สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด

DEVELOPMENT OF THERAPY AID EQUIPMENTS

T042371

นายจตุรงค์ ยุพาพิน

นายมนต์ชัย คงเดช

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42371
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด
	DEVELOPMENT OF THERAPY AID EQUIPMENTS
ชื่อนักศึกษา	นาย จตุรงค์ ยุพาพิน รหัสประจำตัว 42015467
	นาย มนต์ชัย คงเดช รหัสประจำตัว 42015485
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... (อาจารย์ที่ปรึกษา)

(รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช)

..... (กรรมการ)

(.....)

..... (กรรมการ)

(.....)

..... (กรรมการ)

(.....)

..... (กรรมการ)

(.....)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	DEVELOPMENT OF THERAPY AID EQUIPMENTS
Student	Mr. Chaturong Yuphaphin
	Mr. Monchai Kongdach
Thesis advisor	Assoc.Prof.Dr Kanok Janchitrapongvej
Level of study	Bachelor's degree of industrial technology electronics
Department	Industrial Technology
Academic Year	2000

Accepted by the Faculty of Engineering , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang in partial fulfillment of the requirements for the bachelor's degree

Project Report Committee

..... Advisor

(Assoc.Prof.Dr Kanok Janchitrapongvej)

..... (Member)

(.....)

..... (Member)

(.....)

..... (Member)

(.....)

..... (Member)

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด
ชื่อนักศึกษา	นาย จตุรงค์ ยุพาพิน รหัสประจำตัว 42015467
	นาย มนต์ชัย คงเดช รหัสประจำตัว 42015485
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงรายละเอียดของโครงงานการพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการพัฒนาเครื่องนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการที่จะผลิตเครื่องมือที่ทันสมัยได้ภายในประเทศ รวมถึงความสะดวกในการเผยแพร่หลักการและมีต้นทุนที่ถูกกว่าในการนำเข้า การพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัดนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในทางการแพทย์ และในส่วนของการทำกายภาพบำบัด ชุดอุปกรณ์นี้จะช่วยในการป้องกันข้อศอกไม่ให้เกิดภาวะข้อติด (stiff elbow) ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังการผ่าตัดข้อศอก หรือข้อศอกไม่ได้มีการเคลื่อนไหวเป็นเวลานาน

ลักษณะการทำงานของเครื่องคือ จะมีความสามารถโดยทำให้ข้อศอกของผู้ป่วยเคลื่อนที่เข้าและออก โดยมุมของข้อศอกจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งผู้ป่วยนั้นไม่ต้องออกแรง ความเร็วในการเคลื่อนที่จะใช้ความเร็วที่ต่ำ เพื่อป้องกันการแตกของแผลซึ่งโดยส่วนใหญ่ ผู้ป่วยสามารถใช้เครื่องนี้หลังการผ่าตัด 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	DEVELOPMENT OF THERAPY AID EQUIPMENTS
Student	M.r Chaturong Yuphaphin ID. 42015467
	Mr.Monchai Kongdach ID. 42015485
Thesis advisor	Assoc.Prof.Dr Kanok Janchitrapongvej
Level of study	Bachelor's degree of industrial technology electronics
Department	Industrial Technology
Academic Year	2000

ABSTRACT

This thisis present a design to development of therapy aid equipments.The main objective of the development are to give an advance on producing a modern domestic motive machine. It is comfortable to study and lower exporting cost.

Development of therapy aid equipments useful for medical study and physical exercise. It is preventing the injury from the stiff elbow which can be occur after the operation and unmovement elbow joint. The machine designs to work by control the flexion and extension elbow the lower speed to avoid an injury part open. It can be used after the operation 24 hour.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือกันของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน และขอขอบคุณ รศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช และ ผศ. อรลาภ แสงอรุณ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยได้ช่วยดำเนินการประสานงานในการติดต่อกับทางโรงพยาบาลรามาธิบดี และช่วยได้หาห้องทำโครงงานให้ซึ่งได้รับความสะดวกเป็นอย่างมากและขอบขอบคุณ คุณหมอที่โรงพยาบาลรามาธิบดีที่ได้คำแนะนำในการรักษาทางกายภาพบำบัดและยังให้ได้ชมอุปกรณ์ในการทำกายภาพบำบัด รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ทางโรงพยาบาลที่ให้การต้อนรับเป็นอย่างดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาคเทคนิคฯ ที่ได้ช่วยประสานงานต่างๆ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งมีประโยชน์มาก ในการทำโครงงานนี้ ต้องขอขอบคุณพี่ที่จุฬาฯ ที่ได้ยืมหนังสือการทำกายภาพบำบัดจากห้องสมุดมาให้ ซึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลในการทำโครงงานนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องที่ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ซึ่งไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ สุดท้ายนี้ควรที่จะระลึกถึงอย่างยิ่งคือ บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้สนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ที่ให้กำลังใจตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

คณะผู้จัดทำ

30 มีนาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 วิธีดำเนินการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 หลักการรักษาทางกายภาพบำบัด	4
2.1.1 วิธีการรักษาทางกายภาพบำบัด	4
2.1.2 การเคลื่อนไหวของการบริหารร่างกาย	5
2.1.3 วัตถุประสงค์ของการบริหารร่างกาย	6
2.1.4 การหักของกระดูกส่วนแขน	7
2.1.5 การจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ	9
2.1.6 แบบการรักษากระดูกหัก	11
2.1.7 การฟื้นฟูผู้ป่วยหลังกระดูกหักหรือข้อเคลื่อนหลุด	11
2.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	11
2.2.1 การแยกประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	16
2.3.1 นิยามของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	16
2.3.2 การทำงานของสเต็ปมอเตอร์	16
2.3.3 การควบคุมสเต็ปมอเตอร์	16
2.3.4 หลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ทั่วๆไป	17
2.4 โพเทนชิโอมิเตอร์	17
บทที่ 3 การออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของอุปกรณ์	19
3.1 การออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์	19
3.1.1 กำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวของชุดอุปกรณ์	19
3.1.2 กำหนดขนาดของส่วนอุปกรณ์ทั้งหมด	19
3.1.3 คำนวณน้ำหนักอุปกรณ์	21
3.1.4 ออกแบบระบบส่งกำลังต่างๆ	22
3.2 ชุดควบคุม	27
3.2.1 ลักษณะของเครื่องช่วยทำกายภาพ	27
3.2.2 หน้าที่การทำงานของภาคควบคุม	27
3.2.3 การออกแบบส่วนโปรแกรม	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง	36
4.1 การทดลองควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ขึ้นลงของข้อศอก	37
4.1.1 กำหนดค่า มุมเริ่มต้น = 0 องศา มุมจบ = 120 องศา	37
4.1.2 กำหนดค่า มุมเริ่มต้น = 30 องศา มุมจบ = 90 องศา	37
4.1.3 กำหนดค่า มุมเริ่มต้น = 45 องศา มุมจบ = 120 องศา	38
4.2 การทดลองควบคุมตำแหน่งการหมุนของข้อมือ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	39
5.1 สรุปปัญหาที่เกิดในโครงงาน	39
5.2 สรุปวิธีแก้ปัญหา	40

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก. ขนาดของร่างกายจากสถิติข้อมูลเพื่อการออกแบบงานด้านเออร์กอนอมิกส์

ภาคผนวก ข. แบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์

ภาคผนวก ค. วิธีการใช้เครื่อง

ภาคผนวก ง. วงจร, ลายปรินซ์ และการลงอุปกรณ์

ภาคผนวก จ. รายละเอียดโปรแกรม

ภาคผนวก ฉ. รูปของชุดอุปกรณ์ทั้งหมด

ภาคผนวก ช. คู่มือ DATASHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ มุมเริ่มต้น = 0 องศา มุมจบ 120 องศา	37
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ มุมเริ่มต้น = 30 องศา มุมจบ 90 องศา	37
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ มุมเริ่มต้น = 45 องศา มุมจบ 120 องศา	38
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการหมุนของข้อมือ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	12
รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก	13
รูปที่ 2.3 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอนุกรมภายใต้ภาวะแรงดันคงที่	14
รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้	14
รูปที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ขนานภายใต้ภาวะอาร์มาเจอร์แรงดันคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่	15
รูปที่ 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร	15
รูปที่ 2.7 ส่วนควบคุมสำหรับควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์	17
รูปที่ 2.8 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ	17
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของท่อนแขนส่วนบนที่ต่ออยู่กับข้อต่อ (มองจากด้านบน)	20
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของท่อนแขนส่วนล่างต่อกับข้อต่อ (มองจากด้านบน)	20
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของข้อมือ	21
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของแขน	21
รูปที่ 3.5 น้ำหนักที่กระทำที่จุดต่างๆบนอุปกรณ์	22
รูปที่ 3.6 ก) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 0 องศา	23
รูปที่ 3.6 ข) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 45 องศา	23
รูปที่ 3.6 ค) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 90 องศา	23
รูปที่ 3.6 ง) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 135 องศา	23
รูปที่ 3.7 ก) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 0 องศา	24
รูปที่ 3.7 ข) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 45 องศา	24
รูปที่ 3.7 ค) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 90 องศา	24
รูปที่ 3.7 ง) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 135 องศา	25
รูปที่ 3.8 การติดตั้งมอเตอร์กับสกรูเกลียวเข้ากับอุปกรณ์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.9 ส่วนโครงสร้างทั้งหมดของอุปกรณ์	26
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดควบคุม	27
รูปที่ 3.11แผนผังโปรแกรม	29
รูปที่ 4.1 ข้อความเมื่อเริ่มต้นเปิดเครื่อง	36
รูปที่ 4.2 ข้อความเมื่อเครื่องพร้อมจะทำงาน	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

โครงงานนี้ได้แนวคิดจากโครงงานชุดแขนกลช่วยการทำกายภาพบำบัดโดยจะพัฒนาชุดแขนกลที่มีอยู่แล้วให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักการแพทย์ โดยจะเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวของส่วนแขน ที่แต่เดิมมีการเคลื่อนไหวของข้อศอกและหัวไหล่มาเป็นการเคลื่อนไหวของข้อศอกและข้อมือโดยมีจุดมุ่งหมายที่ใช้รักษาผู้ป่วยที่มีภาวะข้อยึดติดหรือเกิดอุบัติในส่วนของท่อนแขนให้สามารถเคลื่อนไหวในส่วนที่ยังเคลื่อนไหวได้ ซึ่งจะทำให้กลับสู่สภาพปกติได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว สาเหตุที่พัฒนามาเป็นส่วนของข้อศอกและข้อมือนั้นโดยตัดส่วนของหักไหล่ออกไป เพราะได้รับคำแนะนำจากแพทย์ทางโรงพยาบาลและจากการที่ได้ชมอุปกรณ์ในการทำกายภาพบำบัดนั้น ส่วนใหญ่จะแยกส่วนกัน เช่น การบริหารหัวไหล่ก็จะถูกแยกออกเป็นอุปกรณ์ชุดหนึ่ง การบริหารข้อศอกก็จะอยู่อีกชุดหนึ่ง ดังนั้นการที่เลือกทำการบริหารของข้อศอก เพราะว่ามีทิศทางการเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ส่วนในการบริหารของหัวไหล่ซึ่งจะต้องให้มีทิศทางการเคลื่อนที่ครบตามหลักการแพทย์นั้นจะออกแบบค่อนข้างยาก เพราะฉะนั้นแล้วในโครงงานนี้จะทำการพัฒนามาเป็นการบริหารในส่วนของข้อศอกและข้อมือ โดยมีความหวังว่า สามารถที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่ภายในประเทศให้ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) พัฒนาจากโครงงานชุดแขนกลช่วยการทำกายภาพบำบัด

2) ศึกษาวิธีการทำกายภาพบำบัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดได้อย่างถูกต้อง

3) ศึกษาเทคนิคกลไกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนของโครงสร้างซึ่งจะใช้ในการสร้างชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด

4) สามารถออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัดได้

5) สามารถควบคุมการทำงาน ของชุดอุปกรณ์ช่วยทำกายภาพบำบัดได้

6) สามารถรู้จักการทำงานร่วมกันและปฏิบัติงานร่วมกันอย่างมีระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เนื่องจากโครงงานนี้ที่พัฒนาการทำกายภาพบำบัดของข้อศอก และการหมุนข้อมือคว่ำและหงายโดยใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) สามารถเคลื่อนไหวข้อศอกจากมุม 0 องศาถึงมุม 135 องศา ซึ่งสามารถป้อนมุมการเคลื่อนไหวจากมุมเริ่มต้นและมุมสิ้นสุดได้ในช่วงระหว่างมุม 0 องศา ถึง 135 องศา

2) การเคลื่อนไหวของข้อมือจากท่าในลักษณะคว่ำมือ โดยกำอุปกรณ์ที่ไว้สำหรับจับและหมุนข้อมือหงายขึ้น ซึ่งจะมีช่วงการเคลื่อนไหวระหว่างมุม 0 องศาถึง 180 องศา

ในส่วนที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนไหว คือ ส่วนที่สามารถปรับระดับความยาวของอุปกรณ์ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1) ส่วนของฐานของอุปกรณ์สามารถปรับระดับความสูงได้ 100 มิลลิเมตร

2) ส่วนของท่อนแขนส่วนบนและท่อนแขนส่วนล่าง สามารถปรับระดับความยาวได้ 100 มิลลิเมตร

3) ส่วนฐานของอุปกรณ์สามารถหมุนรอบตัวได้เป็นมุม 360 องศา

4) ส่วนของชุดอุปกรณ์สามารถปรับให้เอียงเป็นไปข้างหน้าได้ตามความเหมาะสมแต่ไม่ควรจะเกิน 45 องศา

1.4 วิธีดำเนินการ

1) ศึกษาปริญญานิพนธ์ชุดแขนกลช่วยการทำกายภาพบำบัด

2) ศึกษาวิธีการรักษาทางกายภาพบำบัด รวมทั้งศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดและกำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวในส่วนที่ต้องการสร้าง

3) ออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับการเคลื่อนไหว

4) คำนวณน้ำหนักของอุปกรณ์เพื่อออกแบบระบบส่งกำลัง

5) ศึกษาวงจรการควบคุมมอเตอร์ให้สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) เมื่อระบบโครงสร้างสามารถเข้ากับระบบควบคุมได้ก็ทำการสร้างชุดอุปกรณ์

7) ทดลองการทำงานร่วมกันระหว่างระบบโครงสร้างกับระบบควบคุม

8) ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1) สามารถทำการพัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัดให้สามารถใช้งานได้จริงอย่างถูกต้องตามหลักการแพทย์และมีประสิทธิภาพ

2) สามารถประหยัดงบประมาณในการสั่งซื้อชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัดจากต่างประเทศได้

3) สามารถรู้จักมีความรับผิดชอบต่อการทำงาน และการทำงานร่วมกันเป็นอย่างดีกับเพื่อนร่วมงาน

4) พัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศให้มีประสิทธิภาพ

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์แบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ จะประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือหลักการทำกายภาพบำบัดและทฤษฎีการควบคุมชุดอุปกรณ์

บทที่ 3 การออกแบบชุดอุปกรณ์จะประกอบเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบส่วนโครงสร้าง และการออกแบบส่วนควบคุม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและวิธีการแก้ไขปัญหา

ภาคผนวก ก. ขนาดของร่างกายจากสถิติข้อมูลเพื่อการออกแบบงานด้านเออร์กอนอมิกส์

ภาคผนวก ข. แบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์

ภาคผนวก ค. วิธีการใช้เครื่อง

ภาคผนวก ง. วงจร,ลายปรินซ์และการลงอุปกรณ์

ภาคผนวก จ. รายละเอียดโปรแกรม

ภาคผนวก ฉ. รูปของชุดอุปกรณ์ทั้งหมด

ภาคผนวก ช. คู่มือ DATASHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการรักษาทางกายภาพบำบัด

ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหรือภาวะเกี่ยวกับทางออร์โธปิดิกส์ นอกจากการรักษาของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านสาขาออร์โธปิดิกส์แล้ว อาจจะต้องใช้การรักษาทางกายภาพบำบัดและอาชีวบำบัดร่วมด้วย ในการรักษาควรจะเฉพาะเจาะจงและมีความละเอียดโดยมีพื้นฐานมาจากการประเมินผลของผู้ป่วย ในรายผู้ป่วยที่มีการหักของกระดูกการรักษาทางกายภาพบำบัดควรมุ่งไปยังส่วนที่มีการเคลื่อนไหวที่เหลืออยู่ ในระยะเริ่มแรกและหลังจากการเชื่อมยึดติดของกระดูกดีแล้ว จึงมุ่งเฉพาะเจาะจงไปยังบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการหักของกระดูกโดยพยายามคงสภาพการทำงานของอวัยวะส่วนนั้นๆให้มีการเคลื่อนไหวได้เหมือนเดิม

2.1.1 วิธีการรักษาทางกายภาพบำบัด ประกอบด้วยหลักใหญ่ ๆ 4 ประการ คือ

1) การใช้ความเย็นและความร้อนเฉพาะที่
2) การใช้เครื่องอิเลกโทรนิกส์ไฟฟ้า
3) การนวด
4) การบริหารร่างกายเพื่อการรักษา

2.1.1.1 ความเย็นและความร้อน

ความเย็นโดยใช้ผ้าแช่ในถังน้ำแข็งหรือใช้ถุงน้ำแข็งประคบเพื่อช่วยลดการบวมและลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อจากความเจ็บปวด

ความร้อนใช้แบบความร้อนชื้นประคบซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของผ้าขนหนูหรือถุงสารเคมีไฮโดรคอลเลเตอร์ (Hydrocollator) ใช้เวลาประคบประมาณครั้งละ 15 – 20 นาที วันละหลาย ๆ ครั้ง

2.1.1.2 เครื่องอิเล็กโทรนิกส์ไฟฟ้า

เครื่อง TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) และเครื่อง Interfrential therapy ใช้เพื่อลดความเจ็บปวดและลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่ได้รับบาดเจ็บหรือลดอาการเจ็บปวดจากแผลผ่าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (Electrical Stimulator) ใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อผู้ป่วยกระดูกหักและมีเส้นประสาทส่วนปลายได้รับอันตราย เพื่อคงไว้ของคุณสมบัติที่ดีของกล้ามเนื้อและเป็นผลทำให้การลีบเล็กของกล้ามเนื้อช้าลง

2.1.1.3 การนวด

เพื่อลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้มาก จุดประสงค์ของการนวด เพื่อช่วยลดบวมและช่วยทำให้เยื่อพังผืด (Fibrosis) อ่อนนุ่ม

2.1.1.4 การบริหารร่างกายเพื่อการรักษา

ในการบริหารร่างกายผู้ป่วยนั้น นักกายภาพบำบัดจะต้องแนะนำถึงลักษณะการวางท่าที่ถูกต้องต่อการออกกำลังของกล้ามเนื้อในแต่ละส่วน จึงควรจำกัดการเคลื่อนไหวของส่วนร่างกายที่ไม่ต้องการออกกำลัง เพื่อให้ส่วนร่างกายที่ต้องการรักษาได้เคลื่อนไหวอย่างถูกต้องและไม่ถูกทดแทนโดยการเคลื่อนไหวจากอวัยวะส่วนอื่นที่ใกล้เคียง ดังนั้นก่อนจะทำการบริหารร่างกายผู้ป่วยนักกายภาพบำบัดควรประเมินผลทดสอบกำลังกล้ามเนื้อผู้ป่วยเพื่อวางแผนในการรักษาว่าจะใช้การบริหารร่างกายด้วยวิธีใด

การออกกำลังกายของผู้ป่วยนั้น เป็นการป้องกันภาวะแทรกซ้อนเนื่องจากการไม่ได้ใช้งานที่จะเกิดขึ้นอาทิ เช่น ป้องกันการลีบเล็กและอ่อนกำลังของกล้ามเนื้อ ป้องกันการยึดติดหดสั้นของกล้ามเนื้อและข้อต่อ เพื่อช่วยเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อของร่างกายและช่วยลดการบวมที่บริเวณกล้ามเนื้อและข้อต่อ ถ้าผู้ป่วยรายใดที่มีการบวมอยู่นานจะเป็นผลทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและข้อต่อมาก

2.1.2 การเคลื่อนไหวในการบริหารร่างกาย

มีลักษณะการเคลื่อนไหวดังนี้

2.1.2.1 Passive exercises เป็นการเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายซึ่งกล้ามเนื้ออ่อนกำลังไม่สามารถเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนนั้น ๆ ของร่างกายด้วยตนเองได้ ต้องให้บุคคลอื่นเป็นผู้กระทำ ซึ่งจะช่วยเหลือให้เกิดการเคลื่อนไหวหรืออาจจะกระทำด้วยตัวผู้ป่วยเอง โดยใช้แขนขาข้างดีช่วยแขนข้างที่ไม่มีกำลังเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวในลักษณะนี้เพื่อช่วยกระตุ้นความรู้สึกของข้อต่อและกล้ามเนื้อ ช่วยป้องกันการยึดติดหดสั้นของเนื้อเยื่อและข้อต่อยึดติดแข็ง ช่วยป้องกันการเกิดแผลกดทับ ช่วยทำให้การหมุนเวียนของโลหิตดีขึ้นป้องกันการเกิดอาการบวมหรือช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดอาการบวมและช่วยลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ คลายความเจ็บปวดเป็นผลทำให้ผู้ป่วยมีความรู้สึกสบายร่างกาย

เทคนิคของการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1) Gentle passive movements เป็นการเคลื่อนไหวอย่างเบา ๆ และนิ่มนวลด้วยความเร็วตามธรรมชาติตลอดช่วงระยะของการเคลื่อนไหวปกติ

2) Forced passive movements เป็นการเคลื่อนไหวที่มีลักษณะค่อนข้างรุนแรงเล็กน้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืด (Stretch) กล้ามเนื้อที่มีการหดรั้งหรือพังผืดที่ยึดเกาะที่ข้อต่อให้ยาวออกสู่สภาพปกติ

3) การดัดดึงข้อต่อ (Articulation หรือ Manipulation) เป็นการเคลื่อนไหวที่มีลักษณะค่อนข้างรุนแรง ซึ่งจะกระทำโดยนักกายภาพบำบัดเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวข้อต่อในทิศทางนอกเหนือจากการเคลื่อนไหวตามปกติ (Accessory passive movements)

2.1.2.2 Active exercise เป็นการเคลื่อนไหวที่ถูกบังคับโดยการออกแรงกระทำของกล้ามเนื้อของตนเอง (Internal force) ซึ่งเป็นการทำงานตรงกันข้ามกับ passive movements (มีแรงกายนอกมาช่วยกระทำให้เกิดการเคลื่อนไหว) สามารถแบ่งการเคลื่อนไหวได้ 2 ลักษณะคือ

1) Active assisted exercises เป็นการบริหารร่างกายโดยผู้ป่วยพยายามเกร็งหดสั้นกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อร่วมกับการช่วยเหลือจากแรงภายนอกของบุคคลอื่นหรือใช้อุปกรณ์เครื่องช่วยพิเศษช่วยเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนนั้น ๆ ให้มีช่วงระยะการเคลื่อนไหวได้เต็มที่ โดยผู้ป่วยไม่สามารถยกอวัยวะส่วนนั้นต้านกับแรงดึงดูดของโลกได้ ถ้าผู้ป่วยหยุดการออกกำลังเกร็งกล้ามเนื้อใดก็จะเกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะ passive movements ทันทีซึ่งจะไม่ได้ผลในด้านการเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อ

2) Free exercises เป็นการบริหารร่างกายโดยการออกกำลังกล้ามเนื้อของตัว ผู้ป่วยเองให้เกิดมีการเคลื่อนไหวของอวัยวะส่วนนั้น ๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับแรงดึงดูดของโลกด้วยการไม่อาศัยแรงช่วยการเคลื่อนไหวจากภายนอกหรือแรงต้านทานการเคลื่อนไหวจากภายนอก สามารถใช้อวัยวะส่วนนั้นต้านกับแรงดึงดูดของโลกได้เป็นการบริหารร่างกายแบบมือเปล่า

2.1.3 วัตถุประสงค์ของการบริหารร่างกาย

ในผู้ป่วยทั่ว ๆ ไปหรือผู้ป่วยที่มีการหักของกระดูกภายหลังจากการรักษาทางการแพทย์แล้วอาจมีภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามมา เช่น การอ่อนกำลังของกล้ามเนื้อ ข้อต่อเคลื่อนไหวไม่ได้ปกติหรือมีความพิการเกิดขึ้นเหล่านี้เป็นต้น ดังนั้นการบริหารร่างกายจึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. การคงไว้ของการเคลื่อนไหวของข้อต่อให้อยู่ในสภาพปกติ และช่วยเพิ่มช่วงระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อในผู้ป่วยที่มีการยึดติดแข็งของข้อต่อให้สามารถทำงานได้ตามปกติหรือใกล้เคียงปกติ

ข. เพื่อเพิ่มกำลัง ความทนทานและการประสานงานของกล้ามเนื้อให้สามารถใช้งานในชีวิตประจำวันได้

ค. เพื่อเสริมสร้างสุขภาพทั่ว ๆไปให้ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะระบบการหมุนเวียนของโลหิตและระบบการหายใจ

ง. เพื่อสร้างความเชื่อมั่นภายในกับตัวผู้ป่วยว่า สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ และเข้าสู่สังคมโดยส่วนรวมได้

2.1.4 หักของกระดูกส่วนแขน

การหักของกระดูกส่วนแขนสามารถแบ่งเป็นสาเหตุของการหักของกระดูกในแต่ละส่วนได้ดังนี้

2.1.4.1 การหักของกระดูกต้นแขนส่วนก้าน (FRACTURES OF THE SHAFT OF THE HUMERUS)

สาเหตุจากมีแรงกระแทกโดยตรงหรือแรงกระแทกโดยอ้อมพบได้ในทุกวัยหรือจากกระดูกหักเนื่องจากมีพยาธิสภาพของโรค การหักของกระดูกมีหลายระดับต่าง ๆ กัน คือ

1) กระดูกหักตอนบน (Upper third)

2) กระดูกหักตอนกลาง (Middle third)

3) กระดูกหักตอนล่าง (Lower third)

การหักของกระดูกต้นแขนส่วนก้านตอนบนและตอนกลาง (FRACTURES OF THE UPPER THIRD AND THE MIDDLE THIRD OF SHAFT OF THE HUMERUS)

การรักษาทางกายภาพบำบัด

ผู้ป่วยในรายใส่ Arm sling ส่วนชิ้นกระดูกที่หักถูกแรงกดด้วยการทำงานของกล้ามเนื้องอข้อศอก (Biceps brachii) และกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก (Triceps brachii)

1) การเคลื่อนไหวแนะนำผู้ป่วยให้ออกกำลังกายในลักษณะกำมือและเหยียดนิ้วมือ งอกระดูกข้อมือ , หงายและคว่ำมือ , งอและเหยียดข้อศอก ซึ่งช่วยกระตุ้นมีแรงกดส่วนชิ้นกระดูกที่หักและทำให้การเชื่อมยึดติดดีขึ้น พยายามให้ผู้ป่วยบริหารอยู่เสมอ

2) ภายหลัง 3 อาทิตย์ เริ่มมีการเคลื่อนไหวข้อไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ป่วยในรายใส่ U – shaped plaster ร่วมกับผ้าคล้องแขน

1. ผู้ป่วยเคลื่อนไหวนิ้วมือ ข้อมือ ทุกทิศทางและข้อศอกเคลื่อนไหวในช่วงสั้นๆ
2. Static contraction ของกล้ามเนื้องอข้อศอกและกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก
3. การเคลื่อนไหวข้อไหล่จะทำได้บ้างเล็กน้อย

2.1.4.2 การหักของกระดูกต้นแขนสวนก้านตอนล่าง

(SUPRACONDYLAR FRACTURE OF THE HUMERUS)

การหักกระดูกลักษณะนี้ส่วนมากเกิดในวัยเด็ก (Childhood) โดยหกล้มเอามือยันพื้นในลักษณะเหยียดข้อศอก (Extension type) จะมีการเคลื่อนหลุดของกระดูกชิ้นล่างไปทางด้านถ่าง แพทย์ออร์โธปิดิกส์ทำการดัดดึงให้กระดูกเข้าที่ แล้วใส่เฝือก ส่วนในคนหนุ่มสาวจำกัดการเคลื่อนไหวประมาณ 6 อาทิตย์ โดยใส่เฝือกร่วมกับผ้าคล้องแขน

การรักษาทางกายภาพบำบัด

ระยะใส่เฝือก แนะนำผู้ป่วยให้มีการเคลื่อนไหวโดยเกร็งกล้ามเนื้อของนิ้วมือนอกภายเฝือกอย่างแรง เช่น กำหมัด, เหยียดนิ้วอยู่ตลอดเวลาและ Static contraction ของกล้ามเนื้อที่อยู่ในเฝือก เช่น กล้ามเนื้องอข้อมือและกล้ามเนื้อกระดกข้อมือของปลายแขน, กล้ามเนื้องอข้อศอกและกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก เพื่อช่วยให้การหมุนเวียนของโลหิตดีขึ้น ช่วยลดการบวมของอวัยวะที่อยู่ในเฝือกเป็นการป้องกันเกิดภาวะแทรกซ้อนและทำให้ข้อศอกยึดติดแข็งน้อยลง นอกจากนี้ควรให้ผู้ป่วยเคลื่อนไหวข้อไหล่อยู่เสมอเพื่อป้องกันข้อไหล่ยึดติดแข็ง เช่น Pendulum exercises, Auto active assised exercises ในทุกทิศทาง

ระยะภายหลังถอดเฝือก ผู้ป่วยมีภาวะแทรกซ้อน ซึ่งจะมีปัญหาเรื่องข้อศอกยึดติดแข็ง คือ งอและเหยียดหรือคว่ำและหงายมือไม่ได้ ทำให้ไม่สามารถใช้แขนข้างนั้นทำกิจวัตระประจำวันได้ ในระยะแรกภายหลังถอดเฝือกข้อศอกจะมีอาการบวมหลงเหลืออยู่ กล้ามเนื้ออ่อนจะกำลังและลีบเล็ก โดยเฉพาะกล้ามเนื้องอข้อศอก , กล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก, กล้ามเนื้องอข้อมือ, กล้ามเนื้อกระดกข้อมือ , กล้ามเนื้อหงายมือและกล้ามเนื้อคว่ำมือ เมื่อผู้ป่วยเคลื่อนไหวข้อศอกจะมีอาการเจ็บปวดเกิดขึ้น ดังนั้นการรักษาทางกายภาพบำบัดควรประกอบด้วย

การประคบด้วยความร้อน การนวดควรทำอย่างเบา ๆ รอบข้อศอก แต่ควรเน้นเป็นพิเศษที่กล้ามเนื้องอข้อศอกและเอ็นกล้ามเนื้องอข้อศอก เพราะกล้ามเนื้อนี้จะค่อนข้างเกร็งตัวและมีการตึงตัว (tight) เนื่องจากอยู่ในลักษณะงอข้อศอกมานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 การหักของกระดูกโอเลเครนอน (FRACTURE OF THE OLECRANON)

สาเหตุจากมีแรงกระแทกโดยตรง เช่น หกล้มปลายข้อศอกกระแทกพื้นหรือจากการหดสั้นอย่างทันทีทันใดของกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก ในขณะที่กำลังออกแรงงอข้อศอกการหักของกระดูกอาจจะแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1) กระดูกหักแต่ไม่เคลื่อนหลุดของชิ้นกระดูก

2) กระดูกหักมีการเคลื่อนหลุดของชิ้นกระดูกส่วนบน โดยแรงดึงของกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก

3) กระดูกแตกหักเป็นหลายชิ้น

การรักษาทางกายภาพบำบัด

ระยะใส่เฝือก แนะนำผู้ป่วยเคลื่อนไหว นิ้วมือ ข้อมือและข้อไหล่อยู่เสมอ ตลอดจนการเกร็งกล้ามเนื้อที่อยู่ในเฝือกตลอดเวลาเพื่อลดบวมและป้องกันการลีบเล็กของกล้ามเนื้อไม่ให้เร็วกว่าที่ควรจะเป็น

ระยะภายหลังถอดเฝือก แพทย์อนุญาตให้ผู้ป่วยเริ่มเคลื่อนไหวได้ โดยระยะแรก ๆ ค่อย ๆ ให้ผู้ป่วยพยายามเคลื่อนไหวข้อศอกในลักษณะ active assisted exercises ห้ามดัดดึงอย่างรุนแรง ต่อไปค่อย ๆ เพิ่มแรงต้านทานมากขึ้นตามลำดับ ควรเน้นที่กล้ามเนื้อเหยียดข้อศอกให้มาก เนื่องจากกล้ามเนื้อนี้ถูกยืดอยู่ในเฝือกอยู่นาน ทำให้การอ่อนกำลังมากกว่ากล้ามเนื้ออื่น ๆ

2.1.4.4 การหักของกระดูกอัลนาร่วมกับการเคลื่อนหลุดของหัวกระดูกเรเดียส (FRACTURE OF THE ULNA WITH DISLOCATION OF THE RADIAL HEAD)

เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Monteggia fracture – dislocation สาเหตุจาก มีแรงกระแทกที่ปลายแขนในขณะคว่ำมือและข้อศอกเหยียด หรือมีแรงกระแทกที่ด้านหลังของปลายแขนส่วนบนทำให้มีกระดูกอัลนาหักและหัวกระดูกเรเดียสเคลื่อนหลุดมาด้านหน้า

2.1.5 การกำจัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (STIFFNESS OR LIMITATION OF JOINT)

สาเหตุ

1) เกิดจากมีพังผืด แผลเป็นยึดรั้งหรือกล้ามเนื้อยึดหดสั้น (Adhesions, Scarring หรือ Contractures) เนื่องจากข้อต่อนั้นไม่มีการเคลื่อนไหวเป็นเวลายาวนานๆ อันเป็นผลจะทำให้เกิดมีพังผืดรอบ ๆ นอกข้อต่อหรือภายในข้อต่อ นอกจากนี้กล้ามเนื้อที่อยู่ใกล้เคียงหรือรอบ ๆ ข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเกิดมียึดหดสั้นของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อไม่สามารถยืดยาวออกได้เหมือนปกติ หรือเกิดมีการยึดหดสั้นของเนื้อเยื่อเอ็นกล้ามเนื้อร่วมด้วย

2) เกิดจากการบวมเรื้อรัง (Chronic edema) เนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเมื่อได้รับอันตราย อาจเกิดมีอาการบวมมากหรือบวมน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของอุบัติเหตุที่ได้รับ

3) เกิดจากกล้ามเนื้ออ่อนแรง เนื่องจากกล้ามเนื้อขาดการออกกำลังกาย หรือหยุดการเคลื่อนไหวเป็นระยะเวลา ๆ หรือกล้ามเนื้อเป็นอัมพาตจากระบบประสาทได้รับอันตรายเป็นผลให้กล้ามเนื้ออ่อนกำลังและลีบเล็ก ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อต่อนั้น ๆ ได้

4) เกิดจากความเจ็บปวด เนื่องจากเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เคียงข้อต่อหรือภายในข้อต่อได้รับอันตราย เมื่อมีการเคลื่อนไหวของข้อต่อแล้วเกิดมีความเจ็บปวดมากขึ้นเป็นผลทำให้ร่างกายเกิดภาวะปกป้องมีการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อหยุดการเคลื่อนไหวข้อต่อนั้น ๆ เพื่อการกำจัดความเจ็บปวด

2.1.5.1 ข้อศอกยึดติด (STIFF ELBOW)

สาเหตุเนื่องจากผู้ป่วยไม่ได้มีการเคลื่อนไหวข้อศอกเป็นเวลายาวนานโดยมากจะพบในผู้ป่วยที่มีการหักของกระดูกแขนแล้วใส่ Hanging cast เมื่อถอดเฝือกออกแล้วจะมีการยึดติดแข็งของข้อศอก โดยเฉพาะในเด็กเล็กจะพบมีการหักของกระดูกต้นแขนส่วนก้านตอบล่างกันมากและอาจเกิด Myositis ossificans ร่วมด้วย จะทำให้มีการยึดติดแข็งของข้อศอกมากยิ่งขึ้น

การเคลื่อนไหว

1) การงอและการเหยียด

2) การหงายมือและการคว่ำมือ

อาการและอาการแสดง

1) มีการจำกัดองศาของการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะผู้ป่วยจะอยู่ในท่า Flexion deformity เนื่องจากการใส่เฝือกอยู่ในท่างอข้อศอก

2) มีการเจ็บปวดเกิดขึ้นในขณะเคลื่อนไหวข้อศอก และมีการเกร็งตัวของกล้ามเนื้องอข้อศอก โดยเฉพาะที่บริเวณส่วนปลายของเอ็นกล้ามเนื้องอข้อศอก (Biceps brachii)

