สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

POWER CHAIRS



นายกล้า นุ่มเอี่ยม

นายบวร อ่อนช้อยสกุล

นายพิศาล พัฒนพงศ์จรัส

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119562
วัน,เดือน,ปี - 8 ธ.ค. 2554

b 12611190
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER CHAIRS

GAR NUMEIAM

BORVORN OONCHOISAKUL

PISAN PATTANAPONGJARAJ

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า POWER CHAIRS		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกล้า	นุ่มเอี่ยม	**รหัสประจำตัว** 49012318
	นายบวร	อ่อนช้อยสกุล	**รหัสประจำตัว** 49012325
	นายพิศาล	พัฒนพงศ์จรัส	**รหัสประจำตัว** 49012326
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2553		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ. ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า		
	POWER CHAIRS		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายกล้า	นุ่มเอี่ยม	รหัสประจำตัว 49012318
	นายบวร	อ่อนช้อยสกุล	รหัสประจำตัว 49012325
	นายพิศาล	พัฒนพงศ์จรัส	รหัสประจำตัว 49012326
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ประภาษ	อุคคกิมาพันธุ์	
ปีการศึกษา	2553		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จะเป็นการนำเสนอถึงการออกแบบรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า โดยโครงสร้างของรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า จะทำการออกแบบโดยให้มีความสอดคล้องกับหลักการทางสรีระศาสตร์ให้มีเหมาะสมกับรูปร่างของคนไทย ส่วนการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน จะเป็นการใช้ระบบควบคุมผ่านทางตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F2010 กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F6010 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหลัก โดยควบคุมผ่านคันบังคับ (Joystick) และยังมีส่วนของอุปกรณ์มอเตอร์ควบคุมแบบเส้นตรง (Linear actuator) ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ให้ปรับระดับความสูงของเก้าอี้ได้ ซึ่งความสัมพันธ์ทั้งหมดนี้ถูกออกแบบเพื่อทำให้เก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าให้เป็นไปตามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Power Chairs	
Authors	Mr. Gar	Numeiam
	Mr. Borvorn	Oonchoisakul
	Mr. Pisan	Pattanapongjaraj
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Prapart	Ukkakimapan
Year	2010	

ABSTRACT

This article presents the education and builds Power Chairs. Power Chairs will design give conform with physiology beproper with body of thai people. Part Control of Brushless Motor apply to system control change evaluate Microcontroller dsPIC30F2010 on communicate data sequence SPI with Microcontroller dsPIC30F6010 duty control main by control change Joystick and have tool Linear actuator duty control movement give height class of chairs. All reletedness design for Power Chairs is satisfy of user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก รองศาสตราจารย์ ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์กฤษณ์ เสมอพิทักษ์ และอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ทุกท่านที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบพระคุณพี่น้อย พี่กบ และพี่ขวัญ ที่ช่วยสละเวลาในการทำงาน มาช่วยสอน และให้คำปรึกษาสิ่งต่างๆ เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่รักยิ่งที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

2.1 ความพิการทางกาย หรือ การเคลื่อนไหว.....3

2.1.1 คนที่พิการทางกาย หรือการเคลื่อนไหว.....3

2.1.2 ลักษณะของผู้มีความจำเป็นต้องใช้รถเข็นคนไข้ขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า.....3

2.1.3 ขนาดของรถนั่งคนพิการแบบ Adult (Standard size).....3

2.2 การศึกษาหลักสรีระศาสตร์.....4

2.2.1 การนั่งที่ถูกต้องตามหลักสรีระศาสตร์.....4

2.2.2 การปวดหลังจากการนั่งไม่ถูกวิธี.....4

2.2.3 ส่วนโค้งของสันหลัง.....4

2.2.4 แรงกดบนแผ่นหลัง.....5

2.3 การศึกษาขนาดสัดส่วนมนุษย์ที่ใช้ในการออกแบบ.....7

2.3.1 การศึกษาวิเคราะห์ขนาดสัดส่วน.....10

2.3.1.1 การวิเคราะห์สัดส่วนของที่นั่ง.....10

2.3.1.1.1 วิเคราะห์ขนาดความสูงของที่นั่ง.....11

2.3.1.1.2 วิเคราะห์ขนาดความกว้างของที่นั่ง.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.1.1.3 วิเคราะห์ขนาดความลึกของที่นั่ง..... 12

2.3.1.2 สัดส่วนของพนักพิง.....14

2.3.1.2.1 ความสูงของพนักพิง.....14

2.3.1.2.2 มุมเอียงของพนักพิง.....14

2.3.1.2.3 ความกว้างของพนักพิง..... 15

2.3.1.2.4 ความโค้งของพนักพิง..... 15

2.3.1.3 การวิเคราะห์สัดส่วนของที่ท้าวแขน.....15

2.3.1.3.1 วิเคราะห์ความสูงของที่ท้าวแขน.....15

2.3.1.3.2 วิเคราะห์ความกว้างของที่ท้าวแขนรวมที่นั่ง.....16

2.3.1.3.3 วิเคราะห์ความยาวของที่ท้าวแขน..... 16

2.3.1.4 การวิเคราะห์สัดส่วนของส่วนพักเท้า.....17

2.3.1.4.1 การวิเคราะห์ความสูงของส่วนพักเท้าจากพื้น.....17

2.3.1.4.2 การวิเคราะห์ความเอียงของส่วนพักเท้า.....17

2.3.1.4.3 การวิเคราะห์ความยาวของส่วนพักเท้า.....17

2.3.1.4.4 การวิเคราะห์ความกว้างของส่วนพักเท้า..... 18

2.4 การปรับระดับสูง - ต่ำ..... 18

2.4.1 การวิเคราะห์สูง-ต่ำที่เหมาะสมของการปรับระ ดับ.....18

2.4.2 การวัดขนาดรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า.....19

2.5 มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (BLDC).....20

2.5.1 พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motor)..... 20

2.5.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motor)..... 21

2.5.2.1 การกลับทิศทางการหมุน..... 23

2.5.2.2 การขับมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านสามเฟสแบบไบโพลาร์ (Three-phase bipolar-driven motor).....24

2.5.2.3 การตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ และ การใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก(Hall element)..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.2.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก..... 28

2.5.2.3.1.1 หลักการของการตรวจจับตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก.....29

2.5.2.3.1.2 วิธีการตรวจจับตำแหน่ง..... 30

2.5.3 วงจรสมมูลและสมการพื้นฐาน.....31

2.5.4 ประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน..... 33

2.5.4.1 กราฟระหว่างความเร็วกับแรงบิด..... 33

2.5.4.2 ค่าประสิทธิภาพ.....34

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลดีเอสพิค (dsPIC).....35

บทที่ 3 ขั้นตอนและการดำเนินงาน.....37

3.1 การออกแบบโครงสร้างของรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า.....37

3.1.1 ส่วนของตัวเก้าอี้..... 38

3.1.2 ส่วนของฐานรองรับเก้าอี้.....46

3.2 การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motors)..... 48

3.2.1 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motors).....48

3.2.2 การออกแบบวงจรโดยใช้ Protel 99SE..... 49

3.2.2.1 การสร้างไฟล์ Schematic..... 50

3.2.2.2 การออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB).....51

3.2.2.3 การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) และการลงอุปกรณ์.....52

3.3 การออกแบบโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์.....53

บทที่ 4 การทดลอง.....57

4.1 ทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (ล้อหลัง)..... 57

4.2 ทดสอบหาความเร็วรอบของมอเตอร์และระยะทาง.....59

4.2.1 หาความเร็วรอบ.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.2 หาระยะทาง..... 60
4.3 ทดสอบหาค่าทอร์ก (Torque)..... 61

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 63
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 63
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 63

บรรณานุกรม..... 64

ภาคผนวก..... 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนของรถนั่งคนพิการแบบปกติ....4

2.2 แสดงขนาดสัดส่วนของคนอายุ 17-49 ปี (ขนาดสัดส่วนเป็น cm)....9

2.3 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดสัดส่วนมนุษย์กับรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า....10

2.4 ตารางค่าความสูงวัดจากพื้นถึงข้อพับด้านในของหัวเข่าขณะนั่ง....12

2.5 ตารางค่าความกว้างของสะโพก....12

2.6 ตารางค่าระยะห่างระหว่างเส้นสัมผัสกันกับข้อพับที่หัวเข่า....13

2.7 ตารางค่าความสูงระดับที่นั่งถึงไหล่ขณะนั่ง....14

2.8 ตารางค่าความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอกขณะงอ....15

2.9 ตารางค่าความกว้างระหว่างข้อศอกขณะกางข้อศอกในแนวระดับ....16

2.10 ตารางค่าระยะห่างข้อศอก (ขณะงอ) ถึงจุดกึ่งกลางกำปั้น....16

2.11 ตารางค่าความสูงจาก พื้นถึงข้อพับด้านในของหัวเข่า....17

2.12 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนของเฟอร์นิเจอร์ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า....19

2.13 แสดงลำดับการสวิตชิ่ง (Switching sequence) สำหรับทิศทางการหมุนแบบตามเข็มและทวนเข็ม....24

2.14 แสดงลอจิกสำหรับการหมุนของมอเตอร์....26

2.15 แสดงการกลับลอจิกเพื่อกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์....27

3.1 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนเก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า....37

4.1 การหาความเร็วรอบ (rpm)....59

4.2 การหาระยะทาง (m/min)....60

4.3 การหาค่าทอร์ก(Torque) 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ภาพแสดงสัดส่วนของรถนั่งคนพิการแบบมาตรฐาน....3

2.2 ภาพแสดงส่วนโค้งของสันหลังขณะนั่งเก้าอี้....5

2.3 ภาพแสดงแรงกดบนแผ่นหลังขณะนั่งเก้าอี้....5

2.4 ภาพแสดงการตัดขวางของการนั่งเพื่อการ สัมผัสของที่นั่งกับกระดูก Ischial Tubersities....6

2.5 ภาพแสดงจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย....7

2.6 ภาพแสดงสัดส่วนของคนอายุ 17-49 ปี....8

2.7 แสดงสัดส่วนคนเมื่อเทียบกับรถนั่งคนพิการ....10

2.8 แสดงการตีบของเส้นโลหิตจากการนั่งบนที่นั่งที่สูงเกินไป....11

2.9 แสดงการนั่งบนที่นั่งที่ต่ำเกินไป....11

2.10 แสดงการนั่งบนที่นั่งที่ลึกเกินไป....13

2.11 แสดงการนั่งบนที่นั่งที่ตื้นเกินไป....13

2.12 แสดงความเอียงของส่วนพักเท้า....17

2.13 ภาพแสดงขนาดสัดส่วน และ ความสามารถของคนนั่ง รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า....18

2.14 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC motor)....21

2.15 BLDC Motor = แม่เหล็กถาวรของ AC motor + Commutator....21

2.16 แสดงการขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชนิด ไม่มีแปลงถ่าน 3 เฟส แบบยูนิโพลาร์ (unipolar)....22

2.17 แสดงลำดับการสวิตช์ซิ่งและการหมุนของสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์....23

2.18 แสดงการขับมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน 3 เฟส แบบไบโพล่าร์ (Bipolar)....25

2.19 สนามแม่เหล็กของสเตเตอร์และทิศทางของทอร์ก....25

2.20 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กแบบตามเข็มนาฬิกา....26

2.21 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กแบบทวนเข็มนาฬิกา....27

2.22 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก....28

2.23 วงจรสมมูลของอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก....29

2.24 รูปคลื่นเอาท์พุตจากอุปกรณ์ฮอลล์....30

2.25 แสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก....30

2.26 การกำเนิดทอร์กและการสวิตช์....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 วงจรมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านสามเฟสแบบไบโพล่าร์ และการกำหนดอุปกรณ์ฮอล์.....32

2.28 วงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน.....32

2.29 วงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านในสภาวะคงที่.....32

2.30 กราฟแสดงระหว่างแรงบิดกับความเร็วของแรงดันที่มีค่าคงที่ให้กับมอเตอร์กระตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน.....34

2.31 dsPIC30F2010.....35

2.32 dsPIC30F6010 80-Lead Plastic Thin Quad Flatpack (TQFP).....36

3.1 รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า.....38

3.2 โครงสร้างในส่วนของตัวเก้าอี้.....38

3.3 โครงสร้างของเบาะนั่งที่ทำการเชื่อมต่อด้วย Quick connector.....39

3.4 โครงสร้างของเบาะนั่งที่ทำการเพิ่มการเชื่อมต่อด้วย Connection elements.....39

3.5 โครงสร้างของเบาะที่นั่งกับพนักพิง.....40

3.6 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนที่ 1 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....40

3.7 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนที่ 2 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....40

3.8 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนที่ 3 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....41

3.9 ขนาดโดยรวมของโครงสร้างของเบาะที่นั่งกับพนักพิง (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....41

3.10 การประกอบแผ่นอลูมิเนียมตัด.....42

3.11 ขนาดแผ่นอลูมิเนียมตัด (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....42

3.12 การเชื่อมต่อระหว่างพนักพิงกับที่ท้าวแขนด้วย Central bolt แบบ Cap.....43

3.13 การเชื่อต่อโดยใช้ Joint ขนาด 40x40L.....43

3.14 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม(Aluminiumprofile).....43

3.15 ระยะห่างระหว่างเบาะที่นั่งกับที่ท้าวแขน (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....44

3.16 การเชื่อมต่อที่พักเท้าด้วย Quick connector แบบ Bendable.....44

3.17 ขนาดของส่วนที่พักเท้า (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร).....44

3.18 การเชื่อมต่อระหว่างเบาะที่นั่งกับที่พักเท้าด้วย T-connector.....45

3.19 การใช้ Aluminum hinge และการเชื่อมต่อแบบ Profile connector.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.20 ระยะของชิ้นส่วนในการสร้างที่พักเท้า....45

3.21 โครงสร้างทั้งหมดในส่วนของฐานรองรับเก้าอี้....46

3.22 โครงสร้างในส่วนของฐานรองรับเก้าอี้....46

3.23 ขนาดของฐานรองรับเก้าอี้ (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)....46

3.24 การเชื่อต่อระหว่างมอเตอร์ควบคุม (Motor Actuator) กับ Bracket ชนิด R40x43....47

3.25 การเชื่อต่อระหว่างเบาะที่นั่งกับ Bracket ชนิด R40x43 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)....47

3.26 การเชื่อต่อระหว่างฐานรองรับเก้าอี้กับ Bracket ชนิด R40x43....47

3.27 การเชื่อมต่อล้อหน้า (Caster) กับฐานรองรับเก้าอี้....48

3.28 การเชื่อมต่อล้อหลัง (Brushless DC Motors) กับฐานรองรับเก้าอี้....48

3.29 แบบจำลองวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน....49

3.30 การสร้างไฟล์แบบ Schematic (ALL)....50

3.31 การสร้างไฟล์แบบ Schematic (CENTER)....51

3.32 การสร้างไฟล์แบบ Schematic (LEFT & RIGHT)....51

3.33 การออกแบบวงจรพิมพ์ (PCB)....52

3.34 แผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)....52

3.35 แสดงบล็อกไดอะแกรมการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน....53

3.36 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมหลัก....54

3.37 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมย่อย (ตรวจสอบตำแหน่งของขั้วมอเตอร์)....55

3.38 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมย่อย (เริ่มการทำงาน PWM 0-100% และ Drive Motor)....56

4.1 รูปการต่ออุปกรณ์....57

4.2 ปฏิกิริยาของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านเมื่อบังคับคันบังคับไปด้านขวา....58

4.3 ปฏิกิริยาของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านเมื่อบังคับคันบังคับไปด้านซ้าย....58

4.4 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Digital Tacho)....59

4.5 ตาชั่งสปริง (Capacity)....61

4.6 การวัดค่าทอร์กของมอเตอร์....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า ที่มีใช้อยู่ทั่วไปมีวัตถุประสงค์ในการสร้างเพื่อการเคลื่อนย้ายคนไข้ หรือเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ป่วยที่มีความบกพร่องเกี่ยวกับการเดิน รวมถึงผู้พิการด้านต่างๆ ให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ให้ เพราะสำหรับผู้ป่วยหรือผู้พิการที่ไม่สามรถเคลื่อนไหวได้สะดวก อาจเป็นภาระต่อบุคคลรอบข้าง เพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระแก่บุคคลรอบข้าง และยังช่วยให้สภาพความรู้สึกและความคิดของผู้ป่วยหรือผู้พิการให้ดีขึ้น สำหรับผู้ที่ช่วยเหลือตัวเองได้บ้าง เก้าอี้คนไข้ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางไฟฟ้าเป็นทางออกอีกทางหนึ่ง แต่เนื่องจากคนไข้หรือผู้พิการจะใช้ชีวิตอยู่บนเก้าอี้เป็นเวลานานๆ ในแต่ละวัน จึงจำเป็นที่จะต้องทำการออกแบบเก้าอี้นี้ให้ร้องรับสรีระของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม และการควบคุมการทำงาน รวมถึงฟังก์ชันการทำงานจะต้องเป็นไปโดยไม่ขัดแย้งกับสภาพแวดล้อมของผู้ใช้งานแต่อย่างใด

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษา และ ออกแบบรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าให้เป็นไปตามหลักสรีระศาสตร์ที่เหมาะสมกับรูปร่างของคนไทยโดยปกติได้ และออกแบบตัวควบคุมของเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า เพื่อให้เก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยการบังคับจาก Joystick

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงเรื่องการออกแบบ รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าตามหลักสรีระศาสตร์ที่เหมาะสมของคนไทย และการออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC (Digital Signal Processing PIC) ในการควบคุม รวมถึงการควบคุม Linear Actuator ที่ใช้ควบคุมการในการปรับความสูงของเก้าอี้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำปริญญานิพนธ์นี้เริ่มจากการศึกษาหลักสรีระศาสตร์ของคนไทย เพื่อที่จะได้ออกแบบโครงสร้างของเก้าอี้ที่เหมาะสมกับรูปร่างของคนไทยโดยปกติ หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปลงถ่าน และหลักการทำงานงานของระบบควบคุม โดยผ่านตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์แบบ dsPIC โปรแกรมที่นำมาใช้งานในการทำโครงงานนี้ เช่น โปรแกรม SolidWork, Protel99SE และใช้ภาษาซี เพื่อออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ dsPIC30F เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความพิการทางกาย หรือ การเคลื่อนไหว

2.1.1 คนที่พิการทางกาย หรือ การเคลื่อนไหว

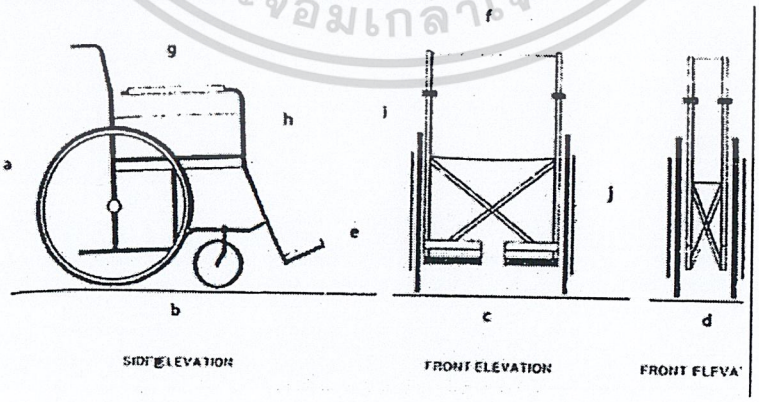
แบ่งออกได้ 2 ประเภท

- คนที่มีความผิดปกติ หรือมีความบกพร่องทางด้านร่างกายที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน และไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้
- คนที่สูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวขา หรือลำตัว อันเนื่องมาจากอุบัติเหตุ หรือการเป็นอัมพาต อ่อนแรง และโรคข้อ ฯลฯ ที่ทำให้ไม่สามรถปฏิบัติตนเหมือนคนปกติได้

2.1.2 ลักษณะของผู้มีความจำเป็นต้องใช้รถเข็นคนไข้ขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

- ผู้สูงอายุ
- ผู้เป็นอัมพาตครึ่งท่อน หมายถึงส่วนล่าง (Paraplegic)
- ผู้พิการท่อนล่างประเภทขาไม่มี (Amputation [above-knee Amputee])
- ผู้พิการโรคโปลิโอ ขาลีบ
- ผู้เป็นอัมพาตครึ่งซีกขยับตัวได้บ้าง (Hemi plegic)

2.1.3 ขนาดของรถนั่งคนพิการแบบ Adult (Standard size)



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงสัดส่วนของรถนั่งคนพิการแบบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนของรถนั่งคนพิการแบบปกติ

***	ขนาดสัดส่วน/นิ้ว	ขนาดสัดส่วน /ซม.
ความสูงรวม (a)	36	91.4
ความยาวรวม (b)	42	106.7
ความกว้างรวม (c)	25	63.5
ความกว้างขณะพับ (d)	11	27.9
ความสูงที่นั่ง (e)	19.5	49.5
ความกว้างที่นั่ง (f)	18	45
ความลึกที่นั่ง (g)	16	40
ความสูงส่วนพักแขน (h)	10	25
ความสูงพนักพิงหลัง (i)	16	40
ความสูงมือจับ (j)	29	73.7

2.2 การศึกษาหลักสรีระศาสตร์

2.2.1 การนั่งที่ถูกต้องตามหลักสรีระศาสตร์

รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า เป็นตัวช่วยในการช่วยเหลือให้ผู้ป่วยที่ไม่สามรถเคลื่อนไหวได้เหมือนคนปกติทั่วไป สามารถเคลื่อนไหวไปที่ต่างๆได้ และใน 1 วันของการใช้งานอาจจะต้องนั่งอยู่บนรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า เป็นเวลานานจึงอาจก่อให้เกิดความไม่สบายทางด้านร่างกายได้ ฉะนั้นการออกแบบลักษณะหรือระยะของเก้าอี้ที่ช่วยลดปัญหาจากการนั่งเป็นเวลานานๆ ตามหลักสรีระศาสตร์ ก็น่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานไม่มากก็น้อย

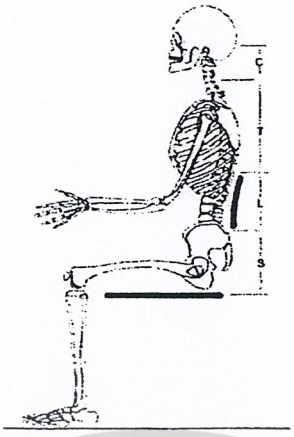
2.2.2 การปวดหลังจากการนั่งไม่ถูกวิธี

การนั่งที่ดีควรมีพนักพิง และท้าวแขนรองที่เหมาะสมไม่ต้องหนุนคอ และศรีษะจะเพิ่มความเกร็งในกล้ามเนื้อคอ และปวดเมื่อยหลังได้ภายหลัง

2.2.3 ส่วนโค้งของสันหลัง

จากการศึกษาที่มนุษย์นั่งในท่าตัวตรงซึ่ง ต่างจากสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังประเภท อื่นๆได้นั้นเนื่องมาจากวิวัฒนาการของส่วนโค้งของสันหลังและกล้ามเนื้อซึ่งควบคุมสมดุลย์ในการทรงตัวเพื่อให้เหมาะสม แก่ การดำรงชีวิตประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า หรือแสวงหาผลประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ รวมทั้งห้ามดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงส่วนโค้งของสันหลังขณะนั่งเก้าอี้

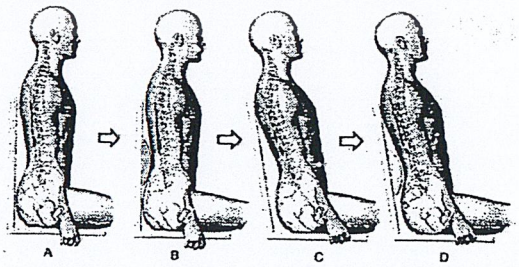
ดังนั้นในท่าของคนปกติจะมีส่วนโค้งของสันหลัง 4 แห่งคือ

- เซอร์วิเคอร์ เคิร์ป (Cervical Curve) โค้งไปทางด้าน หน้า
- ทอร์ราซิก เคิร์ป (Thoracic Curve) โค้งไปทางด้าน หลัง
- ลุมบาร์ เคิร์ป (Lumbar Curve) โค้งไปทางด้านหน้า
- เซเคอร์ เคิร์ป (Sacral Curve) โค้งไปทางด้านหลัง

สรุป ในการออกแบบพนักพิงของเก้าอี้ควรให้มีความสัมพันธ์ กับความโค้งของสันหลังมนุษย์ดังกล่าวโดยเฉพาะส่วนโค้งลุมบาร์เคิร์ปที่เป็นส่วนรองรับน้ำหนักตัวเวลานั่ง

2.2.4 แรงกดบนแผ่นหลัง

ในการนั่งเก้าอี้ที่พนักพิงลักษณะแตกต่างที่มีมุมเอียงต่างกัน มีผลกระทบต่อแรง ที่กดลงบนกระดูกสันหลังที่แตกต่างกัน ยิ่งมีแรงกดน้อยมากเท่าไรยิ่งดี เป็นการผ่อนคลายทำให้สามารถนั่งได้สบายไม่ปวดหลังง่าย



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงแรงกดบนแผ่นหลังขณะนั่งเก้าอี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงผลกระทบต่อแรงกดบนกระดูกสันหลัง ของเก้าอี้ลักษณะต่างๆ จากมากไปน้อย

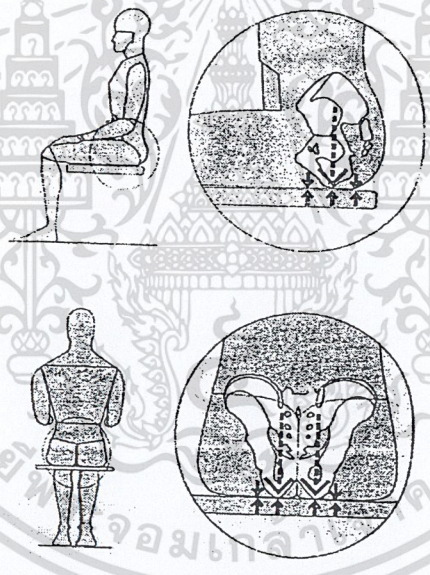
A ลักษณะเก้าอี้พนักพิงตรง 90 องศา

B เก้าอี้พนักพิงตรง 90 องศา มีส่วนหนุนที่กระดูกสัน หลังส่วนลุมบาร์

C เก้าอี้พนักพิงเอียงทำมุม 100 องศา

D เก้าอี้พนักพิงเอียงทำมุม 100 องศา มีส่วนหนุนที่กระ ดูกสันหลังส่วนลุมบาร์

สรุป การออกแบบพนักพิงควรเอนทำมุมประมาณ 100 องศา และมีที่หนุนหลังบริเวณช่วงกระดูกสันหลังส่วนลุมบาร์ (Lumbar) จะทำให้นั่งได้สบายขึ้นลดอาการปวดหลังลง The Dynamics of Sitting สามารถที่จะอธิบายได้โดยการศึกษาระบบการรองรับ และโครงสร้างของกระดูกต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยแกนของส่วนรองรับของตัวที่นั่งคือเส้นลากผ่านจุดต่ำสุดของกระดูก Ischial Tuberosities สัมผัสกับที่นั่ง



รูปที่ 2.4 ภาพแสดงการตัดขวางของการนั่งเพื่อการ สัมผัสของที่นั่งกับกระดูก Ischial Tubersities

เมื่อมีการนั่งน้ำหนักประมาณ 75% ของทั้งหมดจะถูกรองรับด้วยพื้นที่เอียง 4 ตารางนิ้ว ด้วยเหตุนี้จะทำให้เกิดความเค้นที่ก้นประมาณ 85-100 psi นอกจากนี้ในลักษณะที่นั่งแข็งซึ่งโค้งเว้าตามรูปก้น แรงกดที่กระทำที่ผิวหนังระหว่างก้นกับพื้นที่นั่งมีสูงถึง 40-60 psi แรงกดที่เกิดขึ้นนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ความไม่สบาย และเป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้นั่งเปลี่ยนท่านั่งบ่อยๆ แต่สำหรับผู้พิการอัมพาตการนั่งนานๆ โดยไม่มีมีการเปลี่ยนท่านั่งภายใต้แรงกดเช่นนี้จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการไหล เวียนของโลหิต ซึ่งจะทำให้เกิดแผลกดทับในผู้ป่วยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการออกแบบจะต้องคำนึงถึงส่วนที่รองรับน้ำ หนักตัวที่จะกดลงบนพื้นที่นั่งโดยควรออกแบบให้มีการกระจายน้ำหนักได้ดีที่สุด หรืออาจจะใช้เบาะรองนั่งป้องกันแผลกดทับ (Cushion) และวัสดุที่ใช้รองนั่งควรจะเป็น โฟม ผ้า นุ่น ฟองน้ำ สปริง และอื่นๆ โดยสิ่งเหล่านี้ จะมีความหนาแน่น ความหนา ความเสียดทาน ความพรุน และความแข็งแรง แตกต่างกันไป เบาะนั่งที่ดีควรมีความหนาประมาณ 4-5 เซนติเมตร และผ้าหุ้มเบาะ (covering) ควรมีรูพรุนเพื่อการระบายอากาศที่ดีสำหรับการนั่งเป็นเวลานานๆ และควรจะต้องเผื่อระยะของที่นั่งเอาไว้ด้วยเนื่องจากผู้ใช้จะต้องทำการยกตัวขึ้น อาจมีการเปลี่ยนท่านั่งเพื่อลดการเกิดแผลกดทับ

เกี่ยวกับลักษณะรูปร่างของกระดูก Tuberosites จะมีจุดรับน้ำหนักอยู่ 2 จุด ซึ่งจะไม่สามารถอยู่ได้มั่นคงด้วยตัวของมันเอง ดังนั้นส่วนที่นั่งที่แอ่นเป็นร่องเดียวย่อมจะไม่เพียงพอ

เมื่อขา เท้า และหลังอยู่ในท่าที่สมดุลแล้ว จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายจะอยู่ห่างจากร่างกายประมาณ 1 นิ้ว ตรงบริเวณสะดือดังภาพ



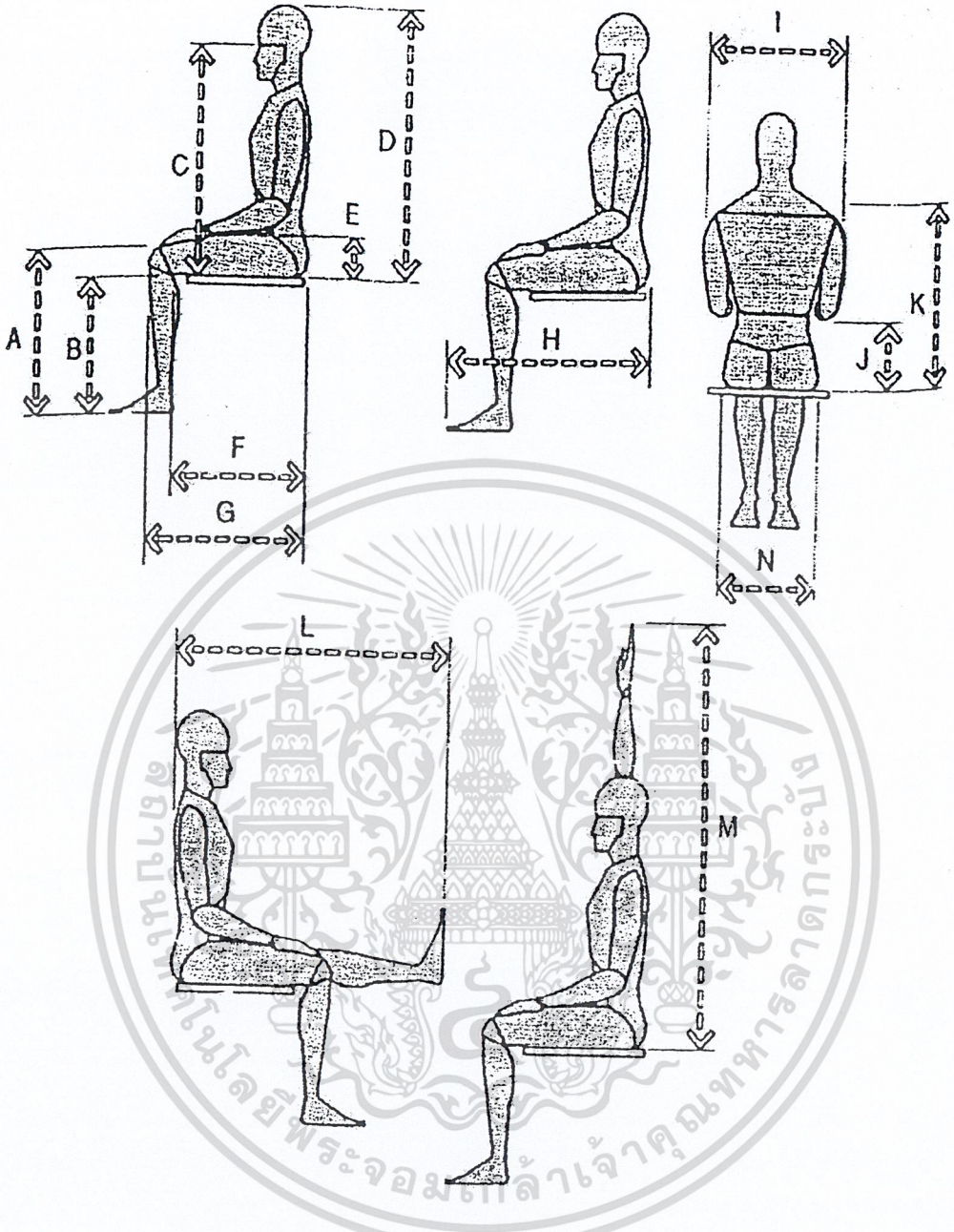
รูปที่ 2.5 ภาพแสดงจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย

ดังนั้นส่วนที่นักออกแบบจะต้องให้ความสำคัญคือ ตำแหน่งของหลัง, ศรีษะ, และท้าวแขน เพื่อทำให้เกิดความสมดุลในการนั่ง

2.3 การศึกษาขนาดสัดส่วนมนุษย์ที่ใช้ในการออกแบบ

ในการศึกษาขนาดสัดส่วนของมนุษย์ที่จำเป็นในการ ออกแบบรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้านั้น ข้อมูลหลักโดยทั่วไปก็ใกล้เคียงกับการออกแบบเก้าอี้ทำงาน เนื่องจากผู้ป่วยนั้นจะใช้เวลาอยู่บนรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจกรรมต่างๆ หรือเคลื่อนย้ายตัวมากกว่าที่จะเป็นการนั่งพักผ่อน ดังนั้นข้อมูลที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการออกแบบจึงเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเก้าอี้ทำงานข้อมูล ขนาดสัดส่วนที่จำเป็นในการออกแบบประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ภาพแสดงสัดส่วนของคนอายุ 17-49 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดสัดส่วนของคนอายุ 17-49 ปี (ขนาดสัดส่วนเป็น cm)

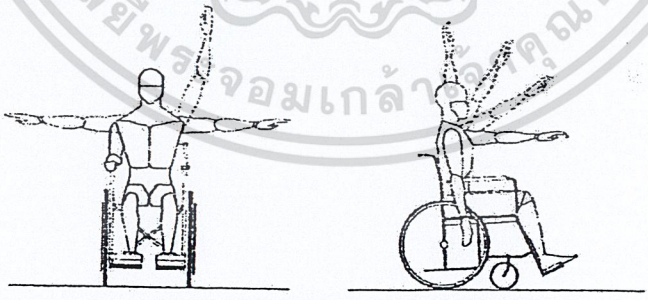
รหัส	หมายถึง	เพศชาย			เพศหญิง		
		เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
A	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของหัวเข่า	52.8	43.5	61.1	48.7	38.5	58.1
B	ความสูงจากพื้นถึงข้อพับด้านในของหัวเข่า	40.45	24.9	47.5	38.15	32.2	48.5
C	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงตา	76	63.9	87.2	70.3	56.2	81.3
D	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงศีรษะ	87.5	77.5	99.4	81.8	69	92.7
E	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงต้นขา	14.7	11.5	20.4	13.6	10	19.3
F	ระยะห่างเส้นสัมผัสก้นถึงข้อพับที่หัวเข่า	48.8	39.9	59.4	46.5	36.8	59.4
G	ระยะห่างเส้นสัมผัสก้นถึงหัวเข่า	58	49.7	68	54.9	45.1	65.4
H	ระยะห่างเส้นสัมผัสก้นถึงปลายเท้า	73.5	60.4	88.7	69.2	56.2	86.4
I	ระยะห่างจุดปลายไหล่	37.5	29.35	45.9	38.9	23.6	40.5
J	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงข้อศอกขณะงอ	22.9	14.9	41.5	22.4	12.9	33
K	ความสูงพื้นที่นั่งถึงปุ่มไหล่	58.2	48	68.8	53.4	45.2	67.9
L	ระยะเส้นสัมผัสหลังถึงฝ่าเท้า	99.8	83.4	118	93.6	75.1	114.4
M	ความสูงจากพื้นที่นั่งถึงปลายมือ	122.4	99.8	144.3	104.8	84.7	128.9
N	ความกว้างของสะโพกขณะนั่ง	34.1	19.9	41.4	31.9	19.3	50.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของขนาดสัดส่วนมนุษย์กับรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

ขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์	ระยะและมิติที่เกี่ยวข้อง
1. สัดส่วนของที่นั่ง	
- ความสูงของที่นั่ง	- ระยะจากพื้นถึงท่อนขาด้านหลัง
- ความกว้างของที่นั่ง	- ความกว้างของตะโพกขณะนั่ง
- ความลึกของที่นั่ง	- ระยะห่างระหว่างก้นกับข้อพับหัวเข่า
2. สัดส่วนของพนักพิง	
- ความสูงของพนักพิง	- ความสูงจากที่นั่งถึงไหล่ขณะนั่ง
- มุมเอียงของพนักพิง	- สัมพันธ์กับความสูงของพนักพิง
- ความกว้างของพนักพิง	- สัมพันธ์กับความกว้างของที่นั่ง
- ความโค้งของพนักพิง	- สัมพันธ์กับความโค้งของแผ่นหลัง
3. สัดส่วนของท้าวแขน	
- ความสูงของท้าวแขน	- ความกว้างระหว่างข้อศอกขณะกางในแนวระดับ
- ความกว้างที่ท้าวแขนรอบที่นั่ง	- สัดส่วนระยะห่างข้อศอกถึงจุดกำปั้น
- ความยาวของที่ท้าวแขน	- สัดส่วนระยะห่างข้อศอกขณะงอถึงจุดกำปั้น
4. สัดส่วนของพักเท้า	
- ความสูงจากพื้น	- สัมพันธ์กับขนาดโครงสร้างหลัก
- ความเอียงของพักเท้า	- สัมพันธ์จากพื้นถึงท่อนขาด้านหลัง
- ความยาวของพักเท้า	- ระยะห่างข้อพับหัวเข่าถึงฝ่าเท้า
- ความกว้างของพักเท้า	- สัมพันธ์กับขนาดความกว้างส่วนที่นั่ง

2.3.1 การศึกษาวิเคราะห์ขนาดสัดส่วน



รูปที่ 2.7 แสดงสัดส่วนคนเมื่อเทียบกับรถนั่งคนพิการ

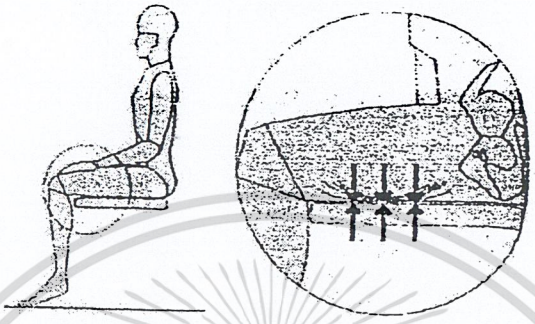
2.3.1.1 การวิเคราะห์สัดส่วนของที่นั่ง

ลักษณะของที่นั่งจะต้องมีสัดส่วนสัมพันธ์กับมนุษย์ในการออกแบบสามารถที่จะมีการแบ่งออกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1.1 วิเคราะห์ขนาดความสูงของที่นั่ง

ความสูงที่นั่งมีความสำคัญยิ่งต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเวลานั่งที่นั่งที่สูง หรือต่ำจนเกินไปจะทำให้เกิดความไม่สบายในการนั่งเพราะจุดรับน้ำหนักไม่เป็นไปอย่างถูกต้อง เพราะความสูงของที่นั่งนี้จะต้องสามารถทำให้เท้าสัมผัสกับพื้นได้เมื่อต้องลุกขึ้นยืน



รูปที่ 2.8 แสดงการตีบของเส้นโลหิตจากการนั่งบนที่นั่งที่สูงเกินไป

หากที่นั่งสูงเกินไปขาอ่อนจะเริ่มกด และการหมุนเวียนของโลหิตจะตีบในขณะเดียวกันเท้าซึ่งจะไม่สัมผัสกับพื้นเต็มที่ก็จะทำให้ร่างกายขาดความสมดุล



รูปที่ 2.9 แสดงการนั่งบนที่นั่งที่ต่ำเกินไป

หากที่นั่งอยู่ต่ำเกินไปทำให้ขาจะต้องยืดออกไปข้างหน้าทำให้ไม่ได้รับความมั่นคง และขณะเดียวกันตัวก็จะโน้มไปข้างหน้าทำให้หลังห่างจากพนักพิง

