

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น
LINEAR MOTION SYSTEM



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 72893
วัน,เดือน,ปี..... 25 ต.ย. 2550

b. 11๑๙150
i.....

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม


สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น
LINEAR MOTION SYSTEM

คณะผู้จัดทำ นายพิชฌันทร์ ศรีเมือง 46010519

นายพิเชษฐ์ ยมศรี 46010523


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สONGMEANG นันทวงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น

โดย

นายพิชฌันทร์ ศรีเมือง 46010519

นายพิเชษฐ์ ยมศรี 46010523

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สองเมือง นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นสองมิติ ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ การออกแบบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรก เป็นการออกแบบโครงสร้างทางกลของระบบซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างที่ทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ ลิเนียร์ไกด์ และอุปกรณ์ยึดจับชิ้นส่วนต่างๆ ไว้ด้วยกัน ส่วนที่สอง เป็นการออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ และส่วนที่สาม เป็นการพัฒนาและออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

จุดประสงค์ของการสร้างระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นนี้ขึ้นมา คือ การสร้างต้นแบบเพื่อพัฒนาเป็นส่วนควบคุมพิคการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์การดูและหยอดในเครื่องแยกเกลือเลือด ซึ่งนำไปใช้ภายในโรงพยาบาล การใช้งานระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถใช้งานได้ง่าย โดยป้อนค่าพิกัดของตำแหน่งที่ต้องการลงใน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ระบบก็จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการนั้นโดยอัตโนมัติ

LINEAR MOTION SYSTEM

By

Mr. Pitchayen Srimuang

Mr. Pichet Yomsri

Advisor

Mr. Songmoung Nundrakwang

Academic Year 2006

Abstract

This thesis presents the design of two dimensional linear motion control system. The designing procedures are divided into 3 parts. The first part is mechanical design which consists of the mechanical structure made by aluminium profiles, linear guides and grips to grip all mechanical structure together. The second part is stepping motor driver circuit design and the third part is computer interfacing program development.

The purpose of this project is to produce the prototype of two dimensional linear motion control system for the liquid dispensing and suction tool in isolating blood cells used in hospitals. This linear motion system can be simply used by inputting the desired position in the developed software and this system will move to the specified point automatically.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จาก อ. สองเมือง นันทขว้าง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ตีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปการะที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณ พี่วราวุธ พรินทรากุล รุ่นพี่ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ในยามที่เกิดปัญหาด้วยดี ตลอดการทำงาน

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปการะที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้กำลังใจตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ

นายพิชญนทร์

ศรีเมือง

นายพิชญ์

ยมศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตในการทำโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 สเต็ปป์มอเตอร์.....	3
2.1.1 หลักการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์.....	3
2.1.2 คุณลักษณะทางสถิตย์.....	5
2.1.3 คุณลักษณะทางพลวัต.....	6
2.1.4 ประเภทของสเต็ปป์มอเตอร์.....	8
2.1.4.1 สเต็ปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร.....	8
2.1.4.2 สเต็ปป์มอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้.....	9
2.1.4.3 สเต็ปป์มอเตอร์แบบไฮบริด (Hybrid Stepping Motor).....	10
2.2 วงจรขับของสเต็ปป์มอเตอร์.....	12
2.3 พอร์ตขนาน.....	12
2.3.1 พอร์ตข้อมูล.....	13
2.3.3 พอร์ตสถานะ.....	15
2.3.3พอร์ตควบคุม.....	15

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.4 การเชื่อมต่อนผ่านพอร์ตขนานของ Visual Basic.....	16
2.3.5 การเขียน โปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual Basic 6.....	16
บทที่ 3 หลักการออกแบบ.....	17
3.1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์.....	17
3.1.1 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม.....	18
3.1.1.1 หน้าทีชาต่างๆของ L297.....	18
3.1.1.2 ลำดับเฟสในการขับแบบต่างๆ.....	21
3.1.2 ส่วนขับสเต็ปมอเตอร์.....	22
3.1.2.1 หน้าทีชาต่างๆของ L6203.....	23
3.1.2.2 การป้องกันความร้อน.....	24
3.1.3 ส่วนตัดสัญญาณรบกวน.....	24
3.2 มอเตอร์.....	26
3.3 การควบคุม.....	27
3.3.1 เหตุผลที่นำ Visual Basic มาใช้งานในการเขียนโปรแกรม.....	27
3.3.2 เหตุผลที่เลือกการเชื่อมต่อนผ่านพอร์ตขนาน.....	27
3.3.3 อัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรม.....	28
3.4 การออกแบบโครงสร้าง.....	29
3.4.1 ส่วนของฐานรอง.....	29
3.4.2 ส่วนของลิเนียร์ไกด์ทางแกน X.....	30
3.4.3 ส่วนของพูลเลย์และมอเตอร์.....	30
3.4.4 ส่วนของการยึดสายพาน.....	31
3.4.5 ส่วนของลิเนียร์ไกด์ในแนวแกน Y.....	32
บทที่ 4 การทดลอง.....	34
4.1 การเลือกมอเตอร์และการทดสอบ.....	34
4.2 การเลือกโครงสร้าง.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป.....	40
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	40
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข.....	40
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา.....	41
เอกสารอ้างอิง.....	42
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมตำแหน่ง.....	43
ภาคผนวก ข เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	46
ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน L297	
ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน L6203	
ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน PC847	
ข.4 เอกสารคู่มือการใช้งาน Soneceboz Stepping Motor	



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดในแต่ละขาของพอร์ตขนาน.....	14
3.1 หน้าที่ของขาต่างๆของ L297.....	21
3.2 หน้าที่ของขาต่างๆของ L6203.....	25
3.3 ลอจิกในการจับของ L6203.....	26
4.1 ผลการทดลองค่าแรงเสียดทานจลน์.....	37
4.2 ผลการทดลองค่าแรงเสียดทานสถิตย์.....	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังการควบคุมสเต็ปปีงมอเตอร์.....	3
2.2 การหมุนเป็นสเต็ป.....	4
2.3 การหมุนแบบต่อเนื่อง.....	4
2.4 กราฟคุณลักษณะของแรงบิดต่อมุมสเต็ป.....	5
2.5 ความสัมพันธ์คุณลักษณะแรงบิดต่อกระแส.....	6
2.6 กราฟลักษณะพลวัตของสเต็ปปีงมอเตอร์.....	7
2.7 โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรสี่เฟส.....	8
2.8 โครงสร้างสเต็ปปีงมอเตอร์แบบแปรความต้านทานสนามแม่เหล็กได้.....	9
2.9 ตำแหน่งของสถานะที่สมดุลเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดเฟสหนึ่ง.....	9
2.10 หน้าตัดของมอเตอร์สี่เฟสที่มีฟัน โรเตอร์ห้าสิบซี่มุมสเต็ป 1.8 องศา.....	10
2.11 โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด.....	10
2.12 การวางโรเตอร์ตามยาวเพื่อใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเดียวกัน.....	11
2.13 โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด.....	11
2.14 วงจรสมมูลของสเต็ปปีงมอเตอร์.....	12
3.1 วงจรรวมที่ใช้ในการขับสเต็ปปีงมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ 1 ตัว.....	19
3.2 บล็อกไดอะแกรมของ L297.....	20
3.3 ขาของ L297.....	20
3.4 การเชื่อมต่อขา SYNC.....	22
3.5 ลำดับเฟสในโหมดครึ่งสเต็ป.....	23
3.6 ลำดับเฟสในโหมดสองเฟส.....	23
3.7 ลำดับเฟสในโหมดหนึ่งเฟส.....	23
3.8 บล็อกไดอะแกรม ของ L6203.....	24
3.9 ขาของ L6203.....	25
3.10 บล็อกไดอะแกรม ของ PC847.....	26
3.11 วงจรทดลองและกราฟแสดงการทำงาน.....	27
3.12 ฟอรัมของ โปรแกรมที่เขียน โดยVisual Basic.....	29
3.13 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์.....	30
3.14 รายละเอียดของอูมิเนียมโปรไฟล์ และการต่อขึ้นรูปเป็นฐาน.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 รายละเอียดและการประกอบลิเนียร์โกด์ทางแกน X.....	31
3.16 การติดตั้งแผ่นรองพูลเลย์และมอเตอร์.....	31
3.17 การยึดระหว่างมอเตอร์และพูลเลย์ด้วยสายพาน.....	32
3.19 การตัวยึดระหว่างแป้นรอง และ สายพาน.....	32
3.20 การประกอบลิเนียร์โกด์ในแนวแกน Y.....	33
3.21 การยึดเป็นพูลเลย์ สายพาน และตัวหนีบสายพาน.....	34
3.22 การนำตัวขับลิเนียร์โกด์มาประกอบบนลิเนียร์โกด์ในแนวแกน Y.....	34
3.23 ชิ้นงานที่สมบูรณ์และตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน.....	35



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันเทคโนโลยีในการควบคุมระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตและการทำงานมนุษย์ ตัวอย่างเช่น ในโรงพยาบาล หรือ โรงงานที่มีความเกี่ยวข้องกับสารเคมี การแบ่งของเหลวหรือสารเคมีไปตามหลอดทดลองต่างๆ เพื่อที่จะนำไปทดสอบ ยังคงใช้มนุษย์เป็นผู้ดำเนินงาน ซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดจากปริมาตร และเสียเวลาในการแบ่งไปยังหลอดทดลอง อีกทั้งอาจเกิดอันตรายอันเนื่องมาจากสารเคมีที่เป็นพิษ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาและนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว แม่นยำมากยิ่งขึ้น

ทางผู้จัดทำได้สังเกตเห็นว่าระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น 2 มิติ ที่มีการเคลื่อนที่ในรูปแบบของพิกัดฉาก (รูปแบบของแกน X, Y) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานแทนมนุษย์ดังที่ได้กล่าวมา มีการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ และพัฒนาโครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ ทำให้สามารถป้อนค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้ตามที่ต้องการ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์กับงานได้หลากหลาย เช่น เครื่องเจาะอัตโนมัติ เครื่อง ซีเอ็นซี เป็นต้น

โครงการนี้จึงศึกษาระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น 2 มิติ และพัฒนาอุปกรณ์ เครื่องมือ ที่สามารถใช้งาน ได้ทดแทนมนุษย์ อีกทั้งยังมีความแม่นยำและสะดวกรวดเร็วกว่ามาก สามารถสั่งงานทางคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ตขนาน เมื่อผนวกเข้ากับเครื่องชุดและกายของเหลว จะสามารถใช้ได้จริงใน โรงพยาบาล หรือ โรงงานที่มีการทดลองสารเคมีตามที่กล่าวไว้ข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์

- สร้างระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น 2 มิติ ซึ่งมีความแม่นยำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้ โดยเฉพาะเพื่อเป็นต้นแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์การดูดและหยอด ในเครื่องแยกเลือด ซึ่งประยุกต์ใช้ได้ ในโรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการเคมี
- ศึกษาความรู้ในส่วนประกอบทางกล และทางไฟฟ้าต่างๆ ที่นำมาใช้ เช่น สเต็ปปีงมอเตอร์ และ วงจรขับ
- ศึกษาความรู้ทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการเชื่อมคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการทำโครงการ

- ออกแบบ และพัฒนาโครงสร้างระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น 2 มิติ
- ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และระบบการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สำหรับระบบที่พัฒนาขึ้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษาและออกแบบโครงสร้างระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น
- ศึกษาทฤษฎีของสเต็ปปีงมอเตอร์ วงจรขับการเชื่อมต่อของพอร์ตขนาน
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมการควบคุมระบบผ่านพอร์ตขนาน ด้วยโปรแกรม Visual Basic
- สร้างวงจรขับวงจรการเชื่อมต่อทางพอร์ตขนาน ตัวควบคุมผ่าน Visual Basic
- สร้างโครงสร้างระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น
- ทดสอบการทำงานของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น
- ปรับปรุงและแก้ไขให้มีประสิทธิภาพ
- สรุปผลและทำรายงานการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- เข้าใจทฤษฎีการทำงานของ สเต็ปปีงมอเตอร์ วงจรขับและการควบคุมโดยโปรแกรม Visual Basic ผ่านพอร์ตขนาน
- สามารถออกแบบ โครงสร้างของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น ได้
- สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดจากโครงการได้
- ได้เรียนรู้การทำงานเป็นหมู่คณะ

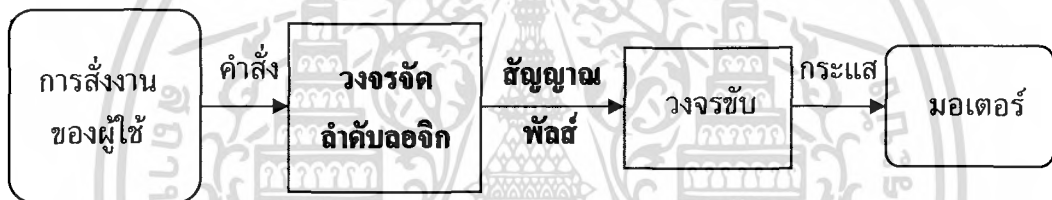
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สเต็ปป์มอเตอร์

สเต็ปป์มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์เชิงกลทางไฟฟ้าที่มีอินพุตเป็นกลุ่มของไบนารีโวลต์เตจ และเอาต์พุตเป็นลักษณะการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม ซึ่งหมุนทีละสเต็ป โดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสเต็ปป์มอเตอร์และสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้ขดลวดสเตเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ ทำให้โรเตอร์หมุนไป โดยสเต็ปป์มอเตอร์มีขดของสเตเตอร์หลายขดที่ต่ออนุกรมกัน ซึ่งเรียกว่าเฟส กระแสที่จ่ายให้ขดลวดเป็นกระแสที่ได้มาจากแหล่งจ่ายกระแส ซึ่งกระแสทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กในแอร์เก็บและเกิดแรงบิดตามมา ทำให้โรเตอร์หมุนได้ และหมุนไปที่ละสเต็ปตามลำดับ หลักการควบคุมสเต็ปป์มอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังการควบคุมสเต็ปป์มอเตอร์

ข้อดีของระบบควบคุมที่ใช้ สเต็ปป์มอเตอร์

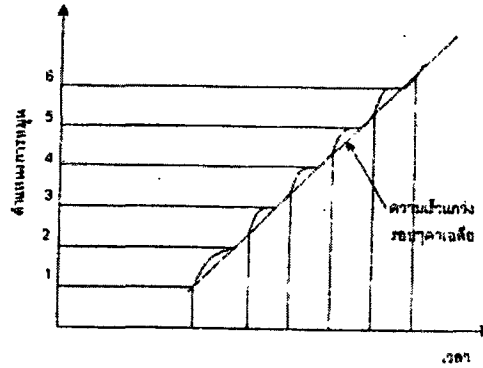
1. ไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับของตำแหน่งหรือความเร็ว
2. มีค่าตำแหน่งคลาดเคลื่อนสะสมน้อย
3. ควบคุมได้ง่ายโดยอุปกรณ์ ทางดิจิทัล

2.1.1 หลักการทำงานของ สเต็ปป์มอเตอร์

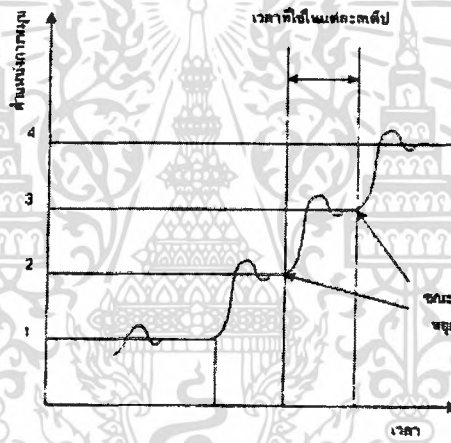
สเต็ปป์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นการเคลื่อนที่ทางกล จึงเหมาะสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางดิจิทัลหรือคอมพิวเตอร์ การทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์ในลำดับที่ถูกต้องด้วยวงจรจัดลำดับลอจิกและกระแสที่พอเพียงด้วยวงจรขับซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในหัวข้อ ต่อไป

การทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์ตามอัตราเร็วของแต่ละสเต็ปจะแบ่งออกเป็น 2 โหมดการทำงาน คือ โหมดของการหมุนเป็นสเต็ป (Discrete Mode) และโหมดของการหมุนแบบต่อเนื่อง (Slewing Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การหมุนเป็นสตีป



รูปที่ 2.3 การหมุนแบบต่อเนื่อง

จากรูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการหมุนแบบสตีปซึ่งมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนสตีปถัดไป ดังนั้นหากมีการเพิ่มอัตราเร็วในแต่ละสตีปให้เร็วขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การหมุนของสตีปปีงมอเตอร์ก็จะต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในการนำสตีปปีงมอเตอร์ไปใช้งานไม่ว่าจะเป็นโหมดการทำงานแบบใดหรือเป็นสตีปปีงมอเตอร์แบบไหน ควรจะมีการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ เช่น แรงบิด การตอบสนองต่อความถี่สูงสุด และความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของแรงบิดกับค่าของกระแส ทั้งนี้เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของสตีปปีงมอเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณลักษณะทางสถิตย

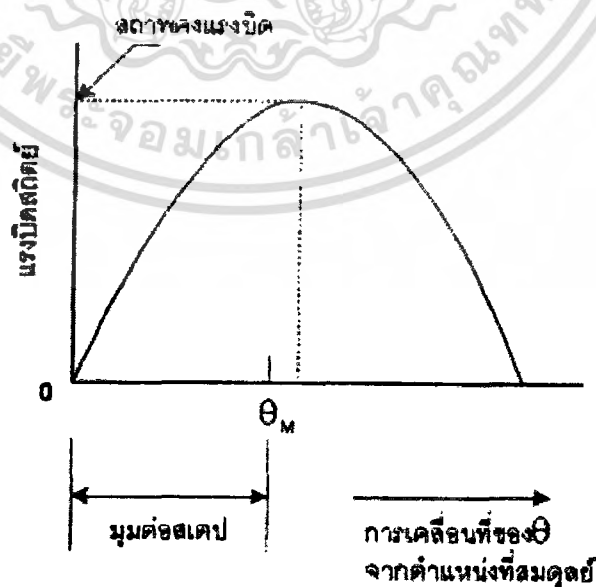
คุณลักษณะทางสถิตย หมายถึง คุณลักษณะในสภาวะที่มอเตอร์หยุดนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งตำแหน่งที่มีความสมดุลของการหมุนมากที่สุด ก็คือตำแหน่งที่ซีพินของโรเตอร์และซีพินของสเตเตอร์มีความสัมพันธ์กันอยู่ในแนวเดียวกัน และยังคงอยู่ในตำแหน่งนี้จนกว่าจะมีการกระตุ้นอีกครั้ง โดยที่ตำแหน่งสมดุลของโรเตอร์มีค่าของแรงบิดเท่ากับศูนย์ ซึ่งถ้าโรเตอร์มีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มอเตอร์ก็จะทำการสร้างสมดุลให้กับโหลด โดยการสร้างแรงบิดขึ้นมาในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่เคลื่อนที่ ผลของแรงบิดกับการเคลื่อนที่ของโรเตอร์จะมีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นไซน์

แรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสที่จ่ายให้เฟสต่างๆ โดยที่แรงบิดนี้ เรียกว่ารูปคงแรงบิด (Holding Torque) หรือ แรงบิดสถิตย (Static Torque) และคุณลักษณะความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างค่าของแรงบิดกับกระแสที่เปลี่ยนแปลงไปจะเป็นลักษณะเชิงเส้น แต่ก็จะมีขีดจำกัดอยู่ที่จุดอิ่มตัวแม่เหล็กของทั้ง โรเตอร์และสเตเตอร์ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแม่เหล็ก โดยที่จุดอิ่มตัวนี้จะไม่มีการเพิ่มขึ้นของแรงบิดแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของกระแสเฟสก็ตาม

คุณลักษณะทางสถิตยจะแสดงความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

(1) คุณลักษณะของแรงบิดกับมุมสเต็ป (T/θ Characteristics)

รูปที่ 2.4 จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและตำแหน่งเชิงมุมของโรเตอร์ แรงบิดสถิตยสูงสุดที่เกิดขึ้นเรียกว่าสภาพคงแรงบิดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง $\theta = \theta_m$ ตำแหน่งที่เกิดสภาพคงแรงบิดขั้นมูลฐานทั้งหมดของมอเตอร์ แสดงถึงแรงบิดที่มีการสะสมอยู่ที่ตัวมอเตอร์โดยจะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งของ โรเตอร์ แรงบิดสถิตยจะมีจุดเริ่มต้นที่สภาพคงแรงบิด

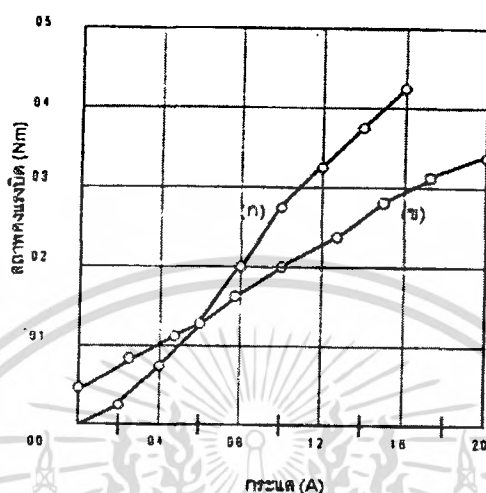


รูปที่ 2.4 คุณลักษณะของแรงบิดต่อมุมสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) คุณลักษณะแรงบิดต่อกระแส (T/I Characteristics)

รูปที่ 2.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพคงแรงบิดกับกระแสที่จ่ายให้กับเฟสต่างๆ ของสตีปปีงมอเตอร์



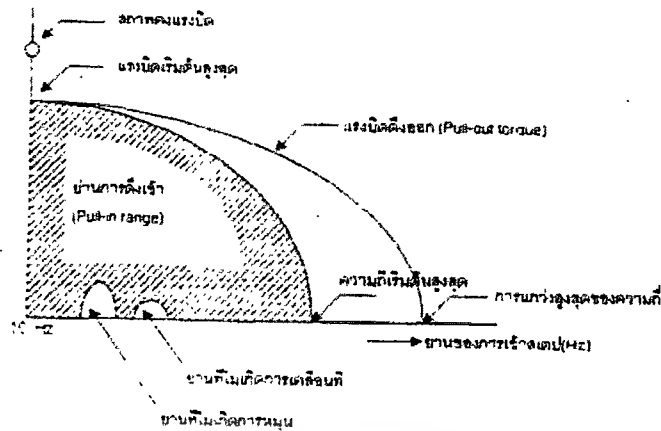
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์คุณลักษณะแรงบิดต่อกระแส

- (ก) คือสตีปปีงมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานทางแม่เหล็ก
สี่เฟส โดยมีมุมสตีปเท่ากับ 1.8 องศา
- (ข) คือไฮบริดจ์มอเตอร์สี่เฟส มุมสตีปเท่ากับ 1.8 องศา

2.1.3 คุณลักษณะทางพลวัต

ในการพิจารณาคุณลักษณะสถิตย์ของแรงบิดของสตีปปีงมอเตอร์ จะพิจารณาก่อนเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ของเพลามอเตอร์ แต่การพิจารณาคุณลักษณะทางพลวัตของสตีปปีงมอเตอร์นั้น จะมองถึงความสามารถในการสร้างแรงบิดที่สัมพันธ์กับความเร็ว โดยสามารถศึกษาได้จาก คู่มือของบริษัทผู้ผลิต ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6 ซึ่งจะบอกถึงรายละเอียดการใช้งานดังนี้

- (ก) คุณลักษณะของแรงบิดดึงเข้า (Pull - in Torque) เป็นคุณลักษณะเริ่มต้น และจะอ้างอิงกับย่านของแรงบิดที่เกิดจากแรงเสียดทานของโหลดที่ซึ่งมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่และหยุดได้โดยปราศจากการสูญเสียในสตีป สำหรับย่านความถี่ต่างๆ ที่ใช้นั้นจำนวนของพัลส์ที่ใช้ในการทดสอบจะอยู่ในช่วง 100 เฮิร์ตซ์ (Hz) หรือใกล้เคียง



รูปที่ 2.6 กราฟลักษณะพลวัตของสแต็ปปีงมอเตอร์

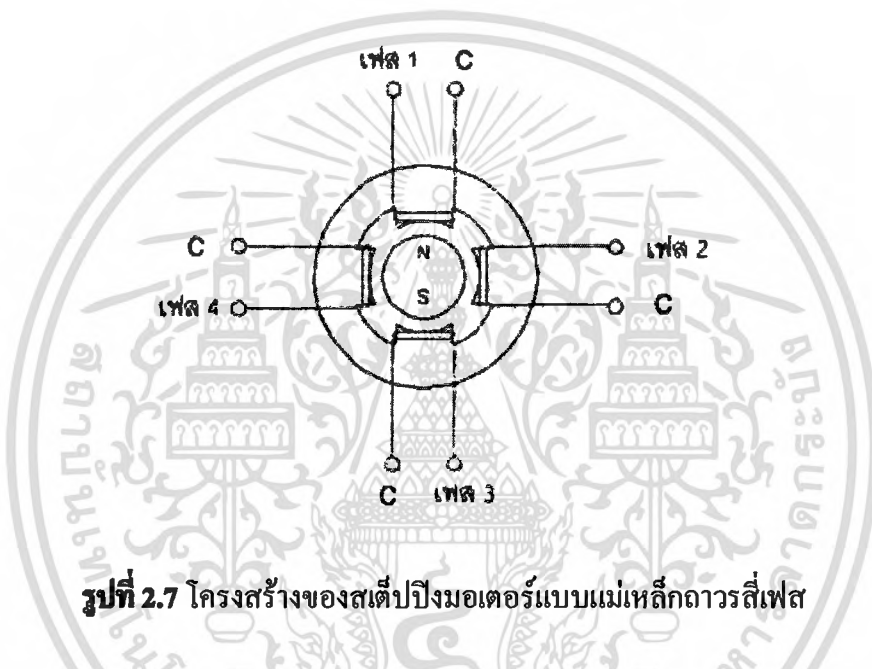
- (ข) คุณลักษณะของแรงบิดดึงออก (Pull - out Torque) สำหรับพิจารณาคุณลักษณะในขณะที่มอเตอร์เคลื่อนที่ หลังจากที่ได้ทำการทดสอบมอเตอร์ให้เกิดการเคลื่อนที่โดยใช้วงจรขับเคลื่อนลักษณะพิเศษ ในกรณีของการกระตุ้นในย่านของการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง (Self Starting Range) ความถี่ของพัลส์จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมอเตอร์เกิดการเคลื่อนที่โดยปราศจากการเข้าจังหวะ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่เกิดจากแรงเสียดทานของโหลดกับความถี่พัลส์สูงสุดจะทำให้มอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยมีการเข้าจังหวะ ซึ่งเรียกว่า คุณลักษณะดึงออก ดังรูปที่ 2.6 โดยที่ขนาดของเส้นโค้งดึงออกจะขึ้นอยู่กับวงจรขับเคลื่อน (Coupling) เครื่องมือที่ใช้ในการวัด (Measuring Instruments) และเงื่อนไขอื่น
- (ค) ความถี่สูงสุดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (Maximum Starting Frequency) เป็นการกำหนดการควบคุมความถี่สูงสุดให้มอเตอร์เคลื่อนที่และหยุดได้ในขณะที่ไม่มีโหลด โดยปราศจากการสูญเสียทางสแต็ป
- (ง) ระดับสูงสุดของอัตราเร่งดึงออก (Maximum Pull-out Rates) เป็นการกำหนดค่าความถี่สูงสุดในขณะที่มอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้เมื่อไม่มีโหลด โดยปราศจากการสูญเสียทางสแต็ป
- (จ) แรงบิดสูงสุดที่เกิดจากการเคลื่อนที่ (Maximum Starting Torque) เรียกว่า แรงบิดดึงเข้าสูงสุด (Maximum Pull-in Torque) และเป็นการกำหนดค่าของแรงบิดที่เกิดจากระบบแรงเสียดทานสูงสุดของโหลด ซึ่งทำให้มอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยเข้าจังหวะกับพัลส์ที่มีความถี่ค่าประมาณ 10 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประเภทของสเต็ปมอเตอร์

2.1.4.1 สเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

สเต็ปมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้แม่เหล็กถาวรเป็นสเตเตอร์ และมีซี่ฟันของสเตเตอร์ล้อมรอบรูปที่ 2.7 ตัวอย่างสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรสี่เฟส โดยที่โรเตอร์เป็นทรงกระบอก สเตเตอร์มีซี่ฟันสี่ซี่ โดยที่แต่ละซี่จะมีขดลวดพัน โดยรอบเพื่อทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อต้องการให้สเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมีขนาดมุมสเต็ปเล็กลง จะต้องเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์และหรือจำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ แต่ก็มีขีดจำกัดในการเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ เนื่องจากการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีโครงสร้างแบบมีขั้วแม่เหล็กหลายๆ ขั้วนั้น ทำได้ยาก



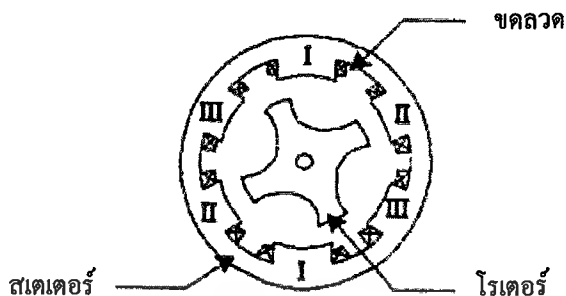
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรสี่เฟส

ลักษณะทั่วไปของมอเตอร์แบบนี้ก็คือโรเตอร์จะถูกยึดอยู่กับที่แม้ว่าจะไม่มีการกระตุ้นเฟส ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ดีเทนท์แมคคาไนคซึม (Detent Mechanism) ข้อเสียของสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรคือมีขนาดมุมสเต็ปใหญ่ทำให้ความละเอียดของสเต็ปต่อรอบน้อยมากเนื่องจากว่าโครงสร้างของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร การสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีหลายขั้วทำได้ยากอย่างที่ได้อีกแล้ว ทำให้ไม่สามารถสร้างสเต็ปให้มีขนาดเล็กลงได้ สเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างขนาดเล็กทำให้ค่าของแรงบิดที่ได้ต่อหน่วยปริมาตรมีค่าต่ำ ถ้าต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในเรื่องของแรงบิดแม่เหล็กถาวรที่ใช้จะต้องทำมาจากสารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง

2.1.4.2 สเต็ปมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้

สเต็ปมอเตอร์ชนิดนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วีอาร์สเต็ปมอเตอร์ (VR Stepping Motor) โดยโครงสร้างมีโรเตอร์และสเตเตอร์ที่ทำจากโลหะซิลิคอน (Silicon) ซึ่งเป็นสารแม่เหล็กที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสภาพซึมซาบทางแม่เหล็ก (Permeability) โดยโรเตอร์จะติดอยู่กับแกนของมอเตอร์และสเตเตอร์จะติดอยู่กับโครงของตัวมอเตอร์



