

อินเวอร์ทเพนดูลัม
INVERTED PENDULUM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 46535

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ 2546
วัน, เดือน, ปี.....

b.....

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขได้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46535

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อินเวอร์ทเพนดูลัม

INVERTED PENDULUM

ผู้จัดทำ นาย พิพัฒน์ เอกบรรพต

นาย สมภพ ตระกูลเมืองเมศ



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร. ปิติเขต สุรักษา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.บุญยชนะ ภูระหงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์ทเพนดูลัม

INVERTED PENDULUM

จัดทำโดย	นาย พิพัฒน์	เอกบรรพต	43015779
	นาย สมภพ	ตระกูลเมืองเมศ	43015788
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปิติเขต	ผู้รักษา	
	อ.บุญยชนะ	ภูระหงษ์	
ปีการศึกษา	2545		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาาระบบอินเวอร์ทเพนดูลัมแบบสองข้อต่อ ที่จะทำให้อินเวอร์ทเพนดูลัมทรงตัวได้อย่างสมดุลย์ โดยทำการจำลองการตอบสนองของระบบ พร้อมทั้งออกแบบตัวควบคุมแบบป้อนกลับ และทำการประกอบขึ้นมาเป็นโครงสร้าง โดยใช้ตัวความต้านทานปรับค่าได้ในการตรวจสอบตำแหน่งของอินเวอร์ทเพนดูลัม และทำการควบคุมระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

In this project, we study about two-link inverted pendulum system and control algorithms to control the vertical balance of rotational inverted pendulum. Defined so the response of the system could be simulated. The system was distributed using to detect volume resistor to detect the angle of the pendulum, and the system is controlled by computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะได้รับความเมตตาจาก ผศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา และ อาจารย์ บุญยชนะ ภูระหงษ์ (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่ได้ให้คำชี้แนะให้การสนับสนุนให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และขอขอบคุณ พี่อลงค์ วิจิตรชนสาร พี่ไกรมน มณีศิลป์ พี่นิธิวัฒน์ เสนาะน้อย พี่มนตรี ชาติพจน์ และพี่อนุรักษ์ จันทรรักษ์ ที่ได้คำปรึกษาในทุกด้าน ขอขอบคุณเพื่อนๆ ห้อง L ที่ให้กำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา ขอขอบคุณภาควิชากรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้การสนับสนุน จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นาย พิพัฒน์ เอกบรรพต

นาย สมภพ ตระกูลเมืองเมศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของโครงการ	1
วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการ	2
การศึกษาและจัดทำโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ และส่วนประกอบของระบบ	3
แผนผังรวมของระบบ	3
คอมพิวเตอร์ และการควบคุม	4
การ์ดอินเตอร์เฟซ (ET-PC 8255)	4
-ลักษณะของ ET-PC 8255	4
-การทำงานของ ET-PC 8255	5
-การใช้งาน IC 8255	5
-การ DECODE PORT	6
ไมโครคอนโทรลเลอร์	9
-การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	9
-โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต	12
วงจรมอนิเตอร์	13
-วงจรควบคุมแรงดันมอเตอร์ (L298)	13
-วงจรถูกัดแรงดัน 36 โวลต์	14
ตัวความต้านทานปรับค่าได้ (VR)	14
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
โครงสร้างทางกลศาสตร์	16

เอกสารนี้เป็นเอกสาร-โครงสร้างจับยึด และฐานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
- ก้านของลูกตุ้ม	16
- ลูกตุ้ม	17
- ตัวตั้ง	17
A/D 12 BIT (ET-AD12)	17
- ลักษณะโดยทั่วไปของบอร์ด ET-AD12	17
- การติดตั้งบอร์ด ET-AD12	17
- การทำงานของพอร์ตเครื่องพิมพ์ (PRINTER PORT)	19
- การทำงานของไอซี LTC1298	21
- การเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC1298	23
บทที่ 3 ผลการทดลอง	25
แนวคิด	25
บทที่ 4 สรุปและวิเคราะห์ปัญหา	26
สรุปผลการดำเนินงาน	26
ปัญหาและแนวทางแก้ไข	26
แนวทางการพัฒนาในอนาคต	26
หนังสืออ้างอิง	28
ภาคผนวก	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1-1 โครงสร้างของระบบ	1
รูปที่ 2-1 แผนผังรวมของระบบ	3
รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะของการ์ด ET-PC8255	4
รูปที่ 2-3 แสดงไอซี 8255	5
รูปที่ 2-4 แสดงโหมดการทำงานของไอซี 8255	6
รูปที่ 2-5 แสดงโหมดการทำงานของไอซี 8255 (ต่อ)	7
รูปที่ 2-6 แสดงวงจรโดยรวมของการ์ด ET-PC8255	8
รูปที่ 2-7 รายละเอียดโครงสร้างหลักของ MCS-51 แบบเฟลช	11
รูปที่ 2-8 การขจัดมาตรฐานของ MCS-51	12
รูปที่ 2-9 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช	13
รูปที่ 2-10 แสดงวงจรกำเนิดแรงดัน 3.6 โวลต์	14
รูปที่ 2-11 แสดงลักษณะของบอร์ด ET-AD12	17
รูปที่ 2-12 แสดงวงจรภายในของไอซี LTC1298	22
รูปที่ 2-13 ภาพแสดงลักษณะ ความสัมพันธ์ของการอ่านเขียนข้อมูล กับการกำหนดค่าของMSBบิต	24
รูปที่ 3-1 การแปลงค่าจาก Analog เป็น Digital ด้วยการ์ด ET-AD12	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

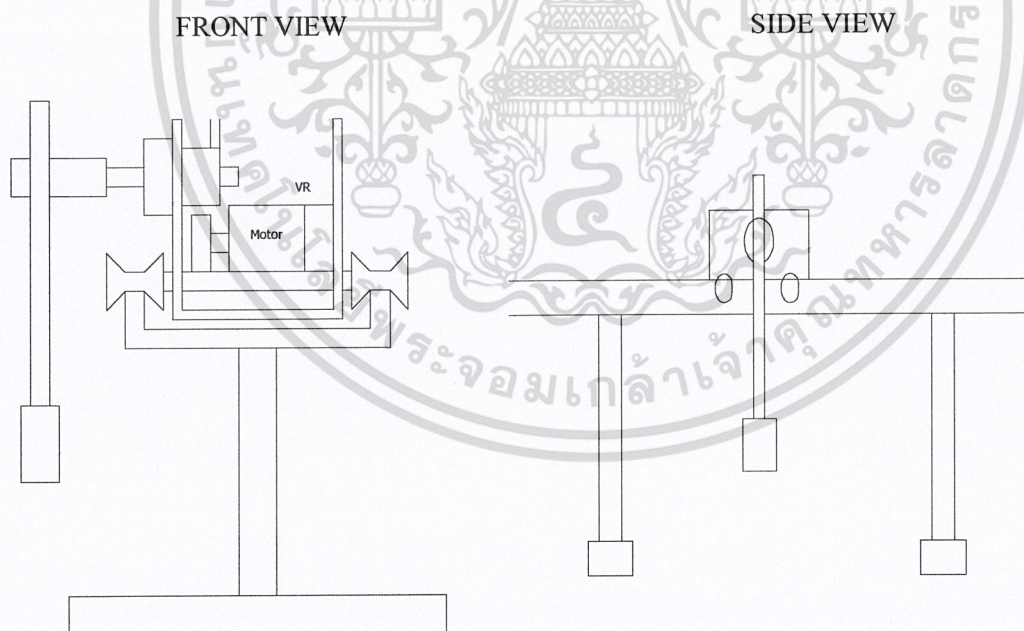
บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

เป็นการควบคุมเสถียรภาพของอินเวอร์ทเพนดูลัม ชุดควบคุมก้านเพนดูลัม (Pendulum) บนแกน เป็นการควบคุมระบบพลศาสตร์ (Dynamic) แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear System) แบบหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้การควบคุมแบบป้อนกลับอัตโนมัติในการควบคุมจากระบบเดิมที่ไม่เสถียรให้ระบบนั้นเสถียรได้

ระบบดังกล่าวประกอบด้วยตัวถังซึ่งยึดติดกับมอเตอร์ และก้านลูกตุ้ม ซึ่งก้านลูกตุ้มสามารถเคลื่อนที่ในแกนหมุนได้ในแกนเดียว สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านลูกตุ้มทำได้โดยการควบคุมตัวถังให้วิ่งบนราง

สำหรับเป้าหมายของการควบคุมระบบ คือต้องการควบคุมก้านลูกตุ้มให้หยุดนิ่งตั้งตรงอยู่ในแนวตั้งโดยไม่ล้มลง



รูปที่ 1-1 โครงสร้างของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการ

- 1) ศึกษาทฤษฎีของการควบคุมเสถียรภาพ ภายใต้ระบบการควบคุมแบบป้อนกลับ
- 2) นำความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และทฤษฎีคอนโทรลพื้นฐานมาใช้ในการศึกษา และประยุกต์ใช้งาน

1.3 การศึกษาและจัดทำโครงการ

การศึกษาและจัดทำโครงการเริ่มต้นตั้งแต่ การศึกษาเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ และทำการประมาณค่าระบบซึ่งไม่เป็นเชิงเส้นให้เป็นระบบเชิงเส้น จากนั้นทำการออกแบบตัวควบคุมป้อนกลับ (Feedback Gain)

จากนั้นทำการออกแบบระบบพร้อมทั้งประกอบขึ้นเป็นระบบจริง และทำการทดลองในส่วนต่าง ๆ ของระบบ หาผลสรุปและวิเคราะห์ โดยเป้าหมายของการศึกษาคั้งนี้ก็คือ สามารถควบคุมก้านลูกตุ้มให้ตั้งตรงได้ โดยให้สถานะสุดท้ายของก้านลูกตุ้มหยุดนิ่ง และตัวถ่วงเคลื่อนที่น้อยที่สุด

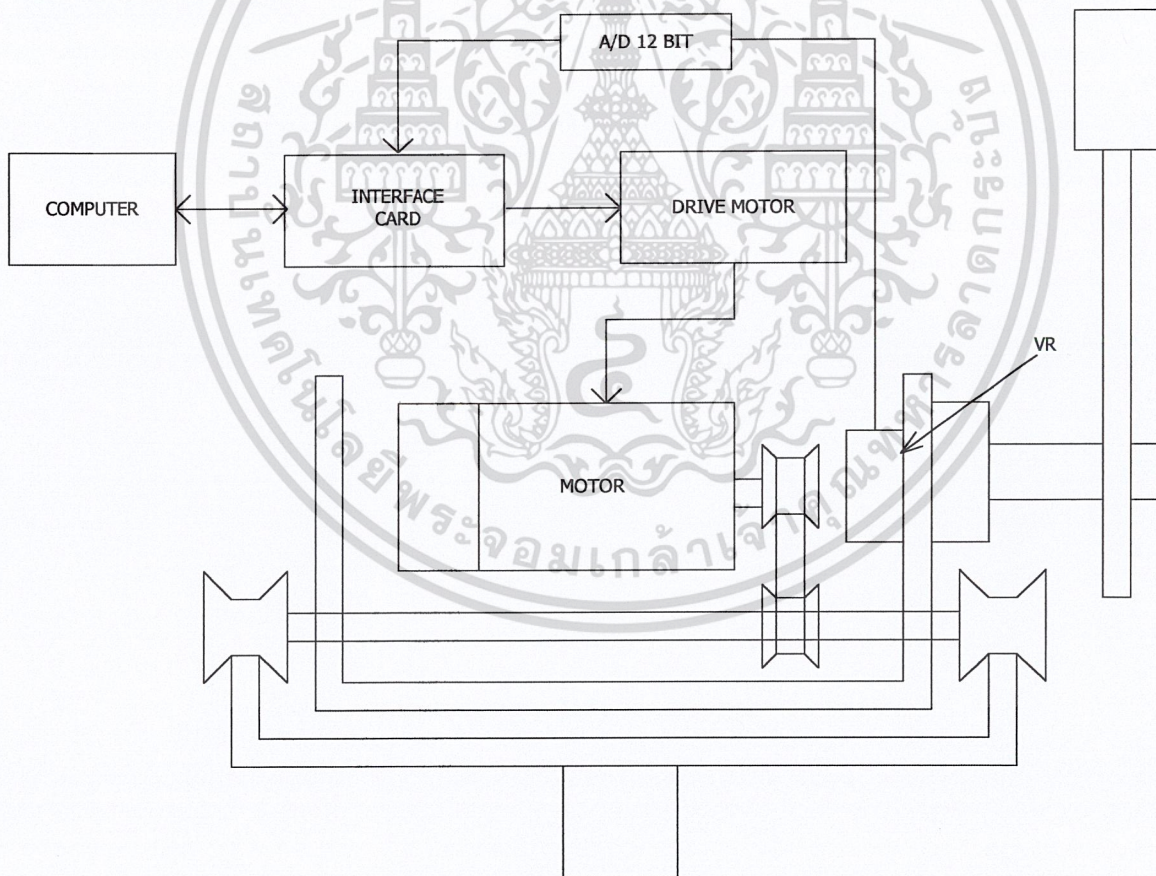
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี หลักการ และส่วนประกอบของระบบ

