สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็ก

MINI SYRINGE PUMP

T 042293

โดย

นาย กิตติ พิมพันธ์

นาย ธวัชชัย โกยทา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42293
วัน, เดือน, ปี 16 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็ก

MINI SYRINGE PUMP

โดย

นาย กิตติ พิมพันธ์

นาย ธวัชชัย โกยทา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b11199027

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา2543

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็ก

MINI SYRINGE PUMP

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติ พิมพันธ์ เลขประจำตัว 41013204

2. นาย ธวัชชัย โกยทา เลขประจำตัว 41013213

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็ก

นาย กิตติ พิมพันธ์
นาย ธวัชชัย โกยทา
ดร. กิติพล ชิตสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องดันเข็มฉีดยา ตามแนวคิดที่ว่าให้มีขนาดเล็กลง จ่ายกำลังงานด้วยแบตเตอรีภายในตัว สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก แต่ยังคงความนุ่มนวลในการฉีด และนอกจากโปรแกรมการไหลผ่านปุ่มควบคุมบนเครื่องยังสามารถควบคุมการฉีดผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย โครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยระบบกลไก มอเตอร์กระแสตรง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รวมถึงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MSC-51 แบตเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 1.3 แอมป์-ชั่วโมงและซอฟต์แวร์เขียนบน Delphi^{TM} เครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ได้กับเข็มฉีดยาขนาด 10 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร โปรแกรมการไหลได้ตั้งแต่ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร/นาทีจนถึง 5 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร/นาที ที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$2 % กินกำลังงาน 1.8.วัตต์ ขนาดภายนอก 15 x 15 เซ็นติเมตรน้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MINI SYRINGE PUMP

Kitti Pimpan

Thawatchai Goyta

Dr. Kitiphol Chitsakul (Advisor)

Academic year 2000

Abstract

This thesis presents the development of syringe pump under the concept of having small size, supplied by internal battery, being a portable equipment, providing smooth delivery and consistency of flow at low flow rate. Moreover the control and programming could be accessed by provided keypad or by the menu on a microcomputer. A DC motor with some small mechanical parts, elctronic parts including a microprocessor family MSC-51, a 12 volts batter of 1.3 Ah and a software developed on Delphi^{TM} are the main parts of this mini syringe pump. The prototype has been limited to use with only one size of syringes (10 C.C). The flow rate can be setting by 1 cc/min. to 5 cc/min. with less than $\pm$2 % average error. The physical size is 15 cm x 15 cm with the weight 2 kgs and the power consummation 1.8 watts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านเหล่านี้ที่ทำให้โครงงานสำเร็จไปได้ด้วยดี อาจารย์ ดร.กิติพล ชิตสกุล ที่ให้แนวความคิดเกี่ยวกับโครงงานและยืมอุปกรณ์ประกอบโครงงาน, พี่ศิพัฒน์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์และพี่ เอ็ดดี้ ที่ให้ยืมคอมโปแนนท์พอร์ตสื่อสารประกอบโปรแกรมเดลฟาย อนึ่งความดีต่างๆที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบให้กับท่านอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาต่างๆให้กับผู้เขียน

กิตติ พิมพันธ์

(นาย กิตติ พิมพันธ์)

ธวัชชัย โกยทา

(นาย ธวัชชัย โกยทา)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 คุณสมบัติของเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาด	2
1.3 ขอบเขตโครงงาน	2
1.4 โครงสร้างของรายงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน	4
2.1 การควบคุมความเร็วมอเตอร์	4
2.1.1 การปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์	6
2.1.2 การปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดสนามแม่เหล็ก	7
2.2 เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์	8
2.2.1 ลิเนียร์เซอร์โวแอมปลิไฟเออร์	8
2.2.2 พลัซ์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์ (PWMA)	9
2.3 ระบบคอนโทรลความเร็วที่ใช้พัลล์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์	13
2.4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	16
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	16
2.5.2 รายละเอียดของขาสัญญาณของ MCS-51	17
2.5.3 โครงสร้างหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	18
2.5.4 การคำนวณความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	22
2.6 เพาเวอร์มอสเฟต (Power MOSFET)	23
2.6.1 คุณลักษณะของเพาเวอร์มอสเฟต	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 26

3.1 รายละเอียดของมอเตอร์ที่นำมาใช้งาน 26

3.2 รายละเอียดของแบตเตอรี่ที่ใช้งาน 26

3.3 การออกแบบสร้างฮาร์ดแวร์ 26

3.3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 26

3.3.2 วงจรเซ็นเซอร์ 28

3.3.3 วงจรขับมอเตอร์ 30

3.3.4 วงจรอินเตอร์เฟสกับพีซี 31

3.4 แผนผังการทำงาน 32

3.5 โปรแกรมรับส่งข้อมูลควบคุมบนพีซี 33

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 36

4.1การทดสอบความถูกต้องของอัตราการไหลที่ตั้ง 36

4.2การทดสอบอัตราความคงที่ของอัตราการไหลของของเหลวที่ความสูงต่างๆ 37

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 38

หนังสืออ้างอิง 43

ภาคผนวก ก. การโปรแกรมการใช้งาน 44

ภาคผนวก ข. วงจรของบอร์ดควบคุม 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงวงจรสมมูลของ Separately Exited DC. Motor 4
รูปที่ 2.2 แสดงการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ความต้านทาน 6
รูปที่ 2.3 แสดงการควบคุมกระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้า 7
รูปที่ 2.4 แสดงการควบคุมกระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทาน 7
รูปที่ 2.5 พัลส์วิทด์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์สำหรับ ดีซีมอเตอร์ 10
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วแบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น 13
รูปที่ 2.7 พลัซ์วิดท์โมดูเลชั่น จะปลี่ยนค่า ดูตี้ไซเคิลไปตามโหลด 13
รูปที่ 2.8 เส้นโค้งแสดงคุณสมบัติของอัตราเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน,อนุกรมและผสม 15
รูปที่ 2.9 เส้นโค้งแสดงคุณสมบัติแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบอนุกรม,ผสมและขนาน 16
รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 19
รูปที่ 2.11 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 20
รูปที่ 2.12 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 20
รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน 21
รูปที่ 2.14 แสดงรายละเอียดของ Spacial Function Register 21
รูปที่ 2.15 แสดงแรงดันพังทลายที่เดรนกับซอร์สต่ออุณหภูมิที่รอยต่อ 24
รูปที่ 2.16 ลักษณะของกราฟ SOA 25
รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบวงจรควบคุมหลัก 27
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรเซ็นเซอร์จำนวนรอบ 28
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรเซ็นเซอร์การหมุนซ้าย,หมุนขวาและ พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น 29
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับมอเตอร์ 30
รูปที่ 3.5 แสดงการใช้งานไอซีแมกซ์ 232 ในการอินเตอร์เฟส 31
รูปที่ 3.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของบอร์ดควบคุม 33
รูปที่ 3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.1 แสดงภาพถ่ายของเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กขณะใช้งานโหมด 1 39
รูปที่ 5.2 แสดงภาพถ่ายของเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กขณะใช้งานโหมด 2 40
รูปที่ 5.3 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขณะเริ่มใช้งาน 41
รูปที่ 5.4 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขณะพร้อมใช้งาน 41
รูปที่ 5.5 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
ขณะใช้งานที่อัตราการไหลที่ 3 ซีซีต่อนาทีที่ ปริมาณ 3 ซีซี 42
รูปที่ 5.6 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
ขณะดันเข็มเสร็จแล้ว 42
ภาคผนวก ก. รูปที่ 1 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อเริ่มใช้งาน 45
ภาคผนวก ก. รูปที่ 2 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อใช้งานในโหมดแมนนวล 45
ภาคผนวก ก. รูปที่ 3 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อรับข้อมูลอัตราการไหล 46
ภาคผนวก ก. รูปที่ 4 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อใส่ข้อมูลอัตราการไหล 46
ภาคผนวก ก. รูปที่ 5 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อรับข้อมูลปริมาณของเหลว 46
ภาคผนวก ก. รูปที่ 6 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อใส่ข้อมูลปริมาณของเหลว 46
ภาคผนวก ก. รูปที่ 7 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อพร้อมดันเข็ม 47
ภาคผนวก ข. รูปที่ 1 แสดงวงจรทั้งหมดในส่วนของบอร์ดควบคุม 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการทำงานในโหมดต่างของวงจรขับมอเตอร์ 12
ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของพอร์ต 3 18
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ 1 36
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองที่ 2 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เนื่องจากมีขนาดเล็กลงมาก แต่มีการประมวลผล การโปรแกรม และการควบคุมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถทำการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ในการถ่ายเทข้อมูล และยังสามารถเขียนซอฟต์แวร์สนับสนุนการทำงานได้เป็นอย่างดี ตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็ว จึงเป็นจุดดึงดูดให้ถูกนำเอามาใช้แทนระบบอิเล็กทรอนิกส์ดิจิตอลที่ซับซ้อนและขนาดใหญ่

โครงงานเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กนี้ เป็นโครงงานที่พัฒนามาจากโครงงานเดิม[1]ซึ่งมีขนาดใหญ่และไม่สามารถโปรแกรมการไหลผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์ได้ จุดประสงค์หลักของโครงงานนี้ก็คือต้องควบคุมอัตราการไหลของของเหลวให้ต่ำและคงที่ นอกจากนี้ยังออกแบบให้สามารถใช้งานที่ง่ายและกินกำลังงานต่ำสามารถนำไปใช้ทางการแพทย์ ซึ่งต้องการทั้งปริมาณของของเหลว และอัตราการไหล (Flow Rate) ของของเหลวที่คงที่สม่ำเสมอ เช่นการให้อาหารแก่เด็กอ่อนเพื่อป้องกันการสำลักของเด็ก และการให้ยาหรือสารละลายบางชนิดที่ต้องให้ด้วยอัตราที่สม่ำเสมอ ส่วนในทางด้านอุตสาหกรรมก็สามารถนำไปใช้ได้ เช่น การผสมสารเคมีปริมาณต่ำ ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งต้องให้สารเคมีแต่ละชนิดผสมกันด้วยอัตราส่วนที่คงที่และเหมาะสม โดยต้องให้อัตราการไหลของสารเคมีแต่ละชนิดนั้นไหลด้วยอัตราคงที่ แน่นอนและอัตโนมัติหรือโปรแกรมได้ ซึ่งจะทำให้ได้สารเคมีที่มีอัตราการผสมที่ถูกต้อง ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพ และคุณภาพของการผลิตดีขึ้นเนื่องจากมีของเสียน้อยลง

ในโครงงานนี้ได้เพิ่มเติมจากโครงงานที่มีอยู่เดิมคือ มีขนาดของชิ้นงานที่เล็กลงเพื่อความสะดวกในการใช้งานและการเคลื่อนย้ายโดยการใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับโครงงานแทนแหล่งจ่ายไฟบ้าน ทำให้มีความคล่องตัวมากขึ้น และเปลี่ยนขนาดของหลอดจากเดิมที่มีขนาด 50 ซีซี เป็นขนาด 10 ซีซี เพื่อให้ตัวชิ้นงานมีขนาดเล็กที่สุด แต่ยังสามารถใช้งานได้ตามปกติ และเพิ่มการควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) โดยสามารถใช้งานได้เหมือนกับบอร์ดควบคุม มี อินเตอร์เฟสที่สวยงาม การใช้งานที่ง่าย มีการกำหนดอัตราการฉีดของของเหลว เป็นปริมาณ 1 ถึง 5 ซีซี ต่อนาที และ จำนวนปริมาณของของเหลวที่ต้องการฉีด ตั้งแต่ 1 ถึง 10 ซีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 คุณสมบัติของเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็ก

1. ควบคุมอัตราการไหลของของเหลวได้คงที่สม่ำเสมอ โดยอัตราการไหลจะถูกกำหนดให้มีค่าตั้งแต่ 1 ซีซีต่อนาที ถึง 5 ซีซี ต่อนาที ซึ่งในอัตรานี้ก็ช้าเพียงพอต่อการใช้งานจริง

2. ควบคุมปริมาณของของเหลวในหลอดได้ ซึ่งเราสามารถกำหนดได้โดยมีค่าตั้งแต่ 1 ซีซี จนถึง 10 ซีซี หรือจนเต็มปริมาณของหลอดที่จะรับได้

3. ควบคุมปริมาณ และเวลาที่ต้องการให้มีความสัมพันธ์กันได้ เช่น ต้องการปริมาณ เท่าไร ต่อ เวลา 1 นาที เป็นต้น

4 . สามารถสั่งงานผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์ได้ โดยมีอินเตอร์เฟสกับผู้ใช้ที่เข้าใจได้ง่าย สะดวกแก่การใช้งาน มีหน้าที่การทำงานเหมือนกับการควบคุมบนตัวเครื่องทุกประการ และสามารถแสดงผลที่หน้าจอได้เลย

1.3 ขอบเขตโครงงาน

ขอบเขตงานที่ทำจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของการควบคุมอัตราการไหลให้มีความเร็วคงที่ทั้งในขณะที่ตัวเครื่องมีโหลดและไม่มีโหลด ซึ่งหัวใจหลักของส่วนควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C52 เป็นตัวควบคุมหลักแทนไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 โดยจะทำหน้าที่ต่างๆคือ ทำหน้าที่สร้างพัลซ์วิทธ์โมดูเลชั่นเพื่อส่งให้กับส่วนการขับมอเตอร์โดยเปรียบเทียบกับพัลซ์ที่ป้อนกลับมาจากตัวเซนเซอร์ (Sensor) ที่อินฟราเรดตัวรับ และยังทำหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์โดยจะใช้ไอซีแมกซ์ 232 (MAX 232) เป็นตัวอินเตอร์เฟสจากคอมพิวเตอร์เข้าสู่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะใช้ส่งและรับข้อมูลการควบคุม เช่น ปริมาณของเหลวที่ต้องการ,อัตราการไหลของของเหลวที่ต้องการและทิศทางการดันเข็มหรือการดึงเข็ม ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในที่นี้จะใช้ เดลฟายเวอร์ชั่น 4 (Delphi 4) เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งานและสามารถสร้างแอบปลิเคชั่นได้สะดวกเนื่องจากเป็นโปรแกรมแบบวิชวล (Visual) รวมถึงมีคอมโพแนนท์ที่จำเป็นอยู่แล้ว เช่น พอร์ตสื่อสาร (Comport) , จอแสดงผล (Segment) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โครงสร้างของรายงาน

รายงานเล่มนี้เป็นผลจากการศึกษาและทดลองตลอดภาคการศึกษา เพื่อพัฒนาเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งเนื้อหาของรายงานเล่มนี้นั้นจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ แยกเป็นบท ๆ ไปดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมา แนวคิดของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน กล่าวถึงทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และไมโครโปรเซสเซอร์ โดยสังเขป

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

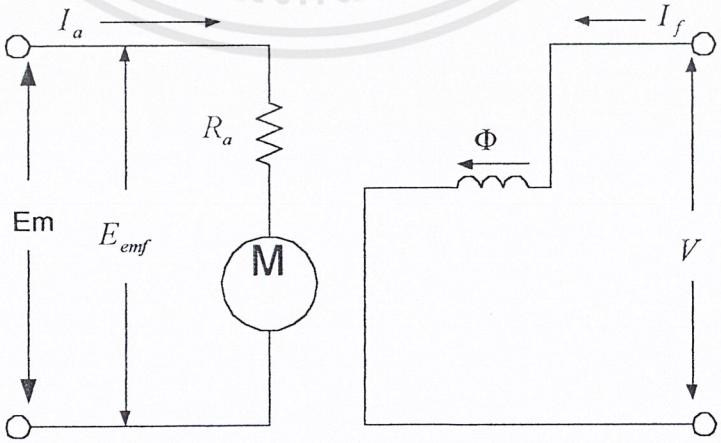
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

ส่วนสำคัญของโครงงานนี้ก็คือการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ที่ใช้ในการขับหลอดให้มีความเร็วในการหมุนให้คงที่ เพื่อให้อัตราการไหลของของเหลวคงที่ เนื่องจากว่าเป็นดีซีมอเตอร์ การควบคุมจึงควบคุมยากกว่า สเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งมีการควบคุมได้ง่ายกว่า เพราะฉะนั้นการควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ให้มีความเร็วคงที่นั้นมีความสำคัญมากและเป็นส่วนสำคัญที่สุดของโครงงานนี้ ซึ่งบทนี้จะกล่าวถึงหลักการควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ในแบบต่างๆ รวมทั้งทฤษฎีการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์พอสังเขป

2.1 การควบคุมความเร็วมอเตอร์

ในการที่จะศึกษาถึงวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC. Motor) นั้นจะต้องทราบถึงตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อความเร็วของมอเตอร์นั้นมีอะไรบ้าง และตัวแปรแต่ละตัวที่มีผลต่อความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีข้อดีข้อเสียอย่างไรในการที่จะนำไปใช้เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีแบบขดลวดกระตุ้นแยก (Separately excited DC. Motor) , แบบขนาน (Shunt DC. Motor) ,แบบอนุกรม (Series DC. Motor) และแบบผสม (Compound DC. Motor)และเพื่อที่จะสามารถหาตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้นั้น เราจะเริ่มพิจารณาจากวงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรสมมูลย์ของ Separately Exited DC. Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเราจะได้สมการดังนี้

$$E_m = I_a * R_a + E_{emf}$$

และจากสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะได้ว่า

$$E_{emf} = K_a * \Phi * N$$

จะได้ว่า

$$E_m = I_a * R_a + K_a * \Phi * N$$

โดยที่ E_m = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับ (โวลท์)

