

เครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา

Therapy Aid for Partially Leg Disable Patient.



เลขที่.....
เลขทะเบียน 42263
วัน, เดือน, ปี 16 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61120218x

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา

โดย นาย คำนึ่ง บุญละเอียด เลขประจำตัว 42015547
นาย รุ่งเรือง โอภาประกาศิต เลขประจำตัว 42015566

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช
ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม
สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร
บัณฑิต

คณะกรรมการการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(*กนก เจนจิระพงศ์เวช*)

..... กรรมการ

(.....)

..... กรรมการ

(.....)

..... กรรมการ

(.....)

..... กรรมการ

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา

โดย นายค้ำนึ่ง บุญละเอียด เลขประจำตัว 42015547
 นายรุ่งเรือง โอภาประกาสิต เลขประจำตัว 42015566

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช

ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 ภาควิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
 ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์ทางการแพทย์สาขากายภาพบำบัด มีความสำคัญอย่างมากในการช่วยเสริมสร้างสมรรถนะของผู้ป่วยให้กลับมาปกติหลังจากการผ่าตัด ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ส่วนใหญ่แล้วจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งที่อุปกรณ์โครงสร้างต่างๆ นั้นสามารถจัดหาซื้อได้ภายในประเทศ ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะนำอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่มาประยุกต์ให้สอดคล้องกับความเป็นได้ ที่จะสร้างเครื่องมือที่ช่วยบรรเทา รักษาและบำบัด เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ป่วย

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นจุดศูนย์กลางควบคุมการเลื่อนเข้า-ทางออก และความเร็วในการเลื่อน ส่วนโครงสร้างสามารถปรับขนาดความสั้น-ยาวของช่วงขาได้ตามความเหมาะสม เพื่อครอบคลุมขนาดความสั้น-ยาวของขาผู้ป่วย และสะดวกในการเคลื่อนย้าย

II

PROJECT **Therapy Aid for Partially Leg Disable Patient.**

BY **Mr. Khumneung Boonlaiead**
 Mr. Rungruang Opaprakasit

ADVISOR **Assoc.Prof.Dr. Knok Janchitrapongvej**

DEPARTMENT **INDUSTRIAL TECHNOLOGY**

PROGRAM IN **ELECTRONIC TECHNOLOGY**

ACDEMIC YEAR **2001**

ABSTRACT

In recent year , material's doctor branch physical assuasive is going to be an important for rescue patient after operation. This material must import from abroad and expensive. For this reason the material's doctor brach physical assuasive is considered. Where there materials can easily find in domestic.

This project describes and develop the equipment for rescue physical assuasive in partially Leg. By useing MCS-51 Microcontroller controllad to move in or out with constant speed. This equipment can adjustable short or long to fit the length of patient.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นปริญญาานิพนธ์ฉบับแรกที่เราได้ร่วมมือกันทำอย่างเต็มความสามารถ เพื่อที่จะให้โครงการออกมาอย่างมีคุณภาพสูงสุด ซึ่งได้ใช้เวลาในการค้นคว้าหาข้อมูล และทำความเข้าใจ เพื่อถ่ายทอดหลักการต่างๆ ที่ใช้ในโครงการลงในปริญญาานิพนธ์ เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ที่ได้นำไปศึกษา ซึ่งจะนำไปไม่ได้เลยถ้าไม่ได้รับความรู้, ความช่วยเหลือต่างๆ และคำปรึกษาจากหลายๆ ท่าน จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช ที่จุดประกายความคิด ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางและความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง

คุณพ่อ-แม่ ที่เป็นผู้ให้ทุกอย่างรวมถึงกำลังใจและทุนทรัพย์เพื่อใช้ในการทดลองโครงการจนปริญญาานิพนธ์ประสบผลสำเร็จ

คณะจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอน แก่พวกเราจนมีความรู้ความสามารถในด้านต่างๆ และ พี่สรวงษ์ แซ่เตีย ที่ให้คำแนะนำที่ดี ท้ายสุดคือเพื่อนๆ ที่คอยสู้เป็นแรงใจ และให้ความช่วยเหลือในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จนแล้วเสร็จ

นาย คำนิง บุญละเอียด
นาย รุ่งเรือง โอภาประกาศิต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในโครงการ	4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51	4
2.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Source)	17
2.3 มอเตอร์กระแสตรง (Direct Current Motor)	20
2.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator Circuit)	26
2.5 ระบบเกียร์	28
บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้างของเครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา	31
3.1 การออกแบบและสร้างวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator Circuit)	31
3.2 การออกแบบและสร้างวงจรภาคขับมอเตอร์	34
3.3 การออกแบบชุดระบบเกียร์เฟืองทด	36
3.4 โครงสร้างเครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา	38
3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม	42
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	44
4.1 การทดลองในส่วนของวงจรตรวจจับ (Sensor)	44
4.2 การทดลองส่วนของภาคขับมอเตอร์	46
4.3 ภาพถ่ายโครงงาน	47
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาแนวทางแก้ไขและพัฒนา	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก ก ซอร์สโค้ดของโปรแกรม	53
ภาคผนวก ข วงจรสมบูรณข์ของโครงการ	57
ภาคผนวก ค Data Sheets	59



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การป้อนลอจิกที่อินพุตของไอซีเบอร์ L298	34
4.1 ค่าเอาต์พุตของวงจรตรวजूที่กำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์	44
4.2 ค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงเมื่อตำแหน่งขององศาการยัดของขา	46
4.3 ทิศทางการหมุนของมอเตอร์เมื่อต่อร่วมกับไอซี L298	47



สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ	2
1.2 โครงสร้างของโครงการ(ตามอุดมคติ)	2
2.1 ตำแหน่งขาของ MCS-51	6
2.2 วงจรสำหรับรีเซ็ตชิป MCS-51	9
2.3 โครงสร้างภายในของชิป MCS-51	10
2.4 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51	12
2.5 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั้งไปภายในชิปทั้งสองส่วน	12
2.6 การเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แต่ละกลุ่ม	14
2.7 ตำแหน่งหน่วยความจำของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดใน MCS-51	16
2.8 บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของวงจรรักษาระดับคงที่แบบอนุกรม	18
2.9 วงจรจำกัดกระแสตัวอย่างง่าย	19
2.10 หลักการของมอเตอร์ไฟตรง	20
2.11 สัญญาณพัลส์ที่ได้จากการเปิด-ปิดสวิตช์ควบคุมความเร็ว การหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมแบบพัลส์วัดมอดูเลตที่ ความถี่คงที่แต่เปลี่ยนค่าดิวิตีไซเคิล	25
2.12 สัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการเปิด-ปิดสวิตช์ เพื่อควบคุมความเร็ว ของมอเตอร์ โดยการควบคุมแบบเปลี่ยนค่าความถี่ที่แตกต่างกัน ไปตาม ระยะระหว่างของพัลส์จึงเรียกว่า การควบคุมดิวิตีไซเคิล	26
2.13 บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	26
2.14 การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้โอปแอมป์ เมื่ออินพุต $A > B = 1$	27
2.15 การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้โอปแอมป์ เมื่ออินพุต $B > A = 0$	27
2.16 ระบบการค้ำพลังของเกียร์	28
2.17 ระบบการค้ำพลังของเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย	30
3.1 การต่อวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดันและวงจรไครเวอร์ เมื่อต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	33
3.3 วงจรใช้งานจริงของไอซีขับมอเตอร์ดีซี เบอร์ L298	34
3.4 วงจรใช้งานจริงของไอซีภาคขับมอเตอร์ดีซี	35
3.5 ชุดเกียร์เฟืองทด	36
3.6 ลักษณะการวางขาของผู้ป่วย	38
3.7 ลักษณะโครงการเมื่อมองจากด้านบน	39
3.8 ทิศทางการเคลื่อนเข้า-ออก เมื่อปรับระยะ(สั้นสุด) ต้นขาที่14"และปลายขาที่12"	40
3.9 ทิศทางการเคลื่อนเข้า-ออก เมื่อปรับระยะ(ยาวสุด) ต้นขาที่20"และปลายขาที่18"	41
3.10 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม	43
4.1 การต่อวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	45
4.2 ก่อร่างวงจรควบคุม	47
4.3 ลักษณะการยึดขาข้าง	48
4.4 ลักษณะการรองขาข้าง	48
4.5 ลักษณะด้านบนของโครงการ	49
4.6 ลักษณะการรองขาของผู้ป่วย	49
4.7 ลักษณะการยึดขาของผู้ป่วย	50

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์ทางการแพทย์สาขากายภาพบำบัดนั้น ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งที่อุปกรณ์โครงสร้างต่างๆ นั้นสามารถจัดหาซื้อได้ภายในประเทศ ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะนำอุปกรณ์ที่มีอยู่ มาประยุกต์ให้สอดคล้องกับความเป็นได้ ที่จะสร้างเครื่องมือที่ช่วยบรรเทา รักษาและบำบัด เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ป่วย

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการ

การกายภาพบำบัดหลังการผ่าตัดเป็นเรื่องที่จำเป็นมากและเป็นช่วงเวลาที่สำคัญในการจัดระเบียบการเคลื่อนไหวของร่างกายในส่วนนั้นๆ ให้ถูกต้องคณะผู้จัดทำจึงสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการลดปัญหาการติดขัดของข้อเข่า และช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนขา หลังจากผู้ป่วยได้รับการผ่าตัดหรือ เครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา(Therapy Aid for Partially Leg Disable Patient.) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)เป็นตัวประมวลผล และผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยเครื่องควบคุมที่สามารถกำหนดองศาการเคลื่อนไหว-ทางออก และความเร็วในการเคลื่อนไหว ส่วนโครงสร้างสามารถปรับขนาดความสั้น-ยาวของช่วงขาได้ตามความเหมาะสม เพื่อครอบคลุมตามขนาดความสั้น-ยาวของขาผู้ป่วย

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายในการทำปริญญานิพนธ์

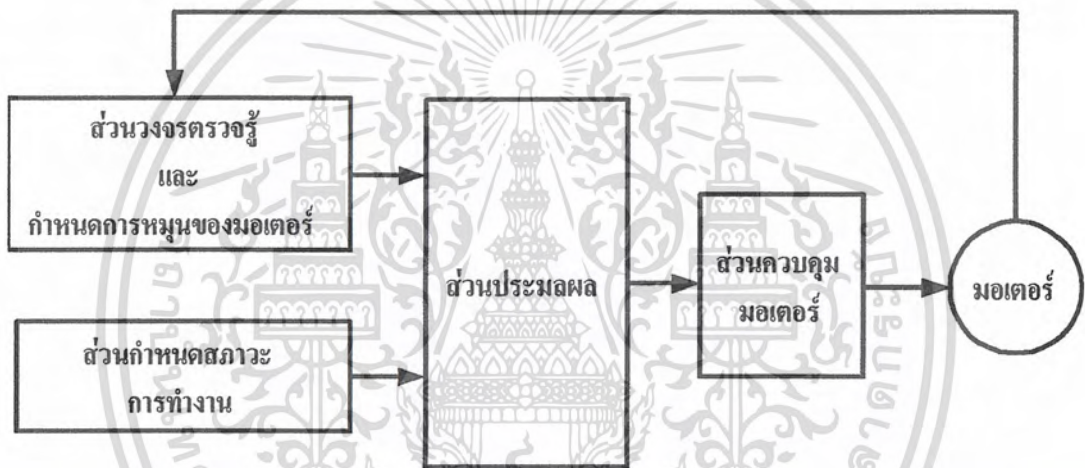
1. เพื่อสร้างเครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา เพื่อใช้ในการวิจัยและการพัฒนาเพื่อสามารถลดต้นทุนในการผลิตเครื่องต่อไป ให้มีราคาต่ำลง
2. จากโครงการนี้ในภาคหน้าอาจจะนำไปประยุกต์กับ เครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา ในลักษณะอื่น เพื่อช่วยลดเวลาในการรักษา และฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยได้เร็วขึ้น
3. สามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ประมวลผล และควบคุมการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. เพื่อศึกษาการทำงานของมอเตอร์ ในการนำไปใช้งานลักษณะต่างๆ ได้อย่างถูกต้องตามจุดประสงค์ของงานนั้นๆ
5. สามารถก่อเกิดประโยชน์ ไม่มากก็น้อยแก่ผู้ที่ได้นำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ไปศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการนี้สืบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

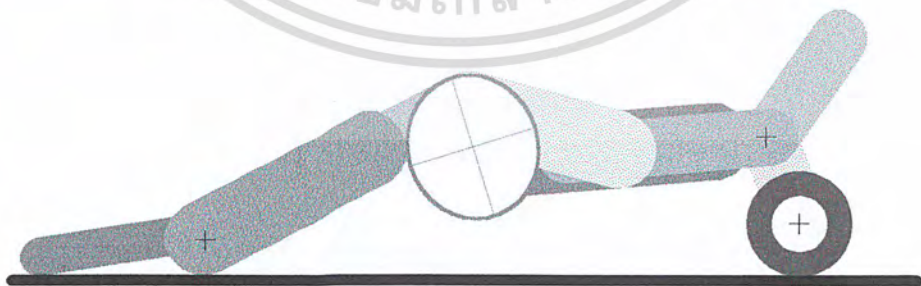
1.3 ส่วนประกอบของโครงการ

1. ส่วนวงจรตรวจรู้และกำหนดการหมุนของมอเตอร์
2. ส่วนกำหนดสถานะการทำงาน
3. ส่วนประมวลผล
4. ส่วนควบคุมมอเตอร์

ซึ่งทั้ง 4 ส่วนนี้ประกอบกันดังบล็อกไดอะแกรม(BLOCK DIGRAM) ได้ดังรูปที่ 1.1 และ ส่วนโครงสร้างของขาที่ออกแบบ ตามรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของโครงการ(ตามอุดมคติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ในส่วนของมอเตอร์นั้น ในทางอุดมคติจะใช้มอเตอร์สเต็ป(Step Motor) เป็นตัวหมุนระหว่างขาที่บนและที่ล่าง โดยนำมอเตอร์ไปจับจุดหมุนที่ได้หัวเข้า แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจัดหามอเตอร์ที่มีแรงขับเคลื่อนนั้นได้ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้เปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ (DC Motor) มาเป็นตัวขับเคลื่อน แต่ก็ยังเกิดปัญหาตามมาอีกเพราะมอเตอร์ค่อนข้างจะลำบากที่จะควบคุมตำแหน่งการหมุน และทิศทางของมอเตอร์ ให้ถูกต้องแม่นยำ

ประโยชน์ของโครงการนี้ที่คาดว่าจะได้รับ นอกจากจะสามารถช่วยเหลือคนไข้ได้ในระดับหนึ่งแล้ว ยังเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาเครื่องช่วยกายภาพบำบัดในส่วนต่างๆ สืบไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในโครงการนี้ ซึ่งจะประกอบด้วยคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า มอเตอร์กระแสตรง ภาคควบคุมมอเตอร์ และวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวดังต่อไปนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.1.1 คุณสมบัติของ MCS-51

คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

1. ต้องมีการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031,8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้ ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้ 8 กิโลไบต์ และสำหรับเบอร์ 83C51FB จะมีหน่วยความจำส่วนนี้รวมทั้งสิ้น 16 กิโลไบต์) มีความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป(RAM) อยู่ในชิปจำนวน 128 ไบต์(ใน8031,8051) หรือ 256 ไบต์(ในเบอร์ 8032,8052)
3. สามารถจะใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและ ข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์ แยกจากกัน
4. คำสั่งส่วนใหญ่มักจะใช้เวลาในการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลที่ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์
5. มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิตใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต
6. รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล(Baud Rate) ได้ตั้งแต่ 300 – 375 กิโลบิตต่อวินาที
7. จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
8. รีจิสเตอร์สำหรับที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อเป็นตัวนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา(ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิตเพื่อในการออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น

10.มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง

11.สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ

12.ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่จัดว่าเป็นเบอร์พื้นฐานในตระกูลนี้คือ เบอร์ 8051, 8751 และ 8031 ซึ่งมีจำนวนขาภายนอก 40 ขาเท่ากัน ใช้เวลาและสัญญาณในการปฏิบัติคำสั่งเท่ากัน ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างเบอร์ทั้งสามคือ ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ซึ่งมีไว้เพื่อตอบสนองความต้องการที่ไม่เหมือนกัน ดังจะกล่าวต่อไปนี้

เบอร์ 8051 หลังจากทดสอบโปรแกรมไม่พบข้อผิดพลาดแล้ว จะเป็นช่วงของการผลิตจริง ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนเป็นอันดับแรก ในการผลิตจริงจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในเป็น ROM ขนาด 4 กิโลไบต์แทน เพราะราคาต่ำกว่ามาก แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมที่ได้บรรจุไปแล้วไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม

2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกัน เช่นมีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในชิปเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA(Direct Memory Access)ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้น คุณสมบัติที่แตกต่างกันของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูลนี้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ที่นับได้ว่าเป็นพื้นฐานสำหรับตระกูล MCS-51 นี้ได้แก่ เบอร์ 8051, 8031, 8751 โดยเบอร์ 8051 จัดเป็นสมาชิกตัวแรกในตระกูล ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51(RAM)เองจำนวน 128 ไบต์ และมีพอร์ตขนาด 8 บิต 4 พอร์ต ซึ่งมีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตรวม 2 ตัว รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตที่สื่อสารอนุกรม มีวงจรรอสหัสเลขเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานภายในตัวเอง

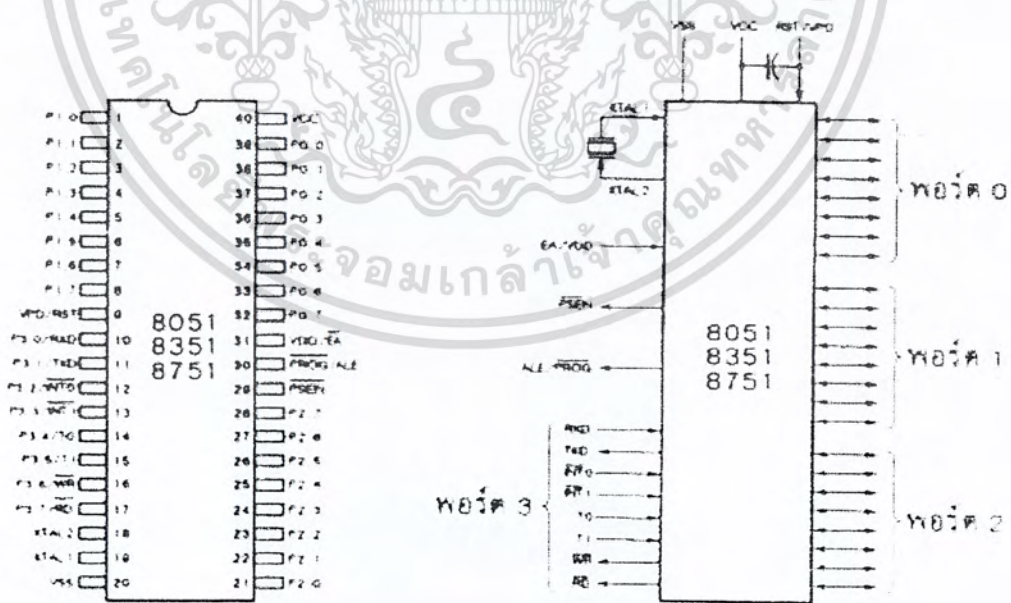
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงไฟเพียง 5 โวลต์ในการทำงานส่วน กระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีตัวอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์ เช่น 80C31,80C51 จะเป็นเบอร์ ของชิพที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CHMOS ซึ่งใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าและสามารถ ควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิพได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

MCS-51 เป็นตระกูล ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากตระกูล MCS-48 ดังนั้นจึงความสามารถเหนือกว่าหลายอย่าง แต่จะเปรียบเทียบให้เห็นถึงข้อดีของ MCS- 51 สามารถ ใช้ความถี่ได้ถึง 12 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือสำหรับบางเบอร์ในตระกูลสามารถใช้ได้ถึง 16 เมกะเฮิร์ตซ์ ทำ ให้ช่วงเวลาในการทำงานแต่ละคำสั่งน้อยมาก เมื่อใช้ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะ ใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที ส่วนคำสั่งที่ใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที ส่วนคำสั่งที่ใช้เวลามากที่สุด จะเวลาเพียง 4 ไมโครวินาทีเท่านั้น