2.1 แผนผังรวมของระบบ

ระบบควบคุมประกอบด้วย ตัวถังยึดติดกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวถัง โดยการควบคุมผ่านวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ และมี VR เป็นตัวคอยควบคุมการหมุนของมอเตอร์ และเกนลูกตุ้ม และมีคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ในการควบคุมระบบโดยติดต่อระบบผ่านทางคาร์ดิอินเทอร์เฟส



รูปที่ 2-1 แผนผังรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

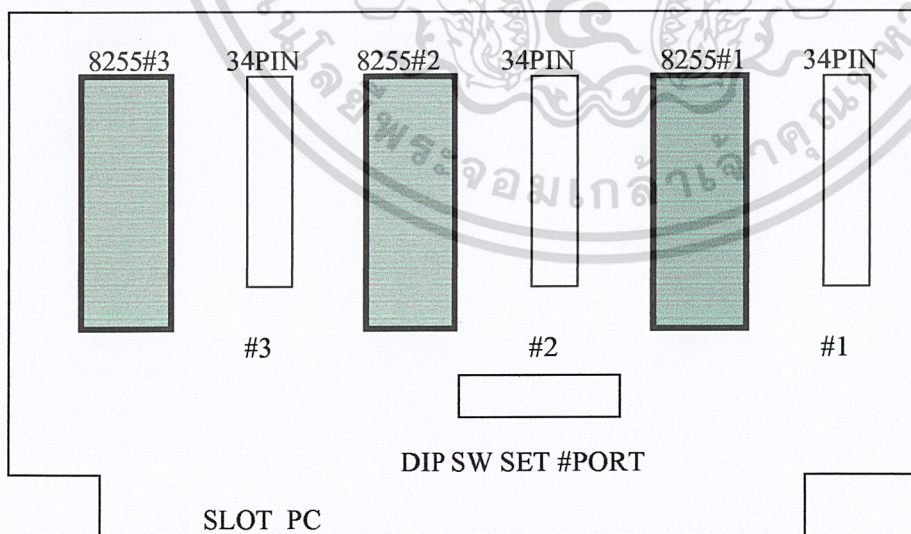
2.2 คอมพิวเตอร์ และการควบคุม

การรับส่งสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตนั้นรับส่งผ่านการ์ดอินเตอร์เตอร์เฟส (ET-PC8255) ซึ่งต่อกับอุปกรณ์อินพุต เอาต์พุตต่าง ๆ สัญญาณอินพุต ได้แก่ สัญญาณดิจิทัลที่มาจาก VR (ผ่าน A/D 12BIT) และสัญญาณเอาต์พุต ได้แก่ ค่าแรงดันซึ่งส่งไปเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ สำหรับการควบคุมการปิดเปิดของระบบนั้นใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 และใช้ตำแหน่งของ VR เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์ และนำสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างจังหวะให้เกิดคาบสัญญาณที่จะควบคุมมอเตอร์ต่อไป และสำหรับโปรแกรมที่ใช้เขียนจะเป็น วิชาลเบสิก

2.3 การ์ดอินเตอร์เตอร์เฟส (ET-PC 8255)

การ์ดอินเตอร์เตอร์เฟสเป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลอินพุต เอาต์พุต เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมต่อไป ในที่นี้เราใช้ ET-PC 8255 ซึ่งทำหน้าที่ ประมวลผลสัญญาณอินพุตที่ได้จำนวน 8 บิต หรือ 16 บิตจาก VR และสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ไปให้ L298 เพื่อควบคุมมอเตอร์

2.3.1 ลักษณะของ ET-PC 8255



รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะของการ์ด ET-PC8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-PC 8255 จะเป็นการติดต่อขยายระบบเครื่อง PC ให้มีส่วนของ INPUT , OUTPUT PORT ใช้งานมากขึ้น โดยจะมี PORT ใช้งานเป็น INPUT หรือ OUTPUT จำนวน 9 PORT หรือ 72 BIT I/O(TTL 0-5 V.)

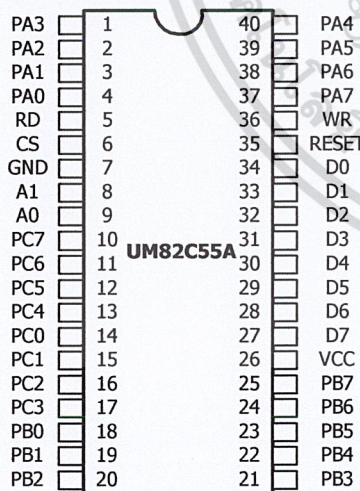
2.3.2 การทำงานของ ET-PC 8255

CARD ET-PC 8255 จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ก็คือ ส่วน IC 8255 ซึ่งเป็น IC ทำหน้าที่เป็น INPUT , OUTPUT PORT และส่วนของวงจร IC DECODE (เลือกตำแหน่งของ PORT 8255) คือ IC 74LS139 และ DIP SW

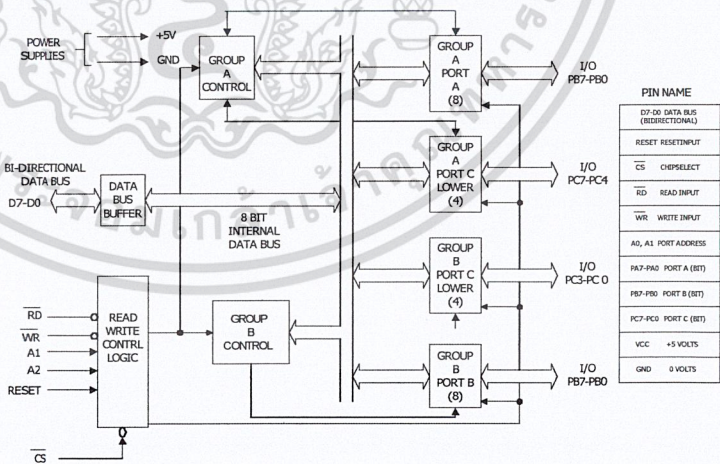
2.3.3 การใช้งาน IC 8255

IC 8255 นี้จะเป็น IC ซึ่งประกอบด้วย PORT ใช้งาน 3 PORT และอีก 1 PORT ควบคุมก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 เราจะต้องส่งข้อมูลไปให้ยัง PORT ควบคุมก่อนว่าจะให้ PORT ทั้ง 3 PORT ของ 8255 ที่เหลือนั้นทำหน้าที่อะไร เป็น INPUT หรือ OUTPUT PORT เราจะต้องเป็นผู้กำหนด CONTROL CODE PORT ควบคุมดังรูป

Pin Configuration



Block Diagram



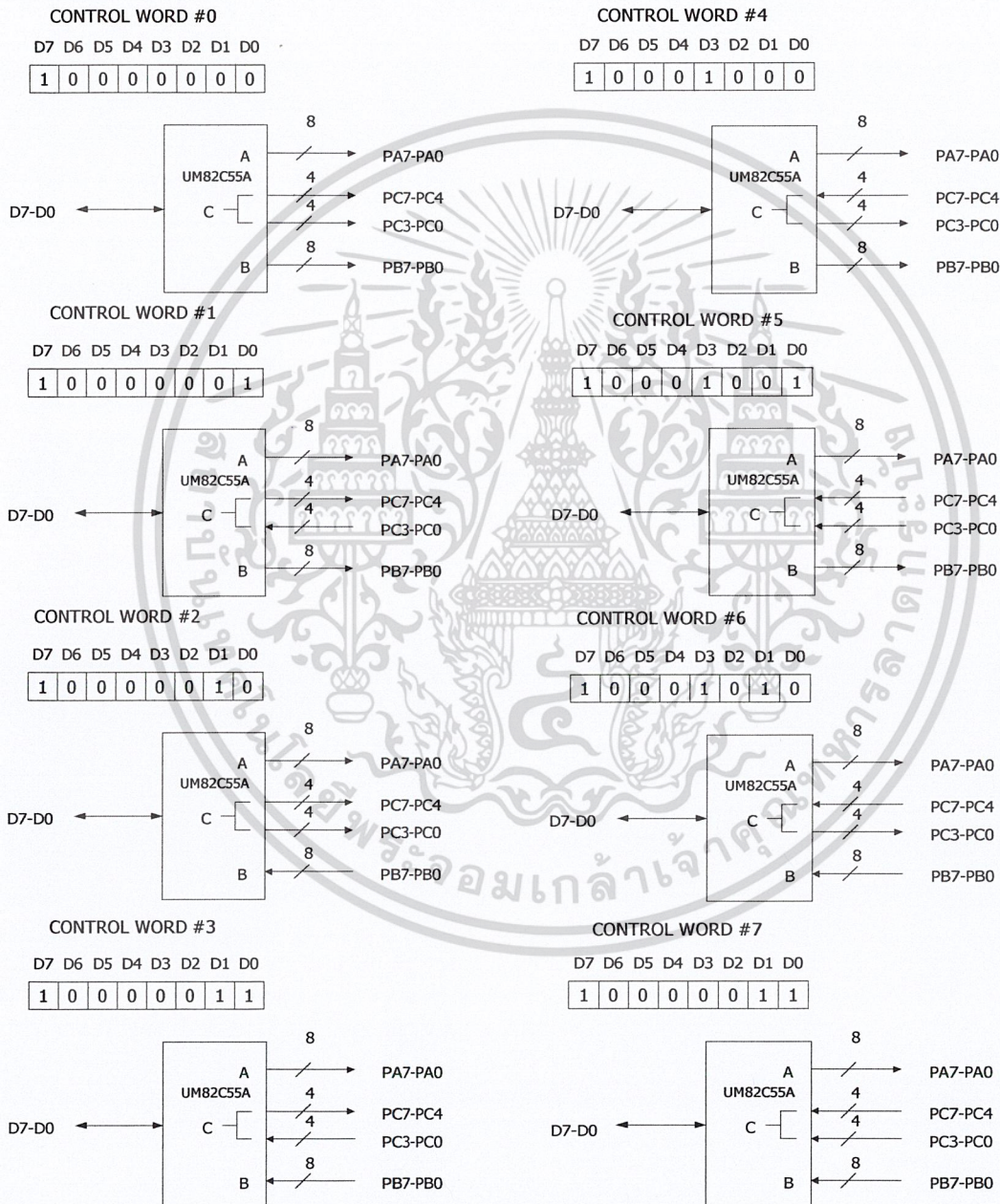
PIN NAME	
D7-D0	DATA BUS (BI-DIRECTIONAL)
RESET	RESET INPUT
CS	CHIP SELECT
RD	READ INPUT
WR	WRITE INPUT
A0, A1	PORT ADDRESS
PA7-PA0	PORT A (8BIT)
PB7-PB0	PORT B (8BIT)
PC7-PC0	PORT C (8BIT)
VCC	+5 VOLTS
GND	0 VOLTS