E_{emf} = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำในขดอาร์เมเจอร์ (โวลท์)

I_a = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในอาร์เมเจอร์ (แอมป์)

R_a = ความต้านทานของขดอาร์เมเจอร์ (โอห์ม)

K_a = ค่าคงที่ $\Rightarrow (Z * P)/(60 * a)$

Z = จำนวนตัวนำทั้งหมดในอาร์เมเจอร์ที่ต่ออนุกรมกัน

P = จำนวนขั้วแม่เหล็กของขั้วมอเตอร์ (เวเบอร์)

a = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก/ขั้วมอเตอร์ (รอบต่อนาที)

เพราะว่า

$$K_a * \Phi * N = E_m - I_a * R_a$$

เพราะฉะนั้นเราจะได้

$$N = (E_m - I_a * R_a)/(K_a * \Phi)$$

เนื่องจากว่าเทอม $I_a * R_a$ นั้นมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับ E_m ทั้งนี้ก็เพราะว่าค่าของความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ (R_a) นั้นมีค่าน้อยมาก โดยที่ขนาดของความต้านทานจะยิ่งมีค่าน้อยเมื่อขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีขนาดใหญ่มากขึ้น ดังนั้นเราจะได้ว่า

$$N = E_m/(K * \Phi)$$

ซึ่งนั้นก็คือ $N \propto E_m$

และนอกจากนี้เราจะได้ว่า $N \propto 1/\Phi$

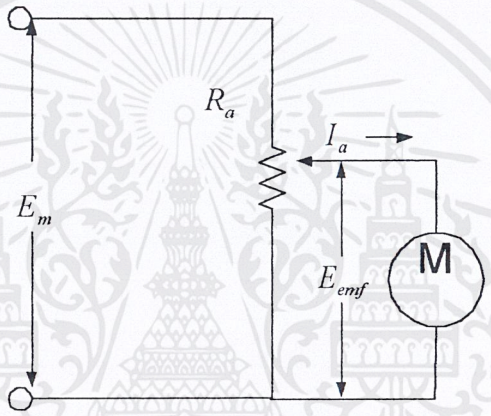
เราจะเห็นว่าตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นคือ

1) ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับ (E_m)
2) จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วของมอเตอร์

เพราะฉะนั้นการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สามารถทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1การปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ การควบคุมความเร็วรอบโดยวิธีนี้ ทำให้มอเตอร์มีแรงบิดตลอดย่านความเร็วสามารถทำได้โดยใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ต่ออุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ เมื่อปรับให้แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ลดลง มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปรับให้แรงดันและกระแสไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แต่วิธีนี้ทำให้เกิดกำลังสูญเสียที่ตัวต้านทานปรับค่าได้สูง ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมมีค่าต่ำ การใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์จะเรียกการควบคุมแบบนี้ว่า"การควบคุมโดยใช้ความต้านทาน (Rheostatic control) " ดังแสดงดังรูปที่ 2.2



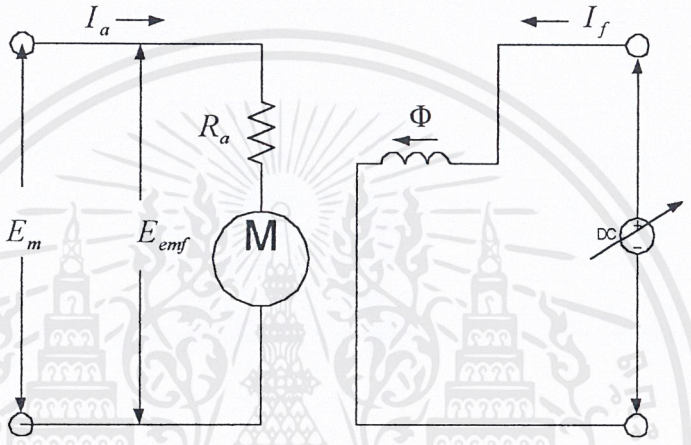
รูปที่ 2.2 แสดงการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ความต้านทาน

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ในลักษณะนี้ เราจะใช้เมื่อต้องการควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้ต่ำหรือช้ากว่าความเร็วพิกัด(Reted speed) ของมอเตอร์ที่ต้องการควบคุมนั้น โดยที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าคงที่อยู่ โดยที่ความต้านทานที่ต่ออนุกรมเข้าไปนี้จะมีผลทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดอาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งก็คือการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดอาร์เมเจอร์ในทางอ้อมนั่นเอง (Indirect voltage control of armature) ในการควบคุมมอเตอร์ในลักษณะนี้จะมีข้อเสียคือ เป็นวิธีที่สิ้นเปลือง เพราะจะมีกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปอย่างมากในตัวต้านทาน โดยสูญเสียในรูปของความร้อน ขณะเดียวกันตัวต้านทานที่ใช้จะต้องมีขนาดใหญ่มาก เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์มาก ทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน

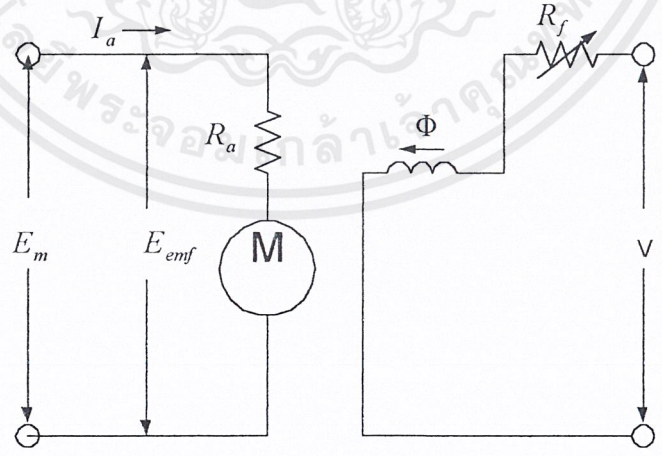
1) เป็นวิธีที่ค่อนข้างแพง เสียค่าบำรุงรักษามาก
2) เสถียรภาพของระบบไม่ดี (Unstable system)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การปรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดสนามแม่เหล็ก การควบคุมควบเร็วมอเตอร์ลักษณะของการควบคุมจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กนี้ เราสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงกระแสในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งนี้เนื่องจากว่า $\Phi \propto I_f$ ด้วยเหตุนี้จึงอาจเรียกการควบคุมแบบนี้ว่า " Field current control " ซึ่งใน การควบคุมแบบนี้อาจทำได้ 2 แบบด้วยกัน ดังแสดงดังรูปที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.3 แสดงการควบคุมกระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็กโดยการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ 2.4 แสดงการควบคุมกระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 และ 2.4 จะเห็นว่าเราสามารถเปลี่ยนแปลงกระแสที่ขดลวดสนามแม่เหล็กได้ 2 วิธีด้วยกันดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้2 กรณี ทั้งนี้ในการที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ที่ต้องการควบคุมในลักษณะนี้ แต่อย่างไรก็ตาม การควบคุมความเร็วในลักษณะนี้ ก็ไม่เป็นที่นิยมกันมากนักในปัจจุบัน ทั้งนี้ก็เพราะว่าการควบคุมในลักษณะนี้จะควบคุมความเร็วที่มากกว่าพิกัดได้เท่านั้น และการควบคุมแบบนี้ก็จะมีผลทำให้แรงบิดของมอเตอร์ต่ำลงไปด้วย ดังนั้นจึงทำให้การควบคุมแบบนี้ไม่เป็นที่นิยมกันในปัจจุบัน

2.2 เพาเวอร์แอมปลิไฟล์เออร์ (Power Amplifier)

ภาคเพาเวอร์แอมปลิไฟล์เออร์ เป็นภาคที่ใช้ในการขับมอเตอร์ให้ทำงานตามที่เราต้องการ โดย อาศัยสัญญาณควบคุมจากตัวเปรียบเทียบซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วงจรแบบ ลิเนียร์แอมปลิไฟล์เออร์ (Linear Amplifier) และวงจรแบบ พลัซ์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์ (Pulse Width Modulation Amplifier) ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1.ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์โดยปกติสร้างมาเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ขยายเช่นเดียวกับออปแอมป์ หรือดิฟเฟอร์เรนเชียลอแมปลิไฟเออร์ที่ใช้ไปกระตุ้นภาคเพาเวอร์ให้ไปขับมอเตอร์ ภาคเพาเวอร์จะมีการป้อนกลับแบบลูปปิดเพื่อทำให้พารามิเตอร์ที่ต้องการ ได้แก่ มอเตอร์โวลท์เตจ กระแสของมอเตอร์หรือพารามิเตอร์ทั้งสองดังกล่าวมีความเป็นลิเนียร์ ในกรณีนี้ความไม่เป็นลิเนียร์และดิฟที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิในภาคเพาเวอร์จะลดลงโดยอัตราขยายลูปของระบบ นอกจากนั้นออปแอมป์ยังใช้เป็นเสมือนการชดเชยหรือใช้เป็น ซัมมิ่งแอมปลิไฟเออร์ (Summing Amplifier) ทำหน้าที่เหมือนกับจุดรวมของสัญญาณบังคุบและสัญญาณป้อนกลับของระบบซึ่งได้แก่สัญญาณที่ได้จากอนาลอกทาโคมิเตอร์ (ในระบบควบคุมความเร็ว) และสร้างสัญญาณเออร์เรอร์ซึ่งจะถูกขยายโดยภาคเพาเวอร์เพื่อไปแก้พารามิเตอร์ที่ต้องการบังคับให้มีค่าที่ถูกต้อง

ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์จะเป็นตัวควบคุมโวลท์เตจหรือกระแสของมอเตอร์โดยการควบคุมขนาดของโวลท์เตจที่จ่ายให้กับมอเตอร์ดังนั้นมันจะเป็นตัวที่ลดโวลท์เตจเอาไว้ซึ่งเท่ากับผลต่างของแหล่งจ่ายโวลท์เตจและโวลท์เตจที่มอเตอร์ที่ใช้งานจริงในขณะที่มีกระแสที่เหมาะสมไหลผ่าน กำลังงานจะสูญเสียในเอาท์พุททรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในขณะที่มอเตอร์วิ่งที่ความเร็วต่ำแรงบิดสูง เพราะขณะนั้นโวลท์เตจย้อนกลับของมอเตอร์ต่ำกระแสจะสูง นี่เป็นความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับสวิทชิ่งแอมปลิไฟ สวิทชิ่งแอมปลิไฟควบคุมโวลท์เตจของมอเตอร์โดยปรับ Duty Cycle ของโวลท์เตจที่จ่ายให้กับมอเตอร์และให้มันทำงานทุกๆสภาวะอิ่มตัวหรือภาวะออฟ ดังนั้นการสูญเสียกำลังงานจะน้อยในแต่ละภาวะทำให้ประสิทธิภาพการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานสูงขึ้นอย่างไรก็ตามสวิทชิ่งแอมปลิไฟก็สร้างปัญหาขึ้นอีก เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียการสวิทช์ที่ความถี่สูง ค่าของอินดักแตนซ์ของมอเตอร์ต้องมีค่าน้อย ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่ม Time constant ของระบบซึ่งจะทำให้แบนด์วิดท์ของระบบลดลงด้วย นอกจากนั้นยังเกิดปัญหาการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นรุนแรงทำให้ระบบเกิดความยุ่งยาก และทำงานผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะตัดสินใจว่าแอมปลิไฟแบบไหนจะดีกว่ากัน

ลิเนียร์แอมปลิไฟตามปกตินิยมใช้ในระบบที่มีแบนด์วิดท์กว้างและกำลังงานต่ำ(น้อยกว่า 2-3 ร้อยวัตต์) และมักจะใช้สำหรับขับคลื่นขดลวดหมุนของมอเตอร์ที่มีความเฉื่อยต่ำให้เพิ่มกระแสด้วยอัตราเร่งสูงในช่วงเวลาสั้น (2-3 มิลลิวินาที) ซึ่งกระแสพีคที่กำหนดไว้ของเอาท์พุททรานซิสเตอร์อาจจะยังใช้งานได้ดี ในทางตรงกันข้ามสวิทชิ่งแอมปลิไฟโดยทั่วๆไปมักจะใช้ในระบบใหญ่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบดังกล่าวต้องการขยายช่วงการทำงานที่ความเร็วต่ำและมีแรงบิดสูงซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานอย่างมากในลิเนียร์แอมปลิไฟ

ลิเนียร์แอมปลิไฟล์อาจจำแนกตามหน้าที่จะแบ่งได้เป็น ยูนิไดเร็คชั่นแนล (Uni-Directional) และ ไบไดเร็คชั่นแนล (Bi-Directional) แบ่งตามโครงสร้างได้เป็น ไบโพล่าร์ และบริดจ์ (Bipolar and Bridge) หรือถ้าแบ่งตามทรานสเฟอร์ฟังก์ชั่นได้เป็นโวลท์เตจและกระแสแอมปลิไฟล์ ในที่นี้จะไม่กล่าวรายละเอียดในที่นี้ เนื่องจากระบบที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้แบบ พลัซ์วิดท์โมดูเลชั่นเพาเวอร์แอมปลิไฟล์เออร์ (PWMA)

2.2.2.พลัซ์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์ (PWMA) ในระบบ " ดีซีเซอร์โว " แอมปลิไฟล์เออร์จะมีหน้าที่ควบคุมกระแสและโวลท์เตจที่ใช้ในการขับมอเตอร์เพื่อให้ได้ค่าความเร็วที่ต้องการ แต่ลิเนียร์แอมปลิไฟเออร์มีข้อจำกัดบางประการ เพราะแอมปลิไฟเออร์ต้องสูญเสียพลังงานไปที่เอาท์พุทของทรานซิสเตอร์มาก เช่นมอเตอร์ตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับแอมปลิไฟเออร์โดยใช้ซัพพลายร่วมกัน ซัพพลายจะจ่ายไฟ 50 โวลท์ มอเตอร์ใช้ไฟไป 10 โวลท์ และกระแส 20 แอมแปร์ มอเตอร์จึงกินพลังงานไป 200 วัตต์ แต่จะเห็นว่ามีการสูญเสียที่แอมปลิไฟถึง 800 วัตต์ คือจะมากเป็น 4 เท่า ของมอเตอร์

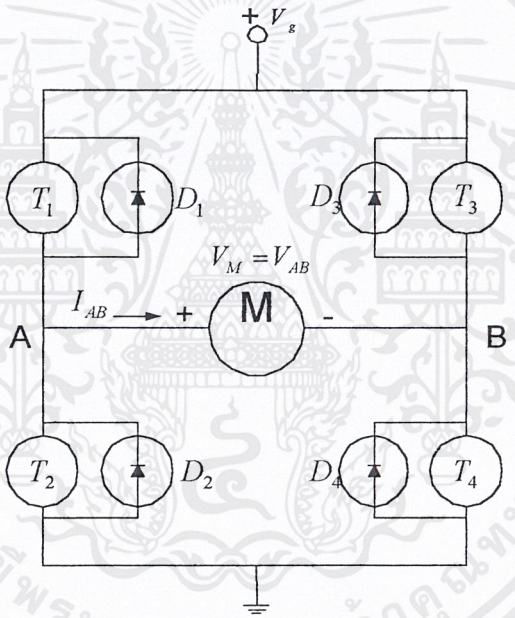
วิธีที่จะแก้ปัญหาการสูญเสียพลังงาน คือ การใช้แอมปลิไฟเออร์ควบคุมมอเตอร์โดยการเปลี่ยนแปลง ดูตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ของโวลท์เตจที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ แอมปลิไฟชนิดนี้เรียกว่า " สวิทชิ่งแอมปลิไฟเออร์ " (Switching Amplifier) ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วต่ำๆ โดยมีแรงบิดสูงอยู่โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงานเหมือนพวกลิเนียร์แอมปลิไฟ

สวิทชิ่งแอมปลิไฟเออร์จะทำหน้าที่คล้ายสวิทช์ เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส โวลท์เตจตกคร่อมตัวมันจะน้อยมากจนตัดทิ้งได้ แต่เมื่อมันหยุดนำกระแส โวลท์ที่ตกคร่อมตัวมันจะมีค่าเข้าใกล้แหล่งจ่าย และกระแสไหลผ่านน้อยมากจนถือว่าเป็นศูนย์ ด้วยเหตุดังกล่าวนี้การสูญเสียใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุททรานซิสเตอร์จึงมีค่าต่ำ ระบบสวิทชิ่งสร้างได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ทำให้แอมปลิไฟเออร์ทำงานด้วยความถี่คงที่และสามารถเปลี่ยนแปลงค่า ON และ OFF ของพัลซ์ได้ตามต้องการแอมปลิไฟเออร์ชนิดนี้เรียกว่า " พัลซ์วิดท์โมดูเลเตอร์ แอมปลิไฟ " ซึ่งถ้าเราสามารถออกแบบให้แปรค่าได้ทั้งค่าพัลซ์ และความถี่แล้วก่อให้เกิดประโยชน์ในการควบคุมรักษาระดับกระแสสูงๆได้ แต่อาจเกิดออสซิเลทหรือทำให้เกิดเสียงร้องที่ความถี่เรโซแนนท์ ในที่นี้จะกล่าวถึงแอมปลิไฟแบบที่มีความถี่คงที่เท่านั้น

การทำงานของพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์แบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของการทำงาน คือ ไบโพล่าร์, ยูนิโพล่าร์ และลิมิตยูนิโพล่าร์



รูปที่ 2.5 พัลล์วิทด์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์สำหรับ ดีซีมอเตอร์

1.ไบโพล่า(ดูการทำงานตามรูปที่ 2.5) ไบโพล่าจะมี T1 และ T4 นำกระแสระหว่างเฟส ON ส่วน T2 และ T3 จะนำกระแสขณะเฟส OFF จะได้ฟังก์ชั่น ตกคร่อมมอเตอร์เป็น

$$V_m = V_{AB} \begin{cases} V_S & 0 < t < t_1 \\ -V_S & t_1 < t < t_f \end{cases}$$

2.แบบยูนิโพล่าร์ จะลดจำนวนทรานซิสเตอร์ในการสวิทช์ขึ้นกับ V_{in} เป็นบวกหรือเป็นลบ เมื่อ V_{in} เป็นลบ T4 จะนำกระแสตลอดคาบ ในขณะที่ T1 นำกระแสในช่วงเฟส on และT2 นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสในช่วงเฟส off เมื่อ V_{in} เป็นลบ T2 จะนำกระแสตลอด โดยมี T3 และ T4 สลับกันทำงาน เมื่อ V_{in} เป็นบวกได้การแสดงค่า V_{in} จะเหมือนกันเพียงแต่ V_{in} เป็นลบเท่านั้น

$$V_{in}\begin{cases} V_S & 0 \le t < t_1 \\ 0 & t_1 \le t < t_f \end{cases}$$

จากลักษณะของสองแบบดังกล่าวมีประโยชน์เหมือนกัน ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีทรานซิสเตอร์อยู่คู่หนึ่ง (T1,T2) หรือ (T3,T4) จะหยุดนำกระแสในขณะที่อีกคู่หนึ่งนำกระแสซึ่งมีเวลาเก็บสะสมและเวลาที่ปล่อยออกของทรานซิสเตอร์เกิดขึ้นและมันอาจเป็นไปได้ที่ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดนำกระแสในเวลาเดียวกันซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรของซัพพลาย เราจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงภาวะดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างช่วง เวลาหน่วง(delay time) ระหว่างการหยุดและการนำกระแสของทรานซิสเตอร์และด้วยเห็นผลดังกล่าว ความถี่ของการสวิทช์จะถูกกำจัดในวงที่แคบลง

3.แบบลิมิตยูนิโพล่าร์ จะแสดงให้เห็นคือมีความจำเป็นต้องมีช่วง หน่วงเวลา ซึ่งการ สวิทช์ขึ้นกับค่า V_{in} เมื่อ V_{in} เป็นบวก T_4 จะนำกระแสตลอด T_1 จะสวิทช์เป็น ON ดังนั้นในช่วงเฟส ON ทั้ง T_1 และ T_4 จะ ON เป็นผลให้แก่โวลท์เตจของมอเตอร์ V_m คือ

$$V_m = V_S \qquad 0 \le t \le t_1$$

ระหว่างเฟส OFF จะมีT_4 นำกระแสเพียงตัวเดียวเป็นผลให้ V_{in} ขึ้นกับ I_{AB} ตราบใดที่ $I_{AB} > 0$ ซึ่งเป็นสภาวะปกติ เมื่อ $V_{AB} > 0$ กระแส I_{AB} จะไหลผ่าน D_2 และ T_4 เป็นผลให้ $V_A = 0$ และ

$$V_m = V_{AB} = 0 \quad \text{เมื่อ} \quad \begin{cases} t_1 \le t < t_f \\ I_{AB} > 0 \end{cases}$$

ในกรณีที่ I_{AB} เป็นลบ กระแสไหลผ่าน D_1 และ D_4 เป็นผลให้ $V_A = V_s$ และ

$$V_{in} = V_{AB} = V_S \quad \text{เมื่อ} \quad \begin{cases} t_1 \le t < t_f \\ I_{AB} < 0 \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การทำงานในโหมดต่างๆของวงจรขับมอเตอร์

ลักษณะการทำงาน และอินพุทโวลท์เตจ	ภาวะของทรานซิสเตอร์โวลท์เตจของมอเตอร์	
	เฟส ON	เฟส OFF
ไบโพลาร์โหมด	T1,T4 on :T2,T3 off $V_m = V_s$	T2,T3 on : T1,T4 off $V_m = -V_s$
ยูนิโพลาร์ $V_{in} > 0$	T1,T4 on : T2,T3 off $V_m = V_s$	T2,T4 on : T1,T3 off $V_m = 0$
ยูนิโพลาร์ $V_{in} < 0$	T2,T3 on : T1,T4 off $V_m = V_s$	T2,T4 on : T1,T3 off $V_m = 0$
ลิมิตยูนิโพลาร์ $V_{in} > 0$	T1,T4 on : T2,T3 off $V_m = V_s$	T4 on : T1,T2,T3 off $V_m = 0$, if $I_{AB} > 0$ $V_m = V_s$, if $I_{AB} < 0$ $0 < V_m < V_s$, if $I_{AB} = 0$
ลิมิตยูนิโพลาร์ $V_{in} < 0$	T2,T3 on : T1,T4 off $V_m = -V_s$	T2 on : T1,T3,T4 off $V_m = 0$, if $I_{AB} < 0$ $V_m = -V_s$, if $I_{AB} > 0$ $-V_s < V_m < 0$ if $I_{AB} = 0$

ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังเปลี่ยนขั้ว V_{in}

ในที่สุดถ้าเราสามารถทำให้ $I_{AB} = 0$ (เข้าใกล้ศูนย์จะถือว่าเป็นศูนย์) จะทำให้ ทั้ง D_1 และ D_4 ไม่นำกระแสและโวลท์เตจ V_{in} จะอยู่ระหว่างศูนย์และ V_s ดังต่อไปนี้

$$0 < V_m < V_S \quad \text{เมื่อ} \quad \begin{cases} t_1 \le t < t_f \\ I_{AB} = 0 \end{cases}$$

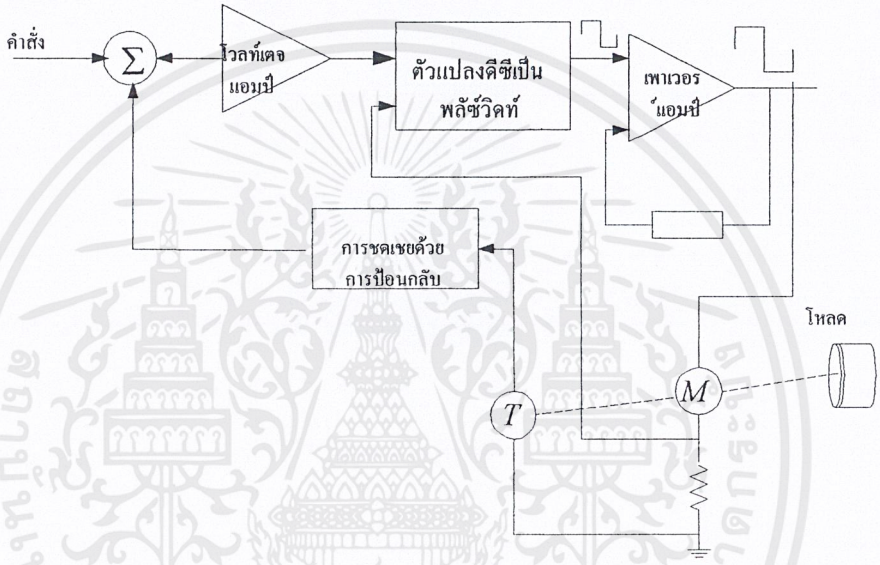
อย่างไรก็ตาม ถ้า $I_{AB} > 0$ เป็นสภาวะปกติเมื่อ $V_{in} > 0$ แบบยูนิโพล่าร์และแบบลิมิตยูนิโพล่าร์จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกันมาก ซึ่งเราสามารถสรุปโหมดการทำงานและผลของโวลท์เตจดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

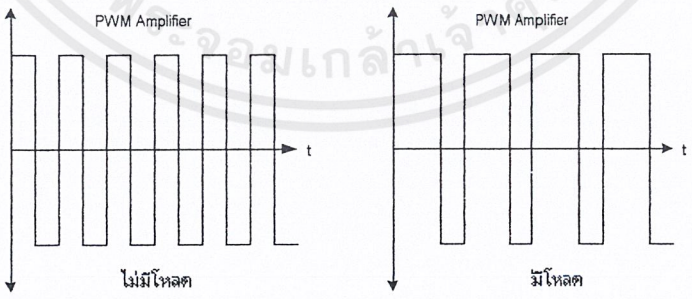
2.3. ระบบคอนโทรลความเร็วที่ใช้พัลส์วิดท์โมดูเลชั่น

พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นที่ทำงานด้วยทรานซิสเตอร์จะใช้ในระบบคอนโทรลที่มีประสิทธิภาพสูง ระบบคอนโทรลความเร็วที่มีเพาเวอร์สูงๆ และระบบเซอร์โว

บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วแบบ พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นแสดงไว้ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วแบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น



รูปที่ 2.7 พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นจะเปลี่ยนค่าดูตี้ไซเคิลตามโหลด

เรามักจะใช้ความถี่ของพัลซ์ในระบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นที่มีค่าสูงกว่า 1 kHz (มักจะมีค่าถึง 10 kHz) และความถี่นี้จะขึ้นอยู่ความต้องการของผลตอบสนองของระบบต่อแบนด์วิดท์,อินดัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตนซ์ของมอเตอร์และคุณสมบัติการสูญเสีย เพาเวอร์ในตัวมอเตอร์ ที่ความถี่สูงในเวลาเดียวกันเราจะต้องคำนึงถึง ออดิโอนอยส์ (Audio noise) ที่เกิดจากขดลวดและส่วนของโครงสร้างกระกอบของตัวมอเตอร์มักจะดังออกมาเป็นเสียงรบกวนและการประยุกต์ใช้งานของระบบพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น นี้ เราสามารถเพิ่มความถี่ของพัลล์ให้สูงขึ้งถึงจุดที่เสียงของ นอยส์นั้น หูคนไม่ได้ยิน

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อดีคือ มีพิสัยของความเร็วกว้างมาก ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วให้สูงหรือต่ำกว่าความเร็วของพิกัดได้, มีแรงบิดขณะเริ่มหมุนสูงมาก ซึ่งเหมาะสมกับงาน ยกของ ฉุดลากและขับเคลื่อน และสุดท้ายมีวิธีการควบคุมความเร็วที่ง่ายและนุ่มนวลกว่ามอเตอร์กระแสสลับที่ทำงานคล้ายๆกัน

ข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อเสียคือ ต้องจัดแหล่งหาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไว้ใช้งานเป็นพิเศษ,ในขนาดแรงม้าที่เท่ากัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีขนาดใหญ่และราคาสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ และ ในขณะที่มอเตอร์เริ่มหมุน จะต้องใช้วิธีพิเศษและยุ่งยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับยกเว้นมอเตอร์ขนาดเล็กมากๆ,ต้องการการบำรุงรักษามากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งนี้เริ่มมาจากคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีขนาดแรงดันสูงกว่า 600 โวลท์ และมีขนาดหลายพันแรงม้าได้

ถึงแม้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีข้อดีเพียง 2-3 ข้อ แต่เป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญมาก ทำให้จึงยังมีการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่กระทั้งทุกวันนี้

ในปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีแบบขดลวดกระตุ้นแยก (Separately excited) แบบขนาน (Shunt DC. Motor),แบบอนุกรม (Series DC. Motor) และแบบผสม (Compound DC. Motor)

มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมีลักษณะคล้ายๆกับคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน โดยมีอัตราเร็วเกือบคงที่แต่มีค่าลดลงบ้างเล็กน้อยตามค่าของโหลดหรือแรงหมุนของโหลด ดังเส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างอัตราเร็วกับแรงหมุนโหลดที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานมีสูตรคำนวณหาค่าอัตราดังนี้

$$\omega = \frac{E - I_a R_a}{K_\omega I_f}$$

เมื่อ ω คือค่าอัตราเร็ว (รอบต่อนาที)

E คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กลับมอเตอร์ (โวลท์)

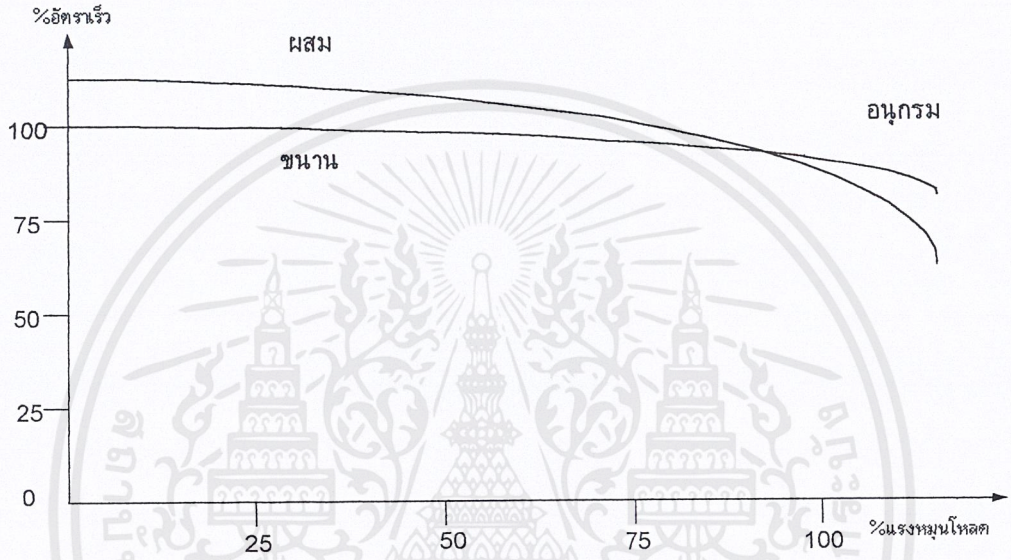
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I_a คือ ค่ากระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์ (แอมป์)

R_a คือค่าความต้านทานที่อนุกรมกับอาร์เมเจอร์ (โอห์ม)

K_ω คือ ค่าคงที่สัดส่วนของอัตราเร็ว (โวลท์-นาที ต่อ แอมป์-รอบ)

I_f คือ ค่ากระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก (แอมป์)



รูปที่ 2.8 เส้นโค้งแสดงคุณสมบัติของอัตราเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน,อนุกรมและผสม

และสามารถคำนวณแรงบิดที่เกิดขึ้นได้จาก

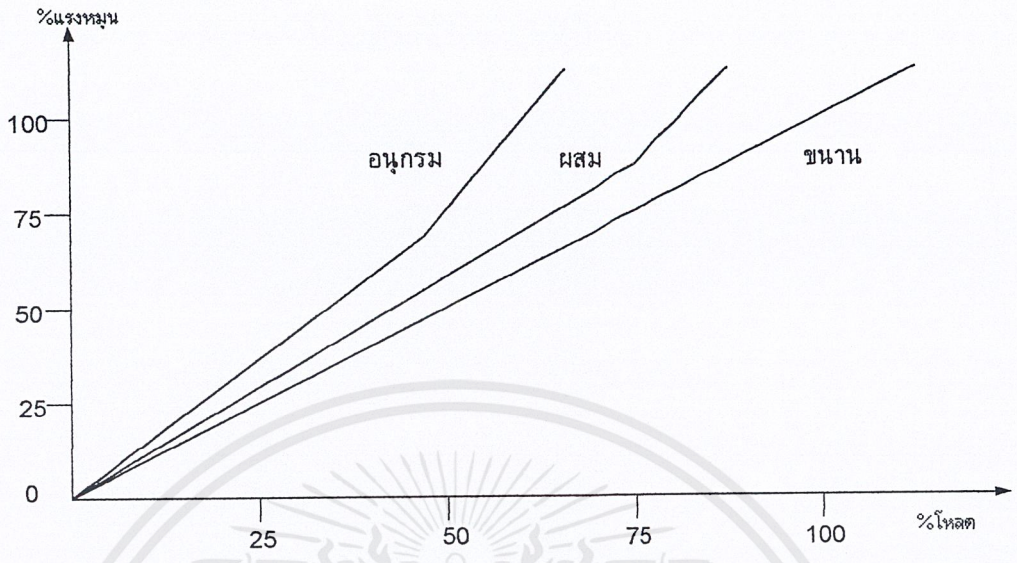
$$\tau = K_i I_a$$

เมื่อ τ คือแรงบิดที่เกิดขึ้น (นิวตัน-เมตร)

K_i คือค่าคงที่สัดส่วนของแรงหมุน (นิวตัน-เมตร ต่อ แอมป์)