2.1.3 ตำแหน่งขาของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกันดังรูป ที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งขาของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

1.ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
 2.ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC 5 Volt)
 3.ขาพอร์ต 0 (ขา32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8บิต(P0.0- P0.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย(มีสถานะ High Impedance) นอกจากนี้ใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วยโดยส่งค่าแอดเดรส บัสไบต์ต่ำ(A0-A7) จากหน่วยความจำภายนอกจากการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรถูกออกแบบภายใน

4.ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตทั่วไปได้ หากต้องการเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ High Impedance โดยมีวงจรถูกออกแบบภายในขา P1.0,P1.1 ในเบอร์ 8052 จะใช้งานในหน้าที่อย่างอื่นนอกเหนือจากใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปด้วย

5.ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อไปบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ High Impedance นอกจากจะใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง(A8-A15) และมีวงจรถูกออกแบบภายใน

6.ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ High Impedance โดยใช้วงจรถูกออกแบบภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ อีกหลายอย่างดังนี้

- ขา P3.0 ใ้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.1 ใ้ส่งข้อมูลออกไปภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0
- ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1
- ขา P3.4 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
- ขา P3.5 สัญญาณอินพุตให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขา P3.6 จะใช้เป็นสัญญาณควบคุมในการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับใช้เก็บข้อมูลภายนอกชิป

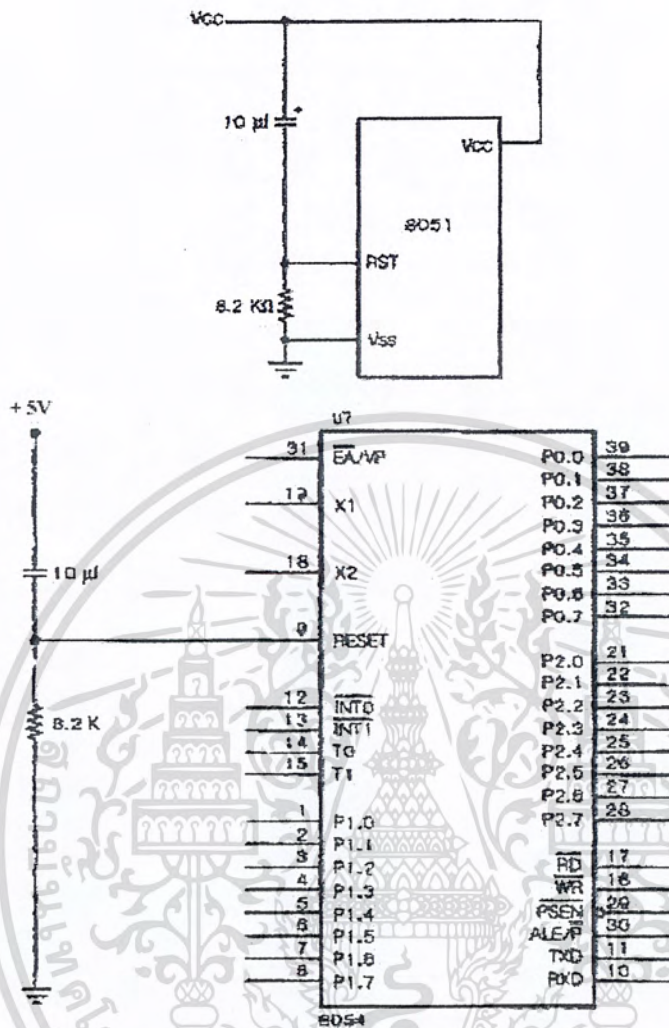
-ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านของข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับใช้เก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง

7.ขา RST(ขา 9) ใช้สำหรับการรีเซ็ตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่การรีเซ็ตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดทำงานผิดพลาดเมื่อต้องการรีเซ็ตชิป MCS-51 ขานี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมกซ์ซีไนซ์เกิดระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์(รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซ็ตเองเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc ดังแสดงในรูปที่ 2.2

8.ขา ALE/PROG(ขา 30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตซ์ค่าแอดเดรสไบต์ค่า(Address Latch Enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครั้งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS 51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

9.ขา PSEN(ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป(Program Strobe Enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมจากภายนอกขานี้จะส่ง



รูปที่ 2.2 วงจรสำหรับรีเซ็ตชิป MCS-51

สัญญาณสโตรบสองครั้งในแต่ละเมกซีนไซเคิล แต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขา

1.ขา EA/V_{pp} (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรม หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิปหรือจาก

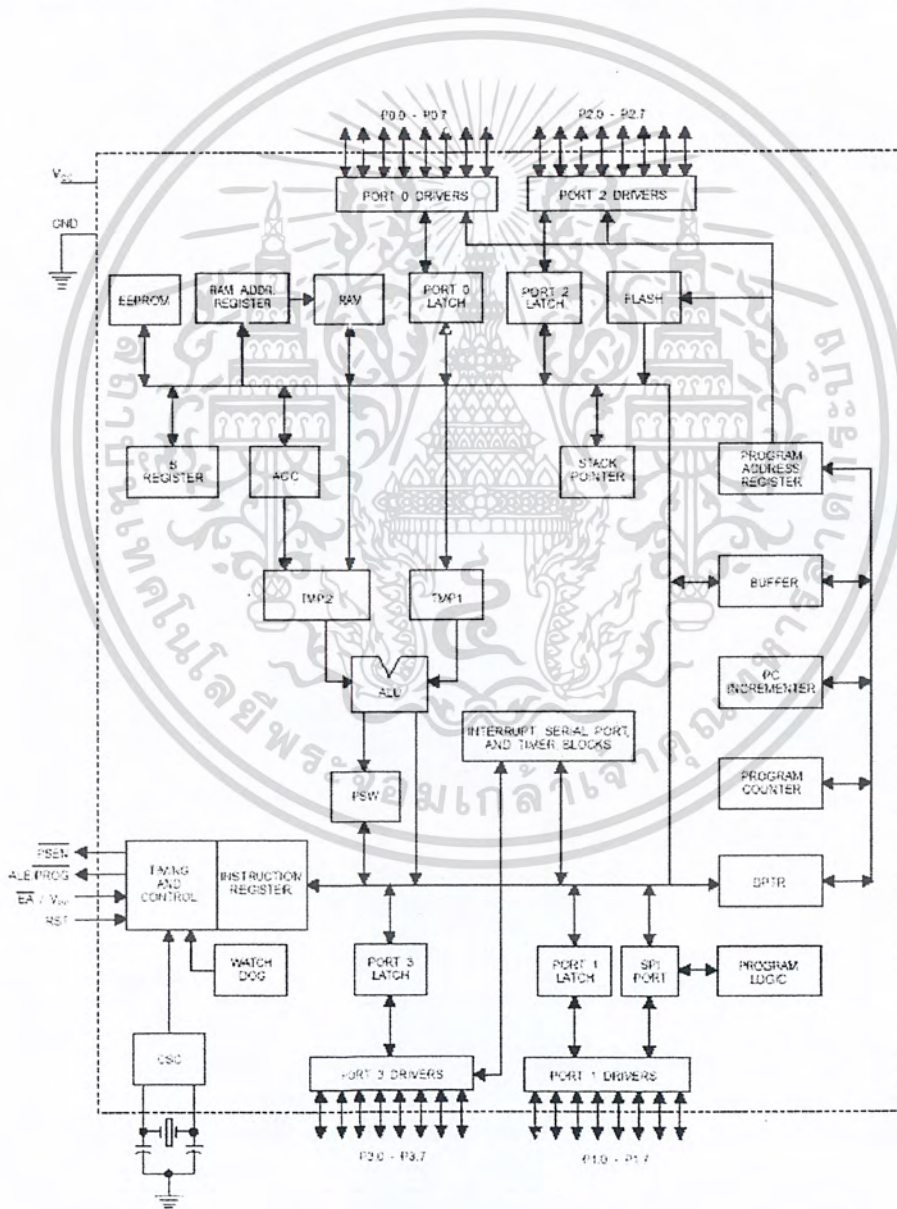
โปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมภายในชิป ให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

2.ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรถอดสิจิลเลเตอร์

3.ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรถอดสิจิลเลเตอร์

2.1.4 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของชิป MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างหน่วยความจำภายใน MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน คือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม(Program Memory)
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล(Data Memory)

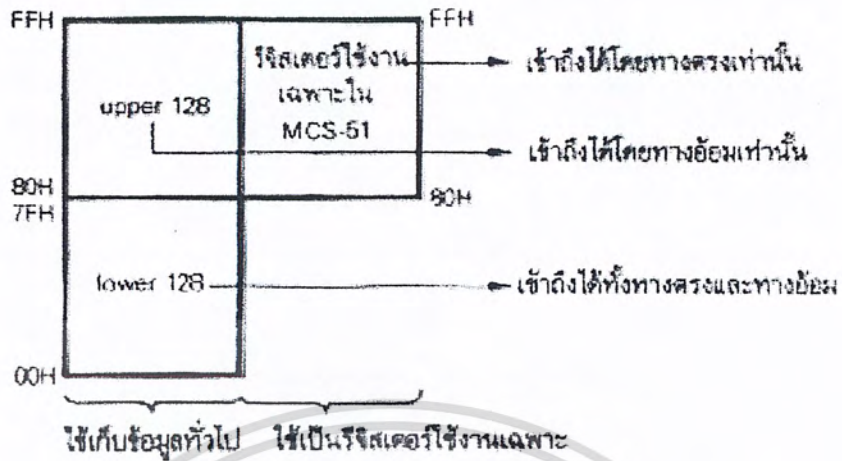
หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิป แต่บางเบอร์จะไม่มี ทำให้ต้องเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด ส่วนหน่วยความจำส่วนที่สองคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงาน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิป จำนวนหนึ่ง แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นกับเบอร์ของชิป โครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมใน MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป(Internal Program Memory) และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป(External Program Memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0,4,8,16 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป MCS-51 ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

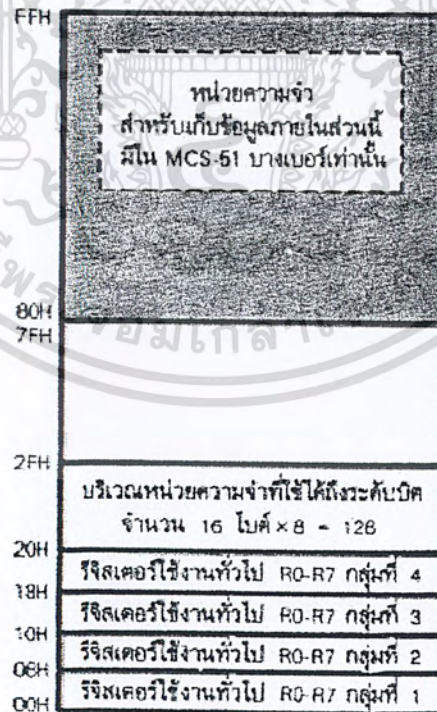
1. ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป(Internal Ram)
2. ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ(Special Function Register)

หน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS-51 หน่วยความจำส่วนนี้ไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะที่ทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของชิปผู้ แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51

MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์ ทั้งนี้ชื่อเรียกว่า Lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า Upper 128 ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั้งไปภายในชิปทั้งสองส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์หลัง(ตำแหน่ง 80H ขึ้นไป) จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไปเช่นกัน) โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน ดังจะไม่กล่าวต่อไปในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูล

2.1.5 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

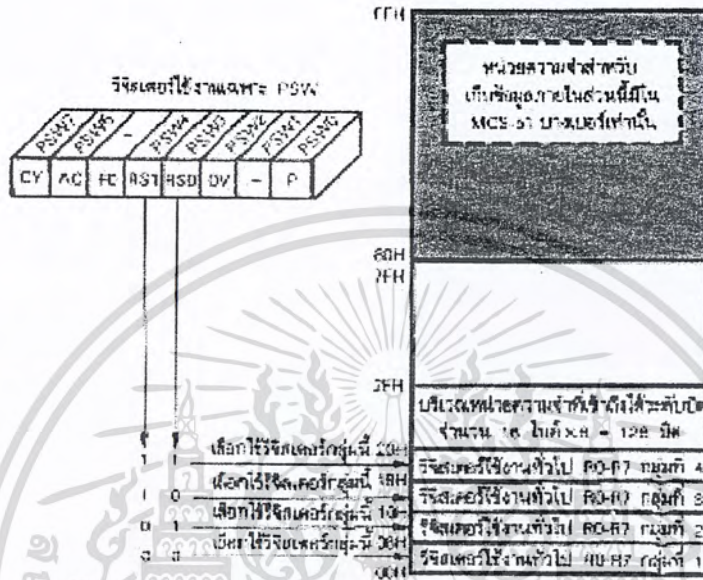
เนื่องจาก MCS-51 ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS-51 ให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะดังได้กล่าวมาแล้ว รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดใน MCS-51

ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป MCS-51 ซึ่งผู้ใช้ต้องติดตั้งเพิ่มเอง การติดต่อระหว่าง MCS-51 กับหน่วยความจำทั้งสองส่วนจะใช้ขา 32 ถึง 39 (พอร์ต 0) เป็นตัวส่งค่าแอสแอสไบต์ต่ำ(A0-A7) และใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำด้วย(ใช้กับดาต้าบัส) ส่วนค่าแอสแอสไบต์สูง(A8-A15) จะใช้ขา 21-28 (พอร์ต 2) ดังนั้นเมื่อพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก(ทั้งหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล) จะทำให้เหลือพอร์ตสำหรับใช้งานอื่นๆน้อยลง

2.1.6 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป

MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือ รีจิสเตอร์ A,B (อยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ แต่นับเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปเพราะไม่ถูกกำหนดหน้าที่ใช้งานโดยตรง) และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก ดังแสดงรูปที่ 2.5 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นจำนวนรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใดๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม(R0-R7) จะถูกเลือกใช้

งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มกระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0,RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แต่ละกลุ่ม

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง R0-R7 จะอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งจะถูกลูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้นจะไม่มีผลต่อรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลขโครงสร้างเช่นนี้ทำให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมาก โดยเฉพาะกับเขียนโปรแกรมที่มีการเรียกใช้โปรแกรมย่อย(Subroutine)

โครงสร้างพอร์ต MCS-51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตขนาด 8 บิตจำนวน 4 พอร์ต(P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ตขนานขนาด 8 บิต 4 พอร์ต หรือจะใช้เป็นพอร์ตขนาด 1 บิต ได้ถึง 32 พอร์ต ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ตใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรือเอาต์พุตพอร์ตได้อย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอก ไม่ว่าจะป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับโปรแกรมพอร์ต 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัสและแอดเดรสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ต 2 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ต 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลบัส(สัญญาณที่ใช้ควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล) แต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ต 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสไบต์สูง จะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมด แต่พอร์ต 0 จะถูกใช้หมดทั้ง 8 เส้น เพราะต้องใช้เป็นคำสั่งบัส ส่วนพอร์ต 3 จะนำมาใช้ติดต่อกับหน่วยความจำด้วยหรือไม่ขึ้นอยู่กับหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่(ต้องการสัญญาณควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูลหรือไม่) ดังนั้นในการออกแบบระบบ หากต้องการใช้หน่วยความจำภายนอกมากขึ้นเพียงใดก็จะยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ตที่จะนำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจริงจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด.

พอร์ต 3 ซึ่งมีขนาด 8 บิต นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้ว มันยังจะถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์(INT0,INT1) สัญญาณอินพุตที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์(T0,T1) รวมทั้งใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก(รับและส่งข้อมูลผ่านขา RXD,TXD) อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตพอร์ตได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ตถูกใช้เป็นอินพุตในช่วงเวลาหนึ่ง และเป็นเอาต์พุตในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้

2.1.7 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ใน MCS-51 จะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะที่สามารถที่จะนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมชชีนไซเคิลของวงจรถอดสวิตช์เตอร์ภายใน(ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก(นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขา T0,T1 ของพอร์ต 3 (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ(ในเบอร์ 8052 มีรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 2 เพิ่มให้อีก 1 ตัว) เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไปไว้ในรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 หรือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

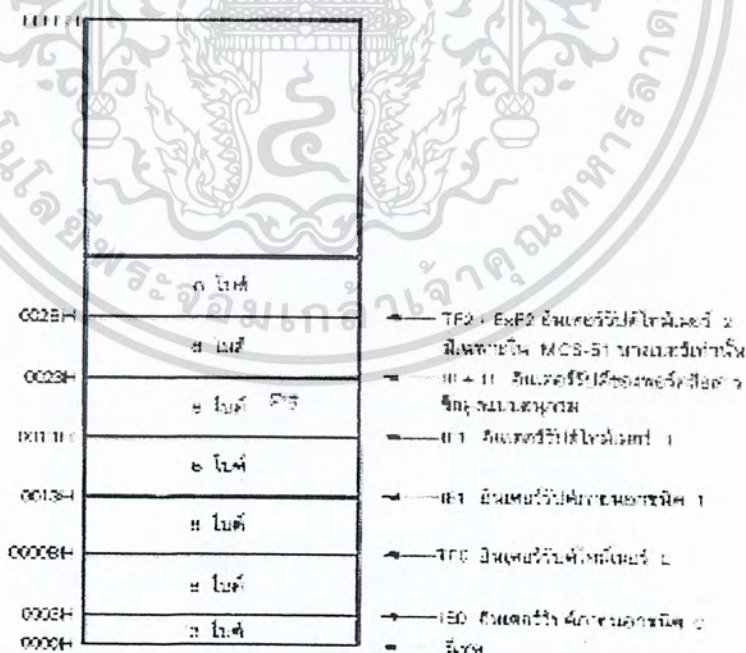
การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรถอดสวิตช์ (ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INT0,INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS-51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาแน่นอนได้

2.1.8 พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

MCS-51 สามารถที่จะรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ แต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็จะสามารถกำหนดค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยสามารถเลือกอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูล(Baud Rate) มาตรฐานได้ตั้งแต่ 110,1.2k,2.4k,4.8k,9.6k,19.2k 375k ตามมาตรฐานของ UART นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 รูปแบบ ตามความเหมาะสมในแต่ละงาน ดังจะกล่าวในเรื่องพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมอีกครั้ง

2.1.9 โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์

MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ถึง 5 ชนิด โดยจะเป็นสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก 2 ชนิด และที่เกิดจากภายในชิปอีก 3 ชนิด เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัปต์เกิดขึ้น MCS-51 จะละการทำงาน โปรแกรมที่กำลังทำอยู่และข้ามไปทำงาน โปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine) ที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งหน่วยความจำของ โปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์แต่ละชนิดใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถเลือกให้ซีพียูใน MCS-51 ถูกอินเตอร์รัปต์โดยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้ โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้ด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

2.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Source)

วิธีการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ภายใต้สภาวะของการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากไฟฟ้าตามบ้าน อุณหภูมิ และของภาระทางไฟฟ้า หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า นั้นๆ โดยการใช่วงจรเรกูเลเตอร์(Regulator)รักษาระดับแรงดัน ไฟฟ้าให้คงที่หรือไม่ให้ต่ำหรือสูง กว่าย่านที่กำหนดไว้

วงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่(Regulator Power Source)

แหล่งจ่ายไฟตรงค่าคงที่แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดค่าแรงดันคงที่(Voltage Regulator Power Supply)

2.แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดกระแสคงที่(Current Regulator Power Supply)

: ซึ่งในโครงการนี้จะกล่าวเฉพาะแหล่งจ่ายไฟตรงชนิดแรงดันคงที่เท่านั้น ซึ่งเป็น ไอซีเรกูเลเตอร์

ไอซีเรกูเลเตอร์

หลักการของ ไอซีเรกูเลเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ แบบที่มีอยู่ใน ไอซีเรกูเลเตอร์สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 4 ส่วน

1.วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง(Voltage Regulate Circuit) เป็นส่วนที่ทำงานอย่างอิสระไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร และไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่จ่ายให้แก่โหลด กล่าวคือมีความเที่ยงตรงสูงมาก

