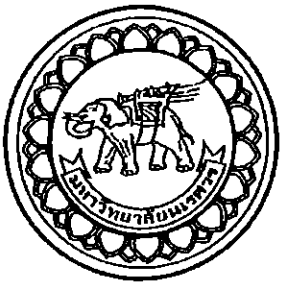
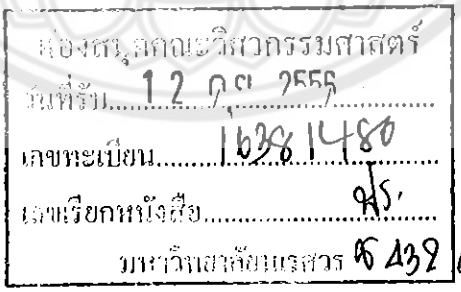


เครื่องย่อยกระดาษ

PAPER SHREDDER

นายชัยวัฒน์ อินทร์เรือง รหัส 52361703

นายณฐพล สินสมุทร รหัส 52361727



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**เครื่องย่อยกระดาษ**		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชัยวัฒน์	อินทร์เรือง	รหัส 52361703
	นายณฐพล	สินสมุทร	รหัส 52361727
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2555		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์**ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง**ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....**ที่ปรึกษาโครงงาน**

(ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....**กรรมการ**

(ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....**กรรมการ**

(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องย่อยกระดาษ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชัยวัฒน์	อินทร์เรือง	รหัส 52361703
	นายณฐพล	สินสมุทร	รหัส 52361727
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2555		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยกระดาษโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน สามารถเลือกระดับความเร็วของมอเตอร์ในการตัดกระดาษมี 3 ระดับความเร็ว ที่ความเร็วระดับ 1 เหมาะสมกับกระดาษจำนวน 1-2แผ่นด้วยความเร็วระดับต่ำ ที่ความเร็วระดับ 2 เหมาะสมกับกระดาษจำนวน 3-5 แผ่นด้วยความเร็วปานกลาง และที่ความเร็วระดับ 3 เหมาะสมกับกระดาษจำนวน 5-8แผ่นด้วยความเร็วสูง ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องย่อยกระดาษสามารถย่อยได้ความเร็ว 3 ระดับ สามารถย่อยได้อย่างต่อเนื่องไม่เกิน 30 นาที และสามารถย่อยกระดาษได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยประหยัดพลังงาน

Project title	Paper Shredder		
Name	Mr. Chaiwat	Inruang	ID. 52361703
	Mr. Nuttapon	Sinsamutr	ID. 52361727
Project advisor	Ms. Mutita Songjun, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2012		

Abstract

This Project is to designing and constructing. The paper shredder is controlled by microcontroller. It is able to shred the paper in three levels. The level 1 can shred for 1-2 sheets of paper with slow speed. The level 2 can shred for 3-5 sheets of paper with medium speed. The level 3 can shred for 5-8 sheets of paper with high speed. The result show that the paper shredder can operate in three levels and can be continuously for 30 minutes effectively. It also shred the large number of paper with energy saving.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเรื่องเครื่องย่อยกระดาษ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานคือ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีจนกระทั่งโครงงานเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และอาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช ซึ่งเป็นคณะกรรมการโครงงาน ที่ให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำโครงงานและท่านที่มีส่วนร่วมในการทำโครงงานนี้ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือวัดมาใช้งาน จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

นายชัยวัฒน์ อินทร์เรือง

นายณฐพล สินสมุทร

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 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณที่ใช้ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องย่อยกระดาษ 4
2.1.1 มอเตอร์ 4
2.1.2 ใบเลื่อย 11
2.1.3 อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ 12
2.1.4 อุปกรณ์ ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 29
3.1 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 29
3.2 โครงสร้างของเครื่องย่อยกระดาษ 32
3.2.1 โครงสร้างส่วนหัวของเครื่องย่อยกระดาษ 32
3.2.2 โครงสร้างส่วนรองรับส่วนหัวของชุดใบเลื่อย 33
3.2.3 โครงสร้างส่วนรองรับเศษกระดาษ 34
3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 35
3.3.1 ชุดแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์ 36
3.3.2 แผงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 37
3.3.3 วงจรขับมอเตอร์ 38

บทที่ 4 ผลการทดลอง 39
4.1 การทดลองความสามารถในการตัดกระดาษ 40
4.2 การทดลองวัดพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ 41
4.3 การทดลองวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ 42
4.4 การทดลองวัดความเร็วในการตัดกระดาษ 44

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 46
5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 46
5.2 ปัญหาและการแก้ไข 47
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 47

เอกสารอ้างอิง 48

ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 49
ภาคผนวก ข รายละเอียดของวงจรขับมอเตอร์ 59
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 หมายเลข P98V51RD2 64
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไอซีหมายเลข Max 232 69

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 72

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 17

2.2 แสดงผลตัวเลขที่นำมาทำเป็นเลขฐานสิบหก 24

2.3 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของวงจรขับมอเตอร์ หมายเลข VNH5019 27

4.1 แสดงผลการทดลองความสามารถในการตัดกระดาษ 40

4.2 แสดงผลการทดลองวัดพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ 41

4.3 แสดงผลการทดลองวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ 42

4.4 แสดงผลการทดลองวัดความเร็วในการตัดกระดาษ 44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 มอเตอร์แบบอนุกรม 8
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 9
2.3 ชอทชันท์มอเตอร์ 9
2.4 คอมเปาวด์มอเตอร์ 10
2.5 ใบมีด 11
2.6 ใบเลื่อย 12
2.7 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 14
2.8 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 16
2.9 ลิมิตสวิตช์ 18
2.10 เซ็นเซอร์แบบเหนี่ยวนำ 19
2.11 เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ 20
2.12 ลักษณะการกระตุ้นเซ็นเซอร์ 21
2.13 สภาวะการทำงานเซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ 21
2.14 สัญลักษณ์ของขาตัวแสดงผลเจ็ดส่วน 22
2.15 การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเข้าพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 23
2.16 การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว 24
2.17 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ รุ่น VNH 5019 26
2.18 วงจรเอชบริดจ์สวิตชิ่ง 27
2.19 วงจรขณะสวิตช์S1 และสวิตช์S3 ปิดวงจร 28
2.20 วงจรขณะสวิตช์S2 และสวิตช์S4 ปิดวงจร 28
3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 29
3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 30
3.3 โครงสร้างส่วนหัวของเครื่องย่อยกระดาษ 32
3.4 ชุดใบเลื่อยกับชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน 32
3.5 โครงสร้างส่วนรองรับส่วนหัวของชุดใบเลื่อย 33
3.6 โครงสร้างส่วนรองรับเศษกระดาษ 34
3.7 โครงสร้างของเครื่องย่อยกระดาษ 34
3.8 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 35

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.9 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์ 36

3.10 แผงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 37

3.11 วงจรขับมอเตอร์ 38

4.1 การทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันสื่อและเทคโนโลยีนั้นถือว่ามีความสำคัญระดับหนึ่งที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันภายในสำนักงานไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานของรัฐบาล หน่วยงานเอกชน หรือแม้แต่บริษัท ห้างร้านเล็กๆ ก็ตามและสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการใช้ติดต่อสื่อสารกันคือ เอกสาร ซึ่งเอกสารต่างๆ ที่ทำขึ้นเป็นลายลักษณ์อักษรใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนด้านการบริหารงาน ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อประโยชน์ในการค้าระหว่างประเทศเพื่อให้เกิดความเป็นธรรม ใช้คุ้มครองสิทธิแก่ผู้ลงทุน ใช้ประกันในการขอเครดิต เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการตรวจสอบของกรมสรรพากร และการเรียกร้องค่าเสียหาย จึงส่งผลให้หน่วยงานต่างๆ มีการใช้กระดาษเพื่อจัดทำเอกสารในแต่ละครั้งเป็นจำนวนมาก กระดาษในสำนักงานมีมากเกินไป การจะกำจัดและจัดเก็บกระดาษเหล่านี้ จึงเป็นอีกปัญหาหนึ่งของสำนักงาน ดังนั้นในสำนักงานจึงจำเป็นจะต้อง มีเครื่องย่อยกระดาษ

ปัจจุบันเครื่องย่อยกระดาษเป็นเครื่องใช้สำนักงานอย่างหนึ่งที่ถือว่ามีความสำคัญเพราะเอกสารบางอย่าง มีทั้งเอกสารสำคัญ และเป็นเอกสารทั่วไป การใช้วิธีเดิมโดยการฉีกหรือเผาทิ้งจะเสียเวลา และทำลายสิ่งแวดล้อม เครื่องย่อยกระดาษช่วยให้การกำจัดกระดาษภายในสำนักงานที่มีมากขึ้นทุกวัน มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น และยังป้องกันการนำเอกสารที่สำคัญภายในสำนักงานออกมาใช้ประโยชน์ในทางที่ผิด และช่วยลดจำนวนกระดาษภายในสำนักงาน และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการรักษาความลับขององค์กร ไม่ให้รั่วไหลสู่บุคคลภายนอก

เนื่องจากการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ ประสบปัญหาที่ว่าเครื่องย่อยกระดาษไม่สามารถย่อยกระดาษต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ใส่กระดาษได้ปริมาณน้อยและทำงานได้ไม่รวดเร็ว คณะผู้จัดทำจึงได้สร้างเครื่องย่อยกระดาษเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างเครื่องย่อยกระดาษที่สามารถใช้ได้ในสำนักงาน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สามารถย่อยกระดาษที่สามารถปรับความเร็วได้ 3 ระดับ
2) สามารถย่อยกระดาษได้ต่อเนื่องอย่างน้อย 30 นาทีโดยที่มอเตอร์ไม่เกิดความเสียหาย
3) สามารถย่อยกระดาษ A4 ขนาด 80 แกรมได้ปริมาณไม่เกิน10 แผ่นต่อ 1 ครั้งใน 1 รอบ

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

1) ศึกษาการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษที่มีอยู่ทั่วไป
2) ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยกระดาษ
3) ประกอบเครื่องย่อยกระดาษและทดสอบการทำงาน
4) สรุปผลการทำงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2555							ปี 2556	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1) ศึกษาการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษที่มีอยู่ทั่วไป									
2) ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยกระดาษ									
3) ประกอบเครื่องย่อยกระดาษ และทดสอบการทำงาน									
4) สรุปผลการทำงาน									

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1) ได้เครื่องย่อยกระดาษที่ใช้งานได้จริง
2) เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ
3) เข้าใจหลักการในการควบคุมมอเตอร์
4) ได้รับความรู้ในการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมมอเตอร์

1.7 งบประมาณในการทำโครงงาน

1) ค่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้า	1,500	บาท
2) ค่ามอเตอร์	2,000	บาท
3) ค่าใบมีดตัดกระดาษและอุปกรณ์ของเครื่อง	2,000	บาท
4) ค่าทำเล่มปริญญานิพนธ์	800	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น(สามพันแปดร้อยบาทถ้วน)	6,300	บาท

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันเครื่องย่อยกระดาษเป็นเครื่องใช้สำนักงานอย่างหนึ่งที่ถือว่ามีความสำคัญการรักษาข้อมูลเอกสารขององค์กรไม่ให้รั่วไหลออกไป ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษขึ้นมาหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้เครื่องย่อยกระดาษทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการศึกษาหลักการต่างๆที่เกี่ยวข้องดั้งนี้

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องย่อยกระดาษ

เครื่องทำลายเอกสารแบ่งส่วนประกอบใหญ่ๆได้ 4 ส่วน ดังนี้

2.1.1 มอเตอร์(Motor)

2.1.2 ใบเลื่อย(Saw)

2.1.3 อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์(Controller)

2.1.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์(Electronics)

2.1.1 มอเตอร์

ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์[1,2]ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ

ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

2.1.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(Alternating Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์(A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ดังนี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

ก. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์(A.C. Single Phase)

- สปลิทเฟส มอเตอร์(Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์(Capacitor motor)
- รีพัลชั่นมอเตอร์(Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์(Universal motor)
- เช็ดเดดโพล มอเตอร์(Shaded-pole motor)

ข. มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phase Motor)

ค. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์(A.C. Three phase Motor)

2.1.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(Direct Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือเรียกว่า ดี.ซีมอเตอร์(D.C. MOTOR) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

ก. กระตุ้นด้วยตัวเอง(Self excited) แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์(Series Motor)
- มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์(Shunt Motor)
- มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

ข. กระตุ้นแยก (Separately excited)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1) ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์(Stator) ประกอบด้วยเฟรมหรือโยค(Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ขั้วแม่เหล็ก(Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและ ขดลวด

ส่วนที่ 1 แกนขั้ว(Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก(Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน(Torque)

ส่วนที่ 2 ขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

2) ตัวหมุน(Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน(Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย(End Plate) ของมอเตอร์ ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

2.1 แกนเพลา(Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์(Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

2.2 แกนเหล็กอาร์มาเจอร์(Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน(Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด(Torque)

2.3 คอมมิวเตเตอร์(Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า(mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสาย ของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน(Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์(Motor action)

2.4 ขดลวดอาร์มาเจอร์(Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท(Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ละจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ ควรศึกษาต่อไปในเรื่องการพันอาร์มาเจอร์(Armature Winding) ในโอกาสต่อไป

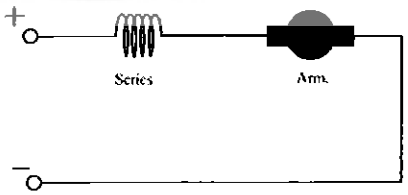
3) แปรงถ่าน(Brushes) ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ในซองแปรง มีสปริงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้ สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแส และส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์ กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอก คือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์มาเจอร์เกิดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง(Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์(Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง(Fleming'left hand rule)

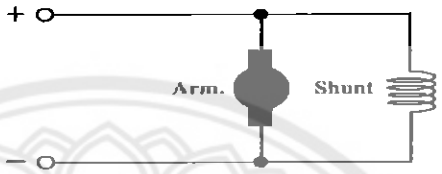
ก. กระตุ้นด้วยตัวเอง แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

ก.1 มอเตอร์แบบอนุกรม คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีย์ฟิลด์ มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็ว ก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวด ของมอเตอร์ ไม่เป็นอันตราย จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านหลายอย่างเช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรง แบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบ จะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



รูปที่ 2.1 มอเตอร์แบบอนุกรม[1]

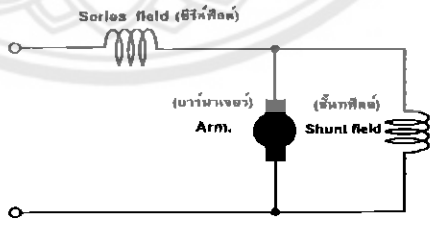
ก.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (หรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ(Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาร์เมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมะกับงานดังนี้พัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน[1]

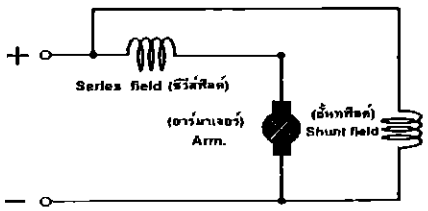
ก.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม หรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง(High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2วิธี

ก.3.1 ใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาร์เมเจอร์เรียกว่า ชอทชันท์ (Short Shunt Compound-Motor) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ชอทชันท์มอเตอร์[1]

ก.3.2 ต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาร์เมเจอร์ เรียกว่า ลองชันท์คอมเปาวด์มอเตอร์(Long shunt motor) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 คอมเปาวด์มอเตอร์(Long shunt motor)[1]

ข. กระตุ้นแยก

โดยพื้นฐานของดีซีมอเตอร์แบบแบบกระตุ้นแยกจะคล้ายกันกับกระตุ้นด้วยตัวเอง ลักษณะโครงสร้างหลักจะประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่หมุนเคลื่อนที่ หรือหากพิจารณาในรูปของวงจรสมมูลย์ทางไฟฟ้าก็สามารถแยกออกเป็น 2 วงจร คือวงจรฟิลด์ ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กหลัก และ วงจรอาร์เมเจอร์ ที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กรอบๆอาร์เมเจอร์