พบว่าขนาดความสูงของที่นั่งที่เหมาะสม คือขนาดความสูงที่วัดจากพื้นรองเท้าถึงความสูงของข้อพับด้านในของหัวเข่าขณะนั่งมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่าไม่เกิน 1 cm เพราะจะทำให้การถ่ายเทน้ำหนักในการนั่งตกลงที่เท้าของผู้นั่ง ซึ่งวางอยู่บนพื้นได้พอดีขาไม่ลอยจากพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงที่ได้วัดจากพื้น ถึงข้อพับด้านในของหัวเข่าขณะนั่งได้ทุกสัดส่วนเฉลี่ยตามกลุ่มเป้าหมาย 17-49 ปี วัย 49-99 เป็นวัยที่มีโครงสร้างร่างกายที่แตกต่างมากจึง ไม่นำมาพิจารณา

ตารางที่ 2.4 ตารางค่าความสูงวัดจากพื้นถึงข้อพับด้านในของหัวเข่าขณะนั่ง

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	40.45	24.9	47.5
หญิง	38.15	32.2	48.5

สรุป ค่าความสูงที่นำมาใช้คือค่าความสูงสุดของหญิงเท่ากับ 48.5 cm ความหนาของรองเท้า (มิติปรับปรุง) 1.0 cm = 49.5 (จากหลักการวัดขนาดรถนั่งคนพิการ)

2.3.1.1.2 วิเคราะห์ขนาดความกว้างของที่นั่ง

ขนาดความกว้างของที่นั่งที่เหมาะสม จะต้องกำหนดไว้พอสำหรับคนรูปร่างใหญ่โดยใช้ขนาดความกว้างของสะโพกดังนี้คือ

ตารางที่ 2.5 ตารางค่าความกว้างของสะโพก

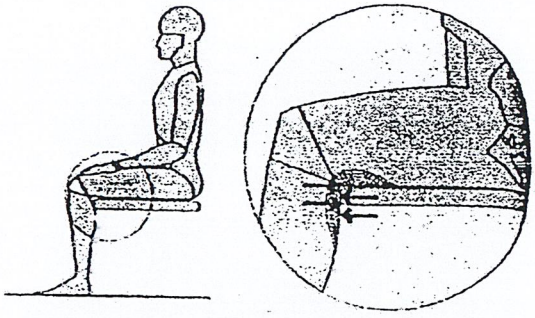
	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	34.1	19.9	41.4
หญิง	31.9	19.3	50.1

สรุป ความกว้างของที่นั่งของเก้าอี้ต่ำสุด จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าความกว้างของสะโพกสูงสุดเท่ากับ 50.1 cm หรือประมาณ 50 cm

2.3.1.1.3 วิเคราะห์ขนาดความลึกของที่นั่ง

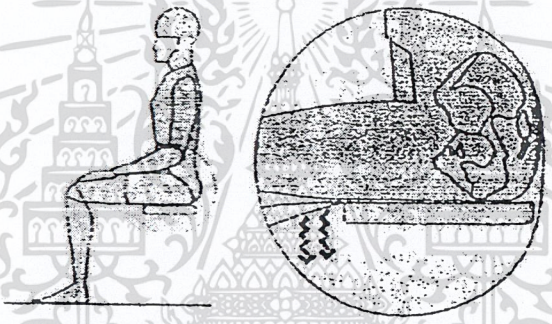
ควรยึดถือไว้เป็นมาตรฐานคือ “ควรมีความยาวเริ่มต้นจากด้านหลังของหัวเข่าถึงด้านหลังสุดของกระดูกเชิงกรานเมื่ออยู่ในลักษณะนั่งตัวตรง” ถ้าที่นั่งลึกไปจะทำให้นั่งไม่สบายเพราะลำตัว จะโค้งงอเพื่อเอนให้ถึงพนักพิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงการนั่งบนที่นั่งที่ลึกเกินไป

หากความลึกของที่นั่งมากเกินไปด้านหน้าของที่นั่ง จะกดบริเวณข้อพับใต้เข่าเป็นปัญหาเกี่ยวกับการไหลเวียนของโลหิต ทำให้นั่งไม่สบาย



รูปที่ 2.11 แสดงการนั่งบนที่นั่งที่ตื้นเกินไป

ที่นั่งซึ่งตื้นเกินไป จะทำให้ผู้นั่งไม่ได้รับการถ่ายเทน้ำหนักบริเวณขาอ่อน และทำให้ผู้นั่งมีความรู้สึกว่าจะหล่นจากเก้าอี้

ขนาดความลึกของที่นั่งวัดได้จากระยะห่างระหว่างเส้นสัมผัสกัน กับข้อพับที่หัวเข่า (เป็นค่าเฉลี่ย) ดังนี้ คือ

ตารางที่ 2.6 ตารางค่าระยะห่างระหว่างเส้นสัมผัสกันกับข้อพับที่หัวเข่า

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	48.8	39.9	59.4
หญิง	46.5	36.8	59.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป ความลึกของที่นั่ง จะต้องใช้ค่าต่ำสุดเป็นเกณฑ์การนั่ง เพื่อให้นั่งได้สุดก้นและที่นั่งไม่ไปดันข้อพับด้านในทำให้เกิดอาการดันที่เนื้อเยื่อการไหลเวียนของโลหิตไม่สะดวก เพราะฉะนั้นความลึกของที่นั่งเท่ากับ 48.8 cm ลบออก 1 นิ้วหรือประมาณ 2.5 cm มีค่าเท่ากับประมาณ 46.3 cm ประมาณ 46 cm (จากหลักการวัดขนาดรถนั่งคนพิการ)

2.3.1.2 สัดส่วนของพนักพิง

ลักษณะของพนักพิง จะต้องมีสัดส่วนสัมพันธ์กับมนุษย์ในการออกแบบสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.3.1.2.1 ความสูงของพนักพิง

ความสูงของพนักพิงไม่ควรอยู่ต่ำกว่าส่วนล่างสุดของช่วงไหล่ (ระดับกระดูกสะบัก) ในกรณีที่ผู้ป่วยนั้นไม่มีปัญหาด้านการทรงตัวและข้อจำกัดของกระดูกสะโพก

ในกรณีที่พนักพิงสูงเกินไป จะจำกัดการเคลื่อนไหวของแขนแต่ถ้าต่ำเกินไปจะทำให้การรองรับ (Support) ไม่เพียงพอผู้ที่เป็นอัมพาตจะมีแนวโน้มว่าลำตัวเอนไปทางด้านหลัง (Leand Backward) มากเกินไปส่วนคอมีแนวโน้มว่าจะอยู่ในท่างอ (Flexion)

ขนาดความสูงของพนักพิงวัดได้ จากค่าความสูงจากที่นั่งถึงไหล่ขณะนั่ง (เป็นค่าต่ำสุด) ดังนี้

ตารางที่ 2.7 ตารางค่าความสูงระดับที่นั่งถึงไหล่ขณะนั่ง

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	58.2	48.0	68.8
หญิง	53.4	45.2	67.9

สรุป ค่าความสูงของพนักพิงจะใช้ค่าต่ำสุดเป็นเกณฑ์ในการออกแบบเพื่อให้สามารถ ใช้งานได้ทั้ง 2 เพศ ดังนั้นค่าความสูงของพนักพิง คือ 45.2 หรือประมาณ 45 cm

2.3.1.2.2 มุมเอียงของพนักพิง

ความเอียงของพนักพิงขึ้นอยู่กับลักษณะเอียงของที่นั่ง และจุดประสงค์ที่นำไปใช้ถ้ามุมเอียงมากจะเกิดอุปสรรคในการพยุงตัวลุกขึ้น ดังนั้นเก้าอี้แบบที่มีเท้าแขนมักจะมีความเอียงเพียงเล็กน้อย มุมเอียงของพนักพิงวัดจากค่าแรงกดที่กระทำบนกระดูกสันหลังส่วนลุมบาร์ในเก้าอี้ลักษณะต่างๆ โดยได้ค่าเอียงประมาณ 95-100 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2.3 ความกว้างของพนักพิง

ความกว้างของพนักพิง จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับความกว้างของส่วนที่นั่งดังนั้นความกว้างของ พนักพิงมีค่าประมาณ 50 cm

2.3.1.2.4 ความโค้งของพนักพิง

ความโค้งของพนักพิง มีความสัมพันธ์กันกับความโค้งของแผ่นหลังโดยเฉพาะบริเวณกระดูกสันหลังส่วนลุมบาร์

2.3.1.3 การวิเคราะห์สัดส่วนของที่ท้าวแขน

ที่ท้าวแขนเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับเก้าอี้ ซึ่งการออกแบบที่ท้าวแขนนั้นต้องให้ที่ท้าวแขนขนานกับที่นั่ง หรือให้อยู่ในลักษณะขนานกับแนวระดับก็ได้ ส่วนความสูงของที่ท้าวแขนนั้นให้ถือมาตรฐานจากปลายสุดของข้อศอกในขณะที่ข้อศอกตั้งฉากกับแนวระบายเป็นเกณฑ์ ซึ่งจุดนี้เป็นจุดที่ข้อศอกของคนสามารถหมุนแกว่งได้อย่างเป็นธรรมชาติ ถ้าที่พักแขนอยู่สูงเกินไปแขนจะถูกบังคับให้รับน้ำหนักมากเกินไป และถ้าต่ำไปอาจทำให้บุคลิกของผู้นั่งเปลี่ยนไปต้องก้มหลังเสียบุคลิก และความสง่างามในท่านั่งไป

ที่ท้าวแขนนอกจากมีหน้าที่ในการรองรับแขน และไหล่ให้อยู่ในท่าทางที่ถูกต้องแล้วยังมีความสำคัญในการถ่ายเทน้ำหนัก (Shift Weight), ลดแรงกดบริเวณปุ่มกระดูกรับน้ำหนักที่ก้น (Ishum), รักษาสภาพความสมดุลของร่างกายด้วย

ลักษณะของที่ท้าวแขน จะต้องมีสัดส่วนที่สัมพันธ์กับมนุษย์ในการออกแบบสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.3.1.3.1 วิเคราะห์ความสูงของที่ท้าวแขน

จากสัดส่วนของคนไทย วัดระยะจากพื้นที่นั่งถึงข้อศอกขณะงอ ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.8 ตารางค่าความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอกขณะงอ

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	22.9	14.9	41.5
หญิง	22.4	12.9	33.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป เนื่องจากความสูงของที่ท้าวแขนมีความสัมพันธ์ กับสัดส่วนที่แตกต่างกันของมนุษย์ จึงนำระยะเฉลี่ยของชาย และหญิงมาใช้เพื่อพิจารณา คือ (22.9+22.4)/2 = 22.65 cm

2.3.1.3.2 วิเคราะห์ความกว้างของที่ท้าวแขนรวมที่นั่ง

ความกว้างของที่ท้าวแขนรวมที่นั่ง จะได้มาจากค่าความกว้างระหว่างข้อศอกขณะกางข้อศอกในแนวระดับของคนไทยดังนี้

ตารางที่ 2.9 ตารางค่าความกว้างระหว่างข้อศอกขณะกางข้อศอกในแนวระดับ

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	43.0	27.8	57.2
หญิง	40.0	28.2	52.5

สรุป เนื่องจากค่าความกว้างของที่นั่งได้มาจากค่าสูงสุด เพราะฉะนั้นความกว้างรวมของที่ท้าวแขนกับที่นั่งจะต้องดูจากค่าสูงสุดเช่นกัน เท่ากับ 57.2 cm

2.3.1.3.3 วิเคราะห์ความยาวของที่ท้าวแขน

ความยาวของที่ท้าวแขนสามารถวัดได้จากสัดส่วนระหว่างข้อศอก (ขณะงอ) ถึงจุดกึ่งกลางกำปั้น จากมิติสัดส่วนคนอายุ 17-49 ปี

ตารางที่ 2.10 ตารางค่าระยะห่างข้อศอก (ขณะงอ) ถึงจุดกึ่งกลางกำปั้น

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	31.6	25.6	43.3
หญิง	29.3	23.9	38.0

สรุป ค่าความยาวของที่ท้าวแขนนั้นได้จากค่าเฉลี่ยหญิงตามอายุดังกล่าวเท่ากับ 29.3 cm โดยประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.1.4 การวิเคราะห์สัดส่วนของส่วนพักเท้า

ลักษณะของส่วนพักเท้า จะต้องมีสัดส่วนสัมพันธ์กับมนุษย์ในการออกแบบ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

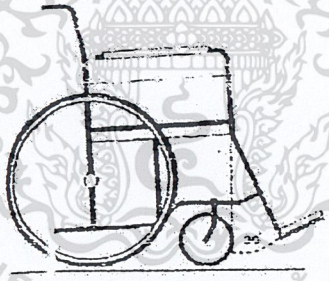
2.3.1.4.1 การวิเคราะห์ความสูงของส่วนพักเท้าจากพื้น

ที่วางเท้าเป็นส่วนที่ป้องกันนิ้วเท้า และส้นเท้ากระแทกกับสิ่งอื่นๆไม่ควรจะสูงหรือเตี้ยเกินไป ถ้าสูงเกินไปจะทำให้มีแรงกดมากขึ้นบริเวณ Ischial Tuberosity และมีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ (Pressure Ulcers) ถ้าต่ำเกินไปจะทำให้ข้อเข่าต่ำกว่าข้อสะโพกทำให้แรงกดกระทำที่ด้านหลังของต้นขามากหรือผู้ป่วยอาจลื่นไหลออกจากรถนั่งคนพิการ

ความสูงของส่วนพักเท้าจากพื้นนั้น จะมีความสัมพันธ์กันกับสัดส่วนของโครงสร้างหลัก ซึ่งโดยทั่วไปจะสูงจากพื้นประมาณ 10-15 cm

2.3.1.4.2 การวิเคราะห์ความเอียงของส่วนพักเท้า

ค่าความเอียงของส่วนพักเท้า จะเป็นค่ามาตรฐานที่ทำให้การนั่งอยู่ในท่านั่งที่สมดุลอยู่ที่ประมาณ 30 องศา จากแนวระดับ



รูปที่ 2.12 แสดงความเอียงของส่วนพักเท้า

2.3.1.4.3 การวิเคราะห์ความยาวของส่วนพักเท้า

ความยาวของส่วนพักเท้านั้น จะได้มาจากค่าความสูงจากพื้นถึงข้อพับด้านในหัวเข่า

ตารางที่ 2.11 ตารางค่าความสูงจาก พื้นถึงข้อพับด้านในของหัวเข่า

	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
ชาย	40.45	24.9	47.5
หญิง	38.15	32.2	48.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119562

สรุป เนื่องจากความยาวของส่วนพักเท้ามีความสัมพันธ์กันกับร่างกายมนุษย์ ซึ่งแตกต่างกันจึงนำระยะทั้งสูงสุดและต่ำสุดมาเพื่อพิจารณาเกี่ยวกับการปรับขนาดความสูงค่าสูงสุด, ต่ำสุดที่พิจารณาคือช่วง 38.15 ถึง 47.5 cm (หญิงเฉลี่ย ถึงชายสูงสุด)

2.3.1.4.4 การวิเคราะห์ความกว้างของส่วนพักเท้า

ความกว้างของส่วนพักเท้านั้น จะมีความสัมพันธ์กันกับขนาดความกว้างส่วนที่นั่งทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมของรูปแบบ ของส่วนพักเท้าที่ทำการออกแบบ

2.4 การปรับระดับสูง-ต่ำ

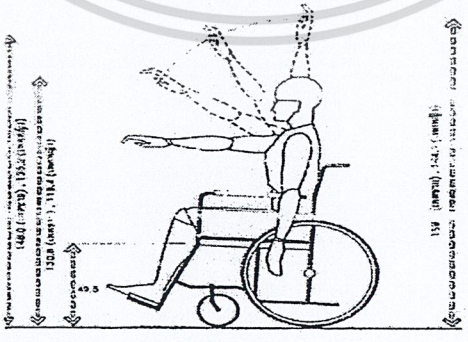
การปรับระดับสูง-ต่ำ เป็นการออกแบบเพื่อสนับสนุนการใช้งานรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประโยชน์เต็มที่เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้พิการสามารถที่ จะทำกิจกรรมต่างๆ ได้ด้วยตนเองในการดำเนินกิจวัตรประจำวัน

ประโยชน์ของการที่รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าสามารถ จะปรับระดับความสูงต่ำได้ คือ

- ผู้ป่วยสามารถปฏิบัติกิจกรรมประจำวันด้วยตนเองได้ คล่องตัวขึ้น
- ผู้ป่วยมีความมั่นใจในการกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง มากขึ้น
- ลดภาระต่อบุคคลรอบๆ ข้าง
- สุขภาพจิตของผู้ป่วยและบุคคลในครอบครัวดีขึ้น

2.4.1 การวิเคราะห์สูง-ต่ำที่เหมาะสมของการปรับระ ดับ

- ขนาดสัดส่วนและความสามารถของคนนั่งรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.13 ภาพแสดงขนาดสัดส่วน และความสามารถของคนนั่งรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนของเฟอร์นิเจอร์ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

พฤติกรรม	ระดับความสูง (ซ.ม.)
1. ความสูงเก้าอี้	40.0-44.0
2. ความสูงเก้าอี้โซฟา	40.0-45.0
3. ความสูงโต๊ะกลาง	30.0-45.0
4. ความสูงโต๊ะรับประทานอาหาร	73.0-76.0
5. ความสูงเตียง	40.0-55.0
6. ความสูงอ่างล้างหน้า	86.4
7. ความสูงชักโครก	40.0-42.0
8. ความสูงอ่างล้างจาน	90.0-95.0
9. ความสูงหิ้งวางของสูง (ชาย), ตู้เสื้อผ้า	182.9-193.0
10. ความสูงหิ้งวางของสูง (หญิง), ตู้เสื้อผ้า	175.3-182.9
11. ความสูงชั้นวางรองเท้า	25.4-30.5
12. ความสูงโทรศัพท์สาธารณะปกติ	171.4 (ระยะสูงสุดของหูโทรศัพท์)
13. ความสูงโทรศัพท์สาธารณะคนพิการ	163.8 (ระยะสูงสุดของหูโทรศัพท์)
14. ความสูงชั้นวางหนังสือ	172.0 (ระยะสูงสุดของชั้นวางหนังสือ)
15. ระยะสูงสุดของปุ่มกดลิฟท์	137.2

2.4.2 การวัดขนาดรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

ในการวัดขนาดควรจัดท่าของผู้ใช้ในท่านั่งตัวตรง และหลังตรงข้อสะโพกทำมุมฉาก (90 องศา) ขนาดที่ต้องวัดได้แก่

- ความสูงของรถ (Seat height) วัดจากส้นเท้าถึงข้อพับเข่าแล้วบวกเพิ่มค่ามิติปรับปรุง
- ความลึกของรถ (Seat depth) วัดจากข้อพับเข่าไฟจนถึงหลังสุดของสะโพกแล้วลบออก 1 นิ้ว
- ความสูงของพนัก (Back height) วัดจากที่นั่งไปจนถึงไหล่
- ความกว้างที่นั่งและพนักพิง (Seat and width) วัดส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก
- ความสูงของที่พักแขน (Height of arm and armrest) วัดจากที่นั่งไปจนถึงปลายข้อศอก
- ความกว้างของที่ท้าวแขน (Armrest width) วัดจากปลายข้อศอกถึงข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะท่าทางที่ถูกต้องเมื่อนั่งบนรถนั่งคนพิการ

พนักพิงไม่ต่ำกว่ามุมล่างของกระดูกสะบัก (Inferior angle of scapula) เพื่อให้มีการรองรับอย่างเพียงพอต่อกระดูกสันหลัง ทำให้ผู้นั่งอยู่ในท่าทางที่ดี และป้องกันอาการ เมื่อยล้า (Fatigue) ของกล้ามเนื้อหลังและคอ

- ความสูงของที่ท้าวแขนพอดีให้ไหล่อยู่ในระดับเดิมไหล่ควร จะอยู่ในท่าผ่อนคลาย (Shoulder relax) ปลายแขน (Forearm) วางอยู่บนที่ท้าวแขนได้อย่างสบาย
- สะโพกงอเป็นมุมฉาก (90 องศา)
- ความลึกของที่นั่ง ต้องรองรับต้นขาพอดี
- ก้นควรอยู่ชิดขอบหลังของพนักพิง โดย จะให้มีระยะห่างระหว่างขอบของที่นั่งจนถึงข้อพับประมาณ 2 นิ้ว
- ที่นั่งควรกว้างพอที่ จะทำให้ผู้ใช้นั่งโดยไม่มีแรงกด (Pressure) กดบริเวณด้านนอกของข้อสะโพกทั้ง 2 ข้างของผู้นั่งระหว่าง armrest กับตัวผู้นั่งควรมีที่ว่างประมาณ 2 นิ้วในแต่ละข้าง
- ที่นั่งควรเอียงไปทางด้านหลัง 3-5 องศาเพื่อให้นั่งได้สบายและมีความมั่นคง
- ที่นั่งอยู่สูงจากพื้นรองรับต้นขาให้ขนานกับพื้นในขณะที่ท้าววางบนที่วางเท้าพอดี
- ท้าววางราบบนที่วางเท้าให้ข้อเท้าอยู่ในท่า neutral

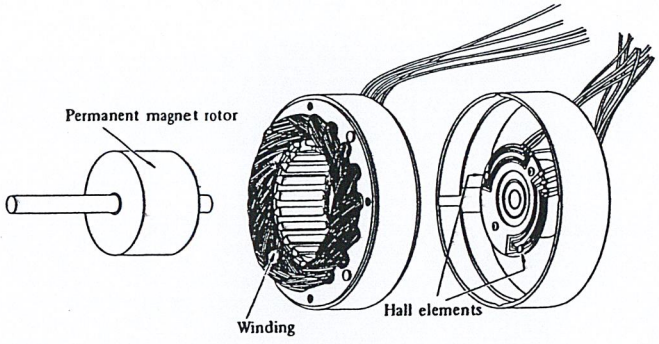
2.5 มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (BLDC)

มอเตอร์กระแสตรงแบบธรรมดานั้นมีประสิทธิภาพสูง และมีลักษณะเหมาะสมกับการใช้งานเป็นเซอร์โวมอเตอร์แต่มอเตอร์กระแสตรงแบบธรรมดานั้น จะมีปัญหาเรื่องการซ่อมบำรุงคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน แต่หากใช้สวิตช์ทรานดิวเซอร์ (Solid-state switch) แทนคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านนั้นจะทำให้ไม่ต้องทำการซ่อมบำรุง ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้รู้จักกันในนามมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน หรือ Blushless DC motors

2.5.1 พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motor)

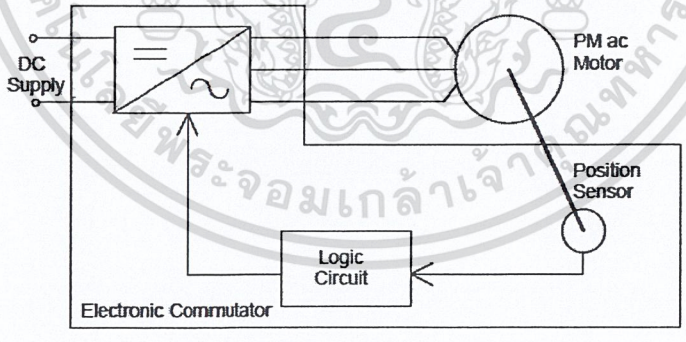
มอเตอร์กระแสตรงแบบธรรมดานั้นขดลวดอาร์เมเจอร์จะพันที่โรเตอร์ และที่สเตเตอร์ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กส่วนโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านนั้น จะคล้ายกับมอเตอร์กระแสสลับมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC motor)

ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านนั้น จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์พันที่สเตเตอร์ และ ที่โรเตอร์มีแม่เหล็กหนึ่งขั้วหรือมากกว่านั้น การพันขดลวดในมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านนั้นคล้ายกับการพันขดลวดโพลิเฟส (Polyphase) ในมอเตอร์กระแสสลับ มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสสลับตรงที่มีการตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ (หรือขั้วแม่เหล็ก) เพื่อที่จะทำการส่งสัญญาณไปควบคุมสวิตช์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ซึ่งส่วนมากจะใช้อุปกรณ์ฮอลล์ (Hall element) เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์และตำแหน่งโพล (Pole) แต่ในบางมอเตอร์อาจใช้สวิทซ์ตรวจจับแบบใช้แสง (Optical sensor)

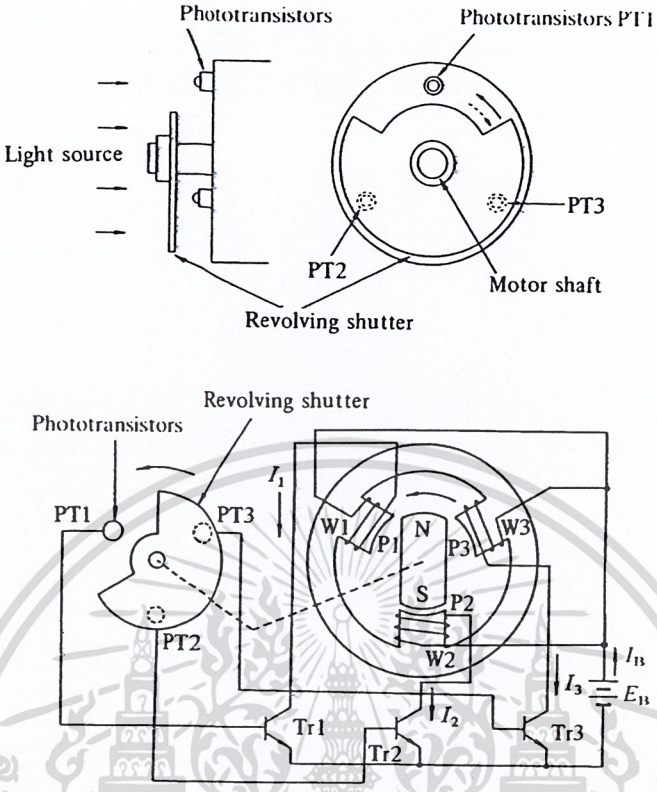


รูปที่ 2.15 BLDC Motor = แม่เหล็กถาวรของ AC motor + Commutator

2.5.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motors)

การพิจารณาหลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านสามเฟสแบบ ยูนิโพลาร์ (Three-phase unipolar-operated motor) เพื่อทำให้ง่ายต่อการเข้าใจหลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน

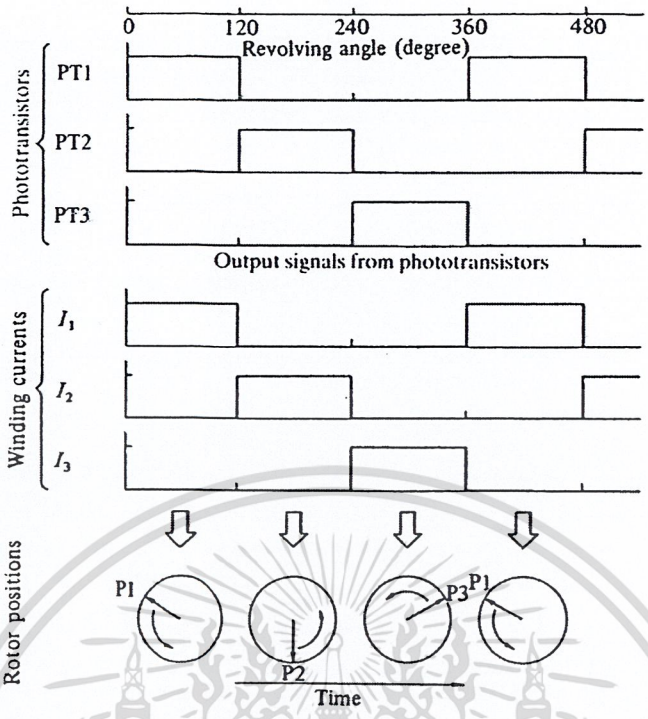
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงการขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน 3 เฟส แบบยูนิโพลาร์ (unipolar)

ในรูปที่ 2.16 ขั้วใต้ของโรเตอร์อยู่ตรงกับตำแหน่ง P2 ของสเตเตอร์ และเมื่อโฟโตทรานซิสเตอร์ตำแหน่งที่ 1 (PT1) ได้รับแสง ทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Tr1) ทำงาน จะทำให้มีกระแสไหลไปยังขดลวดของสเตเตอร์ในตำแหน่ง W1 ทำให้ตำแหน่ง P1 สร้างสนามแม่เหล็กขั้วใต้ขึ้นเมื่อตำแหน่ง P1 เป็นขั้วใต้จะดูดโรเตอร์ที่เป็นขั้วเหนือให้หมุนมาอยู่ในตำแหน่ง P1 (ตามลูกศร) ทำให้เพลาของมอเตอร์เคลื่อนตัวมาด้วย และทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ตำแหน่งที่ 2 (PT2) ได้รับแสงแทนทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 (Tr2) ทำงาน จะทำให้มีกระแสไหลไปยังขดลวดของสเตเตอร์ในตำแหน่ง W2 ทำให้ตำแหน่ง P2 สร้างสนามแม่เหล็กขั้วใต้ขึ้นเมื่อตำแหน่ง P2 เป็นขั้วใต้จะดูดโรเตอร์ที่เป็นขั้วเหนือให้หมุนมาอยู่ในตำแหน่ง P2 ทำให้เพลาของมอเตอร์เคลื่อนตัวมาด้วย และทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ตำแหน่งที่ 3 (PT3) ได้รับแสงแทน จะเป็นแบบนี้วนไปเรื่อยๆ และจะทำให้มอเตอร์หมุนแบบทวนเข็มนาฬิกาโดยสามารถดูการสวิตช์ชิ่งของตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ และทรานซิสเตอร์ตามลำดับของการสวิตช์ชิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงลำดับการสวิตช์ชิ่งและการหมุนของสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์

2.5.2.1 การกลับทิศทางการหมุน

มอเตอร์กระแสตรงแบบธรรมดาในการกลับทิศทางการหมุน คือการกลับขั้วแหล่งจ่าย (Voltage) แต่การทำอย่างนั้นจะไม่สามารถใช้ได้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านที่ใช้สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ชนิดทรานซิสเตอร์ (Transistor) เพราะสารกึ่งตัวนำเป็นสวิตช์ทางเดียวในบางวงจรไฟฟ้าจำเป็นต้องขับมอเตอร์ในหลายทิศทาง

ในรูปที่ 2.17 จะแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างโฟโตทรานซิสเตอร์ (PT1, PT2, PT3) และทรานซิสเตอร์ (Tr1, Tr2, Tr3) โดย

- PT1-Tr1 ควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดตำแหน่ง W1
- PT2-Tr2 ควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดตำแหน่ง W2
- PT3-Tr3 ควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดตำแหน่ง W3

การเชื่อมต่อวงจรแบบนี้เป็นการหมุนมอเตอร์แบบทวนเข็มนาฬิกา (CCW) ถ้าเปลี่ยนการเชื่อมต่อเป็นดังด้านล่าง จะสามารถกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้

- PT1-Tr3
- PT2-Tr2
- PT3-Tr1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสามารถเขียนแสดงลำดับการสวิตช์ชิ่ง (Switching sequence) ของโฟโตทรานซิสเตอร์ และทรานซิสเตอร์สำหรับทิศทางในการหมุนแบบตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ดังตารางที่ 2.10

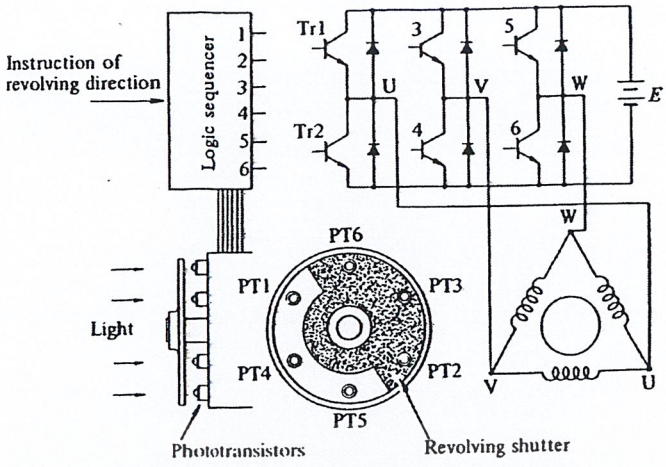
ตารางที่ 2.13 แสดงลำดับการสวิตชิ่ง (Switching sequence) สำหรับทิศทางการหมุนแบบตามเข็มและทวนเข็ม

ทิศทางและลำดับการสวิตชิ่ง		ทิศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา				ทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Phototransistor	PT1	1	0	0	1	0	0	1	0
	PT2	0	1	0	0	0	1	0	0
	PT3	0	0	1	0	1	0	0	1
Transistors	Tr1	1	0	0	1	0	0	1	0
	Tr2	0	1	0	0	0	1	0	0
	Tr3	0	0	1	0	1	0	0	1

2.5.2.2 การขับมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านสามเฟสแบบไบโพลาร์ (Three-phase bipolar-driven motor)

เมื่อมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน จะถูกขับเคลื่อนด้วยวงจรบริดจ์ชนิดสามเฟส (Three-phase bridge) ประสิทธิภาพสูงสุดคืออัตราส่วนระหว่างการทำงานทางกลที่ออกจากมอเตอร์ต่อพลังงานทางไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์ เพราะการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบนี้จะมีกระแสไฟสลับไหลผ่านขดลวดแต่ละขดเหมือนในมอเตอร์กระแสสลับ (AC motor) ซึ่งการขับเคลื่อนชนิดนี้คือการขับเคลื่อนแบบไบโพล่าร์ (Bipolar) ซึ่งไบโพลาร์คือการที่ขดลวดสามารถเลือกให้พลังงานการกระตุ้นได้ 2 อย่างคือ ที่ขั้วเหนือและขั้วใต้

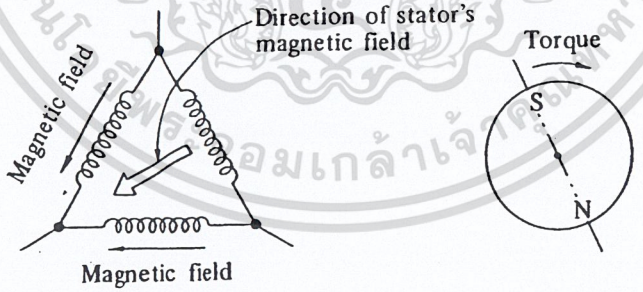
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงการขับมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน 3 เฟส แบบไบโพล่าร์ (Bipolar)

ในรูปที่ 2.18 เป็นการใช้วิธีการหักเหของแสง (Optical) ในการตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ โดยมีโฟโตทรานซิสเตอร์ 6 อัน วางที่ End-plate ซึ่งมีระยะการวางห่างเท่าๆ กันโดยแสงจะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ที่เบอร์เดียวกันทำงาน

จากรูปที่ 2.18 โฟโตทรานซิสเตอร์ตำแหน่ง PT1, PT4 และ PT5 ถูกแสงจะทำให้กระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ตำแหน่ง Tr1, Tr4 และ Tr5 จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้ง 3 ทำงาน ทำให้ตำแหน่ง U และ W มีพลังงานจากแบตเตอร์รี่ไหลเข้าไป และที่ตำแหน่ง V เป็น 0 ดังนั้นกระแสจะไหลจากตำแหน่ง U ไปที่ตำแหน่ง V และจากตำแหน่ง W ไปที่ตำแหน่ง V



รูปที่ 2.19 สนามแม่เหล็กของสเตเตอร์และทิศทางของทอร์ก

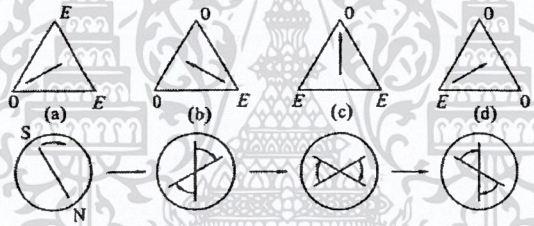
เราจะให้ลูกศรชี้ทิศทางสนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้น และเมื่อเกิดการเหนี่ยวนำของกระแสที่ไหลในขดลวดของแต่ละเฟส และลูกศรอันใหญ่เป็นผลมาจากสนามแม่เหล็กในสเตเตอร์ โรเตอร์จะถูกวางในตำแหน่งที่ทำมุมกับสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์เป็นมุม 90 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.19 จะทำให้โรเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาไป 30 องศา มีผลทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ตำแหน่ง PT5 หยุดทำงาน และโฟโตทรานซิสเตอร์ตำแหน่ง PT6 ทำงานแทน จะทำให้ขั้วแม่เหล็กของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาไป 60 องศา เมื่อขั้วใต้ของโรเตอร์อยู่ใกล้กับขั้วใต้ของสเตเตอร์จะทำให้เกิดการหมุนแบบตามเข็มนาฬิกาอย่างต่อเนื่อง โดยการที่มอเตอร์หมุนแบบตามเข็มไปเรื่อยๆนั้น จะต้องทำการสวิตช์ชิ่งของตัวทรานซิสเตอร์ตามลำดับของการสวิตช์ชิ่ง ดังในตารางที่ 2.14 และรูปที่ 2.20

ตารางที่ 2.14 แสดงลอจิกสำหรับการหมุนของมอเตอร์

ลำดับการ ON-OFF	1	2	3	4	5	6
Tr1	1	1	1	0	0	0
Tr2	0	0	0	1	1	1
Tr3	0	0	1	1	1	0
Tr4	1	1	0	0	0	1
Tr5	1	0	0	0	1	1
Tr6	0	1	1	1	0	0



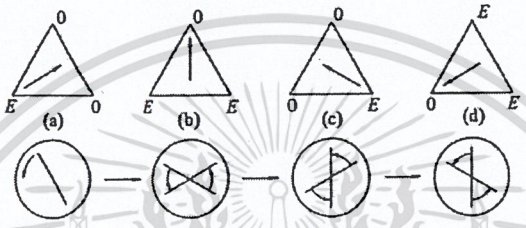
รูปที่ 2.20 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กแบบตามเข็มนาฬิกา

การกลับทิศทางการหมุนสามารถทำได้โดยการกลับลอจิก โดยใช้ตัวตรวจจับแสง (Photodetector) เป็นตัวที่โดนแสงสั่งให้ทรานดิวเซอร์หยุดทำงาน และในทางกลับกันตัวที่ไม่โดนแสงทรานซิสเตอร์จะทำงาน ดังเช่นในรูปที่ 2.11 ทรานซิสเตอร์ตำแหน่งที่ Tr2, Tr3 และ Tr6 จะทำงานทำให้โวลท์เตจ (Voltage) จากตำแหน่ง E ปรากฏที่ตำแหน่ง V ในขณะที่ตำแหน่ง U และ W มีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้สนามแม่เหล็กในสเตเตอร์กลับทิศจึงทำให้ทอร์กของโรเตอร์กลับทิศ หลังจากที่มอเตอร์หมุนไป 30 องศา จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตำแหน่งที่ Tr2 หยุดทำงาน และทรานซิสเตอร์ตำแหน่งที่ Tr1 ทำงานแทนซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไป 60 องศา โดยการที่มอเตอร์หมุนแบบทวนเข็มไปเรื่อยๆนั้น จะต้องทำการสวิตช์ชิ่งของตัวทรานซิสเตอร์ตามลำดับของการสวิตช์ชิ่ง ดังในตารางที่ 2.15 และรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 แสดงการกลับลอจิกเพื่อกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ลำดับการ ON-OFF	1	2	3	4	5	6
Tr1	0	1	1	1	0	0
Tr2	1	0	0	0	1	1
Tr3	1	1	0	0	0	1
Tr4	0	0	1	1	1	0
Tr5	0	0	0	1	1	1
Tr6	1	1	1	0	0	0



รูปที่ 2.21 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กแบบทวนเข็มนาฬิกา

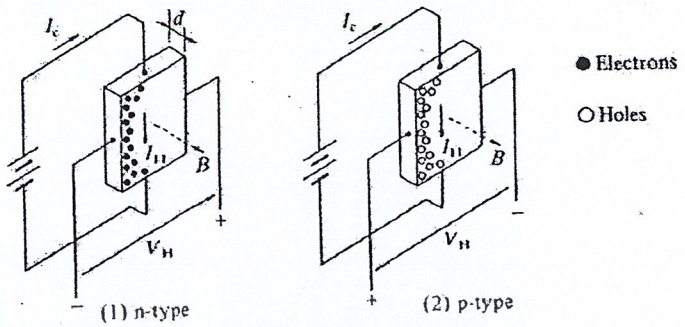
2.5.2.3 การตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์และการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Hall element)

มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน มีการตรวจจับตำแหน่งขั้วของโรเตอร์ โดยใช้ตัวเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับซึ่งมีวิธีต่างๆ ดังนี้

- อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Hall element)
- Light-emitting diodes and phototransistor หรือ โฟโตไดโอด
- Inductor sensitive to inductance variation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.22 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก

ในรูปด้านบนเมื่อกระแส I_C เคลื่อนที่ในทิศทางลงภายในเซมิคอนดักเตอร์ซึ่งผิวของเซมิคอนดักเตอร์นั้นวางตั้งฉากกับทั้งกระแส I_C และสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ B เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Electromagnetic force) กระทำบนอนุภาค (อิเล็คตรอนหรือโฮล) ตามกฎมือซ้ายอนุภาคจะถูกไบแอสทางด้านซ้ายมือของเซมิคอนดักเตอร์สภาพขั้วแม่เหล็กนั้น จะขึ้นอยู่กับว่าเซมิคอนดักเตอร์จะเป็นชนิด P หรือชนิด N แมคนิจูดของแรงดัน V_H จะเรียกว่าแรงดันฮอลล์ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$V_H = \frac{1}{d} BI_C R_H$$