3) มีการบวมที่บริเวณรอบ ๆ ข้อศอก

4) กล้ามเนื้อที่ทำการเคลื่อนไหวข้อศอกจะอ่อนกำลังและลีบเล็ก โดยเฉพาะช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก (Triceps brachii)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 แบบการรักษากระดูกหัก

2.1.6.1 การช่วยให้ข้อเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง (continuous passive motion, CPM)

ปัจจุบันได้มีการใช้เครื่องกลในการช่วยขับเคลื่อนข้อเพื่อให้มีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วต่ำ ซึ่งสามารถใช้ได้กับกรณีที่ผู้ป่วยเพิ่มได้รับการบาดเจ็บใหม่ ๆ โดยไม่ต้องมียาชาช่วย พฤติกรรมเช่นนั้นจะป้องกันการเกิดภาวะข้อติด (stiff) อันเนื่องมาจากความเจ็บปวด และการบวมของเนื้อเยื่อซึ่งจะเป็นเหตุให้ผู้ป่วยไม่สามารถขยับข้อที่เกี่ยวข้องแต่เนิ่น ๆ และให้โอกาสในการก่อตัวของเนื้อเยื่อ เส้นใย (fibrous tissue) ได้ ระยะเวลาที่จะต้องช่วยให้ข้อเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องอาจนานเพียง 3 วัน จนถึงประมาณ 3 สัปดาห์ หรือนานกว่านั้น

ข้อบ่งชี้และข้อควรระวัง

ก) เมื่อสามารถทำการจัดตรึงชิ้นหักให้แข็งแรง และไม่มีปัญหาความมั่นคงของข้อหรือสภาวะของเนื้อเยื่ออื่น ๆ ซึ่งจะได้รับความเสียหายจากการเคลื่อนไหวตามที่กำหนดไว้

ข) กระดูกหักผ่านข้อหรืออยู่ใกล้ข้อซึ่งคาดว่าจะมีผลทำให้การเคลื่อนไหวของข้อนั้น ๆ ในระหว่างการฟื้นฟูสมรรถภาพเป็นไปได้อย่างช้าหรือไม่สมบูรณ์

ค) ไม่มีการบาดเจ็บร่วมต่อระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับข้อที่จะให้เคลื่อนไหว ซึ่งหมายถึงการไม่สูญเสียประสาทรับรู้และกล้ามเนื้อหรือมีอาการเกร็ง ซึ่งจะเป็นอุปสรรค ต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในระยะยาว

2.1.7 การฟื้นฟูผู้ป่วยหลังกระดูกหัก หรือข้อเคลื่อนหลุด (Rehabilitation in Fracture or Dislocations)

วัตถุประสงค์ของการรักษาผู้ป่วยกระดูกหัก หรือ ข้อเคลื่อนหลุดก็คือ การให้ผู้ป่วยสามารถกลับคืนสู่สภาพใกล้เคียงปกติมากที่สุดและเร็วที่สุด

ในขั้นแรก ผู้ป่วยเหล่านี้ต้องได้รับการรักษาจากแพทย์ทางออร์โธปิดิกส์ก่อน เป็นต้นว่าการพยายามจัดกระดูกหรือข้อให้เข้าที่แล้วตรึงให้อยู่กับที่ตามความจำเป็นแก่ภาวะ จะโดยวิธีผ่าตัดหรือไม่ผ่าตัดก็ได้ หลังจากนั้นการรักษาทางเวชศาสตร์ฟื้นฟูจะมีบทบาทสำคัญต่อไป

2.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นทรานดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือ แรงบิดของเพลาของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์แรงบิดของเพลาของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงได้ในรูปที่ 2.1 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก (ϕ) และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I \qquad \text{--(2-1)}$$

เมื่อ T คือ แรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

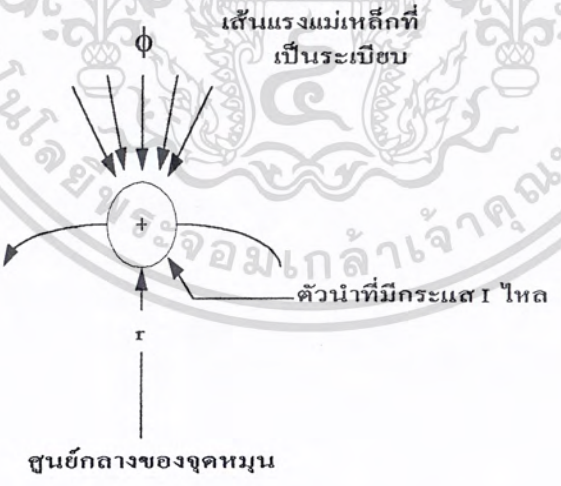
ϕ คือ เส้นแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

I คือ กระแสเป็นแอมแปร์

K คือ ค่าคงที่

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวมันเอง แรงดันนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลามอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega \qquad \text{--(2-2)}$$



รูปที่ 2.1 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อ E คือ แรงดันย้อนกลับ (emf) มีหน่วยเป็นโวลท์

ϕ คือ เส้นแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ω คือ ความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที

สมการที่ (2.1) และ (2.2) เป็นสมการที่แสดงถึงหลักการทำงานพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1 การแยกประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทโดยขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และจะขึ้นอยู่กับพื้นฐานในการออกแบบทางโครงสร้างของอาร์มาเจอร์ การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

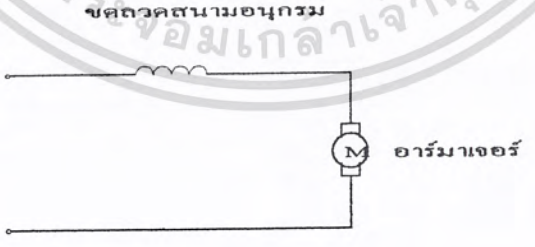
2.2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้แบ่งแยกได้เป็น 2 แบบคือ

ก) แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์มาเจอร์

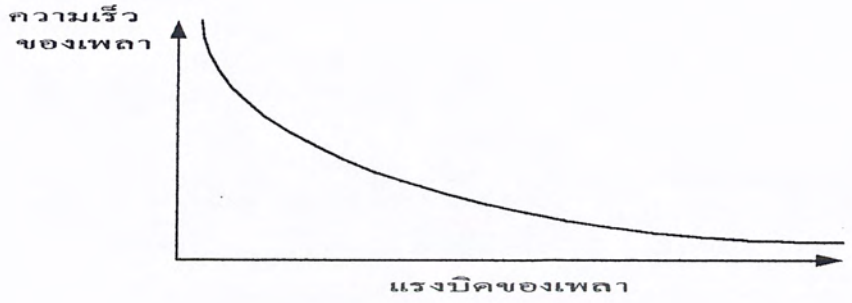
ข) แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมจะแสดงดังในรูปที่ 2.2 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแส ดังนั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถที่จะปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิด โดยเป็นแบบไม่เชิงเส้น (non linear) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



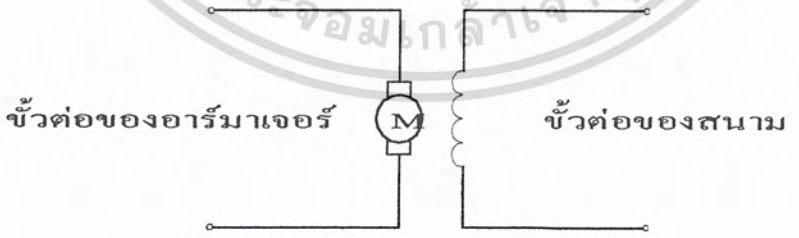
รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



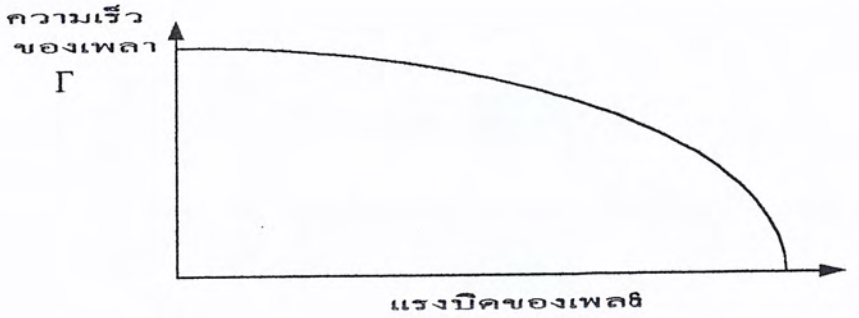
รูปที่ 2.3 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอนุกรมภายใต้ภาวะแรงดันคงที่

มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่น ระบบการขับเคลื่อนของรถลาก ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กกระตุ้นแสดงดังในรูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบนี้มักนิยมเรียกกว่า มอเตอร์ขนาน (shun motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์มาเจอร์ ซึ่งจะเป็นผลทำให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์นี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูปที่ 2.5 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์ขนาน ภายใต้ภาวะการกระตุ้นของสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์แรงดันคงที่



รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้

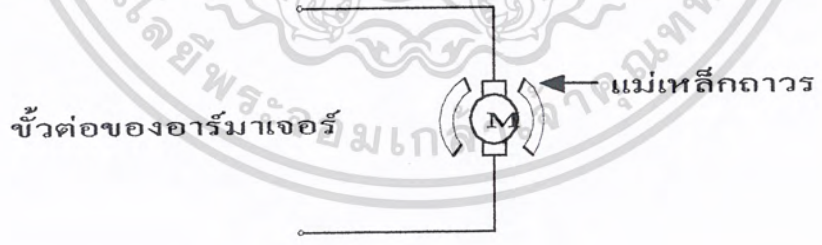
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ขนานภายใต้ภาวะอาร์มาเจอร์แรงดันคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่

2.2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์ โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวรดังแสดงในรูปที่ 2.6 ในระบบนี้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดแลความเร็วอยู่ในลักษณะเชิงเส้น



รูปที่ 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

ข้อดีของมอเตอร์แบบฟิลด์แม่เหล็กถาวร ซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิลด์ด้วยการพันของขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังแรงม้าเท่ากัน นอกจากนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นในสมการที่ 2.1 ยังให้ค่ากระแสอาร์มาเจอร์ที่สูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบฟิลด์เป็นขดลวด การประยุกต์ในงานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจาราณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างงอาร์มาเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์มาเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้แล้วยังมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (brushless dc motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีที่เหมือนกับมีว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดมีแปรงถ่าน ยกเว้นการคอมมิวเตชั่น (commutation) ซึ่งจะกระทำโดยทางเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีเชิงกล

2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.3.1 นิยามของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จะมีเพลาหมุนเป็นสเต็ป มีหลักการดังนี้

-ป้อนอินพุทด้วยพัลซ์ที่มีความถี่ค่าหนึ่ง

-จะเคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ปในแต่ละพัลซ์

-ขนาดของสเต็ปขึ้นอยู่กับการออกแบบสเต็ปมอเตอร์

2.3.2 การทำงานของสเต็ปมอเตอร์

ขึ้นอยู่กับพัลซ์ที่ป้อนให้กับขดลวดเฟสของมันในลำดับที่ถูกต้อง ด้วยวงจรลอจิกสำหรับจัดลำดับ (sequencer logic) ด้วยกระแสที่พอเพียงโดยวงจรไดร์เวอร์

2.3.3 การควบคุมสเต็ปมอเตอร์

แสดงได้ดังในรูปที่ 2.7 จากรูปสเต็ปมอเตอร์จะทำงานเมื่อเราป้อน

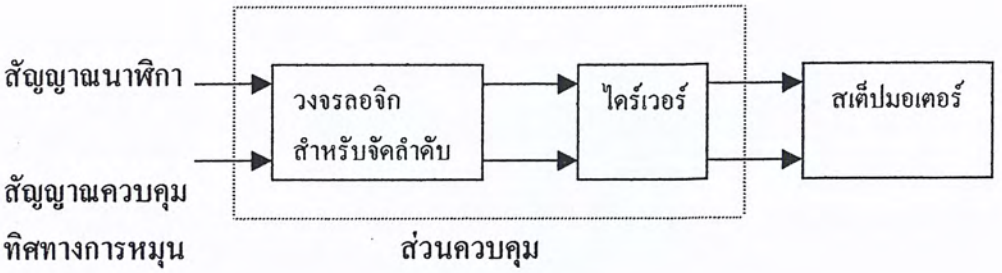
-สัญญาณพัลซ์นาฬิกา (clock pulse)

-อินพุทสำหรับควบคุมทิศทางการหมุน

ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์จะทำการอินเตอร์เฟสได้โดยตรงกับไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ สเต็ปมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของโหลดได้อย่างเที่ยงตรงมาก เนื่องจากแต่ละอินพุทพัลซ์จะทำให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ปอย่างเที่ยงตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

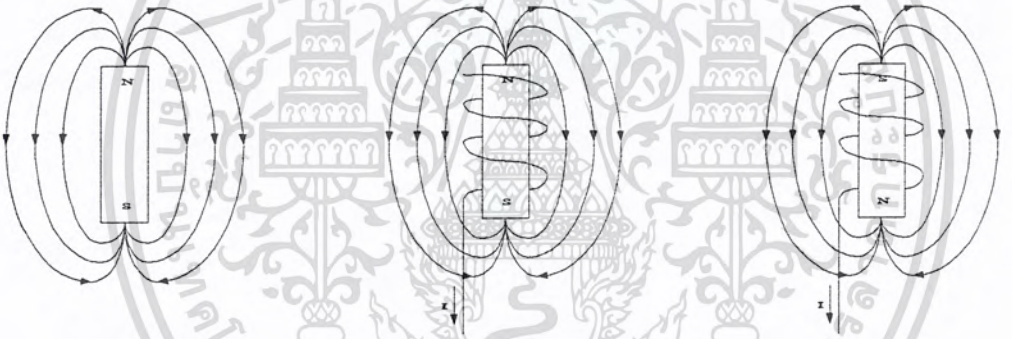
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.7 ส่วนควบคุมสำหรับควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

2.3.4 หลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ทั่วๆไป

ในรูปที่ 2.8 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก



ก) ข) ค)

รูปที่ 2.8 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ

ในรูปที่ 2.8 (ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร

(ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I

(ค) ขั้วแม่เหล็กจะกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

2.4 โพเทนชิโอมิเตอร์

โพเทนชิโอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอินพุทที่ป้อนเข้ากับโพเทนชิโอมิเตอร์จะอยู่ในรูปของการเคลื่อนที่ ที่เป็นแบบเชิงกลและอาจจะเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบหรือเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นก็ได้ เมื่อป้อนแรงดันเข้าที่ปลายข้างที่อยู่กับที่ของโพเทนชิโอมิเตอร์ แรงดันเอาท์พุทจะได้ออกมาที่ปลายของส่วนที่เคลื่อนที่ของโพเทนชิโอมิเตอร์ ซึ่งจะแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42371

ผันโดยตรงกับความเร็วของการหมุนหรือระยะของการเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้น โพเทนชิโอมิเตอร์แบบหมุนรอบได้นั้นจะมีแบบหมุนได้รอบเดียวหรือหมุนได้หลายรอบและส่วนใหญ่จะประกอบขึ้นด้วยขดลวดหรือความต้านทานของพลาสติกที่เป็นตัวนำ โพเทนชิโอมิเตอร์แบบพลาสติกตัวนำจึงได้รับความนิยมใช้มากในระบบควบคุมที่ต้องการความเที่ยงตรง เนื่องจากโพเทนชิโอมิเตอร์ดังกล่าวจะมีความละเอียดไม่จำกัด มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ให้แรงดันเอาท์พุทที่ราบเรียบและมีสแตติน้อยส์ต่ำ

ตัวอย่างความคลาดเคลื่อนของความต้านทานของโพเทนชิโอมิเตอร์ชนิดมาตราฐาน จะอยู่ระหว่าง $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ และ $\pm$10 เปอร์เซ็นต์ และโพเทนชิโอมิเตอร์ชนิดพิเศษจะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ $\pm$ 1 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นเชิงเส้นของความต้านทานของโพเทนชิโอมิเตอร์จะอยู่ในพิสัย $\pm$ 0.25 ถึง $\pm$ 0.5 เปอร์เซ็นต์ โพเทนชิโอมิเตอร์ที่มีความเที่ยงตรงมักจะใช้สำหรับการทดลองในระบบการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและสเต็ปมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์

3.1 การออกแบบส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์

ในการออกแบบนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนแรกเป็นการออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์รวมทั้งการออกแบบระบบส่งกำลัง ส่วนที่สองคือการออกแบบส่วนการควบคุมชุดอุปกรณ์ ซึ่งในแต่ละส่วนจะสามารถอธิบายได้ดังนี้

การออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์สามารถแบ่งตามขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวของชุดอุปกรณ์

2) กำหนดขนาดของส่วนอุปกรณ์ทั้งหมดรวมทั้งออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมกับการเคลื่อนไหว

3) คำนวณน้ำหนักของอุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปออกแบบระบบส่งกำลัง

4) ออกแบบระบบส่งกำลัง

3.1.1 กำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวของชุดอุปกรณ์

ทิศทางการเคลื่อนไหวตามหลักการรักษาทางกายภาพบำบัด สามารถกำหนดได้ 2 ส่วน คือ

ก) ข้อศอก เป็นการเหยียดข้อศอกตรงโดยขนานกับพื้นโลก แล้วงอข้อศอกเข้าหาตัวเอง เป็นมุม 135 องศา

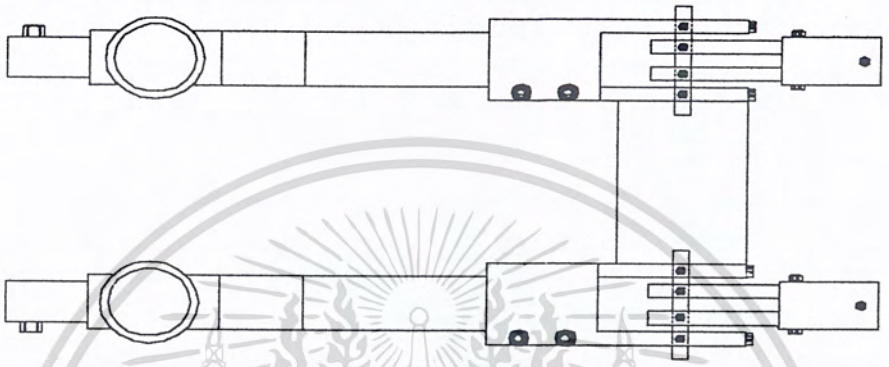
ข) ข้อมือ กำหนดให้ผู้ป่วยวางมือบนอุปกรณ์ ในลักษณะคว่ำมือกำอุปกรณ์ที่ไว้สำหรับจับ และบิดข้อมือหงายขึ้น ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่จากมุม 0 องศาถึงมุม 180 องศา

3.1.2 กำหนดขนาดของส่วนอุปกรณ์ทั้งหมด

การกำหนดขนาดของอุปกรณ์จะใช้ข้อมูลของเออร์กอนอมิกส์ ที่แสดงถึงขนาดของร่างกายในส่วนต่าง ๆ โดยแบ่งช่วงของแขนเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ท่อนแขนส่วนบน, ท่อนแขนส่วนล่าง และข้อมือ (แสดงการกำหนดขนาดของอุปกรณ์ไว้ในภาคผนวก) เมื่อได้ขนาดของส่วนต่างๆ แล้วก็จะออกแบบโครงสร้างให้สอดคล้องกับขนาดของข้อมูลที่ได้ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

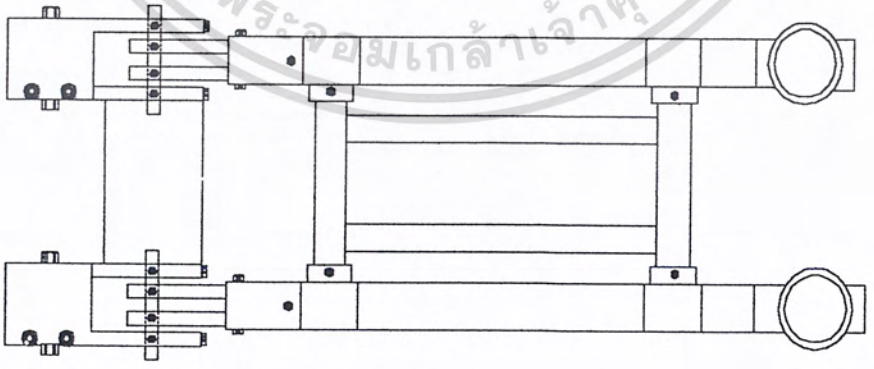
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.1 ท่อนแขนส่วนบน เริ่มตั้งแต่ต้นแขนที่ต่ำกว่าหัวไหล่ไปจนถึงข้อศอก แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งท่อนแขนส่วนบนนี้สามารถปรับระดับความยาวได้ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของท่อนแขนส่วนบนที่ต่ออยู่กับข้อต่อ (มองจากด้านบน)

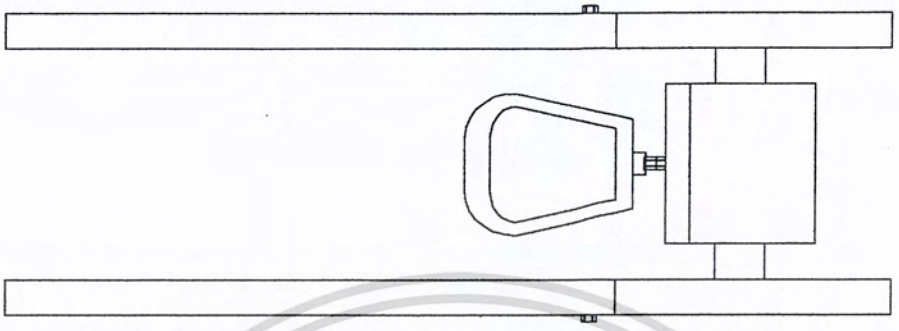
3.1.2.2 ท่อนแขนส่วนล่าง เป็นส่วนที่เริ่มจากข้อศอกไปถึงข้อมือ แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และสามารถปรับระดับความยาวได้ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของท่อนแขนส่วนล่างต่อกับข้อต่อ (มองจากด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

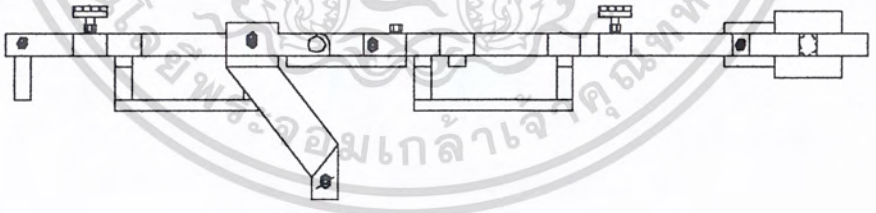
3.1.2.3 ข้อมือ ตั้งแต่ข้อมือถึงปลายนิ้วกลาง แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของข้อมือ

3.1.3 คำนวณน้ำหนักของอุปกรณ์

เมื่อออกแบบโครงสร้างของแขนของอุปกรณ์แล้ว ขั้นตอนนี้จะนำโครงสร้างที่ได้มาแสดงดังรูปที่ 3.4 ซึ่งจะแสดงให้เห็นด้านข้างของอุปกรณ์ เพื่อที่จะคำนวณหาน้ำหนักรวมของอุปกรณ์และหาตำแหน่งของแรงรวมที่กระทำต่อจุดๆหนึ่ง เพื่อใช้ในการออกแบบระบบส่งกำลังในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของแขน

การหาแรงรวมที่กระทำ ณ จุดใด ๆ เราจะต้องทราบน้ำหนักของส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1) น้ำหนักรวมของอุปกรณ์
2) น้ำหนักแขนของผู้ป่วย
3) น้ำหนักของสเต็ปมอเตอร์
4) น้ำหนักของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.1 น้ำหนักรวมของอุปกรณ์

จะเริ่มคิดตั้งแต่จุดหมุนของข้อศอกไปจนถึงส่วนปลายของชุดอุปกรณ์ซึ่งจะมีส่วนประกอบหลายส่วน สามารถคิดน้ำหนักรวมโดยประมาณเท่ากับ 0.75 กิโลกรัมหรือประมาณ 1.65 ปอนด์

3.1.3.2 น้ำหนักแขนของผู้ป่วย

ตั้งแต่ส่วนของข้อศอกถึงปลายนิ้วมือจะแบ่งเป็นน้ำหนักของแขน (Forearm) ประมาณ 0.9 กิโลกรัมหรือประมาณ 2 ปอนด์ และน้ำหนักของมือประมาณ 0.45 กิโลกรัมหรือประมาณ 1 ปอนด์ (จากวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว)

3.1.3.3 น้ำหนักของสเต็ปมอเตอร์

อยู่ตรงปลายของอุปกรณ์คิดน้ำหนักโดยประมาณ 0.7 กิโลกรัมหรือ 1.54 ปอนด์

3.1.3.4 น้ำหนักของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะต่ออยู่กับสกรูส่งกำลัง ดังนั้นจะมีน้ำหนักรวมโดยประมาณ 1 กิโลกรัมหรือประมาณ 2.2 ปอนด์

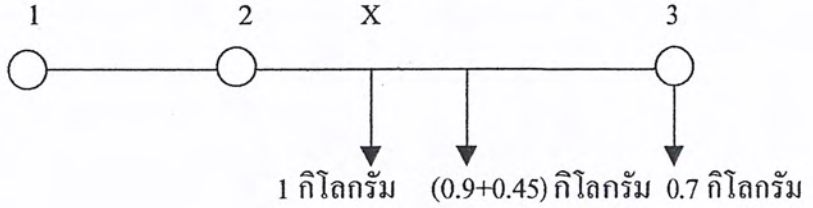
เพราะฉะนั้นน้ำหนักรวมของอุปกรณ์ทั้งหมดจะเท่ากับ น้ำหนักรวมของอุปกรณ์+น้ำหนักแขนของผู้ป่วย+น้ำหนักของสเต็ปมอเตอร์+น้ำหนักของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ดังนั้นน้ำหนักรวมของอุปกรณ์ = 0.75 กิโลกรัม+(0.9+0.45) กิโลกรัม+0.7 กิโลกรัม+1 กิโลกรัม

= 3.8 กิโลกรัม

3.1.4 การออกแบบระบบส่งกำลัง

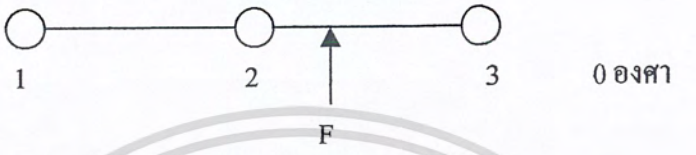
เมื่อคำนวนน้ำหนักของอุปกรณ์แล้ว ต่อไปจะแสดงน้ำหนักที่กระทำที่จุดต่างๆบนอุปกรณ์ได้แสดงดังรูปที่ 3.5 แล้วในขั้นตอนนี้จะออกแบบระบบส่งกำลัง โดยจะติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่จุด X เพราะว่าจะสามารถยกส่วนแขนของอุปกรณ์ได้เป็นมุมถึง 135 องศา ตามที่กำหนด



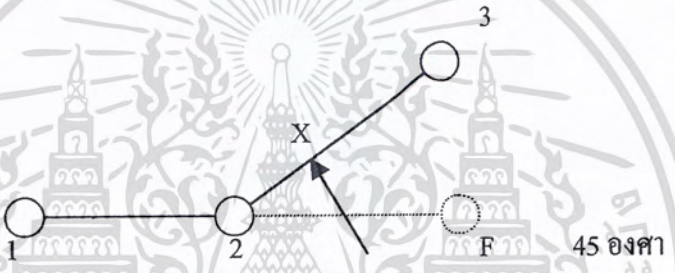
รูปที่ 3.5 น้ำหนักที่กระทำที่จุดต่างๆบนอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

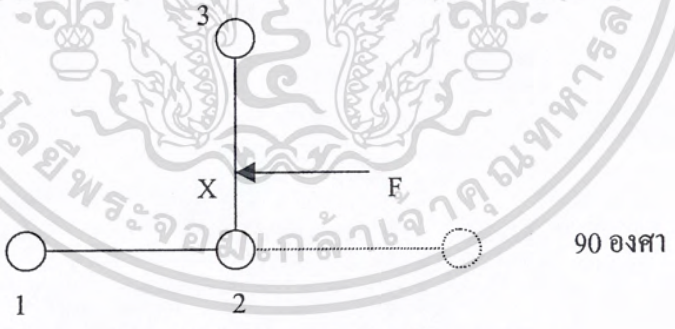
จากรูปที่จุด 1 แทนตำแหน่งของหัวไหล่, จุดที่ 2 แทนจุดหมุนของข้อศอกและจุดที่ 3 แทนตำแหน่งของข้อมือ ซึ่งจากรูปที่จุด X คือจุดที่จะต้องออกแรงยกอุปกรณ์ขึ้น ซึ่งต้องใช้แรงมากกว่าแรงที่คำนวนได้ และแรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ขึ้นนั้นจะต้องตั้งฉากกับอุปกรณ์ เพราะฉะนั้นตัวส่งกำลังจะต้องเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์จนถึงมุมที่กำหนดแสดงดังรูปที่ 3.6



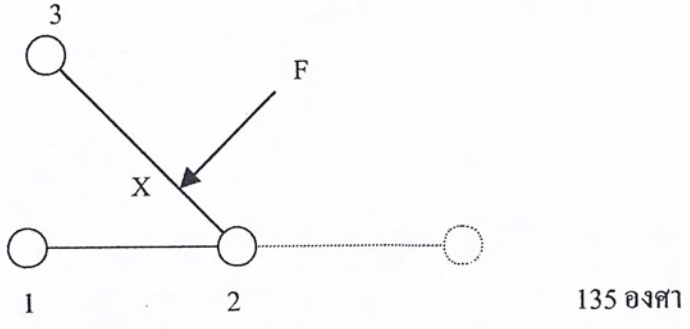
รูปที่ 3.6 ก) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 0 องศา



รูปที่ 3.6 ข) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 45 องศา



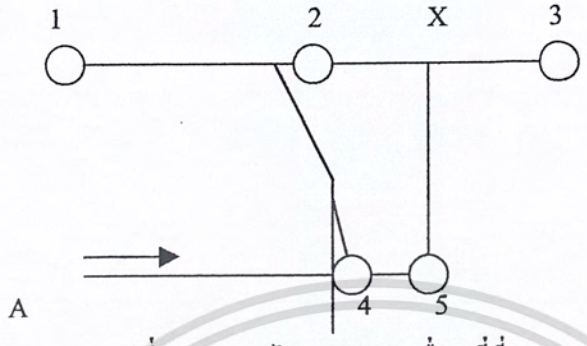
รูปที่ 3.6 ค) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 90 องศา



รูปที่ 3.6 ง) แรงที่ใช้ในการยกอุปกรณ์ที่มุม 135 องศา

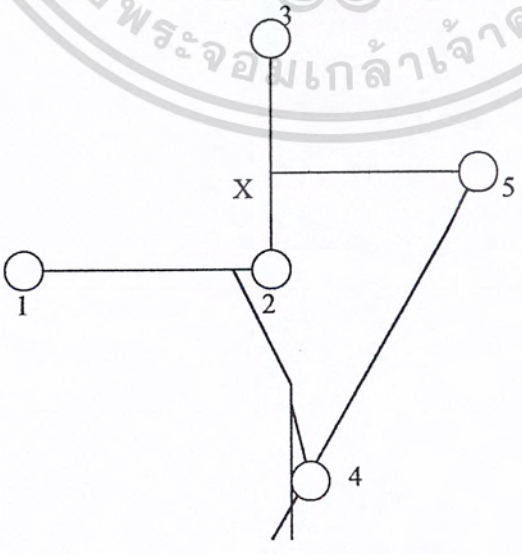
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1.6 ตัวส่งกำลังที่เคลื่อนที่ตามการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์นั้นจะใช้เทคนิคกลไกมาใช้ในการออกแบบสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.7



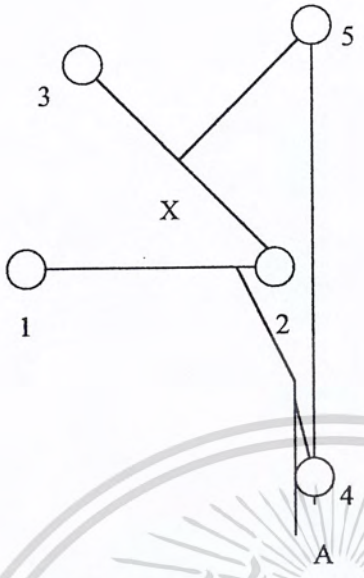
รูปที่ 3.7 ก) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 0 องศา

รูปที่ 3.7 ข) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 45 องศา



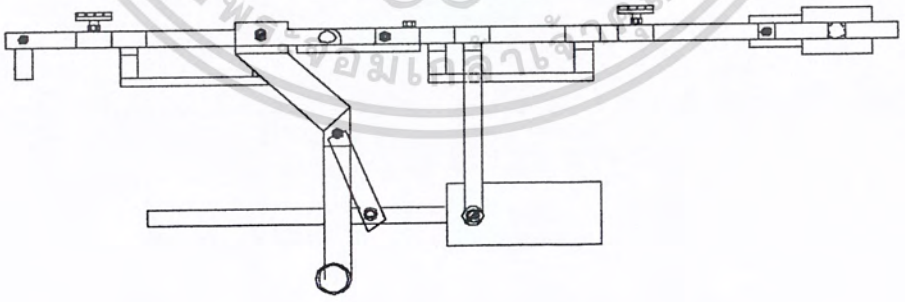
รูปที่ 3.7 ค) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



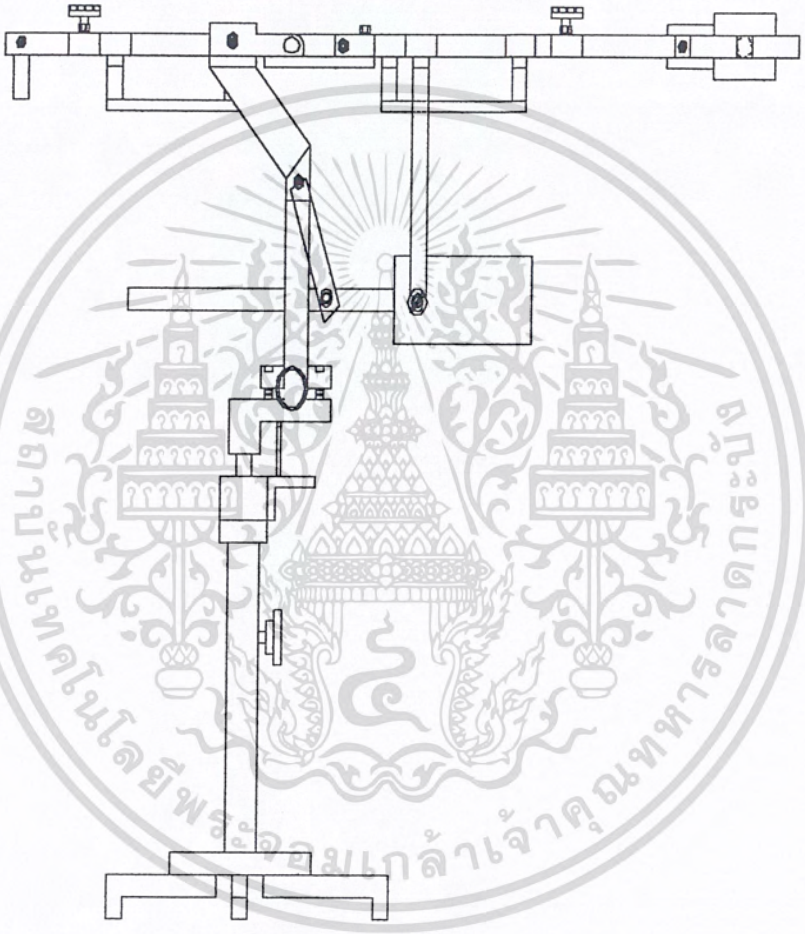
รูปที่ 3.7 ง) กลไกของการเคลื่อนที่ที่มุม 135 องศา