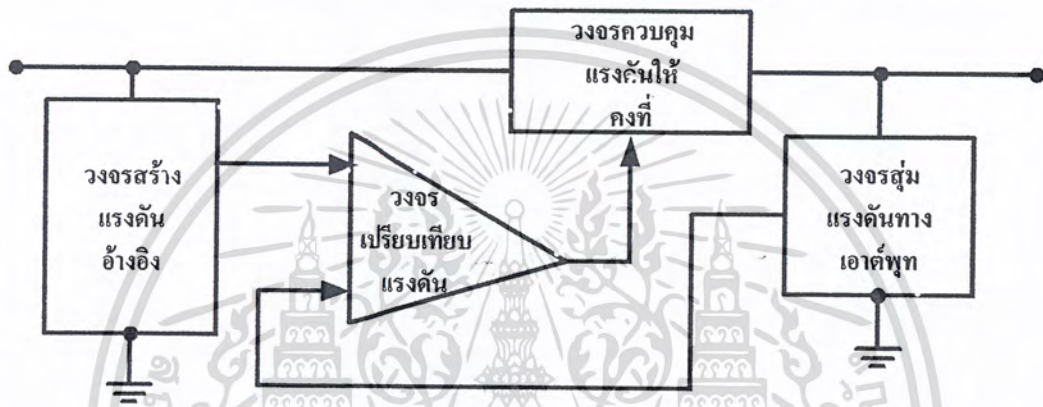
2.วงจรมุมแรงดันทางเอาต์พุต(Sampling Circuit) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับ และนำเอาค่าทางเอาต์พุตบางส่วนมาเข้าวงจรเปรียบเทียบ

3.วงจรเปรียบเทียบแรงดันหรือวงจรขยายความผิดพลาด(Error Amplifier Circuit) ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันอ้างอิงกับแรงดันที่ได้จากวงจรมุมแรงดัน แล้วนำไปควบคุมวงจรมุมแรงดันที่ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่

4.วงจรควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันขาออกให้คงที่ ตลอดเวลา โดยนำเอาค่าผิดพลาดที่ได้จากการเปรียบเทียบมาปรับ ให้แรงดันที่เอาต์พุตให้คงที่ตลอดเวลาการทำงานของวงจร เมื่อป้อนแรงดันไฟตรงที่ยังไม่คงที่ให้กับวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ แล้วแรงดันที่ออกทางเอาต์พุตส่วนหนึ่งจะถูกป้อนกลับมายังอินพุตโดยวงจรมุมแรงดัน โดยแรงดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จากวงจรสุ่มแรงดันจะเป็นสัดส่วนกับที่ออกทางเอาต์พุต ถ้าระดับแรงดันที่สุ่มมามีค่ามากกว่าระดับแรงดันอ้างอิง วงจรขยายความผิดพลาดก็จะลดระดับการขยายสัญญาณ ทำให้วงจรควบคุมแรงดันทางด้านเอาต์พุตจ่ายกระแสลดลง เป็นผลทำให้แรงดันทางเอาต์พุตที่จ่ายให้กับโหลดลดลงด้วย และถ้าแรงดันที่สุ่มมามีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง วงจรขยายแรงดันผิดพลาดจะเพิ่มระดับการขยายสัญญาณ ทำให้วงจรควบคุมแรงดันทางเอาต์พุตจ่ายกระแสเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้แรงดันทางเอาต์พุตที่จ่ายให้กับกลับเพิ่มขึ้นด้วย การกระทำแบบนี้จะทำให้แรงดันที่ได้ทางเอาต์พุตมีค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.8 บล็อกโคแอสแกรมพื้นฐานของวงจรรักษาระดับคงที่แบบอนุกรม

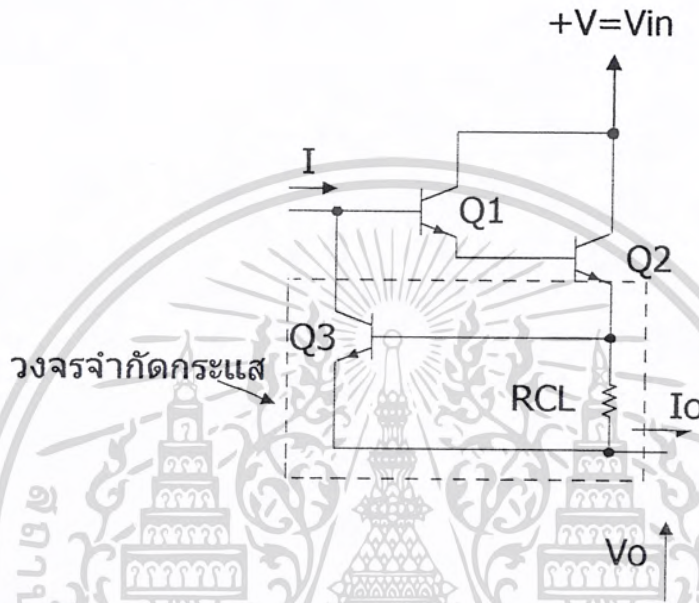
วงจรจำกัดกระแสหรือวงจรป้องกันการลัดวงจรทางเอาต์พุตตามปกติในส่วนของ การควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ เมื่อนำไปใช้งานจริงทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียภายในตัวเอง (Power Dissipation = PD) กำลังสูญเสียส่วนใหญ่จะเป็นความร้อน โดยกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน เพราะฉะนั้นในส่วนของวงจรควบคุมแรงดัน แรงดันเอาต์พุตจะมีโอกาสเสียหาย หรือพังได้ง่ายที่สุดเพราะเป็นส่วนที่จ่ายกระแสให้กับภาระทางไฟฟ้าจึงเกิดกำลังสูญเสียมากที่สุด กำลังสูญเสียสามารถหาได้จากสมการ

$$PD = (V_{in} - V_o) * I_o \quad (2.1)$$

เมื่อ	PD	คือ กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้น	หน่วยเป็น วัตต์
	V_{in}	คือ แรงดันที่ป้อนให้ทางอินพุต	หน่วยเป็น โวลต์
	V_o	คือ แรงดันที่ออกทางเอาต์พุต	หน่วยเป็น โวลต์
	I_o	คือ กระแสที่จ่ายออกทางเอาต์พุต	หน่วยเป็น แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ หรือเอาต์พุตเกิดการลัดวงจรจะทำให้เกิดกำลังสูญเสียเนื่องจากแรงดันอินพุตจะตกคร่อมในวงจรส่วนที่ควบคุมแรงดันเอาต์พุตทั้งหมด ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียหรือเกิดความร้อนมากที่สุด วิธีป้องกันก็คือสร้างวงจรจำกัดกระแสให้เหมาะสมโดยไม่ทำให้วงจรควบคุมแรงดันเอาต์พุตเสียหายได้



รูปที่ 2.9 วงจรจำกัดกระแสอย่างง่าย

จากรูปที่ 2.9 ได้แสดงวงจรจำกัดกระแสอย่างง่ายโดยที่ Q1 และ Q2 เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีอยู่ในส่วนของวงจรควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ ส่วน Q3 เป็นวงจำกัดกระแส จากรูปที่ 2.9 สามารถหากระแสที่เหมาะสมที่ไหลผ่าน Q3 ได้ โดยนำค่ากำลังการสูญเสียสูงสุด ($PD_{(max)}$) ของทรานซิสเตอร์ที่ยังสามารถทำงานได้โดยไม่พังมาหารด้วยแรงดันที่ป้อนให้วงจรเรกูเลตทางอินพุต

$$I_{ci} = (PD_{(max)}) / V_{in} \quad (2.2)$$

จากสมการก็จะได้กระแสที่เอาต์พุตสูงที่สุดซึ่งไม่ทำให้ทรานซิสเตอร์พัง จากวงจรในรูปที่ 2.9 เมื่อไอซีเรกูเลตจ่ายกระแสตามปกติโดยไม่เกินค่าที่สามารถทำได้ Q3 จะไม่ทำงานและไม่สามารถที่จะดึงกระแสที่จ่ายให้กับขาเบสของ Q1 ได้เลย แต่ถ้ามีการลัดวงจรหรือภาระทางไฟฟ้าดึงกระแสมากเกินไป จะทำให้แรงดันตกคร่อม RCL จนถึงค่าๆหนึ่งซึ่งจะเป็นไบอัสให้กับ Q3 ทำงานได้

Q3 ก็จะทำหน้าที่ดึงกระแสที่ไหลเข้าขาเบสของQ1ลดลงเป็นผลให้กระแสที่ไหลผ่านQ1และQ2 ซึ่งเป็นกระแสที่จ่ายทางเอาต์พุตด้วย

2.3 มอเตอร์กระแสตรง (Direct Current Motor)

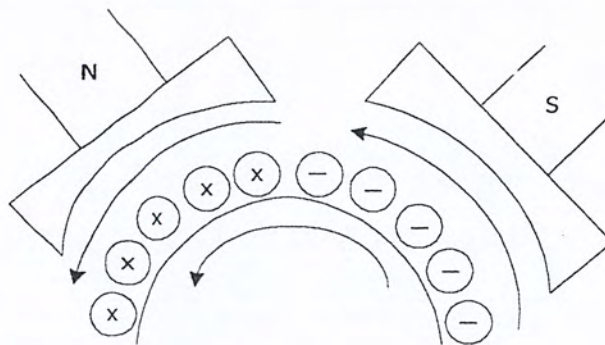
มอเตอร์คือตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อนำพลังงานที่ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่างๆตามที่เราต้องการ ซึ่งเกิดจากหลักการที่ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้นจะทำให้เกิดแรงขึ้นในทิศทางที่หาได้จาก กฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง ซึ่งเขียนได้เป็นสมการได้ดังนี้

$$F = B * I * L \quad (2.3)$$

เมื่อ	F	คือ แรงที่เกิดบนตัวนำหนึ่งตัว	หน่วยเป็น นิวตัน
	B	คือ ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก	หน่วยเป็น เวเบอร์/เมตร
	I	คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวนำ	หน่วยเป็น แอมป์
	L	คือ ความยาวของตัวนำ	หน่วยเป็น เมตร

แรงที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในทิศแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสที่ไหลผ่านตัวนำนั้น มอเตอร์กระแสตรงนั้นมี โครงสร้างพื้นฐานที่เหมือนกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จึงสามารถนำไปใช้งานสลับกันได้ ซึ่งเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงทั้งสามแบบ คือ 1.ขดลวดอนุกรม (Series Wound) 2. ขดลวดขนาน(Shunt Wound) 3.ขดลวดผสม(Compound Wound)

2.3.1 หลักการของมอเตอร์ไฟตรง (Direct Current Motor's Principle)



รูปที่ 2.10 หลักการของมอเตอร์ไฟตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 แสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์ไฟตรงที่หลายขั้วแม่เหล็ก เมื่อป้อนไฟเข้าไปที่ สนามกระตุ้นจะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ขั้วแม่เหล็ก และ เมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านตัวนำที่ อาร์เมเจอร์ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั่นคือทำให้อาร์เมเจอร์หมุน แต่ถ้า เรากำหนดให้กระแสไหลในตัวอาร์เมเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือมีทิศทางของกระแสพุ่งเข้าข้างในดัง ทางลูกศรที่เป็นกากบาท ส่วนตัวนำที่อยู่ภายใต้ขั้วใต้ให้กระแสพุ่งออกข้างนอกดังหัวลูกศรป็นจุด ดังนั้นเราจึงสามารถหาทิศทางเคลื่อนที่ของตัวนำทุกๆตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็ก ทั้งขั้วเหนือ และ ขั้วใต้จากกฎมือซ้ายของเฟรมมิ่งวิธีหาคือ กางนิ้วมือซ้ายออกโดยให้ นิ้วชี้และนิ้วกลางกางออก ให้ตั้งฉากซึ่งกัน และ กัน และ กำหนดให้นิ้วชี้ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กคือ ชี้จากขั้วเหนือ ไปขั้วใต้ ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ณ ตัวนำที่ทำการหาทิศทาง การเคลื่อนที่ และนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางของการเคลื่อนที่ของตัวนำนั้นๆพบว่าแรงที่เกิดกับตัวนำที่อยู่ ภายใต้ขั้วเดียวกัน จะมีทิศทางเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกันอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นรอบวง ของอาร์เมเจอร์นั้นๆ และพบอีกว่าแรงที่เกิดภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุกขั้วนั้นสลับกันไปจะมีทิศทาง เดียวกันทั้งสิ้น โดยอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับเส้นรอบวงนั้นๆนั่นคือภายใต้ขั้วแม่เหล็ก แต่ละขั้วก็จะ เกิดแรงผลักขึ้นแรงหนึ่ง ดังนั้นเมื่อมีหลายขั้วจึงมีหลายแรงและ ทุกๆแรงต่างก็รวมตัวกันเป็นแรง บิดขึ้นมาแรงหนึ่งทำให้มอเตอร์หมุนไปได้จากแรงที่เกิดขึ้น ตัวที่ทำหน้าที่ให้กระแสไหลผ่านตัวนำ ไปในทิศทางเดียวกันภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้ว ซึ่งช่วยทำให้แรงบิดไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง นั่นคือ คอมมิวเตเตอร์(Commutator)

2.3.2 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนาม แม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่ง ประเภทการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์เส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบ โครงสร้างอาร์เมเจอร์สามารถแยก ออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์ที่มีขอลวดพัน
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์ที่มีขอลวดหมุน

นอกจากนี้ดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน(Brushless DC Motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่านยกเว้นการคอมมิวเทชัน กระทำโดยเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่การกระทำโดยวิธีการเชิงกล

2.3.2.1 ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็ก ได้ยังแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ.

- 1.แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์
- 2.แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

มอเตอร์ดีซีแบบขดลวดแม่เหล็กต่ออนุกรมจะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสที่นั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว และแรงบิดเป็นนอติเฟิรการต่อมอเตอร์แบบดังกล่าวจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง

2.3.2.2 มอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์ โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ในระบบนี้เส้นแรงของฟิลด์จะมีค่าคงที่ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ และแรงบิดจะมีค่าคงที่ ดังสมการที่ 2.4

$$T = K_t * I \quad (2.4)$$

เมื่อ	T	คือ แรงบิดของเพลา	หน่วยเป็น นิวตัน-เมตร
	I	คือ กระแสไฟฟ้า	หน่วยเป็น แอมป์
	K_t	คือ ตัวคงที่	

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับผลของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดโวลต์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลามอเตอร์และ ด้านการไหลขอลกระแสความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับนี้ และ ความเร็วเพลาของมอเตอร์คือ

$$E = K_e * \omega \tag{2.5}$$

เมื่อ E คือ โวลต์เตจย้อนกลับ emf หน่วยเป็น โวลต์
 ω คือ ความเร็วของมอเตอร์ หน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์แรงบิด และความเร็วอยู่ในลักษณะ
 ลิเนียร์สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

$$V = K_e \omega + L di / dt + R i \tag{2.6}$$

เมื่อ V คือ โวลต์เตจที่ป้อนให้กับมอเตอร์ หน่วยเป็น โวลต์
 K_e คือ ค่าคงที่ของโวลต์เตจย้อนกลับ
 L คือ อินдукแตนซ์ของอาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น เฮนรี่
 R คือ ความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์ หน่วยเป็น โอห์ม

สมการทางไดนามิกของมอเตอร์คือ

$$T_g = J \omega / dt + B \omega + T_f + T_L \tag{2.7}$$

เมื่อ T_g คือ แรงบิดที่กำหนดโดยมอเตอร์
 J คือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด
 B คือ สัมประสิทธิ์ของวิสตอสแดมป์ปิ้ง
 T_f คือ แรงบิดเสียดทานภายใน
 T_L คือ แรงบิดโหลด

สมการต่างๆของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้นฟลด์จะเหมือนกับแรงกระตุ้นฟลด์คงที่ อย่างไรก็ตาม
 ตามข้อดีของมอเตอร์แบบฟลด์ถาวรซึ่งดีกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟลด์ด้วยการพันของขด
 ลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟลด์มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีแรง

มาเท่ากันนอกจากนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้น ยังให้ค่ากระแสที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็น ขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

2.3.2.3 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก

โครงสร้างของดีซีมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุด และมีค่าอินดักแตนซ์ของ โรเตอร์สูงที่สุดด้วยดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณความร้อนได้สูง และสามารถทนการ โอเวอร์โหลดได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

2.3.2.4 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

การออกแบบของโรเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว โดยไม่มีสล๊อตทำให้ได้อินดักแตนซ์ ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสียคือทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้ใหญ่ขึ้น และราคาแพง กว่าแบบแกนเหล็กด้วย

2.3.2.5 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

มอเตอร์แบบขดลวดหมุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยน้อยมาก และรูปลักษณะโครงสร้างภายนอกและ โครงสร้างของแม่เหล็กมอเตอร์แบบนี้จะมีช่องว่างอากาศ (Airgap) ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบ ให้โครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากัน กับของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว นอกจากนี้โครงสร้างของมอเตอร์มีความร้อนต่ำมาก ถ้า หากเกิดการโอเวอร์โหลดก็จะทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหายได้ง่าย และโรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่า ของอินดักแตนซ์ต่ำมากคือน้อยกว่า 10 ไมโครเฮนรี่

มอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่อีกลักษณะหนึ่งซึ่งมีโครงสร้างของอาร์เมเจอร์เป็นรูปร่าง งานซึ่งทำขึ้นจากขดลวดตัวนำซ้อนขึ้นหลายๆชั้น ซึ่งเรามักเรียกว่า(Printed Motor)ตัวอย่างอีกอัน หนึ่งของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาด 7 แรงม้า ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งาน เครื่องมือกลได้ดี สามารถให้แรงบิดได้สูงสุดถึง 100 ft-lb และพัลส์กระแสได้ถึง 800 แอมแปร์ ใน ปัจจุบันดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนนี้ให้ประสิทธิภาพการทำงานดีเยี่ยมเหมาะสำหรับ เป็นตัวขับเคลื่อนในระบบการบังคับตำแหน่ง และยังให้อัตราส่วนระหว่างแรงบิดและแรงเฉื่อยได้ สูง และมีค่าอินดักแตนซ์ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับมอเตอร์แบบอื่นๆนอกจากความสามารถในการเพิ่ม อัตราแรงกระทำได้สูง 10^6 เรเดียน/วินาที²

2.3.2.6 ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน

ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านจะมีความแตกต่างจากดีซีมอเตอร์แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว การ คอมมิวเทชันกระแสอาร์เมเจอร์จะใช้วิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้จะมี โรเตอร์เป็นแม่เหล็กแบบยี่ด(Back Iron) และขดลวดคอมมิวเตทจะอยู่ภายนอกส่วนของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เปรียบเทียบกับดีซีมอเตอร์ทั่วไปแล้วจะมีโครงสร้างที่มีส่วนประกอบกลับกัน) การประยุกต์ใช้งานของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านนี้มักจะใช้ในระบบที่ต้องการโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำเนื่องด้วยโครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์แบบนี้สร้างขึ้นด้วยสารแม่เหล็กชนิดพิเศษ เพื่อให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีโมเมนต์แรงเฉื่อยต่ำ

2.3.3 วงจรควบคุมความเร็ว ดีซีมอเตอร์

หลักการทำงาน

โดยปกติแล้วเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงสุด ดังนั้นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์มีวิธีหนึ่งทำได้โดยการปรับค่าความต้านทานซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อปรับระดับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แต่วิธีนี้เป็นการสูญเสียกำลังไฟฟ้าไป (Power Consumption) และความร้อนที่เกิดขึ้นมาตลอดเวลา ดังนั้นจึงมักเลี่ยงไปใช้การควบคุมแบบสวิตช์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เป็นช่วงๆ ให้กับมอเตอร์แทน เทคนิคที่นิยมด้วยกัน 2 วิธีคือ

1. พัลส์วิดมอดูเลท (PWM: Pulse-Width Modulate)

เป็นการใช้ความถี่คงที่ในการสร้างจังหวะการเปิด-ปิดสวิตช์ซึ่งจะควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์อีกต่อหนึ่งสำหรับการควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้านั้น ใช้การปรับเปลี่ยน ช่วงเวลาการเปิด-ปิดซึ่งจะสัมพันธ์กับช่วงเวลาของการเปิดปิดสวิตช์แทนซึ่งเรียกว่า ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