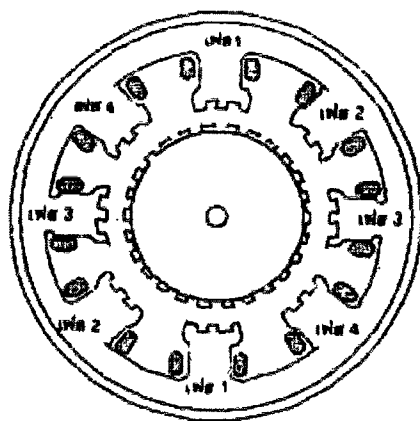
รูปที่ 2.8 โครงสร้างสเต็ปิงมอเตอร์แบบแปรความต้านทานสนามแม่เหล็กได้

รูปที่ 2.8 เป็นรูปตัดขวางของสเต็ปิงมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์สามเฟส โดยที่โรเตอร์มีซี่ฟันสี่ซี่ และสเตเตอร์จะมีซี่ฟันหกซี่ อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามและทำมุม 180 องศา ต่อกันหรือขนานกันก็ได้ แต่ในรูปต่อในลักษณะอนุกรม จะเห็นว่าฟันของสเตเตอร์สองซี่ที่มีเฟสเดียวกันจะมีขั้วแม่เหล็กตรงข้ามซึ่งกันและกัน ส่วนรูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งของสถานะที่สมดุลเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดเฟสหนึ่งของมอเตอร์ และรูปที่ 2.10 แสดงรูปหน้าตัดของสเต็ปิงมอเตอร์สี่เฟส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดขนาดมุมสเต็ปลง ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ให้มากขึ้น



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งของสถานะที่สมดุลเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดเฟสหนึ่ง

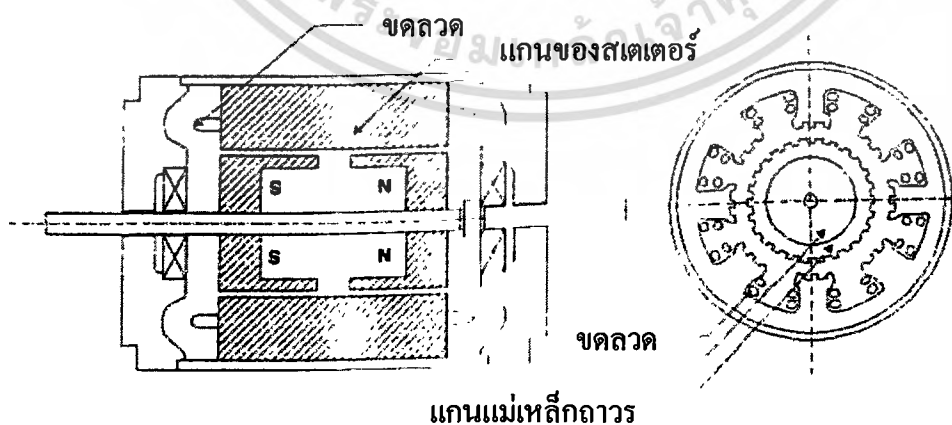
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 รูปหน้าตัดของสเต็ปปีงมอเตอร์สี่เฟส ที่มีฟันโรเตอร์ห้าสิบซี่ มุมสเต็ป 1.8 องศา

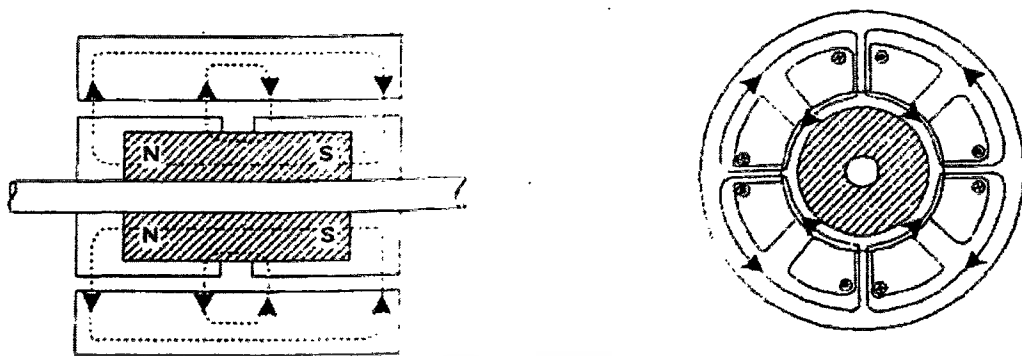
2.1.4.3 สเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด

สเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด (Hybrid Stepping Motor) เป็นสเต็ปปีงมอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร การใช้ชื่อว่าไฮบริดได้มาจากการรวมหลักสำคัญของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร และแบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้เข้าด้วยกัน สเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด จะมีโครงสร้างของ สเตเตอร์คล้ายกับ โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานแม่เหล็กได้ ซึ่งจะมีขดลวดอยู่สองขด และขดลวดทั้งสองจะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกัน ในลักษณะของสองภาวะขั้ว (Bipolar) ซึ่งจะทำให้ขั้วแม่เหล็กมีความต่างกันขณะที่มีการกระตุ้นแต่ละครั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 2.11 ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริดก็คือ ตัวโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร รูปร่างทรงกระบอกตามยาวอยู่ในแกนเหล็กของโรเตอร์ เพื่อใช้สร้างสนามแม่เหล็กขั้วเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยที่แต่ละขั้วของแม่เหล็กจะถูกล้อมรอบด้วยฟันเหล็กอ่อน ฟันของโรเตอร์กับสเตเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่เหลื่อมกันอยู่ 90 องศา



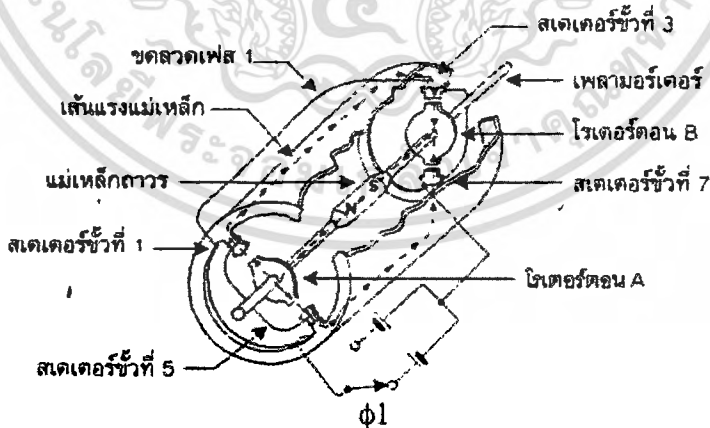
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การวาง โรเตอร์ตามยาวเพื่อใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเดียวกัน

หลักการการทำงานของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด ที่แตกต่างจากสเต็ปปีงมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ก็คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กจะไม่ขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเพียงอย่างเดียว แต่จะขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของซี่ฟันด้วยซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.13 ข้อดีของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริดคือมีขนาดของสเต็ปเล็กทำให้มีความละเอียดของสเต็ปต่อรอบสูง นอกจากนี้ยังมีค่าของแรงบิดสูงกว่าสเต็ปปีงมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ แต่สเต็ปปีงมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ จะมีแรงเฉื่อยทางกลไกน้อยกว่า

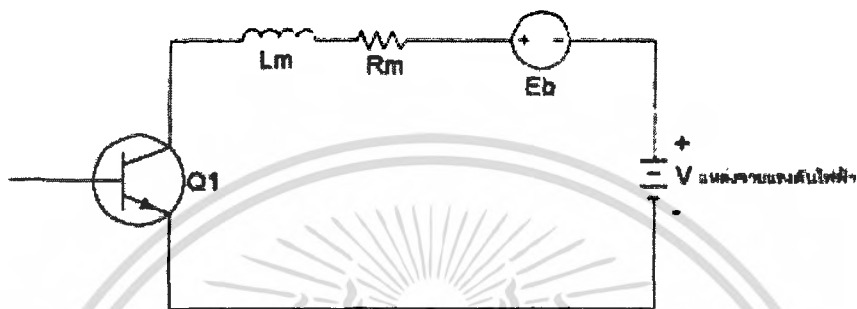


รูปที่ 2.13 โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์แบบไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรขับสำหรับสแต็ปปีงมอเตอร์

การพิจารณาถึงการออกแบบวงจรขับกำลังให้กับขดลวดของสแต็ปปีงมอเตอร์นั้น จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน องค์ประกอบสำคัญขององค์ประกอบหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือ การเกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back Emf) เมื่อสแต็ปปีงมอเตอร์เกิดการหมุน โดยสามารถเขียนวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) ในหนึ่งเฟสของสแต็ปปีงมอเตอร์ได้ดังในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจรสมมูลของสแต็ปปีงมอเตอร์

โดยทั่วไปสแต็ปปีงมอเตอร์ได้ถูกออกแบบให้ทนความร้อนได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียสแต่การใช้งานจริงจะถูกใช้งานที่เงื่อนไขที่ต่ำกว่าจุดอิมิตที่กำหนดมา ในการขับสแต็ปปีงมอเตอร์นั้นต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่กินกระแสสูง เนื่องจากขดลวดในแต่ละเฟสของสแต็ปปีงมอเตอร์จะต้องมีการนำและหยุดนำกระแสอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์กำลังจากแรงดันยอดแหลม (Spike Voltage) ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของกระแสในขดลวด (Inductive Turn Off Spike Voltage) และการเสียดสภาพฉนวนปลั๊กของแรงดัน ซึ่งรายละเอียดการออกแบบวงจรขับจะกล่าวถึงในบทที่ 3 ต่อไป

2.3 พอร์ตขนาน

พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ (DB25) โดยสัญญาณจะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณ ได้แก่ พอร์ตข้อมูล พอร์ตข้อมูล และ พอร์ตสถานะ

โดยทั่วไปการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก สิ่งแรกจะต้องมีส่วนของสัญญาณอินพุตซึ่งมาจากวงจรตรวจจับต่างๆ ผ่านวงจรเพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลอินพุตถูกส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ จากนั้นจะทำการประมวลผลและส่งออกไปยังอุปกรณ์ภายนอก เช่น จอภาพแสดงผล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกมีหลายวิธี เช่น

1. การเชื่อมต่อทางการ์ดอินเตอร์เฟซซึ่งสามารถติดตั้งลงในสล็อตของเครื่องคอมพิวเตอร์
2. การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม
3. การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตขนาน
4. การเชื่อมต่อผ่านระบบมาตรฐานอื่น เช่น พอร์ต USB

โดยในที่นี้จะกล่าวถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตขนาน

การนำเอาพอร์ตขนานมาใช้งาน เริ่มจากสัญญาณพอร์ตข้อมูล ถูกส่งออกไปยังอุปกรณ์ พร้อมทั้งส่งสัญญาณ Strobe ออกไปด้วย เพื่อให้เครื่องรับรู้ว่ามีการส่งข้อมูลใหม่เข้ามาที่พอร์ตข้อมูล แล้ว จากนั้นคอมพิวเตอร์จะรอการติดต่อกลับจากตัวอุปกรณ์ แต่ถ้ายังไม่พร้อมก็จะส่งสัญญาณ Busy อุปกรณ์จะรับข้อมูลใหม่ก็ต่อเมื่อได้ส่งสัญญาณ Ack ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อรับข้อมูล นอกจากสัญญาณทั้งสามแล้วส่วนใหญ่การติดต่อกับอุปกรณ์ต้องมีสัญญาณอื่นๆร่วมอีก เพราะต้องทำหน้าที่ถึง 3 อย่างด้วยกัน คือ รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ พิมพ์ข้อมูลที่รับเข้ามา และตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้

พอร์ตขนาน 25 สาย แบ่งออกเป็นกราว์น 8 สาย พอร์ตใช้งานมี 17 สาย แบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. พอร์ตเอาต์พุตสำหรับสัญญาณข้อมูลมีอยู่ด้วยกัน 8 เส้น พอร์ตข้อมูล
2. พอร์ตอินพุตสำหรับการอ่านค่าสถานะต่างๆ จากภายนอก มีอยู่ด้วยกัน 5 เส้น พอร์ตสถานะ ในการควบคุม
3. พอร์ตเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ภายนอกมีอยู่ 4 เส้น พอร์ตควบคุม ในการควบคุม

2.3.1 พอร์ตข้อมูล

พอร์ตข้อมูล(Data Port)เป็นพอร์ตที่ใช้ในการส่งค่าข้อมูล มี 8 ขา (ตั้งแต่ ขา 2-9)

2.3. 2 พอร์ตสถานะ

พอร์ตสถานะ(StatusPort) เป็นพอร์ตที่แสดงสถานะต่างๆ ในขณะนั้นๆของพอร์ตขนาน มีลักษณะการทำงานของแต่ละบิตดังนี้

- Bit7 Busy เมื่อ Active หมายถึงเครื่องพิมพ์จะไม่รับข้อมูล
- Bit6 nAck เมื่อ Active หมายถึงเครื่องพิมพ์พร้อมที่จะทำงาน (Active Low)
- Bit5 Paper End เมื่อ Active หมายถึงเครื่องพิมพ์ไม่มีกระดาษ
- Bit4 Select เมื่อ Active หมายถึงเลือกเครื่องพิมพ์
- Bit3 nError เมื่อ Active หมายถึงเครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด (Active Low)
- Bit2, Bit1, Bit0 ไม่ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 พอร์ตควบคุม

พอร์ตควบคุม (Control Port) เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมพริ้นเตอร์ สัญญาณในกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้นสัญญาณ Initialize เท่านั้นที่ไม่ถูก Invert ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน รีจิสเตอร์ควบคุม มีดังนี้

- Bit3 nSelect Printer เมื่อ Active หมายถึงเลือกเครื่องพิมพ์
- Bit2 nInitialize เมื่อ Active หมายถึงรีเซ็ตเครื่องพิมพ์
- Bit0 nStrobe เมื่อ Active หมายถึงการบอกให้เครื่องพิมพ์ทราบว่าข้อมูลเข้า
- Bit1 nAuto Feed เมื่อ Active หมายถึงเครื่องพิมพ์กระทำ Line Feed

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดในแต่ละขาของพอร์ตขนาน

Pin No (DB25)	Signal name	Direction	Register - bit	Inverted
1	nStrobe	Out	Control-0	Yes
2	Data0	In/Out	Data-0	No
3	Data1	In/Out	Data-1	No
4	Data2	In/Out	Data-2	No
5	Data3	In/Out	Data-3	No
6	Data4	In/Out	Data-4	No
7	Data5	In/Out	Data-5	No
8	Data6	In/Out	Data-6	No
9	Data7	In/Out	Data-7	No
10	nAck	In	Status-6	No
11	Busy	In	Status-7	Yes
12	Paper-Out	In	Status-5	No
13	Select	In	Status-4	No
14	Linefeed	Out	Control-1	Yes
15	nError	In	Status-3	No
16	nInitialize	Out	Control-2	No
17	nSelect-Printer	Out	Control-3	Yes
18-25	Ground	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตขนานของ Visual Basic

เนื่องจาก Visual Basic ไม่สามารถเข้าถึงระบบฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ดังนั้น ในการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic เพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์ ผ่านพอร์ตขนาน (Parallel Port) ทั้งการส่งค่าไปควบคุมเอาต์พุตและการรับค่าตรวจสอบอินพุต จึงต้องใช้ไฟล์ DDL เข้ามาช่วย เพื่อเรียกใช้ฟังก์ชันติดต่อกับพอร์ตได้

ในการเขียนโปรแกรม Visual Basic ให้สามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ภายนอกผ่านพอร์ตขนานนั้น จะขึ้นอยู่กับ ข้อมูล สถานะและการควบคุมโดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. **ข้อมูล** หมายถึง การส่งข้อมูลที่มีจำนวน 8 บิตให้กับอุปกรณ์ภายนอกทำงาน เช่น พริ้นเตอร์หรือให้กับคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง หรือ สเต็ปปีงมอเตอร์
2. **สถานะ** หมายถึง สัญญาณที่ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของฮาร์ดแวร์ เช่น เครื่อง Error เครื่อง Busy หรือส่งสัญญาณว่าพร้อมที่จะทำงาน เป็นต้น ในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้ ได้ใช้พอร์ตสถานะ มาทำหน้าที่ในงานควบคุมอุปกรณ์โดยให้เป็นตัวรับสัญญาณ Input (+5 Vdc)
3. **การควบคุม** หมายถึง การรับและส่งข้อมูลจำนวน 6 บิตเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของพริ้นเตอร์ เช่น Strobe, Auto linefeed, Select printer เป็นต้น

ในการส่งค่า Port Address ที่พอร์ตขนาน มีข้อมูลที่ส่งไปนั้นคือค่าที่ไปออกที่พอร์ตขนาน ซึ่งเราส่งด้วยเลขฐาน 16 แต่ที่พอร์ตจะแปลงข้อมูลเป็นฐาน 2 ซึ่งมีข้อมูลจำนวน 8 บิต เช่น เลขฐาน 16 &H0F ที่ Port = 00001111₂ ของฐาน 2

2.3.5 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual Basic 6

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตขนานนั้น Visual Basic ไม่มีฟังก์ชันสำหรับติดต่อกับพอร์ตขนานโดยตรง แต่สามารถเขียนโปรแกรมให้ติดต่อกับพอร์ตได้ โดยใช้ฟังก์ชันที่เตรียมมาในรูปของ API (Application Programming Interface) จึงจะสามารถติดต่ออ่านข้อมูล และส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ต้องการได้

การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้ไฟล์ Inpout32.dll ใน Visual Basic 6 จะต้องประกาศฟังก์ชันที่หน้าต่างของ Code Window ก่อน

สำหรับการประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการรับข้อมูล

```
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (By Val PortAddress As Integer) As Integer
```

สำหรับการประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้งานไฟล์ Inpout32.dll สำหรับการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (By val PortAddress As Integer, By Val Value As Integer)

การเขียนคำสั่งเพื่อรับ-ส่งข้อมูลใน Visual Basic 6 คำสั่งที่ใช้ในการรับข้อมูลเข้ามานั้นจะใช้คำสั่ง

Inp (พอร์ตแอดเดรส)

เป็นคำสั่งที่ใช้รับข้อมูลเข้ามาจากพอร์ตที่กำหนด
ส่วนคำสั่งที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตนั้นเราจะใช้คำสั่ง

Out พอร์ตแอดเดรส, ข้อมูลที่จะส่ง

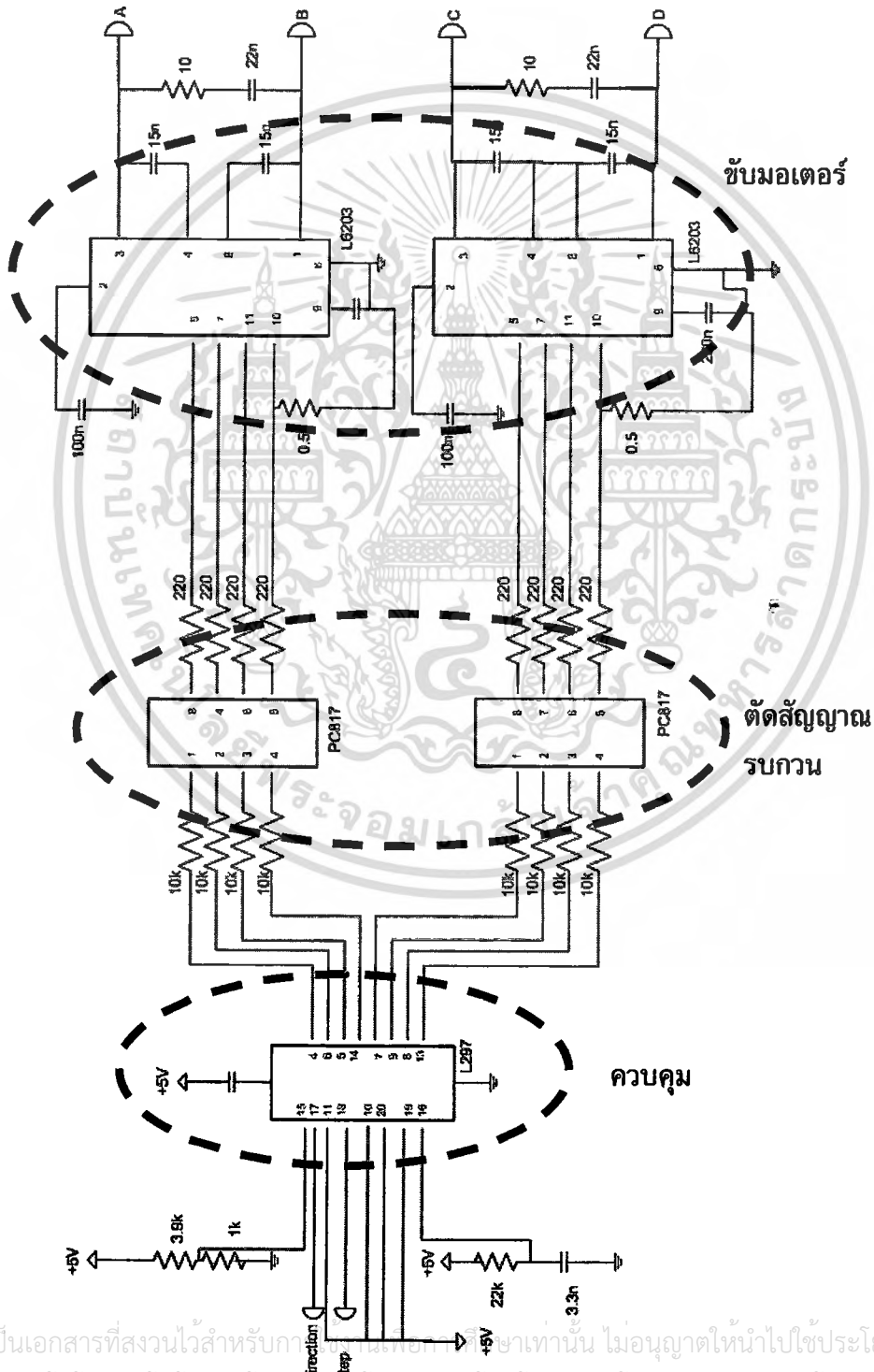
เป็นการส่งข้อมูลซึ่งต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 โดยส่งออกทางพอร์ตแอดเดรสที่กำหนด

บทที่ 3

หลักการออกแบบ

3.1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

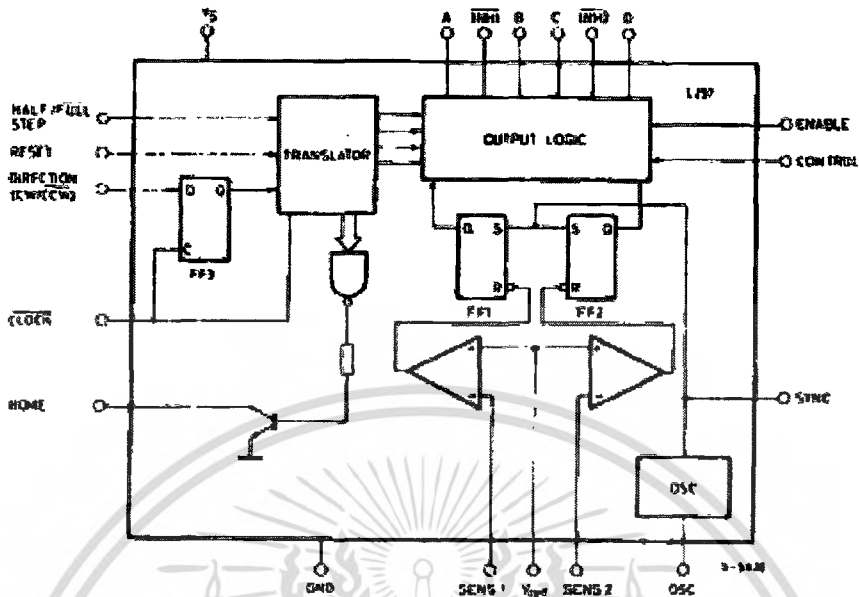
วงจรขับสเต็ปมอเตอร์จะประกอบด้วย ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม ส่วนขับสเต็ปมอเตอร์ และส่วนตัดสัญญาณรบกวน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรรวมที่ใช้ในการขับสเต็ปมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ โดยที่ในส่วนนี้ใช้วงจรรวม (IC) สำเร็จรูปในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์โดยเฉพาะ วงจรรวมที่ใช้คือ L297

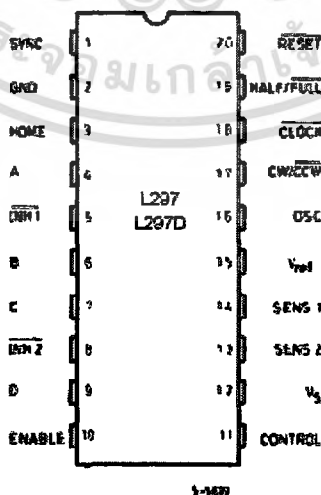


รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรม ของ L297

L297 เป็นวงจรรวมควบคุมสเต็ปมอเตอร์ โดยสร้างสัญญาณ 4 เฟส สำหรับการขับสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์ (Bipolar) และแบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณได้ในโหมดครึ่งจังหวะ (Half Step), หนึ่งเฟส (One Phase) และสองเฟส (Two Phase) และยังมีวงจรถูกกระแสในขดลวดด้วย

3.1.1.1 หน้าขาต่างๆของ L297

ขาต่างๆของ L297 มีการจัดวางดังรูปที่ 3.3 และมีหน้าที่ต่างๆ ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.3 ขาของ L297

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 หน้าที่ของขาต่างๆ ของ L297

Sync	ในกรณีการต่อ L297 หลายตัวสามารถต่อขา Sync ถึงกันได้โดยใช้วงจร RC Network เพียงวงจรเดียว
GND	ขากราวด์
HOME	Output เป็น Open Collector ที่บอกว่า L297 อยู่ที่สถานะเริ่มต้น ABCD =0101
A	สัญญาณเฟส A
INH1	ทำงานในสถานะต่ำเพื่อควบคุมการขับเฟส AB
B	สัญญาณเฟส B
C	สัญญาณเฟส C
INH2	ทำงานในสถานะต่ำเพื่อควบคุมการขับเฟส CD
D	สัญญาณเฟส D
ENABLE	L297 จะทำงานได้ถ้า ENABLE มีสถานะสูง
Control	จะกำหนดวงจร Chopper โดย ถ้ามีสถานะต่ำวงจร Chopper จะกระทำที่ขา INH1, INH2 ถ้ามีสถานะสูงของวงจร Chopper จะกระทำที่ขาเฟส ABCD
VS	5V Input
SENS2	รับโวลต์เตจที่ส่งมาจากภาคขับของเฟส CD
SENS1	รับโวลต์เตจที่ส่งมาจากภาคขับของเฟส AB
Vref	โวลต์เตจอ้างอิงสำหรับวงจร Chopper
OSC	วงจร RC Network จะต่อเข้าที่ขา INH1 เพื่อกำหนดอัตรา Chopper (ความถี่ $1/0.69RC$)
CW/CCW	กำหนดทิศทาง ตามเข็มหรือทวนเข็ม
CLOCK	สัญญาณนาฬิกา เมื่อพัลส์ = 0 สัญญาณจะเพิ่มขึ้น 1 ครั้งสัญญาณจะเกิดที่ขอบขาขึ้น
HALF/FULL	เมื่อสถานะสูง จะทำงานในโหมดครึ่งจังหวะ เมื่อสถานะต่ำ จะทำงานในโหมดเต็มจังหวะ
RESET	รีเซ็ต

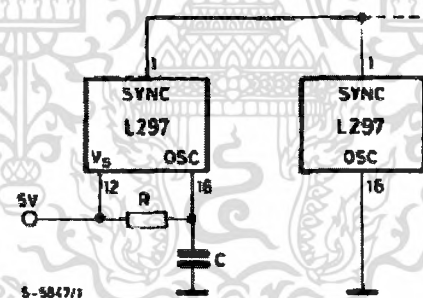
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L297 จะรับสัญญาณนาฬิกา (STEP CLOCK) ทิศทาง (DIRECTION) และสัญญาณเลือกโหมดการขับ (MODE SIGNAL) จากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจะสร้างสัญญาณ (ABCD) ไปยังส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์

ฟังก์ชันหลักของ L297 คือตัวสร้างสัญญาณ (Translator) ซึ่งจะสร้างลำดับเฟส และวงจรตัด (Chopper) ซึ่งจะควบคุมกระแสในขดลวดมอเตอร์ ตัวสร้างสัญญาณสามารถลำดับเฟสได้ 3 แบบคือ แบบครึ่งจังหวะ (HALF STEP), หนึ่งเฟส (ONE-PHASE), สองเฟส (TWO-Phase) โดยเลือกจากขา HALF/FULL และยังมีสัญญาณขับยัง 2 สัญญาณได้แก่ INH1, INH2 ที่ L297 สร้างขึ้นมาโดยต่อโดยตรงกับส่วนขับสเต็ปมอเตอร์เพื่อควบคุมกระแสในขดลวด

ตัวสร้างความถี่ (Oscillator) ในวงจรรวมจะสร้างพัลส์ที่มีความถี่ตัด เมื่อไรที่กระแสที่ขดลวดมีค่าเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ หรือเมื่อแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานในภาคขับเคลื่อนที่ส่งเข้ามาที่ขา SENS1 หรือ SENS2 เท่ากับค่าที่ตั้งไว้ที่ขา Vref แล้ว ฟลิปฟลอป จะทำงานเกิดการขัดจังหวะของกระแสขับเคลื่อน จนกระทั่งพัลส์ต่อไปของตัวสร้างความถี่เข้ามา จากการทำงานดังกล่าวจะทำให้กระแสในขดลวดคงที่ การตั้งค่ากระแสของขดลวดสามารถทำโดยแบ่งแรงดันที่ขา Vref

ในการต่อ L297 หลายตัวต่อกันทำให้เกิดปัญหา กราวด์รบกวน (Ground Noise) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้เชื่อมต่อวงจรตัดโดย ต่อขา SYNC เข้าด้วยกัน เพราะฉะนั้นจะใช้วงจร RC เพียงวงจรเดียว