เมื่อ R_H คือ ความต้านทานฮอลล์

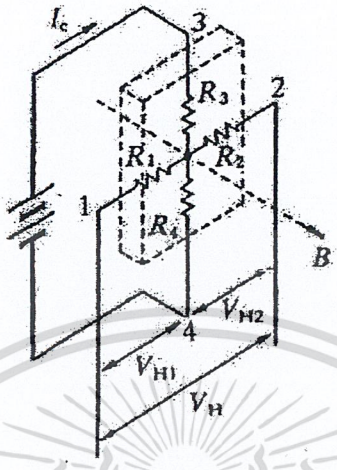
I_C คือ กระแสไฟฟ้า

B คือ ความหนาแน่นฟลักซ์

d คือ ความหนาของเซมิคอนดักเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

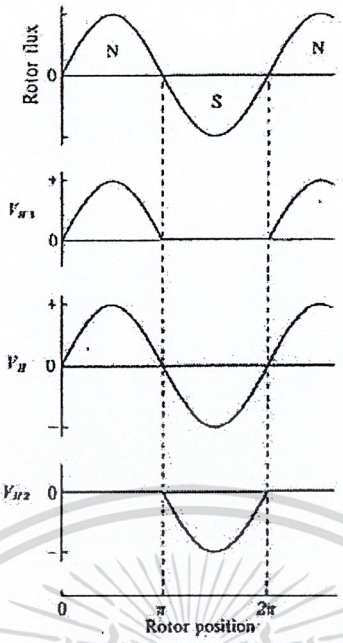
2.5.2.3.1.1 หลักการของการตรวจจับตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.23 วงจรสมมูลของอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก

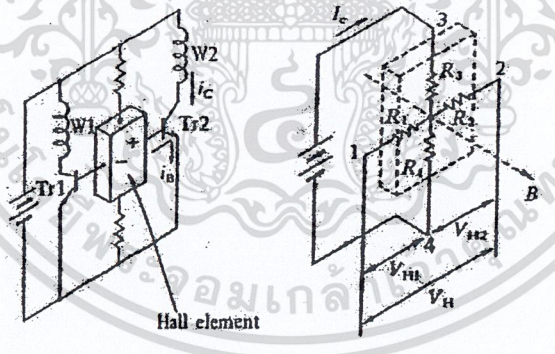
ในรูปที่ 2.23 แสดงวงจรสมมูลเป็นอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กที่มี 4-terminal เมื่อกระแส I_c ซึ่งเป็นกระแสที่ใช้ในการคอนโทรลหรืออาจเรียกว่ากระแสไบอัส ได้ไหลผ่านจาก terminal 3 ไปยังที่ terminal 4 โดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก และกระแส I_c นี้กระทำกับสนามแม่เหล็กที่ตั้งฉากกับระนาบอุปกรณ์จะทำให้เกิดการสร้างแรงดัน V_H จากทางด้าน terminal 1 และ 2 มีแรงดันแต่ละจุดคือ $\frac{V_H}{2}$ และ $-\frac{V_H}{2}$ ตามลำดับ ซึ่งให้ $R_1 = R_2$ และ $R_3 = R_4$ หากมีการกลับขั้วจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนทิศทาง ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กถูกวางใกล้กับโรเตอร์ ฮอลล์จะสามารถตรวจจับตำแหน่งขั้วและความหนาแน่นฟลักซ์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจะทำให้เอาท์พุตออกมารูปของแรงดัน V_{H1} และ V_{H2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 รูปคลื่นเอาท์พุตจากอุปกรณ์ฮอลล์

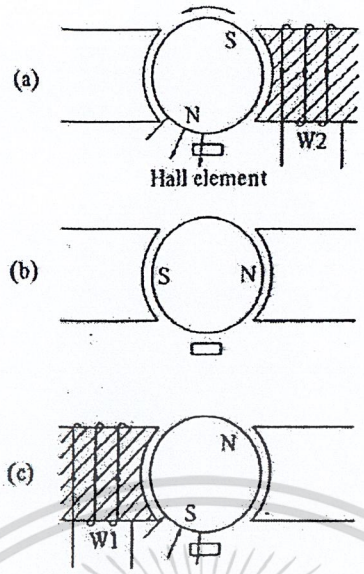
2.5.2.3.1.2 วิธีการตรวจจับตำแหน่ง



รูปที่ 2.25 แสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก

ในรูปแสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก กับมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านโดยแสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก 1 ตัว สัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาจากอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กจะต่อกับ Tr1 และ Tr2 เพื่อทำการคอนโทรลกระแสไฟในขดลวดสเตเตอร์ W1 และ W2 ในรูปด้านล่างแสดงสถานะของโรเตอร์ในขณะหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 การกำเนิดทอร์กและการสวิตช์

a) อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กทำการตรวจจับขั้วเหนือของโรเตอร์และขดลวด W2 ถูกกระตุ้น เพื่อที่จะสร้างแม่เหล็กขั้วใต้ ซึ่งจะขับโรเตอรให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา

b) เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กซึ่งฮอลล์จะตรวจได้ว่าไม่พบสนามแม่เหล็กจะทำให้ Tr ทั้ง 2 อัน OFF และไม่มีกระแสไหลเข้าไปที่ W1 และ W2 แต่โรเตอร์จะหมุนต่อเนื่องด้วยความเฉื่อย

c) อุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กตรวจจับขั้วใต้ของโรเตอร์และขดลวด W1 ถูกกระตุ้นและสร้างขั้วใต้ซึ่งจะดูดขั้วเหนือของโรเตอร์เพื่อทำการหมุนแบบ CCW ต่อเนื่อง

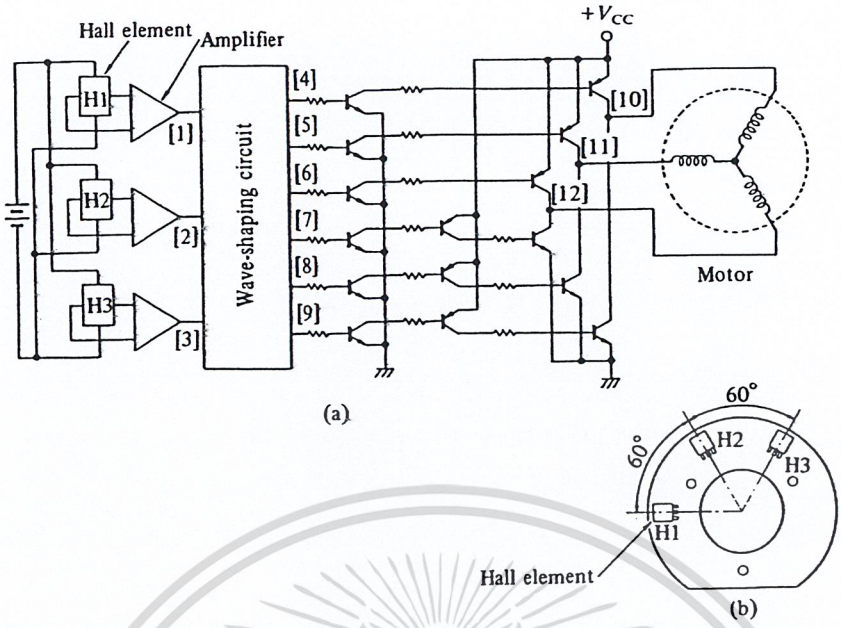
2.5.3 วงจรสมมูลและสมการพื้นฐาน

การต่อวงจรสมมูลจะเป็นดังในรูปที่ 2.21 โดยที่ λ_m เป็นฟลักซ์ที่เชื่อมต่อขดลวดสเตเตอร์เนื่องมาจากแม่เหล็กถาวร

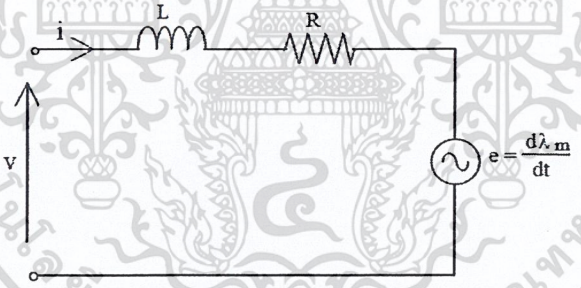
ในสภาวะคงที่สมมติให้ v และ e เป็นสัญญาณไซน์ที่ความถี่ ω ทำให้วงจรสมมูลเป็นดังในรูปที่ 2.22 เมื่อ $X = \omega L$ และ V, I, E รวมถึง λ_m เป็นเวคเตอร์ที่มีความเปลี่ยนแปลงของ rms ซึ่งสามารถเขียนสมการของวงจรจรสมมูลที่มีสภาวะคงที่ คือ

$$V = E + (R + j\omega L)\, I$$

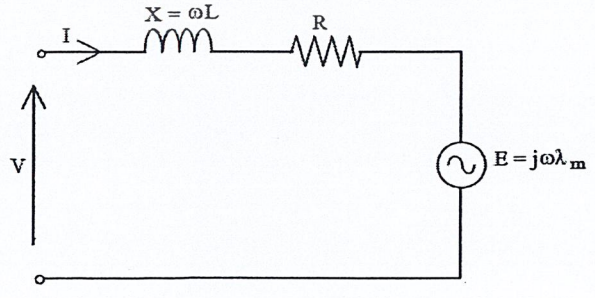
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 วงจรมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านสามเฟสแบบไบโพล่าร์และการกำหนดอุปกรณ์ฮอล์



รูปที่ 2.28 วงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน



รูปที่ 2.29 วงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านในสภาวะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพลังงานเชิงกลสูงสุดที่กำหนดให้ I และ E อยู่ในเฟส และทำให้ค่าแรงบิดต่อแอมแปร์มีค่าสูงสุด จะมีผลทำให้มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านออกห่างจากตำแหน่งของโรเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์ฮอลล์, อุปกรณ์เข้ารหัส เป็นต้น เพื่อให้เกิดมุมระหว่าง V และ E เมื่อ E เป็นเฟสของตำแหน่งขั้วโรเตอร์ และ V เป็นแหล่งจ่ายอินเวอร์เตอร์ให้กับมอเตอร์ เป็นที่เข้าใจว่า $\omega L << R$ เมื่อ I อยู่ในเฟสร่วมกับ E และ V ดังนั้นค้สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ขนาดของ E, V และ I เช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แต่ตอนแรกค่า E และ I จะอยู่ในเฟสขณะที่มอเตอร์กำลังทำงาน (ยังไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน) จะได้สมการของค่าเอาท์พุทของพลังงานไฟฟ้า คือ

$$P_{em} = m\left|E\right|\left|I\right| = m\omega\left|\lambda_m\right|\left|I\right|$$

เมื่อ m คือจำนวนของเฟส ส่วน $\left|E\right|$, $\left|I\right|$ และ $\left|\lambda_m\right|$ เป็นขนาดของเวคเตอร์ E, I และ λ_m ตามลำดับ ดังนั้นแรงบิดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คือ

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_r} = \frac{m\omega\left|\lambda_m\right|\left|I\right|}{\omega_r}$$

เมื่อ $\omega_r = 2\omega/p$ คือความเร็วของขั้วโรเตอร์มีหน่วยเป็น Rad/s และ p คือจำนวนขั้วแม่เหล็ก

$$T_{em} = \frac{mp}{2} = \left|\lambda_m\right|\left|I\right|$$

ค่าเอาท์พุทที่แท้จริงของแรงบิดเพลา คือ

$$T_{load} = T_{em} - T_{losses}$$

เมื่อ T_{losses} คือค่าแรงบิดทั้งหมดที่มาจากการสูญเสียจากแรงเสียดทาน, แรงต้าน และจากแกนเหล็ก

การลดขนาดของสัญญาณจะได้

$$T_{em} = \frac{mp}{2}\lambda_m I$$

และในส่วนของความเร็วของขั้วโรเตอร์

$$E = \frac{P}{2}\omega_r\lambda_m$$

2.5.4 ประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน

2.5.4.1 กราฟระหว่างความเร็วกับแรงบิด

สมมติให้ $\omega L << R$ และตำแหน่งย้อนกลับทำให้ V และ E อยู่ในเฟส สมการแรงดันสามารถเขียนในรูปแบบพีชคณิตอย่างง่าย คือ

$$V = E + RI$$

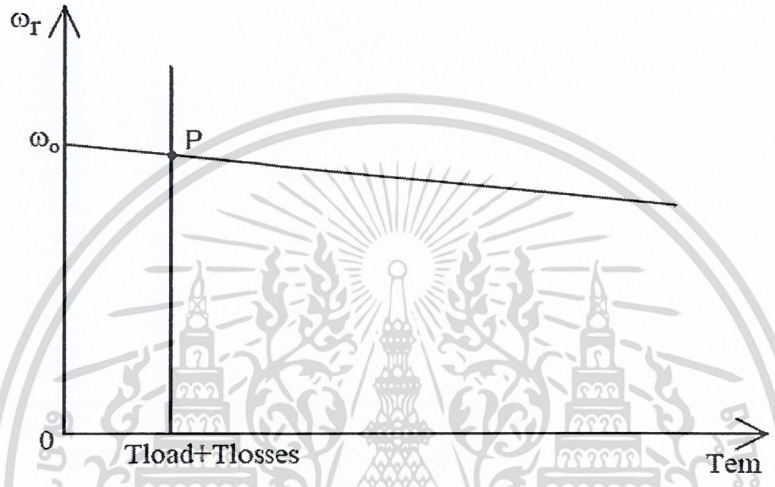
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแทนค่าความสัมพันธ์ของ $E \sim \omega_r$ และ $T \sim I$ จะทำให้ได้สมการ

$$V = \frac{P}{2}\omega_r \lambda_m + \frac{2R}{mp\lambda_m} T_{em}$$

$$\omega_r = \frac{V}{p\lambda_m / 2} - \frac{R}{m(p\lambda_m / 2)^2} T_{em}$$

โดยสมการจะมีค่าสอดคล้องกับกราฟแสดงระหว่างแรงบิดกับความเร็วดังในรูปที่ 2.30 เมื่อมีแรงดันที่คงที่



รูปที่ 2.30 กราฟแสดงระหว่างแรงบิดกับความเร็วของแรงดันที่มีค่าคงที่ให้กับมอเตอร์กระตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน

2.5.4.2 ค่าประสิทธิภาพ

สมการของค่าประสิทธิภาพจะเป็นไปตามอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าทางเอาท์พุทต่อกำลังไฟฟ้าอินพุท คือ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

เมื่อ $P_{in} = mVI$ และ $P_{out} = T_{load}\omega_r$

ในส่วนของเงื่อนไขของการไหลของกำลังไฟฟ้าจะได้

$$P_{in} = P_{cu} + P_{Fe} + P_{mec} + P_{out}$$

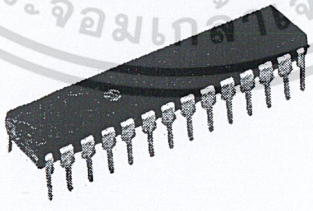
เมื่อ $P_{cu} = mRI^2$ คือ การสูญเสียพลังงานจากขดลวดจากสาเหตุจากการพันตัวต้านทาน ส่วน P_{Fe} จะเป็นการสูญเสียพลังงานจากแกนเหล็ก (ขณะไม่ใช้งาน) เนื่องจากผลต่างและการไหลวนของกระแส และ P_{mec} เป็นการสูญเสียทางแมคคานิกส์เนื่องจากแรงต้านและแรงเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลดีเอสพิค (dsPIC)

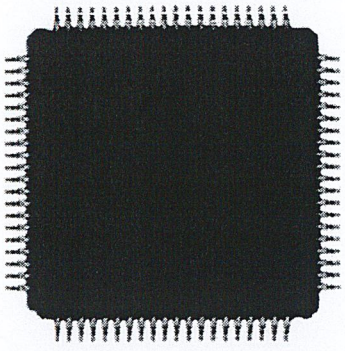
dsPIC เป็น MCU ซึ่งใช้การประมวลผลข้อมูลแบบ 16 บิต จากค่าย Microchips ซึ่งมีจุดเด่นในด้านของความสามารถในการประมวลผลข้อมูลสัญญาณแบบดิจิตอล สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานควบคุมต่างๆ โดยในโครงสร้างภายในจะเป็นการผสมผสานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) และวงจร DSP (Digital Signal Processing) รวมเข้าไว้ด้วยกัน หรืออาจเรียก MCU ตระกูล dsPIC ว่าเป็น DSP หรือ Digital Signal Controller ก็ได้ ซึ่งในปัจจุบัน MCU ในตระกูล dsPIC ของ Microchips นั้นจะมีการผลิตออกมาจำหน่ายให้ผู้ใช้งานได้เลือกใช้งานกันอยู่มากมายหลายเบอร์ตามความเหมาะสมของงาน โดยปัจจุบัน dsPIC จะแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ด้วยกัน ได้แก่ dsPIC30F20xx, dsPIC30F30xx, dsPIC30F40xx, dsPIC30F50xx และ dsPIC30F60xx ซึ่งทุกเบอร์จะใช้โครงสร้างและสถาปัตยกรรมการประมวลผลแบบเดียวกันทั้งหมด แต่จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของทรัพยากรภายใน เช่น ขนาดของหน่วยความจำใช้งาน, จำนวนของ Peripheral I/O แบบต่างๆ ซึ่งอาจมีการบรรจุไว้ในแต่ละเบอร์ด้วยจำนวนที่ไม่เท่ากัน

ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลดีเอสพิค (dsPIC) มาทำหน้าที่แทนในส่วนของโฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) ในการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (BLDC Motors) โดยรับค่าสัญญาณจากอุปกรณ์ฮอลล์ (Hall element) เป็นสัญญาณ 0 และ 1 (สัญญาณดิจิตอล : Digital Signal) ในการตรวจสอบตำแหน่งของสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ (Rotor) และนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ทั้ง 6 ตัว ให้ทำงานเป็นไปตามตามลอจิกของทิศทางการหมุนแบบทวนเข็ม และแบบตามเข็มนาฬิกา โดยในปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นการใช้ dsPIC อยู่ 2 ชนิด คือ dsPIC30F2010 และ dsPIC30F6010



รูปที่ 2.31 dsPIC30F2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 dsPIC30F6010 80-Lead Plastic Thin Quad Flatpack (TQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบโครงสร้างของรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

จากบทที่ 2 ในขัวข้อ 2.2 หลักสรีระศาสตร์ สามารถสรุปข้อมูลต่างๆ ของสัดส่วนสรีระของคนไทยต่อโครงสร้างของเก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงขนาดสัดส่วนเก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

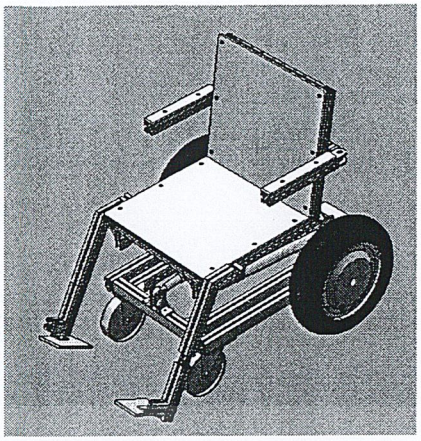
ขนากสัดส่วน	ค่าที่นำมาใช้	ค่าที่ใช้
ความสูงของที่นั่ง	ค่าสูงสุด+ความหนารองเท้า	49.5 cm
ความกว้างของที่นั่ง	ค่าสูงสุด	50.0 cm
ความลึกของที่นั่ง	ค่าต่ำสุด	46.0 cm
ความสูงของพนักพิง	ค่าต่ำสุด	≈ 45.0 cm
ความกว้างของพนักพิง	ค่าสูงสุด	≈ 50.0 cm
ความเอียงของพนักพิง	ค่ามาตรฐาน	95-100 องศา
ความสูงของที่ท้าวแขน	ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด	22.4-41.5 cm
ความกว้างของที่ท้าวแขน	ค่าสูงสุด	≈ 57.2 cm
ความยาวที่ท้าวแขน	ค่าต่ำสุด	≈ 29.3 cm
ความเอียงของส่วนพักเท้า	ค่ามาตรฐาน	30 องศา
ความยาวของส่วนพักเท้า	ค่าสูงสุดและต่ำสุด	38.15-47.5 cm
ระยะสูงสุดของการปรับที่นั่ง	ค่าสูงสุด	36.0 cm
ระยะต่ำสุดของการปรับที่นั่ง	ค่าต่ำสุด	9.5 cm

การออกแบบเก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า ออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

- ส่วนของตัวเก้าอี้ ได้แก่ ส่วนของที่นั่ง พนักพิง ที่ท้าวแขน และส่วนพักเท้า
- ส่วนของฐานรองรับเก้าอี้ ได้แก่ ส่วนของที่ปรับระดับเก้าอี้ (Motor actuator) ฐานรองรับตัวเก้าอี้ ล้อหน้า (Caster) และล้อหลัง (Brushless DC motors)

จากข้อมูลในตารางที่ 3.1 สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าได้ดังนี้

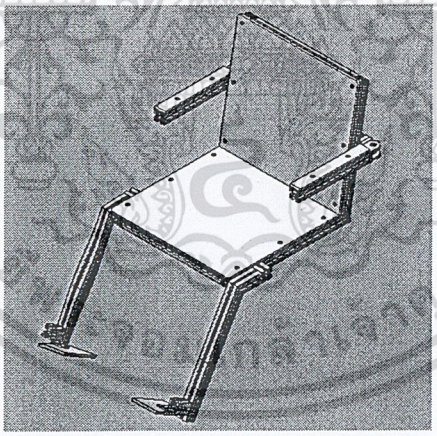
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 รถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

3.1.1 ส่วนของตัวเก้าอี้

ในส่วนของตัวเก้าอี้เป็นการนำข้อมูลในหัวข้อที่ 2.2 และตารางที่ 3.1 มาใช้ในการออกแบบโครงสร้าง โดยใช้วัสดุเป็นโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ขนาด 40x40L และข้อต่อแบบต่างๆ ดังแสดงในหนังสือแสดงอุปกรณ์ของ Rexroth Bosch Group

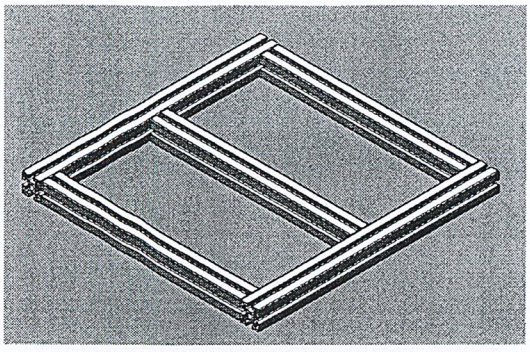


รูปที่ 3.2 โครงสร้างในส่วนของตัวเก้าอี้

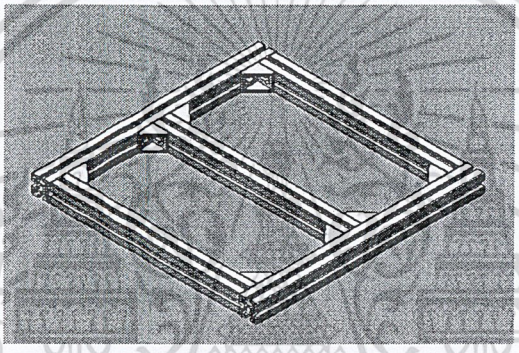
จากรูปที่ 3.2 สามารถแยกชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการประกอบออกมาอธิบายให้เข้าใจได้มากยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

โครงสร้างของตัวเก้าอี้ในส่วนของเบาะนั่งจะใช้โครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) มาเชื่อมต่อด้วย Quick connector (ดูในภาคผนวก) ดังรูปที่ 3.3 และใช้ Connection elements (ดูในภาคผนวก) มาเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.4 เพื่อให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



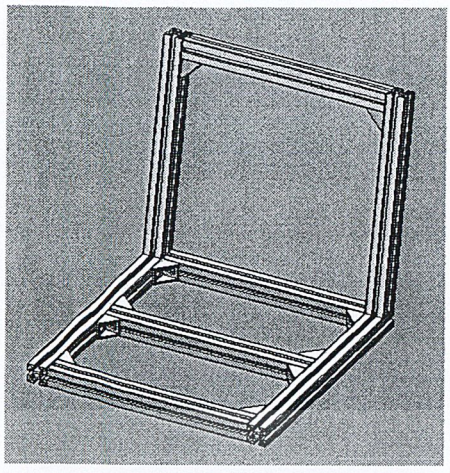
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของเบาะนั่งที่ทำการเชื่อมต่อด้วย Quick connector



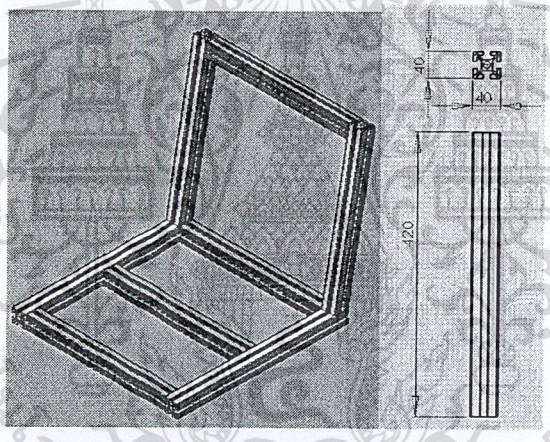
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของเบาะนั่งที่ทำการเพิ่มการเชื่อมต่อด้วย Connection elements

ส่วนของพนักพิงจะเป็นการใช้โครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) เช่นเดียวกับเบาะที่นั่ง โดยใช้ Quick connector แบบ Bendable (ดูในภาคผนวก) ในการเชื่อมต่อระหว่างเบาะที่นั่งกับพนักพิง โดยทำมุมระหว่างกันเป็นมุม 100 องศา ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และมีขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ของเบาะที่นั่ง และพนักพิง ดังรูปที่ 3.6 ถึง 3.9 และนำแผ่นไม้มาประกบเข้ากับโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนของเบาะที่นั่งกับพนักพิง

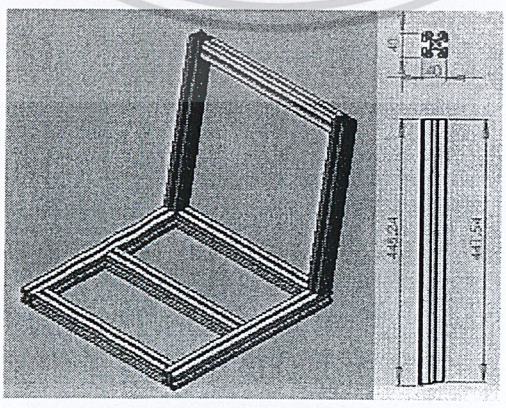
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของเบาะที่นั่งกับพนักพิง
โดยใช้ Quick connector แบบ Bendable ในการเชื่อมต่อ



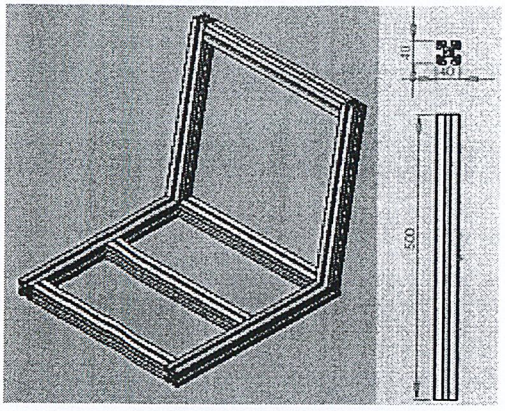
รูปที่ 3.6 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนที่ 1 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)



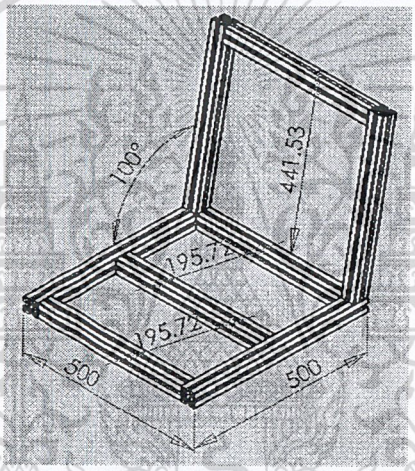
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.7 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนที่ 2 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



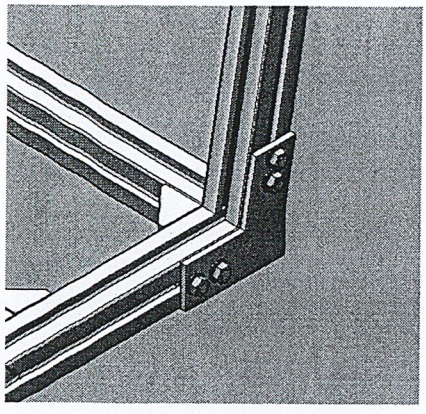
รูปที่ 3.8 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ในส่วนที่ 3 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)



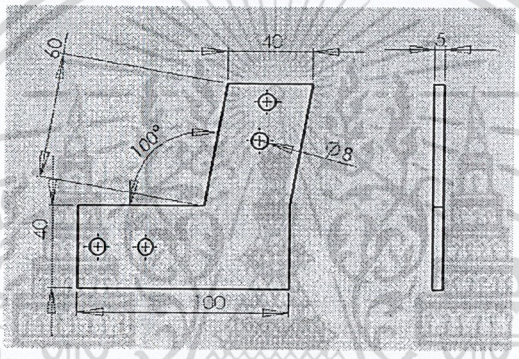
รูปที่ 3.9 ขนาดโดยรวมของโครงสร้างของเบาะที่นั่งกับพนักพิง (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ส่วนของการเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างของเบาะที่นั่งกับพนักพิง จะเพิ่มการเชื่อมต่อให้มั่นคงมากขึ้นด้วยการประกอบแผ่นอลูมิเนียมตัดเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



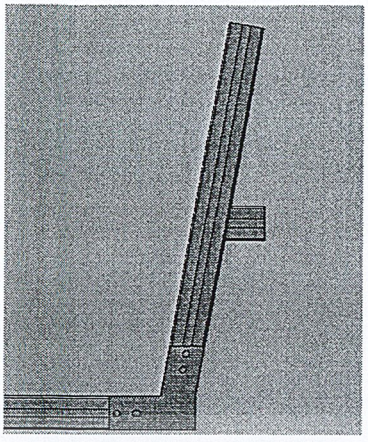
รูปที่ 3.10 การประกอบแผ่นอลูมิเนียมตัด



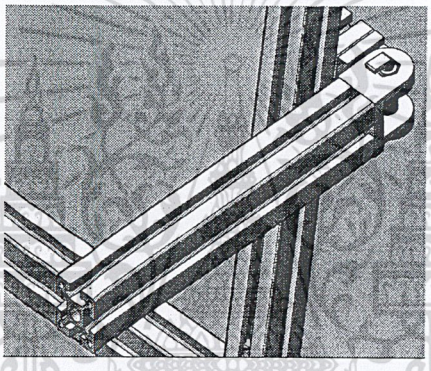
รูปที่ 3.11 ขนาดแผ่นอลูมิเนียมตัด (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ส่วนโครงสร้างของพนักพิง จะเชื่อมต่อกับส่วนที่ท้าวแขนด้วย Central bolt แบบ Cap (ดูในภาคผนวก) เพื่อให้โครงสร้างของที่ท้าวแขนขนานกับพื้นเสียก่อน ดังรูปที่ 3.12 โดยโครงสร้างของที่ท้าวแขนจะใช้โครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ขนาด 40x40L ประกบกับแผ่นไม้ และที่ท้าวแขนยังสามารถผลักเข้าและออก เพื่อที่จะสามารถเคลื่อนย้ายตัวของผู้ป่วยออกจากเก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า โดยการใช้ Joint ขนาด 40x40L Cap (ดูในภาคผนวก) ในรูปที่ 3.13

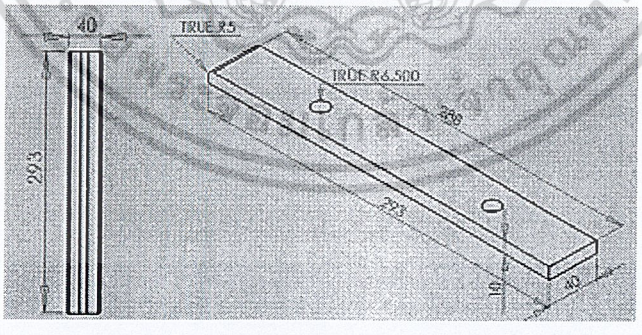
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อระหว่างพนักพิงกับที่ท้าวแขนด้วย Central bolt แบบ Cap

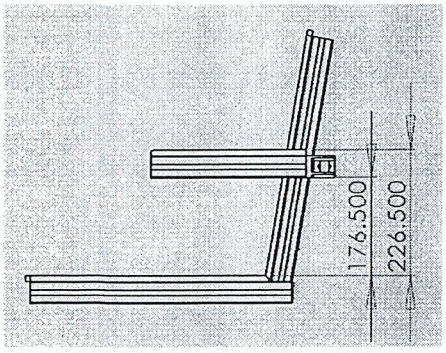


รูปที่ 3.13 การเชื่อต่อโดยใช้ Joint ขนาด 40x40L



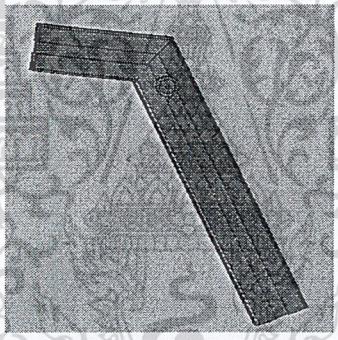
รูปที่ 3.14 ขนาดของโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) และ
แผ่นไม้ที่นำมาประกบในส่วนของที่ท้าวแขน (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

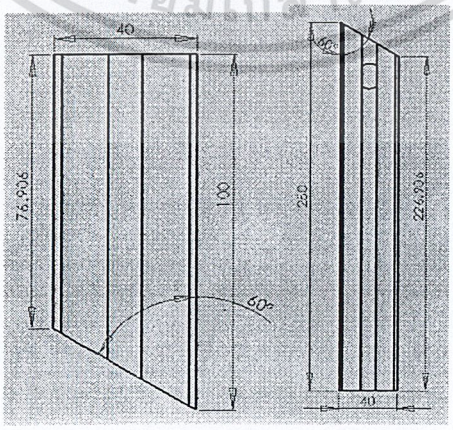


รูปที่ 3.15 ระยะห่างระหว่างเบาะที่นั่งกับที่ท้าวแขน (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ส่วนของที่พักเท้าจะเป็นการใช้โครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ขนาด 40x40L จำนวน 2 ชิ้นมาเชื่อมต่อให้ทำมุมกัน 30 องศา ด้วย Quick connector แบบ Bendable ดังแสดงในรูปที่ 3.16 และนำมาเชื่อมต่อกับเบาะที่นั่งด้วย T-connector (ดูในภาคผนวก) ในรูปที่ 3.18

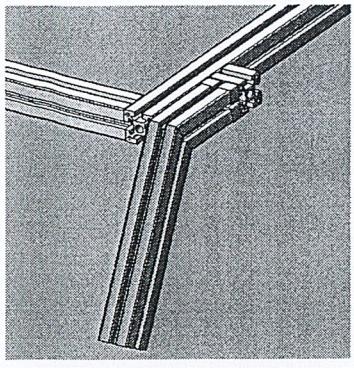


รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อที่พักเท้าด้วย Quick connector แบบ Bendable



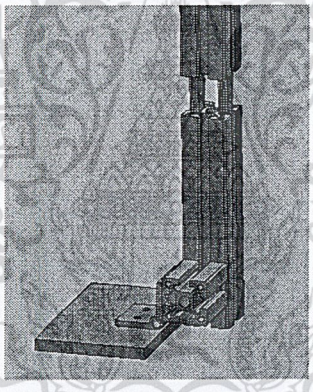
รูปที่ 3.17 ขนาดของส่วนที่พักเท้า (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

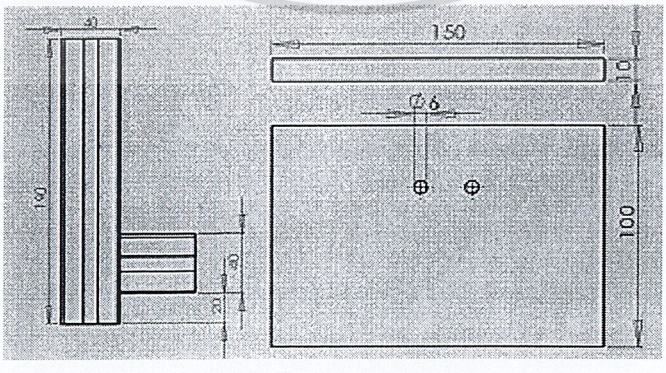


รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อระหว่างเบาะที่นั่งกับที่พักเท้าด้วย T-connector

ในส่วนของที่พักเท้าจะสามารถปรับความยาวของที่พักเท้าให้มีความสั้น-ยาว เนื่องจากผู้ใช้มีความยาวของช่วงขาที่ไม่เท่ากัน จึงใช้ Aluminum hinge (ดูในภาคผนวก) เข้ามาช่วย และในส่วนที่วางเท้าจะใช้การเชื่อมต่อด้วย Profile connector (ดูในภาคผนวก) ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การใช้ Aluminum hinge และการเชื่อมต่อแบบ Profile connector

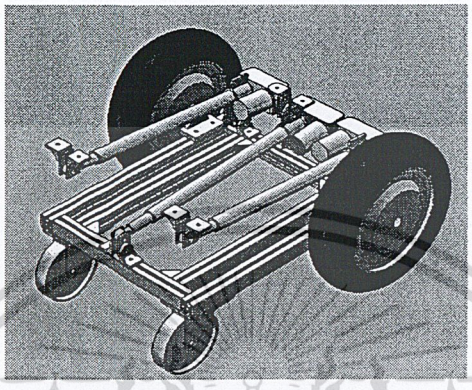


รูปที่ 3.20 ระยะของชิ้นส่วนในการสร้างที่พักเท้า

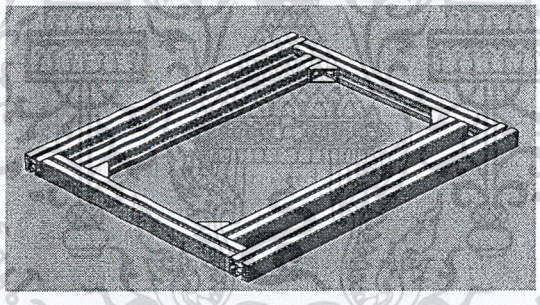
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนของฐานรองรับเก้าอี้

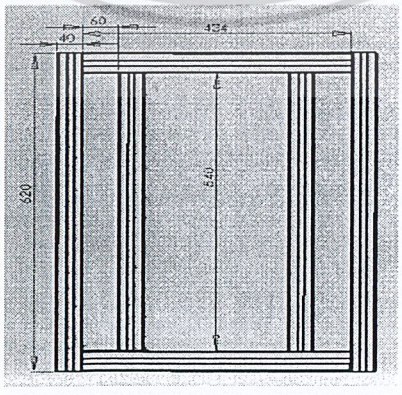
ส่วนของฐานรองรับเก้าอี้ เป็นการออกแบบโดยการใช้โครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium profile) ขนาด 40x40L แบบ 3N (ดูในภาคผนวก) และใช้ Quick connector กับ Connection elements ในการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 โครงสร้างทั้งหมดในส่วนของฐานรองรับเก้าอี้



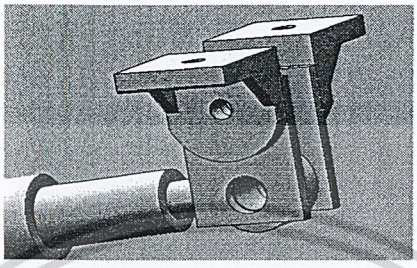
รูปที่ 3.22 โครงสร้างในส่วนของฐานรองรับเก้าอี้



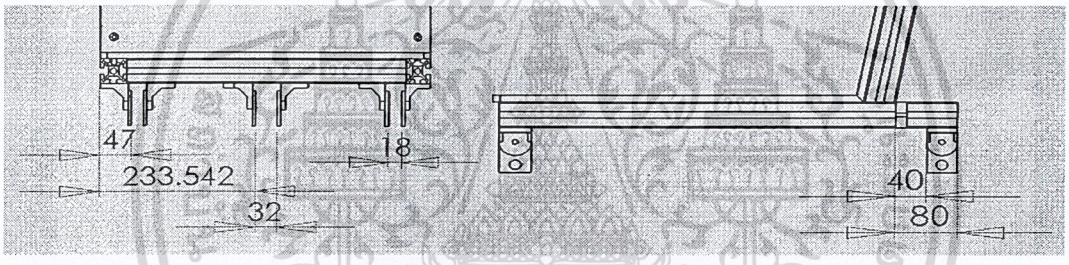
รูปที่ 3.23 ขนาดของฐานรองรับเก้าอี้ (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

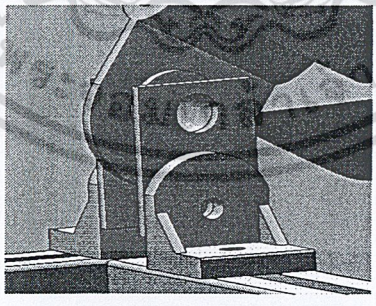
การออกแบบในส่วนของฐานรองเก้าอี้ เป็นการออกแบบที่ต้องการให้ตัวเก้าอี้สามารถปรับระดับสูง-ต่ำได้ เพื่อการเคลื่อนย้ายไปในที่ต่างๆ ในระดับที่ไม่เท่ากัน โดยตัวปรับระดับนี้จะเป็นการใช้มอเตอร์ควบคุม (Motor Actuator) ทั้งหมด 3 ตัว โดยจะทำการยึดกับโครงสร้างของเบาะที่นั่งและฐานรองรับเก้าอี้ โดยใช้ Bracket ชนิด R40x43 ดังรูปที่ 3.24 ถึง 3.26