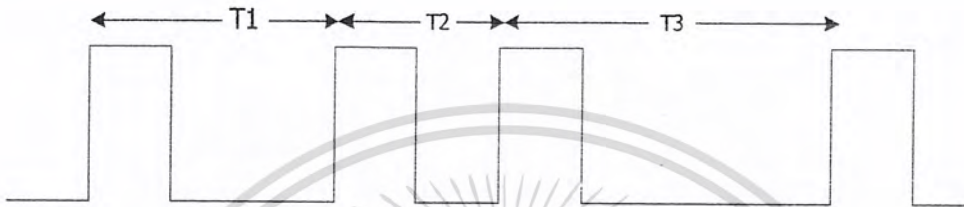


รูปที่ 2.11 สัญญาณพัลส์ที่ได้จากการเปิด-ปิดสวิตช์ควบคุมความเร็วการหมุนของมอเตอร์ โดย การควบคุมแบบพัลส์วิดมอดูเลทที่ความถี่ที่แต่เปลี่ยนแปลงค่าดิวตี้ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พัลส์ฟรีควเอนซีมอดูเลต (PFM:Pulse-Frequency Modulate)

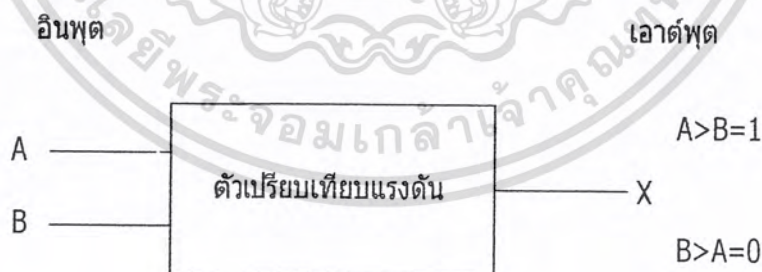
เป็นการควบคุมการเปิด-ปิดสวิทช์ที่ควบคุมจังหวะการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ดังนั้นความถี่การควบคุมจังหวะการเปิดปิด จะมีผลต่อการควบคุมระดับแรงดันที่จะไปเปลี่ยนความเร็วการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 2.12 สัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการเปิด-ปิดสวิทช์ เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการควบคุมแบบเปลี่ยนค่าความถี่ที่แตกต่างกันไปตามระยะ ระหว่างของพัลส์จึงเรียกว่า การควบคุมความเร็วที่เกิด

2.4 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator Circuit)

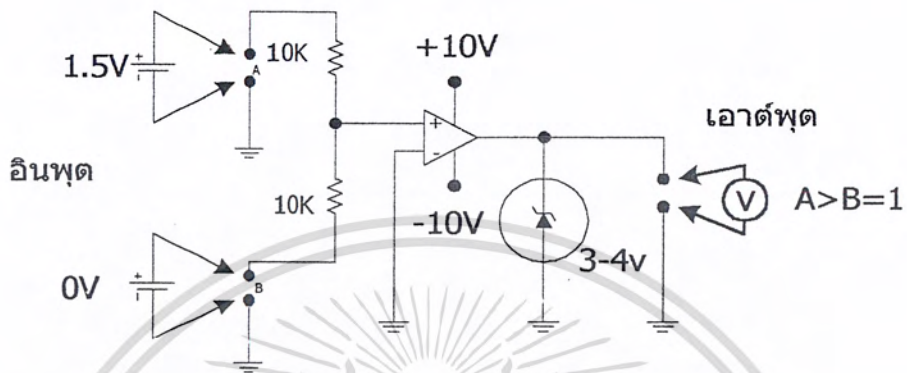
การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน มีลักษณะของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน มีอินพุตรับแรงดันแอนะล็อก 2 อินพุต คือ A และ B เพื่อเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 2.13 ผลของการเปรียบเทียบแรงดัน คือ ถ้าแรงดันอินพุต $A > B$ เอาต์พุต $X = 1$ และถ้าอินพุต $B > A$ ดังนั้นจะทำให้เอาต์พุต $X = 0$



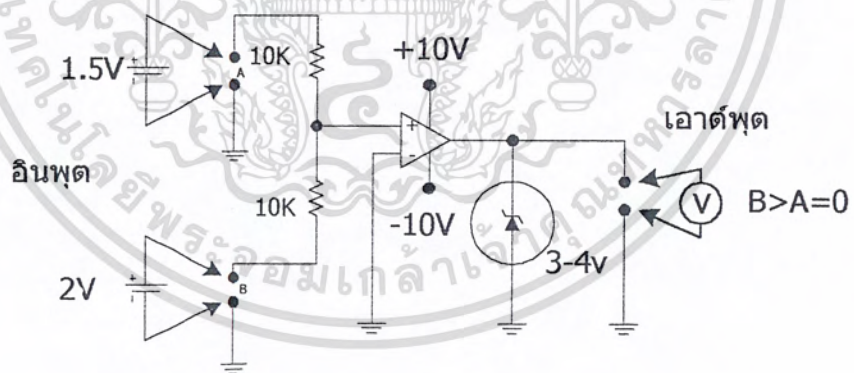
รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรภายในของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน จะใช้วงจรออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดัน ดังรูปที่ 2.14 เมื่อแรงดันแอนะล็อกที่อินพุต A เท่ากับ 1.5 โวลต์ มากกว่าแรงดันแอนะล็อกที่อินพุต B (0 โวลต์) ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์เท่ากับ 4 โวลต์ เท่ากับแรงดันซีเนอร์ที่เอาต์พุตของออปแอมป์เอาต์พุตจะเป็นลอจิก “1”(A>B=1) และในรูปที่ 2.15 เมื่อแรงดันที่อินพุต B เท่ากับ 1.5 โวลต์ มากกว่าแรงดันที่อินพุต A (0 โวลต์) ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์เท่ากับ 0 โวลต์ เท่ากับแรงดันซีเนอร์ที่เอาต์พุตของออปแอมป์เอาต์พุตจะเป็นลอจิก “0”(B>A=0) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 โวลต์ ดังนั้นแรงดันที่ B มากกว่าที่อินพุต A ผลก็คือแรงดันเอาต์พุตของวงจรจะได้ 0 โวลต์ คือ (ลอจิก“ 0 “) นั่นคือ($B > A = 0$)



รูปที่ 2.14 การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้อปแอมป์ เมื่ออินพุต $A > B = 1$

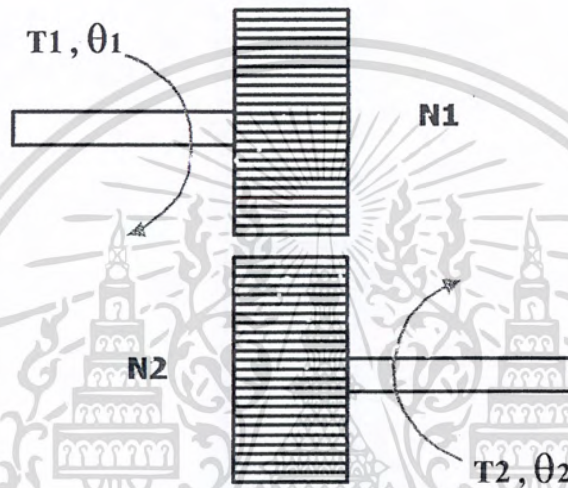


รูปที่ 2.15 การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้อปแอมป์ เมื่ออินพุต $B > A = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบเกียร์

ระบบเกียร์ เป็นอุปกรณ์เครื่องกลซึ่งสามารถส่งพลังงานจากส่วนหนึ่งของระบบไปยังส่วนอื่นๆ ได้ในรูปของแรงงาน แรงบิด ความเร็ว และการเคลื่อนที่ นอกจากนั้นอุปกรณ์เหล่านี้ยังเป็นเสมือนอุปกรณ์สำหรับประสาน(Matching) ที่สามารถใช้ส่งผ่านกำลังงานให้ได้ค่าสูงสุด รูปที่ 2.16 แสดงการคัปปลิงเกียร์ 2 ตัว เข้าด้วยกันแรงเฉื่อยและแรงเสียดทานของเกียร์จะไม่นำมาคิดในเมื่อพิจารณาถึงเกียร์ในอุดมคติ



รูปที่ 2.16 ระบบการคัปปลิงของเกียร์

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด T_1 และ T_2 การเคลื่อนที่เชิงมุม θ_1 และ θ_2 และจำนวนซี่ฟัน N_1 และ N_2 ของระบบเกียร์สามารถหาได้ดังต่อไปนี้

1. จำนวนซี่ฟันของเกียร์จะเป็นสัดส่วนกับรัศมี r_1 และ r_2 ของเกียร์ นั่นคือ

$$r_1 * N_2 = r_2 * N_1 \quad (2.8)$$

2. ระยะทางการเคลื่อนที่ไปของเกียร์แต่ละตัวเท่ากันดังนั้น

$$\theta_1 * r_1 = \theta_2 * r_2 \quad (2.9)$$

3. แรงงานที่ได้จากเกียร์ตัวหนึ่งจะเท่ากับแรงงานที่ได้จากเกียร์อีกตัวหนึ่ง เนื่องจากสมมติให้ว่าไม่มีการสูญเสียแรงงานดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_1 * \theta_1 = T_2 * \theta_2 \quad (2.10)$$

ถ้าความเร็วเชิงมุมของเกียร์ทั้งสองคือ ω_1 และ ω_2 ในรูปที่ 2.17 สมการ(2.8),(2.9)และ (2.10)เขียนใหม่ได้เป็น

$$T_1 / T_2 = \theta_2 / \theta_1 = N_1 * N_2 = \omega_2 / \omega_1 = r_2 / r_1 \quad (2.11)$$

ในทางปฏิบัติตัวเกียร์จริงๆจะต้องมีแรงเฉื่อย และแรงเสียดทานเกิดขึ้นเนื่องจากการค้ำปดถึงระหว่างซี่ฟันของเกียร์ซึ่งไม่สามารถจะตัดทิ้งได้ ระบบสมมูลย์ของเกียร์ที่มีวิสกอสฟริกชันคลออมป์ฟริกชัน และแรงเฉื่อยพิจารณาเป็นส่วนประกอบของระบบดังแสดงในรูปที่ 2.17 ตัวแปรและพารามิเตอร์ต่อไปนี้อธิบายถึงระบบเกียร์

เมื่อ T = แรงบิดที่ป้อนให้กับระบบเกียร์

θ_1 และ θ_2 = ระยะการเคลื่อนที่ระยะเป็นเชิงมุม

T_1 และ T_2 = แรงบิดที่ส่งผ่านมายังเกียร์

J_1 และ J_2 = แรงเฉื่อยของเกียร์

N_1 และ N_2 = จำนวนซี่ฟัน

F_{c1} และ F_{c2} = สัมประสิทธิ์ของคลออมป์ฟริกชัน

B_1 และ B_2 = สัมประสิทธิ์ของวิสกอสฟริกชัน

$$T_1(t) = N_1 * T_2(t) / N_2 = (N_2 / N_1)^2 * J_2 * d^2\theta_1(t) / dt^2 + (N_1 / N_2)^2 * B_2 * d\theta_1(t) / dt + (N_1 / N_2) * F_{c2} * \theta_1 / \theta_2 \quad (2.12)$$

จากสมการ(2.12)แสดงให้เห็นว่าเป็นไปได้ที่จะสะท้อนแรงเฉื่อย,แรงเสียดทาน,แรงบิด,ความเร็ว และการเคลื่อนที่จากข้างหนึ่งของระบบเกียร์ไปอีกด้านหนึ่งของระบบเกียร์

ดังนั้นเราจะได้ปริมาณค่าต่างๆต่อไปนี้ เมื่อพารามิเตอร์ของค่าต่างๆของเกียร์ตัวที่สองสะท้อนไปยังตัวเกียร์อีกด้านหนึ่ง

เมื่อ แรงเฉื่อย : $(N_2 / N_1)^2 * J_2$

สัมประสิทธิ์ของวิสกอสฟริกชัน : $(N_1 / N_2)^2 * B_2$

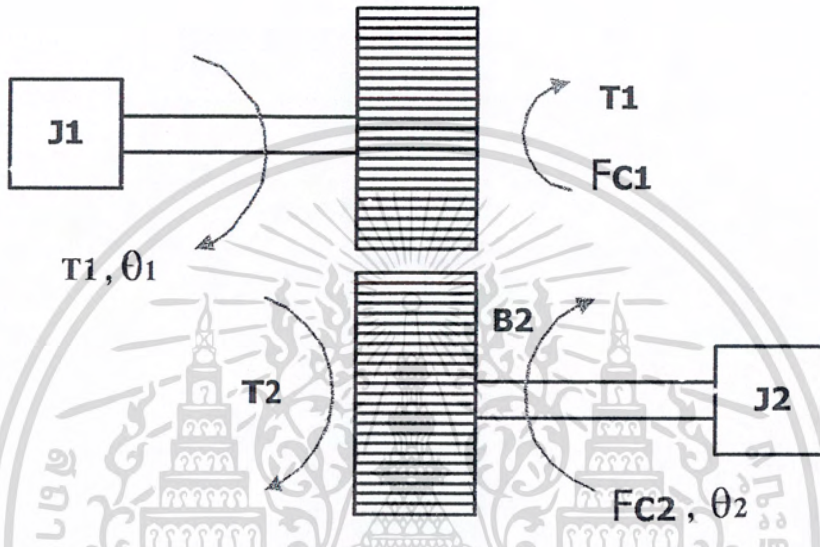
แรงบิด : $N_1 * T_2(t) / N_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลื่อนที่เชิงมุม: $(N_1/N_2) * \theta_2$

ความเร็วเชิงมุม: $(N_1/N_2) * \omega_2$

แรงบิดคู่ลอมบ์ฟริคชัน: $(N_1/N_2) * F_{c2}(\omega_2/|\omega_2|)$



รูปที่ 2.17 ระบบการค้ำพลังของเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและโครงสร้างของเครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา

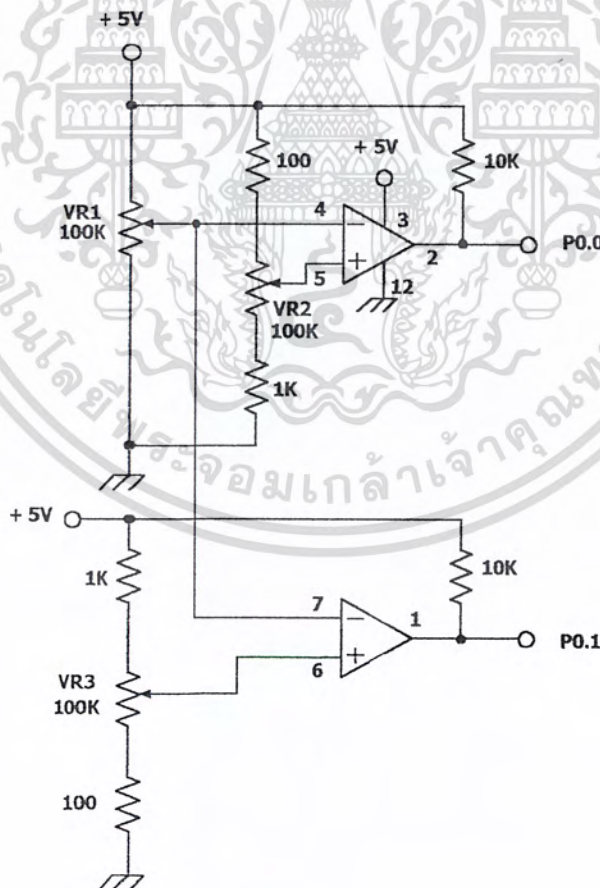
3.1 การออกแบบและสร้างวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator Circuit)

ในโครงงานนี้ได้ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM-339 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันระหว่าง 2 แรงดันที่ถูกส่งมาจากความต้านทานปรับค่าได้แต่ละตัว ในโครงงานได้ใช้ความต้านทานปรับค่าได้อยู่ 3 ตัว ซึ่งเราจะกำหนดให้แต่ละตัวแทนด้วยชื่อย่อดังนี้ VR1, VR2, VR3

โดยที่ VR1 จะเป็นตัวกำหนดองศาในการเลื่อนเข้า

VR2 จะเป็นค่าความต้านทาน ที่เลื่อนค่าเพื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้านทาน VR1 หรือ VR3

VR3 จะเป็นตัวกำหนดองศาในการกางออก



รูปที่ 3.1 การต่อวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

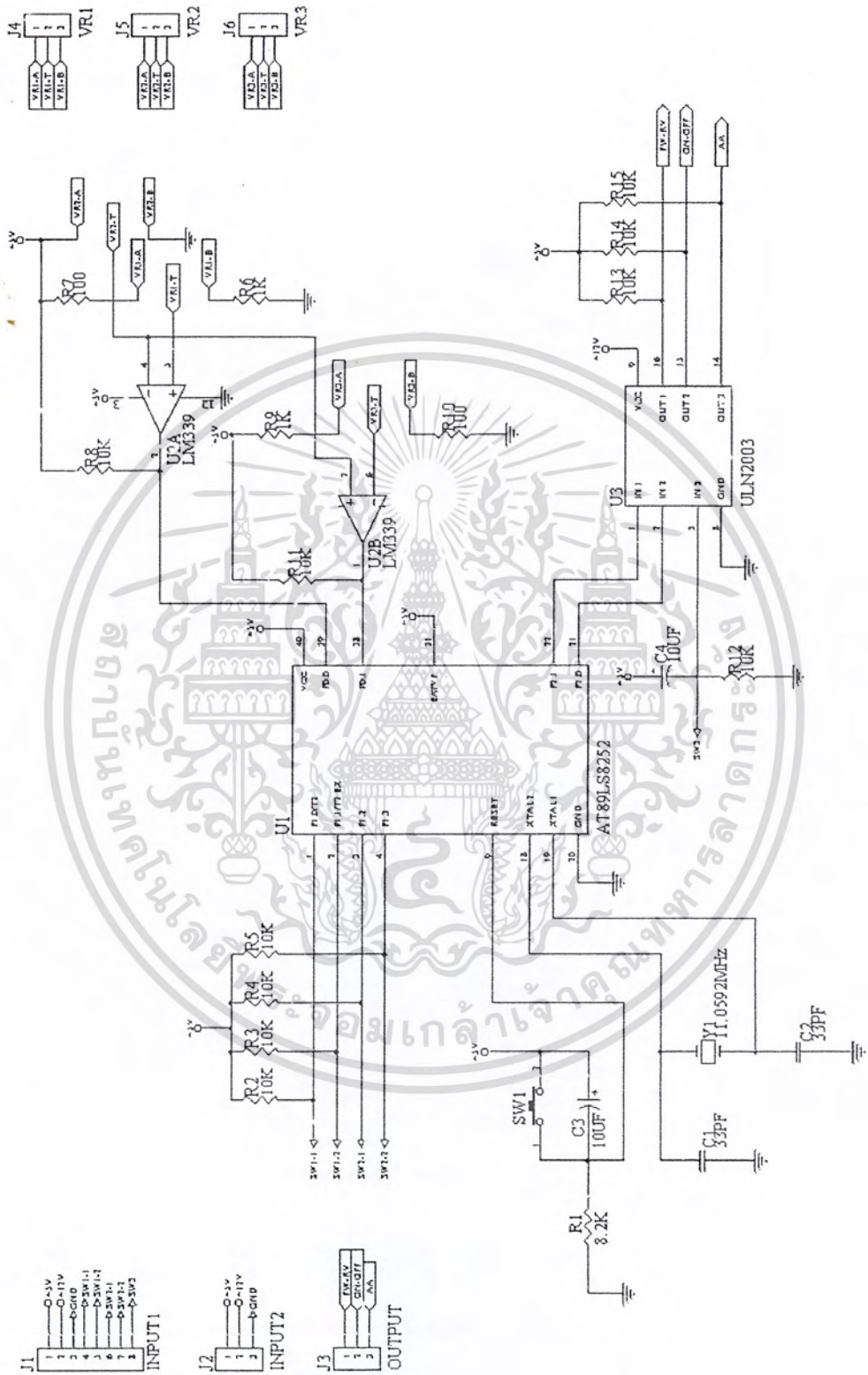
การต่อวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อทำการทดสอบ เมื่อเราปรับค่าความต้านทานที่ VR1 เราจะได้ค่าระดับแรงดันออกมาหนึ่งค่า ซึ่งค่าแรงดันที่ได้นี้จะเป็นตัวตั้งเพื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงดันที่ได้จากความต้านทานปรับค่าได้ที่ VR2 จากนั้นเมื่อตัวโครงงานเลื่อนเข้าค่าแรงดันที่ VR2 ก็จะเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ (ตัวโครงงานก็เลื่อนเข้ามาเช่นกัน)ตัวโครงงานจะหยุดเลื่อนเข้าก็ต่อเมื่อค่าแรงดันที่ VR2 น้อยกว่าค่าแรงดันที่ VR1 ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้จะถูกส่งไปที่พอร์ต P0.0 เพื่อทำการประมวลผล