2.1.1.3 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรงและมอเตอร์กระแสสลับ

ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง(Response) ได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรง

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสสลับที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า มอเตอร์กระแสสลับที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

ข้อดีของมอเตอร์กระแสสลับ

1. ราคาถูกกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่ขนาดพิกัดกำลังเท่ากัน
2. มีลักษณะโครงสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน และเล็กกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่พิกัดเท่ากัน
3. การบำรุงรักษาน้อยมาก แข็งแรงทนทาน
4. ใช้ในสถานที่ที่มีสารไวไฟ หรือสารเคมีได้
5. มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์กระแสตรง
6. หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยม

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสสลับ

การควบคุมความเร็วทำได้ยากมาก จะต้องใช้อุปกรณ์ทาง**อิเล็กทรอนิกส์กำลัง** (Power electronics) มาควบคุม คืออินเวอร์เตอร์(Inverter) ที่มีราคาค่อนข้างแพง

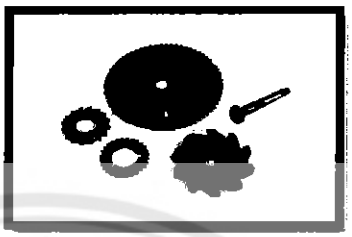
สาเหตุที่เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงเพื่อง่ายในการควบคุม เพราะมอเตอร์กระแสสลับควบคุมได้ยากต้องใช้อินเวอร์เตอร์ซึ่งมีราคาแพง

2.1.2 ใบเลื่อย

ใบเลื่อย[3,4] เป็นใบมีดชนิดหนึ่งที่มีฟันลักษณะเป็นฟันเลื่อย ใบมีดเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับตัดหรือเฉือน โดยทำมาจากหิน โลหะ เซรามิก หรือวัสดุอื่นๆ **โดยมีหลักการทำงาน**ด้วยการใช้แรงกดไปยังใบมีด แรงกดจะทำให้วัสดุที่ต้องการตัดขาดออกจากกัน **แสดงดังรูปที่** 2.5

รูปที่ 2.5 ใบมีด[3]

ใบเลื่อย(ใบมีดที่มีลักษณะเป็นฟันเล็กๆ) แต่ละฟันเล็กๆจะมีแรงกดไปยังวัสดุที่ต้องการตัด โดยมีหยักเป็นตัวช่วยในการตัดวัสดุโดยการเคลื่อนที่จะเป็นตัวช่วยทำให้เกิดแรงกดที่มากขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ใบเลื่อย[4]

2.1.3 อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์[5] คือ สมองกลที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคลุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในการควบคุมการทำงานที่ไม่มีเงื่อนไขการทำงานมากนัก สามารถใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานแทนได้ เช่น ตัวต้านทาน(resistor) ตัวเก็บประจุ(capacitor) ทรานซิสเตอร์(transistor) มาประกอบกันเป็นวงจรควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียงได้

ในการทำงานที่มีเงื่อนไขการทำงานมากขึ้น เราจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถให้กับสมองกล ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จึงถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อแทนที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่กล่าวมาข้างต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้ ด้วยการเปลี่ยนโปรแกรมลำดับการควบคุมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีราคาไม่แพง ต้องการแหล่งจ่ายไฟต่ำ จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากสำหรับการสร้างสมองกล ใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป(SBC: Single Board Computer) คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เป็นเครื่องควบคุมที่มีการทำงานเหมือนกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพียงแต่ทุกอย่างจะถูกย่อลงมาอยู่ในแผงวงจรเล็กๆเพียงแผงเดียว นิยมใช้ในงานที่มีเงื่อนไขในการทำงานมาก หรือ การควบคุมที่ซับซ้อน

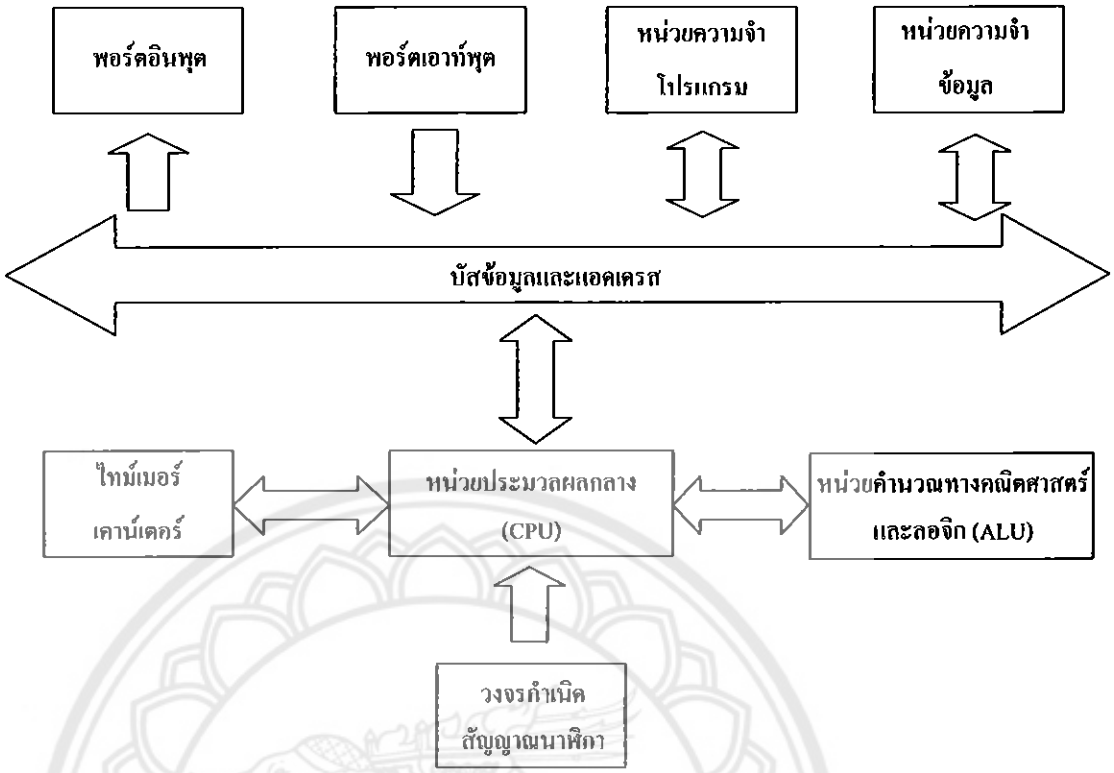
2.1.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สนองความต้องการของผู้ใช้แบบสำเร็จในตัวไอซีตัวเดียว คือ สายสัญญาณอินพุต/เอาท์พุตภายในตัว พอร์ตของอินพุตและเอาท์พุต บัฟเฟอร์ที่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก(interface) และสายสัญญาณควบคุมอื่นๆที่ใช้สำหรับแยกสายสัญญาณข้อมูลกับสายสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ และยังมีชุดคำสั่งพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนั้นยังมีวงจรนับเวลาและตั้งเวลาด้วย ข้อสำคัญคือ มีการพัฒนาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช(Flash Memory) ทำให้สามารถโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากวงจร เรียกว่า การโปรแกรมภายในวงจร(In-System Programming) และมีการติดต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ทำให้การพัฒนาและการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

ก. โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

วงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยวงจรพอร์ตอินพุตหรือเอาท์พุตทั้งหมด 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเป็นแบบ 8 บิต หน่วยความจำโปรแกรมภายใน(EPROM, EEPROM และแฟลช) หน่วยความจำที่เป็นข้อมูล(RAM) ซึ่งรวมอยู่ในวงจรหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ตลอดจนวงจรการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก(ALU) วงจรรีจิสเตอร์

การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นกระทำผ่านกระบวนการควบคุมโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลักษณะที่ถูกระบุขึ้นโดยผู้เขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุตและเอาท์พุต และยังสามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูล และเป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการ โดยในการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์แต่ละคำสั่ง จะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีโครงสร้างการทำงานรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ข. การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาเครื่อง ภาษาแอสเซมบลี และภาษาซี

ภาษาเครื่อง เป็นภาษาระดับต่ำสุด ประกอบไปด้วยรหัสฐานสองคือ 0 กับ 1 เท่านั้น ซึ่งเป็นภาษาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจ แต่มนุษย์จะทำความเข้าใจได้ยาก เพราะต้องอาศัยการจดจำรหัสคำสั่งต่างๆ รวมถึงต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย จึงได้มีการคิดค้นสิ่งที่เรียกว่า คอมไพเลอร์(Compiler) ขึ้นมาเพื่อทำให้มนุษย์สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงที่มนุษย์เข้าใจได้ โดยคอมไพเลอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนภาษาระดับสูงเหล่านั้นกลายเป็นภาษาเครื่องเอง

ภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาที่ใช้รหัสคำสั่งที่เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษมาแทนคำสั่งเลขฐานสอง ในแบบของภาษาเครื่องทำให้ภาษาแอสเซมบลีกลายเป็นภาษาที่มนุษย์ทำความเข้าได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ยังเป็นภาษาที่ทำให้โปรแกรมทำงานได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีการสั่งงานไปที่ฮาร์ดแวร์โดยตรง ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมจำเป็นจะต้องเข้าใจโครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างละเอียดด้วย ซึ่งกลายเป็นข้อด้อยของภาษาแอสเซมบลีไป คอมไพเลอร์ที่ทำหน้าที่แปลงภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องเรียกว่า แอสเซมเบลอร์

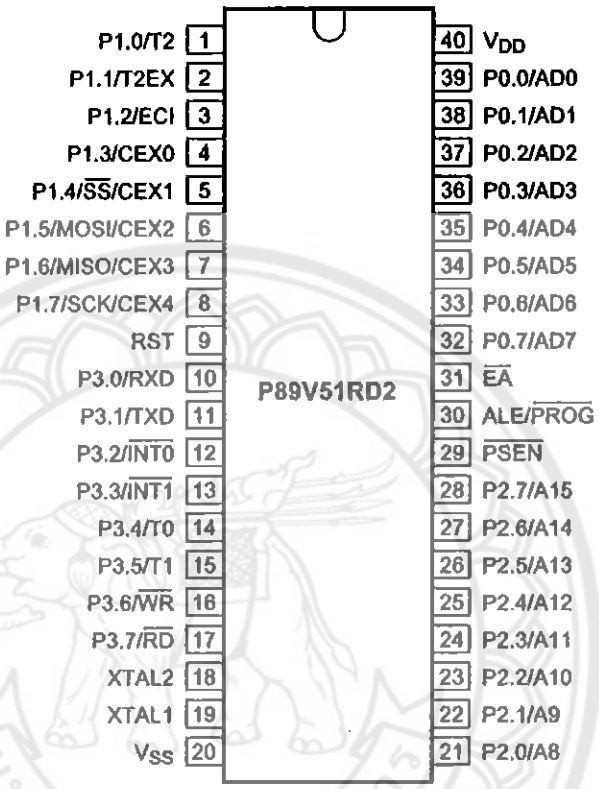
ภาษาซีเป็นภาษาระดับสูงที่มีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ ทำให้ทำความเข้าใจได้ง่ายนอกจากนั้นแล้วการเขียนโปรแกรมภาษาซี ก็ไม่ต้องจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างละเอียด เพียงแต่เข้าใจการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างก็เพียงพอแล้วภาษาซี สามารใช้ในการเข้าถึงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ทำให้ได้โปรแกรมที่เขียนขึ้นทำงานได้รวดเร็ว ดังนั้นภาษาซี จึงเป็นที่นิยมแพร่หลายในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์คอมไพเลอร์ที่ใช้ในการแปลงภาษาซี เป็นภาษาเครื่องมีอยู่มากมาย เช่น คอมไพเลอร์ Keil uVision 3 เป็นต้น

ค. รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น ในแต่ละโครงสร้างอันได้แก่ หน่วยความจำภายใน จำนวนขา จำนวนพอร์ต ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งาน จึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ หรือความเหมาะสมของงาน ในโครงสร้างนี้ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
2. มีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ หรือ 8 กิโลไบต์
3. สามารถเขียนและลบได้เป็นพันครั้ง
4. มีสายสัญญาณสำหรับอินพุตหรือเอาท์พุตได้ 32 เส้น (แบบ 2 ทิศทาง)
5. มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ภายในขนาด 128 กิโลไบต์ หรือ 256 กิโลไบต์
6. ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึง 24 เมกกะเฮิรตซ์
7. มีวงจรตั้งเวลาและนับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 ชุด หรือ 3 ชุด
8. มีวงจรรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชนิด
9. สามารถต่อขยายหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
10. มีวงจรสื่อสาร 2 ทางเต็มอัตรา (full duplex)

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 หมายเลข P89V51RD2 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบ 40 ขา ดังรูปที่ 2.8 และมีรายละเอียดการทำงาน ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.8 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2[5]

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

ขา	หน้าที่การทำงาน
V_{DD}	เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์
V_{SS}	สำหรับต่อลงกราวด์
XTAL1/XTAL2	ต่อกับตัวผลิตสัญญาณนาฬิกา
RST (Reset)	เป็นขาอินพุตเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1
ALE/PROG (Address Latch Enable)	เป็นขาสัญญาณเอาท์พุตเพื่อแลตช์ค่าแอดเดรสตำแหน่งข้อมูล (Address Bus) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และเป็นขาสัญญาณเอาท์พุตเพื่อควบคุมการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
PSEN (Program Store Enable)	เป็นขาสัญญาณสโตรบ เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ให้ส่งสัญญาณนี้ 2 ครั้งใน 1 พัลส์สัญญาณนาฬิกา
Port 0 (P0.0-P0.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอก แบบ Open drain (ไม่มีตัวต้านทาน pull up ภายใน) ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทาน pull up ด้วย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นขา Address Bus (A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และ Data Bus (D0-D7
Port 1 (P1.0-P1.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน pull up ภายใน
Port 2 (P2.0-P2.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตต่อจากอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน pull up ภายใน และเป็นขา Address Bus (A8-A15) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P3.0/RXD	รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1/TXD	ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2/INT0	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3/IMT1	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4/T0	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 1
P3.5/T1	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 2
P3.6/WR	สัญญาณในการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก
P3.7/RD	สัญญาณในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

2.1.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์[6] คือ อุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณทางระบบไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ตรวจจับเซ็นเซอร์ ชุดขับมอเตอร์ และอุปกรณ์แสดงผล

2.1.4.1 อุปกรณ์ตรวจจับเซ็นเซอร์(Sensor)

อุปกรณ์ตรวจจับเซ็นเซอร์ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของตัวแปรต่างๆ ใช้ในการรับค่า(Input) ปริมาณทางฟิสิกส์(Physic) เช่น แสง สี อุณหภูมิ ระยะทาง เป็นต้น แล้วแปลงปริมาณทางฟิสิกส์ที่ได้เป็นสัญญาณทางระบบไฟฟ้า หรือในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ อุปกรณ์ตรวจจับมีมากมายหลายชนิดตามสิ่งที่จะทำการตรวจวัด เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่ง (Position sensor) และอุปกรณ์ตรวจจับจีพีเอส(GPS: Global Position System) ใช้ในการระบุตำแหน่งโดยใช้ดาวเทียมเป็นต้น

เซ็นเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณของตัวแปรต่างๆ ที่เราต้องการทราบค่าเช่น อุณหภูมิ การเคลื่อนที่ แสงสว่าง เป็นต้น ในตัวเราเองก็มีเซ็นเซอร์เช่นกันเช่น ในดวงตาของเราสามารถรับรู้ความเข้มของแสงได้ หรือกล้ามเนื้อที่รับรู้ถึงน้ำหนักของวัตถุที่เราถืออยู่ได้