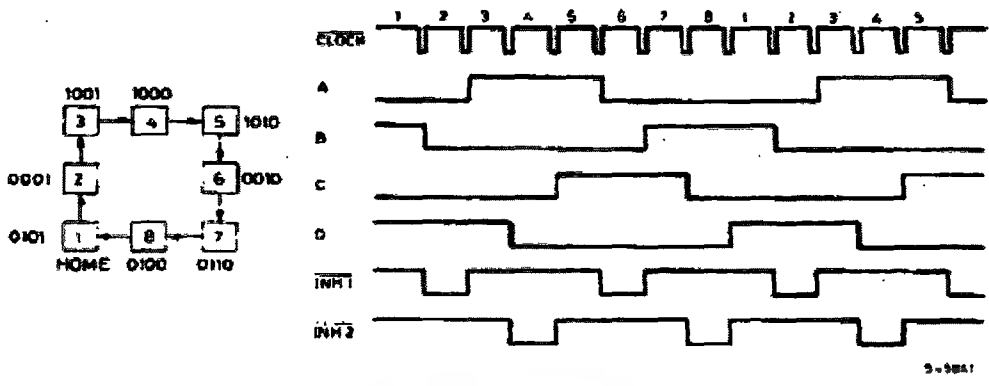


รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อขา SYNC

3.1.1.2 ลำดับเฟสในการขับแบบต่างๆ

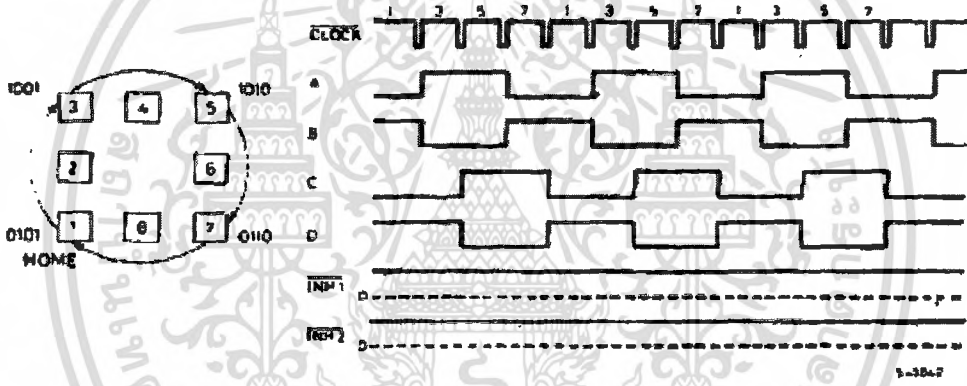
ตัวสร้างสัญญาณของ L297 สามารถสร้างลำดับเฟสในแบบต่างๆ ได้แก่ แบบครึ่งจังหวะ หนึ่งเฟส และสองเฟสซึ่งทุกแบบจะทำงานที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณที่ขา CLOCK

การขับแบบครึ่งจังหวะ โดยให้ขา HALF/FULL มีสถานะสูง



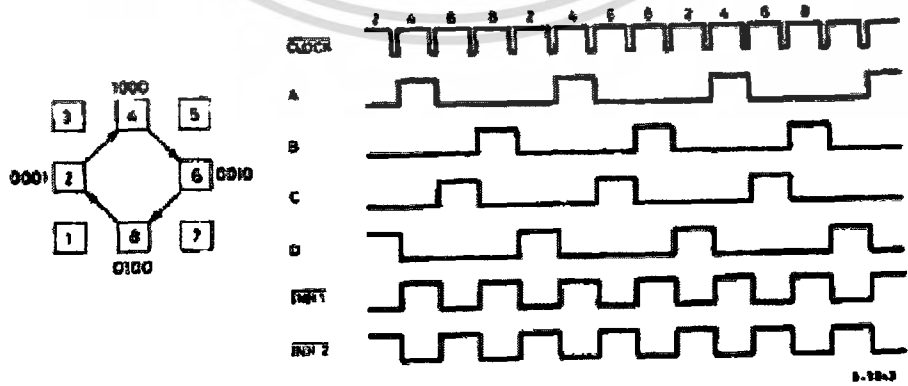
รูปที่ 3.5 ลำดับเฟสในโหมดครึ่งสแต็ป

การขับแบบสองเฟส โดยให้ขา HALF/FULL มีสถานะต่ำเมื่อตัวแปลงอยู่ที่สถานะคือ (1,3,5,7) ในโหมดนี้ INH1, INH2 มีสถานะสูงตลอด



รูปที่ 3.6 ลำดับเฟสในโหมดสองเฟส

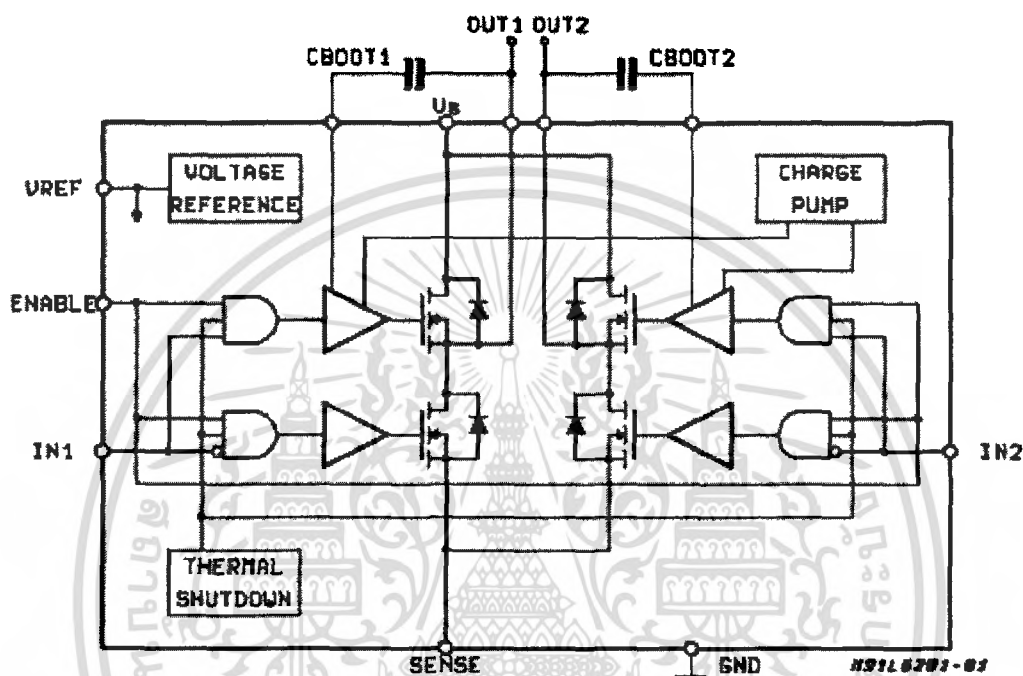
การขับแบบหนึ่งเฟส โดยให้ขา HALF/FULL มีสถานะต่ำเมื่อตัวแปลงอยู่ที่สถานะคู่ (2,4,6,8)



รูปที่ 3.7 ลำดับเฟสในโหมดหนึ่งเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนขั้วสแต็ปปีงมอเตอร์ เมื่อได้สัญญาณที่ส่งมาจากส่วนสร้างสัญญาณควบคุมแล้ว กระแสจะยังไม่เพียงพอแก่การที่จะขับตัวสแต็ปปีงมอเตอร์ ในที่นี้ จะใช้วงจรรวมสำเร็จรูปในการขับสแต็ปปีงมอเตอร์อีกเช่นกัน ซึ่งจะมีความสะดวกกว่าการที่นำทรานซิสเตอร์มาต่อแบบบริดจ์ ในกรณีที่ต้องการที่จะขับกระแสสูงๆ วงจรรวมที่ใช้คือ L6203

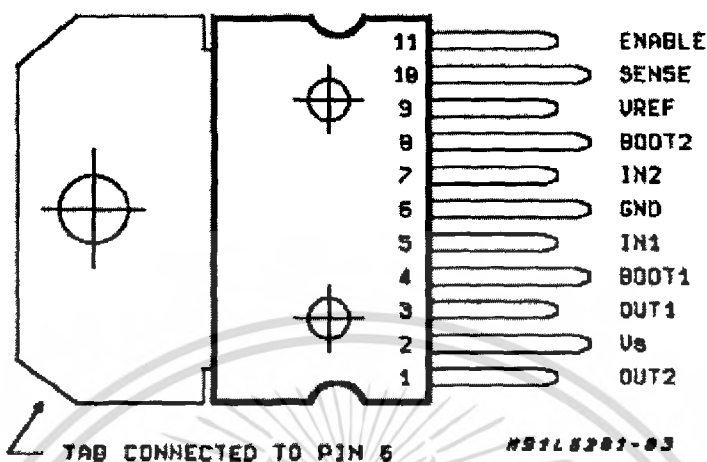


รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของ L6203

L6203 เป็นวงจรรวมที่เป็นตัวขับชนิดฟูลบริดจ์ (Full Bridge) ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่าง คีมอสพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ (DMOS power transistors) และวงจรขับแบบไบโพลาร์ อยู่ในวงจรรวมตัวเดียวจึงสามารถทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการขับออกมาอย่างเต็มที่ สามารถใช้กับแหล่งจ่ายได้สูงถึง 42 โวลต์

3.1.2.1 หน้าที่ขาต่างๆของ L6203

ขาต่างๆ ของ L6203 มีการจัดวางดังรูปที่ 3.9 และมีหน้าที่ต่างๆดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.9 ขาของ L6203

ตารางที่ 3.2 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ L6203

SENSE	ตัวต้านทาน R_{sense} ต่อเข้าขานี้เพื่อรับการป้อนกลับของกระแสในการใช้ขับมอเตอร์
ENABLE	เมื่ออยู่สถานะสูงตัวพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานและจะเลือกในการปล่อยกระแสจากขา IN1 และ IN2
GND	เป็นขากราวด์
OUT2	เอาต์พุตของครึ่งบริดจ์ที่สอง
Vs	ไฟของแหล่งจ่าย
OUT1	เอาต์พุตของครึ่งบริดจ์แรก
BOOT1	
IN1	สัญญาณลอจิกขาเข้าจากส่วนส่งสัญญาณควบคุม
IN2	สัญญาณลอจิกขาเข้าจากส่วนส่งสัญญาณควบคุม
BOOT2	เป็นขาที่ต่อเข้ากับ ตัวเก็บประจุ Bootstrap เพื่อให้แน่ใจว่า ดิโอมอสพาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ ขับออกมาได้อย่างถูกต้อง
Vref	ใช้สำหรับเป็น โวลต์เดจอ้างอิงภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอจิกในการขับของ L6203 แสดงในตารางที่ 3.3 ในกรณีที่ ENABLE มีสถานะสูง

ตารางที่ 3.3 แสดงลอจิกในการขับของ L6203

IN1	IN2	Output Mosfets(*)
ต่ำ	ต่ำ	Sink 1 , Sink 2
ต่ำ	สูง	Sink 1 , Source 2
สูง	ต่ำ	Source 1 , Sink 2
สูง	สูง	Source 1 , Source 2

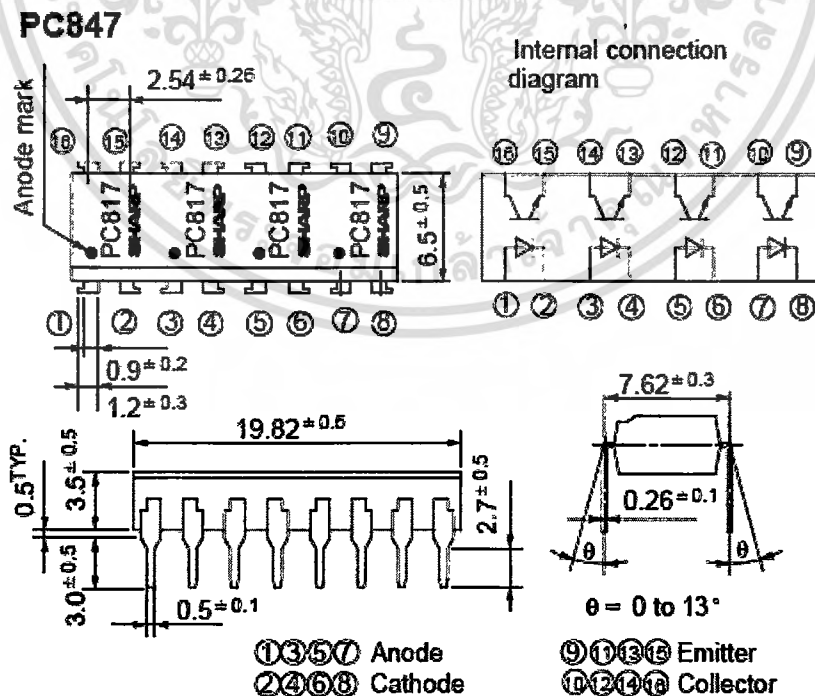
หมายเลขอ้างอิงจาก Input1 , Input2 จากส่วนควบคุม

3.1.2.2 การป้องกันความร้อน

เนื่องจากตัว L6203 มีการขับกระแสสูง ทำให้เกิดความร้อนในขณะทำงาน จึงได้มีรวมเอา การควบคุมอุณหภูมิไว้ภายใน โดยจะมีหน้าที่ตัดการทำงานของวงจรรวมหากอุณหภูมิขึ้นสูงถึง 150°C และเมื่ออุณหภูมิลดลงถึงสภาวะปลอดภัยและจะทำงานอีกครั้ง โดยอัตโนมัติ

3.1.3 ส่วนตัดสัญญาณรบกวน เนื่องจากว่าในการใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงของลอจิกมาก และแหล่งจ่ายที่ใช้ในการขับมอเตอร์สูงถึง 12 โวลต์ อาจจะทำให้ไปรบกวนการทำงาน ทำใช้งาน ได้ไม่ดีเท่าที่ควรจึงสมควรที่จะต้องเพิ่มตัวตัดสัญญาณเข้าไปด้วย ตัววงจรรวมที่ใช้คือ วงจรรวม PC

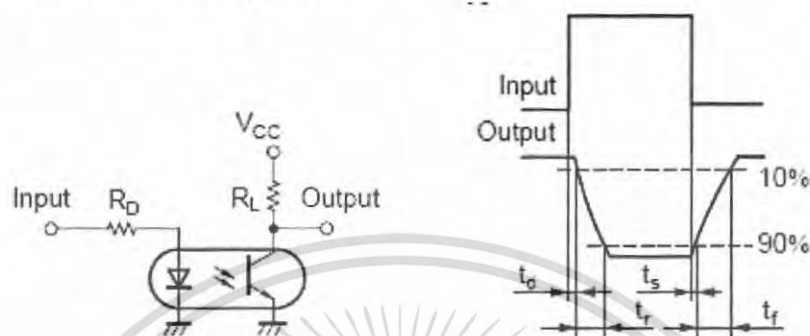
847



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรม ของ PC847

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัว PC847 (หรือที่เรียกกันว่า OPTO) นี้ความจริงแล้วเป็นวงจรที่รวมเอา PC817 4 ตัวไว้อยู่ด้วยกันทำให้สะดวกต่อการใช้งานในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลออกไปหลายช่องทาง ใช้ในการแยกกราวด์ออกจากกันเพราะในภาคการควบคุมนั้นใช้โวลต์เตจแหล่งจ่าย 5 V เท่านั้น แต่ภาคขับใช้โวลต์เตจแหล่งจ่ายถึง 12 V ทำให้เกิดการรบกวนกันได้ง่าย หลักการทำงานของวงจรรวมจะแสดงให้เห็นในรูปวงจรทดสอบดังรูปที่ 3.11

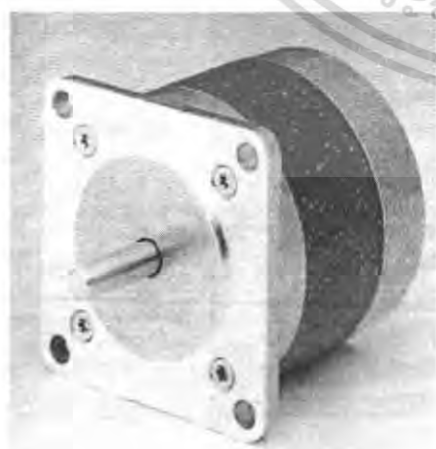


รูปที่ 3.11 วงจรทดลองและกราฟแสดงการทำงาน

เมื่อเรามีสัญญาณอินพุตเข้ามาผ่าน R_D จะทำให้ LED เปล่งแสง แล้วจะไปกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ในวงจรทดสอบนี้ เมื่อเราป้อน อินพุตแล้วสัญญาณขาออกจะเข้าสู่สภาวะต่ำดังกราฟ

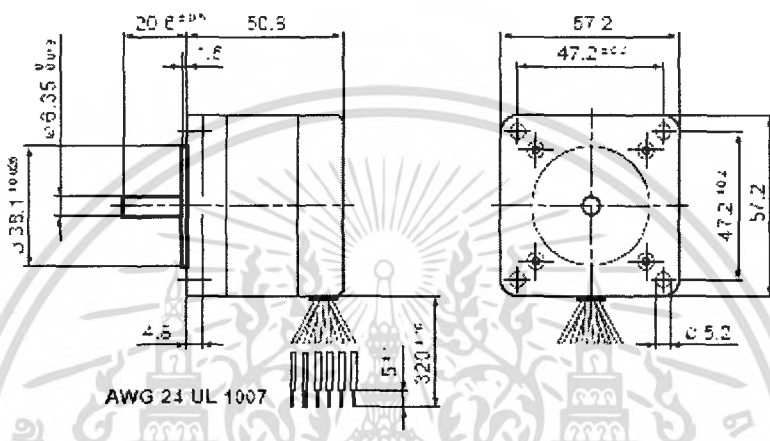
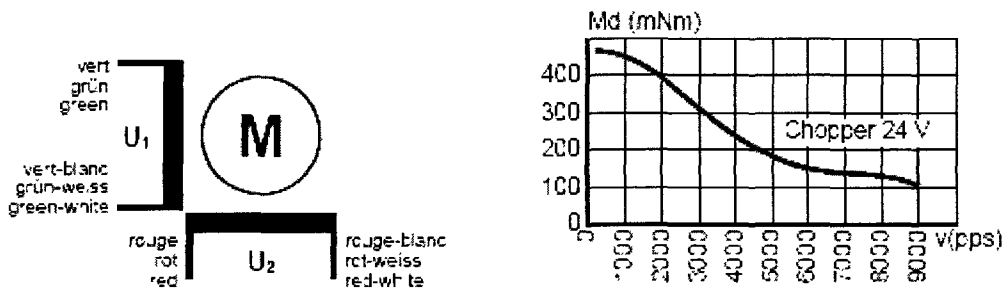
3.2 มอเตอร์

สำหรับมอเตอร์ที่จะนำมาใช้งานเป็นสแต็ปมอเตอร์แบบไฮบริดของบริษัท Soneceboz รุ่น 6500-20-2-0.37 แบบไฮโพลาร์มีคุณลักษณะดังนี้



องศาต่อ 1 สเต็ป	1.8°
เส้นผ่านศูนย์กลาง	57.2 mm
น้ำหนัก	530 g
แรงบิด	600 mNm
ความต้านทานเฟส	0.37 Ω
ความเหนี่ยวนำเฟส	1.1 mH
กระแสเฟส	3.9 A
กำลัง	11.25 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จำนวนสเต็ป/รอบ	200	ความแม่นยำของสเต็ป	±5%
โมเมนต์ความเฉื่อยโรเตอร์	121 gcm ²	ทนความร้อน	130 °C

3.3 การควบคุม

ในการควบคุม Linear Motion System นี้ เราจะใช้การสั่งการด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจาก Visual Basics ผ่านพอร์ตขนาน มีเหตุผลดังนี้

3.3.1 เหตุผลที่นำ Visual Basic มาใช้งานในการเขียนโปรแกรม

1. Visual Basic เป็นโปรแกรมที่สร้างตัวควบคุมบนคอมพิวเตอร์ได้และมีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานนั้นสะดวกในการป้อนข้อมูลและรับข้อมูลมากขึ้น

3.3.2 เหตุผลที่เลือกการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตขนาน

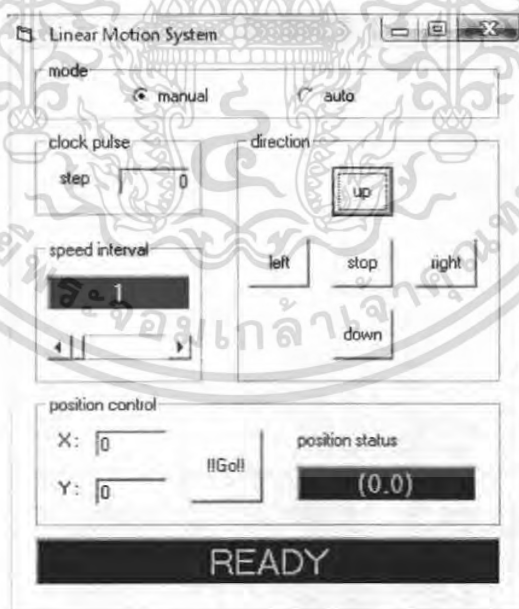
1. ในด้านความปลอดภัยการที่ต้องถอดฝาคอมพิวเตอร์ออกมาเพื่อเสียบการ์ดเชื่อมต่อลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อส่วนอื่นๆของคอมพิวเตอร์ได้ ถ้าผู้ใช้งานไม่มีความชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในด้านการเข้ากันได้กับคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่การเชื่อมต่อแบบการ์ดเสียบไม่สามารถทำได้กับคอมพิวเตอร์ทุกรุ่น
3. ข้อจำกัดด้านพื้นที่ คอมพิวเตอร์บางเครื่องมีการเสียบการ์ดเชื่อมต่ออื่นๆอยู่แล้ว เช่น การ์ดเสียง การ์ดจอ เป็นต้น
4. ความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อมต่อในพอร์ทขนานใช้งานได้ง่าย เพียงต่อสายสำหรับการเชื่อมต่อเข้ากับคอนเนคเตอร์ DB-25 ของพอร์ทขนาน
5. ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลของพอร์ทขนาน มีความเร็วเท่ากับการติดต่อกับระบบ บัสโดยตรงและมีความเร็วมากกว่าการติดต่อแบบพอร์ตอนุกรม 8-10 เท่า

3.3.3 อัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรม

1. ทำการเลือกโหมดระหว่างแมนนวล (Manual) หรือ (Auto)
2. กำหนดสปีด (แมนนวล)
3. ปิดการใช้งานปุ่มกดเมื่อสั่งสปีดเพื่อป้องกันการกดซ้อน
4. ทำการวนลูป ส่งสถานะสูงออกที่พอร์ต หนึ่งเวลา ต่อมาจึงส่งสถานะต่ำ
5. เช็คว่าครบกำหนดสปีดที่กำหนดไว้หรือยัง(แมนนวล) หรือมีการกดปุ่มหยุดการทำงาน
6. หยุดการปล่อยสปีดปริเซ็คตัวแปรสู่สถานะเริ่มต้น

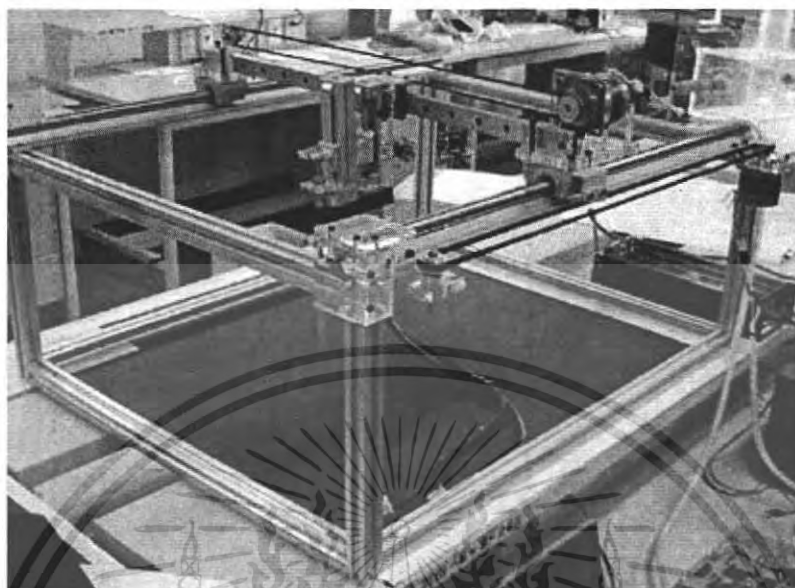


รูป 3.12 ฟอรัมของโปรแกรมที่เขียน โดย Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

โครงสร้างที่เสร็จสมบูรณ์ของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นเป็นดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์

และมีส่วนประกอบและรายละเอียดที่จะกล่าวเป็นลำดับดังนี้

3.4.1 ส่วนของฐานรอง

ในส่วนของฐานรองจะใช้วัสดุคือ อลูมิเนียม โปรไฟล์ ซึ่งมีข้อดีในความแข็งแรง และต่อขึ้นเป็นรูปโดยใช้ข้อต่อรูปตัว L โดยนำไปยึดระหว่างร่อง แสดงในรูปที่ 3.14

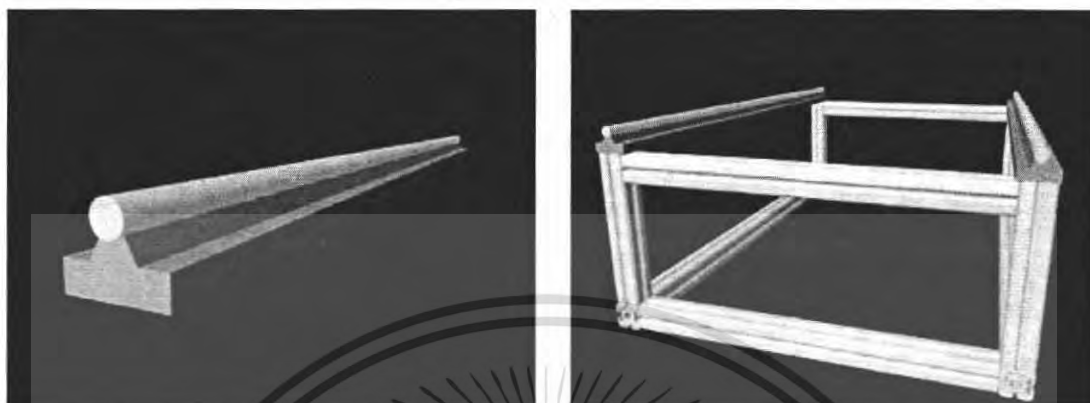


รูปที่ 3.14 รายละเอียดของอลูมิเนียมโปรไฟล์ และการต่อขึ้นรูปเป็นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ส่วนของลิเนียร์ไกด์ (Linear Guide) ทางแกน X

เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ จึงกำหนดให้แนวทางการเคลื่อนที่ที่เห็นดังภาพเป็นแกน X ดังที่แสดงในรูปที่ 3.15 นำลิเนียร์ไกด์มาประกอบเข้าด้านบนของฐานเพื่อสร้างแนวทางการเคลื่อนที่



รูปที่ 3.15 รายละเอียดและการประกอบลิเนียร์ไกด์ทางแกน X

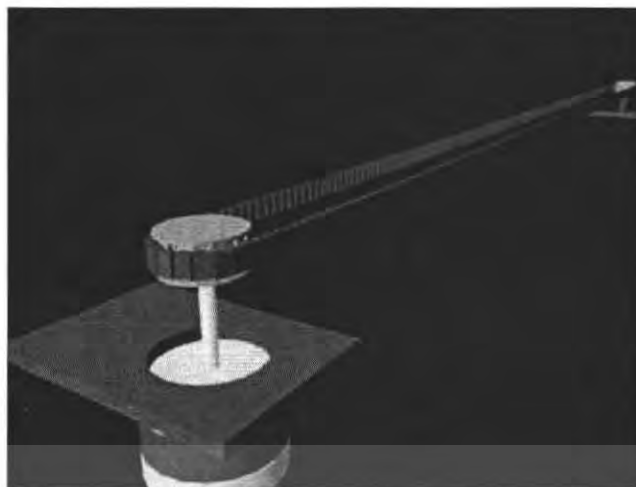
3.4.3 ส่วนของพูลเลย์ (Pulley) และมอเตอร์ (Motor)

ใช้เป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ในแนวแกน X จึงมีการติดตั้งแป้นรอง พูลเลย์ และมอเตอร์ที่ทำจากแผ่นพลาสติกอคริลิกดังที่แสดงในรูปที่ 3.16 จากนั้นนำสายพานมาขึงระหว่างพูลเลย์และมอเตอร์เพื่อส่งแรงขับเคลื่อนดังรูปที่ 3.17



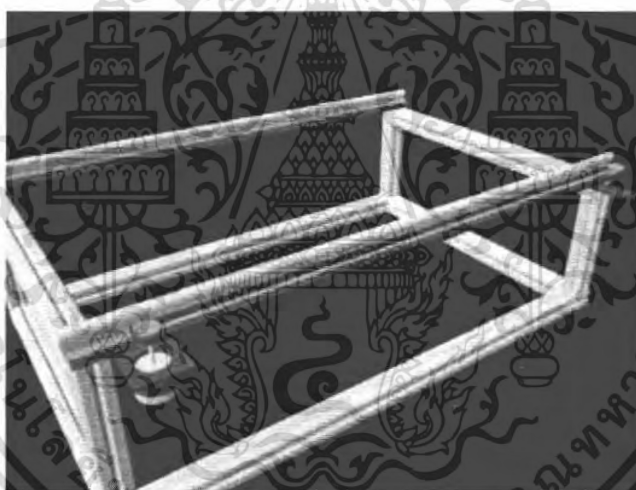
รูปที่ 3.16 ให้เห็นถึงการติดตั้งแป้นรองพูลเลย์และมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การยึกระหว่างมอเตอร์และพูลเลย์ด้วยสายพาน

จากนั้นนำมาประกอบเข้ากับลิเนียร์ไกด์ทางแกน X ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การประกอบพูลเลย์และมอเตอร์เข้ากับลิเนียร์ไกด์

3.4.4 ส่วนของการยึคสายพาน

การที่เราจะให้แป้นรองที่ลิเนียร์ไกด์เคลื่อนที่ไปได้ตามมอเตอร์ เราจะต้องสร้างตัวยึดระหว่างสายพาน และแป้นรอง โดยใช้วัสดุคือ อลูมิเนียมฉาก ดังแสดงในรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ตัวยึดระหว่างแป้นรอง และ สายพาน

3.4.5 ส่วนของ ลิเนียร์ไกด์ ในแนวแกน Y

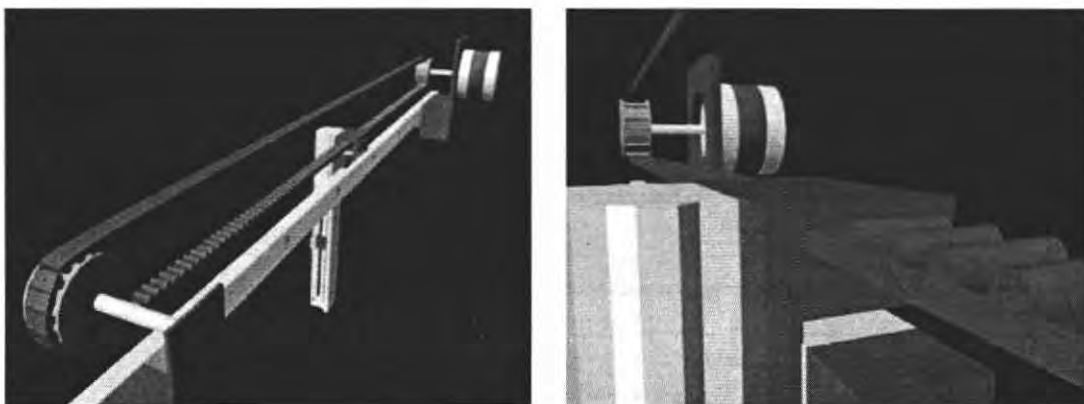
เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ จะกำหนดให้เส้นทางการเคลื่อนที่อีกทางหนึ่งเป็นแนวแกน Y และนำมาประกอบบนแป้นรองดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การประกอบลิเนียร์ไกด์ในแนวแกน Y