เมื่อ แรงดันที่ VR1 > แรงดันที่ VR2 ค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็น 5 โวลต์
แรงดันที่ VR1 < แรงดันที่ VR2 ค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็น 0 โวลต์

ในทำนองเดียวกันเมื่อเราปรับค่าความต้านทานที่ VR3 เราจะได้ค่าระดับแรงดันออกมาหนึ่งค่า ซึ่งค่าแรงดันที่ได้นี้จะเป็นตัวตั้งเพื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงดันที่ได้จากความต้านทานปรับค่าได้ที่ VR2 จากนั้นเมื่อตัวโครงงานกางออกค่าแรงดันที่ VR2 ก็จะเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ (ตัวโครงงานก็กางออกมาเช่นกัน) ตัวโครงงานจะหยุดกางออกก็ต่อเมื่อค่าแรงดันที่ VR2 น้อยกว่าค่าแรงดันที่ VR1 ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้จะถูกส่งไปที่พอร์ต P0.1 เพื่อทำการประมวลผล

เมื่อ แรงดันที่ VR3 > แรงดันที่ VR2 ค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็น 5 โวลต์
แรงดันที่ VR3 < แรงดันที่ VR2 ค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็น 0 โวลต์

ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเราจะได้ค่าเอาต์พุตของออปแอมป์ LM-339 เข้ามาที่พอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตำแหน่งขา P0.0 และ P0.1 จากนั้นจะนำค่าที่ได้นี้มาเป็นตัวพิจารณาในการเขียนเงื่อนไขของโปรแกรม เพื่อควบคุมทิศทางการหมุนหรือจำนวนรอบในการหมุนของมอเตอร์ โดยจะได้ส่งค่าออกไปที่พอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ตำแหน่งขา P2.0 และ P2.1 ซึ่งสัญญาณทั้งสองนี้จะต้องการขยายสัญญาณเสียก่อน โดยการผ่านภาคไดรเวอร์(Driver) ซึ่งในโครงงานนี้ให้ IC Drive เบอร์ ULN-2003 เป็นตัวขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งสัญญาณเข้าสู่ ภาคควบคุมมอเตอร์



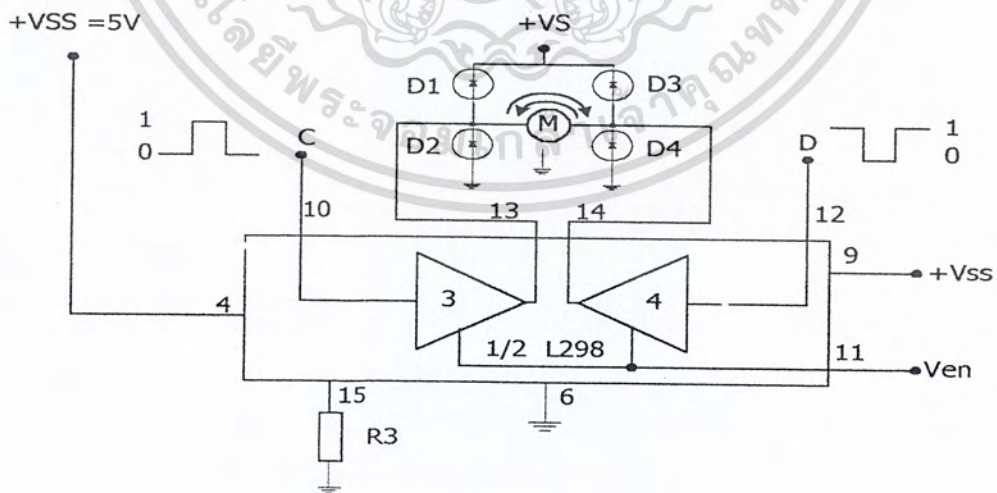
รูปที่ 3.2 วงจรเปรียบเทียบแรงดันและวงจรไดรเวอร์ เมื่อต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบและสร้างวงจรภาคขับเคลื่อนมอเตอร์

ไอซีขับเคลื่อนมอเตอร์ดีซีเบอร์ L298 ในโครงงานนี้เพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบวงจรภาคขับเคลื่อนมอเตอร์ จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ L298 ซึ่งเป็นไอซีที่สามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้ถึง 3A ถ้านำไปขับเคลื่อนมอเตอร์ก็ยังสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ตามต้องการ โดยการป้อนสัญญาณควบคุมลอจิกที่อินพุตของไอซีเบอร์นี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งอินพุตของไอซีเบอร์ L298 นี้สามารถต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.4

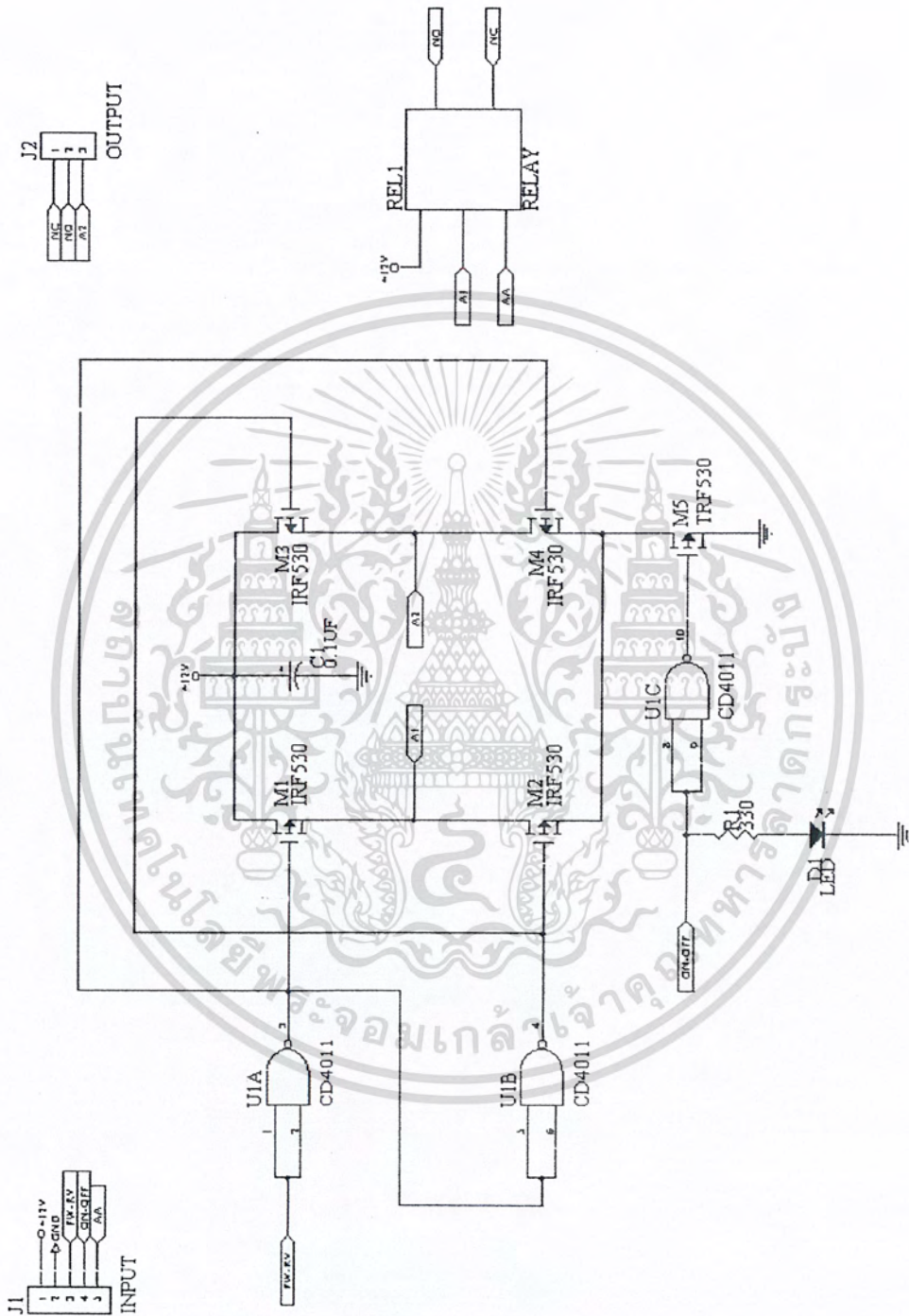
ตารางที่ 3.1 การป้อนลอจิกที่อินพุตของไอซีเบอร์ L298

	Input	Function
Ven=H	C=H , D=L	Forward
	C=L , D=H	Reverse
	C=D	Fast Motor Stop
Ven=L	C=X , D=X	Free Running Motor Stop



รูปที่ 3.3 การต่อวงจรใช้งานจริงของไอซีขับเคลื่อนมอเตอร์ดีซี เบอร์ L298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

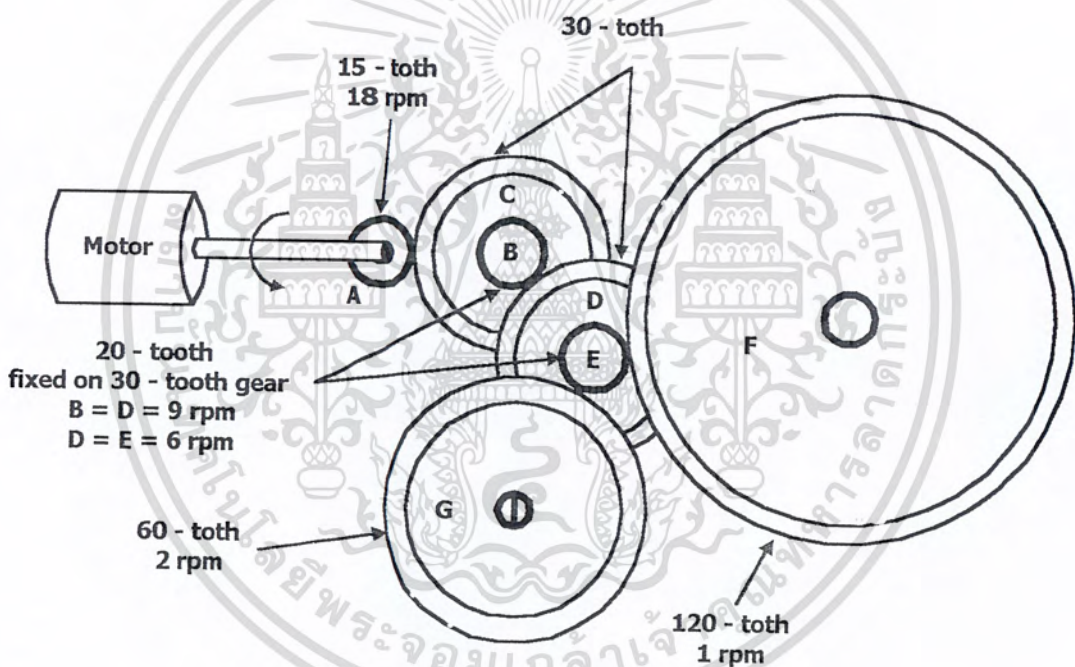


รูปที่ 3.4 การต่อวงจรใช้งานจริงของไอซีภาคขับมอเตอร์ดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบชุดระบบเกียร์เฟืองทด

ในการออกแบบชุดเกียร์ที่ใช้ในโครงการนี้จะใช้เกียร์ทั้งหมด 4 ตัว ซึ่งจะต้องให้เกียร์ตัวสุดท้ายหมุนด้วยความเร็วปกติประมาณ 1 รอบต่อนาที (rpm) หรือใกล้เคียงให้มากที่สุดเพราะความเร็วในระดับนี้จะเหมาะสมกับการทำงานกายภาพบำบัดผู้ป่วย ทางผู้จัดทำได้คำนวณขนาดของเกียร์เพื่อทำการทดสอบจากมอเตอร์ให้ช้าลงและทำให้มีแรงบิดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้มอเตอร์ที่ใช้มีขนาดเล็กและราคาถูกลงอีกด้วย ซึ่งในโครงการนี้ผู้จัดทำได้ใช้มอเตอร์ที่มีความเร็ว 18 รอบต่อนาที (rpm) โดยการออกแบบชุดเกียร์นี้ทางผู้จัดทำได้ทำการออกแบบตามขนาดของเกียร์ที่สามารถจัดหาซื้อมาได้ตามท้องตลาด โดยการออกแบบได้แสดงดังนี้



รูปที่ 3.5 ชุดเกียร์เฟืองทด

การคำนวณชุดเกียร์เฟืองทด

$$\text{เมื่อ } A = B$$

$$15 : 30$$

$$1 : 2$$

$$18 \text{ rpm} : V_B$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_B = 18 / 2 = 9 \text{ rpm} = V_C$$