ส่วนประกอบของระบบเซ็นเซอร์ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

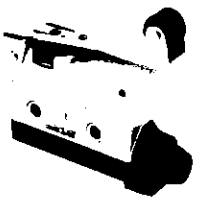
1) ส่วนเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่รับรู้ปริมาณตัวแปรที่เราต้องการทราบค่า เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ การกระจัด ความชื้น ความดัน เป็นต้น แล้วแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปยังภาควงจรปรับแต่งสัญญาณต่อไป

2) วงจรปรับแต่งสัญญาณ สัญญาณจากส่วนเซ็นเซอร์อาจเบาเกินไป ไม่เพียงพอสำหรับส่วนแสดงผลหรือส่งเข้ากระบวนการทางไฟฟ้า หรือมีสัญญาณรบกวนมากจึงต้องมีการปรับแต่งสัญญาณให้ดีขึ้นก่อน

3) อุปกรณ์แสดงผล ทำหน้าที่แสดงค่าที่ได้จากการวัดว่าตัวแปรที่เราต้องการทราบค่าในลักษณะต่างๆ เช่น มิเตอร์แบบเข็ม หลอดแอลอีดี ลำโพง เป็นต้น

เซ็นเซอร์สามารถแบ่งแยกตามลักษณะการใช้งานและคุณสมบัติที่ได้ดังนี้

ก. ลิมิตสวิตช์(Limit Switch)



รูปที่ 2.9 ลิมิตสวิตช์[6]

ลิมิตสวิตช์เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำเช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกด และเป็นผลทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชน เปิด-ปิด ตามจังหวะของการชน จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เช่น ลิฟท์โดยสาร ลิฟท์ขนของ ประตูที่ทำงานด้วยไฟฟ้า ระบบสายพานลำเลียง เป็นต้น

ข้อดีของลิมิตสวิตช์ คือ

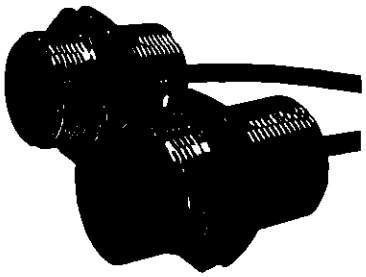
1) ติดตั้งง่าย สะดวกต่อการใช้งาน
2) ไม่ต้องมีไฟเลี้ยงวงจรในการทำงาน
3) การทำงานเชื่อถือได้ มีความแม่นยำในการทำงาน
4) ราคาต่ำกว่าอุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่น

ข. พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์(Proximity Sensor)

พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ คือเซ็นเซอร์กลุ่มที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอกโดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้าแสง เสียงและ สัญญาณลม ส่วนการนำเซ็นเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับตำแหน่งระดับ ขนาดและรูปร่าง คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซ็นเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง ซึ่งโดยปกติแล้วจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ เนื่องด้วยสาเหตุของอายุการใช้งานและความเร็วในการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกล

ประเภทของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์แบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

ข.1 เซ็นเซอร์แบบเหนี่ยวนำ(Inductive Sensor) เป็นเซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้นหรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า อินดักทีฟเซ็นเซอร์



รูปที่ 2.10 เซ็นเซอร์แบบเหนี่ยวนำ[6]

ข้อดีของเซ็นเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

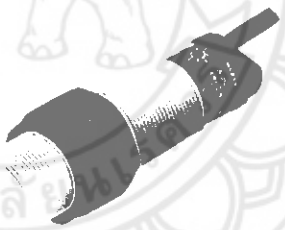
1) อายุการใช้งานไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการทำงาน
2) สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ดี
3) ไม่มีส่วนประกอบใดๆที่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ตรวจจับ
4) สามารถตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ย่านความเร็วสูงได้

ข้อเสียของเซ็นเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

1) ระยะตรวจจับจำกัด (ประมาณ 60 มิลลิเมตร)
2) ตรวจจับได้เฉพาะวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น

ค. เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ(Capacitive Sensor)

เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ เซ็นเซอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในคล้ายกับแบบเหนี่ยวนำ จะมีส่วนต่างกันที่หัวตรวจจับ (Active Electrode) ซึ่งจะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของค่าคาปาซิแตนซ์

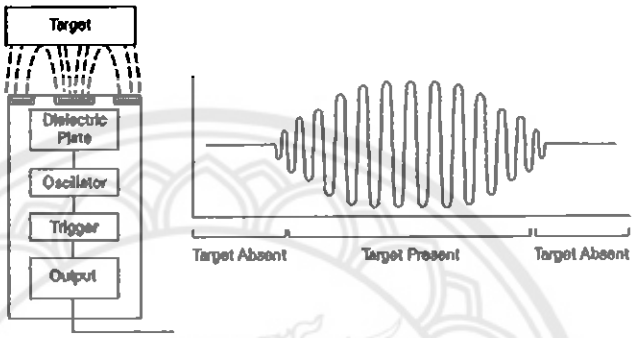


รูปที่ 2.11 เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ[6]

หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ

การทำงานของเซ็นเซอร์แบบนี้ จะเริ่มจากที่หน้าเซ็นเซอร์ จะประกอบด้วยทรงกระบอกสองชิ้นที่วางมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าสถิตย์ขึ้นรอบๆ หน้าเซ็นเซอร์ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในตัวเก็บประจุจะกระจายออกไปเกาะที่วัตถุนั้นทำให้จำนวนประจุในสนามลดลงและยังมีผลให้ความจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง (Oscillating circuit) เปลี่ยนไป และจะกระตุ้นให้วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูงทำงานขึ้นมา จากนั้นการทำงานของวงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง จะถูกตรวจจับและเมื่อช่วงกว้างสัญญาณจากวงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง สูงขึ้นถึงจุดที่กำหนด วงจรแยกสภาวะและสั่งงาน(Trigger circuit) จะทำหน้าที่สั่ง

การให้วงจรเอาท์พุตทำงานและเปลี่ยนสภาพของเซ็นเซอร์ไป หลังจากนั้นถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่ออกไป ความจุไฟฟ้าในวงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูงจะกลับขึ้นมาสูงขึ้นอีกครั้ง และการกระตุ้นจะลดลงทำให้วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูงหยุดทำงาน วงจรแยกสภาวะและสั่งงานก็จะทำหน้าที่สั่งการให้วงจรเอาท์พุตอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เซ็นเซอร์สวิตช์กลับสู่สภาพปกติ ซึ่งจะแสดงลักษณะการกระตุ้นเซ็นเซอร์และสภาวะการทำงานดังรูปที่ 2.12 และ 2.13



รูปที่ 2.12 ลักษณะการกระตุ้นเซ็นเซอร์[6]

รูปที่ 2.13 สภาวะการทำงานเซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ[6]

ข้อดีของเซ็นเซอร์แบบเก็บประจุ

1) สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด

2) ตรวจจับวัตถุผ่านแผ่นกั้นได้

3) มีความเร็วสูงในการตรวจจับ

ของเซ็นเซอร์แบบเก็บประจุ

1) มีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงรอบข้าง

2) ระยะการตรวจจับจำกัด

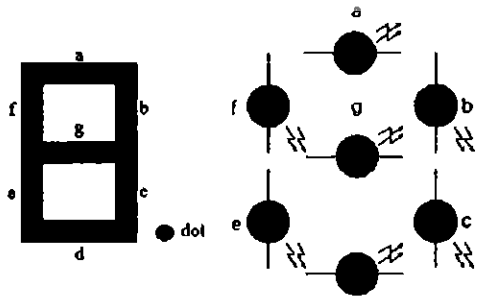
2.1.4.2 อุปกรณ์แสดงผล

อุปกรณ์แสดงผล[7] คืออุปกรณ์ที่ใช้แสดงค่า(Output) สถานะต่างๆของของเครื่องย่อยกระดาย ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลการทำงานของเครื่องย่อยกระดายมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน(7 SEGMENT) หลอดไฟ (LED) ใช้ในการบอกสถานะในการทำงานของเครื่องย่อยกระดาย

ก. ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน แสดงผลเจ็ดส่วนหรือเรียกอีกอย่างว่า เซเว่นเซกเมนต์ หรือแอลอีดีเจ็ดส่วน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

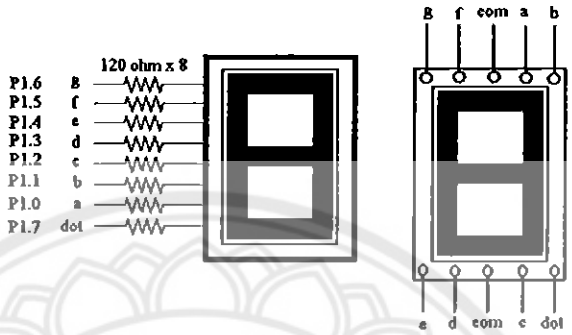
ก.1 แบบคอมมอนแอโนด(Common Anode) เป็นการนำเอาขาแอโนดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วม ส่วนขาที่เหลือใช้เป็นอินพุต คอยรับสถานะลอจิก ซึ่งคอมมอนแอโนดจะต้องป้อนอินพุตลอจิกลอจิกเป็น "1"

ก.2 แบบคอมมอนคาโทด(Common cathode) คือการนำเอาขาคาโทดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วมเหมือนกับคอมมอนแอโนดแต่คอมมอนคาโทดจะต้องป้อนอินพุตเป็นลอจิก "0" โดยทั่วไปการกำหนดขาตัวแสดงผลเจ็ดส่วนจะเป็นตามรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ของขาตัวแสดงผลเจ็ดส่วน[7]

ตัวอย่าง เช่น การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเข้ากับพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเราจะนำเอาขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนต่อเข้ากับพอร์ต P1 โดยผ่าน ตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสหรืออาจจะผ่านไอซีก็ได้ โดยขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนจะเท่ากับขาของพอร์ต P1 การต่อขาพอร์ต P1 จะเรียงตามรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วน เข้ากับพอร์ต P1 ของไมโครคอน**โทรลเลอร์[7]**

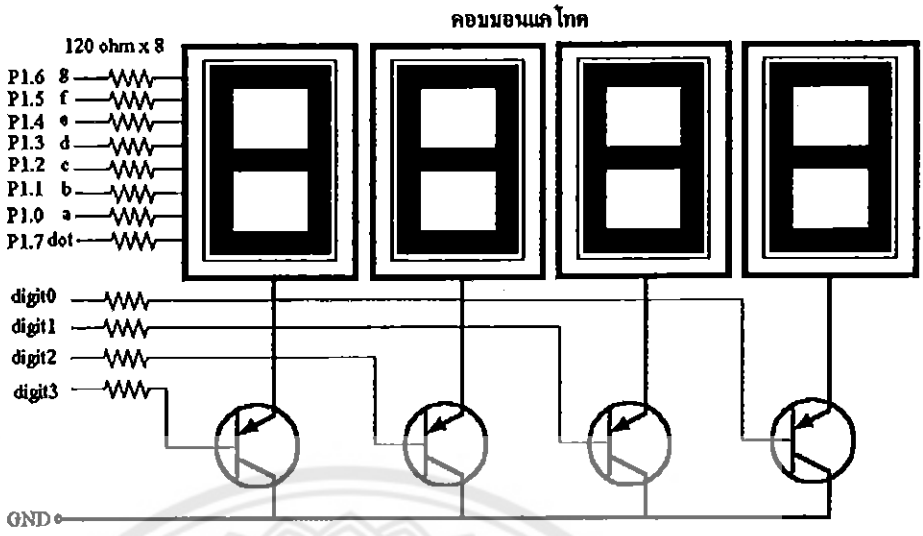
หากต้องการให้แสดงผลโดยแสดงเป็นตัวเลข "0" และ**ดับด้วยลอจิก "1" แต่**ถ้าเป็นแบบคอมมอนแคโทดจะกำหนดให้สว่างแต่ละเซกเมนต์ด้วยลอจิก"1" และ**ดับด้วยลอจิก "0"** ถ้าเป็นแบบคอมมอนแอโนดจะกำหนดให้สว่างแต่ละเซกเมนต์ด้วยลอจิกหลัง**จากที่ได้ทุกตัวเลข**แล้วนำมาทำเป็นเลขฐานสิบหก จะสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงผลตัวเลขที่นำมาทำเป็นเลขฐานสิบหก

ตัวเลขที่แสดงผล	คอมมอนแอโนด	คอมมอนแคโทด
0	C0	3F
1	F9	06
2	A4	5B
3	B0	4F
4	99	66
5	92	6D
6	82	7D
7	F8	07
8	80	7F
9	90	6F

การใช้ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน ถ้าหากนำมาต่อใช้ร่วมกันหลายๆหลัก ในกรณีที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนติดสว่างทุกตัวและสว่างทุกหลักพร้อมกัน ซึ่งอาจเกิดปัญหาจากปริมาณของแหล่งจ่ายไฟที่ระบบต้องการ ดังนั้นการใช้งานตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแสดงผลหลายๆ ตัวพร้อมกันจึงนิยมใช้วิธีที่เรียกว่า มัลติเพล็กซ์(Multiplexed display) โดยจะใช้วิธีการต่อขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแต่ละตัวต่อขนานเข้ากับขาตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเดียวกันของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน อื่นๆทุกตัวดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว[7]

2.1.4.3 วงจรขับมอเตอร์(Motor driver)

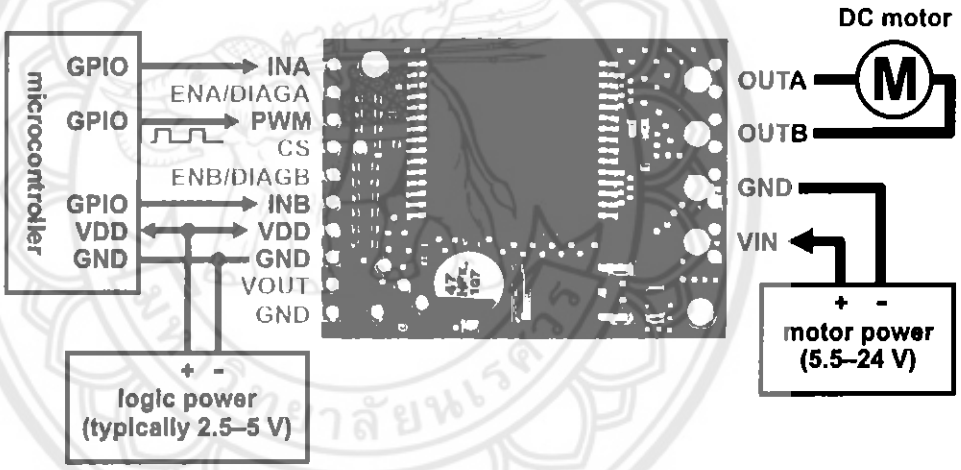
วงจรขับมอเตอร์[8] เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้มอเตอร์เกิดการหมุน การทำงานของชุดขับนั้นจะเหมือนกับการทำงานของสวิตช์ปิดเปิดตามสัญญาณที่ชุดควบคุมส่งออกมา ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น การขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้มอเตอร์ แต่แรงดันและกระแสที่ป้อนให้จะต้องไม่เกินค่าที่มอเตอร์สามารถรับได้ ไม่เช่นนั้นจะทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหายได้ ส่วนทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั้นขึ้นกับขั้วของแหล่งจ่าย

ก. การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

เราสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้โดยการใช้วงจรที่เรียกว่าเอชบริดจ์(H-bridges) การใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจรสวิตช์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งานอย่างไรก็ตาม ได้มีการออกแบบวงจรเอชบริดจ์ ให้รวมอยู่ในชิปเพียงตัวเดียว เช่น บอร์ดควบคุม มอเตอร์รุ่น VNH 5019 มาควบคุมได้โดยตรง

บอร์ดควบคุมมอเตอร์ รุ่น VNH 5019 สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 1 ตัว ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถทำงานที่ระดับแรงดันได้ตั้งแต่ 5.5 ถึง 24 โวลต์
2. มีกระแสเอาท์พุต 12 แอมแปร์ต่อเนื่อง (สูงสุด 30 แอมแปร์)
3. มีหลอดไฟแอลอีดีแสดงสถานการณ์ใช้งาน
4. สามารถทำงานกับฟังก์ชั่นพัลส์วิดท์มอดูเลชั่นได้สูงสุดที่ 20 กิโลเฮิร์ทซ์
5. สามารถป้องกันแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ
6. สามารถป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน และแรงดันไฟฟ้าต่ำ
7. สามารถป้องกันความร้อนทั้งทางด้านแรงสูงและแรงต่ำได้