จากรูป3.1.7 ก) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเส้นตรง A เคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามทิศทางของลูกศร จะทำให้จุดที่ 5 ถูกดันและยกอุปกรณ์ขึ้น (เส้นตรงระหว่างจุด X ถึงจุดที่ 5 จะยึดติดกับตัวอุปกรณ์) ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่จุดที่ 4 จะต้องยึดติดกับเส้น A และหมุนตามการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ ในรูป 3.7 ข และ รูป 3.1.7 ค เป็นการเคลื่อนที่ที่มุม 45 องศาและมุม 90 องศา ส่วนรูป 3.7 ง เป็นมุม 135 องศา ดังนั้นจะแทนเส้น A ด้วยเกลียวสกรูและจะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเกลียวสกรู โดยให้จุดที่ 4 เป็นบ่าที่รองรับเกลียวสกรู ซึ่งได้แสดงการออกแบบไว้ในภาคผนวก ข แสดงการติดตั้งมอเตอร์กับเกลียวสกรูไว้ในที่ 3.8 และแสดงโครงสร้างของอุปกรณ์ทั้งหมดในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.8 การติดตั้งมอเตอร์กับสกรูเกลียวเข้ากับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ส่วนโครงสร้างทั้งหมดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

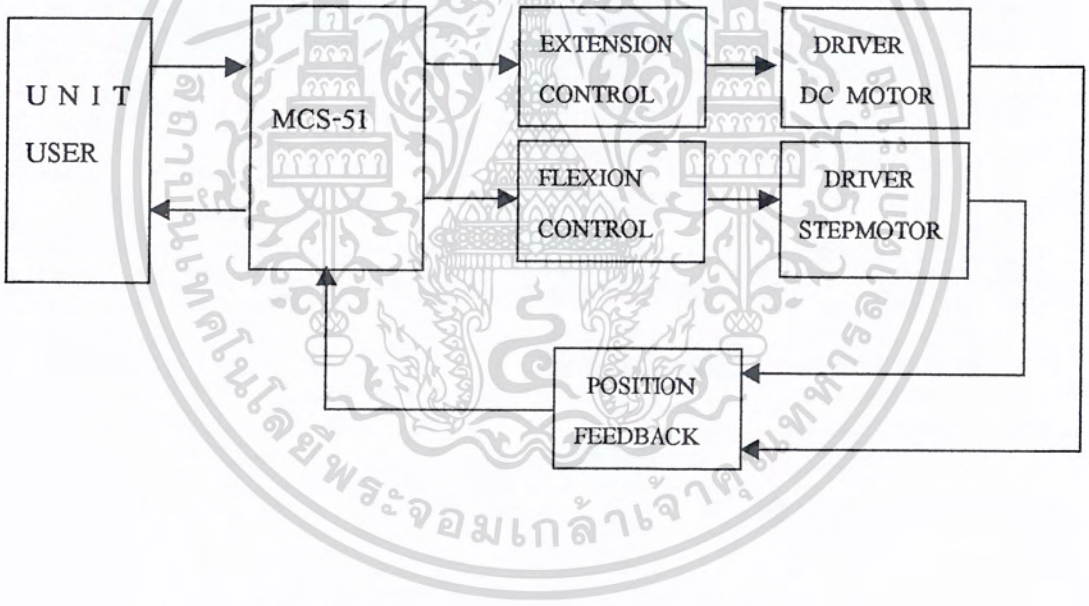
3.2 ชุดควบคุม

3.2.1ลักษณะของเครื่องช่วยทำกายภาพ

ชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัดนี้ สามารถที่จะทำกายภาพบำบัดบริเวณข้อศอก โดยสามารถที่จะทำได้ทั้งทางด้าน Extension (การเคลื่อนข้อศอกขึ้นลง ในมุม 0 องศา ถึง 135 องศา) และทางด้าน Flextion (การหมุนแขนท่อนล่าง ในมุม 0 องศา ถึง 90 องศา) ไปพร้อมๆกัน โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ประมาณ 2 นาที และสามารถที่จะกำหนดจำนวนรอบของการทำงานได้ รวมถึงการกำหนดตำแหน่งมุมเริ่มต้นและมุมจบได้

3.2.2หน้าที่การทำงานของภาคควบคุม

ลักษณะโดยทั่วไปของชุดควบคุมแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดในแต่ละส่วนอธิบายได้ดังนี้

1.UER UNIT เป็นส่วนของผู้ใช้เครื่อง โดยการป้อนข้อมูลผ่านทางคีย์บอร์ด และแสดงผลผ่านทางจอ LCD

2.MCS-51_ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT 89S8252 เป็นตัวประมวลผลค่าที่รับเข้ามาทางคีย์บอร์ดจากผู้ใช้ และควบคุมการแสดงผลของจอ LCD รวมถึงการส่งค่าที่ประมวลผลแล้วไปยังส่วนควบคุมด้าน EXTENSION และ FLEXION และอ่านค่าจากภาค POSITION -FEEDBACK เพื่อควบคุมตำแหน่ง

3.EXTENSION CONTROL เป็นส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นและลงของข้อศอก ประกอบไปด้วย IC PCF8591 เป็น ไอซีแปลงค่าดิจิตอลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog)และวงจรขยายแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมป์ # 741 โดยรับสัญญาณควบคุมจาก MCS-51 จะเป็นตัวกำหนดความเร็วให้กับดีซีมอเตอร์

4.FLEXION CONTROL คือ ส่วนควบคุมการหมุนของข้อมือ โดยใช้ไอซี L297 เป็นตัวกำหนดจำนวนสเต็ปของสเต็ปมอเตอร์ โดยจะรับสัญญาณพัลซ์ที่สร้างจาก ไอซี NE555 เป็นตัวกำหนดความเร็วให้กับสเต็ปมอเตอร์ ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยMCS-51

5.DRIVER DC MOTOR ใช้ไอซี L292 ซึ่งเป็นไอซีขับดีซีมอเตอร์ โดยอาศัยขนาดแรงดันอินพุทกำหนดความเร็วและสามารถกำหนดทิศทางในการหมุนได้

6.DRIVER STEP MOTOR ใช้ไอซี ULN2803 เป็นไอซีไดรเวอร์ชนิดคอลเล็คเตอร์เปิด จ่ายกระแสได้สูงสุด 500 mA เป็นตัวขับเสต็ปมอเตอร์

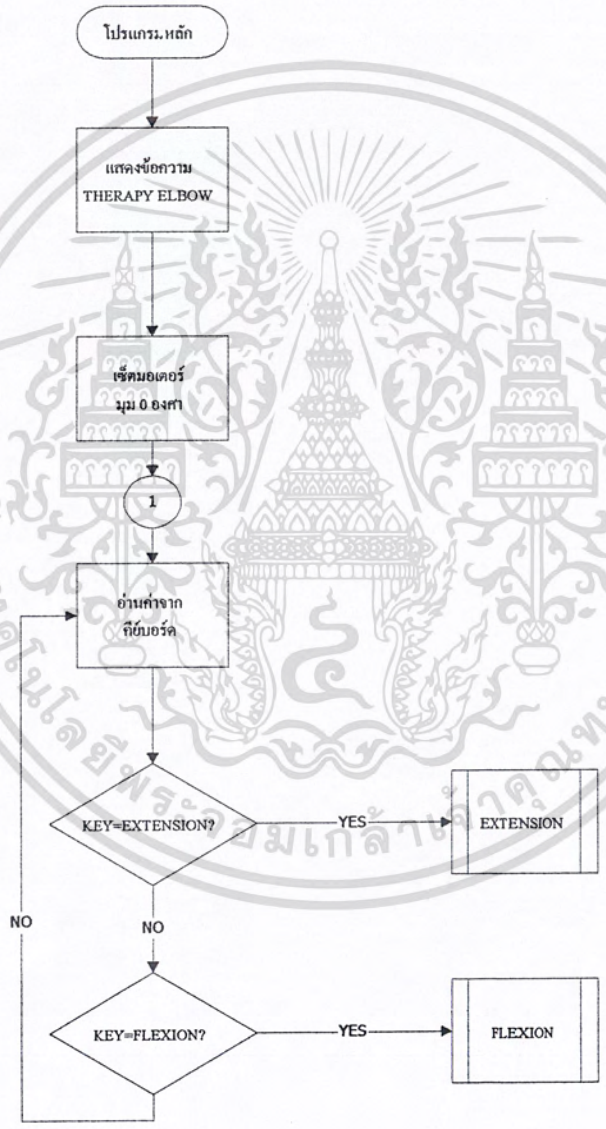
7.POSITION FEEDBACK ใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ ในการแปลงองศาการเคลื่อนที่เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า โดยค่าแรงดันจะแปรผันตรงกับองศาการหมุนของแกนโพเทนชิโอมิเตอร์

โดยรูปวงจรทั้งหมดแสดงไว้ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

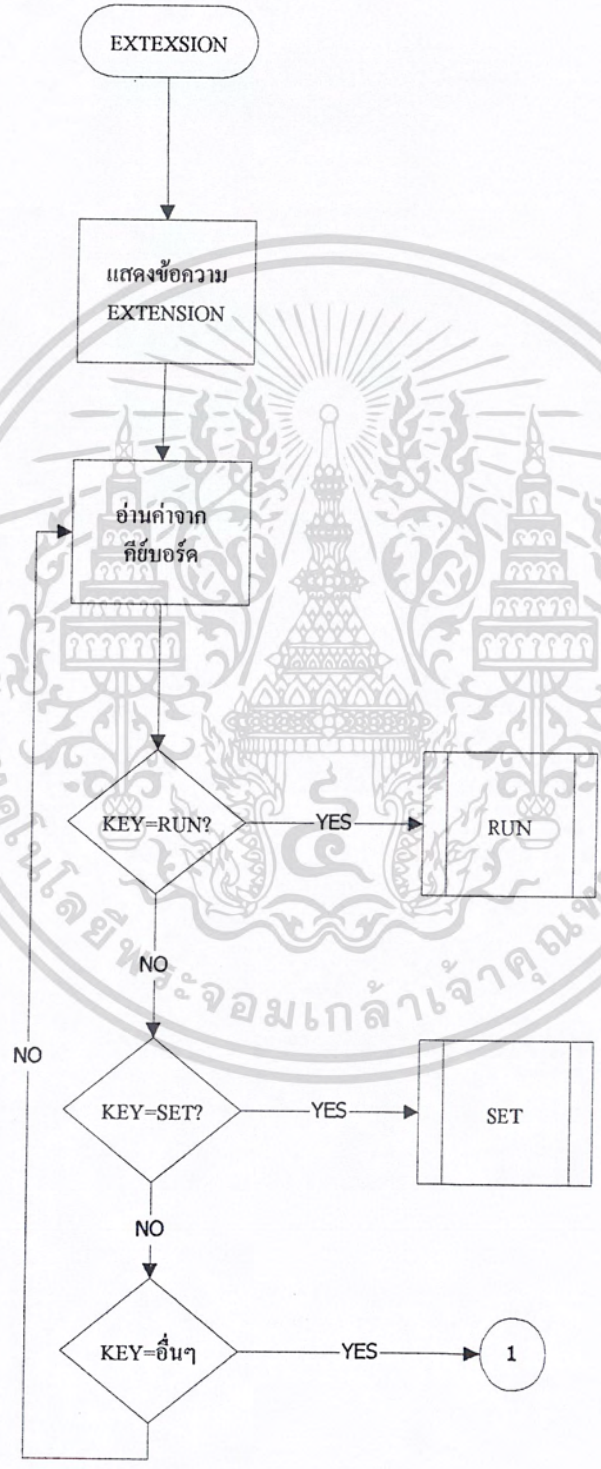
3.2.3 การออกแบบส่วนโปรแกรม

การออกแบบในส่วนของโปรแกรมสามารถอธิบายได้ดังแผนผังแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.11 โดยส่วนรายละเอียดโปรแกรมแสดงไว้ที่ภาคผนวก



รูปที่3.11 แผนผังโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

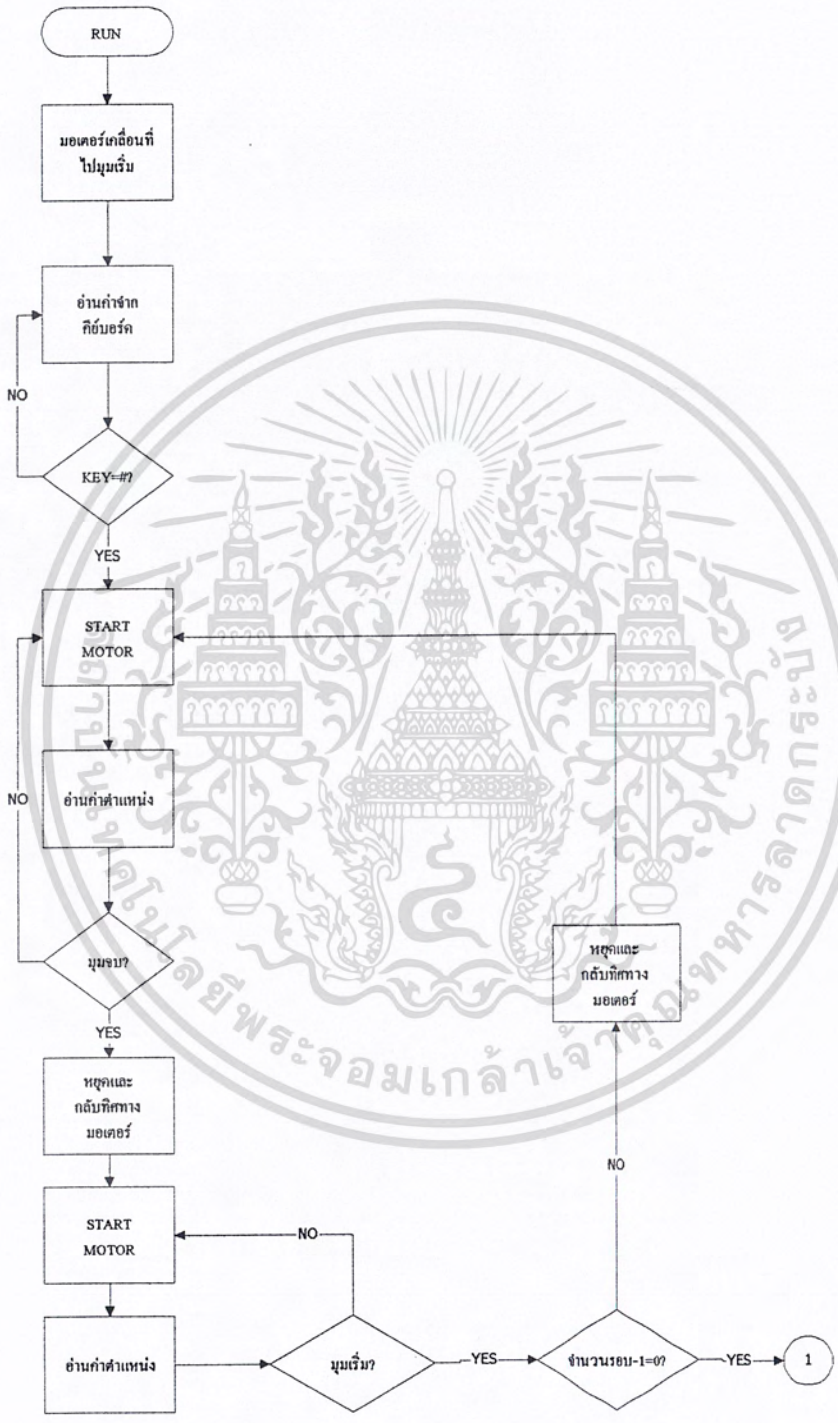


รูปที่3.12 แผนผังโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

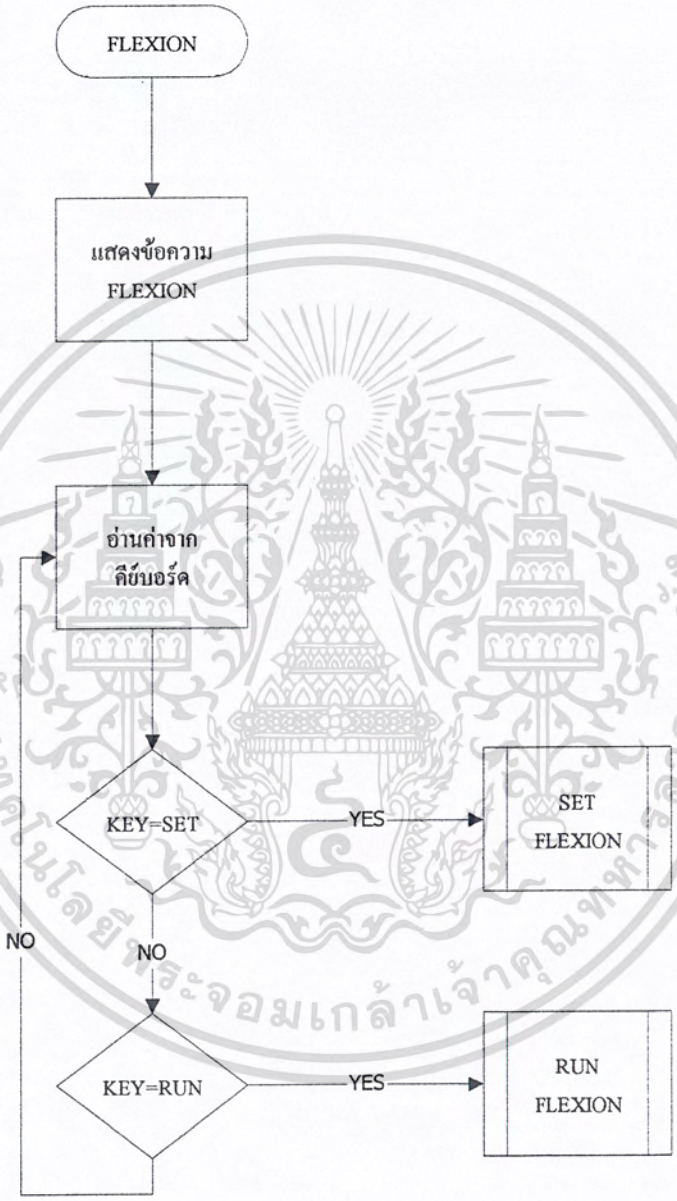
รูปที่ 3.13 แผนผังโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



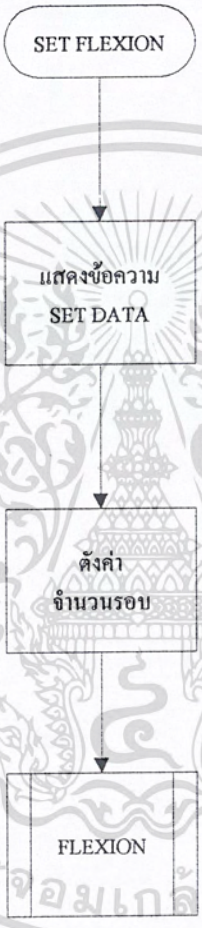
รูปที่3.14 แผนผังโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



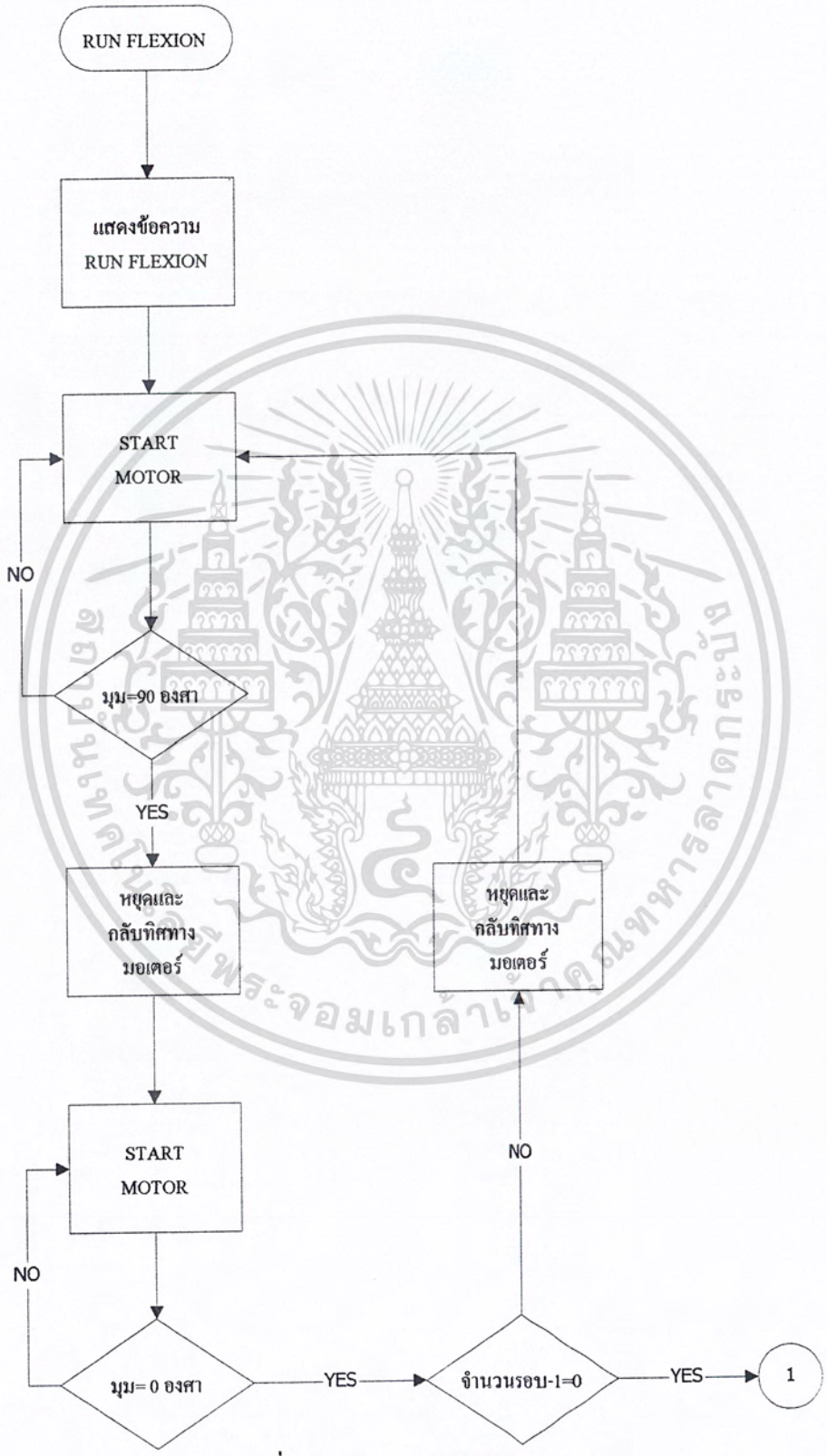
รูปที่3.15 แผนผังโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แผนผังโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แผนผังโปรแกรม(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

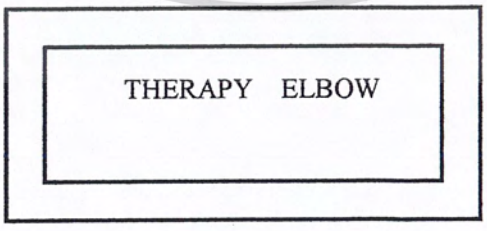
ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ คือ

1. การทดลองควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ขึ้นลงของข้อศอก

2 . การทดลองควบคุมตำแหน่งการหมุนของแขนท่อนล่าง ในการทดลองเมื่อเปิดเครื่อง เครื่องจะทำการหาตำแหน่งเริ่มต้นก่อนทุกครั้งที่ มุม 0 องศา ขณะที่เครื่องทำการเซ็ตอยู่ที่จอแสดงผลจะปรากฏข้อความ SET MOTOR ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ข้อความเมื่อเริ่มต้นเปิดเครื่อง

เมื่อถึงจุดเริ่มต้นที่ 0 องศาแล้ว ที่จอแสดงผลจะแสดงข้อความ THERAPY ELBOW ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งหมายความว่าเครื่องอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงาน



รูปที่ 4.2 ข้อความเมื่อเครื่องพร้อมที่จะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ขึ้นลงของข้อศอก

ค่าเริ่มต้นต่ำสุดคือ 0 องศา และค่าเริ่มต้นสูงสุดคือ 90 องศา โดยค่ามุมจบจะมีค่ามากกว่าค่ามุมเริ่มต้นแต่จะไม่เกิน 120 องศา

4.1.1 กำหนดค่า มุมเริ่มต้น = 0 องศา มุมจบ = 120 องศา จำนวนรอบ = 5 รอบและความเร็ว 2 นาที ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ มุมเริ่มต้น = 0 องศา,มุมจบ = 120 องศา

รอบที่	มุมเริ่มต้นที่วัดได้	มุมจบที่วัดได้
1	0	120
2	0	120
3	0	121
4	0	121
5	0	120

4.1.2 กำหนดค่า มุมเริ่มต้น = 30 องศา มุมจบ = 90 องศา จำนวนรอบ = 5 รอบและที่ความเร็ว 2 นาทีได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ มุมเริ่มต้น = 30 องศา,มุมจบ = 90 องศา

รอบที่	มุมเริ่มต้นที่วัดได้	มุมจบที่วัดได้
1	30	90
2	30	90
3	30	90
4	31	91
5	31	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 กำหนดค่า มุมเริ่มต้น = 45 องศา มุมจบ = 120 องศา จำนวนรอบ = 5 รอบ และที่ความเร็ว 2 นาทีได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ มุมเริ่มต้น = 45 องศา,มุมจบ = 120 องศา

รอบที่	มุมเริ่มต้นที่วัดได้	มุมจบที่วัดได้
1	45	120
2	46	120
3	46	121
4	45	121
5	45	120

4.2 การทดลองควบคุมตำแหน่งการหมุนของข้อมือ

การทดลองนี้มีการเคลื่อนที่จากมุม 0 องศา ถึง 90 องศา เท่านั้น ที่ความเร็ว 1 นาที จำนวนรอบ 10 รอบ ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการหมุนของข้อศอก

รอบที่	มุมเริ่มต้นที่วัดได้	มุมจบที่วัดได้
1	0	90
2	0	90
3	1	90
4	0	91
5	1	91
6	0	90
7	0	91
8	1	92
9	0	90
10	0	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงงาน

จากการทดลองในบทที่ 4 สามารถสรุปผลได้ดังนี้คือสามารถวัดมุมในการเคลื่อนที่ของข้อศอกงอโดยข้าหาลำตัวได้ 120 องศา และเวลาที่ใช้ในการเหยียดหรืองอข้อศอกประมาณ 2 นาที ในส่วนของโปรแกรมที่ควบคุมซึ่งจะมีความแม่นยำในการทำงานค่อนข้างดี คือ สามารถทำงานตามโปรแกรมที่ป้อนได้ แต่ก็เกิดปัญหาขึ้น ในขณะทำการทดลองโดยจะเป็นปัญหาทางแมคแคนนิคส์เป็นส่วนใหญ่ซึ่งพอจะสรุปปัญหาเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1) วัสดุที่ใช้ทำโครงงานเป็นวัสดุที่ดัดแปลงมาจากอุปกรณ์อื่น แล้วนำมาประกอบรวมกันเป็นโครงสร้าง ฉะนั้นขั้นตอนการประกอบจึงมีมากไป อาจทำให้โครงสร้างไม่ค่อยแข็งแรงนัก

2) ส่วนที่เป็นจุดหมุนของข้อศอกนั้น ได้ใช้แบริ่งโดยจะฝังลงในแผ่นอะลูมิเนียมที่ได้ออกแบบไว้และใช้น็อตยึดเพื่อป้องกันแบริ่งหลุด ผู้ออกแบบเองได้สังเกตุจากการทดลองว่า การติดตั้งแบริ่งไม่แข็งแรง เพราะขณะที่มาถึงมุม 135 องศาและหยุดการทำงานของอุปกรณ์ค้างไว้แล้วลองขยับตัวอุปกรณ์ (ที่วางแขน) ดูจะพบว่าตัวอุปกรณ์นั้นสามารถขยับได้ ซึ่งจริงๆแล้วจะไม่สามารถขยับได้ ดังนั้นจะทำให้โพเทนชิโอมิเตอร์ตรวจจอบค่ามุมผิดพลาดได้

3) ในการเคลื่อนที่ของชุดอุปกรณ์ที่มุมประมาณ 105 องศา เมื่อเคลื่อนที่มาถึงมุมนี้แล้วตัวอุปกรณ์จะเคลื่อนที่เข้าหาตัวเองเร็วกว่าปกติ อาจจะเป็นเพราะน้ำหนักของสเต็ปมอเตอร์หรืออาจจะเป็นที่บ่ารองรับสกรูส่งกำลัง ซึ่งจะเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของตัวอุปกรณ์ อาจจะติดตั้งหลวมไป

4) การต่อแกนมอเตอร์กับสกรูส่งกำลัง ในส่วนนี้จะเป็นปัญหาที่สำคัญมาก เพราะว่าถ้าจุดศูนย์กลางของแกนทั้งสองไม่ตรงกันจะทำให้เกิดการหมุนควงได้และจะทำให้ตัวอุปกรณ์สั่น ซึ่งจะเป็นอันตรายแก่ผู้ป่วยได้ ซึ่งในการต่อแกนมอเตอร์กับสกรูส่งกำลังโดยทั่วไปจะใช้คัปปลิ้งเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างแกนทั้งสองซึ่งคัปปลิ้งที่มีขายมีราคาแพงจึงทำขึ้นมาเอง เพราะฉะนั้นการเจาะรูที่ไม่ได้ตำแหน่งศูนย์กลางจึงทำให้การหมุนของระบบสกูรส่งกำลังนั้นหมุนเป็นลักษณะที่ควงเป็นวงกลมทำให้อุปกรณ์ค่อนข้างจะสั่น

2) ความเร็วในการเหยียดหรืองอข้อศอก จากมุม 0 องศาถึงมุม 135 องศา โดยทั่วไปจะมีความเร็วสูงสุดที่ประมาณ 1 นาที และความเร็วต่ำสุดประมาณ 3.50 นาที ซึ่งในโครงงานนี้ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 2.10 นาที และความเร็วต่ำสุดจะใกล้เคียงกัน ซึ่งปัญหาอาจเกิดที่ตัวมอเตอร์ที่มีอัตราการทดรอบมากไปหรืออยู่ที่สกรูส่งกำลังที่เป็นเกลียวที่ละเอียดซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ช้ากว่าหนึ่งนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปวิธีแก้ปัญหา

1) ควรออกแบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์ให้เป็นส่วนเดียวกันทั้งหมดอย่าให้มีส่วนประกอบหลายส่วน

2) การออกแบบจุดหมุนของข้อศอก ควรจะออกแบบการติดตั้งแบริ่งให้ดีและสามารถติดตั้งโพเทนชิโอมิเตอร์ได้ง่ายหรือจะใช้เอนโค้ดเดอร์แทนก็ได้ แต่เอนโค้ดเดอร์มีราคาแพงมาก

3) น้ำหนักของสเต็ปมอเตอร์ โดยเฉลี่ยแล้วก็จะมีน้ำหนักไม่ต่างกันมากนัก จึงมาแก้ปัญหาที่บ่ารองรับสกรูส่งกำลัง โดยยึดส่วนนี้ให้แน่น

4) การต่อแกนมอเตอร์กับสกรูส่งกำลังโดยทั่วไปจะใช้คัปปลิ้ง ซึ่งจะมีราคาแพงพอสมควร แต่ถ้าทำเองต้องเจาะรูเหล็กที่นำมาใช้แทนคัปปลิ้ง ให้ได้ศูนย์กลางตรงกันทั้งสองข้าง

5) ความเร็วในการเหยียดหรืองอข้อศอก จะแก้ที่สกูรส่งกำลังหรือมอเตอร์ โดยเปลี่ยนสกูรส่งกำลังเป็นเกลียวที่หยาบกว่าเดิมหรือเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีอัตราทดรอบต่ำ

ในการออกแบบ ผู้ออกแบบได้ออกแบบโครงสร้างไว้ชุดหนึ่งแล้ว และได้นำไปสั่งทำชุดอุปกรณ์แบบซึ่งปรากฏว่ามีราคาในการสร้างค่อนข้างสูงมากจึงได้ นำมาออกแบบใหม่และลงมือทำเอง ซึ่งผู้สร้างไม่มีความชำนาญในทางโครงสร้างทางรวมแมคแคนนิคส์ เพราะฉะนั้นปัญหาส่วนใหญ่จะอยู่ทางโครงสร้างซึ่งอาจจะไม่แข็งแรงนัก แต่ก็สามารถทำงานตามที่กำหนดได้ โดยที่จะรับภาระแขนของผู้ป่วยได้ ซึ่งถ้าจะนำไปสร้างเพื่อใช้งานนั้นควรต้องออกแบบโครงสร้างให้แข็งแรงเพื่อป้องกันอันตรายแก่ผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษฎา ชัยกุล และ วิฑูรย์ สิมะโชคดี **เออร์กอนอมิคส์ วิทยาการจัดสภาพงานเพื่อการเพิ่มผลิตและความปลอดภัย** พิมพ์ครั้งที่2กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2540,194 หน้า

ทีกรุ๊ฟ **ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร** ม.ป.ท,ม.ป.ป, 162 หน้า

ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล **ทฤษฎีเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ ม.ป.ป, 256 หน้า

ธีรวัฒน์ ประกอบผล **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2541,235 หน้า

ธีระยุทธ สุวรรณประทีปและคณะ **เทคนิคกลไก** กรุงเทพฯ : บริษัทสานสุทธาการพิมพ์ จำกัด, 2541, 239 หน้า

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม **พื้นฐานวิชากระดูกหักข้อเคลื่อนหลุด** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2532, 335 หน้า

สมยศ จันเกษม และ คิโยคัตสึ ซึง **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมความรู้ระหว่างประเทศ, 2523, 320 หน้า

สุรศักดิ์ ศรีสุข **กายภาพบำบัดในสภาวะกระดูกหัก** พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2529,230 หน้า

เชียร แซ่ซิว และ พงษ์พันธุ์ ปาระมี **ปริญญานิพนธ์ชุดแขนกลช่วยการทำกายภาพบำบัด** ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541, 81 หน้า

ณรงค์ วัชรเสถียร และ ประวี สกุลไพโรจน์ **ปริญญานิพนธ์เครื่อง Continuous Passive Motion เครื่องช่วยบริหารข้อเข่าแบบต่อเนื่อง** ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ขนาดของร่างกายจากสถิติข้อมูลเพื่อการออกแบบงานด้านเออร์กอนอมิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ขนาดของร่างกายในท่ายืน

Standing Body Dimensions	5th Percentile			95th Percentile		
	Ground troops	Avia-tors	Women	Ground troops	Avia-tors	Women
	Percentile values in centimeters					
Weight (kg)	55.5	60.4	46.4	91.6	96.0	74.5
1.stature	162.8	164.2	152.4	185.6	187.7	174.1
2.Eye height (standing)	151.1	152.1	140.9	173.3	175.2	162.2
3.Shoulder (acromiale) height	133.6	133.3	123.0	154.2	154.8	143.7
4.Chest (nipple) height	117.9	120.8	109.3	136.5	138.5	127.8
5.Elbow (radiale) height	101.0	104.8	94.9	117.8	120.0	110.7
6.Fingertip (dactylion) height		61.5			73.2	
7.Waist height	96.6	97.6	93.1	115.2	115.1	110.3
8.Crotch height	76.3	74.7	68.1	91.8	92.0	83.9
9.Gluteal furrow height	73.3	74.6	66.4	87.7	88.1	81.0
10.Kneecap height	47.5	46.8	43.8	58.6	57.8	52.5
11.Calf height	31.1	30.9	29.0	40.6	39.3	36.6
12.functional reach	72.6	73.1	64.0	90.9	87.0	80.4
13.functional reach,extended	84.2	82.3	73.5	101.2	97.3	92.7
	Percentile values in inches					
Weight (kg)	122.4	133.1	102.3	201.9	211.6	164.3
1.stature	64.1	64.6	60.0	73.1	73.9	68.5
2.Eye height (standing)	59.5	59.9	55.5	68.2	69.0	63.9
3.Shoulder (acromiale) height	52.6	52.5	48.4	60.7	60.9	56.6
4.Chest (nipple) height	46.4	47.5	43.0	53.7	54.5	50.3
5.Elbow (radiale) height	39.8	41.3	37.4	46.4	47.2	43.6
6.Fingertip (dactylion) height		24.2				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Standing Body Dimensions	5th Percentile			95th Percentile		
	Ground troops	Avia-tors	Women	Ground troops	Avia-tors	Women
7.Waist height	38.0	38.4	36.6	45.3	45.3	43.4
8.Crotch height	30.0	29.4	26.8	36.1	36.2	33.0
9.Gluteal furrow height	28.8	29.4	26.2	34.5	34.7	31.9
10.Kneecap height	18.7	18.4	17.2	23.1	22.8	20.7
11.Calf height	12.2	12.2	11.4	16.0	15.5	14.4
12.functional reach	28.6	28.8	25.2	35.8	34.3	31.7
13.functional reach,extended	33.2	32.4	28.9	39.8	38.3	36.5

*Bush height for women

Source: MIL-STD-1472D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ขนาดของร่างกายในท่านั่ง