รูปที่ 3.24 การเชื่อต่อระหว่างมอเตอร์ควบคุม (Motor Actuator) กับ Bracket ชนิด R40x43



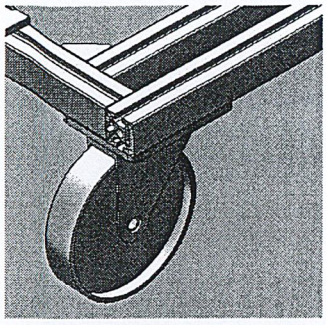
รูปที่ 3.25 การเชื่อต่อระหว่างเบาะที่นั่งกับ Bracket ชนิด R40x43 (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร)



รูปที่ 3.26 การเชื่อต่อระหว่างฐานรองรับเก้าอี้กับ Bracket ชนิด R40x43

ส่วนของล้อเก้าอี้ผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า จะมีใช้ด้วยกันทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ ล้อหน้า (Caster) ในรูปที่ 3.27 และ ล้อหลัง (Brushless DC Motors) โดยเชื่อต่อกับฐานรองรับเก้าอี้ด้วย Cross connector (ดูในภาคผนวก) ดังแสดงในรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 การเชื่อมต่อล้อหน้า (Caster) กับฐานรองรับเก้าอี้



รูปที่ 3.28 การเชื่อมต่อล้อหลัง (Brushless DC Motors) กับฐานรองรับเก้าอี้

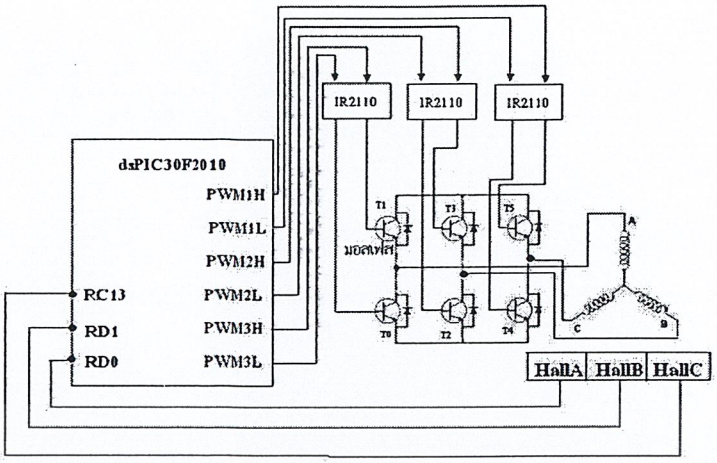
สรุป การออกแบบรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า หวังเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วย โดยได้นำข้อมูลในบทที่ 2 มาเป็นข้อมูล และออกแบบได้ดังรูปที่ 3.1-3.28 และข้อควรพิจารณาสำหรับผู้ใช้งานที่มีขนาดของสรีระที่แตกต่างจากขนาด และสัดส่วนของรถเข็นผู้ป่วยขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้มาก หรือน้อยจนเกินไป ไม่ควรใช้งานเพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวผู้ใช้ได้ตามข้อมูลที่ได้บอกไว้ในบทที่ 2

3.2 การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motors)

3.2.1 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (Brushless DC motors)

จากรูปที่ 3.29 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปลงถ่าน เป็นการอาศัยหลักการขับมอเตอร์แบบ 6 step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 แบบจำลองวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน

สำหรับการทำงานของวงจรนี้จะรับสัญญาณอินพุทแบบพัลส์วิดธ์มอดูเลชัน ซึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยค่าดิวตี้ไซเคิลจะขึ้นอยู่กับผลของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์สัญญาณพัลส์วิดธ์ที่ออกมา 1 คู่ จะประกอบไปด้วยสัญญาณแบบ High และ Low ซึ่งสัญญาณทั้งสองนั้นจะเป็นแบบคอมพลีเมนตารี่

สัญญาณทั้งสองจะถูกส่งเข้าไปที่ตัวเกทไดรฟ์ (Gatedrive : IR2110) เพื่อขยายสัญญาณทางด้านเอาท์พุต จะได้ H_{out} และ L_{out} เพื่อไปสั่งการทำงานของตัวสวิตช์ซึ่ง T1-T6 (ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้มอสเฟตเบอร์ IRPF2907) เนื่องจากความสามารถในการทนต่อกระแส แรงดัน และ สามารถสวิตช์ที่ความถี่สูงๆ)

มอเตอร์ 1 ตัวใช้สัญญาณพัลส์วิดธ์ 3 คู่ เพื่อให้สามารถเลือกทิศทางของกระแสได้แรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์นั้นจะอยู่ที่ 0 ถึง 24 โวลต์ ซึ่งตัวที่จะกำหนดขนาดของแรงดันที่จะป้อนให้มอเตอร์ก็คือ สัญญาณพัลส์วิดธ์ที่ปรับค่าดิวตี้ไซเคิลได้ตั้งแต่ 0-100% โดยที่

$$V_{av} = \frac{T_{on}}{(T_{off} + T_{on})} \times V_{battery} = Duty\ Cycle \times V_{battery}$$

3.2.2 การออกแบบวงจรโดยใช้ Protel 99SE

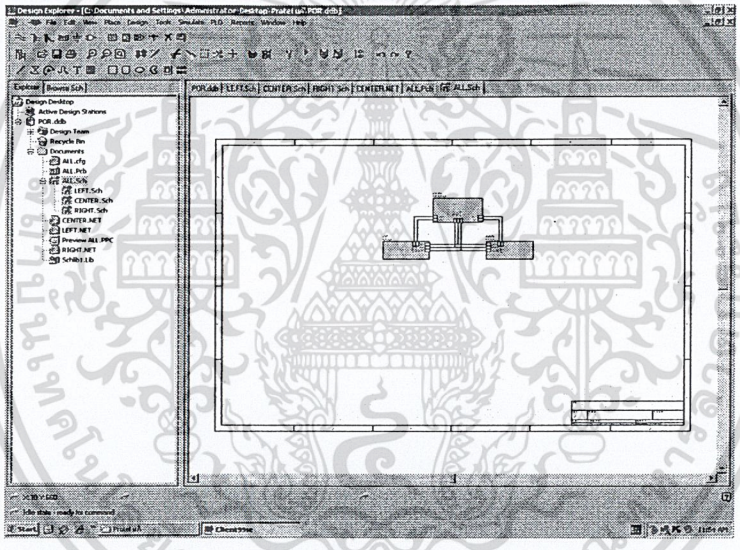
โปรแกรม Protel 99 SE ในปัจจุบันนี้ ถือว่าเป็นโปรแกรมที่มีมานานแล้ว แต่คนส่วนใหญ่ก็ยังนิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย เพราะความสามารถในการออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) ของโปรแกรมนั้นไม่ได้ด้อยไปกว่าตัวใหม่อย่าง Protel DXP หรือ Altium Designer เลย ไม่ว่าจะเป็นการเดินลายทองแดงอัตโนมัติ การตั้งกฎการเดินลายทองแดง การจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้า การสร้างอุปกรณ์ การจัดเก็บไฟล์ที่เป็นระเบียบ และการมีเครื่องมือใช้งานอย่างครบครัน เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่ามีความยืดหยุ่นในการใช้งานได้ดีในระดับหนึ่งเลยทีเดียว จึงไม่แปลกเลยที่โรงงานผลิต

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PCB ส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะสามารถรองรับไฟล์ PCB ของโปรแกรม Protel 99SE ได้ และซอฟท์แวร์ของ Protel 99SE นั้นสามารถหาได้ง่ายในตามท้องตลาดทั่วไป และไม่กินพื้นที่ในการติดตั้งมากนัก โครงงานนี้ได้ใช้โปรแกรม Protel 99SE ในการออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการออกแบบลายวงจรพิมพ์ดังนี้

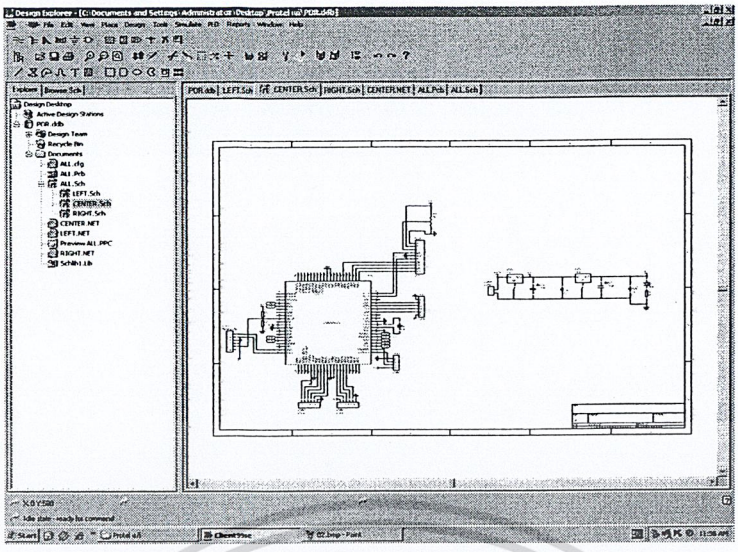
3.2.2.1 การสร้างไฟล์ Schematic

การสร้างไฟล์แบบ Schematic นั้นจะต้องทำการลงอุปกรณ์ที่เราใช้ในวงจรทั้งหมดลงไปพร้อมกับจัดเรียงลำดับอุปกรณ์ และกำหนดคุณสมบัติให้กับอุปกรณ์ให้ครบถ้วน เมื่อทำการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จแล้วจึงจะมาทำการ Wire เพื่อเชื่อมสายสัญญาณให้กับวงจรจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.30 ถึง 3.32

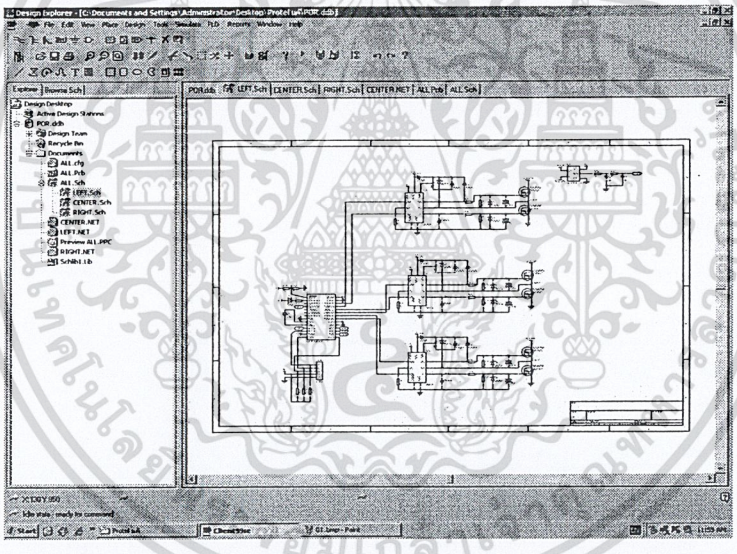


รูปที่ 3.30 การสร้างไฟล์แบบ Schematic (ALL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 การสร้างไฟล์แบบ Schematic (CENTER)



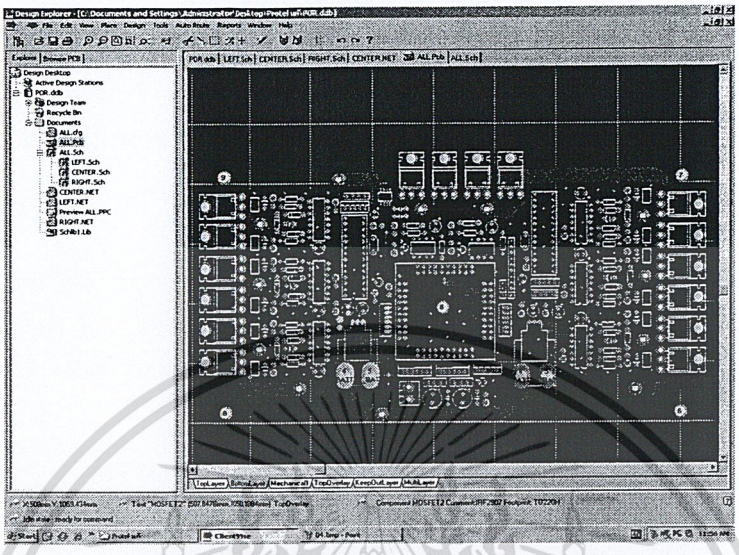
รูปที่ 3.32 การสร้างไฟล์แบบ Schematic (LEFT & RIGHT)

3.2.2.2 การออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB)

การออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) เป็นการนำไฟล์ Schematic มา Update PCB เพื่อที่จะทำการออกแบบ PCB เมื่อทำการ Update PCB เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงจะทำการจัดวางอุปกรณ์ให้เข้าที่มากที่สุด และใช้พื้นที่น้อยที่สุดจากนั้นก็จะเป็นการทำการเดินลายทองแดง ซึ่งในวงจรที่เราได้ทำขึ้นมาในครั้งนี้มีอุปกรณ์ในวงจรเยอะ และมีความซับซ้อนในการเดินลายทองแดงมาก ทำให้ไม่สามารถเดินลายทองแดงแบบ Single Layer (ชนิดหน้าเดียว) ได้ จึงจำเป็นต้องเดินลายทองแดงแบบ Two Layer Plated Through Hole (ชนิดสองหน้า PTH) โดยเส้นสีแดงจะเป็นส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

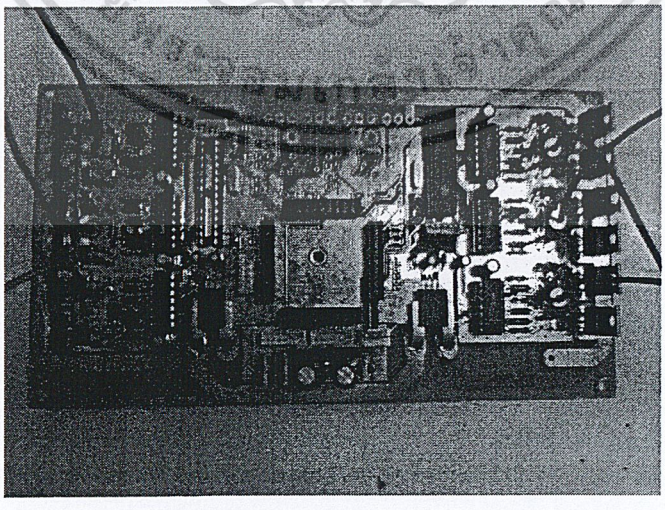
ของลายทองแดงแบบ Top Layer ส่วนเส้นสีน้ำเงินจะเป็นส่วนของลายทองแดงแบบ Bottom Layer ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การออกแบบวงจรพิมพ์ (PCB)

3.2.2.3 การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) และการลงอุปกรณ์

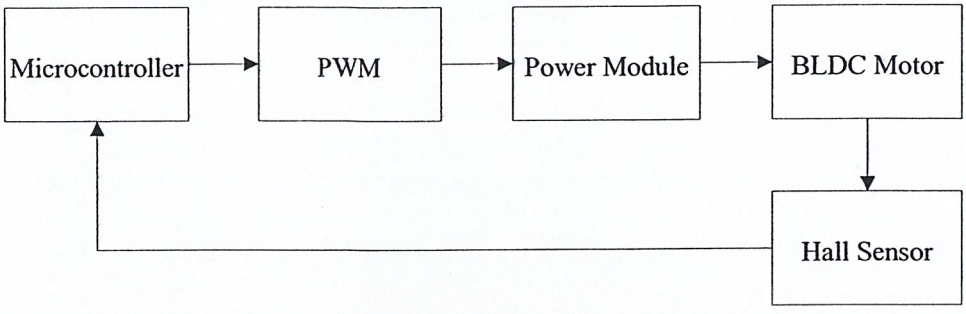
การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ จะเป็นการนำลายวงจรพิมพ์ (PCB) ไปสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) โดยการทำนั้นเรียกว่า การกัดแผ่นวงจรพิมพ์ และทำการลงอุปกรณ์ให้กับแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 แผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

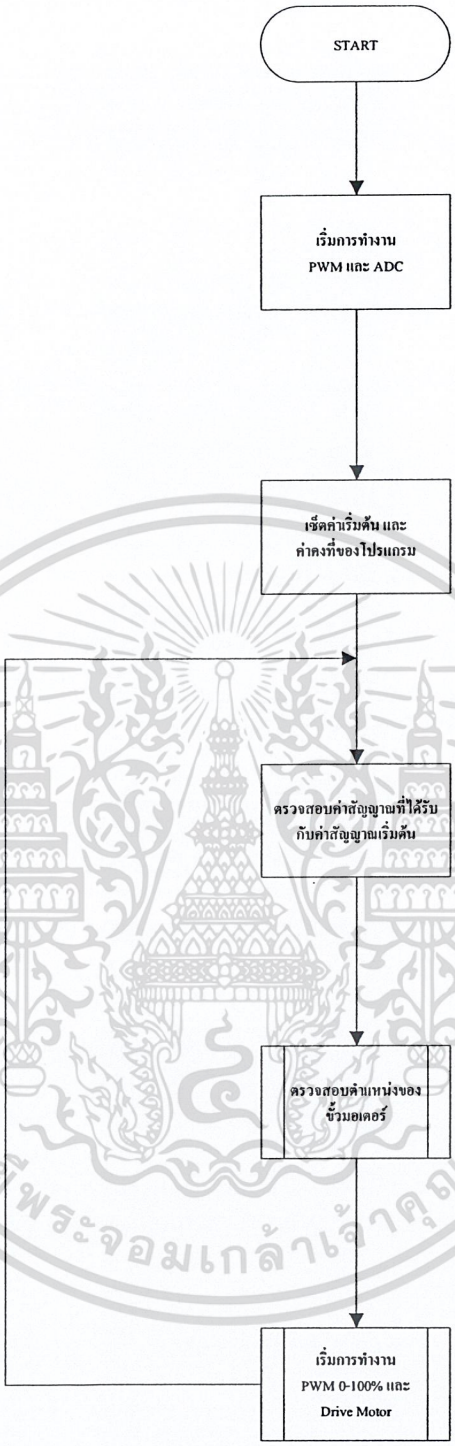


รูปที่ 3.35 แสดงบล็อกไดอะแกรมการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน

จากรูปที่ 3.35 เป็นบล็อกไดอะแกรมที่แสดงถึงหลักการทำงานของการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางการเขียนโปรแกรมภาษาซีในการควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน

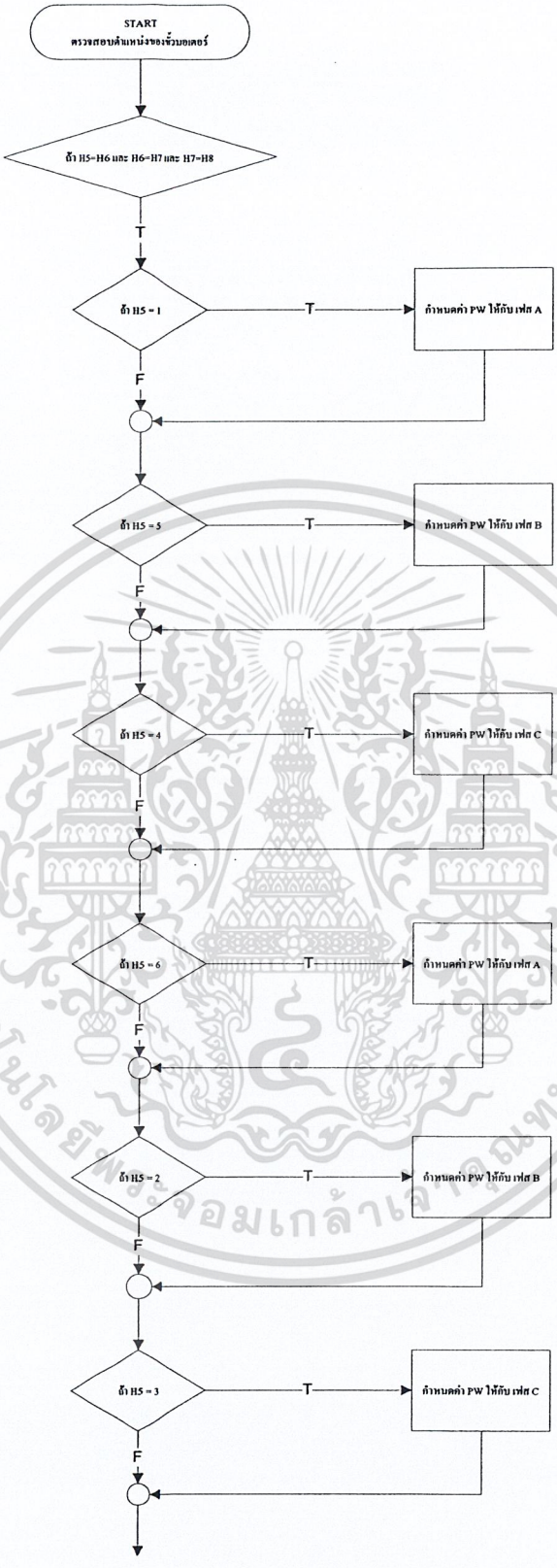
การทำงานของโปรแกรมภาษซีที่ได้ทำการทดลองเขียนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และในการทำการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (ดูในภาคผนวก) โดยตัวโปรแกรมจะมีการทำงานเริ่มจากการตรวจสอบค่าที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Hall sensor) เพื่อตรวจหาตำแหน่งของขั้วมอเตอร์ และส่งค่าสัญญาณพัลส์ (PWM) ให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน โดยสามารถนำหลักการทำงานของโปรแกรมมาทำเป็น Flow Chart ดังรูปที่ 3.36 ถึง 3.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



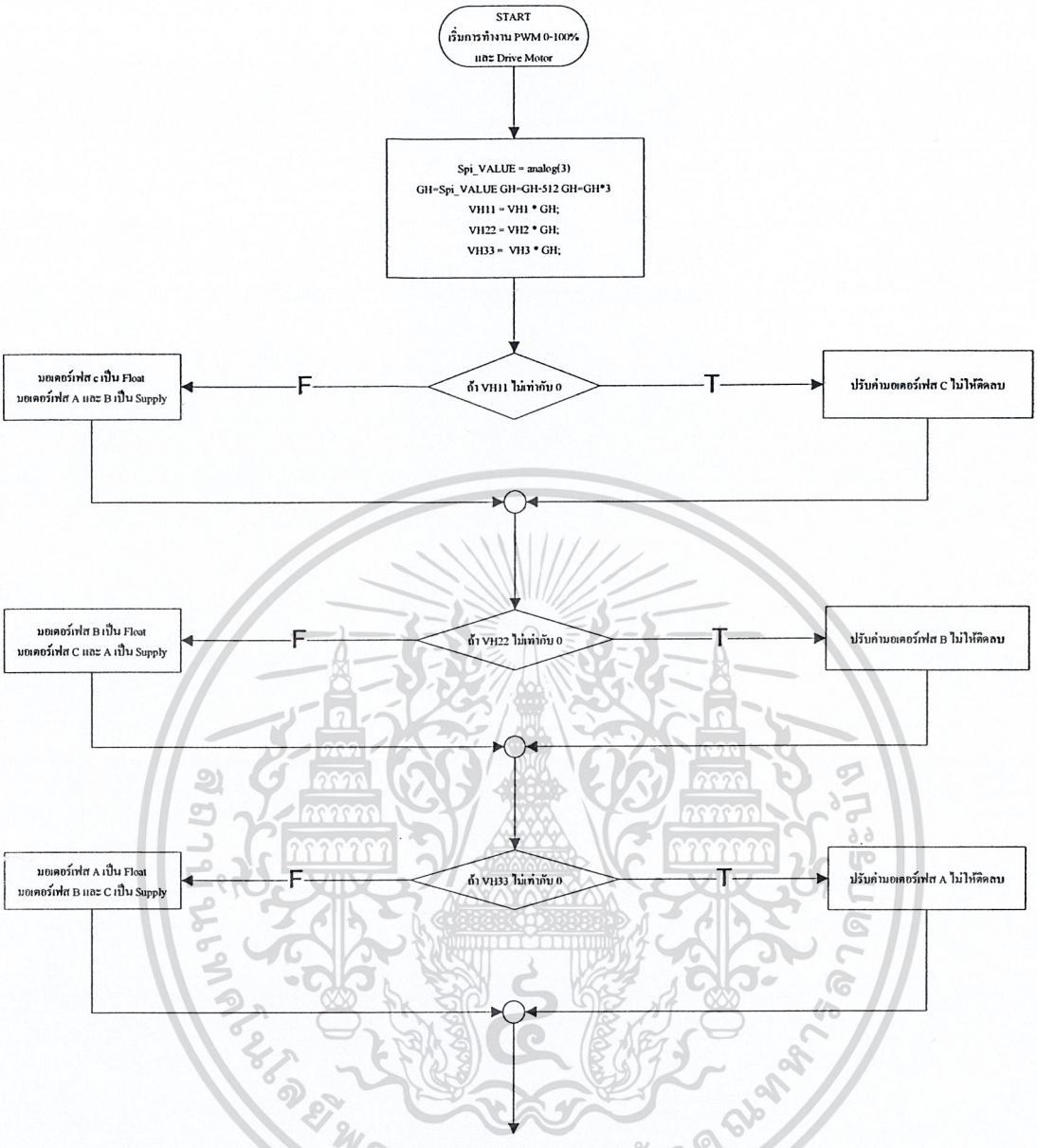
รูปที่ 3.36 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมย่อย (ตรวจสอบตำแหน่งของขั้วมอเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมย่อย (เริ่มการทำงาน PWM 0-100% และ Drive Motor)

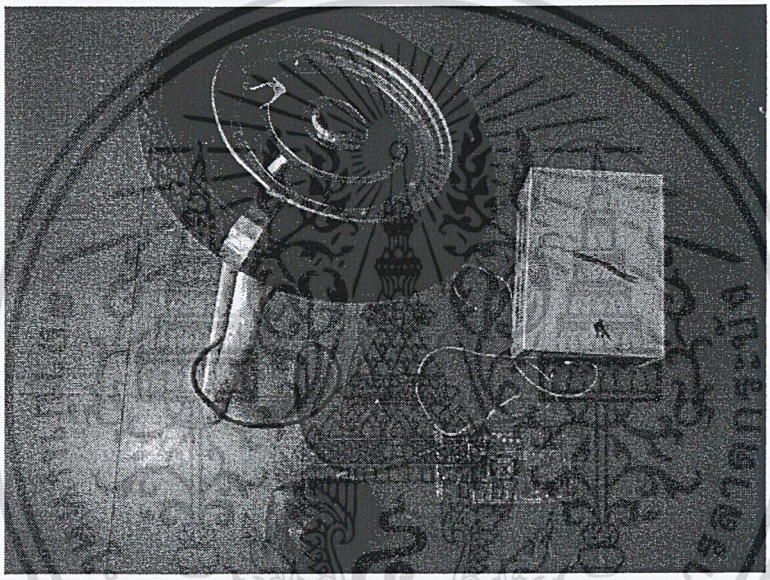
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (ล้อหลัง)

การทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ จะเป็นการทดลองโดยนำวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์มาเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ, มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (BLDC Motor : ล้อหลัง) และคันบังคับ (Joystick) ดังรูปที่ 4.1



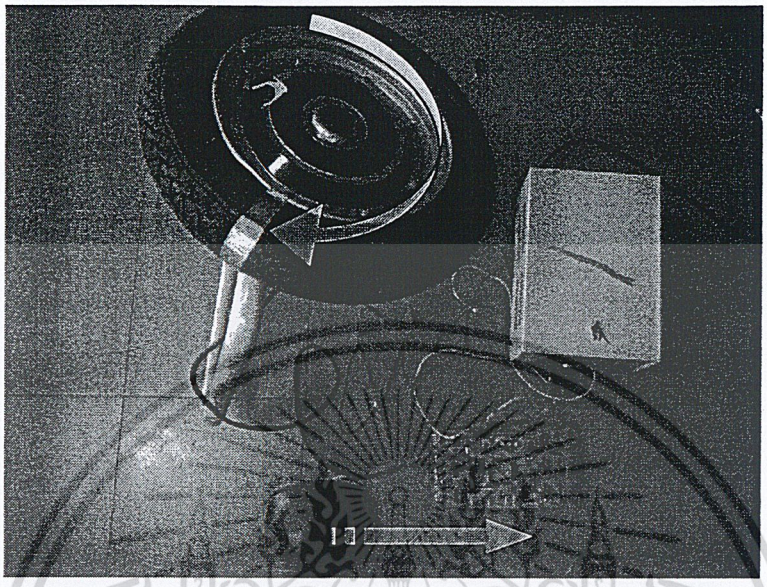
รูปที่ 4.1 รูปการต่ออุปกรณ์

การเชื่อมต่อของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (BLDC Motor : ล้อหลัง) กับวงจรจะมีทั้งหมด 8 เส้น แบ่งเป็นชุดอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็ก 5 เส้น และชุดเฟสของมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปลงถ่าน 3 เส้น และส่วนของคันบังคับมีการต่อเข้ากับวงจรทั้งหมด 3 เส้น คือ ชุดไฟเลี้ยง 2 เส้น และชุดส่งค่าสัญญาณเอาท์พุต 1 เส้น

การทดลองจะทำการจ่ายกระแสไฟให้กับวงจรทั้งหมดประมาณ 20 โวลต์ และทำการบังคับคันบังคับ (Joystick) เพื่อเป็นการสร้างค่าสัญญาณพัลส์ (PWM) ให้มีความกว้างของสัญญาณพัลส์เปลี่ยนแปลงเพื่อเพิ่มความเร็วรอบ และการบังคับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (ล้อหลัง) โดยแรงดันจาก 1.5 โวลต์ ไปจนถึง 2.5 โวลต์ สำหรับบังคับทิศทางไปด้านซ้าย และแรงดันจาก 2.5 โวลต์ ไปจนถึง 3.5 โวลต์ สำหรับบังคับทิศทางไปด้านขวา

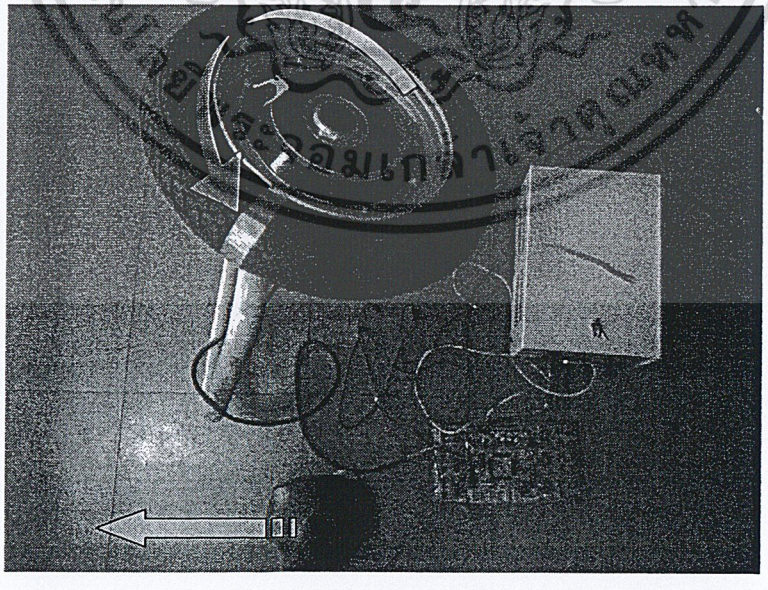
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราบังคับคันบังคับ (Joystick) ไปทางด้านขวา จะทำให้มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (ล้อหลัง) จะเคลื่อนตัวไปทางขวาตามค่าสัญญาณพัลส์ (PWM) ที่ได้รับมา ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปฏิกิริยาของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านเมื่อบังคับคันบังคับไปด้านขวา

เมื่อเราบังคับคันบังคับ (Joystick) ไปทางด้านซ้าย จะทำให้มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่าน (ล้อหลัง) จะเคลื่อนตัวไปทางขวาตามค่าสัญญาณพัลส์ (PWM) ที่ได้รับมา ดังรูปที่ 4.3



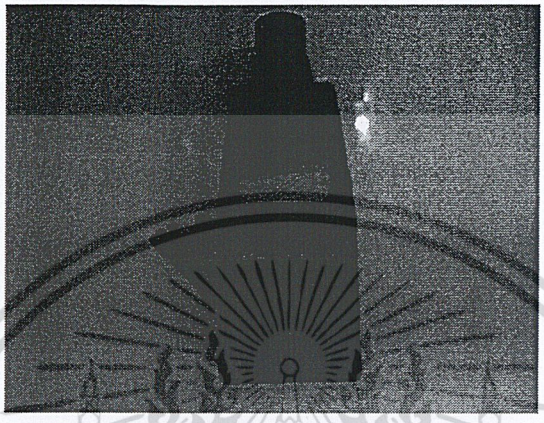
รูปที่ 4.3 ปฏิกิริยาของมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปรงถ่านเมื่อบังคับคันบังคับไปด้านซ้าย

เอกสารนี้ [illegible] ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบหาความเร็วรอบของมอเตอร์และระยะทาง

4.2.1 หาความเร็วรอบ

การทดสอบความเร็วรอบของมอเตอร์ เป็นการใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Digital Tacho) ในการวัดหาค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Digital Tacho)

ในการทดลองจะเป็นการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจากคันบังคับ (Joystick) เพื่อให้ค่าความเร็วเปลี่ยนแปลง และใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Digital Tacho) ในการตรวจจับหาความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยดูค่าความเร็วรอบที่ทำการทดสอบได้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การหาความเร็วรอบ (rpm)

แรงดัน (V)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย
1.50	93.2	98.7	102.5	98.3	**98.2**
1.75	72.5	75.6	70.2	80.4	**74.7**
2.00	52.0	50.8	49.5	50.4	**50.7**
2.25	29.7	27.6	25.7	28.6	**27.9**
2.50	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
2.75	25.7	26.9	24.8	25.2	**25.7**
3.00	46.2	52.8	48.7	46.4	**48.5**
3.25	81.8	80.9	73.5	75.8	**78.0**
3.50	105.2	98.3	99.0	103.4	**101.5**

เอกสารนี้มีเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 หาระยะทาง

การหาระยะทางในที่นี้ เป็นการคำนวณตัวเลขจากการนำค่าเฉลี่ยความเร็วรอบของมอเตอร์ในตารางที่ 4.1 มาคูณกับค่าเส้นรอบวงของมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปลงถ่าน (ล้อหลัง) ซึ่งมีค่าเส้นรอบวงประมาณ 126 เซนติเมตร โดยจะได้ค่าจากการคำนวณดังตารางที่ 4.2

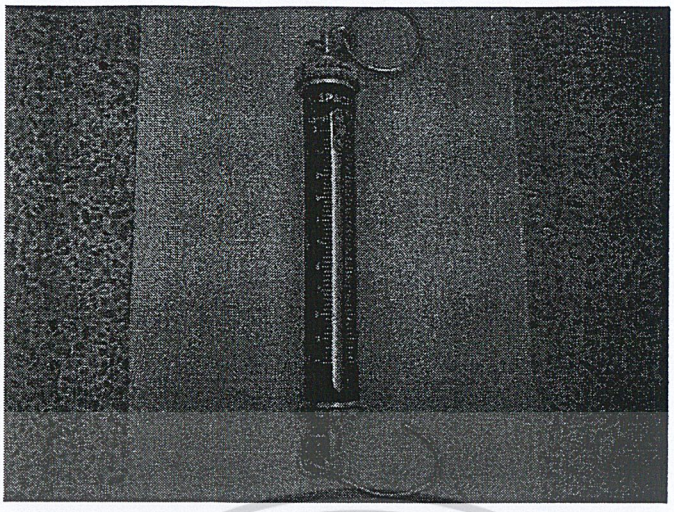
ตารางที่ 4.2 การหาระยะทาง (m/min)

แรงดัน (V)	ความเร็วรอบ (rpm)	เส้นรอบวง (m)	ระยะทาง (m/min)
1.50	98.2	1.26	**123.73**
1.75	74.7	1.26	**94.12**
2.00	50.7	1.26	**63.89**
2.25	27.9	1.26	**35.15**
2.50	0.0	1.26	**0.00**
2.75	25.7	1.26	**32.38**
3.00	48.5	1.26	**61.11**
3.25	78.0	1.26	**98.28**
3.50	101.5	1.26	**127.89**

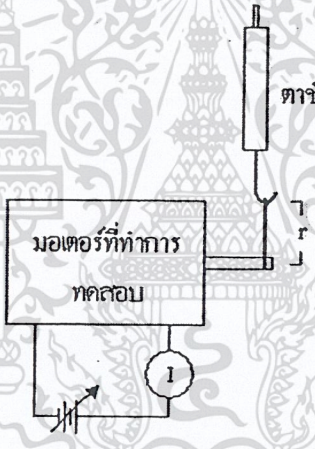
4.3 ทดสอบหาค่าทอร์ก (Torque)

เมื่อทำการบังคับคันบังคับ (Joystick) ไปทางซ้ายหรือทางขวา เพื่อให้มอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่าน (BLDC Motor) หมุนด้วยความเร็วคงที่ในช่วงแรงดันต่างๆ และที่ปลายมอเตอร์กระแสตรงชนิดไม่มีแปลงถ่านจะทำการผูกกับตาชั่งแบบสปริง (Capacity) ดังในรูปที่ 4.7 โดยเมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้เกิดแรงดึงขึ้นกับตาชั่งแบบสปริง จะสามารถอ่านค่าแรงดึงในหน่วยเป็นกิโลกรัมได้ที่ด้านข้างของตาชั่งแบบสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ตาชั่งสปริง (Capacity)



รูปที่ 4.6 การวัดค่าทอร์กของมอเตอร์

การหาทอร์กของมอเตอร์นั้นจะหาได้จากสูตร $\tau = F \times r$ โดย r คือ ระยะทางจากปลายมอเตอร์ไปยังตาชั่งสปริง โดยสามารถดูค่าทอร์กในช่วงต่างๆ ในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การหาค่าทอร์ก (Torque)

แรงดัน (V)	F (kg)	F (N)	r (m)	τ (N.m)
1.50	0.9	8.83	0.11	**0.97**
1.75	1.6	15.70	0.11	**1.73**
2.00	2.8	27.47	0.11	**3.02**
2.25	4.7	46.11	0.11	**5.07**
2.50	0.0	0.00	0.11	**0.00**
2.75	4.6	45.13	0.11	**4.96**
3.00	3.1	30.41	0.11	**3.35**
3.25	1.6	15.70	0.11	**1.73**
3.50	1.2	11.77	0.11	**1.29**

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วรอบเมื่อมีค่าความเร็วรอบที่สูงขึ้น จะทำให้ค่าทอร์กมีค่าน้อยลง แต่เมื่อความเร็วรอบมีค่าความเร็วรอบที่ต่ำลง ก็จะทำให้ค่าทอร์กมีค่ามากขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาหลักการทางด้านสรีระ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมทั้งทางด้านการใช้งานและสรีระสัดส่วนของคนไทยในปัจจุบัน โดยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าให้มีความสมบูรณ์ในการใช้งานมากที่สุดและมีการประกอบชิ้นส่วนที่ง่ายที่สุด โดยส่วนใหญ่จะนำวัสดุประเภทที่เป็นจำพวกโครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium Profile) ในการออกแบบชิ้นงานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่ทำการออกแบบจะสามารถทำการพับที่ท้าวแขนลงได้ เพื่อที่ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยลงจากเก้าอี้ไฟฟ้าสำหรับผู้พิการ ส่วนที่พักเท้านั้นก็จะสามารถปรับระดับความสั้นความยาวของที่พักเท่าได้ และยังสามารถปรับระดับความสูงความต่ำของเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าได้ โดยใช้หลักการทำงานของ Linear Actuator ที่มีทั้งหมด 3 ตัวด้วยกัน

ในส่วนของ Hardware และ Software ได้ทำการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ตามวงจรในรูปที่ 3.30 ถึงรูปที่ 3.34 และเขียนโปรแกรมการควบคุมลงไปใน dsPIC30F2010 โดยโปรแกรมจะเป็นการเขียนให้ใช้ Joystick ในการควบคุมทิศทางการหมุนของล้อรถ (BLDC) ให้หมุนไปในทิศทางต่างๆ และเร่งความเร็วตามที่เราได้บังคับ Joystick

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการออกแบบเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าแต่ยังไม่มีความสมบูรณ์มากนัก จึงสามารถที่จะทำการออกแบบเก้าอี้คนไข้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเพิ่มหรือปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีความสมบูรณ์มีมากยิ่งขึ้น เช่นแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ในส่วนของตัว Microcontroller ที่ชื่อว่า dsPIC30F6010 นั้นยังมีความผิดพลาดในการลัดวงจรอยู่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล "dsPIC microcontroller: Basic experiment in C programming with MPLAB C30" Innovative Experiment Co.,Ltd.

[2] T. Kenjo and S. Nagamori "Permanent-Magnet and Brushless DC Motors" Filmset and printed in Northern Ireland at The Universities Press (Belfast) Ltd.