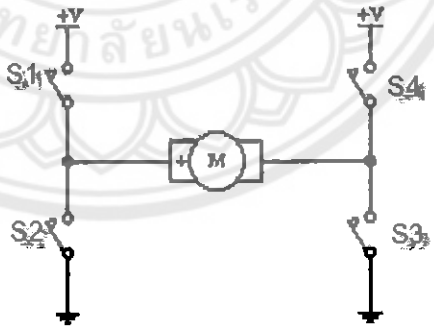


รูปที่ 2.17 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ รุ่น VNH 5019[8]

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของวงจรขับมอเตอร์ หมายเลข VNH5019

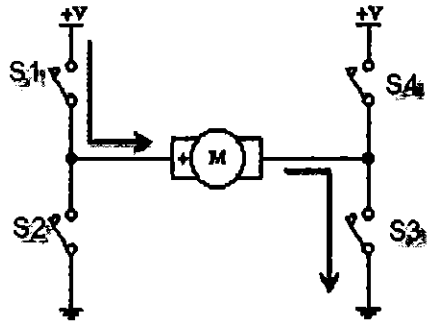
ขา	หน้าที่การทำงาน
INA	เป็นขาสำหรับป้อนลอจิก 0 หรือ 1 ในการควบคุมทิศของมอเตอร์
INB	เป็นขาสำหรับป้อนลอจิก 0 หรือ 1 ในการควบคุมทิศของมอเตอร์
PWM	เป็นขาสำหรับสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น
VDD	สำหรับต่อไฟเลี้ยง 2.5-5 โวลต์ จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่ออ้างอิงระดับแรงดัน
GND(ด้านซ้าย)	สำหรับต่อกราวด์ จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่ออ้างอิงระดับแรงดัน
OUTA	สำหรับใช้ต่อที่ขั้วมอเตอร์ที่ต้องการควบคุมที่ขั้วบวก
OUTB	สำหรับใช้ต่อที่ขั้วมอเตอร์ที่ต้องการควบคุมที่ขั้วลบ
VIN	เป็นขาสำหรับป้อนไฟเลี้ยง จากแหล่งจ่ายไฟเพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์
GND(ด้านขวา)	เป็นขาสำหรับต่อกราวด์ จากแหล่งจ่ายไฟเพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์นั้นทำโดยการนำหลัก**การทำงานวงจรเอชบริดจ์สวิตช์**มาใช้ ซึ่งวงจรเอชบริดจ์ประกอบด้วยสวิตช์ 4 ตัวคือ S1, S2, S3และS4 โดยมีมอเตอร์กระแสตรงเป็นโหลด ดังรูป 2.18



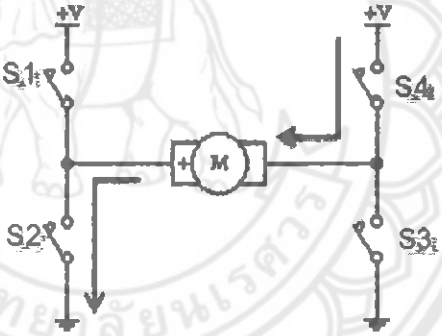
รูปที่ 2.18 วงจรเอชบริดจ์สวิตชิ่ง (H-Bridge Switching)[8]

จากรูปที่ 2.19 เมื่อทำการ on สวิตช์ S1และS3 พร้อมกันจะเป็นการเชื่อมวงจร ซึ่งจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ จากขั้วบวกไปยังขั้วลบ จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (Forward)



รูปที่ 2.19 วงจรขณะสวิตช์ S1 และ S3 ปิดวงจร[8]

หากทำการ On สวิตช์S2 และสวิตช์S4พร้อมกันจะเป็นการเชื่อมวงจร ซึ่งจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ จากขั้วลบไปยังขั้วบวก จึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา(Reward) หรือกลับทิศกับกรณีแรก ดังรูป 2.20



รูปที่ 2.20 วงจรขณะสวิตช์ S2 และ S4 ปิดวงจร[8]

ข. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธี เช่น

ข.1 วิธีควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมแรงบิดให้คงที่ได้

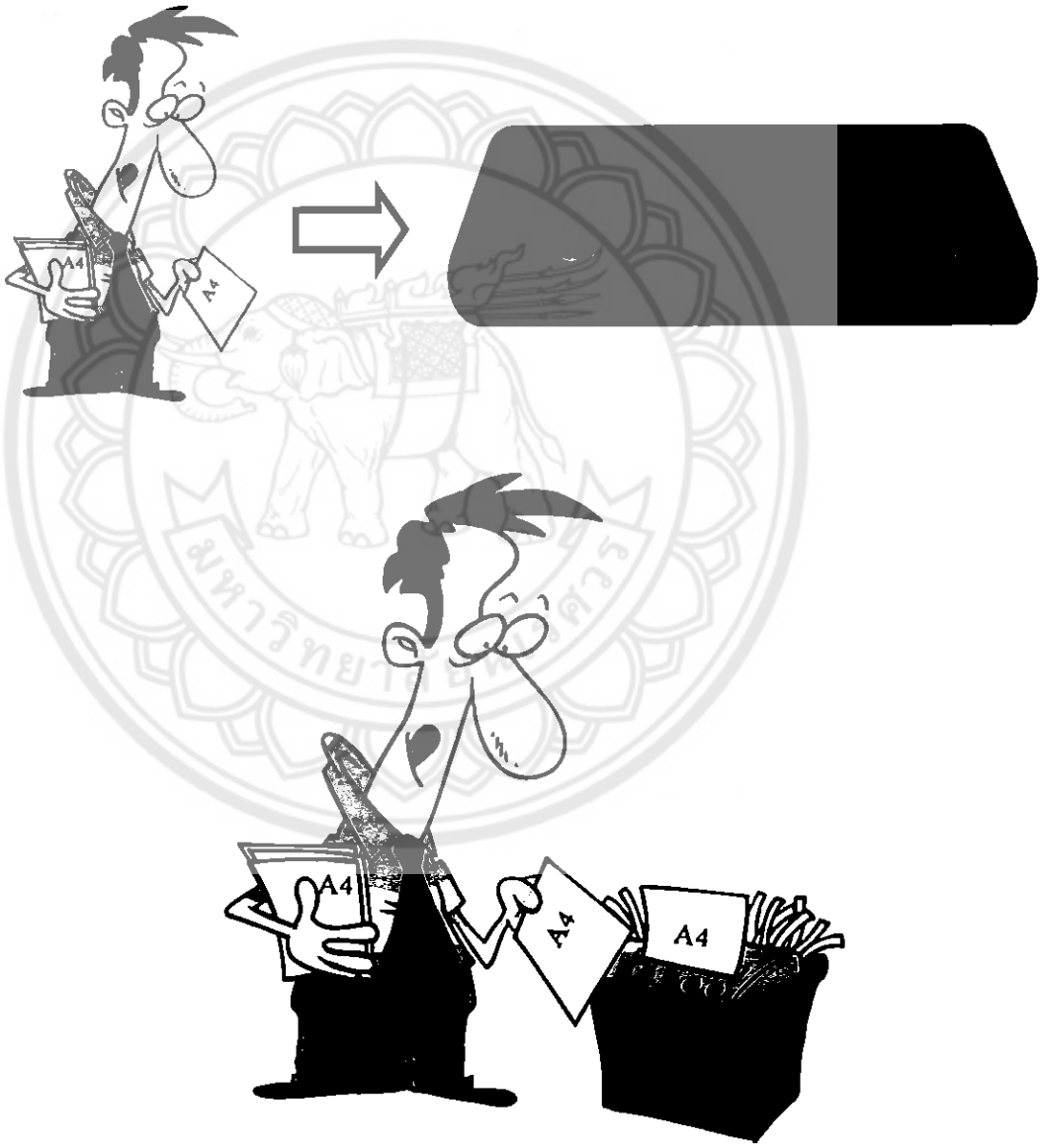
ข.2 วิธีปรับค่าตัวต้านทานโดยใส่ตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อลดปริมาณแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์

ข.3 วิธีมอดูเลชั่นความกว้างของพัลส์(Pulse Width Modulation, PWM) เป็นวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงเพื่อให้แรงบิดคงที่ โดยการจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง

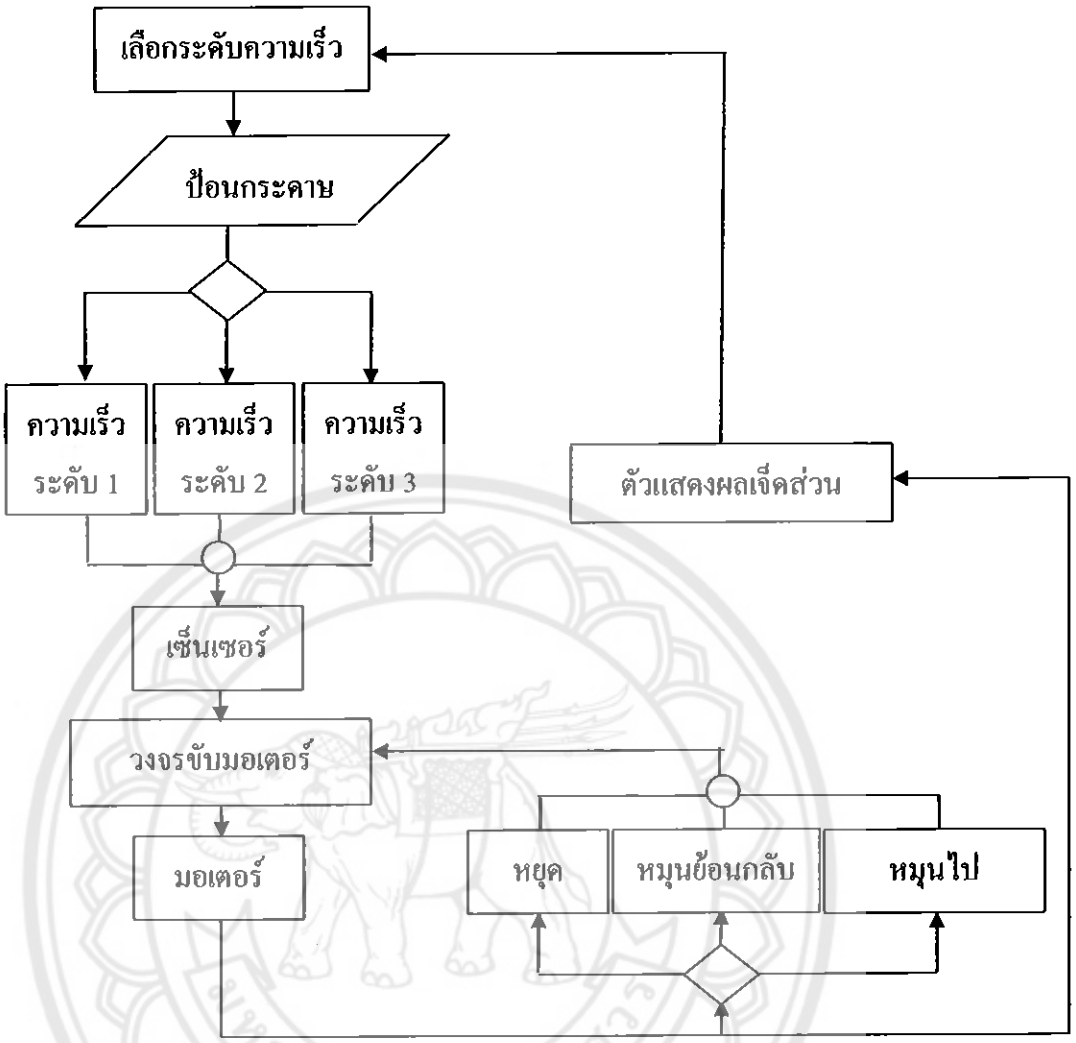
บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะเป็นการบอกถึงการออกแบบขั้นตอนการสร้าง การทำงาน และส่วนประกอบของเครื่องย่อยกะดาษ

3.1 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ[9]



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

จากรูปที่ 3.2 มีขั้นตอนการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษดังต่อไปนี้

1. เลือกระดับความเร็วของมอเตอร์ในการตัดกระดาษมี 3 ระดับ

1.1 ความเร็วระดับ 1 เหมาะสมกับกระดาษจำนวน 1-2 แผ่น ด้วยระดับความเร็วต่ำ

1.2 ความเร็วระดับ 2 เหมาะสมกับกระดาษจำนวน 3-5 แผ่น ด้วยระดับความเร็วปานกลาง

1.3 ความเร็วระดับ 3 เหมาะสมกับกระดาษจำนวน 5-8 แผ่น ด้วยระดับความเร็วสูง

2. ใส่กระดาษที่ต้องการตัดลงในช่อง โดยมีการตรวจสอบกระดาษด้วยเซนเซอร์ชนิดลิมิตสวิตช์ เมื่อมีกระดาษผ่านเซนเซอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ตัดกระดาษโดยผ่านวงจรขับมอเตอร์ และเมื่อตัดกระดาษจนหมด เซนเซอร์ไม่ทำงานหรือตรวจสอบว่าไม่พบกระดาษไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานโดยผ่านวงจรขับมอเตอร์

3. ขณะที่มอเตอร์ทำงาน ตัวจับเวลาในไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการจับเวลาการทำงานของมอเตอร์อย่างต่อเนื่อง โดยนับเวลาที่เหลืออยู่ด้วยตัวแสดงผลเจ็ดส่วน หากใช้งานเกิน 30 นาทีจะมีไฟกระพริบเพื่อแจ้งเตือนกับผู้ใช้งาน

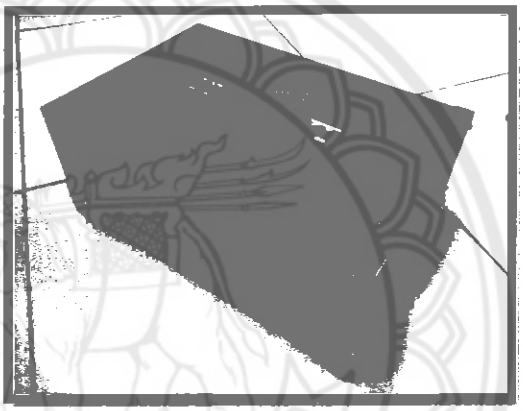
4. ถ้าหากกระดาษติดจนไม่สามารถตัดกระดาษได้ ให้กดปุ่ม ปิดเครื่อง(Off) สำหรับหยุดมอเตอร์เพื่อทำการแก้ไขต่อไป โดยมีปุ่มย้อนกลับเพื่อสั่งให้มอเตอร์หมุนกระดาษย้อนกลับ และมีปุ่มเคลียร์เพื่อให้มอเตอร์หมุนต่อไปโดยไม่ผ่านลิมิตสวิตช์ เพื่อช่วยในการแก้ไขกรณีกระดาษติด แต่ถ้าหากไม่สามารถแก้ไขปัญหาจากข้างต้นได้ ควรฝาเปิดจากด้านบนเพื่อดึง หรือตัดกระดาษเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

3.2 โครงสร้างของเครื่องย่อยกระดาษ

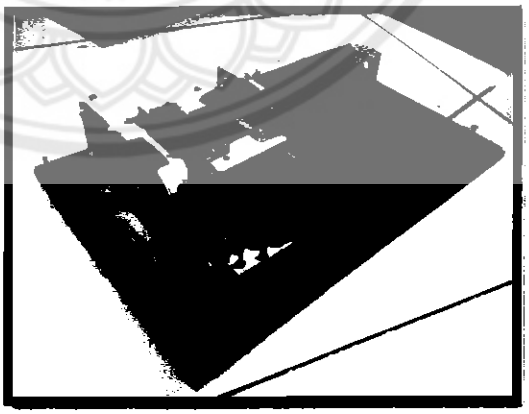
โครงสร้างของเครื่องย่อยกระดาษ ประกอบไปด้วย 3 ส่วนดังนี้