มอเตอร์แบบผสมจะมีความเร็วสูงขึ้นหรือช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอรแบบขนาน จะขึ้นอยู่กับการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรม (Series Field)ให้สนามแม่เหล็กหักล้างหรือเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กขนาน (Shunt Field) ซึ่งมีชื่อว่ามอเตอร์ผสมแบบหักล้าง (Differentail compound motor) และมอเตอร์แบบสะสม (Commulative compound motor) ตามลำดับ แต่มอเตอร์ผสมแบบหักล้างไม่นิยมใช้กันและเส้นโค้งลักษณะคุณสมบัติในรูปที่ 2.8 และ 2.9 ก็เป็นของมอเตอร์แบบสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เส้นโค้งแสดงคุณสมบัติแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
แบบอนุกรม,ผสมและขนาน

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C52 ในที่นี้จะอธิบายการทำงานของเบอร์ 89C51 ซึ่งจะมีหลักการทำงานเหมือนกันเพียงแต่ 89C52 มีไทเมอร์เพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งตัว ซึ่งคุณสมบัติต่างๆเป็นดังนี้

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตสำหรับงานควบคุมต่างๆ
- มีความสามารถประมวลผลของลอจิกระดับบิต
- มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม ได้ถึง64 กิโลไบต์
- มีขนาดของหน่วยข้อมูล ได้ถึง64 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์
- มีพอร์ตสำหรับควบคุม 4 พอร์ตและสามารถอ้างอิงพอร์ตได้ถึงระดับบิตต่อบิต
- มีชุด ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter) ขนาด 16 บิต 2ชุด
- สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน(Full duplex UART)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- มีโครงสร้างการรับการอินเตอร์รัพท์จาก 6 แหล่งกำเนิดสัญญาณและ 5 ตำแหน่งโปรแกรมทำงานตอบรับการอินเตอร์รัพท์โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีแหล่งกำเนิดความถี่อ้างอิงการทำงานในตัวโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.5.2 รายละเอียดของขาสัญญาณของ MCS-51

V_{CC} - ขาแหล่งจ่ายไฟ(+5V)

V_{SS} - ขากราวด์

P0 - ขาพอร์ต 0 ที่มีขนาด 8 บิตชนิดสองทิศทาง โดยแต่ละสัญญาณสามารถต่อพ่วงอุปกรณ์ ทีทีแอลแบบแอลเอสได้ 8 ตัว และเป็นขาให้สัญญาณ มัลติเพล็กซ์ ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับแปดบิตล่างของสัญญาณแอดเดรสในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 - ขาพอร์ต 1 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi-bidirectional โดยที่ถ้าต้องการให้พอร์ตเส้นใดเป็นอินพอร์ตจะให้ค่า 1 ที่บิตนั้นและสามารถต่ออุปกรณ์ LS-TTL ได้ 4 ตัว

P2 - การทำงานก็เช่นเดียวกับพอร์ต 1 และยังทำหน้าที่ให้สัญญาณแอดเดรส 8 บิตบนในกรณีใช้หน่วยความจำภายนอกดังนั้นจะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใดๆไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงาน

P3 - ขาพอร์ต 3 ขนาด 8 บิตเช่นเดียวกับพอร์ต 1 และพอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 จะทำหน้าที่พิเศษดังตารางที่ 2.2

RST - ขาสำหรับรีเซ็ทการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยให้ลอจิกหนึ่งอย่างน้อย 2 แมทชีนไซเคิล

ALE - ขาสัญญาณออกของ แอดเดรสแลทอีนาเบิล(Address Latch Enable) สำหรับแลทแอดเดรส 8 บิตที่ได้จากพอร์ต 0 โดยจะมีความถี่ออกมา 1/6 ของความถี่อ้างอิง

PSEN – ขาสัญญาณ โปรแกรมสโตร์อีนาเบิล(Program Store Enable) ใช้สำหรับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42293

ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของพอร์ต 3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P 3.0	Rx D (สำหรับรับข้อมูลอนุกรม)
P 3.1	Tx D (สำหรับส่งข้อมูลอนุกรม)
P 3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P 3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P 3.4	T0 (ขาอินพุตของไทเมอร์ 0)
P 3.5	T1 (ขาอินพุตของไทเมอร์ 1)
P 3.6	WR (สำหรับเขียนสัญญาณหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
P 3.7	RD (สำหรับอ่านสัญญาณหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

EA - ขาสัญญาณ เอ็กซ์เทอนอลแอกเซสอีนาบิล(External Access Enable) สำหรับใช้อ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก โดยให้ลอจิก 0 จะเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL1 – ขาเข้าวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ MCS-51

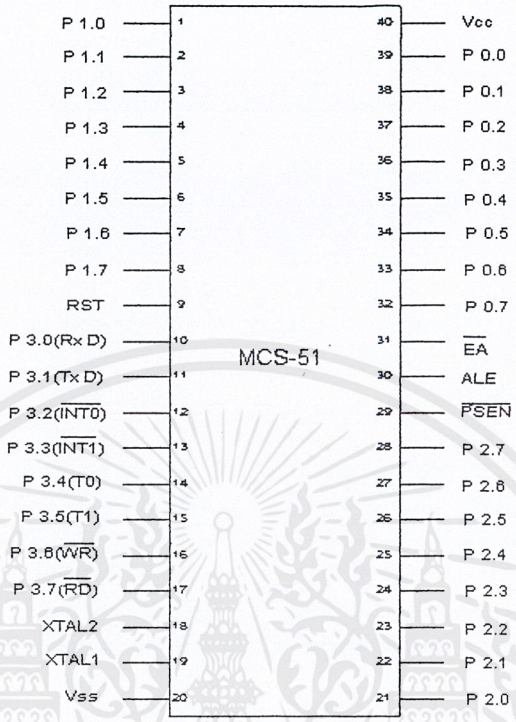
XTAL2 - ขาออกวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ MCS-51 ดังแสดงดังรูปที่ 2.10

MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำเป็นสองส่วนได้แก่หน่วยความจำโปรและหน่วยความจำข้อมูล

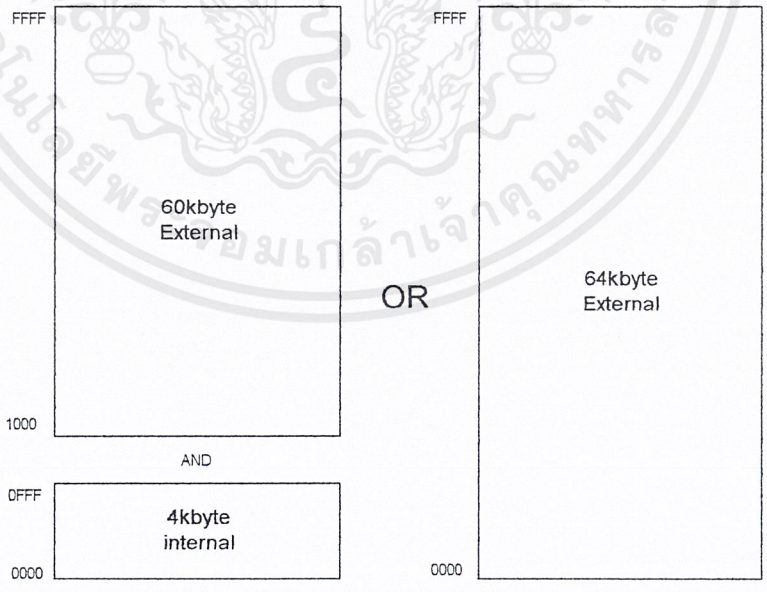
2.5.3 โครงสร้างหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำเป็นสองส่วน ได้แก่ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล โดยแต่ละส่วนจะมีขนาด 64 กิโลไบต์ดังแสดงดังรูปที่ 2.11 และ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

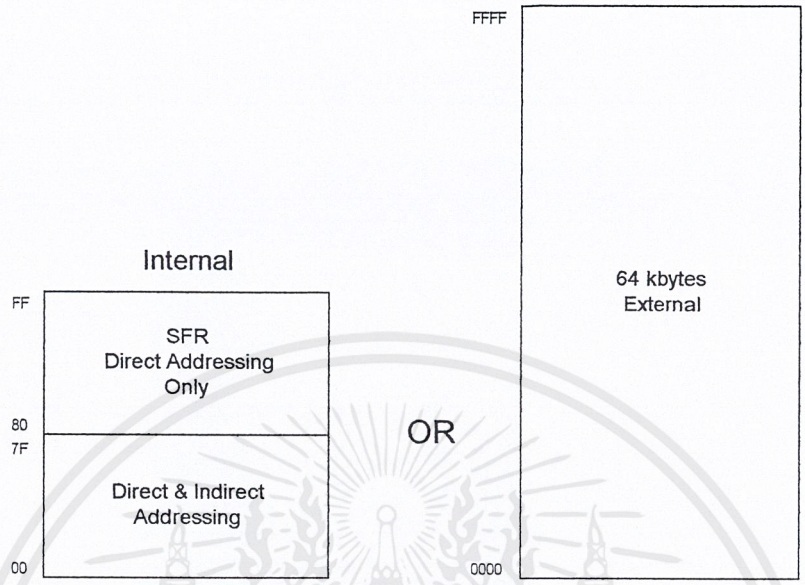


รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.11 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



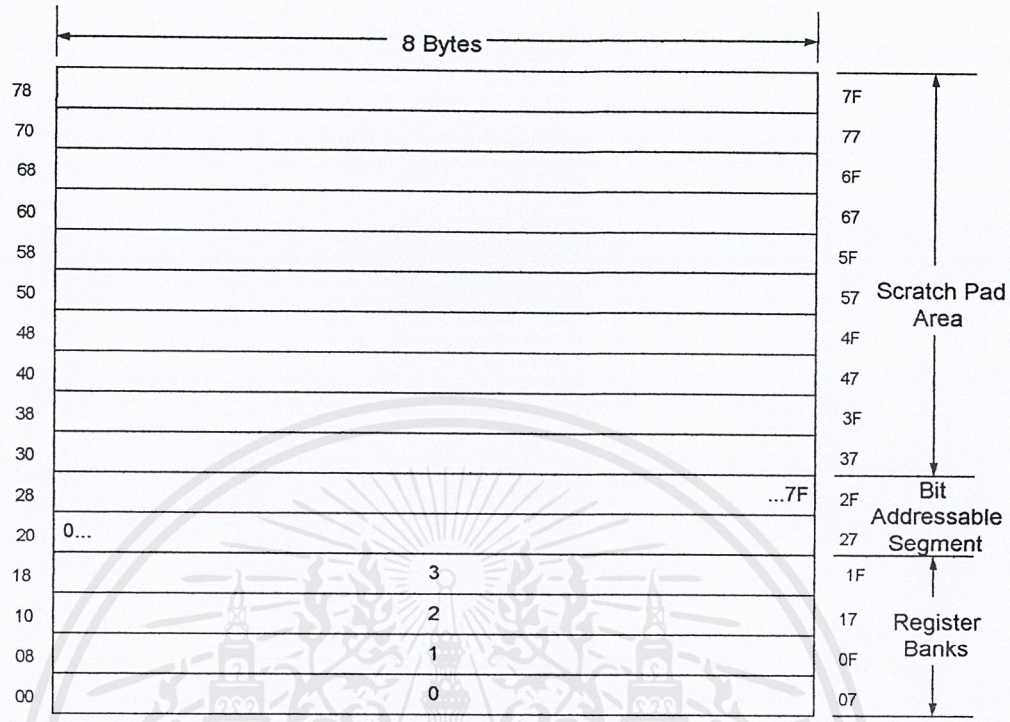
รูปที่ 2.12 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 สามารถแบ่งเป็นภายนอกและภายใน โดยหน่วยความจำภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.11 ซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงไว้ด้ายซ้ายของรูปที่ 2.12 โดยหน่วยความจำภายในแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ อ้างอิงแบบ Direct และ Indirect ซึ่งมีขนาด 128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างอิงได้เฉพาะ Direct เท่านั้น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าSFR (Spacial Function Register)

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบ dircet และ indirect แบ่งได้ 3 ส่วนดังนี้

1) Register Bank 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดๆละ 8 ไบต์ มีชื่อเรียกเป็น R0 – R7
2) Bit Address Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ ที่ตำแหน่งที่ 20H – 2FH และสามารถอ้างอิงข้อมูลได้ถึง 128 บิต ตั้งแต่ 00H – 7FH
3) Scratch Pad Area อยู่ที่ตำแหน่งที่ 30H – 7FH ซึ่งเป็นหน่วยความจำอเนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิงแบบ Direct เพียงอย่างเดียวหรือเรียกว่า SFR ดังแสดงดังรูปที่ 2.14

F8								FF
F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH1		CF
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A8
98	SCON	SBUF						9F
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPH				87

รูปที่ 2.14 แสดงรายละเอียดของ Spacial Function Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์โดยแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่ดังนี้

ACC. – เป็นแอ็คคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์สำหรับประมวลผลทางลอจิกและคณิตศาสตร์ โดยอ้างอิงในระดับบิตหรือไบต์ก็ได้

B – เป็นรีจิสเตอร์พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งคูณหรือหาร และยังใช้เป็นที่เก็บพักข้อมูลได้

PSW - เป็นรีจิสเตอร์โปรแกรมแสดงสถานะ (Program Status Word) จะแสดงสถานะการทำงานของ MCS-51 ซึ่งตรวจสอบได้

SP – เป็นรีจิสเตอร์สำหรับชี้หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการเก็บแบบสแตค (Stack)

DTPR – เป็นรีจิสเตอร์ขนาด16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบน และ 8 บิตล่างใช้สำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

P0 – P3 – เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต0 ,1,2 และ 3 ตามลำดับ

IP - เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์

IE – เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดการจะรับหรือไม่รับการอินเตอร์รัพท์

TMOD - เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter

TCON - เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการของ Timer/Counter

TH0 - เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของTimer/Counter 0 8 บิตบน

TL0 - เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของTimer/Counter 0 8 บิตล่าง

TH1 - เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของTimer/Counter 1 8 บิตบน

TL0 - เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของTimer/Counter 0 8 บิตล่าง

SCON – เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

SBUF – เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

PCON – เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานเกี่ยวกับการใช้กำลังงานของMCS-51

2.5.4 การคำนวนความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Generating Baud Rate)

การกำหนดความเร็วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกได้ตามโหมดการทำงานดังนี้

Mode 0 อัตราเร็วการรับส่งจะเท่ากับ 1/12 ของความถี่อ้างอิง และจะไม่ใช้ Timer/Counter ดังนั้นกำหนดที่รีจิสเตอร์SCON ก็เพียงพอ จะได้

$$\text{Baud Rate} = \frac{OSC.Freq}{12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 1 ในการกำหนดความเร็วจะใช้ไทเมอร์ 1 เป็นฐานเวลาของการทำงาน โดยจะใช้การทำงานของ ไทเมอร์ 1 ในโหมด 2 (Auto Reload) โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Baud Rate} = 256 - \frac{K * Osc.Freq.}{384 * Baud\ Rate}$$

K = 1 เมื่อ SMOD ในรีจิสเตอร์PCON = 0

K = 2 เมื่อ SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON = 1

ส่วนมาก ผู้ใช้จะทราบค่าของ Baud Rate ที่จะส่งได้นั้น จะได้ค่าของ Timer 1 สำหรับค่า Reload ได้เป็น

$$TH1 = 256 - \frac{K * Osc.Freq.}{384 * Baud\ Rate}$$

Mode 2 ความเร็วในการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้จะเป็นค่าคงที่ 2 ค่า ซึ่งขึ้งอยู่กับค่า SMOD ในรีจิสเตอร์PCON ดังนี้

SMOD = 1 Baud Rate = 1/32 Osc.Freq.

SMOD = 0 Baud Rate = 1/64 Osc.Freq.

