ 555 คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 T &= 0.693(R_A + 2R_B)C \\
 T_H &= 0.693(R_A + R_B)C \\
 T_L &= 0.693R_B C \\
 \text{Duty} &= \frac{R_B}{R_A + 2R_B}
 \end{aligned}$$

ความถี่ที่จะใช้ในการตรวจจับหยดน้ำเกลือเลือกใช้ที่ 1,500 Hz ดังนั้นคาบเวลาของสัญญาณพัลส์คือ

$$T = 1/1,500 \text{ Hz} = 666.66 \mu\text{sec}$$

โดยการกำหนดให้ค่า Duty cycle มีค่าเท่ากับ 20% จะได้ค่าของ T_H และ T_L ดังนี้

$$T_H = 0.2 \times 666.66 \mu\text{sec} = 133.33 \mu\text{sec}$$

$$T_L = 0.8 \times 666.66 \mu\text{sec} = 533.33 \mu\text{sec}$$

กำหนดให้ $C = C_1$ มีค่า 0.01 μf ทำให้ค่า $R_B = R_1$ จากสมการของคาบเวลา T_L คือ

$$R_1 = \frac{533.33 \mu\text{sec}}{0.693 \times 0.01 \mu\text{f}} = 76.959 \text{ K}\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 75 $\text{K}\Omega$

หาค่าของ $R_A = R_2$ จากสมการของ Duty cycle จะได้ว่า

$$R_2 = \frac{\left(\frac{533.33}{133.33} - 2\right) \times 75 \text{ K}\Omega}{0.2} = 225 \text{ K}\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 220 $\text{K}\Omega$

โดย V_{R1} ต่อไว้ตรงขาควบคุมแรงดัน (Control Voltage) ที่ขา 5 ของไทมเมอร์เพื่อปรับความถี่ให้ตรงกับวงจรกรองความถี่ผ่าน (Band Pass Filter : BPF)

สำหรับการขับอินฟราเรดต้องการกระแส 1 mA ที่ Duty cycle 20%

$$I_{DC} = \frac{I_{\text{avg}}}{0.2} = \frac{1 \text{ mA}}{0.2} = 5 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{CE,\text{Sat}} - 2V_D}{I_{DC}} = \frac{5\text{V} - 0.2\text{V} - 2(1\text{V})}{5 \text{ mA}}$$

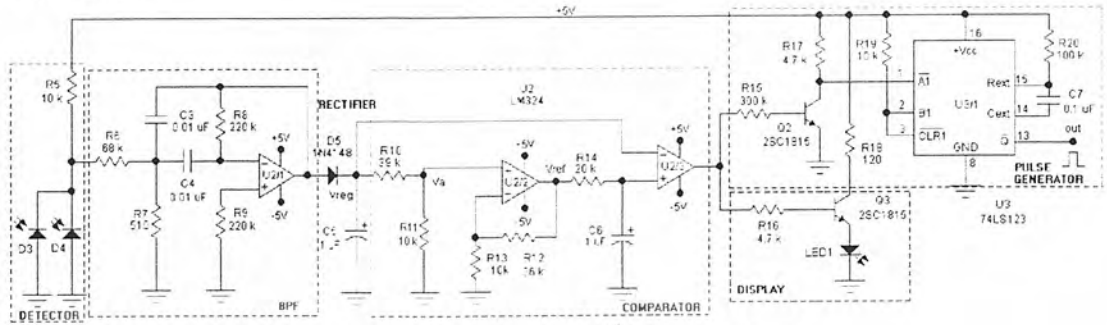
$$= 560 \Omega$$

$$R_2 = \frac{V_{OH} - V_{BE,\text{Sat}} - 2V_D}{I_{DC} / \beta} = \frac{3.3\text{V} - 0.8\text{V} - 2(1\text{V})}{5 \text{ mA} / 120}$$

$$= 12 \text{ K}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ภากรับ



รูปที่ 3.9 วงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือทางด้านรับ

ใช้โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์รับสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งมาจากภาคส่ง ซึ่งจากการทดลอง ที่กระแสไบอัสอินฟราเรด 1 mA จะทำให้มีกระแสไหลผ่าน โฟโตไดโอดเท่ากับ 0.45 mA (ในขณะที่ไม่มีกระเปาะน้ำเกลือ) ดังนั้นเพื่อให้ทางด้านรับมีการแกว่งของระดับสัญญาณพัลส์ที่แรงพอ จะต้องทำให้แรงดันตกคร่อมโฟโตไดโอดต่ำที่สุดในขณะที่โฟโตไดโอดนำกระแสสูงสุด โดยกำหนดให้มีค่าแรงดันตกคร่อม R_s มีค่า 0.9V_{cc} ดังนั้นจะหาค่าของ R_s ได้ดังนี้

$$R_s = \frac{0.9V_{cc}}{I_{Dmax}} = \frac{0.9 \times 5}{0.45mA} = 10 K\Omega$$

สัญญาณพัลส์ที่รับเข้ามาจะถูกนำมากรองเอาเฉพาะความถี่ที่ใช้ในการตรวจจับหยดน้ำเกลือ (1,500 Hz) ซึ่งทรานเฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer function) ของวงจรกรองความถี่ผ่าน คือ ω

$$H(s) = \frac{\omega_p K \frac{p}{Q_p} S}{S^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} S + \omega_p^2}$$

ซึ่งจาก Normalized Circuit ของวงจรกรองความถี่ผ่านจะได้ว่า

$$R_6 = \frac{Q}{|K|} \Omega$$

$$R_7 = \frac{Q}{2Q^2 - K} \Omega$$

$$R_8 = 2Q \Omega$$

$$R_9 = R_s = 2Q \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้ $K = 1.5$ (เพื่อชดเชยในสถานะที่ในกระเปาะน้ำเกลือมีไอน้ำเกาะ)

$Q = 10$ และ $f_p = 1,500$ Hz ดังนั้น ω_p จะมีค่าเท่ากับ

$$\omega_p = 2\pi \times 1,500 = 9.4247 \text{ Krad/sec}$$

จาก Normalize ของวงจรหาค่า R Normalize ได้ดังนี้

$$R_6 = \frac{10}{1.5} = 6.666 \Omega$$

$$R_7 = \frac{10}{2(10^2) - 1.5} = 0.0503 \Omega$$

$$R_8 = 2 \times 10 = 20 \Omega$$

ทำการปรับสเกลทางความถี่ (Frequency Scaling)

$$R_6 = \frac{R_6}{\omega_p} = \frac{6.666 \Omega}{9.4247 \text{ K}} = 0.717 \text{ m}\Omega$$

$$R_7 = \frac{R_7}{\omega_p} = \frac{0.0503 \Omega}{9.4247 \text{ K}} = 5.336 \mu\Omega$$

$$R_8 = \frac{R_8}{\omega_p} = \frac{20 \Omega}{9.4277 \text{ K}} = 2.1222 \text{ m}\Omega$$

ทำการปรับสเกลทางความต้านทาน (Impedance Scaling) โดยกำหนดให้ $C_3 = C_4 = 0.01 \mu\text{f}$ จะได้ค่าตัวคูณเท่ากับ

$$X = \frac{1\Omega}{0.01 \mu\text{f}} = 100 \times 10^6$$

เพราะฉะนั้นค่า R_6 , R_7 และ R_8 มีค่าเท่ากับ

$$R_6 = 0.717 \text{ m}\Omega \times 100 \times 10^6 = 70.7 \text{ K}\Omega \text{ เลือกใช้ค่ามาตรฐาน } 220 \text{ K}\Omega$$

$$R_7 = 5.336 \mu\Omega \times 100 \times 10^6 = 533.7 \Omega \text{ เลือกใช้ค่ามาตรฐาน } 68 \text{ K}\Omega$$

$$R_8 = 2.122 \text{ m}\Omega \times 100 \times 10^6 = 212.2 \text{ K}\Omega \text{ เลือกใช้ค่ามาตรฐาน } 510 \Omega$$

$$R_9 = R_8 = 220 \text{ K}\Omega$$

สัญญาณที่ผ่านจากวงจรกรองความถี่ผ่านจะถูกนำไปแปลงให้เป็นไฟตรงด้วย D_5 และ C_5 แล้วจึงนำเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้หลักการที่ว่า การสร้างแรงดันเปรียบเทียบจะต้องสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดของความถี่ที่รับเข้ามาซึ่งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากไอน้ำที่เกาะที่กระเปาะน้ำเกลือหรือความขุ่นกระเปาะน้ำเกลือ โดยจากการทดลองขนาดของแรงดันที่กรองได้จาก C_5 ($1 \mu\text{F}$) จะมีช่วงประมาณ 0.4 V ดังนั้นจึงเลือกใช้แรงดันอ้างอิงอยู่ที่กึ่งกลางของการกระเพื่อมคือ 0.2 V ซึ่งที่ภาวะปกติแรงดันที่วัดได้เมื่อไม่มีหลอดน้ำเกลือจะมีค่า 2.7 V เมื่อมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเพื่อมแรงดันก็จะมีเปลี่ยนแปลงในช่วง 2.3 – 2.7 V ดังนั้นจึงเลือกแรงดันอ้างอิงที่ 2.5 V โดยนำเอาแรงดันบางส่วนที่ได้จากแรงดันที่กรองมาสร้างแรงดันอ้างอิงซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$V_{ref} = \frac{2.5}{2.7} \text{ หรือเท่ากับ } 0.9259 V_{reg}$$

ที่จุด V_a จะรับเอาแรงดันจาก V_{reg} มาสร้างแรงดันอ้างอิงโดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $0.2 V_{reg}$ โดยเลือกค่า R_{11} ให้มีค่า $10 K\Omega$ สามารถหาค่า R_{10} ได้ว่า

$$\frac{V_a}{V_{reg}} = 0.2$$

$$\frac{R_{11}}{R_{10} + R_{11}} = 0.2$$

$$R_{10} = 4R_{11}$$

$$= 4 \times 10K$$

$$= 40 K\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน = $39 K\Omega$

หาค่า R_{12} และ R_{13} จากสมการของวงจรขยายแบบ Non-Inverting จากความสัมพันธ์ข้างต้น

$$\frac{V_{ref}}{V_a} = \frac{V_a \cdot Av}{0.9259V_{reg}} = 0.9259$$

$$V_{ref} = 0.2V_{reg}$$

$$\frac{V_{ref}}{V_a} = \frac{R_{12}}{R_{12} + 1} = \frac{0.9259}{0.2}$$

$$R_{12} = 3.6295R_{13}$$

และเพื่อการลดอินพุตออฟเซต (Offset) ดังนั้น $R_{10} // R_{11}$ ต้องเท่ากับ $R_{12} // R_{13}$

$$R_{10} // R_{11} = 39K\Omega // 10K\Omega = 7.959 K\Omega$$

ดังนั้น $R_{12} // R_{13} = 7.959 K\Omega$

หาค่า R_{12} และ R_{13} จากสมการทั้งสองจะได้ค่า $R_{12} = 10.152 K\Omega$ และ $R_{13} = 36.843 K\Omega$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน $R_{12} = 10 K\Omega$ และ $R_{13} = 36 K\Omega$ (1%)

สำหรับ R_{14} และ C_6 ทำหน้าที่ในการกรองความถี่สัญญาณอ้างอิงให้เรียบขึ้นและสัญญาณที่ได้ก็จะถูกนำไปแสดงผลและ สร้างสัญญาณพัลส์ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยไอซีโมโนสเตเบิลเบอร์ 74LS123

จาก Data Sheet ค่าของ V_{OH} จากเอาต์พุทของ LM324 จะมีค่าเท่ากับ $+V_{cc} - 1.5V$ จะได้ว่า

$$V_{OH} = +V_{cc} - 1.5V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 5\text{ V} - 1.5\text{ V}$$

$$= 3.5\text{ V}$$

ในการขับ LED แสดงผลต้องการกระแส 30 mA ดังนั้น หาค่า R_{17} ได้เท่ากับ

$$\begin{aligned} R_{18} &= \frac{V_{CC} - V_{CE,Sat} - V_D}{I_D} \\ &= \frac{3.5\text{V} - 0.2\text{V} - 0.7\text{V}}{30\text{mA}} \\ &= 136.666\ \Omega \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน = 120 Ω

หาค่า R_{16} ได้

$$\begin{aligned} R_{16} &= \frac{V_{OH} - V_{BE,Sat} - V_D}{I_D / \beta} \\ &= \frac{3.5\text{V} - 0.8\text{V} - 0.7\text{V}}{30\text{mA} \times 120} \\ &= 8\ \text{K}\Omega \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน = 8.2 $\text{K}\Omega$

ในส่วนของวงจร ไมโครสเตเบิลิก ใช้ 74LS123 ในการสร้างสัญญาณพัลซของหยดน้ำเกลือ ซึ่งจาก Data Sheet I_{IL} ของ 74LS123 มีค่า 0.4 mA โดยเพื่อกระแสอินพุตเป็น 2.5 เท่า สามารถหาค่า R_{17} ได้ว่า

$$\begin{aligned} R_{17} &= \frac{V_{CC} - V_{CE,Sat}}{I_{IL}} \\ &= \frac{5\text{V} - 0.2\text{V}}{0.4\text{mA} \times 2.5} \\ &= 4.8\ \text{K}\Omega \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน = 4.7 $\text{K}\Omega$

หาค่าของ R_{15}

$$\begin{aligned} R_{15} &= \frac{V_{OH} - V_{BE,Sat}}{I_C / \beta} \\ &= \frac{3.5\text{V} - 0.8\text{V}}{0.4\text{mA} \times 2.5} \\ &= 329\ \text{K}\Omega \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน = 300 $\text{K}\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าของ R_{20} และ C_7 จะเป็นตัวกำหนดเวลาของพัลส์ เนื่องจากคาบเวลาสูงสุดของโคงงานที่ยังสามารถทำงานได้คือ 5 หนัด/วินาที หรือใช้เวลา 200 ms (จากหัวข้อการวิเคราะห์ระบบควบคุมและหน่วยประมวลผล) ดังนั้นแล้วเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบควรมิยาวเกินไปเพราะต้องเพื่อเวลาในการประมวลผลของระบบ โดยให้มีความกว้างของพัลส์มีค่าเท่ากับ 10 ms และกำหนดให้ $C_{ext} = C_7$ มีค่า $0.1\mu F$ หาค่า R_{ext} ได้จากสมการของ T_w ของไอซี คือ

$$T_w = 1.1 R_{ext} C_{ext}$$

$$R_{20} = R_{ext} = \frac{10ms}{1.1 \times 0.1\mu F}$$

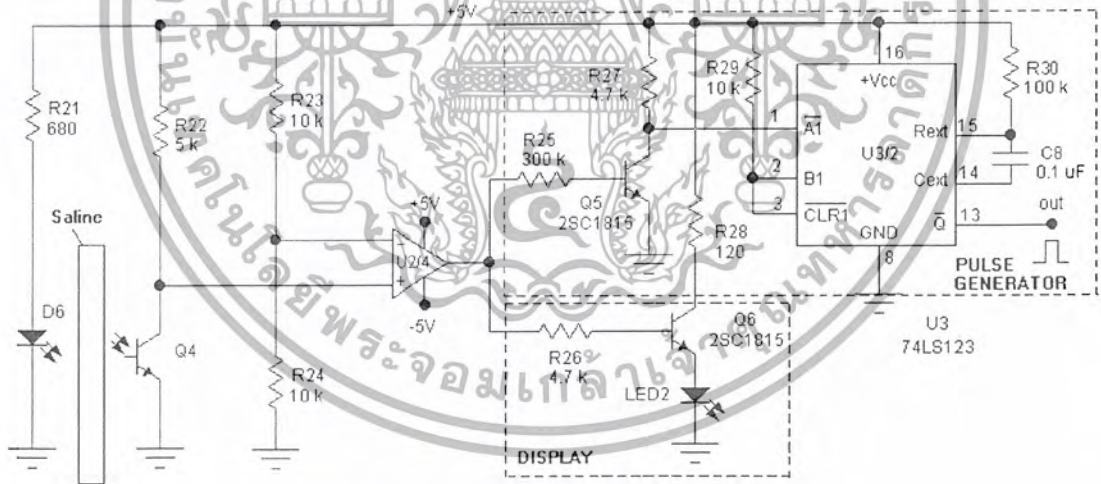
$$= 90.9 K\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 100 K Ω

ที่ขา 2 และ 3 ของไอซี ไมโนสเทเบิ้ลคือ R_1 ค่า 10 K Ω ไว้เพื่อจำกัดกระแสทางด้านอินพุท

3.7 วงจรตรวจจับฟองอากาศ

รูปของวงจรตรวจจับฟองอากาศแสดงดังในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรตรวจจับฟองอากาศ

โดยการใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ ในการตรวจจับฟองอากาศนั้น การหาค่าความต้านทานที่จะนำมาต่อ พิจารณาได้จากตารางผลการทดลองในตารางที่ 3.1 (ทดลองที่แรงดัน +5V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Air (V)	Water (V)	I_D (mA)	R_D (K Ω)	V_C (V)	I_C (mA)
5.0	4.9	0.4	9.975	5.0	0.0
4.8	4.4	1.5	2.626	4.5	0.1
4.5	3.8	2.4	1.620	4.0	0.2
4.2	3.2	3.2	1.209	3.5	0.3
4.0	2.6	4.0	0.965	3.0	0.4
3.8	1.8	4.8	0.804	2.5	0.5
3.4	1.4	5.6	0.689	2.0	0.6
3.3	0.8	6.4	0.600	1.5	0.7
3.0	0.2	8.0	0.478	1.0	0.8
2.6	0.2	9.0	0.424	0.5	0.9
2.2	0.2	10.0	0.380	0.24	0.95

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของ โฟโตทรานซิสเตอร์

โดยเลือกความแตกต่างของแรงดันที่ตกคร่อมขาออกเลคเตอร์ขณะที่มีฟองอากาศ (Air) และไม่มีฟองอากาศ (Water) ที่ 3.4 V และ 1.4 V ตามลำดับ เพื่อให้สามารถตรวจจับฟองอากาศที่อยู่ในสายน้ำเกลือได้ โดยกำหนดให้แรงดันอ้างอิงมีค่า $\frac{1}{2} V_{CC}$ หรือ 2.5 V ทำให้สามารถหาค่า R_{21} และ R_{22} ได้ว่า

$$R_{21} = \frac{V_{CC} - V_D}{I_D} = \frac{5V - 1.65V}{4.8mA} = 697.91 \Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 680 Ω

$$R_{22} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C} = \frac{5V - 2V}{0.6mA} = 5 K\Omega$$

และแรงดันที่ได้จากคอมพาราเตอร์จะถูกนำไปแสดงผลและป้อนให้กับ 74LS123 สร้างสัญญาณพัลส์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งการคำนวณจะเหมือนกับที่ได้แสดงในส่วนของวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้

3.8 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นหัวใจหลักในการควบคุมการทำงานของเครื่อง ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานจะต้องคำนึงถึงอินพุตที่จะนำมาประมวลผล และเอาท์พุตที่จะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปขับให้แสดงผล จากการวิเคราะห์โครงงานในหัวข้อที่ รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าอินพุตและเอาต์พุตระบบจะมีดังตารางที่ 3.2

อินพุต	เอาต์พุต
1. ปุ่มกด	1. จอแสดงผล
2. สัญญาณตรวจจับหยดน้ำเกลือ	2. อุปกรณ์ส่งเสียง (ในโครงงานจะใช้บี๊ซเซอร์)
3. สัญญาณตรวจจับฟองอากาศ	3. LED
	4. สัญญาณขับมอเตอร์

ตารางที่ 3.2 อินพุตและเอาต์พุตหลักของระบบ

ดังตารางที่ 3.2 จะเป็นอินพุตและเอาต์พุตหลักของระบบแต่เมื่อให้การทำงานของเครื่องสอดคล้องกับการใช้งานและเพิ่มเติลยรภาพให้กับระบบจะมีส่วนของอินพุตและเอาต์พุตที่เพิ่มเข้ามาทำให้อินพุตและเอาต์พุตของระบบจะมีดังตารางที่ 3.3

อินพุต	เอาต์พุต
1. ปุ่มกด (KEY)	1. จอแสดงผล (LCD)
2. สัญญาณตรวจจับหยดน้ำเกลือ (SENSOR)	2. บี๊ซเซอร์ (BUZZER)
3. สัญญาณตรวจจับฟองอากาศ (AIR)	3. LED (LED)
4. สวิทช์ตำแหน่งมอเตอร์ (MSW)	4. มอเตอร์ (MOTOR)
5. สวิทช์เช็คสายน้ำเกลือ (SALINE)	5. สัญญาณปิดเครื่อง (OFF)

ตารางที่ 3.3 อินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดของวงจร

จากตารางที่ 3.3 อินพุตและเอาต์พุตจะถูกนำไปกำหนดให้กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งกำหนดไว้ดังตารางที่ 3.4 –3.5 ซึ่งในตารางจะใช้อักษรอยู่ในวงเล็บเป็นตัวแทนอินพุตและเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท	พอร์ต
1. SALINE - SALINE0	P1.5
- SALINE1	P1.6
2. MSW	P1.7
3. KEY - CANCEL	P3.3
- ENTER	P2.0
- LEFT	P2.2
- RIGHT	P2.3
- UP	P2.4
- DOWN	P2.5
4. AIR	P3.2
5. SENSOR	P3.7

ตารางที่ 3.4 การกำหนดอินพุทให้กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอาต์พุท	พอร์ต
1. LCD - LCD	P0.0 – P0.7
- RS	P1.0
- RW	P1.1
- E	P1.2
2. LED	P1.3
3. OFF	P2.6
3. MC - MC0	P3.0
- MC1	P3.1

ตารางที่ 3.5 การกำหนดเอาต์พุทให้กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากตารางที่ 3.4 และ ตารางที่ 3.5 เป็นอินพุทและเอาต์พุทของระบบ ซึ่งในการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องประกอบด้วยกัน 2 ส่วนคือ ทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ดังนั้นจึงจะแยกการออกแบบเป็นสองส่วนคือ การออกแบบทางฮาร์ดแวร์ และการออกแบบทางซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์

เมื่อกำหนดพอร์ตให้กับอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แล้ว ต่อไปจะคำนวณหาค่าของอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตที่จะต้องนำมาต่อ เพื่อจำกัดค่ากระแสที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจะจ่ายให้ได้ เพื่อให้อยู่ในการทำงานนี้ปลอดภัย โดยพิจารณาเรียงตามลำดับดังตารางที่ 3.5

- LCD

เนื่องจากใช้พอร์ต 0 ซึ่งเป็นพอร์ตที่ไม่มีมีความต้านทานพูลอัพ (Pull – up Resistor) ต่ออยู่ภายในดังนั้นจึงต้องต่อความต้านทานพูลอัพภายนอกให้กับพอร์ต โดยกำหนดให้มีกระแสในภาวะที่เอาต์พุตเป็นลอจิก “0” มีค่าประมาณ 500 μ A ดังนั้นหาค่าความต้านทานจะได้

$$\frac{V_{CC} - V_{OL}}{500\mu} = \frac{5V - 0.5V}{500\mu} = 9\text{ K}\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 10 K Ω

- LED



รูปที่ 3.11 วงจรแสดงผล LED

จากวงจรในรูปที่ 3.11 เป็นวงจรที่ใช้แสดงผลทาง LED โดยเลือกใช้ Q₁ เบอร์ 2SC1815 ซึ่งมีค่า $\beta = 120$ โดย LED แบบซูเปอร์ไบรท์ (Super bright) ต้องการกระแส = 15 mA ที่แรงดันตกคร่อม 1.65 V

คำนวณหาค่า R₁ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสตามที่ LED₁ ต้องการ โดยที่ Q₁ อยู่ในสภาวะอิ่มตัว

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{OL} - V_{CE.sat}}{I_D} = \frac{5V - 1.65V - 0.2V}{15mA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ล่วงหน้า และขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า R_5 ได้ว่า

$$\begin{aligned} R_5 &= \frac{V_{OH} - V_{BE,sat}}{I_C / \beta} \\ &= \frac{2.4V - 0.8V}{15mA} \times 120 \\ &= 12.8 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 12 K Ω

-BUZZER



รูปที่ 3.12 วงจรขับบี๊เซอร์

จากวงจรรูปที่ 3.12 บี๊เซอร์จะต้องการกระแส 10 mA ในการทำงาน (เปล่งเสียง) ส่วน R_2 ใส่ไว้เพื่อป้องกันกระแสเกินในกรณีเกิดการลัดวงจรที่บี๊เซอร์ โดยกำหนดให้มีค่า 100 Ω จะสามารถหาค่า R_4 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} R_4 &= \frac{V_{OH} - V_{BE,sat}}{I_{U3} / \beta} \\ &= \frac{2.4V - 0.8V}{10mA} \times 120 \\ &= 19.2 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