[3] Rexroth Bosch Group "Basic Mechanic Elements : The Drive and Control Company"

[4] Chapter 12 : Brushless DC Motors

[5] www.microchip.com

[6] ยุทธนา ทีฆหธีรวัฒน์ "โครงการออกแบบปรับปรุงรถนั่งคนพิการไฟฟ้า (The Powered Wheelchair)"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

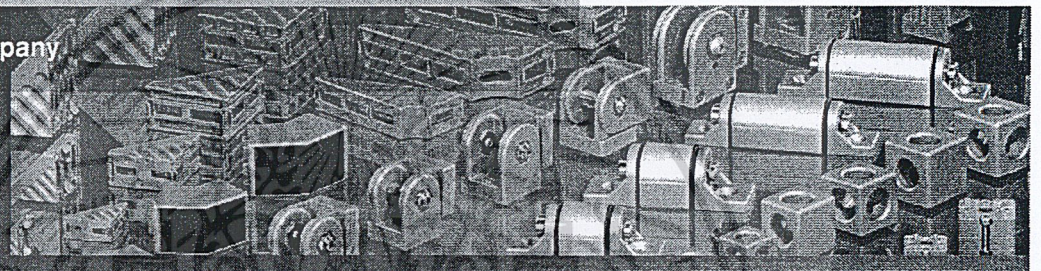
Electric Drives and Controls | Hydraulics | Linear Motion and Assembly Technologies | Pneumatics | Service

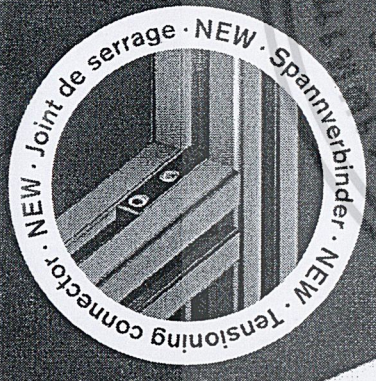
Rexroth
Bosch Group

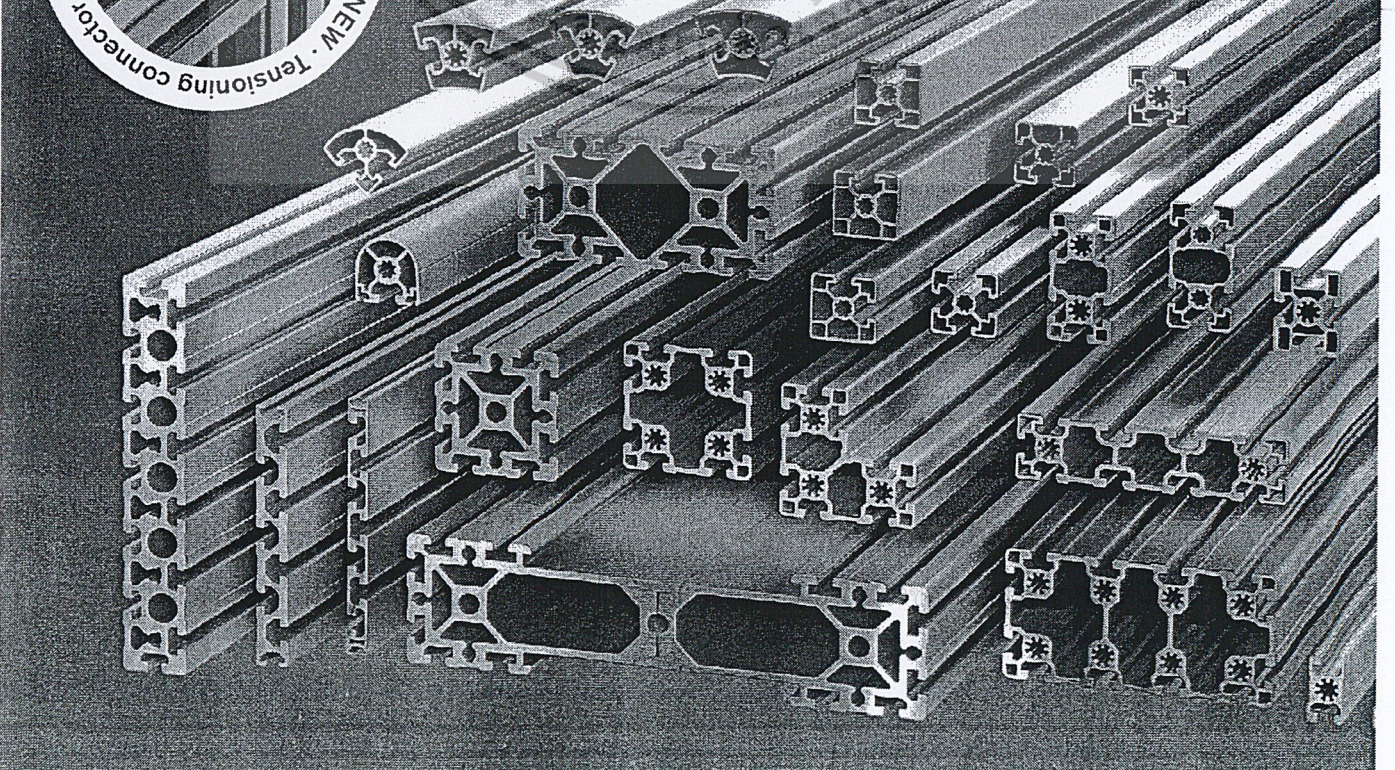
Mechanik-Grundelemente
Basic Mechanic Elements
Les éléments mécaniques de base

Ausgabe
Version
Version 12.0

The Drive & Control Company

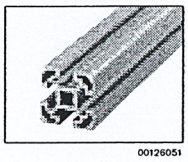


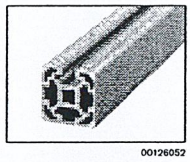


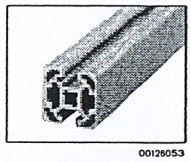


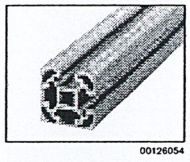
Profile · Profiles · Profilés

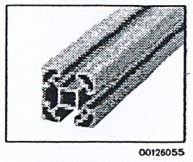
40x40L


00126051


00126052

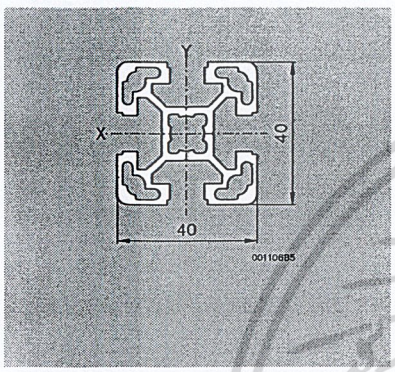

00126053


00126054


00126055



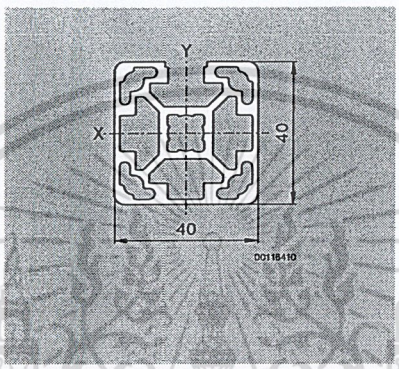
40x40L



40x40L	
	LE 1 x L = ... mm
	3 842 993 120 / ...
M12	3 842 993 121 / ...
M12 M12	3 842 993 122 / ...
M12 D17	3 842 993 123 / ...
D17	3 842 993 124 / ...
D17 D17	3 842 993 125 / ...
D17 D17V	3 842 993 126 / ...
D9,8 D9,8	3 842 993 129 / ...
	50 mm ≤ L ≤ 6000 mm

	LE 20 x L = 6070 mm
	3 842 529 339

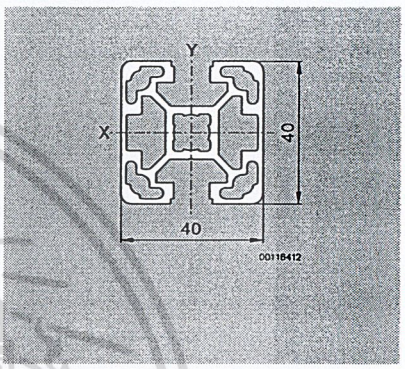
40x40L 1N



40x40L 1N	
	LE 1 x L = ... mm
	3 842 993 185 / ...
M12 M12	3 842 993 186 / ...
	50 mm ≤ L ≤ 6000 mm

	LE 20 x L = 6070 mm
	3 842 529 361

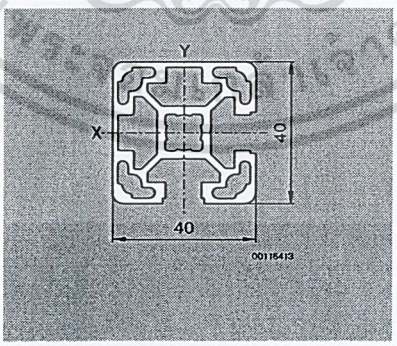
40x40L 2N



40x40L 2N	
	LE 1 x L = ... mm
	3 842 993 187 / ...
M12 M12	3 842 993 188 / ...
	50 mm ≤ L ≤ 6000 mm

	LE 20 x L = 6070 mm
	3 842 529 363

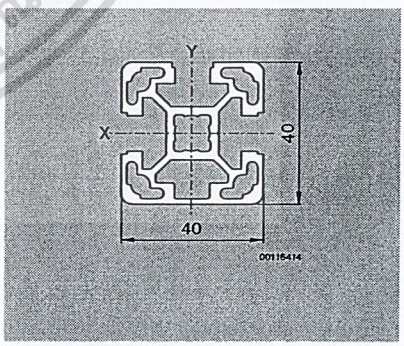
40x40L 2NVS



40x40L 2NVS	
	LE 1 x L = ... mm
	3 842 993 189 / ...
M12 M12	3 842 993 190 / ...
	50 mm ≤ L ≤ 6000 mm

	LE 20 x L = 6070 mm
	3 842 529 365

40x40L 3N



40x40L 3N	
	LE 1 x L = ... mm
	3 842 993 191 / ...
M12 M12	3 842 993 192 / ...
	50 mm ≤ L ≤ 6000 mm

	LE 20 x L = 6070 mm
	3 842 529 367

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i 2-6, 16-2 2-27 2-28 2-59 2-63

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Verbindungselemente, Auswahlkriterien
Connection elements, criteria for selection
Éléments de jonction, critères de sélection

● empfohlen
recommended
recommandé

◑ geeignet
suitable
adéquat

○ ungeeignet
unsuitable
inadéquat

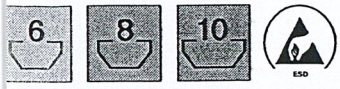
Hohe Verschiebekraftaufnahme High feed force Captage important de la force de glissement	●	○	●	●	●	●
Hohe Momentaufnahme High moment Captage important du moment	●	○	●	◑	○	◑
Hohe Torsionsmomentaufnahme High torsional moment Captage important du moment de torsion	◑	○	●	○	○	●
Geringer Bearbeitungsaufwand Minimal finishing work Ne demande pas beaucoup d'usinage	●	●	◑ D17	◑ M12 D9,8	◑ D17	●
Geringer Montageaufwand Minimal assembly Temps de montage minime	◑	●	○	●	●	○
Geringe Teilekosten Low parts costs Coûts minimes des pièces	●	◑	○	●	◑	○
Nachträgl. Montage in geschlossenen Rahmen möglich Possibility of subsequent mounting in closed frame Possibilité de montage ultérieur en espace fermé	●	○	●	○	○	◑
Justierbarkeit Adjustment possible Ajustable	●	◑	●	○	●	●
Aufnahme von Flächenelementen Support of surface elements Accueil des éléments de surface	◑	◑	○	●	●	○
Innenliegende (abdeckbare) Verbindung Internal connection (can be covered) Jonction intérieure (peut être recouverte)	○	●	●	●	◑	◑

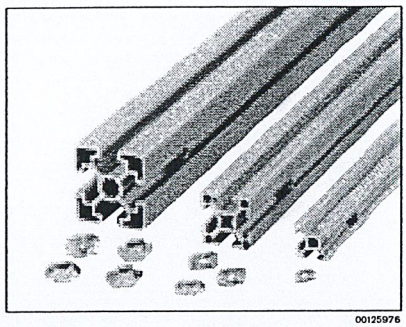
00111437

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Hammermutter
T-nut
Écrou à tête rectangulaire





Hammermuttern sind Standardelemente zur sicheren und leitfähigen Verbindung.

NEU:
Hammermutter aus Edelstahl.

Isolierkappe (D) zur Entkopplung von direkt geerdeten Bauteilen.

Material:
- A, B, C: Stahl, verzinkt
- D: hochfestes PA, schwarz

T-nuts are the standard elements for secure, conductive connections.

NEW:
Stainless steel T-nut.

Insulating cap (D) for decoupling directly grounded components.

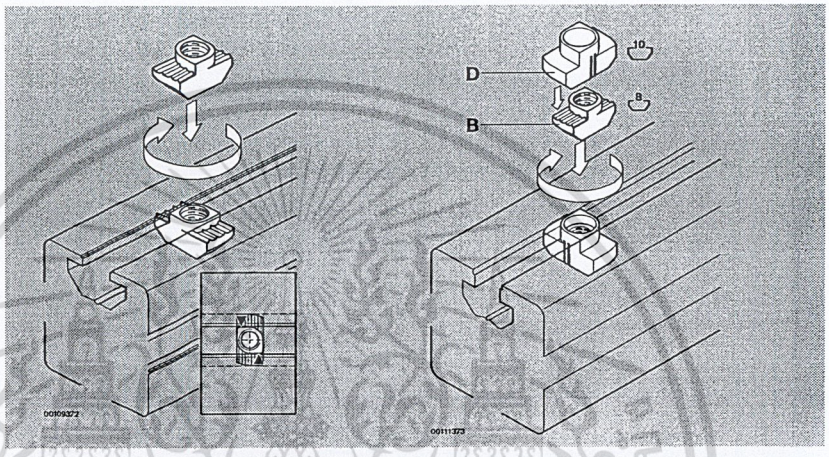
Material:
- A, B, C: galvanized steel
- D: black, high-strength PA

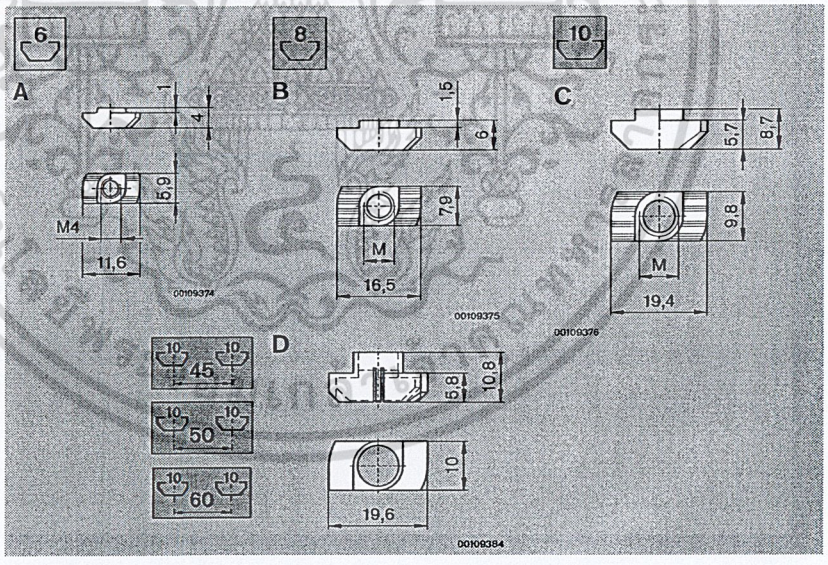
Les écrous à tête rectangulaire sont des éléments standard destinés à assurer une jonction conductrice et sûre.

NOUVEAU :
Écrou à tête rectangulaire en acier fin.

Capuchon d'isolation (D) pour séparation des éléments de construction à terre directe.

Matériau :
A, B, C : acier galvanisé
D : PA hautement résistant, noir





Hammermutter
T-nut
Écrou à tête rectangulaire

	M		Nr./No./N°
A	M4	100	**3 842 523 135**
B	M4	100	**3 842 501 751**
	M5	100	**3 842 501 752**
	M6	100	**3 842 501 753**
C	M4	100	**3 842 530 281**
	M5	100	**3 842 530 283**
	M6	100	**3 842 530 285**
	M8	100	**3 842 530 287**
D		10	**3 842 524 012**

Hammermutter Edelstahl
T-nut, stainless steel
Écrou à tête rectangulaire, acier fin

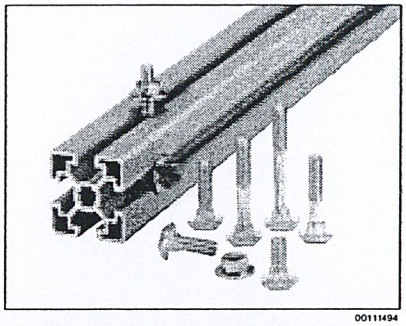
NEW 2008

	M		Nr./No./N°
A	M4	100	**3 842 536 599**
B	M4	100	**3 842 536 600**
	M5	100	**3 842 536 601**
	M6	100	**3 842 536 602**
C	M4	100	**3 842 536 606**
	M5	100	**3 842 536 605**
	M6	100	**3 842 536 604**
	M8	100	**3 842 536 603**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Hammerschraube
T-bolt
Vis à tête rectangulaire



Hammerschrauben sind Standardelemente zur sicheren und leitfähigen Verbindung. Sie sind mit Lageerkennung ausgeführt.

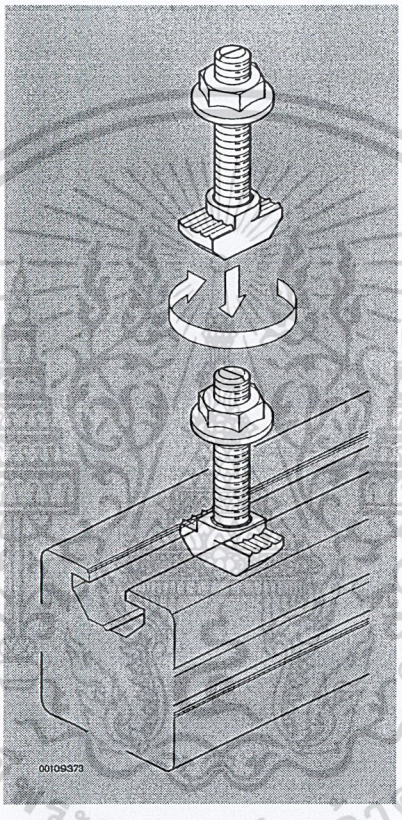
Material:
– A, B, C, D: Stahl, verzinkt

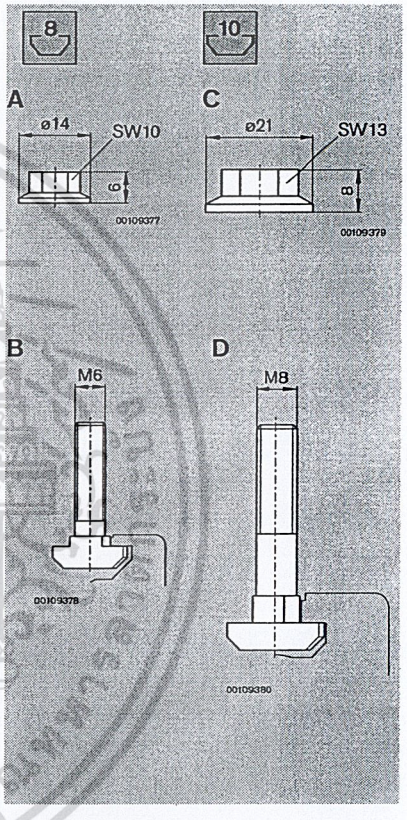
T-bolts are the standard elements for secure, conductive connections. They have been designed with a position recognition feature.

Material:
– A, B, C, D: galvanized steel

Les vis à tête rectangulaire sont des éléments standard destinées à assurer une jonction conductrice et sûre. Elles sont conçues avec reconnaissance de position.

Matériau :
– A, B, C, D : acier galvanisé





Bundmutter
Flange nut
Ecrou de butée

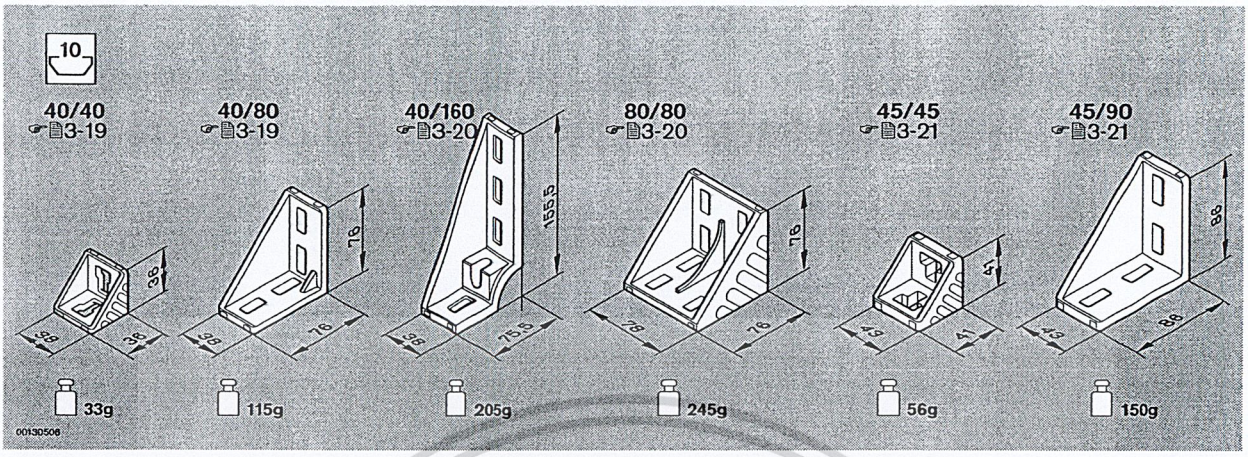
	M		Nr./No./N°
A	M6	100	3 842 523 925
C	M8	100	3 842 345 081

Hammerschraube
T-bolt
Vis à tête rectangulaire

	M		Nr./No./N°
B	M6x16	100	3 842 523 920
	M6x20	100	3 842 523 921
	M6x25	100	3 842 523 922
D	M8x20	100	3 842 528 715
	M8x25	100	3 842 528 718
	M8x30	100	3 842 528 721
	M8x40	100	3 842 528 724
	M8x50	100	3 842 528 727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction



3

Winkel
Bracket
Equerre

Typ		Nr./No./N°
40/40	100	3 842 528 967
40/80	20	3 842 529 005
40/160	20	3 842 529 006
80/80	20	3 842 530 231
45/45	100	3 842 523 558
45/90	100	3 842 523 567

Winkel *designLINE* - Set (inkl. Befestigungssatz, Abdeckkappe)
designLINE bracket- Set (incl. fastening set, cap)
Equerre *designLINE* - Set (comprenant jeu de fixation, cache)

NEW 2008

Typ		Nr./No./N°	Fastening Set
40/40	1	3 842 538 716	2xE
40/80	1	3 842 538 717	4xG
40/160	1	3 842 538 749	2xG
80/80	1	3 842 538 718	8xG
45/45	1	3 842 538 719	2xG
45/90	1	3 842 538 720	4xG

Abdeckkappe
Cap
Cache

Typ		Nr./No./N°
40/40	100	3 842 529 007
40/80	20	3 842 529 008
40/160	20	3 842 529 009
80/80	20	3 842 530 232
45/45	100	3 842 523 563
45/90	100	3 842 523 572

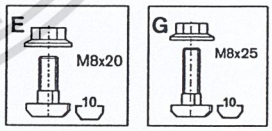
Winkel - Set (inkl. Befestigungssatz)
Bracket - Set (incl. fastening set)
Equerre - Set (comprenant jeu de fixation)

Typ		Nr./No./N°	Fastening Set
40/40	1	3 842 529 383	2xE
40/80	1	3 842 529 386	4xG
80/80	1	3 842 530 360	8xG
45/45	1	3 842 523 561	2xG
45/90	1	3 842 523 570	4xG

Nutenstein abgesetzt (☞3-21, "C")
Sliding block, offset
Coulisseau retiré

Typ		Nr./No./N°
45/45	100	3 842 523 593

Fastening Set:
Inkl. Verbindungssatz zur Befestigung in Nut 6, 8 oder 10
Incl. connection kit for fastening in 6, 8, or 10 mm groove
Y compris jeu de jonction pour fixation dans rainure 6, 8 ou 10



Material:
- Winkel: Aluminiumdruckguss
- Abdeckkappe, Nutenstein abgesetzt: PA, schwarz
- Abdeckkappe: (40/..;50/..): ABS, schwarz

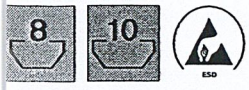
Material:
- bracket: diecast aluminum
- cap, sliding block, offset: PA, black
- cap: (40/..; 50/..): ABS, black

Matériau :
- equerre : aluminium moulé sous pression
- cache, coulisseau retiré . PA, noir
- cache : (40/..;50/..): ABS, noir

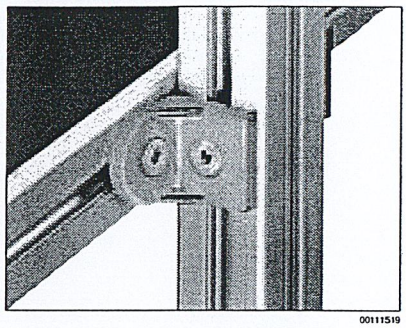
สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Winkel R28x38, R35x38, R40x43
Bracket
Équerre



designLINE



Die Winkel R28x38, R35x38 und R40x43 eignen sich zur Verbindung von Profilen unter beliebigem Winkel.

NEU:
Winkel R *designLINE* mit silberner Speziallackierung für besonders hochwertiges Design Ihrer MGE-Aufbauten. Lieferbar ab Februar 2008!

Material
- R28x38, R40x43: Zinkdruckguß
- R35x38: Aluminiumdruckguß

The R28x38, R35x38 and R40x43 brackets are designed for connecting profiles at any angle.

NEW:
designLINE bracket with special silver paint for an attractive, high-quality design for your MGE fixtures. Available as of February 2008.

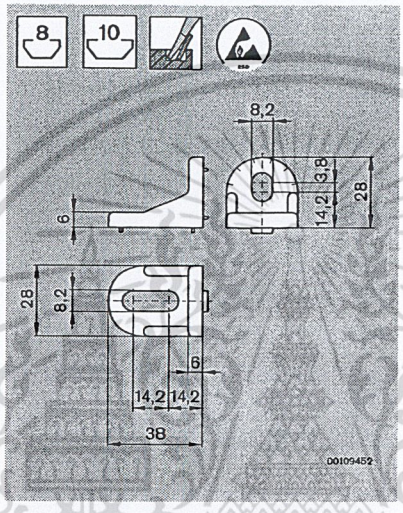
Material
R28x38, R40x43: diecast zinc
R35x38: diecast aluminum

Les équerres R28x38, R35x38 et R40x43 conviennent pour raccorder des pro-filés sous n'importe quel angle.

NOUVEAU :
équerre designLINE R avec vernis argenté spécial pour un design de grande qualité de vos dispositifs fixés MGE. Disponible à partir de février 2008 !

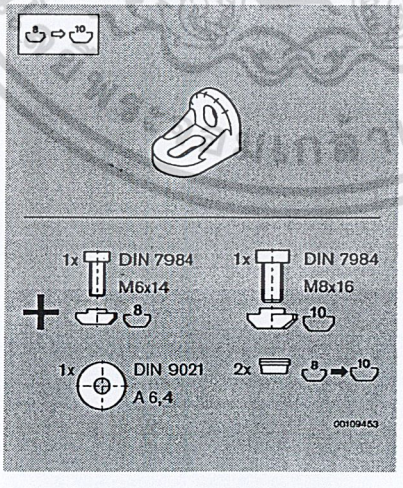
Matériau
R28x38, R40x43 : zinc moulé sous pression
R35x38: aluminium moulé sous pression

R28x38



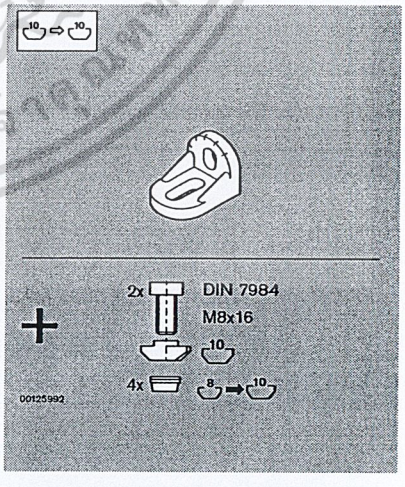
Winkel R28x38
Bracket R28x38
Équerre R28x38

	Nr./No./N°
100	**3 842 515 473**



Winkel R28x38 mit Befestigungsteilen
Bracket R28x38 with fastening parts
Équerre R28x38 avec pièces de fixation

		Nr./No./N°	
designLINE	1	**3 842 538 703**	NEW 2008
	1	**3 842 515 547**	



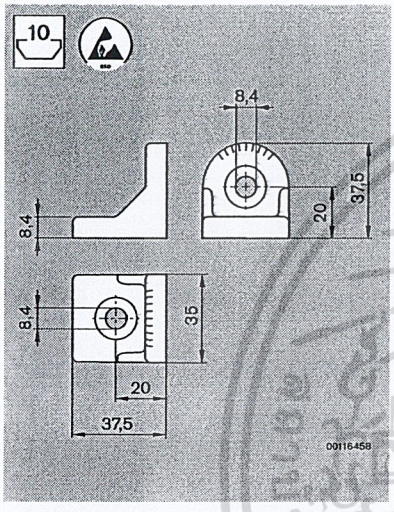
Winkel R28x38 mit Befestigungsteilen
Bracket R28x38 with fastening parts
Équerre R28x38 avec pièces de fixation

		Nr./No./N°	
designLINE	1	**3 842 538 704**	NEW 2008
	1	**3 842 521 580**	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

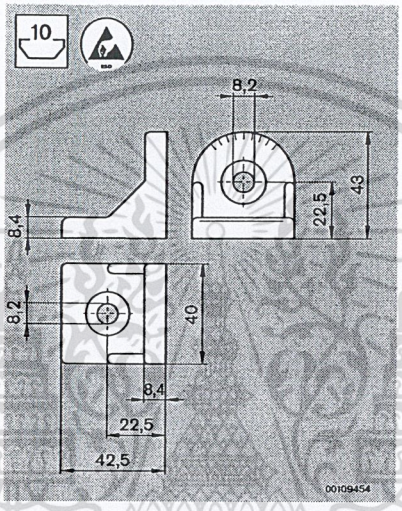
R35x38



Winkel R35x38
Bracket
Équerre

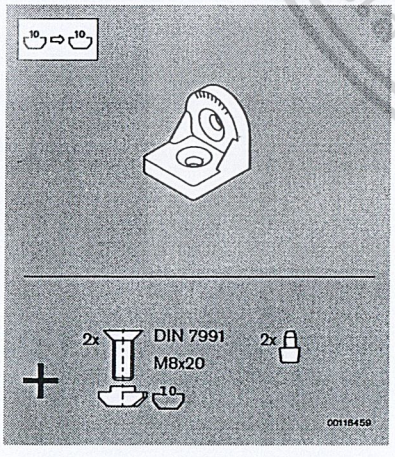
	Nr./No./N°
100	3 842 529 020

R40x43



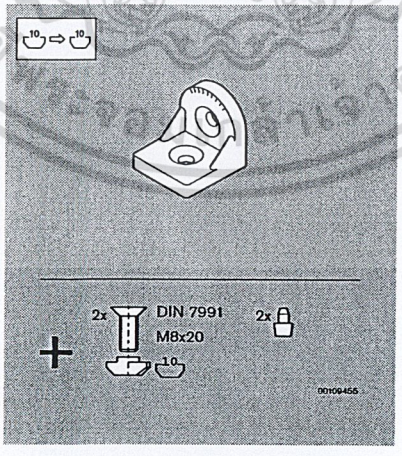
Winkel R40x43
Bracket
Équerre

	Nr./No./N°
100	3 842 504 760



Winkel R35x38 mit Befestigungsteilen
Bracket R35x38 with fastening parts
Équerre R35x38 avec pièces de fixation

		Nr./No./N°	
designLINE	1	3 842 538 705	NEW 2008
	1	3 842 532 274	



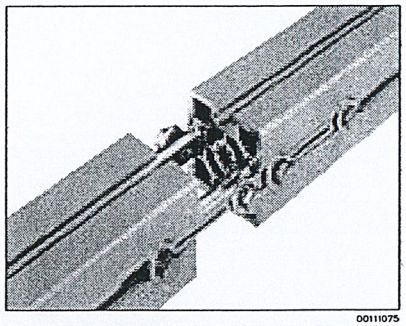
Winkel R40x43 mit Befestigungsteilen
Bracket R40x43 with fastening parts
Équerre R40x43 avec pièces de fixation

		Nr./No./N°	
designLINE	1	3 842 538 706	NEW 2008
	1	3 842 518 424	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Profilverbinder
Profile connector
Jonction de profilés



10

Profilverbinder für die stirnseitige Verbindung beliebiger Profile.
Keine Endenbearbeitung!

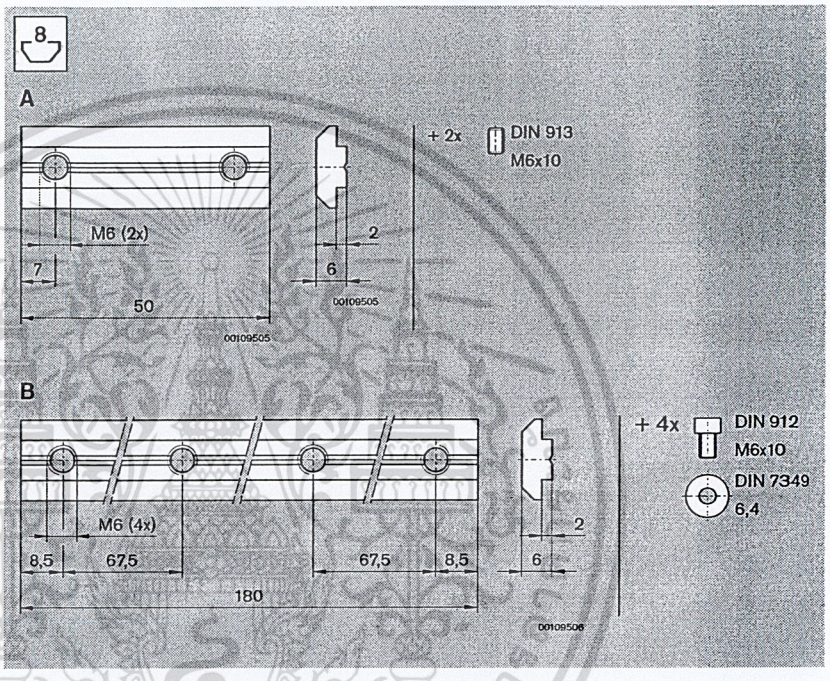
Material:
– Stahl, verzinkt

Profile connector for joining any profiles end to end.
No end finishing!

Material:
– galvanized steel

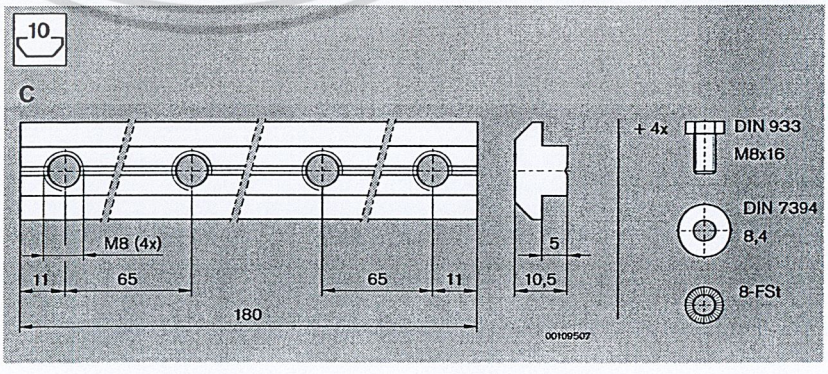
Jonction de profilé pour le raccord frontal de n'importe quels profilés.
Pas d'usinage des extrémités !

Matériau :
– acier galvanisé



Profilverbinder
Profile connector
Jonction de profilés

	Nr./No./N°
A	3 842 518 427
B	3 842 521 216



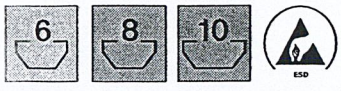
Profilverbinder
Profile connector
Jonction de profilés

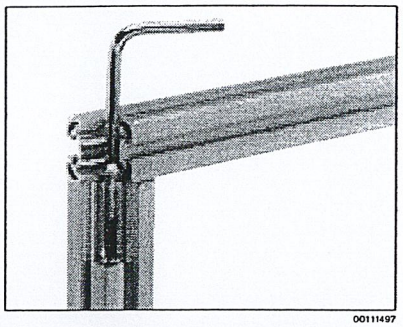
	Nr./No./N°
C	3 842 528 746

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Zentralschraube, Abdeckkappe
Central bolt, cap
Vis centrale, cache





Die Zentralschrauben sind das preiswerteste Verbindungselement. Durch eine spezielle Form des Schraubenkopfs entsteht eine leitfähige Verbindung zwischen den Profilen.
Für A, B und D ist kein Gewindeschneiden erforderlich!
Übertragbare Kräfte und Momente ☞16-6 und ☞16-9.
Abdeckkappe (E) zum Verschließen der Durchgangsbohrung in geschlossenen Profilen.

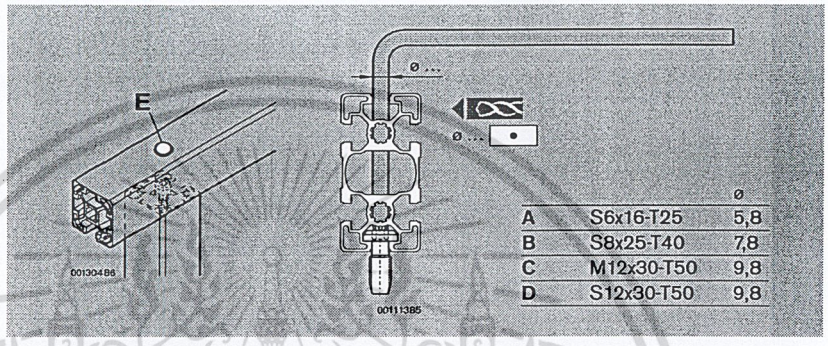
Material:
– Schraube: Stahl, verzinkt
– Abdeckkappe: PA, lichtgrau RAL 7035

Central bolts are the best-value connecting element. The special shape of the screw head produces a conductive connection between the profiles.
For A, B and D, no thread-cutting is required!
Transferable forces and moments ☞16-6 and ☞16-9.
Cap (E) to cover the through-hole in closed profiles.

Material:
– screw: steel, galvanized
– cap: PA, light gray RAL 7035

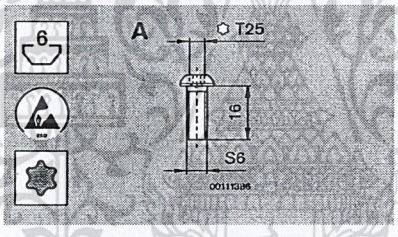
Les vis centrales sont les éléments d'assemblage les plus économiques.
La forme spéciale de la tête de vis pemet un assemblage conducteur des profilés.
Pour A, B et D le taraudage n'est pas nécessaire !
Forces et couples transmissibles ☞16-6 et ☞16-9.
Cache (E) pour obturation du trou lisse dans profilés fermés.

Matériau :
– vis : acier galvanisé
– cache : PA, gris clair RAL 7035



		Ø
A	S6x16-T25	5,8
B	S8x25-T40	7,8
C	M12x30-T50	9,8
D	S12x30-T50	9,8

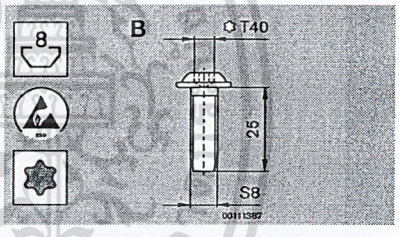
S6x16-T25



S6x16-T25

		Nr./No./N°
A	100	**3 842 528 593**

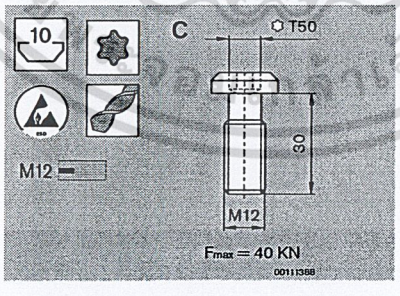
S8x25-T40



S8x25-T40

		Nr./No./N°
B	100	**3 842 527 174**

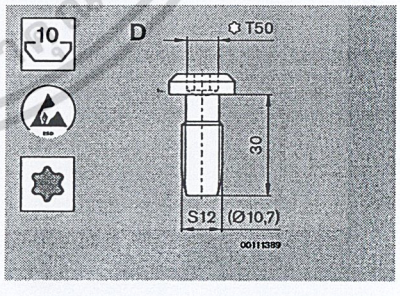
M12x30-T50



M12x30-T50

		Nr./No./N°
C	100	**3 842 530 235**

S12x30-T50



S12x30-T50

		Nr./No./N°
D	100	**3 842 530 236**

Abdeckkappe
Cap
Cache

NEW 2008

	D	LE	Nr./No./N°
E	5,8	100	**3 842 538 565**
	7,8	100	**3 842 538 566**
	9,8	100	**3 842 538 567**

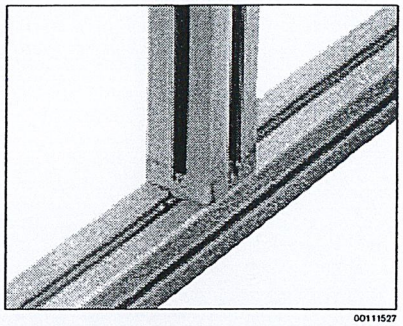
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

T-Verbinder
T-connector
Jonction en T



designLINE



■ T-Verbinder mit selbstschneidenden Schrauben für die rechtwinklige

NEU:
Verbindung von Profilen.
T-Verbinder *designLINE* mit silberner Speziallackierung für besonders hochwertiges Design Ihrer MGE-Aufbauten. Lieferbar ab Februar 2008!
Keine Endenbearbeitung!