$$C = D$$

$$20 : 30$$

$$1 : 1.5$$

$$9 \text{ rpm} = V_D$$

$$V_D = 9 / 1.5 = 6 \text{ rpm}$$

$$V_D = V_E = 6 \text{ rpm}$$

$$E = F$$

$$20 = 120$$

$$1 = 6$$

$$V_F = 6 \text{ rpm} / 6 = 1 \text{ rpm}$$

$$E = G$$

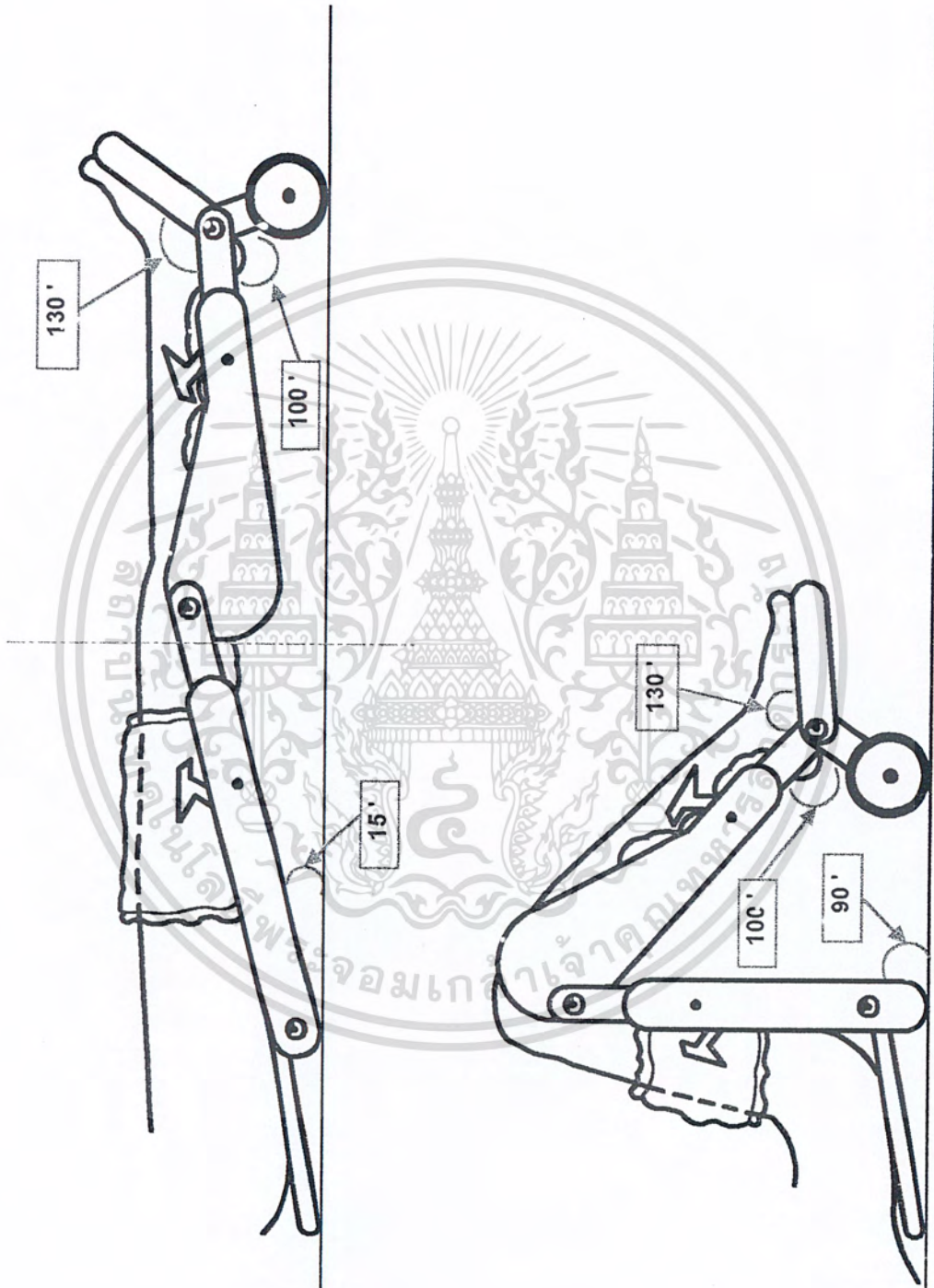
$$20 = 60$$

$$1 = 3$$

$$V_G = 6 \text{ rpm} / 3 = 2 \text{ rpm}$$

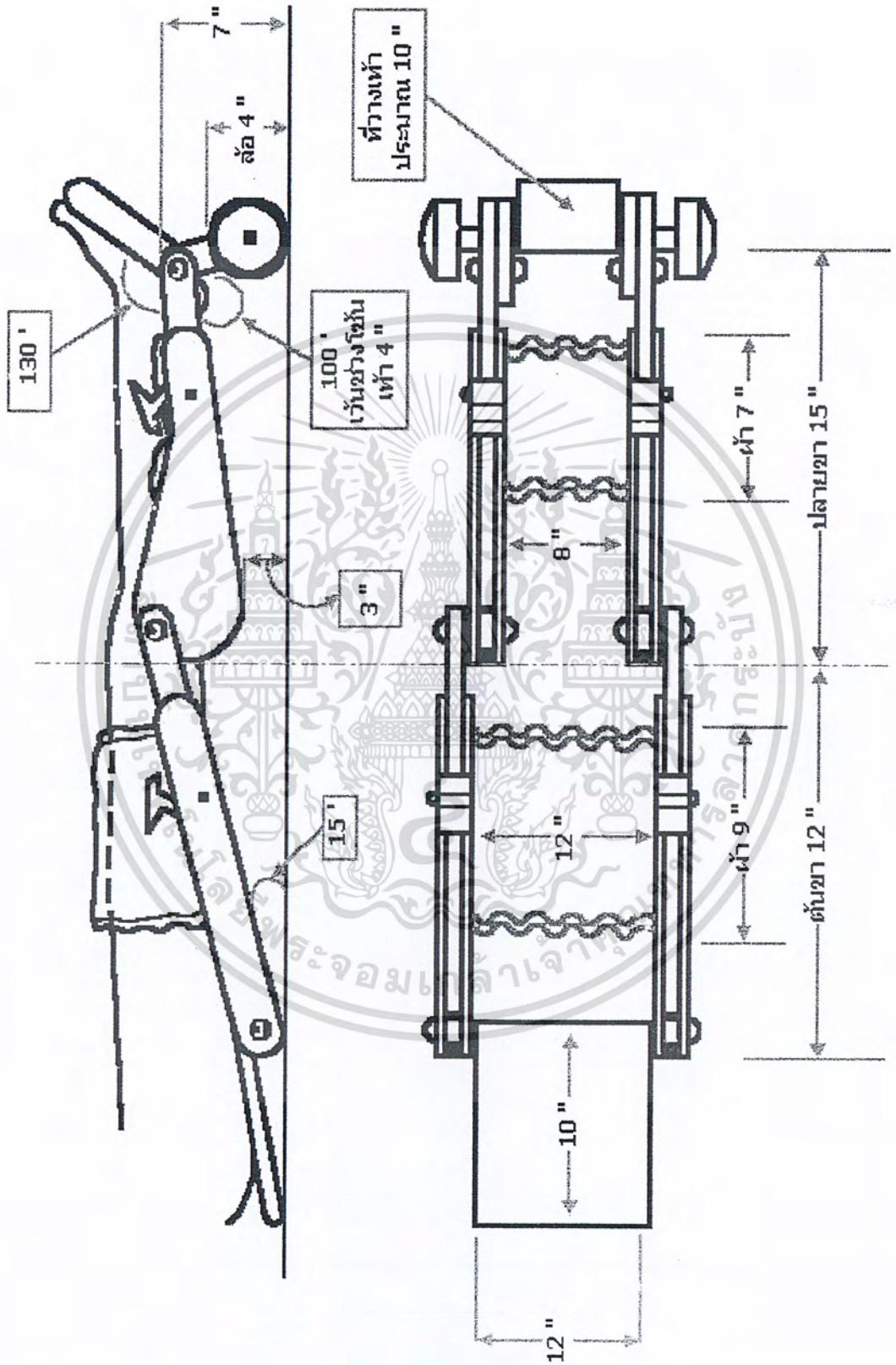


3.4 โครงสร้างเครื่องช่วยกายภาพบำบัดส่วนขา

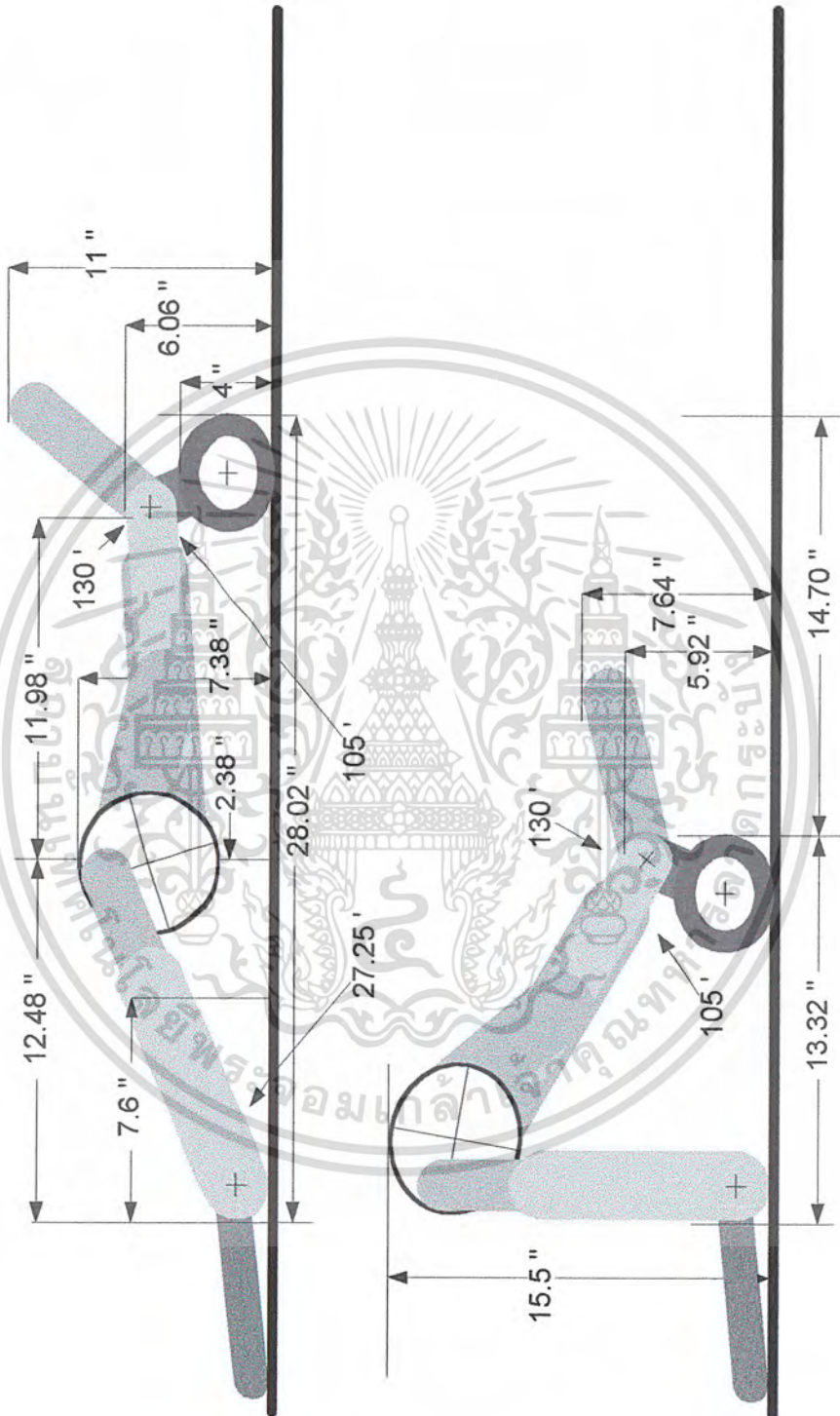


รูปที่ 3.6 ลักษณะการวางขาของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

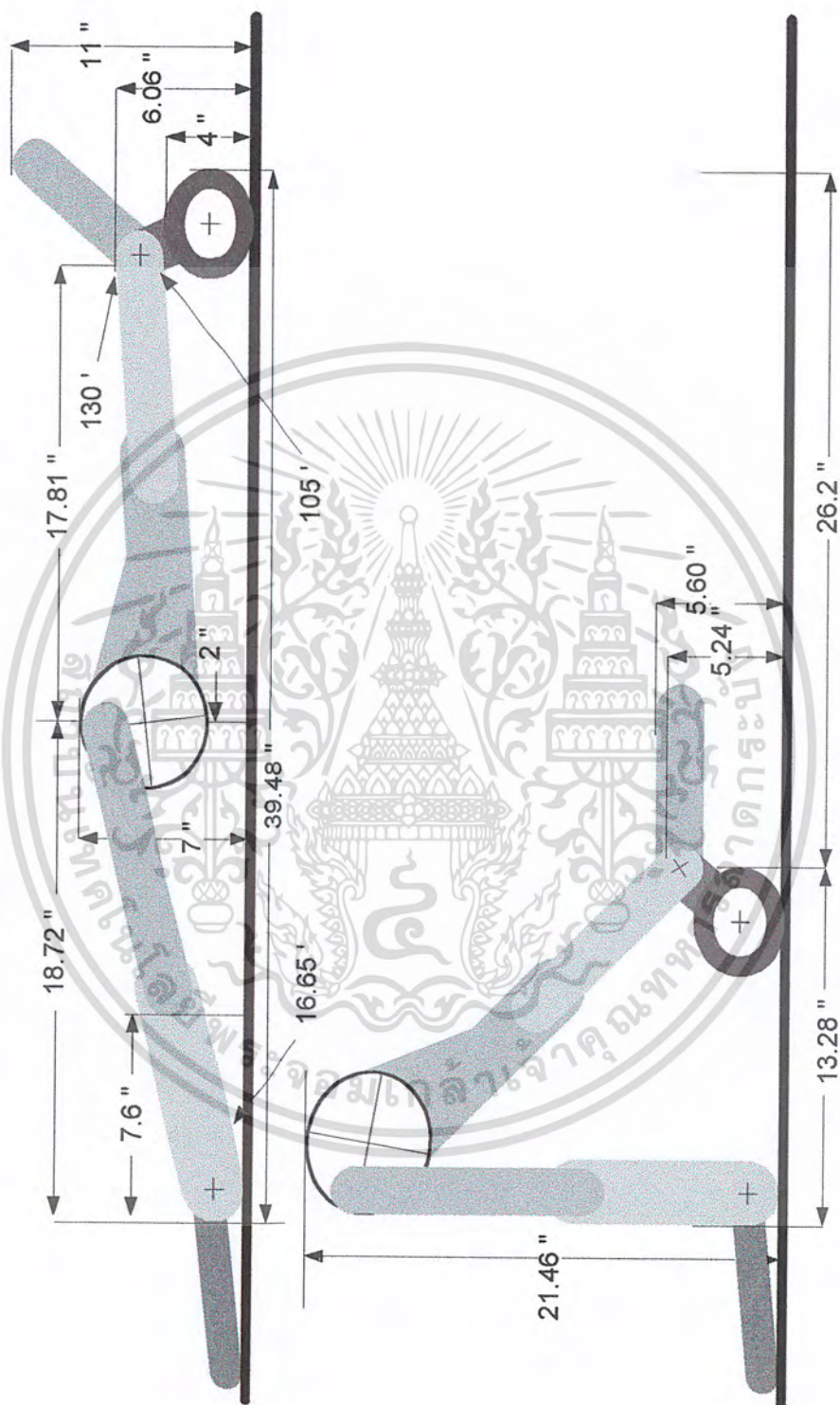


รูปที่ 3.7 ลักษณะ โครงงานเมื่อมองจากด้านบน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ทิศทางการเคลื่อนเข้า-ออก เมื่อปรับระยะ(สิ้นสุด) ต้นขาที่14"และปลายขาที่12 "

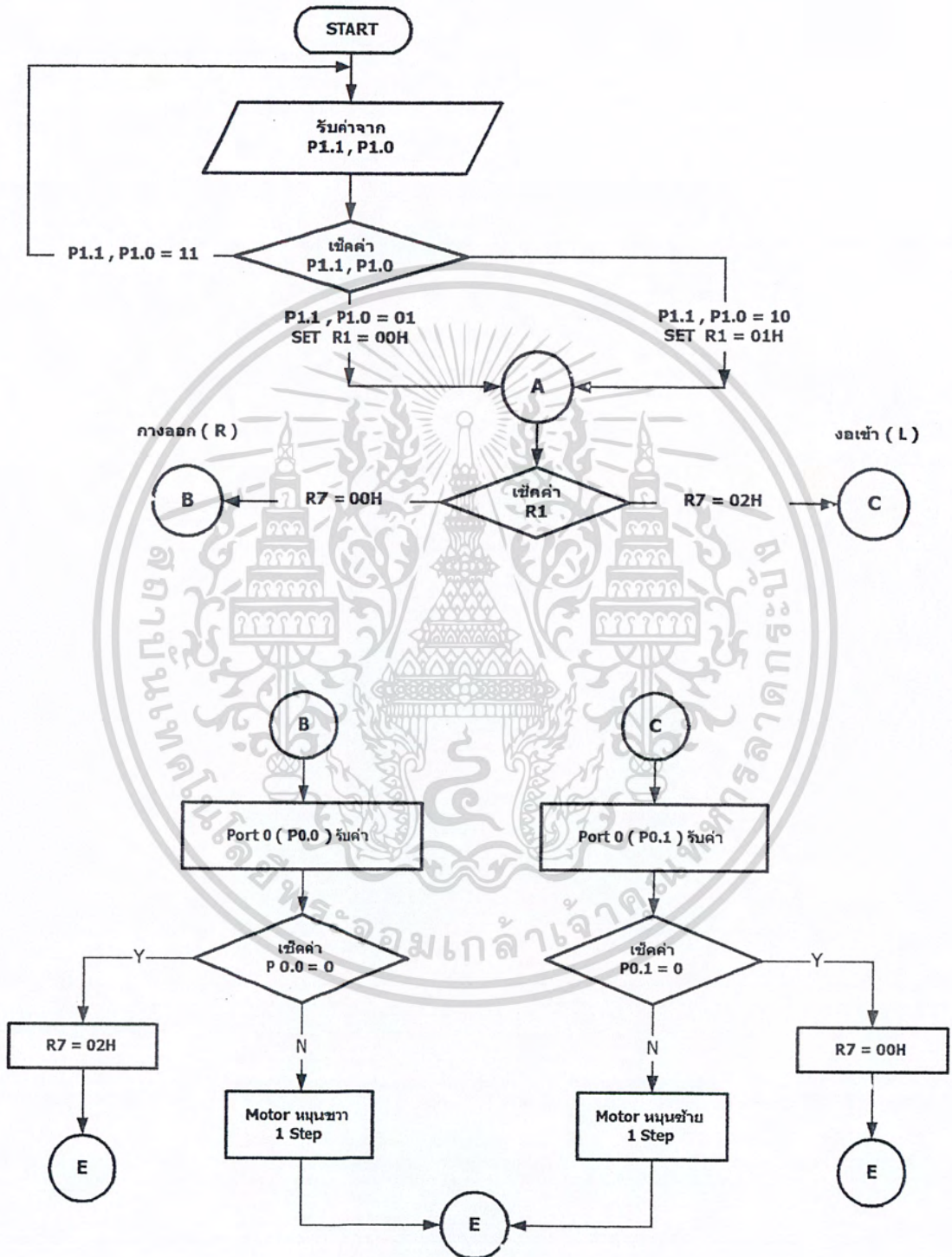
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



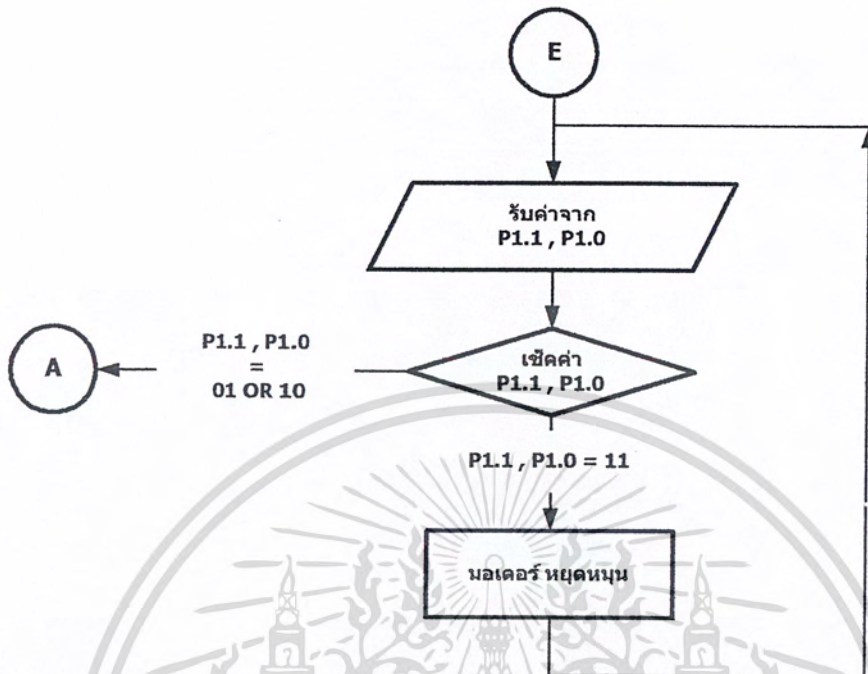
รูปที่ 3.9 ทิศทางการเคลื่อนเข้า-ออก เมื่อปรับระยะ(ยาวสุด) ต้นขาที่20"และปลายขาที่18"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม

บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

ในการทดลองของโครงการนี้ได้แบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือภาควงจรตรวจรู้คือ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Comparator) และภาคขั้วดีซีมอเตอร์ ซึ่งได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานเป็นส่วนใหญ่ โดยการรับค่าซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลจากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Comparator) ทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยผ่านภาคขั้วมอเตอร์ดีซี ซึ่งในส่วนของภาคขั้วดีซีมอเตอร์จะรวมถึงวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วย ในส่วนของโครงการ 1 นี้จะกล่าวถึงในส่วนของการทดลองของวงจรเพียงบางส่วนที่ผู้จัดทำได้หาข้อมูลมาเพียงพอดังนี้

4.1 การทดลองในส่วนของวงจรตรวจรู้ (Sensor)

ในส่วนนี้ได้นำวงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Comparator) มาใช้เป็นวงจรตรวจรู้(Sensor) เอาท์พุทที่ได้จะมีสองสถานะเท่านั้นคือ “0” กับ “1” โดยจะมีเอาท์พุท 2 บิตซึ่งก็จะสามารถนำสถานะอันนี้มาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล และนำไปควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการทดลองในส่วนนี้จะต้องอาศัยการเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อให้มอเตอร์หมุนหรือหยุดเนื่องด้วยชุดกลไกหรือเกียร์จะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนแรงดันตามการหมุนของมอเตอร์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ตั้งไว้ โดยการทดลองจะเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าเอาท์พุทของวงจรตรวจรู้ ที่กำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์

เอาท์พุทของวงจรตรวจรู้(Comparator)	การหมุนของมอเตอร์
00	Forward
01	Reverse
10	Forward
11	Reverse

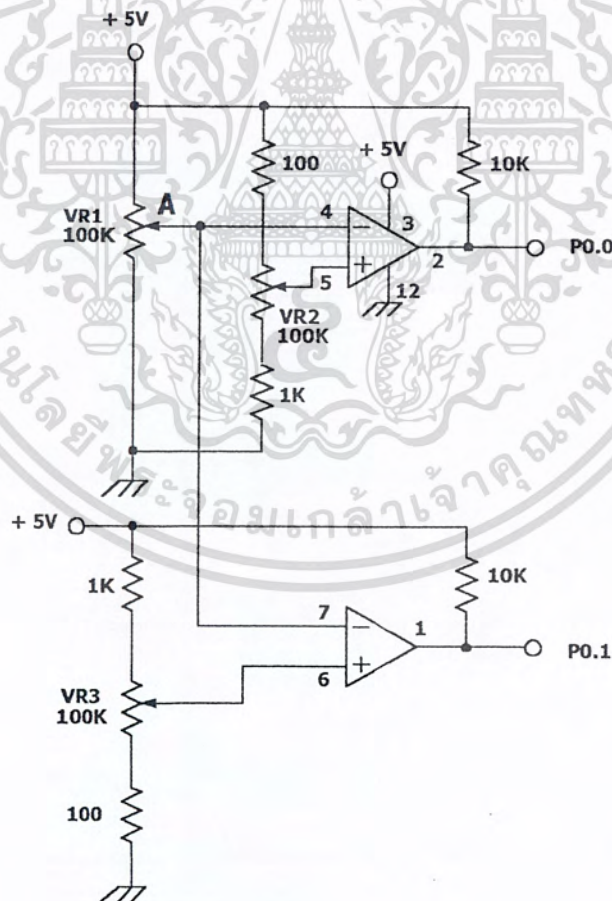
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Comparator) ได้นำมาใช้ทำหน้าที่เป็นวงจรตรวจสอบ เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งของมอเตอร์ที่กำลังหมุนหรือหยุดหมุนอยู่ขณะนั้น และยังสามารถปรับตำแหน่งให้มอเตอร์หยุดหมุนหรือเปลี่ยนทิศทางการหมุน ณ ตำแหน่งใดๆ ก็ได้เพื่อให้เหมาะสมกับการองศาของการยึดหรือองศาของผู้ป่วย

จากรูปที่ 4.1 จะใช้การเปรียบเทียบแรงดันทั้งหมด 3 จุด โดยใช้อปแอมป์สองตัวทำหน้าที่เปรียบเทียบ เพื่อให้ได้เอาต์พุตออกมา 2 บิต ซึ่งจะได้เอาต์พุตออกมา 4 สถานะ และสามารถนำสถานะอันนี้ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อไปขับมอเตอร์ต่อไป

การทดลองจะเป็นดังต่อไปนี้

1. ตัวอย่างตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การต่อวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันที่จุด A เทียบกับกราวด์
3. ปรับค่าความต้านทานของ VR_1 โดยการหมุนมอเตอร์ไปตามตำแหน่งองศาต่างๆ ดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงเมื่อตำแหน่งขององศาการยึดของขา

ตำแหน่งของการยึดและองศา (องศา)	แรงดันที่จุด A
0	3.8
10	3.5
20	3.2
30	2.9
40	2.6
50	2.3
60	2.0
70	1.7
80	1.4
90	1.1
100	0.8
110	0.5