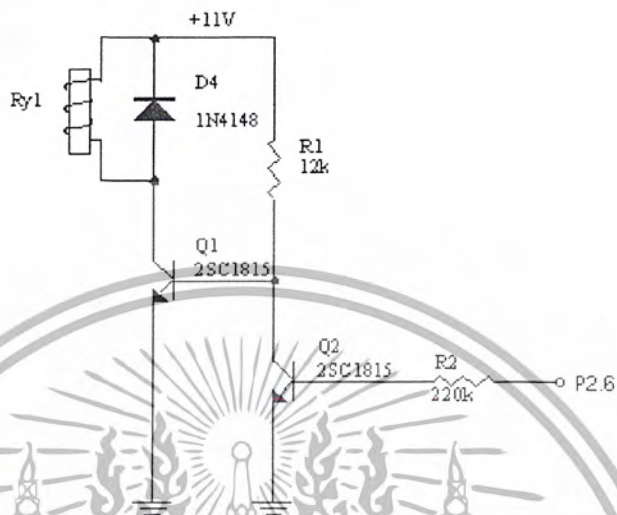
เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 18 K Ω

- OFF

เนื่องจากการที่เครื่องหยุดทำงานโดยไม่ได้รับคำสั่งปิดจากไมโครคอนโทรลเลอร์ กลไกบี๊สายน้ำเกลืออาจไม่อยู่ในตำแหน่งที่บี๊สายน้ำเกลือจนสนิท มีผลทำให้น้ำเกลือไหลโดยไม่มีกรควบคุมเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการพิจารณาจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการปิดเครื่องจึงต้องทำการปิดจากเครื่องเท่านั้น โดยจะใช้รีเลย์ (Relay) ในการตัดไฟสลับที่เข้ามาจ่ายให้กับหม้อแปลง โดยกำหนดให้กระแสที่รีเลย์ต้องการ $I_{Relay} = 100\text{ mA}$



รูปที่ 3.13 วงจรควบคุมการเปิดเครื่อง

$$I_{B,Q1} = \frac{I_{C,Q1}}{\beta} = \frac{100\text{mA}}{120} = 0.8333\text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{11\text{V} - V_{BE,sat}}{I_{B,Q1}} = \frac{11\text{V} - 0.8\text{V}}{0.8333\text{mA}} = 12.24\text{ K}\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 12 K Ω

หาค่า R₂ ได้ว่า

$$R_2 = \frac{V_{OH} - V_{BE,sat}}{I_{B3} / \beta} = \frac{2.4\text{V} - 0.8\text{V}}{0.8333\text{mA}} \times 120 = 230.4\text{ K}\Omega$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 220 K Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

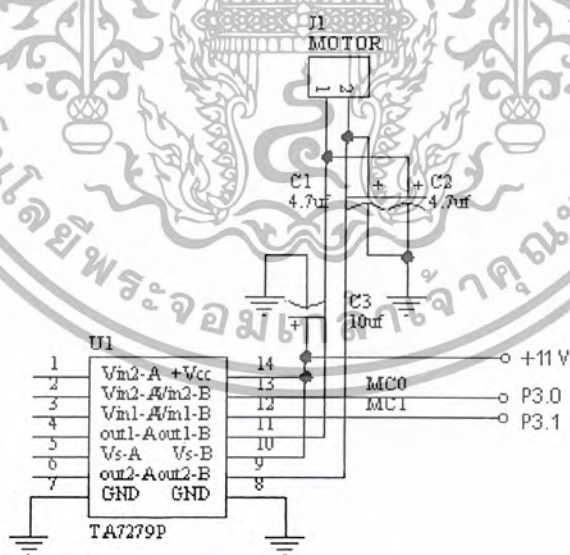
- MC (Motor Control)

สัญญาณควบคุมมอเตอร์จะมีอยู่ 2 เส้น คือ MC0 และ MC1 เพื่อใช้ในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ โดยจากทฤษฎีในบทที่ 2 ในการขับให้มอเตอร์ทำงานจะใช้กับการขับมอเตอร์แบบบริดจ์และใช้การควบคุมความเร็วแบบชอปเปอร์ ซึ่งการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในลักษณะนี้ ไอซีเบอร์ TA7279P มีคุณสมบัติที่พร้อมให้ใช้งาน ดังนั้นการควบคุมมอเตอร์จึงใช้ไอซีเบอร์นี้ ซึ่งลักษณะการควบคุมทิศทางกำหนดไว้ดังตารางที่ 3.6

MC1	MC0	สถานะ
0	0	หยุด
0	1	หมุนซ้าย (ทึบ)
1	0	หมุนขวา (กลาย)

ตารางที่ 3.6 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์

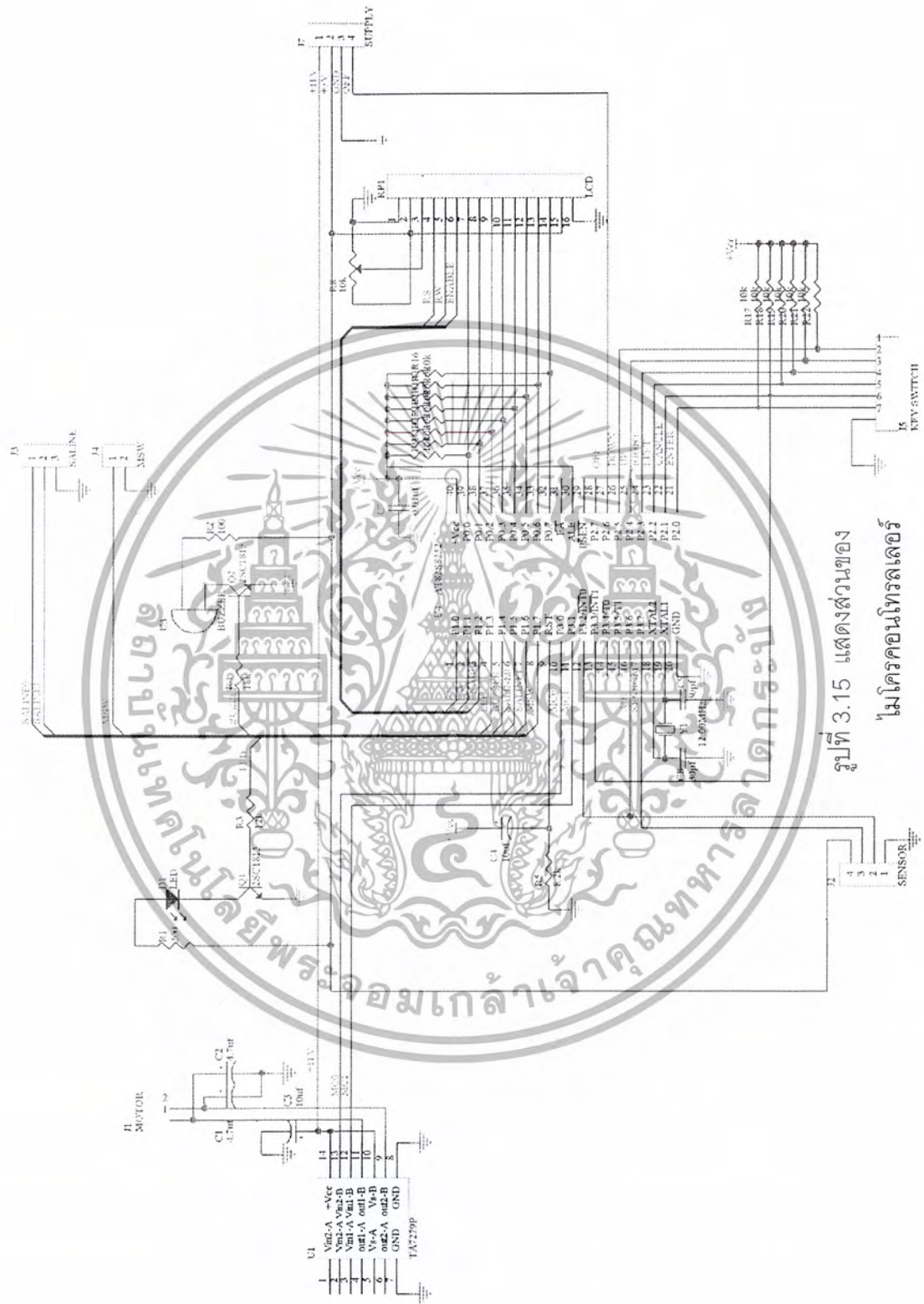
ถ้ารับการต่อ TA7279P เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสามารถต่อได้โดยตรงเพราะกระแสอินพุท (I_{IN}) ที่ TA7279P ต้องการจะมีค่าสูงสุดนี้ $10 \mu\text{A}$ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถที่จะจ่ายให้ได้ (ข้อมูลจาก Data Sheet) ส่วนวงจรของการขับมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้ไอซี TA7279P

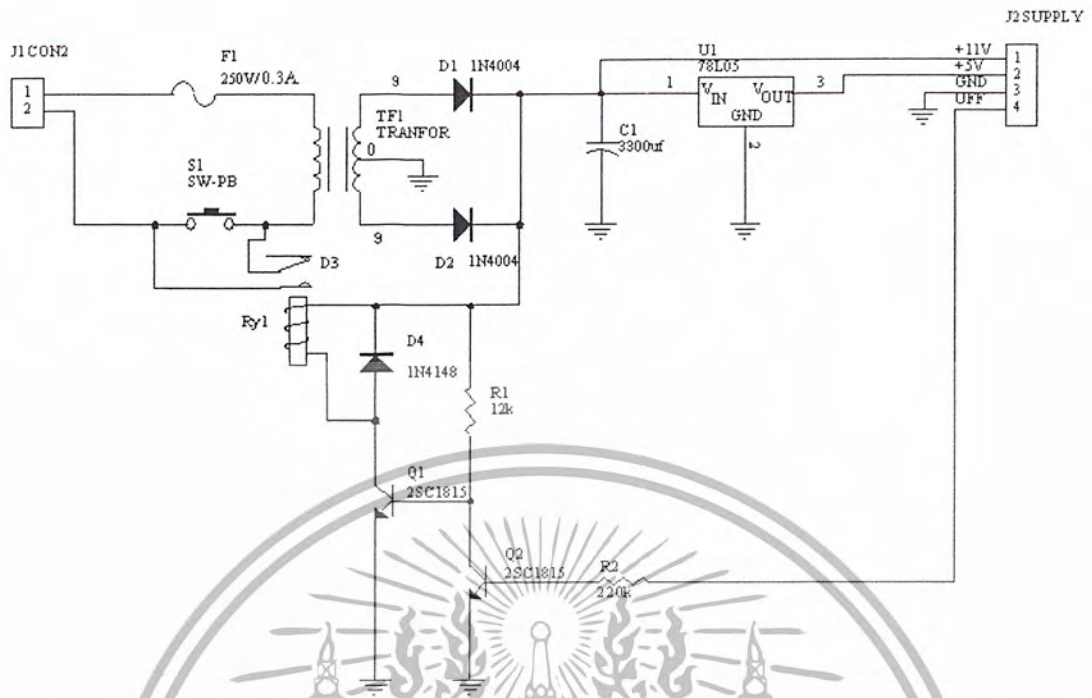
สำหรับ C_1 , C_2 และ C_3 จะใช้ในการขจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของตัวไอซีเอง และจากมอเตอร์โดยใช้ค่า $10 \mu\text{F}$, $47 \mu\text{F}$ และ $4.7 \mu\text{F}$ ตามที่ระบุไว้ใน Data Sheet ดังนั้นจากการคำนวณทั้งหมดที่ผ่านมาจะได้วงจรดังรูปที่ 3.11 – 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

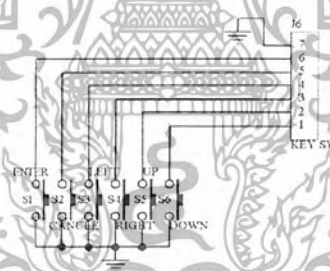


รูปที่ 3.15 แสดงส่วนของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงที่ควบคุมการปิดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

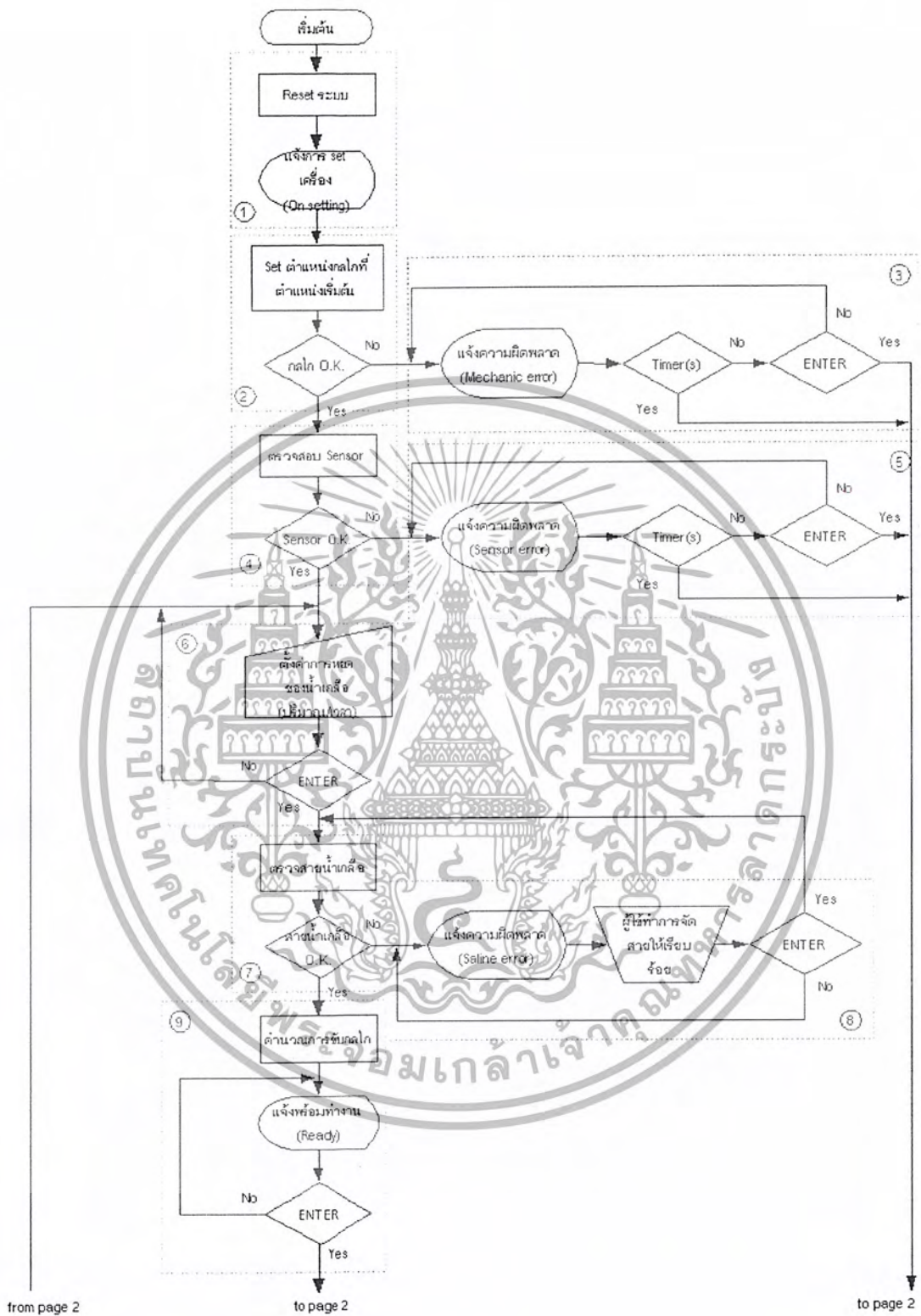


รูปที่ 3.17 ปุ่มกดสั่งงาน

3.8.2 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ จะเป็นการออกแบบการทำงานเพื่อนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะใช้ข้อมูลจากขอบเขตของโครงการในบทที่ 1 การวิเคราะห์วงจรควบคุมและหน่วยประมวลผลในหัวข้อที่ 3.4 ของบทที่ 3 และอินพุทเอาต์พุทของระบบในตารางที่ 3.4 และ ตารางที่ 3.5 มาออกแบบเป็นโฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) ซึ่งจากการออกแบบจะได้โฟลว์ชาร์ทดังแสดงในรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ไฟล์ซอร์ซการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีพียู จะทำการตรวจสอบตำแหน่งของลูกเบี้ยวแล้วทำการตั้งค่าให้อยู่ในสถานะที่ทำให้เกิดการบีบ สายน้ำเกลือแน่นที่สุดนั่นก็คือ ในสถานะที่เครื่องหยุดการทำงานจะไม่เกิดการไหลของน้ำเกลือขึ้น

จากบล็อกที่ 2 นี้ ถ้าการตั้งตำแหน่งของลูกเบี้ยวเป็นไปอย่างเรียบร้อยซีพียูก็จะไป ตรวจสอบวงจรตรวจจับหยุดน้ำเกลือว่าปกติหรือไม่ซึ่งที่สถานะนี้ของวงจร โมโนสเตเบิล (Monostable) ของวงจรตรวจจับหยุดน้ำเกลือจะต้องมีค่าเป็นลอจิก “0” จากบล็อกที่ 2 และ 4 นี้ ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้น ซีพียูจะแจ้งให้ผู้ใช้ทราบดังบล็อกที่ 3 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งถ้าเมื่อผู้ใช้ ได้รับทราบหรือเมื่อถึงระยะเวลาที่ตั้งไว้ ซีพียูก็จะสั่งให้ปิดเครื่องโดยอัตโนมัติ เพราะหากความ ผิดพลาดขึ้นไม่ว่าจะเป็นจากกลไกลูกเบี้ยวหรือ วงจรตรวจจับหยุดน้ำเกลือ การควบคุมการหยุด ของน้ำเกลือก็ไม่สามารถที่จะกระทำได้อีกต่อไป

แต่ถ้าการตรวจสอบในบล็อกที่ 2 และ 4 ปกติ ซีพียูก็จะให้ผู้ใช้ตั้งค่าการหยุดของน้ำเกลือ โดยผู้ใช้จะต้องใช้ค่าปริมาตรน้ำเกลือ (cc) และเวลา (นาท) ที่ต้องการให้น้ำเกลือหยุดจนหมด เมื่อ ผู้ใช้ตั้งค่าการหยุดของน้ำเกลือเรียบร้อยแล้ว ซีพียูก็จะตรวจสอบว่ามีสายน้ำเกลืออยู่ในเครื่อง หรือไม่ว่าค่าตำแหน่งของสายน้ำเกลือ (Saline) อยู่ในตำแหน่งที่จะสามารถควบคุมให้ปริมาตร การหยุดของน้ำเกลือเป็นไปตามที่ต้องการได้ ถ้าทุกอย่างถูกต้อง ซีพียูจะทำการคำนวณตำแหน่ง เริ่มต้นที่จะใช้ในการหมุนลูกเบี้ยวเพื่อให้บีบสายน้ำเกลือในตำแหน่งที่ทำให้การหยุดเท่ากับที่ผู้ใช้ ต้องการมากที่สุดเพื่อลดความคลาดเคลื่อน (Error) ของปริมาตรน้ำเกลือที่ให้ไป เครื่องก็จะอยู่ใน สถานะที่พร้อมจะเริ่มทำงาน และจะทำงานทันทีหลังจากที่ผู้ใช้กดปุ่มตั้ง แต่ถ้าการตรวจสอบ สายน้ำเกลือแล้วไม่พบสายน้ำเกลือก็จะให้ผู้ใช้ติดตั้งสายน้ำเกลือใหม่ เมื่อเครื่องเริ่มทำงานการ ตรวจจับหยุดน้ำเกลือก็จะเริ่มเกิดขึ้น โดยทุกครั้งที่น้ำเกลือหยุด ซีพียูจะเก็บค่าการหยุดไว้เพื่อ นำไปแสดงผล แล้วระยะเวลาระหว่างการหยุดของน้ำเกลือก็จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าฐานเวลา อ้างอิง ถ้าเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นซีพียูก็จะทำการจับมอเตอร์เพื่อให้ลูกเบี้ยวคลายหรือบีบสาย น้ำเกลือแล้วแต่ว่าน้ำเกลือหยุดเร็วหรือช้ากว่าฐานเวลาอ้างอิง ในสถานะการทำงานภายใต้ การควบคุมแบบลูปปิดนี้ ซีพียูก็จะทำการตรวจสอบเสมอว่ามีฟองอากาศอยู่ในสายน้ำเกลือหรือ สายน้ำเกลือยังอยู่ในเครื่องหรือไม่ ถ้าเงื่อนไขของทั้งสองเป็นจริง ดังในบล็อกที่ 11 ซีพียูก็จะทำ การแจ้งให้กับผู้ใช้ได้รับทราบ

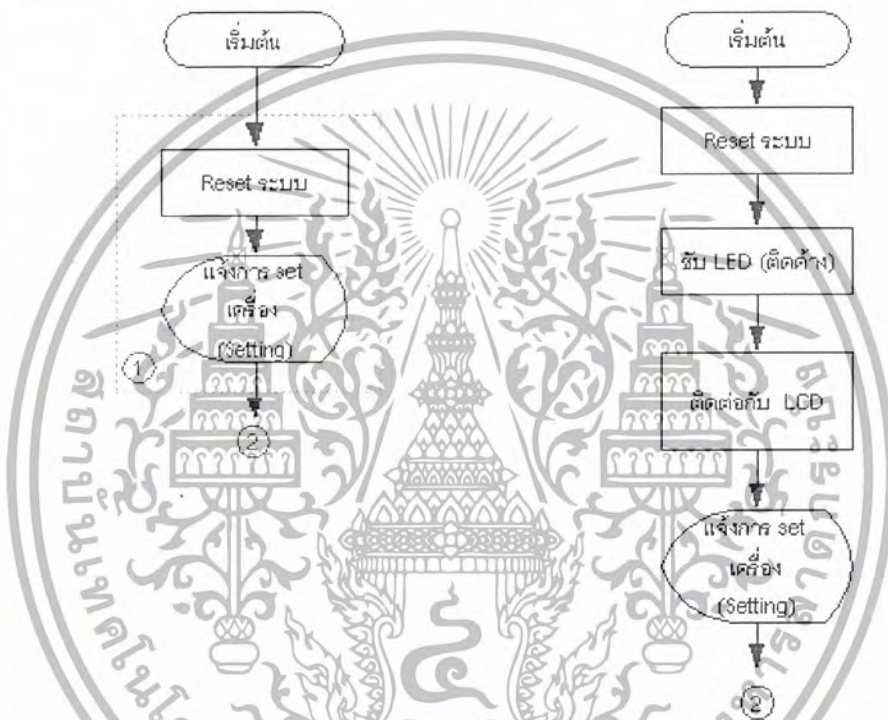
ดังในบล็อกที่ 11 ซึ่งก็เหมือนกับการทำงานดังบล็อกที่ 3 และ 5 และนอกจากนี้ซีพียูก็จะ ตรวจสอบอีกว่า มีการกดปุ่มยกเลิกการทำงาน (ปุ่ม CANCEL) ถ้ามีการกดซีพียูจะสั่งให้มอเตอร์ หมุนเพื่อให้ลูกเบี้ยวบีบสายน้ำเกลือไม่ให้ไหลได้ แล้วจะแสดงเมนูการทำงานที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น ต้องการตั้งค่าการหยุดของน้ำเกลือใหม่ (New setting) ต้องการหยุดการทำงานไว้ชั่วคราว (Stand by) หรือ ปิดเครื่อง (Turn off)

ถ้าผู้ใช้ต้องการตั้งค่าใหม่ซีพียูจะแสดงค่าของน้ำเกลือที่เหลืออยู่เพื่อใช้ในการตั้งค่าครั้งใหม่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าผู้ใช้ต้องการหยุดการทำงานไว้ชั่วคราวซีพียูก็จะรอรับคำสั่งในการเริ่มทำงานครั้งต่อไป และถ้าผู้ใช้ต้องการปิดเครื่อง ซีพียูก็จะส่งสัญญาณ Off เพื่อขับริเลย์ให้ตัดไฟสลับที่ภาคจ่ายไฟเลี้ยง เครื่องก็จะปิด การทำงานของเครื่องก็จะสิ้นสุดลง

หลังจากที่ได้อธิบายถึงการทำงานโดยภาพรวมของซีพียูไปแล้วต่อไปจะเป็นการเข้าไปวิเคราะห์และทำการออกแบบรายละเอียดภายในบล็อกแต่ละบล็อก ดังจะกล่าวต่อไปนี้