Material:
– Aluminiumdruckguss
– 45x45: Zinkdruckguss

■ T-connector with self-tapping screws for right-angled profile connections.

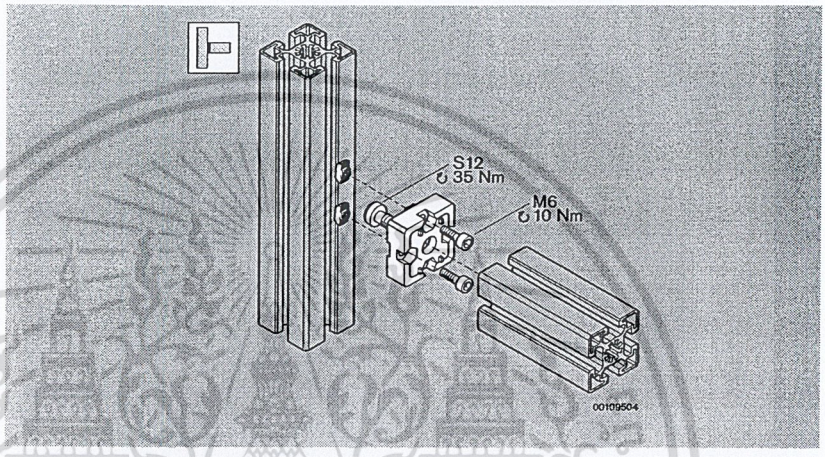
NEW:
Connecting profiles.
designLINE T-connector with special silver paint for an attractive, high-quality design for your MGE fixtures. Available as of February 2008.
No end finishing!

Material:
– diecast aluminum
– 45x45: diecast zinc

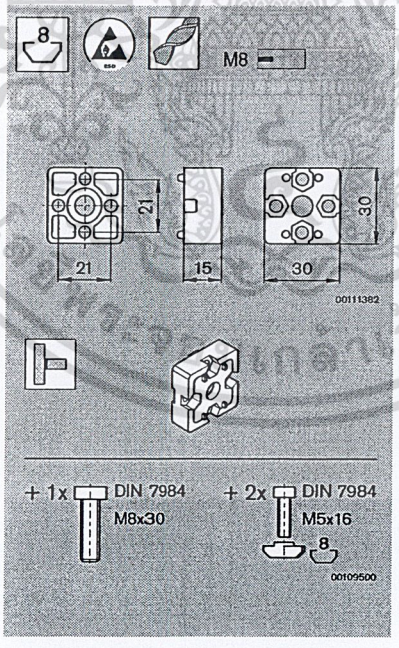
■ Joints en T avec vis taraudeuses pour la liaison rectangulaire des profilés.

NOUVEAU :
Jonction de profilés.
Jonction en T *designLINE* avec vernis argenté spécial pour un design de haute qualité de vos dispositifs fixés MGE.
Disponible à partir de février 2008 !
Pas d'usinage des extrémités !

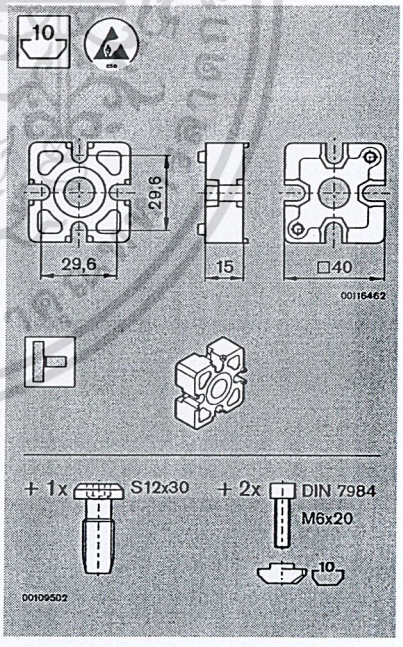
Matériau:
– aluminium coulé sous pression
– 45x45 : zinc moulé sous pression



30x30



40x40



T-Verbinder 30x30
T-connector
Jonction en T

	Nr./No./N°	
designLINE	**3 842 538 696**	NEW 2008
	3 842 524 476	

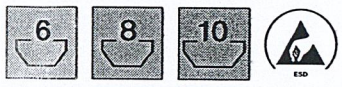
T-Verbinder 40x40
T-connector
Jonction en T

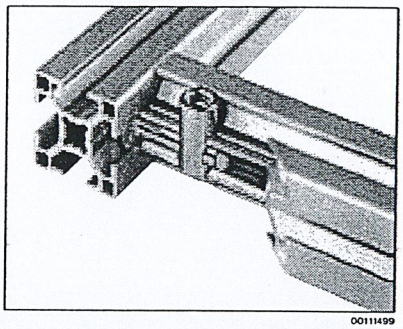
	Nr./No./N°	
designLINE	**3 842 538 697**	NEW 2008
	3 842 532 195	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Schnellspannverbinder
Quick connector
Joint de serrage rapide

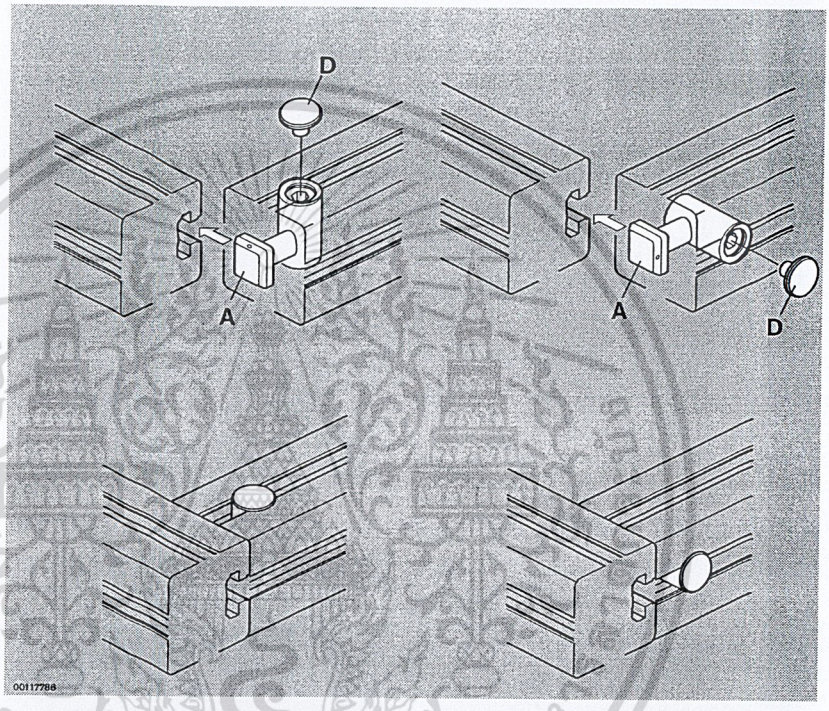


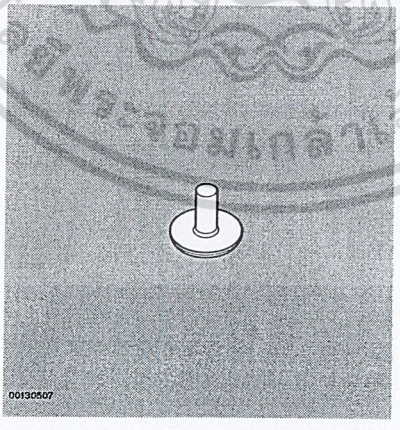


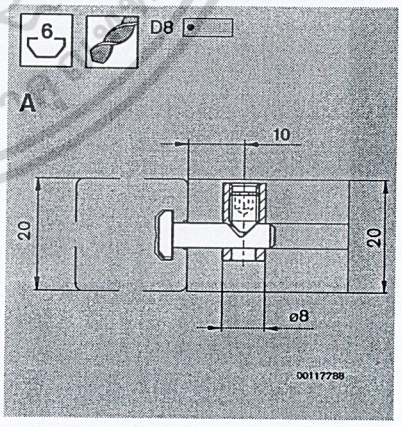
Schnellspannverbinder für schnelle Montage. Drei Nuten bleiben für die Aufnahme von Flächenelementen frei. Schnellspannverbinder (A) mit quadratischem Kopf ist gegen Verdrehen gesichert.
Verdrehsicherung für (B) und (C) (☞🗎3-31)
NEU:
Abdeckkappe für Schnellspannverbinder.
Bohrvorrichtungen (☞🗎14-2)
Material:
- A: nichtrostender Stahl
- B, C: Stahl, verzinkt
- Abdeckkappe: PE, lichtgrau RAL 7035

Quick connector for quick assembly. Three grooves are left free for mounting surface elements. Quick connector (A) with a square head to ensure twist locking.
Anti-torsion element for (B) and (C) (☞🗎3-31)
NEW:
Cap for quick connector.
Drilling and boring jig (☞🗎14-2)
Material:
- A: stainless steel
- B, C: galvanized steel
- cap: PA, light gray RAL 7035

Joint de serrage rapide pour un montage rapide. Trois rainures restent disponibles pour l'accueil d'éléments de surface.
Le joint de serrage rapide (A) avec tête carrée est sécurisé contre les torsions.
Sécurité anti-torsion pour (B) et (C) (☞🗎3-31)
NOUVEAU :
Cache pour joint de serrage rapide.
Dispositifs de perçage (☞🗎14-2)
Matériau :
- A : acier inoxydable
- B, C : acier galvanisé
- cache : PE, gris clair RAL 7035







Abdeckkappe
Cap
Cache

NEW 2008

		Nr./No./N°
D	8	3 842 538 562
	11	3 842 538 563
	17	3 842 538 564

Schnellspannverbinder
Quick connector
Joint de serrage rapide

	P1 ⇨ P2		Nr./No./N°
A	6 ⇨ 6	10	3 842 537 013

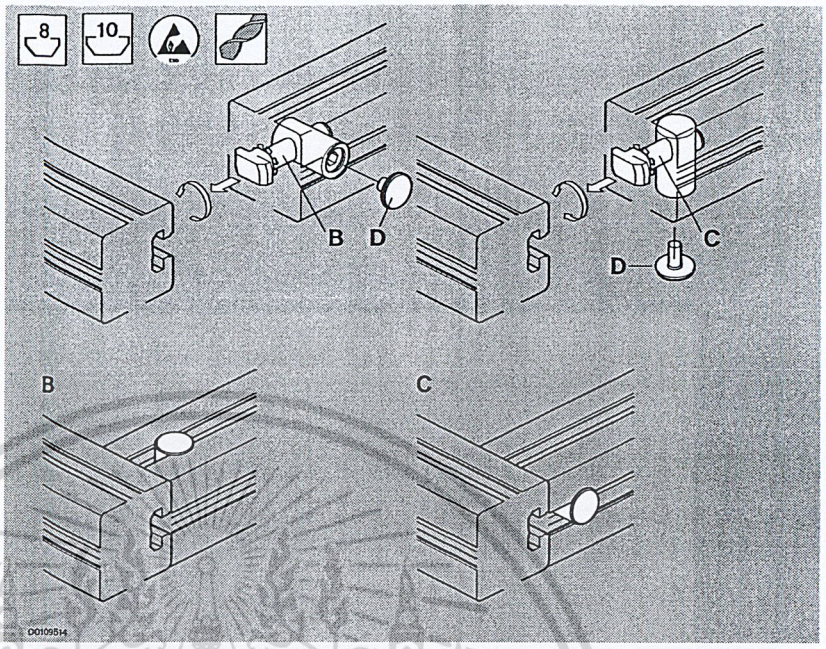
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

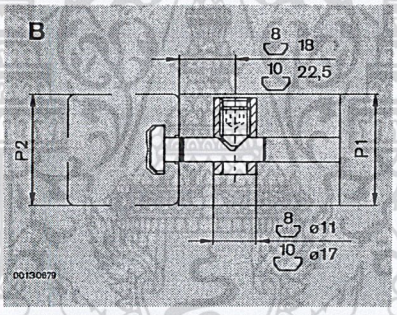
Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

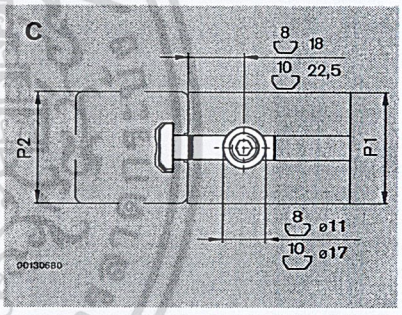
■
NEU:
Schnellspannverbinder für 8er und 10er Nut in neuer Ausführung mit O-Ring anstelle der Gummihohlfeder. Daher lässt sich der Schnellspannverbinder bei Demontage vollständig entfernen.
Die alte Ausführung bleibt bis Mai 2008 lieferbar.
Bei Verwendung eines Radiusausgleiches Abstand der Bohrung von der Stirnseite des Profils beachten.

■
NEW:
Quick connector for 8 and 10 mm grooves in new designs with O-ring instead of hollow rubber spring. As a result, the quick connector can be completely removed upon disassembly.
The old design is available until May 2008.
When using a radial compensation, observe the distance between the hole and the end of the profile.

■
NOUVEAU :
Joint de serrage rapide pour rainures 8 et 10 dans une nouvelle version avec joint torique au lieu du ressort caoutchouc évidé. Il est ainsi possible d'enlever complètement le joint de serrage lors du démontage.
L'ancienne version est disponible jusqu'au mois de mai 2008.
En cas d'utilisation d'une joue de protection, tenir compte de la distance entre l'alésage et la partie frontale du profilé.







Schnellspannverbinder 0°
Quick connector
Joint de serrage rapide

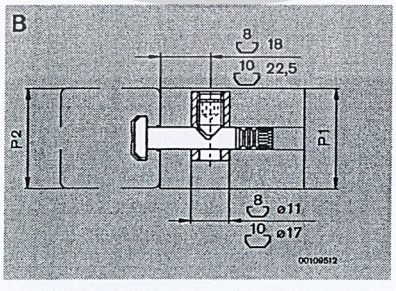
NEW DESIGN

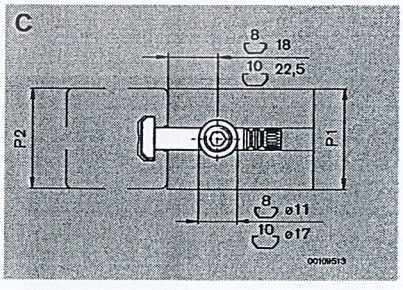
	P1 ⇨ P2		Nr./No./N°
B	8 ⇨ 8	10	3 842 535 459
	8 ⇨ 10	10	3 842 535 464
	10 ⇨ 10	10	3 842 535 458

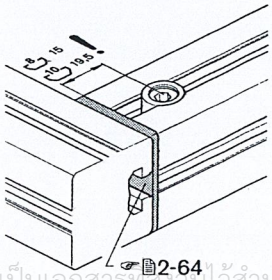
Schnellspannverbinder 90°
Quick connector
Joint de serrage rapide

NEW DESIGN

	P1 ⇨ P2		Nr./No./N°
C	8 ⇨ 8	10	3 842 535 465
	10 ⇨ 10	10	3 842 535 466







☞ 2-64

Schnellspannverbinder 0°
Quick connector
Joint de serrage rapide

	P1 ⇨ P2		Nr./No./N°
B	8 ⇨ 8	10	3 842 535 628
	8 ⇨ 10	10	3 842 535 632
	10 ⇨ 10	10	3 842 535 057

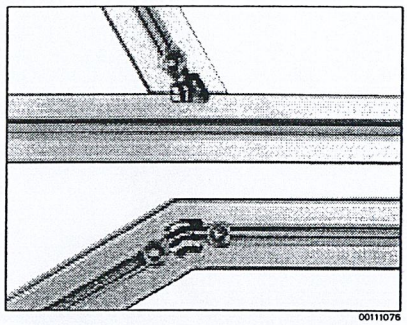
Schnellspannverbinder 90°
Quick connector
Joint de serrage rapide

	P1 ⇨ P2		Nr./No./N°
C	8 ⇨ 8	10	3 842 535 631
	10 ⇨ 10	10	3 842 535 633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือคัดลอกไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบข้อความนี้ออก ทั้งนี้ต้องยอมรับข้อตกลงของเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Schnellspannverbinder, biegbar
Quick connector, bendable
Joint de serrage rapide, pliable



Mit dem biegbaren Schnellspannverbinder sind Profilverbindungen mit beliebigem Winkel realisierbar.

Material:
– Zuganker: nichtrostender Stahl
– Buchse: Stahl, verzinkt

Zulässige Belastungen: ☞16-10

Profile connections at any angle are realizable with the bendable quick connector.

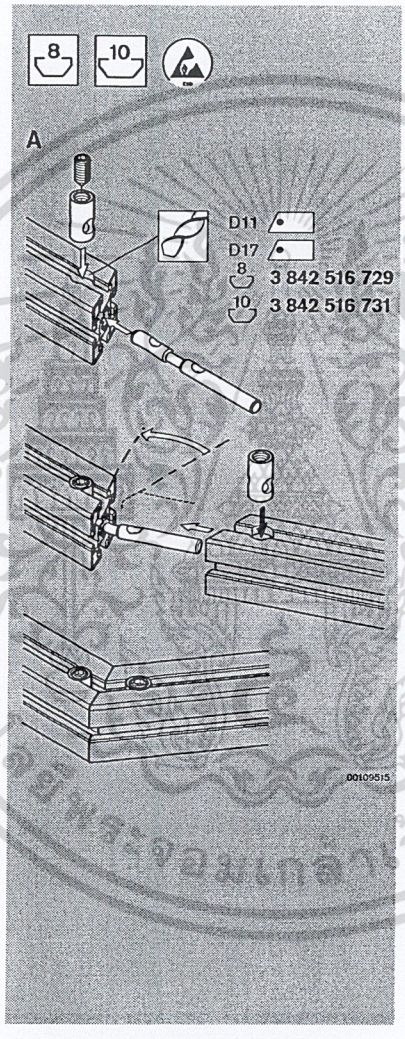
Material:
– tie rod: stainless steel
– bushing: steel, galvanized

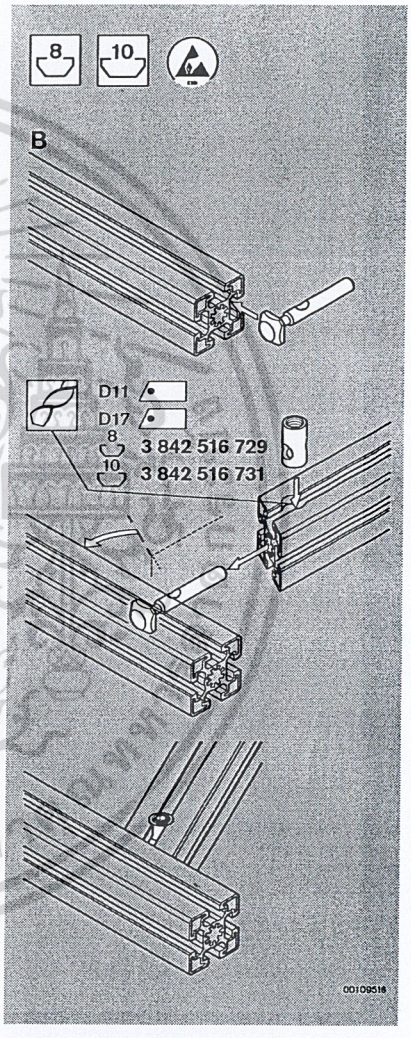
Permissible loads: ☞16-10

Le joint de serrage rapide pliable permet de réaliser des jonctions profilées quelque soit l'angle.

Matériau :
– tirant d'ancrage : acier inoxydable
– douille : acier galvanisé

Charges autorisées : ☞16-10





Schnellspannverbinder Stirn - Stirn
End-to-end quick connector
Joint de serrage rapide front - front

			Nr./No./N°
A	8	10	3 842 535 630
	10	10	3 842 535 634

Schnellspannverbinder Stirn - Nut
End-to-groove quick connector
Joint de serrage rapide front - rainure

			Nr./No./N°
B	8	10	3 842 535 629
	10	10	3 842 535 635

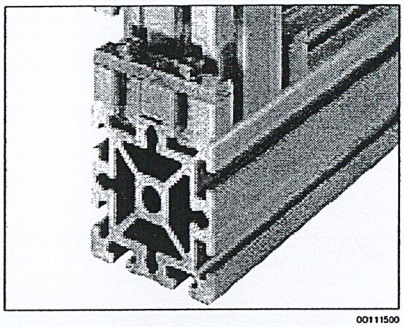
Bohrvorrichtung, ☞14-6
Drilling and boring jig, ☞14-6
Dispositif de perçage, ☞14-6

	Nr./No./N°
8	3 842 516 729
10	3 842 516 731

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verbindungselemente · Connection elements · Éléments de jonction

Querverbinder
Cross connector
Liaison transversale



10

■
Querverbinder für stabile Verbindungen schwerer Profile.

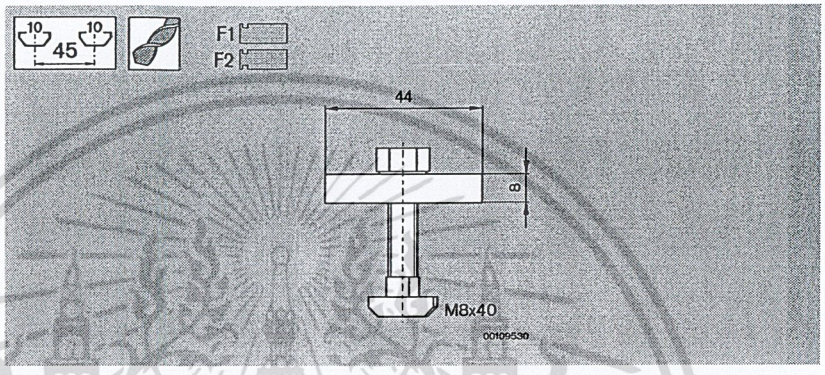
Material:
– verzinkter Stahl

■
Cross connector for sturdy connection of heavy profiles.

Material:
– galvanized steel

■
Liaison transversale pour le raccord solide de profilés lourds.

Matériau :
– acier galvanisé



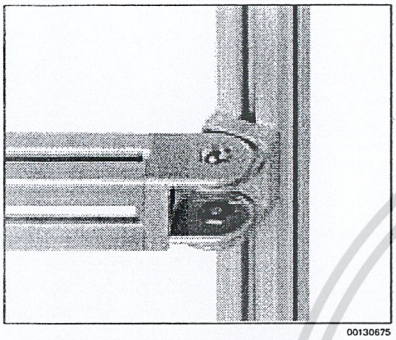
Querverbinder
Cross connector
Liaison transversale

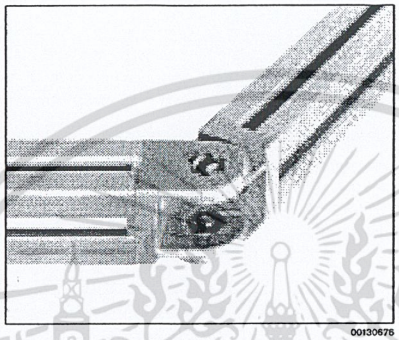
	Nr./No./N°
10	**3 842 146 972**

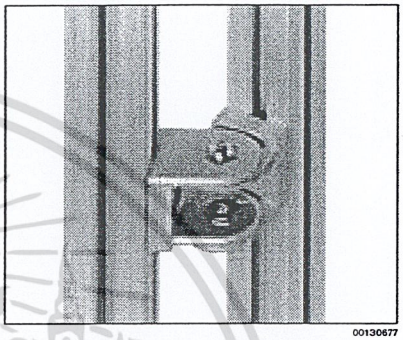
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

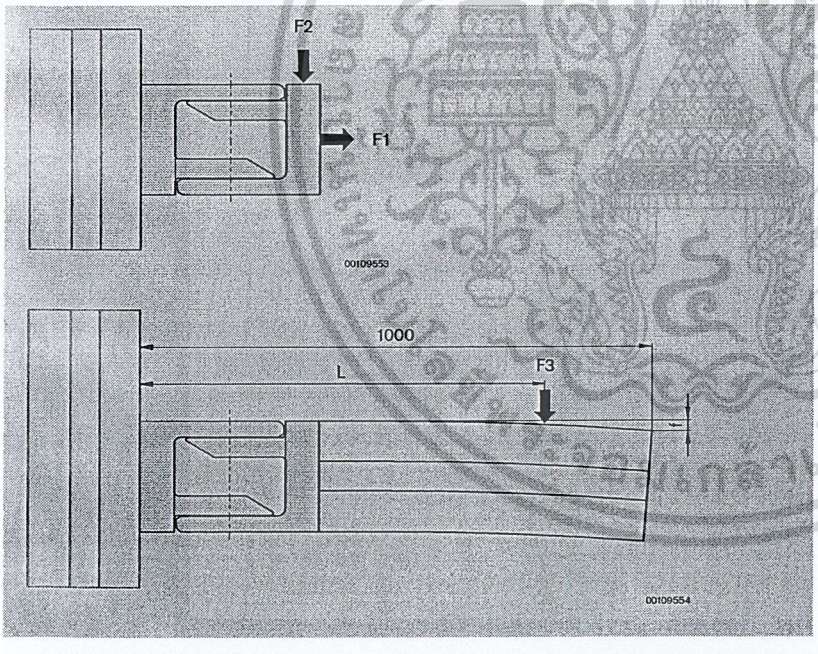
Gelenke · Joints · Articulations

Gelenke – zulässige Belastungen
Joints – permitted loads
Articulations – charges admissibles

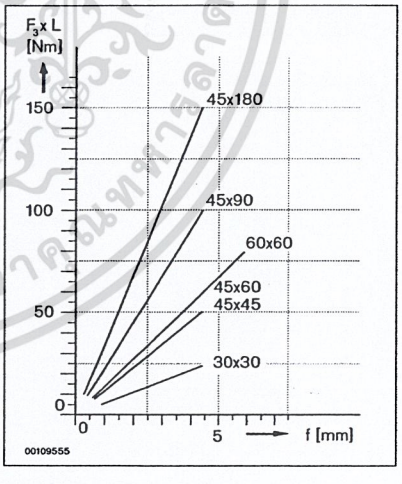








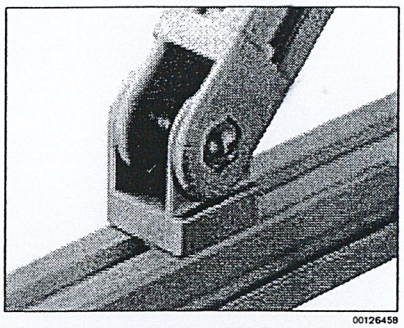
	F1	F2
30x30	10 000 N	600 N
40x40	15 000 N	1 000 N
45x45	15 000 N	1 000 N
60x60	20 000 N	1 100 N



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gelenke · Joints · Articulations

Gelenk 40x40
Joint
Articulation



10 ESD *designLINE*

Gelenk für starre oder bewegliche Profilverbindungen. Die Ausführung B (40x40 support) ist zum Feststellen geeignet. **Keine Endenbearbeitung!**

NEU:
Gelenk *designLINE* mit silberner Speziallackierung für besonders hochwertiges Design Ihrer MGE-Aufbauten. Lieferbar ab Februar 2008.

Material:
- Gelenkteile: Aluminiumdruckguss, vernickelt
- Befestigungsteile: Stahl, verzinkt

Joint for rigid or movable profile connections. Design B (40x40 support) is suitable for fixing the joint in place. **No end finishing!**

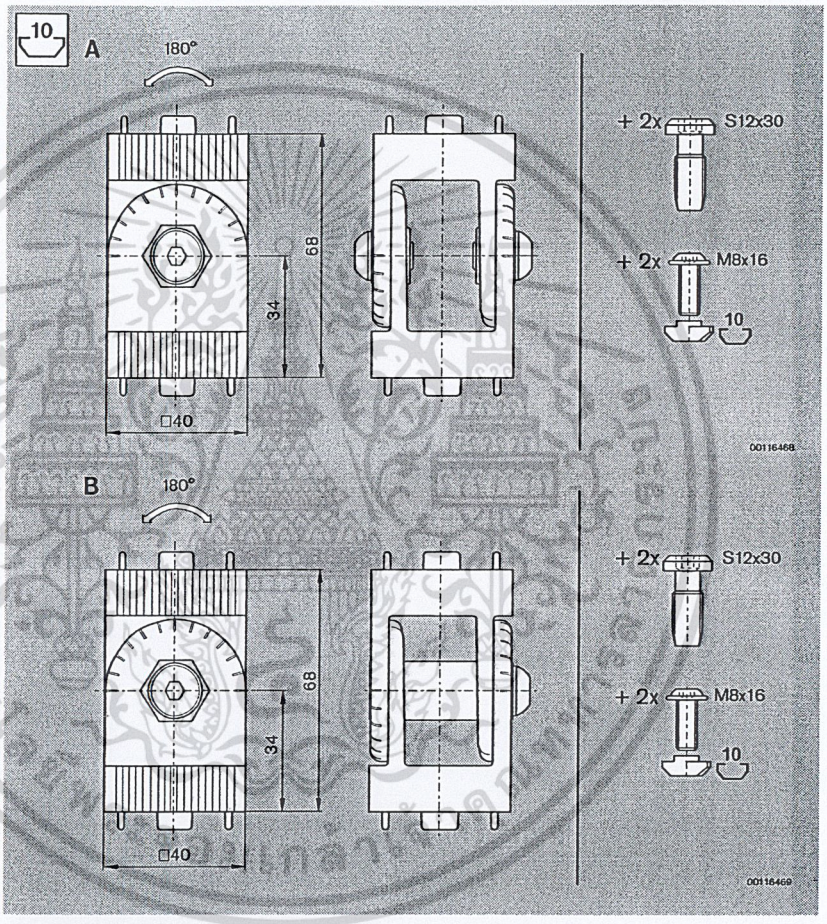
NEW:
designLINE joint with special silver paint for an attractive, high-quality design for your MGE fixtures. Available as of February 2008.

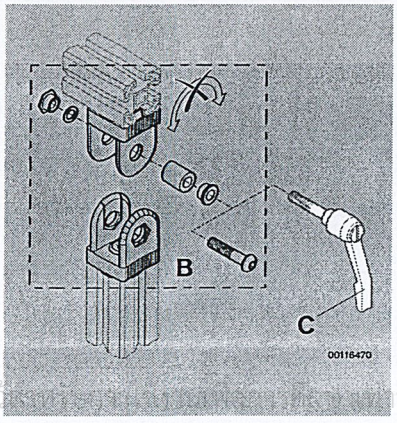
Material:
- joint parts: diecast aluminum, nickel-plated
- fastening parts: galvanized steel

Articulation pour jonctions de profilés raides ou réglables. Le modèle B (40x40 support) est adapté à la fixation. **Pas d'usinage des extrémités !**

NOUVEAU :
Articulation *designLINE* avec vernis argenté spécial pour un design de grande qualité de vos dispositifs fixés MGE. Disponible à partir de février 2008.

Matériau :
- éléments d'articulation : aluminium coulé sous pression, nickelé
- éléments de fixation : acier, galvanisé





Gelenk 40x40
Joint
Articulation

		Nr./No./N°	
A	*designLINE*	**3 842 538 684**	NEW 2008
A		**3 842 532 235**	
B	*designLINE*	**3 842 538 685**	NEW 2008
B		**3 842 532 364**	

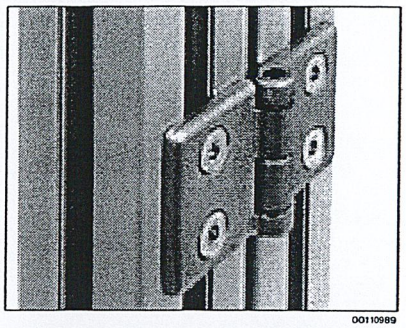
Klemmhebel
Clamping lever
Levier d'arrêt

	Nr./No./N°
C	**3 842 516 847**

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Türen · Doors · Portes

Scharnier Aluminium
Aluminum hinge
Charnière en aluminium



6 8 10 ESD Clean Room

■ Leitfähiges, hochwertiges Scharnier für Türen und Klappen mit abriebfesten Gleitbuchsen.

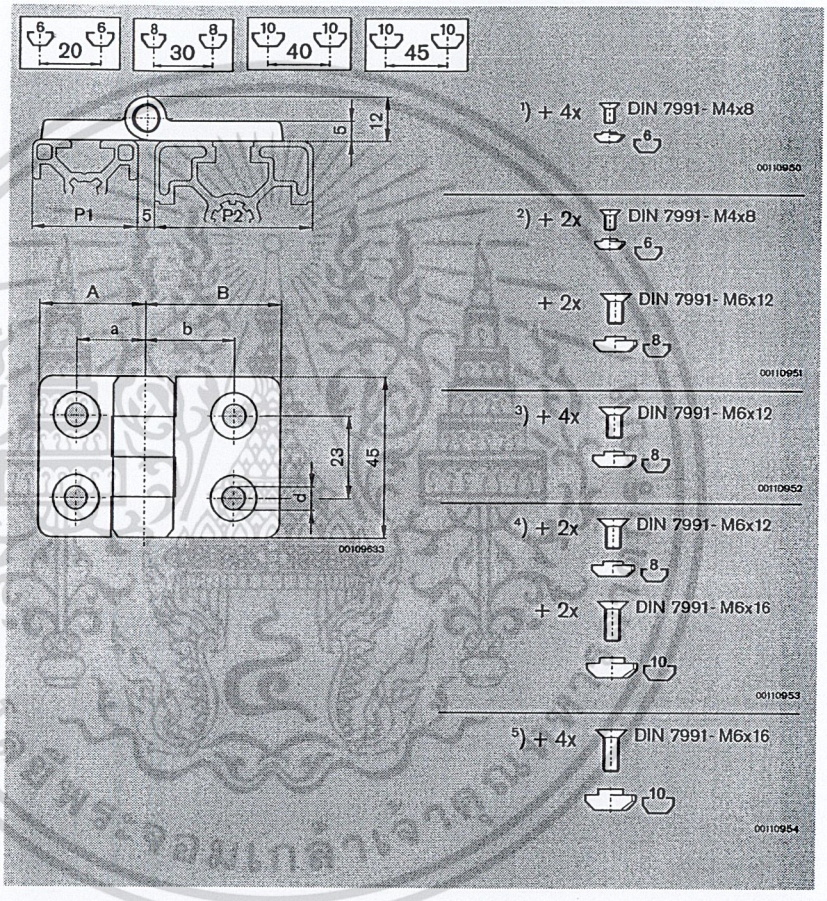
Material:
– Aluminiumdruckguss, vernickelt

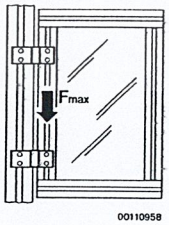
■ Conductive, high-quality hinge for doors and flaps, with abrasion-free guide bushings.

Material:
– die-cast aluminum, nickel-faced

■ Charnière conductible, de qualité supérieure pour les portes et trappes avec douilles de glissement résistant à l'usure.

Matériau :
– aluminium coulé sous pression, nickelé





Scharnier
Hinge
Charnière

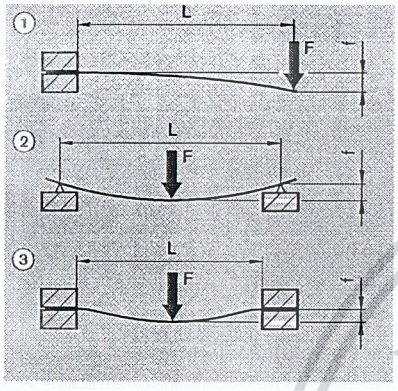
P1	P2	d	A	a	B	b	F_{max}[N]		Nr./No./N°
20	20 [1]	4,5	20	12,5	20	12,5	300	2	3 842 535 638
20	30 [2]	6,6	20	12,5	28	17,5	300	2	3 842 535 639
30	30 [3]	6,6	28	17,5	28	17,5	300	2	3 842 535 640
30	40 [4]	6,6	28	17,5	37	22,5	300	2	3 842 535 643
30	45 [4]	6,6	28	17,5	40	25,0	300	2	3 842 535 641
40	40 [5]	6,6	37	22,5	37	22,5	300	2	3 842 535 644
45	45 [5]	6,6	40	25,0	40	25,0	300	2	3 842 535 642

IPA Fraunhofer TESTED DEVICE
Bosch Scharnier 3842524781
Report No. BO 9903-159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technische Daten · Technical data · Données techniques

Durchbiegung der Profile
Profile deflection
Flexion des profilés



$$f_{①} = \frac{F \times L^3}{3 E \times I \times 10^4}$$

$$f_{②} = \frac{F \times L^3}{48 E \times I \times 10^4}$$

$$f_{③} = \frac{F \times L^3}{192 E \times I \times 10^4}$$

Profildurchbiegung durch Kraft F für die statischen Belastungsfälle ①②③
Profile deflection from force F for static stress cases ①②③
Flexion de profilé par la force F pour les cas de charge statique ①②③

$$f_{①} = \frac{m' \times g \times L^4}{8 E \times I \times 10^4}$$

$$f_{②} = \frac{5 \times m' \times g \times L^4}{384 E \times I \times 10^4}$$

$$f_{③} = \frac{m' \times g \times L^4}{384 E \times I \times 10^4}$$

Profildurchbiegung durch das Eigengewicht des Profils
Profile deflection from the profile's own weight
Flexion de profilé sous son propre poids

$$\sigma_{①} = \frac{(m' \times g \times L + F) \times L}{W \times 10^3}$$

$$\sigma_{②} = \frac{(m' \times g \times L + F) \times L}{4 W \times 10^3}$$

$$\sigma_{③} = \frac{(m' \times g \times L + F) \times L}{8 W \times 10^3}$$

Kontrolle der auftretenden max. Biegespannung $\sigma_{b\,max}$
Control of max. occurring bending stress $\sigma_{b\,max}$
Contrôle de la contrainte maximale de flexion intervenante $\sigma_{b\,max}$

$\sigma_{bmax} < \sigma_{bzul.}$! $\sigma_{bzul.} = R_{p0,2} : S_{F\,erf.}$

00109371

$S_{F\,erf.}$: Erforderliche Sicherheit gegen Verformung (Fließen)
$S_{F\,erf.}$: Safety value required to avoid deformation (flow)
$S_{F\,erf.}$: Valeur de sécurité nécessaire pour éviter la déformation (fluage)

f [mm] W [cm³]
F [N] E = 70.000 N/mm²
L [mm] m' ☞ 2-4⇨2-15
I [cm⁴] g = 9,81 m/s² ≈ 10 m/s²

เอกสารนี้จัดเตรียมไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

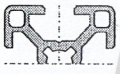
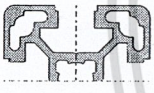
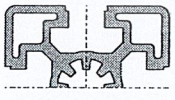
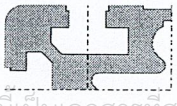
Technische Daten · Technical data · Données techniques

Profilnut Belastbarkeit
Profile groove load carrying capacity
Rainure de profilé capacité de charge

Statische Belastungsgrenzwerte der Nut (Beginn der plastischen Verformung) bei Verbindern mit jeweils größtem Gewinde
Static load limit values of groove (beginning of plastic deformation) on connectors with the largest thread
Valeur limite statique de charge de rainure (début de la déformation plastique) pour les jonctions possédant le plus grand filet





6		20x20, 20x20R 10x40 20x40, 20x60 20x40x40	1 700 N	2 000 N	–	3 000 N
8		30x30, 30x30R 30x30°, 30x45°, 30x60° 11x20, 15x120 30x45, 30x60, 30x60x60	4 000 N	5 000 N	2 200 N	6 000 N
10		90x90SL 40x40L, 40x40L R 40x30°, 40x4s5°, 40x60° 40x80L, 40x120L, 40x160L 40x80x80L 80x80L 80x120L, 80x160L 45x45L, 45x45L R 45x30°, 45x45°, 45x60° 15x22,5 , 15x180, 22,5x45 45x90L 50x50L, 50x50L R 50x100L , 50x150L 100x100L 100x200L 60x60L	6 000 N 7 000 N	9 000 N 10 000 N	8 000 N 9 000 N	11 000 N 12 000 N
		45x45 60x60 90x90L 100x100L 22,5x180 45x60 45x90, 45x90x90 45x180 90x180L	12 000 N	15 000 N	13 000 N	17 000 N
		45x270 60x90 90x90 90x180 90x360	18 000 N	22 000 N	18 000 N	24 000 N

16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technische Daten · Technical data · Données techniques

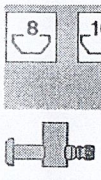
Profilverbindung Belastbarkeit
Profile connection load carrying capacity
Jonction de profilés capacité de charge

Angegebene Anzugs- und Belastungsgrenzwerte wurden exemplarisch im Versuch ermittelt (trocken). Gesetzliche und den Regeln der Technik entsprechende Sicherheitsfaktoren und Bauvorschriften sind zu berücksichtigen!

The stated torque and load limit values were determined using a test model (dry). Safety factors and building specifications compulsory by law and in accordance with technical rules must be observed!