2.6 เพาเวอร์มอสเฟต (Power MOSFET)

เพาเวอร์มอสเฟต เป็นอุปกรณ์ประเภทอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิดหนึ่ง นิยมใช้มากในวงจรสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายและการควบคุมมอเตอร์ เนื่องจากมีข้อดีกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ คือ

1) กำลังงานสูญเสียขณะสวิทช์ต่ำ

2) ไม่มีช่วงแรงดันพังทลายที่ 2 (Secondary Breakdown)

3) มีความต้านทานและเสถียรภาพทางอุณหภูมิดี

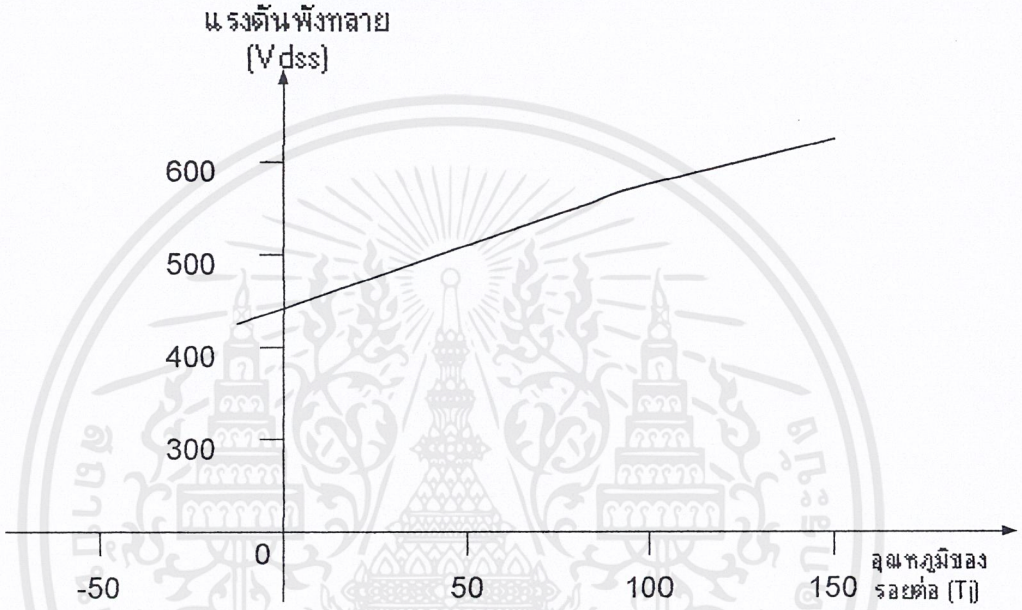
4) ใช้ในวงจรที่มีความถี่สูงได้ดี

แต่เพาเวอร์มอสเฟตดีมีข้อเสียคือ แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสสูงมีค่าประมาณ 4-5 โวลท์ ซึ่งเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะมีเพียง 1 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 คุณลักษณะของเพาเวอร์มอสเฟต

แรงดันพังทลาย (Braekdown Voltage : V_{DSS}) แรงดันค่านี้เป็นแรงดันระหว่างขาเดรน กับขาซอร์ส ดังแสดงดังรูปที่ 2.15 โดยที่อุณหภูมิต่ำๆ ค่าแรงดันพังทลายจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

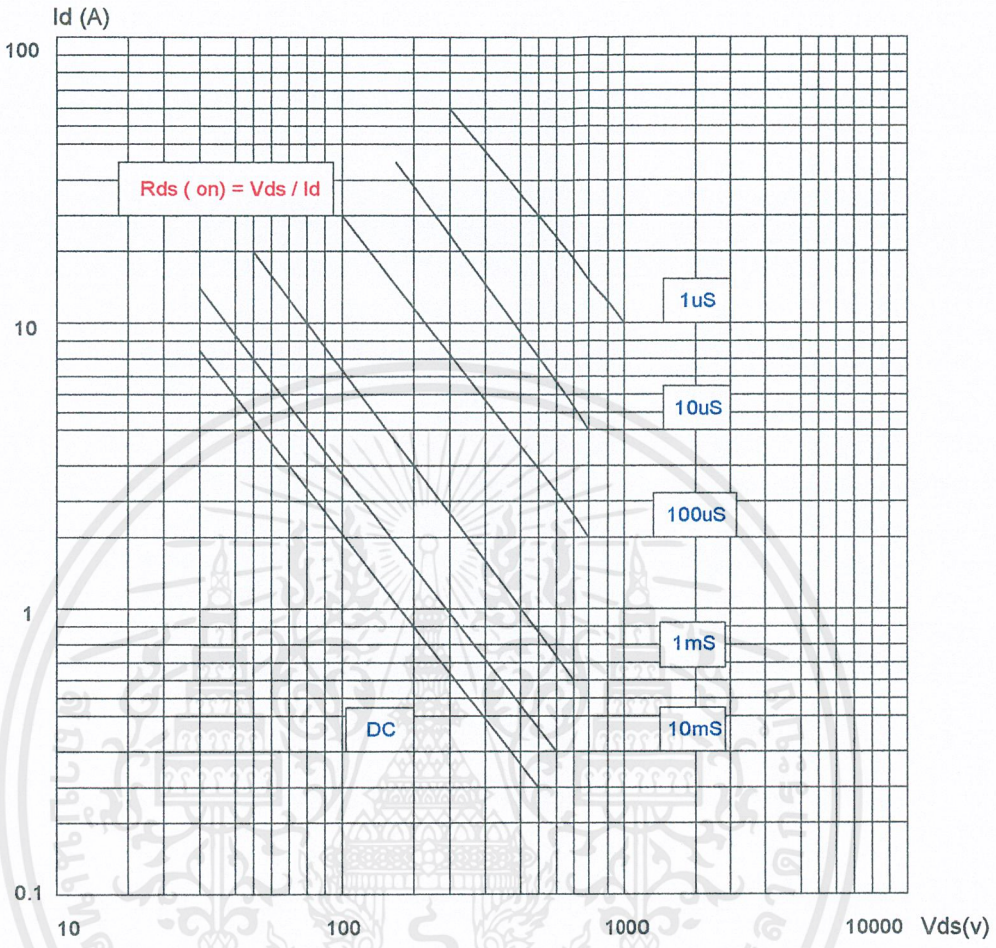


รูปที่ 2.15 แสดงแรงดันพังทลายที่เดรนกับซอร์สต่ออุณหภูมิที่รอยต่อ

ความต้านทานขณะนำกระแส ($R_{DS\,(ON)}$) ขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตนำกระแสอย่างสมบูรณ์ แรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขาเดรนดับขาซอร์สจะแปรผันตรงกับกระแสที่ไหลผ่านตัวมันเนื่องจากค่าความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สมีลักษณะเช่นเดียวกับความต้านทานกระแสตรงทั่วๆ ไป ซึ่งวงจรขับมอเตอร์ก็จะใช้เพาเวอร์มอสเฟตในการขับมอเตอร์ เนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟตจะกินกระแสอินพุตต่ำทำให้แนนด์เกทที่ต่อเป็นวงจรกันชนไว้สามารถที่จะใช้แรงดันซึ่งมีลักษณะเป็นพลัซ์มีค่าแรงดันประมาณ 0 ถึง 5 โวลท์ ที่แรงดันค่านี้ก็สามารถขับมอสเฟตได้แล้ว

แต่ในการใช้งานจริงจะต้องติดแผ่นระบายความร้อนเนื่องจากว่าขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตกำลังนำกระแสเต็มที่นั้นจะมีกระแส I_D ไหลผ่านตัวเพาเวอร์มอสเฟต เพราะฉะนั้นเพื่อความปลอดภัยจะต้องติดแผ่นระบายความร้อนทุกครั้งที่มีการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ลักษณะของกราฟ SOA

ช่วงการทำงานที่ปลอดภัย (Safe Operating Area : SOA) ของเพาเวอร์มอสเฟตจะต่างจากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ คือ ไม่มีแรงดันพังทลายที่ 2 ดังนั้น SOA ของเพาเวอร์มอสเฟตจะแสดงช่วงอัตราทนกำลัง ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปบ้างตามอุณหภูมิที่บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

สำหรับการออกแบบนั้นจะประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอต์ฟแวร์ ในส่วนของอาร์ดแวร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์บนบอร์ดควบคุมซึ่งประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนประกอบอื่นๆ ส่วนของซอต์ฟแวร์ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ควบคุมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลอัตราการฉีดของเหลว (Flow Rate) , ปริมาณของของเหลวที่ต้องการ และทิศทางการขับของหลอด

3.1 รายละเอียดของมอเตอร์ที่นำมาใช้งาน

1) ความเร็วรอบสูงสุดที่ทำได้ 40 รอบต่อนาที

2) ความเร็วรอบต่ำสุดที่ทำได้4 รอบต่อนาที

3) ความถี่พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นสูงสุดที่มอเตอร์สามารถรับได้คือ 2k Hz

4) ความถี่พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นต่ำสุดประมาณ0 Hz

5)ทอร์กสูงสุดที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาทีคือ 15 นิวตัน

3.2 รายละเอียดของแบตเตอรี่ที่ใช้งาน

1)แรงดัน 12 โวลท์ ขนาด 1.3 แอมป์-ชั่วโมง

2)เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟได้

3)เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วไม่ต้องเติมน้ำกลั่น

3.3 การออกแบบสร้างฮาร์ดแวร์

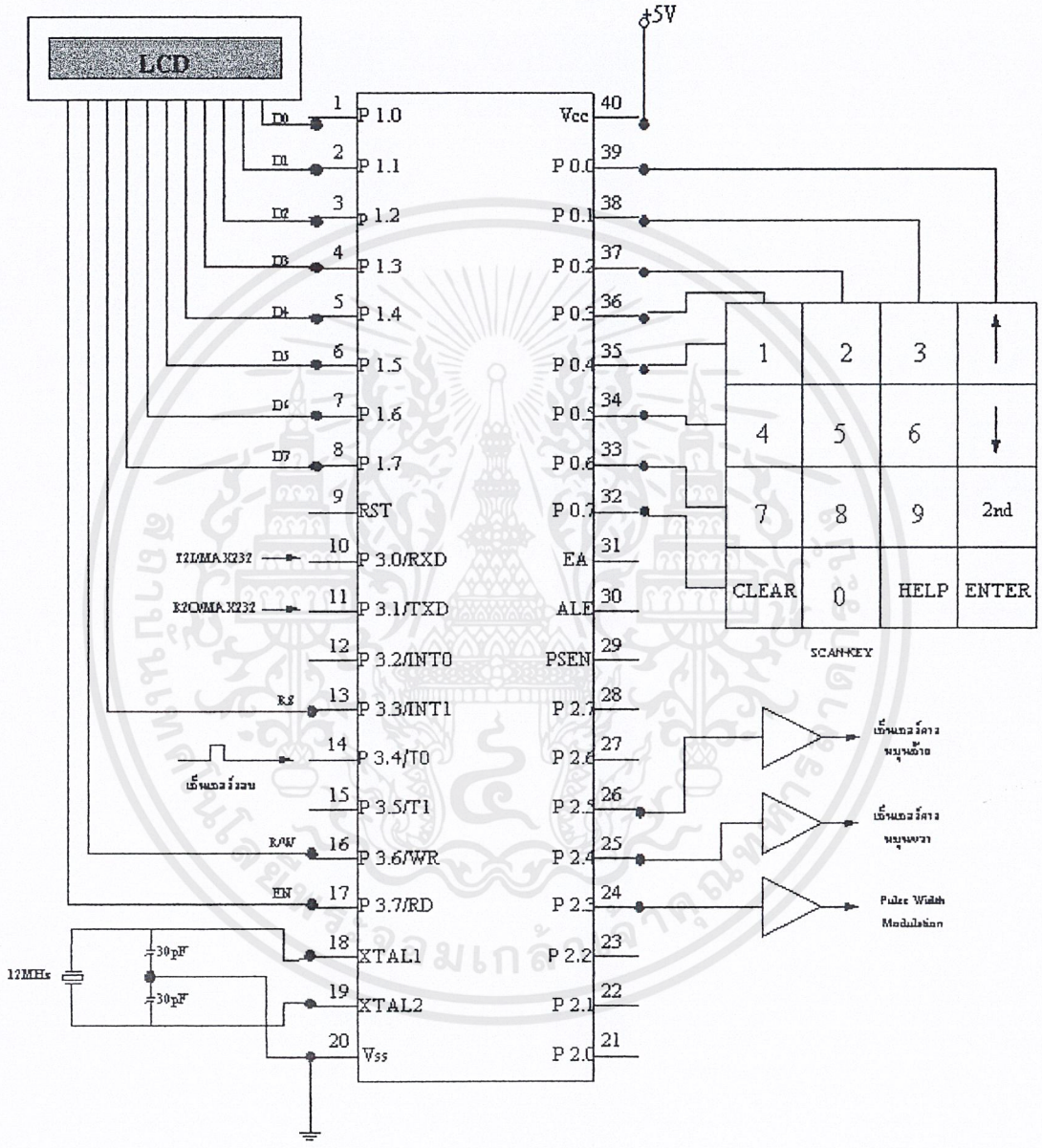
การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์นั้นจะเป็นการออกแบบของบอร์ดควบคุม ซึ่งตามแนวความคิดแล้วจะต้องให้บอร์ดควบคุมมีขนาดที่เล็กประหยัดเนื้อที่มากที่สุด โดยจะจัดทุกภาคการทำงานจะอยู่บนบอร์ดเดียวกันทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวควบคุมการทำงานและวงจรขับมอเตอร์ซึ่งประกอบด้วยเพาเวอร์มอสเฟตเป็นตัวขับมอเตอร์

3.3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

มีวงจรการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆดังรูปที่ 3.1 เป็นการออกแบบวงจรควบคุมหลักที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลัก ซึ่งการออกแบบนั้นจะใช้ พอร์ต 1ของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวขับจอแอลซีดีและจอแอลซีดีที่ใช้จะใช้แอลซีดีขนาด 16 ตัวอักษร 1 แถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถที่จะต่อใช้งานได้ทันทีเพราะเป็นแบบโมดูลเพียงแต่ต้องเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแอลซีดี



รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบวงจรควบคุมหลัก

การต่อใช้งานจะใช้ฐานเวลาที่ 12 MHz เป็นฐานเวลาที่ใช้อ้างอิงการทำงานของโปรแกรม จะต่อคริสตอล 12 MHz เข้าที่ ขา XTAL1 และ XTAL 2 การต่อใช้งานดังรูปที่ 3.1 การเลือกว่าจะควบคุมทางด้านคอมพิวเตอร์หรือจะควบคุมทางบอร์ดควบคุมจะเลือกทางด้านขา P 0 โดยใช้การแสกนคีย์ การควบคุมจากคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้จะเลือกจำนวนซีซีต่อนาที เป็นจำนวนกี่ซีซีส่งให้ไม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

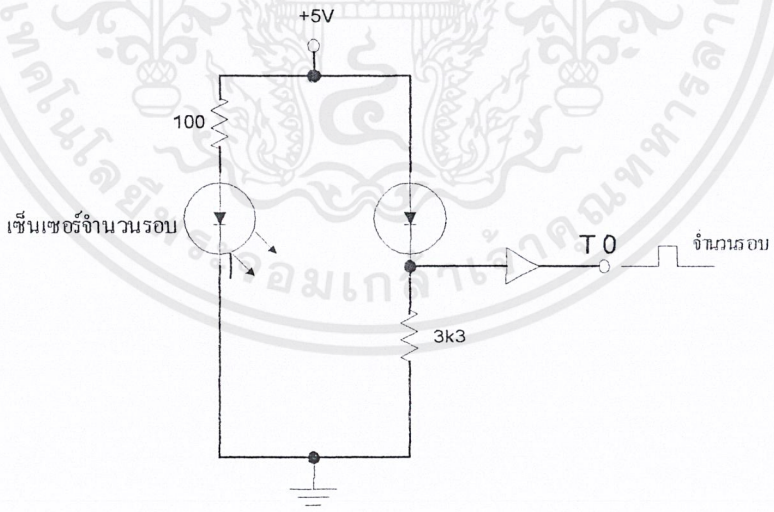
โครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลต่อไป ส่วนการควบคุมจากบอร์ดควบคุม ผู้ใช้จะทำการกำหนด ซีซี ต่อนาที,ปริมาณ โดยการแสกนคีย์ที่ Port P 0 กดสวิทช์ Enter เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลข้อมูล และนำไปควบคุมมอเตอร์ต่อไปและใช้โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวเลือกการหมุนซ้ายหรือขวา โดยเลือกที่ P 2.4 และ P 2.5 ส่วนขา P 2.6 จะใช้ส่งพลัซ์ PWM ออกไปควบคุมมอเตอร์

การรับข้อมูลจำนวนรอบจะรับพัลซ์จำนวนรอบจากวงจรเซ็นเซอร์จำนวนรอบ โดยมอเตอร์หมุนหนึ่งรอบก็จะมีพัลซ์ป้อนเข้ามาทางขา Timer 0 ซึ่งเป็นขาอินเตอร์รับพ์ ภายนอกเพื่อให้พัลซ์เข้าอินเตอร์รับพ์แล้วนับจำนวนพลัซ์ที่ ขอบขาลง

การส่งสัญญาณป้อนกลับจากแผ่นจานตัดแสงที่ต่อกับแกนมอเตอร์จะต่อที่ P3.5 เป็นขาไทเมอร์ 0 นับพัลซ์เพื่อนำสัญญาณที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความถี่ตั้งต้นเพื่อให้ได้ค่าพัลซ์วิทด์โมดูเลชันที่ถูกต้องออกไปขับมอเตอร์ต่อไป และ การรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์จะรับเข้าที่ขา Rx ที่ P 3.0 ซึ่งจะใช้สาย RS-232 ในการรับข้อมูลผ่านซ็อกเก็ต 3 ขาบนบอร์ดควบคุม

3.3.2 วงจรเซ็นเซอร์

ใช้เซ็นเซอร์จำนวนรอบ,เซ็นเซอร์การป้อนกลับ,เซ็นเซอร์การหมุนซ้ายหรือขวา ดังแสดงดังรูปที่ 3.2