รูปที่ 2-3 แสดงไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

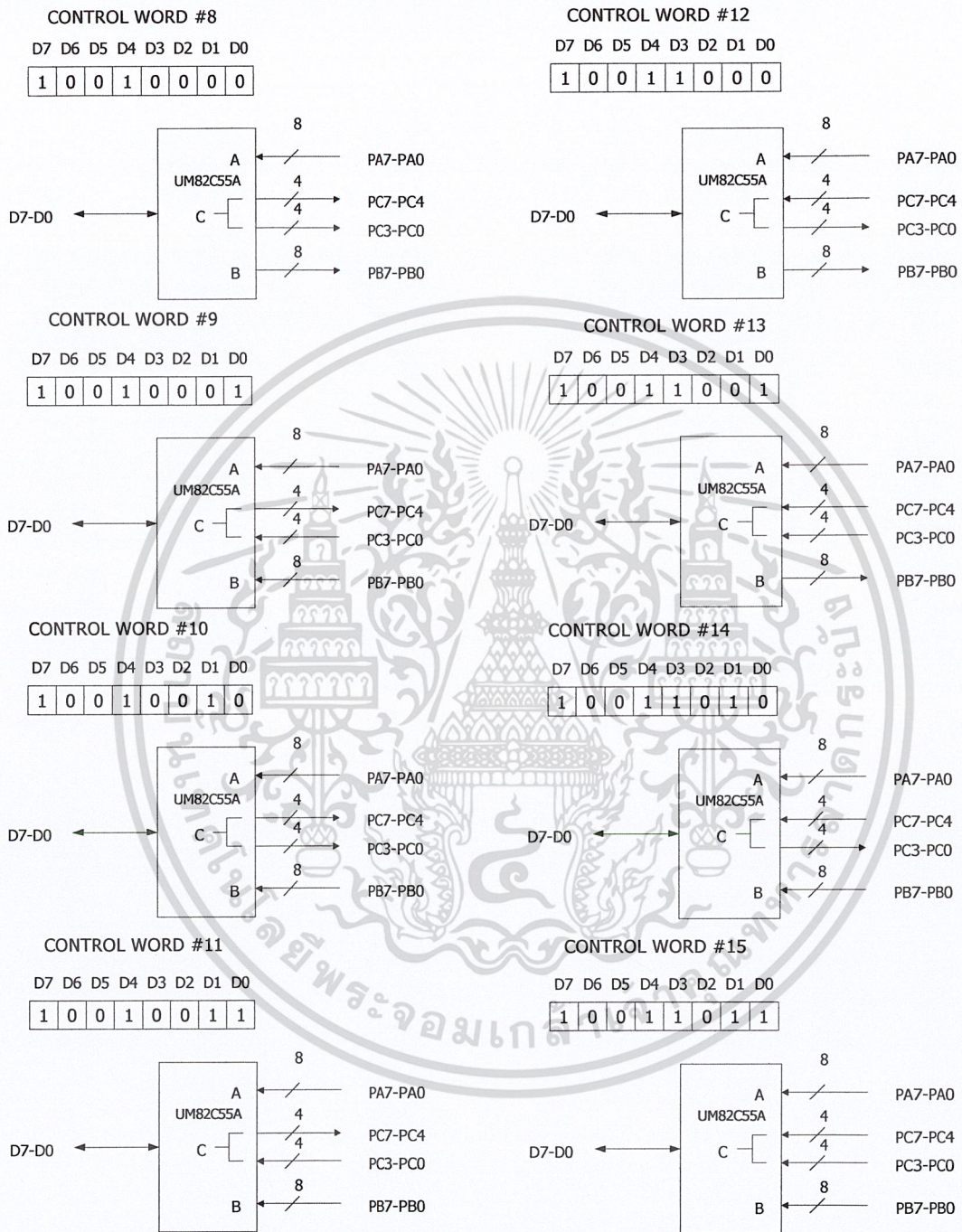
2.3.4 การ DECODE PORT

DECODE PORT 8255 บน CARD เราจะใช้ IC TLL 74LS688 , IC TLL 74LS139 และ DIP SW. 8 PIN เป็นวงจร DECODE เพื่อให้สามารถปรับ SET DIP SW. ตั้งตำแหน่งเบอร์ PORT ของ CARD ได้โดยการปรับ DIP SW. นั้นจะต้องไม่ไปตรงกับตำแหน่ง PORT ของคอมพิวเตอร์ PC ด้วย



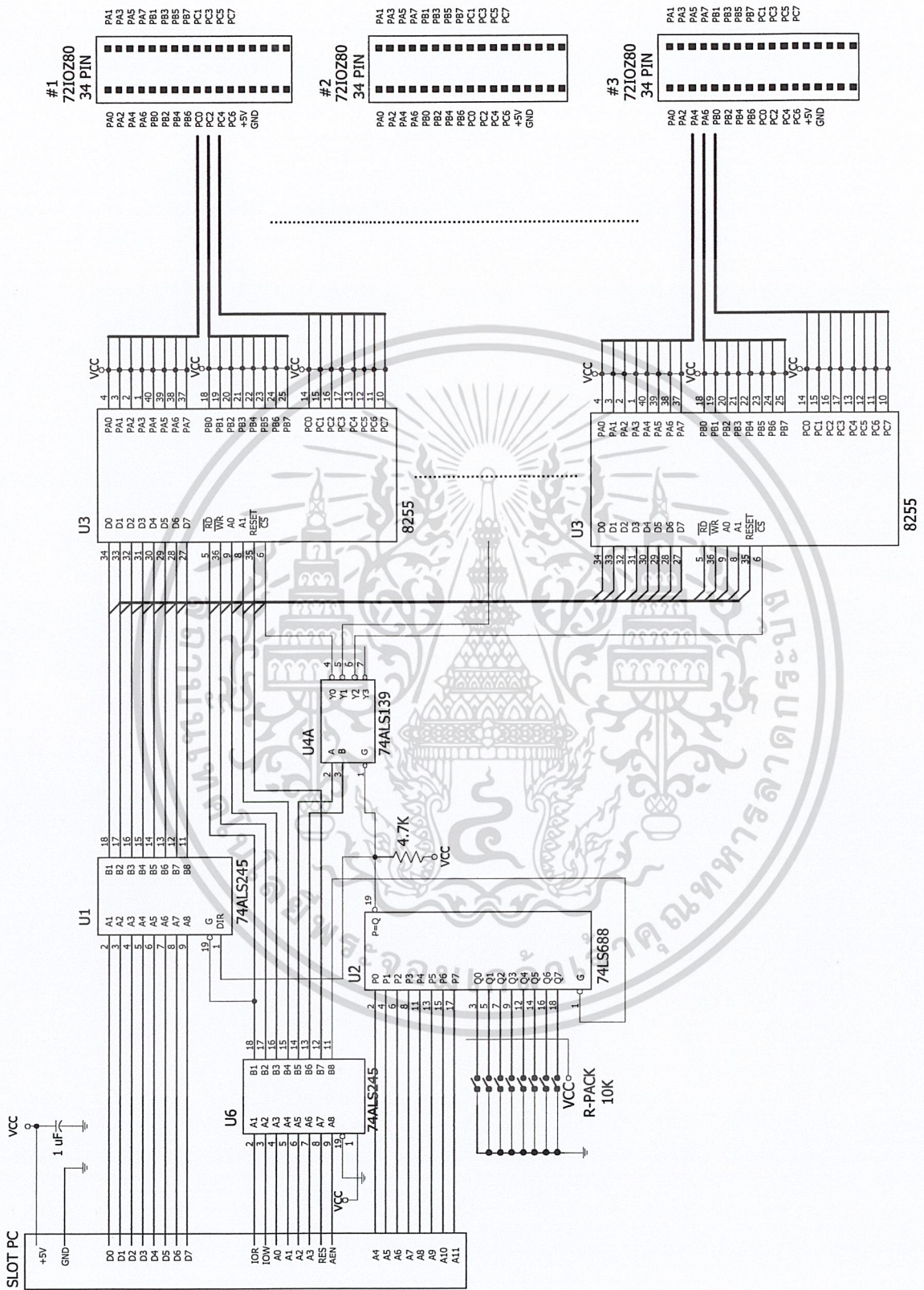
รูปที่ 2-4 แสดงโหมดการทำงานของไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 แสดงโหมดการทำงานของไอซี 8255 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 แสดงวงจรโดยรวมของการ์ด ET-PC8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลสัญญาณอินพุตที่เข้ามาจากการ์ด ET-PC8255 โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 จำนวน 1 ตัว ในการรับสัญญาณมาจากการ์ด ET-PC8255 เพื่อทำหน้าที่สร้างสัญญาณ PWM เพื่อส่งให้วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ไอซี L298 ซึ่ง PWM ที่ส่งไปจะทำหน้าที่กำหนดทิศทางและความเร็วในการหมุนของมอเตอร์

2.4.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมการใช้งานเหมือนกันดังแสดงในรูปแบบที่ 2-7 และในรูปแบบที่ 2-8 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนรวบดังต่อไปนี้

2.4.1.1 ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

2.4.1.2 ขา GND เป็นขาราวด์ สำหรับต่อกราวด์ของระบบ

2.4.1.3 ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสำหรับการทำงานให้เป็นที่ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

2.4.1.4 ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดได้ให้เป็นที่ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89S53 จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขาต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

2.4.1.5 ขาพอร์ต 2 (P2.0-2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนี้มีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.6 ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดการทำงานให้เป็นที่อินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา INT0

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณ ไทมเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณ ไทมเมอร์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

2.4.1.7 ขารีเซตใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อ รีเซต สถานะต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 เมทซินไซเคิล โดยที่วงจรถ้าเนตสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

2.4.1.8 ขา ALE/PROG(Address Latch Enable/Program pulse input)เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้หน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำแบบอีพีรอม

2.4.1.9 ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อขอร้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละเมทซินไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีส่งสัญญาณใดๆออกมา

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขานอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด

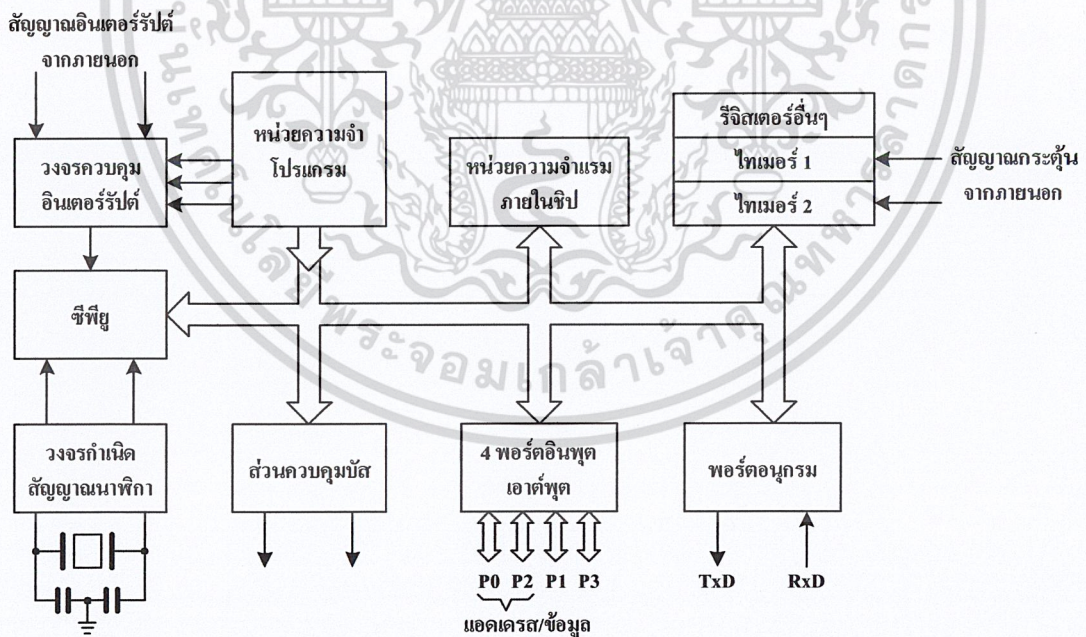
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2-9 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในรูปที่ 2-9(ก) เป็นวงจรพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจร ดีฟลิปฟล็อปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของแต่ละสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระต่อกันด้วยสัญญาณที่ แยกจากกัน นั่นคือ สัญญาณอ่านข้อมูลจากพอร์ต และสัญญาณการอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการ เขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟล็อปในขณะที่ข้อมูลจะส่งผ่านมาทาง ขาบัตข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟล็อป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่าต้องการใช้งานเป็น ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

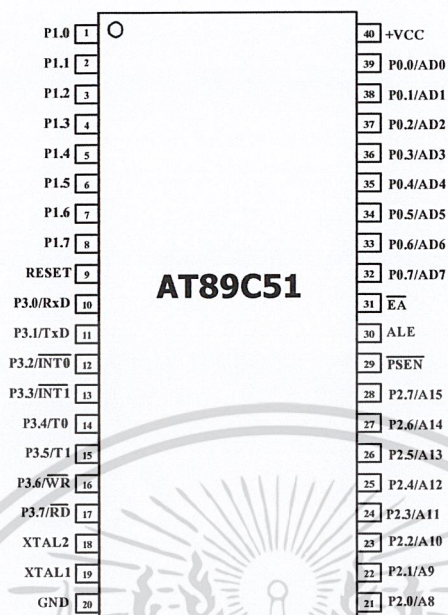
เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัพภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุ ตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพภายนอกเข้าที่พอร์ต 0 ทุกขาด้วย

2.4.1.10 ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือก การติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขา



รูปที่ 2-7 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชอนุกรม AT89xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 การขจัดมาตรฐานของ MCS-51