Les valeurs limite de sollicitation et de serrage indiquées ont été déterminées à titre d'exemple au cours d'essais (sec). Tenir compte des facteurs de sécurité légaux et correspondant aux règles de la technique et aux règlements de sécurité de la construction.

Statische Belastungsgrenzwerte der Verbindung (Beginn der plastischen Verformung)
Static load limit values of connection (beginning of plastic deformation)
Valeur limite statique de charge de la jonction (début de la déformation plastique)



		F_{max}	M_{max}
6 ⇨ 6	2,5 Nm	450 N	18 Nm
8 ⇨ 8	12 Nm	500 N	40 Nm
8 ⇨ 10	12 Nm	2 000 N	70 Nm
10 ⇨ 10	25 Nm	4 000 N	140 Nm

☞ 3-42



		F_{max}	M_{max}	M_{max}
ø11, L=30	8 6 Nm	2 500 N	60 Nm	20 Nm
ø17, L=40	10 25 Nm	4 000 N	180 Nm	40 Nm
ø17, L=45	10 25 Nm	4 000 N	180 Nm	60 Nm
ø17, L=50	10 25 Nm	4 000 N	200 Nm	65 Nm
ø17, L=60	10 25 Nm	4 000 N	200 Nm	80 Nm
ø17, L=80	10 25 Nm	5 000 N	800 Nm	170 Nm
ø17, L=90	10 25 Nm	5 000 N	800 Nm	200 Nm
ø17, L=100	10 25 Nm	5 000 N	1 000 Nm	480 Nm
ø28, L=22,5	10 25 Nm	2 000 N	–	–

☞ 3-46

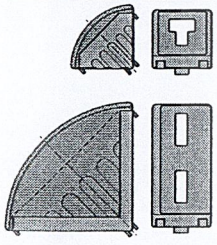


		F_{max}	M_{max}
S6	8 10 Nm	500 N	8 Nm
S8	8 25 Nm	800 N	43 Nm
S12	10 35 Nm	1 300 N	80 Nm
M12	10 35 Nm	3 000 N	80 Nm

☞ 3-30

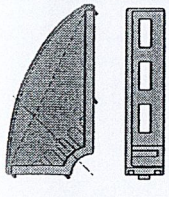
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technische Daten · Technical data · Données techniques



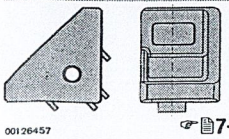
			F_{max}	M_{max}	M_{max}	M_{max}
20/20	8	5 Nm	700 N	6 Nm	25 Nm	–
20/40	8	5 Nm	1 400 N	15 Nm	50 Nm	8 Nm
30/30	8	10 Nm	1 250 N	25 Nm	75 Nm	–
30/60	8	10 Nm	2 500 N	100 Nm	170 Nm	25 Nm
60/60-8	8	10 Nm	5 000 N	320 Nm	370 Nm	110 Nm
60/60-10	10	25 Nm	3 000 N	125 Nm	150 Nm	–
40/40	10	25 Nm	3 000 N	55 Nm	145 Nm	35 Nm
40/80	10	25 Nm	6 000 N	180 Nm	400 Nm	60 Nm
80/80	10	25 Nm	14 000 N	500 Nm	1 000 Nm	400 Nm
45/45	10	25 Nm	3 000 N	60 Nm	160 Nm	–
45/90	10	25 Nm	6 000 N	180 Nm	400 Nm	60 Nm
90/90	10	25 Nm	12 000 N	370 Nm	800 Nm	200 Nm
43x42	10	25 Nm	2 000 N	–	160 Nm	–
50/50	10	25 Nm	4 000 N	125 Nm	250 Nm	38 Nm
50/100	10	25 Nm	7 500 N	300 Nm	600 Nm	73 Nm
100/100	10	25 Nm	15 000 N	550 Nm	1 100 Nm	480 Nm

☞ 3-13
⇨ 3-26



			F_{max}	M_{max}	M_{max}
30/120	6	10 Nm	3 750 N	100 Nm	47 Nm
40/160	8	25 Nm	9 000 N	250 Nm	60 Nm
45/180	10	25 Nm	9 000 N	250 Nm	65 Nm

☞ 3-18
☞ 3-20
☞ 3-22



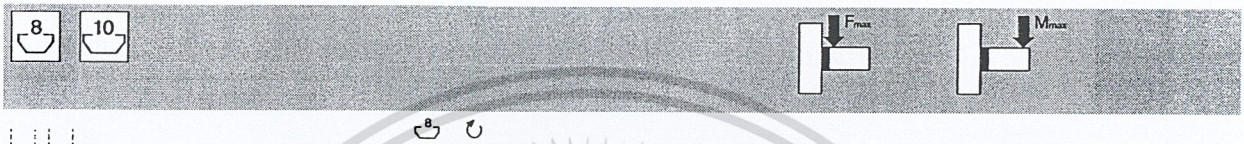
			F_{max}	M_{max}	M_{max}
S 20x20	8	2,5 Nm	700 N	3,6 Nm	25 Nm
S 30x30	8	8,5 Nm	1 250 N	16 Nm	75 Nm
S 40x40	10	25 Nm	3 000 N	36 Nm	160 Nm
S 45x45	10	25 Nm	3 000 N	36 Nm	160 Nm

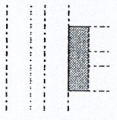
00126457

☞ 7-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
0011851B

Technische Daten · Technical data · Données techniques





30x30	10	25 Nm (S8) / 5 Nm (M5)	4 000 N	80 Nm
40x40	10	35 Nm (S12) / 10 Nm (M6)	9 000 N	150 Nm
45x45		35 Nm (S12) / 10 Nm (M6)	9 000 N	200 Nm
50x50		35 Nm (S12) / 10 Nm (M6)	10 000 N	170 Nm

☞ 3-38

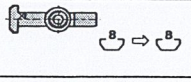
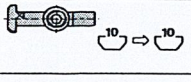
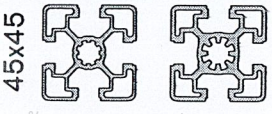




30x30	10	25 Nm (S8) / 5 Nm (M5)	81 Nm
40x40	10	35 Nm (S12) / 10 Nm (M6)	170 Nm
45x45		35 Nm (S12) / 10 Nm (M6)	200 Nm

Profilverbindung Belastbarkeit mit Radiusausgleich ⇨ 2-64
Profile connection load carrying capacity with radial compensation ⇨ 2-64
Jonction de profilés capacité de charge avec joue de protection ⇨ 2-64



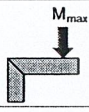
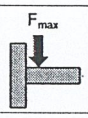
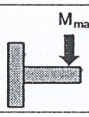
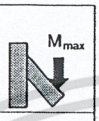
30x30		S8	25 Nm		600 N	37 Nm	28 Nm
			12 Nm		600 N	37 Nm	28 Nm
40x40		M12, S12	30 Nm		1000 N	47 Nm	55 Nm
			22 Nm		1000 N	47 Nm	55 Nm
45x45		M12, S12	35 Nm		1200 N	53 Nm	59 Nm
			25 Nm		1200 N	53 Nm	59 Nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00109356

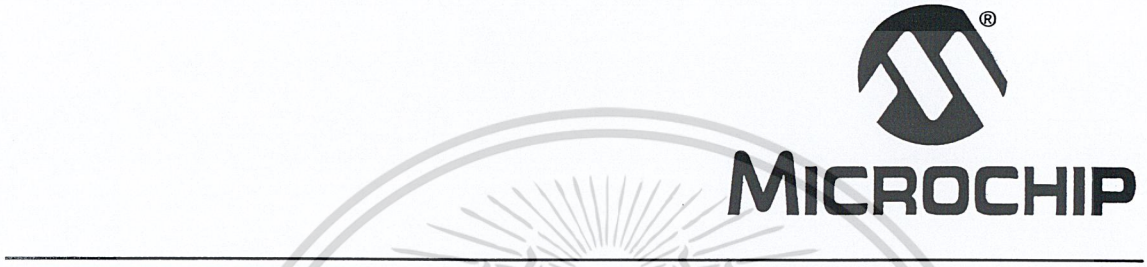
Technische Daten · Technical data · Données techniques

Zulässige Belastungen für Schnellspannverbinder biegbar
Permissible load for bendable quick connectors
Charges autorisées pour joints de serrage rapide pliables

					
	M_{max}	F_{max}	M_{max}	F_{max}	M_{max}
30x30 	24 Nm	1100 N	35 Nm	650 N	40 Nm
40x40L 	100 Nm	1500 N	110 Nm	1000 N	80 Nm
45x45L 	110 Nm	1500 N	120 Nm	1000 N	95 Nm
45x45 	145 Nm	1500 N	140 Nm	1100 N	180 Nm
50x50L 	160 Nm	1500 N	150 Nm	1100 N	180 Nm

00526470

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



dsPIC30F2010
Data Sheet

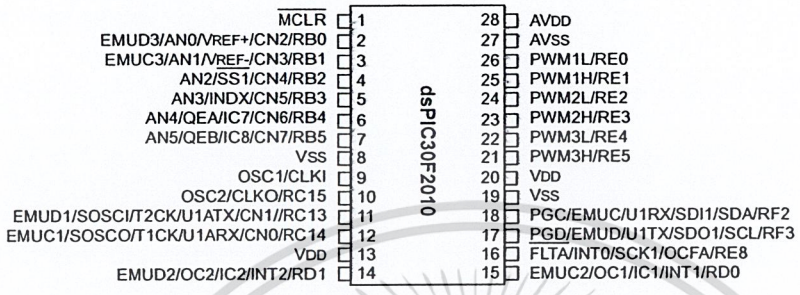
High-Performance, 16-bit
Digital Signal Controllers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

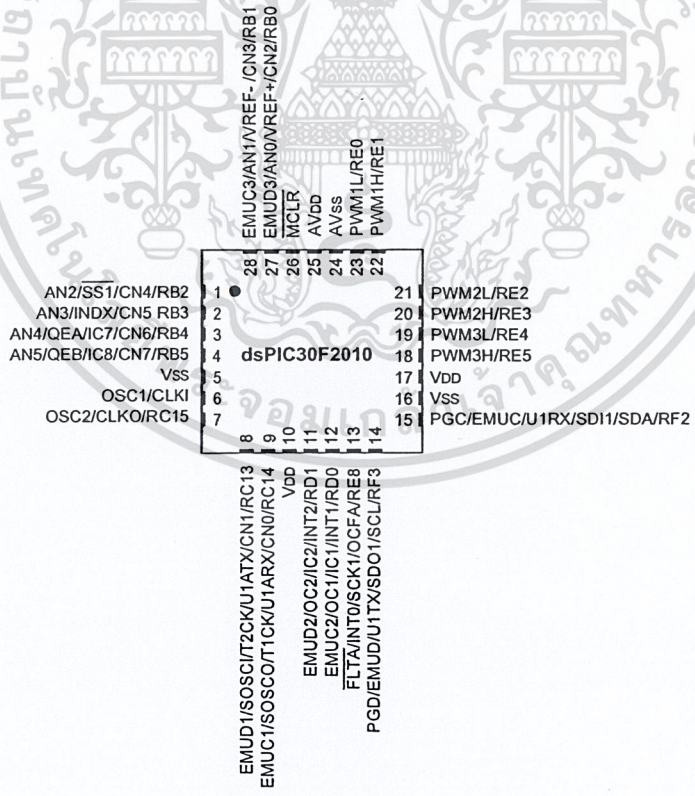
© 2008 Microchip Technology Inc.

Pin Diagrams

28-Pin SDIP and SOIC



28-Pin QFN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MICROCHIP

dsPIC30F6010
Data Sheet

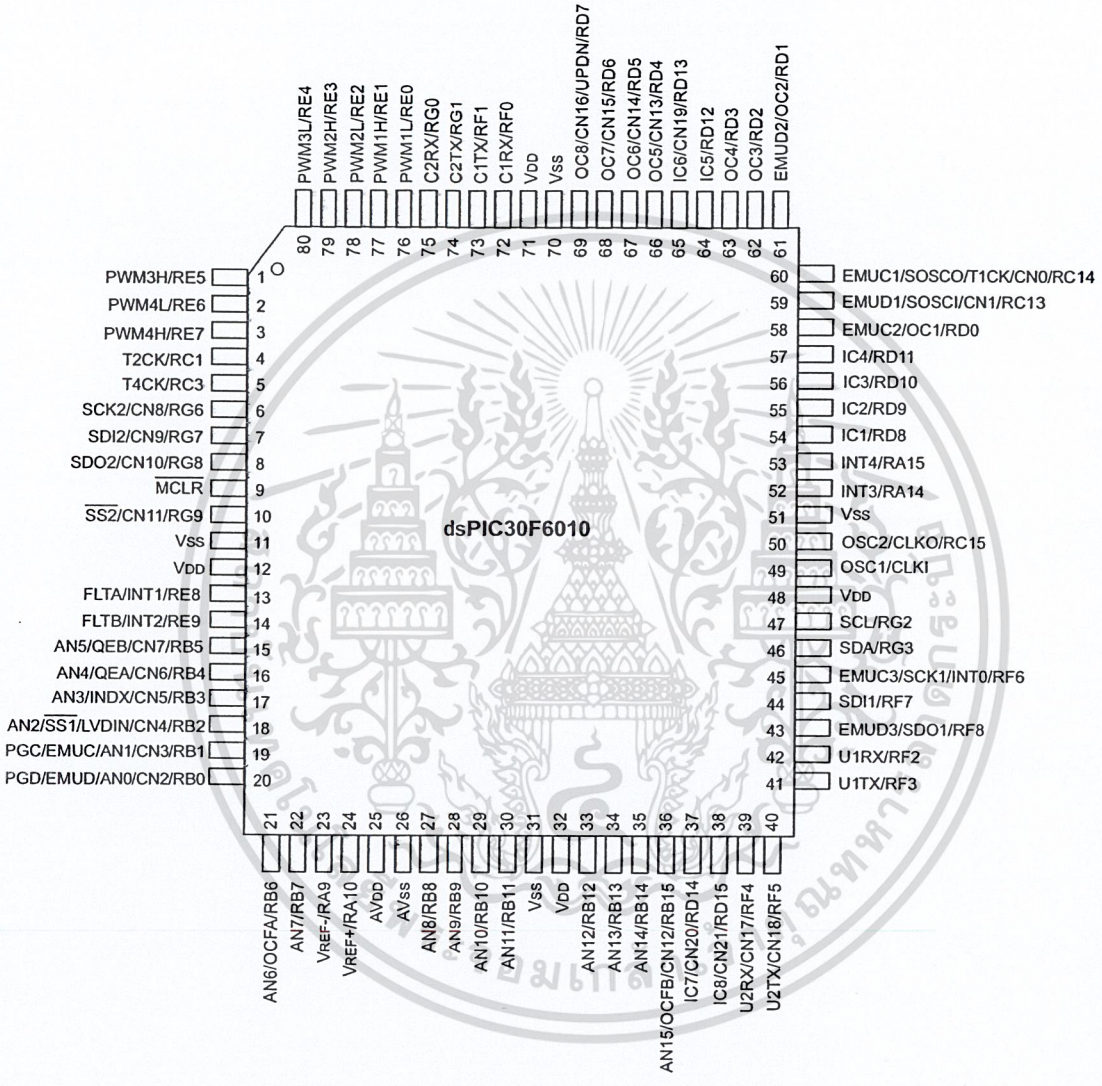
High-Performance
Digital Signal Controllers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

© 2004 Microchip Technology Inc.

Pin Diagram

80-Pin TQFP



Note: Pinout subject to change.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

15.0 MOTOR CONTROL PWM MODULE

Note: This data sheet summarizes features of this group of dsPIC30F devices and is not intended to be a complete reference source. For more information on the CPU, peripherals, register descriptions and general device functionality, refer to the *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046).

This module simplifies the task of generating multiple, synchronized Pulse Width Modulated (PWM) outputs. In particular, the following power and motion control applications are supported by the PWM module:

- Three Phase AC Induction Motor
- Switched Reluctance (SR) Motor
- Brushless DC (BLDC) Motor
- Uninterruptible Power Supply (UPS)

The PWM module has the following features:

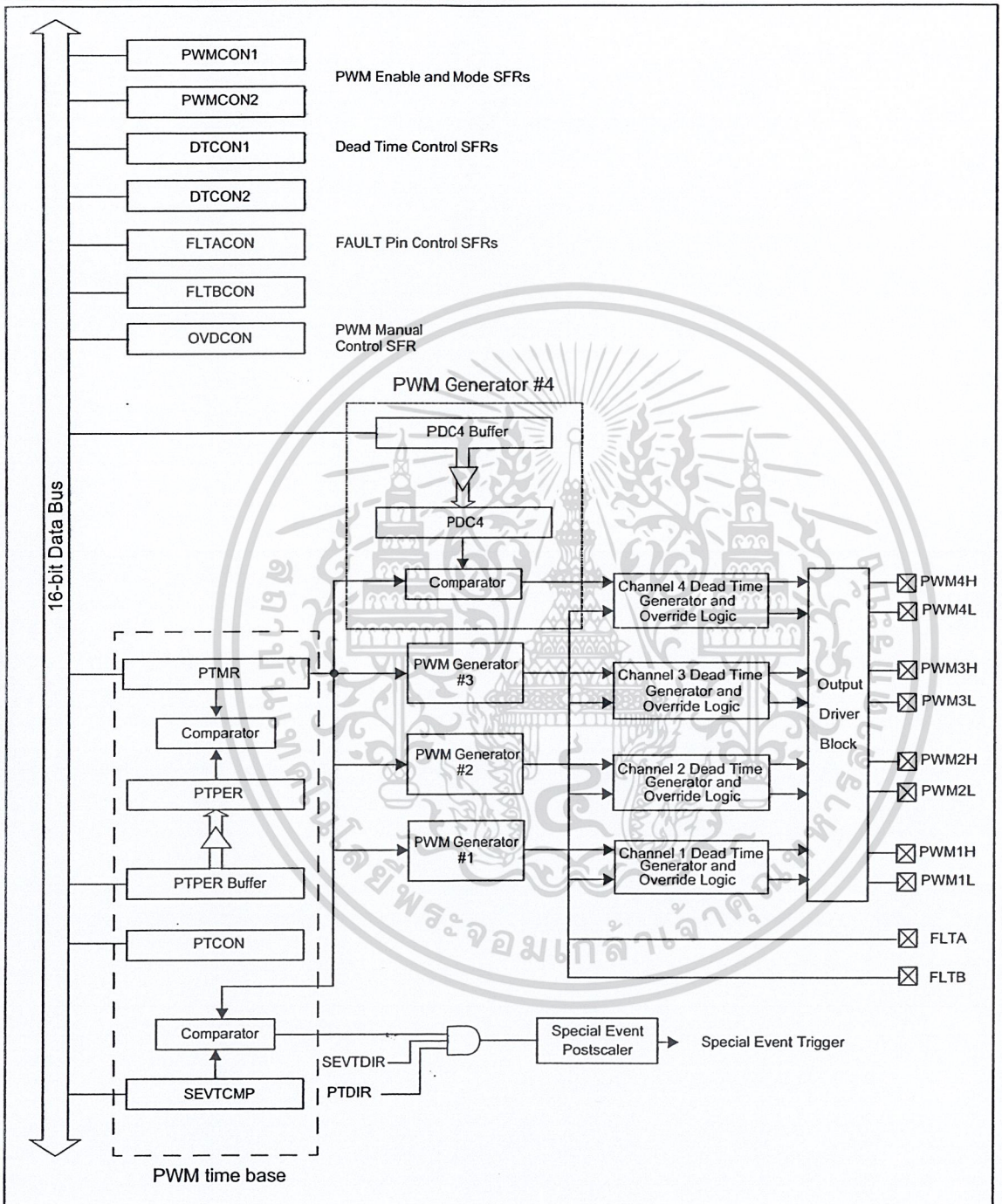
- 8 PWM I/O pins with 4 duty cycle generators
- Up to 16-bit resolution
- 'On-the-Fly' PWM frequency changes
- Edge and Center Aligned Output modes
- Single Pulse Generation mode
- Interrupt support for asymmetrical updates in Center Aligned mode
- Output override control for Electrically Commutative Motor (ECM) operation
- 'Special Event' comparator for scheduling other peripheral events
- FAULT pins to optionally drive each of the PWM output pins to a defined state

This module contains 4 duty cycle generators, numbered 1 through 4. The module has 8 PWM output pins, numbered PWM1H/PWM1L through PWM4H/PWM4L. The eight I/O pins are grouped into high/low numbered pairs, denoted by the suffix H or L, respectively. For complementary loads, the low PWM pins are always the complement of the corresponding high I/O pin.

The PWM module allows several modes of operation which are beneficial for specific power control applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FIGURE 15-1: PWM MODULE BLOCK DIAGRAM



Note: Details of PWM Generator #1, #2, and #3 not shown for clarity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 © 2004 Microchip Technology Inc.

15.1 PWM Time Base

The PWM time base is provided by a 15-bit timer with a prescaler and postscaler. The time base is accessible via the PTMR SFR. PTMR<15> is a Read Only Status bit, PTDIR, that indicates the present count direction of the PWM time base. If PTDIR is cleared, PTMR is counting upwards. If PTDIR is set, PTMR is counting downwards. The PWM time base is configured via the PTCON SFR. The time base is enabled/disabled by setting/clearing the PTEN bit in the PTCON SFR. PTMR is not cleared when the PTEN bit is cleared in software.

The PTPER SFR sets the counting period for PTMR. The user must write a 15-bit value to PTPER<14:0>. When the value in PTMR<14:0> matches the value in PTPER<14:0>, the time base will either reset to 0, or reverse the count direction on the next occurring clock cycle. The action taken depends on the operating mode of the time base.

Note: If the period register is set to 0x0000, the timer will stop counting, and the interrupt and the special event trigger will not be generated, even if the special event value is also 0x0000. The module will not update the period register, if it is already at 0x0000; therefore, the user must disable the module in order to update the period register.

The PWM time base can be configured for four different modes of operation:

- Free Running mode
- Single Shot mode
- Continuous Up/Down Count mode
- Continuous Up/Down Count mode with interrupts for double updates

These four modes are selected by the PTMOD<1:0> bits in the PTCON SFR. The Up/Down Counting modes support center aligned PWM generation. The Single Shot mode allows the PWM module to support pulse control of certain Electronically Commutative Motors (ECMs).

The interrupt signals generated by the PWM time base depend on the mode selection bits (PTMOD<1:0>) and the postscaler bits (PTOPS<3:0>) in the PTCON SFR.

15.1.1 FREE RUNNING MODE

In the Free Running mode, the PWM time base counts upwards until the value in the Time Base Period register (PTPER) is matched. The PTMR register is reset on the following input clock edge and the time base will continue to count upwards as long as the PTEN bit remains set.

When the PWM time base is in the Free Running mode (PTMOD<1:0> = 00), an interrupt event is generated each time a match with the PTPER register occurs and the PTMR register is reset to zero. The postscaler selection bits may be used in this mode of the timer to reduce the frequency of the interrupt events.

15.1.2 SINGLE SHOT MODE

In the Single Shot Counting mode, the PWM time base begins counting upwards when the PTEN bit is set. When the value in the PTMR register matches the PTPER register, the PTMR register will be reset on the following input clock edge and the PTEN bit will be cleared by the hardware to halt the time base.

When the PWM time base is in the Single Shot mode (PTMOD<1:0> = 01), an interrupt event is generated when a match with the PTPER register occurs, the PTMR register is reset to zero on the following input clock edge, and the PTEN bit is cleared. The postscaler selection bits have no effect in this mode of the timer.

15.1.3 CONTINUOUS UP/DOWN COUNTING MODES

In the Continuous Up/Down Counting modes, the PWM time base counts upwards until the value in the PTPER register is matched. The timer will begin counting downwards on the following input clock edge. The PTDIR bit in the PTCON SFR is read only and indicates the counting direction The PTDIR bit is set when the timer counts downwards.

In the Up/Down Counting mode (PTMOD<1:0> = 10), an interrupt event is generated each time the value of the PTMR register becomes zero and the PWM time base begins to count upwards. The postscaler selection bits may be used in this mode of the timer to reduce the frequency of the interrupt events.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

15.1.4 DOUBLE UPDATE MODE

In the Double Update mode (PTMOD<1:0> = 11), an interrupt event is generated each time the PTMR register is equal to zero, as well as each time a period match occurs. The postscaler selection bits have no effect in this mode of the timer.

The Double Update mode provides two additional functions to the user. First, the control loop bandwidth is doubled because the PWM duty cycles can be updated, twice per period. Second, asymmetrical center-aligned PWM waveforms can be generated, which are useful for minimizing output waveform distortion in certain motor control applications.

Note:	Programming a value of 0x0001 in the period register could generate a continuous interrupt pulse, and hence, must be avoided.

15.1.5 PWM TIME BASE PRESCALER

The input clock to PTMR (FOSC/4), has prescaler options of 1:1, 1:4, 1:16, or 1:64, selected by control bits PTCKPS<1:0> in the PTCON SFR. The prescaler counter is cleared when any of the following occurs:

- a write to the PTMR register
- a write to the PTCON register
- any device Reset

The PTMR register is not cleared when PTCON is written.

15.1.6 PWM TIME BASE POSTSCALER

The match output of PTMR can optionally be postscaled through a 4-bit postscaler (which gives a 1:1 to 1:16 scaling).

The postscaler counter is cleared when any of the following occurs:

- a write to the PTMR register
- a write to the PTCON register
- any device Reset

The PTMR register is not cleared when PTCON is written.

15.2 PWM Period

PTPER is a 15-bit register and is used to set the counting period for the PWM time base. PTPER is a double buffered register. The PTPER buffer contents are loaded into the PTPER register at the following instants:

- Free Running and Single Shot modes: When the PTMR register is reset to zero after a match with the PTPER register.
- Up/Down Counting modes: When the PTMR register is zero.

The value held in the PTPER buffer is automatically loaded into the PTPER register when the PWM time base is disabled (PTEN = 0).

The PWM period can be determined using Equation 15-1:

EQUATION 15-1: PWM PERIOD

$$T_{PWM} = \frac{T_{CY} \bullet (PTPER + 1)}{(\text{PTMR Prescale Value})}$$

If the PWM time base is configured for one of the Up/Down Count modes, the PWM period will be twice the value provided by Equation 15-1.

The maximum resolution (in bits) for a given device oscillator and PWM frequency can be determined using Equation 15-2:

EQUATION 15-2: PWM RESOLUTION

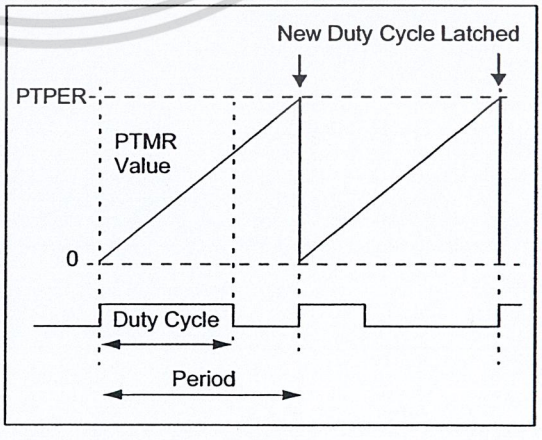
$$\text{Resolution} = \frac{\log (2 \bullet T_{PWM} / T_{CY})}{\log (2)}$$

15.3 Edge Aligned PWM

Edge aligned PWM signals are produced by the module when the PWM time base is in the Free Running or Single Shot mode. For edge aligned PWM outputs, the output has a period specified by the value in PTPER and a duty cycle specified by the appropriate duty cycle register (see Figure 15-2). The PWM output is driven active at the beginning of the period (PTMR = 0) and is driven inactive when the value in the duty cycle register matches PTMR.

If the value in a particular duty cycle register is zero, then the output on the corresponding PWM pin will be inactive for the entire PWM period. In addition, the output on the PWM pin will be active for the entire PWM period if the value in the duty cycle register is greater than the value held in the PTPER register.

FIGURE 15-2: EDGE ALIGNED PWM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

 © 2004 Microchip Technology Inc.

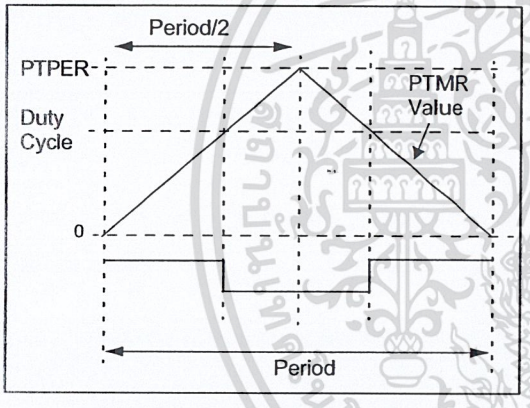
15.4 Center Aligned PWM

Center aligned PWM signals are produced by the module when the PWM time base is configured in an Up/Down Counting mode (see Figure 15-3).

The PWM compare output is driven to the active state when the value of the duty cycle register matches the value of PTMR and the PWM time base is counting downwards (PTDIR = 1). The PWM compare output is driven to the inactive state when the PWM time base is counting upwards (PTDIR = 0) and the value in the PTMR register matches the duty cycle value.

If the value in a particular duty cycle register is zero, then the output on the corresponding PWM pin will be inactive for the entire PWM period. In addition, the output on the PWM pin will be active for the entire PWM period if the value in the duty cycle register is equal to the value held in the PTPER register.

FIGURE 15-3: CENTER ALIGNED PWM



15.5 PWM Duty Cycle Comparison Units

There are four 16-bit special function registers (PDC1, PDC2, PDC3 and PDC4) used to specify duty cycle values for the PWM module.

The value in each duty cycle register determines the amount of time that the PWM output is in the active state. The duty cycle registers are 16-bits wide. The LS bit of a duty cycle register determines whether the PWM edge occurs in the beginning. Thus, the PWM resolution is effectively doubled.

15.5.1 DUTY CYCLE REGISTER BUFFERS

The four PWM duty cycle registers are double buffered to allow glitchless updates of the PWM outputs. For each duty cycle, there is a duty cycle register that is accessible by the user and a second duty cycle register that holds the actual compare value used in the present PWM period.

For edge aligned PWM output, a new duty cycle value will be updated whenever a match with the PTPER register occurs and PTMR is reset. The contents of the duty cycle buffers are automatically loaded into the duty cycle registers when the PWM time base is disabled (PTEN = 0) and the UDIS bit is cleared in PWMCON2.

When the PWM time base is in the Up/Down Counting mode, new duty cycle values are updated when the value of the PTMR register is zero and the PWM time base begins to count upwards. The contents of the duty cycle buffers are automatically loaded into the duty cycle registers when the PWM time base is disabled (PTEN = 0).

When the PWM time base is in the Up/Down Counting mode with double updates, new duty cycle values are updated when the value of the PTMR register is zero, and when the value of the PTMR register matches the value in the PTPER register. The contents of the duty cycle buffers are automatically loaded into the duty cycle registers when the PWM time base is disabled (PTEN = 0).

15.6 Complementary PWM Operation

In the Complementary mode of operation, each pair of PWM outputs is obtained by a complementary PWM signal. A dead time may be optionally inserted during device switching, when both outputs are inactive for a short period (Refer to Section 15.7).

In Complementary mode, the duty cycle comparison units are assigned to the PWM outputs as follows:

- PDC1 register controls PWM1H/PWM1L outputs
- PDC2 register controls PWM2H/PWM2L outputs
- PDC3 register controls PWM3H/PWM3L outputs
- PDC4 register controls PWM4H/PWM4L outputs

The Complementary mode is selected for each PWM I/O pin pair by clearing the appropriate PMODx bit in the PWMCON1 SFR. The PWM I/O pins are set to Complementary mode by default upon a device Reset.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

15.7 Dead Time Generators

Dead time generation may be provided when any of the PWM I/O pin pairs are operating in the Complementary Output mode. The PWM outputs use Push-Pull drive circuits. Due to the inability of the power output devices to switch instantaneously, some amount of time must be provided between the turn off event of one PWM output in a complementary pair and the turn on event of the other transistor.

The PWM module allows two different dead times to be programmed. These two dead times may be used in one of two methods described below to increase user flexibility:

- The PWM output signals can be optimized for different turn off times in the high side and low side transistors in a complementary pair of transistors. The first dead time is inserted between the turn off event of the lower transistor of the complementary pair and the turn on event of the upper transistor. The second dead time is inserted between the turn off event of the upper transistor and the turn on event of the lower transistor.
- The two dead times can be assigned to individual PWM I/O pin pairs. This Operating mode allows the PWM module to drive different transistor/load combinations with each complementary PWM I/O pin pair.

15.7.1 DEAD TIME GENERATORS

Each complementary output pair for the PWM module has a 6-bit down counter that is used to produce the dead time insertion. As shown in Figure 15-4, each dead time unit has a rising and falling edge detector connected to the duty cycle comparison output.

15.7.2 DEAD TIME ASSIGNMENT

The DTCON2 SFR contains control bits that allow the dead times to be assigned to each of the complementary outputs. Table 15-1 summarizes the function of each dead time selection control bit.

TABLE 15-1: DEAD TIME SELECTION BITS

Bit	Function
DTS1A	Selects PWM1L/PWM1H active edge dead time.
DTS1I	Selects PWM1L/PWM1H inactive edge dead time.
DTS2A	Selects PWM2L/PWM2H active edge dead time.
DTS2I	Selects PWM2L/PWM2H inactive edge dead time.
DTS3A	Selects PWM3L/PWM3H active edge dead time.
DTS3I	Selects PWM3L/PWM3H inactive edge dead time.
DTS4A	Selects PWM4L/PWM4H active edge dead time.
DTS4I	Selects PWM4L/PWM4H inactive edge dead time.

15.7.3 DEAD TIME RANGES

The amount of dead time provided by each dead time unit is selected by specifying the input clock prescaler value and a 6-bit unsigned value. The amount of dead time provided by each unit may be set independently.

Four input clock prescaler selections have been provided to allow a suitable range of dead times, based on the device operating frequency. The clock prescaler option may be selected independently for each of the two dead time values. The dead time clock prescaler values are selected using the DTAPS<1:0> and DTBPS<1:0> control bits in the DTCON1 SFR. One of four clock prescaler options (TCY, 2TCY, 4TCY or 8TCY) may be selected for each of the dead time values.

After the prescaler values are selected, the dead time for each unit is adjusted by loading two 6-bit unsigned values into the DTCON1 SFR.

The dead time unit prescalers are cleared on the following events:

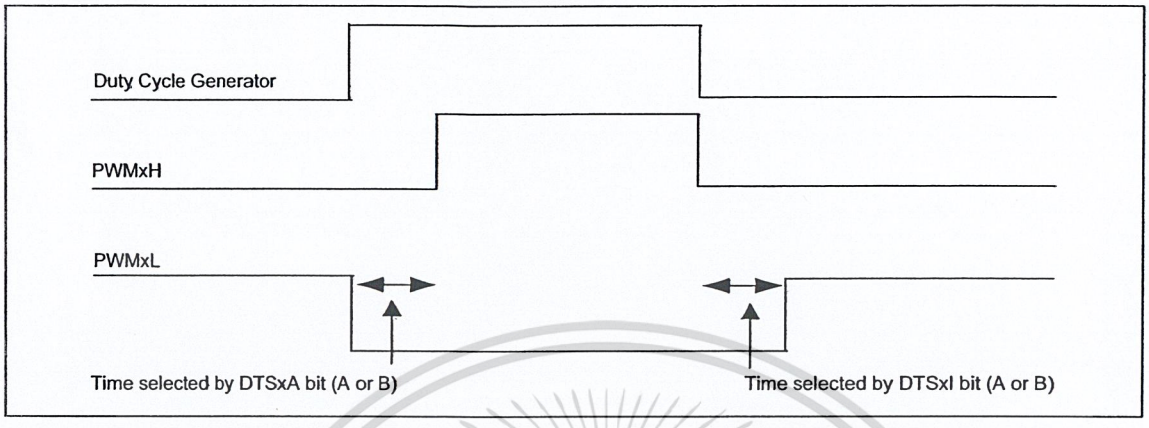
- On a load of the down timer due to a duty cycle comparison edge event.
- On a write to the DTCON1 or DTCON2 registers.
- On any device Reset.

Note: The user should not modify the DTCON1 or DTCON2 values while the PWM module is operating (PTEN = 1). Unexpected results may occur.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

 © 2004 Microchip Technology Inc.

FIGURE 15-4: DEAD TIME TIMING DIAGRAM



15.8 Independent PWM Output

An independent PWM Output mode is required for driving certain types of loads. A particular PWM output pair is in the Independent Output mode when the corresponding PMOD bit in the PWMCON1 register is set. No dead time control is implemented between adjacent PWM I/O pins when the module is operating in the Independent mode and both I/O pins are allowed to be active simultaneously.

In the Independent mode, each duty cycle generator is connected to both of the PWM I/O pins in an output pair. By using the associated duty cycle register and the appropriate bits in the OVDCON register, the user may select the following signal output options for each PWM I/O pin operating in the Independent mode:

- I/O pin outputs PWM signal
- I/O pin inactive
- I/O pin active

15.9 Single Pulse PWM Operation

The PWM module produces single pulse outputs when the PTCON control bits PTMOD<1:0> = 10. Only edge aligned outputs may be produced in the Single Pulse mode. In Single Pulse mode, the PWM I/O pin(s) are driven to the active state when the PTEN bit is set. When a match with a duty cycle register occurs, the PWM I/O pin is driven to the inactive state. When a match with the PTPER register occurs, the PTMR register is cleared, all active PWM I/O pins are driven to the inactive state, the PTEN bit is cleared, and an interrupt is generated.

15.10 PWM Output Override

The PWM output override bits allow the user to manually drive the PWM I/O pins to specified logic states, independent of the duty cycle comparison units.

All control bits associated with the PWM output override function are contained in the OVDCON register. The upper half of the OVDCON register contains eight bits, POVDxH<4:1> and POVDxL<4:1>, that determine which PWM I/O pins will be overridden. The lower half of the OVDCON register contains eight bits, POUTxH<4:1> and POUTxL<4:1>, that determine the state of the PWM I/O pins when a particular output is overridden via the POVD bits.

15.10.1 COMPLEMENTARY OUTPUT MODE

When a PWMxL pin is driven active via the OVDCON register, the output signal is forced to be the complement of the corresponding PWMxH pin in the pair. Dead time insertion is still performed when PWM channels are overridden manually.

15.10.2 OVERRIDE SYNCHRONIZATION

If the OSYNC bit in the PWMCON2 register is set, all output overrides performed via the OVDCON register are synchronized to the PWM time base. Synchronous output overrides occur at the following times:

- Edge Aligned mode, when PTMR is zero.
- Center Aligned modes, when PTMR is zero and when the value of PTMR matches PTPER.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.11 PWM Output and Polarity Control

There are three device configuration bits associated with the PWM module that provide PWM output pin control:

- HPOL configuration bit
- LPOL configuration bit
- PWMPIN configuration bit

These three bits in the FPORBOR configuration register (see Section 21) work in conjunction with the four PWM Enable bits (PWMEN<4:1>) located in the PWMCON1 SFR. The configuration bits and PWM Enable bits ensure that the PWM pins are in the correct states after a device Reset occurs. The PWMPIN configuration fuse allows the PWM module outputs to be optionally enabled on a device Reset. If PWMPIN = 0, the PWM outputs will be driven to their inactive states at Reset. If PWMPIN = 1 (default), the PWM outputs will be tri-stated. The HPOL bit specifies the polarity for the PWMxH outputs, whereas the LPOL bit specifies the polarity for the PWMxL outputs.

15.11.1 OUTPUT PIN CONTROL

The PEN<4:1>H and PEN<4:1>L control bits in the PWMCON1 SFR enable each high PWM output pin and each low PWM output pin, respectively. If a particular PWM output pin not enabled, it is treated as a general purpose I/O pin.

15.12 PWM FAULT Pins

There are two FAULT pins (FLTA and FLTB) associated with the PWM module. When asserted, these pins can optionally drive each of the PWM I/O pins to a defined state.

15.12.1 FAULT PIN ENABLE BITS

The FLTACON and FLTBCON SFRs each have 4 control bits that determine whether a particular pair of PWM I/O pins is to be controlled by the FAULT input pin. To enable a specific PWM I/O pin pair for FAULT overrides, the corresponding bit should be set in the FLTACON or FLTBCON register.

If all enable bits are cleared in the FLTACON or FLTBCON registers, then the corresponding FAULT input pin has no effect on the PWM module and the pin may be used as a general purpose interrupt or I/O pin.

Note:	The FAULT pin logic can operate independent of the PWM logic. If all the enable bits in the FLTACON/FLTBCON register are cleared, then the FAULT pin(s) could be used as general purpose interrupt pin(s). Each FAULT pin has an interrupt vector, Interrupt Flag bit and Interrupt Priority bits associated with it.

15.12.2 FAULT STATES

The FLTACON and FLTBCON special function registers have 8 bits each that determine the state of each PWM I/O pin when it is overridden by a FAULT input. When these bits are cleared, the PWM I/O pin is driven to the inactive state. If the bit is set, the PWM I/O pin will be driven to the active state. The active and inactive states are referenced to the polarity defined for each PWM I/O pin (HPOL and LPOL polarity control bits).

A special case exists when a PWM module I/O pair is in the Complementary mode and both pins are programmed to be active on a FAULT condition. The PWMxH pin always has priority in the Complementary mode, so that both I/O pins cannot be driven active simultaneously.

15.12.3 FAULT PIN PRIORITY

If both FAULT input pins have been assigned to control a particular PWM I/O pin, the FAULT state programmed for the FAULT A input pin will take priority over the FAULT B input pin.

