อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้

A SALINE-SOLUTION CONTROLLER WITH ADJUSTABLE DRIPPING RATE

นางสาวประกายดาว เอี่ยมชาวนา รหัส 54361084

นางสาวจุฑากานต์ ชูฝา รหัส 54363675

นายฤกษ์บุญ แสงสวัสดิ์ รหัส 54364092

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน 16912230
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ฝ101 ๐ 2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้**		
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวประกายดาว**	**เอี่ยมชาวนา**	**รหัส 54361084**
	นางสาวจุฑากานต์	ชูฝา	รหัส 54363675
	นายฤกษ์บุญ	แสงสวัสดิ์	รหัส 54364092
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2557		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

N Jantharamin ..... ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

..... กรรมการ

(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวประกายดาว เอี่ยมชาวนา	รหัส 54361084
	นางสาวจุฑากานต์ ชูฝา	รหัส 54363675
	นายฤกษ์บุญ แสงสวัสดิ์	รหัส 54364092
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2557	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือที่สามารถปรับอัตราการหยดได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน ผู้ใช้ป้อนค่าอัตราการหยดที่ต้องการ (ที่แพทย์วินิจฉัยให้กับผู้ป่วยแต่ละราย) ในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณเป็นค่าในหน่วยหยดต่อนาทีและใช้เป็นค่าอ้างอิง ขณะที่อุปกรณ์ทำงานหยดน้ำเกลือถูกตรวจจับด้วยตัวรับรู้ซึ่งใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นตัวส่งและใช้แอลดีอาร์เป็นตัวรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากตัวรับรู้เพื่อคำนวณค่าอัตราการหยดในขณะนั้นและเปรียบเทียบค่าอ้างอิงแล้วควบคุมการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวให้บีบหรือคลายสายน้ำเกลือเพื่อปรับอัตราการหยด กรณีน้ำเกลือหมดถุงไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งมอเตอร์เซอร์โวให้บีบสายน้ำเกลือจนปิดสนิทเพื่อป้องกันภาวะเลือดไหลย้อนตามสายและส่งสัญญาณเตือนเป็นแสงด้วยหลอดแอลอีดีและเป็นเสียงด้วยออด

Project title	A Saline-Solution Controller with Adjustable Dripping Rate		
Name	Ms. Prakaidoaw	Eamchawna	ID. 54361084
	Ms. Jutakan	Chufa	ID. 54363675
	Mr. Rergboon	Sangsawat	ID. 54364092
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2014		

Abstract

This thesis presents a design and construction of a saline-solution controlling device that is capable of dripping rate adjustment by using a microcontroller. After a dripping rate in cc/hr according the doctor diagnosis is inputted, the microcontroller calculates the dripping rate in drops/min and uses it as a reference. While the device is working, the saline-solution drops are detected by a sensor which uses a laser pointer as a transmitter and an LDR as a receiver. The microcontroller obtains the pulse signal from the sensor and calculates the present dripping rate and compares it with the reference. Consequently, a servo motor is operated to adjust the rate by either squeezing or loosening the saline-solution tube. When the saline solution becomes depleted, the motor squeezes to completely shut the tube in order to prevent the blood reflux.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ อาจารย์ปรึกษาโครงงาน ซึ่งใส่ใจในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำการพัฒนาการปรับปรุง และการทดสอบชิ้นงานกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง ตลอดจนสอนหลักการเขียนปริญญานิพนธ์พร้อมทั้งตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณคุณธนัฐพล ยิ่งสม (น้องชอป) รุ่นน้องมหาวิทยาลัยมหิดล คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่เสียสละเวลามาอธิบายหลักการคำนวณหาค่าเหมาะสมในการให้น้ำเกลือ และหลักการคำนวณอัตราการหยดของน้ำเกลือ ทำให้นำมากำหนดค่าในการใช้งานได้อย่างสมบูรณ์

และขอขอบคุณคุณภรณ์ทิพย์ โพธิวัง (พี่แจน) พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลกรุงเทพพิษณุโลก ที่ช่วยอนุเคราะห์อุปกรณ์ทางการแพทย์ คือถุงน้ำเกลือ และสายน้ำเกลือ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการทดสอบโครงงาน และช่วยอธิบายหลักการให้น้ำเกลือเพื่อความเข้าใจมากขึ้น

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนด้านทุนทรัพย์แก่นางสาวประกายดาว เอี่ยมชาวนา และนายฤกษ์บุษ แสงสวัสดิ์ ตลอดระยะเวลาการศึกษาในระดับปริญญาตรี

ในท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรักความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

นางสาวประกายดาว เอี่ยมชาวนา
นางสาวจุฑากานต์ ชูฝา
นายนายฤกษ์บุญ แสงสวัสดิ์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3
1.6 งบประมาณ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 การเกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ 5
2.2 หลักการคำนวณอัตราการหยดของน้ำเกลือ 5
2.3 แผงแป้นตัวเลข 7
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega 2560 8
2.5 ระบบฐานเวลา 10
2.6 จอแสดงผลแอลซีดี 12
2.7 ลำโพงแบบแม่เหล็ก 13
2.8 มอเตอร์เซอร์โว 14

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ 17
3.1 การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การทำงานอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้ 18
3.3 วงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้ 21
3.4 การออกแบบวงจรตัวรับรู้ 22
3.5 การประกอบอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ 23
3.6 การใช้อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ 26

บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล 28
4.1 การทดสอบตัวรับรู้ในการนับหยดน้ำเกลือ 28
4.2 การทดลองเพื่อหาระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ในการปรับอัตราการหยด 29
4.3 การทดลองความแม่นยำในการปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ 33

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 36
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 36
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 36
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 37

เอกสารอ้างอิง 38

ภาคผนวก ก ชุดคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของระบบ 39
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของออปแอมป์ รุ่น LM324N 57
ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลของมอเตอร์เซอร์โว 360 องศา แบบต่อเนื่อง 60
ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลของจอแสดงผล 62

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 64

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการนับอัตราการหยดต่อนาทีด้วยหลอดแอลอีดีเทียบกับตาเปล่า....28
4.2 ผลการนับอัตราการหยดต่อนาทีด้วยหลอดตัวชี้เลเซอร์เทียบกับตาเปล่า....29
4.3 ค่าระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ ชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร....30
4.4 ค่าระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ ชุดสายน้ำเกลือขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร....32
4.5 การทดสอบการปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร....34
4.6 การทดสอบการปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร....34

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันการให้สารละลายทางหลอดเลือด....2

2.1 แผงแป้นตัวเลข แบบ 4 x 3....7

2.2 แผงวงจร Microcontroller arduino รุ่น ATmega 2560....8

2.3 หน่วยประมวลผลกลาง ATmega 2560 ขนาด 100 ขา....10

2.4 ลักษณะและรายละเอียดของ ไอซี DS1307....11

2.5 จอแสดงผลแอลซีดี 16 x 2 (แบบขนานมี 16 ขา)....12

2.6 ลำโพงแบบแม่เหล็ก....13

2.7 มอเตอร์เซอร์โว....14

2.8 โครงสร้างภายในของมอเตอร์เซอร์โว....14

2.9 การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์ 1 มิลลิวินาที....15

2.10 การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์มากกว่า 1.5 มิลลิวินาที....15

2.11 การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์น้อยกว่า 1.5 มิลลิวินาที....16

3.1 ขั้นตอนแสดงการทำงานโดยรวมอุปกรณ์....17

3.2 ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้....19

3.3 วงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้....21

3.4 วงจรตัวรับรู้....22

3.5 กล่องควบคุม....23

3.6 แผงวงจรภายในกล่องควบคุม....24

3.7 ตัวปรับอัตราการหยุดของน้ำเกลือ....24

3.8 ตัวรับรู้ที่สร้างขึ้นจากตัวชี้เลเซอร์และตัวต้านทานไวแสง....25

3.9 รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ....25

3.10 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่ให้เลือกขนาดสายน้ำเกลือ....26

3.11 ข้อความบนจอแสดงการให้ป้อนค่าอัตราการหยด....26

3.12 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่อุปกรณ์นับหยดน้ำเกลือ....27

3.13 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่มีการป้อนค่าอัตราการหยดไม่ถูกต้อง....27

3.14 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่น้ำเกลือหมดถุง....27

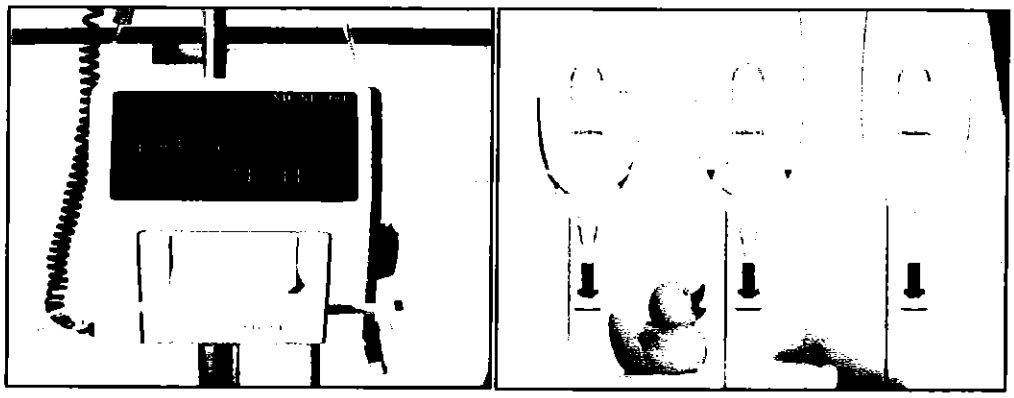
4.1 เวลาที่มอเตอร์หมุนปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร....31

4.2 เวลาที่มอเตอร์หมุนปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร....33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การให้น้ำเกลือต่อผู้ป่วยหรือผู้ที่ต้องการให้น้ำเกลือจะเป็นการให้ทางเส้นเลือดใหญ่ส่วนมากมักให้บริเวณเหลังมือหรือข้อพับแขนข้างใดข้างหนึ่ง โดยการให้น้ำเกลือของแต่ละคนจะมีปริมาณและอัตราการหยดของน้ำเกลือไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแพทย์วินิจฉัยว่าผู้ป่วยควรรับน้ำเกลือมากน้อยเพียงใด การให้น้ำเกลือในปัจจุบันยังคงปรับตั้งอัตราการหยดต่อนาทีของน้ำเกลือด้วยมือโดยปรับตั้งการบีบหรือคลายสายน้ำเกลือแล้วสังเกตอัตราการหยดน้ำเกลือ ซึ่งความแม่นยำในการปรับตั้งขึ้นอยู่กับอาศัยความรู้และประสบการณ์ การปฏิบัติดังกล่าวเปรียบเสมือนการตั้งเวลาเพื่อมาปลดสายน้ำเกลือซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดได้ถ้าหากผู้ปฏิบัติขาดประสบการณ์และอาจเกิดปัญหาตามมา ได้แก่ ภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ ซึ่งอาจเกิดจากตัวผู้ป่วยเอง เช่น ถ้าในขณะที่ผู้ป่วยขยับแขนข้างที่ให้น้ำเกลือมากเกินไปจะทำให้เส้นเลือดแตกหรือเข็มขยับไม่ตรงเส้นเลือดใหญ่ส่งผลให้ภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ อีกกรณีคือเกิดจากผู้ดูแลหรือพยาบาลลืมปิดหรือปลดสายน้ำเกลือออกจากผู้ป่วย เพราะอัตราการหยดของน้ำเกลือไม่เป็นไปตามเวลาที่คำนวณไว้ การแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีผู้ผลิตเครื่องมือให้น้ำเกลือและอุปกรณ์ป้องกันการเกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ แต่ละอุปกรณ์นั้นมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป เช่น เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดังรูปที่ 1.1 (ก) เป็นการควบคุมการให้น้ำเกลืออัตโนมัติโดยสามารถควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือได้คงที่และถูกต้องตามที่แพทย์สั่ง ใช้ประกอบเข้ากับชุดสายน้ำเกลือ โดยใส่สายน้ำเกลือผ่านตัวเครื่อง และเครื่องจะสามารถบีบสายน้ำเกลือเมื่อน้ำเกลือหมดเพื่อป้องกันเกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ แต่มีราคาแพง ขนาดใหญ่ และทำให้เกิดความวิตกกังวลแก่ผู้ป่วยและผู้มาเยี่ยมโดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นเด็ก [1] นอกจากนี้ยังมีผลงานสิ่งประดิษฐ์ที่ชื่อว่า Halo Duck เป็นผลงานรางวัล Silver จากโครงการ Pin-up Concept Design Award ปี ค.ศ.2012 เป็นผลงานของสิ่งประดิษฐ์นักเรียนออกแบบชาวเกาหลีชื่อว่า Junghyun Min ได้ออกแบบเป็ดพลาสติกในขวดน้ำเกลือดังรูปที่ 1.1 (ข) ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยรู้สึกดี ไม่เกิดความกังวล เป็ดพลาสติกจะทำหน้าที่ปิดช่องอากาศเมื่อน้ำเกลือหมดขวด ป้องกันไม่ให้มีแรงดันของเหลวไหลย้อนกลับ อย่างไรก็ตามสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวต้องใช้ร่วมกับขวดน้ำเกลือของบริษัทเจ้าของผลิตภัณฑ์เท่านั้น [2]



(ก) เครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ (ข) เปิดพลาสติกในขวดน้ำเกลือ

รูปที่ 1.1 อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันการให้สารละลายทางหลอดเลือด [1,2]

ผู้ดำเนินโครงงานให้ความสำคัญกับปัญหาของการให้น้ำเกลือในเส้นเลือดใหญ่เกี่ยวกับการบีบสายเพื่อปรับตั้งอัตราการหยดต่อนาทีของน้ำเกลือที่ยังขาดความแม่นยำและทำให้เกิดผลเสียตามมาคือ เกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือในกรณีน้ำเกลือหมดขวดแล้วไม่มีผู้มาปิดหรือปลดสายน้ำเกลือออก โดยในโครงงานจะใช้มอเตอร์ในการควบคุมการบีบสายน้ำเกลือเพื่อปรับตั้งอัตราการหยดต่อนาที และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการให้น้ำเกลือและป้องกันการเกิดภาวะเลือดไหลย้อนเข้าสายน้ำเกลือ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างระบบควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือ โดยใช้มอเตอร์เซอร์โวหมุนบีบหรือคลายสายน้ำเกลือ และมีการแจ้งเตือนด้วยแสงและเสียงเมื่อน้ำเกลือหมด โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของระบบ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน
2) สามารถปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือได้โดยใช้มอเตอร์เซอร์โวขนาด 5 โวลต์ ในการบีบหรือคลายสายน้ำเกลือ
3) มีการแจ้งเตือนด้วยหลอดไฟและออดเมื่อน้ำเกลือหมด

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2557					พ.ศ. 2558			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาการตรวจวัดอัตราการหยดของน้ำเกลือ									
2) ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้									
3) สร้างอุปกรณ์การให้น้ำเกลือโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของระบบ									
4) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน									
5) สรุปและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้ในโครงงานสามารถควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือให้เป็นไปตามค่าที่ต้องการ โดยสามารถปรับค่าอัตราการหยดต่อนาทีได้ นอกจากนี้ยังสามารถปิดสายน้ำเกลือหลังจากตรวจจับได้ว่าน้ำเกลือหมดขวดพร้อมส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล ระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้กับผู้ที่ต้องการรับน้ำเกลือทั้งที่โรงพยาบาลและบ้านเรือน อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดนี้ช่วยลดการเกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ และแม่นยำในการให้น้ำเกลือ