Seated Body Dimensions	5th Percentile			95th Percentile		
	Ground troops	Avia-tors	Women	Ground troops	Avia-tors	Women
	Percentile values in centimeters					
14.Vertical arm reach, sitting	128.6	134.0	117.4	147.8	153.2	139.4
15.Sitting height, erect	83.5	85.7	79.0	96.9	98.6	90.9
16.Sitting height, relaxed	81.5	83.6	77.5	94.8	96.5	89.7
17.Eye height, sitting erect	72.0	73.6	67.7	84.6	86.1	79.1
18. Eye height, sitting relaxed	70.0	71.6	66.2	82.5	84.0	77.9
19.Midshoulder height	56.6	58.3	53.7	67.7	69.2	62.5
20.Shoulder height, sitting	54.2	54.6	49.9	65.4	85.9	60.3
21.Shoulder-elbow length	33.3	33.2	30.8	40.2	39.7	36.6
22.Elbow-grip length	31.7	32.6	29.6	38.3	37.9	35.4
23.Elbow-fingertip length	43.8	44.7	40.0	52.0	51.7	47.5
24.Elbow-rest height	17.5	18.7	16.1	28.0	29.5	26.9
25.Thigh clearance height		12.4	10.4		18.8	17.5
26.Knee height, sitting	49.7	48.9	46.9	60.2	59.9	56.5
27.Popliteal height	39.7	38.4	38.0	50.0	47.7	45.7
28.Buttock-knee length	54.9	55.9	53.1	65.8	65.5	63.2
29.Buttock- Popliteal length	45.8	44.9	43.4	54.5	54.6	52.6
30. Buttock-heel length		46.7			56.4	
31.Functional leg lengt	110.6	103.9	99.6	127.7	120.4	118.6
	Percentile values in inches					
14.Vertical arm reach, sitting	50.6	52.8	46.2	58.2	60.3	54.9
15.Sitting height, erect	32.9	33.7	31.1	38.2	38.3	36.8
16.Sitting height, relaxed	32.1	32.9	30.5	37.3	38.0	35.3
17.Eye height, sitting erect	28.3	30.0	26.6	33.3	33.9	31.2

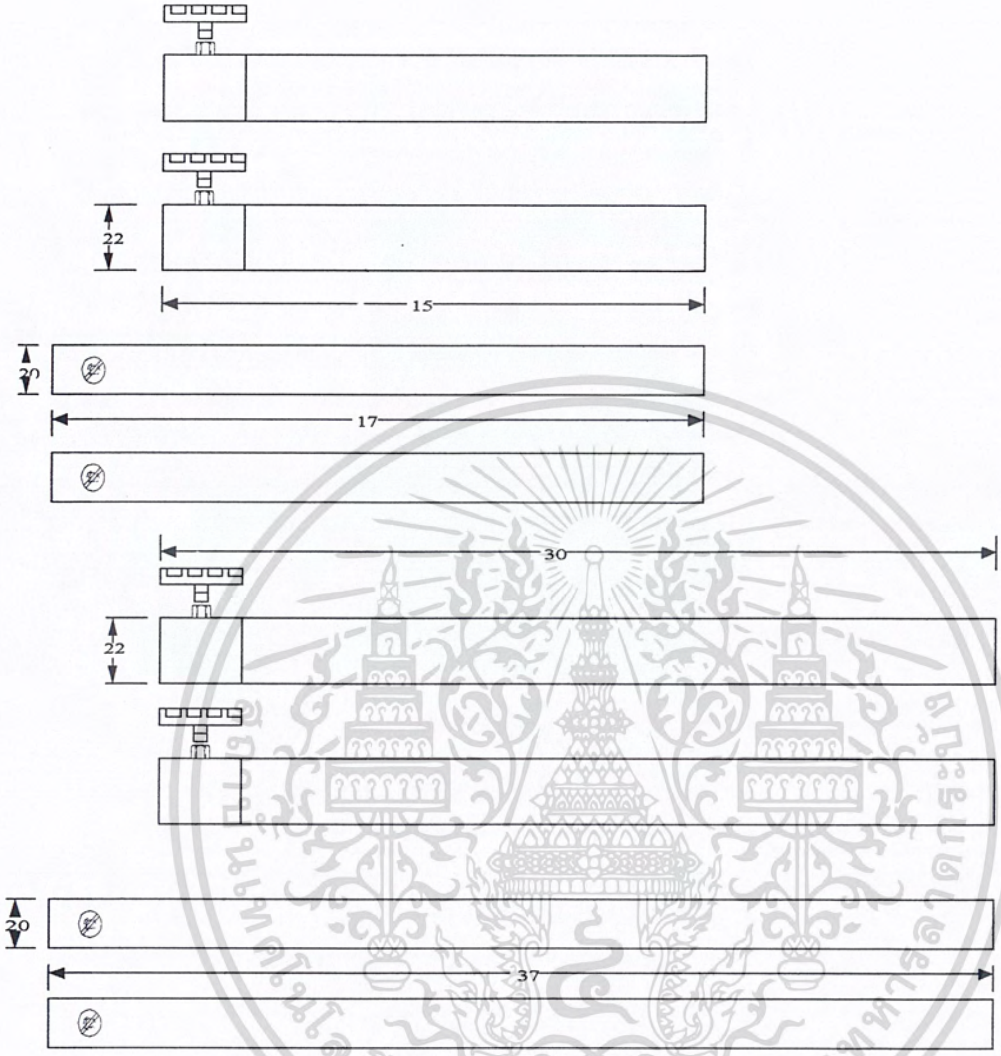
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seated Body Dimensions	5th Percentile			95th Percentile		
	Ground troops	Avia-tors	Women	Ground troops	Avia-tors	Women
	Percentile values in centimeters					
18. Eye height, sitting relaxed	27.6	28.2	26.1	32.5	33.1	30.7
19.Midshoulder height	22.3	23.0	21.2	26.7	27.3	24.6
20.Shoulder height, sitting	21.3	21.5	19.6	25.7	25.9	23.7
21.Shoulder-elbow length	13.1	13.1	12.1	15.8	15.6	14.4
22.Elbow-grip length	12.5	12.8	11.6	15.1	14.9	14.0
23.Elbow-fingertip length	17.3	17.6	15.7	20.5	20.4	18.7
24.Elbow-rest height	6.9	7.4	6.4	11.0	11.6	10.6
25.Thigh clearance height		4.9	4.1		7.4	6.9
26.Knee height, sitting	19.6	19.3	18.5	23.7	23.6	21.8
27.Popliteal height	15.6	15.1	15.0	19.7	18.8	18.0
28.Buttock-knee length	21.6	22.0	20.9	25.9	25.8	24.9
29.Buttock- Popliteal length	17.9	17.7	17.1	21.5	21.5	20.7
30. Buttock-heel length		18.4			22.2	
31.Functional leg lengt	43.5	40.9	39.2	50.3	47.4	46.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

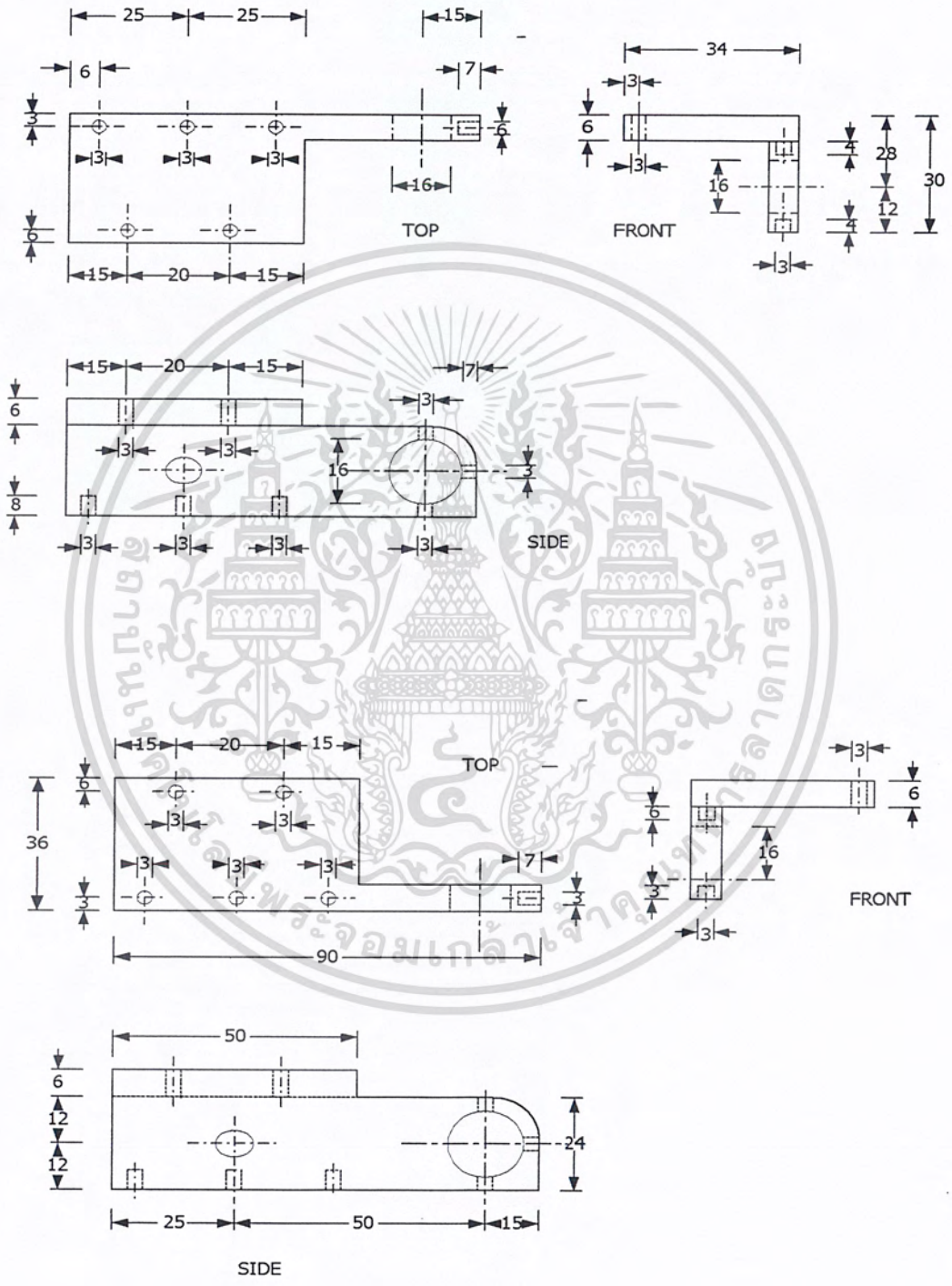
ภาคผนวก ข
แบบโครงสร้างของชุดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



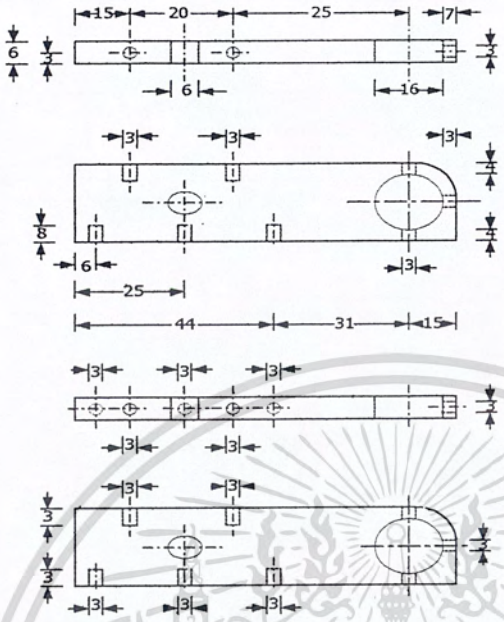
รูปที่ 1 ส่วนประกอบที่ใช้วางท่อนแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

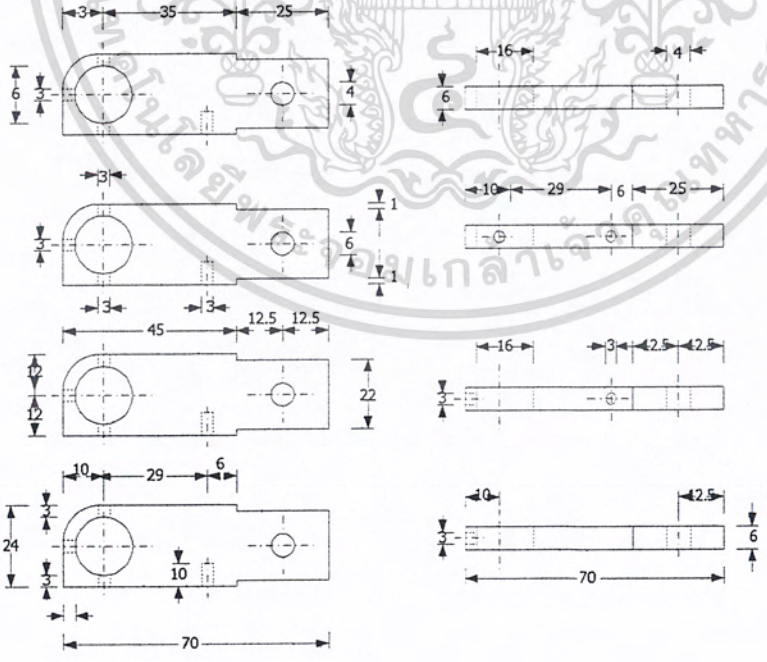


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

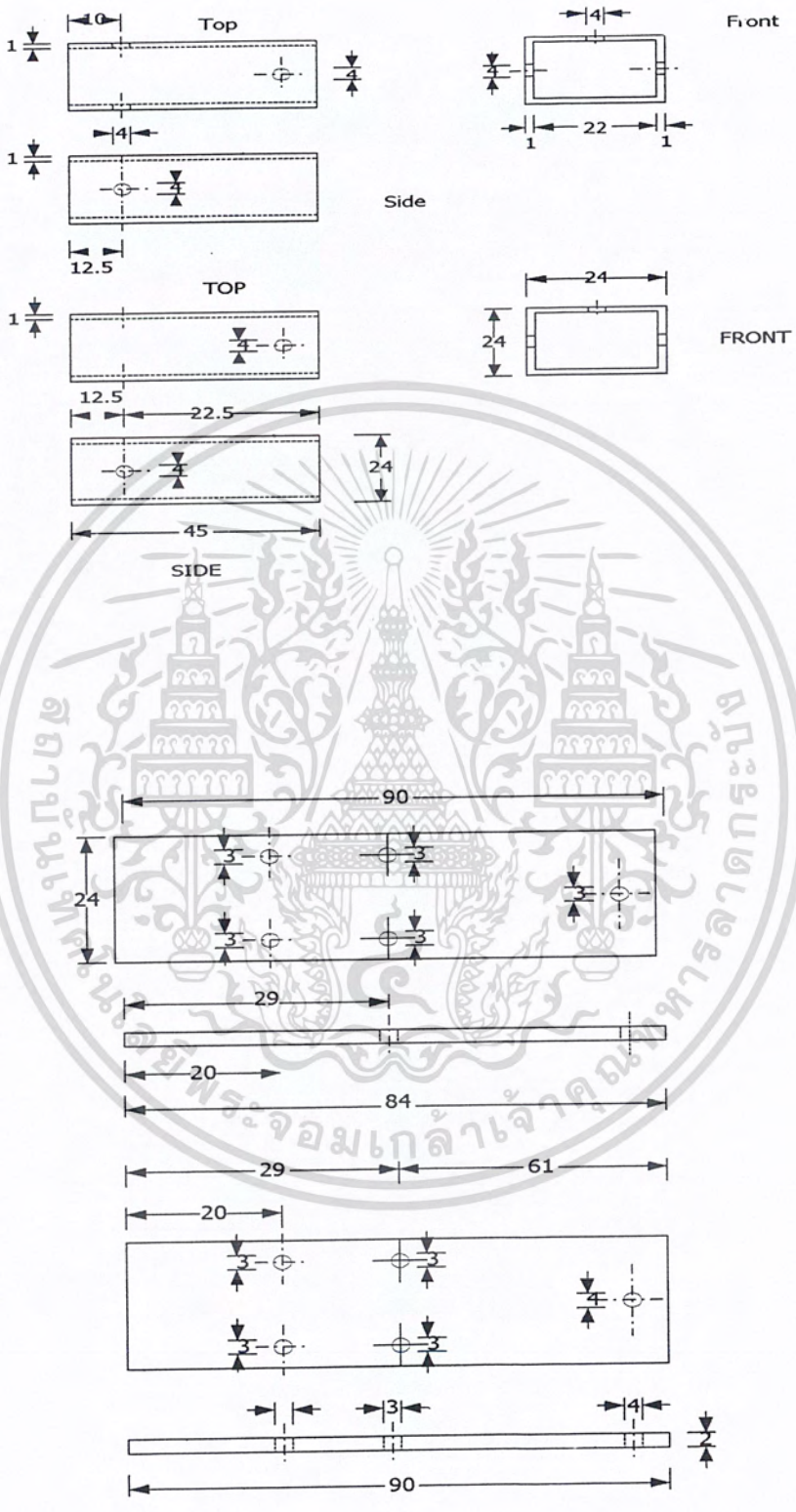


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของข้อต่อ



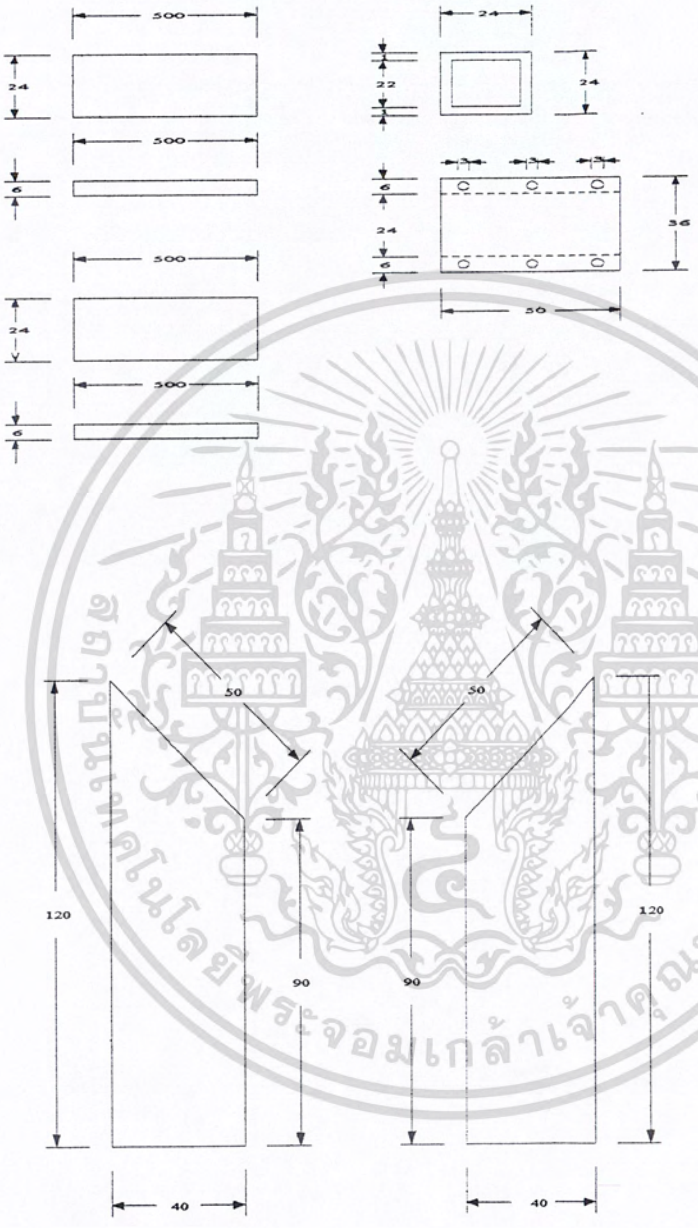
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



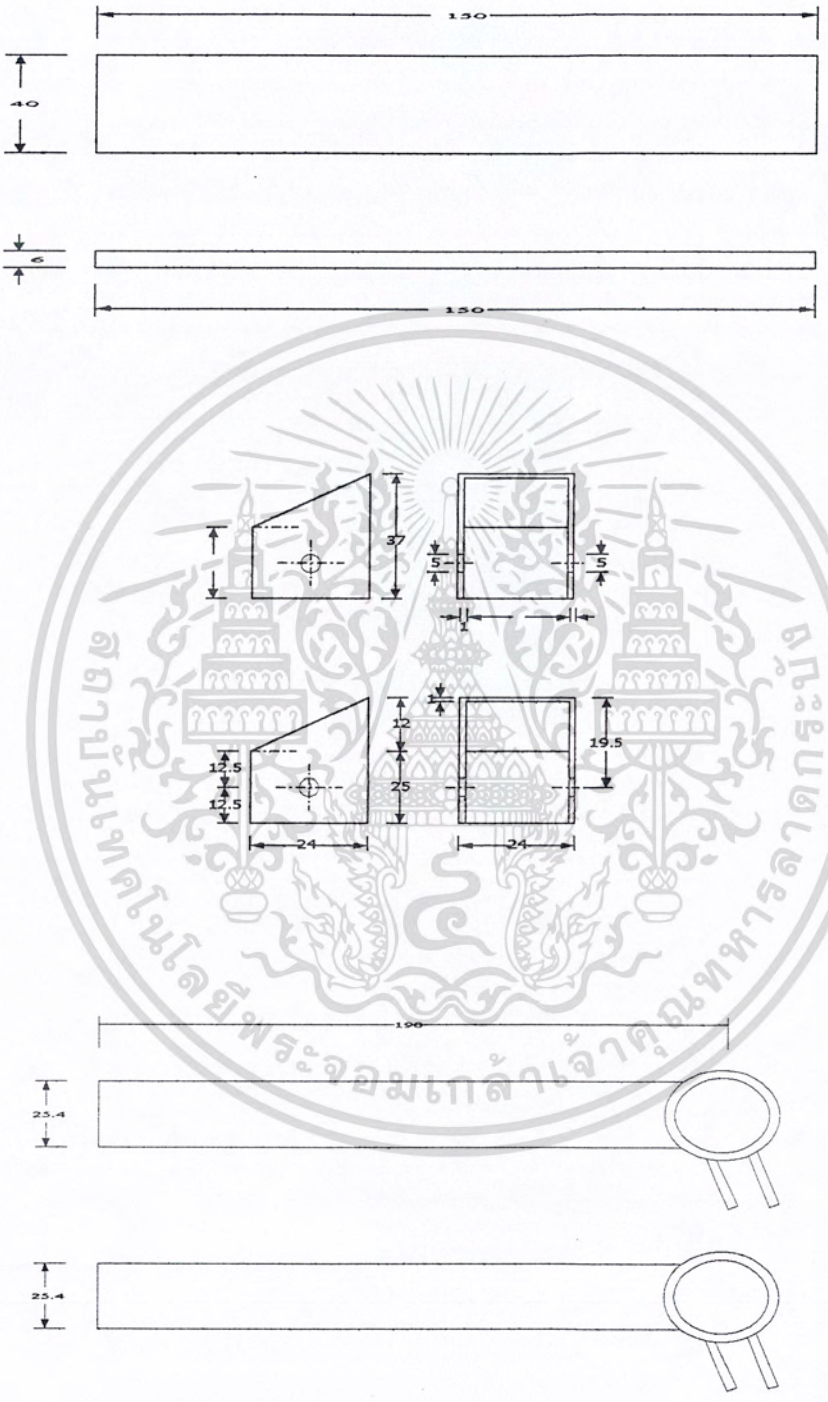
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



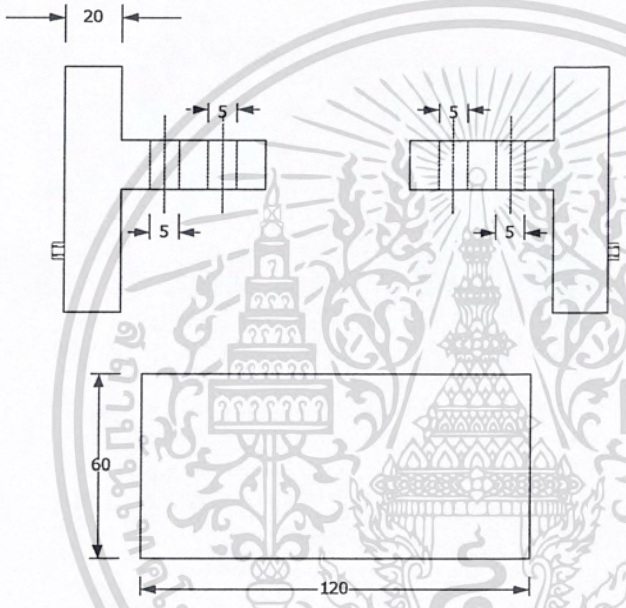
รูปที่ 3 ส่วนประกอบของฐานตัวยู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



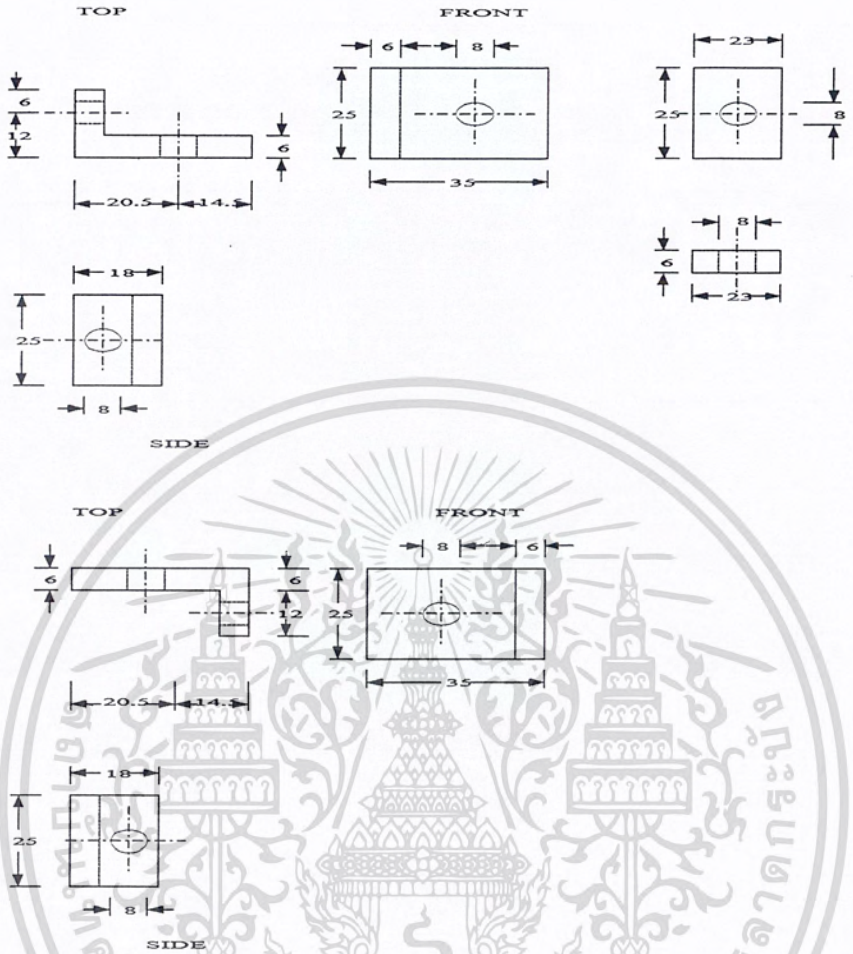
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของฐานตัวยู (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 บ่ารองรับสกูรส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การใช้งานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

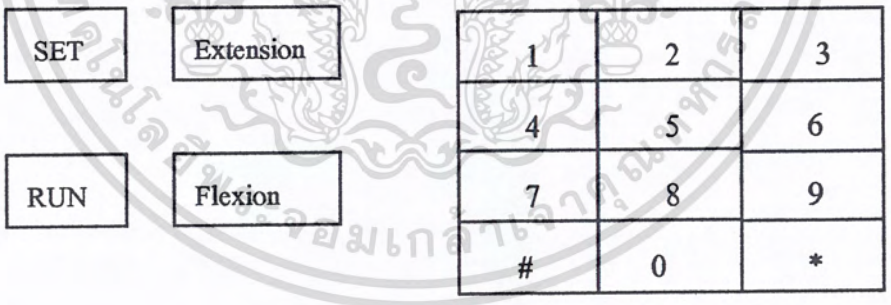
วิธีการใช้เครื่อง

การทำงานของเครื่องสามารถทำกายภาพบำบัดทั้งการเคลื่อนที่ขึ้นลงของข้อศอกและการหมุนแขนท่อนล่าง โดยก่อนการใช้งานเครื่องเราจะต้องทราบข้อมูลของผู้ที่จะทำกายภาพ คือ ทราบพิกัดการเคลื่อนที่ของข้อศอก อันประกอบไปด้วย มุมเริ่มต้นในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของข้อศอกและมุมสุดท้ายในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของข้อศอก เพื่อจะนำข้อมูลนี้ไปป้อนให้เครื่อง โดยผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนรอบการทำงาน รวมถึงเวลาในการเคลื่อนที่ได้

การทำงานแบ่งเป็น 2 โหมดคือ

1.Extension mode คือ การทำกายภาพโดยให้ข้อศอกเคลื่อนที่ขึ้นลงในมุม 0 ถึง 135 องศา พร้อมกับการหมุนแขนท่อนล่างไปพร้อมๆกัน

2.Flextion modeคือ การทำกายภาพโดยการหมุนแขนท่อนล่างในมุม 0 ถึง 90องศา



รูปที่ 1 รายละเอียดปุ่มกดบนเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานใน Extension mode

เมื่อเปิดเครื่องกดปุ่ม Extension จะเป็นการเข้าสู่โหมดนี้ โดยการใช้งานโหมดนี้สามารถทำงานได้ 2 แบบ คือ การทำงานอัตโนมัติ และการทำงานจากค่าที่ตั้งไว้

การทำงานแบบอัตโนมัติ ทำได้โดยกดปุ่ม RUN เครื่องจะทำงานจากค่า พื้นฐานที่โปรแกรมไว้ คือ

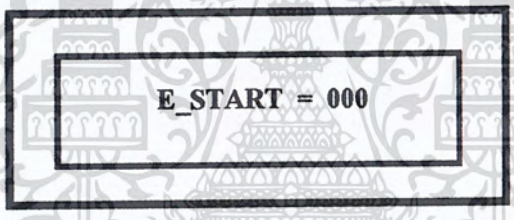
มุมเริ่มต้น (E_START) = 0 องศา

มุมจบ (E_STOP) = 120 องศา

ความเร็ว (SPEED) = 2 นาที

จำนวนรอบ(ROUND) = 100 รอบ

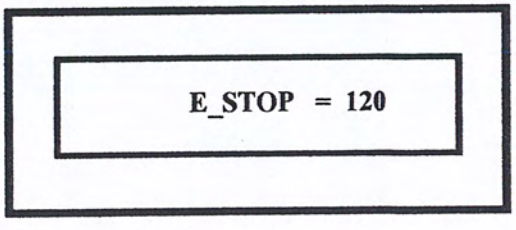
หากต้องการเปลี่ยนแปลงค่าพื้นฐานที่ตั้งไว้ ทำได้โดยกดปุ่ม SET เครื่องแสดงข้อความหน้าจอคือ E_START = 000 ดังรูป



รูปที่ 2 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม SET

การเปลี่ยนข้อมูลให้กดปุ่มใดๆ จะปรากฏเคอร์เซอร์กระพริบ ให้ป้อนข้อมูลตัวเลข 3 หลักลงไป แต่ต้องไม่เกิน 090 แล้วกดปุ่ม # เป็นการยืนยันข้อมูลนั้น หากไม่ต้องการเปลี่ยนให้กดปุ่ม # เพื่อไปตั้งค่าลำดับต่อไป

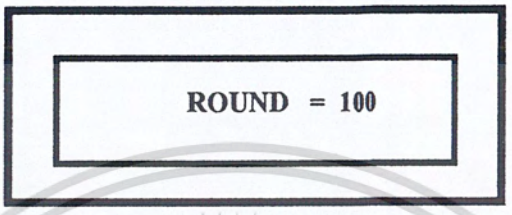
เสร็จแล้วเครื่องแสดงข้อความหน้าจอคือ E_STOP ดังรูป



รูปที่ 3 แสดงหน้าจอการแก้ไขข้อมูล E_STOP

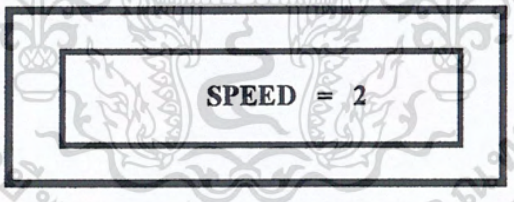
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขข้อมูล E_STOP ต้องป้อนค่ามากกว่าค่า E_START และค่าต้องไม่เกิน 120 เท่านั้น แล้วกดปุ่ม # ยืนยันข้อมูล เช่นเดียวกันเมื่อไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงกดปุ่ม # เครื่องจะแสดงข้อความหน้าจอคือ ROUND = 100 ดังรูป



รูปที่ 4 แสดงหน้าจอการแก้ไขข้อมูล ROUND

การแก้ไขข้อมูล ROUND ป้อนค่าได้ตั้งแต่ 1 ถึง 999 รอบ แล้วกดปุ่ม # เป็นการยืนยันระหว่างการป้อนข้อมูลเกิดการผิดพลาด ให้ป้อนข้อมูลให้ครบ 3 หลักก่อน แล้วกดปุ่ม * เครื่องจะให้ป้อนข้อมูลอีกครั้ง ต่อไปหน้าจอแสดงข้อความ SPEED = 5 ดังรูป

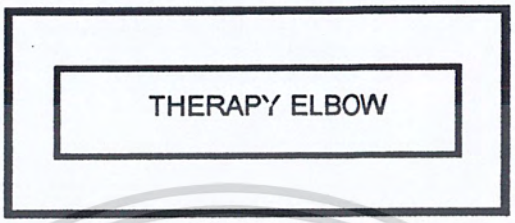


รูปที่ 5 แสดงหน้าจอการแก้ไขข้อมูล SPEED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 1 ถึง 5 นาที ป้อนค่าแล้วกดปุ่ม # เป็นการยืนยัน และ ออกจากการตั้งค่า

เมื่อออกจากการตั้งค่า หน้าจอแสดงข้อความหลักคือ THERAPY ELBOW ดังรูป



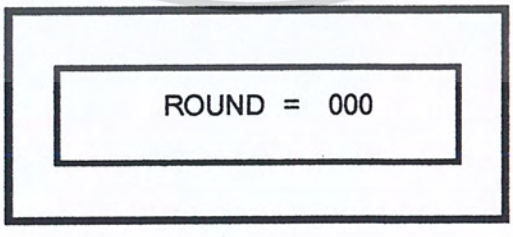
รูปที่ 6 แสดงหน้าจอหลัก

และเมื่อกด ปุ่ม RUN เครื่องจะทำงานตามค่าที่ตั้งไว้

การใช้งานใน Flexion mode

การทำงานใน Flexion mode เป็นการทำงานโดยการหมุนแขนท่อนล่างในลักษณะเริ่มต้นจากการคว่ำมือ(มุม 0 องศา)จนกระทั่งท่อนแขนหมุนตั้งฉาก(มุม 90 องศา) แต่ต้องทราบว่าต้องการทำกายภาพแขนซ้ายหรือแขนขวา โดยเริ่มต้นกำหนดไว้ที่แขนขวา ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการตั้งค่าใหม่

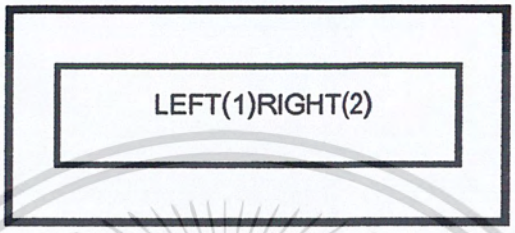
เช่นเดียวกันหากต้องการตั้งค่าใหม่ ทำได้โดยกดปุ่ม SET เครื่องแสดงข้อความหน้าจอคือ ROUND = 100 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงหน้าจอการแก้ไขข้อมูล ROUND

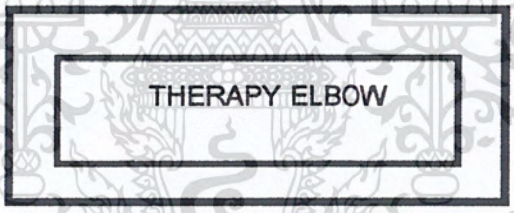
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ไขข้อมูลโดยป้อนตัวเลข 3 หลัก โดยค่าของข้อมูลต้องไม่เกิน 045 องศา กดปุ่ม # เป็นการยืนยัน และกดปุ่ม * เมื่อป้อนข้อมูลผิดพลาด หลังจากกดปุ่ม # แล้วหน้าจอแสดงข้อความ LEFT(1)RIGHT(2) ดังรูปที่ 8 กดปุ่ม 1 คือแขนซ้าย กดปุ่ม 2 คือ แขนขวา