4.2 การทดลองส่วนของภาคขับมอเตอร์

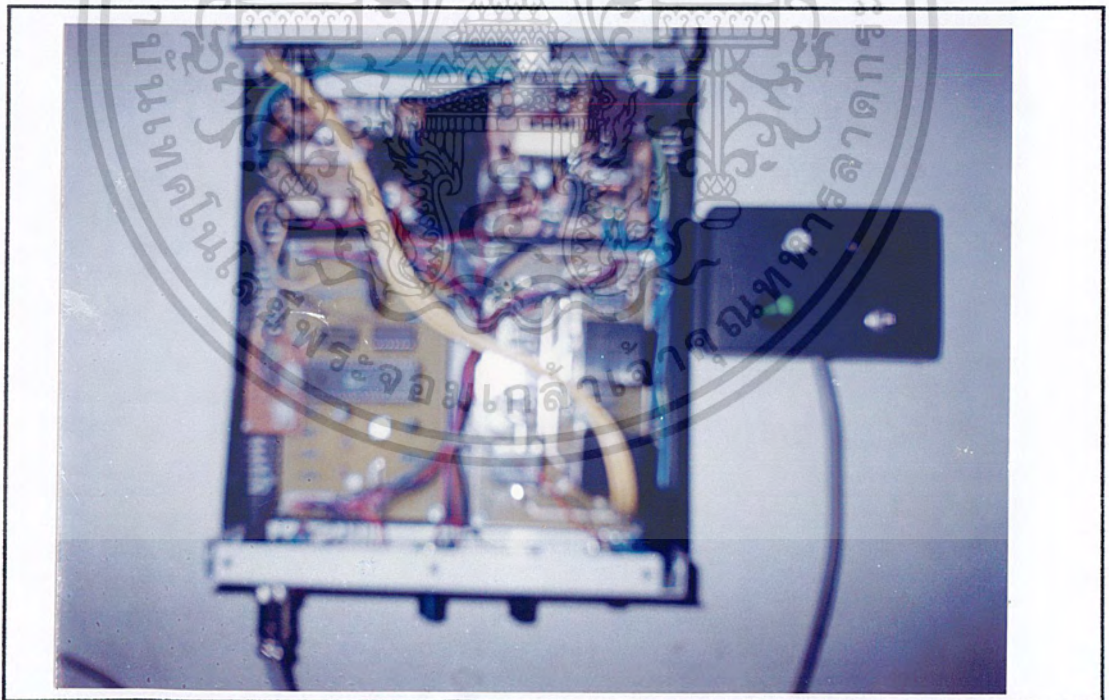
ในส่วนของภาคขับมอเตอร์จะใช้เป็น ไอซีเบอร์ L298 ซึ่งจะสามารถต่อใช้งานได้ง่าย และสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้สะดวกโดยการป้อนลอจิกเพียง 2 บิต ต่อมอเตอร์ 1 ตัว จากไมโครคอนโทรลเลอร์ดังตารางที่ 4.3

เมื่อทำการทดลองโดยป้อนค่าลอจิกตามตารางที่ 4.3 มอเตอร์ก็จะหมุนหรือหยุดหมุนตามทิศทางที่แสดงตามตาราง

ตารางที่ 4.3 ทิศทางการหมุนของมอเตอร์เมื่อต่อร่วมกับไอซี L298

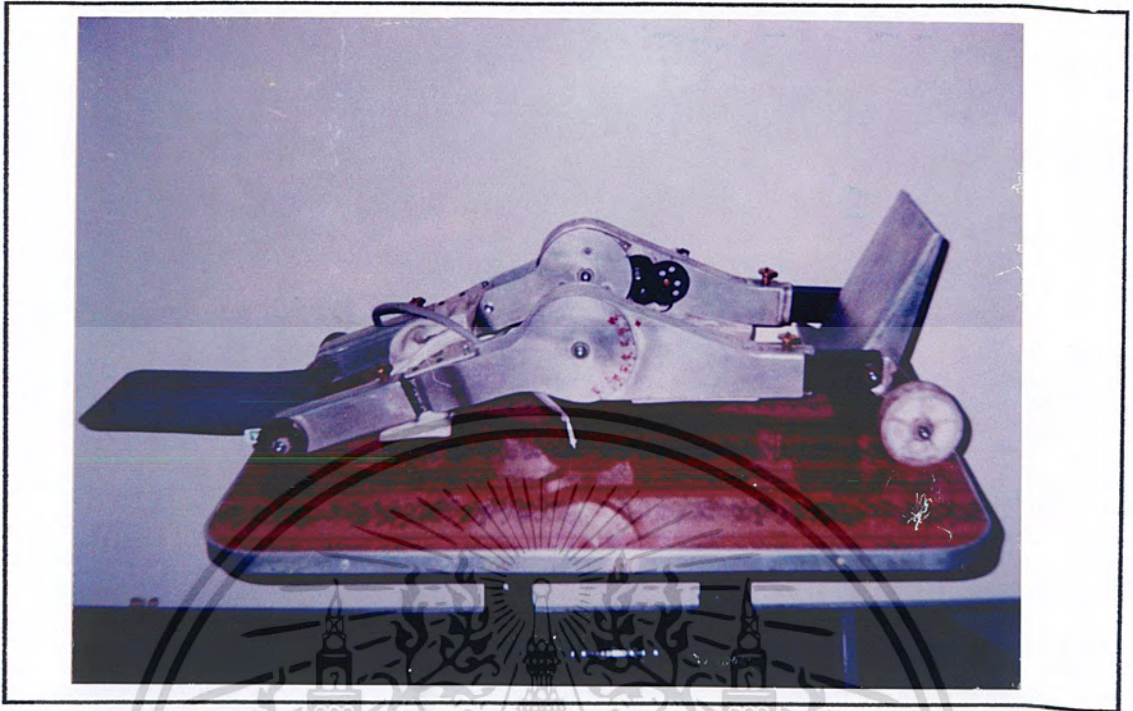
Input		Function
Ven= H	C= H , D= L	Forward
	C= L , D= H	Reverse
	C= D	Fast Motor Stop
Ven= L	C=X ,D=X	Free Running Motor Stop

4.3 ภาพถ่ายโครงงาน

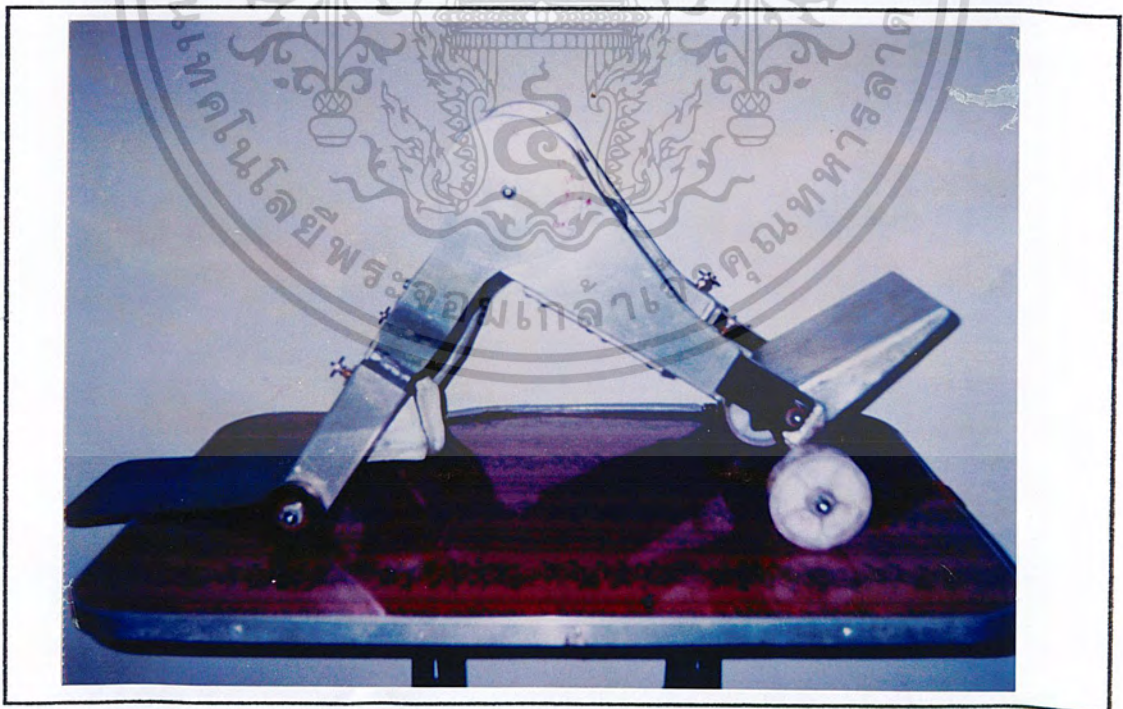


รูปที่ 4.2 ก่องวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

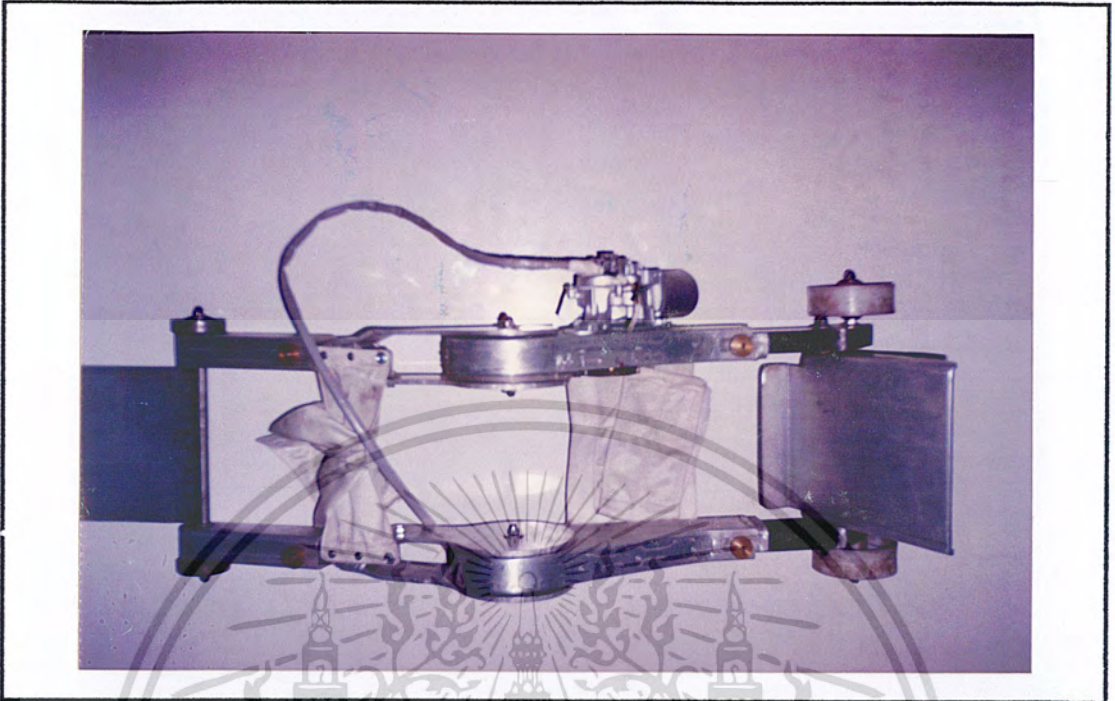


รูปที่ 4.3 ลักษณะการยืดขาด้านข้าง



รูปที่ 4.4 ลักษณะการงอขาด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

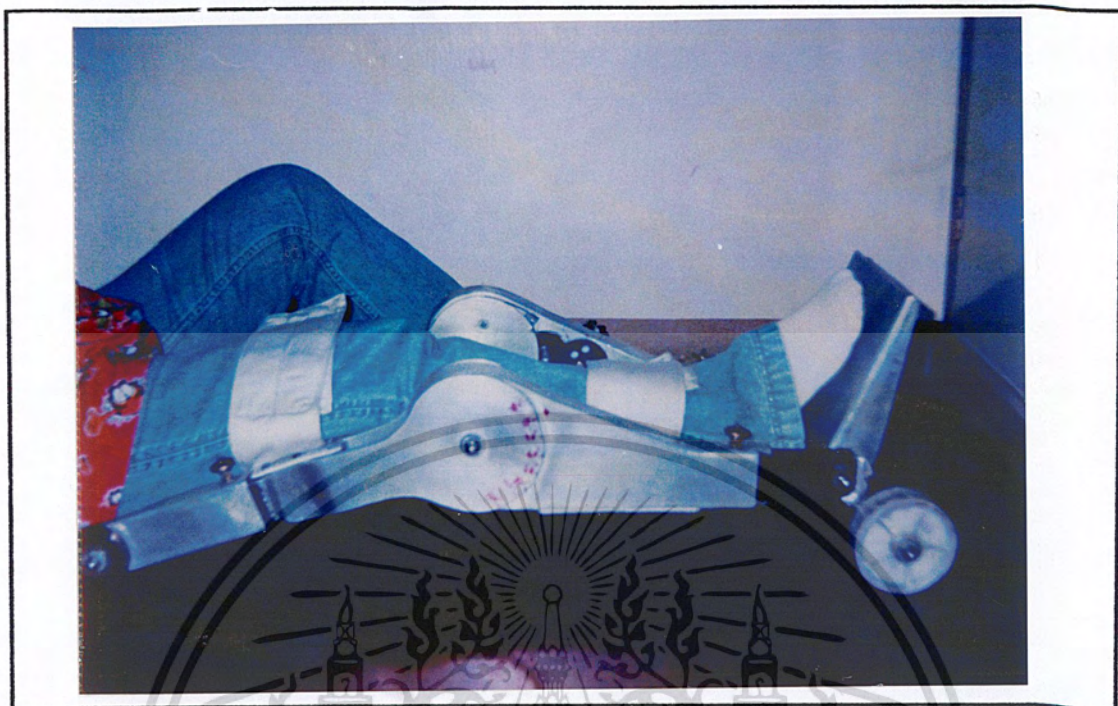


รูปที่ 4.5 ลักษณะด้านบนของ โครงงาน



รูปที่ 4.6 ลักษณะการงอขาของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ลักษณะการขีดขาของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหาแนวทางแก้ไขและพัฒนา

บทสรุป

โครงการนี้ยังเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป ในการออกแบบโครงสร้างของตัวชิ้นงาน และในการทดลองนำวงจรต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งในแต่ละส่วนของโครงการนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนของภาคควบคุมการทำงานของมอเตอร์ซึ่งจะเป็นส่วนที่ต้องอาศัยการเขียนโปรแกรมเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะเนื่องจากการทำงานจะต้องเป็นแบบอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการเขียนโปรแกรมจะต้องทราบถึงการออกแบบ และขอบเขตการทำงานของโครงการเสียก่อน

ส่วนของโครงสร้างของชิ้นงานซึ่งจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสรีระของร่างกายให้มากที่สุด และชิ้นงานจะต้องสามารถปรับขนาดสั้น-ยาวตามสรีระของผู้ป่วย ที่สำคัญในการออกแบบ และการสร้างชิ้นงานนี้คือเรื่องแรงบิดของมอเตอร์ที่จะต้องมีความเพียงพอ โดยไม่เกิดการโอเวอร์โหลดขึ้น ซึ่งจะต้องใช้ความรู้ในเรื่องของกลไกระบบการทดเฟืองมาเกี่ยวข้อง เพื่อที่มอเตอร์จะไม่ต้องมีขนาดใหญ่มากเกินความจำเป็น ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นงานมีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการออกแบบ และ สร้างโครงการ

ปัญหาที่เกิดขึ้นจะกล่าวดังนี้

การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือหนักในการสร้างชิ้นงานให้น้อยที่สุด เช่น เครื่องกลึง เชื่อม คัด เป็นต้น เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก การออกแบบก็ต้องทำอย่างรอบคอบมาก เพื่อจะได้ไม่ต้องมาแก้ไข หรือ แก้ไขให้น้อยที่สุด

การเลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสม และใช้งานได้จริง คือตัวมอเตอร์จะต้องมีประสิทธิภาพมากพอสมควร แต่มอเตอร์ในท้องตลาดนั้นหาได้ยากมาก และส่วนใหญ่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้ว จึงต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการซื้อมาทดลองก่อน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในภายหลัง

แนวทางการแก้ปัญหาและพัฒนา

ก่อนที่จะสร้างชิ้นงานจริง เราจำเป็นที่จะต้องสร้างชุดจำลองเสียก่อนเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆที่จะเกิดขึ้น ในการครั้งการทดลองอาจทำให้เราได้แนวคิดใหม่ๆเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการใช้งานจริงก็เป็นได้ และยังช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายอีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. โยธิน เปรมปราณีรัชต์. ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อุดม จีนประดับ. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด. ไมโครโปรเซสเซอร์ 2 : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
4. Grodon Mccomb. The Robot Builder's Bonanza : McGraw-Hill





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORG      0000H
MOV      P0,#0FFH
MOV      P1,#0FFH
MOV      P2,#00H           ;MOTOR STOP

START:

SW1:     MOV      A,P1
         ANL      A,#0CH
         MOV      R0,A
CHK1_SW1: CJNE     R0,#0CH,CHK2_SW1
         AJMP     SW2           ;CHK_SW2
CHK2_SW1: CJNE     R0,#04H,CHK3_SW1
         MOV      R7,#00H       ;MOTOR_LT
         AJMP     CHK_P0
CHK3_SW1: CJNE     R0,#08H,SW1
         MOV      R7,#02FH       ;MOTOR_RT
         AJMP     CHK_P0

SW2:     MOV      A,P1
         ANL      A,#03H
         MOV      R1,A
CHK0_SW2: CJNE     R1,#00H,CHK1_SW2
         ACALL   ST
         AJMP     SW1
CHK1_SW2: CJNE     R1,#01H,CHK2_SW2
         ACALL   LTN
         AJMP     SW1
CHK2_SW2: CJNE     R1,#02H,CHK3_SW2
         ACALL   RT
         AJMP     SW1

```

```

CHK3_SW2:    CJNE    R1,#03H,SW1
              ACALL   ST
              AJMP   SW1

CHK_P0:      MOV     A,P0      ;CHK_COMPARATOR_PORT"O"
              ANL    A,#03H
              MOV    R3,A

CHK1_P0:     CJNE    R3,#00H,CHK2_P0
              ACALL   DELAY
              MOV    A,P0
              ANL    A,#03H
              CJNE    R3,#00H,CHK2_P0
              ACALL   ST
              AJMP   SW1

CHK2_P0:     CJNE    R3,#01H,CHK3_P0
              ACALL   DELAY
              MOV    A,P0
              ANL    A,#03H
              CJNE    R3,#01H,CHK3_P0
              MOV    R7,#00H
              ACALL   RT
              AJMP   SW1

CHK3_P0:     CJNE    R3,#02H,CHK4_P0
              ACALL   DELAY
              MOV    A,P0
              ANL    A,#03H
              CJNE    R3,#02H,CHK4_P0
              MOV    R7,#02H
              ACALL   LTN

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

      AJMP      SW1
CHK4_P0:  CJNE      R3,#03H,SW1
          ACALL    DELAY
          MOV     A,P0
          ANL    A,#03H
          CJNE    R3,#03H,SW1