3.2.1 โครงสร้างส่วนหัวของเครื่องย่อยกระดาษ

ต้องเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถยึดชุดใบเลื่อยและมอเตอร์ขับเคลื่อนให้ติดแน่นคงทนได้ และต้องเป็นโครงสร้างที่สามารถเชื่อมต่อกับโครงสร้างของส่วนรองรับส่วนหัวของชุดใบเลื่อยได้แน่นเป็นชิ้นเดียวกัน โดยภายในโครงสร้างจะประกอบไปด้วยชุดใบเลื่อยและมอเตอร์ดังรูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 โครงสร้างส่วนหัวของเครื่องย่อยกระดาษ



รูปที่ 3.4 ชุดใบเลื่อยกับชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน

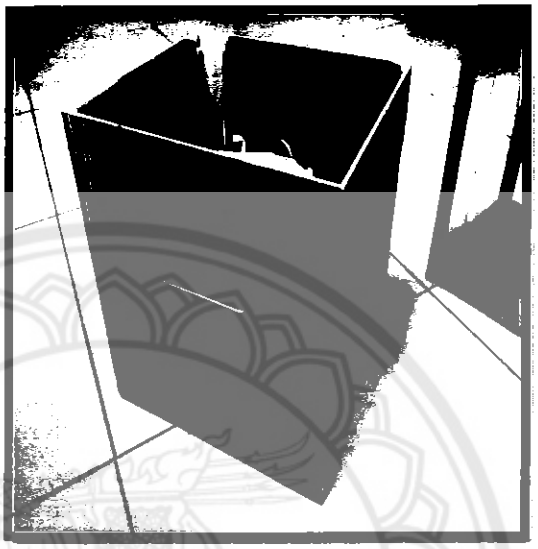
3.2.2 โครงสร้างส่วนรองรับส่วนหัวของชุดใบเลื่อย

ต้องเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถรองรับโครงสร้างส่วนหัวชุดใบเลื่อยที่มีน้ำหนักได้ และมีช่องที่ใช้สำหรับถังรองรับเศษกระดาษ ที่สามารถแยกส่วนนำเอาเศษกระดาษไปทิ้งได้ แสดงดังรูปที่ 3.5

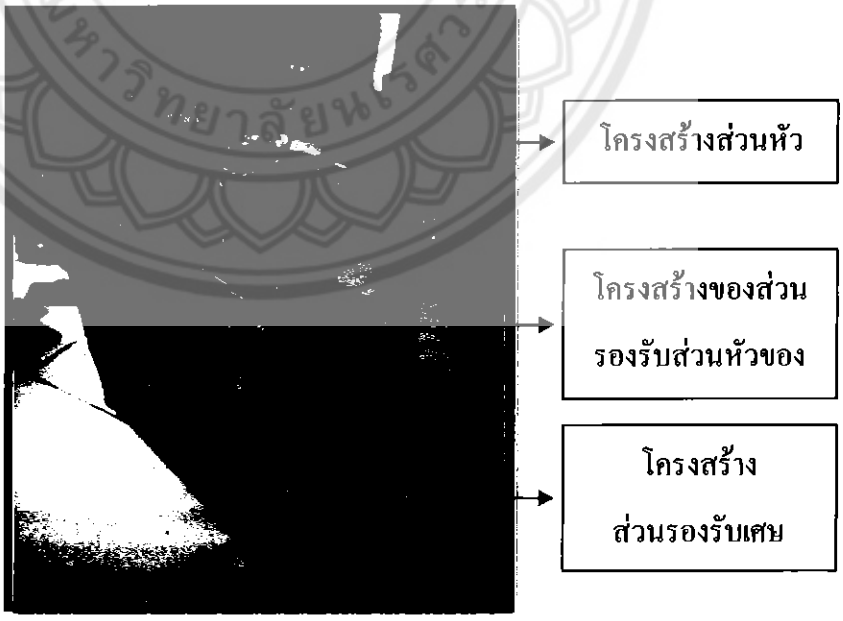
รูปที่ 3.5 โครงสร้างส่วนรองรับส่วนหัวของชุดใบเลื่อย

3.2.3 โครงสร้างส่วนรองรับเศษกระดาษ

เป็นโครงสร้างเรียบง่ายมีน้ำหนักเบาสามารถรองรับกระดาษได้ และง่ายต่อการเคลื่อนย้ายเมื่อต้องการเอาเศษกระดาษไปทิ้งดังรูปที่ 3.6



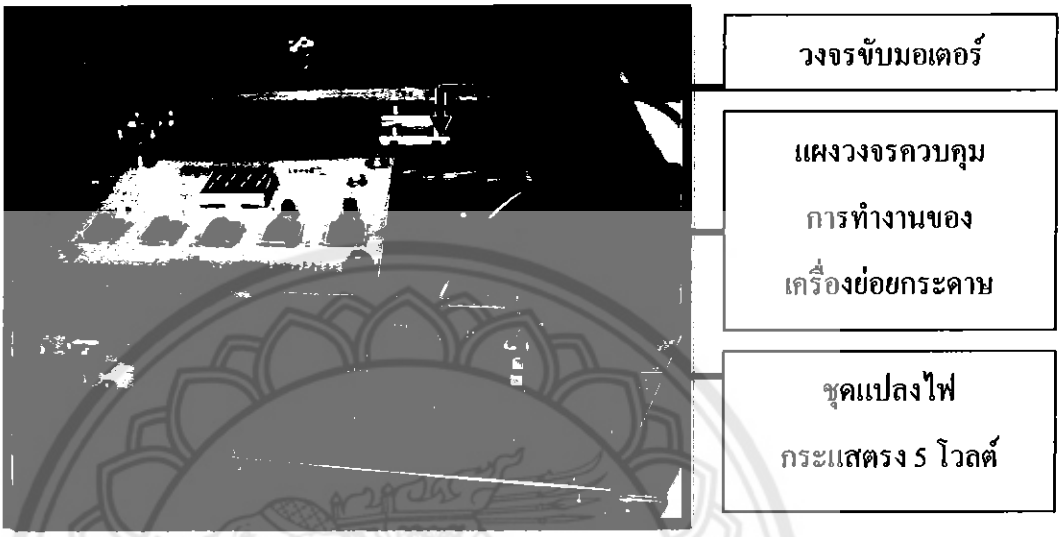
รูปที่ 3.6 โครงสร้างส่วนรองรับเศษกระดาษ



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของเครื่องย่อยกระดาษ

3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ มีดังนี้

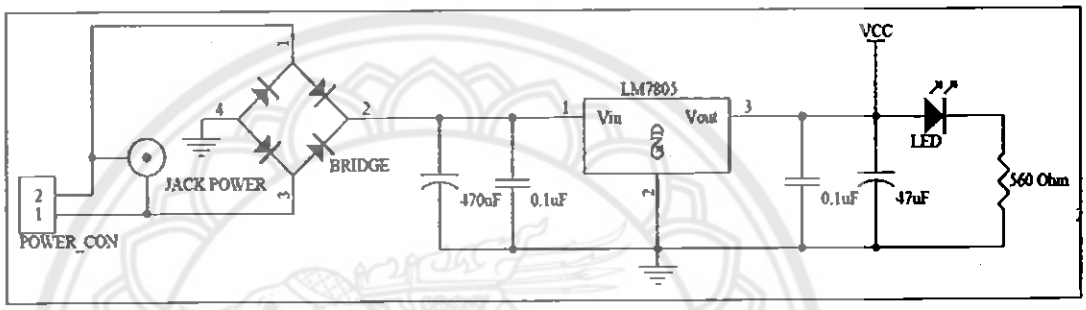


รูปที่ 3.8 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51ในการควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ ดังรูปที่ 3.8 เนื่องจากเป็นที่นิยมและมีราคาถูก ผู้ใช้งานสามารถหาข้อมูลสนับสนุนเพื่อนำมาประยุกต์การใช้งานได้สะดวก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่นำมาใช้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น P89V51RD2 เนื่องจากสามารถรองรับการบรรจุโปรแกรมลง (Download) แบบ ISP(In system programming) ผ่านสายเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรมได้โดยตรง

3.3.1 ชุดแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์

ชุดแปลงไฟคือ ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นกระแสตรง 9 โวลต์ จ่ายไฟผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อป้องกันการสลับขั้วของแหล่งจ่าย และต่อตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด เพื่อให้แรงดันที่ออกมามีค่าคงที่มากขึ้นและเป็นอินพุตของไอซีหมายเลข 7805 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคุมค่าแรงดัน ทำให้ได้เอาท์พุตเป็นแรงดันกระแสตรงขนาด 5โวลต์ เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์[5]

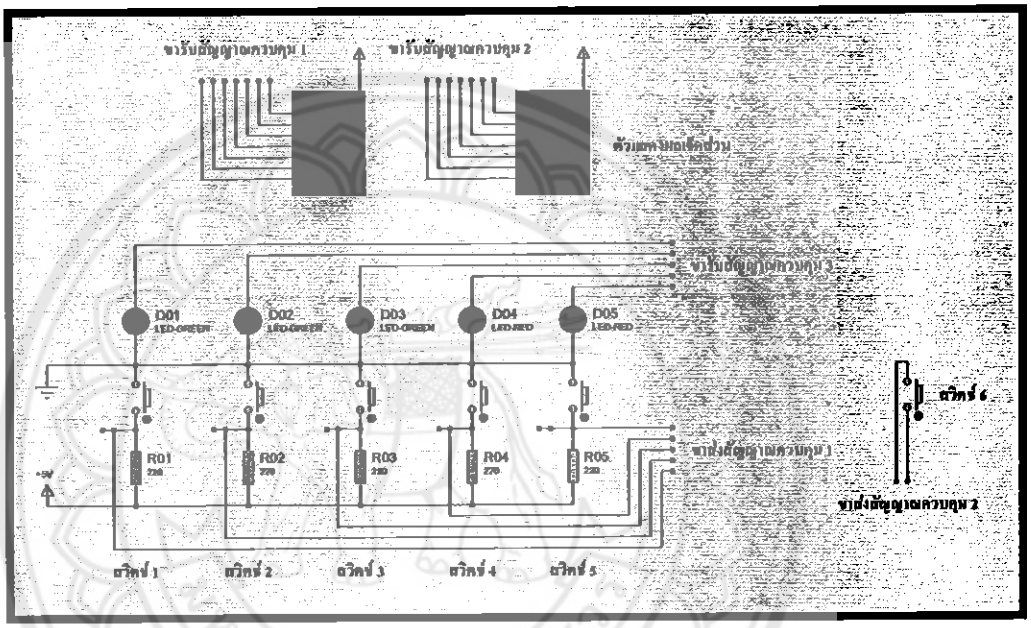
3.3.2 แผงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

เป็นแผงวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1) สวิตช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

2) ไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะการทำงาน

3) ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน[7] แสดงระยะเวลาที่เหลือในการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ



รูปที่ 3.10 แผงควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

ส่วนที่ 1 สวิตช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์ กลับทิศทางมอเตอร์ และหยุดการทำงานของมอเตอร์ ในวงจรสวิตช์มี 2 ขา 1 ขาถูกต่อตรงกับขั้วลบจากวงจรแปลงไฟในรูปที่ 3.9 ส่วนอีก 1 ขา ถูกต่อกับตัวต้านทาน 220 โอห์ม ที่ถูกจ่ายไฟกระแสตรง 5 โวลต์ จุดที่สวิตช์ถูกต่อกับตัวต้านทานเป็นขาส่งสัญญาณควบคุม 1 ในรูปที่ 3.10 และส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

ส่วนที่ 2 ไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

ใช้แสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ โดยที่ขาลบของไดโอดเปล่งแสงถูกต่อกับขั้วลบจากวงจรแปลงไฟในรูปที่ 3.9 ส่วนขาบวกของไดโอดเป็นขารับสัญญาณควบคุม 3 ในรูปที่ 3.10 และรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อทำตามคำสั่งของโปรแกรม

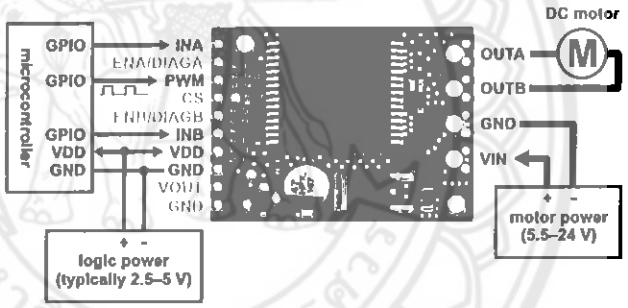
ส่วนที่ 3 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน แสดงระยะเวลาที่เหลือในการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

ใช้แสดงระยะเวลาที่เหลือในการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ ใช้ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนชนิดคอมมอนแอโนด ขากลางของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน คือขั้วบวก ถูกต่อกับไฟกระแสตรง 5 โวลต์ จากวงจรแปลงไฟในรูปที่ 3.9 และอีกเจ็ดขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนซึ่งเป็นขั้วลบเป็นขารับสัญญาณควบคุม 1, 2 ในรูปที่ 3.10 และรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อทำตามคำสั่งของโปรแกรม

3.3.3 วงจรขับมอเตอร์

ใช้ในการขับมอเตอร์ให้มอเตอร์เกิดการหมุน การทำงานของวงจรขับมอเตอร์[8] นั้นจะเหมือนกับการทำงานของสวิตช์ปิดเปิดตามสัญญาณที่ชุดควบคุมส่งออกมา**และใช้ในการควบคุม**ความเร็วของมอเตอร์

ทั้งนี้ใช้วงจรขับมอเตอร์ รุ่น VNH 5019 ที่สามารถขับกระแสได้สูงสุด 30 แอมแปร์ เพื่อใช้ในการขับมอเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.11 วงจรขับมอเตอร์ รุ่น VNH 5019[8]