รูปที่ 8 แสดงหน้าจอการแก้ไขข้อมูล LEFT(1)RIGHT(2)

แล้วกดปุ่ม # ออกจากการตั้งค่าใน Flextion mode แล้วหน้าจอแสดงข้อความ



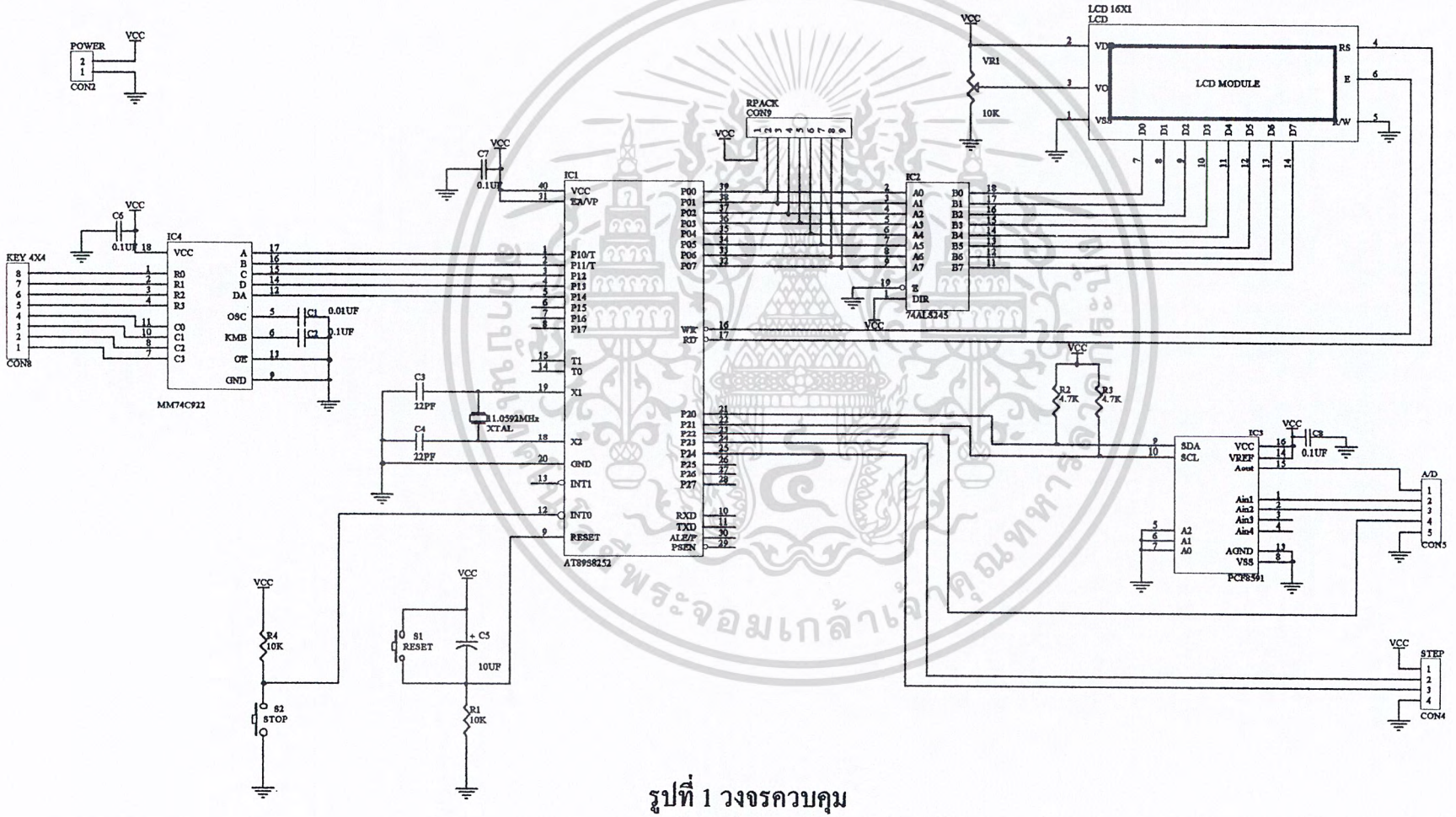
รูปที่ 9 แสดงหน้าจอเมื่อตั้งค่า เสร็จ

และเมื่อกด ปุ่ม RUN เครื่องจะทำงานตามค่าที่ตั้งไว้

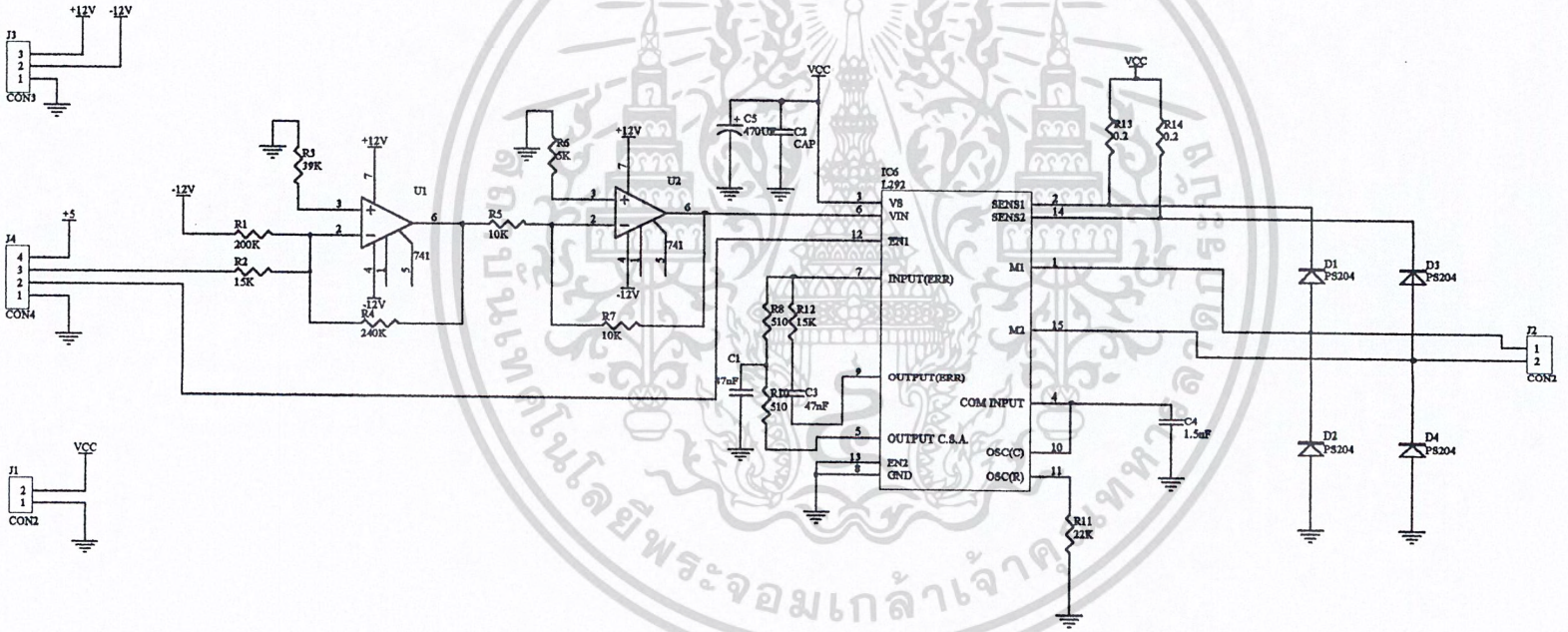
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
วงจร,ลายปรินซ์และการลงอุปกรณ์

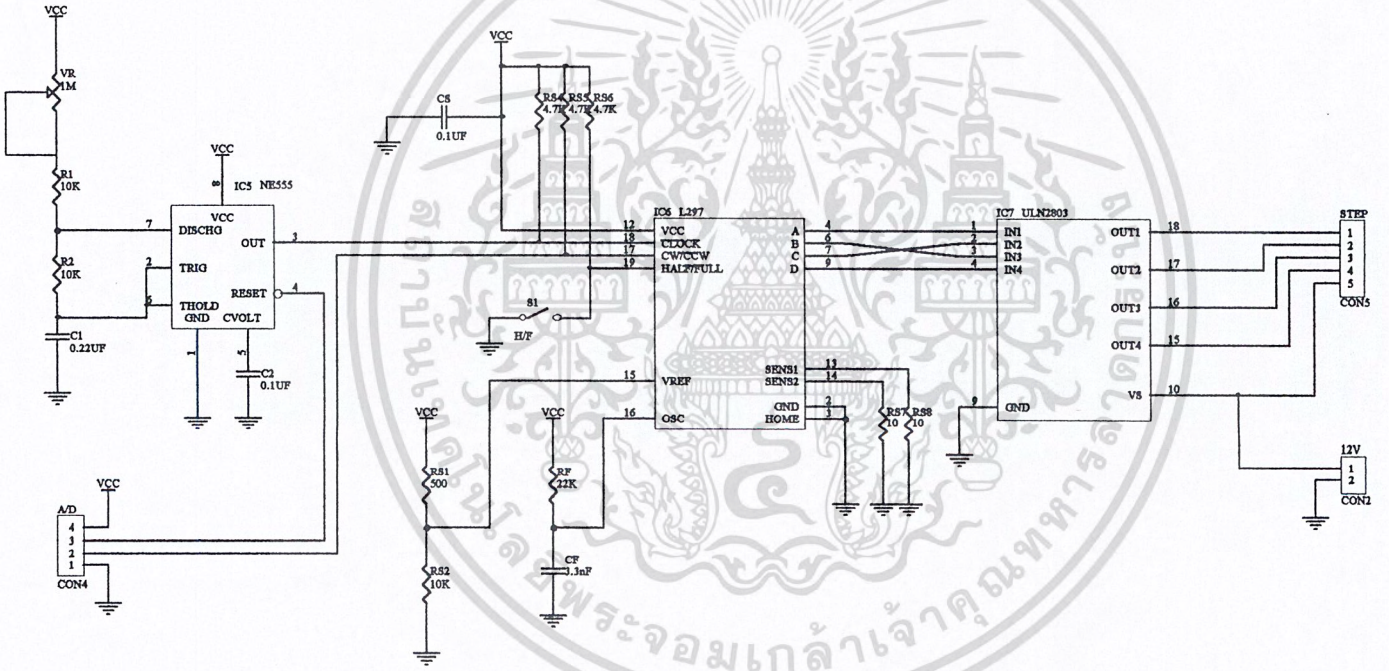
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



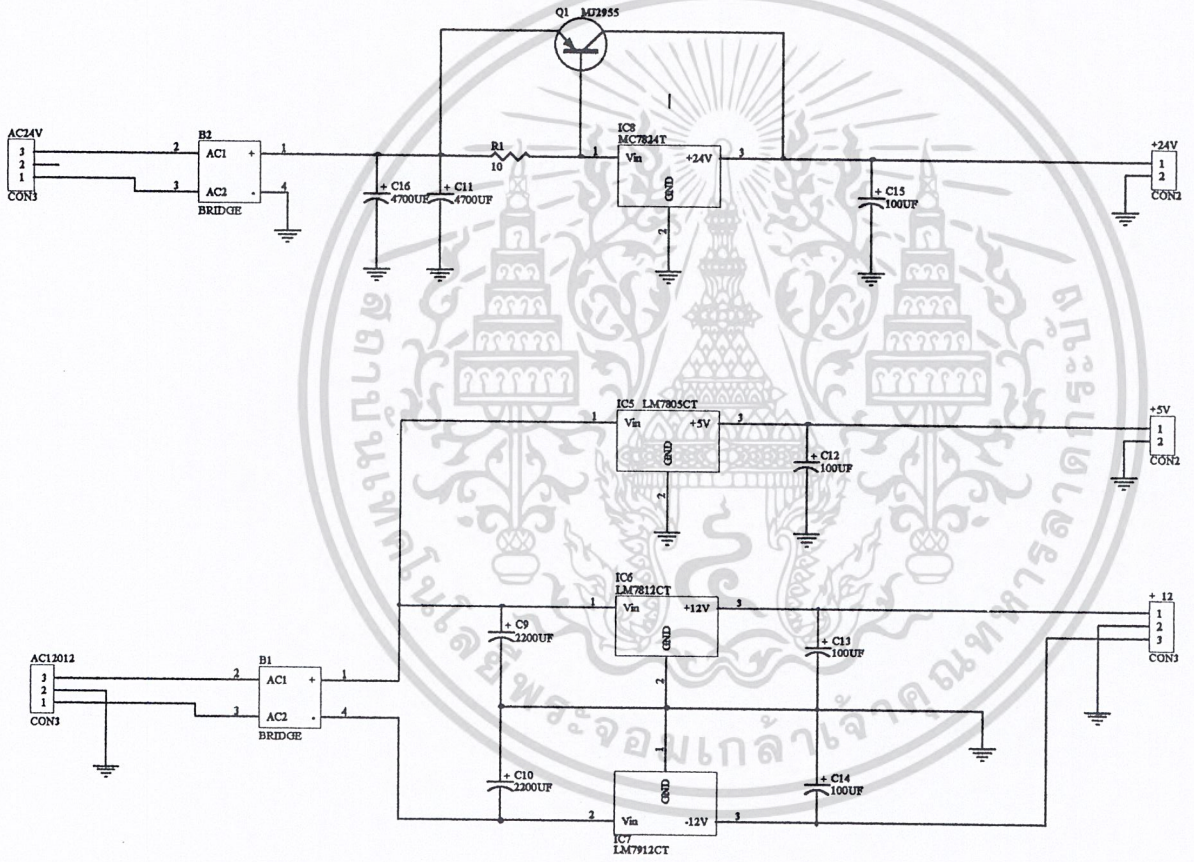
รูปที่ 1 วงจรควบคุม



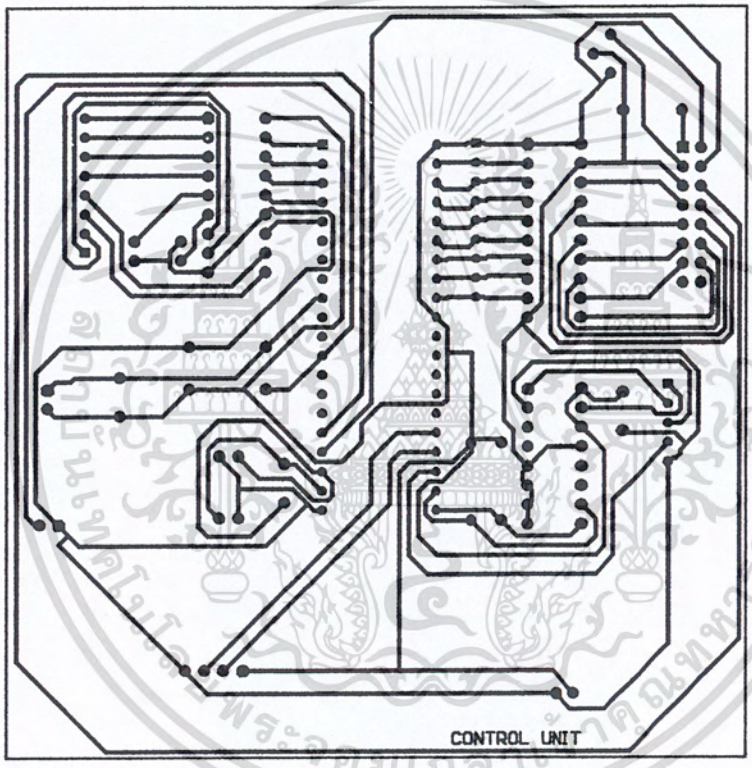
รูปที่ 2 วงจรขับดีซีมอเตอร์



รูปที่ 3 วงจรขับเสต็ปมอเตอร์

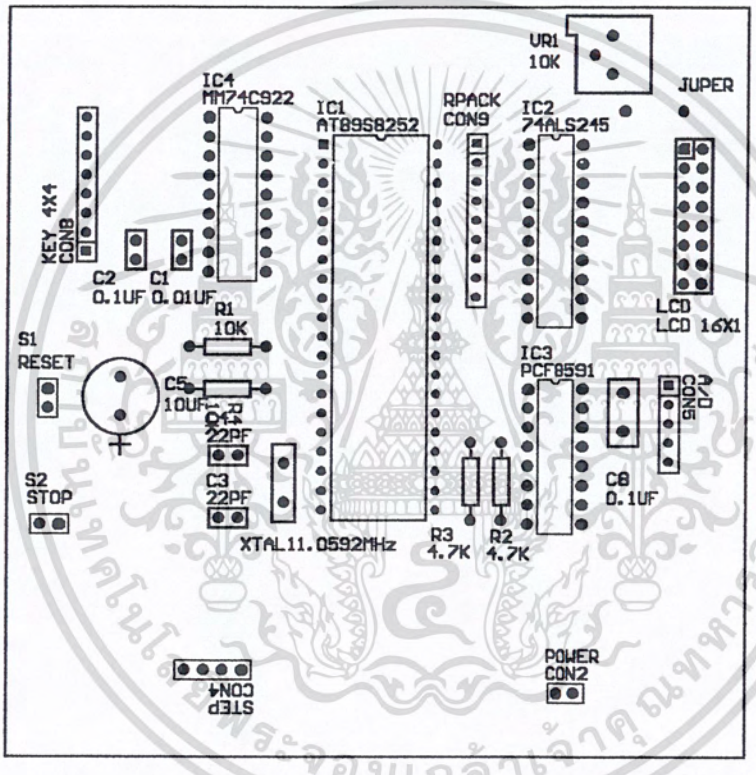


รูปที่ 4 วงจรภาคจ่ายไฟ



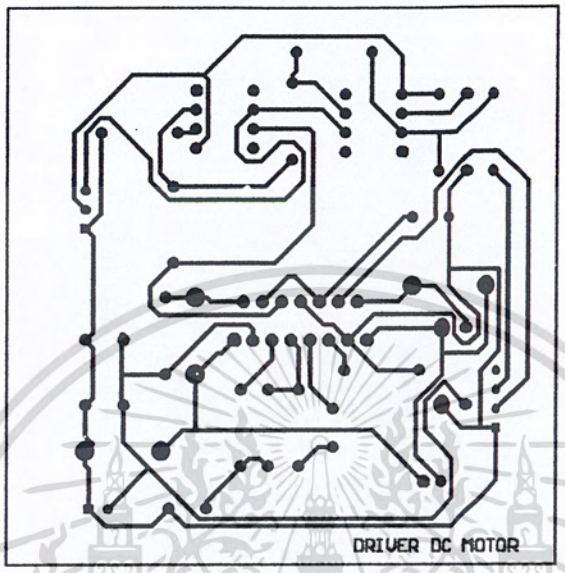
รูปที่ 5 ลายปรินซ์ของวงจรควบคุม

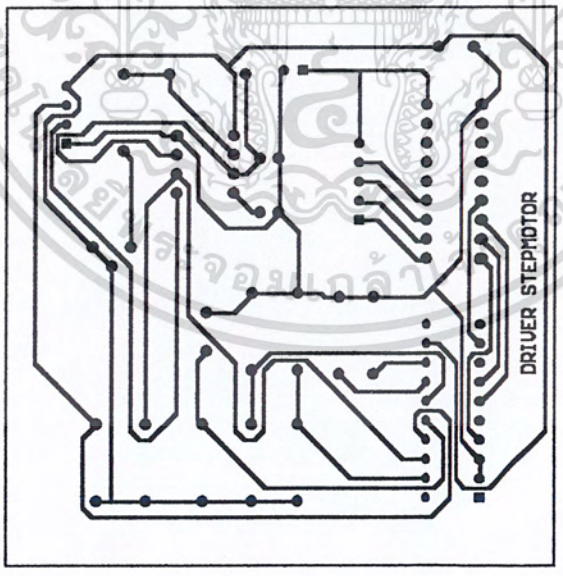
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 การลงอุปกรณ์ของวงจรควบคุม

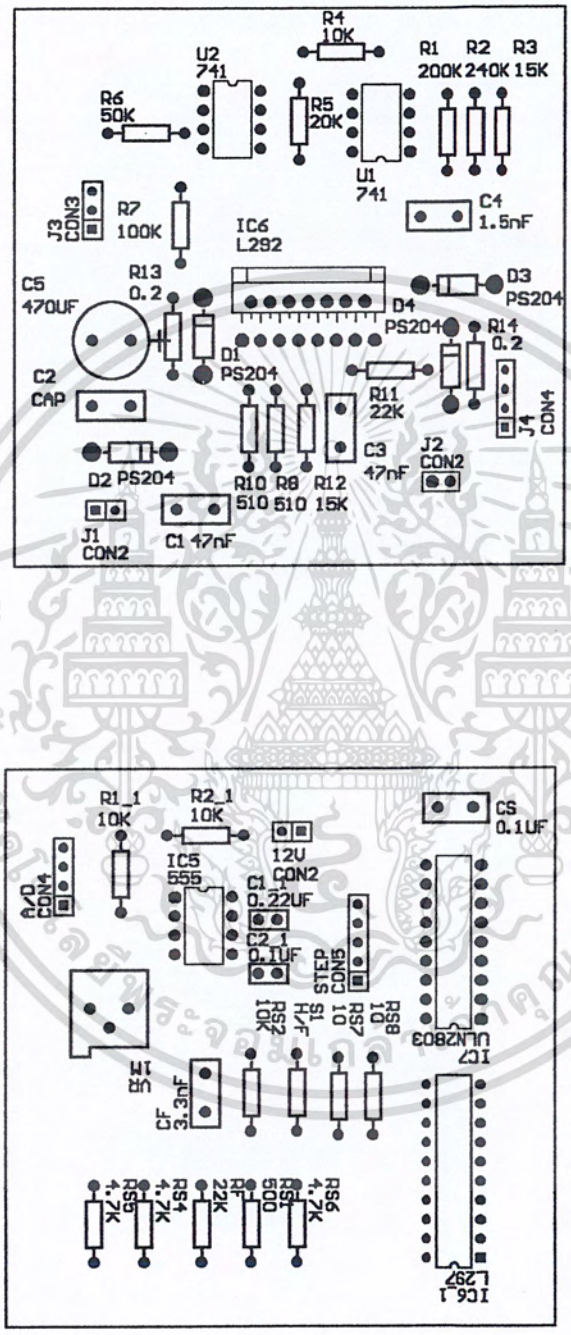
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





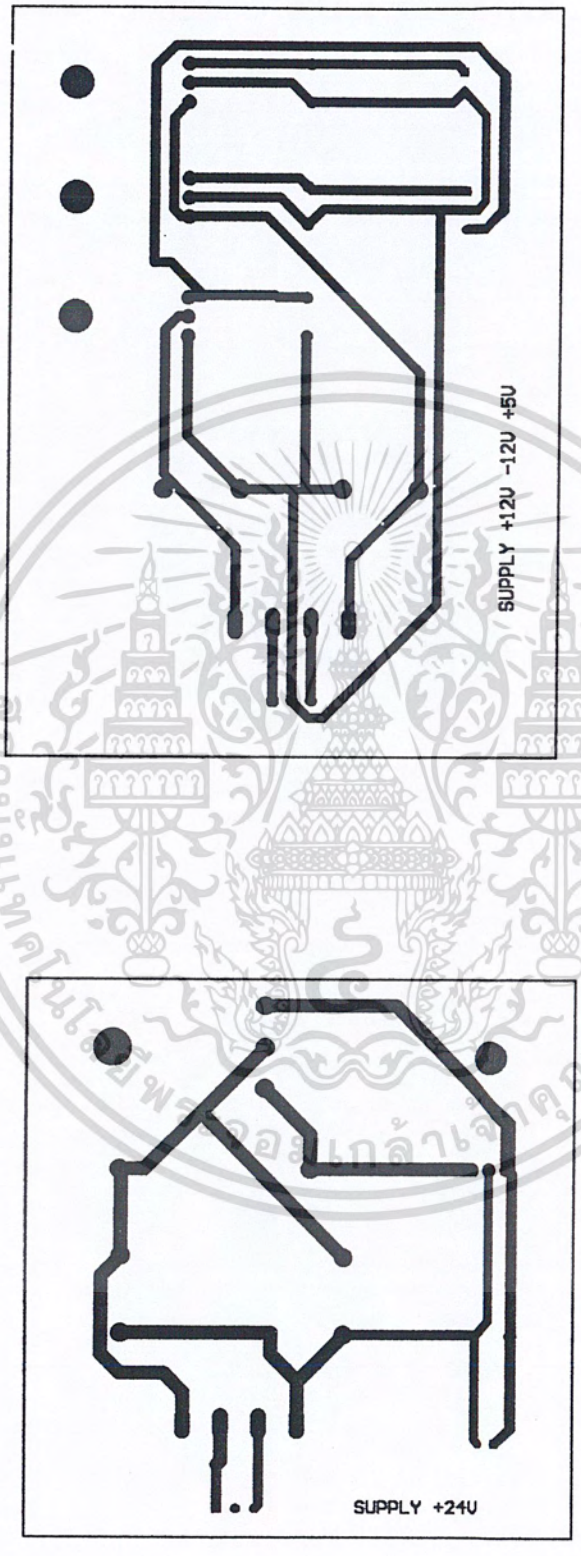
รูปที่ 7 ลายปรินซ์ของวงจรขับดีซีมอเตอร์และวงจรขับเสต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