1.6 งบประมาณ

1) อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งและยึดถุงน้ำเกลือ	700 บาท
2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega 2560	700 บาท
3) มอเตอร์เซอร์โวขนาด 5 โวลต์	100 บาท
4) วงจรแจ้งเตือนด้วยแสงและเสียง	100 บาท
5) วงจรตรวจจับอัตราการหยด	100 บาท
6) จอแสดงผลและแผงแป้นตัวเลข	300 บาท
7) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	1,000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันบาทถ้วน)	3,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากในโครงงานนี้ได้ศึกษาหลักการคำนวณหาปริมาณน้ำเกลือที่เหมาะสมให้กับผู้ป่วยแต่ละคน สาเหตุต่างๆ ที่ทำให้ภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือส่งผลอันตรายต่อผู้ที่มาให้น้ำเกลืออย่างไรบ้าง และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้ควบคุมอัตราการหยดของน้ำเกลือ ได้แก่ แผงแป้นตัวเลข (Numeric keypad) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega 2560 และจอแสดงผลแอลซีดี (LCD display)

2.1 การเกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือ

ภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือนั้นเกิดขึ้นได้สองสาเหตุหลัก คือน้ำเกลือหมดแล้วผู้ดูแลไม่มาเปลี่ยนขวดใหม่ แต่สายน้ำเกลือยังคงอยู่ที่ผู้ป่วยเหมือนเดิม ทำให้เกิดแรงดันของเหลวไหลย้อนกลับ เพราะเลือดจะไหลเข้าแทนที่อากาศในสายน้ำเกลือ หรือการที่ผู้ป่วยขยับบริเวณที่ให้น้ำเกลือมากเกินไป ภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือกนั้นอาจไม่ได้เกิดอันตรายร้ายแรง แต่สามารถทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บ เพราะเส้นเลือดฝอยแตก เกิดการบวมที่แขนและอาจมีปัญหาอื่นๆ ตามมาและการให้น้ำเกลือในครั้งถัดไปต้องเจาะที่ใหม่อีกครั้ง [2]

2.2 หลักการคำนวณอัตราการหยดของน้ำเกลือ

การให้ปริมาณน้ำเกลือมีปัจจัยที่ต้องคำนึงอยู่ 3 ข้อ ต่อไปนี้

1) อายุ ในทารกแรกเกิดมีปริมาณสารน้ำทั้งหมดในร่างกายและสารน้ำนอกเซลล์มากกว่าในวัยผู้ใหญ่ และเนื่องจากสารน้ำนอกเซลล์สูญเสียออกจากร่างกายได้ง่ายกว่าสารน้ำในเซลล์ ทารกแรกเกิดจึงเสี่ยงต่อภาวะไม่สมดุลของสารน้ำและอิเล็กโทรไลต์ได้ง่ายกว่าผู้ใหญ่ ส่วนผู้สูงอายุปริมาณสารน้ำทั้งหมดในร่างกายลดลงเหลือร้อยละ 45 ประกอบกับการทำงานของไตลดลงอาการเจ็บป่วยเรื้อรังจึงมีความเสี่ยงต่อภาวะไม่สมดุลของสารน้ำและอิเล็กโทรไลต์ได้ง่ายเช่นกัน

2) เพศและขนาดของร่างกาย พบว่าในคนอ้วนจะมีปริมาณน้ำในร่างกายน้อยกว่าคนที่มีน้ำหนักตัวปกติเนื่องจากเซลล์ไขมันจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และพบว่าผู้หญิงจะมีปริมาณน้ำในร่างกายน้อยกว่าผู้ชายเพราะผู้หญิงมีสัดส่วนของไขมันมากกว่าผู้ชาย

3) อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ร่างกายจะมีการปรับตัวโดยหลอดเลือดแดงขยายตัวมาเลี้ยงบริเวณผิวหนังมากขึ้นทำให้มีการสูญเสียน้ำและอิเล็กโทรไลต์โดยเฉพาะโซเดียมและคลอไรด์เพิ่มขึ้น [3]

อัตราการหยดของน้ำเกลือในหน่วยหยดต่อนาที การคำนวณจะขึ้นอยู่กับชุดสายน้ำเกลือมีการแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือขนาด 15 และ ขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร โดยใช้สมการคำนวณดังนี้

$$D_r = \frac{D'_r \times \text{set}}{60\,\text{min}} \qquad (2.1)$$

โดยที่ D_r คือค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที)

D'_r คือค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

set คือชุดสายน้ำเกลือโดยมีค่าเท่ากับ 15 หรือ 20 (หยดต่อมิลลิลิตร)

เช่น แพทย์สั่งให้ปริมาณน้ำเกลือ 120 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง ชุดสายน้ำเกลือที่ใช้คือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร

จากสูตรจะได้

$$\text{อัตราการหยด (หยดต่อนาที)} = \frac{120 \times 15}{60}$$

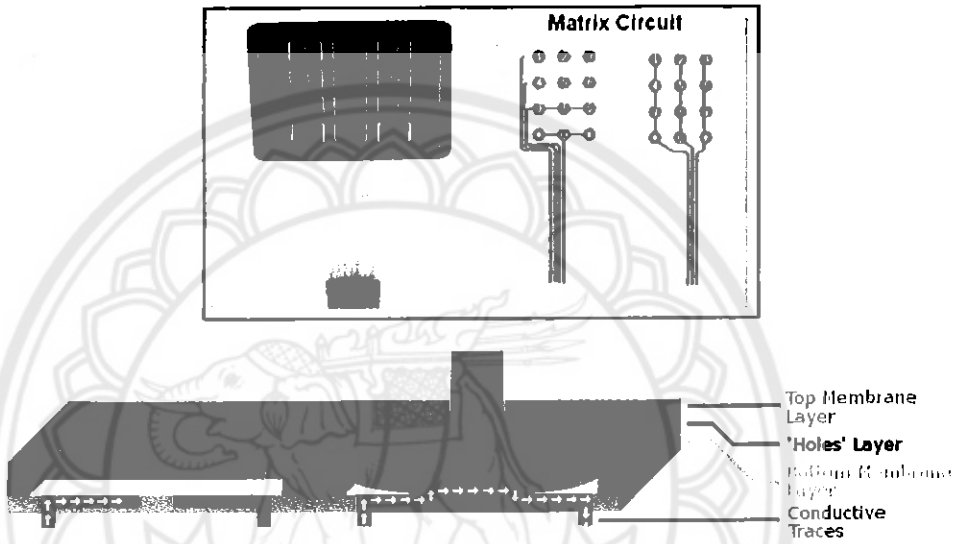
$$\text{อัตราการหยด (หยดต่อนาที)} = \frac{1800}{60}$$

$$= 30 \text{ หยดต่อนาที}$$

ถ้าใช้ชุดสายน้ำเกลือขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร ให้เปลี่ยนตัวที่คูณกับปริมาณ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง) เป็น 20 อัตราการหยดที่ได้จาก ขนาด 15 และ ขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร มีค่าแตกต่างกัน [3]

2.3 แผงแป้นตัวเลข

แผงแป้นตัวเลข แบบ 4 x 3 ชนิดนี้ประกอบไปด้วยปุ่ม 12 ปุ่ม ที่เรียงต่อกันเป็นเมตริกซ์แบบ 4 แถว และ 3 หลัก ประกอบไปด้วย เลข 0 – 9 และ * และ # ซึ่งปุ่มแต่ละปุ่ม เป็นการกดเพื่อให้หน้าสัมผัสที่เป็นชั้นสีแดงดังรูปที่ 2.1 ไปแตะกันทำให้เป็นการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าไปอีกด้านหนึ่งของสวิตช์

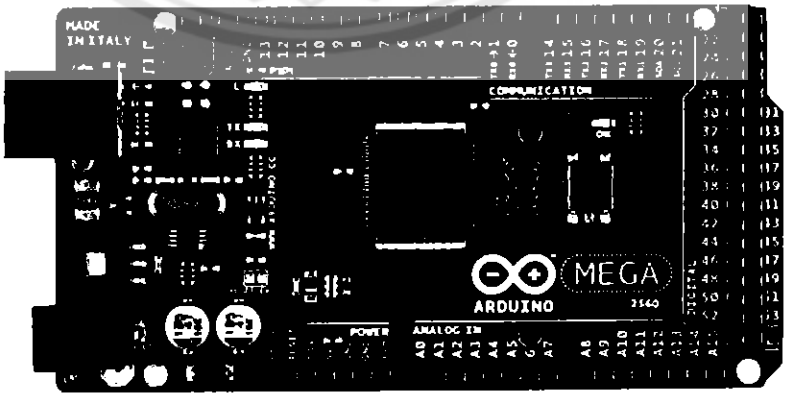


รูปที่ 2.1 แผงแป้นตัวเลข แบบ 4 x 3 [4]

ในการตรวจสอบแป้นตัวเลขการกดปุ่มของผู้ใช้ในขณะนั้น ใช้วิธีการตรวจสอบไปทีละหลัก จนครบทุกหลัก แล้วนำมาตีความว่ามีการตอบสนองออกมาเป็นแบบใดบ้าง เช่น ถ้ามีการกดเลข 1 อยู่ในขณะที่เราจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ไปที่หลักที่ 1 จะมีเพียงแถวแรกเท่านั้นที่จะอ่านค่าแรงดันได้สูง นอกนั้นจะเป็นแถวหรือถ้ามีการกดปุ่ม # อยู่ ขณะที่ตรวจสอบไปแต่ละหลักนั้นจะไม่เจอแรงดันสูงที่แถวใดเลยจนกว่าจะตรวจสอบไปถึงหลักที่ 3 ซึ่งจะพบว่ามีการตอบสนองกลับมาจากแถวที่ 4 นั้นเอง ดังนั้นเมื่อพบว่าเป็นการตรวจสอบหลักที่ 3 และมีแถวที่ 4 ตอบสนอง ก็คือปุ่ม # นั่นเอง [4]

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น ATmega 2560

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแผงวงจร Arduino จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) ขนาด 100 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega 2560 แสดงดังรูปที่ 2.2 เป็นแผงวงจร Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ อินพุตและเอาต์พุต มากกว่า Arduino รุ่นอื่น เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจากตัวรับรู้หรือควบคุมมอเตอร์หลายตัว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาต์พุต ขั้นพื้นฐานที่เพียงพอกับการใช้งานและการเรียนรู้ และมีการพัฒนาแบบโอเพนซอร์ส (Open source) คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวแผงวงจรถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวแผงวงจร หรือโปรแกรมต่อได้ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาอินพุตและเอาต์พุตของแผงวงจร หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับแผงวงจรเสริม (Shield) เช่น XBee Shield Music Shield Relay Shield Wireless Shield GPRS และ Shield เป็นต้น มาต่อกับแผงวงจรบนแผงวงจร Arduio แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้โดยแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมช่องต่ออินพุตและเอาต์พุต ไม่ว่าจะเป็นช่องต่อดิจิตอล ช่องต่อแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและช่องต่ออนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น แผงวงจร Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

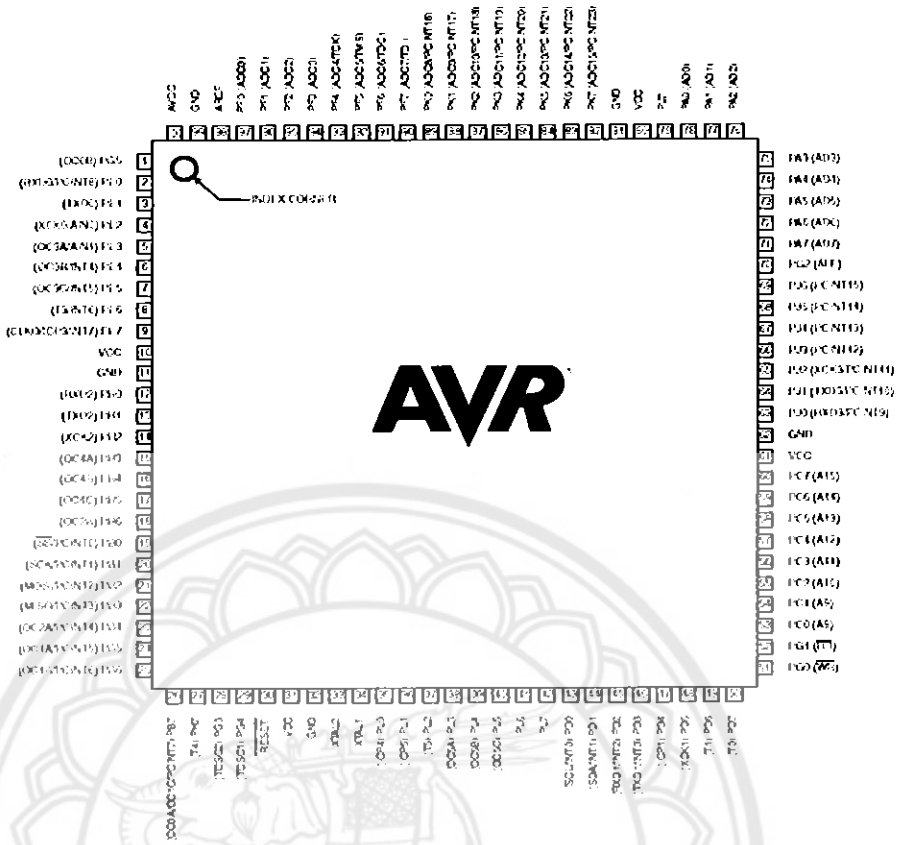


รูปที่ 2.2 แผงวงจร Microcontroller arduino รุ่น ATmega 2560 [5]

แผงวงจร Arduino ซึ่งมีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆเพื่อสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนคือเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลักแผงวงจร Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เอวีอาร์ขนาดเล็กซึ่งเป็นตัวประมวลผลและสั่งงานเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ อินพุตและเอาต์พุตต่างๆได้มากมายทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระ หรือเชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น คอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เนื่องมาจากว่า Arduino สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตต่างๆได้มากมาย ทั้งแบบดิจิตอล (Digital) และแอนะล็อก (Analog) เช่น การรับค่าจากสวิตช์ หรือตัวรับรู้แบบต่างๆ รวมไปถึงการควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆส่วนภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบนแผงวงจร Arduino นั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่ง โครงสร้างของตัวภาษาที่ใช้ในการเขียนโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) แต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจากภาษาซีมาตรฐานเล็กน้อย เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและยังสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของภาษาซีมาตรฐานโดยตรง

ตัวแผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ขนาด 8 บิต โดยเป็นซีพียูแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีสถาปัตยกรรมการต่อหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาด ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยใช้หน่วยความจำแบบวูบผ่านอย่างรวดเร็ว (Flash) สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งมีความจุมากกว่ารุ่น Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน และใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับหน่วยความจำข้อมูลและนอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอีกด้วย ATmega 2560 ซึ่งมีคุณสมบัติเด่น ดังนี้

1) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8 - 5.5 โวลต์ แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 โวลต์
2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 8 กิโลไบต์
3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 4 กิโลไบต์
4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus
5) ช่องต่ออินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิตอลจำนวน 54 ช่อง
6) ช่องต่อเอาต์พุตแบบแอนะล็อกจำนวน 16 ช่อง
7) วงจรสื่อสารอนุกรม
8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 14 ช่อง



รูปที่ 2.3 หน่วยประมวลผลกลาง ATmega 2560 ขนาด 100 ขา [5]

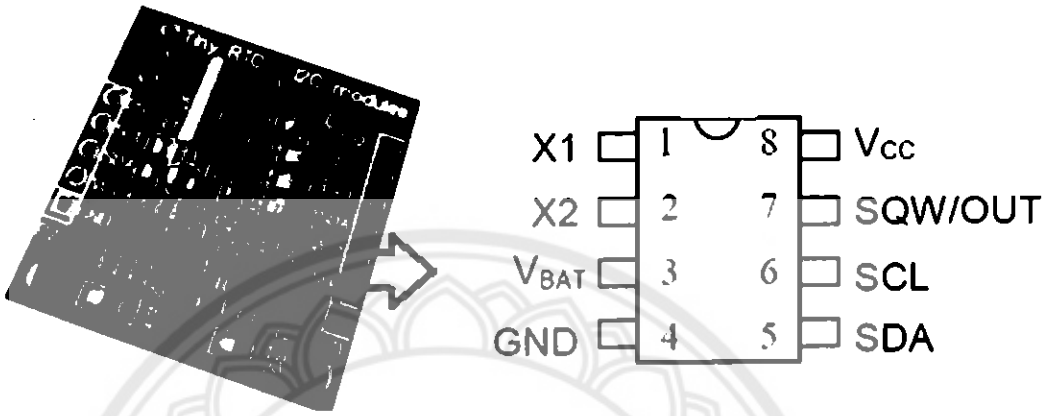
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 2560 ที่ใช้ในโครงงานนี้ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากตัวรับรู้และคำสั่งจากการป้อนค่าจากแผงแป้นตัวเลขแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อเป็นการกำหนดการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว [5]

2.5 ระบบฐานเวลา

ระบบฐานเวลา เป็นสิ่งสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย ภายในไมโครคอนโทรเลอร์มีตัวจับเวลาเพื่อใช้ในการจับเวลา หรือนำไปใช้เป็นฐานเวลาจริงได้เช่นกัน แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรเลอร์สามารถทำงานได้ต่อเมื่อมีไฟเลี้ยงเท่านั้น ดังนั้นการใช้งานตัวจับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างฐานเวลาจริงจึงไม่เหมาะสมในบางโปรแกรมประยุกต์

ไอซี DS1307 เป็นไอซีฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I2C ซึ่งเป็นแบบ 2 สาย สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (Bi-direction bus) ฐานเวลาของไอซี DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูลได้แบบ วินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และปี ระบบเวลาสามารถทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ24 ชั่วโมง หรือ12 ชั่วโมง ภายในมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ

โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไปไอซี DS1307 สามารถสวิตช์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่และทำงานต่อเนื่อง โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขา [4] ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และมีรายละเอียดการทำงานของขาดังนี้



รูปที่ 2.4 ลักษณะและรายละเอียดของ ไอซี DS1307 [4]

VCC	ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์
GND	ใช้ต่อกราวด์
VBAT	ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3 โวลต์ เพื่อรักษาการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย
SDA	ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C
SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C
SQW/OUT	ขาเอาต์พุตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม สามารถเลือกความถี่ได้
X1และX2	ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับไอซี

ระบบบัสข้อมูลแบบ I2C (Inter-IC communication) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์ (Phillips) การรับส่งข้อมูลของระบบใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น คือสายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial data line) และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial clock line) มีการทำงานเป็นแบบ ตัวควบคุมและตัวทำงาน โดยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการรับส่งข้อมูล และควบคุมสัญญาณนาฬิกาบน SCL ส่วนอุปกรณ์ไอซี DS1307 ทำงานภายใต้การควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ [4]

2.6 จอแสดงผลแอลซีดี

จอแสดงผลแอลซีดีรูปแบบนี้นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอแอลซีดีมีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่าลักษณะจำเพาะดังรูปที่ 2.5 ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้ และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า กราฟิกแอลซีดี นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลขหรือหน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

รูปที่ 2.5 จอแสดงผลแอลซีดี 16 x 2 (แบบขนานมี 16 ขา)

โครงสร้างของจอแสดงผลแอลซีดีทั่วไปประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ประมาณ 6 - 10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใสเพื่อใช้แสดงตัวอักษร ตรงกลางระหว่างตัวนำไฟฟ้าแบบใสกับผลึกเหลวจะมีชั้นของสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบเรียกว่า การวางแนวระดับ และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ แรงดึงดูดด้วยแม่เหล็ก โดยจอแสดงผลสามารถแสดงให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบคือ

1) แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective mode) แอลซีดีแบบนี้ใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของแอลซีดี ซึ่งแอลซีดีประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่มีแสงสว่างเพียงพอ

2) แบบใช้การส่งผ่าน (Transitive mode) แอลซีดีแบบนี้วางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอแสดงผล เพื่อทำให้การอ่านที่ได้ชัดเจน

3) แบบส่งผ่านและสะท้อน (Transflective mode) แอลซีดีแบบนี้เป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผลแอลซีดีทั้ง 2 แบบมารวมกัน

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวควบคุม สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิต (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต (DB4-DB7) ทั้งสองแบบ [4]

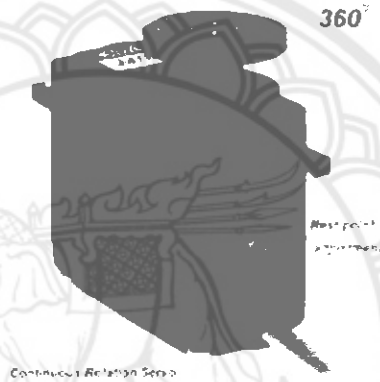
2.7 ลำโพงแบบแม่เหล็ก

ลำโพงแบบแม่เหล็กหรือออด (Buzzer) ที่มีวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) อยู่ภายในตัว เมื่อป้อนแรงดันสามารถกำเนิดเสียงได้ด้วยตัวเอง แต่ไม่สามารถเปลี่ยนความถี่ของเสียงได้ บัซเซอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำผลของแม่เหล็กไฟฟ้ามาดึงดูดให้แกนอาเมเจอร์ (Armature) เคลื่อนที่มาเคาะกับกระดิ่ง (Bell) ทำให้เกิดเสียงดังได้ โครงสร้างภายในประกอบด้วยแท่งเหล็กรูปตัวยู (U-shaped) พันขดลวดรอบๆ แท่งเหล็กนี้ต่ออนุกรมกับหน้าสัมผัสซึ่งเปิดและปิดได้โดยการเคลื่อนที่ของก้านอาเมเจอร์การใช้งานต้องต่อกระดิ่งไฟฟ้าอนุกรมกับสวิตช์กดปุ่ม (Push button) และแหล่งจ่ายไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ เมื่อมีการกดสวิตช์กระแสไฟฟ้าผ่านหน้าสัมผัสและขดลวด ทำให้เกิดการดึงดูดของอาเมเจอร์ให้เคลื่อนที่มาเคาะกระดิ่งทำให้เกิดเสียงดัง ในขณะที่อาเมเจอร์เคลื่อนที่ตัดวงจรไฟฟ้าออกไปด้วย ดังนั้นเมื่อก้านอาเมเจอร์เคาะกระดิ่ง แล้วดีดไปตำแหน่งเดิมทันที และต่อวงจรไฟฟ้าอีกครั้ง เมื่อใดที่ปล่อยมือจากสวิตช์กระบวนการที่เกิดขึ้นหยุดลง แสดงรูปที่ 2.6 แรงเคลื่อนแม่เหล็กของขดลวดทั้งสองเป็นแบบอนุกรม ดังนั้นการเป็นแม่เหล็กของแกนเหล็กจึงเพิ่มขึ้นมากกว่าของขดลวดเพียงชุดเดียว

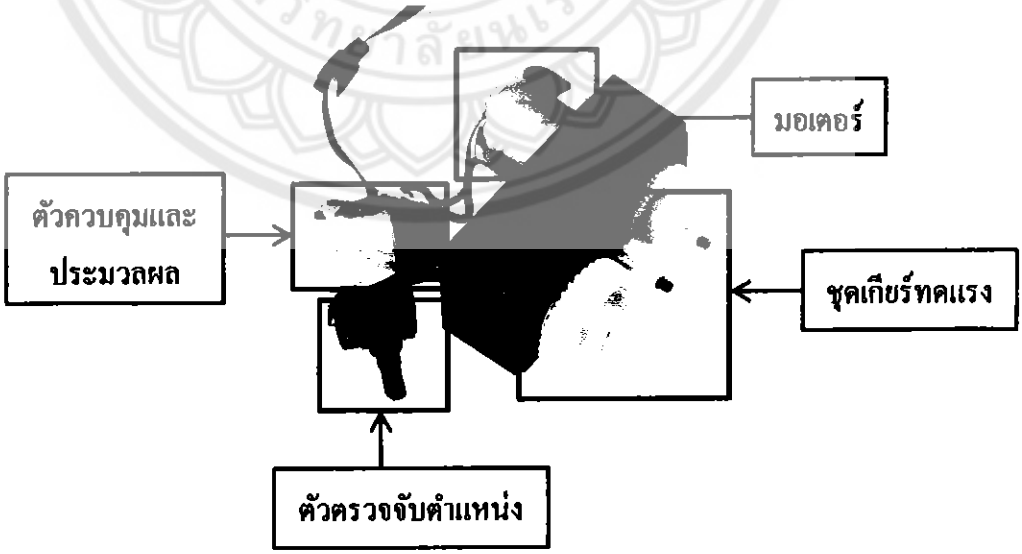
รูปที่ 2.6 ลำโพงแบบแม่เหล็ก [6]

2.8 มอเตอร์เซอร์โว

การหมุนบีบหรือคลายสายน้ำเกลือเพื่อปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือใช้มอเตอร์เซอร์โว 360 องศา แบบต่อเนื่อง (Servo motor) คือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดังรูปที่ 2.7 ถูกประกอบรวมกับชุดเกียร์และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกันหรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกันซึ่งมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 2.8 โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือสายอินพุต สายดิน และสายสัญญาณควบคุม (Control line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้ [4,7]



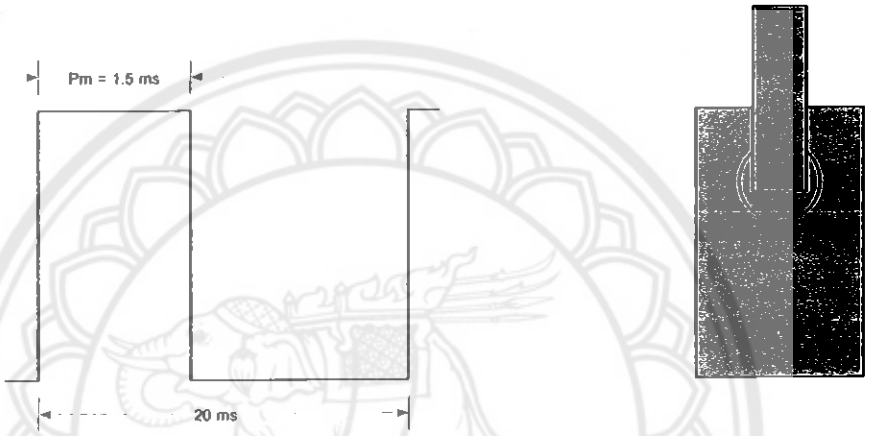
รูปที่ 2.7 มอเตอร์เซอร์โว [4]



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของมอเตอร์เซอร์โว [7]

หลักการควบคุมการทำงานมอเตอร์เซอร์โว 360 องศา แบบต่อเนื่อง การหมุนของมอเตอร์เซอร์โว จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณพัลส์หรือลอจิก 1 เป็นระยะเวลาที่กำหนดและหน่วงเวลาหรือส่งสัญญาณลอจิก 0 เป็นระยะเวลาคงที่ 20 มิลลิวินาที สลับกันไปมาส่งผลให้สามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวได้ [7] ดังนี้

มอเตอร์เซอร์โวไม่มีการหมุนถ้าสร้างสัญญาณพัลส์ที่เป็นลอจิก 1 ความกว้างขนาดเท่ากับ 1.5 มิลลิวินาทีดังรูปที่ 2.9

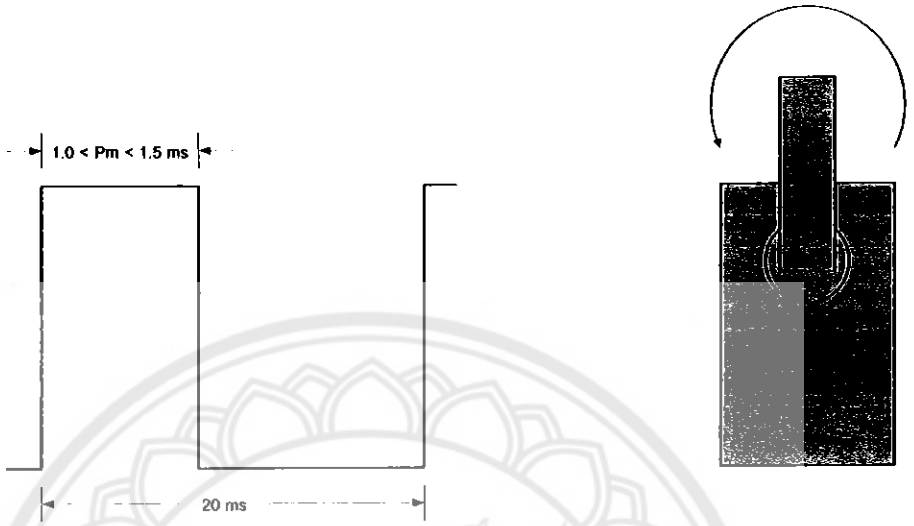


รูปที่ 2.9 การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์ 1 มิลลิวินาที

มอเตอร์เซอร์โวหมุนตามเข็มนาฬิกาต่อเนื่อง จะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ที่เป็นลอจิก 1 ความกว้างขนาดมากกว่า 1.5 มิลลิวินาที แต่น้อยกว่า 2 มิลลิวินาทีดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์มากกว่า 1.5 มิลลิวินาที

มอเตอร์เซอร์โวหมุนทวนเข็มนาฬิกาต่อเนื่อง จะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ที่เป็นลอจิก ความกว้างขนาดน้อย 1.5 มิลลิวินาที แต่มากกว่า 1 มิลลิวินาทีดังรูปที่ 2.11