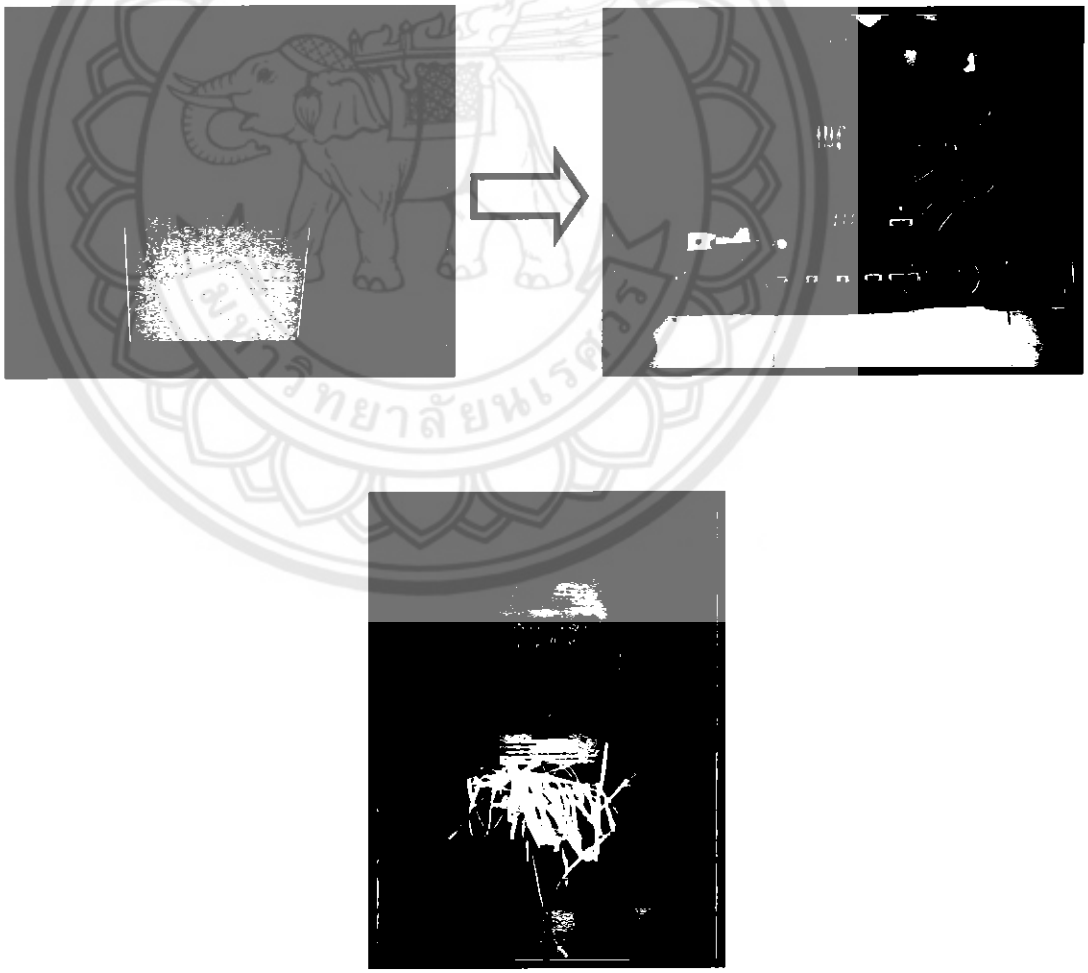
ขา INA, INB **ใช้สำหรับป้อนลอจิก "1" หรือ "0" จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์การ**ควบคุมทิศทางมอเตอร์ ที่จะหมุนไปด้านหน้าหรือหมุนกลับขา PWM ในการ**รับสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชั่นในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ ขา VDD,GND สำหรับป้อนไฟเลี้ยง 5 โวลต์ และ 0 โวลต์ตามลำดับ ใช้ในการอ้างอิงระดับแรงดันไฟฟ้าจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และบอร์ดวงจรขับมอเตอร์ขา OUTA, OUTB ต่อเข้ากับขั้วมอเตอร์ที่ต้องการควบคุม ขา VIN, GND ด้านขวาเป็นขาสำหรับป้อนไฟเลี้ยง 24 โวลต์ และ 0 โวลต์ ตามลำดับ จากแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์**

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากสร้างเครื่องย่อยกระดาษ ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการทดสอบการตัดกระดาษโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนการทดลองดังนี้

1) การทดลองความสามารถในการตัดกระดาษ
2) การทดลองวัดพิกัดกระแสไฟฟ้า
3) การทดลองวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้า
4) การทดลองระยะเวลาที่ใช้ในการตัดกระดาษ



รูปที่ 4.1 การทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

4.1 การทดลองความสามารถในการตัดกระดาษ

ในการทดลองความสามารถในการตัดกระดาษในแต่ละระดับความเร็ว จะทดสอบโดยแบ่ง 3 ระดับความเร็ว ทำการทดสอบระดับละ 3 ครั้ง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองความสามารถในการตัดกระดาษ

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ความเร็วระดับ 1			ความเร็วระดับ 2			ความเร็วระดับ 3		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
5	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y
8	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y
9	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y
10	N	N	N	N	N	N	N	N	N

หมายเหตุ Y = YES สามารถตัดกระดาษได้

N = NO ไม่สามารถตัดกระดาษได้

สรุปผลการทดลอง

ความเร็วระดับ 1 สามารถตัดกระดาษได้ไม่เกิน 2 แผ่น ความเร็วระดับ 2 สามารถตัดกระดาษได้ไม่เกิน 6 แผ่นและความเร็วระดับ 3 สามารถตัดกระดาษได้ไม่เกิน 9 แผ่นเกิดจากระดับความเร็วมอเตอร์ที่โหลดเท่าเดิมแต่ระดับแรงดันที่ใช้กำหนดความเร็วมีผลต่อความสามารถในการตัดกระดาษจึงทำให้ระดับความเร็วต่ำสุดไม่สามารถตัดกระดาษได้จำนวนมาก

4.2 การทดลองวัดพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ

ในการทดลองวัดพิกัดกระแสไฟฟ้าในแต่ละระดับความเร็ว จะทดสอบโดยแบ่ง 3 ระดับความเร็ว ทำการทดสอบระดับละ 3 ครั้ง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวัดพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ความเร็วระดับ 1			ความเร็วระดับ 2			ความเร็วระดับ 3		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
	กระแส(แอมแปร์)			กระแส(แอมแปร์)			กระแส(แอมแปร์)		
1	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.34	3.47	3.52	3.48
2	4.38	4.36	4.42	4.40	4.37	4.38	4.36	4.41	4.39
3	N	N	N	5.42	5.44	5.45	5.39	5.41	5.43
4	N	N	N	6.40	6.33	6.37	6.35	6.42	6.23
5	N	N	N	7.56	7.61	7.53	7.59	7.62	7.58
6	N	N	N	8.83	8.72	8.96	8.86	8.95	8.73
7	N	N	N	N	N	N	10.36	10.54	10.78
8	N	N	N	N	N	N	X	X	X
9	N	N	N	N	N	N	X	X	X
10	N	N	N	N	N	N	N	N	N

หมายเหตุ X = ไม่สามารถวัดพิกัดกระแสได้เนื่องจาก เครื่องวัดแอมมิเตอร์ มีขนาดพิกัดกระแส 10 แอมแปร์หากทดสอบต่อไปอาจทำให้เครื่องวัดเสียหายเนื่องจากเกินพิกัดกระแสของเครื่องวัด

N = NO ไม่สามารถตัดกระดาษได้

สรุปผลการทดลอง

ในการตัดกระดาษจำนวน 1 แผ่นในความเร็วระดับที่ 1, 2, 3 ได้ค่าเฉลี่ยพิกัดกระแสไฟฟ้า คือ 3.41, 3.41, 3.49 แอมแปร์ ตามลำดับ

ในการตัดกระดาษจำนวน 6 แผ่นในความเร็วระดับ 2 และ 3 ได้ค่าเฉลี่ยพิกัดกระแสไฟฟ้า คือ 8.84 , 8.84 แอมแปร์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าในความเร็วระดับ 1, 2, 3 ใช้กระแสใกล้เคียงกัน ขณะที่โหลดเท่ากันเนื่องจากระดับความเร็วมีผลต่อระดับแรงดันเท่านั้นไม่มีผลต่อการดึงกระแสของโหลดจึงเป็นผลทำให้ทุกระดับความเร็วมีกระใกล้เคียงกันขณะที่โหลดเท่ากัน เนื่องมาจากการใช้พัลส์วิดท์มอดูเลชั่นในการควบคุมมอเตอร์ และจะมีพิกัดกระแสเพิ่มมากขึ้นตามโหลดที่เพิ่มมากขึ้น

4.3 การทดลองวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ

ในการทดลองวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้าในแต่ละระดับความเร็ว จะทดสอบโดยแบ่ง 3 ระดับความเร็ว ทำการทดสอบระดับละ 3 ครั้ง ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองวัดพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดกระดาษ

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ความเร็วระดับ 1			ความเร็วระดับ 2			ความเร็วระดับ 3		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
	แรงดัน(โวลต์)			แรงดัน(โวลต์)			แรงดัน(โวลต์)		
1	7.40	7.36	7.39	9.43	9.51	9.48	11.04	11.02	11.07
2	6.32	6.41	6.0	8.77	8.56	8.62	10.77	10.41	10.53
3	N	N	N	7.59	8.11	8.26	10.13	10.12	10.09
4	N	N	N	6.81	6.75	6.89	9.46	9.67	9.54
5	N	N	N	5.46	5.58	5.91	9.51	9.65	9.43
6	N	N	N	4.63	4.72	4.88	9.03	9.12	9.04
7	N	N	N	N	N	N	8.61	8.73	8.58
8	N	N	N	N	N	N	7.51	7.46	7.59
9	N	N	N	N	N	N	7.0	6.92	6.97
10	N	N	N	N	N	N	N	N	N

หมายเหตุ N = NO ไม่สามารถตัดกระดาษได้

สรุปผลการทดลอง

ในการตัดกระดาษจำนวน 1 แผ่นในความเร็วระดับที่ 1, 2, 3 ได้ค่าเฉลี่ยพิกัดแรงดันไฟฟ้าคือ 7.38, 9.47 , 11.4 โวลต์ ตามลำดับ

ในการตัดกระดาษจำนวน 6 แผ่นในความเร็วระดับที่ 2, 3 ได้ค่าเฉลี่ยพิกัดแรงดันไฟฟ้าคือ 4.72, 9.06 โวลต์ ตามลำดับ

ในการตัดกระดาษจำนวน 9 แผ่นในความเร็วระดับที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ยพิกัดแรงดันไฟฟ้าคือ 6.96โวลต์

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าในความเร็วระดับ 1 ใช้แรงดันน้อยกว่าความเร็วระดับ 2, 3 ตามลำดับ และใช้แรงดันใกล้เคียงในความเร็วระดับเดียวกัน ขณะที่โหลดเท่ากัน เนื่องจากระดับความเร็วมีผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้าจากการปรับตั้งโปรแกรมจึงทำให้การเลือกระดับความเร็วต่ำส่งผลให้ระดับแรงดันต่ำไปด้วย ทั้งนี้จึงเป็นผลดีซึ่งจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าถูกใช้ไปน้อยลงขณะที่โหลดเท่ากันทำให้ช่วยประหยัดพลังงาน และลดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าได้

4.4 การทดลองวัดความเร็วในการตัดกระดาษ

ในการทดลองความเร็วในการตัดกระดาษในแต่ละระดับความเร็ว จะทดสอบโดยแบ่ง 3 ระดับความเร็ว ทำการทดสอบระดับละ 3 ครั้ง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองวัดความเร็วในการตัดกระดาษ

จำนวนกระดาษ (แผ่น)	ความเร็วระดับ 1			ความเร็วระดับ 2			ความเร็วระดับ 3		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
	เวลา(วินาที)			เวลา(วินาที)			เวลา(วินาที)		
1	4.82	4.91	5.01	2.16	2.30	2.31	1.76	1.81	1.75
2	7.01	7.12	7.09	2.57	2.62	2.58	1.83	1.78	1.94
3	N	N	N	3.45	3.50	3.54	2.13	2.07	2.12
4	N	N	N	4.49	4.56	4.63	2.32	2.44	2.35
5	N	N	N	6.64	6.70	6.59	2.67	2.74	2.65
6	N	N	N	10.67	10.73	10.82	2.85	2.92	2.84
7	N	N	N	N	N	N	3.09	3.16	3.15
8	N	N	N	N	N	N	3.26	3.31	3.24
9	N	N	N	N	N	N	3.48	3.57	3.45
10	N	N	N	N	N	N	N	N	N

หมายเหตุ N = NO ไม่สามารถตัดกระดาษได้

สรุปผลการทดลอง

ในการตัดกระดาษจำนวน 1 แผ่นในความเร็วระดับที่ 1, 2, 3 ได้ค่าเฉลี่ยความเร็วในการตัดกระดาษคือ 4.91, 2.26, 1.77 วินาที ตามลำดับ

ในการตัดกระดาษจำนวน 6 แผ่นในความเร็วระดับที่ 2, 3 ได้ค่าเฉลี่ยความเร็วในการตัดกระดาษคือ 10.74 , 2.87 วินาที ตามลำดับ

ในการตัดกระดาษจำนวน 9 แผ่นในความเร็วระดับที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ยความเร็วในการตัดกระดาษคือ 3.50 วินาที

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าความเร็วระดับ 1 ใช้เวลาในการตัดกระดาษมากกว่าความเร็วระดับ 2, 3 ตามลำดับ เนื่องจากระดับความเร็วมีผลต่อโหลดโดยตรงถ้าเลือกระดับความเร็วต่ำ มอเตอร์จะหมุนช้าทำให้ความสามารถในการตัดกระดาษช้าไปด้วย ทั้งนี้ค่าที่ได้อาจมีค่าความคลาดเคลื่อนรวมอยู่ด้วยเนื่องจากการจับเวลาไม่พร้อมกับการตัดกระดาษ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา ออกแบบ ทดสอบ และทำการปรับปรุงชิ้นงานขึ้นเป็นเครื่องย่อยกระดาษโดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ภาคการศึกษาทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองในโครงงาน พร้อมเสนอแนะแนวทางในการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าความเร็วระดับ 1, 2, 3 มีความสามารถในการตัดกระดาษปริมาณ 1-2, 1-5, 1-8 แผ่นตามลำดับ โดยในทุกระดับความเร็วจะมีการใช้กระแสไปขับมอเตอร์ที่ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่มีแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เนื่องจากการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยใช้ชุดขับมอเตอร์ ด้วยฟังชันก์พัลส์วิดท์มอดูเลชั่น

การแบ่งความเร็วเป็น 3 ระดับ เพื่อต้องการให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากการใช้กำลังไฟฟ้าที่น้อยลงโดยการเลือกระดับความเร็วต่ำสุด แต่ถ้าหากผู้ใช้ต้องการความรวดเร็วก็สามารถใช้ระดับความเร็วที่สูงสุดในการตัดกระดาษได้ ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

ที่ความเร็วระดับ 1 เหมาะสำหรับการตัดกระดาษไม่เกิน 2 แผ่น มีความเร็วในการตัดกระดาษต่ำแต่ช่วยประหยัดพลังงาน

ที่ความเร็วระดับ 2 เหมาะสำหรับการตัดกระดาษไม่เกิน 5 แผ่น มีความเร็วในการตัดกระดาษปานกลาง

ที่ความเร็วระดับ 3 เหมาะสำหรับการตัดกระดาษไม่เกิน 8 แผ่น มีความเร็วในการตัดกระดาษสูงในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการความรวดเร็วในการทำงาน

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. เนื่องจากพอร์ตของไมโครคอนโทรเลอร์ไม่เพียงพอกับการใช้งาน และการสร้างฟังก์ชั่นพัลซ์วิดท์มอดูเลตชั่นจะต้องใช้ความถี่ละเอียดในการสร้างดีเลย์ฟังก์ชั่น ซึ่งไปตรงกับดีเลย์ฟังก์ชั่นของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน ทำให้ต้องใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ถึง 2 ตัว

2. กระดาษเกิดการติดขณะตัดกระดาษ เนื่องจากใส่กระดาษไม่ตรงช่องทำให้กระดาษไม่เรียบ จึงเพิ่มปุ่มให้มอเตอร์ทำงานย้อนกลับ

3. กระดาษเกิดการติดลิมิตสวิตช์ เนื่องจากกระดาษเกิดการติด เนื่องมาจากใส่กระดาษไม่ตรงช่อง หรือ ปรับระดับความเร็วไม่เหมาะสม จึงเพิ่มปุ่มให้มอเตอร์ทำงานย้อนกลับ และปุ่มให้มอเตอร์ทำงานทันทีโดยไม่ผ่านลิมิตสวิตช์

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากปัญหาที่พบในการทำเครื่องย่อยกระดาษทำให้ศักยภาพการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษลดลง จึงต้องมีการศึกษาแนวทางวิธีในการแก้ไขปัญหาปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อการพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษดังต่อไปนี้

1. เพิ่มขนาดกล่องใส่เศษกระดาษให้ได้ปริมาณมากขึ้น

2. ควรใช้เซ็นเซอร์ประเภทอื่นแทนลิมิตสวิตช์ในการตรวจจับกระดาษ เพื่อป้องกันกรณีกระดาษติด กระดาษงอ ก็ยังสามารถทำงานต่อไปได้

3. ควรเลือกใช้ใบมีดตัดกระดาษที่มีศักยภาพที่ดีกว่าเพื่อเพิ่มแรงบิดในการตัดกระดาษให้ได้ปริมาณมากขึ้น

4. ควรเลือกใช้มอเตอร์และชุดเฟืองที่มีศักยภาพที่ดีกว่าเพื่อเพิ่มแรงบิดในการตัดกระดาษให้ได้ปริมาณมากขึ้น

5. ควรใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงคงทนแทนอะคริลิกในการทำเป็นโครงสร้างของเครื่องย่อยกระดาษ

6. หากไม่ต้องการควบคุมความเร็วมอเตอร์ ควรเลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับแทนมอเตอร์กระแสตรง เพราะไม่ต้องหาแหล่งจ่ายไฟเพิ่ม มีพิกัดกำลังในการบิดที่มากกว่า มีขนาดเล็กกว่าและมีราคาถูกกว่าในระดับพิกัดที่เท่ากัน

7. ควรเลือกใช้ชุดใบเลื่อยที่มีศักยภาพที่ดีกว่า เนื่องจากพอใช้งานไปนานๆ ใบเลื่อยเริ่มห่างจากกันไม่สามารถย่อยกระดาษได้ในปริมาณที่มากกว่า 8 แผ่น

เอกสารอ้างอิง

[1] **มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม** ธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์ ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm

[2] **ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า.** ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm

[3] **ใบมีด ฟิสิกส์ราชมงคล** ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/mechanical/6/index1.htm

[4] กรรไกร เด็กดีดอทคอม ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://www.dek-d.com/content/view.php?id=739

[5] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C พร้อมโครงงาน** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552.