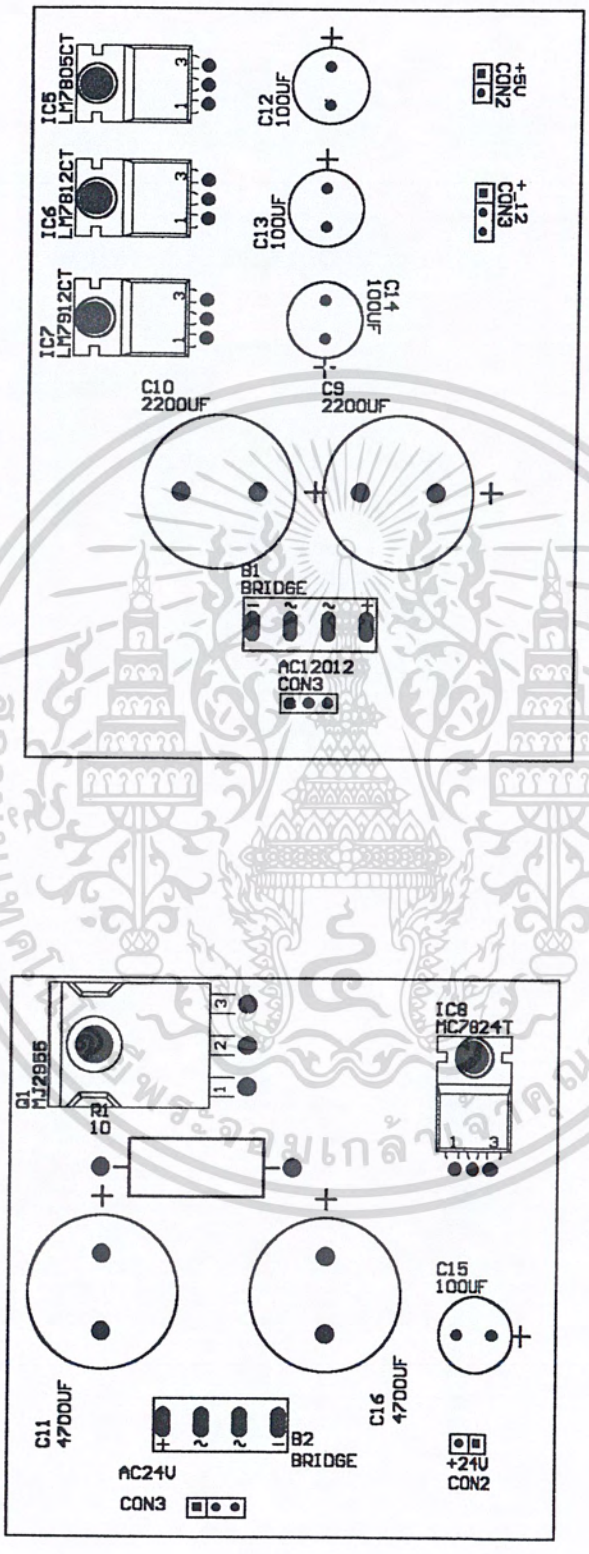
รูปที่ 8 การลงอุปกรณ์ของวงจรขับดีซีมอเตอร์และวงจรขับเสต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 ลายปริ้นซ์ของวงจรPower Supply +5V,+12V,-12V และ +24V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 การลงอุปกรณ์ของวงจรPower Supply +5V ,+12V,-12V และ +24V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายละเอียดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------
;DEFINE PORTPIN
;-------------------------
        SDA             BIT     P2.0
        SCL             BIT     P2.1
        LCD_EN          BIT     P3.6
        LCD_RS          BIT     P3.7
        MOTOR_EN        BIT     P2.3
        P_KEY           BIT     P1.4
        CW_CCW          BIT     P2.4
        STEP_EN         BIT     P2.5
;-------------------------
; USE FLAGE
;-------------------------
        FLAG1           EQU     2EH
        MUL_C           BIT     FLAG1.0
        FLAG            EQU     2FH
        I2C_ACK         BIT     FLAG.0
;-------------------------
;DEFINE USER REGIST
;-------------------------
        LCD_ADDR        EQU     030H
        LCD_DATA        EQU     031H
        LCD_PTR         EQU     032H
        I2C_ADDR        EQU     033H
        I2C_DATA        EQU     034H
        CONTROL         EQU     035H
        DA_DATA         EQU     036H
        CHANNEL         EQU     037H
        AD_DATA         EQU     038H
        KEY_DATA        EQU     039H
        RUN_TEMP        EQU     040H
        SPEED_TEMP_1    EQU     041H
        SPEED_TEMP_2    EQU     042H
        SPEED_TEMP_3    EQU     043H
        F_ANGLE_T_1     EQU     044H
        F_ANGLE_T_2     EQU     045H
        F_ANGLE_T_3     EQU     046H
        E_ANGLE_T_1     EQU     047H
        E_ANGLE_T_2     EQU     048H
        E_ANGLE_T_3     EQU     049H
        ROUND_T_1       EQU     050H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ROUND_T_3           EQU   052H
SPEED_DATA          EQU   053H ;SPEED
F_ANGLE_DATA        EQU   054H ;FIST ANGLE
E_ANGLE_DATA        EQU   055H ;END ANGLE
ROUND_DATA          EQU   056H ;ROUND
DATA_TEMP           EQU    057H
ROUND_BASE          EQU    058H
ROUND_F             EQU    059H
ROUND_B             EQU    060H
;-------------------------
;DEFINE I2C SLAVE ADDRESS
;-------------------------
PCF8591_ID          EQU   10010000B
;-------------------------
;       INITIAL PORT REGISTER
;-------------------------
        ORG     0000H
        CLR     MOTOR_EN
        CLR     STEP_EN
        MOV     P0,#00000000B
        MOV     P1,#11111111B
        MOV     P2,#00000000B
        MOV     P3,#00011111B
        MOV     SPEED_DATA,#005
        MOV     F_ANGLE_DATA,#001
        MOV     E_ANGLE_DATA,#120
        MOV     ROUND_DATA,#100
        MOV     ROUND_BASE,ROUND_DATA
;-------------------------
;   SET MOTOR HOME
;-------------------------
        ACALL   INIT_LCD
        MOV     LCD_ADDR,#000H ;SHOW TITLE_1 =' THERAPY ELBOW '
        ACALL   SET_ADDR_LCD
        MOV     DPTR,#TITLE_1
        ACALL   WRLINE_LCD
        ACALL   DELAY_1S
        ACALL   PCF8591_RD
        ACALL   PCF8591_RD
        MOV     A,AD_DATA
        CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
        JC      READ_KEY
MOTOR_HOME:   MOV     LCD_ADDR,#000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_3 ;SHOW TITLE_3 =' SET MOTOR HOME '
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     DA_DATA,#254
                MOV     CONTROL,#40H
                ACALL   PCF8591_WR
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                SETB    MOTOR_EN
                ACALL   DELAY_10MS
                MOV     A,AD_DATA
                CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
                JNC     MOTOR_HOME
                CLR     MOTOR_EN
                ACALL   DELAY_1S
;-------------------------
;               MAIN PROGRAM
;-------------------------
MAIN:           MOV     LCD_ADDR,#000H ;SHOW TITLE_1 ='THERAPY ELBOW'
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_1
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_2 ;SHOW TITLE_2 =' FLEX OR EXTEN '
                ACALL   WRLINE_LCD
READ_KEY:       ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#00BH,GET_KEY_03
                ACALL   SUB_EXTEN
                AJMP    MAIN
GET_KEY_03:     CJNE    A,#00FH,READ_KEY
                ACALL   SUB_FLEX
                AJMP    MAIN
;-------------------------
;               CHECK KEY MODE
;-------------------------
GET_KEY_ALL:    ACALL   DELAY_100MS
GET_KEY_ALL1:   JB      P_KEY,GET_KEY_ALL1
GET_KEY_ALL2:   JNB     P_KEY,GET_KEY_ALL2
                MOV     P1,#0FFH
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00001111B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
;-------------------------------
;           SET MODE
;-------------------------------
SUB_AUTO:       MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
                MOV     DPTR,#TITLE_AUTO ;'**  SET DATA **'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
;-------------------------------
;           SET ROUND VALUE
;-------------------------------
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#ROUND_VAL  ;'ROUND VALUE:  S'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#043H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ROUND_DATA
                ACALL   HEX2LCD3
                ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#00CH,SET_ROUND
                AJMP    SET_F_ANGLE
SET_ROUND:      MOV     ROUND_T_1,#00H
                MOV     ROUND_T_2,#00H
                MOV     ROUND_T_3,#00H
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#ROUND_VAL  ;'ROUND VALUE:  S'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#043H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     ROUND_T_1,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                MOV     A,ROUND_T_1
                MOV     B,#100
                MUL     AB
                MOV     FLAG1,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     ROUND_T_1,A
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     ROUND_T_2,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                MOV     A,ROUND_T_2
                MOV     B,#10
                MUL     AB
                MOV     ROUND_T_2,A
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     ROUND_T_3,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                MOV     A,ROUND_T_3
                ADD     A,ROUND_T_2
                ADD     A,ROUND_T_1
                JC      SET_ROUND
                CJNE    A,#255,$+3
                JNC     SET_ROUND
                MOV     DATA_TEMP,A
                MOV     ROUND_DATA,A
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY_OTHER
                JB      MUL_C,SET_ROUND
                MOV     ROUND_DATA,DATA_TEMP
                MOV     A,ROUND_DATA
                ANL     A,#0FFH
                JZ      SET_ROUND
                MOV     ROUND_DATA,A
                MOV     ROUND_BASE,ROUND_DATA
;-------------------------------
;               SET FIST ANGLE
;-------------------------------
SET_F_ANGLE:    MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
                MOV     DPTR,#FIST_ANGLE ;'FIST ANGLE:  .'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#043H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,F_ANGLE_DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ACALL   HEX2LCD3
ACALL   GET_KEY_ALL
CJNE    A,#00CH,SET_FIST_ANGLE
AJMP    SET_E_ANGLE
SET_FIST_ANGLE:MOV      F_ANGLE_T_1,#00H
MOV     F_ANGLE_T_2,#00H
MOV     F_ANGLE_T_3,#00H
MOV     LCD_ADDR,#000H
ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
MOV     DPTR,#FIST_ANGLE ;'FIST ANGLE:  .'
ACALL   WRLINE_LCD
ACALL   DELAY_1S
MOV     LCD_ADDR,#043H
ACALL   SET_ADDR_LCD
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY_ALL
CJNE    A,#0DH,SET_FIST_ANGLE
MOV     KEY_DATA,#00H
MOV     F_ANGLE_T_1,KEY_DATA
MOV     A,KEY_DATA
ACALL   HEX2LCD1
MOV     A,F_ANGLE_T_1
MOV     B,#100
MUL     AB
MOV     F_ANGLE_T_1,A
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY
MOV     F_ANGLE_T_2,KEY_DATA
MOV     A,KEY_DATA
ACALL   HEX2LCD1
MOV     A,F_ANGLE_T_2
MOV     B,#10
MUL     AB
MOV     F_ANGLE_T_2,A
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY
MOV     F_ANGLE_T_3,KEY_DATA
MOV     A,KEY_DATA
ACALL   HEX2LCD1
MOV     A,F_ANGLE_T_3
ADD     A,F_ANGLE_T_2
ADD     A,F_ANGLE_T_1
CJNE    A,#91,$+3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNC     SET_FIST_ANGLE
                MOV     F_ANGLE_DATA,A
                ACALL   LCD_BLINK
LOOP_F:         ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#0EH,LOOP_F1
                MOV     F_ANGLE_DATA,#00H
                AJMP    SET_FIST_ANGLE
LOOP_F1:        CJNE    A,#0CH,LOOP_F
;-------------------------
;               SET END ANGLE
;-------------------------
SET_E_ANGLE:    MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
                MOV     DPTR,#END_ANGLE ; 'END ANGLE:  .'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#043H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,E_ANGLE_DATA
                ACALL   HEX2LCD3
                ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#00CH,SET_END_ANGLE
                MOV     A,F_ANGLE_DATA
                CJNE    A,E_ANGLE_DATA,$+3
                JNC     $+4
                AJMP    SET_SPEED
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#ERROR_1
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#CHANGE_1
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                ACALL   DELAY_1S
SET_END_ANGLE:  MOV     E_ANGLE_T_1,#00H
                MOV     E_ANGLE_T_2,#00H
                MOV     E_ANGLE_T_3,#00H
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
                MOV     DPTR,#END_ANGLE ; 'END ANGLE:  .'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ACALL   WRLINE_LCD
ACALL   DELAY_1S
MOV     LCD_ADDR,#043H
ACALL   SET_ADDR_LCD
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY
MOV     E_ANGLE_T_1,KEY_DATA
MOV     A,KEY_DATA
ACALL   HEX2LCD1
MOV     A,E_ANGLE_T_1
MOV     B,#100
MUL     AB
MOV     FLAG1,B
MOV     E_ANGLE_T_1,A
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY
MOV     E_ANGLE_T_2,KEY_DATA
MOV     A,KEY_DATA
ACALL   HEX2LCD1
MOV     A,E_ANGLE_T_2
MOV     B,#10
MUL     AB
MOV     E_ANGLE_T_2,A
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY
MOV     E_ANGLE_T_3,KEY_DATA
MOV     A,KEY_DATA
ACALL   HEX2LCD1
MOV     A,E_ANGLE_T_3
ADD     A,E_ANGLE_T_2
ADD     A,E_ANGLE_T_1
CJNE    A,#120,$+3
JNC     SET_END_ANGLE
CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
JC      SET_END_ANGLE
MOV     DATA_TEMP,A
MOV     E_ANGLE_DATA,A
ACALL   LCD_BLINK
ACALL   GET_KEY_OTHER
JB      MUL_C,SET_END_ANGLE
MOV     E_ANGLE_DATA,DATA_TEMP
MOV     A,E_ANGLE_DATA
ANL     A,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JZ      SET_END_ANGLE
                MOV     E_ANGLE_DATA,A
;-------------------------------
;           SET SPEED
;-------------------------------
SET_SPEED:      MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
                MOV     DPTR,#SPEED_VAL ;'SPEED 1 TO 5: S'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#045H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     A,SPEED_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#00CH,SET_SPEED_1
                AJMP    SET_R_L
SET_SPEED_1:    MOV     SPEED_TEMP_1,#00H
                MOV     LCD_ADDR,#045H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     SPEED_TEMP_1,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                CJNE    A,#01H,SET_SPEED_2
                SJMP    SET_SPEED_E
SET_SPEED_2:    CJNE    A,#02H,SET_SPEED_3
                SJMP    SET_SPEED_E
SET_SPEED_3:    CJNE    A,#03H,SET_SPEED_4
                SJMP    SET_SPEED_E
SET_SPEED_4:    CJNE    A,#04H,SET_SPEED_5
                SJMP    SET_SPEED_E
SET_SPEED_5:    CJNE    A,#05H,SET_SPEED_1
SET_SPEED_E:    ACALL   HEX2LCD1
                MOV     SPEED_DATA,KEY_DATA
                ACALL   LCD_BLINK
SPEED_E_1:      ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#0CH,SPEED_E_2
                AJMP    SET_R_L
SPEED_E_2:      CJNE    A,#0EH,SPEED_E_1
                AJMP    SET_SPEED_1
SET_R_L:        MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#LEFT_RIGHT ;'LEFT(1) RIGHT(2)'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   GET_KEY
                MOV     A,KEY_DATA
                CJNE    A,#01H,SET_R_L_1
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SHOW_L
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                SETB    CW_CCW
                AJMP    END_R_L
SET_R_L_1:      CJNE    A,#02H,SET_R_L
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SHOW_R
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                CLR     CW_CCW
                AJMP    END_R_L
END_R_L:        MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_2
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                RET
;-------------------------------
;           GET KEY EXCEPT 0-9
;-------------------------------
GET_KEY_OTHER: ACALL    DELAY_100MS
GET_KEY_OTH1:  JB       P_KEY,GET_KEY_OTH1
GET_KEY_OTH2:  JNB      P_KEY,GET_KEY_OTH2
               MOV      P1,#0FFH
               MOV      A,P1
               ANL      A,#00001111B
GET_KEY_OTH_1: CJNE     A,#0EH,GET_KEY_OTH_2
               MOV      DATA_TEMP,#00H
               SJMP     END_KEY_OTH
               GET_KEY_OTH_2:CJNE       A,#0CH,GET_KEY_OTHER
               END_KEY_OTH: RET
;-------------------------------
;       EXTENSION MODE
;-------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SUB_EXTEN:      MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD    ;'0123456789ABCDEF'
                MOV     DPTR,#TITLE_EXTEN ;' EXTENSION MODE '
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
READ_EXTEN:     ACALL   GET_KEY_ALL
                CJNE    A,#007H,GET_EXTEN
                ACALL   SUB_AUTO
                AJMP    READ_EXTEN
GET_EXTEN:      CJNE    A,#03H,GET_EXTEN_1
                ACALL   SUB_RUN
                AJMP    READ_EXTEN
GET_EXTEN_1:    MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_2
                ACALL   WRLINE_LCD
                RET
;-------------------------
;       RUN MODE
;-------------------------
SUB_RUN:        MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#RUN_MODE
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                MOV     A,AD_DATA
                CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
                JC      L2
L1:             MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#MOTOR_DOWN
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     DA_DATA,#255
                MOV     CONTROL,#40H
                ACALL   PCF8591_WR
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                SETB    MOTOR_EN
                ACALL   DELAY_10MS
                MOV     A,AD_DATA
                CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNC     L1
        CLR     MOTOR_EN
        ACALL   DELAY_1S
        ACALL   DELAY_1S
        SJMP    L3
L2:     PUSH    STEP_EN
        MOV     LCD_ADDR,#000H
        ACALL   SET_ADDR_LCD
        MOV     DPTR,#MOTOR_UP
        ACALL   WRLINE_LCD
        CLR     C
        MOV     DA_DATA,#000
        MOV     CONTROL,#40H
        ACALL   PCF8591_WR
        SETB    MOTOR_EN
        SETB    STEP_EN
L2_1:   ACALL   PCF8591_RD
        ACALL   PCF8591_RD
        MOV     A,AD_DATA
        PUSH    ACC
        CJNE    A,#55,$+3
        JC      L_55
        CLR     STEP_EN
L_55:   POP     ACC
        CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
        JC      L2_1
        CLR     MOTOR_EN
        CLR     STEP_EN
        ACALL   DELAY_1S
        ACALL   DELAY_1S
        POP     STEP_EN
L3:     MOV     LCD_ADDR,#000H
        ACALL   SET_ADDR_LCD
        MOV     DPTR,#KEY_START
        ACALL   WRLINE_LCD
        ACALL   GET_KEY_ALL
        CJNE    A,#0CH,L3
LOOP_EX: MOV    LCD_ADDR,#000H
        ACALL   SET_ADDR_LCD
        MOV     DPTR,#ROUND_VAL
        ACALL   WRLINE_LCD
        ACALL   DELAY_1S
        MOV     LCD_ADDR,#043H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ROUND_DATA
                ACALL   HEX2LCD3
                ACALL   DELAY_1S
LOOP_EX1:       MOV     DA_DATA,#000H
                MOV     CONTROL,#40H
                ACALL   PCF8591_WR
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                SETB    MOTOR_EN
                SETB    STEP_EN
                ACALL   DELAY_10MS
LOOP_EX_1:      ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   DELAY_10MS
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SCR_AD01  ;UP
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#004
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,AD_DATA
                ACALL   HEX2LCD3
                ACALL   DELAY_100MS
                MOV     A,AD_DATA
                PUSH    ACC
                CJNE    A,#43,$+3
                JC      L_90
                CLR     STEP_EN
L_90:           POP     ACC
                CJNE    A,E_ANGLE_DATA,$+3
                JC      LOOP_EX_1
                CLR     MOTOR_EN
                CLR     STEP_EN
                CPL     CW_CCW
                ACALL   DELAY_1S
                ACALL   DELAY_1S
LOOP_EX2:       MOV     DA_DATA,#255
                ACALL   PCF8591_WR
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                SETB    MOTOR_EN
                SETB    STEP_EN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   DELAY_10MS
LOOP_EX_2:      ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   PCF8591_RD
                ACALL   DELAY_10MS
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SCR_AD23
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#004H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,AD_DATA
                ACALL   HEX2LCD3
                ACALL   DELAY_100MS
                MOV     A,AD_DATA
                PUSH    ACC
                CJNE    A,#30,$+3
                JNC     L_90_1
                CLR     STEP_EN
L_90_1:          POP    ACC
                CJNE    A,F_ANGLE_DATA,$+3
                JNC     LOOP_EX_2
                CLR     MOTOR_EN
                CLR     STEP_EN
                CPL     CW_CCW
                ACALL   DELAY_1S
                ACALL   DELAY_1S
                DJNZ    ROUND_DATA,L_EN
                MOV     ROUND_DATA,ROUND_BASE
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#AD_END
                ACALL   WRLINE_LCD
                RET
L_EN:           AJMP    LOOP_EX
;-------------------------
;           FLEXTION MODE
;-------------------------
SUB_FLEX:       MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#STOP_MODE
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
READ_FLEX:      ACALL   GET_KEY_ALL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#007H,GET_FLEX
                ACALL   SUB_AUTO_F
                AJMP    READ_FLEX
GET_FLEX:       CJNE    A,#03H,GET_FLEX_1
                ACALL   SUB_RUN_F
                AJMP    READ_FLEX
GET_FLEX_1:     MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_2
                ACALL   WRLINE_LCD
                RET
;-------------------------
;       RUN FLEXTION
;-------------------------
SUB_RUN_F:      MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#FLEX_RUN
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     R1,ROUND_F
RUN_F:          SETB    STEP_EN
                MOV     R2,#20
RUN_F_1:        ACALL   DELAY_1S
                DJNZ    R2,RUN_F_1
                CLR     STEP_EN
                ACALL   DELAY_1S
                CPL     CW_CCW
                SETB    STEP_EN
                MOV     R3,#20
RUN_F_2:ACALL   DELAY_1S
                DJNZ    R3,RUN_F_2
                CLR     STEP_EN
                ACALL   DELAY_1S
                CPL     CW_CCW
                DJNZ    R1,RUN_F
                MOV     ROUND_F,ROUND_B
                RET
;-------------------------
;       SET FLEXTION
;-------------------------
SUB_AUTO_F:     MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_AUTO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
SUB_AUTO_F_1:   MOV     ROUND_T_1,#00H
                MOV     ROUND_T_2,#00H
                MOV     ROUND_T_3,#00H
                MOV     LCD_ADDR,#000H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#ROUND_VAL  ;'ROUND VALUE:  S'
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1S
                MOV     LCD_ADDR,#043H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     ROUND_T_1,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                MOV     A,ROUND_T_1
                MOV     B,#100
                MUL     AB
                MOV     FLAG1,B
                MOV     ROUND_T_1,A
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     ROUND_T_2,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                MOV     A,ROUND_T_2
                MOV     B,#10
                MUL     AB
                MOV     ROUND_T_2,A
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY
                MOV     ROUND_T_3,KEY_DATA
                MOV     A,KEY_DATA
                ACALL   HEX2LCD1
                MOV     A,ROUND_T_3
                ADD     A,ROUND_T_2
                ADD     A,ROUND_T_1
                JC      SUB_AUTO_F_1
                CJNE    A,#255,$+3
                JNC     SUB_AUTO_F_1
                MOV     DATA_TEMP,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     ROUND_F,A
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   GET_KEY_OTHER
                JB      MUL_C,SUB_AUTO_F_1
                MOV     ROUND_F,DATA_TEMP
                MOV     A,ROUND_F
                ANL     A,#0FFH
                JZ      SUB_AUTO_F_1
                MOV     ROUND_F,A
                MOV     ROUND_B,ROUND_F
                RET
;-------------------------------
;CHECK PUSH KEY DATA  AND CHECK KEY 0-9
;-------------------------------
GET_KEY:        ACALL   DELAY_100MS
GET_KEY_1:      JB      P_KEY,GET_KEY_1
GET_KEY_NX:     JNB     P_KEY,GET_KEY_NX
                MOV     P1,#0FFH
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00001111B
GET_KEY_0_9:    CJNE    A,#00H,KEY_NX1      ; KEY NUMBER 0
                MOV     KEY_DATA,#001H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX1:        CJNE    A,#01H,KEY_NX2      ; KEY NUMBER 1
                MOV     KEY_DATA,#02H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX2:        CJNE    A,#02H,KEY_NX3      ; KEY NUMBER 2
                MOV     KEY_DATA,#03H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX3:        CJNE    A,#04H,KEY_NX4      ; KEY NUMBER 3
                MOV     KEY_DATA,#04H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX4:        CJNE    A,#05H,KEY_NX5      ; KEY NUMBER 4
                MOV     KEY_DATA,#05H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX5:        CJNE    A,#06H,KEY_NX6      ; KEY NUMBER 4
                MOV     KEY_DATA,#06H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX6:        CJNE    A,#08H,KEY_NX7      ; KEY NUMBER 6
                MOV     KEY_DATA,#07H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX7:        CJNE    A,#09H,KEY_NX8      ; KEY NUMBER 7
                MOV     KEY_DATA,#08H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SJMP    END_KEY
KEY_NX8:        CJNE    A,#00AH,KEY_NX9    ; KEY NUMBER 8
                MOV     KEY_DATA,#09H
                SJMP    END_KEY
KEY_NX9:        CJNE    A,#00DH,GET_KEY    ; KEY NUMBER 9
                MOV     KEY_DATA,#00H
                SJMP    END_KEY
END_KEY:    RET
;-------------------------------
;     HEX CODE TO SHOW LCD 1 DIGIT
;-------------------------------
HEX2LCD1:       ADD     A,#030H
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                RET
;-------------------------------
;    HEX CODE TO SHOW LCD 2 DIGIT
;-------------------------------
HEX2LCD2:       PUSH    ACC
                MOV     A,LCD_DATA
                MOV     B,#10
                DIV     AB
                ADD     A,#030H
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,B
                ADD     A,#030H
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                POP     ACC
                RET
;-------------------------------
;    HEX CODE TO SHOW LCD 3 DIGIT
;-------------------------------
HEX2LCD3:       PUSH    ACC
                MOV     A,LCD_DATA
                MOV     B,#100
                DIV     AB
                ADD     A,#030H
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,B
                MOV     B,#10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DIV     AB
                ADD     A,#030H
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,B
                ADD     A,#030H
                MOV     LCD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                POP     ACC
                RET
;-------------------------------
;HEX CODE TO SHOW LCD
;-------------------------------
HEX2LCD:        PUSH    ACC
HEX_CHK:        MOV     A,LCD_DATA
                CJNE    A,#03AH,CHK_OTHER
CHK_OTHER:      JNC     CONV_2_ALPHA
                RET
CONV_2_ALPHA:   ADD     A,#7
                MOV     LCD_DATA,A
                RET
;-------------------------------
;   LCD INITITIALIZE
;-------------------------------
INIT_LCD:       ACALL   DELAY_100MS
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00111000B
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   DELAY_10MS
                MOV     P0,#00111000B
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   LCD_OFF
                ACALL   LCD_CLR
                MOV     P0,#00000110B
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   LCD_HOME
;-------------------------------
;           LCD CLEAR DISPLAY
;-------------------------------
LCD_CLR:        CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00000001B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------
;     LCD RETURN HOME
;-------------------------------
LCD_HOME:       CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00000010B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;-------------------------------
;       LCD DISPLAY OFF
;-------------------------------
LCD_OFF:        CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00001000B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;-------------------------------
;     LCD CLK
;-------------------------------
LCD_CLK:        SETB    LCD_EN
                ACALL   LCD_DELAY
                CLR     LCD_EN
                ACALL   LCD_DELAY
                RET
;-------------------------------
;     LCD DISPLAY ON
;-------------------------------
LCD_ON:         CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00001100B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;-------------------------------
;    LCD CURSOR ON
;-------------------------------
LCD_BLINK:      CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00001111B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;-------------------------------
;SET LCD ADDRESS
;I/P:      LCD_ADDR
;-------------------------------
SET_ADDR_LCD:   CLR     LCD_RS
                MOV     A,LCD_ADDR
                SETB    ACC.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P0,A
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;-------------------------------
;WRITE CHARECTER TO SHOW  LCD
;-------------------------------
WRCHAR_LCD:     SETB    LCD_RS
                MOV     P0,LCD_DATA
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   LCD_ON
                RET
;-------------------------------
;WRITE LINE OF 8 CHARECTER FROM ROM
;-------------------------------
WRLINE_LCD:     MOV     R0,#0
WRLINE_LCD_1:   SETB    LCD_RS
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P0,A
                ACALL   LCD_CLK
                INC     DPTR
                INC     R0
                CJNE    R0,#8,WRLINE_LCD_1
                MOV     LCD_ADDR,#040H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                WRLINE_LCD_2: SETB      LCD_RS
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P0,A
                ACALL   LCD_CLK
                INC     DPTR
                INC     R0
                CJNE    R0,#16,WRLINE_LCD_2
                ACALL   LCD_ON
                RET
;-------------------------------
;I2C PCF8591 READ
;-------------------------------
PCF8591_RD:     MOV     I2C_ADDR,#PCF8591_ID+1
                ACALL   I2C_SLAVE
                ACALL   I2C_DATA_RD
                MOV     AD_DATA,I2C_DATA
                ACALL   I2C_NACK_BIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   I2C_STOP
                RET
;-------------------------------
;I2C PCF8591 WRITE
;-------------------------------
PCF8591_WR:     MOV     I2C_ADDR,#PCF8591_ID
                ACALL   I2C_SLAVE
                MOV     I2C_DATA,CONTROL
                ACALL   I2C_DATA_WR
                MOV     I2C_DATA,DA_DATA
                ACALL   I2C_DATA_WR
                ACALL   I2C_STOP
                RET
;-------------------------------
;I2C DATA WRITE
;-------------------------------
I2C_DATA_WR:    PUSH    ACC
                SETB    I2C_ACK
                MOV     A,I2C_DATA
                MOV     R5,#008H
I2C_DATA_WR_1:  RLC     A
                MOV     SDA,C
                ACALL   I2C_CLK
                DJNZ    R5,I2C_DATA_WR_1
                SETB    SDA
                ACALL   I2C_DELAY
                SETB    SCL
                ACALL   I2C_DELAY
                JB      SDA,I2C_DATA_WR_2
                CLR     I2C_ACK
I2C_DATA_WR_2:  CLR     SCL
                POP     ACC
                RET
;-------------------------------
;I2C DATA READ
;-------------------------------
I2C_DATA_RD:    PUSH    ACC
                CLR     A
                MOV     R5,#008
I2C_DATA_RD_1:  ACALL   I2C_DELAY
                SETB    SCL
                ACALL   I2C_DELAY
                MOV     C,SDA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RLC     A
                CLR     SCL
                DJNZ    R5,I2C_DATA_RD_1
                MOV     I2C_DATA,A
                POP     ACC
                RET
;-------------------------------
;I2C SLAVE CONNECT
;-------------------------------
I2C_SLAVE:      PUSH    ACC
                SETB    I2C_ACK
                MOV     A,I2C_ADDR
                ACALL   I2C_START
                MOV     R5,#008
I2C_SLAVE_1:    RLC     A
                MOV     SDA,C
                ACALL   I2C_CLK
                DJNZ    R5,I2C_SLAVE_1
                SETB    SDA
                ACALL   I2C_DELAY
                SETB    SCL
                ACALL   I2C_DELAY
                JB      SDA,I2C_SLAVE_2
                CLR     I2C_ACK
I2C_SLAVE_2:    CLR     SCL
                POP     ACC
                RET
;-------------------------------
;I2C START CONDITION
;-------------------------------
I2C_START:      SETB    SCL
                SETB    SDA
                ACALL   I2C_DELAY
                CLR     SDA
                ACALL   I2C_DELAY
                CLR     SCL
                RET
;-------------------------------
;LCD STOP CONDITION
;-------------------------------
I2C_STOP:       CLR     SDA
                ACALL   I2C_DELAY
                SETB    SCL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   I2C_DELAY
                SETB    SDA
                RET
;-------------------------------
;I2C CLOCK
;-------------------------------
I2C_CLK:        ACALL   I2C_DELAY
                SETB    SCL
                ACALL   I2C_DELAY
                CLR     SCL
                RET
;-------------------------------
;I2C NOT ACKNOWLEDGE
;-------------------------------
I2C_NACK_BIT:   SETB    SDA
                ACALL   I2C_DELAY
                ACALL   I2C_CLK
                RET
;-------------------------------
;DUMMY  DELAY TIME LCD_DELAY, 10M, 100M, 1S
;-------------------------------
I2C_DELAY:      MOV     6,#00CH
I2C_DELAY_1:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,I2C_DELAY_1
                RET
LCD_DELAY:      MOV     7,#002
LCD_DELAY_1:    MOV     6,#0E6H
LCD_DELAY_2:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,LCD_DELAY_2
                DJNZ    R7,LCD_DELAY_1
                RET
DELAY_10MS:     MOV     7,#010
DELAY_10MS_1:   MOV     6,#0E6H
DELAY_10MS_2:   NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10MS_2
                DJNZ    R7,DELAY_10MS_1
                RET
DELAY_100MS:    MOV     7,#100
DELAY_100MS_1:  MOV     6,#0E6H
DELAY_100MS_2:  NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