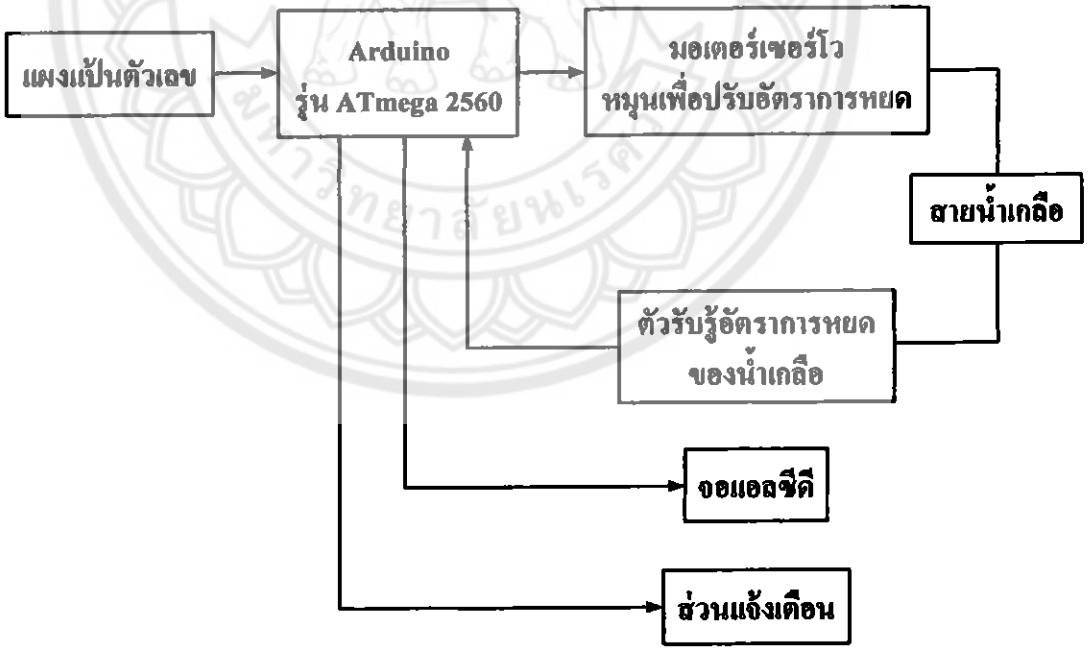
รูปที่ 2.11 การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์น้อยกว่า 1.5 มิลลิวินาที

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ

การออกแบบเครื่องโครงงานเรื่องอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ โครงงานนี้จัดทำมาเพื่อวัตถุประสงค์ให้ความสะดวกสบายในทางการแพทย์ และป้องกันการเกิดภาวะเลือดไหลย้อนกลับเข้าสายน้ำเกลือกรณีน้ำเกลือหมดขวด โดยอุปกรณ์นี้สามารถควบคุมการหยดของน้ำเกลือต่อนาทีและป้องกันเลือดไหลย้อนได้ อุปกรณ์ใช้งานสะดวกสบายไม่ซับซ้อน โดยลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้นั้น เพื่อเกิดความเข้าใจมากขึ้นของระบบทั้งหมดของโครงงานสามารถอธิบายได้ในหัวข้อถัดไป

3.1 การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ

ขั้นตอนการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้เรียงลำดับการทำงานก่อนหลังแสดงดังรูปที่ 3.1

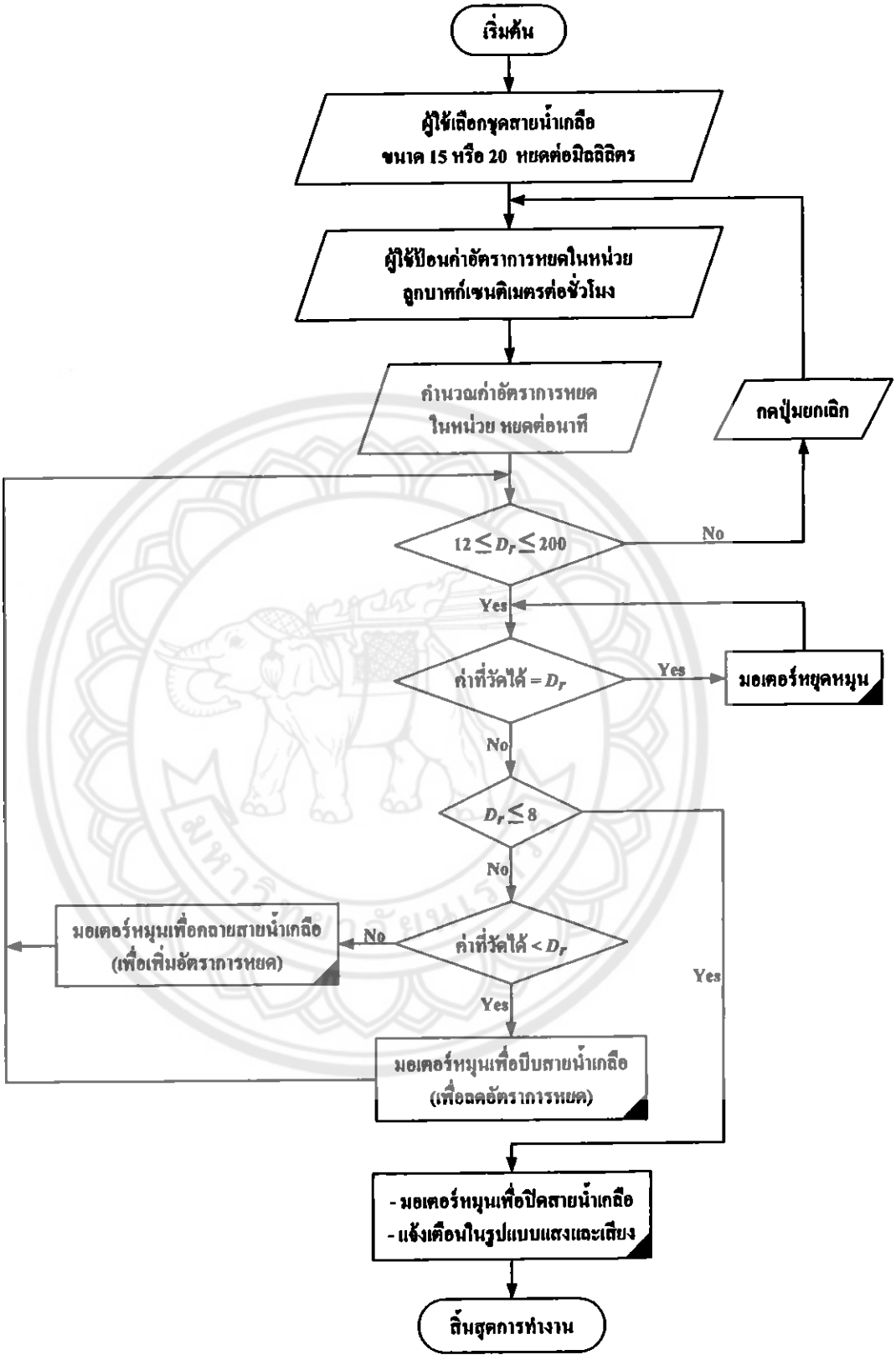


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนแสดงการทำงานโดยรวมอุปกรณ์

ขั้นตอนการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้ เริ่มจากการเลือกชุดสายน้ำเกลือ โดยมี 2 ค่าให้เลือก คือขนาด 15 และขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร จากนั้นป้อนค่าด้วยแผงป้อนตัวเลขโดยการป้อนค่าอัตราการหยด (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ค่าที่ได้จากการป้อนจะส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเป็นค่าอัตราการหยด (หยดต่อนาที) เป็นค่าอ้างอิง และตัวรับรู้จะจับอัตราการหยดของน้ำเกลือส่งกลับไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง เมื่อมีการตรวจจับอัตราการหยดพบว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าอ้างอิง มอเตอร์เซอร์โวหมุนบีบหรือคลายสาย เพื่อลดหรือเพิ่มอัตราการหยด ถ้าตัวรับรู้ตรวจจับได้ว่าไม่มีการหยดของน้ำเกลือ กรณีที่น้ำเกลือหมดถุงมอเตอร์จะหมุนปิดสายน้ำเกลือสนิท เพื่อป้องกันภาวะเลือดไหลย้อนเข้าสายน้ำเกลือ และมีการแจ้งเตือนในรูปแบบของแสงและเสียง เพื่อให้ผู้ดูแลได้รับรู้

3.2 การทำงานอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้

ลักษณะคำสั่งการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยด สามารถเรียงลำดับได้ดังรูปที่ 3.2 เริ่มต้นจากการเลือกค่าชุดสายน้ำเกลือระหว่างขนาด 15 และขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร แล้วป้อนค่าอัตราการหยดในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง ผ่านแป้นตัวเลข จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะคำนวณค่าที่ป้อนจากแผงแป้นตัวเลขมาเป็นอัตราการหยดในหน่วยหยดต่อนาที ตามสูตรการคำนวณในบทที่ 2 ค่าที่ได้จะเป็นค่าอ้างอิง ถ้าค่าที่ป้อนอยู่ในช่วง 12 - 200 หยดต่อนาที



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขั้นตอนถัดไป แต่ถ้าค่าที่ป้อนไม่ได้อยู่ในช่วงนี้ แสดงคำสั่งไปยังจอแสดงผลให้มีการป้อนในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมงอีกครั้ง และต้องมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดเท่านั้น เมื่อป้อนค่าที่อยู่ในช่วงที่กำหนด แล้วตัวรับรู้ตรวจจับอัตราการหยดของน้ำเกลือ และส่งค่าไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง สามารถแบ่งได้เป็น 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล ว่าอัตราการหยดที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้ มีค่าเท่ากับค่าอ้างอิง กรณีนี้จะไม่มีการหมุนของมอเตอร์ เมื่อเวลาครบ 1 นาทีจะมีการตรวจสอบอีกครั้งว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่

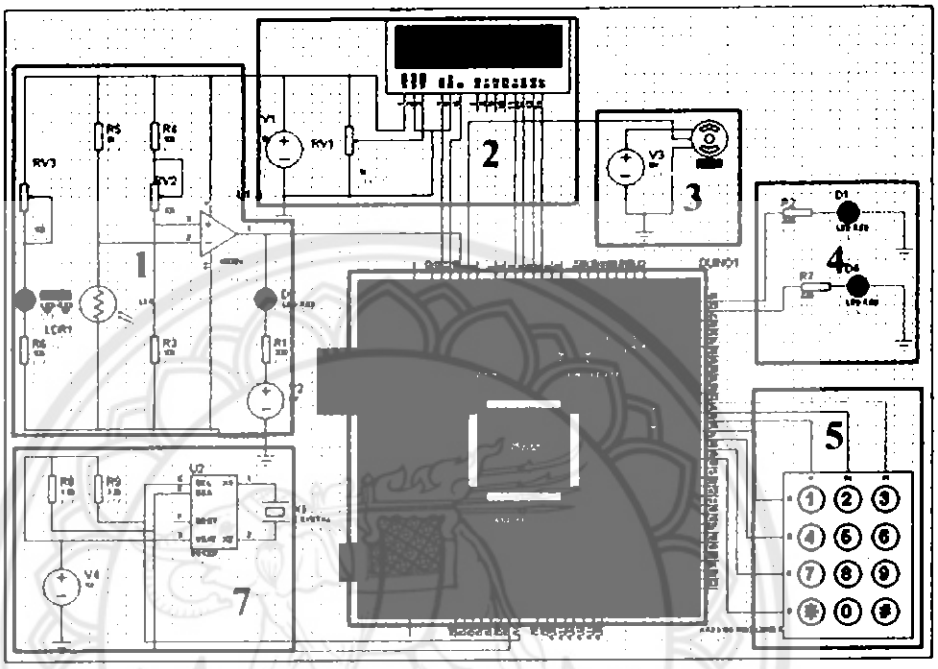
กรณีที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล ว่าอัตราการหยดที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 หยดต่อนาที ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนเพื่อปิดสายน้ำเกลือให้สนิท พร้อมทั้งมีส่งสัญญาณแจ้งเตือนในรูปแบบของแสงและเสียง

กรณีที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล ว่าอัตราการหยดที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้ มีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนคลายสายน้ำเกลือ เพื่อเพิ่มอัตราการหยดของน้ำเกลือ เมื่อเวลาครบ 1 นาทีมีการตรวจสอบอีกครั้งว่าค่าอัตราการหยดที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้มีค่าเท่าไร

กรณีที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล ว่าอัตราการหยดที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้ มีค่ามากกว่าค่าอ้างอิง ไมโครตอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนบีบสายน้ำเกลือเพื่อลดอัตราการหยดของน้ำเกลือ เมื่อเวลาครบ 1 นาทีจะมีการตรวจสอบอีกครั้งว่าค่าอัตราการหยดที่ตัวรับรู้ตรวจจับได้มีค่าเท่าไร

3.3 วงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้

วงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้สามารถอธิบายส่วนประกอบของภายในระบบได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรภายในของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้

จากรูปสามารถอธิบายส่วนต่างๆได้ดังนี้

1) ส่วนของวงจรตัวรับรู้ ทำหน้าที่เป็นตัวรับรู้อัตราการหยดของน้ำเกลือ

2) ส่วนจอแสดงผล ทำหน้าที่แสดงข้อมูล

3) ส่วนมอเตอร์เซอร์โว ทำหน้าที่หมุนเพื่อปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ

4) ส่วนของการแจ้งเตือน ทำหน้าที่แจ้งเตือนเมื่อน้ำเกลือหมดขวด

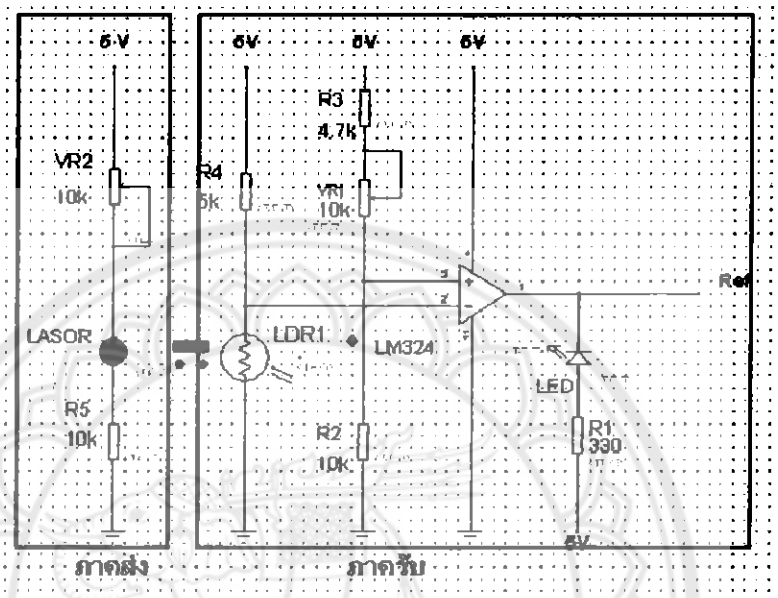
5) ส่วนของแผงแป้นตัวเลข ทำหน้าที่ป้อนคำสั่ง

6) ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ประมวลผล

7) ส่วนของระบบฐานเวลา ทำหน้าที่จับเวลาและเป็นฐานเวลาจริง

3.4 การออกแบบวงจรตัวรับรู้

วงจรตัวรับรู้ติดตั้งอยู่ที่กระบอกของสายน้ำเกลือที่เสียบเข้ากับขวดน้ำเกลือและลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรตัวรับรู้