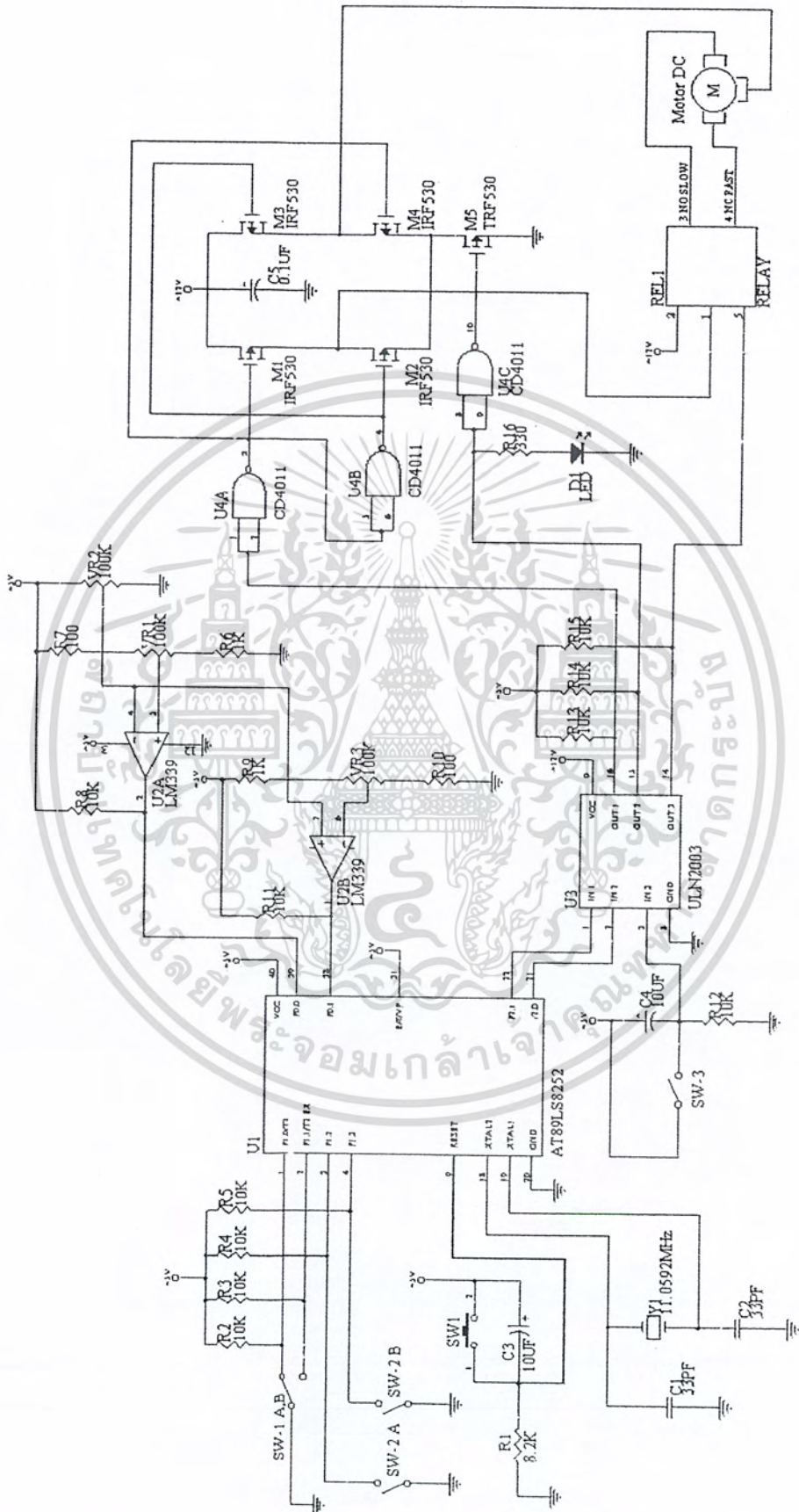
CHK_R7_0:  CJNE      R7,#00H,CHK_R7
          ACALL    RT
          LJMP    SW1
CHK_R7:   CJNE      R7,#02H,AA
          ACALL    LTN
AA:       LJMP     SW1
LTN:     MOV      P2,#00H      ;EXTENSION
          RET
RT:      MOV      P2,#02H      ;FLEXION
          RET
ST:      MOV      P2,#01H      ;MOTOR STOP
          RET

DELAY:   MOV      R4,100
DEL:    NOP
        DJNZ   R4,DEL
        RET
        END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

Data Sheets

วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
 - SPI Serial Interface for Program Downloading
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 12 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8 bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16 bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low Power Idle and Power Down Modes
- Interrupt Recovery From Power Down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power Off Flag

Description

The AT89LS8252 is a low-power, wide-voltage range, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89LS8252 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89LS8252 provides the following standard features: 8K bytes of Downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two Data Pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89LS8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The Downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.



8-Bit
Microcontroller
with 8K Bytes
Flash

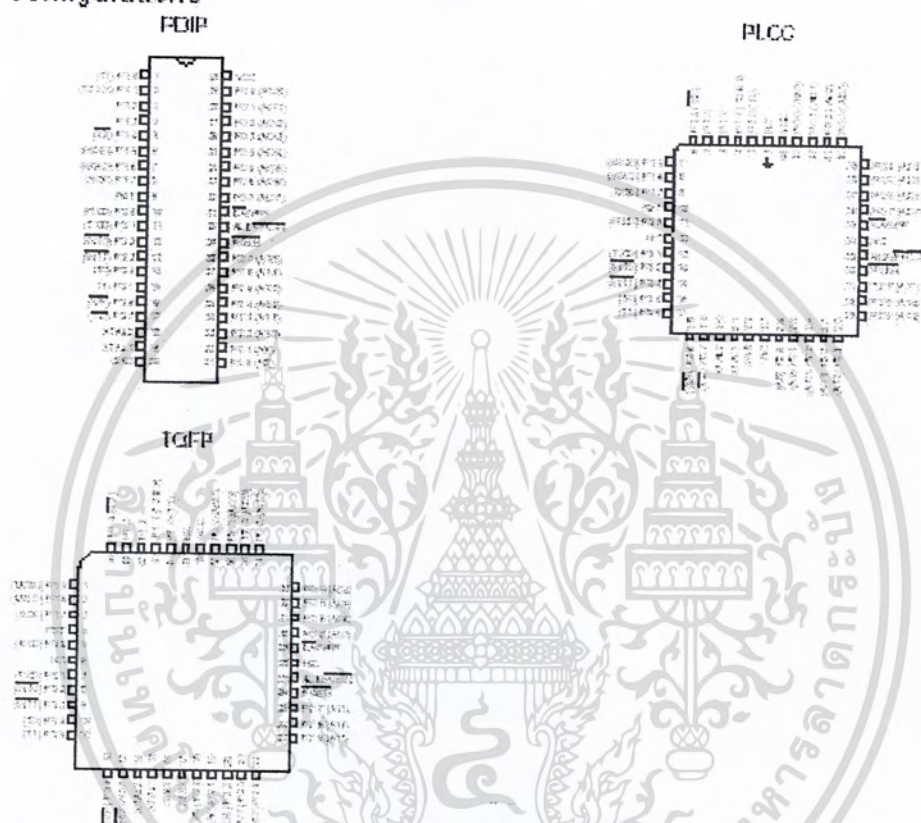
AT89LS8252

201308-01-12.52



4-137

Pin Configurations



Pin Description

V_{cc}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0

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

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

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

Port 1

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

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

Advanced Power MOSFET

IRF530A

FEATURES

- Avalanche Rugged Technology
- Rugged Gate Oxide Technology
- Lower Input Capacitance
- Improved Gate Charge
- Extended Safe Operating Area
- 175°C Operating Temperature
- Lower Leakage Current : 10 μ A (Max.) @ $V_{DS} = 100V$
- Lower $R_{DS(on)}$: 0.092 Ω (Typ.)

$$BV_{DSS} = 100 V$$

$$R_{DS(on)} = 0.11 \Omega$$

$$I_G = 14 A$$

TO-220



1. Gate 2. Drain 3. Source

Absolute Maximum Ratings

Symbol	Characteristic	Value	Units
V_{DSS}	Drain-to-Source Voltage	100	V
I_G	Continuous Drain Current ($T_C = 25^\circ C$)	14	A
	Continuous Drain Current ($T_C = 100^\circ C$)	9.9	
I_{DM}	Drain Current-Pulsed	56	A
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	±10	V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy	261	mJ
I_{AS}	Avalanche Current	14	A
E_{AR}	Repelitive Avalanche Energy	5.5	mJ
dwdt	Peak Diode Recovery dwdt	6.5	V.µs
P_C	Total Power Dissipation ($T_C = 25^\circ C$)	55	W
	Linear Derating Factor	0.36	
T_J, T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C
T_L	Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5-seconds	300	

Thermal Resistance

Symbol	Characteristic	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	--	2.74	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink	0.5	--	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	--	62.5	

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

©1994 Fairchild Semiconductor Corporation

Rev. B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRF530A

N-CHANNEL POWER MOSFET

Electrical Characteristics ($T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	100	--	--	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu\text{A}$
$\Delta BV/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coeff.	--	0.11	--	$V/^\circ\text{C}$	$I_D=250\mu\text{A}$ See Fig 7
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	--	4.0	V	$V_{DS}=5V, I_D=250\mu\text{A}$
I_{GSS}	Gate-Source Leakage, Forward	--	--	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-Source Leakage, Reverse	--	--	-100		$V_{GS}=-20V$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	--	--	10	μA	$V_{DS}=100V$
		--	--	100		$V_{DS}=80V, T_C=150^\circ\text{C}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-Source On-State Resistance	--	--	0.11	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=7A$ ①
g_{fs}	Forward Transconductance	--	10.25	--	Ω	$V_{DS}=40V, I_D=7A$ ③
C_{iss}	Input Capacitance	--	610	790	pF	$V_{GS}=0V, V_{DS}=25V, f=1\text{MHz}$ See Fig 5
C_{oss}	Output Capacitance	--	150	175		
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	--	62	72		
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	--	13	40	ns	$V_{DD}=50V, I_D=14A,$ $R_{\theta C}=12^\circ\text{C}/\text{W}$ See Fig 13 ④⑤
t_r	Rise Time	--	14	40		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	--	55	110		
t_f	Fall Time	--	35	80		
Q_g	Total Gate Charge	--	27	36	nC	$V_{DS}=80V, V_{GS}=10V,$ $I_D=14A$ See Fig 6 & Fig 12 ④⑤
Q_{gs}	Gate-Source Charge	--	4.5	--		
Q_{gd}	Gate-Drain ("Miller") Charge	--	12.8	--		

Source-Drain Diode Ratings and Characteristics

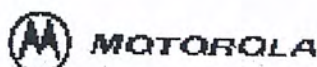
Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
I_S	Continuous Source Current	--	--	14	A	Integral reverse p-n diode in the MOSFET
I_{SM}	Pulsed-Source Current ①	--	--	56		
V_{SD}	Diode Forward Voltage ②	--	--	1.5	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=14A, V_{GS}=0V$
t_{rr}	Reverse Recovery Time	--	109	--	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=14A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	--	0.41	--	μC	$di/dt=100\text{A}/\mu\text{s}$ ④

Notes :

- ① Repetitive Rating : Pulse Width Limited by Maximum Junction Temperature
- ② $L=2\text{mH}, I_{AS}=1\text{A}, V_{RE}=25V, R_{\theta C}=27^\circ\text{C}/\text{W}$, Starting $T_J=25^\circ\text{C}$
- ③ $I_{SD} \leq 10\text{A}, di/dt \leq 100\text{A}/\mu\text{s}, V_{RE} \leq BV_{DSS}$, Starting $T_J=25^\circ\text{C}$
- ④ Pulse Test : Pulse Width = 250 μs , Duty Cycle $\leq 2\%$
- ⑤ Essentially Independent of Operating Temperature

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Quad Single Supply Comparators

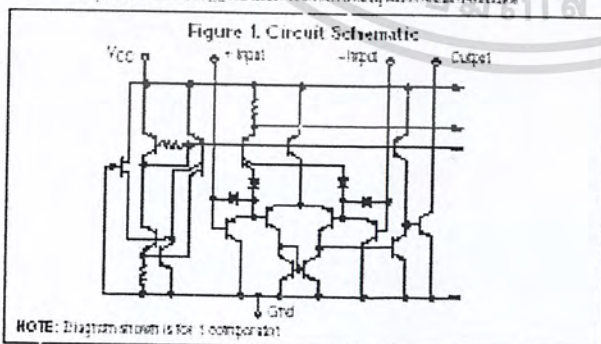
These comparators are designed for use in level detection, low-level sensing and memory applications in consumer automotive and industrial electronic applications.

- Single or Split Supply Operation
- Low Input Bias Current: 25 nA (Typ)
- Low Input Offset Current: ± 5.0 nA (Typ)
- Low Input Offset Voltage: ± 1.0 mV (Typ) LM139A Series
- Input Common Mode Voltage Range to Gnd
- Low Output Saturation Voltage: 130 mV (Typ) @ 4.0 mA
- TTL and CMOS Compatible
- ESD Clamps on the Inputs Increase Reliability without Affecting Device Operation

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage LM239, ALM339A, LM2901, V MC3302	V _{CC}	+36 or +18 +30 or +15	V _{DC}
Input Differential Voltage Range LM239, ALM339A, LM2901, V MC3302	V _{IDR}	35 30	V _{DC}
Input Common Mode Voltage Range	V _{ICMR}	-0.3 to V _{CC}	V _{DC}
Output Short Circuit to Ground (Note 1)	I _{SC}	Continuous	
Power Dissipation @ T _A = 25°C Plastic Packages Derate above 25°C	P _D	1.0 0.0	W mW/°C
Junction Temperature	T _J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range LM239, A MC3302 LM2901 LM2901V LM339, A	T _A	-25 to +85 -10 to +165 -40 to +105 -40 to +125 0 to +75	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

NOTE: 1. The maximum output current available at the output is a function of the magnitude of V_{CC} supplied. Consult the V_{CC} pin connection section for typical and maximum values.



Order this document by LM239.D

**LM339, LM339A,
LM239, LM239A,
LM2901, LM2901V,
MC3302**

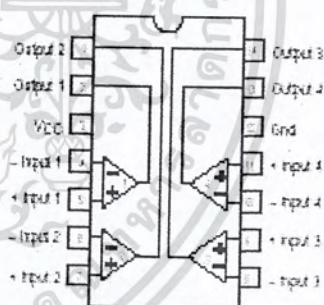


N, P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM239D AD LM239D AN	T _A = 25 to +85°C	SO-14 Plastic DIP
LM239D AD LM239D AN	T _A = 0 to +70°C	SO-14 Plastic DIP
LM2901D LM2901N	T _A = -40 to +105°C	SO-14 Plastic DIP
LM2901VD LM2901VN	T _A = -40 to +125°C	SO-14 Plastic DIP
MC3302P	T _A = -40 to +85°C	Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

Rev 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM339, LM339A, LM239, LM239A, LM2901, M2901V, MC3302

Figure 2. Inverting Comparator with Hysteresis

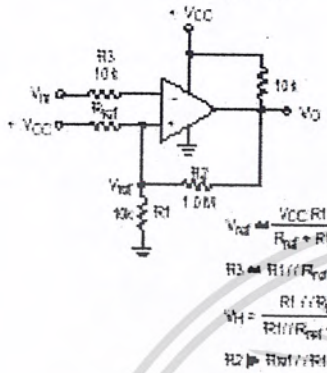
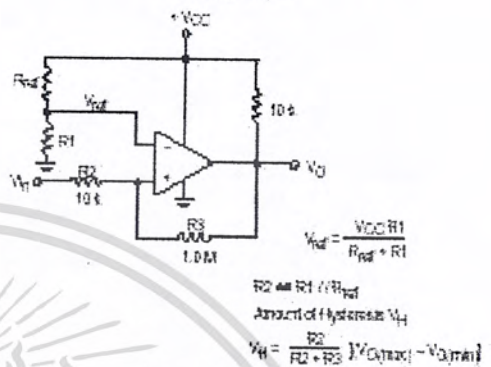


Figure 3. Noninverting Comparator with Hysteresis



Typical Characteristics
(V_{CC} = 15 Vdc, T_A = +25°C (each comparator) unless otherwise noted.)

Figure 4. Normalized Input Offset Voltage

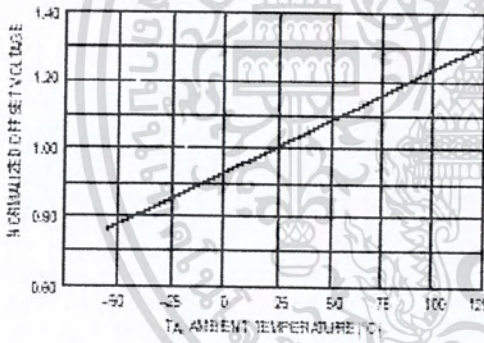


Figure 5. Input Bias Current

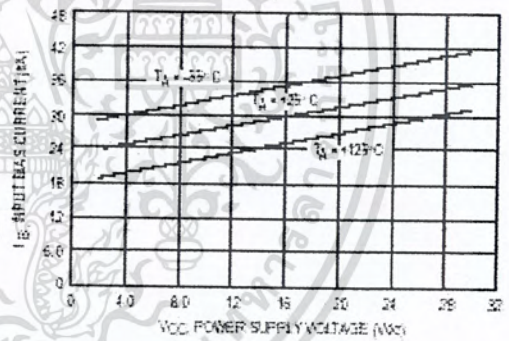
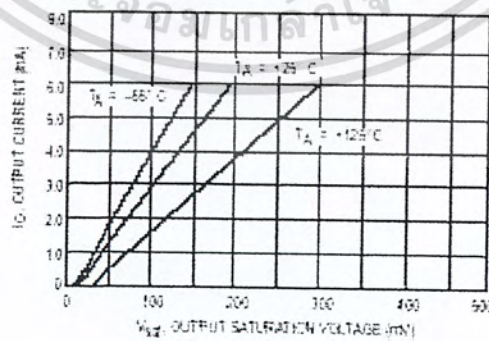


Figure 6. Output Sink Current versus Output Saturation Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA

ULN2003,04AP/AFW

TOSHIBA BIPOLAR DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

ULN2003AP, ULN2003AFW, ULN2004AP, ULN2004AFW**7CH DARLINGTON SINK DRIVER**

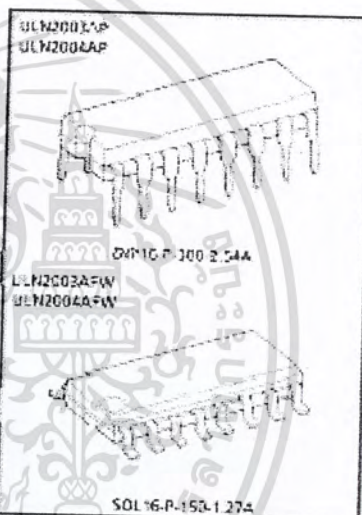
The ULN2003AP/AFW Series are high-voltage, high-current darlington drivers comprised of seven NPN darlington pairs.

All units feature integral clamp diodes for switching inductive loads.

Applications include relay, hammer, lamp and display (LED) drivers.

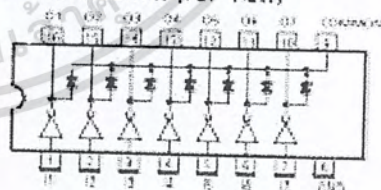
FEATURES

- Output current (single output) 500 mA MAX.
- High sustaining voltage output
50 V MIN. (ULN2003AP/AFW Series)
- Output clamp diodes
- Inputs compatible with various types of logic
- Package Type-AP : DIP-16pin
- Package Type-AFW : SOL-16pin



Weight
DIP16-P-300-2.54A : 1.11 g (Typ.)
SOL16-P-150-1.27A : 0.15 g (Typ.)

TYPE	INPUT BASE RESISTOR	DESIGNATION
ULN2003AP/AFW	2.7 k Ω	TTL, 5 V CMOS
ULN2004AP/AFW	10.5 k Ω	6-15 V CMOS, CMOS

PIN CONNECTION (TOP VIEW)

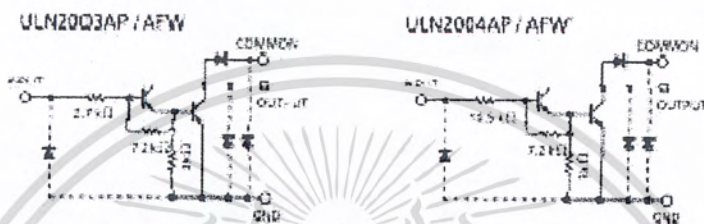
- PRECAUTIONS**
1. TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standard of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property in developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified and conditions set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.
 2. The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
 3. The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
 4. The information contained herein is subject to change without notice.

1999-10-06 1/11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA**ULN2003,04AP/AFW**

SCHEMATICS (EACH DRIVER)



(Note) : The input and output parasitic diodes cannot be used as clamp diodes.

MAXIMUM RATINGS ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Output Sustaining Voltage	$V_{CE(SUS)}$	-0.5-50	V
Output Current	I _{OUT}	500	mA/ch
Input Voltage	V_{IN}	-0.5-30	V
Clamp Diode Reverse Voltage	V_R	50	V
Clamp Diode Forward Current	I_F	500	mA
Power Dissipation	AP	1.47	W
	AFW	0.54/0.625 (Note)	
Operating Temperature	T_{opr}	-40~85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{stg}	-55~150	$^\circ\text{C}$

(Note) : On glass epoxy PCB (30 × 30 × 1.6 mm Cu 50%).