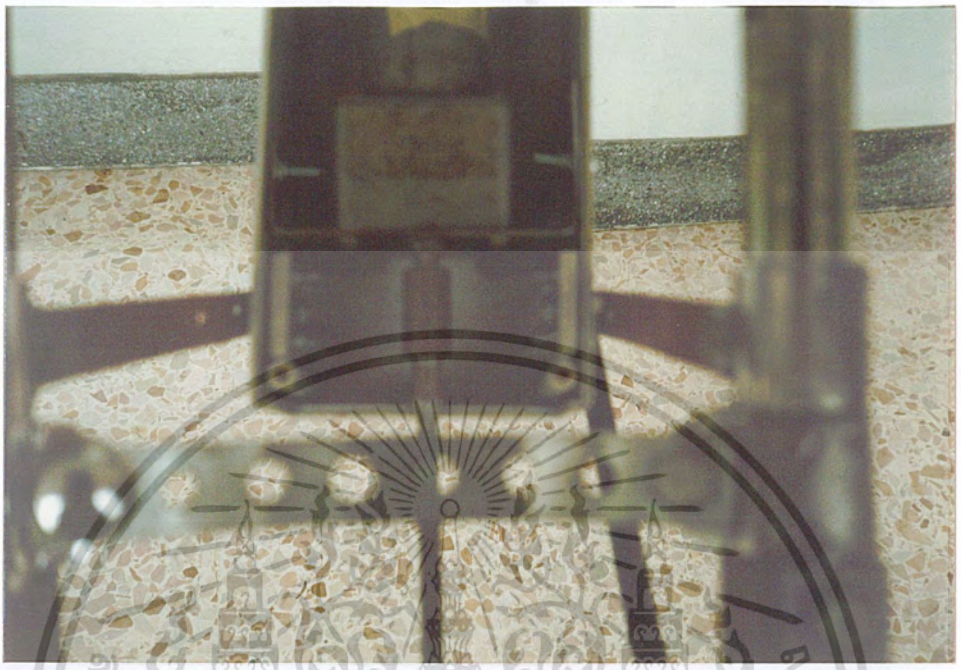
```
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10MS_2
                DJNZ    R7,DELAY_10MS_1
                RET
DELAY_1S:       MOV     5,#100
DELAY_1S_1:     ACALL   DELAY_10MS
                DJNZ    R5,DELAY_1S_1
                RET
;-----------------------------------------
;DEFINE CONSTANT < STORE IN FLASH EEPROM PROGRAM MEMORY >
;-----------------------------------------
                        ;0123456789ABCDEF'
TITLE_1:        DB      ' THERAPY ELBOW '
TITLE_2:        DB      ' FLEX OR EXTEN '
TITLE_3:        DB      '  SET MOTOR  '
TITLE_AUTO:     DB      '  SET DATA  '
ROUND_VAL:      DB      '  ROUND :___ S'
FIST_ANGLE:     DB      ' E_START :___.'
END_ANGLE:      DB      ' E_STOP :___.'
SPEED_VAL:      DB      'SPEED 1 TO 5:_ S'
ERROR_1:        DB      '  DATA ERROR '
TITLE_EXTEN:    DB      ' EXTENSION MODE '
TITLE_MANU_1:   DB      'PRESS UP OR DOWN'
STOP_MODE:      DB      '** STOP MODE **'
RUN_MODE:       DB      '** RUN MODE **'
CHANGE_1:       DB      ' KEY DATA AGAIN '
MOTOR_DOWN:     DB      '  MOTOR DOWN  '
MOTOR_UP:       DB      '  MOTOR UP    '
LEFT_RIGHT:     DB      'LEFT(1) RIGHT(2)'
SCR_AD01:       DB      ' UP:   DEGREE '
SCR_AD23:       DB      ' DW:   DEGREE '
FLEX_RUN:       DB      ' FLEXTION RUN '
AD_END:         DB      '* END OF ROUND *'
KEY_START:      DB      'PRESS KEY START'
SHOW_R:         DB      '    RIGHT   '
SHOW_L:         DB      '    LEFT    '
END
;END PROGRAM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

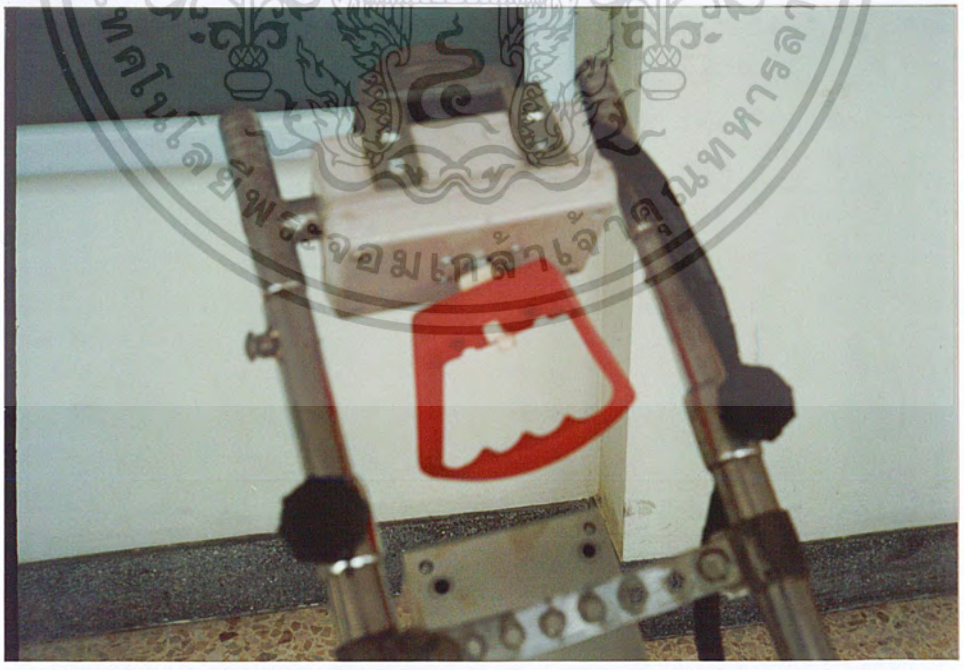
ภาคผนวก ฉ

รูปของชุดอุปกรณ์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

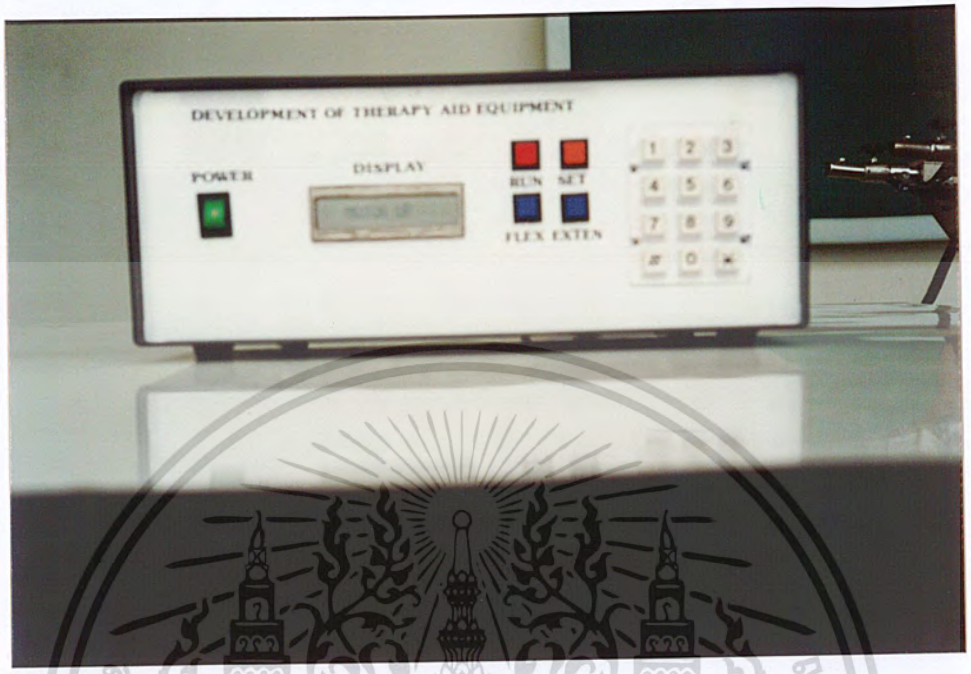


รูปที่ 1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในระบบส่งกำลัง



รูปที่ 2 สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

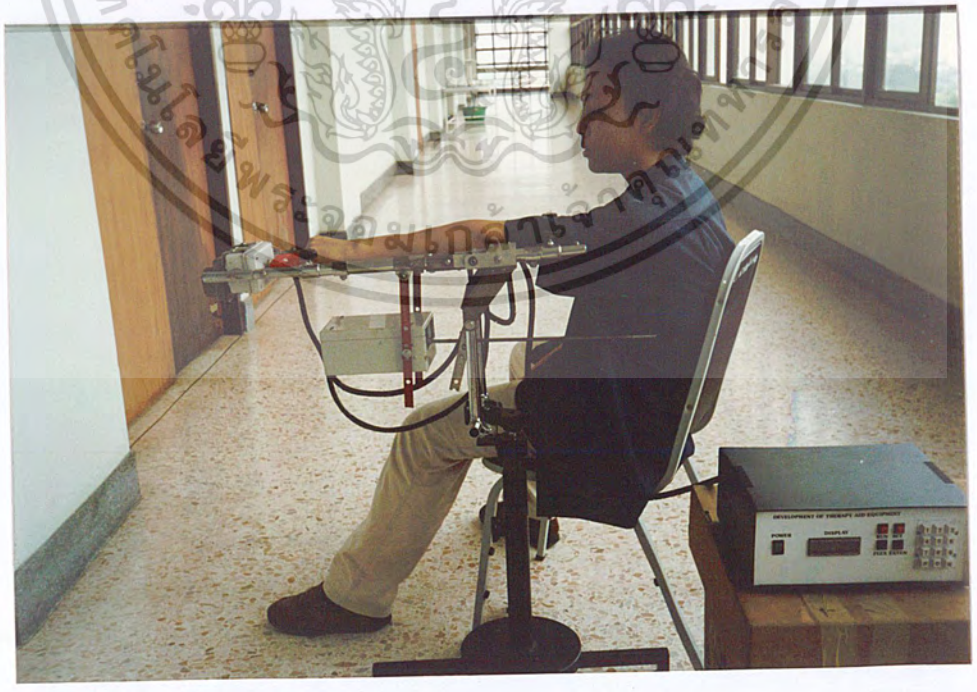


รูปที่ 3 ชุดควบคุมอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด

รูปที่ 4 โครงสร้างของชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 ชุดอุปกรณ์ช่วยการทำกายภาพบำบัด



รูปที่ 6 การทำงานของชุดอุปกรณ์ที่มุม 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 การทำงานของชุดอุปกรณ์ที่มุม 45 องศา

รูปที่ 8 การทำงานของชุดอุปกรณ์ที่มุม 120 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

คู่มือ DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

L292

SWITCH-MODE DRIVER FOR DC MOTORS

- DRIVING CAPABILITY : 2 A, 36 V, 30 KHz
- 2 LOGIC CHIP ENABLE
- EXTERNAL LOOP GAIN ADJUSTEMENT
- SINGLE POWER SUPPLY (18 TO 36 V)
- INPUT SIGNAL SYMMETRIC TO GROUND
- THERMAL PROTECTION

Multiwatt 15

ORDER CODE : L292

DESCRIPTION

The L292 is a monolithic LSI circuit in 15-lead Multiwatt® package. It is intended for use, together with L290 and L291, as a complete **3-chip motor positioning system** for applications such as carriage/daisy-wheel position control in type-writes.

The L290/1/2 system can be directly controlled by a microprocessor.

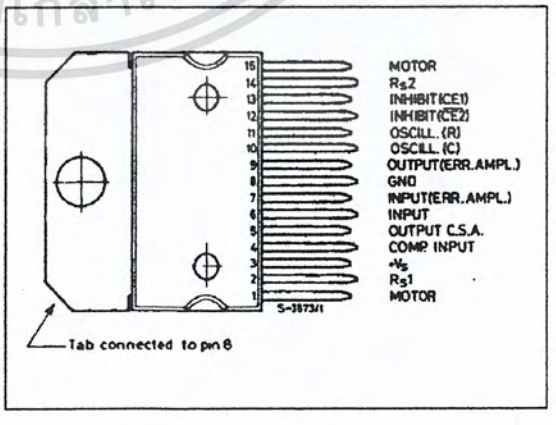
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Power Supply	36	V
V_i	Input Voltage	- 15 to + Vs	V
$V_{inhibit}$	Inhibit Voltage	0 to Vs	V
I_o	Output Current	2.5	A
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75 °C)	25	W
T_{stg}	Storage and Junction Temperature	- 40 to + 150	°C

TRUTH TABLE

Vinhibit		Output Stage Condition
Pin 12	Pin 13	
L	L	Disabled
L	H	Normal Operation
H	L	Disabled
H	H	Disabled

CONNECTION DIAGRAM (top view)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

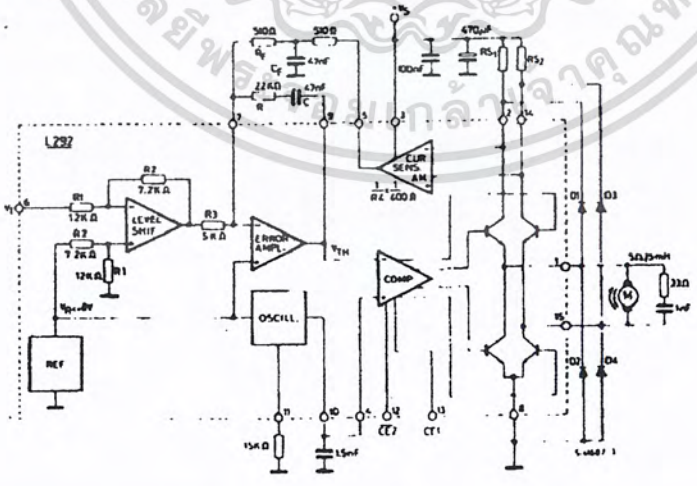
THERMAL DATA

Symbol	Parameter		Value	Unit
Rth-j-case	Thermal resistance junction-case	Max	3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_s = 36 V, T_{amb} = 25 °C, f_{osc} = 20 KHz unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply Voltage			18		36	V
I_d	Quiescent Drain Current	V_s = 20 V (offset null)			30	50	mA
V_{os}	Input Offset Voltage (pin 6)	I_o = 0				±350	mV
V_{inh}	Inhibit Low Level (pin 12, 13)					2	V
	Inhibit High Level (pin 12, 13)			3.2			V
I_{inh}	Low Voltage Condition	V_{inh}(L) = 0.4 V				- 100	µA
	High Voltage Conditions	V_{inh}(H) = 3.2 V				10	µA
I_i	Input Current (pin 6)	V_I = -8.8 V V_I = +8.8 V				-1.8 0.5	mA mA
V_i	Input Voltage (pin 6)	$R_{s1} = R_{s2}$ = 0.2Ω	I_o = 2A		9.1		V
			I_o = -2A		-9.1		V
I_o	Output Current	V_I = ± 9.8 V $R_{s1} = R_{s2}$ = 0.2 Ω		± 2			A
V_D	Total Drop Out Voltage	(inluding sensing resistors)	I_o = 2 A			5	V
			I_o = 1 A			3.5	V
V_{RS}	Sensing Rsistor Voltage Drop	T_j = 150°C	I_o = 2 A			0.44	V
$\frac{I_o}{V_i}$	Transconductance	$R_{s1} = R_{s2}$ =0.2Ω		205	220	235	mA/V
		$R_{s1} = R_{s2}$ = 0.4Ω			120		mA/V
f_{osc}	Frequency Range (pin 10)			1		30	KHz

BLOCK DIAGRAM AND TEST CIRCUIT



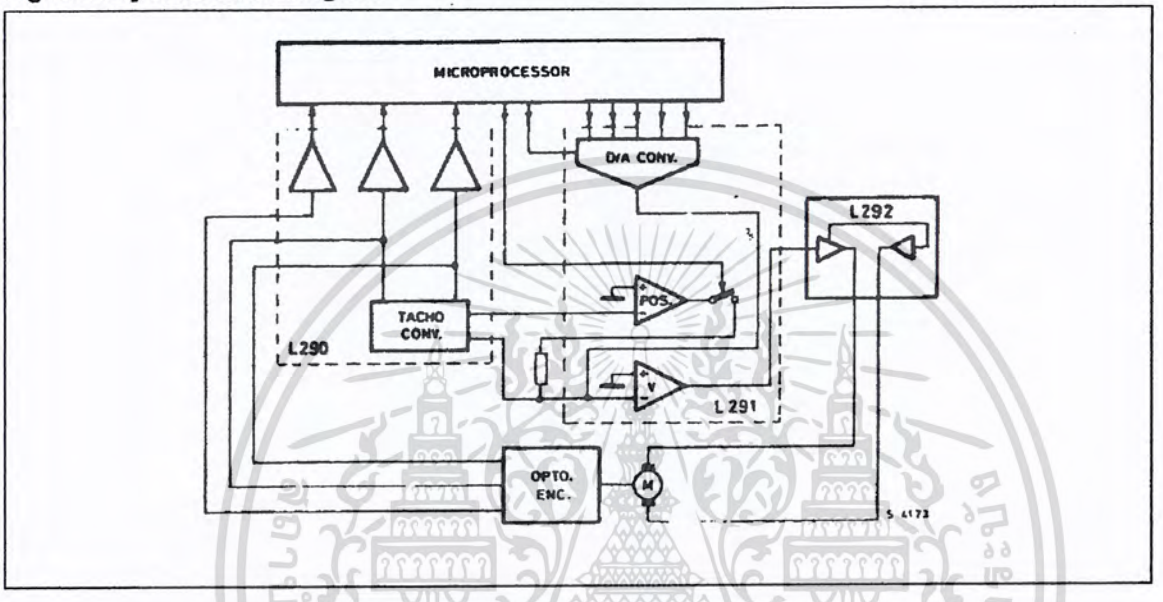
SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYSTEM DESCRIPTION

The L290, L291 and L292 are intended to be used as a 3-chip microprocessor controlled positioning system. The device may be used separately - particularly the L292 motor driver - but since they will usually be used together, a description of a typical L290/1/2 system follows.

Figure 1. System Block Diagram



The system operates in two modes to achieve high speed, high-accurancy positioning.

Speed commands for the system originate in the microprocessor. It is continuosly updated on the motor position by means of pulses from the L290 tachometer chip, whitch in tur gets its information from the optical encoder. From this basic input, the microprocessor computes a 5-bit control word that sets the system speed dependent on the distance to travel.

When the motor is stopped and the microprocessor orders it to a new positio, the system operates initially in an open-loop configuration as there is no feedback from the tachometer generator. A maximum speed is reached, the tachometer chip output backs off the processor signal thus reducing accelering torque. The motor continues to run at rop speed but under closed-loop control.

As the target position is approached, the microprocessor lowers the value of the speed-demand word; this reduces the voltage at the main summing point, in effect braking the motor. The braking is applied progressively until the motor is running at minimum speed.

At the time, the microprocessor orders a switch to the position mode, (strobe signal at pin 8 of L291) and within 3 to 4 ms the L292 drives the motor to a null position, where it is held by electronic "detenting".

The mechanical/electrical interface consists of an optical encoder which generates two sinusoidal signals 90° out of phase (leading according to the motor direction) and proportional in frequency to the speed of rotation. The optical encoder also provides an output at one position on the disk which is used to set the initial position.

The opto encoder signals, FTA and FTB are filtered by the networks R_2C_2 and R_3C_3 (referring to Fig.4) and are supplied to the FTA/FTB inputs on the L290.

The main function on the L290 is to implement the following expression:

$$\text{Output signal (TACHO)} = \frac{dV_{AB}}{dt} \bullet \frac{FTA}{|FTA|} - \frac{dV_{AA}}{dt} \bullet \frac{FTB}{|FTB|}$$

Thus the mean value of TACHO is proportional to the rotation speed and its polarity indicates the direction of rotation.

The above function is performed by amplifying the input signals in A_1 and A_2 to obtain V_{AA} and V_{AB} (typ.7 V_p). From V_{AA} and V_{AB} the external differentiatior RC networks R_5C_6 and R_4C_4 give the signals V_{MA} and V_{MB} which are fed to the multipliers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The second input to each multipler consists of the sign of the first input of the other multiplier before differentiation, these are obtained using the comparators C_{s1} and C_{s2}. The multiplier outputs, C_{SA} and C_{SB}, are summed by A_3 to give the final output signal TACHO. The peak-topeak ripple signal of the TACHO can be found from the following expression:

$$V_{ripple\ p-p} = \frac{\pi}{4} (\sqrt{2} - 1) \cdot V_{thaco\ DC}$$

The max value of TACHO is:

$$V_{tacho\ max} = \frac{\pi}{4} \sqrt{2} \cdot V_{thaco\ DC}$$

Using the coparators C_1 and C_2 another two signals from V_{AA} and V_{AB} are derived - the logic signals STA and STB.

This signals are used by the microprocessor to determine the position by counting the pulses.

The L2910 internal reference voltage is also derived from V_{AA} and V_{AB}:

$$V_{ref} = |V_{AA}| + |V_{AB}|$$

This reference is used by the D/A converter in the L291 to compensate for variations in input levels, temperature changes and ageing.

The "one pulse per rotation" opto encoder output is connected to pin 12 of the L290 (FTF) where it is squared to give the STF logic output for the microprocessor.

The TACHO signal and V_{ref} are sent to the L291 via filter networks R_8 C_8 R_9 and R_6 C_7 R_7 respectively.

Pin 12 of this chip is the main summing point of the system where TACHO and the D/A converter output are compared.

The input to D/A converter consists of 5 bit word plus a sign bit supplied by the microprocessor. The sign bit represets the direction of motor rotation.

The (analogue) output of the D/A conveter - DAC/OUT - is compared with the TACHO signal and the risulting error signal is amplified by the error amplifier, and subsequently appears on pin 1.

The ERRV sognal (from pin 1 , L291) is fed to pin 6 of the final chip, the L292 H-bridge motor-driver.

This input signals is bidirectional so it must be converted to a positive signal bacause the L292 uses a single supply voltage. This is accomplished by the first stage - the level shifter, which uses an internally generated 8 V reference.

This same reference voltage supplies the triangle wave oscillator whose frequency is fixed by the external RC network (R_{20}, C_{17} - pins 11 and 10) where:

$$1\ f_{osc} = \frac{1}{2RC} \quad (\text{with } R \geq 8.2\ K\Omega)$$

The oscillator determines the switching frequency of the output stage and should be in the range 1 to 30 KHz.

Motor current is regulated by an internal loop in the L292 which is performed by the resistors R_{18}, R_{19} and the differential current sense amplifier, the output of which is filtered by an external RC network and fed back to the error amplifier.

The choise of the external components in these RC network (pins 5, 7, 9) is determined by the motor type and the bandwidth requirements. The values shown in the diagram are for a 5Ω, 5 MH motor. (See L292 Transfer Function Calculation in Application Information).

The error signal obtained by the addition of the input and the current feedback signals (pin 7) is used to pulse width modulate the oscillator signal by means of the comparator. The pulse width modulated signal controls the duty cycle of the Hbridge to give an output current corresponding to the L292 input signal.

The interval between one side of the bridge switching off and the other switching on, τ, is programmed by C_{17} in conjuction with an internal resistor $R\tau$.

This can be foud from:

$$\tau = R\tau \cdot C_{pin\ 10.} \quad (C_{17} \text{ in the diagram})$$

Since $R\tau$ is approximately 1.5 KΩ and the recommended τ to avoid simultaneous conduction is 2.5 µs $C_{pin\ 10}$ should be around 1.5 nF.

The current sense resistors R_{18} and R_{19} should be high precision types (maximum tolerance ± 2 %) and the recommended value is given by:

$$R_{max} \cdot I_{o\ max} \leq 0.44\ V$$

It is possible to synchronize two L292 's, if desired, using the network shown in fig. 2.

Finally, two enable inputs are provited on the L292 (pins 12 and 13-active low and high respectively).

Thus the output stage may be inhibited by taking pin 12 high or by taking pin 13 low. The output will also be inhibited if the supply voltage falls below 18 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The enable inputs were implemented in this way because they are intended to be driven directly by a microprocessor. Currently available microprocessors may generates spikes as high as 1.5 V during power-up. These inputs may be used for a variety of applications such as motor inhibit during reset of the logical system and power-on reset (see fig. 3).

Figure 2.

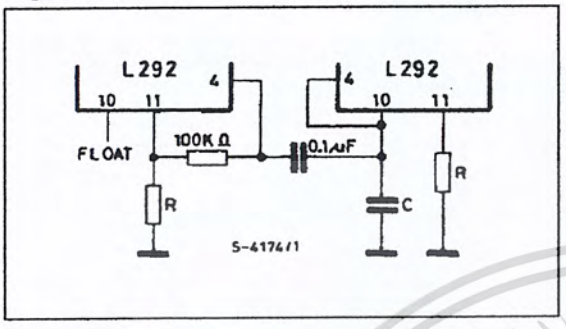


Figure 3.

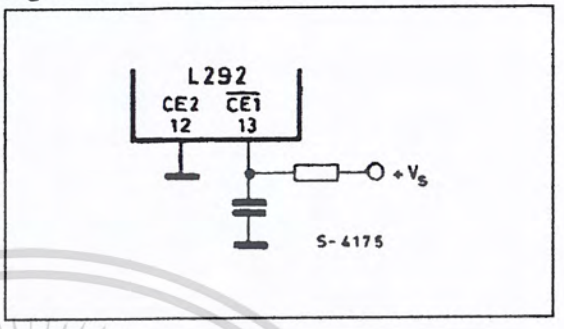
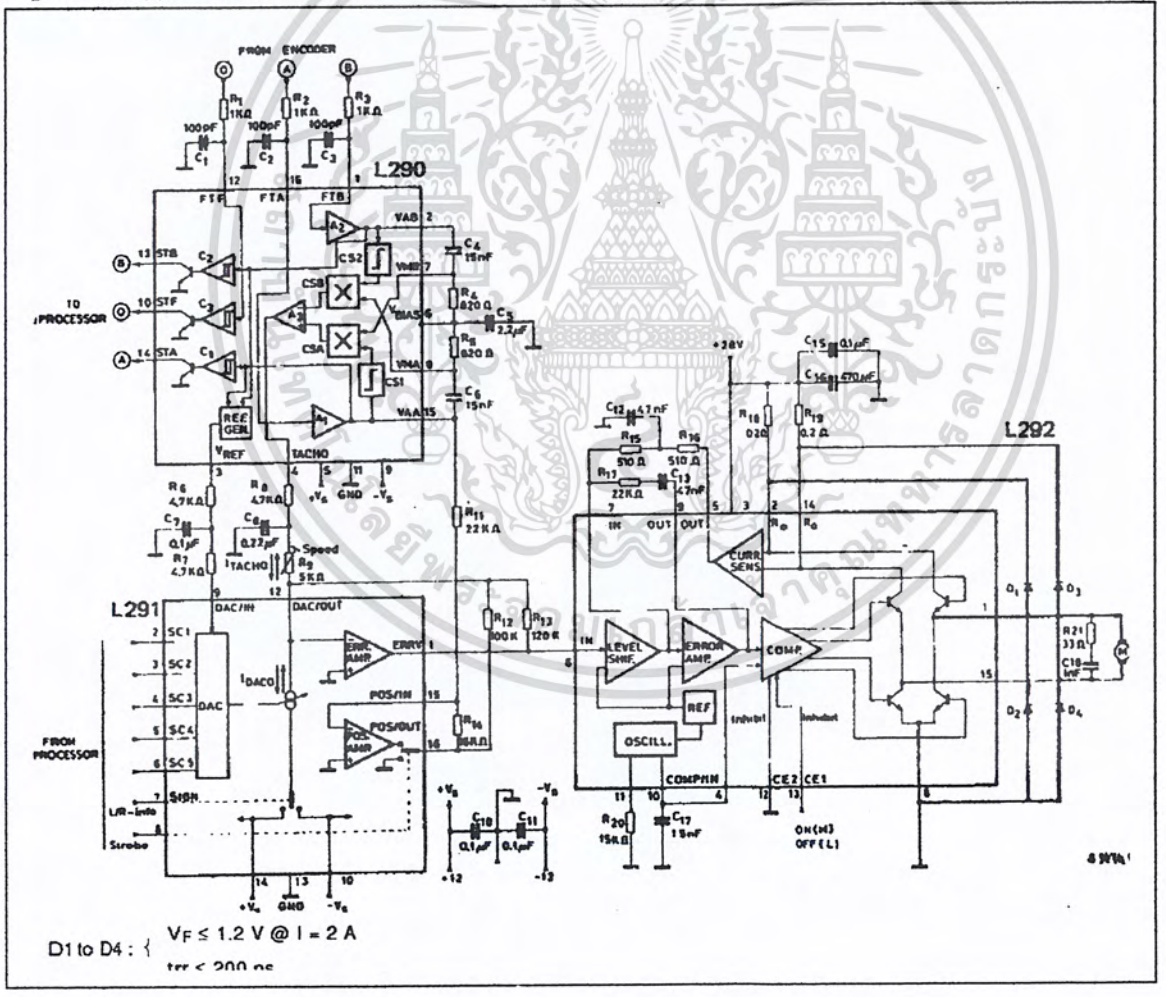


Figure 4 . Application Circuit.

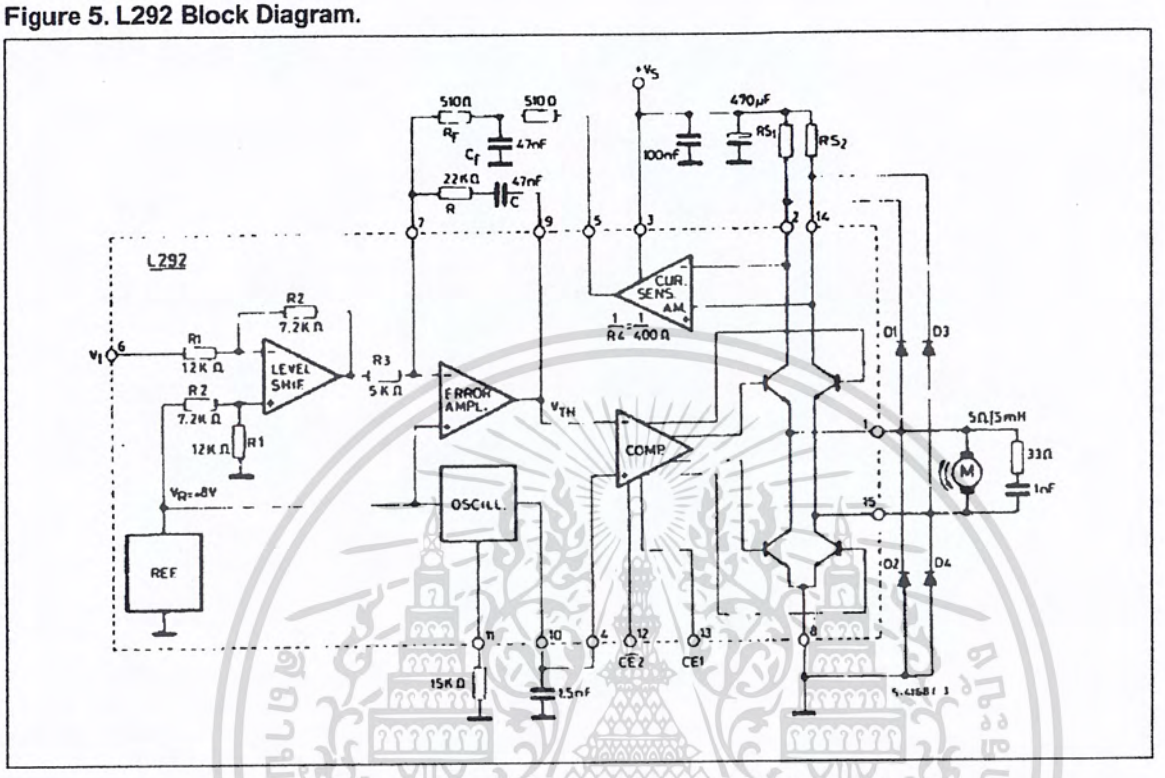


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

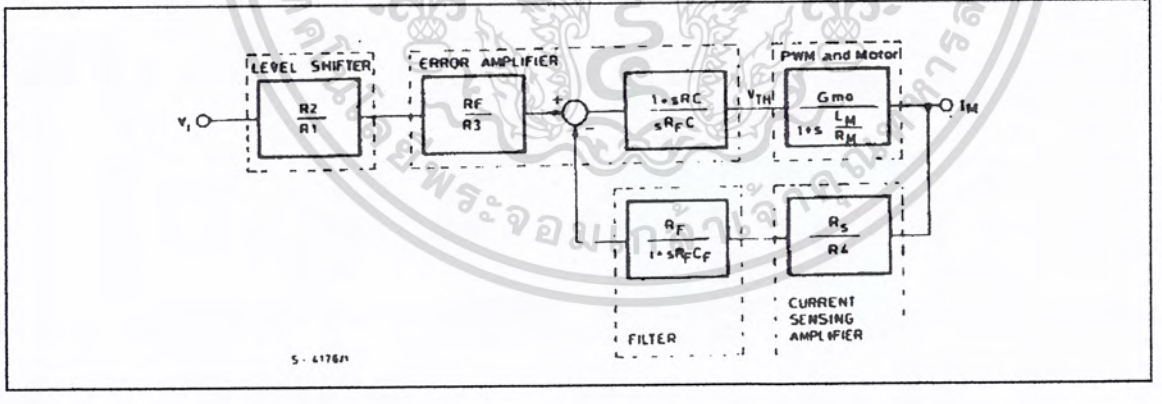
This section has been added in order to help the designer for the best choise of the values of external components.

Figure 5. L292 Block Diagram.



The schematic diagram used for the Laplace analysis of the system is shown in fig. 6.

Figure 6.



$R_{S1} = R_{S2} = R_S$ (sensing resistors)

$\frac{1}{R_4} = 2.5 \bullet 10^{-3}\ \Omega$ (current sensing amplifier transconductance)

L_M = Motor inductance, R_M = Motor resistance, I_M = Motor current

$G_{mo} = \frac{I_M}{}\Big|_{s=0}$ (DC transfer function from the input of the comparator (V_{TH}) to the motor current (I_M)).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Neglecting the VCEsat of the bridge transistors and the VBE of the diodes:

$$G_{mo} = \frac{1}{R_M} \frac{2\,V_S}{V_R} \qquad \text{where} : V_S = \text{supply voltage} \qquad (1)$$

$V_R = 8$ V (reference voltage)

DC TRANSFER FUNCTION

In order to be sure that the current loop is stable the following condition is imposed :

$$1 + sRC = 1 + s\frac{L_M}{R_M} \qquad \text{(pole cancellation)} \qquad (2)$$

$$\text{from which } RC = \frac{L_M}{R_M} \qquad \text{(Note that in practice R must greater than 5.6 K}\Omega\text{)}$$

The transfer function is then,

$$\frac{I_M}{V_I}(s) = \frac{R_2\ R_4}{R_1\ R_3}\ G_{mo}\ \frac{1 + s\,R_F\,C_F}{G_{mo}\,R_s + s\,R_4\,C + s^2\,R_F\,C_F\,R_4\,C} \qquad (3)$$

In DC condition, this is reduced to

$$\frac{I_M}{V_I}(o) = \frac{R_2\ R_4}{R_1\ R_3} \cdot \frac{1}{R_s} = \frac{0.044}{R_s}\ \left[\frac{A}{V}\right] \qquad (4)$$

OPEN-LOOP GAIN AND STABILITY CRITERION

For $RC = L_M / R_M$, the open loop gain is:

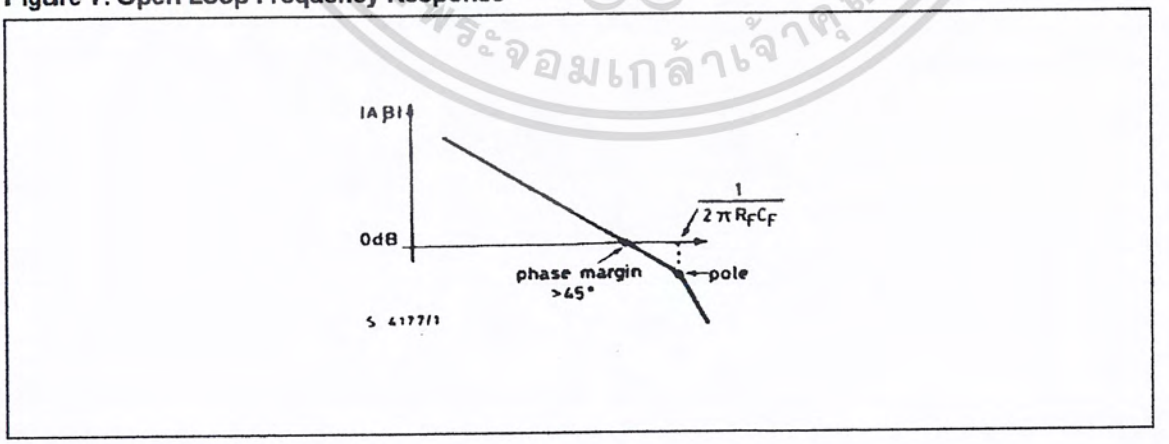
$$A\beta = \frac{1}{sR\ \text{subF}\ C} \cdot G_{mo}\frac{R_s}{R_4}\frac{R_F}{1 + s\,R_F\,C_F} = \frac{G_{mo}\,R_s}{R_4}\,C\,\frac{1}{s\ (1 + s\,R_F\,C_F)} \qquad (5)$$

In order to achieve good stability, the phase margin must be greater than 45° when $|A\beta| = 1$.

That means that, at $f_F = \frac{1}{2\,\pi\,R_F\,C_F}$ must be $|A\beta| < 1$ (see fig. 7), that is :

$$|A\beta|f = \frac{1}{2\,\pi\,R_F\,C_F} = \frac{G_{mo}\,R_s}{R_4\,C}\ \frac{R_F\,C_F}{\sqrt{2}} < 1 \qquad (6)$$

Figure 7. Open Loop Frequency Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLOSED-LOOP SYSTEM STEP RESPONSE

a) Small - signals analysis.

The transfer function (3) can be written as follows:

$$\frac{I_M}{V_I}(s) = \frac{0.044}{R_s} \frac{1 + \frac{s}{2\xi\omega o}}{1 + \frac{2\xi s + s^2}{\omega_o \omega_o^2}} \quad (7)$$

where $wo = \frac{\sqrt{G_{mo} R_s}}{R_4 C R_F C_F}$ is the cutoff frequency

$\xi = \frac{\sqrt{R_4 C}}{4 R_F C_F G_{mo} R_s}$ is the dumping factor

By choosing the ξ value, it is possible to determine the system response to an input step signal.

Examples :

1) $\xi = 1$ from which

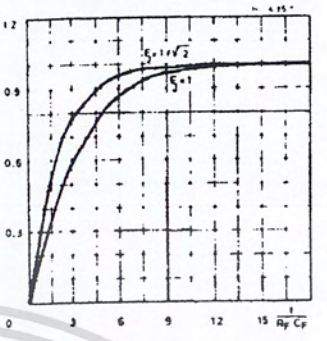
$$I_M(t) = \frac{0.044}{R_s}\left[1 - e^{-\frac{t}{2R_F C_F}}\left(1 + \frac{t}{4 R_F C_F}\right)\right] \cdot V_i$$

(where Vi is the amplitude of the input step).

2) $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ from which

$$I_M(t) = \frac{0.044}{R_s}\left(1 - \cos\frac{t}{2 R_F C_F} e^{-\frac{t}{2 R_F C_F}}\right) V_i$$

Figure 8. Small Signal Step Response (normalized amplitude vs. $t / R_F C_F$).



V_7 = 200 mV/div.
I_M = 100 mA/div.
t = 100 µs/div.
with V_i = 1.5 Vp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

It is possible to verify that the L292 works in "closed-loop" conditions during the entire motor current rise-time: the voltage at pin 7 inverting input of the error amplifier) is locked to the reference voltage V_R, present at the non-inverting input of the same amplifier.
The previous linear analysis is correct for this example.
Descresing the ξ value, the rise-time of the current decreases. But for a good stability, from relationship (6), the maximum value of ξ is:

$$\xi min = \frac{1}{2\sqrt[4]{2}} \qquad \text{(phase margin = 45°)}$$

b) Large signal reponse

The large step signal response is limited by slew-rate and inductive load.
In this case, during the rise-time of the motor current, The L292 works is open-loop condition.

CLOSED LOOP SYSTEM BANDWIDTH.

A good choice for x is the value $1 / \sqrt{2}$. In this case :

$$\frac{I_M}{V_I}(s) = \frac{0.044}{R_s} \cdot \frac{1 + s R_F C_F}{1 + 2s R_F C_F + 2s^2 R_F^2 C_F^2} \qquad (8)$$

The module of the transfer function is :

$$\left|\frac{I_M}{V_I}\right| = \frac{0.044}{R_s} \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{1 + \omega^2 R_F^2 C_F^2}}{\sqrt{[(1 + 2\omega R_F C_F)^2 + 1] \cdot [(1 - 2\omega R_F C_F)^2 + 1]}} \qquad (9)$$

The cutoff frequency is derived by the expression (9) by putting $\left|\frac{I_M}{V_I}\right| = 0.707 \cdot \frac{0.044}{R_s}$ (–3 dB), from which :

$$\omega_T = \frac{0.9}{R_F C_F} \qquad f_T = \frac{0.9}{2\pi R_F C_F}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Example :

a) Data

- Motors characteristics: $L_M = 5$ mH, $R_M = 5$ W, $L_M / R_M = 1$ msec
- Voltage and current characteristics: $V_s = 20$ V, $I_M = 2$ A, $V_I = 9.1$ V
- Closed loop bandwidth : 3 kHz