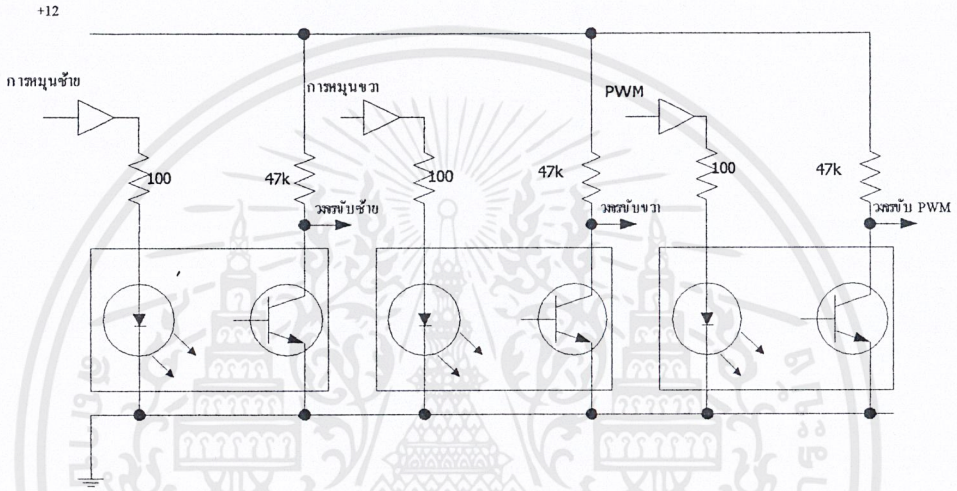


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรเซ็นเซอร์จำนวนรอบ

จากรูปที่ 3.2 แสดงวงจรเซ็นเซอร์จำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์โดยใช้ไทเมอร์ 0 เป็นตัวตรวจจับจำนวนรอบมีการจัดวงจรเพื่อขยายสัญญาณก่อนเข้าขาไทเมอร์ 0 (T 0)เพื่อให้ได้สัญญาณที่แรงมากพอที่จะนับได้ (Counter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเซ็นเซอร์การหมุนซ้ายหรือขวาจะใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวตรวจจับและใช้เป็นบัฟเฟอร์ไปในตัวเพื่อใช้แรงดัน 12 โวลท์ขับเกทให้สามารถขับมอเตอร์ได้ ส่วนโฟโตทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่งจะใช้เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นและไปเข้าแนนด์เกทเพื่อแนนด์กับสัญญาณที่เลือกหมุนซ้ายหรือขวา

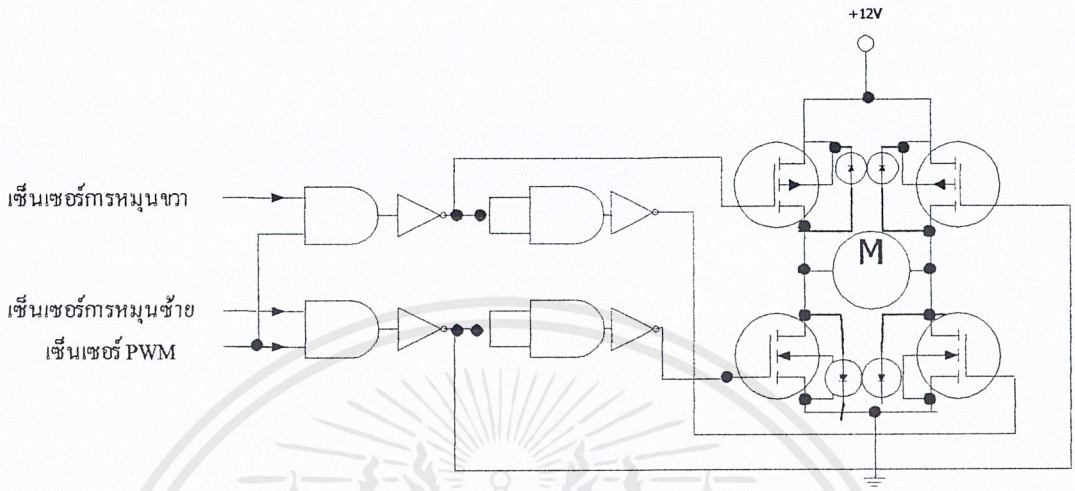


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรเซ็นเซอร์การหมุนซ้าย,หมุนขวาและ พัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น

จากรูปที่ 3.3 แสดงวงจรเซ็นเซอร์โดยใช้โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณจากขาควบคุมการหมุนซ้าย,การหมุนขวาและสัญญาณพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น โฟโตทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวแยกสัญญาณทางไฟฟ้าระหว่างแรงดัน 5 โวลท์จากไมโครคอนโทรลเลอร์และแรงดัน 12 โวลท์ที่ใช้ขับเกทเพื่อขับมอเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับมอเตอร์

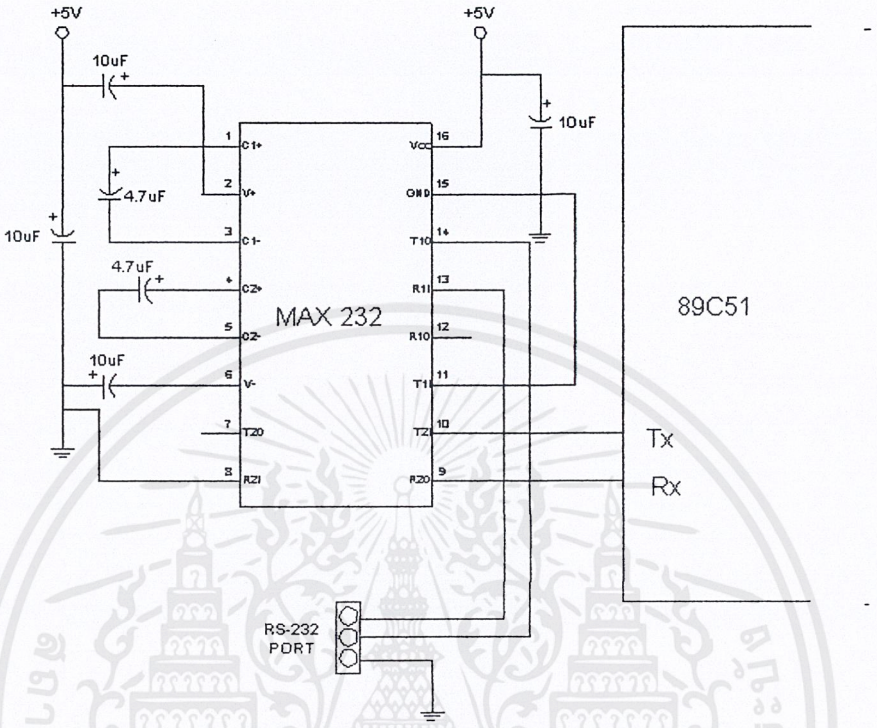
จากรูปที่ 3.4 แสดงวงจรการขับมอเตอร์ แนนด์เกทจะทำหน้าที่รับสัญญาณการหมุนซ้ายและขวาไว้ที่แนนด์เกทแต่ละตัวและอีกหนึ่งขาจะเป็นสัญญาณพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นที่มาจากโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อแนนด์กับสัญญาณหมุนซ้ายและหมุนขวา ถ้ามีสัญญาณการหมุนซ้ายเข้ามาก็จะแนนด์กับสัญญาณพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นออกไปขับเพาเวอร์มอสเฟตเพื่อให้มอเตอร์หมุนซ้ายต่อไป

ส่วนวงจรขับนั้นจะใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นตัวขับมอเตอร์โดยจะใชมอสเฟตชนิด พี- แชนแนล (P-Channel)อยู่ด้านบนและชนิด เอ็น- แชนแนล (N-Channel) ทำงานอยู่ด้านล่าง โดยผลัดกันทำงาน ชนิด พี- แชนแนล ด้านบนซ้ายจะทำงานพร้อมกับชนิด เอ็น- แชนแนล ด้านขวาล่าง ในทำนองเดียวกัน ชนิด พี- แชนแนล ด้านบนขวาจะทำงานพร้อมกับชนิด เอ็น- แชนแนล ด้านล่างซ้าย

ตัวมอเตอร์จะต่ออยู่ระหว่างซีกบนและซีกล่าง และจะมีแรงดันตกคร่อมมอเตอร์ขณะที่ใช้งานที่ความเร็วสูงสุดประมาณ 7 โวลท์ ตกคร่อมมอสเฟตประมาณตัวละ 3 โวลท์ แสดงว่าเพาเวอร์มอสเฟตทำงานอยู่ในช่วงลิเนียร์เพราะว่า $V_{GS} - V_{TH} > V_{DS}$ โดยที่ V_{GS} เท่ากับ 12 โวลท์ซึ่งเป็นเอาท์พุทของแนนด์เกท และ V_{TH} ประมาณ 4 โวลท์ ซึ่งการทำงานโหมดนี้จะสามารถปรับความเร็วได้เนื่องจากเมื่อปรับ V_{DS} ก็จะทำให้กระแส I_{DS} เพิ่มขึ้นตาม มอเตอร์ก็จะหมุนเร็วขึ้นตามด้วย แต่ถ้าทำงานในโหมดอิ่มตัว กระแส I_{DS} จะไม่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ V_{DS} เนื่องจากกระแส I_{DS} เกิดการอิ่มตัวแล้วนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรอินเตอร์เฟสกับพีซี



รูปที่ 3.5 แสดงการใช้งานไอซีแมกซ์ 232 ในการอินเตอร์เฟส

จากรูปเป็นการต่อใช้งานไอซีแมกซ์ 232 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวอินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออีกนัยหนึ่ง จะทำหน้าที่เป็นตัวแปลงแรงดันที่ออกมาจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ซึ่งส่วนใหญ่จะมีค่าประมาณ 12โวลท์ ให้เหลือแรงเพียง 5 โวลท์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานอยู่ที่ระดับลอจิก 0 ถึง 5 โวลท์เท่านั้น

สำหรับการต่อใช้งานก็ไม่ยุ่งยาก เพียงต่อคาปาซิเตอร์ไม่กี่ตัวก็สามารถใช้งานได้แล้ว โดยต่อขา 10 กับ ขา 9 เข้าที่ขา Tx และ Rx ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง ส่วนการต่อกับพอร์ตคอมพิวเตอร์ก็ต่อจากขาที่ 13 และ 14 ซึ่งเป็นขา R1I และ T1O หรือเป็นขารับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เข้ามาและขาส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ออกไป โดยจะใช้ซ็อกเก็ตแบบ 3 ขา และใช้ขั้วต่อแบบ DB-9 เป็นตัวแปลงจาก 3 เส้นให้เป็น 9 เส้นเพื่อใช้ต่อกับพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

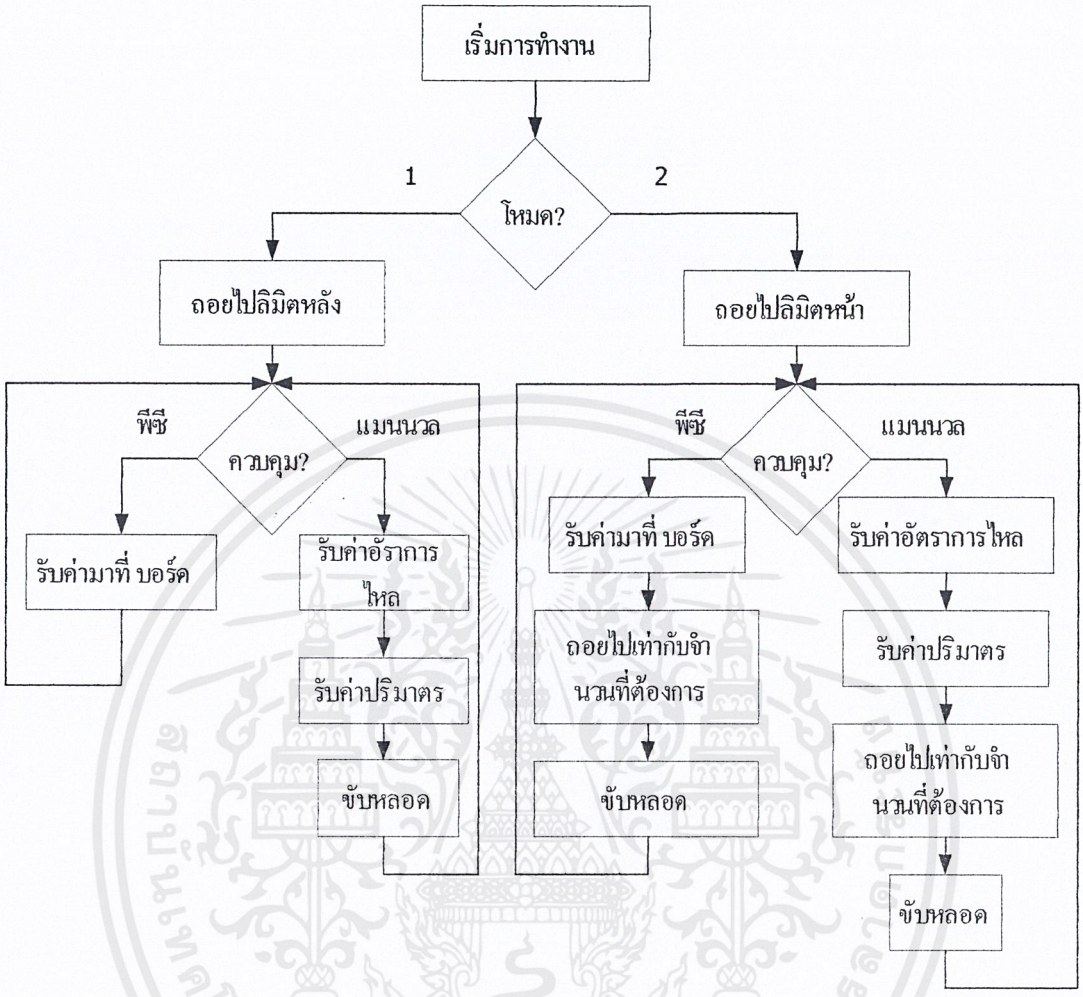
3.4 แผนผังการทำงาน

จากรูปที่ 3.6 แสดงแผนผังการทำงานของโครงงานทั้งซึ่งการทำงานจะเป็นดังนี้ เมื่อเครื่องอยู่ในสภาวะที่พร้อมใช้งาน ก็จะให้เลือกการทำงาน ซึ่งมีอยู่สองโหมดให้เลือกใช้งานคือ โหมดที่1 เป็นการดันหลอดแบบดันหมดหลอด เมื่อเริ่มการทำงานที่โหมดนี้เข็มจะถูกดันไปทางด้านหลังสุด เพื่อทำการดันเข็มไม่ว่าเข็มจะอยู่ที่ไหนก็ตามก็จะดันไปอยู่หลังสุด จากนั้นก็จะเป็นการเลือกว่าจะควบคุมผ่านทางบอร์ดควบคุมเองหรือว่าจะเลือดควบคุมผ่านทางพีซี ส่วนในโหมดที่2 จะเป็นการดันหลอดโดยสามารถกำหนดซีซีได้ เมื่อการทำงานหลอดจะถูกดันไปทางด้านหน้าสุดจากนั้นก้สั่งงานทางบอร์ดควบคุมว่าต้องการใช้งานที่กี่ซีซีเมื่อได้ตามที่ต้องการแล้วก็นำหลอดมาใส่ จากนั้นก็จะเป็นการเลือกว่าจะควบคุมผ่านทางบอร์ดควบคุมหรือว่าจะควบคุมผ่านทางพีซี

การควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์จะเป็นการนำข้อมูลที่ต้องการซึ่งได้แก่ อัตราการไหลของของเหลวที่สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 1 ซีซีต่อนาที จนถึง 5 ซีซีต่อนาที และข้อมูลปริมาณของเหลวที่ใช้งานซึ่งมีตั้งแต่ 1 ซีซีจนถึง 10 ซีซี เมื่อเซ็ทค่าต่างๆแล้วก็กดส่งข้อมูลไปยังบอร์ดควบคุม เมื่อบอร์ดควบคุมได้รับข้อมูลแล้วก็จะสั่งให้มอเตอร์ดันเข็มตามที่ได้รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นก็จะส่งปริมาณข้อมูลของเหลวที่อยู่ในหลอดและข้อมูลของของเหลวที่ฉีดไปแล้วมาแสดงผลยังจอคอมพิวเตอร์ เพื่อจะได้ทราบว่าขณะนั้นเหลือปริมาณของเหลวเหลืออยู่เท่าไร

แต่ละโหมดก็จะมีการใช้งานที่คล้ายกันคือใส่ข้อมูลอัตราการไหลของของเหลวซึ่งมีตั้งแต่ 1ซีซีต่อนาทีจนถึง 5 ซีซีต่อนาที จากนั้นเลือกปริมาณของเหลวที่ต้องการมีตั้งแต่ 1ซีซีจนถึง 10ซีซี เมื่อได้ข้อมูลแล้วก็สั่งดันเข็ม ส่วนการใช้งานของบอร์ดควบคุมจะกล่าวไว้ในภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของบอร์ดควบคุม

3.5 โปรแกรมรับส่งข้อมูลควบคุมบนพีซี

โปรแกรมส่งข้อมูลควบคุมบนพีซีจะใช้เดลฟายเวอร์ชั่น 4 ในการเขียนโปรแกรมโดยเลือกใช้คอมโพแนนท์ในการเขียนโปรแกรมเพื่อความสะดวกและโปรแกรมมีความสวยงาม ส่วนคอมโพแนนท์ที่ใช้จะมีคอมโพแนนท์พอร์ตสื่อสารมาตรฐาน RS –232 มีการส่งข้อมูล 8 บิท มีสตาร์ท 1 บิท และสต๊อบบิท 1 บิท สามารถตั้งความเร็วในการส่งและรับข้อมูลได้หลายขนาดและเลือกพอร์ตได้ทั้ง 4 พอร์ต