- บล็อกที่ 1



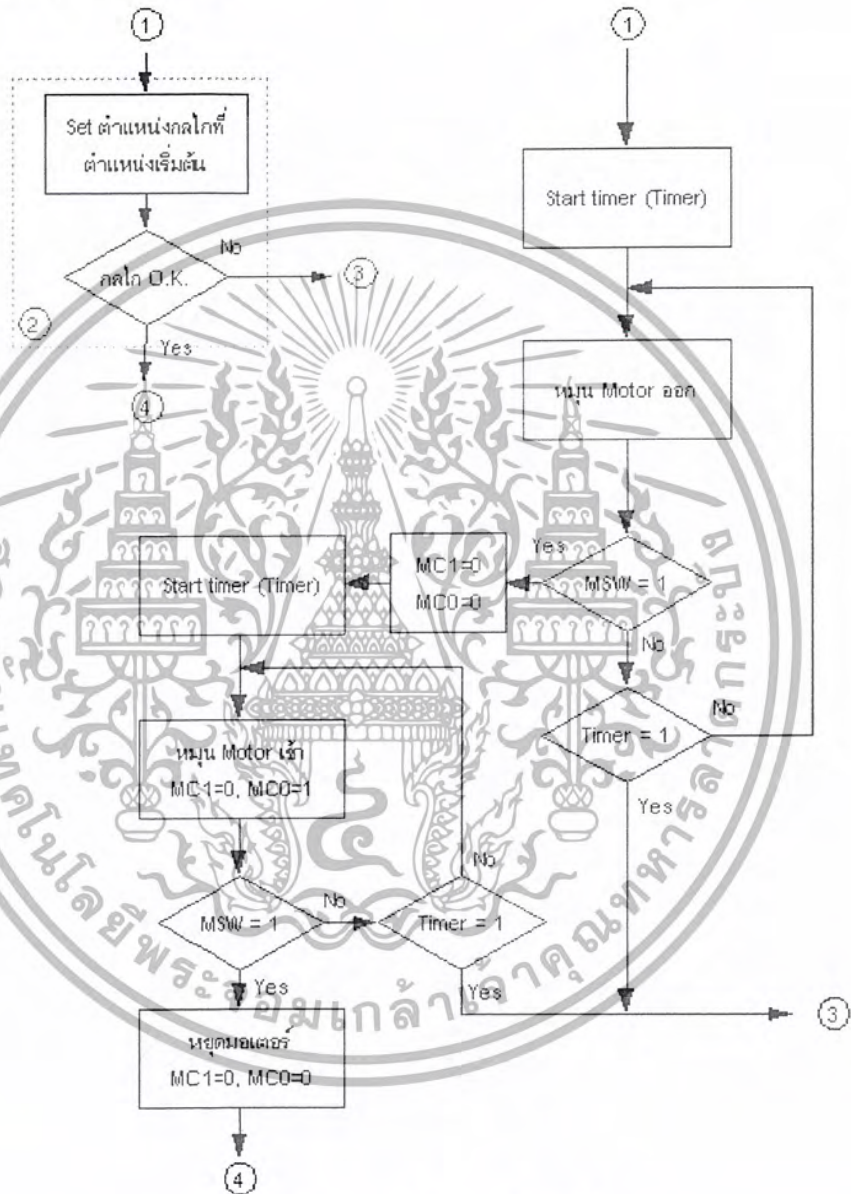
รูปที่ 3.19 รายละเอียดของบล็อกที่ 1

หลังจากการรีเซต ซีพียูจะขับ LED ให้ติดสว่างและจะแสดงข้อความ “Setting” เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ได้ทราบว่าเครื่องกำลังอยู่ในสถานะเตรียมระบบให้พร้อมต่อการทำงาน

- บล็อกที่ 2

เริ่มแรกซีพียูจะเริ่มทำการจับเวลาเพื่อใช้กำหนดว่าถ้าหากการตรวจสอบกลไกแล้วกลไกปกติ เวลาที่ใช้จะต้องไม่เกินค่าของเวลาที่ตั้งไว้ หลังจากเริ่มต้นการจับเวลาซีพียูจะตั้งให้มอเตอร์หมุนออก โดยจากตารางที่ 3.5 พอร์ต MC1 และ MC0 จะเท่ากับ “1” และ “0” ตามลำดับ จากนั้นซีพียูจะตรวจสอบตำแหน่งลูกเบี้ยวจากพอร์ต MSW เมื่อ MSW = “1” ซีพียูก็จะหยุดมอเตอร์และเริ่มจับเวลาใหม่อีกครั้งโดยคราวนี้จะหมุนมอเตอร์เข้า ก็คือ MC1 = “0” และ MC0 = “1” แล้วซีพียูก็จะคอยตรวจสอบว่า MSW = “1” หรือถ้าเท่ากับ “1” ก็จะส่งให้มอเตอร์หยุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมูน ซึ่ง ณ ที่สภาวะนี้ตำแหน่งของลูกเบี้ยวจะในตำแหน่งที่บีบสายน้ำเกลือแน่นที่สุด และซีฟิยูก็จะไปทำงานในบล็อกที่ 4 ต่อไป ตามกระบวนการทั้งหมดถ้าใช้เวลานานกว่าที่ควรจะเป็นซีฟิยูจะตรวจสอบพบว่า Timer = "1" ก่อนที่จะแสดงว่าเกิดความผิดพลาดขึ้นที่กลไก ดังนั้นซีฟิยูก็จะไปทำงานในบล็อกที่ 3

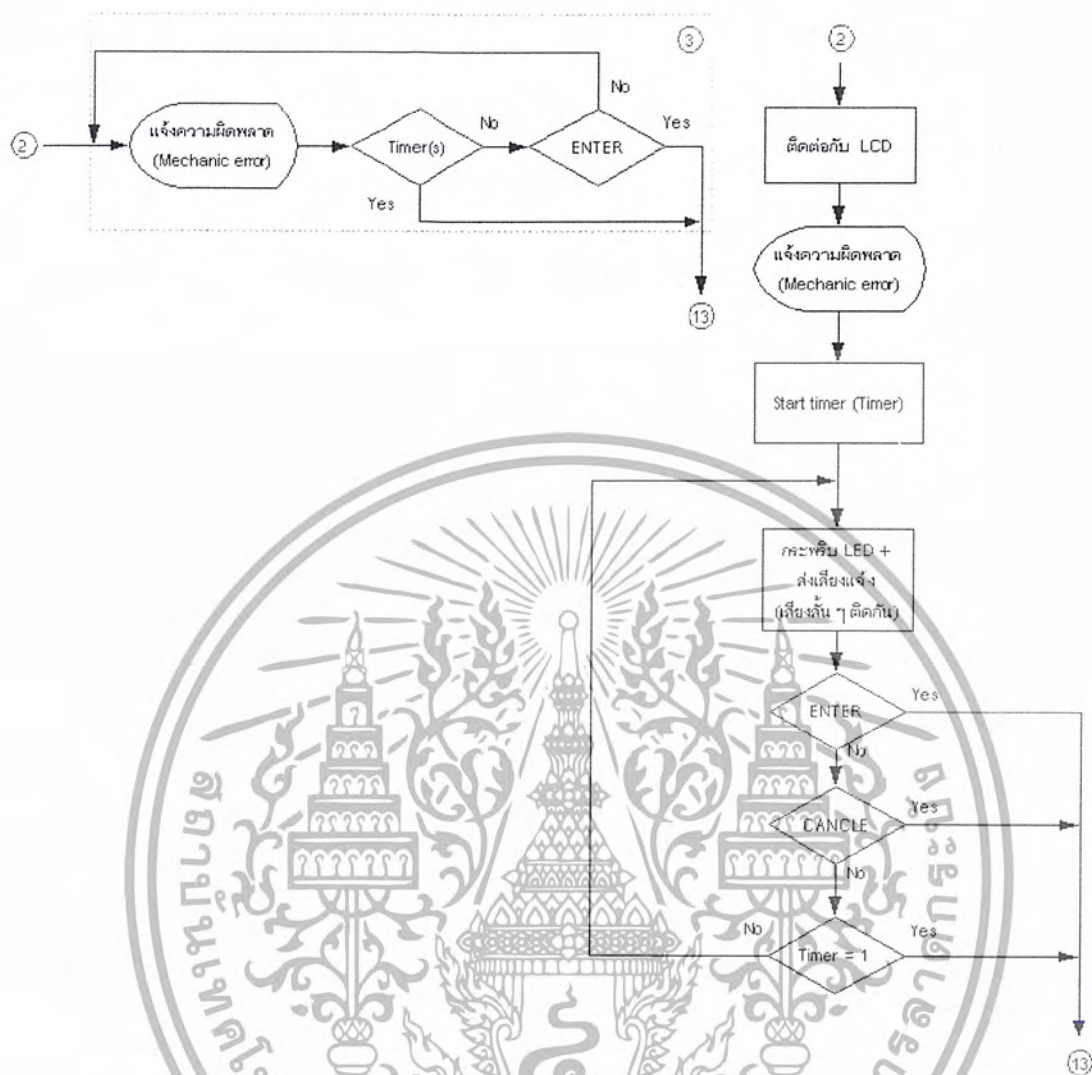


รูปที่ 3.20 รายละเอียดของบล็อกที่ 2

- บล็อก 3

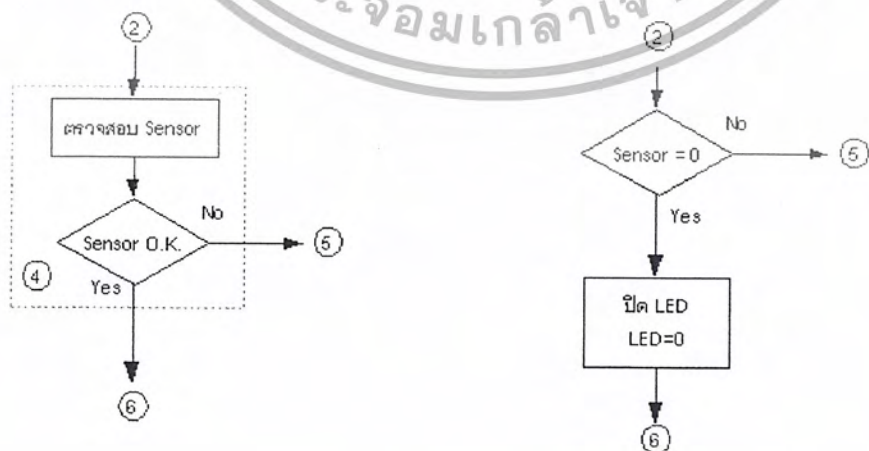
ซีฟิยูทำการติดต่อกับ LCD เพื่อแจ้งความผิดพลาดของกลไก "Mechanic error" จากนั้น จะทำการเริ่มจับเวลา หลังจากนั้นก็จะทำการแจ้งเตือนทั้งทางแสงและทางเสียง ผ่าน LED และ BUZZER ตามลำดับ เมื่อผู้ใช้กดปุ่มเพื่อแสดงถึงการรับทราบหรือถึงเวลาที่ตั้งไว้ก็จะไปทำงานใน บล็อกที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 รายละเอียดของบล็อกที่ 3

- บล็อก 4

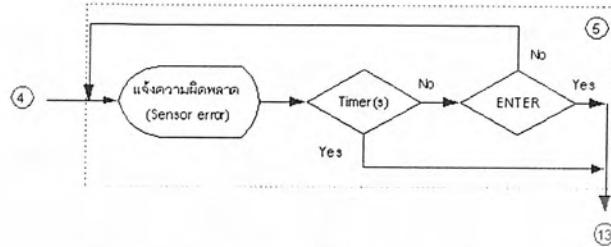


รูปที่ 3.22 รายละเอียดของบล็อกที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าวงจรตรวจจับหยดน้ำเกลือปกติ SENSOR จะเท่ากับ “0” แล้วไปทำงานที่บล็อกที่ 6 แต่ถ้า SENSOR ไม่เท่ากับ “0” ซีพียูจะไปทำงานที่บล็อก 5

- บล็อก 5



รูปที่ 3.23 รายละเอียดของบล็อกที่ 5

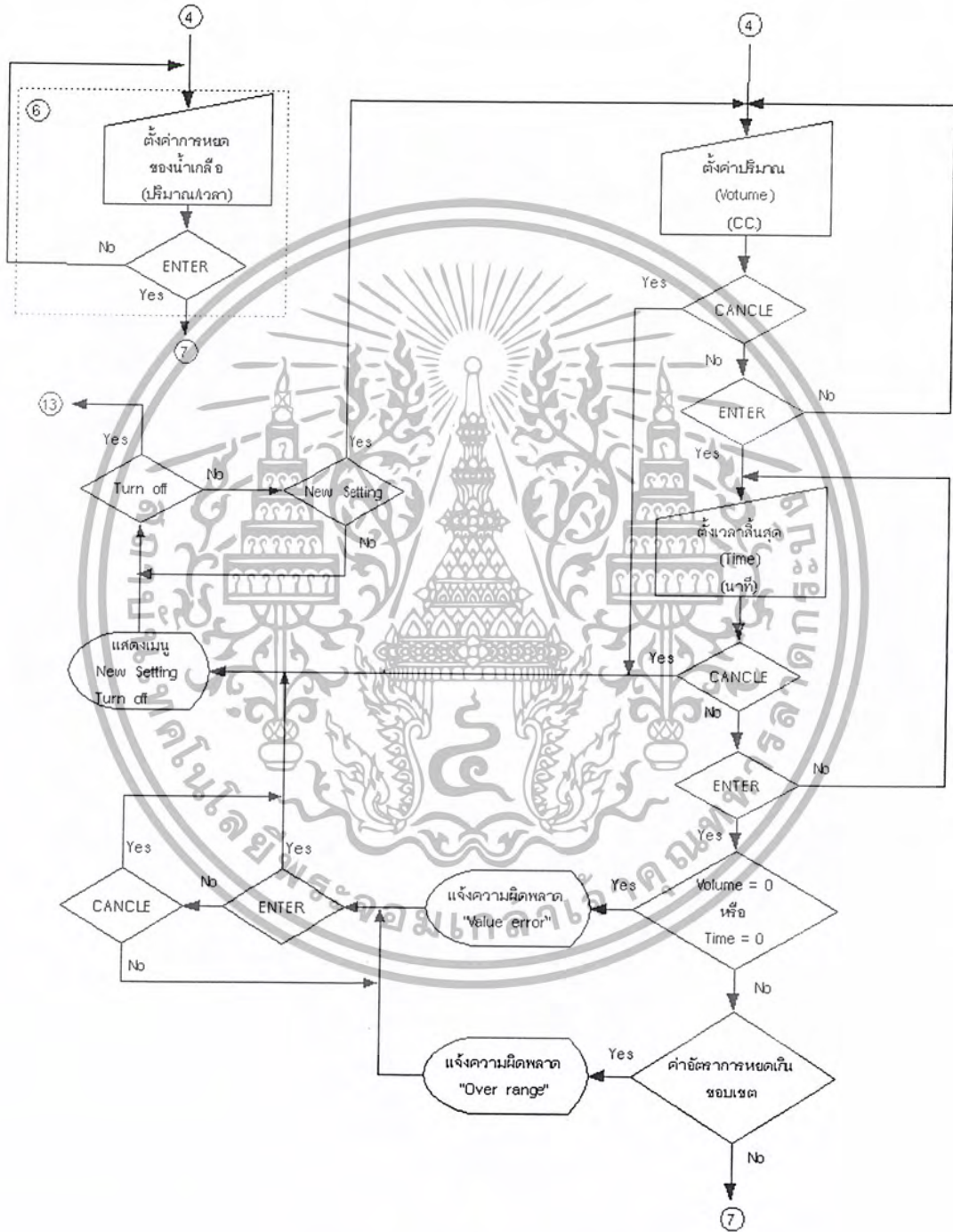
การทำงานจะเช่นเดียวกับ บล็อกที่ 3 เพียงแต่ข้อความที่แจ้งเตือนจะแสดงคำว่า “Sensor error”

- บล็อก 6

การทำงานในบล็อกผู้ใช้จะต้องใส่ค่าปริมาตร (v) ของน้ำเกลือที่จะให้และระยะเวลา (T) ที่ต้องการให้แก่ผู้ป่วย โดยเมื่อผู้ใช้ระบุค่าเสร็จแล้ว ซีพียูจะคำนวณอัตราการหยดของน้ำเกลือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าอยู่ในช่วงที่สามารถควบคุมได้หรือไม่ คือ อยู่ในช่วง 200 msec - 6000 msec ซึ่งได้จากการคำนวณในสมการของหัวข้อที่ 3.2 การวิเคราะห์ห้วงจรควบคุมและหน่วยประมวลผล คือ

$$T_{ref} = \frac{4000 \times T}{V} \text{ msec/หยด}$$

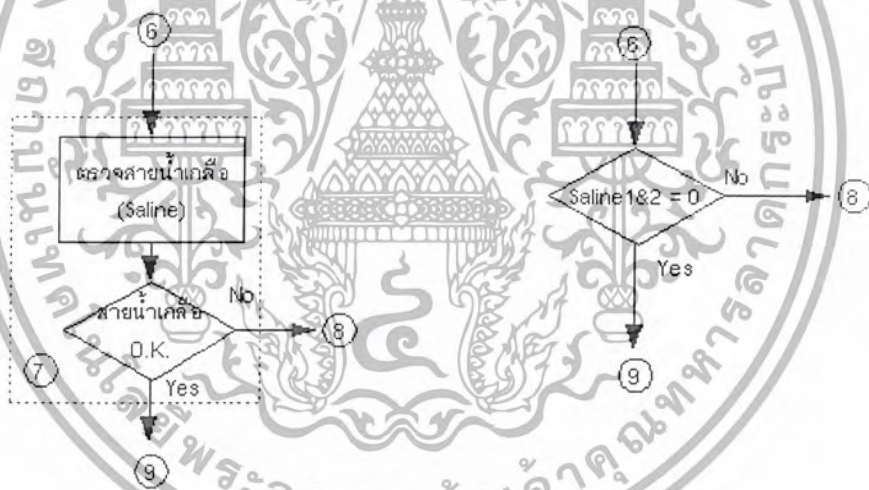


รูปที่ 3.24 รายละเอียดของบล็อกที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากการใส่ค่าเกินซีฟียูก็จะขยับจอ LCD แจ้งความผิดพลาดให้ทราบเป็นข้อความว่า “Over range” และถ้าตรวจสอบพบว่าค่าของ T หรือ V ในสมการมีค่าเป็น 0 ก็จะแจ้งเป็นข้อความว่า “Value error” เมื่อผู้รับทราบซีฟียูก็จะแสดงเมนูเพื่อให้ผู้ใช้เลือกการทำงาน ซึ่งเมนูนี้จะแสดงออกมาเช่นเดียวกับในกรณีที่ผู้ใช้กด CANCEL ตอนที่ใส่ค่าการหยดของน้ำเกลือและเมื่ออยู่ที่สถานะแสดงเมนู ถ้าผู้ใช้เลือกรายการใด ซีฟียูก็จะไปทำงานในบล็อคนั้น โดยที่สถานะนี้จะมีให้เลือกอยู่ 2 รายการ คือ การตั้งค่าใหม่ “New Setting” และ ปิดเครื่อง “Turn off” ซึ่งก็คือไปเริ่มต้นที่บล็อกที่ 6 และ 13 ตามลำดับ แต่ในกรณีการตั้งค่าการหยดของน้ำเกลือถูกต้องการทำงาน ของซีฟียูก็จะไปที่บล็อก 7 แต่เมื่อการตั้งค่าการหยดของน้ำเกลือนี้ ถูกกระทำหลังจากที่ได้ทำการปล่อยน้ำเกลือไปแล้ว ค่าของน้ำเกลือที่เหลือจะแสดงขึ้นที่ปริมาณของน้ำเกลือที่จะใส่ ให้โดยอัตโนมัติ

- บล็อก 7



รูปที่ 3.25 รายละเอียดของบล็อกที่ 7

บล็อกที่ 7 ซีฟียูจะทำการตรวจสอบสายน้ำเกลือโดยที่ SALINE1 และ SALINE0 จะเท่ากับ “0” ซึ่งแสดงว่าสายน้ำเกลืออยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

- บล็อก 8

ถ้าหากในบล็อกที่ 7 ซีฟียูตรวจสอบพบว่า SALINE1 และ SALINE0 ไม่เป็น “0” ทั้งคู่ ซีฟียูจะมาทำงานในบล็อกนี้ โดย LCD จะแจ้งข้อความว่า “Saline error” แล้วขยับ LED ให้ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

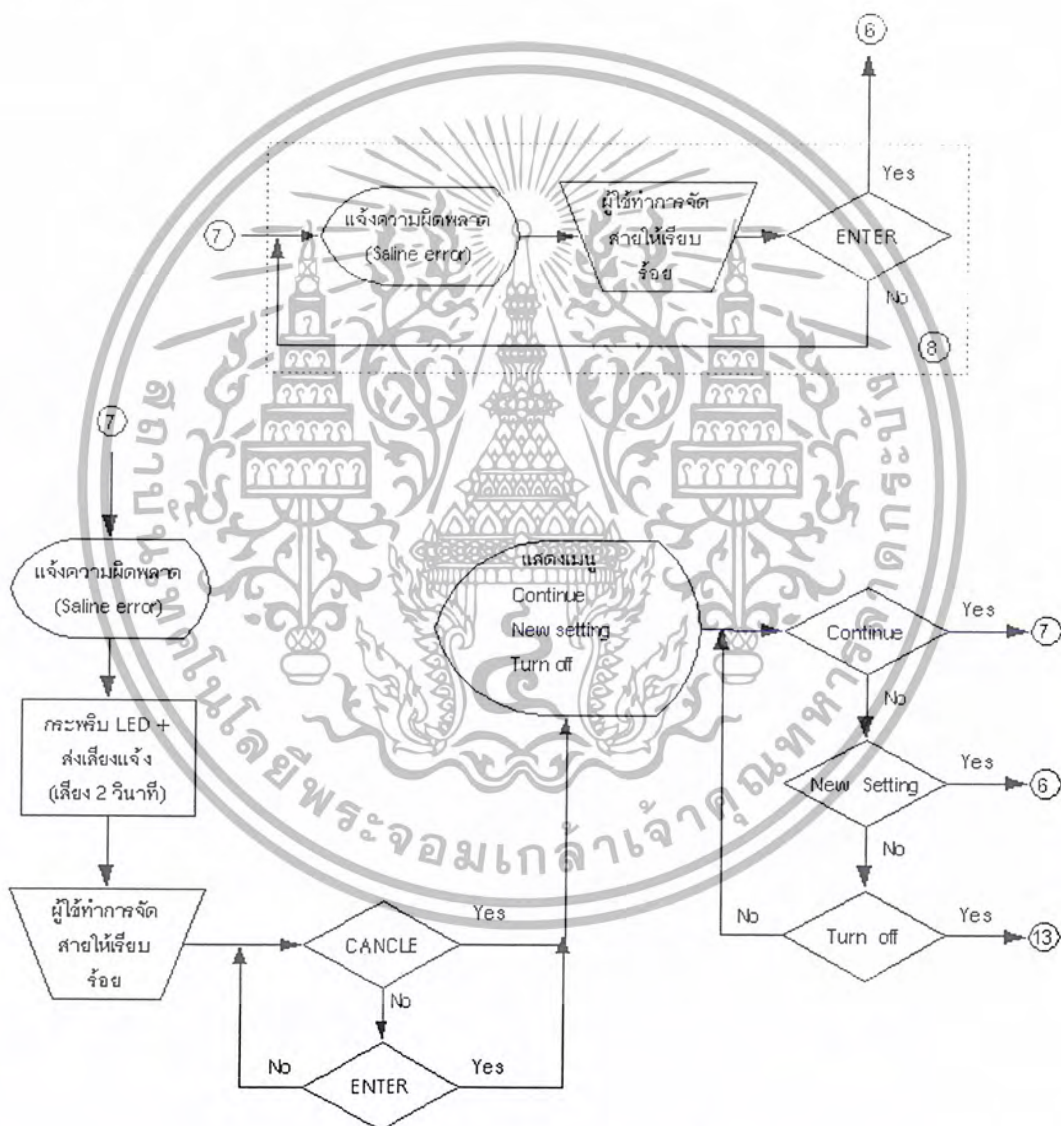
และ BUZZER ส่งเสียงเป็นเวลา 2 วินาที เมื่อผู้ใช้จัดสายน้ำเกลือให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วกดปุ่ม ENTER หรือ CANCEL จอ LCD จะแสดงเมนูให้ผู้ใช้เลือกดังนี้

► Continue

New Setting

Turn off

เมื่อผู้ใช้เลือกรายการแล้วกด ENTER การทำงานของซีพียู ก็จะไปทำงานที่บล็อก 7, 6 และ 13 ตามลำดับ



รูปที่ 3.26 รายละเอียดของบล็อกที่ 8

- บล็อก 9 จากสมการที่ใช้ในการคำนวณ สร้างฐานเวลาอ้างอิงที่ถูกเก็บไว้ในขั้นตอนที่ผู้ใช้ตั้ง ค่าการหยดของน้ำเกลือในบล็อกที่ 6 ว่าซีพียูจะต้องหมุนมอเตอร์เป็นจำนวนมุมเท่าใดซึ่งจะใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ

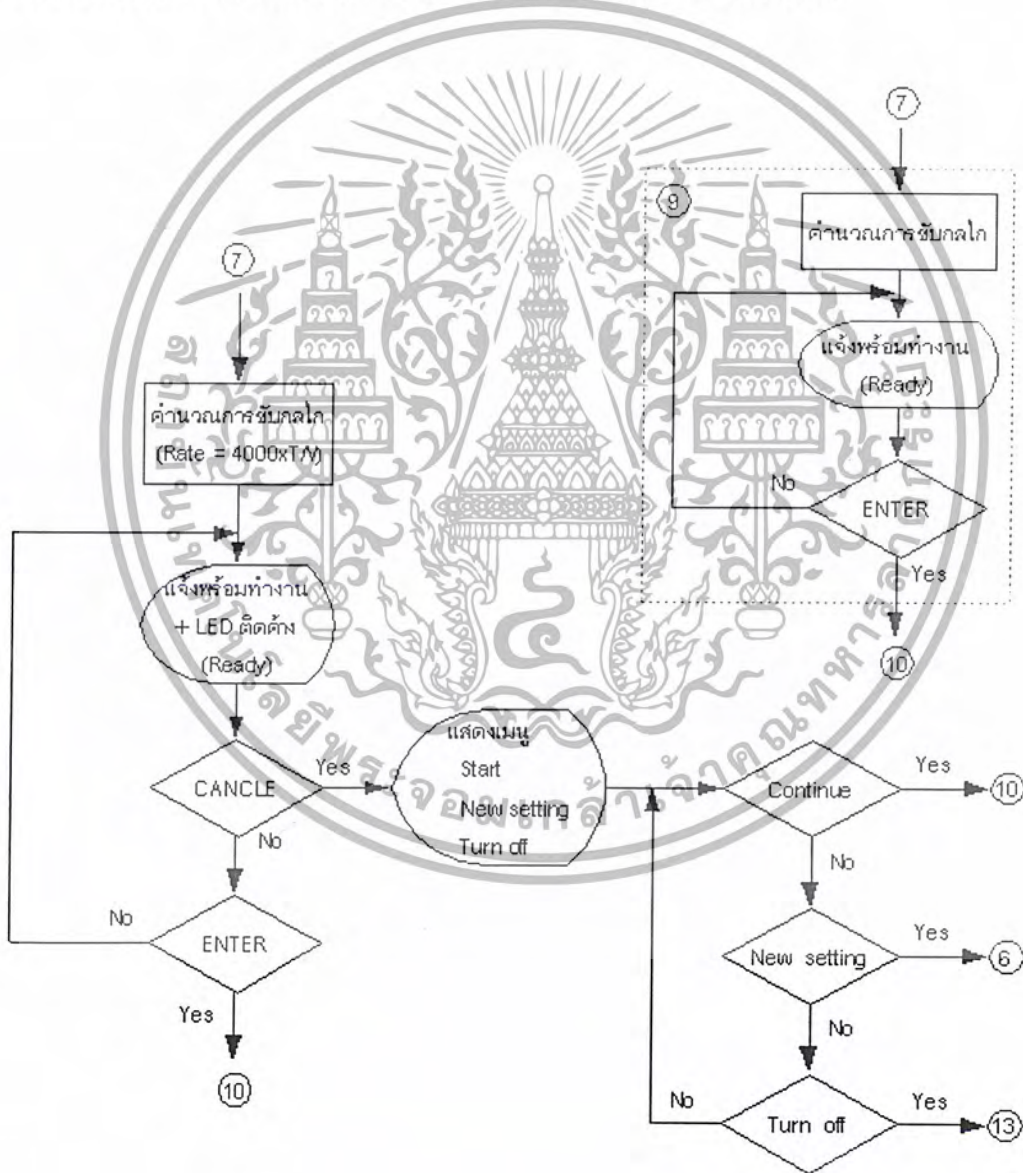
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = [(11 + \cos \theta)^2 - \sin^2 \theta]^{1/2}$$

เมื่อซีพียูคำนวณเสร็จสิ้น ก็จะแจ้งให้ผู้ใช้เป็นข้อความว่า “Ready” ที่สถานะนี้ถ้าผู้ใช้กดปุ่ม ENTER เครื่องก็จะเริ่มทำการปล่อยน้ำเกลือ แต่ถ้าผู้ใช้กดปุ่ม CANCEL จอ LCD จะแสดงเมนูให้ผู้ใช้เลือก คือ

- ▶ Start
- New setting
- Turn off

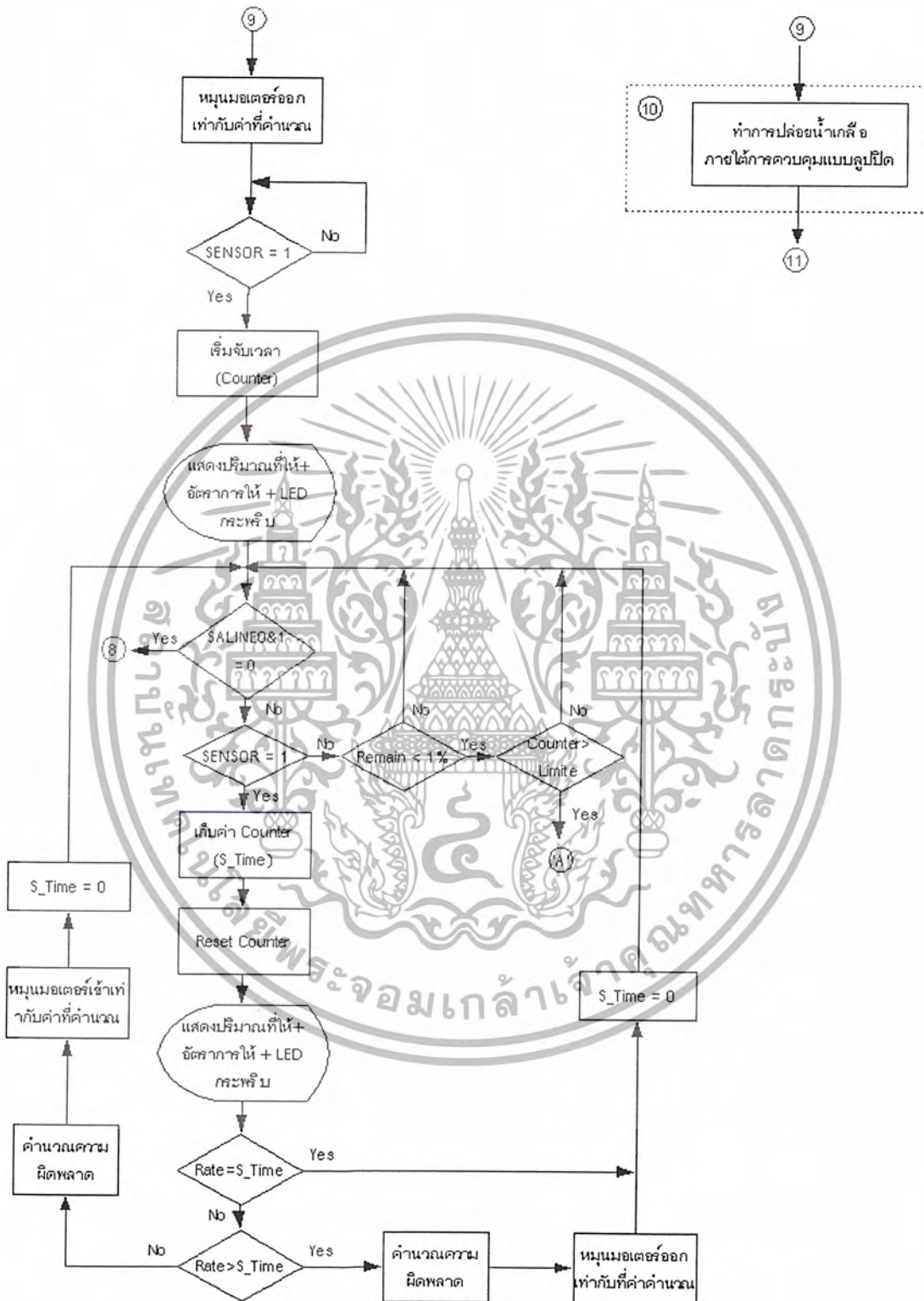
ซึ่งถ้าเลือกรายการใดการทำงานก็จะไปยังบล็อกที่ 10, 6 และ 13 ตามลำดับ



รูปที่ 3.27 รายละเอียดของบล็อกที่ 9

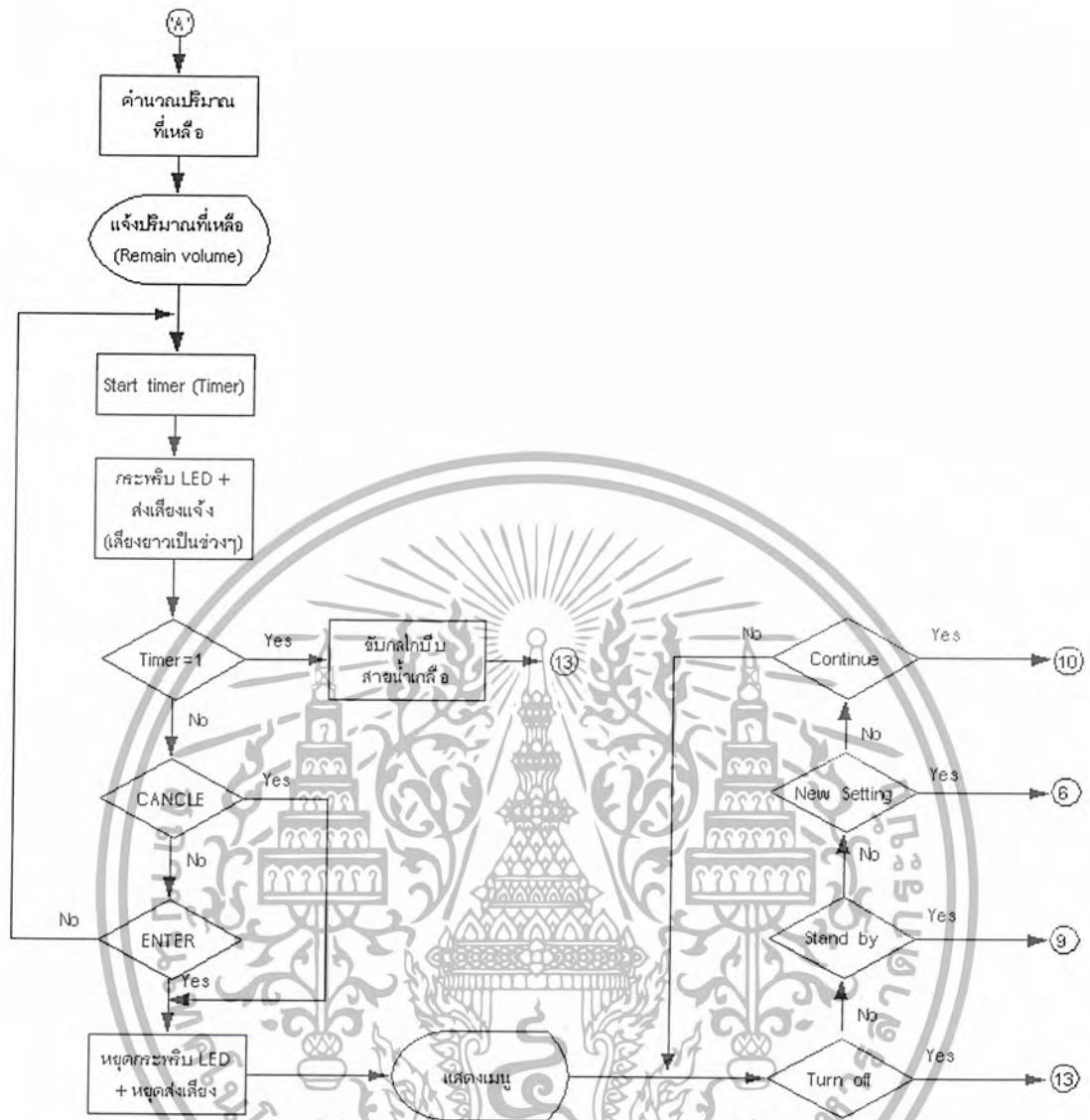
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บล็อก 10



รูปที่ 3.28 รายละเอียดของบล็อกที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 (ต่อ) รายละเอียดของบล็อกที่ 10

ในบล็อกนี้การทำงานจะเป็นการเริ่มทำการปล่อยน้ำเกลือ โดยจะนำเอาระยะเวลาที่น้ำเกลือ
หยดมาเปรียบเทียบกับฐานเวลาอ้างอิง ขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบว่าน้ำเกลือใกล้จะหมดหรือไม่
การทำงานเริ่มแรก ซีพียูจะจับมอเตอร์ให้คลายการบีบสายน้ำเกลือเท่ากับที่คำนวณจากนั้น
จะตรวจสอบ SENSOR ว่ามีการหยดของน้ำเกลือหยดแรกหรือไม่ ถ้าน้ำเกลือหยด SENSOR = 1
ซีพียูก็จะเริ่มนับเวลา (Start counter) ระหว่างหยดน้ำเกลือ แล้วจากนั้นก็คำนวณและแสดงค่า
ของน้ำเกลือที่ได้ให้ไป และให้ LED กระพริบแสดงการหยด 1 ครั้ง จากนั้นก็จะรอน้ำเกลือหยดที่ 2
เมื่อน้ำเกลือหยดที่ 2 หยดลงมาค่าของเวลาที่นับได้จะถูกเก็บค่าไว้และจะทำการรีเซ็ตให้เริ่มนับเวลา
ใหม่ แล้วจากนั้นก็นำค่าน้ำเกลือที่ได้ให้ไป ไปแสดงผลที่ LCD และให้ LED กระพริบ 1 ครั้ง
จากนั้นจะนำค่าของเวลาที่นับได้ (S_Time) ไปเปรียบเทียบกับฐานเวลาอ้างอิงแล้วคำนวณหาค่า
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาด ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นก็จะถูกนำไปแก้ไข โดยการจับมอเตอร์และในขณะที่รอการหยุดของน้ำเกลือแต่ละหยด ซีพียูก็จะทำการตรวจสอบว่าสายน้ำเกลือยังอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าการตรวจสอบพบว่าอยู่ผิดตำแหน่งการทำงานก็จะไปทำที่บล็อกที่ 7 ถ้าหากเป็นปกติการทำงานก็จะทำงานวนอยู่ที่ขบวนการนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม CANCEL หรือ น้ำเกลือใกล้จะหมด หรือซีพียูตรวจสอบพบว่าอากาศอยู่ในสายน้ำเกลือ ซึ่งในกรณีผู้ใช้กดปุ่ม CANCEL หรือว่าซีพียูตรวจสอบพบว่าอากาศในสายน้ำเกลือในกรณีนี้ จะเกิดการอินเตอร์รัฟ (Interrupt) เกิดขึ้นทันที ซึ่งจะอธิบายต่อไปในบล็อกที่ 11 และ 12 ตามลำดับ แต่ในกรณีที่คำนวณแล้วพบว่าน้ำเกลือใกล้จะหมด ซีพียูจะแสดงปริมาณน้ำเกลือที่เหลือทางจอ LCD และส่งเสียงเตือนทางบัสเซอร์ และ LED จะกระพริบ จากนั้นซีพียูก็จะเริ่มจับเวลา ถ้าถึงเวลาที่กำหนดมอเตอร์ก็就会被จับเพื่อให้ลูกเบี่ยงบิบสายน้ำเกลือที่ตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อไม่ให้เลือดผู้ป่วยไหลย้อนกลับมาจากสายน้ำเกลือ จากนั้นซีพียูก็จะสั่งปิดเครื่อง แต่ในกรณีที่ผู้ใช้กดปุ่ม ENTER หรือว่า CANCEL LED ก็จะดับและบัสเซอร์ก็จะหยุดส่งเสียง จอ LCD จะแสดงเมนูดังนี้

▶ Continue

New setting

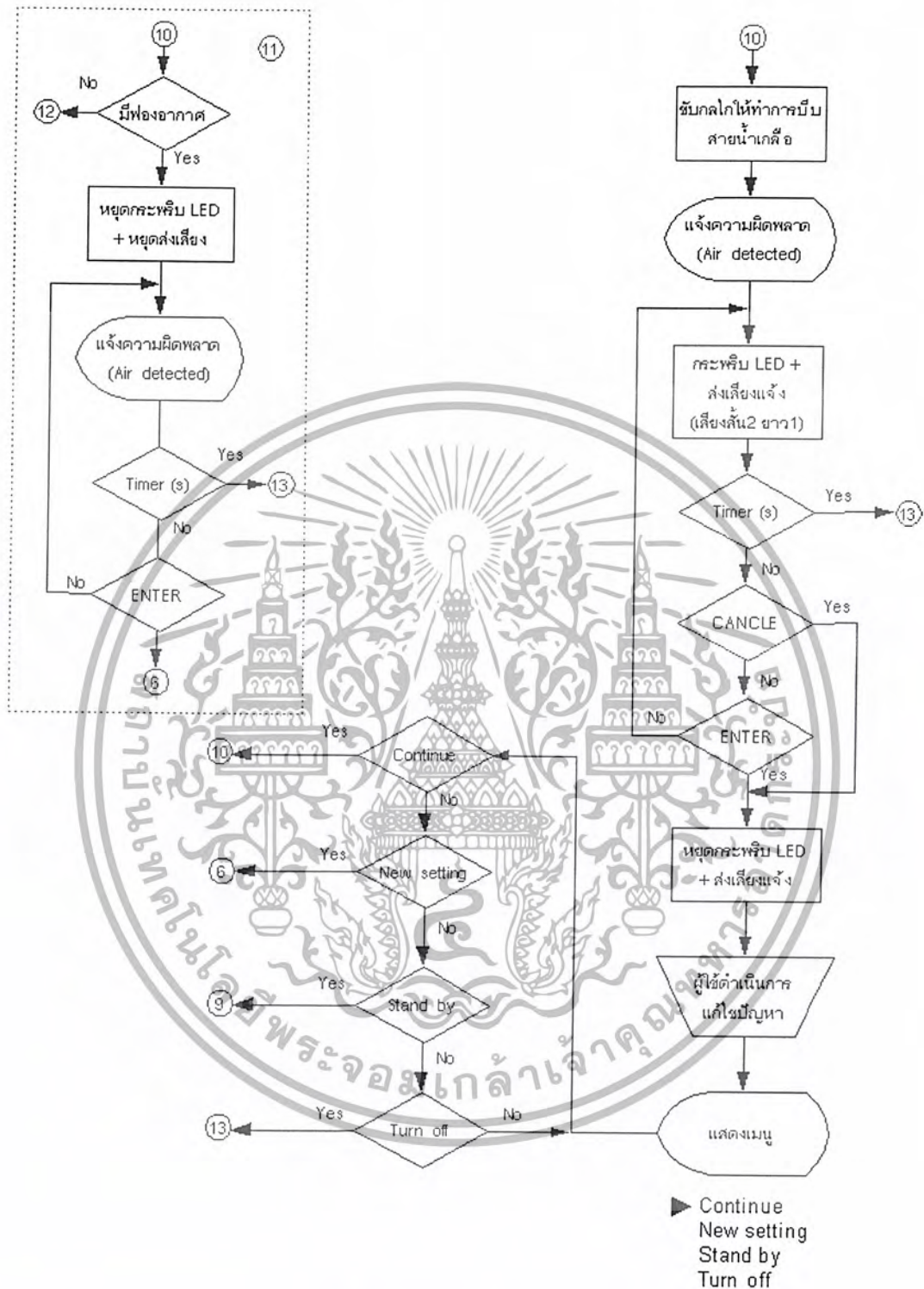
Stand by

Turn off

เมื่อเลือกรายการใดการทำงานก็จะไปที่บล็อก 10, 6, 9 และ 13 ตามลำดับ

- บล็อก 11

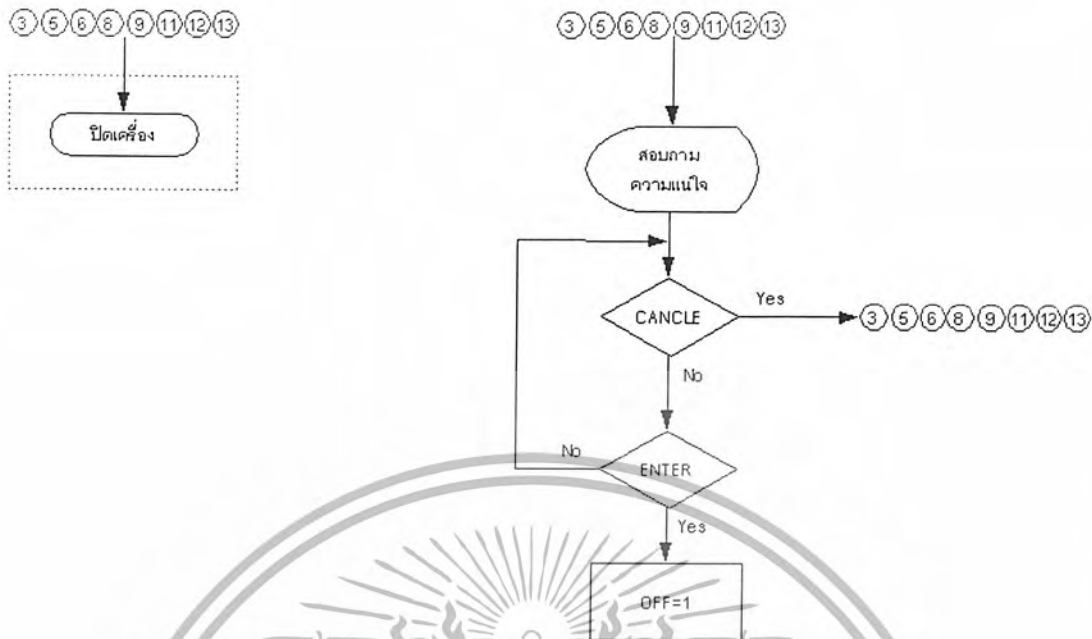
การทำงานในบล็อกที่ 11 จะเหมือนกับบล็อกที่ 8 แต่การแสดงผลจะแตกต่างกันที่ การจับ LED และ บัสเซอร์ จะเป็นแบบสัญญาณสั้นๆ 2 ครั้ง แล้วตามด้วยยาว 1 ครั้ง สลับกันไปเรื่อยๆ ส่วนจอแสดงผล LCD จะแสดงข้อความ Air detected ในส่วนของรายการในเมนูจะมีรายการที่เพิ่มมา 1 รายการ คือ Stand by



รูปที่ 3.29 รายละเอียดของบล็อกที่ 11

- บล็อก 12

จากสถานะที่เครื่องทำการควบคุมการให้น้ำเกลือในบล็อกที่ 10 เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม CANCEL จะเกิดการอินเตอร์รัปท์ขึ้นทันที หลังจากนั้นจอ LCD จะแสดงข้อความ “Stop” เป็นระยะเวลา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 รายละเอียดของบล็อกที่ 13

ดึงรายละเอียดที่ได้กล่าวมาทั้งหมดขึ้นตอนต่าง ๆ จะถูกนำไปเขียนโปรแกรมเพื่อโปรแกรมการทำงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ในรายงานฉบับนี้จะยังไม่ดำเนินการในส่วนของการเขียนโปรแกรม

3.8 การออกแบบวงจรจ่ายไฟเลี้ยง

จากข้อมูลของอุปกรณ์และวงจรที่ใช้ประกอบโครงการแต่ละตัวและจากการวัด จะได้ค่าของกระแสที่อุปกรณ์และวงจรต้องการดังนี้

IC AT89S8252-24PC	25 mA (จาก Data Sheet)
IC TA7279P	41mA (จาก Data Sheet)
LCD	3 mA (จาก Data Sheet)
Motor	160 mA(จากการวัด)
LED (ของ LCD)	62 mA (จากการวัด)
Drip Sensor+ Air Detector	30 mA (จากการวัด)

ผลรวมของกระแสทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 I_{cct} &= 25 \text{ mA} + 41 \text{ mA} + 160 \text{ mA} + 3 \text{ mA} + 62 \text{ mA} + 30 \text{ mA} \\
 &= 321 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

โดยพื้นฐานการออกแบบจะต้องทำการเผื่อกระแสที่โหลดต้องการไปอีก 80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 I_L &= 1.8 \times I_{cc1} \\
 &= 1.8 \times 321 \text{ mA} \\
 &= 577.8 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

ในการควบคุมมอเตอร์นั้น ต้องการแรงดันที่ค่า 11 V_{dc} ดังนั้นจะได้ว่าโครงการต้องการแรงดัน 11 V ที่กระแส 577.8 mA