[6] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **เรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เริ่มต้น.** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2554.

[7] ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน. ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/tipntrick/led/segment.html

[8] **Pololu Robotics & Electronics.** ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://www.pololu.com/catalog/product/1451

[9] ภาพตัดปะ ค้นคว้าเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2555,จาก http://www.clipartof.com/

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงานของเครื่องย่อยกระดาษ

```
////////////////////////////////////////////// โปรแกรมควบคุมที่ 1 แสดงการนับเวลา//////////////////////////////////////////
#include<reg51.h>
#include<intrins.h>
void delay(int msec)      // ฟังก์ชั่นหน่วงเวลาที่ฐานเวลา 0.02 วินาที (ใช้ความถี่ที่ 18.432 MHz)
{ int c;
TMOD=0x01;                // ใช้ timer 0 mode 1 ขนาด 16 บิต
for(c=0;c<msec;c++)
{                 TH0=0x88;       // แสดงการคำนวณฐานเวลา (0.02/[(1/18.432 MHz)*12])= 30720
                  TL0=0x00;       // 2^16 - 30720 = [34816]
                  TR0=1;          // 34816[10bit] แปลงเป็น 88|00 [16bit] >> ตั้งค่าที่ TH 88 TL 00
                  TF0=0;          // ขณะนี้มีฐานเวลาที่ 0.02 Sec
                  do{}
                  while (TF0==0);
}
}
void light()  // ฟังก์ชั่นแสดงการแจ้งเตือนเมื่อครบ 30 นาที
{       int loop=0;
        for(loop=0;loop<10;loop++)
        {
        P2=0xff;          // 7 segment ไม่แสดงค่า [off]
        P0=0xff;
        delay(50);        // ฐานเวลา 0.02 * 50 = 1 วินาที

        P2=~0x3f;         // 7 segment แสดงเลข 0
        P0=~0x3f;
        delay(50);
        }
```

```
}
sbit sw0=P3^0;  // แทน switch [off] เมื่อกด 7 segment กลับมาแสดงเลข 30 นาที
sbit sw1=P3^1;  // แทน switch [limit] เมื่อมีกระดาษรับค่าลอจิก "0" 7 segment แสดงนับเลขลง
sbit sw2=P3^2;  // แทน switch [limit] เมื่อไม่มีกระดาษรับค่าลอจิก "0" 7 segment จะหยุดนับและคงค่า

void main()
{
int LED[10]={~0x3f,~0x06,~0x5b,~0x4f,~0x66,~0x6d,~0x7d,~0x07,~0x7f,~0x6f};
// เลขฐาน 16 แสดง 7segment แบบ common anode
int x=0,y=0,z=0,z1=3,fun=0,a=50;
// ตัวแปรแทนค่าในหน่วยดังนี้ x แทนหลักวินาที // y แทนหลักสิบวินาที // z แทนหลักหน่วยนาที
// z1 แทนหลักสิบนาที // [30.00] min >> แทนเป็น >> [z1|z.y|x] min
while(1)
{
P0=LED[z];      // Port 0 แสดงหลักหน่วยเป็นนาที      [นำไปแสดงที่หน้าเครื่อง]
P2=LED[z1];     // Port 1 แสดงหลักสิบเป็นนาที        [นำไปแสดงที่หน้าเครื่อง]
P1=LED[x];      // แสดงหลักหน่วยเป็นวินาที  [ไม่นำไปแสดงที่หน้าเครื่อง ไว้ตรวจสอบว่านับ 1 วินาที]
delay(1);       // ฐาน เวลา 0.02 วินาที

if(sw0==0)      // เมื่อกด switch [off] เมื่อกด 7 segment กลับมาแสดงเลข 30 นาที
{ fun=1; }      // โหมด function ที่ 1
        if(fun==1)              // โหมด function ที่ 1 กลับมาแสดงเลข 30 นาที
        {   z1=3;   z=0;   y=0;   x=0;   }
```

```
if(sw1==0)      // แทน switch [limit] เมื่อมีกระดาษรับค่าลอจิก "0" 7 segment แสดงนับเลขลง
{ fun=2; }      // โหมด function ที่ 2
        if(fun==2)      // โหมด function ที่ 2 นับเวลา
        {
        a=a-1;          // [ฐานเวลาที่ 0.02*50 = 1 sec]
        if(a<0)
        { a=50; x--; }  // [ฐานเวลาที่ 0.02*50 = 1 sec]

        if(x<0)
        { x=9;  y--; }  // [ฐานเวลา 10 sec]

        if(y<0)
        { y=5; z--; }   // [ฐานเวลา 60 sec]

        if(z<0)
        { z=9;   z1--; } // [ฐานเวลา 1 นาที]

        if(z1<0)
        {
        light();        // เมื่อนับจนครบ เรียกฟังก์ชั่นแสดงการแจ้งเตือนเมื่อครบ 30 นาที
        fun=1;
        }
if(sw2==0)      // แทน switch [limit] เมื่อไม่มีกระดาษรับค่าลอจิก "0" 7 segment จะหยุดนับและคงค่า
{ fun=3; }      // โหมด function ที่ 2
        if (fun==3)     // โหมด function หยุดนับและคงค่า
        { a=a; }
        }}}}
```

```
//////////////////////////////////////////// โปรแกรมควบคุมที่ 2 ควบคุมมอเตอร์/////////////////////////////////////
#include<reg51.h>
void delay(int msec)
{int c;
TMOD=0x20;
        for(c=0;c<msec;c++)
        {       TH0=0xB3;
                TL0=0xB3;
                TR0=1;
                TF0=0;
        do{}
        while (TF0==0);
        }
}

sbit m1_1=P3^0;                 // ส่งค่าควบคุมมอเตอร์
sbit m1_2=P3^1;                 // ส่งค่าควบคุมมอเตอร์
sbit PWM=P3^2;                  // ส่งค่า ฟังก์ชั่น PWM ควบคุมมอเตอร์
sbit LED1=P3^3;                 // ส่งค่า แสดง LED ที่ความเร็วระดับ 1
sbit LED2=P3^4;                 // ส่งค่า แสดง LED ที่ความเร็วระดับ 2
sbit LED3=P3^5;                 // ส่งค่า แสดง LED ที่ความเร็วระดับ 3
sbit LED4=P3^6;                 // ส่งค่า แสดง LED ที่ความเร็วระดับ 4
sbit LED5=P3^7;                 // ส่งค่า แสดง LED ที่ความเร็วระดับ 5
sbit sw9=P0^0;                  // ส่งค่าไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลควบคุม 7 sigment


sbit L1=P1^0;   // รับค่า switch Level 1    duty cycle 50 percent
```

```
sbit L2=P1^1;   // รับค่า switch Level 2   duty cycle 75 percent
sbit L3=P1^2;   // รับค่า switch Level 3   duty cycle 100 percent
sbit OFF=P1^3; // รับค่า switch Off
sbit RE=P1^4;   // รับค่า swtich Revert
sbit sw3=P1^5; // รับค่า Limit Swicth เมื่อมีกระดาษลอจิก"0" ไม่มีกระดาษลอจิก "1" เพื่อเริ่มหยุดมอเตอร์
sbit sw1=P1^7; // รับค่า switch Clear
//////////////////////////////////////////////////////
void rotate(int e,int r)                    // Duty Cycle Function
{       PWM=0;      delay(e);
        PWM=1;      delay(r);       }
//////////////////////////////////////////////////////////
void LL1()                                  //Function Level 1
{       m1_1=1;
        m1_2=0;
        rotate(50,50);          }       //Call Function duty cycle 50 Percent
//////////////////////////////////////////////////////////
void LL2()                                  //Function Level 2
{       m1_1=1;
        m1_2=0;
        rotate(25,75);          }       //Call Function duty cycle 75 Percent
//////////////////////////////////////////////////////////
void LL3()                                  //Function Level 3
{       m1_1=1;
        m1_2=0;
        rotate(0,100);          }       //Call Function duty cycle 100 Percent
//////////////////////////////////////////////////////////
void OFFF()                         // Function Off
```

```
{       m1_1=0;
        m1_2=0;
        PWM=0;          }
////////////////////////////////////////////////////////////////
void REE()                      // Function Revert
{       m1_1=0;
        m1_2=1;
        rotate(50,50);  }       //Call Function duty cycle 50 Percent
////////////////////////////////////////////////////////////////
void Clear()                    //Function Clear
{       m1_1=1;
        m1_2=0;
        rotate(0,100);  }       //Call Function duty cycle 100 Percent
////////////////////////////////////////////////////////////////
void main()                     // Main Program
{       m1_1=0;         m1_2=0;         PWM=0;          LED1=0;         LED2=0;
        LED3=0;         LED4=0;         LED5=0;         sw1=1;          P0=0x00;
        P2=0x00;        // เคลียร์ค่าตัวแปรทั้งหมด
while(1)        // infinity loop
{       if(L1==0)               // เมื่อกด Switch Level 1 แสดงหลอดไฟLED Level 1
        {
        m1_1=0;         m1_2=0;                 // เคลียร์ค่ามอเตอร์ไม่ให้ทำงาน
        sw9=1;                                  // ส่งค่าให้บอร์ดควบคุม 7 segment ไม่ให้ทำงาน
        L1=0;           L2=1;           L3=1;           OFF=1;          RE=1;           sw1=1;
        LED1=1;         LED2=0;         LED3=0;         LED4=0;         LED5=0; // แสดงLEDระดับ1
        }
        if(L2==0)               // เมื่อกด Switch Level 2 แสดงหลอดไฟLED Level 2
```

```
{
m1_1=0;        m1_2=0;                  // เคลียร์ค่ามอเตอร์ไม่ให้ทำงาน
sw9=1;                                  /// ส่งค่าให้บอร์ดควบคุม 7 segment ไม่ให้ทำงาน
L1=1;          L2=0;          L3=1;          OFF=1;          RE=1;          sw1=1;
LED1=0;        LED2=1;        LED3=0;        LED4=0;         LED5=0; // แสดงLEDระดับ2
}
////////////////////////////////////////////////////////////
if(L3==0)              // เมื่อกด Switch Level 3 แสดงหลอดไฟLED Level 3
{
m1_1=0;        m1_2=0;                  // เคลียร์ค่ามอเตอร์ไม่ให้ทำงาน
sw9=1;                                  /// ส่งค่าให้บอร์ดควบคุม 7 segment ไม่ให้ทำงาน
L1=1;          L2=1;          L3=0;          OFF=1;          RE=1;          sw1=1;
LED1=0;        LED2=0;        LED3=1;        LED4=0;         LED5=0;// แสดงLEDระดับ3
}
////////////////////////////////////////////////////////////
if(OFF==0)             // เมื่อกด Switch OFF แสดงหลอดไฟ LED OFF
{
m1_1=0;        m1_2=0;                  // เคลียร์ค่ามอเตอร์ไม่ให้ทำงาน
sw9=0;                                  // ส่งค่าให้บอร์ดควบคุม 7 segment ให้ reset = 30
L1=1;          L2=1;          L3=1;          OFF=0;          RE=1;          sw1=1;
LED1=0;        LED2=0;        LED3=0;        LED4=1;         LED5=0;// แสดง LED OFF
}
////////////////////////////////////////////////////////////
if(RE==0)              // เมื่อกด Switch Revert แสดงหลอดไฟ LED Revert
{
m1_1=0;        m1_2=0;                  // เคลียร์ค่ามอเตอร์ไม่ให้ทำงาน
L1=1;          L2=1;          L3=1;          OFF=1;          RE=0;          sw1=1;
```

```
LED1=0;        LED2=0;        LED3=0;        LED4=0;        LED5=1;//แสดงLED Rervert
}
////////////////////////////////////////////////////////////
if(sw1==0)              // เมื่อกด Switch clear ไม่แสดงหลอดไฟ
{
m1_1=0;        m1_2=0;              // เคลียร์ค่ามอเตอร์ไม่ให้ทำงาน
L1=1;          L2=1;          L3=1;          OFF=1;         RE=1;          sw1=0;
LED1=0;        LED2=0;        LED3=0;        LED4=0;        LED5=0;
}
////////////////////////////////////////////////////////////
if(L1==0&&L2==1&&L3==1&&OFF==1&&RE==1&&sw3==0)
// เมื่อกด switchระดับ 1 และ limit switch ตรวจพบกระดาษ จะเริ่มทำงาน Function Level 1
{      LL1();      }
////////////////////////////////////////////////////////////
if(L1==1&&L2==0&&L3==1&&OFF==1&&RE==1&&sw3==0)
// เมื่อกด switchระดับ 2 และ limit switch ตรวจพบกระดาษ จะเริ่มทำงาน Function Level 2
{      LL2();      }
////////////////////////////////////////////////////////////
if(L1==1&&L2==1&&L3==0&&OFF==1&&RE==1&&sw3==0)
// เมื่อกด switchระดับ 3 และ limit switch ตรวจพบกระดาษ จะเริ่มทำงาน Function Level 3
{      LL3();      }
////////////////////////////////////////////////////////////
if(OFF==0)     // เมื่อกด switch off จะเริ่มทำงาน Function off (โดยไม่ขึ้นกับ limit switch)
{      OFFF();     }
////////////////////////////////////////////////////////////
if(RE==0)      // เมื่อกด switch revert จะเริ่มทำงาน Function revert (โดยไม่ขึ้นกับ limit switch)
{      REE();      }
```

```
        ////////////////////////////////////////////////////////////