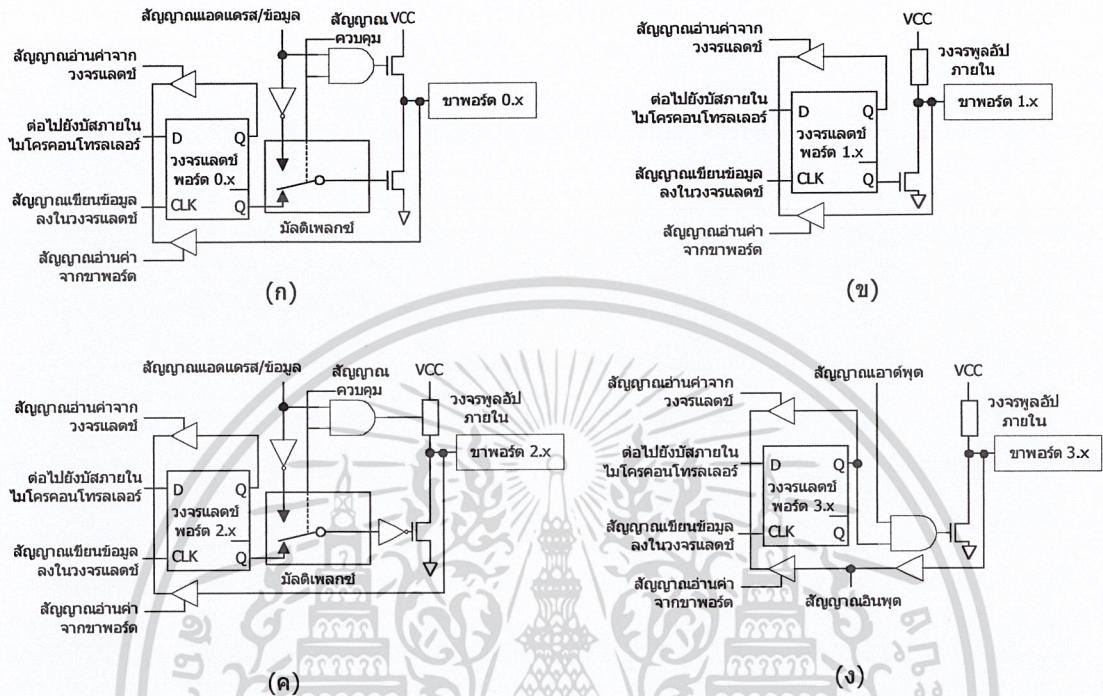
นี่เป็น“1”เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากนี้ ที่ขาที่ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

2.4.1.11 ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.2 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออกทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงจรถ่ายและวงจรถับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในรูปที่ 2-9(ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้การติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัพภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน

2.5 วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.5.1 วงจรควบคุมแรงดันมอเตอร์ (L298)

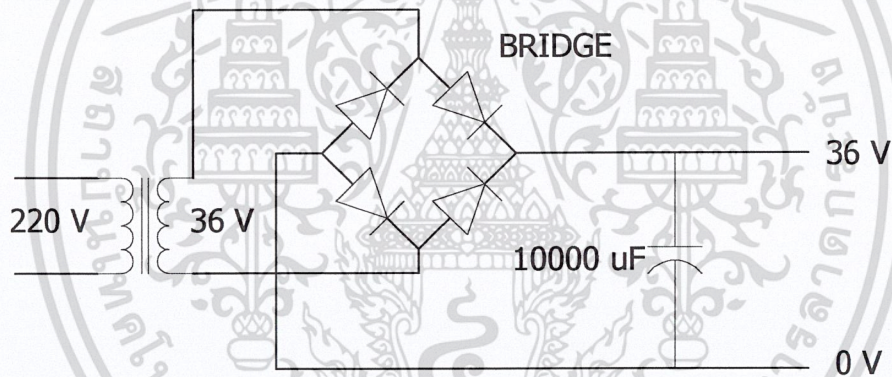
มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรง มีขนาด 23 W., 36 V., 1.3 A., 3000 rpm., โดยเป็นมอเตอร์ที่ไม่มีเกียร์สล็อต เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เพราะมอเตอร์จะต้องหมุนกลับไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับมา และเนื่องจากเราต้องหมุนมอเตอร์ให้หมุนกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็ว เราจึงจำเป็นต้องควบคุมแรงดันและความเร็วของมอเตอร์ให้ดี ในที่นี่เราใช้ ไอซี L298 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยรับสัญญาณมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 ซึ่งเป็นสัญญาณ PWM หลังจากได้สัญญาณจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 แล้ว ไอซี L298 จะทำหน้าที่ประมวลผล และสั่งงานให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือหมุนขวา ด้วยความเร็วเท่าใด ซึ่งวงจรภายใน และข้อมูลจะแสดงในภาคผนวก

2.5.2 วงจรกำเนิดแรงดัน 36 โวลต์

สำหรับมอเตอร์กระแสตรงที่สามารถรับแรงดันสูงสุดได้ที่ 36 โวลต์ และสำหรับการทำงานในที่นี่เราเลือกที่จะจ่ายแรงดันให้มอเตอร์เป็นขนาด 36 โวลต์ โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงไฟกระแสสลับที่ใช้ตามบ้าน 220 โวลต์ 50Hz ให้เป็นแรงดันตรง 36 โวลต์



รูปที่ 2-10 แสดงวงจรกำเนิดแรงดัน 36 โวลต์

2.6 ตัวความต้านทานปรับค่าได้ (VR)

ส่วนของตัวความต้านทานปรับค่าได้นั้น เป็นส่วนป้อนกลับออกมา แล้วนำกลับไปเป็นอินพุตเข้า A/D 12 BIT แล้วจึงนำสัญญาณเข้าสู่การ์ด ET- PC8255 เพื่อไปประมวลผลอีกทีหนึ่ง

สำหรับตัวต้านทานปรับค่าที่ใช้ เป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 20 K Ω 10 รอบ ติดอยู่บริเวณจุดหมุนของก้านเพนคูลัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นทรานสดิวเซอร์ (Transducer) แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติพิเศษ คือแรงบิดของเพลา (Shaft) ของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ (Armature Current) แรงบิดของเพลาของมอเตอร์จะเป็นผลระหว่างแรงบิดของเพลา แลกระแสเท่ากับ

$$\tau = K\phi I$$

เมื่อ

τ คือ แรงบิดของเพลา (N.m)

ϕ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (wb)

I คือ กระแส (A)

K คือ ค่าคงที่

ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นเอง และแรงดันเหนี่ยวนำนี้เป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์ และค่าการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเหนี่ยวนำและความเร็วของเพลาของมอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega$$

เมื่อ

E คือ แรงดันเหนี่ยวนำกลับ emf (V)

ω คือ ความเร็วของมอเตอร์ (rad/s)

สมการทั้งสองแสดงถึงหลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพราะควบคุมง่าย วงจรควบคุมไม่ซับซ้อน ข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรงคือ ต้องการการบำรุงรักษามากกว่ามอเตอร์ประเภทอื่น ๆ เพราะมอเตอร์กระแสตรงมีแปรงถ่านเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีการสึกหรอได้

2.8 โครงสร้างทางกลศาสตร์

ระบบควบคุมอินเวอร์ทเพนดูลัมที่เลือกทำในโครงการนี้ เป็นอินเวอร์ทเพนดูลัมแบบรางใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนตัวถัง (Cart) เพื่อควบคุมให้ก้านตั้งขึ้น วัสดุที่เลือกใช้ทำรางรับตัวถังจะต้องแข็งแรง เพราะต้องเสียดสีกับล้อของตัวถัง ต้องรับน้ำหนักได้ดี และเมื่อมีการสั่นสะเทือนต้องไม่เคลื่อนที่และสึกหรอได้ง่าย และในส่วนอื่นจะต้องใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง ไม่โค้งงอ และไม่หักง่าย ในที่นี้เลือกใช้อลูมิเนียมเป็นวัสดุ และส่วนของตัวถังใช้แผ่นพลาสติกหนา ประกอบเป็นตัวถัง เพราะสามารถตัดและประกอบได้ง่าย และมีความแข็งแรงพอสมควร

2.8.1 โครงสร้างจับยึด และฐาน

โครงสร้างจับยึด และฐาน สำหรับวางตัวถังต้องมั่นคงและแข็งแรงโดยเฉพาะเมื่อมีแรงบิดจากตัวมอเตอร์ ตัวฐานต้องมีความมั่นคง แข็งแรง และมีน้ำหนักมากพอที่จะทำให้โครงสร้างอยู่ตัวได้ในขณะที่ระบบทำงานอยู่ โดยตัวฐานจะเป็นเหล็กรูปตัวแอล ยาว 1.5 เมตร 2 ชิ้น จะถูกจับยึดด้วยน็อต 8 ตัว กับฐานด้านล่างเพื่อความมั่นคงแข็งแรง และฐานด้านล่างจะเป็นเหล็กสี่เหลี่ยม เชื่อมติดกันเป็นรูปตัวที 2 ชิ้น

2.8.2 ก้านของลูกตุ้ม

ก้านลูกตุ้มที่เราเลือกใช้เป็นแท่งอลูมิเนียมตัน ซึ่งมีน้ำหนักเบา ไม่โค้งงอ และไม่หักง่าย สาเหตุที่เลือกใช้ลักษณะนี้เพราะว่าเราต้องการที่จะไม่พิจารณาน้ำหนักของก้านลูกตุ้ม โดยพยายามทำให้ก้านมีน้ำหนักน้อยที่สุดเพื่อที่จะตัดออกจากสมการได้ แต่จากการที่เราเลือกก้านเป็นอลูมิเนียมตันนี้มีข้อเสียคือ ยังมีน้ำหนักพอสมควรทำให้มีผลต่อการควบคุมระบบ

2.8.3 ลูกตุ้ม

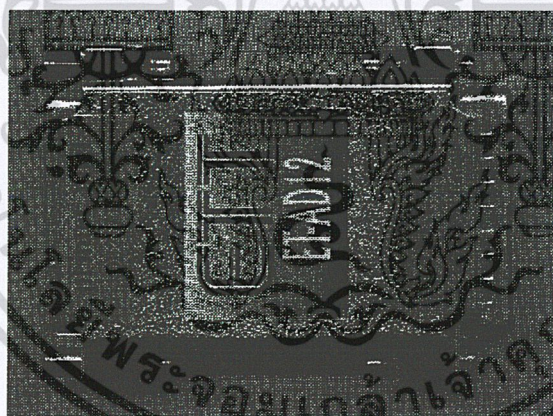
ลูกตุ้มที่เราเลือกใช้เป็นแท่งอลูมิเนียมตัน กัดให้เป็นรูปเพื่อใช้ในการถ่วงน้ำหนักที่ปลายก้านลูกตุ้ม และเป็นก้านน้ำหนักที่นำเข้ามาคิดในสมการของระบบ

2.8.4 ตัวถั่ง

ตัวถั่งเป็นส่วนที่วางมอเตอร์ ก้านลูกตุ้ม จะมีลักษณะเป็นรูป มี 4 ล้อ วางอยู่บนราง ตัวถั่งทำด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.5 cm ประกอบกันเป็นตัวถั่งสี่เหลี่ยม ด้านบนเปิด และใส่มอเตอร์วางไว้ด้านใน เจาะรูสำหรับต่อก้านลูกตุ้มออกมา ล้อ 4 ล้อทำจากแท่งอลูมิเนียมตันกัดเป็นล้อ

2.9 A/D 12 BIT (ET-AD12)

2.9.1 ลักษณะโดยทั่วไปของบอร์ด ET-AD12



รูปที่ 2-11 แสดงลักษณะของบอร์ด ET-AD12

ET-AD12 เป็นบอร์ดใช้เปลี่ยนสัญญาณจาก ANALOG เป็นสัญญาณทาง ดิจิตอล ขนาด 12 บิต โดยออกแบบให้เป็นบอร์ดขนาดเล็ก ใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ PC ทางพอร์ตขนานของเครื่องพิมพ์ (PRINTER PORT) ทำให้การเชื่อมต่อเป็นไปได้โดยง่าย เพราะไม่ต้องเปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อติดตั้งแต่อย่างใดและการพัฒนาโปรแกรมก็สามารถทำได้โดยง่าย โดยสามารถเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ PC ได้มากมายหลายภาษา ตามความถนัดของผู้ใช้ เช่น ภาษาซี ภาษาปาสคาล ภาษาเบสิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาอื่นๆ ที่มีคำสั่งสนับสนุนการทำงานกับพอร์ตได้ (มีคำสั่ง สำหรับอ่านค่าข้อมูลจากพอร์ต และ เขียนข้อมูล ออกไปยังพอร์ตได้)

2.9.2 การติดตั้งบอร์ด ET-AD12

สำหรับการติดตั้งบอร์ด ET-AD12 เข้ากับคอมพิวเตอร์ PC สามารถทำได้โดยง่าย เพียงเสียบแผงบอร์ด ET-AD12 เข้ากับพอร์ตขนานซึ่งปกติใช้สำหรับต่อกับเครื่องพิมพ์ ซึ่งจะมีคอนเนคเตอร์เป็นแบบ DB25PIN ตัวเมีย โดยผู้ใช้นำแผงบอร์ด ET-AD12 ด้านที่เป็นคอนเนคเตอร์ DB25PIN ตัวผู้เสียบต่อเข้าไป ส่วนคอนเนคเตอร์ DB25PIN ตัวเมียซึ่งอยู่ทางด้านท้ายของแผงบอร์ด ET-AD12 นั้น เป็นจุดที่ใช้สำหรับต่อสัญญาณ ANALOG อินพุตและแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก

โดยสัญญาณอนาล็อกอินพุต ที่จะป้อนให้กับบอร์ด ET-AD12 ทางคอนเนคเตอร์ DB25PIN ตัวเมียนี้ต้องเป็นสัญญาณ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0VDC ถึง +5VDC