15.12.4 FAULT INPUT MODES

Each of the FAULT input pins has two modes of operation:

- **Latched Mode:** When the FAULT pin is driven low, the PWM outputs will go to the states defined in the FLTACON/FLTBCON register. The PWM outputs will remain in this state until the FAULT pin is driven high and the corresponding interrupt flag has been cleared in software. When both of these actions have occurred, the PWM outputs will return to normal operation at the beginning of the next PWM cycle or half-cycle boundary. If the interrupt flag is cleared before the FAULT condition ends, the PWM module will wait until the FAULT pin is no longer asserted, to restore the outputs.
- **Cycle-by-Cycle Mode:** When the FAULT input pin is driven low, the PWM outputs remain in the defined FAULT states for as long as the FAULT pin is held low. After the FAULT pin is driven high, the PWM outputs return to normal operation at the beginning of the following PWM cycle or half-cycle boundary.

The Operating mode for each FAULT input pin is selected using the FLTAM and FLTBM control bits in the FLTACON and FLTBCON Special Function Registers.

Each of the FAULT pins can be controlled manually in software.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 © 2004 Microchip Technology Inc.

15.13 PWM Update Lockout

For a complex PWM application, the user may need to write up to four duty cycle registers and the time base period register, PTPER, at a given time. In some applications, it is important that all buffer registers be written before the new duty cycle and period values are loaded for use by the module.

The PWM update lockout feature is enabled by setting the UDIS control bit in the PWMCON2 SFR. The UDIS bit affects all duty cycle buffer registers and the PWM time base period buffer, PTPER. No duty cycle changes or period value changes will have effect while UDIS = 1.

15.14 PWM Special Event Trigger

The PWM module has a special event trigger that allows A/D conversions to be synchronized to the PWM time base. The A/D sampling and conversion time may be programmed to occur at any point within the PWM period. The special event trigger allows the user to minimize the delay between the time when A/D conversion results are acquired and the time when the duty cycle value is updated.

The PWM special event trigger has an SFR named SEVTCMP, and five control bits to control its operation. The PTMR value for which a special event trigger should occur is loaded into the SEVTCMP register. When the PWM time base is in an Up/Down Counting mode, an additional control bit is required to specify the counting phase for the special event trigger. The count phase is selected using the SEVTDIR control bit in the SEVTCMP SFR. If the SEVTDIR bit is cleared, the special event trigger will occur on the upward counting cycle of the PWM time base. If the SEVTDIR bit is set, the special event trigger will occur on the downward count cycle of the PWM time base. The SEVTDIR control bit has no effect unless the PWM time base is configured for an Up/Down Counting mode.

15.14.1 SPECIAL EVENT TRIGGER POSTSCALER

The PWM special event trigger has a postscaler that allows a 1:1 to 1:16 postscale ratio. The postscaler is configured by writing the SEVOPS<3:0> control bits in the PWMCON2 SFR.

The special event output postscaler is cleared on the following events:

- Any write to the SEVTCMP register
- Any device Reset

15.15 PWM Operation During CPU Sleep Mode

The FAULT A and FAULT B input pins have the ability to wake the CPU from Sleep mode. The PWM module generates an interrupt if either of the FAULT pins is driven low while in Sleep.

15.16 PWM Operation During CPU Idle Mode

The PTCON SFR contains a PTSIDL control bit. This bit determines if the PWM module will continue to operate or stop when the device enters Idle mode. If PTSIDL = 0, the module will continue to operate. If PTSIDL = 1, the module will stop operation as long as the CPU remains in Idle mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

TABLE 15-2: 8-OUTPUT PWM REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
PTCON	01C0	PTEN	—	PTSIDL	—	—	—	—	—	PTOPS<3:0>				PTCKPS<1:0>		PTMOD<1:0>		0000 0000 0000 0000
PTMR	01C2	PTDIR	PWM Timer Count Value															0000 0000 0000 0000
PTPER	01C4	—	PWM Time Base Period Register															0000 0000 0000 0000
SEVTCMP	01C6	SEVTDIR	PWM Special Event Compare Register															0000 0000 0000 0000
PWMCON1	01C8	—	—	—	—	PTMOD4	PTMOD3	PTMOD2	PTMOD1	PEN4H	PEN3H	PEN2H	PEN1H	PEN4L	PEN3L	PEN2L	PEN1L	0000 0000 1111 1111
PWMCON2	01CA	—	—	—	—	SEVOPS<3:0>				—	—	—	—	—	—	OSYNC	UDIS	0000 0000 0000 0000
DTCON1	01CC	DTBPS<1:0>		Dead Time B Value						DTAPS<1:0>		Dead Time A Value						0000 0000 0000 0000
DTCON2	01CE	—	—	—	—	—	—	—	—	DTS4A	DTS4I	DTS3A	DTS3I	DTS2A	DTS2I	DTS1A	DTS1I	0000 0000 0000 0000
FLTACON	01D0	FAOV4H	FAOV4L	FAOV3H	FAOV3L	FAOV2H	FAOV2L	FAOV1H	FAOV1L	FLTAM	—	—	—	FAEN4	FAEN3	FAEN2	FAEN1	0000 0000 0000 0000
FLTBCON	01D2	FBOV4H	FBOV4L	FBOV3H	FBOV3L	FBOV2H	FBOV2L	FBOV1H	FBOV1L	FLTBM	—	—	—	FBEN4	FBEN3	FBEN2	FBEN1	0000 0000 0000 0000
OVDCON	01D4	POVD4H	POVD4L	POVD3H	POVD3L	POVD2H	POVD2L	POVD1H	POVD1L	POUT4H	POUT4L	POUT3H	POUT3L	POUT2H	POUT2L	POUT1H	POUT1L	1111 1111 0000 0000
PDC1	01D6	PWM Duty Cycle #1 Register																0000 0000 0000 0000
PDC2	01D8	PWM Duty Cycle #2 Register																0000 0000 0000 0000
PDC3	01DA	PWM Duty Cycle #3 Register																0000 0000 0000 0000
PDC4	01DC	PWM Duty Cycle #4 Register																0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

Note: Refer to *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046) for descriptions of register bit fields.

© 2004 Microchip Technology Inc.

20.0 10-BIT HIGH SPEED ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

Note: This data sheet summarizes features of this group of dsPIC30F devices and is not intended to be a complete reference source. For more information on the CPU, peripherals, register descriptions and general device functionality, refer to the *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046).

The10-bit high-speed analog-to-digital converter (A/D) allows conversion of an analog input signal to a 10-bit digital number. This module is based on a Successive Approximation Register (SAR) architecture, and provides a maximum sampling rate of 500 ksps. The A/D module has 16 analog inputs which are multiplexed into four sample and hold amplifiers. The output of the sample and hold is the input into the converter, which generates the result. The analog reference voltages are software selectable to either the device supply voltage (AVDD/AVSS) or the voltage level on the (VREF+/VREF-) pin. The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in Sleep mode.

The A/D module has six 16-bit registers:

- A/D Control Register1 (ADCON1)
- A/D Control Register2 (ADCON2)
- A/D Control Register3 (ADCON3)
- A/D Input Select Register (ADCHS)
- A/D Port Configuration Register (ADPCFG)
- A/D Input Scan Selection Register (ADCSSL)

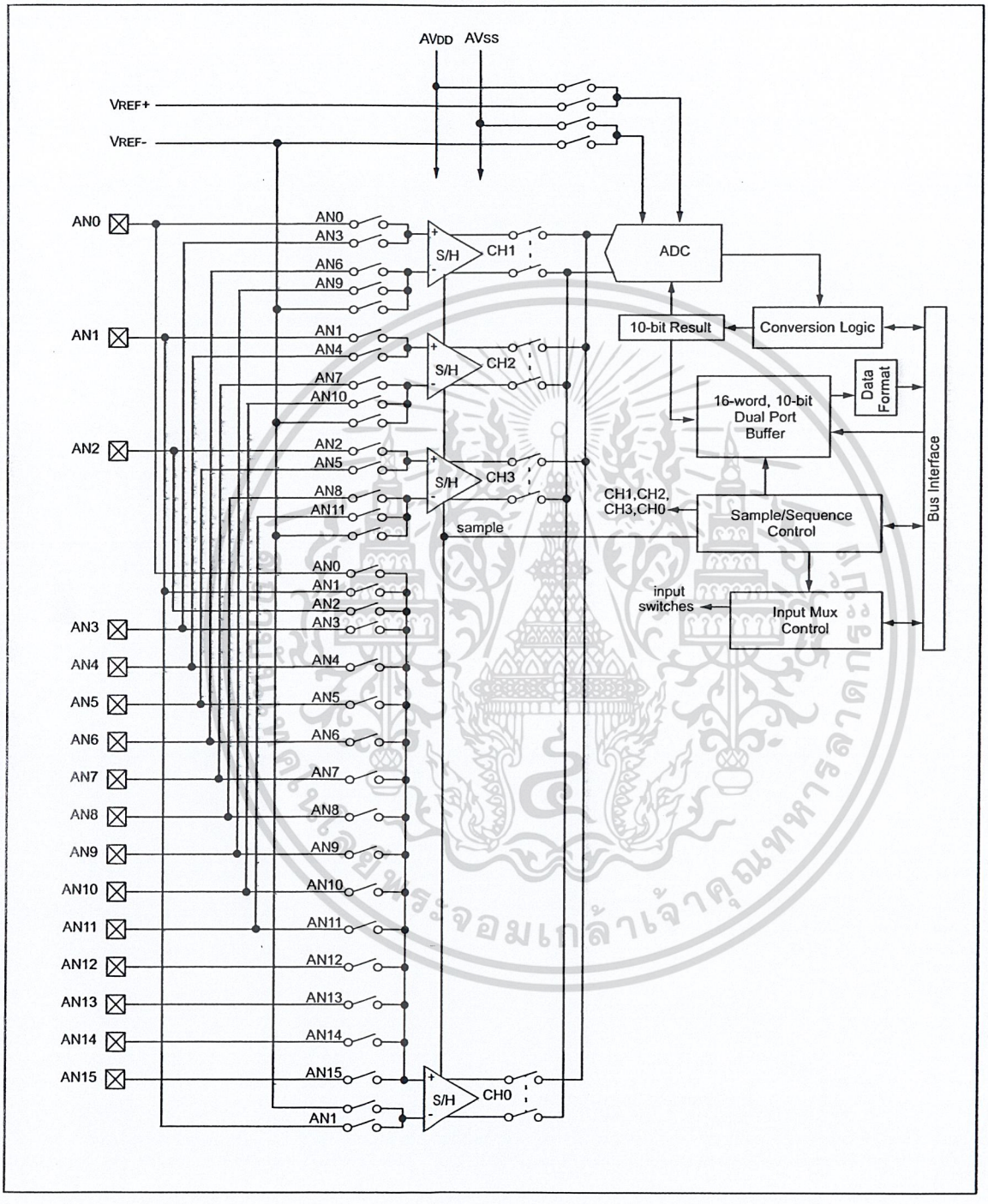
The ADCON1, ADCON2 and ADCON3 registers control the operation of the A/D module. The ADCHS register selects the input channels to be converted. The ADPCFG register configures the port pins as analog inputs or as digital I/O. The ADCSSL register selects inputs for scanning.

Note: The SSRC<2:0>, ASAM, SIMSAM, SMPI<3:0>, BUFM and ALTS bits, as well as the ADCON3 and ADCSSL registers, must not be written to while ADON = 1. This would lead to indeterminate results.

The block diagram of the A/D module is shown in Figure 20-1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 20-1: 10-BIT HIGH SPEED A/D FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 © 2004 Microchip Technology Inc.

20.1 A/D Result Buffer

The module contains a 16-word dual port read-only buffer, called ADCBUF0...ADCBUFF, to buffer the A/D results. The RAM is 10-bits wide, but is read into different format 16-bit words. The contents of the sixteen A/D conversion result buffer registers, ADCBUF0 through ADCBUFF, cannot be written by user software.

20.2 Conversion Operation

After the A/D module has been configured, the sample acquisition is started by setting the SAMP bit. Various sources, such as a programmable bit, timer time-outs and external events, will terminate acquisition and start a conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into ADCBUF0...ADCBUFF, and the A/D interrupt flag ADIF and the DONE bit are set after the number of samples specified by the SMPI bit.

The following steps should be followed for doing an A/D conversion:

1. Configure the A/D module:
   - Configure analog pins, voltage reference and digital I/O
   - Select A/D input channels
   - Select A/D conversion clock
   - Select A/D conversion trigger
   - Turn on A/D module
2. Configure A/D interrupt (if required):
   - Clear ADIF bit
   - Select A/D interrupt priority
3. Start sampling.
4. Wait the required acquisition time.
5. Trigger acquisition end, start conversion
6. Wait for A/D conversion to complete, by either:
   - Waiting for the A/D interrupt
7. Read A/D result buffer, clear ADIF if required.

20.3 Selecting the Conversion Sequence

Several groups of control bits select the sequence in which the A/D connects inputs to the sample/hold channels, converts channels, writes the buffer memory, and generates interrupts. The sequence is controlled by the sampling clocks.

The SIMSAM bit controls the acquire/convert sequence for multiple channels. If the SIMSAM bit is '0', the two or four selected channels are acquired and converted sequentially, with two or four sample clocks. If the SIMSAM bit is '1', two or four selected channels are acquired simultaneously, with one sample clock. The channels are then converted sequentially. Obviously, if there is only 1 channel selected, the SIMSAM bit is not applicable.

The CHPS bits selects how many channels are sampled. This can vary from 1, 2 or 4 channels. If CHPS selects 1 channel, the CH0 channel will be sampled at the sample clock and converted. The result is stored in the buffer. If CHPS selects 2 channels, the CH0 and CH1 channels will be sampled and converted. If CHPS selects 4 channels, the CH0, CH1, CH2 and CH3 channels will be sampled and converted.

The SMPI bits select the number of acquisition/conversion sequences that would be performed before an interrupt occurs. This can vary from 1 sample per interrupt to 16 samples per interrupt.

The user cannot program a combination of CHPS and SMPI bits that specifies more than 16 conversions per interrupt, or 8 conversions per interrupt, depending on the BUFM bit. The BUFM bit, when set, will split the 16--word results buffer (ADCBUF0...ADCBUFF) into two 8-word groups. Writing to the 8-word buffers will be alternated on each interrupt event. Use of the BUFM bit will depend on how much time is available for moving data out of the buffers after the interrupt, as determined by the application.

If the processor can quickly unload a full buffer within the time it takes to acquire and convert one channel, the BUFM bit can be '0' and up to 16 conversions may be done per interrupt. The processor will have one sample and conversion time to move the sixteen conversions.

If the processor cannot unload the buffer within the acquisition and conversion time, the BUFM bit should be '1'. For example, if SMPI<3:0> (ADCON2<5:2>) = 0111, then eight conversions will be loaded into 1/2 of the buffer, following which an interrupt occurs. The next eight conversions will be loaded into the other 1/2 of the buffer. The processor will have the entire time between interrupts to move the eight conversions.

The ALTS bit can be used to alternate the inputs selected during the sampling sequence. The input multiplexer has two sets of sample inputs: MUX A and MUX B. If the ALTS bit is '0', only the MUX A inputs are selected for sampling. If the ALTS bit is '1' and SMPI<3:0> = 0000, on the first sample/convert sequence, the MUX A inputs are selected, and on the next acquire/convert sequence, the MUX B inputs are selected.

The CSCNA bit (ADCON2<10>) will allow the CH0 channel inputs to be alternately scanned across a selected number of analog inputs for the MUX A group. The inputs are selected by the ADCSSL register. If a particular bit in the ADCSSL register is '1', the corresponding input is selected. The inputs are always scanned from lower to higher numbered inputs, starting after each interrupt. If the number of inputs selected is greater than the number of samples taken per interrupt, the higher numbered inputs are unused.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20.4 Programming the Start of Conversion Trigger

The conversion trigger will terminate acquisition and start the requested conversions.

The SSRC<2:0> bits select the source of the conversion trigger.

The SSRC bits provide for up to 5 alternate sources of conversion trigger.

When SSRC<2:0> = 000, the conversion trigger is under software control. Clearing the SAMP bit will cause the conversion trigger.

When SSRC<2:0> = 111 (Auto Start mode), the conversion trigger is under A/D clock control. The SAMC bits select the number of A/D clocks between the start of acquisition and the start of conversion. This provides the fastest conversion rates on multiple channels. SAMC must always be at least 1 clock cycle.

Other trigger sources can come from timer modules, Motor Control PWM module, or external interrupts.

Note: To operate the A/D at the maximum specified conversion speed, the Auto Convert Trigger option should be selected (SSRC = 111) and the Auto Sample Time bits shoud be set to 1 TAD (SAMC = 00001). This configuration will give a total conversion period (sample + convert) of 13 TAD.

The use of any other conversion trigger will result in additional TAD cycles to synchronize the external event to the A/D.

20.5 Aborting a Conversion

Clearing the ADON bit during a conversion will abort the current conversion and stop the sampling sequencing. The ADCBUF will not be updated with the partially completed A/D conversion sample. That is, the ADCBUF will continue to contain the value of the last completed conversion (or the last value written to the ADCBUF register).

If the clearing of the ADON bit coincides with an auto start, the clearing has a higher priority.

After the A/D conversion is aborted, a 2 TAD wait is required before the next sampling may be started by setting the SAMP bit.

If sequential sampling is specified, the A/D will continue at the next sample pulse which corresponds with the next channel converted. If simultaneous sampling is specified, the A/D will continue with the next multi-channel group conversion sequence.

20.6 Selecting the A/D Conversion Clock

The A/D conversion requires 12 TAD. The source of the A/D conversion clock is software selected using a six bit counter. There are 64 possible options for TAD.

EQUATION 20-1: A/D CONVERSION CLOCK

$$T_{AD} = T_{CY} * (0.5*(ADCS<5:0>+1))$$

$$ADCS<5:0> = 2\ \frac{T_{AD}}{T_{CY}} - 1$$

The internal RC oscillator is selected by setting the ADRC bit.

For correct A/D conversions, the A/D conversion clock (TAD) must be selected to ensure a minimum TAD time of 154 nsec (for VDD = 5V). Refer to the Electrical Specifications section for minimum TAD under other operating conditions.

Example 20-1 shows a sample calculation for the ADCS<5:0> bits, assuming a device operating speed of 30 MIPS.

EXAMPLE 20-1: A/D CONVERSION CLOCK CALCULATION

Minimum T_{AD} = 154 nsec

T_{CY} = 33 nsec (30 MIPS)

$$ADCS<5:0> = 2\ \frac{T_{AD}}{T_{CY}} - 1$$

$$= 2 \bullet \frac{154\ \text{nsec}}{33\ \text{nsec}} - 1$$

$$= 8.33$$

Therefore,

Set ADCS<5:0> = 9

$$\text{Actual } T_{AD} = \frac{T_{CY}}{2}\ (ADCS<5:0>+1)$$

$$= \frac{33\ \text{nsec}}{2}\ (9+1)$$

$$= 165\ \text{nsec}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 © 2004 Microchip Technology Inc.

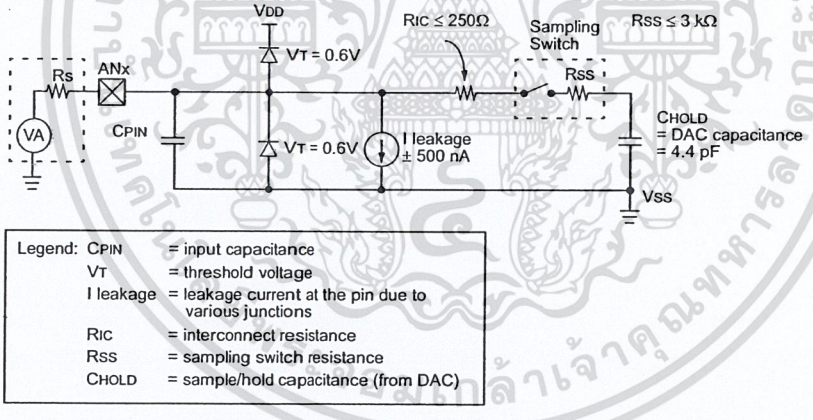
20.7 A/D Acquisition Requirements

The analog input model of the 10-bit A/D converter is shown in Figure 20-2. The total sampling time for the A/D is a function of the internal amplifier settling time, device VDD and the holding capacitor charge time.

For the A/D converter to meet its specified accuracy, the charge holding capacitor (CHOLD) must be allowed to fully charge to the voltage level on the analog input pin. The source impedance (RS), the interconnect impedance (RIC), and the internal sampling switch (RSS) impedance combine to directly affect the time required to charge the capacitor CHOLD. The combined impedance of the analog sources must therefore be small enough to fully charge the holding capacitor within the chosen sample time. To minimize the effects of pin leakage currents on the accuracy of the A/D converter, the maximum recommended source impedance, RS, is 5 kΩ. After the analog input channel is selected (changed), this sampling function must be completed prior to starting the conversion. The internal holding capacitor will be in a discharged state prior to each sample operation.

The user must allow at least 1 TAD period of sampling time, TSAMP, between conversions to allow each sample to be acquired. This sample time may be controlled manually in software by setting/clearing the SAMP bit, or it may be automatically controlled by the A/D converter. In an automatic configuration, the user must allow enough time between conversion triggers so that the minimum sample time can be satisfied. Refer to the Electrical Specifications for TAD and sample time requirements.

FIGURE 20-2: A/D CONVERTER ANALOG INPUT MODEL



Note: CPIN value depends on device package and is not tested. Effect of CPIN negligible if Rs ≤ 5 kΩ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20.8 Module Power-down Modes

The module has 3 internal power modes. When the ADON bit is '1', the module is in Active mode; it is fully powered and functional. When ADON is '0', the module is in Off mode. The digital and analog portions of the circuit are disabled for maximum current savings. In order to return to the Active mode from Off mode, the user must wait for the ADC circuitry to stabilize.

20.9 A/D Operation During CPU Sleep and Idle Modes

20.9.1 A/D OPERATION DURING CPU SLEEP MODE

When the device enters Sleep mode, all clock sources to the module are shutdown and stay at logic '0'.

If Sleep occurs in the middle of a conversion, the conversion is aborted. The converter will not continue with a partially completed conversion on exit from Sleep mode.

Register contents are not affected by the device entering or leaving Sleep mode.

The A/D module can operate during Sleep mode if the A/D clock source is set to RC (ADRC = 1). When the RC clock source is selected, the A/D module waits one instruction cycle before starting the conversion. This allows the SLEEP instruction to be executed, which eliminates all digital switching noise from the conversion. When the conversion is complete, the Done bit will be set and the result loaded into the ADCBUF register.

If the A/D interrupt is enabled, the device will wake-up from Sleep. If the A/D interrupt is not enabled, the A/D module will then be turned off, although the ADON bit will remain set.

20.9.2 A/D OPERATION DURING CPU IDLE MODE

The ADSIDL bit selects if the module will stop on Idle or continue on Idle. If ADSIDL = 0, the module will continue operation on assertion of Idle mode. If ADSIDL = 1, the module will stop on Idle.

20.10 Effects of a Reset

A device Reset forces all registers to their Reset state. This forces the A/D module to be turned off, and any conversion and acquisition sequence is aborted. The values that are in the ADCBUF registers are not modified. The A/D result register will contain unknown data after a Power-on Reset.

20.11 Output Formats

The A/D result is 10-bits wide. The data buffer RAM is also 10-bits wide. The 10-bit data can be read in one of four different formats. The FORM<1:0> bits select the format. Each of the output formats translates to a 16-bit result on the data bus.

Write data will always be in right justified (integer) format.

FIGURE 20-3: A/D OUTPUT DATA FORMATS

RAM Contents:	d09	d08	d07	d06	d05	d04	d03	d02	d01	d00						
Read to Bus:																
Signed Fractional (1.15)	$\overline{d09}$	d08	d07	d06	d05	d04	d03	d02	d01	d00	0	0	0	0	0	0
Fractional (1.15)	d09	d08	d07	d06	d05	d04	d03	d02	d01	d00	0	0	0	0	0	0
Signed Integer	$\overline{d09}$	$\overline{d09}$	$\overline{d09}$	$\overline{d09}$	$\overline{d09}$	$\overline{d09}$	$\overline{d09}$	d08	d07	d06	d05	d04	d03	d02	d01	d00
Integer	0	0	0	0	0	0	d09	d08	d07	d06	d05	d04	d03	d02	d01	d00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 © 2004 Microchip Technology Inc.

20.12 Configuring Analog Port Pins

The use of the ADPCFG and TRIS registers control the operation of the A/D port pins. The port pins that are desired as analog inputs must have their corresponding TRIS bit set (input). If the TRIS bit is cleared (output), the digital output level (V_{OH} or V_{OL}) will be converted.

The A/D operation is independent of the state of the CH0SA<3:0>/CH0SB<3:0> bits and the TRIS bits.

When reading the PORT register, all pins configured as analog input channels will read as cleared.

Pins configured as digital inputs will not convert an analog input. Analog levels on any pin that is defined as a digital input (including the ANx pins), may cause the input buffer to consume current that exceeds the device specifications.

20.13 Connection Considerations

The analog inputs have diodes to V_{DD} and V_{SS} as ESD protection. This requires that the analog input be between V_{DD} and V_{SS}. If the input voltage exceeds this range by greater than 0.3V (either direction), one of the diodes becomes forward biased and it may damage the device if the input current specification is exceeded.

An external RC filter is sometimes added for anti-aliasing of the input signal. The R component should be selected to ensure that the sampling time requirements are satisfied. Any external components connected (via high impedance) to an analog input pin (capacitor, zener diode, etc.) should have very little leakage current at the pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 20-1: ADC REGISTER MAP

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
ADCBUF0	0280	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 0										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF1	0282	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 1										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF2	0284	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 2										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF3	0286	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 3										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF4	0288	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 4										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF5	028A	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 5										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF6	028C	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 6										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF7	028E	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 7										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF8	0290	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 8										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUF9	0292	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 9										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUFA	0294	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 10										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUFB	0296	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 11										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUFC	0298	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 12										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUFD	029A	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 13										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUFE	029C	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 14										0000 00uu uuuu uuuu
ADCBUFF	029E	—	—	—	—	—	—	ADC Data Buffer 15										0000 00uu uuuu uuuu
ADCON1	02A0	ADON	—	ADSIDL	—	—	—	FORM<1:0>		SSRC<2:0>			—	SIMSAM	ASAM	SAMP	DONE	0000 0000 0000 0000
ADCON2	02A2	VCFG<2:0>			—	—	CSCNA	CHPS<1:0>		BUFS	—	SMPI<3:0>				BUFM	ALTS	0000 0000 0000 0000
ADCON3	02A4	—	—	—	SAMC<4:0>					ADRC	—	ADCS<5:0>						0000 0000 0000 0000
ADCHS	02A6	CH123NB<1:0>		CH123SB	CH0NB	CH0SB<3:0>				CH123NA<1:0>		CH123SA	CH0NA	CH0SA<3:0>				0000 0000 0000 0000
ADPCFG	02A8	PCFG15	PCFG14	PCFG13	PCFG12	PCFG11	PCFG10	PCFG9	PCFG8	PCFG7	PCFG6	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0000 0000 0000 0000
ADCSSL	02AA	CSSL15	CSSL14	CSSL13	CSSL12	CSSL11	CSSL10	CSSL9	CSSL8	CSSL7	CSSL6	CSSL5	CSSL4	CSSL3	CSSL2	CSSL1	CSSL0	0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit

Note: Refer to *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046) for descriptions of register bit fields.

© 2004 Microchip Technology Inc.

```
//-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------//
// Program              : CPU_2010
// Description  :  07/08/2008
// Update               :  01/08/2009                              :
// Frequency    : 9.6 MHz at PLL 8x
// Filename             : CPU_2010
// C complier   : C30 Compiler
//-------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------//
#include<p30f2010.h>
#include<timer.h>
#include<math.h>
//#include <SPI.c>
#include <ACD.c>
#include <PWM.c>
//#include <UART.c>
#include <Timer.c>
_FOSC(CSW_FSCM_OFF & XT);
_FWDT(WDT_OFF);
_FBORPOR( PBOR_OFF & BORV_45 & MCLR_DIS );


#define         PWM_MAX                 7660
#define         PWM_MAX_VALUE   3830
#define         PWM_MIN_VALUE   10

#define         LED_GREEN               PORTBbits.RB5
#define         EN                              PORTCbits.RC13


#define read  ADCON1 = 0x0000; ADPCFG = ADPCFG & 0xFBFF ; Spi_VALUE = analog(3)
; GH = Spi_VALUE; GH = GH - 512; GH = GH*3;
#define                 ADC_CH                  5
        //  ช่องรับสัญญาณอะนาลอกที่ 1
#define Read_adc GH=analog(ADC_CH)      ;
#define Hall1  PORTDbits.RD0
#define Hall2  PORTDbits.RD1
#define Hall3  PORTCbits.RC14

#define Motor_Phase_A                   PDC1
// pin 26 = 1L  pin 25 = 1H
#define Motor_Phase_B                   PDC2                            // pin
24 = 2L  pin 23 = 2H
#define Motor_Phase_C                   PDC3                            // pin
22 = 3L  pin 21 = 3H

#define Float                                   0
#define Gnd                                     1
#define Supply                                  PWM_value

#define Motor_A_Gnd                     Motor_Phase_A =Gnd  ; OVDCONbits.POVD1H
= 0;  OVDCONbits.POVD1L  = 1;
#define Motor_A_Float                   OVDCONbits.POVD1H = 0;OVDCONbits.POVD1L
= 0; LATEbits.LATE0 = 0; LATEbits.LATE1 = 0;
#define Motor_A_Supply                  OVDCONbits.POVD1H = 1;OVDCONbits.POVD1L
= 1;

#define Motor_B_Gnd                     Motor_Phase_B =Gnd  ; OVDCONbits.POVD2H
= 0;  OVDCONbits.POVD2L  = 1;
#define Motor_B_Float                   OVDCONbits.POVD2H = 0;OVDCONbits.POVD2L
= 0; LATEbits.LATE2 = 0; LATEbits.LATE3 = 0;
#define Motor_B_Supply                  OVDCONbits.POVD2H = 1;OVDCONbits.POVD2L
= 1;

#define Motor_C_Gnd                     Motor_Phase_C =Gnd  ; OVDCONbits.POVD3H
= 0;  OVDCONbits.POVD3L  = 1;
#define Motor_C_Float                   OVDCONbits.POVD3H = 0;OVDCONbits.POVD3L
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
= 0;  LATEbits.LATE4 = 0; LATEbits.LATE5 = 0;
#define Motor_C_Supply                  OVDCONbits.POVD3H = 1;OVDCONbits.POVD3L
= 1;

#define Motor_Off                                   Motor_Phase_A = 0 ;
Motor_Phase_B = 0 ; Motor_Phase_C = 0 ; Motor_A_Float  ; Motor_B_Float  ;
Motor_C_Float
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////

unsigned int    Spi_VALUE;
char
dir,Timer_int_on,Count_Up,Count_Down,Sin_Step,uart_buf[80];
unsigned int    Step_Hall_Big,Step_Hall_Big_Sub;
int                 Step_Hall,Step_Position,Step_Position_Old;
unsigned char H1,H2,H3,H4,H5,H6,H7,H8,Hall_old;
        unsigned int  Mid;
        float Sin1,Sin2,Sin3,Sin_in;
        float Sin11,Sin22,Sin33;
       float  VH1,VH2,VH3,GH;
       float  VH11,VH22,VH33;


void __attribute__((__interrupt__)) _PWMInterrupt(void)
{
        IFS2bits.PWMIF = 0;
}
////////////////////////////////////// TX1 RX1
//////////////////////////////////////////////////
void __attribute__((__interrupt__)) _U1TXInterrupt(void)
{

        IFS0bits.U1TXIF=0;
}
void __attribute__((__interrupt__)) _U1RXInterrupt(void)
{
IFS0bits.U1RXIF=0;
}
void __attribute__((__interrupt__)) _T1Interrupt(void)
 {
              Step_Hall_Big = 0 ;
              dir = 0;
              Timer_int_on =3;
             WriteTimer1(0);
               LED_GREEN = !LED_GREEN;
               IFS0bits.T1IF=0;
}

//---------------------------------- Interrupt service routine for SPI1
-------------------------------------------------//
void __attribute__((__interrupt__)) _SPI1Interrupt(void)
{
   LED_GREEN = !LED_GREEN;
     WriteSPI1( Step_Hall_Big *dir );
     while(!DataRdySPI1());
   Spi_VALUE  =  ReadSPI1();
//if ( (Spi_VALUE &  0x8000 ) == 0x8000 ) {  Sin_Step =1 ;  Spi_VALUE =
Spi_VALUE &  0x7FFF ;}
//else {  Sin_Step =2 ; }
   GH =  Spi_VALUE ;   //  0 to 3790  mid=1895
   GH =  GH - Mid ;   //  Mid = 1895
    if ( GH > 1895.0 ) { GH = 1895.0  ; }
    if ( GH  < ( -1895.0  )  ) { GH = -1895.0  ; }

     IFS0bits.SPI1IF  =  0;
}
//---------------------------------------------------------------- Main Program
-------------------------------------------------//
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int main(void)
{
        ADPCFGbits.PCFG0 = 1 ;      //
        ADPCFGbits.PCFG1 = 1;           //
        ADPCFGbits.PCFG2 = 1;           // AN2 is analog input
        ADPCFGbits.PCFG3 = 0;           //
        ADPCFGbits.PCFG4 = 1;           // AN4 is analog input
        ADPCFGbits.PCFG5 = 1;           //

        TRISBbits.TRISB0 = 1;                   //
        TRISBbits.TRISB1 = 1;                   //
        TRISBbits.TRISB2 = 1;                   //
        TRISBbits.TRISB3 = 1;                   //
        TRISBbits.TRISB4 = 1;
        TRISBbits.TRISB5 = 0;                   //
    TRISCbits.TRISC13 = 1;                      //
        TRISDbits.TRISD0 = 1;                   //
        TRISDbits.TRISD1 = 1;                   //
        TRISCbits.TRISC14 = 1;                  //
        TRISE   =0  ;
      Timer1(1500);     //10000
       PWM_init();
       Int_ADC();
//              uart1_init();
       dir = 0 ;
  //     SPI1_init();
       Sin_in = 122.6  ;GH = 0 ;
       Sin1 =  fabs( sinf (   ( Sin_in  ) * 22 / 1260 )   ) + 0.157 ;
        Sin2 =  fabs( sinf (   ( Sin_in +120 ) * 22 / 1260 ) ) + 0.157 ;
        Sin3 = fabs( sinf (   ( Sin_in +240 ) * 22 / 1260 ) ) + 0.157;
       Sin3 = 0 ;

       Sin11 =  ( sinf (    ( 82.2  ) * 22 / 1260 )  )  ;
        Sin22 =  ( sinf (   ( 82.2  +120 ) * 22 / 1260 ) )  ;
        Sin33 = ( sinf (   ( 82.2  +240 ) * 22 / 1260 ) ) ;
        Mid = 1895 ;    ///  1915
        Sin_Step = 0 ;


while(1)                        // Infinite loop
        {
                //read


//      while ( EN == 0 ) {   PDC1 = 0 ; PDC2 = 0 ;  PDC3 = 0 ; }

       H1= Hall1 ;H2= Hall2 ;H3= Hall3 ;
        H4= (H1<<2)+(H2<<1)+H3;
        H8 = H7;
        H7 = H6;
        H6 = H5 ;
        H5 = H4;

/*
 if ( Sin_Step == 1 ) {
        if ( (H5 == H6)  && (H6 == H7 ) && (H7 == H8 )  ){
                if ( H5 == 1 ) {   VH1 = Sin11 ;                VH2 = -Sin33;
        VH3 = -Sin22 ;Step_Hall =10;  }
                if ( H5 == 5 ) {        VH1 = Sin22 ;           VH2 = -Sin11;
        VH3 = Sin33 ; Step_Hall =11;  }
                if ( H5 == 4 ) {        VH1 =  -Sin33 ;                 VH2 =
-Sin22;                 VH3 = Sin11 ; Step_Hall =12;    }
                if ( H5 == 6 ) {        VH1 = -Sin11 ;          VH2 = Sin33;
        VH3 = Sin22 ;Step_Hall =13;    }
                if ( H5 == 2 ) {        VH1 = -Sin22 ;          VH2 = Sin11 ;
VH3 = -Sin33 ;  Step_Hall =14;  }
                if ( H5==3 ) {          VH1 =Sin33 ;            VH2 = Sin22;
 VH3 = -Sin11 ;Step_Hall =15;   }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                VH11 = VH1 *GH;
                VH22 = VH2 *GH;
               VH33 = VH3 *GH;
             VH1 = VH11 + Mid ;
             VH2 = VH22 + Mid ;
             VH3 = VH33 + Mid ;
             Motor_A_Supply; Motor_B_Supply; Motor_C_Supply;
               Motor_Phase_A = VH3;
               Motor_Phase_B  =VH2;
               Motor_Phase_C = VH1;

        }
               if ( Step_Position_Old !=Step_Hall  ) {
                      Step_Position = Step_Hall - Step_Position_Old ;
                      Step_Position_Old = Step_Hall;
                      if ( Step_Position  == 1 ) { dir =1 ;Count_Up ++ ;
Count_Down = 0; }
                      if ( Step_Position  == (-1)  ) { dir = (-1) ; Count_Up =
0 ; Count_Down ++;}
                      if ( Step_Position  == 5 ) { dir = (-1) ;Count_Up = 0;
Count_Down ++ ; }
                      if ( Step_Position  == (-5)  ) { dir = 1 ;Count_Up ++
;Count_Down = 0; }
                      if ( Timer_int_on != 0 ) {
                            Timer_int_on --;
                            dir = 0 ;
                            WriteTimer1(0);
                      }
                      else{
                                  if (Count_Up >= 3 ) {

                                        Count_Up  = 0 ;
                                        Step_Hall_Big = ReadTimer1();
                            WriteTimer1(0);
                          }
                                  if (Count_Down >= 3 ) {

                                        Count_Down  = 0 ;
                                        Step_Hall_Big = ReadTimer1();
                            WriteTimer1(0);
                          }
                     }

                }
}
//else {     //  Step
*/
  // read

        //H5 = 1; H6 = 1; H7 = 1; H8 =1;
        if ( (H5 == H6)  && (H6 == H7 ) && (H7 == H8 )  ){
                if ( H5 == 1 ) {   VH1 = Sin1 ;                    VH2 = -Sin3;
        VH3 = -Sin2 ;Step_Hall =10;  }
                if ( H5 == 5 ) {      VH1 = Sin2 ;                 VH2 = -Sin1;
        VH3 = Sin3 ; Step_Hall =11;  }
                if ( H5 == 4 ) {      VH1 =  -Sin3 ;               VH2 = -Sin2;
        VH3 = Sin1 ; Step_Hall =12;    }
                if ( H5 == 6 ) {      VH1 = -Sin1 ;                VH2 = Sin3;
        VH3 = Sin2 ;Step_Hall =13;    }
                if ( H5 == 2 ) {      VH1 = -Sin2 ;                VH2 = Sin1 ;
VH3 = -Sin3 ;  Step_Hall =14;  }
                if ( H5 ==3 ) {       VH1 =Sin3 ;                  VH2 = Sin2;
 VH3 = -Sin1 ;Step_Hall =15;   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Spi_VALUE = analog(3) ;
            GH = Spi_VALUE; GH = GH - 512; GH = GH*3;

            VH11 = VH1  * GH ;
            VH22 = VH2 * GH;
            VH33 =  VH3 * GH;

            /*VH1 = VH11 * GH ;
            VH2 = VH22 * GH;
            VH3 = VH33 * GH;*/

            /*      VH1 = VH11 + Mid ;
          VH2 = VH22 + Mid ;
          VH3 = VH33 + Mid ;
          Motor_A_Supply; Motor_B_Supply; Motor_C_Supply;
            Motor_Phase_A = VH3;
            Motor_Phase_B  =VH2;
            Motor_Phase_C = VH1; */

            /*Motor_Phase_A  = VH33;
        Motor_Phase_B  = VH22;
            Motor_Phase_C  = VH11;*/


            if ( VH11 != 0 ) { VH11 = VH11 + Mid ;Motor_Phase_C  =VH11  ; }
            else { Motor_C_Float  Motor_A_Supply  Motor_B_Supply }
            if ( VH22 != 0 ) {VH22 = VH22 + Mid ;          Motor_Phase_B
=VH22;  }
            else{ Motor_B_Float  Motor_C_Supply  Motor_A_Supply }
            if ( VH33 != 0 ) {VH33 = VH33 + Mid ;   Motor_Phase_A  =VH33;
}

            else { Motor_A_Float  Motor_B_Supply  Motor_C_Supply }




        }


            if ( Step_Position_Old !=Step_Hall  ) {
                  Step_Position = Step_Hall - Step_Position_Old ;
                  Step_Position_Old = Step_Hall;
                  if ( Step_Position  == 1 ) { dir =1 ;Count_Up ++ ;
Count_Down = 0; }
                  if ( Step_Position  == (-1)  ) { dir = (-1) ; Count_Up =
0 ; Count_Down ++;}
                  if ( Step_Position  == 5 ) { dir = (-1) ;Count_Up = 0;
Count_Down ++ ; }
                  if ( Step_Position  == (-5)  ) { dir = 1 ;Count_Up ++
;Count_Down = 0; }
                  if ( Timer_int_on != 0 ) {
                        Timer_int_on --;
                        dir = 0 ;
                        WriteTimer1(0);
                   }
                   else{
                              if (Count_Up >= 3 ) {


                                    Count_Up  = 0 ;
                                    Step_Hall_Big = ReadTimer1();
                        WriteTimer1(0);
                  }
                              if (Count_Down >= 3 ) {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CPU_2010
                                Count_Down  = 0 ;
                                Step_Hall_Big = ReadTimer1();
                            WriteTimer1(0);
                        }
                    }

            }
}
}
//}
//}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้