การทำงานของโปรแกรมจะมีขั้นตอนการทำงานดังบล็อกไดอะแกรมข้างล่างสำหรับหน้าจอการรับข้อมูลนั้นจะเป็นดังรูปที่ 3.7 เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะไม่สามารถทำการตั้งค่าได้ทันทีโดยจะแสดงสถานะว่า Busy โปรแกรมจะรอสัญญาณความพร้อมจากบอร์ดควบคุม เมื่อทางบอร์ดควบคุมพร้อมที่จะทำงานก็จะส่งสัญญาณมาที่คอมพิวเตอร์โดยผ่านทางสาย RS-232 เมื่อได้รับ

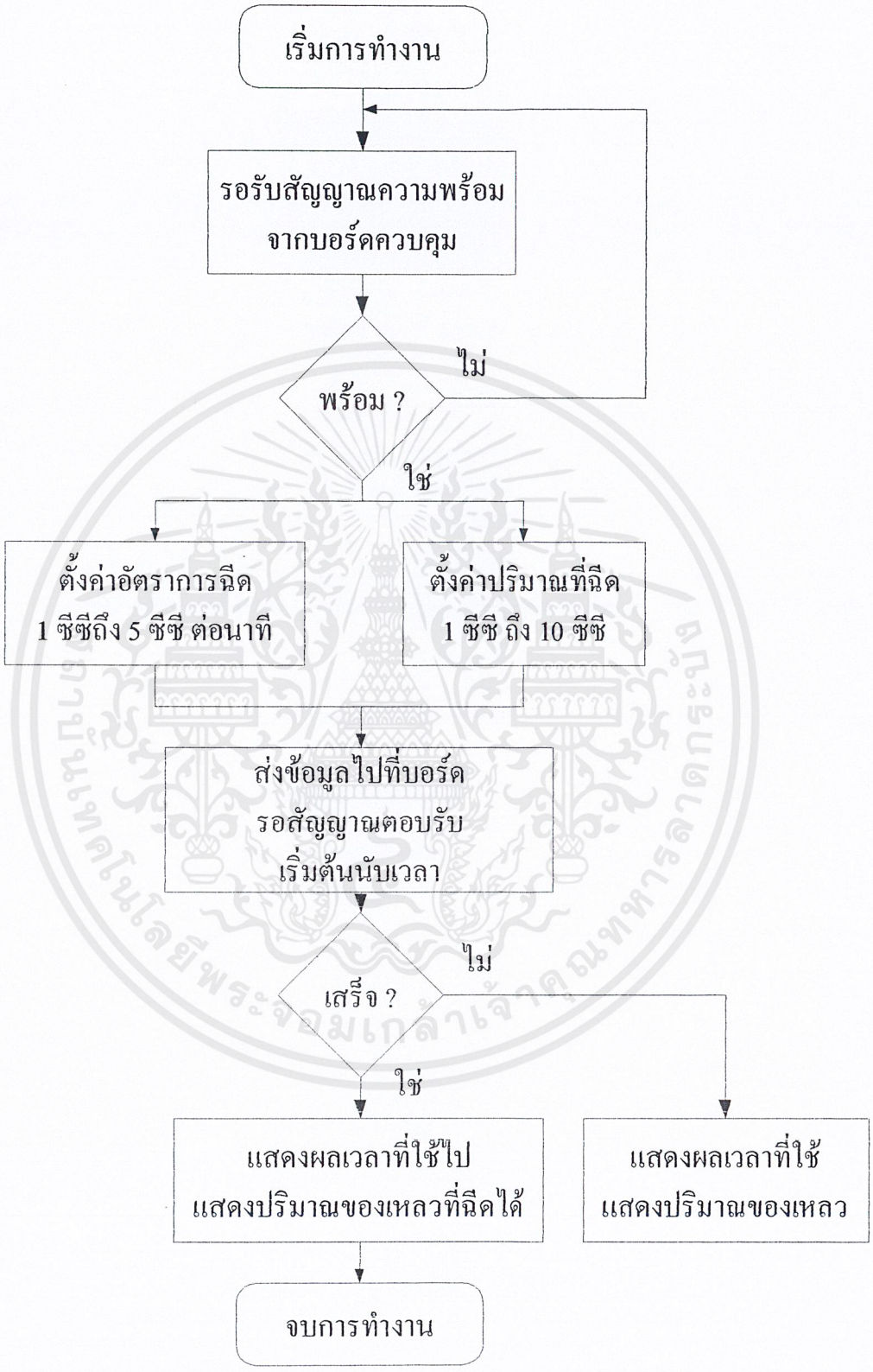
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณความพร้อมจากบอร์ดโปรแกรมจะเปลี่ยนสถานะจาก Busy เป็นสถานะ Ready จากนั้นโปรแกรมจะสามารถทำการตั้งค่าได้ ทำการป้อนข้อมูลต่างๆ ซึ่งก็มี ข้อมูลอัตราการไหล มีให้เลือกตั้งแต่ 1 ซีซีต่อนาที จนถึง 5 ซีซี ต่อนาที จากนั้นป้อนข้อมูลจำนวนปริมาณของเหลวที่ต้องการ มีให้เลือกตั้งแต่ 1ซีซี จนถึง 10 ซีซี

เมื่อได้ค่าต่างที่ต้องการแล้ว ทำการส่งข้อมูลออกไป โปรแกรมจะรอสัญญาณการยืนยันจากทางบอร์ดควบคุมเมื่อทางบอร์ดควบคุมได้รับสัญญาณครบแล้วก็จะส่งสัญญาณตอบรับกลับมา โปรแกรมแสดงสถานะ In Progress และเริ่มทำการนับเวลาที่ใช้ในการดันหลอด และบอร์ดก็จะส่งปริมาณของเหลวที่ฉีดออกไปมาแสดงผลเป็นระยะๆ โปรแกรมจะรอรับสัญญาณ Finish จากบอร์ดควบคุม ถ้ายังไม่ได้รับโปรแกรมก็จะแสดงผลเวลาและปริมาณของเหลวต่อไป แต่ถ้าหากว่าได้รับสัญญาณ Finish เวลาจะหยุดนับและเปรียบเทียบกับเวลาที่แท้จริงในการใช้งานว่าเกินไปจากค่าเวลาจริงเท่าไร พร้อมกับแสดงผลค่าปริมาณของเหลวที่ฉีดกับปริมาณของเหลวที่เหลือในหลอด

เมื่อจะทำการใช้งานอีกจะต้องเติมของเหลวในหลอดเสียก่อน ซึ่งในขณะนี้โปรแกรมจะไม่รับค่าใดๆทั้งสิ้น จะต้องทำการกดปุ่ม Reset บนตัวโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มต้นการทำงานใหม่คือจะรอรับสัญญาณความพร้อมจากบอร์ดควบคุมเสียก่อนจึงจะเริ่มการทำงานใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะแสดงรายละเอียดการทดลองและผลการทดลองที่ได้ในแต่ละชิ้นส่วนซึ่งมีความจำเป็นต่อการนำมาใช้ในการปรับปรุงการทำงาน การทดลองนี้ ย่อมมีข้อที่ผิดพลาดอยู่บ้างทั้งนี้เนื่องจากการวัดที่ไม่มีความแม่นยำเพียงพอ แต่ก็ได้พยายามทำให้การวัดมีความละเอียดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จึงทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างพอสมควร แต่ก็ไม่มากเกินไปนัก

4.1 การทดสอบความถูกต้องของอัตราการไหลที่ตั้ง

1) ทำการเตรียมของเหลวที่จะใช้ในการทดลอง ในที่นี้คือน้ำสะอาดใส่น้ำในหลอดทดลอง

2) ทำการทดลองโดยใช้ที่ปริมาณ 10 ซีซี เมื่อหลอดดันเริ่มดันของเหลว ก็เริ่มทำการจับเวลาจนกระทั้งหลอดดันของเหลวจนหมดหลอด หรือว่ามอเตอร์หยุดหมุนก็หยุดจับเวลาทำการบันทึกเวลาไว้

3) จากนั้นเปลี่ยนอัตราการไหลของเหลวใหม่และเริ่มทำการทดลองเหมือนกับข้อที่แล้วจนกระทั้งไปถึงอัตราการไหลของเหลวที่ 5 ซีซีต่อนาที

ตารางผลการทดลองที่ 4.1

อัตราการไหล	ค่าเวลาใช้งานจริง (Min.)	ค่าเวลาจากการวัด (Min.)	% คลาดเคลื่อน
1 cc./min.	10.0	9.57	-0.5
2 cc./min.	5.0	5.04	1.33
3 cc./min.	3.20	3.20	0
4 cc./min.	2.30	2.29	-1.11
5 cc./min.	2.0	1.59	-0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบความคงที่ของอัตราการไหลเมื่อมีโหลดที่ความสูงต่างๆ

การทดลองนี้จะความคงที่ของอัตราการไหลที่ระดับความสูงของของเหลวต่างๆ ว่าการหมุนจะยังคงคงที่เหมือนเมื่อการทดลองที่แล้วหรือไม่(ในการทดลองที่ 4.1 ใช้ระดับความสูงเท่ากับระดับของหลอดฉีดยา)

1) จะใช้การทดลองตามข้อที่แล้วแต่จะเปลี่ยนระดับความสูงของของเหลวเป็น 3 ค่า คือ 50 , 100 และ 150 cm. ตามลำดับ

2) เริ่มการทดลองเหมือนการทดลองที่ 4.1 บันทึกค่าเวลาที่ได้พร้อมกับค่าคลาดเคลื่อนด้วย

3) เปรียบเทียบผลการทดลองที่ 4.2 กับผลการทดลองที่ 4.1 ว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

ตารางผลการทดลองที่ 4.2

ความสูง (cm.)	1 cc./min		2 cc./min.		3 cc./min		4 cc./min.		5 cc./min	
	เวลา (min)	Error (%)	เวลา (min)	Error (%)	เวลา (min)	Error (%)	เวลา (min)	Error (%)	เวลา (min)	Error (%)
50	10.15	2.5	5.05	1.67	3.21	0.5	2.31	0.66	1.59	-0.83
100	10.15	2.5	5.05	1.67	3.21	0.5	2.31	0.66	1.59	-0.83
150	10.15	2.5	5.05	1.67	3.21	0.5	2.31	0.66	1.59	-0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าถึงความเป็นมาของโครงงาน วัตถุประสงค์และรายละเอียด การออกแบบสร้างชุด ดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กที่ได้กระทำมาตลอดภาคการศึกษานี้ รวมถึงทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวกับการออกแบบโครงงานชิ้นนี้

หลักการสำคัญของโครงงานนี้ก็คือการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้คงที่ ซึ่งมีหลายวิธีในการควบคุมแต่ในโครงงานนี้จะใช้พลัซ์วิดท์โมดูเลชั่นในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้หมุนด้วยความเร็วคงที่โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลัก และสอดคล้องกับแนวความคิดที่ว่าต้องใช้พื้นที่ของวงจรน้อยที่สุดเพราะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียว จึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมดทำให้ประหยัดพื้นที่ของการวางอุปกรณ์ อีกทั้งมอเตอรีไฟฟ้ากระแสตรงก็มีขนาดเล็กกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์มากที่แรงหมุนเท่ากัน หากแต่การควบคุมจะยากกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เนื่องจากไม่สารถกำหนดตำแหน่งที่จะหยุดมอเตอร์ได้

การขับดันเข็มฉีดยาให้มีอัตราการไหลที่คงที่นั้นจะทดสอบโดยการนำโหลดมาทดสอบกับตัวมอเตอร์ซึ่งตัวมอเตอร์จะต้องควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ทั้งในขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด แต่จากการทดลองปรากฏว่าสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ค่อนข้างคงที่ได้ตลอดทุกย่านความเร็วและทุกสภาวะโหลดอาจจะมีข้อจำกัดของการวัดที่ไม่มีความละเอียดเพียงพอ จึงทำให้เกิดค่าคลาดเคลื่อนขึ้นมาเล็กน้อย

ในส่วนของการควบคุมผ่านพีซีนั้นจะเขียนโปรแกรมส่งและรับข้อมูลค่าข้อมูลของการหมุนของมอเตอร์มายังบอร์ดควบคุมซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่รับข้อมูลนั้นมาแล้วทำงานตามข้อมูลที่มีอยู่เหมือนกับการควบคุมด้วยระบบแมนนวล ซึ่งการจะเลือกว่าจะควบคุมโดยใช้ระบบแมนนวลหรือใช้พีซีควบคุมสามารถทำได้โดยกดสวิชท์เลือกโหมดการทำงานบนบอร์ดควบคุม

โดยสรุปแล้วเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กมี Specifications ดังนี้

1. สามารถดันเข็มที่อัตราการไหลที่ 1 ซีซีต่อนาทีจนถึง5ซีซีต่อนาที
2. ใช้กับปริมาณของของเหลวได้เต็มที่ 10 ซีซี
3. สามารถใช้กับแบตเตอรี่ได้ซึ่งทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้ในที่ต่างๆ และใช้งานได้นานพอสมควรเนื่องจากตัวเครื่องกินไฟสูงสุดประมาณ 150 มิลลิแอมป์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้ จะใช้ขนาด 1.3AH 12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวเครื่องมีขนาดเล็กหนักประมาณ 2 กิโลกรัม ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายใช้งานได้สะดวก
5. เครื่องนี้สามารถใช้งานโดยใช้คอมพิวเตอร์ได้ ทำให้การใช้งานที่ง่ายและมีการแสดงผลที่สวยงาม

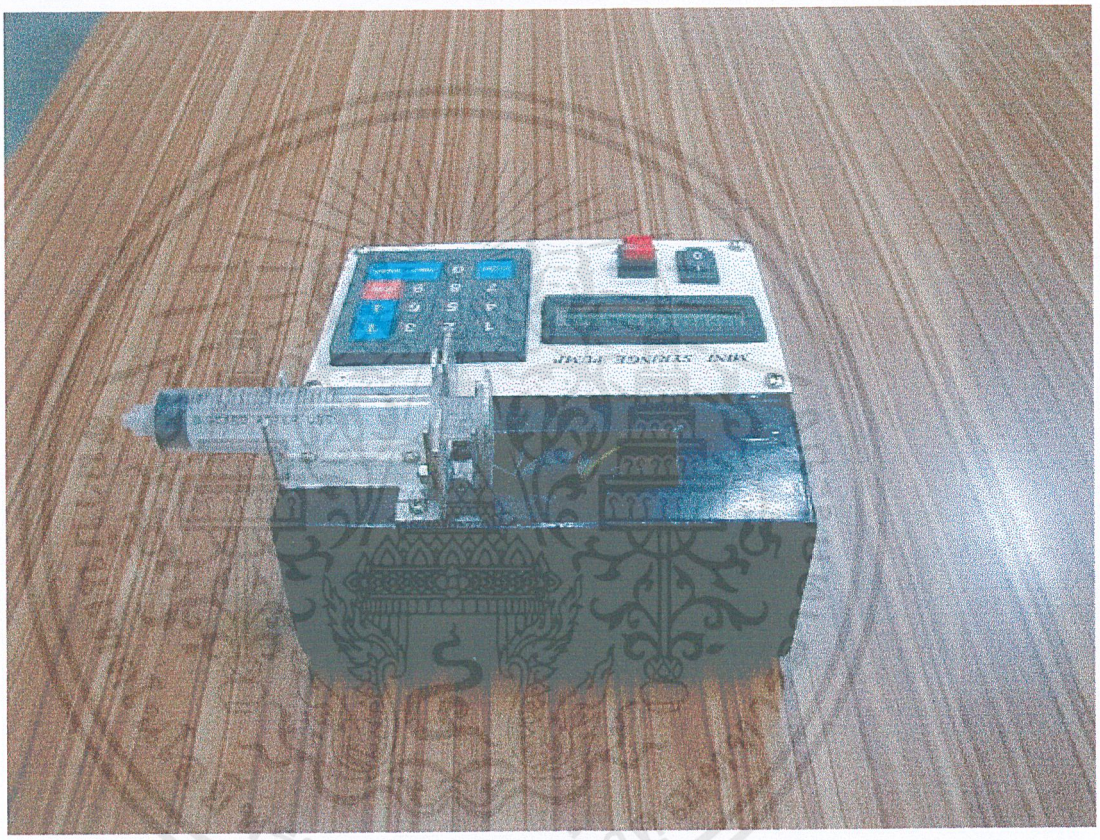
แต่ว่าในโครงงานนี้มีข้อจำกัดอยู่บางประการเช่น

1. ไม่สามารถใช้กับไฟบ้านโดยผ่านอะแด็ปเตอร์เปลี่ยนไฟบ้านให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง
2. ไม่สามารถที่จะประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ได้ ถ้าแบตเตอรี่หมดแล้วต้องถอดออกมาประจุไฟข้างนอกซึ่งเป็นการไม่สะดวกและยุ่งยาก

แต่เชื่อว่าผลจากการศึกษาผลการทดลองนี้ จะเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เครื่องนี้ มีการใช้งานที่สะดวก,มีความสามารถมากขึ้น และมีข้อผิดพลาดน้อยลง