ชื่อสัญญาณของบอร์ด ET-AD12	ตำแหน่ง CONECTOR DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณ ANALOG INPUT CHANNEL 0	ขา 11 ของ CONECTOR DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณ ANALOG INPUT CHANNEL 1	ขา 9 ของ CONECTOR DB25PIN ตัวเมีย
ไฟเลี้ยงวงจร (+VCC = 9VDC)	ขา 25 ของ CONECTOR DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณ GROUND	ขา 21,22,23,24 ของ CONECTOR DB25PIN ตัวเมีย

ตารางแสดงสัญญาณและจุดเชื่อมต่อ ของบอร์ด ET-AD12

หมายเหตุ ในขณะที่ทำการพัฒนาโปรแกรมอยู่ถ้ายังไม่ต้องการเชื่อมต่อกับสัญญาณ ANALOG INPUT จากภายนอก สามารถทำได้โดยการเปิดฝาครอบตัวบอร์ด ET-AD12 ออก แล้วใส่ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ในแผ่นวงจร แล้วปรับค่าตามความต้านทานที่ต่อเพิ่มเข้าไปเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ANALOG INPUT คู่ก่อนก็ได้ โดยที่แผ่นลายวงจร PCB นั้นจะมีตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับใส่ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (ตัวต้านทานแบบเก็อกม้า) วางไว้ 2 ตัว โดยเป็นของ CHANNEL1 อย่างละ 1 ตัว

ในกรณีที่ต้องการทดสอบสัญญาณ ANALOG INPUT จากตัวต้านทานเก็อกม้า

CHANNEL0 ให้ทำการ ต่อ ขา 10 และ 13 ของ CONECTOR DB25PIN ตัวเมียเข้าด้วยกัน

CHANNEL1 ให้ทำการ ต่อ ขา 8 และ 12 ของ CONECTOR DB25PIN ตัวเมียเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต่อสัญญาณ ANALOG INPUT เข้ามาจากภายนอกต้องไม่ต่อสัญญาณดังที่กล่าวมาแล้ว

2.9.3 การทำงานของพอร์ตเครื่องพิมพ์ (PRINTER PORT)

พอร์ตเครื่องพิมพ์หรือพอร์ตขนาน ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ โดยส่วนมากสัญญาณทั้งหมดจะต่อผ่านคอนเน็คเตอร์ชนิด DB25 PIN ตัวเมีย โดยสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณคือ

สัญญาณข้อมูล(DATA) ขนาด 8 บิต เป็นรีจิสเตอร์เอาต์พุต ขนาด 8 บิต ซึ่งมีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อ คือ 0378H(LPT2) หรือ 0278H(LPT2)เราสามารถส่งค่าข้อมูลออกได้โดยใช้คำสั่ง OUT ซึ่งเมื่อเราเขียนข้อมูลออกไปที่พอร์ตนี้จะทำให้สัญญาณมีค่าเหมือนกับข้อมูลที่เขียนออกไปทุกประการ กล่าวคือ ถ้าเขียนข้อที่เป็น 1 ออกไปที่บิตใดๆของพอร์ตนี้ จะทำให้ขาสัญญาณของบิตนั้นเป็น โลจิก 1 ตามไปด้วย ซึ่งในพอร์ตนี้เราสามารถอ่านค่าของข้อมูลที่เรเขียนออกไปแล้วกลับเข้ามาเพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่เราเขียนออกไปนั้น ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ภายนอกหรือไม่

บิตสัญญาณ ที่อ่าน/ เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อ ถูกเขียนด้วยโลจิก “1”	สัญญาณจากพอร์ตเมื่ออ่าน ได้เป็นโลจิก “1”	ขาสัญญาณของ DB25
0	HIGH	HIGH	2
1	HIGH	HIGH	3
2	HIGH	HIGH	4
3	HIGH	HIGH	5
4	HIGH	HIGH	6
5	HIGH	HIGH	7
6	HIGH	HIGH	8
7	HIGH	HIGH	9

ตารางสัญญาณของ พอร์ตเอาต์พุตขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตสัญญาณข้อมูล ที่อ่านเขียน	สัญญาณ ที่พอร์ตเมื่อถูก เขียนด้วยลอจิก “1”	สัญญาณจากพอร์ต เมื่ออ่านได้เป็นโล จิก “1”	ขาสัญญาณ ของDB25
0	LOW	LOW	1
1	LOW	LOW	14
2	HIGH	HIGH	16
3	LOW	LOW	17
4	ENABLE IRQ7	ENABLE IRQ7 BIT	-
5-7	-	-	-

ตารางแสดง สัญญาณของ พอร์ตอินพุท/เอาต์พุทและสัญญาณควบคุมต่างๆ

บิตสัญญาณข้อมูล ที่อ่าน/เขียน	สัญญาณจากพอร์ตเมื่ออ่าน ได้เป็นลอจิก “1”	ขาสัญญาณของ DB25
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	HIGH	15
4	HIGH	13
5	HIGH	12
6	HIGH	10
7	LOW	11

ตารางแสดงสัญญาณของ พอร์ตอินพุท ขนาด 5 บิตและสัญญาณควบคุมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-พอร์ตอินพุท/เอาต์พุท ของสัญญาณควบคุม(CONROL) ขนาด 4 บิต โดยมีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อคือ 037AH(LPT1) หรือ 027A (LPT2) ซึ่งเราสามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากพอร์ตนี้ได้ ซึ่งสัญญาณของบิต 0,1 และ3จะถูกกลับสถานะเป็นตรงข้ามจากค่าของข้อที่เขียน/อ่าน กล่าวคือถ้าเราเขียนข้อมูลที่เป็น โลจิก 1 ออกไปที่บิตเหล่านี้จะทำให้สัญญาณกลับเป็น โลจิก 0 หรือถ้าสัญญาณที่คอนเน็คเตอร์มีค่าเป็น โลจิก 0 อยู่เมื่อเราอ่านค่าเข้ามาจะได้ค่าข้อมูลเป็น โลจิก 1 เช่นกัน

-พอร์ตอินพุทเพื่อแสดงสถานะ ขนาดที่ 5 บิต พอร์ตนี้มีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อคือ 0379H (LPT1) หรือ 0279H(LPT2) ซึ่งสัญญาณจากพอร์ตนี้ ใช้สำหรับอ่านสถานะของสัญญาณอินพุท แบบ REALTIAM STATUS จากภายนอกเพื่อส่งค่าไปประมวลผล

ซึ่งสัญญาณที่เรานำมาใช้เชื่อมต่อเพื่อใช้ควบคุมและอ่านเขียนข้อมูลกับบอร์ด ET-AD12 นี้จะใช้สัญญาณจากพอร์ตเครื่องพิมพ์เพียงแค่ 4 สัญญาณ คือ

สัญญาณพอร์ตข้อมูล ซึ่งมีตำแหน่งของการติดต่ออยู่ที่ 0378H(LPT1) หรือ 0278H(LPT2) โดยใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้ 3 สัญญาณ คือ DO,D1และD3

สัญญาณ DO จะถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณข้อมูลที่จะเขียนให้อไอซี LTC1298 ทางขาข้อมูลเข้า (DI)

สัญญาณ D1 จะถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณนาฬิกา (CLK) เพื่อใช้กำหนดการอ่าน/เขียนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ PC จากพอร์ตเครื่องพิมพ์ กับ ไอซี LTC 1298 ให้สัมพันธ์สอดคล้องกัน

สัญญาณ D3 จะถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณ ควบคุมเลือกการทำงานของไอซี LTC1298(CS)

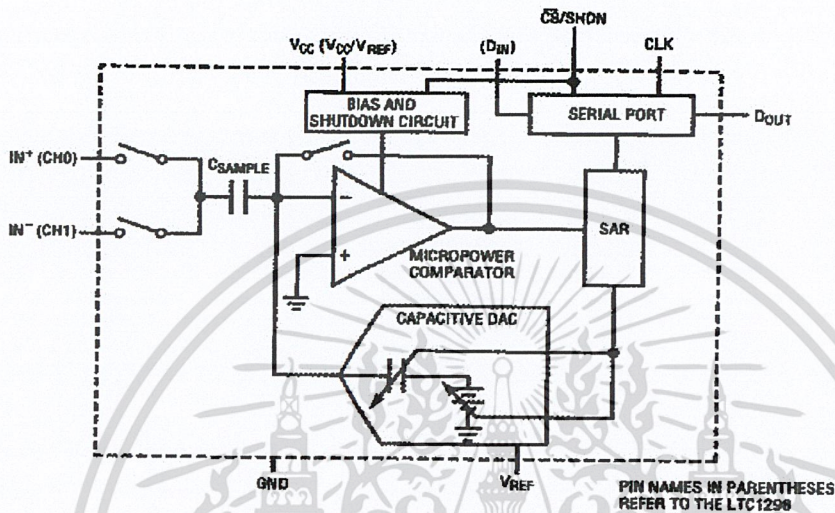
สัญญาณจากพอร์ตอินพุทสถานะ ซึ่งมีตำแหน่งการติดต่ออยู่ที่ 0379H(LPT1) หรือ 0279H (LPT2) โดยใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้เพียง1 สัญญาณ คือ สัญญาณบิตที่ 7 (BUSY) ซึ่งสัญญาณนี้จะเป็นอินพุทเพื่อทำการอ่านค่าของข้อมูลที่ส่งออกมาจาก ไอซี LTC1298 ทางขาข้อมูลออก(DO)

2.9.4 การทำงานของไอซี LTC1298

ไอซี LTC1298 เป็นไอซีทำหน้าที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็น สัญญาณทาง DIGITAL ขนาด 12 บิต จำนวน 2 CHANNEL โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 8 ขา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN1 (CS#/SHDN) : เป็นขาสัญญาณ CHIP SELECT อินพุท ใช้ควบคุมการทำงานของไอซี ทำงานที่ลอจิกศูนย์เมื่อนานี้ได้ลอจิกศูนย์จะเป็นการเลือกการทำงานให้กับไอซี(ENABLE)เมื่อนานี้เป็นลอจิกหนึ่งจะทำให้ไอซีหยุดการทำงานและอยู่ในโหมด SHUT DOWN



รูปที่ 2-12 แสดงวงจรภายในของ ไอซี LTC1298

PIN2 (CHO): เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL0

PIN3 (CH1): เป็นขาสัญญาณANALOG INPUT ของ CHANNEL1

PIN4 (GHD): เป็นขาสัญญาณอ้างอิง GROUND ของไอซี ซึ่งควรต่อโดยตรงกับ GROUND PLANE เพื่อลดสัญญาณรบกวน

PIN5 (DIN): เป็นขาสัญญาณ ข้อมูลอินพุทแบบอนุกรม ของสัญญาณ DIGITALเพื่อใช้กำหนด CHANNEL และ FORMAT ของข้อมูลที่ต้องการอ่านค่ากลับมาทางขา สัญญาณ DOUT

PIN6(DOUT): เป็นขาสัญญาณ ข้อมูลเอาต์พุทแบบอนุกรม ซึ่งค่าของข้อมูลที่อ่าน ได้จากขานี้ คือผลลัพธ์จากการเปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็นสัญญาณ DIGITAL ของไอซี LTC 1298

PIN7(CLK):เป็นสัญญาณนาฬิกาอินพุทใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูล ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไอซี LTC11298 โดยจะทำการอ่านและเขียนข้อมูลกับไอซี LTC1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาเสมอ

PIN8 (VCC/VREF):เป็นขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไฟเลี้ยง LTC ให้เป็นสัญญาณทาง DIGITAL ด้วย ดังนั้นที่ขานี้จึงควรทำการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวนให้กับไอซีด้วย เพราะถ้าหากว่าที่ขานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดสัญญาณรบกวนมากหรือแรงดันไฟเลี้ยงไม่คงที่จะส่งผลทำให้ค่าของข้อมูลเข้าที่พืพที่ได่เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จะเห็นว่าในการจัดวงจรเพื่อเชื่อมต่อกับไอซี LTC1298 ต้องใช้สัญญาณ ทั้งหมด 4 เส้น ซึ่งเป็นสัญญาณเข้าที่พืพจากอุปกรณ์ภายนอกส่งไปให้ไอซี LTC 1298 เพื่อควบคุมและสั่งงาน 3 สัญญาณ และเป็นสัญญาณ เข้าที่พืพส่งออกจากไอซี LTC1298 เพื่อใช้สำหรับอ่านค่าจากไอซี LTC1298 อีก 1 สัญญาณ

2.9.5 การเขียนข้อมูลให้กับไอซีLTC1298

ไอซี LTC 1298 ต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุตจำนวน 4 บิต เพื่อกำหนดการทำงาน โดยก่อนที่จะเขียนข้อมูลให้กับ ไอซี LTC1298 นี้ต้องกำหนดให้สัญญาณ CS ทำงาน คือ เป็นลอจิกศูนย์ก่อน และจึงเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา โดยข้อมูลที่เขียนให้กับ ไอซี LTC1298 มีดังนี้คือ