ลิเนียร์ไกด์ในแนวแกน Y จะมีการติดตั้ง เป็นพูลเลย์ และแป้นมอเตอร์ดังเช่นที่กล่าวไว้ในแนวแกน X รวมทั้งตัวยึดสายพานดังแสดงในรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การยึดแป้นพูลเลย์ สายพาน และตัวหนีบสายพาน

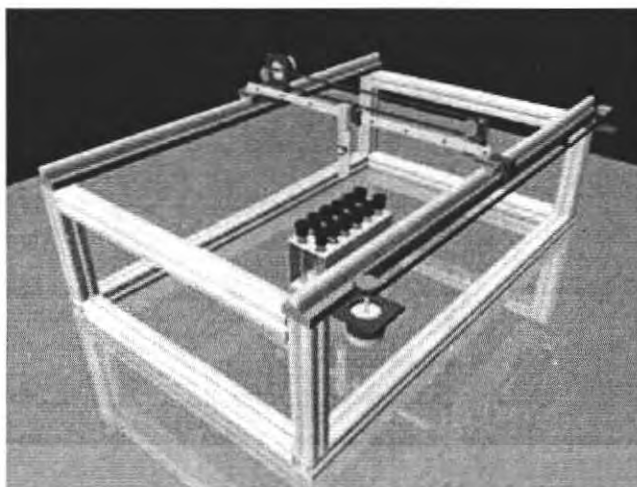
เราสามารถที่จะประยุกต์ใช้งานของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นได้ด้วยการ ติดตั้งอุปกรณ์ เพิ่มบนลิเนียร์ไกด์ในแนวแกน Y ดังที่แสดงในรูปจะติดตั้ง ตัวขับลิเนียร์ไกด์ เข้าไปเพิ่มทำให้ สามารถเคลื่อนที่ได้ในพิทช์ 3 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การนำตัวขับลิเนียร์ไกด์มาประกอบบนลิเนียร์ไกด์ในแนวแกน Y

เมื่อประกอบโครงสร้างทุกอย่างเสร็จสมบูรณ์ จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.23 และแสดงให้เห็น ถึงการประยุกต์ใช้งานกับหลอดทดลอง โดย ตัวระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นสองมิตินี้จะเคลื่อนที่ไป ตามพิทช์ในระบบ 2 มิติที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 ชิ้นงานที่สมบูรณ์และตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง ความแข็งแรงของ โครงสร้างที่ได้ ออกแบบไว้ในบทที่ผ่านมาของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น

4.1 การเลือกมอเตอร์และการทดสอบ

การทดลองหาค่า μ_s และ μ_k ของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น จากสูตร

$$F = \mu_k \cdot N$$

$$F = \mu_k (Mg) = \mu (2 \times 9.8) : \mu_k = F/19.6$$

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองค่าแรงเสียดทานจลน์

ครั้งที่	แรง(F)	ค่า Mg
1	12.1	19.6
2	12.2	19.6
3	12.0	19.6
4	12.0	19.6
5	12.3	19.6

$$F \text{ เฉลี่ย} = 12.12 \quad \therefore \mu_k = 0.6183$$

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองค่าแรงเสียดทานสถิตย์

ครั้งที่	แรง(F)	ค่า Mg
1	14.2	19.6
2	14.3	19.6
3	14.1	19.6
4	14.4	19.6
5	14.2	19.6

$$F \text{ เฉลี่ย} = 14.24 \quad \therefore \mu_s = 0.7265$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาค่า ทอร์ค (τ)

$$F_s = \mu_s \cdot N = 14.24 \text{ N}$$

$$\tau = F_s \cdot R = 14.24 \times 2.48 \times 10^{-2} \text{ Nm}$$

$$\tau \text{ ที่น้อยที่สุดในการจับระบบ} = 0.353 \text{ Nm}$$

คำนวณหา τ ของ motor ที่เลือกใช้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ค่า τ ของมอเตอร์คือ 0.6 Nm ตาม Datasheet ของบริษัทผู้ผลิต (Sonceboz) สามารถใช้มอเตอร์นี้ได้เพราะเราต้องการแรง 0.353 NM ดังที่ได้คำนวณมาแล้วข้างต้น

4.2 การเลือกโครงสร้าง

วัสดุที่นำมาใช้ ประกอบด้วย

1. คานแกน X ที่ทำมาจาก Aluminium เบอร์ 2011-T3
2. คานแกน Y ที่ทำมาจากเหล็กกล้าชุบแข็งเบอร์ AISI3140

ทดสอบคานแกน X

อลูมิเนียมเบอร์ 2011-T3

ค่า Tensile Strength 55 ksi , E = 71.0 GP

Yield Strength 43 ksi

คำนวณระยะ โกงของคานแบบปลายยึดแน่น L = 60 cm

$$Y_{\max} = \frac{-FL^3}{192EI} \quad I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{-(20\text{N})(0.6)^3}{192 \times 71 \times \left(\frac{8 \times 10^{-2} \times (6 \times 10^{-3})^3}{12}\right)}$$

$$= 0.00022 \text{ m}$$

ระยะความ โกงของคานแกน X = 0.22 mm

ทดสอบคานแกน Y

ค่า Tensile Strength 186 ksi , E = 207kPa

Yield Strength 160 ksi

$$Y_{\max} = \frac{-FL^3}{192EI}$$

$$= \frac{-(15\text{N})(0.5)^3}{192 \times 210 \times 10^9 \times [(0.4 \times 10^{-2})(5 \times 10^{-2})^3 / 12]}$$

$$= 0.0000011$$

ระยะความ โกงของคานแกน Y = 1.1 μ m

แรงเฉือนที่คานแกน x รับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\tau &= f/A = 20N/[(8 \times 10^{-2})(0.6 \times 10^{-2})] \\ &= 4.16 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \\ &= 4.16 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\tau_{\max} \text{ ของอลูมิเนียมคือ } \tau_s = 0.5 \sigma_y = 43/2 \times 0.6895 = 14.824 \text{ N/mm}^2$$

แรงเฉือนที่คานแกน Y รับน้ำหนัก

$$\begin{aligned}\tau &= f/A = (15N)/(5 \times 10^{-2} \times 0.4 \times 10^{-2}) \\ &= 7.5 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \\ &= 7.5 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\tau_{\max} \text{ ของเหล็กที่ใช้ในแกน Y คือ } \tau_s = 0.5 \sigma_y = (160/2) \times 0.6895 = 55.1 \text{ N/mm}^2$$

การทดสอบการทำงานของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น

ตารางที่ 4.3 การทำงานของระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้น

พิกัด (X,Y)	ระยะที่เคลื่อนที่ได้จริง
1,1	7.3,7.45
2,2	14.6,14.9
3,3	21.9,22.35
4,4	29.2,29.7
5,4	36.5,29.7

1 หน่วยการเคลื่อนที่ = 7.5 cm

ค่าความผิดพลาดในแกน X ที่เกิดขึ้น มีค่า = $(7.5-7.3) \times 100/7.5 = 2.667\%$

ค่าความผิดพลาดในแกน Y ที่เกิดขึ้น มีค่า = $(7.5-7.45) \times 100/7.5 = 0.667\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบการเคลื่อนที่ ในส่วนของ โครงสร้างนั้น ไม่มีการ โกงงอ หรือฉีกขาด ในขณะที่เคลื่อนที่ ซึ่งก็เป็นไปตามการคำนวณ แต่ว่ามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ในส่วนการส่งพัลส์ การส่งค่าพัลส์จากโปรแกรมนั้นมีความเที่ยงตรงและแม่นยำตามที่คาดเอาไว้ มอเตอร์หมุนไปตามสเต็ปที่กำหนดพัลส์โดยไม่มีการคลาดเคลื่อน ในขณะที่ใช้การขับแบบเต็มสเต็ป จะมีการสั่นพอสมควร แต่เมื่อเปลี่ยน โหมดการขับเป็นครึ่งสเต็ปการสั่นจะน้อยลงมาก แต่ก็ต้องแลกกับความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลง ความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ไปแต่ละตำแหน่งมีบ้างเล็กน้อย เนื่องจาก โครงสร้างบางส่วนมีขนาดคลาดเคลื่อนออกไป แต่ก็อยู่ในขอบเขตที่พอรับได้ ในส่วนวงจรขับนั้นมีข้อเสียในเรื่องความร้อน ซึ่งเมื่อเปิดใช้งาน ไปสักระยะหนึ่งๆ ความร้อนที่ตัว ความต้านทานฟีดแบ็ค และฮิทซิงค์ ที่ติดไว้กับวงจรรวมจะร้อนมาก สำหรับตัวโปรแกรมที่เขียนโดย Visual Basic นั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเขียน โปรแกรมในตัวคอมพิวเตอร์ ทำให้ส่งพัลส์ในความเร็วมากที่สุดได้ถึง 1 มิลลิวินาที เท่านั้น เมื่อส่งพัลส์แต่ละครั้ง โปรแกรมจะใช้ทรัพยากรมาก ทำให้เครื่องมีอาการหน่วงไปในขณะที่ทำงาน ไม่สามารถใช้งานในด้านอื่นได้เลย และค่าของความเร็วในการส่งจะตรงหรือไม่นั้นก็ขึ้นอยู่กับทรัพยากรของ คอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมต่อด้วย

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

ในการวิจัยและสร้างระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นนี้ นั้นใช้เวลาในการหาอุปกรณ์ที่จะนำมาเป็น โครงสร้างนาน และเสียเวลาในการทดลองนำอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบให้เป็นชิ้นงาน เนื่องจาก อุปกรณ์แต่ละตัวหาได้ยากเพราะเป็นอะไหล่ของใช้แล้ว ต้องใช้เวลาในการค้นหาไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีชิ้นส่วนที่ได้ขนาดพอเหมาะที่จะมาทำได้ อีกทั้งยังมีราคาแพง ในส่วนของวงจรขับ เป็นวงจรที่ขับเคลื่อนแรงสูง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางอย่างที่เคยใช้อยู่ทั่วไปนั้น ไม่สามารถทนกระแสไฟสูง สัญญาณรบกวนได้ จึงต้องมีการเพิ่มวงจร ออปโตไดร์ เข้าไปเพื่อแยกกราวด์ ระหว่างไฟเลี้ยง +12 โวลต์ และ +5 โวลต์ ทำให้การทำงานของ การส่งสัญญาณพัลส์เป็นไปอย่างถูกต้อง อุณหภูมิของวงจรขับสูงมากจึงต้องพัฒนาระบบระบายความร้อน โดยในกล่องที่บรรจุวงจรต้องติดพัดลมระบายอากาศ และฮิทซิงค์ที่มีขนาดใหญ่ไว้

5.3 ข้อเสนอแนะในการค้นคว้าและพัฒนา

เนื่องจากว่าโครงการระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นเป็นเพียงงานต้นแบบเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้เท่านั้น ในส่วน โปรแกรมหรือโครงสร้างบางอย่างยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานจริง ควรจะปรับปรุงทางโครงสร้างให้เหมาะกับการใช้งานตามเป้าหมายที่วางไว้ได้ โดยต้องสะดวกในการใช้งานอย่างที่ได้เคยกล่าวไว้ข้างต้น อีกประการหนึ่งส่งข้อมูลเพื่อในการที่จะควบคุมระบบการเคลื่อนที่ ต้องใช้งานผ่านพอร์ตขนานซึ่งในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ไม่มีพอร์ตนี้แล้ว ถ้าหากต้องการที่จะใช้งานไปในอนาคตข้างหน้า ควรจะศึกษาและเปลี่ยนรูปแบบการเชื่อมต่อให้เป็น แบบ ยูเอสบี (USB: Universal Serial Bus) แทน ซึ่งมีความเร็วมากกว่าพอร์ตขนาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฉันทวุฒิ พิษผล, พิชิต สันติกุลานนท์. **“คู่มือเรียน Visual Basics6”** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โปรวิชั่น 2542.
- [2] อภิชาติ ภู่พลับ, **“เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย วิชาลเบสิก”** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : อินโฟเพรส เดเวลอปเปอร์ บู้ค 2546
- [3] อภิชาติ ภู่พลับ, **“เขียนโปรแกรม ฮาร์ดแวร์ อินเตอร์เฟซ ด้วย วิบี 6”** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : อินโฟเพรส เดเวลอปเปอร์ บู้ค 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมตำแหน่ง

โปรแกรมถูกเขียนขึ้น โดย Visual Basic มีโค้ดของ โปรแกรมดังนี้

Option Explicit

Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal portaddress As Integer, ByVal Value As Integer)

Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)

Public pwrite As Integer

Public t As Integer

Public step As Integer

Public countstep As Integer

Public stopit As Boolean

Public x As Integer

Public y As Integer

Public x1 As Integer

Public y1 As Integer

Public xdiff As Integer

Public ydiff As Integer

Const unit = 386

Public i As Integer

Public Sub runxy(ByVal clockup As Integer, ByVal clockdown As Integer, ByVal repe As Integer)

For i = 1 To repe

Out pwrite, clockup

Sleep (t)

Out pwrite, clockdown

Sleep (t)

Next i

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Public Sub reflight()

For i = 1 To 193

Out pwrite, &H1

Sleep (1)

Out pwrite, &H0

Sleep (1)

Next i

For i = 1 To 193

Out pwrite, &H4

Sleep (1)

Out pwrite, &H0

Sleep (1)

Next i

End Sub

Public Sub button(ByVal valpress As Boolean)

btnup.Enabled = valpress

btndown.Enabled = valpress

btnleft.Enabled = valpress

btnright.Enabled = valpress

End Sub

Public Sub progress(ByVal clockup As Integer, ByVal clockdown As Integer)

countstep = 0

step = txtstep.Text

Call button(False)

lblstatus.Caption = "!!!BUSY!!!"

Do

DoEvents

Out pwrite, clockup

Sleep (t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    Out pwrite, clockdown
    Sleep (t)
    countstep = countstep + 1
Loop Until countstep = step Or stopit = True
stopit = False
Call button(True)
lblstatus.Caption = "READY"
End Sub

Public Sub autoprogess(ByVal clockup As Integer, ByVal clockdown As Integer)
    Call button(False)
    lblstatus.Caption = "!!!BUSY!!!"
    Do
    DoEvents
        Out pwrite, clockup
        Sleep (t)
        Out pwrite, clockdown
        Sleep (t)
    Loop Until stopit = True
    stopit = False
    Call button(True)
    lblstatus.Caption = "READY"
End Sub

Private Sub btndown_Click()
    If optmanual.Value = True Then
        Call progress(&H1, &H0)
    End If
    If optauto.Value = True Then
        Call autoprogess(&H1, &H0)
    End If
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub btngo_Click()
    lblstatus.Caption = "!!!BUSY!!!"

    x1 = txtx.Text
    y1 = txtx.Text
    xdiff = x - x1
    ydiff = y - y1
    If xdiff > 0 Then
        Call runxy(&H3, &H2, xdiff * unit)
    End If
    If xdiff < 0 Then
        Call runxy(&H1, &H0, (xdiff * unit) * -1)
    End If
    If ydiff > 0 Then
        Call runxy(&HC, &H8, ydiff * unit)
    End If
    If ydiff < 0 Then
        Call runxy(&H4, &H0, (ydiff * unit) * -1)
    End If
    x = x1
    y = y1
    lblposition.Caption = "(" & x & ", " & y & ")"
    lblstatus.Caption = "READY"
End Sub

```

```

Private Sub btnleft_Click()
    If optmanual.Value = True Then
        Call progress(&HC, &H8)
    End If
    If optauto.Value = True Then
        Call autoprogess(&HC, &H8)
    End If
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub btnright_Click()
    If optmanual.Value = True Then
        Call progress(&H4, &H0)
    End If
    If optauto.Value = True Then
        Call autoprogess(&H4, &H0)
    End If
End Sub

```

```

Private Sub btnstop_Click()
    stopit = True
End Sub

```

```

Private Sub btnup_Click()
    If optmanual.Value = True Then
        Call progress(&H3, &H2)
    End If
    If optauto.Value = True Then
        Call autoprogess(&H3, &H2)
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
    pwrite = &H378
    Out pwrite, &H0
    step = 0
    txtspeed.Text = scrspeed.Value
    t = scrspeed.Value
    stopit = False
    countstep = 0
    x = 0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
y = 0
refpoint
End Sub

Private Sub scrspeed_Change()
    txtspeed.Text = scrspeed.Value
    t = scrspeed.Value
End Sub
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

โดยจะแสดงตามลำดับดังนี้

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน L297

ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน L6203

ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน PC847

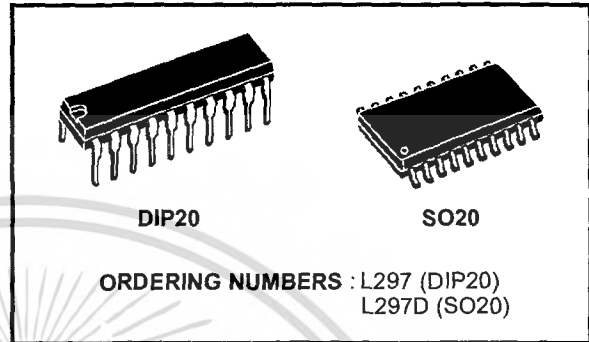
ข.4 เอกสารคู่มือการใช้งาน Sonceboz Stepping Motor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STEPPER MOTOR CONTROLLERS

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



DESCRIPTION

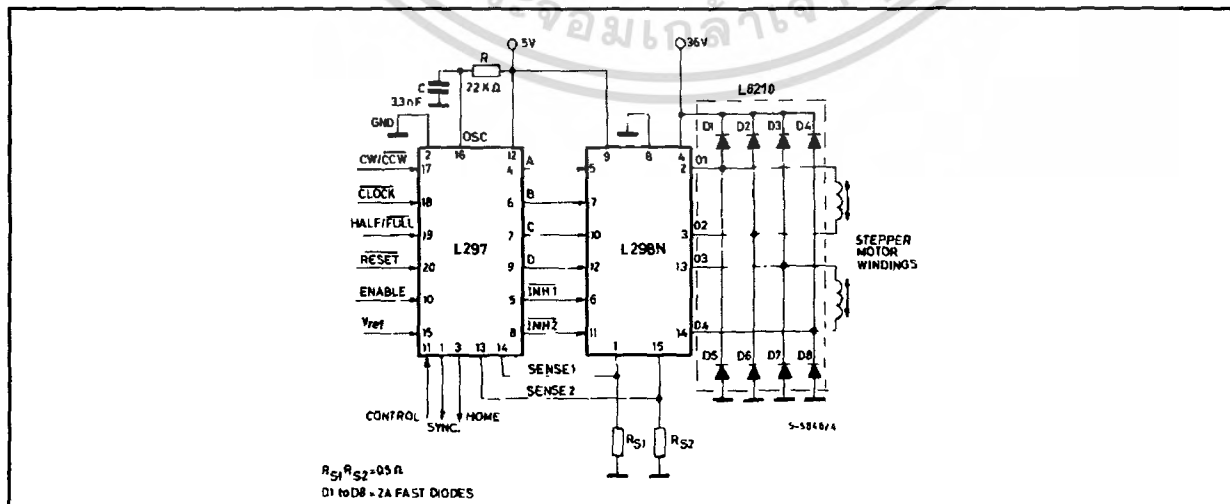
The L297/A/D Stepper Motor Controller IC generates four phase drive signals for two phase bipolar and four phase unipolar step motors in microcomputer-controlled applications. The motor can be driven in half step, normal and wave drive modes and on-chip PWM chopper circuits permit switch-mode control of the current in the windings. A

feature of this device is that it requires only clock, direction and mode input signals. Since the phase are generated internally the burden on the microprocessor, and the programmer, is greatly reduced. Mounted in DIP20 and SO20 packages, the L297 can be used with monolithic bridge drives such as the L298N or L293E, or with discrete transistors and darlingtonts.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

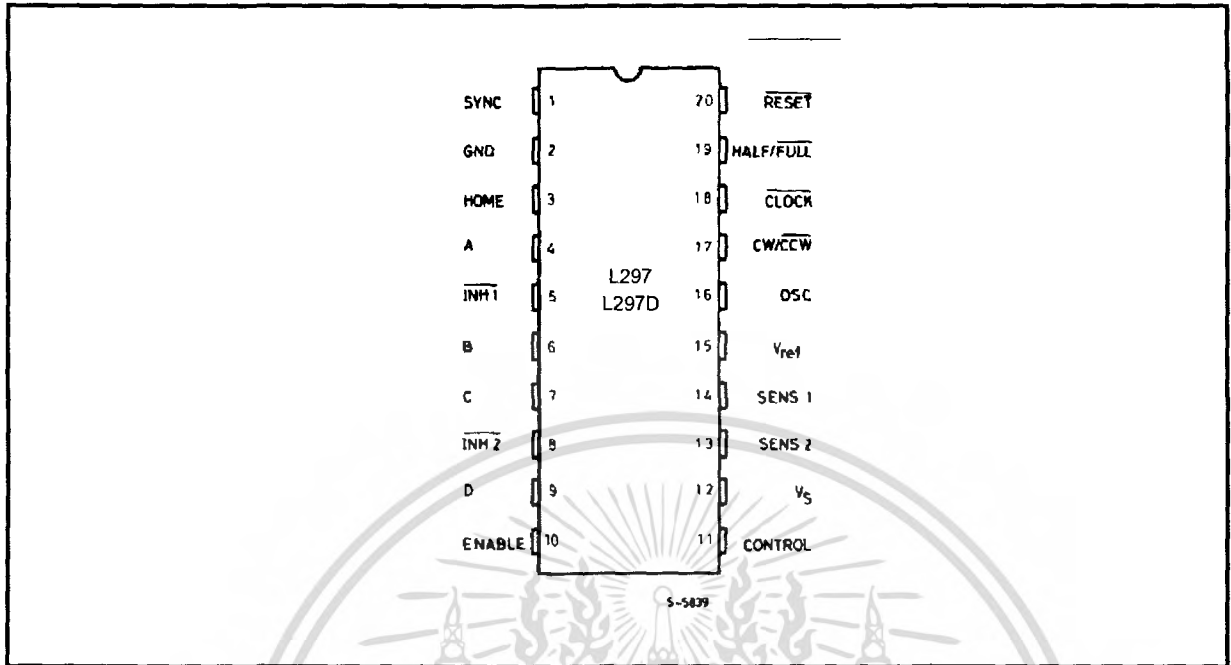
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply voltage	10	V
V_i	Input signals	7	V
P_{tot}	Total power dissipation ($T_{amb} = 70^\circ\text{C}$)	1	W
T_{stg}, T_j	Storage and junction temperature	-40 to + 150	$^\circ\text{C}$

TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

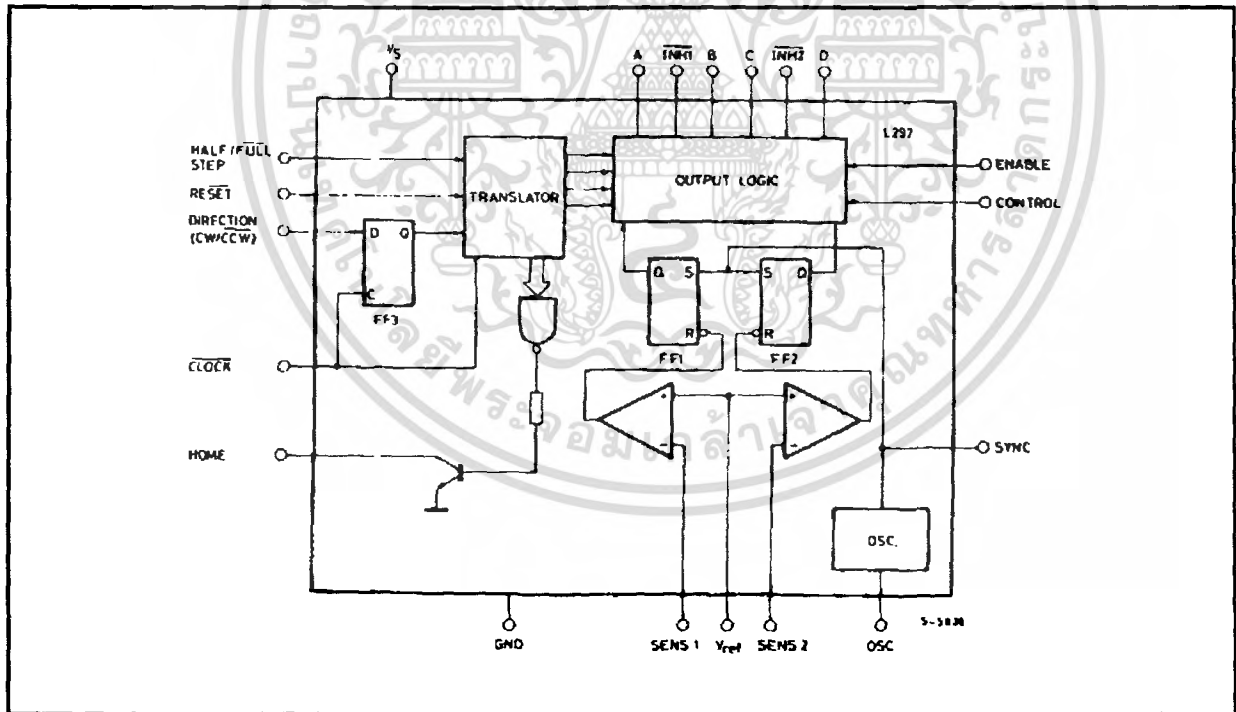


L297-L297D

PIN CONNECTION (Top view)



BLOCK DIAGRAM (L297/L297D)



PIN FUNCTIONS - L297/L297D

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

PIN FUNCTIONS - L297/L297D (continued)

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

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP20	SO20	Unit
R _{th-j-amb}	Thermal resistance junction-ambient	max 80	100	°C/W

CIRCUIT OPERATION

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

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

An input called CONTROL determines whether the chopper will act on the phase lines ABCD or the inhibit lines INH1 and INH2. When the phase lines

are chopped the non-active phase line of each pair (AB or CD) is activated (rather than interrupting the line then active). In L297 + L298 configurations this technique reduces dissipation in the load current sense resistors.

A common on-chip oscillator drives the dual chopper. It supplies pulses at the chopper rate which set the two flip-flops FF1 and FF2. When the current in a winding reaches the programmed peak value the voltage across the sense resistor (connected to one of the sense inputs SENS₁ or SENS₂) equals V_{ref} and the corresponding comparator resets its flip flop, interrupting the drive current until the next oscillator pulse arrives. The peak current for both windings is programmed by a voltage divider on the V_{ref} input.

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

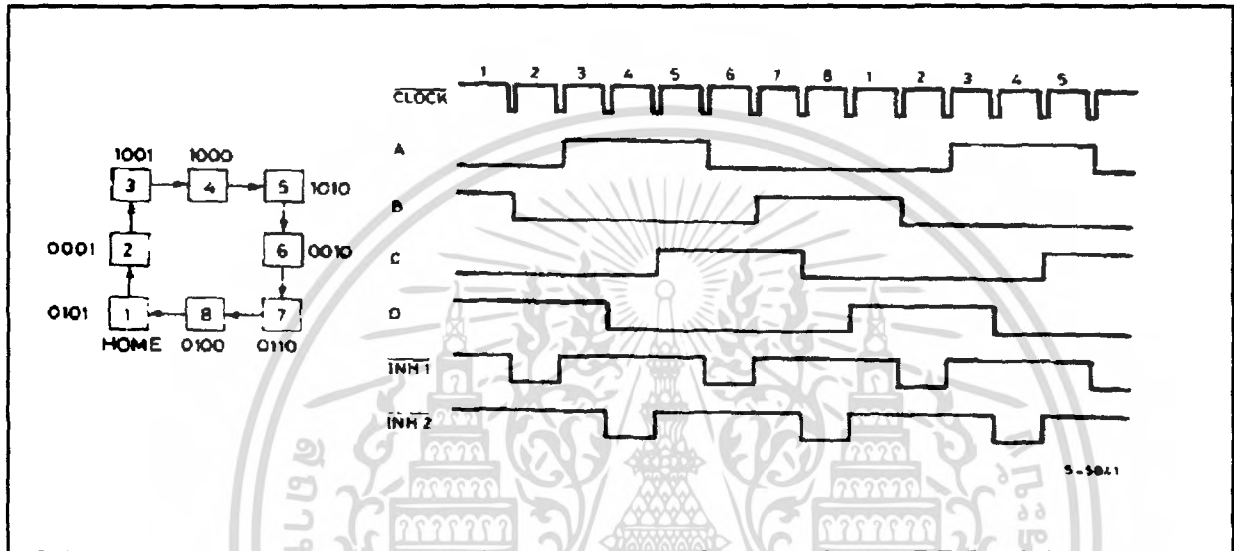
MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES

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

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

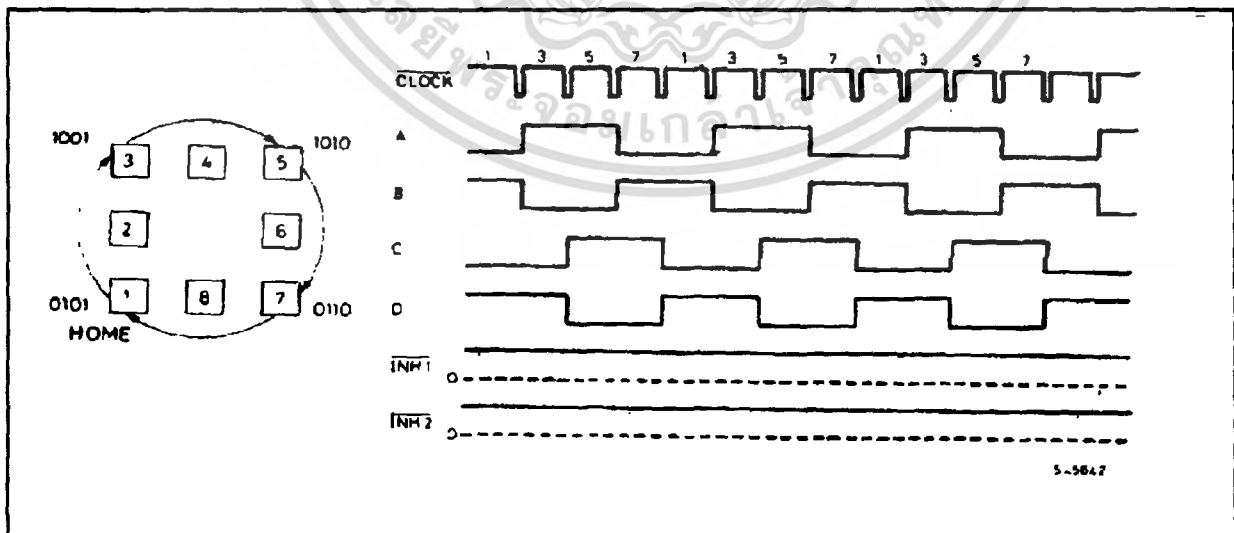
HALF STEP MODE

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



NORMAL DRIVE MODE

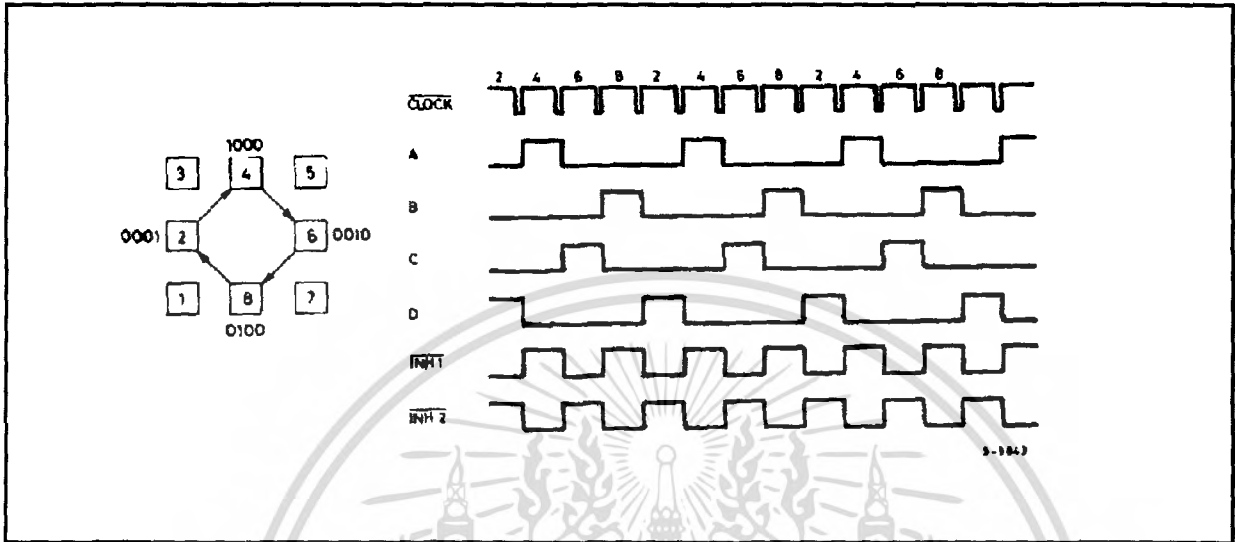
Normal drive mode (also called "two-phase-on" drive) is selected by a low level on the HALF/FULL input when the translator is at an odd numbered state (1, 3, 5 or 7). In this mode the INH1 and INH2 outputs remain high throughout.



MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES (continued)

WAVE DRIVE MODE

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



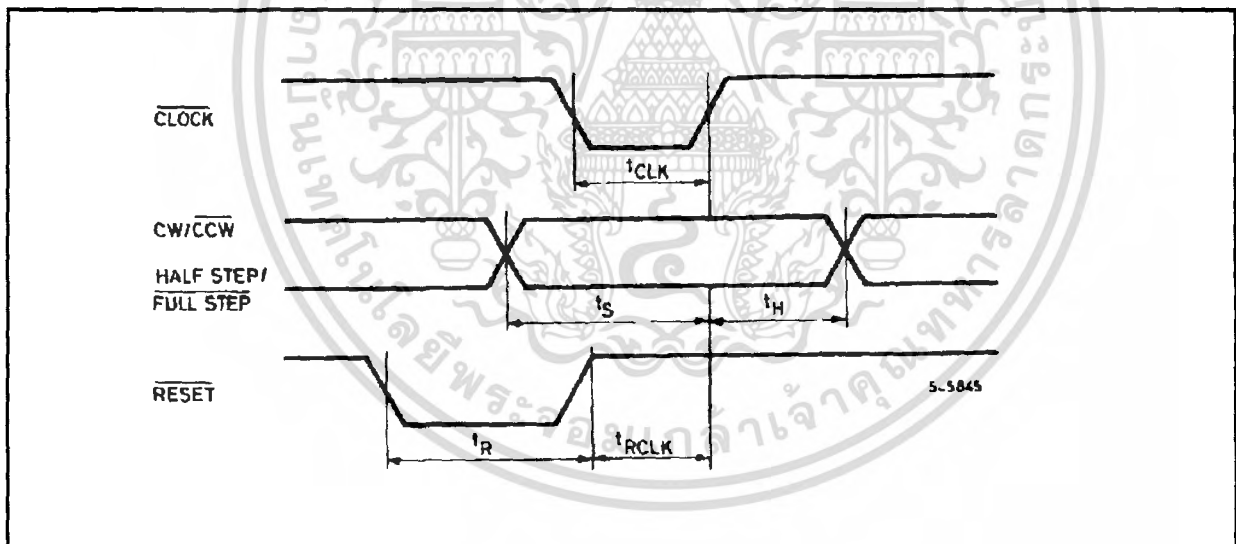
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the block diagram $T_{amb} = 25^{\circ}C$, $V_s = 5V$ unless otherwise specified)

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

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

Figure 1.



APPLICATION INFORMATION

TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

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

Figure 2.

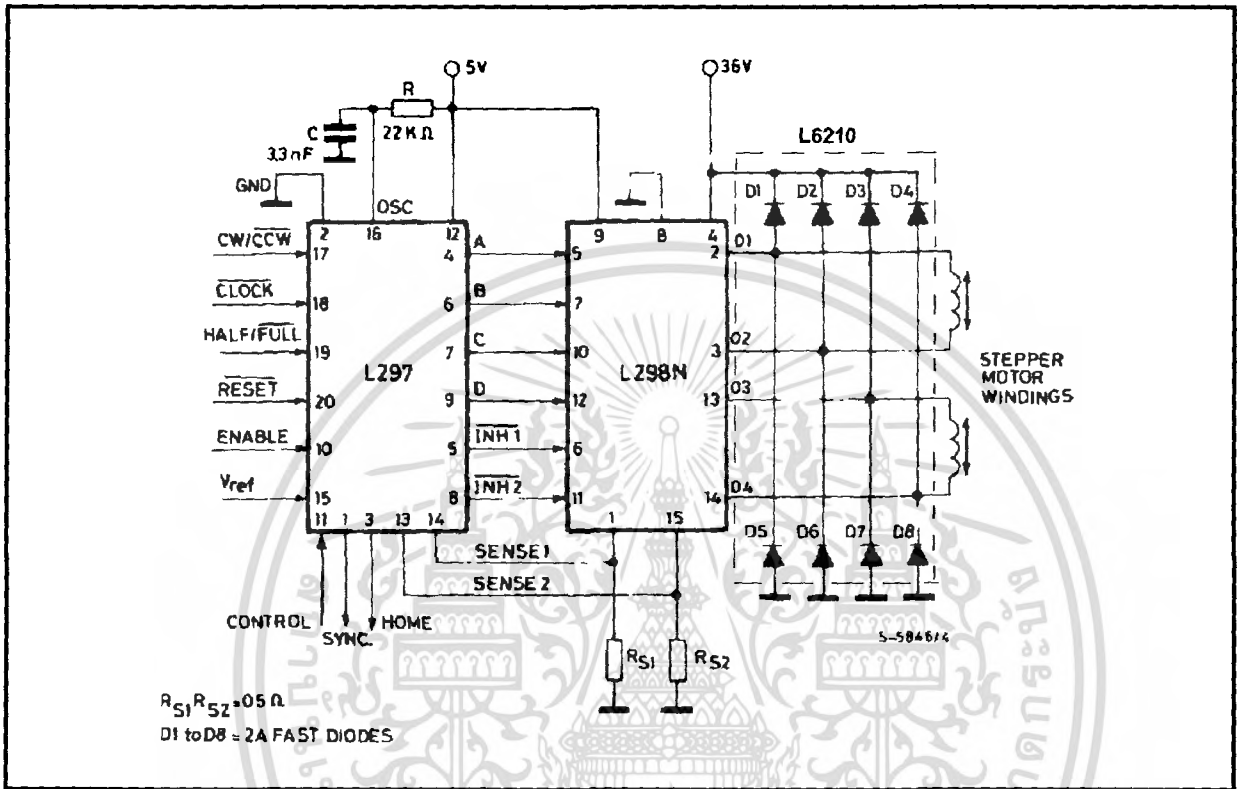
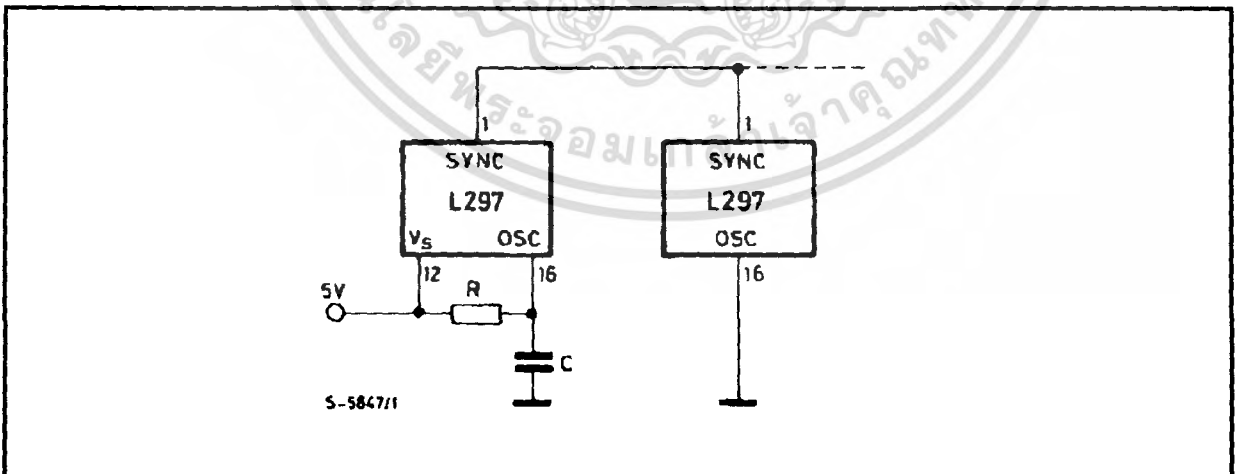
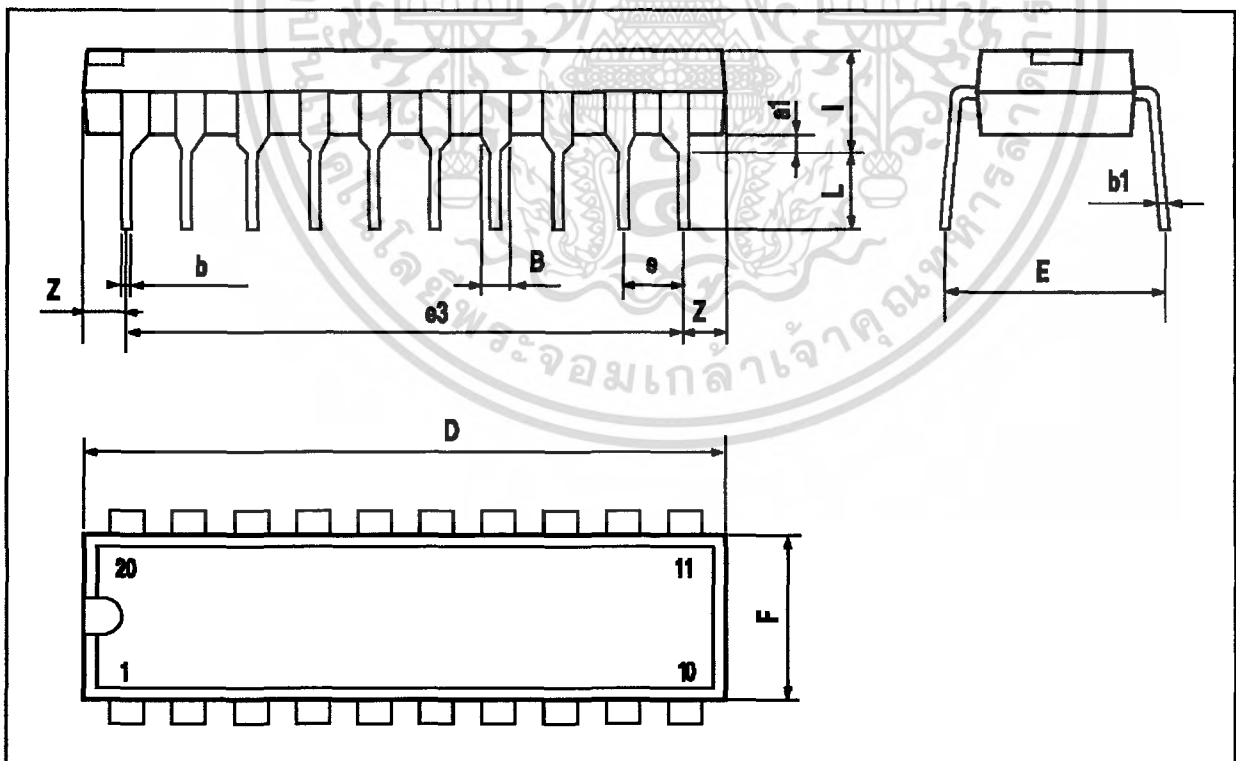


Figure 3 : Synchronising L297s



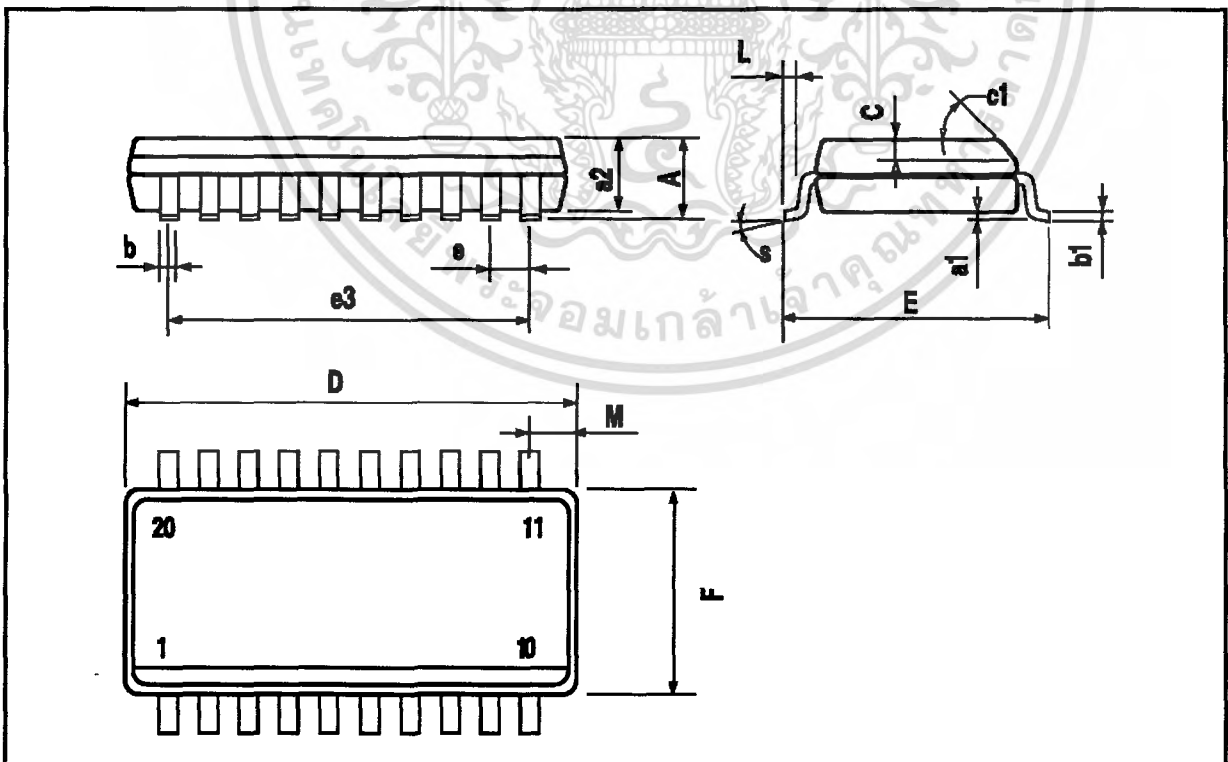
DIP20 PACKAGE MECHANICAL DATA

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



SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

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





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

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


SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

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

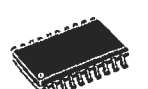
DMOS FULL BRIDGE DRIVER

- SUPPLY VOLTAGE UP TO 48V
- 5A MAX PEAK CURRENT (2A max. for L6201)
- TOTAL RMS CURRENT UP TO
L6201: 1A; L6202: 1.5A; L6203/L6201PS: 4A
- $R_{DS(ON)}$ 0.3 Ω (typical value at 25 °C)
- CROSS CONDUCTION PROTECTION
- TTL COMPATIBLE DRIVE
- OPERATING FREQUENCY UP TO 100 KHz
- THERMAL SHUTDOWN
- INTERNAL LOGIC SUPPLY
- HIGH EFFICIENCY

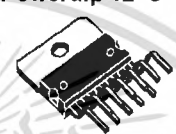
MULTIPOWER BCD TECHNOLOGY




Powerdip 12+3+3



SO20 (12+4+4)



Multiwatt11



PowerSO20

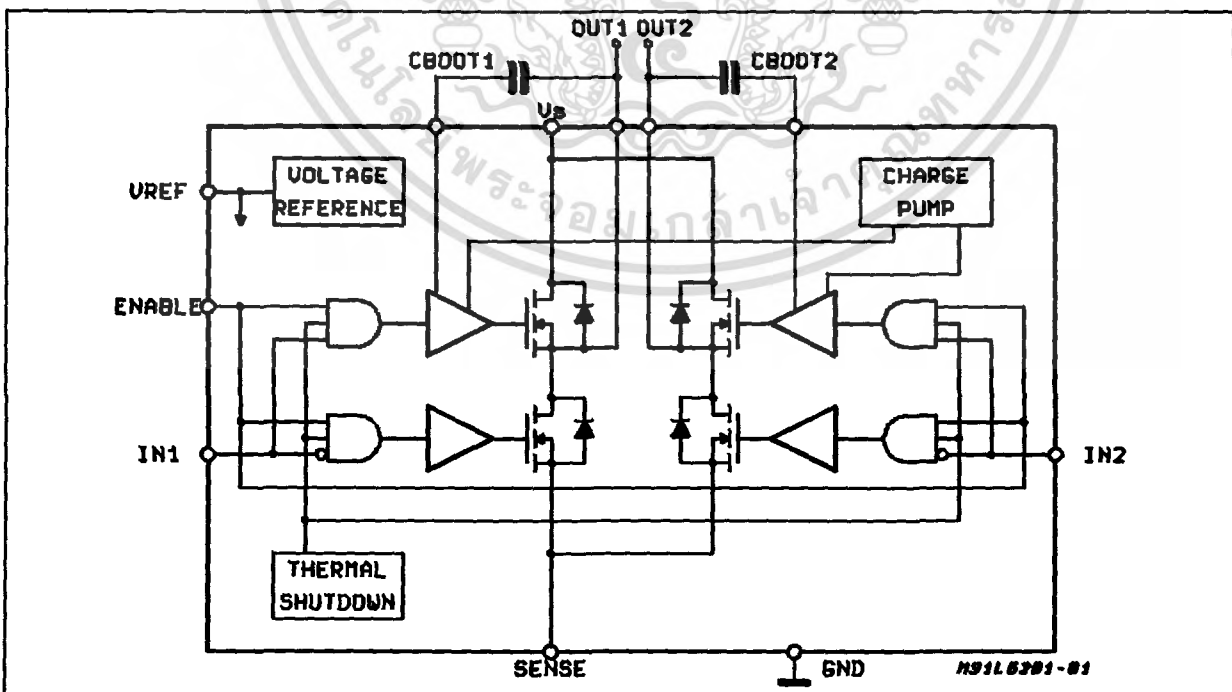
ORDERING NUMBERS:
L6201 (SO20)
L6201PS (PowerSO20)
L6202 (Powerdip18)
L6203 (Multiwatt)

DESCRIPTION

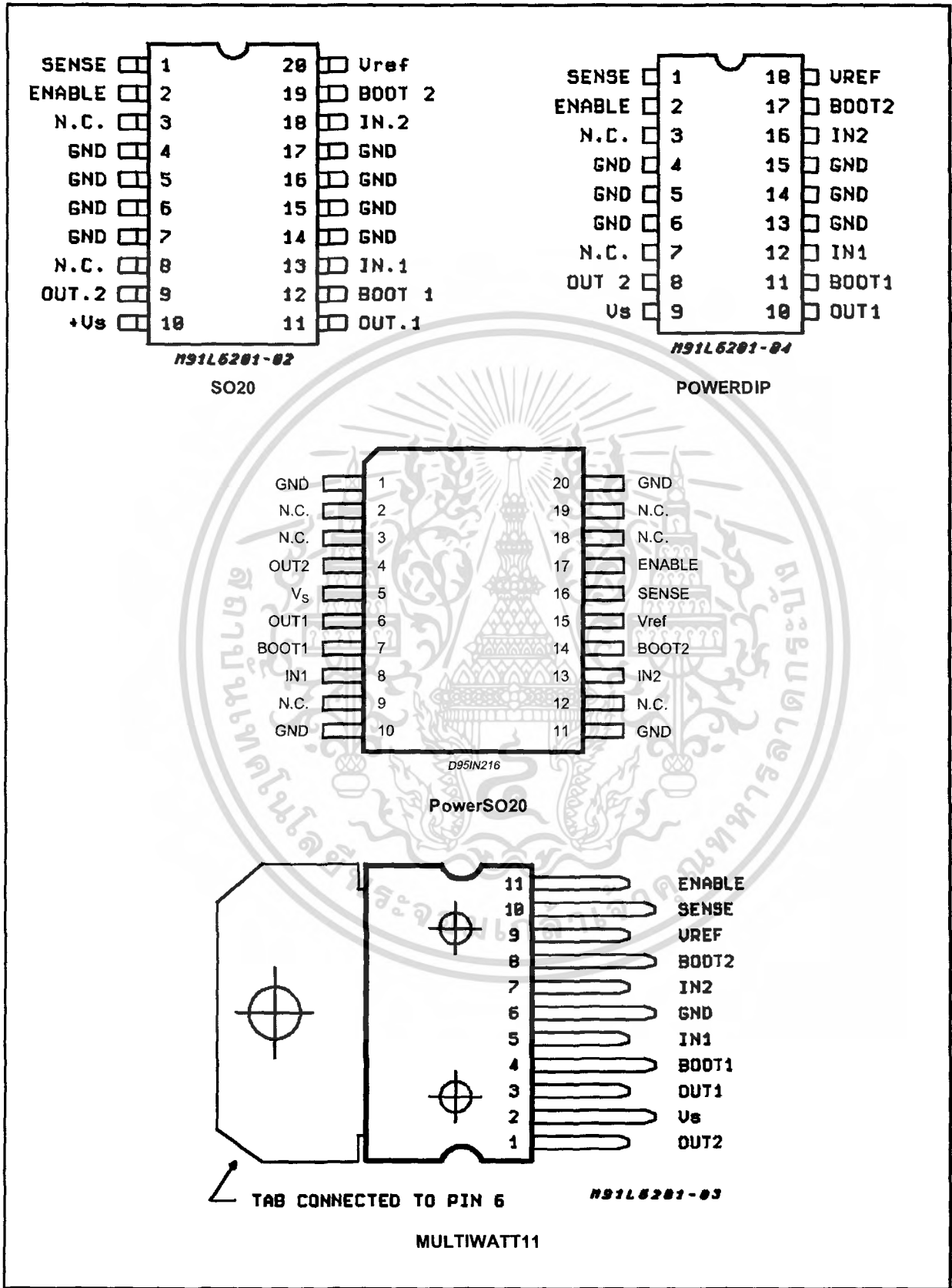
The I.C. is a full bridge driver for motor control applications realized in Multipower-BCD technology which combines isolated DMOS power transistors with CMOS and Bipolar circuits on the same chip. By using mixed technology it has been possible to optimize the logic circuitry and the power stage to achieve the best possible performance. The DMOS output transistors can operate at supply voltages up to 42V and efficiently at high switch-

ing speeds. All the logic inputs are TTL, CMOS and μ C compatible. Each channel (half-bridge) of the device is controlled by a separate logic input, while a common enable controls both channels. The I.C. is mounted in three different packages.

BLOCK DIAGRAM



PIN CONNECTIONS (Top view)



PINS FUNCTIONS

Device				Name	Function
L6201	L6201PS	L6202	L6203		
1	16	1	10	SENSE	A resistor R_{sense} connected to this pin provides feedback for motor current control.
2	17	2	11	ENAB LE	When a logic high is present on this pin the DMOS POWER transistors are enabled to be selectively driven by IN1 and IN2.
3	2,3,9,12, 18,19	3		N.C.	Not Connected
4,5	–	4	6	GND	Common Ground Terminal
–	1, 10	5		GND	Common Ground Terminal
6,7	–	6		GND	Common Ground Terminal
8	–	7		N.C.	Not Connected
9	4	8	1	OUT2	Output of 2nd Half Bridge
10	5	9	2	V_s	Supply Voltage
11	6	10	3	OUT1	Output of first Half Bridge
12	7	11	4	BOOT1	A bootstrap capacitor connected to this pin ensures efficient driving of the upper POWER DMOS transistor.
13	8	12	5	IN1	Digital Input from the Motor Controller
14,15	–	13	6	GND	Common Ground Terminal
–	11, 20	14		GND	Common Ground Terminal
16,17	–	15		GND	Common Ground Terminal
18	13	16	7	IN2	Digital Input from the Motor Controller
19	14	17	8	BOOT2	A bootstrap capacitor connected to this pin ensures efficient driving of the upper POWER DMOS transistor.
20	15	18	9	V_{ref}	Internal voltage reference. A capacitor from this pin to GND is recommended. The internal Ref. Voltage can source out a current of 2mA max.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Power Supply	52	V
V_{OD}	Differential Output Voltage (between Out1 and Out2)	60	V
V_{IN}, V_{EN}	Input or Enable Voltage	– 0.3 to + 7	V
I_o	Pulsed Output Current for L6201PS/L6202/L6203 (Note 1)	5	A
	– Non Repetitive (< 1 ms) for L6201	5	A
	DC Output Current for L6201PS/L6202/L6203	10	A
	DC Output Current for L6201 (Note 1)	1	A
V_{sense}	Sensing Voltage	– 1 to + 4	V
V_b	Bootstrap Peak Voltage	60	V
P_{tot}	Total Power Dissipation:		
	$T_{pins} = 90^\circ\text{C}$ for L6201	4	W
	for L6202	5	W
	$T_{case} = 90^\circ\text{C}$ for L6201PS/L6203	20	W
	$T_{amb} = 70^\circ\text{C}$ for L6201 (Note 2)	0.9	W
for L6202 (Note 2)	1.3	W	
for L6201PS/L6203 (Note 2)	2.3	W	
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	– 40 to + 150	$^\circ\text{C}$

Note 1: Pulse width limited only by junction temperature and transient thermal impedance (see thermal characteristics)

Note 2: Mounted on board with minimized dissipating copper area.

L6201 - L6202 - L6203

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		Value				Unit
			L6201	L6201PS	L6202	L6203	
$R_{th\ j-pins}$	Thermal Resistance Junction-pins	max	15	–	12	–	°C/W
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction Case	max.	–	–	–	3	
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	max.	85	13 (*)	60	35	

(*) Mounted on aluminium substrate.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the Test Circuits; $T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_s = 42\text{V}$, $V_{sens} = 0$, unless otherwise specified).

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply Voltage		12	36	48	V
V_{ref}	Reference Voltage	$I_{REF} = 2\text{mA}$		13.5		V
I_{REF}	Output Current				2	mA
I_s	Quiescent Supply Current	$EN = H\ V_{IN} = L$ $EN = H\ V_{IN} = H$ $EN = L$ (Fig. 1,2,3) $I_L = 0$		10 10 8	15 15 15	mA mA mA
f_c	Commutation Frequency (*)			30	100	KHz
T_j	Thermal Shutdown			150		°C
T_d	Dead Time Protection			100		ns

TRANSISTORS

OFF						
I_{DSS}	Leakage Current	Fig. 11 $V_s = 52\text{V}$			1	mA
ON						
R_{DS}	On Resistance	Fig. 4,5		0.3	0.55	Ω
$V_{DS(ON)}$	Drain Source Voltage	Fig. 9 $I_{DS} = 1\text{A}$ L6201 $I_{DS} = 1.2\text{A}$ L6202 $I_{DS} = 3\text{A}$ L6201PS/03		0.3 0.36 0.9		V V V
V_{sens}	Sensing Voltage		-1		4	V

SOURCE DRAIN DIODE

V_{sd}	Forward ON Voltage	Fig. 6a and b $I_{SD} = 1\text{A}$ L6201 EN = L $I_{SD} = 1.2\text{A}$ L6202 EN = L $I_{SD} = 3\text{A}$ L6201PS/03 EN = L		0.9 (**) 0.9 (**) 1.35(**)		V V V
t_{rr}	Reverse Recovery Time	$\frac{dif}{dt} = 25\text{A}/\mu\text{s}$ $I_F = 1\text{A}$ L6201 $I_F = 1.2\text{A}$ L6202 $I_F = 3\text{A}$ L6203		300		ns
t_{fr}	Forward Recovery Time			200		ns

LOGIC LEVELS

V_{INL}, V_{ENL}	Input Low Voltage		-0.3		0.8	V
V_{INH}, V_{ENH}	Input High Voltage		2		7	V
I_{INL}, I_{ENL}	Input Low Current	$V_{IN}, V_{EN} = L$			-10	μA
I_{INH}, I_{ENH}	Input High Current	$V_{IN}, V_{EN} = H$			30	μA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)
LOGIC CONTROL TO POWER DRIVE TIMING

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
t ₁ (V _i)	Source Current Turn-off Delay	Fig. 12		300		ns
t ₂ (V _i)	Source Current Fall Time	Fig. 12		200		ns
t ₃ (V _i)	Source Current Turn-on Delay	Fig. 12		400		ns
t ₄ (V _i)	Source Current Rise Time	Fig. 12		200		ns
t ₅ (V _i)	Sink Current Turn-off Delay	Fig. 13		300		ns
t ₆ (V _i)	Sink Current Fall Time	Fig. 13		200		ns
t ₇ (V _i)	Sink Current Turn-on Delay	Fig. 13		400		ns
t ₈ (V _i)	Sink Current Rise Time	Fig. 13		200		ns

(*) Limited by power dissipation

(**) In synchronous rectification the drain-source voltage drop V_{DS} is shown in fig. 4 (L6202/03); typical value for the L6201 is of 0.3V.