ส่วนของวงจรภาคส่งมีหน้าที่ส่งลำแสงให้ไปตกกระทบตัวต้านทานไวแสง (LDR) ทำให้ตัวต้านทานไวแสง มีค่าความต้านทานค่าหนึ่งโดยสามารถปรับความเข้มแสงของตัวชี้เลเซอร์ (Laser) ให้มากน้อยโดยการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ 2 (VR2) ถ้าให้มีความต้านทานมากจะมีความเข้มแสงจะน้อยในทางกลับกันถ้าความต้านทานน้อยความเข้มแสงจะมาก (ความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ 2 แปรผกผันกับความเข้มแสงตัวชี้เลเซอร์)

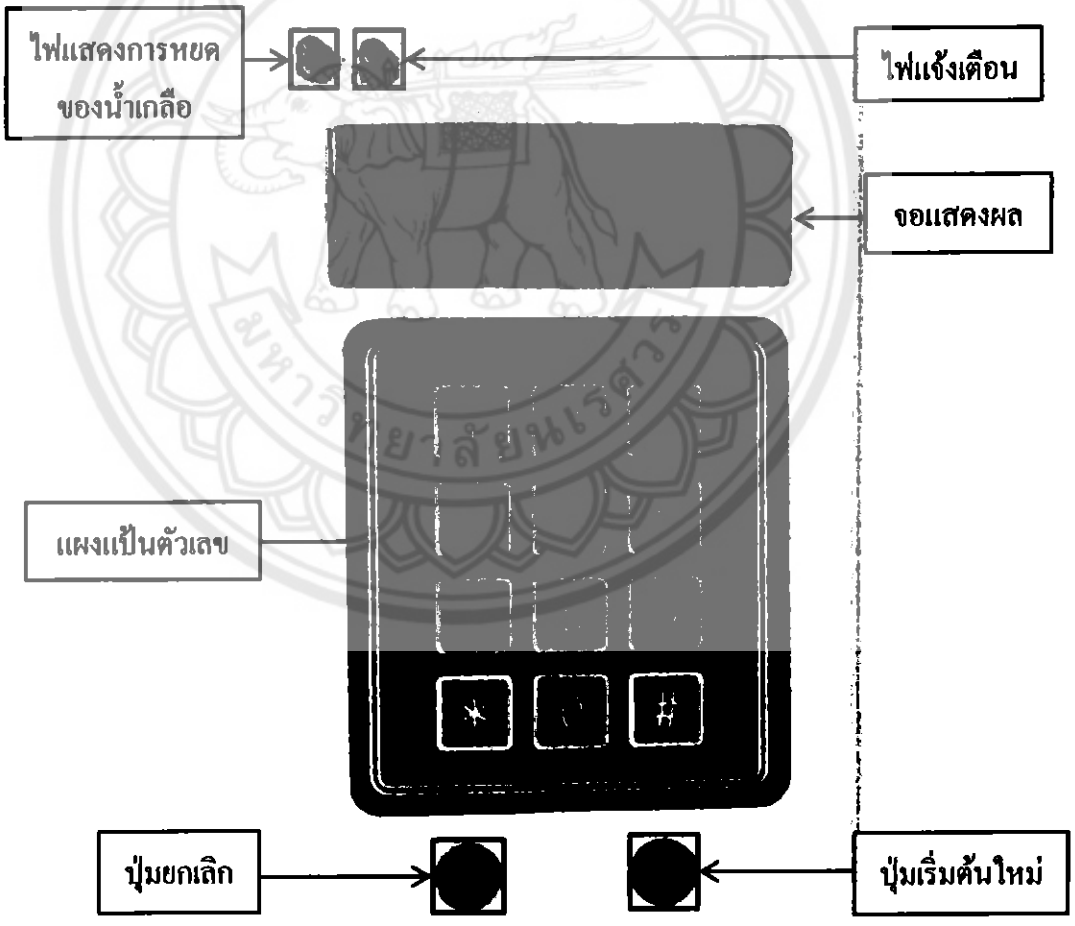
ส่วนของวงจรภาครับถ้ามีน้ำเกลือหยดผ่านลำแสงระหว่างตัวชี้เลเซอร์กับตัวต้านทานไวแสง ทำให้ความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงเปลี่ยนแปลง ทำให้แรงดันตรงขา 2 ของ ไอซี LM324 เปลี่ยนแปลงไปด้วย โดย ไอซี LM324 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน ระหว่างสัญญาณเข้าขา 2 และ 3 ของไอซี (แรงดันขาเข้าขา 3 เป็นแรงดันหลักสามารถปรับเพิ่มค่าแรงดันได้โดยการปรับค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ตัวที่ 1 (VR1)) ถ้าเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขา 2 กับ 3 มีค่าเท่ากัน (ไม่มีการหยดของน้ำเกลือผ่านลำแสงตัวชี้เลเซอร์) ไอซีส่งสัญญาณดิจิตอล สัญญาณขาออก ขา 1 เป็นสัญญาณลอจิก 1 แต่ถ้าเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขา 2 กับ 3 มีค่าเท่ากัน (มีการหยดของน้ำเกลือผ่านลำแสงแอลอีดีตัวชี้เลเซอร์) ไอซีจะส่งสัญญาณดิจิตอล สัญญาณขาออกของขา 1

เป็นสัญญาณลอจิก 0 และสัญญาณนี้เองจะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลเป็นค่าอัตราการหยดต่อนาทีของน้ำเกลือต่อไป [7]

3.5 การประกอบอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ

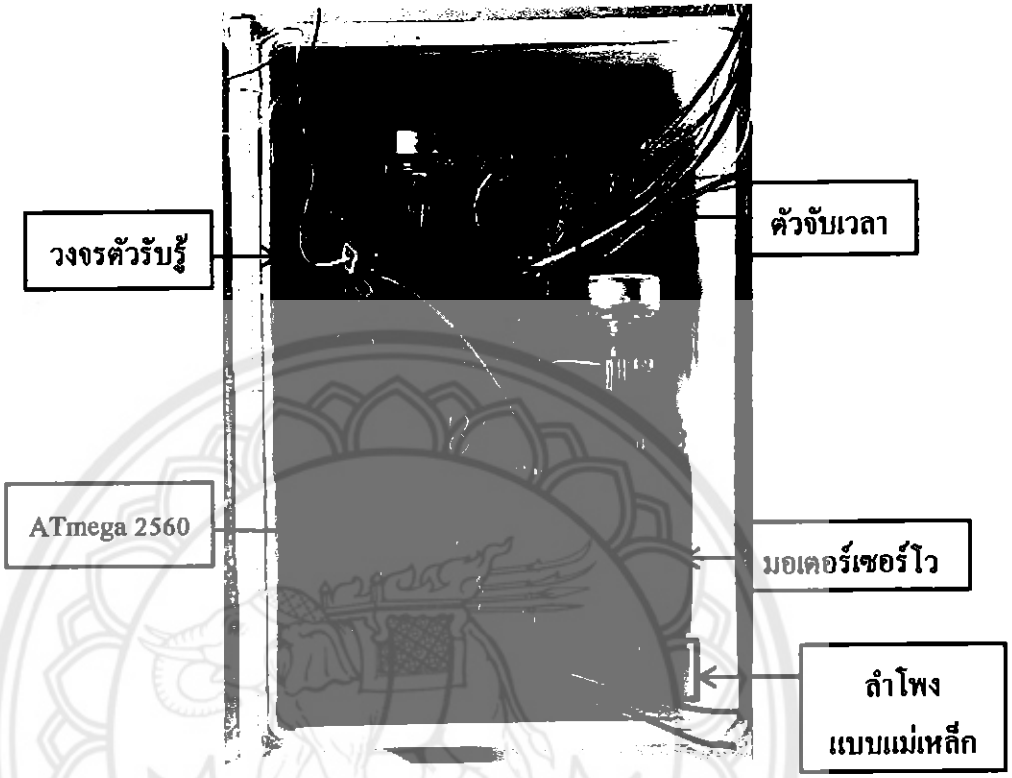
อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้สามารถแบบได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนของหน้าจอควบคุมดังรูปที่ 3.5 ประกอบไปด้วยไฟสีเขียวแสดงการหยดของน้ำเกลือ ไฟสีแดงแสดงการแจ้งเตือนเมื่อน้ำเกลือหมด หน้าจอแสดงผลที่แสดงคำสั่งและแสดงค่าอัตราการหยด แผงแป้นตัวเลขเพื่อป้อนข้อมูลที่เป็นค่าเฉพาะตัวเลขเท่านั้น และปุ่มสวิตช์สีแดงเป็นปุ่มยกเลิกเมื่อมีการป้อนค่าผิด ปุ่มสวิตช์สีน้ำเงินคือปุ่มกลับไปเริ่มต้นใหม่อีกครั้งเมื่ออุปกรณ์สิ้นสุดการทำงาน



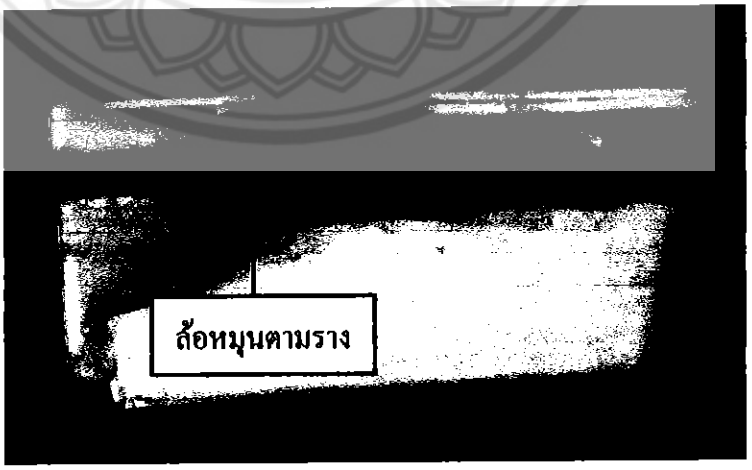
รูปที่ 3.5 กล่องควบคุม

ส่วนของแผงวงจรภายในกล่องควบคุม แสดงดังรูปที่ 3.6 ประกอบด้วย แผงวงจรตัวรับรู้ ตัวจับเวลา ไมโครคอนโทรลเลอร์ และมอเตอร์เซอร์โว



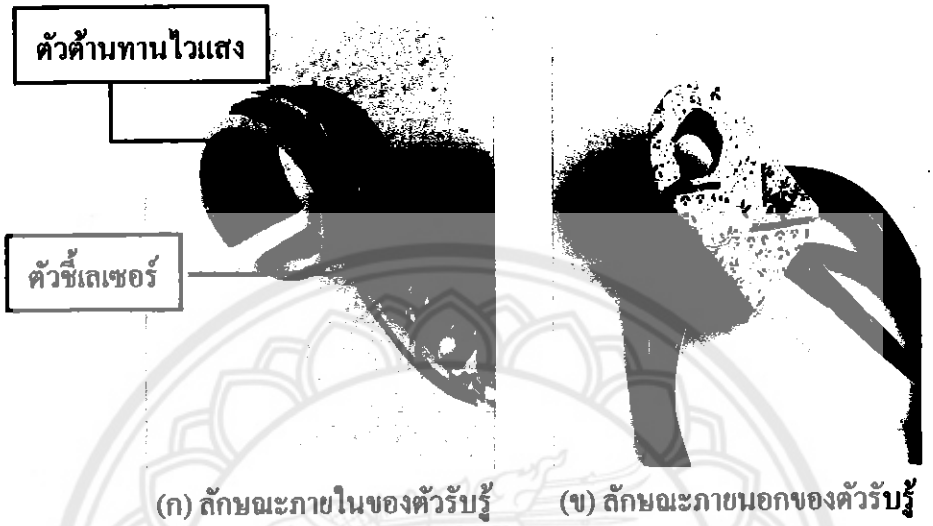
รูปที่ 3.6 แผงวงจรภายในกล่องควบคุม

2) ตัวปรับอัตราการหยดมีล้อหมุนตามรางสำหรับบีบหรือคลายสายน้ำเกลือดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวปรับอัตราการหยุดของน้ำเกลือ

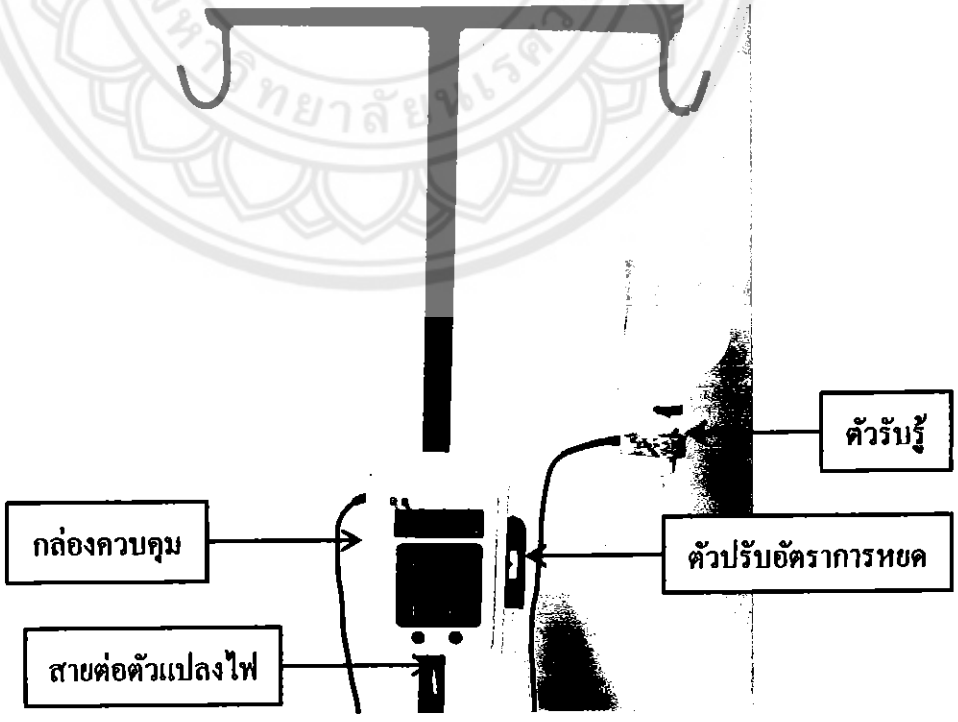
3) ส่วนตัวรับรู้การหยดของน้ำเกลือประกอบด้วยตัวชี้เลเซอร์และตัวต้านทานไวแสง ประกอบยังไม่สมบรูณ์แสดงดังรูปที่ 3.8 (ก) เมื่อประกอบสมบรูณ์แล้วแสดงดังรูปที่ 3.8 (ข) มีหน้าที่ตรวจจับอัตราการหยดของน้ำเกลือ แล้วส่งสัญญาณเข้าไปให้วงจรตัวรับรู้เปรียบเทียบค่ากับค่าที่ได้ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล



(ก) ลักษณะภายในของตัวรับรู้ (ข) ลักษณะภายนอกของตัวรับรู้

รูปที่ 3.8 ตัวรับรู้ที่สร้างขึ้นจากตัวชี้เลเซอร์และตัวต้านทานไวแสง

การติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์ของชุดควบคุมการให้น้ำเกลือแสดงดังรูปที่ 3.9