START	SGL/DIFF	ODD/SIGN	MSBF
-------	----------	----------	------

START BITS เป็นข้อมูลกำหนดการเริ่มต้น โดยส่งเป็นบิตแรกหลักจากสัญญาณCS เป็นลอจิกศูนย์แล้วซึ่งค่าของสัญญาณ START BIT นี้ต้องเป็นค่าลอจิกหนึ่งเสมอ

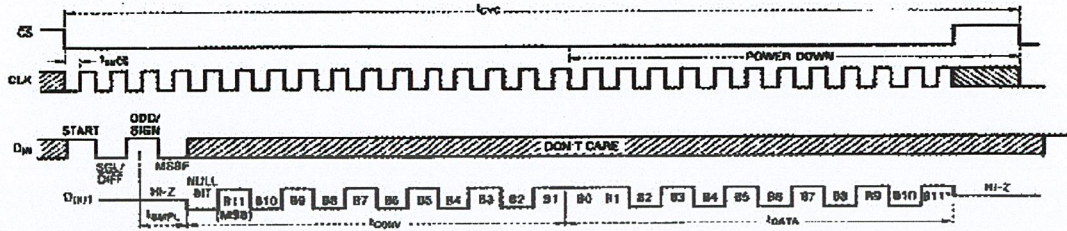
SGL/DIFF และ **ODD/SIGN** เป็นข้อมูลใช้สำหรับกำหนดและเลือก CHANNEL ของสัญญาณที่ต้องการ CONVERT และกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ANALOG อินพุตดังตาราง

SGL/DIFF	ODD/SIGN	CHO	CH1	GND
1	0	+		-
1	1		+	-
0	0	+	-	
0	1	-	+	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MSBF เป็นการกำหนดลำดับข้อมูลเข้าที่พืที่จะอ่านจากไอซี LT 1298 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังรูป

MSB-First Data (MSBF = 0)



MSB-First Data (MSBF = 1)



รูปที่ 2-13 ภาพแสดง ลักษณะความสัมพันธ์ของการอ่านเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของMSBบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ผลการทดลอง

3.1 แนวคิด

ในการตรวจสอบตำแหน่งก้าน Pendulum นั้น เราจะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) เป็นตัวเช็คตำแหน่ง โดยเราจะกำหนดตำแหน่งที่ก้าน Pendulum ตั้งตรง (Center) ไว้ ซึ่งค่านี้ได้ผ่านการแปลงจาก Analog เป็น Digital ด้วยการ์ด ET-AD12 เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3-1 การแปลงค่าจาก Analog เป็น Digital ด้วยการ์ด ET-AD12

โดย xxxx ตัวแรกเป็น Output ที่ส่งไปให้การ์ดอินเตอร์เฟส ET-PC8255 และเป็น ตัวบอกตำแหน่งของก้าน Pendulum ซึ่ง Input ก็จะเป็นค่าของ VR และ xxxx ตัวหลังเป็นตำแหน่งสูงสุดที่เป็นไปได้ ซึ่งเราใช้ 12 BIT ดังนั้นค่าตำแหน่งสูงสุดจะเป็น $2^{12} = 4096$

เราจะกำหนดค่า Center ไว้ และถ้าค่าที่อ่านได้น้อยกว่าค่า Center ซึ่งก็หมายความว่า ก้าน Pendulum เอียงไปทางซ้าย โปรแกรมก็จะสั่งให้มอเตอร์ หมุนไปทางซ้าย แต่ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่าค่า Center จะหมายความว่าก้าน Pendulum เอียงไปทางขวา โปรแกรมก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา จนกว่าค่าที่อ่านได้จะตรงกับค่า Center โปรแกรมจะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 สรุปและวิเคราะห์ปัญหา

1. สรุปผลการดำเนินงาน

สำหรับด้านอุปกรณ์ โครงสร้างทางกลประกอบขึ้นเป็นที่เรียบร้อย จากการทดสอบสามารถใช้งานได้โดยสมบูรณ์ วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถใช้งานได้และให้ผลอย่างถูกต้องการ์ดอินเตอร์เฟสสามารถรับอินพุต ส่งเอาต์พุต และกำหนดคาบเวลาการสุ่มได้อย่างสมบูรณ์

สำหรับโปรแกรมการควบคุมยังไม่เป็นที่เรียบร้อย เพราะยังไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมให้ติดต่อกับระบบได้จึงทำให้ไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบได้ และไม่สามารถที่จะควบคุมระบบได้

2. ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) ในส่วนของโครงสร้างทางกล โครงสร้างที่ออกแบบมานั้นยังมีน้ำหนักมากเกินไป ทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย และในส่วนที่เป็นคัปปลิงระหว่างแขนของระบบกับก้านลูกตุ้ม เวลาที่เกิดการหมุนยังมีแรงต้านการหมุนเกิดขึ้นอยู่ และก้านลูกตุ้มที่เลือกเอาอลูมิเนียมมาใช้ยังมีน้ำหนักมากกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นควรจะออกแบบโครงสร้างและจัดทำให้ดีขึ้น โดยต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ของอุปกรณ์ที่มีอยู่ โดยต้องให้ทุกอย่างสอดคล้องกัน

2) ในส่วนของระบบที่เป็นสัญญาณดิจิทัลมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในบางครั้ง ซึ่งอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการควบคุมได้ทำการแก้ไขโดยแยกกราวด์ของสัญญาณอนาล็อกกับสัญญาณดิจิทัลออกจากกัน โดยสัญญาณแสง หรืออาจจะเดินกราวด์พื้นใหญ่บนวงจร และสายสัญญาณที่มีชิลด์ รวมทั้งใช้ตัวเก็บประจุมาต่อที่ไอซีดิจิทัลแต่ละตัว

3) แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1) เปลี่ยนโมเดลในการควบคุมเป็นแบบอื่น เช่น อินเวอร์ทเพนดูลัมแบบเคลื่อนที่ หรือการเปลี่ยนแนวแกนหมุน หรือการเปลี่ยนแนวแกนหมุน หรือให้มีแกนหมุนหลายแกน

2) นำอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบลักษณะใหม่ๆ เช่น ในส่วนวงจรที่ขับเคลื่อนมอเตอร์ วงจรการ์ดเตอร์เฟสสำเร็จรูปมาใช้ จะได้มีเวลาในการพัฒนาโปรแกรม และระบบควบคุมมากขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เพิ่มความสามารถของระบบให้มีมากขึ้น เช่นเปลี่ยนจุดสมดุลให้อยู่ที่จุดอื่น หรือตามที่คุณควบคุมกำหนด

4) เปลี่ยนตัวควบคุมไปใช้ตัวควบคุมแบบอื่นซึ่งมีการพัฒนาขึ้น มีความสามารถมากขึ้น ซึ่งมีตัวควบคุมที่น่าสนใจอยู่มากมาย โดยอาจจะใช้โมเดลของระบบเดิม หรือมีการเปลี่ยนโมเดลใหม่ให้ดูน่าสนใจมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- (1) ชาวลิต ศรัณยุคปต์, สงกรานต์ ศรีปัญญา, ปริญญานิพนธ์เรื่อง “อินเวอร์ทเพนดูลัม” ปีการศึกษา 2542 : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (2) กนิษฐา วิจิตรเมฆทอง, ณัฐพล พากเพียร, นวเทพ ชนาพรธม, ปริญญานิพนธ์เรื่อง “อินเวอร์ทเพนดูลัม” ปีการศึกษา 2541 : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (3) ฐาปนา นามประดิษฐ์, มงคลชน ศรีอมร, ปริญญานิพนธ์เรื่อง “ระบบควบคุมตำแหน่งลูกบอลบนคาน” ปีการศึกษา 2541 : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (4) วีรศักดิ์ กวีวิเชียร, ชีระยุทธ สุวรรณประทีป, สมาน เจริญกิจพูนผล, “กลศาสตร์วิศวกรรมภาคพลศาสตร์ (Dynamic)”, บริษัท ซีอีดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2537
- (5) ถาวร เญยจนราสุทธิ์, ชรรณ เจนวิญวัต, ปริญญานิพนธ์เรื่อง “อินเวอร์ทเพนดูลัม” ปีการศึกษา 2538 : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (6) โยชิน เปรมปรานีรัตน์, “วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (7) M.W.Spong, “**The Swing Up Control Problem For The Acrobot**”, 1995 IEEE Control System, pp.49-55, February, 1995
- (8) M.W.Spong, “**Robot Dynamics and Control**”, Wiley, 1989
- (9) Ogata K., “**Modern Control System**”, Englewood Cliffs, N.J.:prentice Hall, Inc., 1995
- (10) Ogata K., “**Discrete-Time Control Systems**”, Englewood Cliffs, N.J.:prentice Hall, Inc., 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



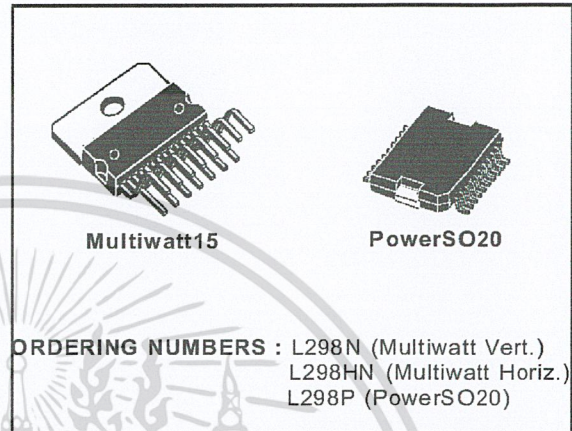
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

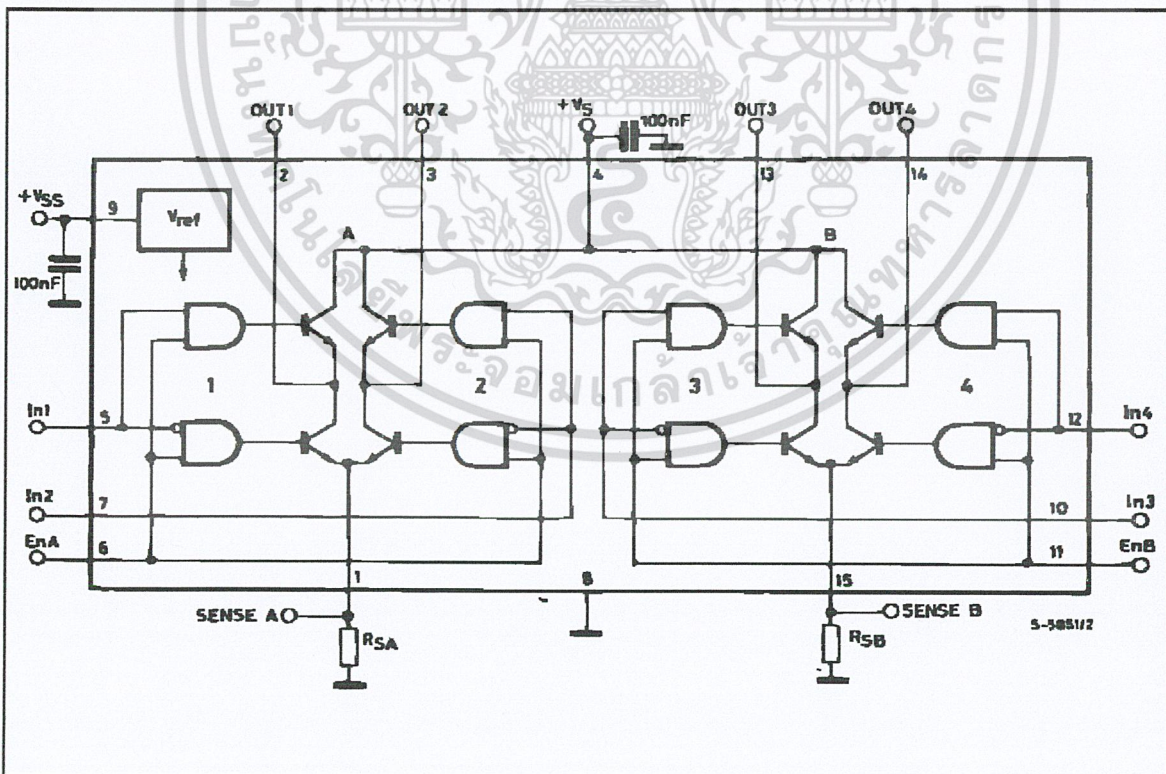
DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