จากสมการของวงจรเรกกูเลเตอร์ (Regulator) คือ

$$V_{o(dc)} = \sqrt{2} V_s - V_d - \frac{\Delta V}{2}$$

จากสมการสมมติให้ค่าริปเปิล (Ripple) มีค่า 0% จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 V_{o(dc)} &= \sqrt{2} V_s - V_d \\
 11 &= \sqrt{2} V_s - 0.7 \text{ V} \\
 V_s &= \frac{11 \text{ V} + 0.7 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 8.273 \text{ V}
 \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 9 V

เลือกใช้วงจรเรียงกระแส (Rectifier) และฟูลเวฟมีเซนเตอร์เทป (Full wave with center tapp)

เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 81%

จากสมการของวงจรเรกกูเลเตอร์ข้างต้น คำนวณหาค่า ΔV จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= (9\sqrt{2} \text{ V} - 11 \text{ V} - 0.7 \text{ V}) \times 2 \\
 &= 2.055 \text{ Vpp}
 \end{aligned}$$

หาค่าตัวเก็บประจุที่ใช้กรองแรงดัน จากสมการ

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{I_o}{2f_{line} \times \Delta V} \\
 &= \frac{577.8 \text{ mA}}{2 \times 50 \text{ Hz} \times 2.055 \text{ V}} \\
 &= 2,810.52 \text{ } \mu\text{f}
 \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน $3,300 \text{ } \mu\text{f}$

คำนวณหาค่า อัตราทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุจาก

$$C_{wv} = 1.25(V_o + V_d + \frac{\Delta V}{2})$$

เนื่องจากเลือกใช้ค่าของตัวเก็บประจุมีค่ามาตรฐาน ดังนั้นต้องคำนวณหาค่าของ ΔV ใหม่

$$\Delta V = \frac{I_o}{2f_{line} \times C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{577.8\text{mA}}{2 \times 50\text{Hz} \times 3,300\mu\text{F}} \\
 &= 1.75 \text{ Vpp} \\
 \therefore C_{wv} &= \frac{1.25(11 + 0.7 \text{ V} + \frac{1.75\text{V}}{2})}{15.718 \text{ V}}
 \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 16 V

หาค่าอัตราของกระแสหม้อแปลง โดย

$$\begin{aligned}
 I_s &= I_1 \text{ (เนื่องจากเพื่อไว้แล้ว)} \\
 &= 577.8 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

จึงเลือกใช้ค่ามาตรฐาน 800 mA

หาค่าอัตราทนแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับของไดโอดจากสมการ

$$\begin{aligned}
 PIV_{FWR} &= 4\sqrt{2} V_s \\
 &= 4\sqrt{2} \times 9\text{V} \\
 &= 50.91 \text{ V}
 \end{aligned}$$

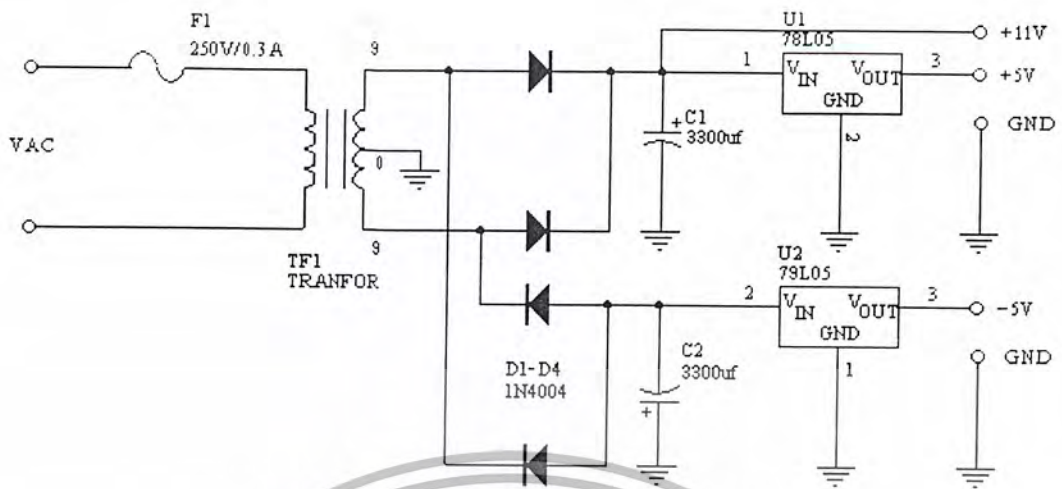
ใช้ไดโอด 1N4002, 1N4003, 1N4004 หรือ 1N4005 เบอร์ใดก็ได้เพราะมีอัตราทนแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ 100V, 200V, 400V และ 600V ตามลำดับ

อุปกรณ์ตัวสุดท้ายที่ต้องคำนวณหาคือ ฟิวส์ (Fuse)

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse} &= \frac{1.25 \sum V_o(\text{dc}) \times I_o(\text{dc})}{V_{\text{ac line}}} \\
 &= \frac{1.25(15\text{V} \times 577.8\text{mA})}{220\text{V}} \\
 &= 49.244 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

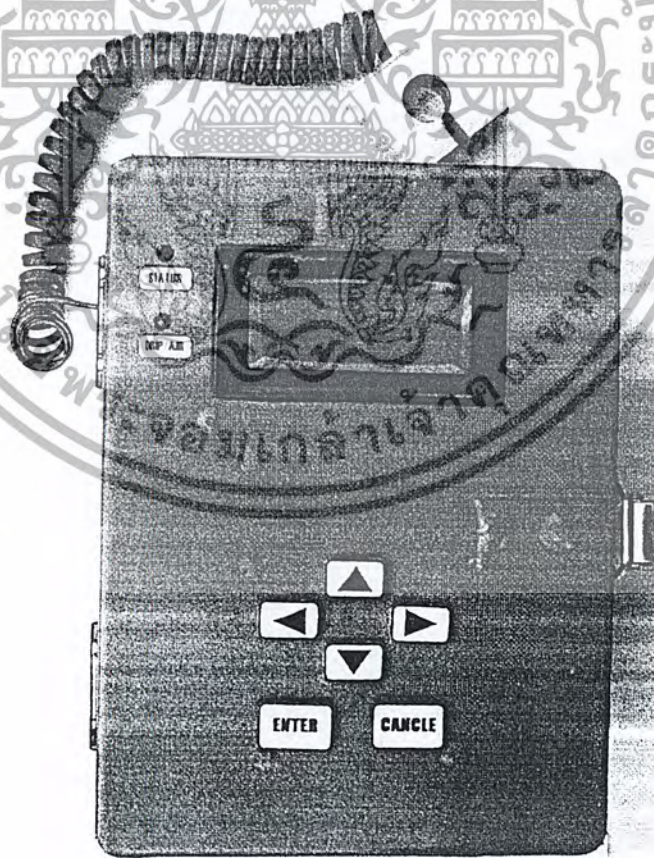
เลือกใช้ค่ามาตรฐาน 0.3 A

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการแรงดันไฟเลี้ยงที่ 5 V ดังนั้นจึงใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ 78L05 ในการกรองแรงดัน ส่วนไฟเลี้ยงทางด้านลบ (-5V) ก็เช่นเดียวกันกับด้านบวก โดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ 79L05 ซึ่งจากการคำนวณที่ผ่านมาจะได้วงจรจ่ายไฟเลี้ยงดังรูปที่ 3.32



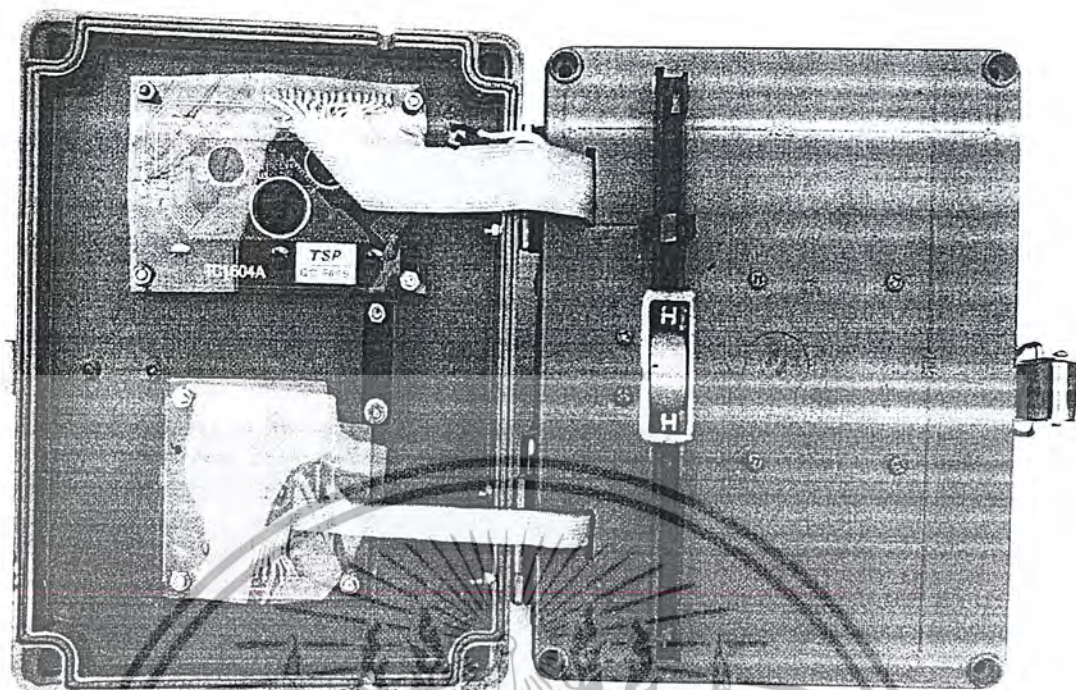
รูปที่ 3.32 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงของโครงการ

เนื้อหาในบทที่ 3 นี้ที่ได้กล่าวมาจะเป็นการวิเคราะห์และออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ทั้งหมดของโครงการ ซึ่งได้นำไปดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว ซึ่งรูปลักษณะของเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือจะแสดงไว้ดังรูปที่ 3.35-3.37

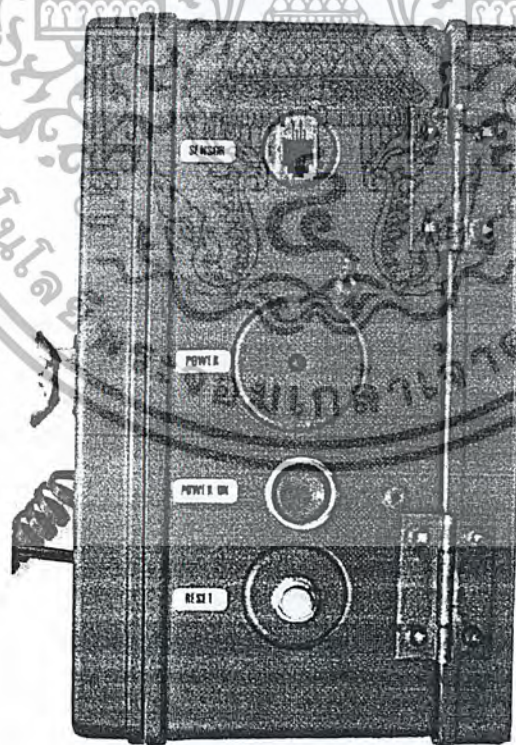


รูปที่ 3.35 รูปลักษณะด้านหน้าของเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 แสดงกลไกที่ใช้ในการบีบสายน้ำเกลือ



รูปที่ 3.37 แสดงรูปด้านข้างของตัวเครื่องและลักษณะการเชื่อมต่อชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองที่ได้ปฏิบัตินี้ เป็นการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องให้น้ำเกลือว่ามี ความเที่ยงตรงมากเพียงใด โดยเป็นการทดลองออกเป็น 3 หัวข้อ คือ

1. การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด
2. การทดสอบความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด
3. การทดสอบหาความเที่ยงตรงของอัตราหยดเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

ซึ่งรายละเอียดของการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราหยดต่ออัตราที่กำหนด

4.1.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทดลองในหัวข้อนี้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องที่สามารถควบคุม อัตราการหยดของน้ำเกลือว่าได้ตรงตามที่ใช้กำหนดได้หรือไม่

4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. คิดตั้งและเปิดเครื่องควบคุมให้น้ำเกลือ
2. นำชุดให้น้ำเกลือติดตั้งเข้ากับเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติ
3. ตั้งค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ โดยหาเวลาจาก

$$\text{เวลา} = \frac{\text{ปริมาตร} \times 15}{\text{อัตราหยด}} \quad \text{นาที}$$

4. จับเวลาตั้งแต่น้ำเกลือหยดแรกหยด จากนั้นบันทึกที่น้ำเกลือหยดทุกๆ 1 นาที ภายใน ระยะเวลา 10 นาที
5. เพิ่มค่าอัตราการหยดขึ้นทีละ 5 หยด/นาที จนถึงค่า 100 หยด/นาที แล้วทำการบันทึก เช่นเดียวกับข้อ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

อัตราหยุด \n นาฬิกา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	8	4	5	6	5	5	5	5	5	5
10	13	12	10	10	11	13	12	12	10	11
15	17	15	15	16	15	15	17	15	16	17
20	15	21	21	22	22	21	21	21	21	21
25	19	25	24	26	26	26	26	28	26	26
30	37	31	31	32	31	31	31	32	30	30
35	28	37	36	36	36	36	37	37	36	36
40	43	42	42	43	42	42	43	42	43	41
45	43	45	48	47	47	48	46	45	47	47
50	29	36	52	53	51	53	52	52	52	53
55	49	57	58	57	57	57	56	57	56	55
60	42	54	60	62	64	60	66	61	63	64
65	34	40	61	67	68	65	67	63	65	67
70	44	54	72	69	69	72	68	70	70	66
75	45	52	71	79	80	80	80	82	83	80
80	56	60	84	82	77	85	82	84	86	85
85	63	70	90	85	83	87	85	88	89	88
90	65	72	93	97	96	94	94	92	92	95
95	59	66	79	100	102	96	98	104	103	104
100	65	79	84	90	106	108	113	114	115	113

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด

4.2.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทดลองในหัวข้อนี้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องที่สามารถควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือว่าได้ตรงตามที่ใช้กำหนดได้หรือไม่

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งและเปิดเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ
2. นำชุดให้น้ำเกลือ ติดตั้งเข้ากับเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติ
3. ตั้งค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ โดยหาเวลาจากสมการ

$$\text{เวลา} = \frac{\text{ปริมาตร}}{15 \text{ นาที}}$$
4. จับเวลาตั้งแต่ให้น้ำเกลือหยดแรก จากนั้นบันทึกจำนวนครั้งที่น้ำเกลือหยดทุกๆ นาที ภายในเวลา 10 นาที แล้วคำนวณหาค่าปริมาตรจากสมการ

$$\text{ปริมาตร} = \frac{\text{จำนวนหยด}}{15 \text{ นาที}}$$
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4 โดยเพิ่มค่าปริมาตรที่ละ 0.5 cc/นาที จนถึง 6.5 cc/นาที

4.2.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองในหัวข้อนี้ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

นาที่ที่ ปริมาตร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	0.48	0.53	0.53	0.47	0.47	0.54	0.53	0.53	0.53	0.47
1	1.00	1.07	1.00	1.07	1.27	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00
1.5	1.07	1.33	1.47	1.60	1.33	1.60	1.53	1.60	1.60	1.53
2	2.20	2.13	2.07	2.07	2.07	2.13	2.07	2.07	1.60	1.73
2.5	1.53	2.67	2.47	2.53	2.53	2.47	2.67	2.60	2.67	2.47
3	2.53	3.07	3.07	3.13	3.13	3.13	2.93	3.13	3.13	3.00
3.5	3.33	3.60	3.53	3.67	3.60	3.67	3.60	3.60	3.60	3.47
4	1.87	3.60	4.00	4.13	4.27	4.00	4.40	4.07	4.20	4.27
4.5	2.00	4.33	4.67	4.47	4.67	4.80	4.73	4.87	4.67	4.67
5	4.13	5.20	5.20	5.13	5.20	5.40	5.33	5.27	5.27	5.47
5.5	1.33	4.00	5.87	5.87	6.27	6.27	6.27	5.87	5.07	5.47
6	2.27	4.53	6.53	6.93	7.20	6.93	6.53	6.80	6.80	6.80
6.5	2.67	3.33	6.13	6.87	7.33	7.40	7.07	7.47	7.20	7.47

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความเที่ยงตรงของปริมาตรต่ออัตราที่กำหนด

4.3 การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราการหยดเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

4.3.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทดลองในหัวข้อนี้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องที่สามารถควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือว่าได้ตรงตามที่ผู้ใช้กำหนดได้หรือไม่ ในกรณีที่ปริมาตรเริ่มต้นของน้ำเกลือมีค่าต่างกัน

4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งและเปิดเครื่องควบคุมให้น้ำเกลือ

2. นำรอกให้น้ำเกลือ ติดตั้งเข้ากับเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของโรงพยาบาลสุราษฎร์ธานี หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตั้งค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ โดยหาเวลาจากสมการ

$$\text{เวลา} = \frac{\text{ปริมาตร}}{15} \quad \text{นาที}$$

โดยเริ่มต้นที่ 5 หยด/นาที ซึ่งค่าปริมาตรเริ่มต้น ตั้งไว้ที่ค่า 100, 200, 300, 400, 500 cc ตามลำดับ

4. ที่แต่ละปริมาตรเริ่มต้นทำการบันทึกค่าจำนวนหยดของน้ำเกลือทุกๆ 1 นาทีภายในระยะเวลา 5 นาที (ทดลองที่สภาวะคงที่ (Steady state))
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และ ข้อ 4 แต่เปลี่ยนอัตราการหยดเป็น 20, 40, 60, 80 และ 100

4.2.3 ผลการทดลอง

ผลการทดลองจากการทดลองในหัวข้อนี้ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

ปริมาตรที่กำหนด	ปริมาตรเริ่มต้น	นาทีที่				
		1	2	3	4	5
5	100	5	5	5	5	5
	200	5	5	5	5	5
	300	5	5	5	5	5
	400	5	5	5	5	5
	500	5	5	5	5	5
20	100	20	20	20	20	20
	200	21	21	20	20	20
	300	20	20	20	20	20
	400	20	21	20	20	20
	500	20	19	20	20	20
40	100	40	40	41	40	40
	200	40	41	40	39	40
	300	40	41	40	40	41
	400	40	40	40	40	41
	500	41	41	40	40	41

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการหยดของน้ำเกลือเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของภาควิชาการพยาบาลผู้ใหญ่และเด็ก โรงพยาบาลศิริราช การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรที่กำหนด	ปริมาตรเริ่มต้น	นาที่ที่				
		1	2	3	4	5
60	100	61	61	60	61	60
	200	62	62	61	60	61
	300	58	59	60	60	61
	400	60	62	62	62	61
	500	60	61	61	61	62
80	100	80	85	83	84	83
	200	85	84	84	86	85
	300	83	85	83	84	85
	400	84	85	87	85	86
	500	85	83	84	83	83
100	100	110	116	114	118	118
	200	115	113	116	114	115
	300	114	113	115	116	115
	400	112	115	116	114	115
	500	112	110	113	112	114

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการหยดของน้ำเกลือเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแบ่งตามหัวข้อทำการทดลองได้ดังนี้

5.1 การทดสอบความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

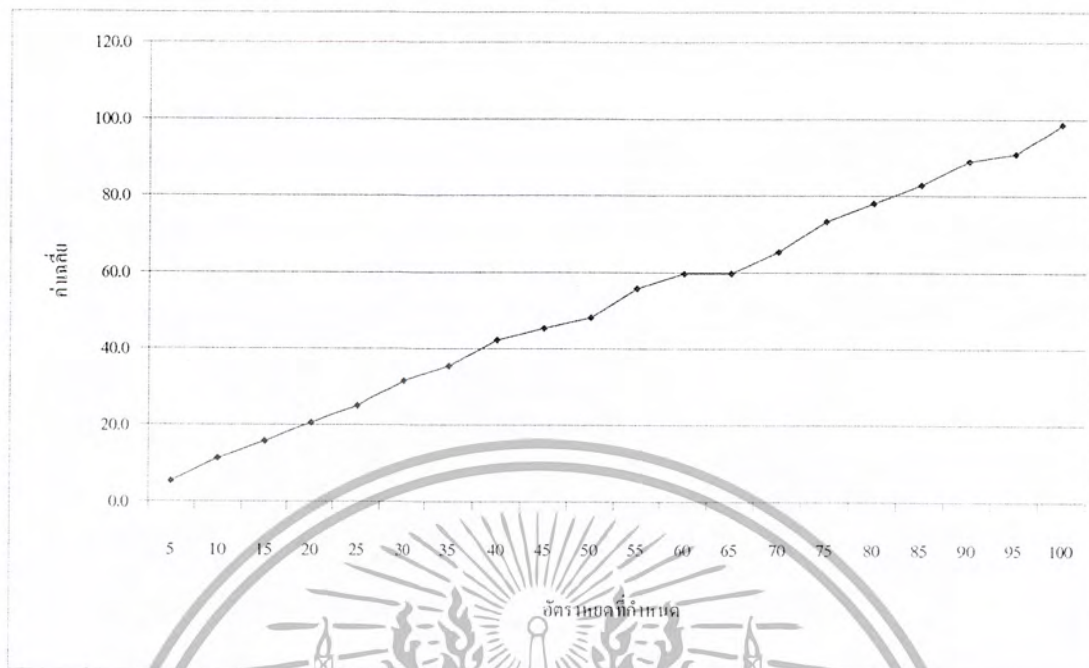
จากข้อมูลของการทดลองในตารางที่ 4.1 ทำการคำนวณหาค่าอัตราหยุดเฉลี่ย (Average), ความเบี่ยงเบน (Deviation), ความผิดพลาดเฉลี่ย (Average error) ของแต่ละค่า จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (Percent average error) และความเที่ยงตรง (Accuracy) ของการทำงานของเครื่องจะได้ดังตารางที่ 5.1-5.3 แสดงอยู่ในรูปของกราฟดังรูปที่ 5.1-5.4 ซึ่งค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนหาได้จากสมการ

$$\text{Average} = \frac{\sum x_n}{n}, \quad \text{Deviation} = \sqrt{\frac{\sum (x_n - \bar{x})^2}{n-1}}$$

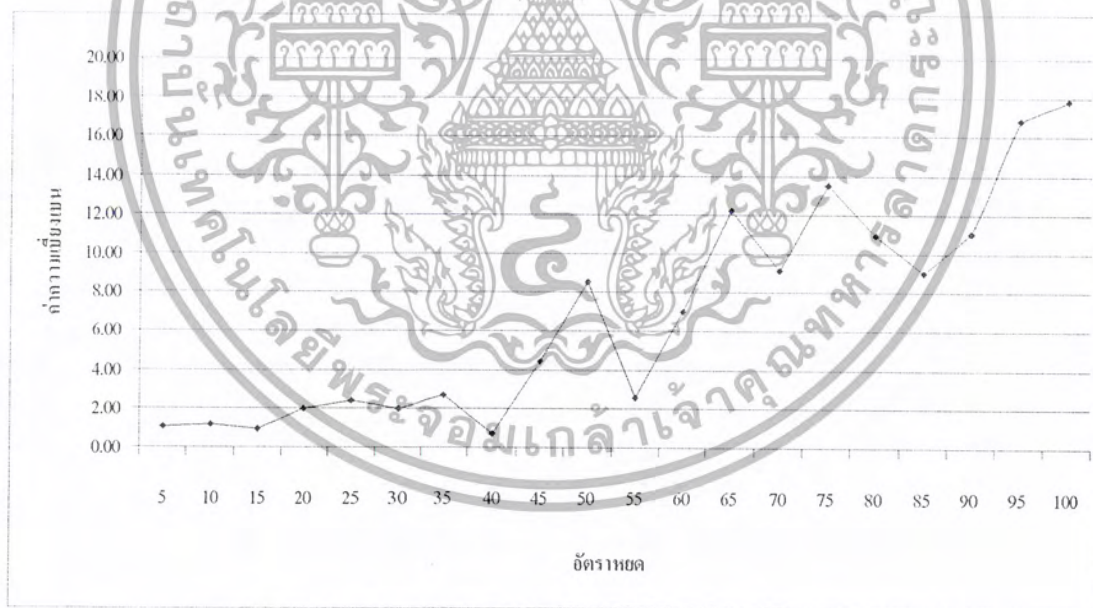
อัตราหยุด (Rate)	ค่าเฉลี่ย (average)	ความ เบี่ยงเบน (deviation)	อัตราหยุด (Rate)	ค่าเฉลี่ย (average)	ความ เบี่ยงเบน (deviation)
5	5.3	1.06	55	55.9	2.56
10	11.4	1.17	60	59.6	7.00
15	15.8	0.92	65	59.7	12.23
20	20.6	2.01	70	65.4	9.13
25	25.2	2.39	75	73.2	13.51
30	31.6	2.01	80	78.1	10.93
35	35.5	2.68	85	82.8	8.99
40	42.3	0.67	90	89.0	11.05
45	45.3	4.45	95	91.1	16.84
50	48.3	8.51	100	98.7	17.84