Figure 1: Typical Normalized I_S vs. T_j

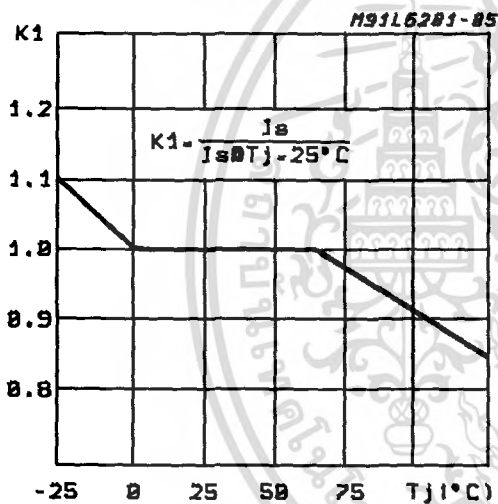


Figure 2: Typical Normalized Quiescent Current vs. Frequency

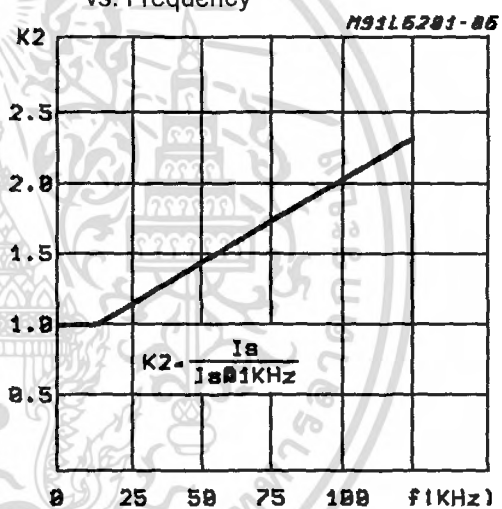


Figure 3: Typical Normalized I_S vs. V_S

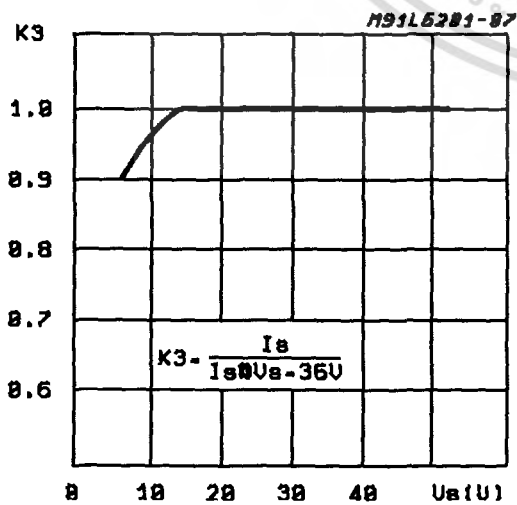


Figure 4: Typical R_{DS(ON)} vs. V_S ~ V_{ref}

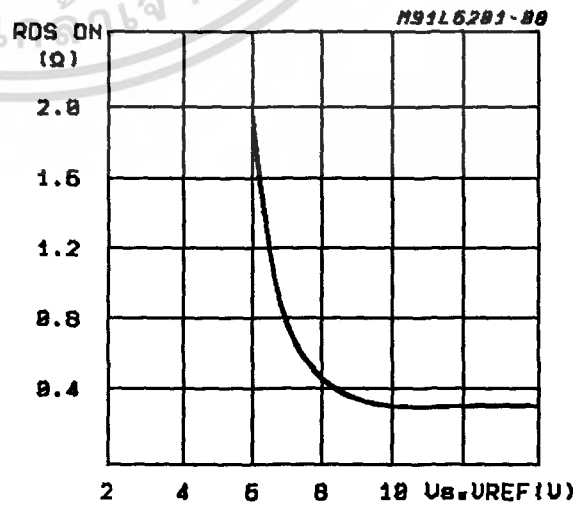


Figure 5: Normalized $R_{DS(ON)}$ at 25°C vs. Temperature Typical Values

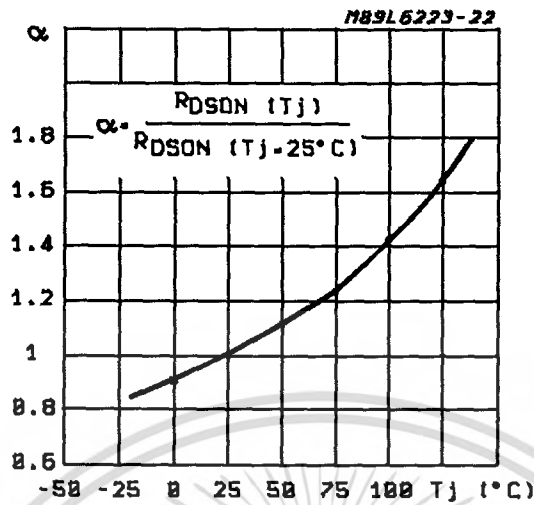


Figure 6a: Typical Diode Behaviour in Synchronous Rectification (L6201)

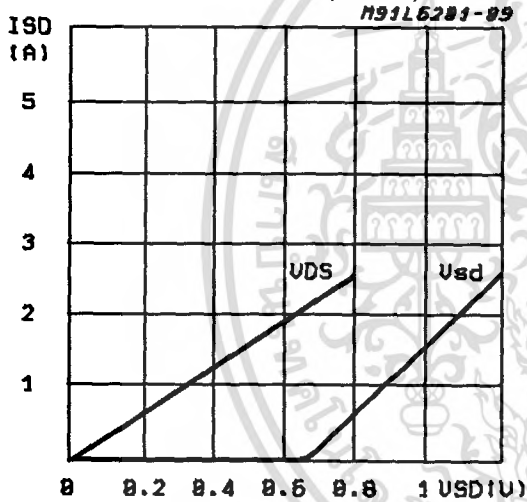


Figure 6b: Typical Diode Behaviour in Synchronous Rectification (L6201PS/02/03)

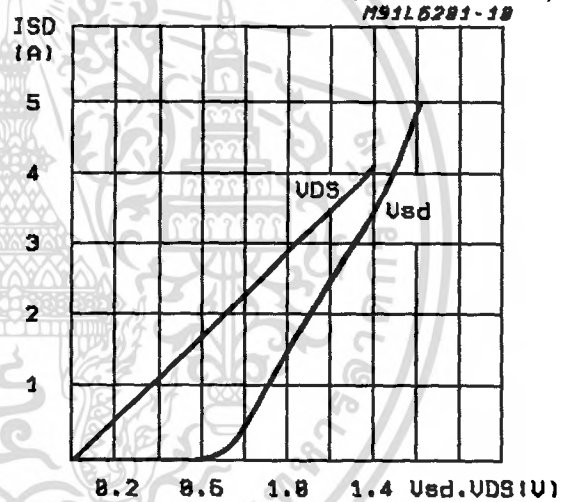


Figure 7a: Typical Power Dissipation vs I_L (L6201)

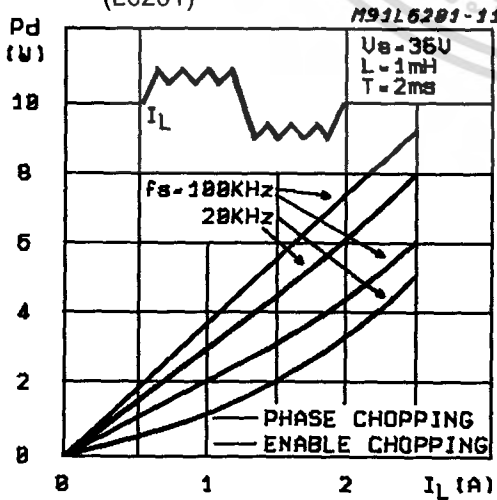


Figure 7b: Typical Power Dissipation vs I_L (L6201PS, L6202, L6203)

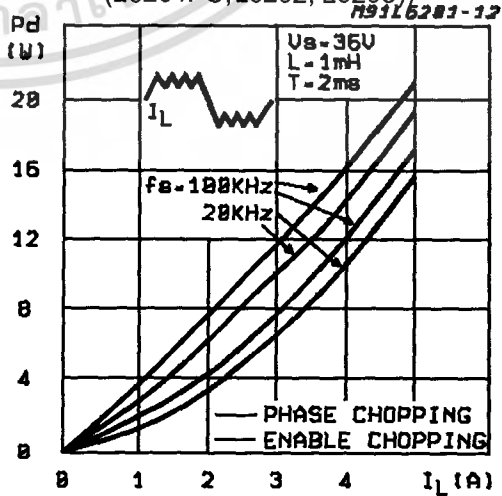


Figure 8a: Two Phase Chopping

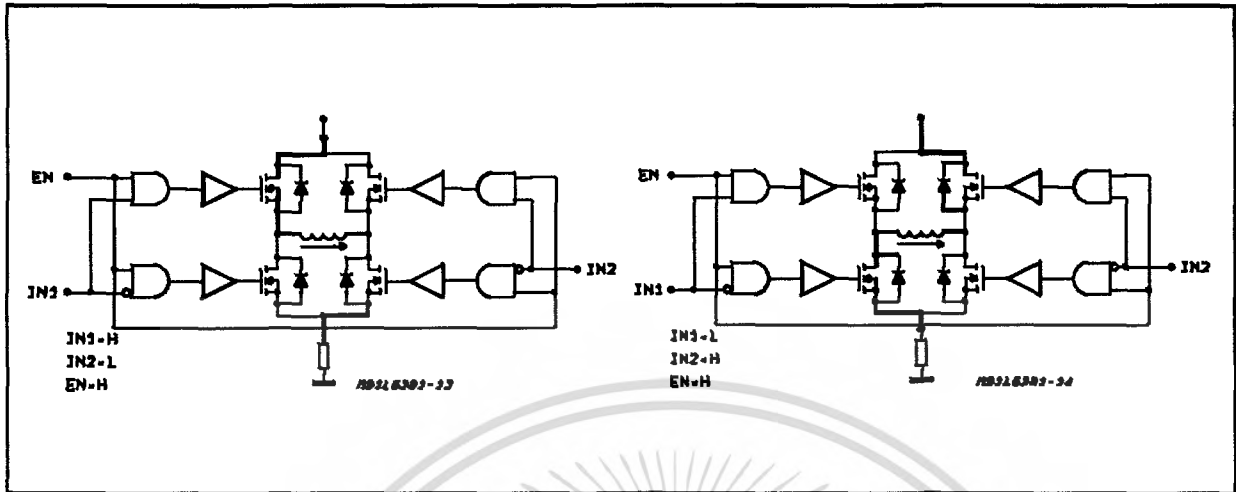


Figure 8b: One Phase Chopping

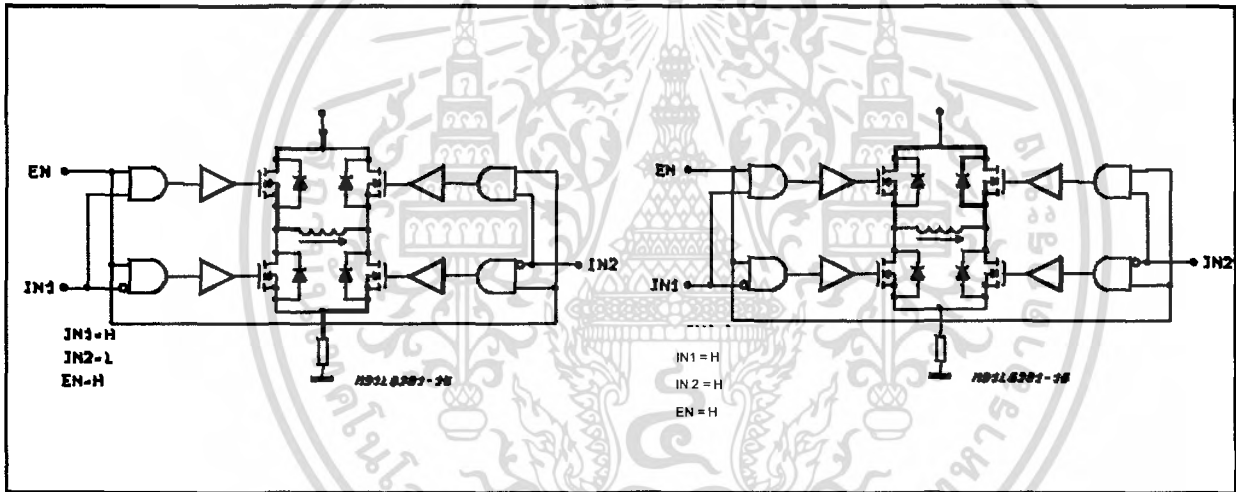
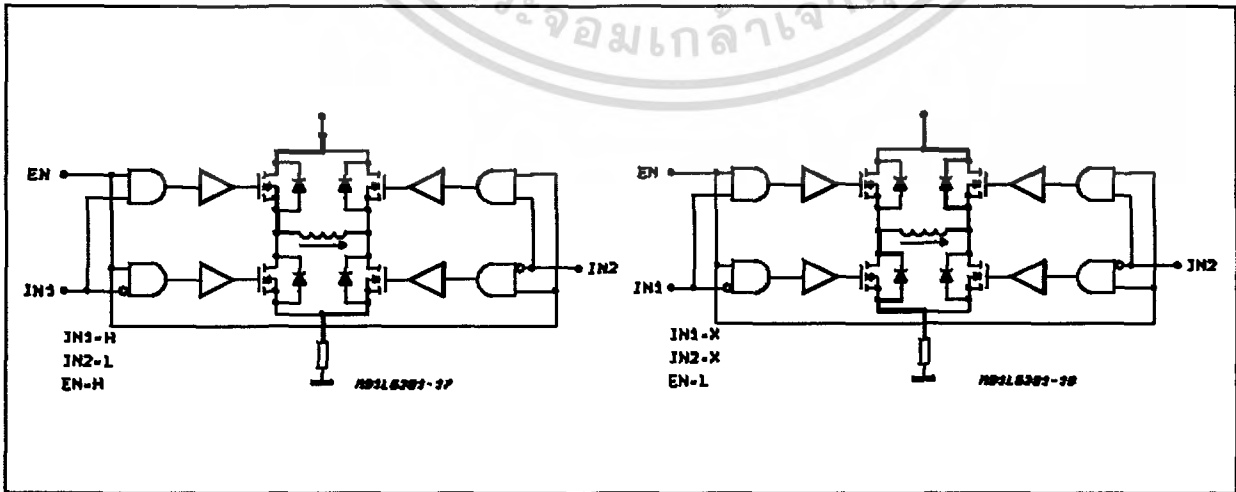


Figure 8c: Enable Chopping



TEST CIRCUITS

Figure 9: Saturation Voltage

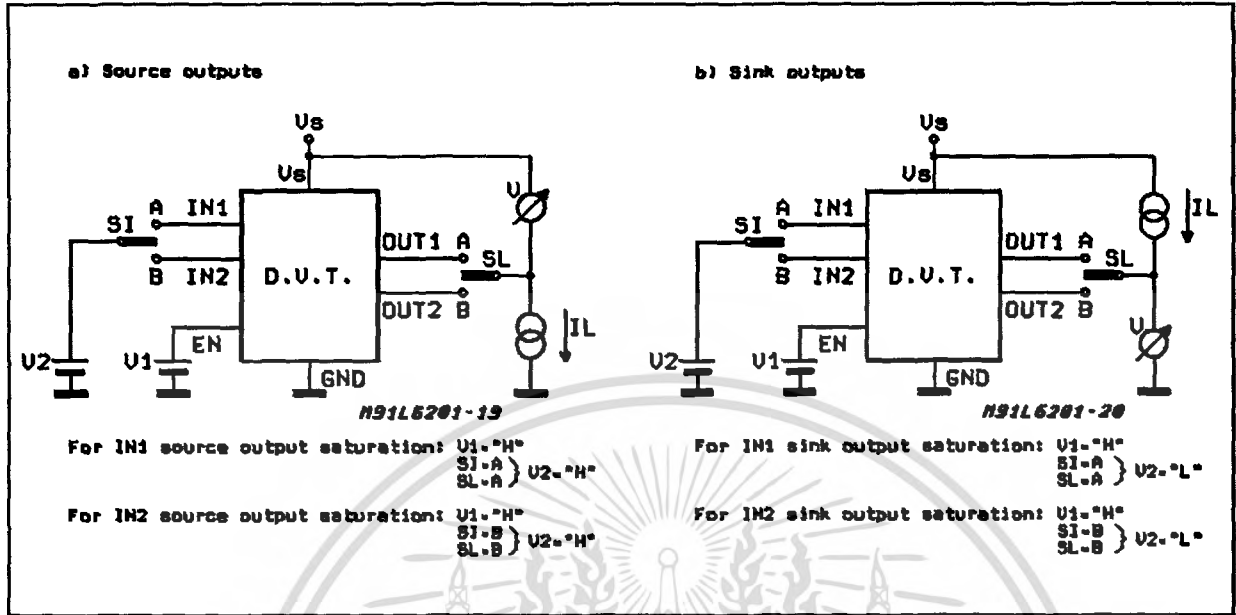


Figure 10: Quiescent Current

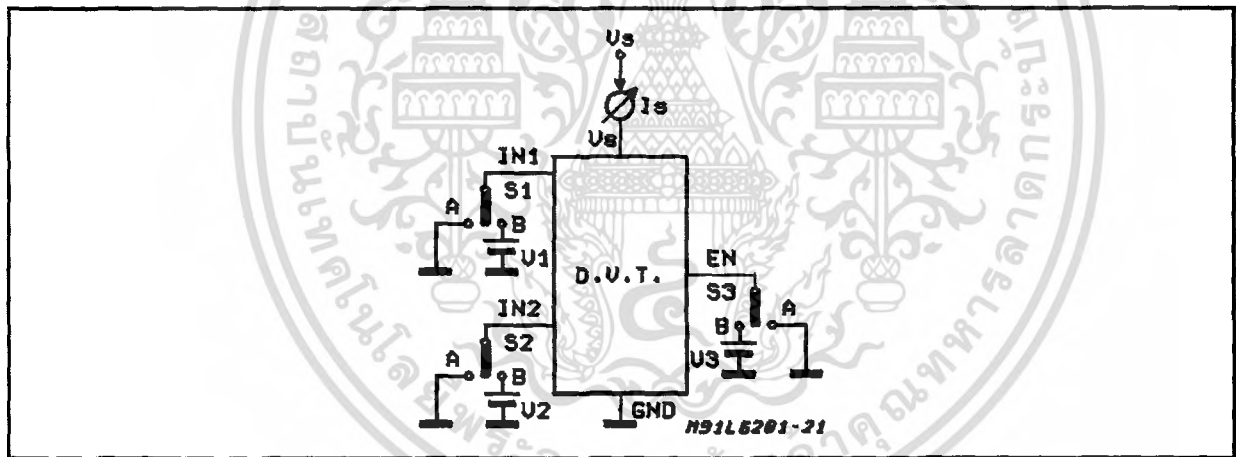


Figure 11: Leakage Current

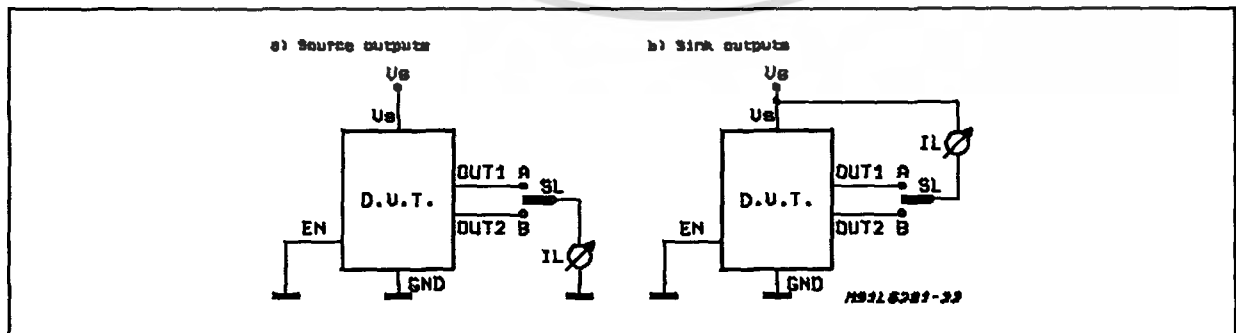


Figure 12: Source Current Delay Times vs. Input Chopper

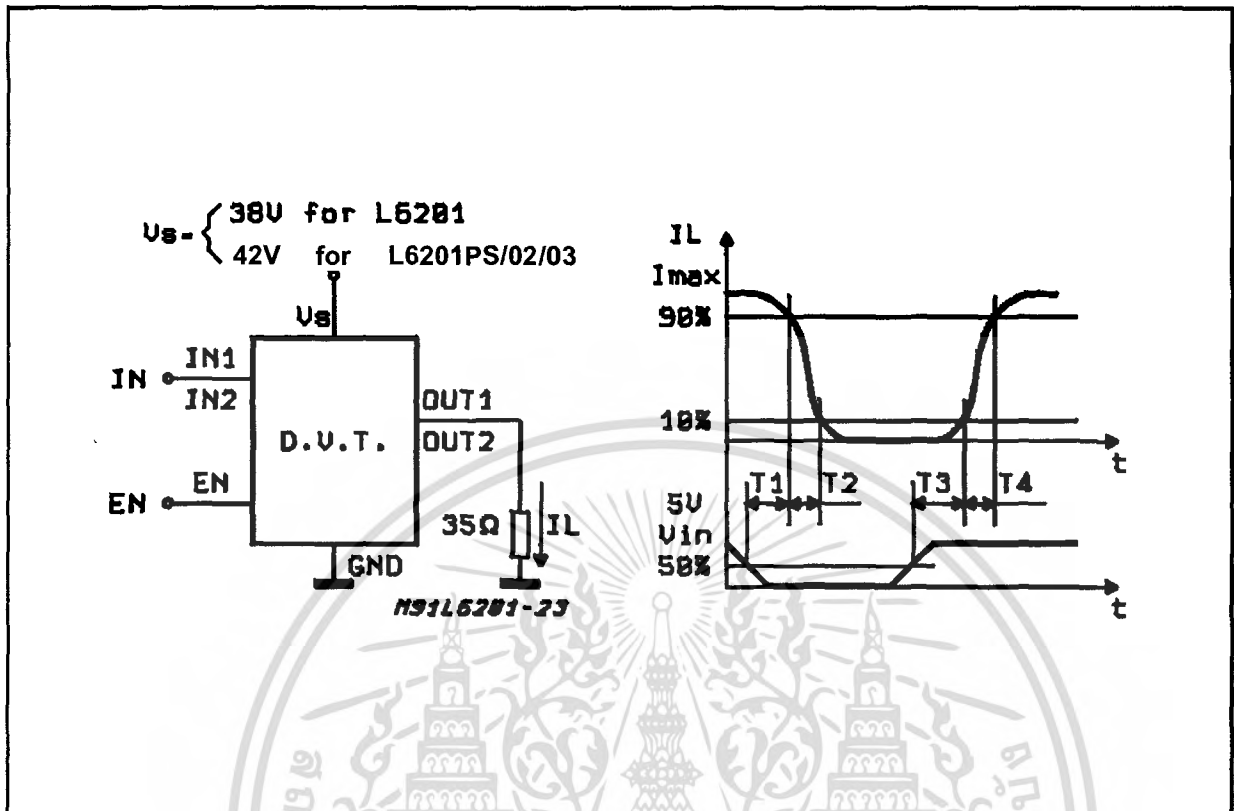
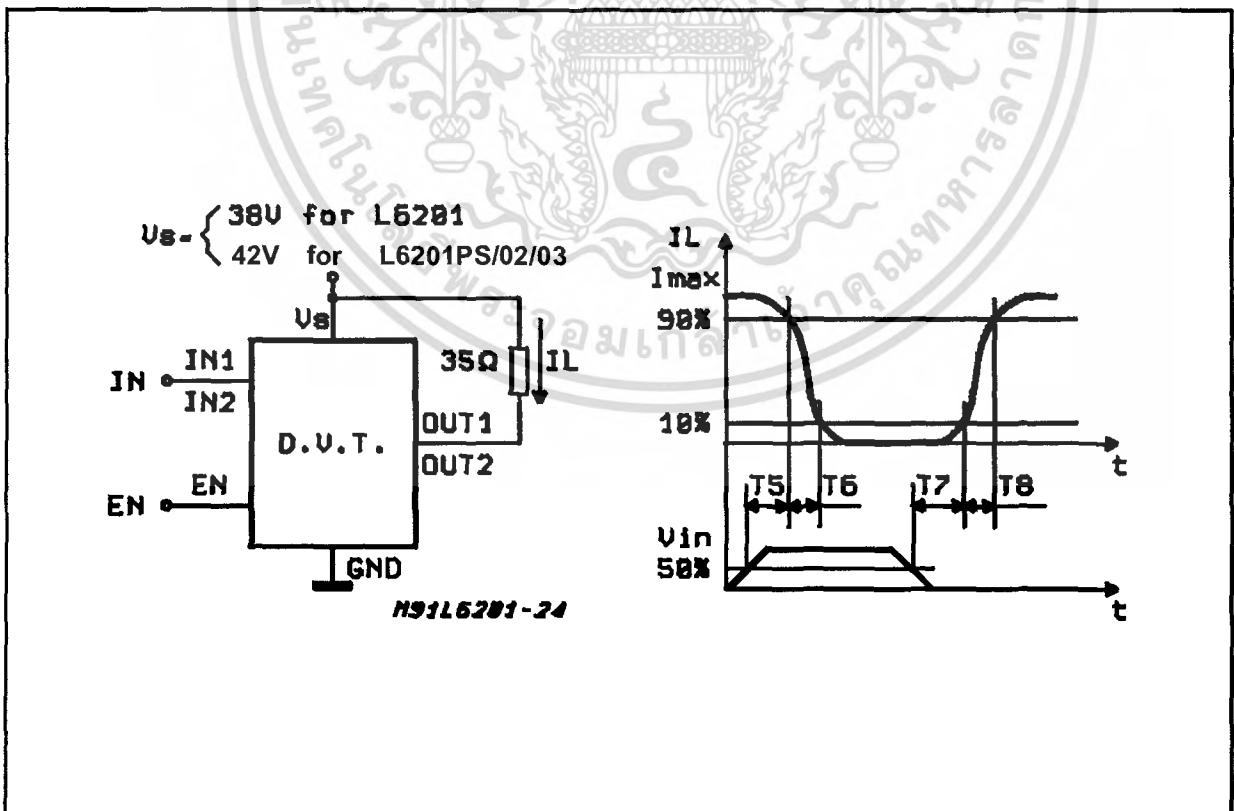


Figure 13: Sink Current Delay Times vs. Input Chopper



CIRCUIT DESCRIPTION

The L6201/1PS/2/3 is a monolithic full bridge switching motor driver realized in the new Multipower-BCD technology which allows the integration of multiple, isolated DMOS power transistors plus mixed CMOS/bipolar control circuits. In this way it has been possible to make all the control inputs TTL, CMOS and μ C compatible and eliminate the necessity of external MOS drive components. The Logic Drive is shown in table 1.

Table 1

	Inputs		Output Mosfets (*)
	IN1	IN2	
$V_{EN} = H$	L	L	Sink 1, Sink 2
	L	H	Sink 1, Source 2
	H	L	Source 1, Sink 2
	H	H	Source 1, Source 2
$V_{EN} = L$	X	X	All transistors turned OFF

L = Low H = High X = DON't care
 (*) Numbers referred to INPUT1 or INPUT2 controlled output stages

Although the device guarantees the absence of cross-conduction, the presence of the intrinsic diodes in the POWER DMOS structure causes the generation of current spikes on the sensing terminals. This is due to charge-discharge phenomena in the capacitors C1 & C2 associated with the drain source junctions (fig. 14). When the output switches from high to low, a current spike is generated associated with the capacitor C1. On the low-to-high transition a spike of the same polarity is generated by C2, preceded by a spike of the opposite polarity due to the charging of the input capacity of the lower POWER DMOS transistor (fig. 15).

Figure 14: Intrinsic Structures in the POWER DMOS Transistors

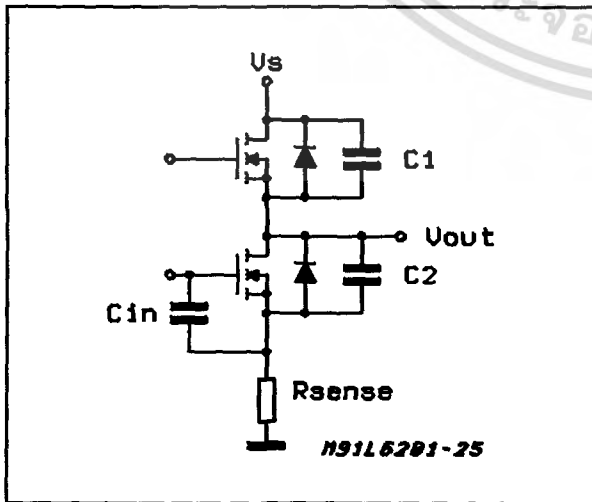
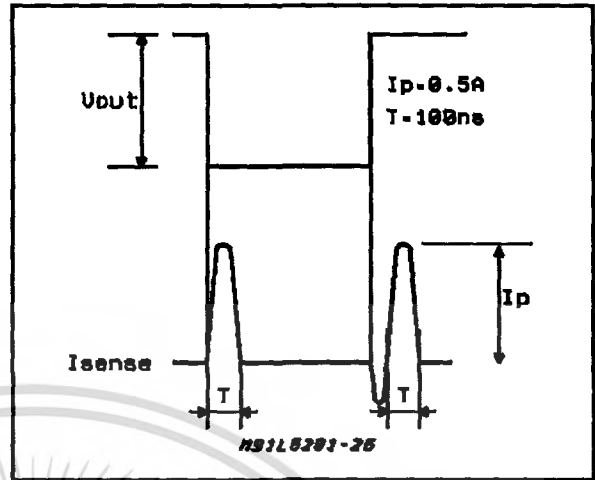


Figure 15: Current Typical Spikes on the Sensing Pin



TRANSISTOR OPERATION

ON State

When one of the POWER DMOS transistor is ON it can be considered as a resistor $R_{DS(ON)}$ throughout the recommended operating range. In this condition the dissipated power is given by :

$$P_{ON} = R_{DS(ON)} \cdot I_{DS}^2 (RMS)$$

The low $R_{DS(ON)}$ of the Multipower-BCD process can provide high currents with low power dissipation.

OFF State

When one of the POWER DMOS transistor is OFF the V_{DS} voltage is equal to the supply voltage and only the leakage current I_{DSS} flows. The power dissipation during this period is given by :

$$P_{OFF} = V_s \cdot I_{DSS}$$

The power dissipation is very low and is negligible in comparison to that dissipated in the ON STATE.