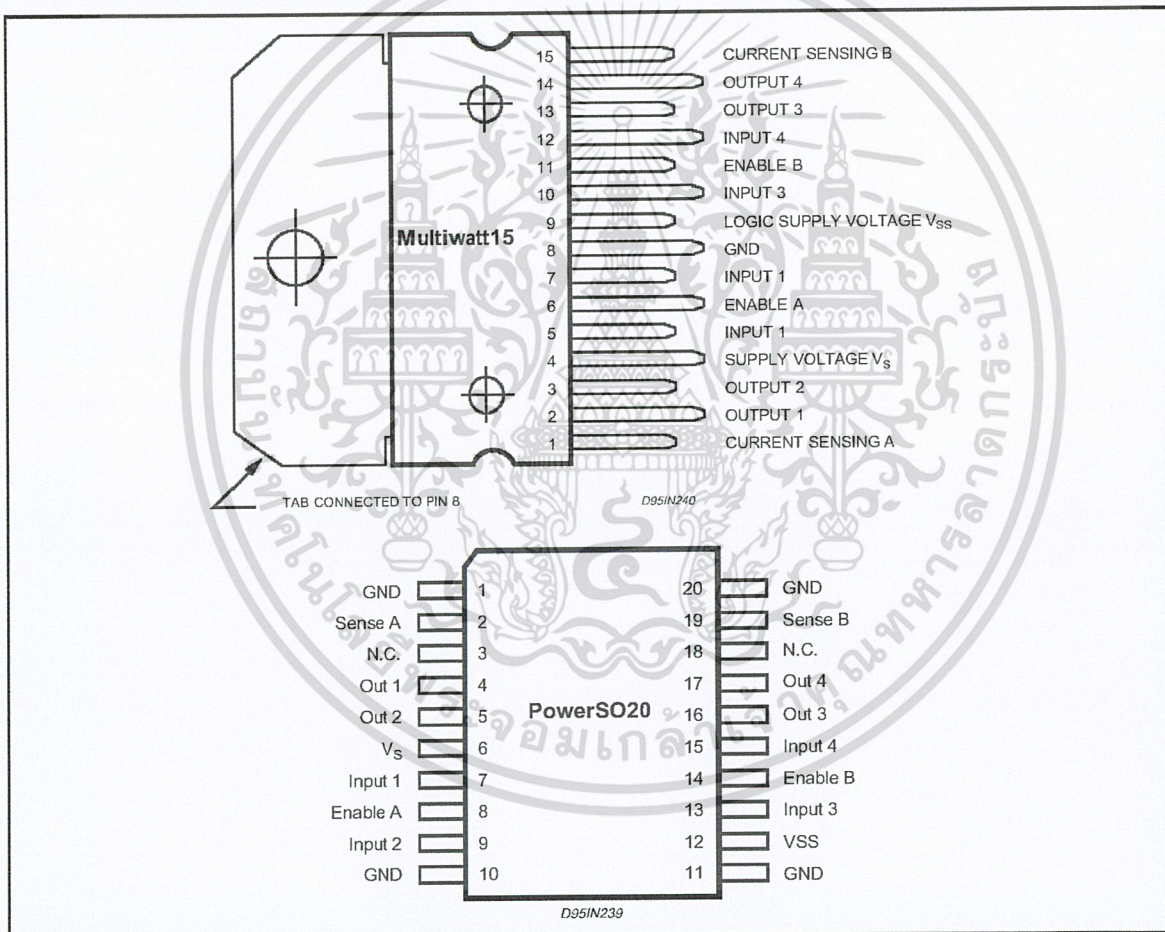
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _S	Power Supply	50	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V _I , V _{En}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I _O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive (t = 100μs)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; t _{ON} = 10ms)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V _{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P _{tot}	Total Power Dissipation (T _{case} = 75°C)	25	W
T _{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	°C
T _{stg} , T _j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
R _{th j-case}	Thermal Resistance Junction-case	Max.	3	°C/W
R _{th j-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate



PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V _{SS}	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V _{IH} +2.5		46	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I _S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L V _i = H		13 50	22 70	mA mA
		V _{en} = L V _i = X			4	mA
I _{SS}	Quiescent Current from V _{SS} (pin 9)	V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L V _i = H		24 7	36 12	mA mA
		V _{en} = L V _i = X			6	mA
V _{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V _{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V _{SS}	V
I _{iL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = L			-10	μA
I _{iH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = H ≤ V _{SS} - 0.6V		30	100	μA
V _{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V _{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V _{SS}	V
I _{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = L			-10	μA
I _{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = H ≤ V _{SS} - 0.6V		30	100	μA
V _{CEsat(H)}	Source Saturation Voltage	I _L = 1A I _L = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V _{CEsat(L)}	Sink Saturation Voltage	I _L = 1A (5) I _L = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V _{CEsat}	Total Drop	I _L = 1A (5) I _L = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V _{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T ₁ (V _i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (2); (4)		1.5		μs
T ₂ (V _i)	Source Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (2); (4)		0.2		μs
T ₃ (V _i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _i to 0.1 I _L (2); (4)		2		μs
T ₄ (V _i)	Source Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (2); (4)		0.7		μs
T ₅ (V _i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (3); (4)		0.7		μs
T ₆ (V _i)	Sink Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (3); (4)		0.25		μs
T ₇ (V _i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (3); (4)		1.6		μs
T ₈ (V _i)	Sink Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (3); (4)		0.2		μs
f _c (V _i)	Commutation Frequency	I _L = 2A		25	40	KHz
T ₁ (V _{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (2); (4)		3		μs
T ₂ (V _{en})	Source Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (2); (4)		1		μs
T ₃ (V _{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _{en} to 0.1 I _L (2); (4)		0.3		μs
T ₄ (V _{en})	Source Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (2); (4)		0.4		μs
T ₅ (V _{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (3); (4)		2.2		μs
T ₆ (V _{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (3); (4)		0.35		μs
T ₇ (V _{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (3); (4)		0.25		μs
T ₈ (V _{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V_{sens} min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

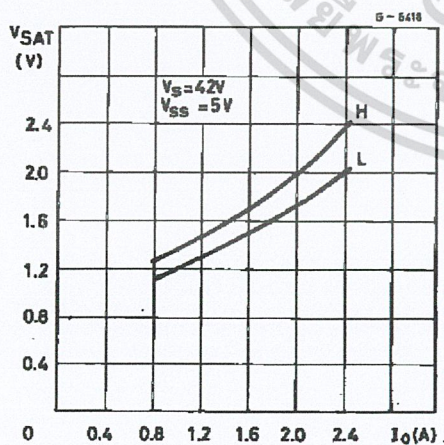


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.

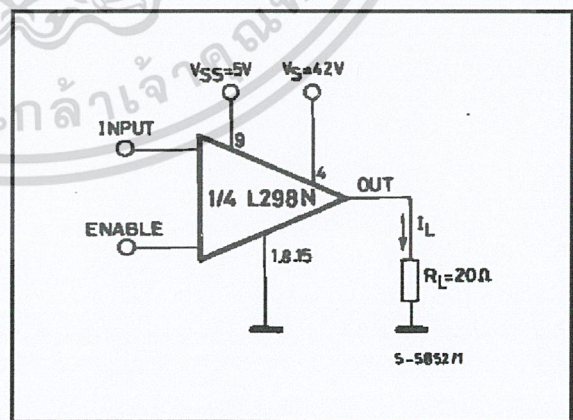


Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

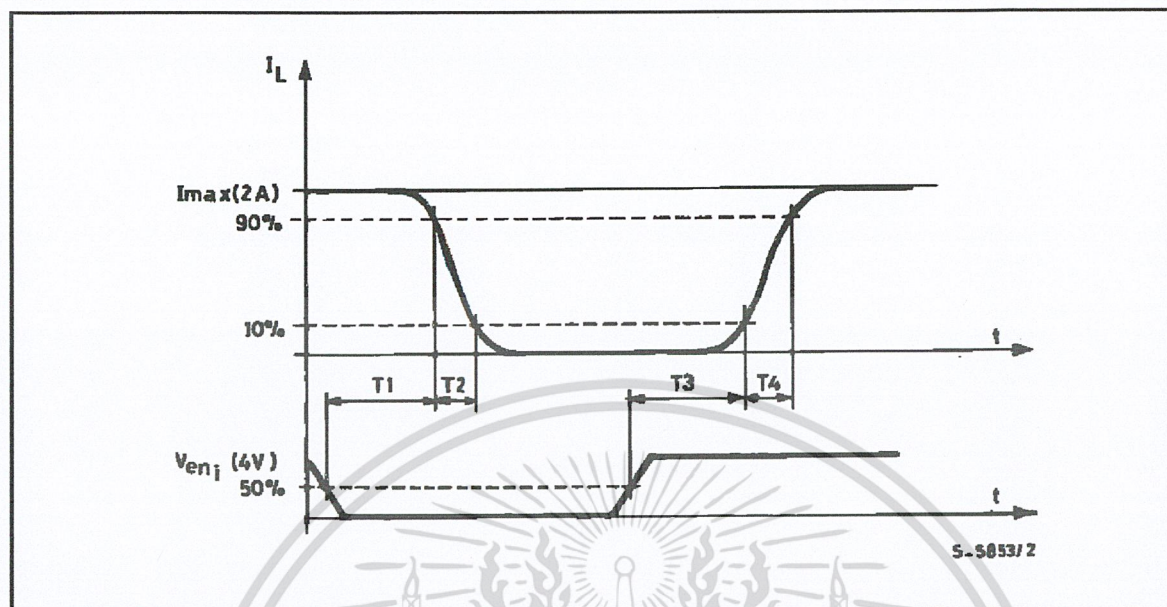
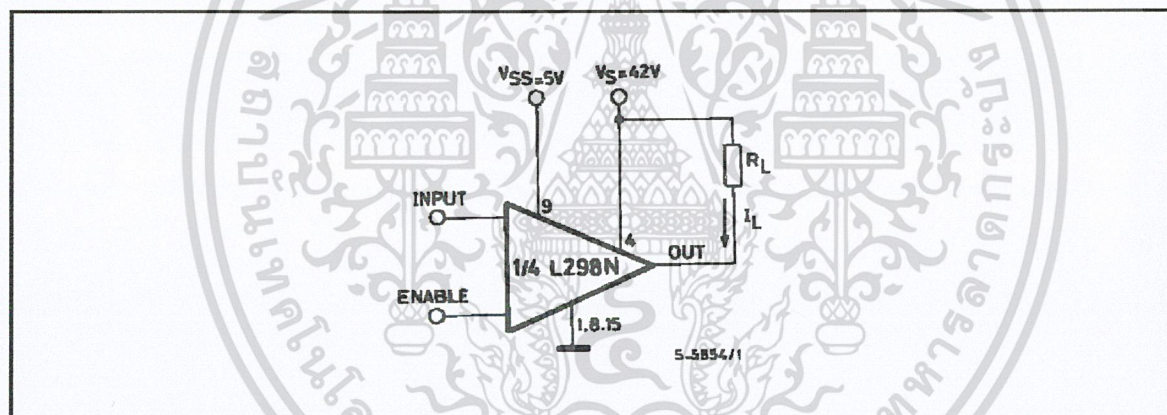


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
 For ENABLE Switching, set IN = L