ตารางที่ 5.1 แสดงผลค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนของการทดลองความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยที่อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนที่อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

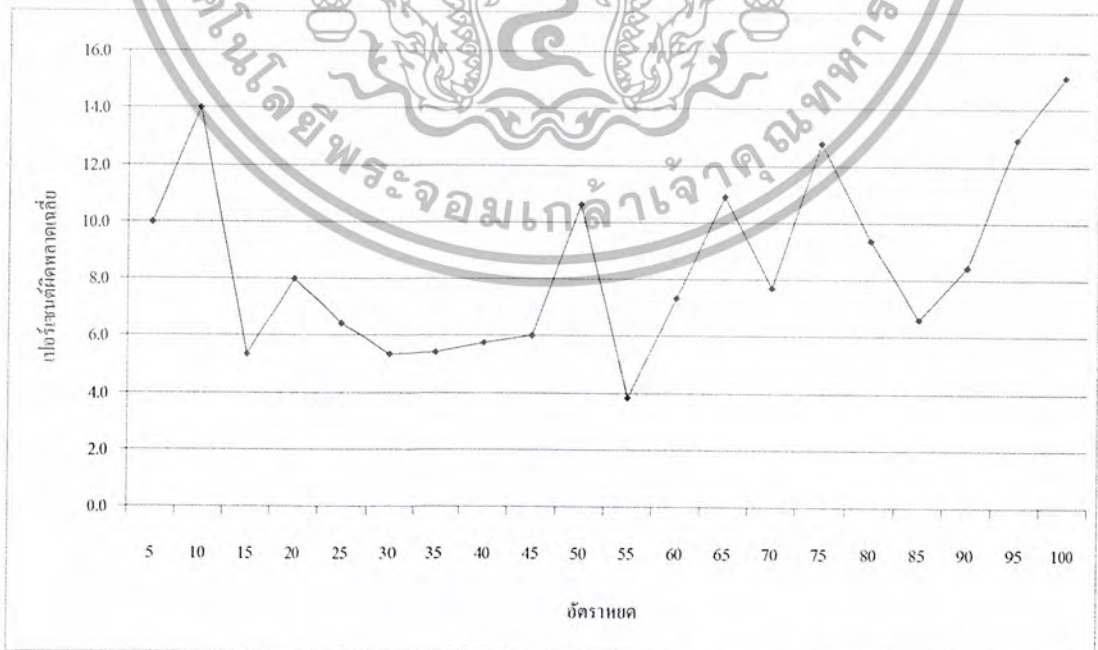
นาฬิกาที่ อัตราหยุด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	60.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	30.0	20.0	0.0	0.0	10.0	30.0	20.0	20.0	0.0	10.0
15	13.3	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	13.3	0.0	6.7	13.3
20	25.0	5.0	5.0	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
25	24.0	0.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	12.0	4.0	4.0
30	23.3	3.3	3.3	6.7	3.3	3.3	3.3	6.7	0.0	0.0
35	20.0	5.7	2.9	2.9	2.9	2.9	5.7	5.7	2.9	2.9
40	7.5	5.0	5.0	7.5	5.0	5.0	7.5	5.0	7.5	2.5
45	26.7	0.0	6.7	4.4	4.4	6.7	2.2	0.0	4.4	4.4
50	42.0	28.0	4.0	6.0	2.0	6.0	4.0	4.0	4.0	6.0
55	10.9	3.6	5.5	3.6	3.6	3.6	1.8	3.6	1.8	0.0
60	30.0	10.0	0.0	3.3	6.7	0.0	10.0	1.7	5.0	6.7
65	47.7	38.5	6.2	3.1	4.6	0.0	3.1	3.1	0.0	3.1
70	37.1	22.9	2.9	1.4	1.4	2.9	2.9	0.0	0.0	5.7
75	40.0	30.7	5.3	5.3	6.7	6.7	6.7	9.3	10.7	6.7
80	30.0	25.0	5.0	2.5	3.8	6.3	2.5	5.0	7.5	6.3
85	25.9	17.6	5.9	0.0	2.4	2.4	0.0	3.5	4.7	3.5
90	27.8	20.0	3.3	7.8	6.7	4.4	4.4	2.2	2.2	5.6
95	37.9	30.5	16.8	5.3	7.4	1.1	3.2	9.5	8.4	9.5
100	35.0	21.0	16.0	10.0	6.0	8.0	13.0	14.0	15.0	13.0

ตารางที่ 5.2 แสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

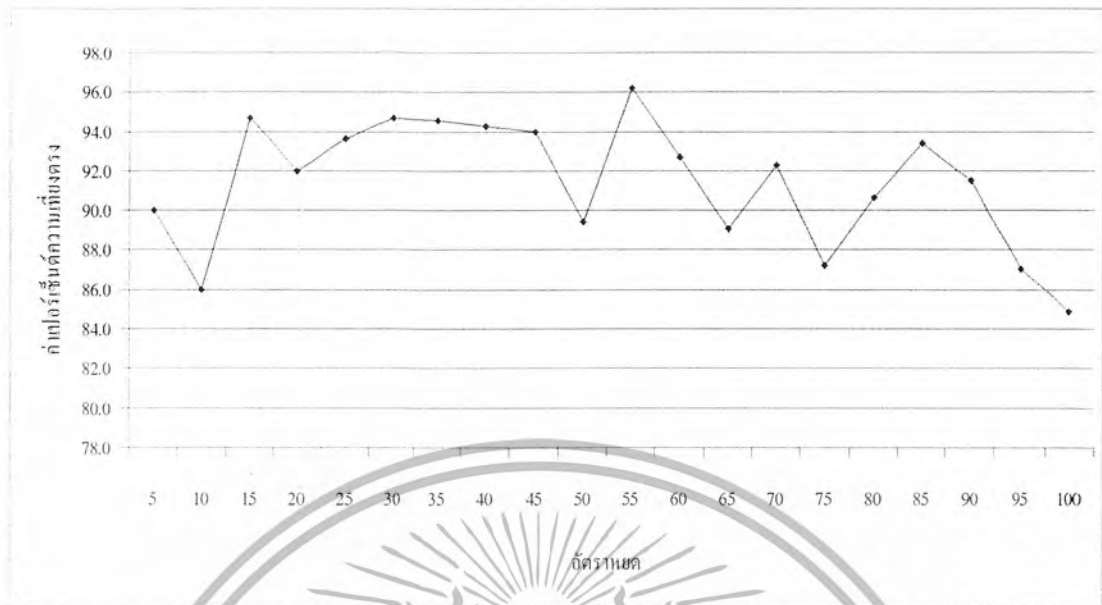
อัตราหยุด (Rate)	ความผิดพลาด Average error.(%)	ความเที่ยงตรง Accuracy.(%)	อัตราหยุด (Rate)	ความผิดพลาด Average error.(%)	ความเที่ยงตรง Accuracy.(%)
5	10.0	90.0	55	3.8	96.2
10	14.0	86.0	60	7.3	92.7
15	5.3	94.7	65	10.9	89.1
20	8.0	92.0	70	7.7	92.3
25	6.4	93.6	75	12.8	87.2
30	5.3	94.7	80	9.4	90.6
35	5.4	94.6	85	6.6	93.4
40	5.8	94.3	90	8.4	91.6
45	6.0	94.0	95	12.9	87.1
50	10.6	89.4	100	15.1	84.9

ตารางที่ 5.3 แสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยของการทดลองความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยที่อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายกเว้นนั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงเฉลี่ยที่อัตราหยุดต่ออัตราที่กำหนด

5.2 การทดสอบความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด

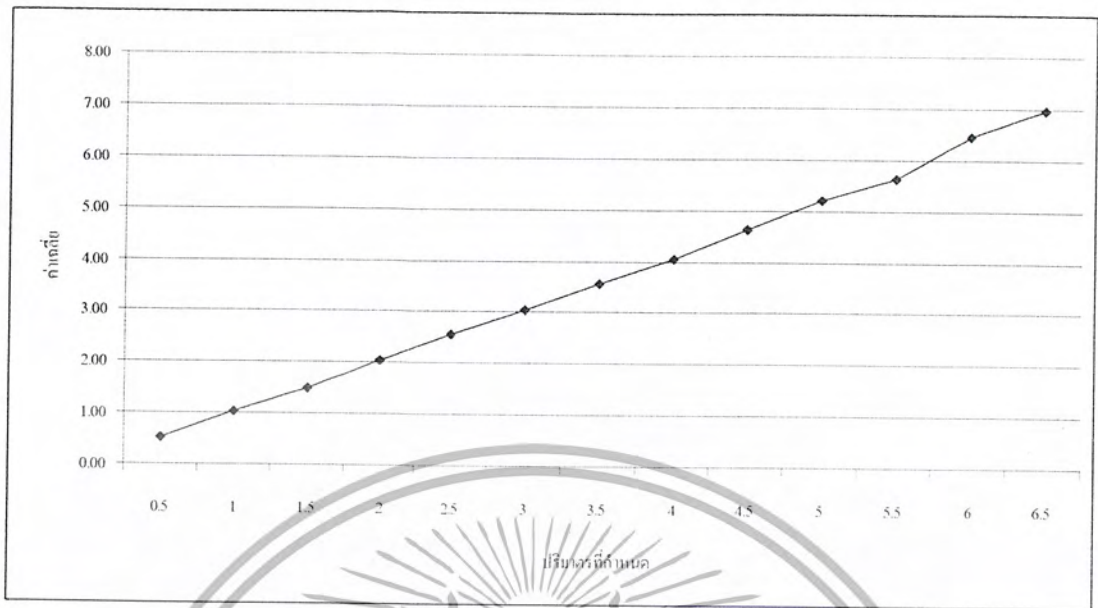
5.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลของการทดลองในตารางที่ 4.2 ทำการคำนวณหาค่าปริมาตรเฉลี่ย, ความเบี่ยงเบน, ความผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละค่า จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและความเที่ยงตรงของการทำงานของเครื่องจะ ได้ดังตารางที่ 5.4 – 5.6 แสดงอยู่ในรูปของกราฟดังรูปที่ 5.5 -5.8

ปริมาตร (Volume)	ค่าเฉลี่ย (Average)	ค่าเบี่ยงเบน (Deviation)	ปริมาตรเฉลี่ย (Volume)	ค่าเบี่ยงเบน (Average)	ค่าเบี่ยงเบน (Deviation)
0.5	0.51	0.03	4	4.05	0.27
1	1.03	0.09	4.5	4.61	0.19
1.5	1.50	0.12	5	5.21	0.23
2	2.05	0.09	5.5	5.62	0.34
2.5	2.56	0.09	6	6.44	0.54
3	3.05	0.11	6.5	6.95	0.53
3.5	3.57	0.10			

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนของการทดลองความเที่ยงตรงของอัตราหยุดต่อ

เอกสารนี้เป็น **อัตราที่กำหนด** สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าปริมาณเฉลี่ยต่อปริมาณที่กำหนด



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าความเบี่ยงเบนของปริมาณต่อปริมาณที่กำหนด

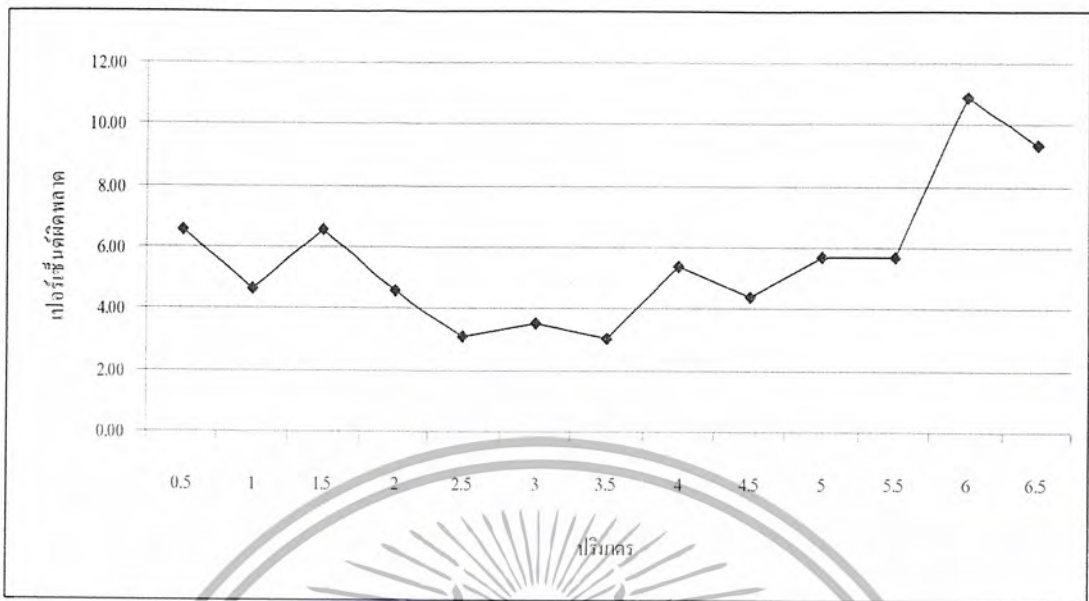
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที่ที่ ปริมาตร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	4.00	6.67	6.67	6.67	6.67	8.00	6.67	6.67	6.67	6.67
1	0.00	6.67	0.00	6.67	26.67	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00
1.5	10.00	11.11	2.22	6.67	11.11	6.67	2.22	6.67	6.67	2.22
2	5.00	6.67	3.33	3.33	3.33	6.67	3.33	3.33	8.00	2.50
2.5	0.00	6.67	1.33	1.33	1.33	1.33	6.67	4.00	6.67	1.33
3	6.67	2.22	2.22	4.44	4.44	4.44	2.22	4.44	4.44	0.00
3.5	4.76	2.86	0.95	4.76	2.86	4.76	2.86	2.86	2.86	0.95
4	10.50	10.00	0.00	3.33	6.67	0.00	10.00	1.67	5.00	6.67
4.5	4.89	3.70	3.70	0.74	3.70	6.67	5.19	8.15	3.70	3.70
5	7.60	4.00	4.00	2.67	4.00	8.00	6.67	5.33	5.33	9.33
5.5	7.27	2.18	6.67	6.67	4.36	8.00	6.55	6.67	7.88	0.61
6	10.00	7.83	8.89	10.33	5.83	13.67	12.33	13.33	13.33	13.33
6.5	4.00	2.46	5.64	5.64	12.82	13.85	8.72	14.87	10.77	14.87

ตารางที่ 5.5 แสดงผลค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของปริมาตรที่กำหนดในช่วงเวลาที่ทดลอง

ปริมาตร (Volume)	ความผิดพลาด	ความเที่ยงตรง Accuracy (%)	ปริมาตร (Volume)	ความผิดพลาด	ความเที่ยงตรง Accuracy (%)
	Average Error (%)			Average Error (%)	
0.5	6.53	93.47	4	5.38	94.62
1	4.67	95.33	4.5	4.41	95.59
1.5	6.56	93.44	5	5.69	94.31
2	4.55	95.45	5.5	5.68	94.32
2.5	3.07	96.93	6	10.89	89.11
3	3.56	96.44	6.5	9.36	90.64
3.5	3.05	96.95	-	-	-

ตารางที่ 5.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงของปริมาตรต่อปริมาตรที่กำหนด

5.3 การทดสอบหาความเที่ยงตรงของอัตราหาค่าเมื่อปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

จากข้อมูลการทดลองในตารางที่ 4.3 นำค่าของจำนวนหาค่าแต่ละค่าที่มีค่าปริมาตรเริ่มต้นต่างกันมาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ซึ่งจากการพล็อตจะได้ดังรูปที่ 5.9 – 5.14 ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละอัตราหาค่าที่ปริมาตรเริ่มต้นทุกค่า จากนั้นคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยรวม (Total average error) เพื่อใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพซึ่งจะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณที่กำหนด	ปริมาณเริ่มต้น	ปริมาณเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดรวม
5	100	5.0	0.00	0.000
	200	5.0	0.00	
	300	5.0	0.00	
	400	5.0	0.00	
	500	5.0	0.00	
20	100	20.0	0.00	0.800
	200	20.4	2.00	
	300	20.0	0.00	
	400	20.2	1.00	
	500	19.8	1.00	
40	100	40.2	0.50	0.700
	200	40.0	0.00	
	300	40.4	1.00	
	400	40.2	0.50	
	500	40.6	1.50	
60	100	60.6	1.00	1.533
	200	61.2	2.00	
	300	59.6	0.67	
	400	61.4	2.33	
	500	61.0	1.67	
80	100	83.0	3.75	5.200
	200	84.8	6.00	
	300	84.0	5.00	
	400	85.4	6.75	
	500	83.6	4.50	
100	100	115.2	15.20	14.200
	200	114.6	14.60	
	300	114.6	14.60	
	400	114.4	14.40	
	500	112.2	12.20	

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของอัตราหยดที่ปริมาณเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

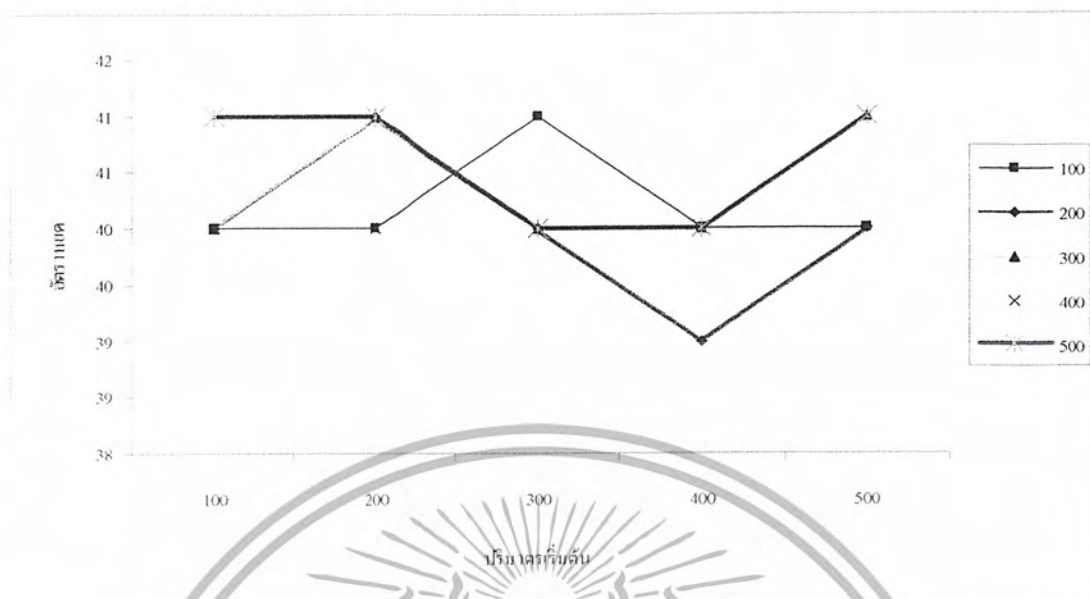
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.7 นั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของแต่ละอัตราหดยมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันระหว่างค่าปริมาตรเริ่มต้นทุกค่า เพื่อวิเคราะห์หาความเชื่อถือได้ (Reliability) ซึ่งผลจากการพล็อตกราฟ แสดงได้ดังรูปที่ 5.9 – 5.14

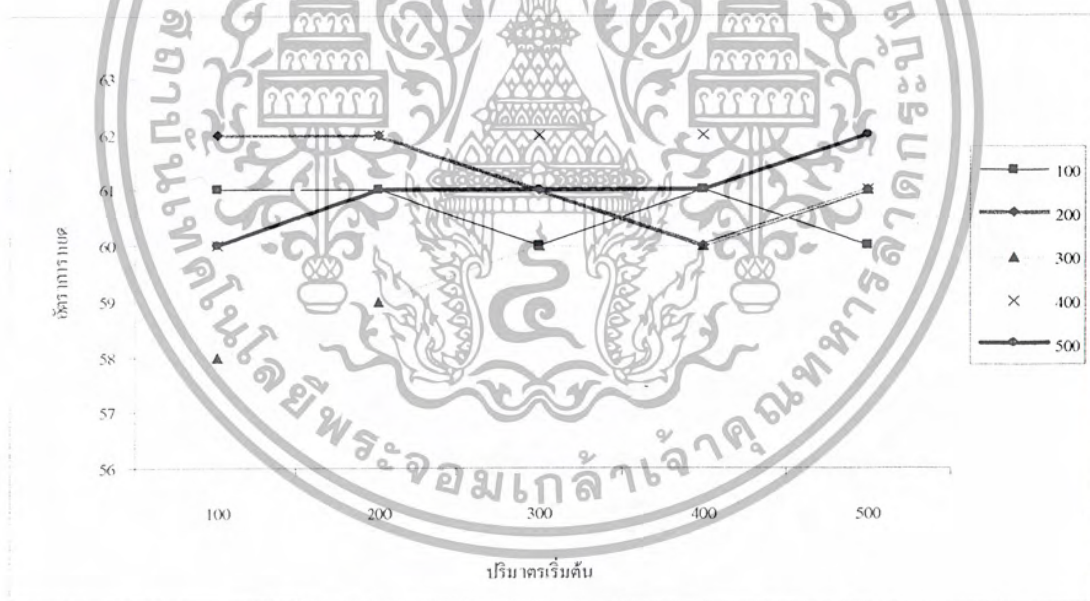


รูปที่ 5.10 อัตราหดยที่ 20 หยด/นาที่ ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

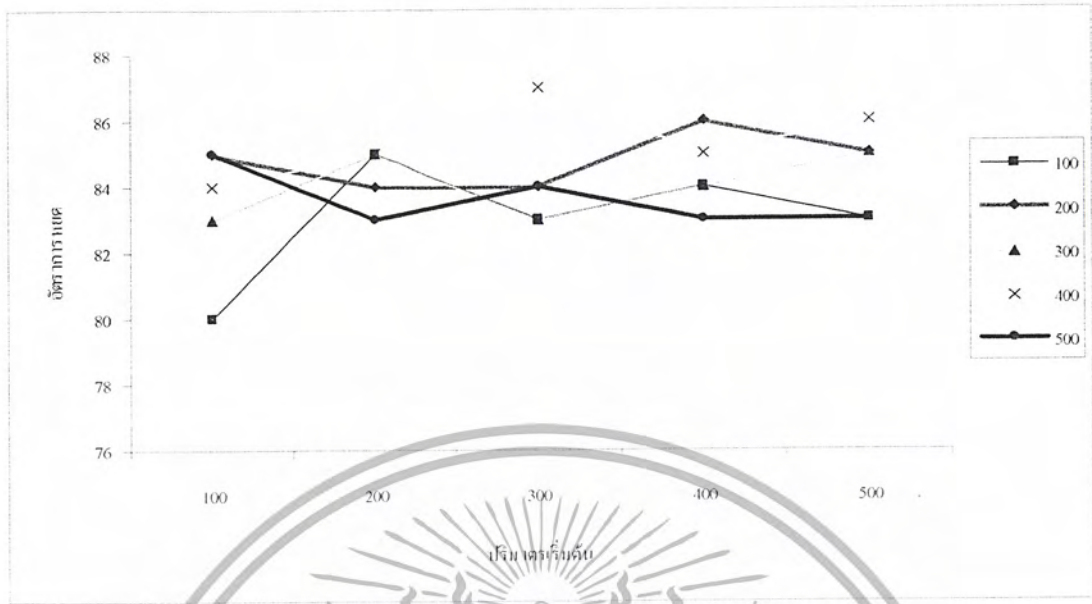


รูปที่ 5.11 อัตราขาดที่ 40 หยด/นาที่ ที่ปริมาณเริ่มต้นมีค่าต่างกัน



รูปที่ 5.12 อัตราขาดที่ 60 หยด/นาที่ ที่ปริมาณเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 อัตราหยุดที่ 80 หยด/นาที ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน



รูปที่ 5.14 อัตราหยุดที่ 100 หยด/นาที ที่ปริมาตรเริ่มต้นมีค่าต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง อุปกรณ์ ปัญหา และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์การทดลองในบทที่ 5 สามารถสรุปข้อมูลของเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือได้เป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1. จากตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือสามารถให้น้ำเกลือให้มีค่าที่เที่ยงตรงได้ เมื่อเวลาผ่านไปจนเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยที่ช่วงเวลาเริ่มต้นประมาณ 1 – 3 นาทีแรก ความผิดพลาดจะมีค่าสูง
2. ค่าเบี่ยงเบนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกำหนดให้มีอัตราการหยดที่สูงขึ้น โดยเฉพาะตั้งแต่ที่อัตรา 60 หยด/นาที
3. ค่าความเที่ยงตรงจะมีค่าสูงกว่า 90 % ที่อัตราหยดต่ำกว่า 70 หยด/นาที
4. เมื่อทำการวิเคราะห์โดยปริมาตร ความเที่ยงตรงจะมีค่าเชื่อถือได้สูงกว่าปริมาณ 95 % ที่อัตราโดยปริมาตร และมีความเที่ยงตรงลดลงที่อัตราโดยปริมาตร 3.5 cc/นาที และจะลดลงที่อัตราโดยปริมาตรสูงกว่า 6 cc/นาที
5. จากการพล็อตกราฟดังรูปที่ 5.9 – 5.14 แสดงให้เห็นว่าเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือสามารถควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือให้เท่ากันได้แม้ปริมาตรเริ่มต้นจะมีค่าต่างกัน