Transitions

As already seen above the transistors have an intrinsic diode between their source and drain that can operate as a fast freewheeling diode in switched mode applications. During recirculation with the ENABLE input high, the voltage drop across the transistor is $R_{DS(ON)} \cdot I_D$ and when it reaches the diode forward voltage it is clamped. When the ENABLE input is low, the POWER MOS is OFF and the diode carries all of the recirculation current. The power dissipated in the transitional times in the cycle depends upon the voltage-current waveforms and in the driving mode. (see Fig. 7ab and Fig. 8abc).

$$P_{trans.} = I_{DS}(t) \cdot V_{DS}(t)$$

Bootstrap Capacitors

To ensure that the POWER DMOS transistors are driven correctly gate to source voltage of typ. 10 V must be guaranteed for all of the N-channel DMOS transistors. This is easy to be provided for the lower POWER DMOS transistors as their sources are referred to ground but a gate voltage greater than the supply voltage is necessary to drive the upper transistors. This is achieved by an internal charge pump circuit that guarantees correct DC drive in combination with the bootstrap circuit. For efficient charging the value of the bootstrap capacitor should be greater than the input capacitance of the power transistor which is around 1 nF. It is recommended that a capacitance of at least 10 nF is used for the bootstrap. If a smaller capacitor is used there is a risk that the POWER transistors will not be fully turned on and they will show a higher $R_{DS(ON)}$. On the other hand if a elevated value is used it is possible that a current spike may be produced in the sense resistor.

Reference Voltage

To by-pass the internal Ref. Volt. circuit it is recommended that a capacitor be placed between its pin and ground. A value of 0.22 μF should be sufficient for most applications. This pin is also protected against a short circuit to ground: a max. current of 2mA max. can be sinked out.

Dead Time

To protect the device against simultaneous conduction in both arms of the bridge resulting in a rail to rail short circuit, the integrated logic control provides a dead time greater than 40 ns.

Thermal Protection

A thermal protection circuit has been included that will disable the device if the junction temperature reaches 150 °C. When the temperature has fallen to a safe level the device restarts the input and enable signals under control.

APPLICATION INFORMATION

Recirculation

During recirculation with the ENABLE input high, the voltage drop across the transistor is $R_{DS(ON)} \cdot I_L$, clamped at a voltage depending on the characteristics of the source-drain diode. Although the device is protected against cross conduction, current spikes can appear on the current sense pin due to charge/discharge phenomena in the intrinsic source drain capacitances. In the application this does not cause any problem because the voltage spike generated on the sense resistor is masked by the current controller circuit.

Rise Time T_r (See Fig. 16)

When a diagonal of the bridge is turned on current begins to flow in the inductive load until the maximum current I_L is reached after a time T_r . The dissipated energy $E_{OFF/ON}$ is in this case :

$$E_{OFF/ON} = [R_{DS(ON)} \cdot I_L^2 \cdot T_r] \cdot 2/3$$

Load Time T_{LD} (See Fig.16)

During this time the energy dissipated is due to the ON resistance of the transistors (E_{LD}) and due to commutation (E_{COM}). As two of the POWER DMOS transistors are ON, E_{ON} is given by :

$$E_{LD} = I_L^2 \cdot R_{DS(ON)} \cdot 2 \cdot T_{LD}$$

In the commutation the energy dissipated is :

$$E_{COM} = V_s \cdot I_L \cdot T_{COM} \cdot f_{SWITCH} \cdot T_{LD}$$

Where :

$$T_{COM} = T_{TURN-ON} = T_{TURN-OFF}$$

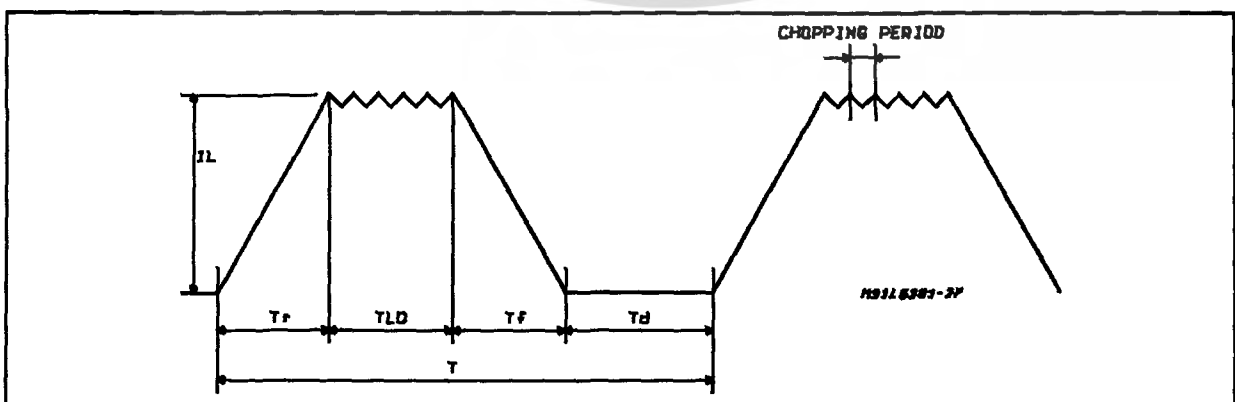
$$f_{SWITCH} = \text{Chopping frequency.}$$

Fall Time T_f (See Fig. 16)

It is assumed that the energy dissipated in this part of the cycle takes the same form as that shown for the rise time :

$$E_{ON/OFF} = [R_{DS(ON)} \cdot I_L^2 \cdot T_f] \cdot 2/3$$

Figure 16.



Quiescent Energy

The last contribution to the energy dissipation is due to the quiescent supply current and is given by:

$$E_{QUIESCENT} = I_{QUIESCENT} \cdot V_s \cdot T$$

Total Energy Per Cycle

$$E_{TOT} = E_{OFF/ON} + E_{LD} + E_{COM} + E_{ON/OFF} + E_{QUIESCENT}$$

The Total Power Dissipation P_{DIS} is simply :

$$P_{DIS} = E_{TOT}/T$$

T_r = Rise time

T_{LD} = Load drive time

T_f = Fall time

T_d = Dead time

T = Period

$T = T_r + T_{LD} + T_f + T_d$

DC Motor Speed Control

Since the I.C. integrates a full H-Bridge in a single package it is ideally suited for controlling DC motors. When used for DC motor control it performs the power stage required for both speed and direction control. The device can be combined with a current regulator like the L6506 to implement a transconductance amplifier for speed control, as shown in figure 17. In this particular configuration only half of the L6506 is used and the other half of the device may be used to control a second

motor.

The L6506 senses the voltage across the sense resistor R_s to monitor the motor current: it compares the sensed voltage both to control the speed and during the brake of the motor.

Between the sense resistor and each sense input of the L6506 a resistor is recommended; if the connections between the outputs of the L6506 and the inputs of the L6203 need a long path, a resistor must be added between each input of the L6203 and ground.

A snubber network made by the series of R and C must be foreseen very near to the output pins of the I.C.; one diode (BYW98) is connected between each power output pin and ground as well.

The following formulas can be used to calculate the snubber values:

$$R \approx V_s / I_p$$

$$C = I_p / (dV/dt) \text{ where:}$$

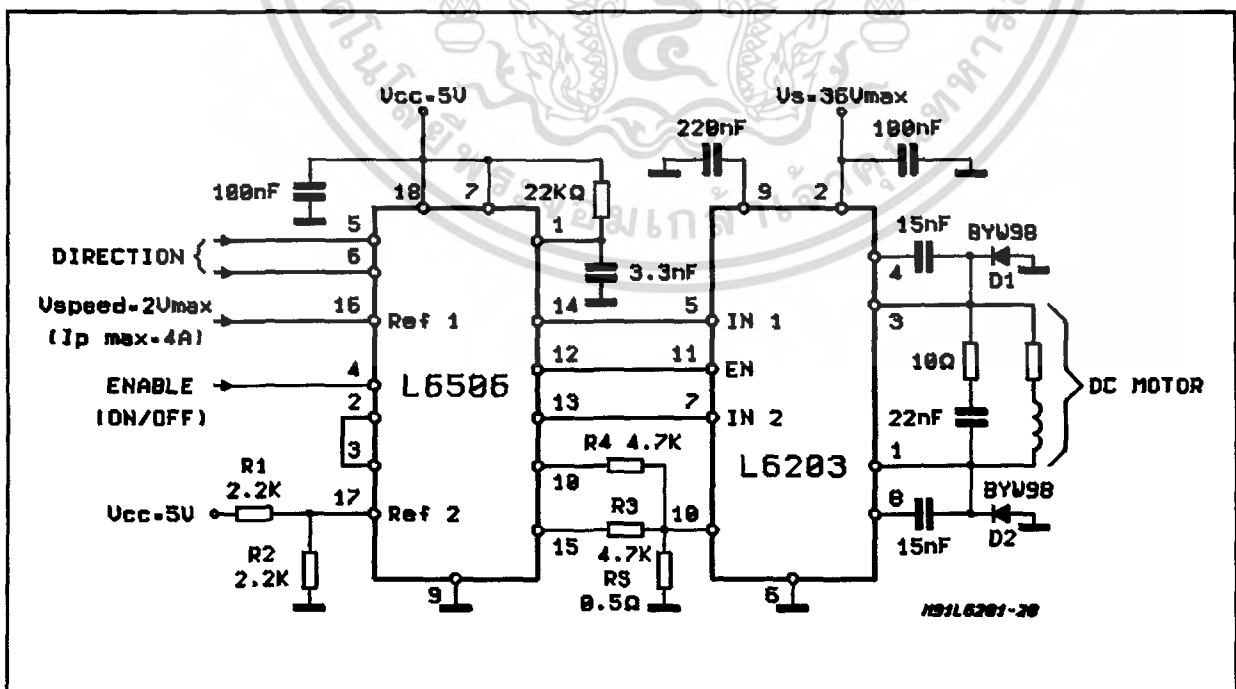
V_s is the maximum Supply Voltage foreseen on the application;

I_p is the peak of the load current;

dV/dt is the limited rise time of the output voltage (200V/ μ s is generally used).

If the Power Supply Cannot Sink Current, a suitable large capacitor must be used and connected near the supply pin of the L6203. Sometimes a capacitor at pin 17 of the L6506 let the application better work. For motor current up to 2A max., the L6202 can be used in a similar circuit configuration for which a typical Supply Voltage of 24V is recommended.

Figure 17: Bidirectional DC Motor Control



BIPOLAR STEPPER MOTORS APPLICATIONS

Bipolar stepper motors can be driven with one L6506 or L297, two full bridge BCD drivers and very few external components. Together these three chips form a complete microprocessor-to-stepper motor interface is realized.

As shown in Fig. 18 and Fig. 19, the controller connect directly to the two bridge BCD drivers. External component are minimized: an R.C. network to set the chopper frequency, a resistive divider (R1; R2) to establish the comparator reference voltage and a snubber network made by R and C in series (See DC Motor Speed Control).

Figure 18: Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit with Chopper Current Control

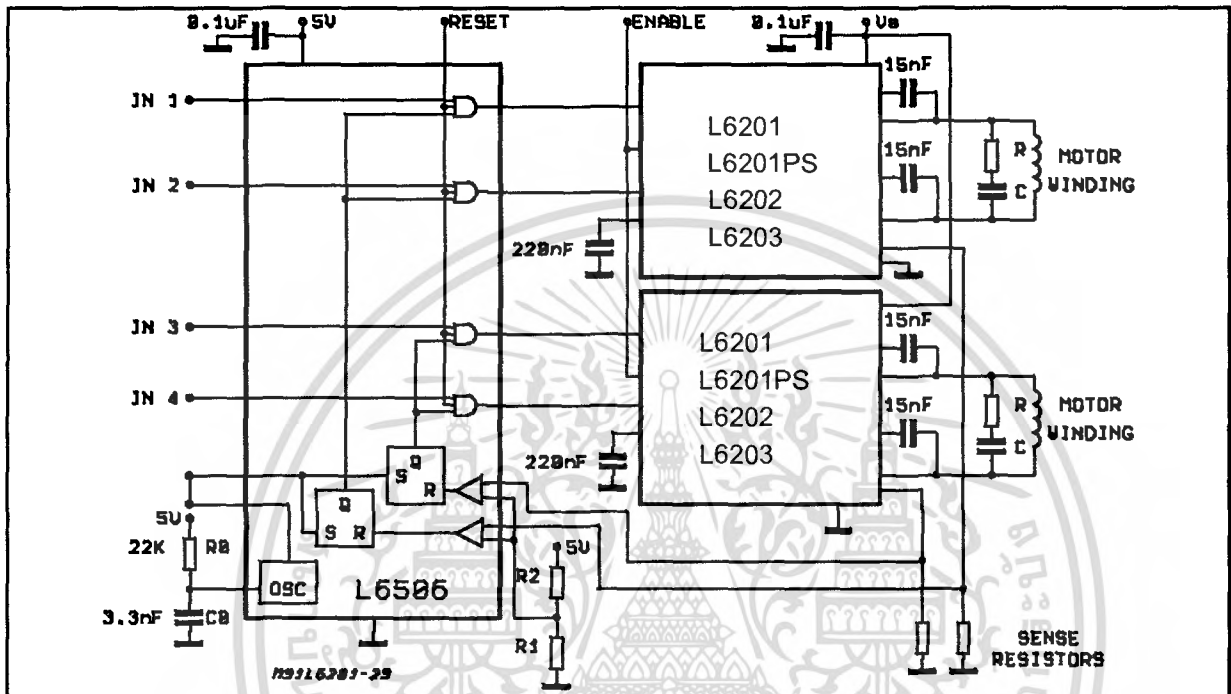
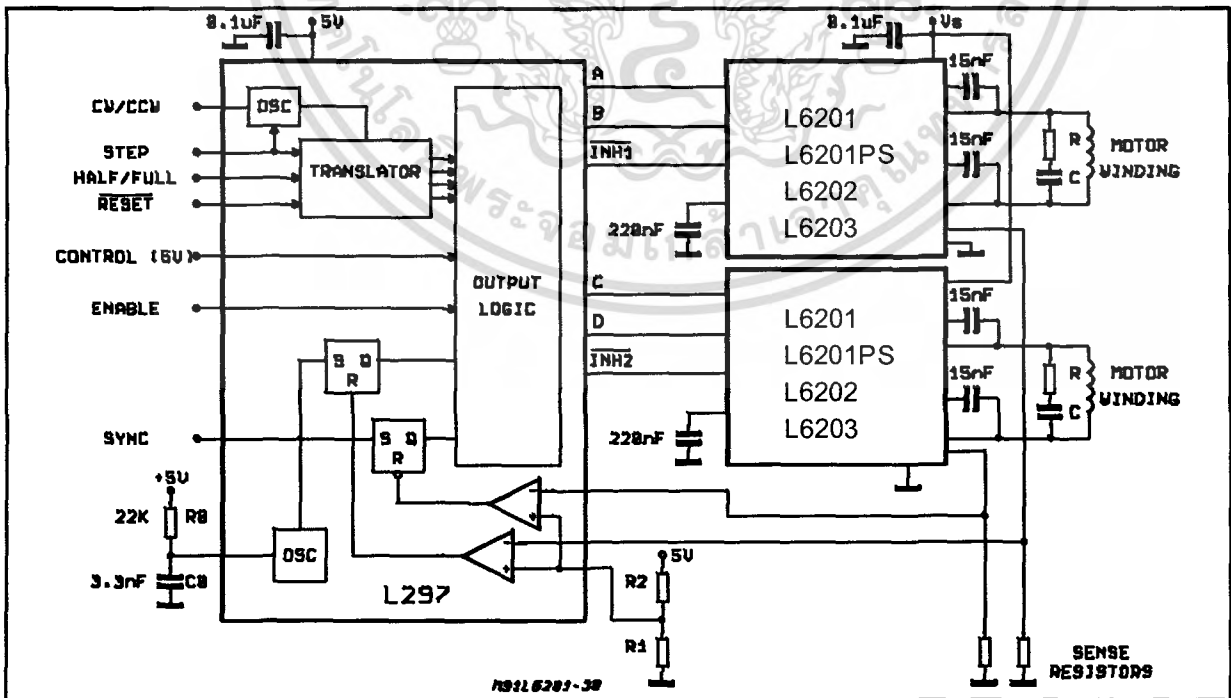
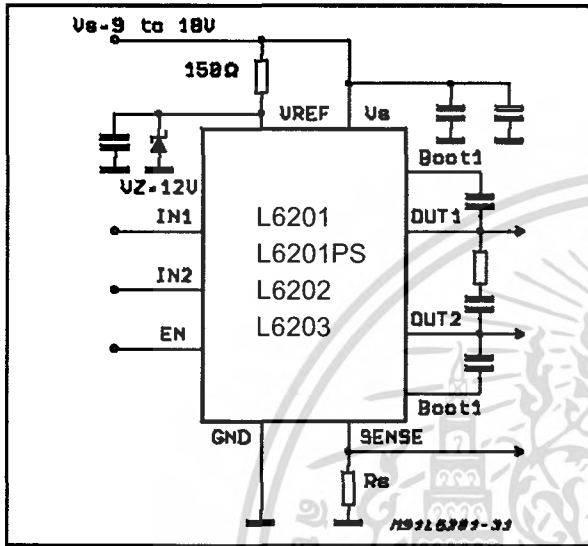


Figure 19: Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit with Chopper Current Control and Translator



It could be requested to drive a motor at V_s lower than the minimum recommended one of 12V (See Electrical Characteristics); in this case, by accepting a possible small increase in the $R_{DS(ON)}$ resistance of the power output transistors at the lowest Supply Voltage value, may be a good solution the one shown in Fig. 20.

Figure 20: L6201/1P/2/3 Used at a Supply Voltage Range Between 9 and 18V



THERMAL CHARACTERISTICS

Thanks to the high efficiency of this device, often a true heatsink is not needed or it is simply obtained by means of a copper side on the P.C.B. (L6201/2).

Under heavy conditions, the L6203 needs a suitable cooling.

By using two square copper sides in a similar way as it shown in Fig. 23, Fig. 21 indicates how to choose the on board heatsink area when the L6201 total power dissipation is known since:

$$R_{Th J-amb} = (T_j \text{ max.} - T_{amb} \text{ max.}) / P_{tot}$$

Figure 22 shows the Transient Thermal Resistance vs. a single pulse time width.

Figure 23 and 24 refer to the L6202.

For the Multiwatt L6203 additional information is given by Figure 25 (Thermal Resistance Junction-Ambient vs. Total Power Dissipation) and Figure 26 (Peak Transient Thermal Resistance vs. Repetitive Pulse Width) while Figure 27 refers to the single pulse Transient Thermal Resistance.

Figure 21: Typical $R_{Th J-amb}$ vs. "On Board" Heatsink Area (L6201)

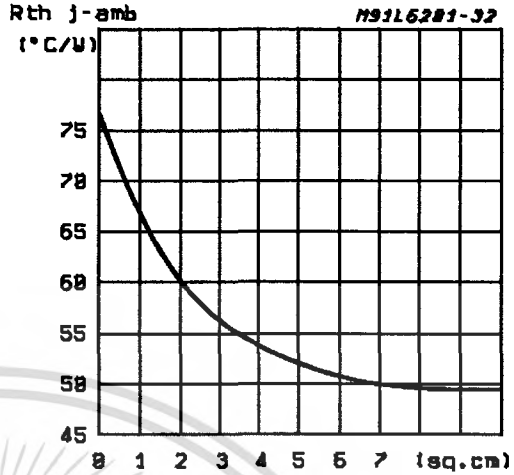


Figure 22: Typical Transient R_{Th} in Single Pulse Condition (L6201)

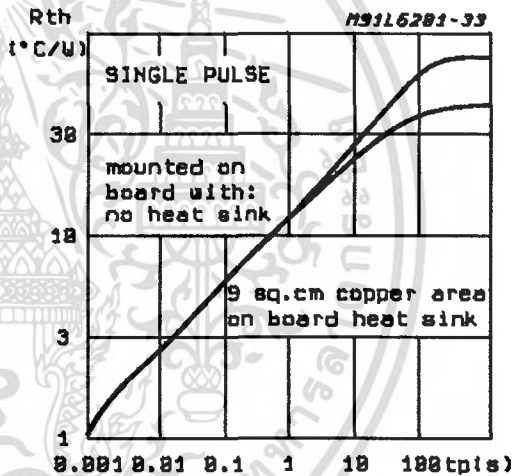


Figure 23: Typical $R_{Th J-amb}$ vs. Two "On Board" Square Heatsink (L6202)

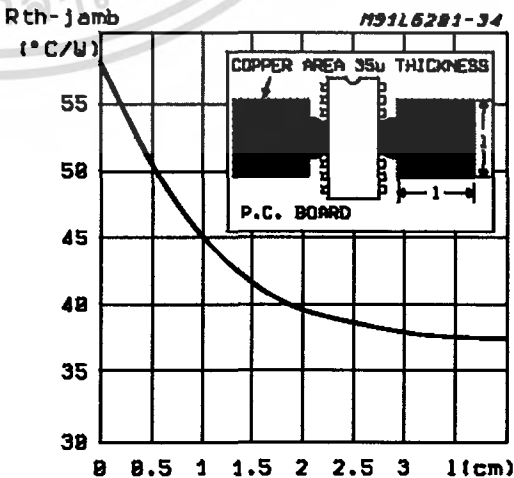


Figure 24: Typical Transient Thermal Resistance for Single Pulses (L6202)

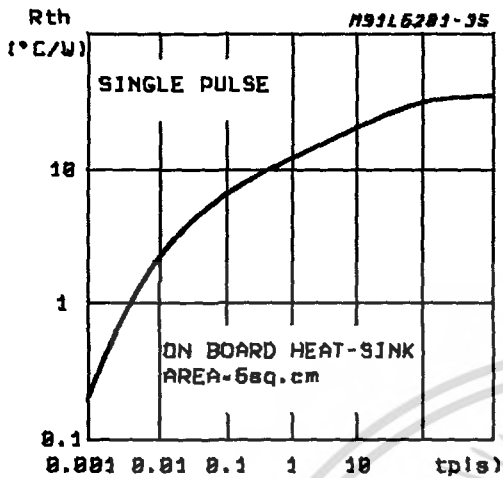


Figure 25: Typical $R_{Th J-amb}$ of Multiwatt Package vs. Total Power Dissipation

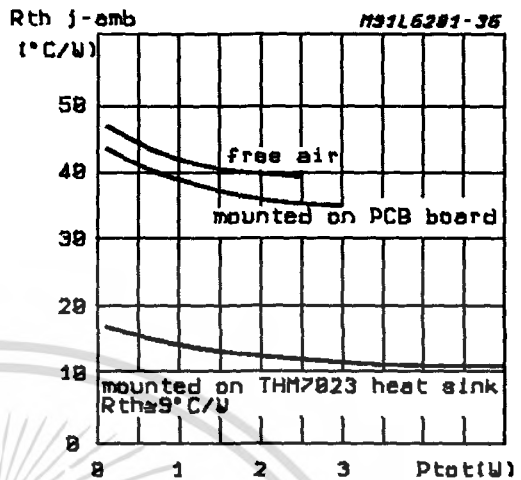


Figure 26: Typical Transient Thermal Resistance for Single Pulses with and without Heatsink (L6203)

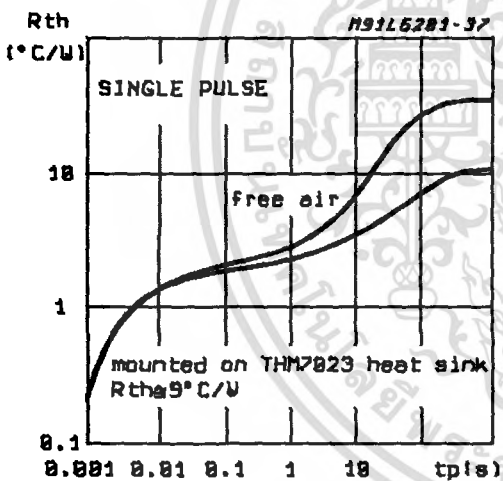
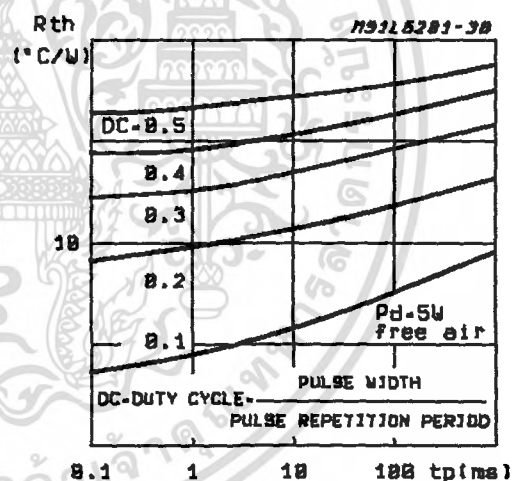
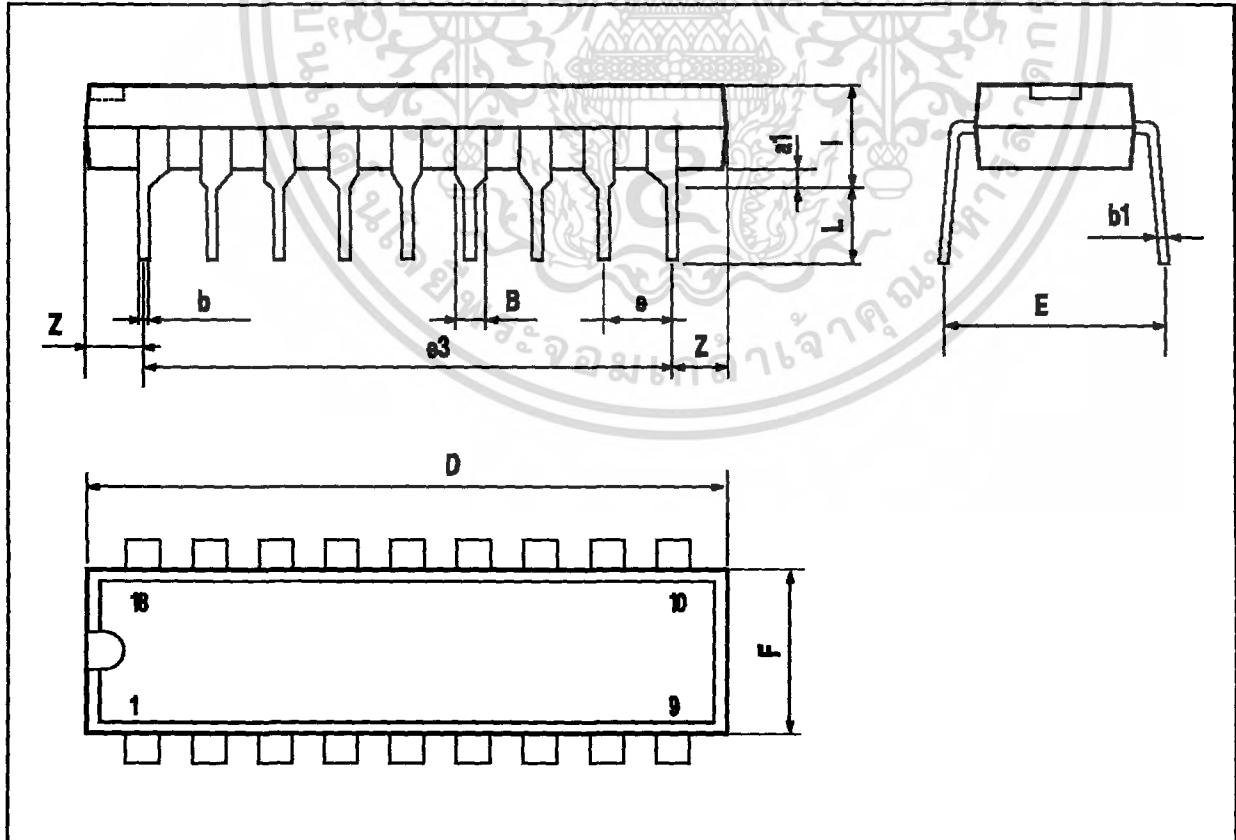


Figure 27: Typical Transient Thermal Resistance versus Pulse Width and Duty Cycle (L6203)



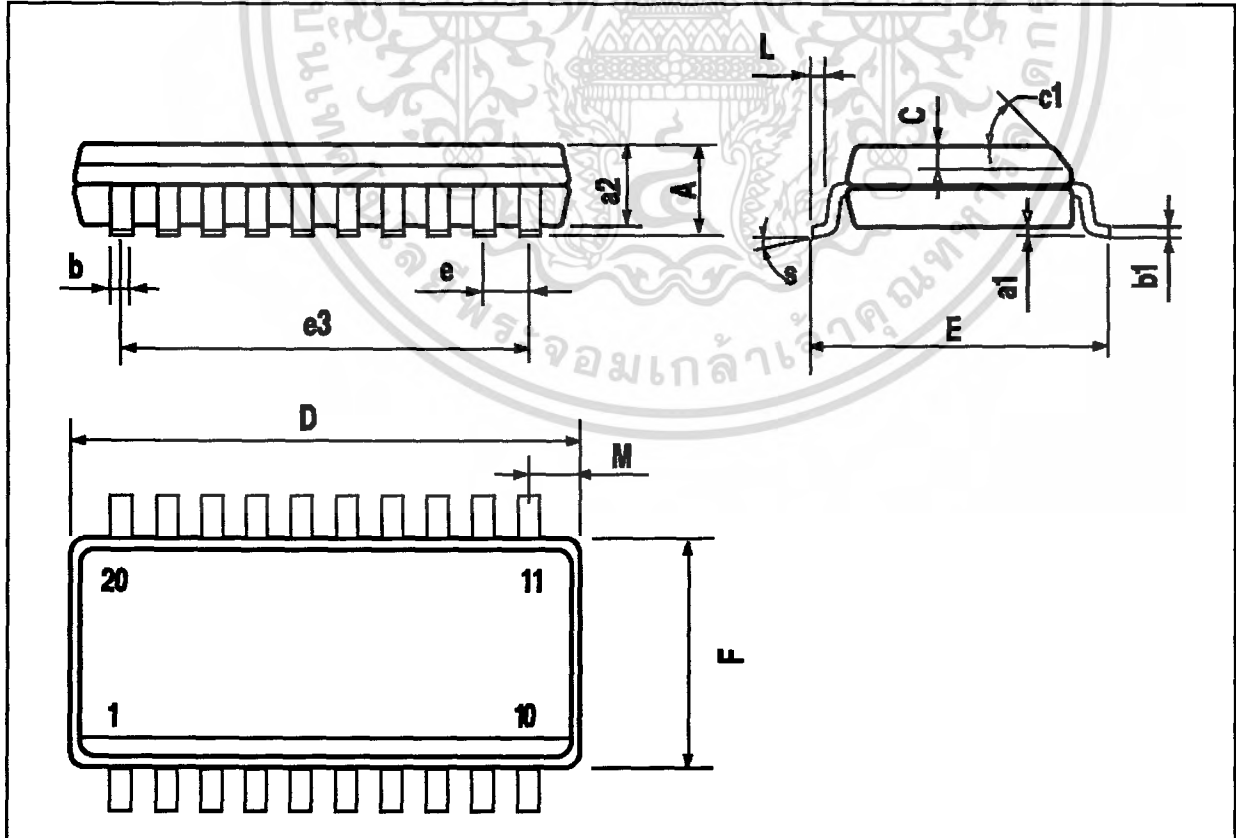
POWERDIP18 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			24.80			0.976
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		20.32			0.800	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			2.54			0.100



SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

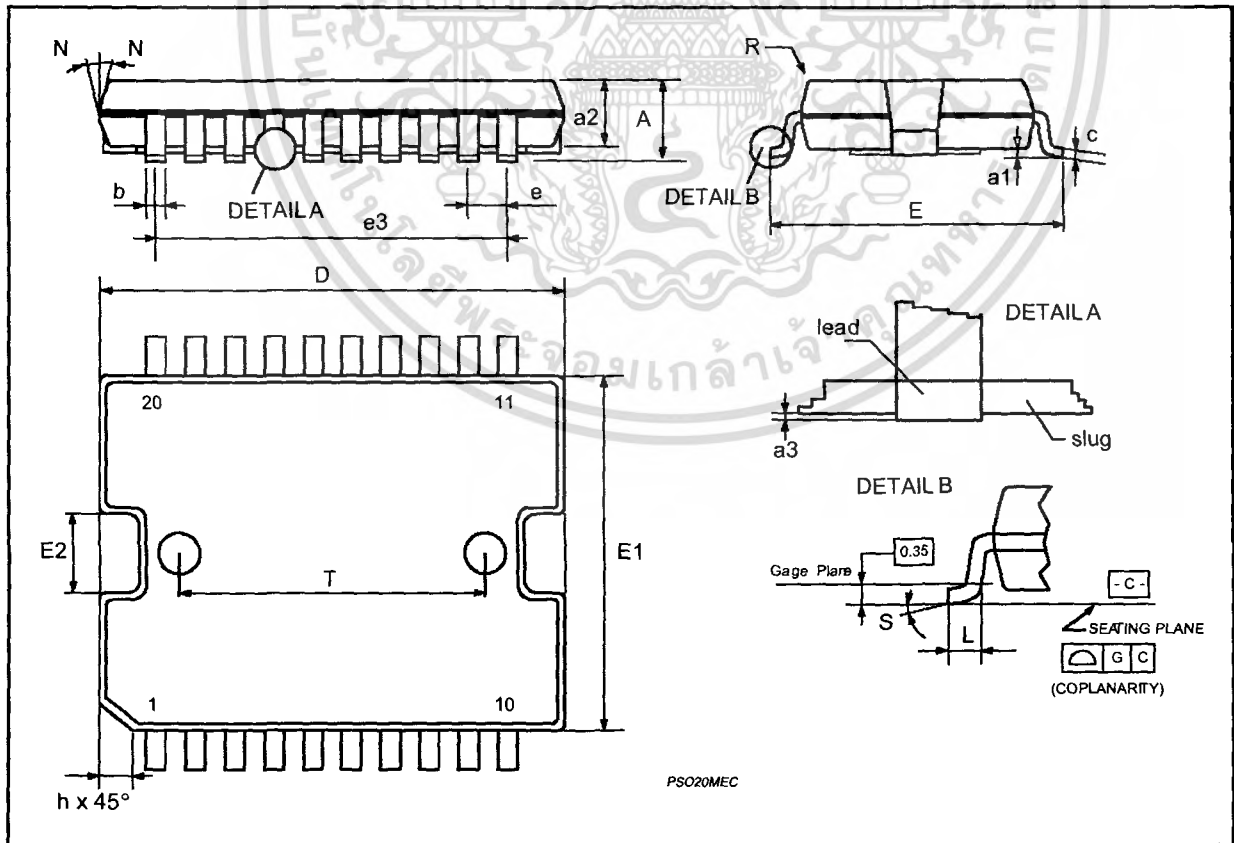
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1	45 (typ.)					
D	12.6		13.0	0.496		0.512
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F	7.4		7.6	0.291		0.299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



PowerSO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

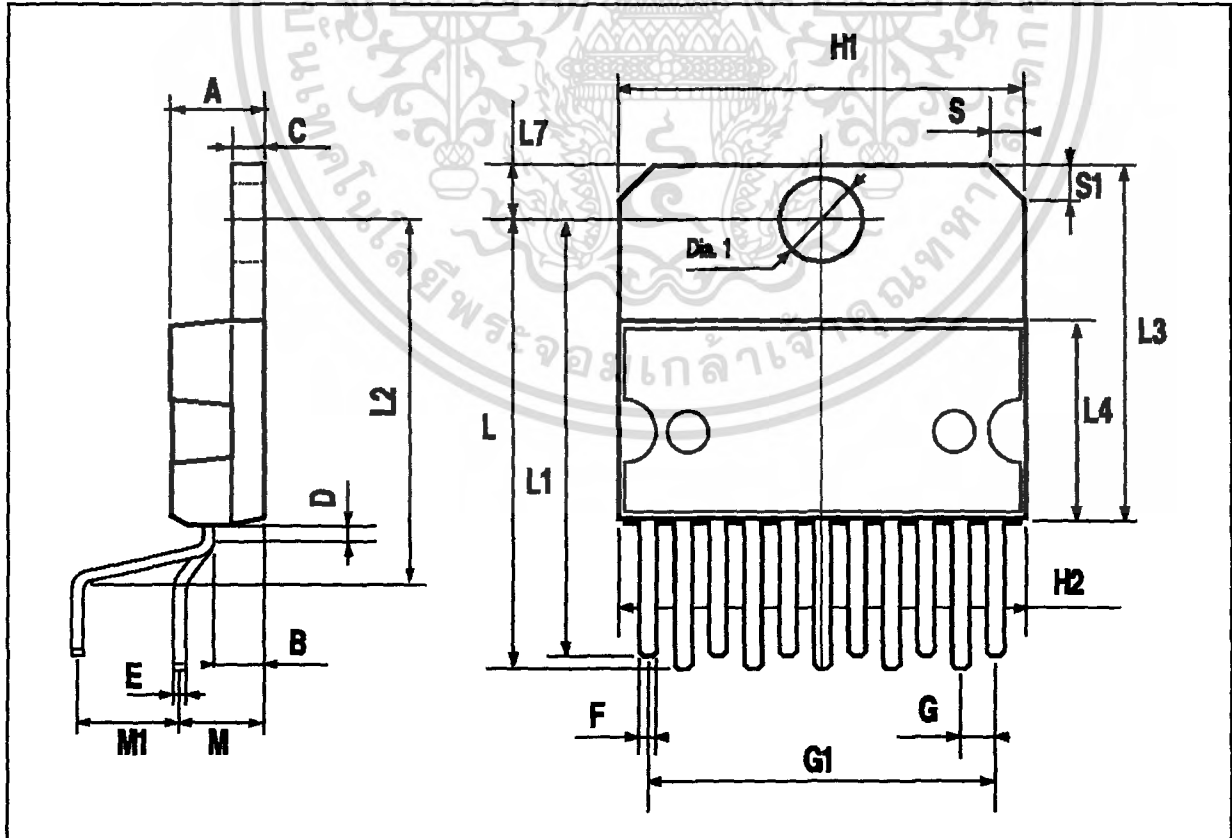
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.60			0.1417
a1	0.10		0.30	0.0039		0.0118
a2			3.30			0.1299
a3	0		0.10	0		0.0039
b	0.40		0.53	0.0157		0.0209
c	0.23		0.32	0.009		0.0126
D (1)	15.80		16.00	0.6220		0.6299
E	13.90		14.50	0.5472		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.90		11.10	0.4291		0.437
E2			2.90			0.1141
G	0		0.10	0		0.0039
h			1.10			
L	0.80		1.10	0.0314		0.0433
N			10° (max.)			
S			8° (max.)			
T		10.0			0.3937	

(1) "D and E1" do not include mold flash or protrusions
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (0.006")



MULTIWATT11 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.88		0.95	0.035		0.037
G	1.57	1.7	1.83	0.062	0.067	0.072
G1	16.87	17	17.13	0.664	0.669	0.674
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.5		22.3	0.846		0.878
L1	21.4		22.2	0.843		0.874
L2	17.4		18.1	0.685		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.1	4.3	4.5	0.161	0.169	0.177
M1	4.88	5.08	5.3	0.192	0.200	0.209
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152





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

© 1997 SGS-THOMSON Microelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

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

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

- * Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)
- ** TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

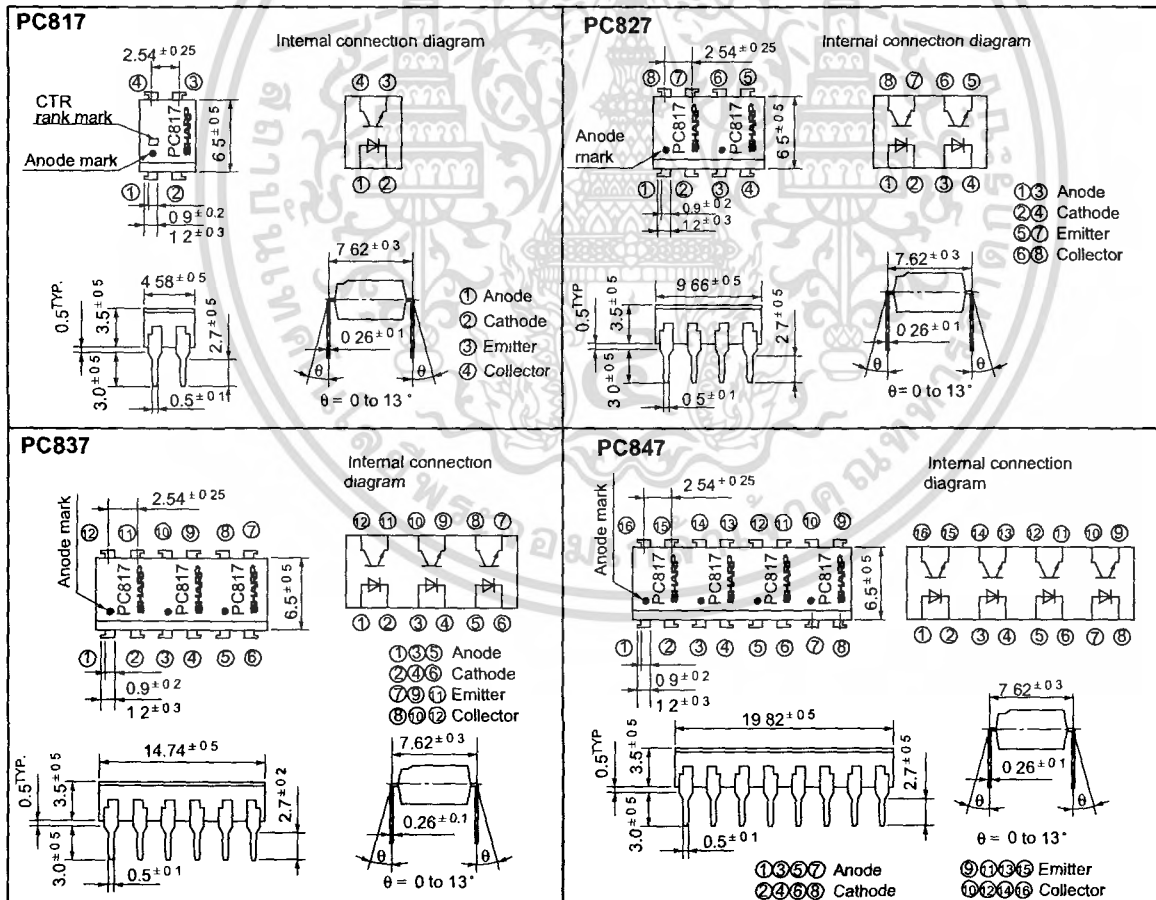
1. Current transfer ratio
(CTR: MIN. 50% at $I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$)
2. High isolation voltage between input and output ($V_{iso} : 5\,000\text{V}_{rms}$)
3. Compact dual-in-line package
PC817 : 1-channel type
PC827 : 2-channel type
PC837 : 3-channel type
PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



"In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I _F	50	mA
	*1Peak forward current	I _{FM}	1	A
	Reverse voltage	V _R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V _{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V _{ECO}	6	V
	Collector current	I _C	50	mA
	Collector power dissipation	P _C	150	mW
	Total power dissipation	P _{tot}	200	mW
	*2Isolation voltage	V _{iso}	5 000	V _{rms}
Operating temperature		T _{opr}	- 30 to + 100	°C
Storage temperature		T _{stg}	- 55 to + 125	°C
*3Soldering temperature		T _{sol}	260	°C

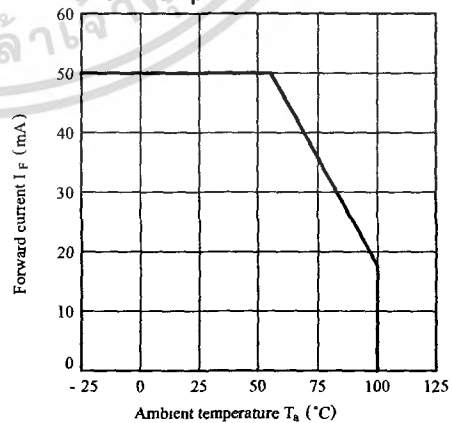
*1 Pulse width <=100µs, Duty ratio : 0.001
 *2 40 to 60% RH, AC for 1 minute
 *3 For 10 seconds

Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Input	Forward voltage	V _F	I _F = 20mA	-	1.2	1.4	V	
	Peak forward voltage	V _{FM}	I _{FM} = 0.5A	-	-	3.0	V	
	Reverse current	I _R	V _R = 4V	-	-	10	µA	
	Terminal capacitance	C _t	V = 0, f = 1kHz	-	30	250	pF	
Output	Collector dark current	I _{CEO}	V _{CE} = 20V	-	-	10 ⁻⁷	A	
Transfer characteristics	*4Current transfer ratio	CTR	I _F = 5mA, V _{CE} = 5V	50	-	600	%	
	Collector-emitter saturation voltage	V _{CE(sat)}	I _F = 20mA, I _C = 1mA	-	0.1	0.2	V	
	Isolation resistance	R _{iso}	DC500V, 40 to 60%RH	5 x 10 ¹⁰	10 ¹¹	-	Ω	
	Floating capacitance	C _f	V = 0, f = 1MHz	-	0.6	1.0	pF	
	Response time	Rise time	t _r	V _{CE} = 2V, I _C = 2mA, R _L = 100Ω	-	4	18	µs
		Fall time	t _f		-	3	18	µs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature



Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8*7AB	A or B	80 to 260
PC8*7BC	B or C	130 to 400
PC8*7CD	C or D	200 to 600
PC8*7AC	A, B or C	80 to 400
PC8*7BD	B, C or D	130 to 600
PC8*7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8*7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

* : 1 or 2 or 3 or 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

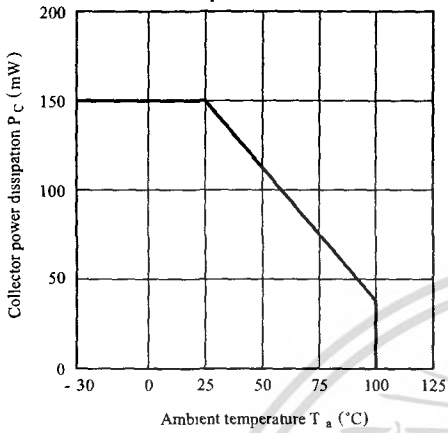


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

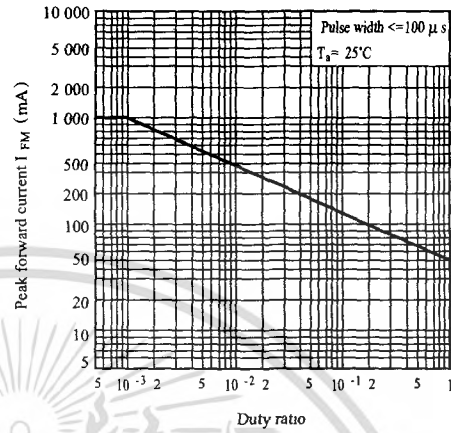


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

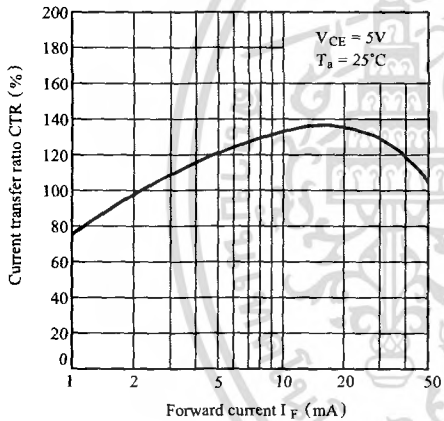


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

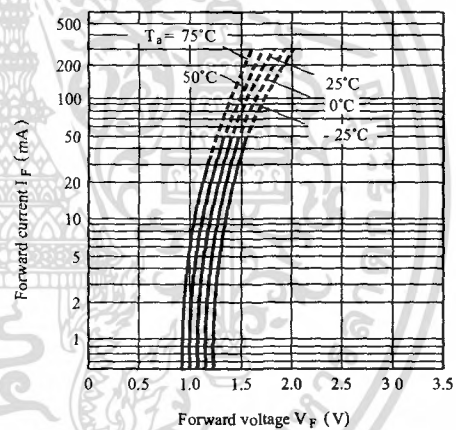


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

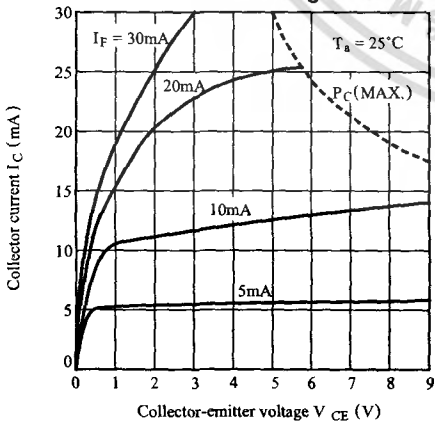
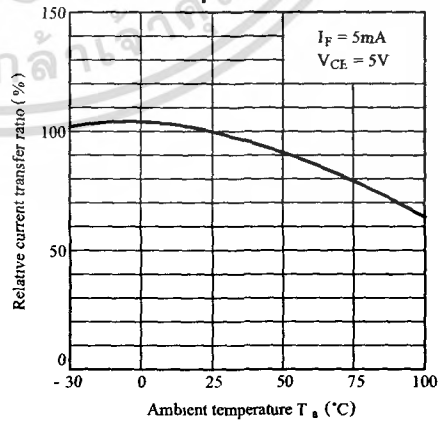


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

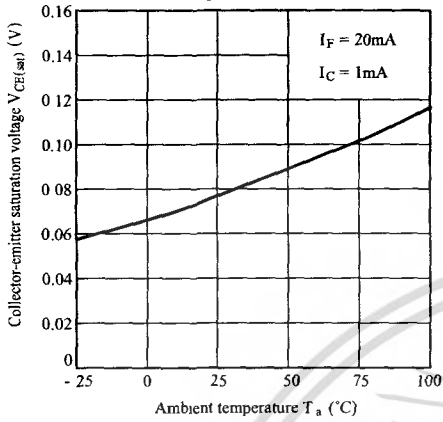


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

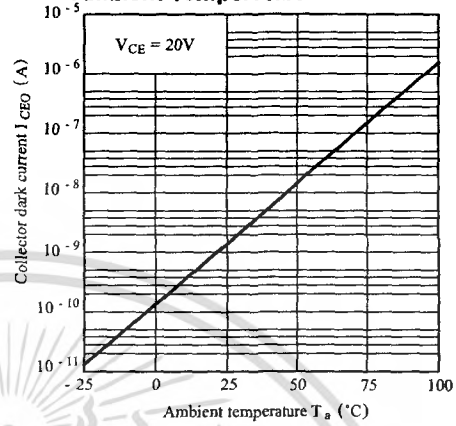


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

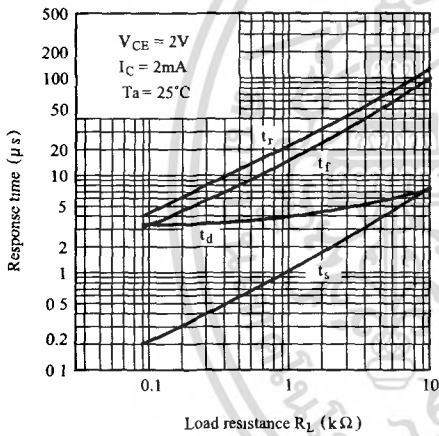
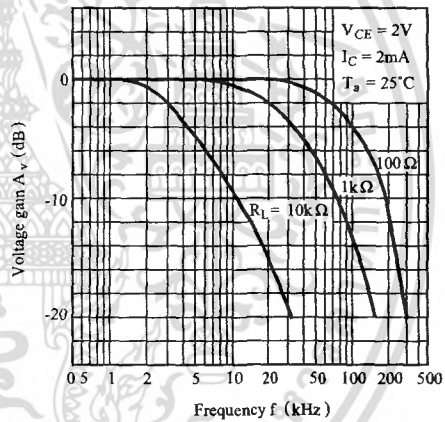
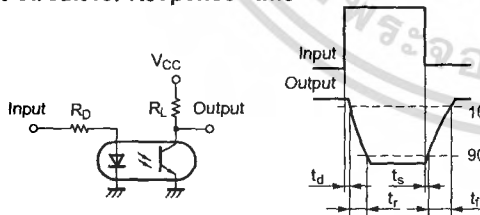


Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response

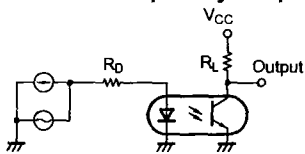
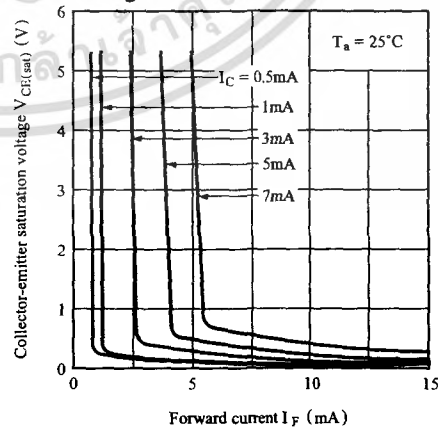


Fig.12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



● Please refer to the chapter “Precautions for Use”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6500

Moteur pas à pas
Schrittmotor
Stepping motor



SONCEBOZ

The driving force

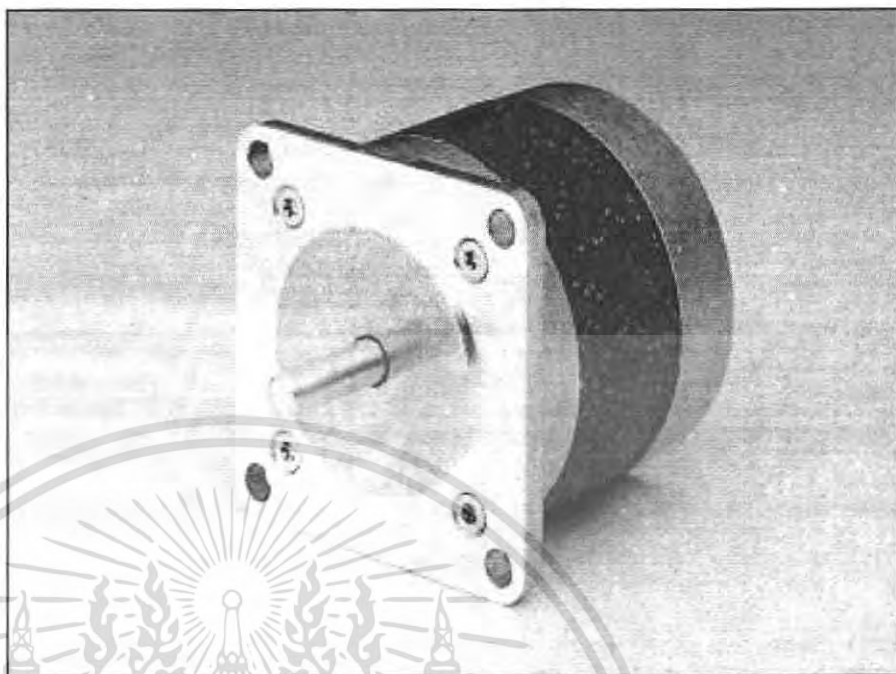
6500-20

Angle de pas
Schrittwinkel
Step angle **1.8°**

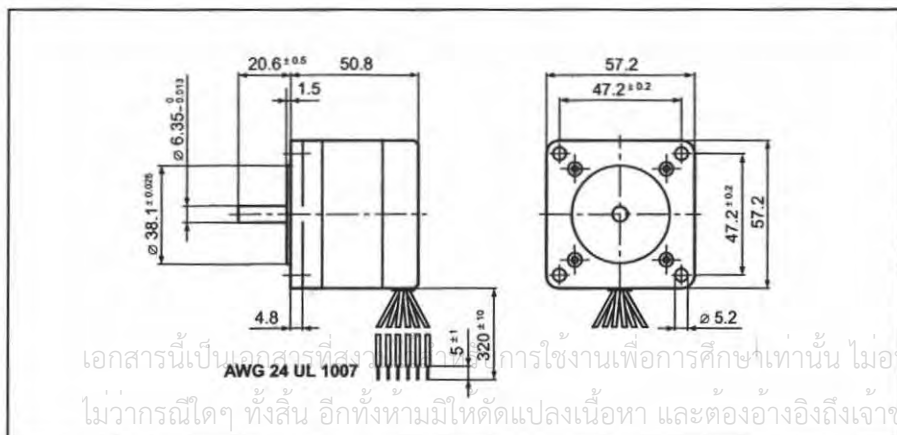
Diamètre
Durchmesser
Diameter **57.2 mm**

Poids
Gewicht
Weight **530 g**

Couple de retenue
Haltemoment
Holding torque **600/460 mNm**



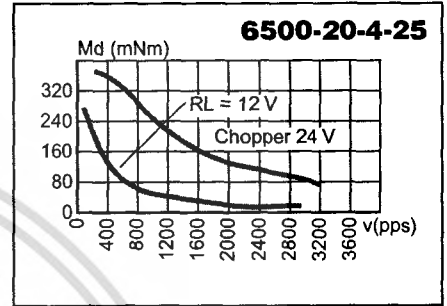
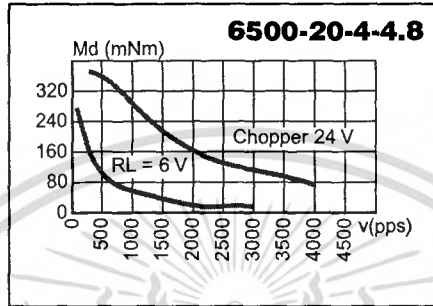
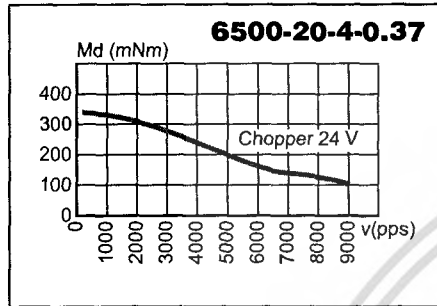
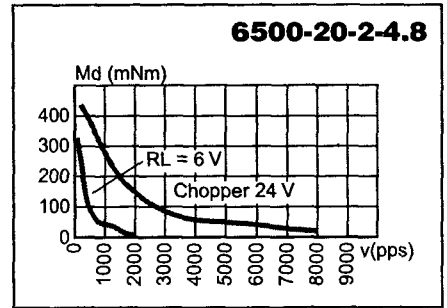
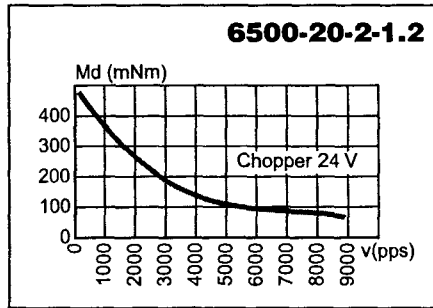
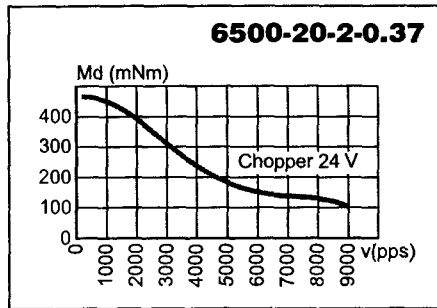
		Résistance de phase Phasenwiderstand Phase resistance Ω	Induct. de phase Phaseninduktivität Phase inductance mH	Courant de phase Phasenstrom Phase current A	Couple de retenue Haltemoment Holding torque mNm	Puissance nominale Nennleistung Nominal power W	
bipolar	6500-20-2-0.37	0.37	1.1	3.9	600	11.25	
	6500-20-2-1.2	1.2	4	2	600	9.6	
	6500-20-2-4.8	4.8	16.5	1	600	9.6	
unipolar	6500-20-4-0.37	0.37	0.56	3.9	460	11.25	
	6500-20-4-4.8	4.8	8.65	1	460	9.6	
	6500-20-4-25	25	38	0.44	460	9.68	



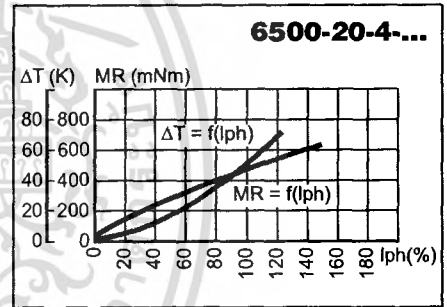
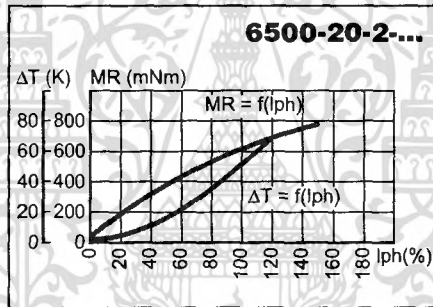
Pas/ Schritte/U Steps/rev	200
Précision/pas Schrittgenauigkeit Step accuracy	± 5 %
Inertie du rotor Rotorträgheitsmoment Rotor inertia	121 gcm²
Classe d'isolation Isolationsklasse Insulation class	B 130 °C
Protection Schutzart Protection	DIN 40050 IP 30
Tension d'essai Prüfspannung Test voltage	500 VAC
Couple résiduel Restmoment Detent torque	30 mNm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีโอกาส

Caractéristiques dynamiques
Dynamische Daten
Dynamic characteristics



Caractéristiques statiques
Statische Daten
Static characteristics



Possibilités d'exécutions adaptées sur demande.
 Auf Wunsch werden kundenspezifische Anforderungen berücksichtigt.
 Special requirements can be made to customer specification.

SONCEBOZ SA

CH-2605 Sonceboz
 Tél: +41 32 488 11 11
 Fax: +41 32 488 11 00
 E-Mail: info@sonceboz.com
 Internet: www.sonceboz.com



SONCEBOZ

The driving force

สารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้นไปใช้...
 ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้