        if(sw1==0)      // เมื่อกด switch clear จะเริ่มทำงาน Function clear (โดยไม่ขึ้นกับ limit switch)
        {       Clear();        }
}
}
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของวงจรขับมอเตอร์

VNH5019A-E

Automotive fully integrated H-bridge motor driver

Features

Type	$R_{DS(on)}$	I_{out}	V_{ccmax}
VNH5019A-E	19 mΩ typ (per leg)	30 A	41 V

- ECOPACK®: lead free and RoHS compliant
- Automotive Grade: compliance with AEC guidelines
- Output current: 30 A
- 3 V CMOS compatible inputs
- Undervoltage and overvoltage shutdown
- High-side and low-side thermal shutdown
- Cross-conduction protection
- Current limitation
- Very low standby power consumption
- PWM operation up to 20 khz
- Protection against:
  - Loss of ground and loss of V_{CC}
- Current sense output proportional to motor current
- Charge pump output for reverse polarity protection
- Output protected against short to ground and short to V_{CC}

MultiPowerSO-30™

Description

The VHN5019A-E is a full bridge motor driver intended for a wide range of automotive applications. The device incorporates a dual monolithic high-side drivers and two low-side switches. The high-side driver switch is designed using STMicroelectronics' well known and proven proprietary VIPower™ M0 technology that allows to efficiently integrate on the same die a true Power MOSFET with an intelligent signal/protection circuit.

The three dice are assembled in MultiPowerSO-30 package on electrically isolated lead-frames. This package, specifically designed for the harsh automotive environment offers improved thermal performance thanks to exposed die pads. The input signals IN_A and IN_B can directly interface to the microcontroller to select the motor direction and the brake condition.

The $DIAG_A/EN_A$ or $DIAG_B/EN_B$, when connected to an external pull-up resistor, enable one leg of the bridge. They also provide a feedback digital diagnostic signal. The CS pin allows to monitor the motor current by delivering a current proportional to its value when CS_DIS pin is driven low or left open. The PWM, up to 20 KHz, lets us to control the speed of the motor in all possible conditions. In all cases, a low-level state on the PWM pin turns-off both the LS_A and LS_B switches. When PWM rises to a high-level, LS_A or LS_B turn-on again depending on the input pin state.

Output current limitation and thermal shutdown protects the concerned high-side in short to ground condition.

The short to battery condition is revealed by the overload detector or by thermal shutdown that latches off the relevant low-side.

Active V_{CC} pin voltage clamp protects the device against low energy spikes in all configurations for the motor.

CP pin provides the necessary gate drive for an external n-channel PowerMOS used for reverse polarity protection.

Figure 2. Configuration diagram (top view)

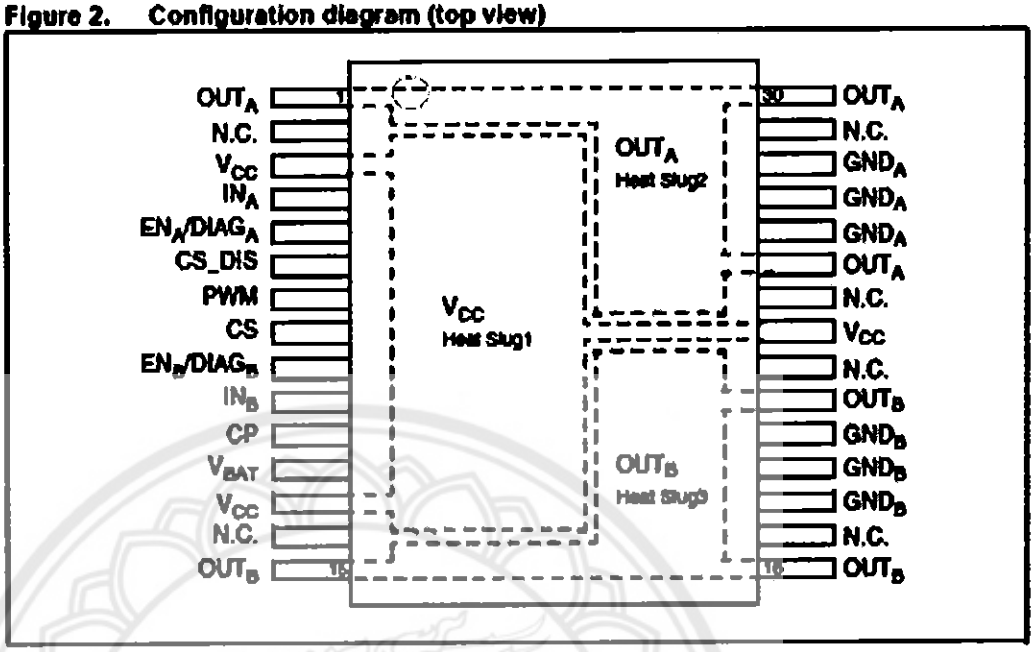


Table 1. Pin definitions and functions

Pin	Symbol	Function
1, 25, 30	OUT_A Heat Slug2	Source of high-side switch A / drain of low-side switch A, power connection to the motor
2,14,17, 22, 24,29	N.C.	Not connected
3, 13, 23	V_{CC}, Heat Slug1	Drain of high-side switches and connection to the drain of the external PowerMOS used for the reverse battery protection
12	V_{BAT}	Battery connection and connection to the source of the external PowerMOS used for the reverse battery protection
5	$EN_A/DIAG_A$	Status of high-side and low-side switches A; open drain output. This pin must be connected to an external pull-up resistor. When externally pulled low, it disables half-bridge A. In case of fault detection (thermal shutdown of a high-side FET or excessive ON-state voltage drop across a low-side FET), this pin is pulled low by the device (see *Table 12: Truth table in fault conditions (detected on OUTA)*)
6	CS_DIS	Active high CMOS compatible pin to disable the current sense pin
4	IN_A	Clockwise input. CMOS compatible
7	PWM	PWM input. CMOS compatible.
8	CS	Output of current sense. This output delivers a current proportional to the motor current, if CS_DIS is low or left open. The information can be read back as an analog voltage across an external resistor.

Table 1. Pin definitions and functions (continued)

Pin	Symbol	Function
9	$EN_B/DIAG_B$	Status of high-side and low-side switches B: Open drain output. This pin must be connected to an external pull up resistor. When externally pulled low, it disables half-bridge B. In case of fault detection (thermal shutdown of a high-side FET or excessive ON-state voltage drop across a low-side FET), this pin is pulled low by the device (see *Table 12: Truth table in fault conditions (detected on OUTA).*
10	IN_B	Counter clockwise input. CMOS compatible
11	CP	Connection to the gate of the external MOS used for the reverse battery protection
15, 16, 21	OUT_B, Heat Slug3	Source of high-side switch B / drain of low-side switch B, power connection to the motor
26, 27, 28	GND_A	Source of low-side switch A and power ground[1]
18, 19, 20	GND_B	Source of low-side switch B and power ground[1]

1. GNDA and GNDB must be externally connected together

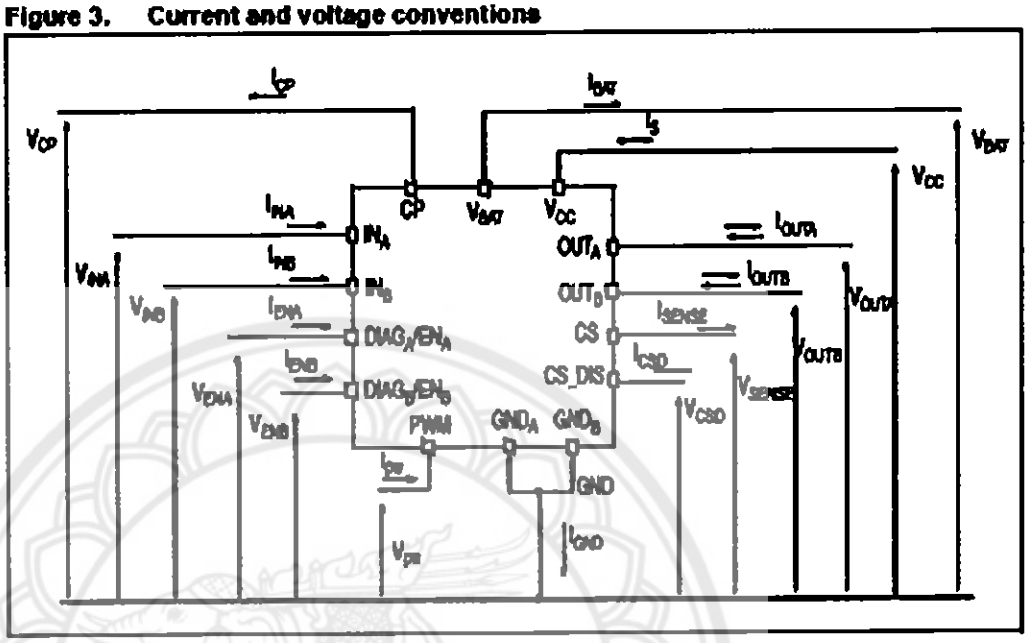
Table 2. Block descriptions[1]

Name	Description
Logic control	Allows the turn-on and the turn-off of the high-side and the low-side switches according to the *Table 11*.
Overvoltage + undervoltage	Shut down the device outside the range [4.5 V to 24 V] for the battery voltage.
High-side, low-side and clamp voltage	Protect the high-side and the low-side switches from the high-voltage on the battery line in all configuration for the motor.
High-side and low-side driver	Drive the gate of the concerned switch to allow a proper $R_{DS(on)}$ for the leg of the bridge.
Linear current limiter	Limits the motor current, by reducing the high-side switch gate-source voltage when short-circuit to ground occurs.
High-side and low-side overtemperature protection	In case of short-circuit with the increase of the junction's temperature, it shuts down the concerned driver to prevent its degradation and to protect the die.
Low-side overload detector	Detects when low-side current exceeds shutdown current and latches off the concerned low-side.
Charge pump	Provides the voltage necessary to drive the gate of the external PowerMOS used for the reverse polarity protection

1. See *Figure 1*

2 Electrical specifications

Figure 3. Current and voltage conventions



2.1 Absolute maximum ratings

Stressing the device above the rating listed in the "absolute maximum ratings" table may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operating sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability. Refer also to the STMicroelectronics SURE program and other relevant quality document.

Table 3. Absolute maximum rating

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{BAT}	Maximum battery voltage[1]	-16 +41	V V
V_{CC}	Maximum bridge supply voltage	+41	V
I_{max}	Maximum output current (continuous)	30	A
I_R	Reverse output current (continuous)	-30	A
I_{IN}	Input current (IN_A and IN_B pins)	+/- 10	mA
I_{EN}	Enable input current ($DIAG_A/EN_A$ and $DIAG_B/EN_B$ pins)	+/- 10	mA
I_{pw}	PWM input current	+/- 10	mA
I_{CP}	CP output current	+/- 10	mA
I_{CS_DIS}	CS_DIS input current	+/- 10	mA

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หมายเลข P89V51RD2

P89V51RD2

8-bit 80C51 5 V low power 64 kB Flash microcontroller with 1 kB RAM

Rev. 01 — 01 March 2004 Product data

1. General description

The P89V51RD2 is an 80C51 microcontroller with 64 kB Flash and 1024 bytes of data RAM.

A key feature of the P89V51RD2 is its X2 mode option. The design engineer can choose to run the application with the conventional 80C51 clock rate (12 clocks per machine cycle) or select the X2 mode (6 clocks per machine cycle) to achieve twice the throughput at the same clock frequency. Another way to benefit from this feature is to keep the same performance by reducing the clock frequency by half, thus dramatically reducing the EMI.

The Flash program memory supports both parallel programming and in serial In-System Programming (ISP). Parallel programming mode offers gang-programming at high speed, reducing programming costs and time to market. ISP allows a device to be reprogrammed in the end product under software control. The capability to field/update the application firmware makes a wide range of applications possible.

The P89V51RD2 is also In-Application Programmable (IAP), allowing the Flash program memory to be reconfigured even while the application is running.

2. Features

- 80C51 Central Processing Unit
- 5 V Operating voltage from 0 to 40 MHz
- 64 kB of on-chip Flash program memory with ISP (In-System Programming) and IAP (In-Application Programming)
- Supports 12-clock (default) or 6-clock mode selection via software or ISP
- SPI (Serial Peripheral Interface) and enhanced UART
- PCA (Programmable Counter Array) with PWM and Capture/Compare functions
- Four 8-bit I/O ports with three high-current Port 1 pins (16 mA each)
- Three 16-bit timers/counters
- Programmable Watchdog timer (WDT)
- Eight interrupt sources with four priority levels
- Second DPTR register
- Low EMI mode (ALE inhibit)
- TTL- and CMOS-compatible logic levels

PHILIPS

- Brown-out detection
- Low power modes
  - Power-down mode with external interrupt wake-up
  - Idle mode
- PDIP40, PLCC44 and TQFP44 packages

3. Ordering information

Table 1: Ordering information

P89V51RD2FA	PLCC44	plastic leaded chip carrier; 44 leads	SOT187-2
P89V51RD2FBC	TQFP44	plastic thin quad flat package; 44 leads	SOT376-1
P89V51RD2BN	PDIP40	plastic dual in-line package; 40 leads	SOT129-1

3.1 Ordering options

Table 2: Ordering options

P89V51RD2FA	-40 °C to +85 °C	0 to 40 MHz
P89V51RD2FBC	-40 °C to +85 °C	
P89V51RD2BN	0 °C to +70 °C	

4. Block diagram

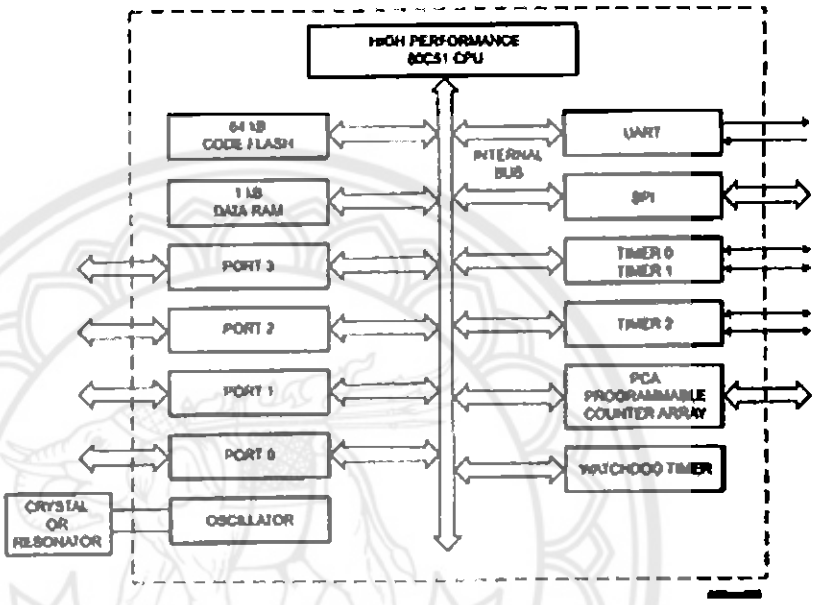


Fig 1. P89V51RD2 block diagram

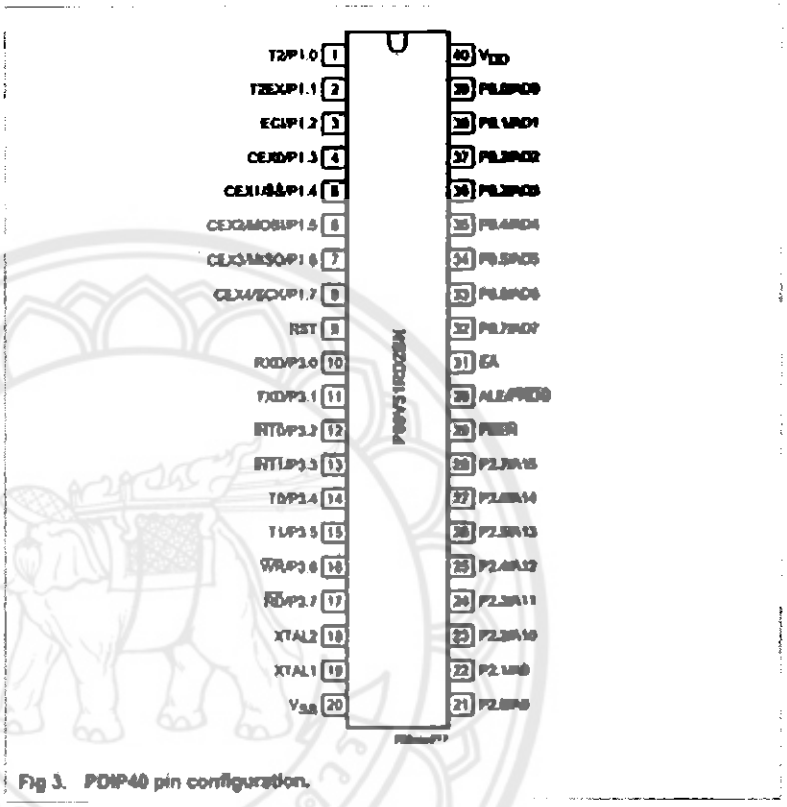


Fig 3. PDIP40 pin configuration.

ภาคผนวก ง

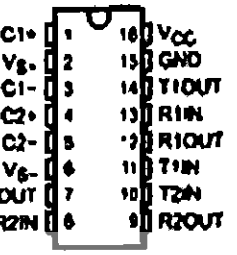
รายละเอียดของไอซีหมายเลข Max 232

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047N – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0-μF Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22
  - 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1-μF Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications
  - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232D	MAX232
		Reel of 2500	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
		Reel of 2000	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232
−40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
		Reel of 2500	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)