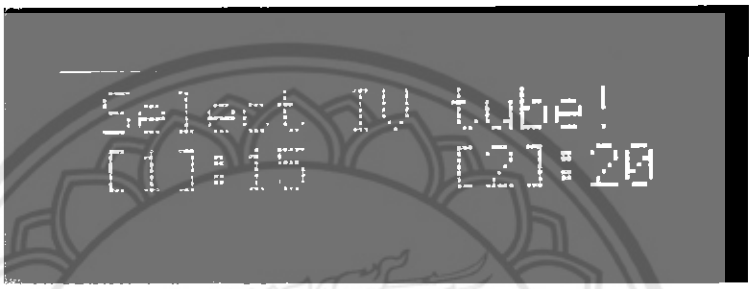


รูปที่ 3.9 รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ

3.6 การใช้อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือ

การใช้อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) ต่อตัวแปลงไฟ 9 โวลต์ เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือจากนั้นเลือกชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หรือ ขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณตามสูตรอัตราการหยดของน้ำเกลือ โดยหน้าจอแสดงผลแอลซีดี แสดงรูปที่ 3.10 ถ้าเลือกขนาด 15 ให้กดหมายเลข 1 ที่แผงแป้นตัวเลขแต่ถ้าเลือกขนาด 20 ให้กดหมายเลข 2 ที่แผงแป้นตัวเลข



รูปที่ 3.10 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่ให้เลือกขนาดสายน้ำเกลือ

2) ป้อนค่าอัตราการหยดในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง ที่ได้จากการวินิจฉัยของแพทย์ บนแผงแป้นตัวเลข จอแสดงผลแสดงดังรูปที่ 3.11 เมื่อป้อนค่าแล้วให้กดเครื่องหมาย # เพื่อเป็นการยืนยันตัวเลข

รูปที่ 3.11 ข้อความบนจอแสดงการให้ป้อนค่าอัตราการหยด

3) ค่าที่ป้อนจะต้องอยู่ในช่วงที่กำหนดนั้นคือ 50 - 800 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง เมื่อมีการเลือกค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด หน้าจอแสดงผลแสดงการนับหยดน้ำเกลือดังรูปที่ 3.12 โดยตัวเลขหลังคำว่า Rate จะแสดงค่าอัตราการหยดในหน่วย หยดต่อนาที และตัวเลขที่แสดงหลังตัวย่อ CNT คือจำนวนหยดน้ำเกลือที่ตัวรับรู้จับได้ใน 1 นาที

รูปที่ 3.12 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่อุปกรณ์นับหยดน้ำเกลือ

4) เมื่อมีการป้อนค่า cc/hr ไม่อยู่ในค่าที่กำหนด หน้าจอแสดงผลแสดงคำว่า Invalid rate! ดังรูปที่ 3.13 ให้กดปุ่มยกเลิก เพื่อกลับมาใส่ค่าให้ถูกต้อง ตามที่กำหนดไว้

รูปที่ 3.13 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่มีการป้อนค่าอัตราการหยดไม่ถูกต้อง

5) กรณีที่ตัวรับรู้ตรวจพบว่าน้ำเกลือหมดถุง หน้าจอแสดงผลแสดงคำว่า Saline depleted! ดังรูปที่ 3.14 จากนั้นให้กดปุ่มเริ่มต้นใหม่ เพื่อเป็นการเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง

รูปที่ 3.14 ข้อความบนจอแสดงผลในขณะที่น้ำเกลือหมดถุง

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 การทดสอบตัวรับรู้ในการนับหยดน้ำเกลือ

การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวงจรภาคส่งสองแบบ คือหลอดแอลอีดี (LED) กับ ตัวชี้เลเซอร์ (Laser) เทียบกับการนับด้วยตาเปล่า โดยมีผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ตามลำดับ เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{A-B}{B}\right| \times 100 \qquad (4.1)$$

โดยที่ A คือค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที)

B คือค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

หลังจากทดสอบจึงนำค่าที่ได้ไปสรุปเลือกใช้อุปกรณ์ในวงจรภาคส่งของวงจรตรวจจับอัตราหยดน้ำเกลือสาเหตุที่ต้องเทียบกับการนับด้วยตาเปล่า เนื่องจากไม่มีเครื่องควบคุมการให้น้ำเกลือ และโดยปกติอัตราการให้น้ำเกลือสูงสุดจะอยู่ในช่วงที่ตาเปล่านับได้

ตารางที่ 4.1 ผลการนับอัตราการหยดต่อนาทีด้วยหลอดแอลอีดีเทียบกับตาเปล่า

ระดับการควบคุม	อัตราการหยดเฉลี่ย (หยดต่อนาที)		ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการนับด้วยแอลอีดี
	ตาเปล่า	แอลอีดี	
ช้า	28.00	27.66	1.21
ปานกลาง	58.33	57.66	1.15
เร็ว	82.66	82.00	0.08

ตารางที่ 4.2 ผลการนับอัตราการหยดต่อนาทีด้วยหลอดตัวชี้เลเซอร์เทียบกับตาเปล่า

ระดับการควบคุม	อัตราการหยดเฉลี่ย (หยดต่อนาที)		ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการนับด้วยตัวชี้เลเซอร์
	ตาเปล่า	ตัวชี้เลเซอร์	
ช้า	27.00	27.00	0.00
ปานกลาง	58.66	58.33	0.56
เร็ว	80.33	82.66	0.42

จากการทดสอบปัญหาเกี่ยวกับการใช้ ตัวรับรู้ภาคส่งแอลอีดี เมื่อมีการขยับขวดน้ำเกลือ ความถูกต้องของการนับอัตราการหยดยังคงเหมือนเดิม เพราะแสงที่ออกจากแอลอีดี การกระจายแสงกว้างทำให้ทั่วถึงกระบอกหยดน้ำเกลือ เนื่องด้วยการกระจายแสงเป็นวงกว้างทำให้แสงออกจากกระบอกหยดน้ำเกลืออาจเป็นการรบกวนผู้ที่มารับน้ำเกลือได้กรณีนอนหลับในเวลากลางคืน และปัญหาเกี่ยวกับการใช้ตัวรับรู้ภาคส่งตัวชี้เลเซอร์ เมื่อมีการขยับขวดน้ำเกลือความถูกต้องของการนับอัตราการหยดจะน้อยลงเล็กน้อยประมาณ 1 - 2 หยดต่อนาทีโดยประมาณ เพราะแสงที่ออกจากตัวชี้เลเซอร์การกระจายแสงเป็นจุดเดียวทำให้ไม่ทั่วถึงกระบอกหยดน้ำเกลือ

การทดสอบสามารถเปรียบเทียบวงจรตัวรับรู้ภาคส่งระหว่างหลอดแอลอีดีกับตัวชี้เลเซอร์เทียบกับการนับด้วยตาเปล่า พบว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของตัวรับรู้ภาคส่งตัวชี้เลเซอร์มีค่าน้อยกว่าแบบตัวรับรู้ภาคส่งแอลอีดี และไม่มีแสงที่ออกจากตัวชี้เลเซอร์มารบกวนผู้รับน้ำเกลือ ถึงแม้ว่าเมื่อขยับขวดน้ำเกลือความถูกต้องของการนับอัตราการหยดจะน้อยลงเล็กน้อยแต่อยู่ในปริมาณที่รับได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ ตัวชี้เลเซอร์ในวงจรภาคส่งของตัวรับรู้

4.2 การทดลองเพื่อหาระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ในการปรับอัตราการหยด

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อคือ

1) เพื่อหาระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้ในการปรับสายน้ำเกลือ โดยเทียบอัตราการหยดที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการหยดที่ต้องการใช้ระยะเวลาไปนานกี่วินาทีเพื่อทราบว่าอุปกรณ์ชนิดนี้ใช้ระยะเวลานานเท่าใด ถึงจะได้ค่าที่ใกล้เคียงที่สุด

2) เพื่อหาความแม่นยำของการหมุนของมอเตอร์ที่แบ่งเป็นช่วงอัตราการหยดของน้ำเกลือ ว่าช่วงใดมีความแม่นยำน้อยที่สุดเพราะเหตุใด

การทดสอบเริ่มจากการตั้งอัตราการหยดที่ต้องการเป็นค่าเริ่มต้นในแต่ละช่วง ซึ่งเริ่มจาก 12–200 หยดต่อนาที สาเหตุที่เริ่มต้นจาก 12 หยดต่อนาที เนื่องจากเป็นค่าต่ำสุดที่แพทย์สั่งให้ผู้ป่วยได้รับน้ำเกลือในหน่วยหยดต่อนาที และค่าสูงสุดคือค่าที่น้ำเกลือหยดสามารถหยดได้มากที่สุดใน

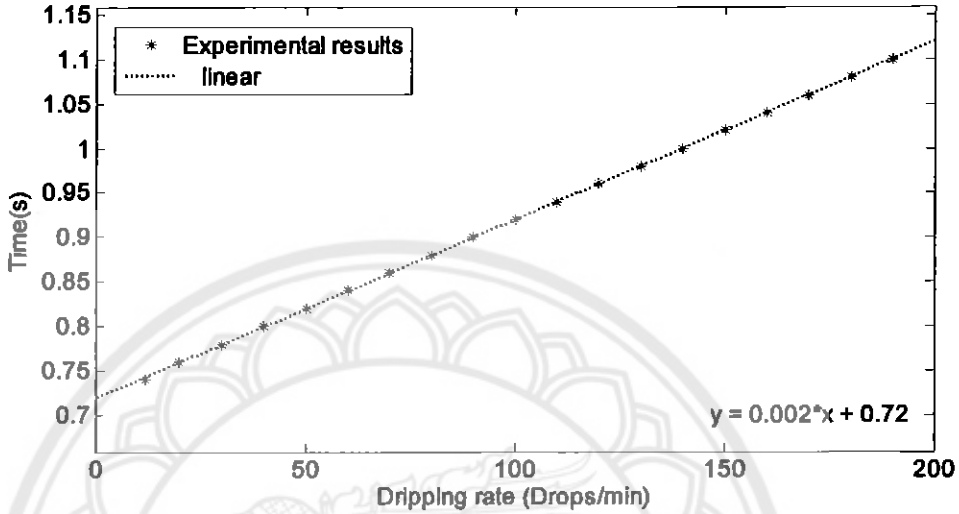
การปรับสายคือ 200 หยดต่อนาที จากนั้นทดสอบว่าสามารถปรับสายน้ำเกลือที่ใกล้ค่าเดียงกับอัตราการหยดที่ต้องการนั้นใช้เวลากี่วินาที โดยทดสอบ 3 ครั้งในแต่ละค่าอัตราการหยด แล้วหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบของชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ ชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร

อัตราการหยด (หยดต่อนาที)	ระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ (วินาที)	ค่าเฉลี่ยของอัตราการหยดที่วัดได้ (หยดต่อนาที)	ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน
12	0.74	13.33	11.08
20	0.76	21.67	8.35
30	0.78	28.00	6.67
40	0.80	40.67	1.68
50	0.82	50.67	1.34
60	0.84	60.33	0.55
70	0.86	72.00	2.85
80	0.88	79.33	0.83
90	0.90	88.00	2.22
100	0.92	100.33	0.33
110	0.94	108.67	1.12
120	0.96	120.33	0.27
130	0.98	133.00	2.30
140	1.00	141.00	0.70
150	1.02	149.67	0.22
160	1.04	160.67	0.42
170	1.06	169.00	0.59
180	1.08	178.00	1.11
190	1.10	193.30	1.75

จากตารางที่ 4.3 สามารถนำระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการหมุนของมอเตอร์และอัตราการหยดดังรูปที่ 4.1 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่ออัตราการหยดมากขึ้น ค่าระยะเวลาที่มอเตอร์หมุนเพื่อปรับอัตราการหยดจะมีค่า

มากขึ้นตามกันแบบเชิงเส้น และในขณะปรับอัตราการหยดในช่วง 12 – 30 หยดต่อนาที มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากสายน้ำเกลือมีขนาดเล็กและในการปรับอัตราการหยดที่มีค่าต่ำต้องมีความละเอียดค่อนข้างมาก



รูปที่ 4.1 เวลาที่มอเตอร์หมุนปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร

จากรูปที่ 4.1 เราสามารถหาสมการระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ โดยสมการเป็นลักษณะสมการเชิงเส้น จะได้

$$t = 0.002D_r + 0.72 \tag{4.1}$$

โดยที่ t คือระยะเวลาที่มอเตอร์หมุนเพื่อปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ (วินาที)

D_r คือค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที)

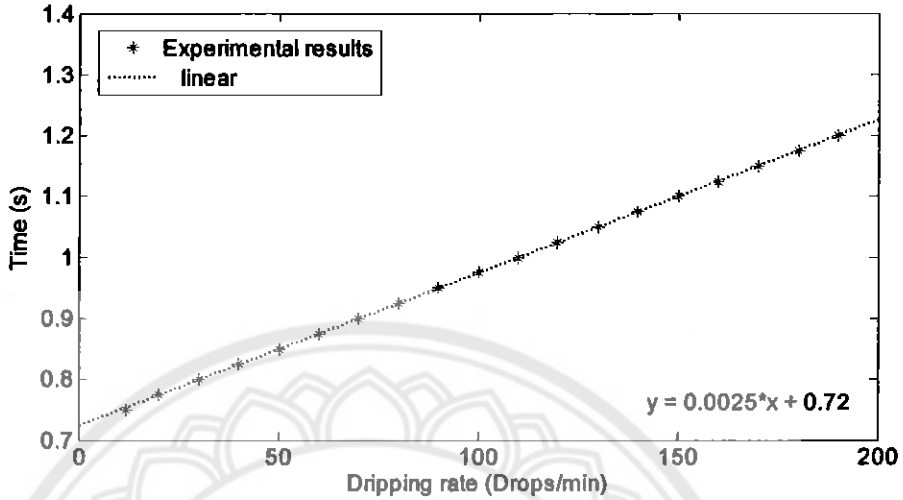
ผลการทดสอบกับชุดสายน้ำเกลือขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตรแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ ชุดสายน้ำเกลือขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร

อัตราการหยด (หยดต่อนาที)	ระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ (วินาที)	ค่าเฉลี่ยของอัตราการหยดที่วัดได้ (หยดต่อนาที)	ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน
12	0.750	13.33	11.08
20	0.775	21.33	6.65
30	0.800	28.33	5.56
40	0.825	40.33	0.82
50	0.850	49.33	2.00
60	0.875	59.33	1.12
70	0.900	71.00	1.42
80	0.925	80.67	0.83
90	0.950	92.00	2.22
100	0.975	98.67	1.33
110	1.000	112.33	1.82
120	1.025	119.67	0.27
130	1.050	131.00	0.77
140	1.075	142.33	1.67
150	1.100	152.00	1.33
160	1.125	161.67	1.04
170	1.150	167.33	1.57
180	1.175	178.00	1.10
190	1.200	187.33	1.14

จากตารางที่ 4.4 สามารถนำระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการหมุนของมอเตอร์และอัตราการหยดดังรูปที่ 4.2 จากการทดสอบพบว่าเมื่ออัตราการหยดมากขึ้น ระยะเวลาที่มอเตอร์หมุนเพื่อปรับอัตราการหยดมีค่ามากขึ้นตามกันแบบเชิงเส้น และขณะที่ปรับอัตราการหยดในช่วง 12 – 30 หยดต่อนาที มีความคลาดเคลื่อนสูง