6.2 ปัญหา อุปกรณ์ และข้อเสนอแนะ

ปัญหาและที่เกิเกิดขึ้นในการดำเนินโครงการมีดังต่อไปนี้

1. ในการออกแบบวงจรหรือวงกลไกอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบในส่วนที่ทำการออกแบบจะหาซื้อได้ยาก หรือถ้าจะทำการขึ้นรูปเอง ก็จะได้ไม่ตรงตามที่ต้องการ
2. ในส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ของโครงการ โดยเฉพาะชุดบิบสายน้ำเกลือค่อนข้างจะใช้เวลาและต้องทดลองหลายวิธีเพราะว่าความไม่แน่นอนและแข็งแรงของกลไกจึงทำให้ต้องดำเนินการในส่วนนี้ซ้ำๆ หลายครั้ง
3. งบประมาณในการจัดทำโครงการมีงบที่จำกัด และการเบิกรับเงินค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ในการทำโครงการไม่มีการชี้แจงที่ชัดเจนมากนักจากภาควิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาที่ได้ประสบในการจัดทำโครงการ วิธีนี้ได้กระทำเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นมีดังต่อไปนี้

1. ในการออกแบบจะให้เลือกอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในท้องตลาด
2. ให้จัดหาอุปกรณ์ก่อนแล้วจึงออกแบบภายหลัง โดยใช้คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้
3. พยายามหาแหล่งวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องการใช้จากหลายๆแหล่งเพื่อให้มีทางเลือกที่หลากหลายในการตัดสินใจ จากนั้นวางแผนโครงการให้สอดคล้องกับวัสดุและอุปกรณ์ที่มีอยู่และดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ใกล้เคียงตัวให้เป็นประโยชน์
4. การลงมือดำเนินโครงการต้องลดความผิดพลาดหรือทำให้มีความแม่นยำ ตามที่คำนวณมากที่สุด ดังนั้นการดำเนินงานต้องมีความระมัดระวังและปฏิบัติให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

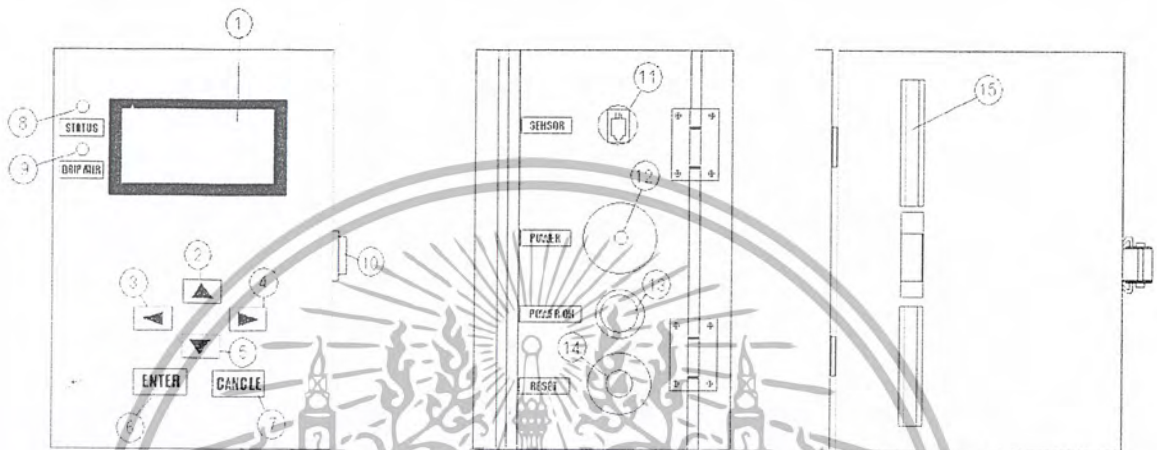


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่องให้น้ำเกลืออัตโนมัติ (Saline Dripping Control Manual)

รูปลักษณะของเครื่องให้น้ำเกลือ



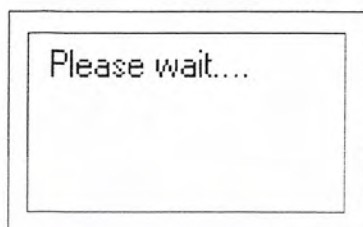
หมายเลข

- 1 จอแสดงผลการทำงาน
- 2-5 ปุ่มกดใช้ในการเลือกเมนู และตั้งค่า
- 6 ปุ่ม ENTER เพื่อเลือกเมนู หรือค่าที่ตั้ง
- 7 ปุ่ม CANCEL ใช้ในการยกเลิก
- 8 LED STATUS แสดงผลการทำงานหรือแจ้งเตือน
- 9 LED แสดงการหยดของน้ำเกลือ (สีเขียว) และ มีฟองอากาศในสายน้ำเกลือ (สีแดง)
- 10 ที่ล๊อคฝาเครื่อง
- 11 ช่องเสียบสำหรับชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ
- 12 LED แสดงไฟเลี้ยง
- 13 ปุ่มเปิดเครื่อง
- 14 ปุ่มรีเซต เมื่อเครื่องไม่ตอบสนอง
- 15 รางใส่สายน้ำเกลือ
- 16 ชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งาน

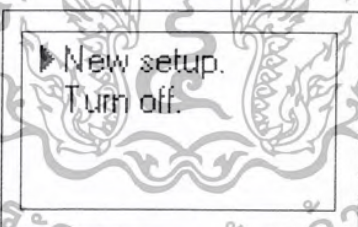
1. เสียบปลั๊กไฟฟ้าแล้วกดปุ่ม POWER ON (1) สังกัด LED POWER และ LED (12) จะติด หน้าจอแสดงคำว่า "Please wait..." LED STATUS (8) จะติดสว่าง



2. ถ้าหากไม่มีการขัดข้องใดๆ หน้าจอแสดงผลจะให้ตั้งค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่ต้องการให้กับผู้ป่วย โดยกดปุ่ม (2) เมื่อต้องการเพิ่มค่า, (5) เมื่อต้องการลดค่า, (3) เลื่อนตำแหน่งไปทางซ้าย, (4) เลื่อนตำแหน่งไปทางขวา กดปุ่ม ENTER (6) เมื่อได้ค่าที่ต้องการ



- ถ้าต้องการตั้งค่าใหม่หรือปิดเครื่อง กดปุ่ม CANCEL (7)



3. ตั้งค่าเวลาที่ต้องการให้น้ำเกลือ โดยใช้ปุ่มหมายเลข 2 -5 ร่วมกันเช่นเดียวกันกับ การตั้งค่าปริมาตรของน้ำเกลือ



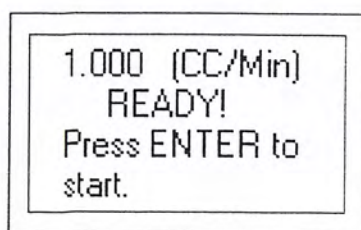
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำสายน้ำเกลือใส่เข้ากับรางใส่สายน้ำเกลือ (15) โดยให้สายน้ำเกลือมีลักษณะเป็นเส้นตรง (ขั้นตอนนี้อาจจะปฏิบัติตอนเริ่มต้นก็ได้) ปิดฝาเครื่องให้เรียบร้อย ตั้งเกดไฟ LED DRIP/AIR (9) ต้องไม่สว่าง

5. นำชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือสวมเข้ากับกระเปาะน้ำเกลือ โดยให้ชุดตรวจจับอยู่กึ่งกลางกระเปาะ และเสียบหัวเสียบเข้ากับช่องสำหรับชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือ (11) ถ้าไม่ได้เสียบชุดตรวจหยดน้ำเกลือ LED DRIP/AIR จะสว่างเป็นสีเขียว

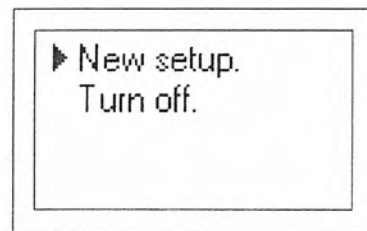
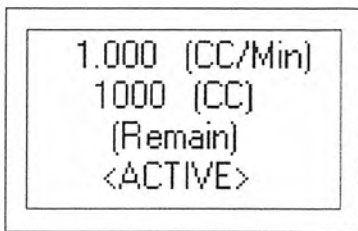


6. เครื่องอยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน โดย LED STATUS จะติดสว่างหน้าจอแสดงผลจะแสดงดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กดปุ่ม ENTER เพื่อให้เครื่องเริ่มปล่อยน้ำเกลือหรือกดปุ่ม CANCEL ค้างไว้จนกว่าจอแสดงผลจะแสดงเมนู



เมื่อกดปุ่ม ENTER

เมื่อกดปุ่ม CANCEL

8. ในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ถ้าต้องการยกเลิกการทำงาน ให้กดปุ่ม CANCEL จอแสดงผลจะแสดงเมนู

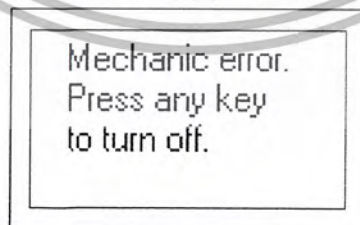


9. จากเมนูเลือกรายการที่ต้องการทำ

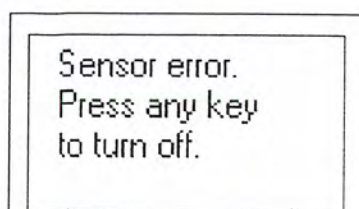
- Continue. ให้เครื่องทำการปล่อยน้ำเกลือต่อ
- New setup. ตั้งค่าใหม่
- Stand by. เครื่องจะ ไปรอรับคำสั่งเพื่อทำงานต่อ
- Turn off. เมื่อต้องการปิดเครื่อง

ลักษณะข้อผิดพลาดต่าง ๆ (Error)

1. กลไกผิดพลาด (Mechanical Error)



2. ชุดตรวจจับหยดน้ำเกลือผิดพลาด (Sensor Error)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สายน้ำเกลือผิดพลาด (Saline Error)

Saline error
Press any key to
continue.

4. ไม่ได้ตั้งค่า (Undefined Value)

Undefined value.
Press any key to
continue.

5. กำหนดค่าที่เกินขอบเขตการควบคุม (Over range error)

Over range error
Press any key to
continue.

6. มีฟองอากาศในสายน้ำเกลือ (Air Detected)

Air detected.
Press any key to
continue.

7. น้ำเกลือหมด (Fluid Empty)

Fluid empty.
Press any key to
continue.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะข้อผิดพลาด	คำอธิบาย	ลักษณะเสียงเตือน	LED STATUS	ข้อปฏิบัติ
1.	สาเหตุเนื่องมาจากเครื่องไม่สามารถตรวจเช็คตำแหน่งของกลไกได้ ทำให้ไม่สามารถจะใช้งานเครื่องได้	เสียงดังต่อเนื่อง	สว่างค้าง	กดปุ่มใดๆเพื่อปิดเครื่อง
2.	เครื่องไม่สามารถตรวจเช็คสัญญาณหยดน้ำเกลือได้ทำให้เครื่องไม่สามารถใช้งานได้	เสียงดังต่อเนื่อง	สว่างค้าง	กดปุ่มใดๆเพื่อปิดเครื่อง
3.	สาเหตุจากปิดฝาไม่สนิท หรือ สายน้ำเกลืออยู่ผิดตำแหน่ง	เสียงยาวเป็นระยะๆ	-	กดปุ่มใดๆ แล้วทำการจัดสายน้ำเกลือใหม่
4.	ไม่ได้กำหนดค่าของปริมาตรน้ำเกลือหรือเวลา	-	-	กดปุ่มใดๆไปยังเมนูและตั้งค่าใหม่
5.	การกำหนดอัตราการให้น้ำเกลืออยู่นอกเกินขอบเขตการควบคุม	-	-	กดปุ่มใดๆไปยังเมนูและตั้งค่าใหม่
6.	เครื่องตรวจพบว่ามีฟองอากาศในสายน้ำเกลือ	เสียงสั้น 2 ครั้งตามด้วยเสียงยาว 1 ครั้ง	กระพริบตามจังหวะของเสียงเตือน	กดปุ่มใดๆไปยังเมนู
7.	น้ำเกลือหมดหรือน้ำเกลือไม่หยดเป็นระยะเวลานานเกินผิดปกติ	เสียงยาวเป็นระยะๆ	สว่างค้าง	กดปุ่มใดๆไปยังเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำ

1. ไม่ควรใช้กับพื้นที่ที่มีแสงแดดความเข้มสูง
2. ขณะเครื่องทำงานไม่ควรเปิดฝาเครื่องเด็ดขาด
3. ถ้าหากเครื่องไม่ตอบสนองต่อคำสั่งใดๆ ให้กดปุ่ม RESET
4. ถ้าหากกดปุ่มแล้ว แต่เครื่องยังไม่ตอบสนองให้กดปุ่มค้างไว้ จนกว่าเครื่องจะตอบสนอง

ข้อมูลเครื่อง

กำลังไฟฟ้า	120 W
แรงดันไฟฟ้า	220 VAC, 50 Hz
ช่วงการควบคุม	0.333 -6.666 cc/นาที
	5 -100 หยด/นาที
ใช้กับขนาดของสายน้ำเกลือ	15 cc/หยด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

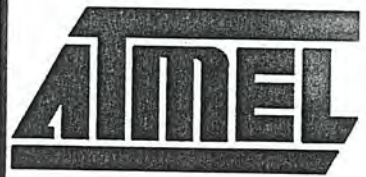
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
SPI Serial Interface for Program Downloading
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K bytes EEPROM
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8 bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16 bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low Power Idle and Power Down Modes
- Interrupt Recovery From Power Down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power Off Flag

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8 bit microcomputer with 8K bytes of Downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8 bit CPU with Downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of Downloadable Flash, 2K bytes EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two Data Pointers, three 16 bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The Downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a



8 bit
Microcontroller
with 8K bytes
Flash

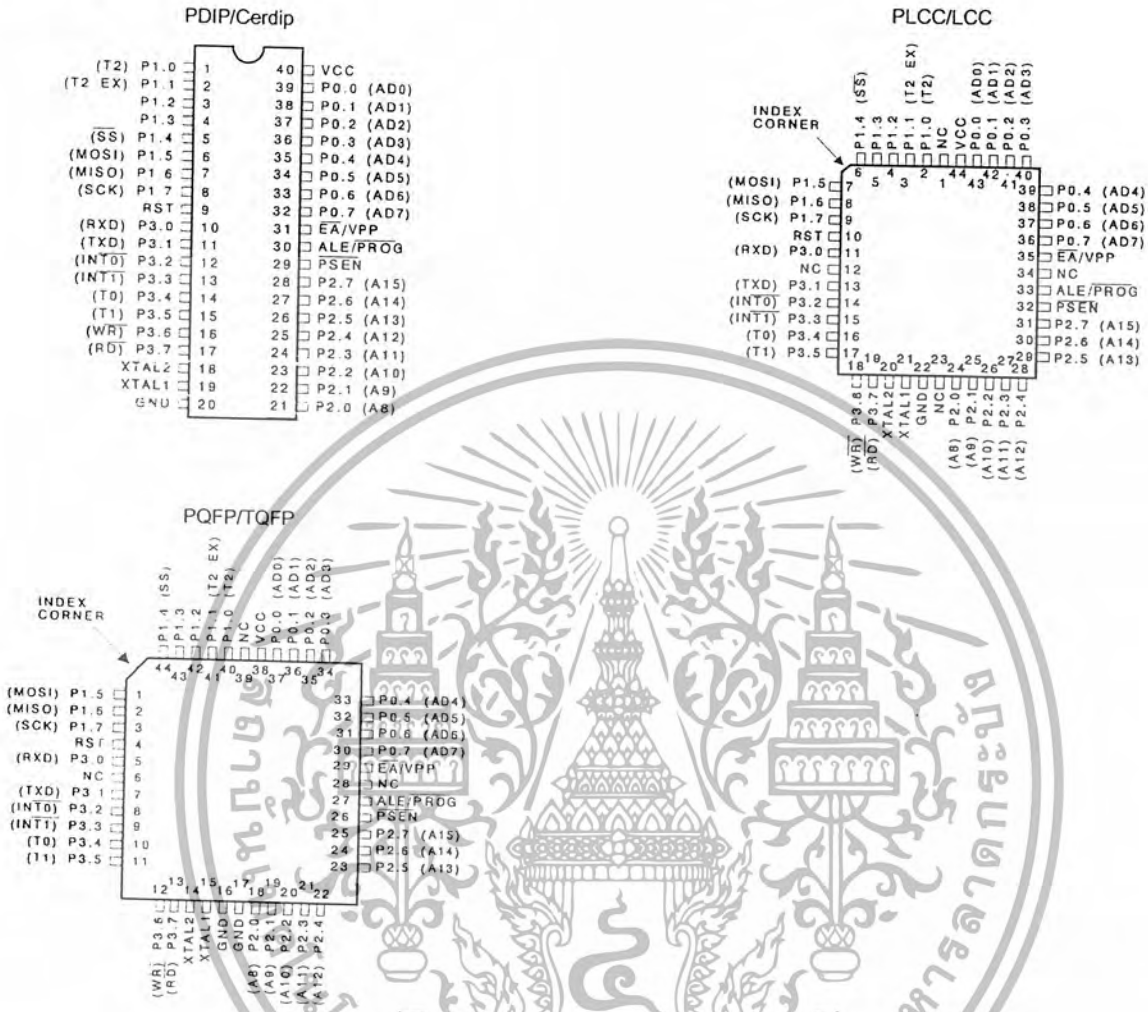
AT89S8252
Preliminary



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pin Configurations



Pin Description

- Vcc
Supply voltage.
- GND
Ground.
- Port 0

Port 0 is an 8 bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

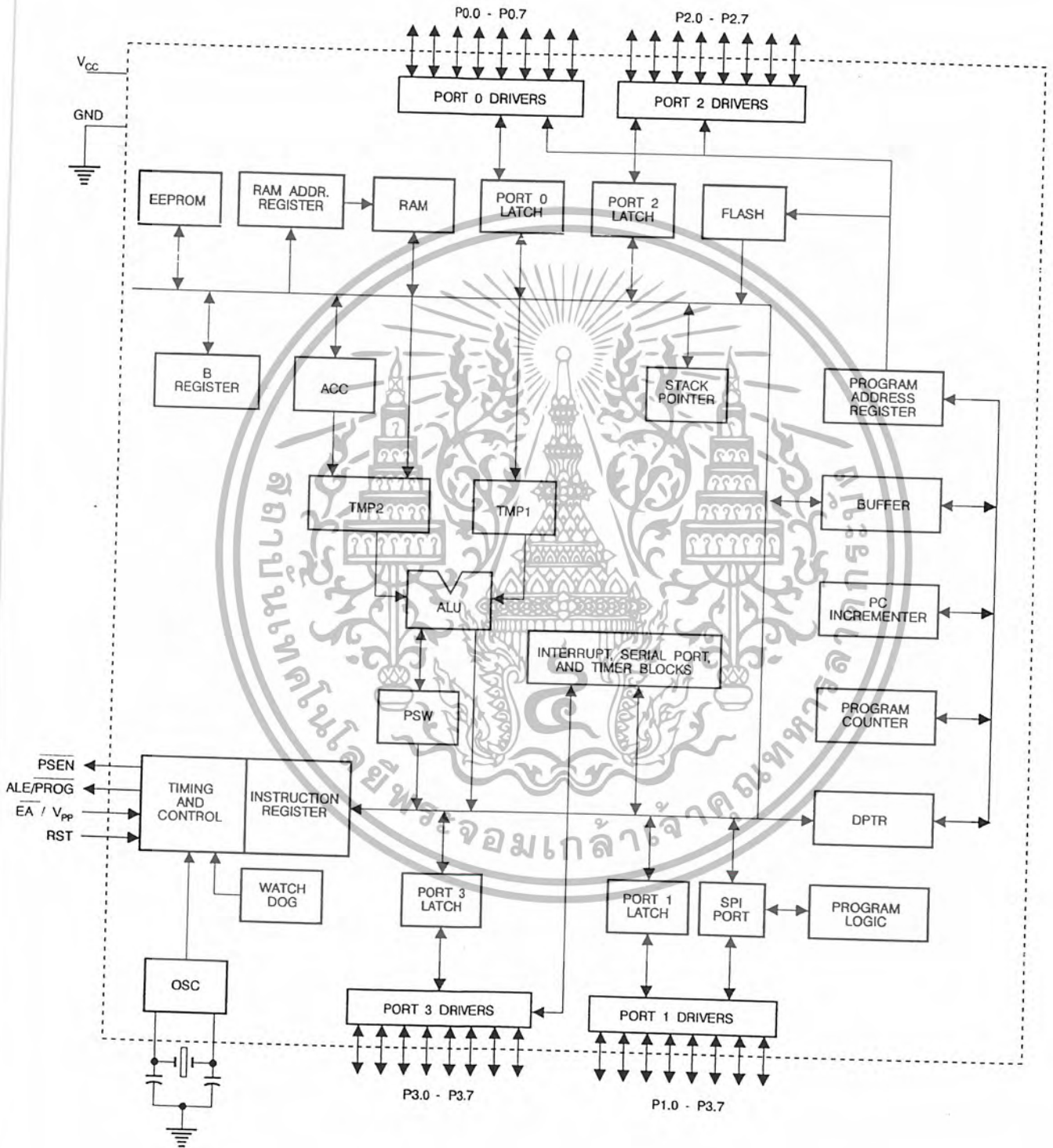
Port 1

Port 1 is an 8 bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups. (continued)

AT89S8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pin Description (Continued)

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	\overline{SS} (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and program verification.

Port 2

Port 2 is an 8 bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16 bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8 bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8 bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and programming verification.

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/V_{PP}

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

\overline{EA} should be strapped to Vcc for internal program executions.

(continued)

AT89S8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

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

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

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 2.7\text{V}$ to 6.0V , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.5	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.5	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} \leq V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{k}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8 bit port:
 Port 0: 26 mA
 Ports 1,2,3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
 2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.



TOSHIBA BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TA7279P, TA7279AP

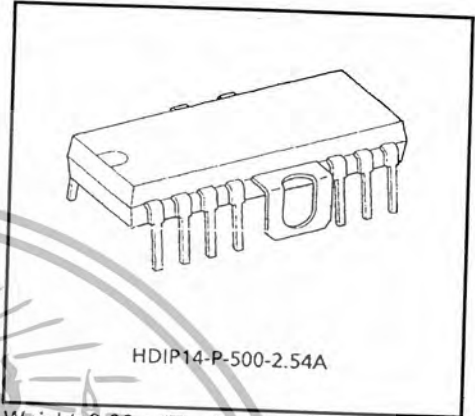
DUAL BRIDGE DRIVER

The TA7279P, TA7279AP are dual bridge driver designed for DC motor rotation control.

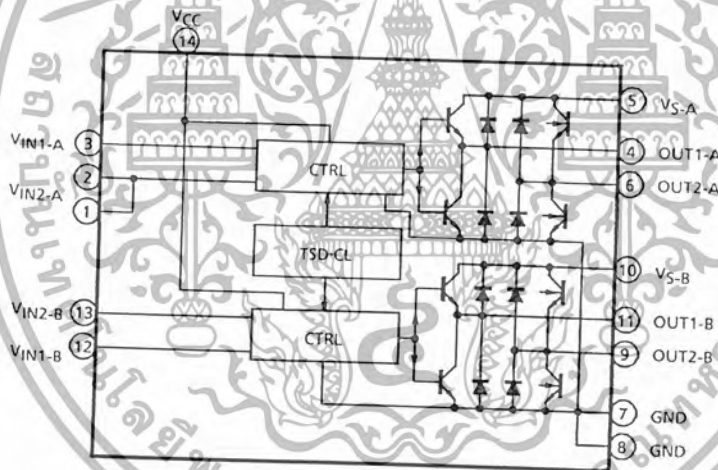
FEATURES

- Wide Range of Operating Voltage
: VCC (opr.) = 6~18 V (P, AP),
VS (opr.) = 0~16 V (P) / 0~18 V (AP)
- Output Current Up to 1.0 A (AVE.), 3.0 A (PEAK)
- Built-in Thermal Shut Down and Current Limiter
- Input Hysteresis for Stable Operation

BLOCK DIAGRAM



Weight: 3.00 g (Typ.)