b) Calculation

- From relationship (4) :

$$R_s = \frac{0.044}{I_M} V_I = 0.2\ \Omega$$

and from (1) :

$$G_{mo} = \frac{2V_S}{R_M V_R} = 1\ \Omega^{-1}$$

- RC = 1 msec [from expression (2)].
- Assuming $\xi = 1/\sqrt{2}$; from (7) follows :

$$\xi^2 = \frac{1}{2} = \frac{400\ C}{4R_F C_F \cdot 0.2}$$

- The cutoff frequency is :

$$f_T = \frac{143 \cdot 10^{-3}}{R_F C_F} = 3\ \text{kHz}$$

c) Summarising

- $RC = 1.10^{-3}$ sec
- $\frac{1000\ C}{R_F C_F} = 1$
- $R_F C_F \cong 47\ \mu s$

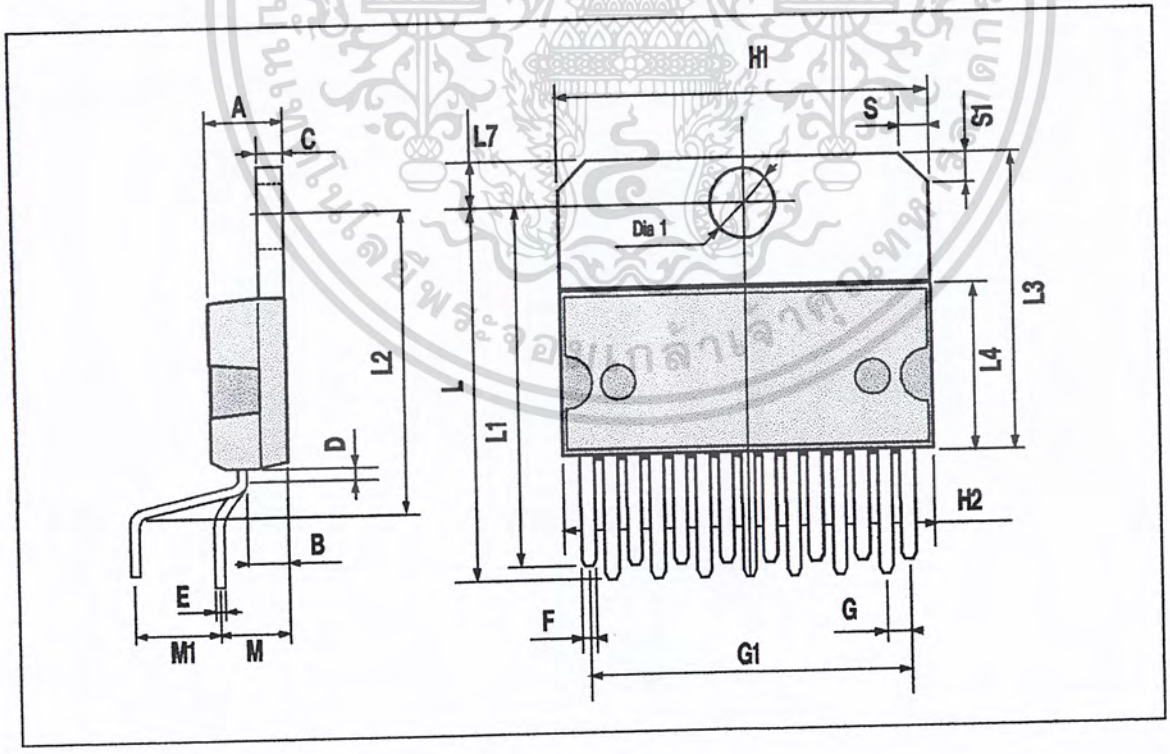
} $C = 47$ nF, $R = 22\ K\Omega$

For $R_F = 510\ \Omega \rightarrow C_F = 92$ nF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTIWATT15 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152



SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1994 SGS-THOMSON Microelectronics - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thaliand - United Kingdom - U.S.A.

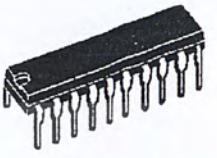
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

L297
L297D

STEPPER MOTOR CONTROLLERS

- NORMAL/WAWE DRIVE
- HALF/FULL STEP MODES
- CLOCKWISE/ANTICLOCKWISE DIRECTION
- SWITCHMODE LOAD CURRENT REGULATION
- PROGRAMMABLE LOAD CURRENT
- FEW EXTERNAL COMPONENTS
- RESET INPUT & HOME OUTPUT
- ENABLE INPUT



DIP20

SO20

ORDERING NUMBERS : L297 (DIP20)
L297D (SO20)

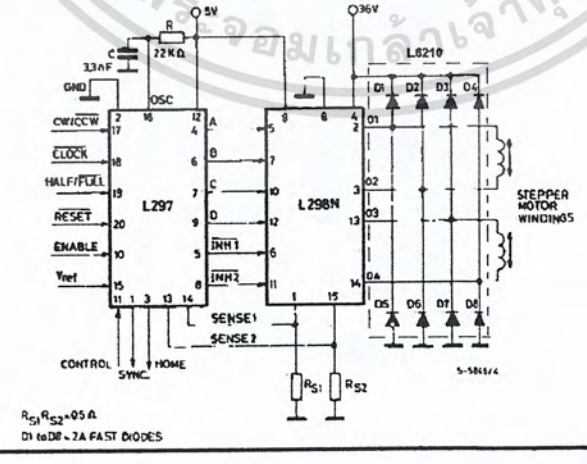
DESCRIPTION

The L297/A/D Stepper Motor Controller IC generates four phase drive signals for two phase bipolar and four phase unipolar step motors in microcomputer-controlled applications. The motor can be driven in half step, normal and wawe drive modes and on-chip PWM chopper circuits permit switch-mode control of the current in the windings. A feature of this device is that it requires only clock, direction and mode input signals. Since the phase are generated internally the burden on the microprocessor, and the programmer, is greatly reduced. Mounted in DIP20 and SO20 packages, the L297 can be used with monolithic bridge drives such as the L298N or L293E, or with discrete transistors and darlingtons.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

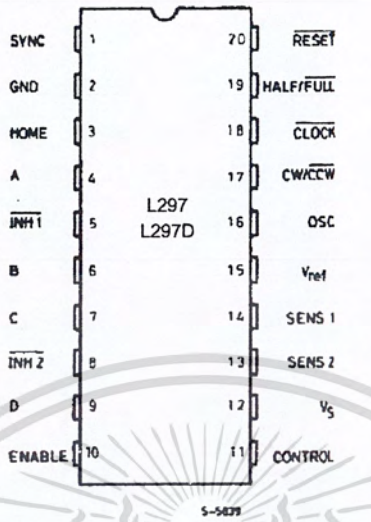
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply voltage	10	V
V_i	Input signals	7	V
P_{tot}	Total power dissipation (T_{amb} = 70°C)	1	W
T_{stg}, T_j	Storage and junction temperature	-40 to + 150	°C

TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

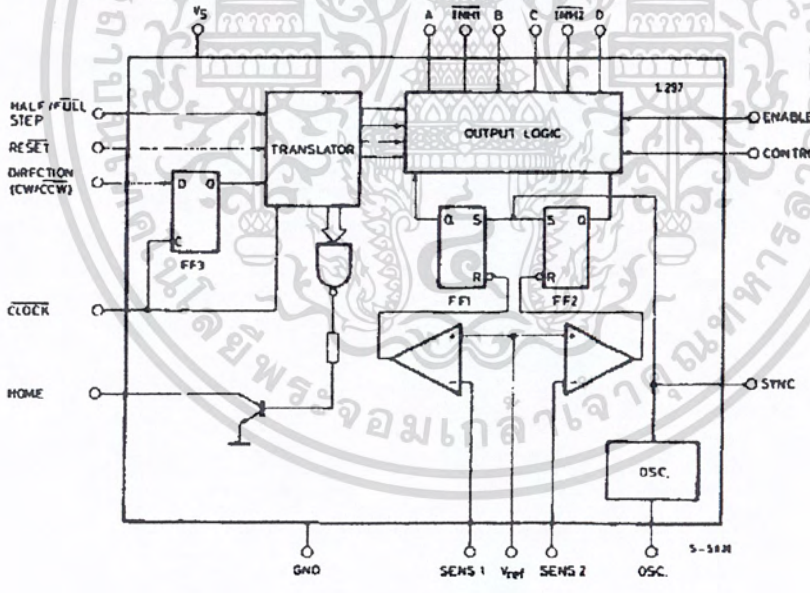


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONNECTION (Top view)



BLOCK DIAGRAM (L297/L297D)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTIONS - L297/L297D

N°	NAME	FUNCTION
1	SYNC	Output of the on-chip chopper oscillator. The SYNC connections The SYNC connections of all L297s to be synchronized are connected together and the oscillator components are omitted on all but one. If an external clock source is used it is injected at this terminal.
2	GND	Ground connection.
3	HOME	Open collector output that indicates when the L297 is in its initial state (ABCD = 0101). The transistor is open when this signal is active.
4	A	Motor phase A drive signal for power stage.
5	$\overline{INH1}$	Active low inhibit control for driver stage of A and B phases. When a bipolar bridge is used this signal can be used to ensure fast decay of load current when a winding is de-energized. Also used by chopper to regulate load current if CONTROL input is low.
6	B	Motor phase B drive signal for power stage.
7	C	Motor phase C drive signal for power stage.
8	$\overline{INH2}$	Active low inhibit control for drive stages of C and D phases. Same functions as INH1.
9	D	Motor phase D drive signal for power stage.
10	ENABLE	Chip enable input. When low (inactive) INH1, INH2, A, B, C and D are brought low.
11	CONTROL	Control input that defines action of chopper. When low chopper acts on INH1 and INH2; when high chopper acts on phase lines ABCD.
12	V_s	5V supply input.
13	$SENS_2$	Input for load current sense voltage from power stages of phases C and D.
14	$SENS_1$	Input for load current sense voltage from power stages of phases A and B.
15	V_{ref}	Reference voltage for chopper circuit. A voltage applied to this pin determines the peak load current.
16	OSC	An RC network (R to V_{CC}, C to ground) connected to this terminal determines the chopper rate. This terminal is connected to ground on all but one device in synchronized multi - L297 configurations. f $\cong$ 1/0.69 RC
17	CW/$\overline{CCW}$	Clockwise/counterclockwise direction control input. Physical direction of motor rotation also depends on connection of windings. Synchronized internally therefore direction can be changed at any time.
18	$\overline{CLOCK}$	Step clock. An active low pulse on this input advances the motor one increment. The step occurs on the rising edge of this signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTIONS - L297/L297D (continued)

N°	NAME	FUNCTION
19	HALF/$\overline{\text{FULL}}$	Half/full step select input. When high selects half step operation, when low selects full step operation. One-phase-on full step mode is obtained by selecting FULL when the L297's translator is at an even-numbered state. Two-phase-on full step mode is set by selecting FULL when the translator is at an odd numbered position. (The home position is designate state 1).
20	$\overline{\text{RESET}}$	Reset input. An active low pulse on this input restores the translator to the home position (state 1, ABCD = 0101).

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP20	SO20	Unit
$R_{th\text{-}j\text{-}amb}$	Thermal resistance junction-ambient	max	80	100	°C/W

CIRCUIT OPERATION

The L297 is intended for use with a dual bridge driver, quad darlington array or discrete power devices in step motor driving applications. It receives step clock, direction and mode signals from the systems controller (usually a microcomputer chip) and generates control signals for the power stage.

The principal functions are a translator, which generates the motor phase sequences, and a dual PWM chopper circuit which regulates the current in the motor windings. The translator generates three different sequences, selected by the HALF/FULL input. These are normal (two phases energised), wave drive (one phase energised) and half-step (alternately one phase energised/two phases energised). Two inhibit signals are also generated by the L297 in half step and wave drive modes. These signals, which connect directly to the L298's enable inputs, are intended to speed current decay when a winding is de-energised. When the L297 is used to drive a unipolar motor the chopper acts on these lines.

An input called CONTROL determines whether the chopper will act on the phase lines ABCD or the inhibit lines INH1 and INH2. When the phase lines are chopped the non-active phase line of each pair (AB or CD) is activated (rather than interrupting the line then active). In L297 + L298 configurations this technique reduces dissipation in the load current sense resistors.

A common on-chip oscillator drives the dual chopper. It supplies pulses at the chopper rate which set the two flip-flops FF1 and FF2. When the current in a winding reaches the programmed peak value the voltage across the sense resistor (connected to one of the sense inputs $SENS_1$ or $SENS_2$) equals V_{ref} and the corresponding comparator resets its flip flop, interrupting the drive current until the next oscillator pulse arrives. The peak current for both windings is programmed by a voltage divider on the V_{ref} input.

Ground noise problems in multiple configurations can be avoided by synchronising the chopper oscillators. This is done by connecting all the SYNC pins together, mounting the oscillator RC network on one device only and grounding the OSC pin on all other devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

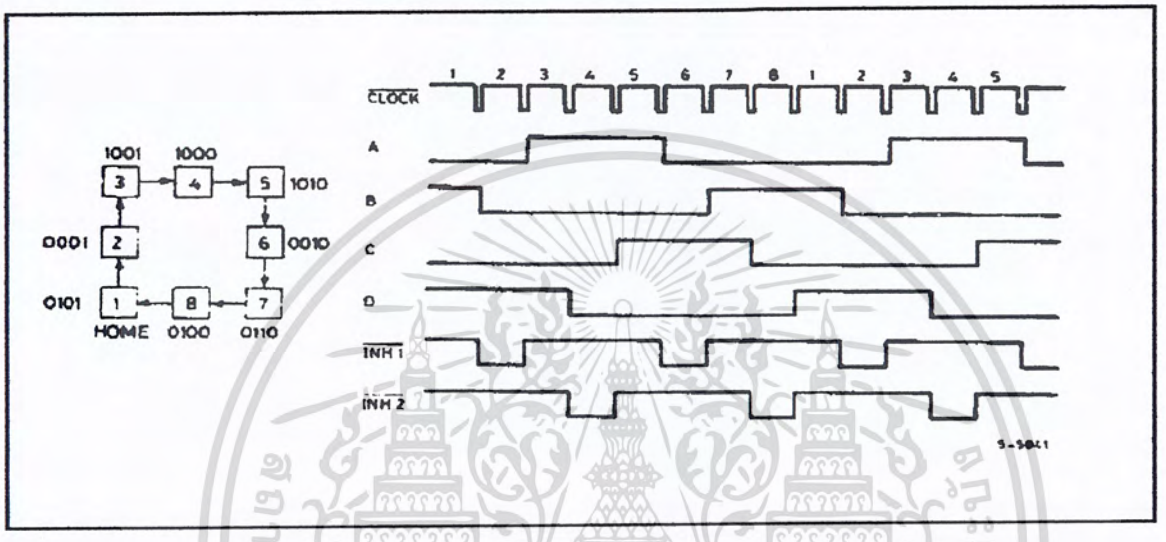
MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES

The L297's translator generates phase sequences for normal drive, wave drive and half step modes. The state sequences and output waveforms for these three modes are shown below. In all cases the translator advances on the low to high transistion of CLOCK.

Clockwise rotation is indicate; for anticlockwise rotation the sequences are simply reversed RESET restores the translator to state 1, where ABCD = 0101.

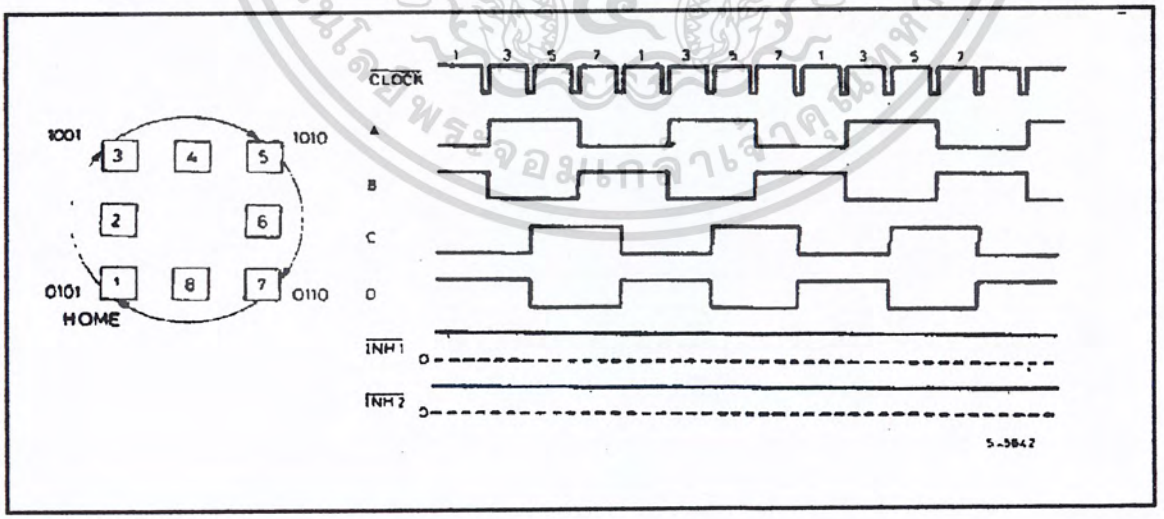
HALF STEP MODE

Half step mode is selected by a high level on the HALF/FULL input.



NORMAL DRIVE MODE

Normal drive mode (also called "two-phase-on" drive) is selected by a low level on the HALF/FULL input when the translator is at an odd numbered state (1, 3, 5 or 7). In this mode the INH1 and INH2 outputs remain high throughout.

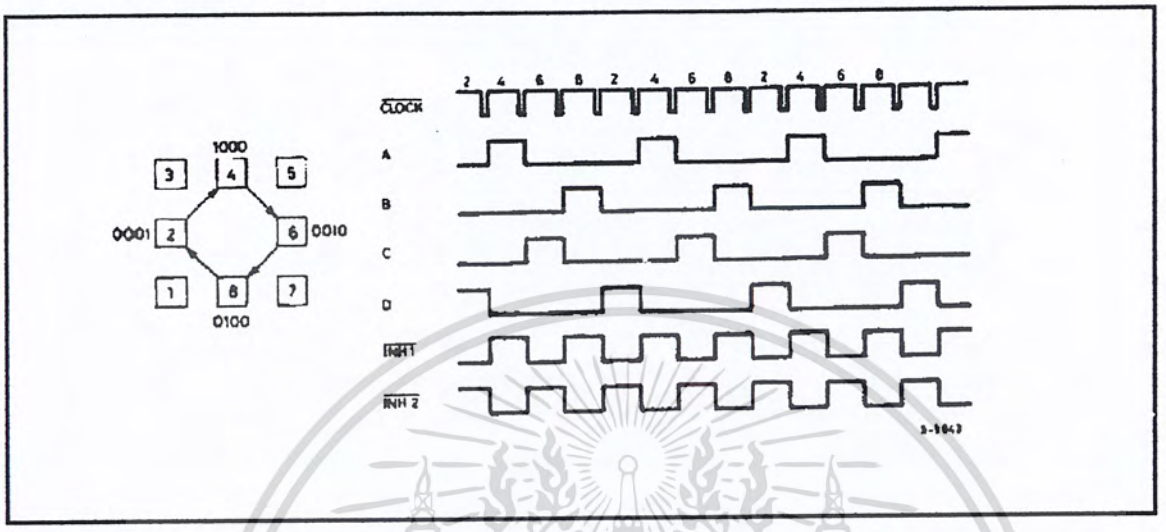


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES (continued)

WAVE DRIVE MODE

Wave drive mode (also called "one-phase-on" drive) is selected by a low level on the HALF/$\overline{\text{FULL}}$ input when the translator is at an even numbered state (2, 4, 6 or 8).



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the block diagram T_{amb} = 25°C, V_s = 5V unless otherwise specified)

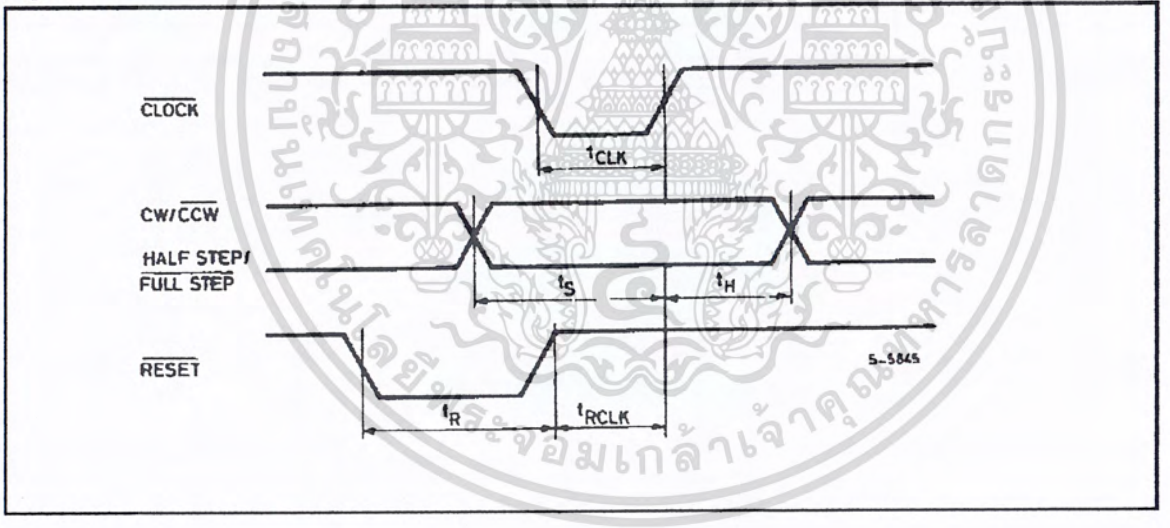
Symbol	Parameter	Test conditions		Min.	Typ	Max.	Unit
V_s	Supply voltage (pin 12)			4.75		7	V
I_s	Quiescent supply current (pin 12)	Outputs floating			50	80	mA
V_i	Input voltage (pin 11, 17, 18, 19, 20)		Low			0.6	V
			High	2		V_s	V
I_i	Input current (pin 11, 17, 18, 19, 20)		V_i = L		100	μA	
			V_i = H			10	μA
V_{en}	Enable input voltage (pin 10)		Low			1.3	V
			High	2		V_s	V
I_{en}	Enable input current (pin 10)		V_{en} = L			100	μA
			V_{en} = H			10	μA
V_o	Phase output voltage (pins 4, 6, 7, 9)	I_o = 10mA	V_{OL}			0.4	V
		I_o = 5mA	V_{OH}	3.9			V
V_{inh}	Inhibit output voltage (pins 5, 8)	I_o = 10mA	$V_{inh\ L}$			0.4	V
		I_o = 5mA	$V_{inh\ H}$	3.9			V
V_{SYNC}	Sync Output Voltage	I_o = 5mA	$V_{SYNC\ H}$	3.3			V
		I_o = 5mA	$V_{SYNC\ V}$			0.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ	Max.	Unit
I_{leak}	Leakage current (pin 3)	V_{CE} = 7 V			1	µA
V_{sat}	Saturation voltage (pin 3)	I = 5 mA			0.4	V
V_{off}	Comparators offset voltage (pins 13, 14, 15)	V_{ref} = 1 V			5	mV
I_o	Comparator bias current (pins 13, 14, 15)		-100		10	µA
V_{ref}	Input reference voltage (pin 15)		0		3	V
t_{CLK}	Clock time		0.5			µs
t_S	Set up time		1			µs
t_H	Hold time		4			µs
t_R	Reset time		1			µs
t_{RCLK}	Reset to clock delay		1			µs

Figure 1.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2A. The diodes are fast 2A types.

Figure 2.

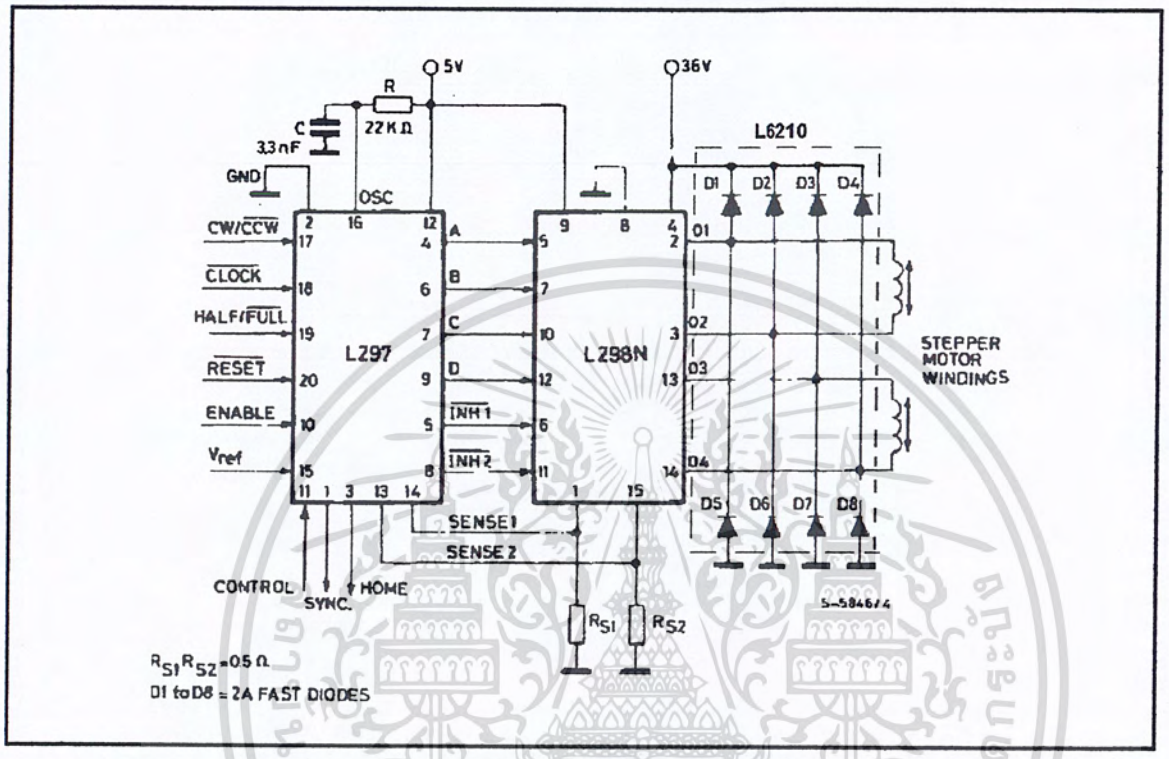
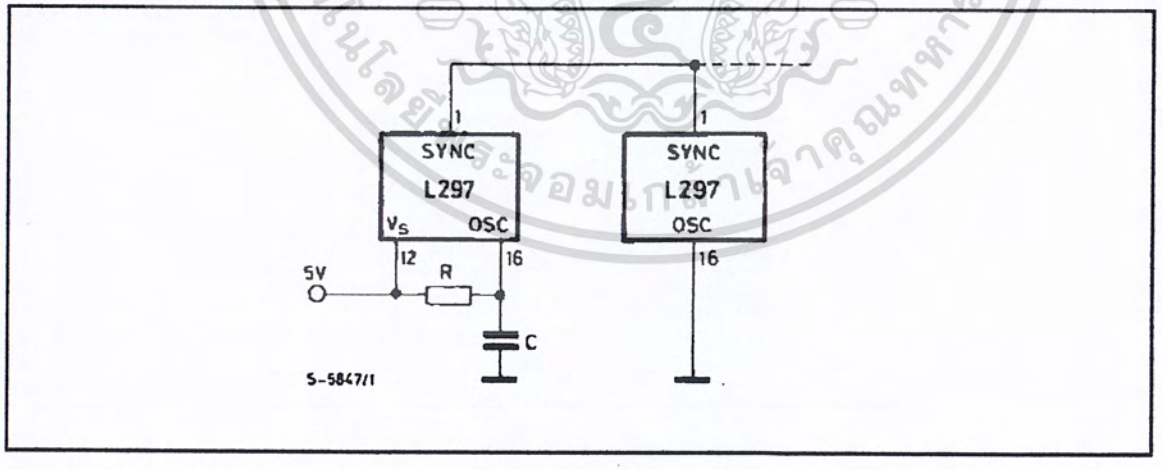


Figure 3 : Synchronising L297s

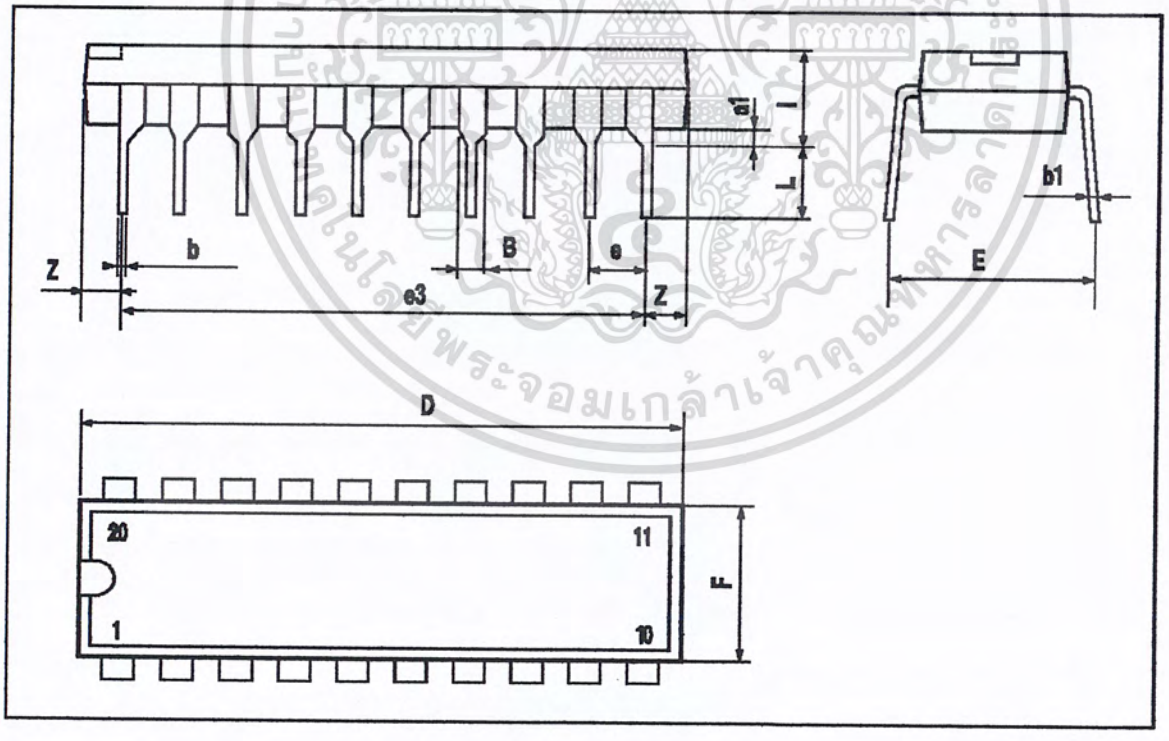


SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP20 PACKAGE MECHANICAL DATA

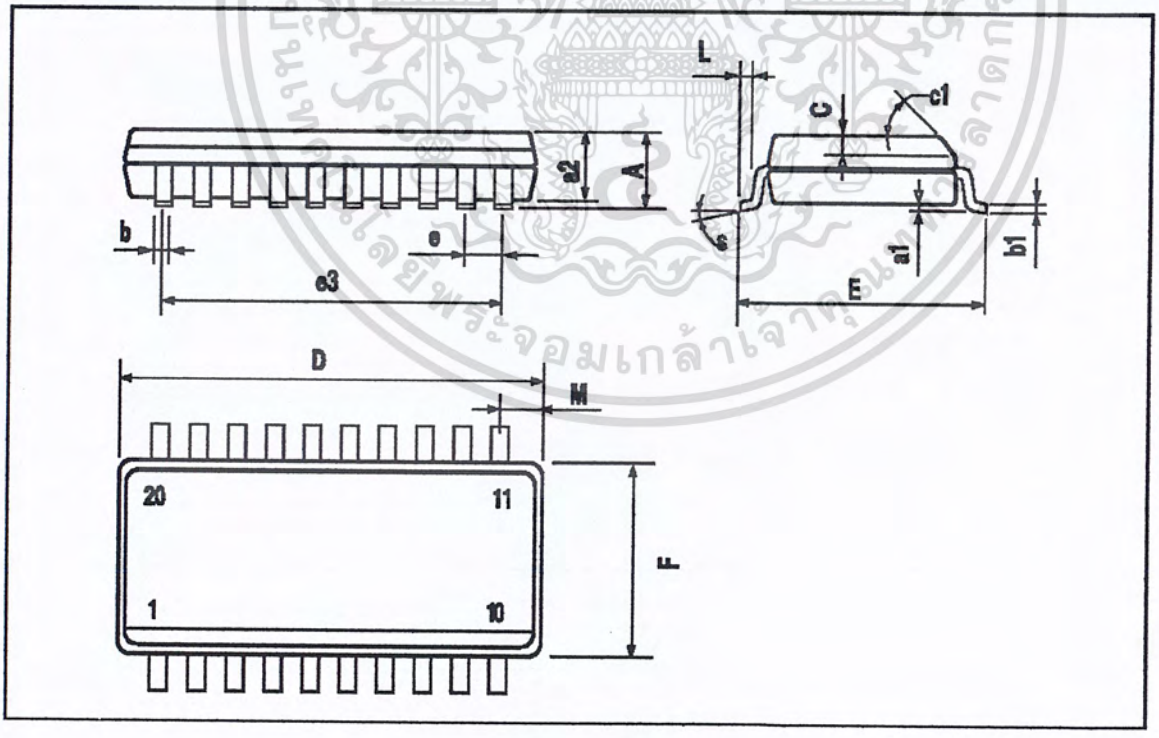
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.254			0.010		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.45			0.018	
b1		0.25			0.010	
D			25.4			1.000
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		22.86			0.900	
F			7.1			0.280
I			3.93			0.155
L		3.3			0.130	
Z			1.34			0.053



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1	45 (typ.)					
D	12.6		13.0	0.496		0.512
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F	7.4		7.6	0.291		0.299
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.75			0.030
S	8 (max.)					



SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1996 SGS-THOMSON Microelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

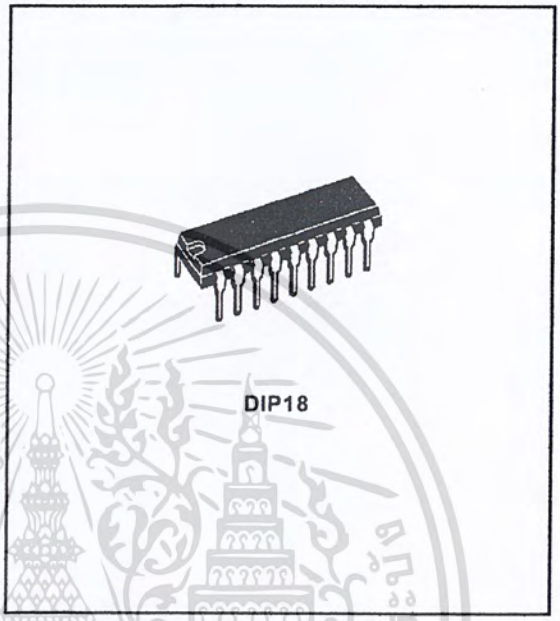
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

ULN2801A
ULN2802A - ULN2803A
ULN2804A - ULN2805A

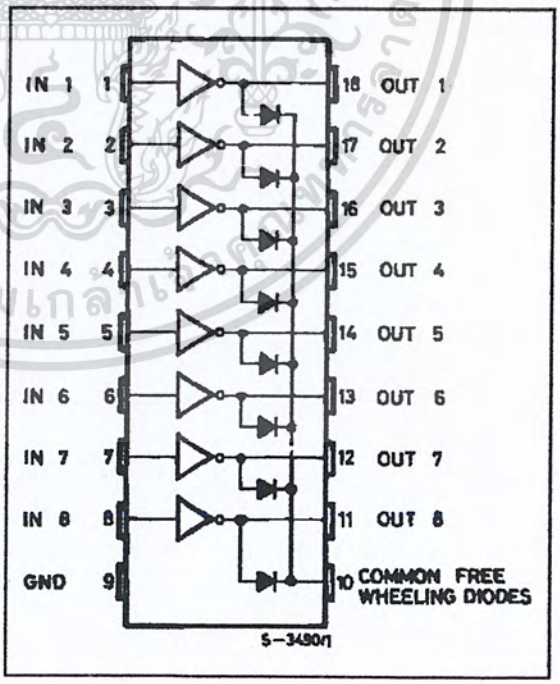
EIGHT DARLINGTON ARRAYS

- EIGHT DARLINGTONS WITH COMMON EMITTERS
- OUTPUT CURRENT TO 500 mA
- OUTPUT VOLTAGE TO 50 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES
- VERSIONS FOR ALL POPULAR LOGIC FAMILIES
- OUTPUT CAN BE PARALLELED
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY BOARD LAYOUT



DIP18

PIN CONNECTION (top view)



DESCRIPTION

The ULN2801A-ULN2805A each contain eight darlington transistors with common emitters and integral suppression diodes for inductive loads. Each darlington features a peak load current rating of 600mA (500mA continuous) and can withstand at least 50V in the off state. Outputs may be paralleled for higher current capability.

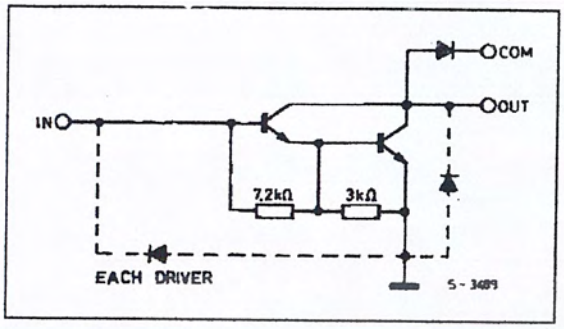
Five versions are available to simplify interfacing to standard logic families : the ULN2801A is designed for general purpose applications with a current limit resistor ; the ULN2802A has a 10.5kΩ input resistor and zener for 14-25V PMOS ; the ULN2803A has a 2.7kΩ input resistor for 5V TTL and CMOS ; the ULN2804A has a 10.5kΩ input resistor for 6-15V CMOS and the ULN2805A is designed to sink a minimum of 350mA for standard and Schottky TTL where higher output current is required.

All types are supplied in a 18-lead plastic DIP with a copper lead frame and feature the convenient input-opposite-output pinout to simplify board layout.

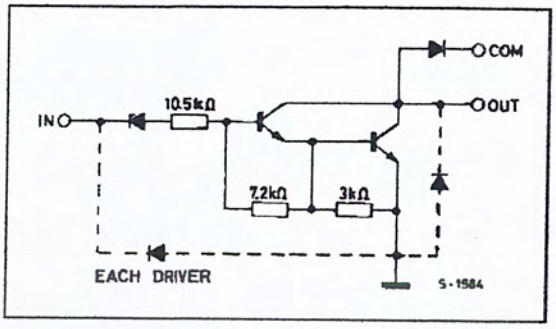
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM AND ORDER CODES

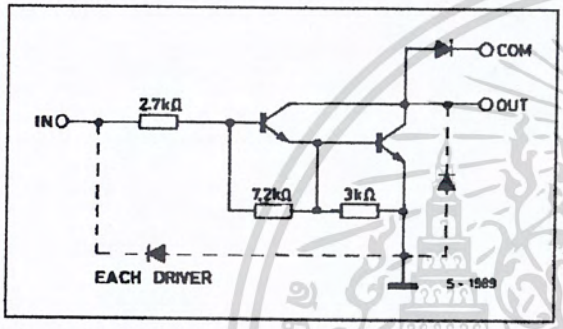
For ULN2801A (each driver for PMOS-CMOS)



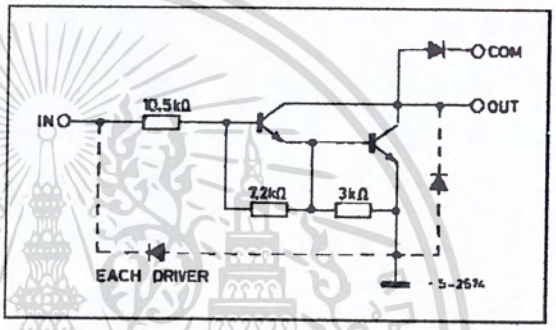
For ULN2802A (each driver for 14-15 V PMOS)



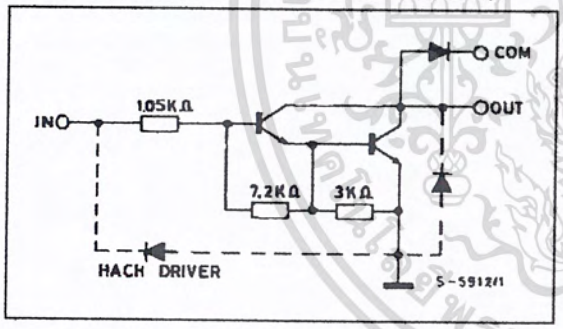
For ULN2803A (each driver for 5 V, TTL/CMOS)



For ULN2804A (each driver for 6-15 V CMOS/PMOS



For ULN2805A (each driver for high out TTL)



SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_i	Input Voltage for ULN2802A, UL2803A, ULN2804A for ULN2805A	 30 15	V
I_C	Continuous Collector Current	500	mA
I_B	Continuous Base Current	25	mA
P_{tot}	Power Dissipation (one Darlington pair) (total package)	 1.0 2.25	W
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
Tj	Junction Temperature Range	– 20 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max.	55	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	V_{CE} = 50V			50	µA	1a
		T_{amb} = 70°C, V_{CE} = 50V			100	µA	1a
		T_{amb} = 70°C for ULN2802A V_{CE} = 50V, V_i = 6V			500	µA	1b
		for ULN2804A V_{CE} = 50V, V_i = 1V			500	µA	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	I_C = 100mA, I_B = 250µA		0.9	1.1	V	2
		I_C = 200mA, I_B = 350µA		1.1	1.3	V	
		I_C = 350mA, I_B = 500µA		1.3	1.6	V	
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2802A V_i = 17V		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2803A V_i = 3.85V		0.93	1.35	mA	
		for ULN2804A V_i = 5V		0.35	0.5	mA	
		V_i = 12V		1	1.45	mA	
		for ULN2805A V_i = 3V		1.5	2.4	mA	
$I_{i(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2 V for ULN2802A I_C = 300mA			13	V	5
		for ULN2803A I_C = 200mA			2.4	V	
		I_C = 250mA			2.7	V	
		I_C = 300mA			3	V	
		for ULN2804A I_C = 125mA			5	V	
		I_C = 200mA			6	V	
		I_C = 275mA			7	V	
		I_C = 350mA			8	V	
		for ULN2805A I_C = 350mA			2.4	V	
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2801A V_{CE} = 2V, I_C = 350mA	1000			–	2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	–
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	–
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	–
I_R	Clamp Diode Leakage Current	V_R = 50V			50	µA	6
		T_{amb} = 70°C, V_R = 50V			100	µA	6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_F = 350mA		1.7	2	V	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised January 1999

MM74C922 • MM74C923
16-Key Encoder • 20-Key Encoder

General Description

The MM74C922 and MM74C923 CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 kΩ on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key roll-over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The 3-STATE outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

- 50 kΩ maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- 3-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range: 3V to 15V
- Low power consumption

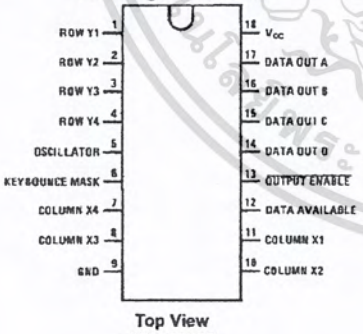
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74C922N	N18A	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C922WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

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

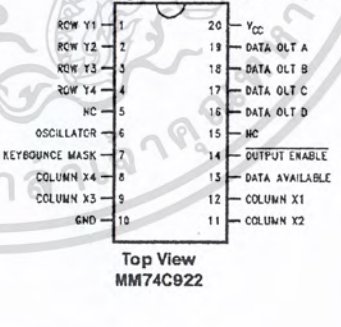
Connection Diagrams

Pin Assignment for DIP



Top View
MM94C922

Pin Assignment for SOIC



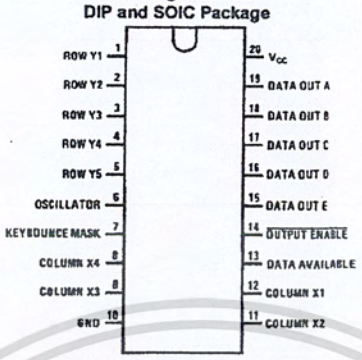
Top View
MM74C922

© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams (Continued)

Pin Assignment for DIP and SOIC Package



Top View
MM74C923

Truth Tables

(Pins 0 through 11)

Switch Position		0 Y1,X1	1 Y1,X2	2 Y1,X3	3 Y1,X4	4 Y2,X1	5 Y2,X2	6 Y2,X3	7 Y2,X4	8 Y3,X1	9 Y3,X2	10 Y3,X3	11 Y3,X4
DATA OUT	A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Pins 12 through 19)

Switch Position		12 Y4,X1	13 Y4,X2	14 Y4,X3	15 Y4,X4	16 Y5(Note 1), X1	17 Y5 (Note 1), X2	18 Y5 (Note 1), X3	19 Y5 (Note 1), X4
DATA OUT	A	0	1	0	1	0	1	0	1
	B	0	0	1	1	0	0	1	1
	C	1	1	1	1	0	0	0	0
	D	1	1	1	1	0	0	0	0
	E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1

Note 1: Omit for MM74C922

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V_{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I^2C-bus data input/output
SCL	10	I^2C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V_{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V_{DD}	16	positive supply voltage

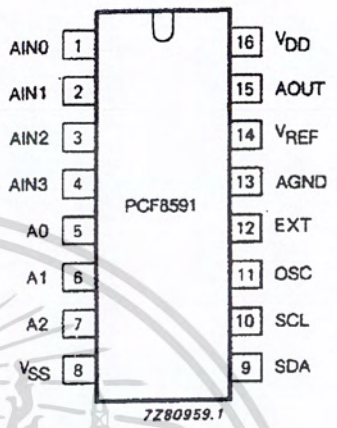


Fig.2 Pinning diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้