เนื่องจากสายน้ำเกลือมีขนาดเล็กและในการปรับอัตราการหยดที่มีค่าน้อยต้องมีความละเอียดค่อนข้างมาก เช่นเดียวกับกรณีชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร



รูปที่ 4.2 เวลาที่มอเตอร์หมุนปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร

จากรูปที่ 4.2 เราสามารถหาสมการระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ โดยสมการเป็นลักษณะสมการเชิงเส้น จะได้

$$t = 0.0025D_r + 0.72 \qquad (4.2)$$

โดยที่ t คือระยะเวลาที่มอเตอร์หมุนเพื่อปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ (วินาที)

D_r คือค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือ (หยดต่อนาที)

4.3 การทดลองความแม่นยำในการปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบความแม่นยำในปรับอัตราการหยดโดยอัตโนมัติ ด้วยการบีบหรือคลายสายน้ำเกลือจากการหมุนมอเตอร์ โดยสุ่มเอาค่าอัตราการหยดทั้งหมด 10 ค่าโดยแต่ละค่าได้ทำการทดสอบ 6 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปเทียบกับอัตราการหยดที่ต้องการ และได้ทดลองตามชุดสายน้ำเกลือคือชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร และขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร การทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 การทดสอบการปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร

อัตราการหยดที่ต้องการ		อัตราการหยดเฉลี่ย (หยดต่อนาที)	ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน
ลบ.ซม./ชม.	หยดต่อนาที		
100	33	32.16	2.54
150	50	49.16	1.68
200	66	65.16	1.27
250	83	82.33	0.80
300	100	100.67	0.67
350	116	115.50	0.43
400	133	133.16	0.45
450	150	151.50	1.00
500	166	167.50	0.90
550	183	180.33	1.45

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการปรับอัตราการหยดกรณีชุดสายขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร

อัตราการหยดที่ต้องการ		อัตราการหยดเฉลี่ย (หยดต่อนาที)	ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน
ลบ.ซม./ชม.	หยดต่อนาที		
100	25	25.50	2.00
150	37	36.33	1.81
200	50	50.67	1.34
250	62	62.16	0.25
300	75	74.67	0.44
350	87	87.83	0.65
400	100	99.00	1.00
450	112	111.83	0.15
500	125	126.16	0.93
550	137	138.50	1.09

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสูงอยู่ในค่าอัตราการหยดของน้ำเกลือค่าต่ำ เนื่องจากการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวที่ใช้ควบคุมอัตราการหยดของเกลือในแต่ละครั้งมีความละเอียดต่ำ การหมุนเพื่อปรับอัตราการหยดจึงไม่มีหยดน้ำเกลือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม รวมถึงขนาดชุดสายน้ำเกลือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กและมีความหนา การปรับอัตราการหยดในค่าต่ำจึงปรับได้ยากกว่าค่าอัตราการหยดของเกลือที่ค่าสูง จากการทดลองทั้ง 2 ชุดสายน้ำเกลือ คือขนาด 15 หยดต่อมิลลิลิตรและขนาด 20 หยดต่อมิลลิลิตร พบว่าการปรับอัตราการหยดของเกลือโดยใช้การหมุนของมอเตอร์เซอร์โวบีบและคลายสาย เพื่อลดและเพิ่มอัตราการหยดของน้ำเกลือต่อนาทีนั้นมีความแม่นยำค่อนข้างสูง โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 3 ถือว่าเป็นค่าที่ทางการแพทย์ยอมรับได้ และไม่เกิดอันตรายกับผู้ได้รับน้ำเกลือ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้สร้างอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือแบบปรับอัตราการหยดได้ อุปกรณ์นี้แบ่งหน้าที่ทำงานเป็น 4 ส่วน คือส่วนที่ 1 คือตัวรับรู้ทำหน้าที่ตรวจจับการหยดของน้ำเกลือขณะนั้นได้ โดยอาศัยความแตกต่างค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง ระหว่างมีน้ำเกลือตัดผ่านลำแสงของตัวชี้เลเซอร์และเมื่อไม่มีน้ำเกลือตัดผ่านลำแสงของตัวชี้เลเซอร์จึงช่วยให้สามารถนับหยดน้ำเกลือในหน่วยหยดต่อนาที ส่วนที่ 2 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวรับค่าจากตัวรับรู้แล้วนำมาประมวลผลเทียบกับอัตราการหยดที่ต้องการ ถ้าค่าที่วัดได้จากตัวรับรู้มีค่าไม่เท่ากับค่าที่ต้องการ มอเตอร์จะหมุนบีบหรือคลายสายน้ำเกลือเพื่อปรับอัตราการหยด โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมทำงานของระบบทั้งหมด ส่วนที่ 3 คือ มอเตอร์เซอร์โว 360 องศาแบบต่อเนื่อง ที่ใช้ในการหมุนเพื่อปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ และปิดสายน้ำเกลือเมื่อน้ำเกลือหมดถุง ส่วนที่ 4 คือการแจ้งเตือน โดยมีการแจ้งเตือนในรูปแสงและเสียง ในโครงงานนี้ได้ดำเนินการทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำเกลือพบว่าในช่วงอัตราการหยดต่ำมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก แต่ในช่วงอัตราการหยดมากกว่า 30 หยดต่อนาที ผลการทดสอบมีความแม่นยำสูง (มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 2) และระยะเวลาที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนเพื่อปรับอัตราการหยดมีค่าแปรผันตรงกับอัตราการหยด

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) ค่าความคลาดเคลื่อนในการปรับอัตราการหยดของน้ำเกลือ เนื่องจากการการหมุนของมอเตอร์ที่มีความละเอียดน้อย ทำให้ปรับค่าที่ต้องการปรับเพียงเล็กน้อยจึงมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง แนวทางการลดค่าความคลาดเคลื่อน คือเลือกใช้มอเตอร์ที่สามารถปรับการหมุนได้ละเอียดสูง
2) ความคลาดเคลื่อนในวงจรตัวรับรู้ เนื่องจากการปรับแสงในวงจรภาคส่งและปรับความต้านทานในวงจรภาครับ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบที่มีความละเอียดต่ำทำให้การปรับตั้งค่านั้นเป็นไปได้ยาก แนวทางการลดความคลาดเคลื่อน คือควรเลือกใช้ตัวต้านทานที่มีความละเอียดสูง เช่นตัวต้านทานแบบเกือกม้า

3) จากการทดสอบการเลือกใช้อุปกรณ์ตัวรับรู้ในวงจรภาคส่ง มีข้อจำกัดในการทดสอบ คือค่าที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเทียบกับตาเปล่า จึงทำให้ไม่มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากมีความยากลำบากในการหาอุปกรณ์อื่นมาเป็นตัวอ้างอิง

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ส่วนการแจ้งเตือนในอุปกรณ์เมื่อน้ำเกลือหมดถุงนั้น จะมีการแจ้งเตือนที่ตัวเครื่อง ซึ่งสามารถพัฒนาการแจ้งเตือนในรูปแบบไร้สายส่งไปยังผู้ดูแล เพื่อไม่เป็นการรบกวนผู้ป่วย หรือมีการป้อนค่าอัตราการหยดที่แพทย์วินิจฉัยผ่านทางอินเตอร์แล้วส่งไปให้ตัวอุปกรณ์ปรับอัตราการหยดโดยอัตโนมัติ เพื่ออำนวยสะดวกแก่ผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนมอเตอร์ที่มีการหมุนที่มีความละเอียดสูง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำงานมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Infusion_pump, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2557.

[2] http://www.creativemove.com/design/halo-duck, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2557.

[3] นพ.ศักดิ์ชัย วงศ์กิตติรักษ์ (2552), คู่มือพยาบาล ฉบับเวชปฏิบัติ, กรุงเทพมหานคร

[4] http://www.arduitronics.com,สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2557.

[5] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, สืบค้นเมื่อ 29 สิงหาคม 2557 จาก http://www.ee.buu.ac.th.

[6] http://www.mwit.ac.th/~ponchai/CAI_electronics/image/BUZZER.HTM, สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2558.

[7] http://www.thaieasyelec.com, สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2557.