961001EBA1

• TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

• The products described in this document are subject to foreign exchange and foreign trade control laws.

• The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.

• The information contained herein is subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

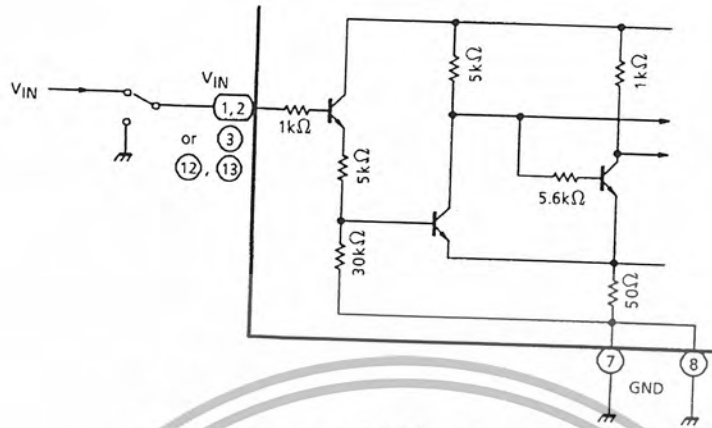
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งในการนำไปใช้

PIN FUNCTION

PIN No.	SYMBOL	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	V _{IN2-A}	A-ch input terminal
2	V _{IN2-A}	
3	V _{IN1-A}	A-ch input terminal
4	OUT1-A	A-ch output terminal
5	V _{S-A}	A-ch Motor drive power supply
6	OUT2-A	A-ch output terminal
7	GND	GND terminal
8	GND	
9	OUT2-B	B-ch output terminal
10	V _{S-B}	B-ch Motor drive power supply
11	OUT1-B	B-ch output terminal
12	V _{IN1-B}	B-ch input terminal
13	V _{IN2-B}	B-ch input terminal
14	V _{CC}	Logic power supply

APPLICATION NOTE

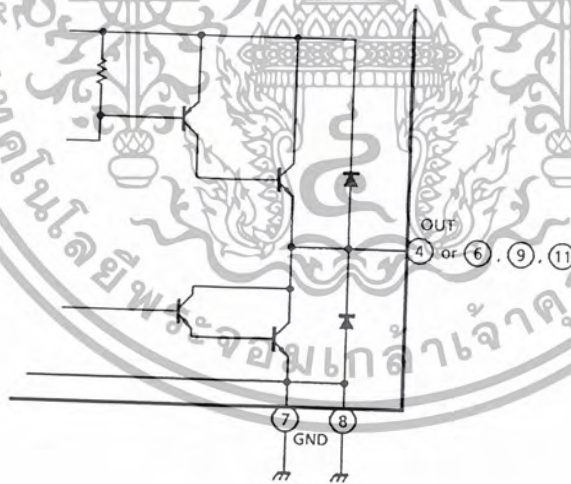
(1) Input circuit



Input terminals of (2), (3), (12) and (13) Pin are all high active type and have a hysteresis. 3 μ A Typ. of input current is required.

The input circuit is an active high type, as shown in the diagram. When voltage higher than the specified $V_{IN}(H)$ is applied, the output is logic "H". When voltage lower than the specified $V_{IN}(L)$ is applied or if the input is grounded, the output is logic "L". Since the input current I_N flows to the input when logic "H", be careful with the output impedance at the previous step.

(2) Output circuit



FUNCTION

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	Brake
0	1	L	H	CW / CCW
1	0	H	L	CCW / CW
0	0	High Impedance		STOP

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

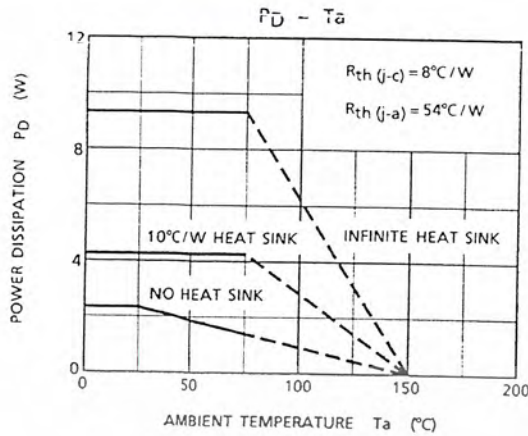
CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	AP	V _{CC} (MAX.)	25	V
	P		20	
Motor Drive Voltage	AP	V _S (MAX.)	25	V
	P		18	
Output Current	PEAK	I _O (PEAK)	3.0	A
	AVE.	I _O (AVE.)	1.0	
Power Dissipation		P _D (Note)	2.3	W
Operating Temperature		T _{opr}	-30~75	°C
Storage Temperature		T _{stg}	-55~150	°C

Note: No heat sink.

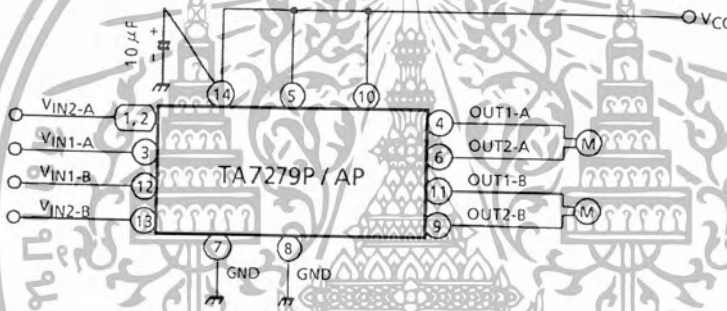
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT
Supply Current		I _{CC1}	1	V _{CC} = 18 V, Output Off, Stop mode	14	28	41	mA
		I _{CC2}	1	V _{CC} = 18 V, Output Off, CW / CCW mode	10	29	38	
		I _{CC3}	1	V _{CC} = 18 V, Output Off, Brake mode	8	20	35	
Input Operating Voltage	1 (High)	V _{IN} (H)	—	T _j = 25°C	3.0	—	V _{CC}	V
	2 (Low)	V _{IN} (L)	—	T _j = 25°C	—	—	0.8	
Input Current		I _{IN}	2	Sink, V _{IN} = 3 V	—	3	10	μA
Output Saturation Voltage	Upper	V _{SATU-1}	3	I _O = 0.1 A, V _{CC} = V _S = 18 V	—	—	1.1	V
	Lower	V _{SATL-1}	3	I _O = 0.1 A, V _{CC} = V _S = 18 V	—	—	1.0	
	Upper	V _{SATU-2}	3	I _O = 1.0 A, V _{CC} = V _S = 18 V	—	1.2	1.5	
	Lower	V _{SATL-2}	3	I _O = 1.0 A, V _{CC} = V _S = 18 V	—	1.05	1.4	
Leakage Current	Upper	I _{LU}	—	V _S = 25 V	—	—	50	μA
	Lower	I _{LL}	—	V _S = 25 V	—	—	50	
Diode Forward Drop	Upper	V _{FU}	4	I _F = 1 A	—	2.0	—	V
	Lower	V _{FL}	4	I _F = 1 A	—	1.3	—	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



APPLICATION CIRCUIT



Problems may result if a capacitor is inserted in parallel to the motor as a measure against noise. If measures against noise are necessary, connect capacitors as shown in the diagram below. A larger bypass capacitor between VCC and GND is effective against noise and other problems. (A capacitance higher than 100 μ F is recommended.)



Note: Utmost care is necessary in the design of the output line, V_S and GND line since IC may be destroyed due to short-circuit between outputs, air contamination fault, or fault by improper grounding.

DM74LS123 Dual Retriggerable One-Shot with Clear and Complementary Outputs

General Description

The DM74LS123 is a dual retriggerable monostable multivibrator capable of generating output pulses from a few nano-seconds to extremely long duration up to 100% duty cycle. Each device has three inputs permitting the choice of either leading edge or trailing edge triggering. Pin (A) is an active-LOW transition trigger input and pin (B) is an active-HIGH transition trigger input. The clear (CLR) input terminates the output pulse at a predetermined time independent of the timing components. The clear input also serves as a trigger input when it is pulsed with a low level pulse transition ($\bar{\square}$). To obtain the best trouble free operation from this device please read the operating rules as well as the Fairchild Semiconductor one-shot application notes carefully and observe recommendations.

Features

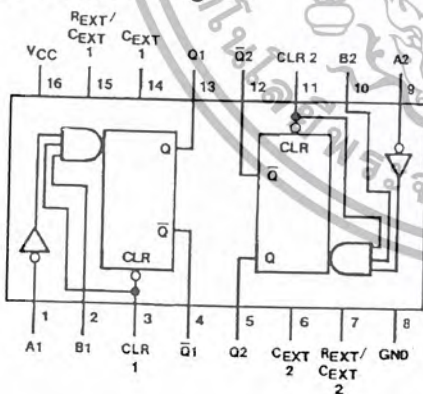
- DC triggered from active-HIGH transition or active-LOW transition inputs
- Retriggerable to 100% duty cycle
- Compensated for V_{CC} and temperature variations
- Triggerable from CLEAR input
- DTL, TTL compatible
- Input clamp diodes

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS123M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS123SJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS123N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

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

Connection Diagram



Function Table

CLEAR	Inputs		Outputs	
	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	L	\uparrow	$\bar{\square}$
H	\downarrow	H	$\bar{\square}$	$\bar{\square}$
\uparrow	L	H	$\bar{\square}$	$\bar{\square}$

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level
X = Can Be Either LOW or HIGH
 \uparrow = Positive Going Transition
 \downarrow = Negative Going Transition
 $\bar{\square}$ = A Positive Pulse
 $\bar{\square}$ = A Negative Pulse

DM74LS123 Dual Retriggerable One-Shot with Clear and Complementary Outputs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The basic output pulse width is determined by selection of an external resistor (R_X) and capacitor (C_X). Once triggered, the basic pulse width may be extended by retriggering the gated active-LOW transition or active-HIGH transition inputs or be reduced by use of the active-LOW or

CLEAR input. Retriggering to 100% duty cycle is possible by application of an input pulse train whose cycle time is shorter than the output cycle time such that a continuous "HIGH" logic state is maintained at the "Q" output.

Operating Rules

1. An external resistor (R_X) and an external capacitor (C_X) are required for proper operation. The value of C_X may vary from 0 to any necessary value. For small time constants high-grade mica, glass, polypropylene, polycarbonate, or polystyrene material capacitors may be used. For large time constants use tantalum or special aluminum capacitors. If the timing capacitors have leakages approaching 100 nA or if stray capacitance from either terminal to ground is greater than 50 pF the timing equations may not represent the pulse width the device generates.
2. When an electrolytic capacitor is used for C_X a switching diode is often required for standard TTL one-shots to prevent high inverse leakage current. This switching diode is not needed for the DM74LS123 one-shot and should not be used. In general the use of the switching diode is not recommended with retriggerable operation. Furthermore, if a polarized timing capacitor is used on the DM74LS123 the negative terminal of the capacitor should be connected to the "C_{EXT}" pin of the device (Figure 1).



FIGURE 1.

3. For $C_X \gg 1000$ pF the output pulse width (t_W) is defined as follows:
 $t_W = KR_X C_X$
 where [R_X is in k Ω]
 [C_X is in pF]
 [t_W is in ns]
 $K = 0.37$
4. The multiplicative factor K is plotted as a function of C_X below for design considerations:

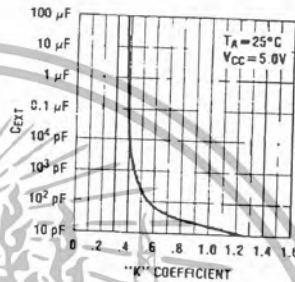


FIGURE 2.

5. For $C_X < 1000$ pF see Figure 3 for t_W vs. C_X family curves with R_X as a parameter.

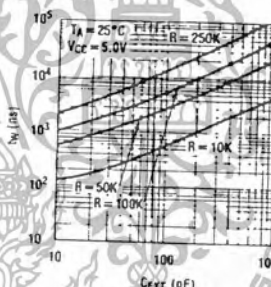


FIGURE 3.

6. To obtain variable pulse widths by remote trimming, the following circuit is recommended:

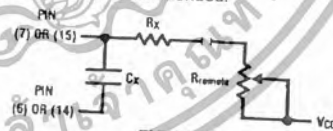


FIGURE 4.

"R_{remote}" should be as close to the device pin as possible.

7. The retriggerable pulse width is calculated as shown below:

$$T = t_W + t_{PLH} = K \times R_X \times C_X + t_{PLH}$$

The retriggered pulse width is equal to the pulse width plus a delay time period (Figure 5).

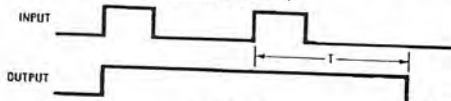


FIGURE 5.

Operating Rules (Continued)

8. Output pulse width variation versus V_{CC} and temperatures: Figure 6 depicts the relationship between pulse width variation versus V_{CC} , and Figure 7 depicts pulse width variation versus temperatures.

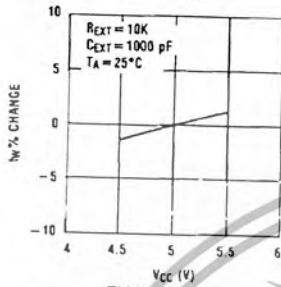


FIGURE 6.

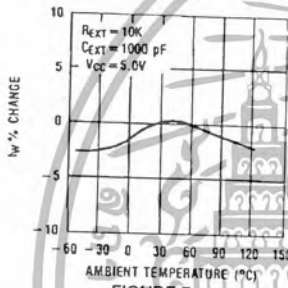


FIGURE 7.

9. Under any operating condition C_X and R_X must be kept as close to the one-shot device pins as possible to minimize stray capacitance, to reduce noise pick-up, and to reduce I-R and Ldi/dt voltage developed along their connecting paths. If the lead length from C_X to pins (6) and (7) or pins (14) and (15) is greater than 3 cm, for example, the output pulse width might be quite different from values predicted from the appropriate equations. A non-inductive and low capacitive path is necessary to ensure complete discharge of C_X in each cycle of its operation so that the output pulse width will be accurate.

10. The C_{EXT} pins of this device are internally connected to the internal ground. For optimum system performance they should be hard wired to the system's return ground plane.

11. V_{CC} and ground wiring should conform to good high-frequency standards and practices so that switching transients on the V_{CC} and ground return leads do not cause interaction between one-shots. A 0.01 μF to 0.10 μF bypass capacitor (disk ceramic or monolithic type) from V_{CC} to ground is necessary on each device. Furthermore, the bypass capacitor should be located as close to the V_{CC} -pin as space permits.

Note: For further detailed device characteristics and output performance please refer to the Fairchild Semiconductor one-shot application note AN-372.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
t _w	Pulse Width (Note 2)	A or B HIGH 40 A or B LOW 40 Clear LOW 40			ns
R _{EXT}	External Timing Resistor	5		260	kΩ
C _{EXT}	External Timing Capacitance		No Restriction		μF
C _{WIRE}	Wiring Capacitance at R _{EXT} /C _{EXT} Terminal			50	pF
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Note 2: T_A = 25°C and V_{CC} = 5V.

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 3)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max V _{IL} = Max, V _{IH} = Min	2.7	3.4		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max V _{IL} = Max, V _{IH} = Min I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.35	0.5	V
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V		-0.25	0.4	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			0.1	mA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			20	μA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 4)			-0.4	mA
I _{CC}	Supply Current	V _{CC} = Max (Note 5)(Note 6)(Note 7)	-20	12	-100	mA

Note 3: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 4: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Note 5: Quiescent I_{CC} is measured (after clearing) with 2.4V applied to all clear and A inputs, B inputs grounded, all outputs OPEN, C_{EXT} = 0.02 μF, and R_{EXT} = 25 kΩ.

Note 6: I_{CC} is measured in the triggered state with 2.4V applied to all clear and B inputs, A inputs grounded, all outputs OPEN, C_{EXT} = 0.02 μF, and R_{EXT} = 25 kΩ.

Note 7: With all outputs OPEN and 4.5V applied to all data and clear inputs, I_{CC} is measured after a momentary ground, then 4.5V is applied to the clock.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ C$

Symbol	Parameters	From (Input) To (Output)	$R_L = 2\text{ k}\Omega$				Units	
			$C_L = 15\text{ pF}$		$C_L = 15\text{ pF}$			
			$C_{EXT} = 0\text{ pF}, R_{EXT} = 5\text{ k}\Omega$		$C_{EXT} = 1000\text{ pF}, R_{EXT} = 10\text{ k}\Omega$			
			Min	Max	Min	Max		
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	A to Q		33				ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	B to Q		44				ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	A to \bar{Q}		45				ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	B to \bar{Q}		56				ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Clear to \bar{Q}		45				ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clear to Q		27				ns
$t_{WQ(\text{Min})}$	Minimum Width of Pulse at Output Q	A or B to Q		200				ns
$t_{W(\text{out})}$	Output Pulse Width	A or B to Q			4	5		μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124/LM224/LM324/LM2902

Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

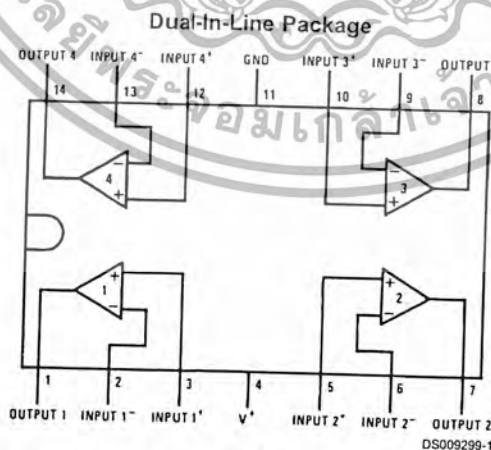
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA) — essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current: 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage: 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing: 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

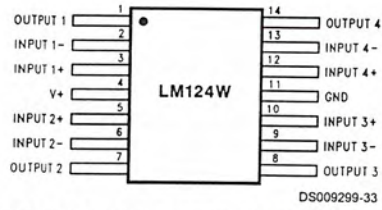
Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

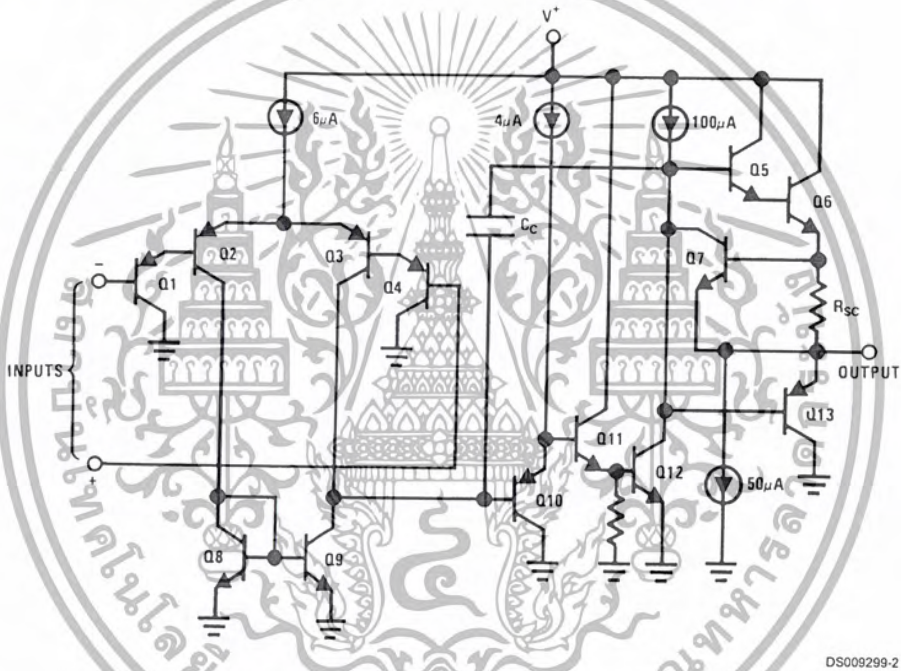
Connection Diagram (Continued)

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device



Order Number LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883
 LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)
 See NS Package Number W14B
 LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV(Note 3)
 See NS Package Number WG14A

Schematic Diagram (Each Amplifier)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ฃ่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 12)

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

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V^*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^* = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = 30V$, (LM2902, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2902 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^* = 15V, R_L \geq 2k\Omega,$ ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50		100	50		100	25		100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^* - 1.5V,$ $T_A = 25^\circ C$	70		85	70		85	65		85	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ www.national.com

Electrical Characteristics (Continued)

V* = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2902, V* = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source V _{IN+} * = 1V, V _{IN-} * = 0V, V* = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink V _{IN-} * = 1V, V _{IN+} * = 0V, V* = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	10	20		10	20		10	20		
	Sink V _{IN-} * = 1V, V _{IN+} * = 0V, V* = 15V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) V* = 15V, T _A = 25°C		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 8)			4			4			5	mV
V _{OS} Drift	R _S = 0Ω		7	20		7	20		7	30	μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} = I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V			30			30			75	nA
I _{OS} Drift	R _S = 0Ω		10	200		10	200		10	300	pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V* = +30V (LM2902, V* = 26V)	0		V*-2	0		V*-2	0		V*-2	V
Large Signal Voltage Gain	V* = +15V (V _O Swing = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25		25	25		25	25		25	V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH} V* = 30V (LM2902, V* = 26V)		26	26		26	26		26	26	V
	V _{OL} V* = 5V, R _L = 10 kΩ		27	28		27	28		27	28	
Output Current	Source V _O = 2V		5	20		5	20		5	20	mV
	Sink	V _{IN+} * = +1V, V _{IN-} * = 0V, V* = 15V	10	20		10	20		10	20	mA
Sink	V _{IN-} * = +1V, V _{IN+} * = 0V, V* = 15V	10	15		5	8		5	8		

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) T _A = 25°C		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V* = 30V, (LM2902, V* = 26V), T _A = 25°C	0		V*-1.5	0		V*-1.5	0		V*-1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps V* = 30V (LM2902 V* = 26V) V* = 5V		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	V* = 15V, R _L ≥ 2kΩ, (V _O = 1V to 11V), T _A = 25°C	50	100		25	100		25	100		
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V _{CM} = 0V to V* - 1.5V, T _A = 25°C	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	V* = 5V to 30V (LM2902, V* = 5V to 26V),	65	100		65	100		50	100		dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

 $V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	$T_A = 25^\circ C$										
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20		
	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 200 \text{ mV}$, $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 8)			7			9			10	mV
V_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$		7			7			7		$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$			100			150		45	200	nA
I_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$		10			10			10		$\mu A/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	300		40	500		40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = 1V to 11V) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$		25			15			15		V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)		26			26			22		V
	V_{OL} $V^+ = 5V$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$		5	20		5	20		5	100	mV
Output Current	Source $V_O = 2V$		10	20		10	20		10	20	mA
	Sink		5	8		5	8		5	8	

Note 4: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $88^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers — use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate of to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 5: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 6: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_O = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) for LM2902, V^+ from 5V to 26V.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902), independent of the magnitude of V^+ .

Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

Note 13: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CCM-164A Specifications

Display contents

16 characters × 4 Lines

Character format : 5 × 8 dots

Driving duty : 1/16D

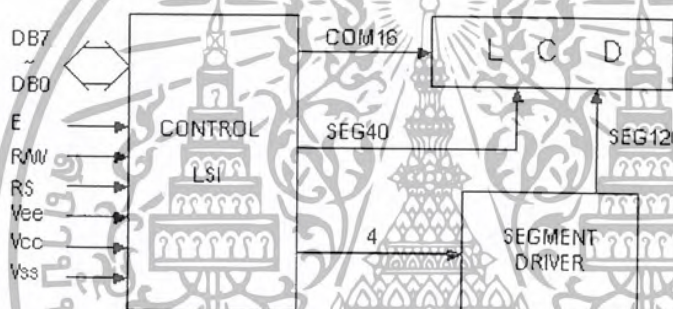
Provided version

TN, STN Reflective

With EL or LED

EL/100VAC, 400Hz ; LED/4.2VDC

Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Min.	Type	Max.	Unit
Power Supply Voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	-0.3	-	7.0	V
LCD Driving Voltage	$V_{DD}-V_{EE}$	$V_{DD}-15.0$	-	$V_{DD}+0.3$	
Input Voltage	V_{IN}	-0.3	-	$V_{DD}+0.3$	
Operating Temp	T_{OP}	0	-	50	°C
Storage Temp	T_{ST}	-20	-	70	

Electrical Characteristics

Item	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input High Voltage	V_{IH}		2.2	-	V_{DD}	V
Input Low Voltage	V_{IL}		-0.3	-	0.6	V
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{OH} = 0.205 \text{ mA}$	2.4	-*	-	V
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{OH} = 1.2 \text{ mA}$	-	-	0.4	V
Supply Current	I_{DD}	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$	-	1.3	3.0	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้