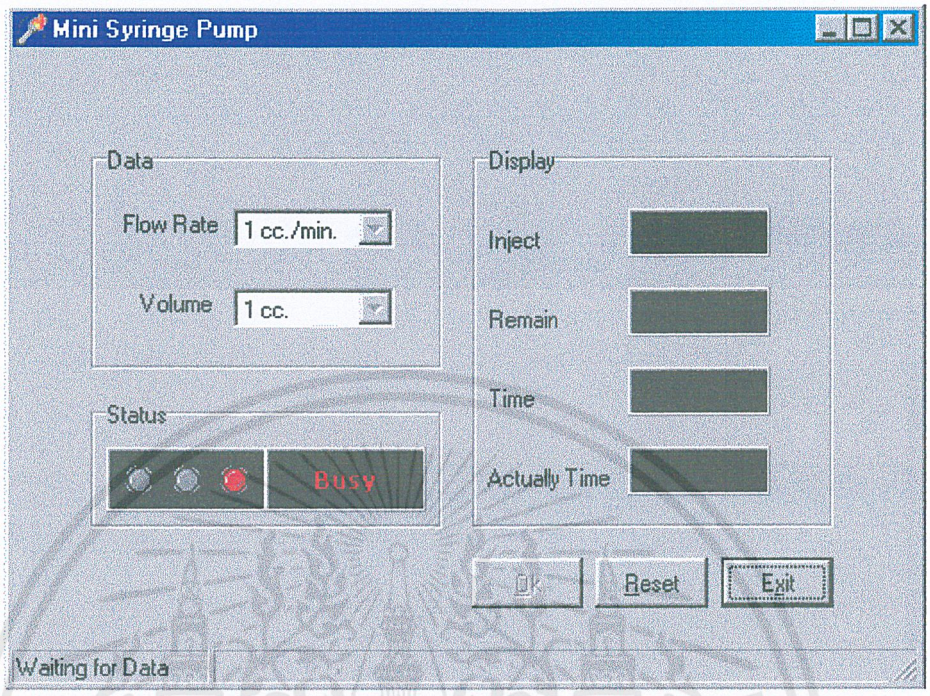
รูป 5.1 แสดงภาพถ่ายของเครื่องดันเข็มฉีดยาขนาดเล็กขณะใช้งานในโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

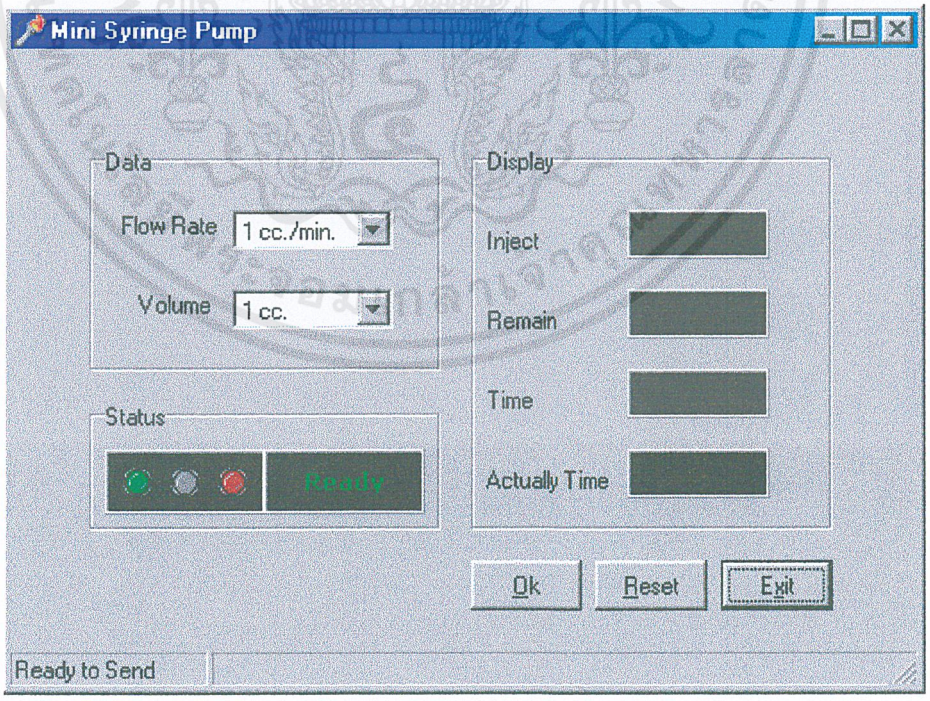


รูปที่ 5.2 แสดงภาพถ่ายของเครื่องดันเข้มฉีดยาขนาดเล็กขณะใช้งานในโหมดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

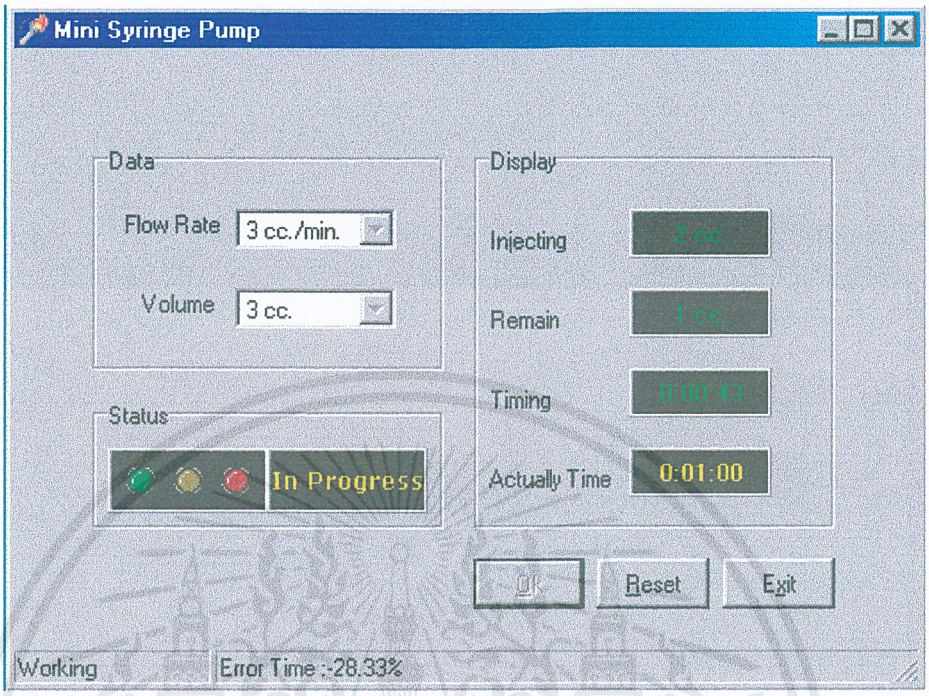


รูปที่ 5.3 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์ขณะเริ่มใช้งาน

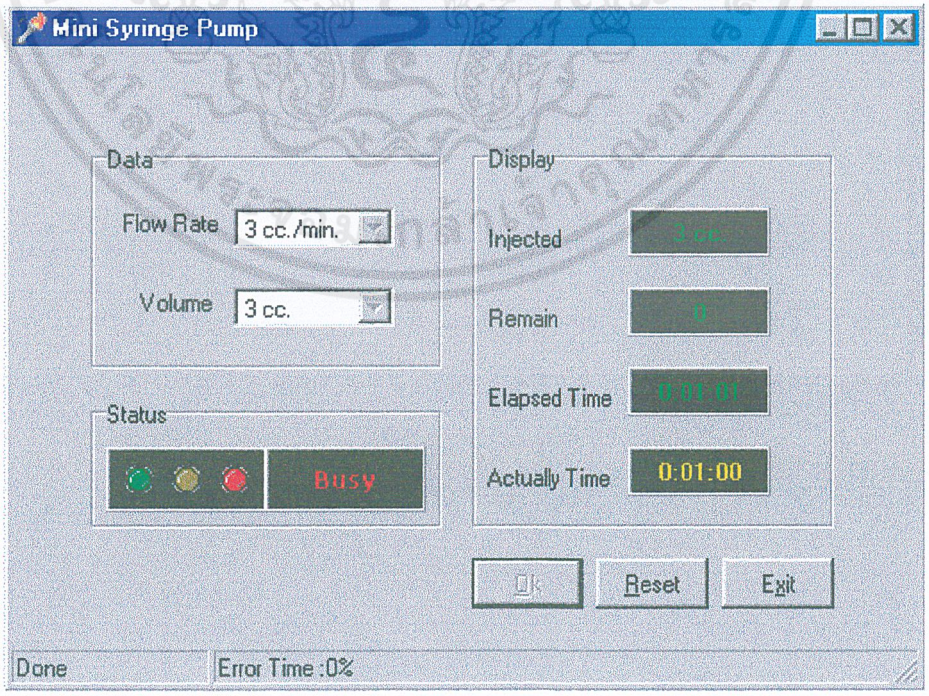


รูปที่ 5.4 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์ขณะพร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์ขณะใช้งานที่ ความเร็ว 3 ซีซีต่อนาทีและ ปริมาณที่ 3ซีซี



รูปที่ 5.6 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์ขณะดันเข็มเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1.ชาญฤทธิ์ ยศสันติสุข และ วาที รณรงค์ " เครื่องดันเข็มฉีดยา " ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 2542

2. ธีรวัฒน์ ประกอบผล " การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ " ประชาชน กรุงเทพฯ 2540

3. วิมุติ วสะหลาย " กลเม็ดเคล็ดลับ Borland Delphi 4 " คอมกราฟเพรส กรุงเทพฯ 2541

4. สมยศ จุณณะปิยะ " การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 " คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ 2543

5. สัมพันธ์ หาญชเล " เครื่องกลไฟฟ้า 1 " ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พิมพ์ครั้งที่ 15 กรุงเทพฯ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การโปรแกรมการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรมการใช้งาน

การทำงานสามารถแบ่งการใช้งานได้ 2 แบบคือ

1. โหมด 1

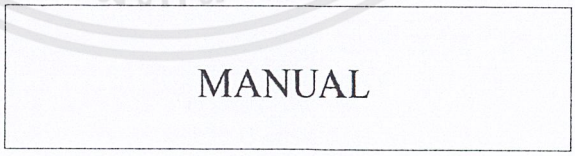
2. โหมด 2

ขั้นตอนการใช้งาน

1)เมื่อทำการเปิดสวิทช์เพื่อใช้งาน ที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงดังรูปข้างล่าง จากนั้นเลือกโหมดการทำงาน กด 1 เพื่อเลือกการทำงานในโหมด 1 รอจนกระทั่งเข็มดันไปอยู่ทางด้านลิมิตหลัง หรือ กด 2 เพื่อเลือกการทำงานในโหมด 2 รอให้เข็มดันไปชนลิมิตหน้า

ภาคผนวก ก. รูปที่ 1 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อเริ่มใช้งาน

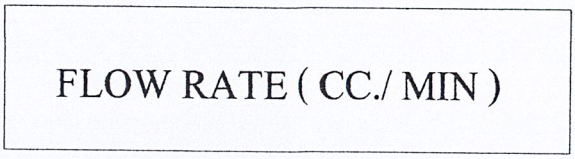
2)การทำงานของโหมด 1 จะเป็นโหมดที่ต้องใส่ของเหลว 1 ครั้ง 10 ซีซี สามารถขับหลอดฉีดยา ไปข้างหน้าได้จำนวนหลายครั้ง การควบคุมการทำงาน ทำได้ 2 แบบคือ ควบคุมจากบอร์ดควบคุม หรือควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ กด 2^{ND} เพื่อเลือกการควบคุมผ่านทางบอร์ดควบคุม กด HELP เพื่อเลือกการควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ หากเลือกการควบคุมแบบ ผ่านทางบอร์ดควบคุม จะแสดงผ่านดังนี้



ภาคผนวก ก. รูปที่ 2 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อเลือกใช้โหมดแมนนวล

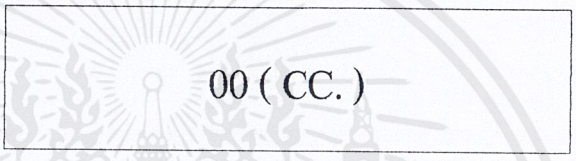
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กด Enter เพื่อรับข้อมูล จะแสดงผลดังนี้



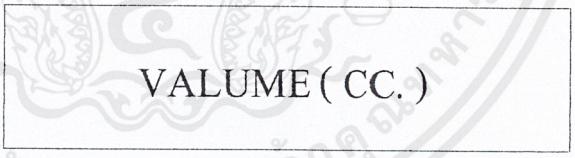
ภาคผนวก ก. รูปที่ 3 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อรับข้อมูลอัตราการไหล

กด Enter อีกครั้ง จะแสดงผลดังนี้



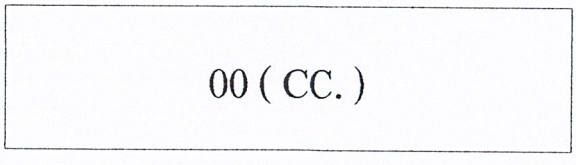
ภาคผนวก ก. รูปที่ 4 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อใส่ค่าอัตราการไหล

ให้ใส่ จำนวน อัตราการไหล โดยกด 1 – 9 ที่ตำแหน่งที่ 1 กด Enter
กดเลข 0-9 ที่ตำแหน่งที่ 2 แล้วกด Enter



ภาคผนวก ก. รูปที่ 5 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อรับค่าปริมาณของเหลว

กด Enter เพื่อใส่ค่าปริมาณ



ภาคผนวก ก. รูปที่ 6 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อใส่ค่าปริมาณของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ค่าตำแหน่งที่ 1 กด Enter และตำแหน่งที่ 2 กด Enter
จากนั้นที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงผลแสดงความพร้อม

READY

ภาคผนวก ก. รูปที่ 7 แสดงหน้าจอแสดงผลเมื่อพร้อมดันเข็ม

กด ปุ่ม ↑ เพื่อทำการดันเข็มฉีดยา จากนั้นเครื่องจะไปอยู่ที่โหมด 1 เลือกสั่งงาน จาก คอมพิวเตอร์หรือแมนนวลใหม่ หากต้องการกลับไปโหมด แมนนวล ให้กด ปุ่มรีเซ็ท เลือก โหมด1 หรือโหมด 2 ใหม่

3)การทำงานในโหมด 2 เป็นโหมด ที่ ใส่ของเหลวตามจำนวนที่ต้องการและ บรรจุของเหลวได้ 1 ครั้ง ฉีดได้ 1 ครั้ง การทำงานหลังจากนั้นจะเป็นเช่นเดียวกับ โหมด 1

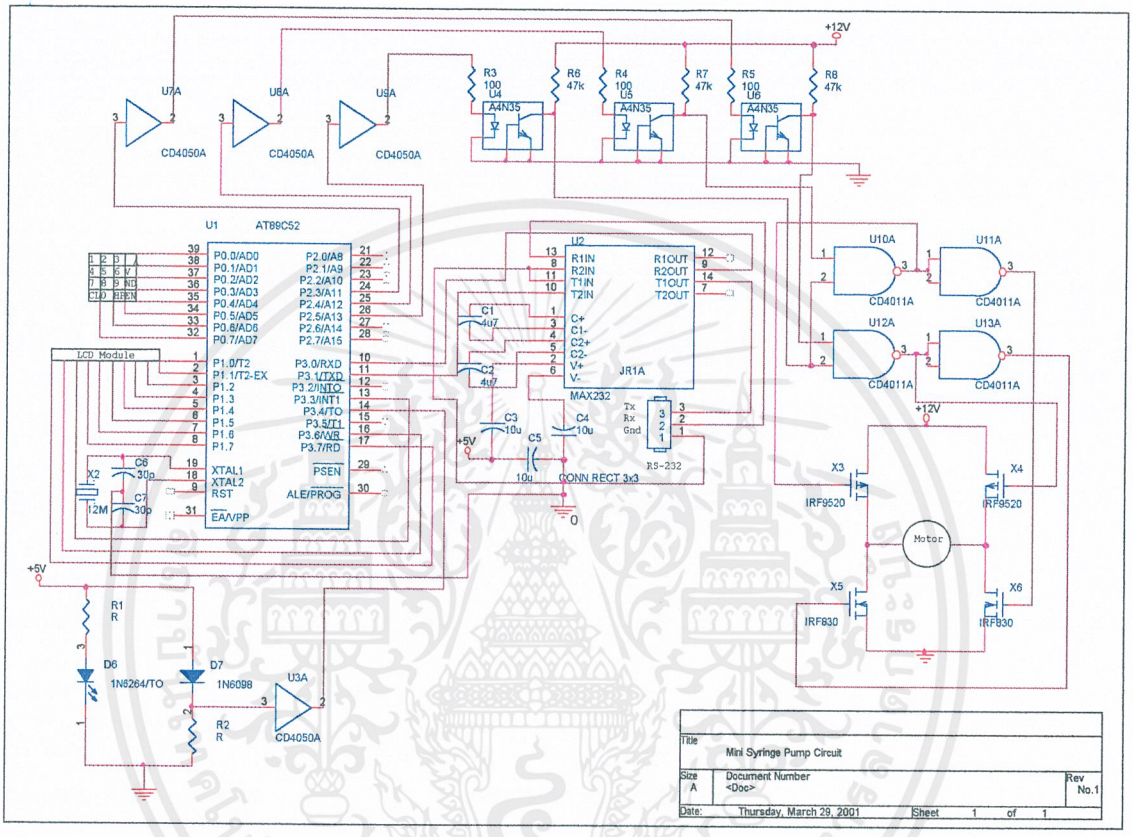
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

วงจรของบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมการทำงานทั้งหมด



ภาคผนวก ข.รูปที่ 1 แสดงวงจรทั้งหมดในส่วนของบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้