ภาคผนวก ก
รหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

ชุดคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของระบบ เขียนโดยโปรแกรม Arduino c++

```
#include < Keypad.h >                          //libraries keypad
 const byte ROWS = 4;                         //4 แถว
 const byte COLS = 3;                         //3 หลัก
 char keys[ROWS][COLS] =
 {  {'1','2','3'},
    {'4','5','6'},
    {'7','8','9'},
    {'*','0','#'}
};
 byte rowPins[ROWS] = {33, 35, 37, 39};       //ขาเชื่อมต่อแถว
 byte colPins[COLS] = {41, 43, 45};           //ขาเชื่อมต่อหลัก
 Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
 #include <LiquidCrystal.h>                   //libraries lcddisplay
 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);       //pin
 #include <Servo.h>                           //libraries  servomotor
 Servo myservo;
 #include <DS1307RTC.h>                       //libraries DS1307RTC
 #include <Time.h>
 #include <Wire.h>
 tmElements_t tm;
//*****************************กำหนดตัวแปรต่างๆ*****************************
 int A,B,C,D,E,F = 0;                         //block การทำงาน
 int offdrip=0;                               //กำหนดระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์
 int relay=0;                                 //เวลาการหมุนของมอเตอร์
 int voice=0;                                 //กำหนดการปิด(0)/เปิด(1)แจ้งเตือน
 int star=0;
 int staron=0;
 int Setvalue=0;
 int tube=0;                                  //ขนาดสาย
 int setiv15=0;
 int setiv20=0;
```

```
int resetcc, reset1=0;
int cctrue =0;
int startsensor=0;
int drop, drop1=0;
int dropoff =3;
int dropoff1=8;
int dr=1;                          //จำนวนหยดน้ำเกลือ/นาที
int dr1=1;                         //จำนวนหยดน้ำเกลือ/5 วินาที
int stopdr=0;
int countagain=0;
int led= 47;                       //ขาเชื่อมต่อหลอดแจ้งเตือน
int time=0;                        //กำหนดการปิด(0)/เปิด(1)การแสดงเวลา
int hr=0;                          //ตัวแปรชั่วโมง
int mn=0;                          //ตัวแปรนาที
int sc=0;                          //ตัวแปรวินาที
int trig=0;
int cc,cc1 cc2, cc3, cc4=0;        //ค่าประมาณน้ำเกลือ
int onethousand=0;
int onehundred=0;
int ten =0;
int unit=0;
int swcancel = 51;                 //ขาเชื่อมต่อ switch สีฟ้า
int swcancelon =0;
int value=0;
int swRestart=53;                  //ขาเชื่อมต่อ switch สีแดง
int swRestarton=0;
int value2=0;
int sensor=6;                      //ขาเชื่อมต่อรับสัญญาณตัวรับรู้
int sensoron=0;
int value1=0;
int Restart=0;                     //0 เปิดคำว่า Select IV tube!1
int motoroff=0;
```

```
//*************************************************************************
void setup()
        {       myservo.attach(10);                     //ขาต่อสัญญาณเข้ามอเตอร์
                lcd.begin(16, 2);                       //ขนาดLCD
                lcd.home();
                pinMode(49, OUTPUT);                    //ขาต่อสัญญาณเข้าออด
                pinMode(swcancel, INPUT);
                pinMode(sensor, INPUT);
                pinMode(swRestart, INPUT);
                pinMode(led, OUTPUT);
                keypad.addEventListener(keySetvalue); //เปิดการป้อนค่าตัวเลข
                lcd.print("    WELCOME    ");
                delay(1000);
                lcd.clear();                            //ไม่แสดงตัวอักษร
        }
void loop()
        {       myservo.writeMicroseconds(1490);
                keypad.getKey();                        //ตรวจสอบการป้อนค่า
//*****************************ฟังก์ชันการแจ้งเตือน*********************************
   if(voice==1)                         //การแจ้งเตือนทำงาน
            {   digitalWrite(49, HIGH);
                delay(1000);
                digitalWrite(49, LOW);
                delay(1000);
            }
//*****************************ฟังก์ชันแสดงเวลา*************************************
 if (RTC.read(tm))                                  //อ่านค่าจากระบบฐานเวลา RTC
            {   hr=tm.Hour;
                mn=tm.Minute;
                sc=tm.Second;
            }
 if(time==1)                            //เริ่มแสดงเวลา
```

```
{  lcd.setCursor(0,0);
   lcd.print("TIME:");
  print2digits(hr);                    //แสดงชั่วโมง
   lcd.print(":");
   print2digits(mn);                   //แสดงนาที
   lcd.print(":");
   print2digits(sc);                   //แสดงวินาที
   lcd.print("   ");
 }
//*******************************เริ่มนับหยดน้ำเกลือ*********************************
value1 = digitalRead(sensor);
if ( sensoron !=  value1 && value1 == 0  &&  startsensor == 1 )
        {  lcd.setCursor(13,1);
           lcd.print(dr);                  //แสดงค่าจำนวนหยดน้ำเกลือ
           dr++ ;
           dr1++;
         }
if ( value1 == 0 )
        {  sensoron =0;
        }
           else
         {  sensoron =1;
         }
//*******************************กดปุ่มยกเลิก*************************************
value = digitalRead(swcancel);
if ( swcancelon != value  && value == 0 && motoroff==0 && reset1 == 1 )
        { myservo.writeMicroseconds(1510);
          delay(offdrip);
          myservo.writeMicroseconds(1490);
          Restart=1;
          time=0;                                  //ปิดแสดงเวลา
          keypad.addEventListener(keyonethousand);
```

```
                onethousand=0;
                onehundred=0;
                ten=0;
                unit=0;
                resetcc=0;
                startsensor=0;
                cc=0;
                dr=1;
                staron=0;
                offdrip=0;
                setcc();
                }
 if (value == 0)
                { swcancelon =0;
                }
                  else
                { swcancelon =1;
                }
//*************************กดปุ่มเพื่อเริ่มใหม่*************************
value2 = digitalRead(swRestart);
 if ( swRestarton != value2 && value2 == 0 && motoroff==1 )
          { lcd.clear();
            resetcc=1;
            time=0;
            keypad.addEventListener(keySetvalue);
           Restart=0;
            Setvalue=0;
            onethousand=0;
            onehundred=0;
            ten=0;
            unit=0;
            startsensor=0;
```

```
            cc=0;
            dr=1;
            cctrue =0;
            staron=0;
            reset1=0;
            motoroff=0;
            digitalWrite(led, LOW);                    //ปิดหลอดไฟแจ้งเตือน
            setcc();
            delay (100);
            voice=0;                                   //ปิดเสียงแจ้งเตือน
            myservo.writeMicroseconds(1400);
            delay(1500);
            myservo.writeMicroseconds(1500);
            }
if (value2 == 0)
            { swRestarton=0;
            }
             else
            {  swRestarton =1;
            }
//*********************************เลือกขนาดสายน้ำเกลือ*********************************
if (Restart==0)
             { lcd.setCursor(0,0);
               lcd.print("Select IV tube!");
               lcd.setCursor(0,1);
               lcd.print("[1]:15    [2]:20");
             }
//************************แสดงค่าหยดน้ำเกลือ Set 15*****************************
 if ( setiv15==1 && cctrue == 1 && drop >=12 && drop <=200)
                 { lcd.clear();
                   relay=((0.002*drop) + 0.72)*1000 ;
                   Serial.print(relay);
```

```
                    myservo.writeMicroseconds(1480);
                    delay(relay);
                    myservo.writeMicroseconds(1490);
                    star=1;
                    lcd.setCursor(0,1);
                    lcd.print("Rate:");
                    lcd.print(drop);
                    drop1 = (drop / 12) + 0.5 ;
                    lcd.setCursor(9,1);
                    lcd.print("CNT:");
                    startsensor=1;
                    onethousand=1;
                    onehundred=1;
                    ten=1;
                    unit=1;
                    cctrue =0;
                    countagain=1;
                    time=1;
                   }
//*****************แสดงค่าหยดน้ำเกลือ Set 20**************************************
if ( setiv20==1 && cctrue == 1 && drop >=12 && drop <=200)
                  { lcd.clear();
                    relay=((0.0025*drop) + 0.72)*1000 ;
                    Serial.print(relay);
                   myservo.writeMicroseconds(1480);
                   delay(relay);
                   myservo.writeMicroseconds(1490);
                   star=1;
                   lcd.setCursor(0,1);
                   lcd.print("Rate:");
                   lcd.print(drop);
                   drop1=( drop / 12 ) + 0.5 ;
```

```
                lcd.setCursor(9,1);
                lcd.print("CNT:");
                startsensor=1;
                onethousand=1;
                onehundred=1;
                ten=1;
                unit=1;
                cctrue =0;
                countagain=1;
                time=1;
                }
//*******************หยดน้ำเกลือไม่มีค่าที่ต้องการ*********************************
 if ( cctrue == 1 )
                { time=0;
                lcd.clear();
                lcd.setCursor(0,0);
                lcd.print("Invalid rate!");
                lcd.setCursor(0,1);
                lcd.print("[RED] Try again");
                onethousand=1;
                onehundred=1;
                ten=1;
                unit=1;
                cctrue =0;
                }
//****************เมื่อครบ 1 นาทีกลับมาเริ่มนับหยดน้ำเกลือใหม่**************
 if(countagain== 1 && cctrue ==0 && trig == sc )
                { dr=1;
                  offdrip = offdrip;
                  lcd.setCursor(13,1);
                  lcd.print("    ");
                  lcd.print(dr);   }
```

```
//*****************************คืนค่าให้การทำงานที่ถูก block ***************************
if(sc==7||sc==12||sc==17||sc==22||sc==27||sc==32||sc==37||sc==42||sc==47||sc==52||sc==57||sc==2 )
                {  A=0; B=0; C=0;
                }
//*****************ถ้า sensor==drop+1 หยดการเปรียบเทียบหยดน้ำเกลือ*****************
 if (  cctrue ==0 && trig == sc && dr==drop+1  && dr >= dropoff1 )
                { D=1;E=1; F=1;
                }
//*****************ถ้า sensor==drop+1 ให้การหมุนมอเตอร์หยดทำงาน*******************
 if ( cctrue  == 0  && trig  ==  sc  && dr == drop+1  && dr >= dropoff1 )
                {  myservo.writeMicroseconds(1500);
                   staron =1;
                   dr1=1;
                   lcd.setCursor(13,1);
                   lcd.print("    ");
                   lcd.setCursor(13,1);
                   lcd.print(dr);
                   A=1;
                   B=1;
                   stopdr=1;
                }
 if (stopdr == 0  &&  D == 0 && C == 0 && cctrue == 0 && (sc==5 || sc==10 ||sc == 15 || sc == 20 || sc == 25 || sc == 30|| sc==3 || sc == 40 || sc== 45 || sc == 50 || sc == 55 || sc == 0 )  && dr1 == drop1+1  && dr  >= 8 )
                { myservo.writeMicroseconds(1500);
                  staron=1;
                  dr1=1;
                  lcd.setCursor(13,1);
                  lcd.print("    ");
                  lcd.setCursor(13,1);
```

```
                lcd.print(dr);
                A=1;
                B=1;
               }
//*****************ถ้า sensor>drop+1 ให้การหมุนมอเตอร์หมุนบีบสาย*******************
if (stopdr==0 && E==0 && B==0 && cctrue ==0 && (sc == 5 || sc == 10 ||sc ==
15||sc==20||sc==25||sc==30||sc==35 ||sc==40||sc==45||sc==50||sc==55||sc==0 ) &&
dr1 >drop1+1 && dr >= 8 )
              { myservo.writeMicroseconds(1510);
                delay(60);
                myservo.writeMicroseconds(1490);
                staron=1;
                dr1=1;
                offdrip=relay-60 ;
                Serial. println(offdrip);
                lcd.setCursor(13,1);
                lcd.print("   ");
                lcd.setCursor(13,1);
                lcd.print(dr);
                A=1;
                C=1;
               }
//*******************ถ้า sensor<drop+1ให้การหมุนมอเตอร์หมุนคลายสาย***************
if ( stopdr == 0 && F == 0 && A == 0 && cctrue == 0 && (sc == 5 || sc == 10 || sc == 15
|| sc == 20 || sc == 25 || sc == 30 || sc== 3 || sc == 40 || sc == 45 || sc == 50 || sc == 55 || sc == 0 )
&& dr1 < drop1+1 && dr1!=0 && dr >= 8 )
              { myservo.writeMicroseconds(1480);
                delay(1);
                myservo.writeMicroseconds(1490);
                staron=1;
                dr1=1;
                offdrip=relay+1;
```

```
                lcd.setCursor(13,1);
                lcd.print("   ");
                lcd.setCursor(13,1);
                lcd.print(dr);
                B=1;
                C=1;
               }
//***************ถ้าน้ำเกลือหมด 01 2 3 ...8 หยด มอเตอร์หมุนปิดสาย*********************
 if (cctrue ==0 && trig == sc+1 && dr >= 3 && dr <=8)
              { time=0;
                lcd.clear();
                startsensor=0;
                lcd.setCursor(0,0);
                lcd.print("Saline depleted!");
                lcd.setCursor(0,1);
                lcd.print("[BLUE]:Restart");
                digitalWrite(led, HIGH);
                myservo.writeMicroseconds(1510);
                delay(offdrip);
                myservo.writeMicroseconds(1490);
                voice=1;
                motoroff=1;
                }
 if ((staron == 1 && trig == sc+1)&& (dr ==0 || dr ==1|| dr ==2))
              {time=0;
               lcd.clear();
               startsensor=0;
               lcd.setCursor(0,0);
               lcd.print("Saline depleted!");
               lcd.setCursor(0,1);
               lcd.print("[RED]:Restart");
               digitalWrite(led, HIGH);
```

```
            myservo.writeMicroseconds(1510);
            delay(offdrip);
            myservo.writeMicroseconds(1490);
            voice=1;
            motoroff=1;
           }
        }
//*******************เลือกขนาดสายน้ำเกลือ ระหว่าง set 15 กับ 20**********************
void keySetvalue(KeypadEvent eKey)
    {
      if(Setvalue==0)
       {switch (keypad.getState())
        { case PRESSED:
            switch (eKey)
              { case '1':  myservo.writeMicroseconds(1600),
                delay(1800),
                 myservo.writeMicroseconds(1490),
                setiv15=1,tube=3, Setvalue=1,reset1=1,resetcc=0,Restart=1, setcc(),
                keypad.addEventListener(keyonethousand);break;
                case '2': myservo.writeMicroseconds(1600),
                delay(1800),
                myservo.writeMicroseconds(1490),
                setiv20=1,tube=4, Setvalue=1,reset1=1,resetcc=0,Restart=1, setcc(),
                keypad.addEventListener(keyonethousand);break;
                default: ;
                   }
                }
            }
        }
```

```
void print2digits(int number)
            {
 if (number >= 0 && number < 10)
              { lcd.print("0");
              }
               lcd.print(number);
              }
//***************รับค่าจากแผงแป้นตัวเลขแล้วแปลงจากตัวอักษรเป็นตัวเลข***************
//หลักพัน
void keyonethousand(KeypadEvent eKey)
            {if(onethousand==0)
             {switch (keypad.getState())
               { case PRESSED:
                switch (eKey)
                 {
                  case '1': cc1=1*1000, onethousand=1 ,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;          //เปิดฟังชันหลักร้อย
                  case '2': cc1=2*1000; onethousand=1 ,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case'3':cc1=3*1000;onethousand=1,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case '4': cc1=4*1000, onethousand=1 ,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case '5': cc1=5*1000; onethousand=1 ,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case '6': cc1=6*1000; onethousand=1 ,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case '7': cc1=7*1000;onethousand=1 ,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case '8': cc1=8*1000;onethousand=1,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
                  keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
                 case '9': cc1=9*1000, onethousand=1,lcd.setCursor(6,0),lcd.print(eKey) ,
```

```
                keypad.addEventListener(keyonehundred);break;
               default: ;
                }
              }
             }
            }
//หลักร้อย
void keyonehundred(KeypadEvent eKey)
        {if(onehundred==0)
         {switch (keypad.getState())
           { case PRESSED:
             switch (eKey)
             {
                case '1': cc2=1*100, onehundred=1,lcd.print(eKey),
                keypad.addEventListener(keyten);break;//เปิดฟังก์ชันหลักสิบ
                case '2': cc2=2*100; onehundred=1,lcd.print(eKey) ,
                keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '3': cc2=3*100; onehundred=1,lcd.print(eKey) ,
                keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '4': cc2=4*100, onehundred=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '5': cc2=5*100; onehundred=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '6': cc2=6*100; onehundred=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '7': cc2=7*100; onehundred=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '8': cc2=8*100; onehundred=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyten);break;
                case '9': cc2=9*100, onehundred=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyten);break;
```

```
                    case '0': cc2=0*100; onehundred=1,lcd.print(eKey)
                    ,keypad.addEventListener(keyten);break;
                     case '#': cc=cc1/1000,cctrue = 1,drop=cc/tube,trig=sc; break;//ตรวจสอบตัวเลข
                    default: ;
                  }
                 }
                }
               }
//หลักสิบ
void keyten(KeypadEvent eKey)
          {if(ten==0)
           {switch (keypad.getState())
             { case PRESSED:
              switch (eKey)
               {
                 case '1': cc3=1*10, ten=1,lcd.print(eKey)
                 ,keypad.addEventListener(keyunit);break; //เปิดฟังก์ชันหลักหน่วย
                case '2': cc3=2*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '3': cc3=3*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '4': cc3=4*10, ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '5': cc3=5*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '6': cc3=6*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '7': cc3=7*10, ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '8': cc3=8*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
```

```
                case '9': cc3=9*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
                case '0': cc3=0*10; ten=1,lcd.print(eKey)
                ,keypad.addEventListener(keyunit);break;
              case '#': cc=(cc1+cc2)/100,cctrue = 1,drop=cc/tube,trig=sc ;break;  //ตรวจสอบ
ตัวเลข
               default: ;
              }
             }
            }
           }
//หลักหน่วย
void keyunit(KeypadEvent eKey)
        { if(unit==0)
         { switch (keypad.getState())
          {  case PRESSED:
           switch (eKey)
           {
           case '1': cc4=1*1, unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '2': cc4=2*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '3': cc4=3*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '4': cc4=4*1, unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '5': cc4=5*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '6': cc4=6*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '7': cc4=7*1, unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '8': cc4=8*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '9': cc4=9*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case '0': cc4=0*1; unit=1,lcd.print(eKey) ,keypad.addEventListener(check);break;
           case  '#':  cc=(cc1+cc2+cc3)/10,cctrue  =  1,  drop=cc/tube,trig=sc;break;     //
ตรวจสอบตัวเลข
           default: ;
           }
```

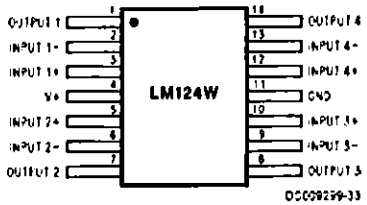
```
        }
       }
      }
  void check(KeypadEvent eKey)//ตรวจสอบตัวเลข 4 หลัก
     {switch (keypad.getState())
       {  case PRESSED:
        switch (eKey)
        {case '#':
         cc=(cc1+cc2)+(cc3+cc4),cctrue  =  1,drop=cc/tube,trig=sc;break;    //ตรวจสอบ
ตัวเลข
         default: ;
        }
       }
     }
//******************** ป้อนค่าลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง*************************
void setcc()
     {
 if(resetcc==0)
          { lcd.begin(16, 2);//ขนาดLCD
            lcd.home();
             lcd.setCursor(0,0);
            lcd.print("cc/hr:");
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print("Then press #");
           }
     }
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียดข้อมูลของออปแอมป์ รุ่น LM324N

Connection Diagram (Continued)

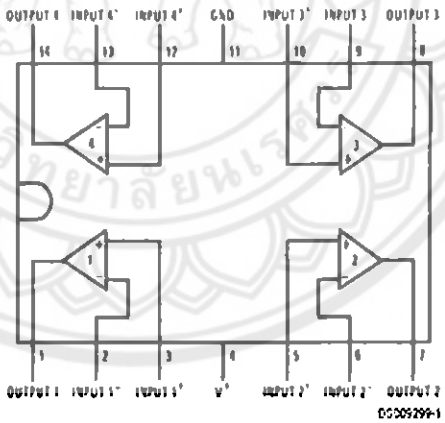
Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device



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

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Top View
Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, 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

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°C		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, V_{CM} = 0V, T_A = 25°C		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, V_{CM} = 0V, T_A = 25°C		2	10		2	15		5	30	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										mA
	V⁺ = 30V (LM2902 V⁺ = 26V)		1.5	3		1.5	3		1.5	3	
	V⁺ = 5V		0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	V⁺ = 15V, $R_L \geq 2k\Omega$, (V_O = 1V to 11V), T_A = 25°C	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V_{CM} = 0V to V⁺ − 1.5V, T_A = 25°C	70	85		70	85		65	85		dB

ภาคผนวก ค

รายละเอียดข้อมูลของมอเตอร์เซอร์โว 360 องศาแบบต่อเนื่อง

Specification

Dimension	:	40mm x 19mm x 43mm
Weight	:	55g
Operating Speed	:	0.17sec / 60 degrees (4.8V no load)
Operating Speed	:	0.13sec / 60 degrees (6.0V no load)
Stall Torque	:	9 kg-cm (180.5 oz-in) at 4.8V
Stall Torque	:	12 kg-cm (208.3 oz-in) at 6V
Operation Voltage	:	4.8 - 7.2Volts

Gear Type: All Metal Gears

Original box: NO

Color: Black

Connector Wire: Heavy Duty, 11.81" (300mm)

ภาคผนวก ง

รายละเอียดข้อมูลของจอแสดงผล

Pin NO	Symbol	Description
1	VSS/GND	Ground
2	VDD	+5 Vdc
3	VO/VEE	LCD control สำหรับปรับความเข้มตัวอักษร
4	RS	Register select เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกเขียนอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์
5	RW	Read/write เป็นค่าอินพุตสำหรับเลือกโหมดอ่านหรือเขียนข้อมูล
6	E/EN	Enable เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณ Pulse เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล
7	DB0	Data pins 8 bit
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	LED+ เป็นขา Vcc สำหรับ LED backlight (5 V)
16	K	LED+เป็นขา Gen สำหรับ LED backlight (Gen)