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

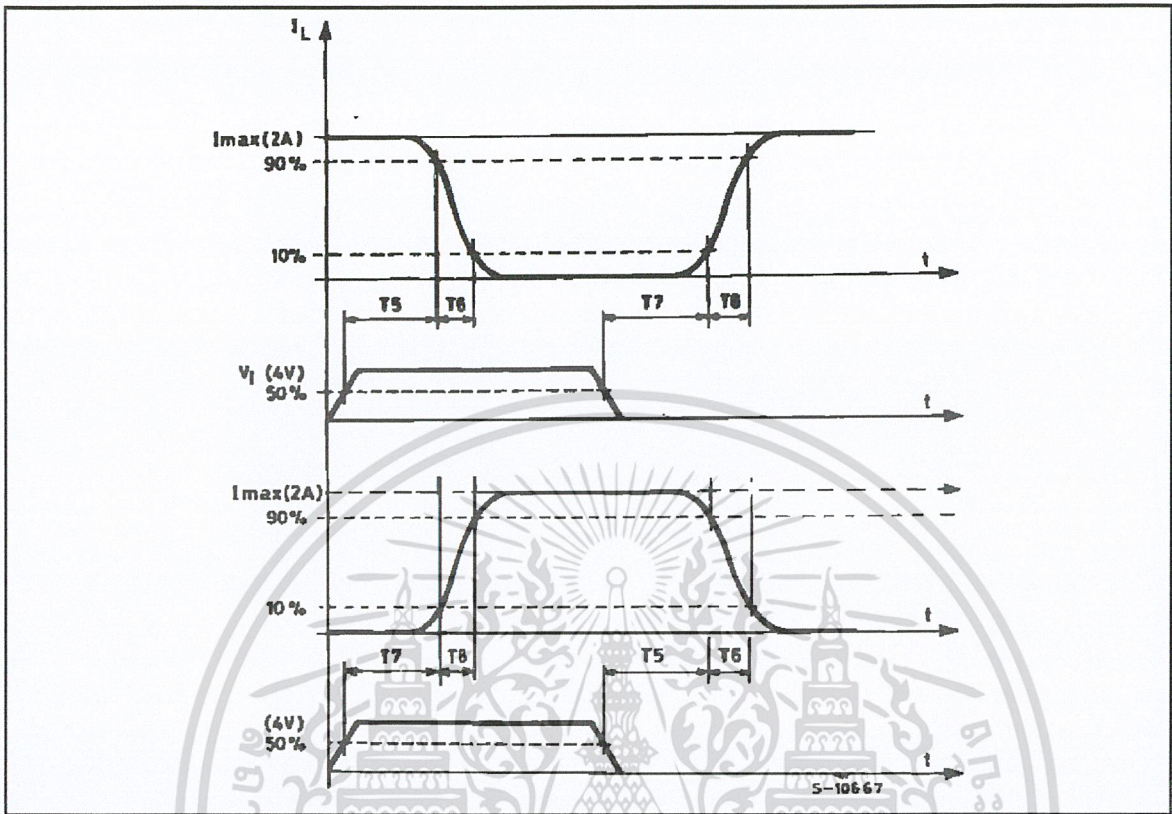


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

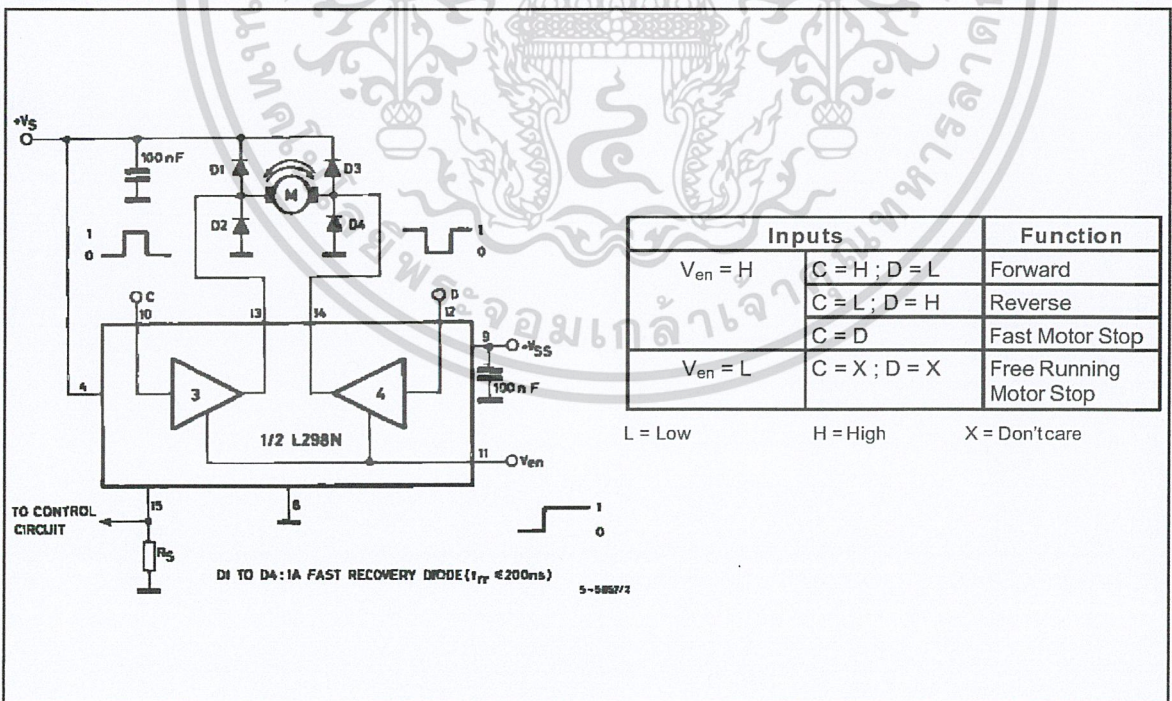
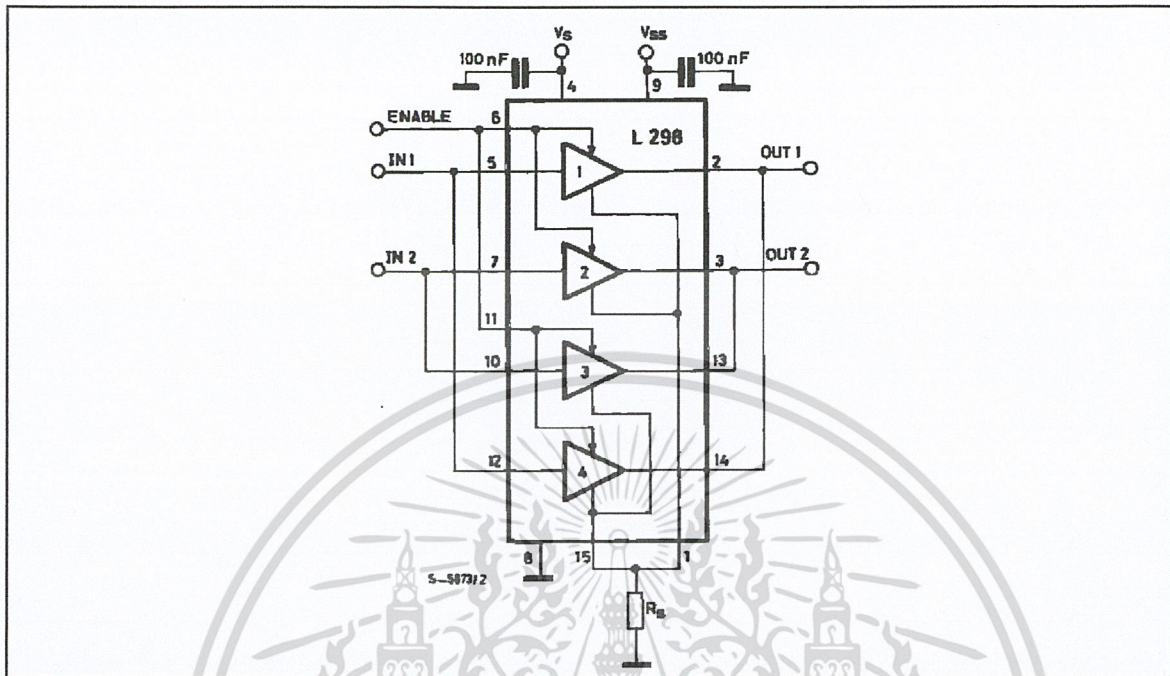


Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output: an external resistor (R_{SA} ; R_{SB} .) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are $In1$; $In2$; EnA and $In3$; $In4$; EnB . The In inputs set the bridge state when The En input is high; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both V_s and V_{ss} , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of V_s that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ($t_{tr} \leq 200$ nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Shottky diodes would be preferred.

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

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

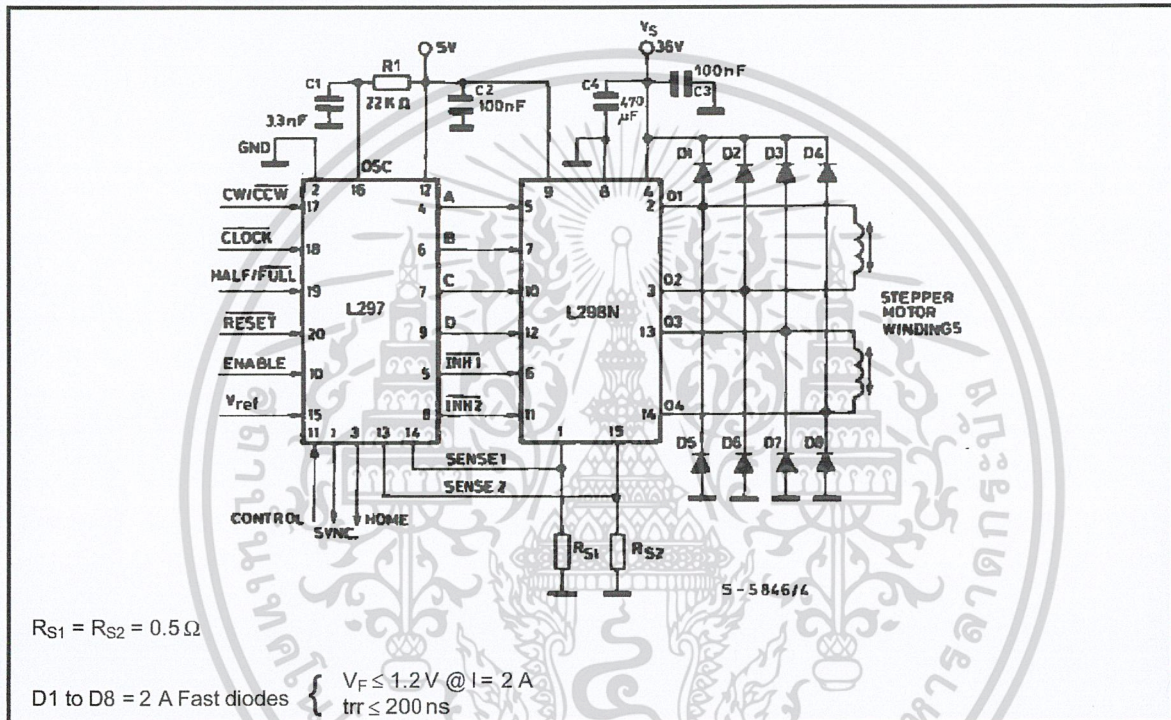


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

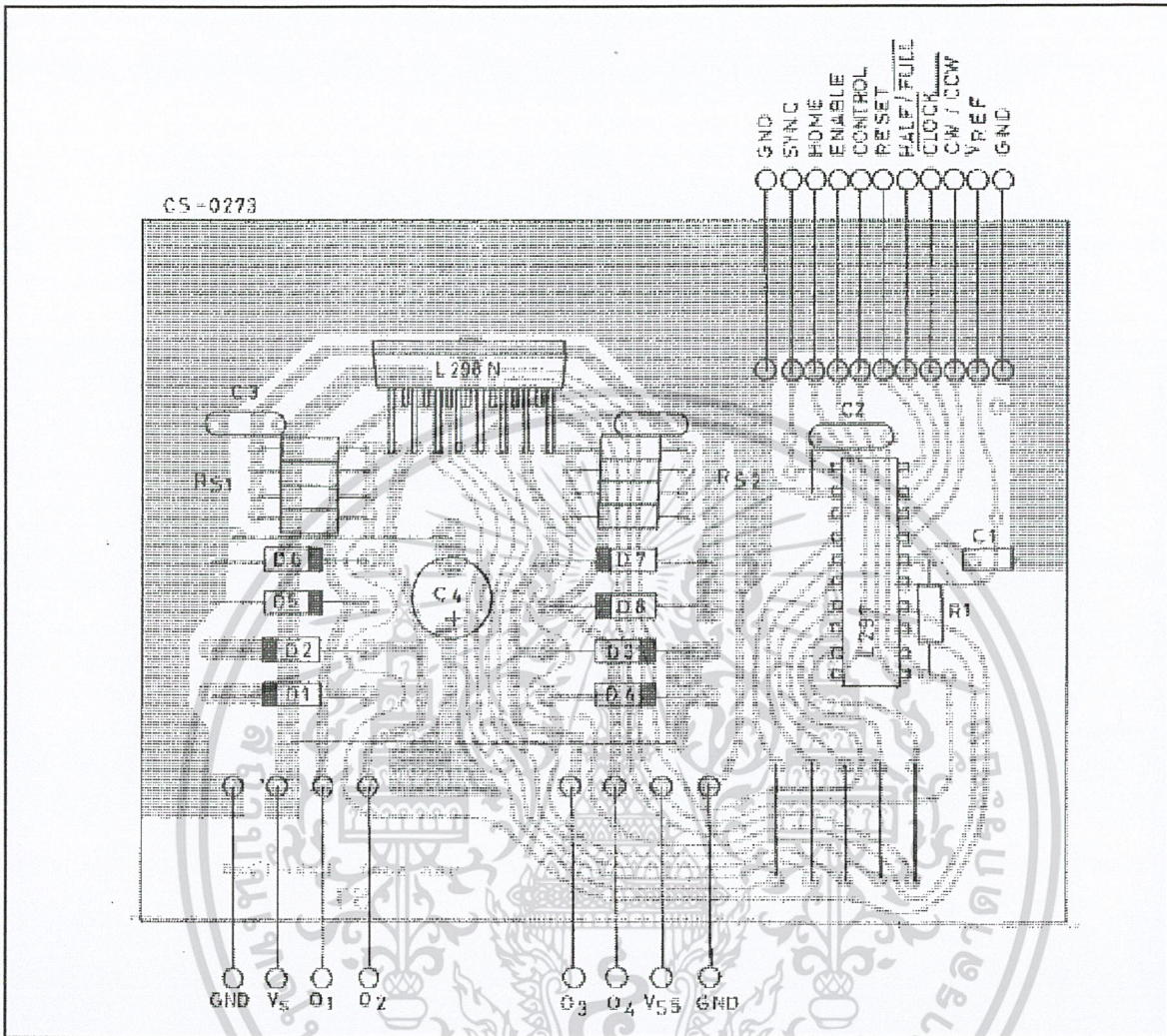
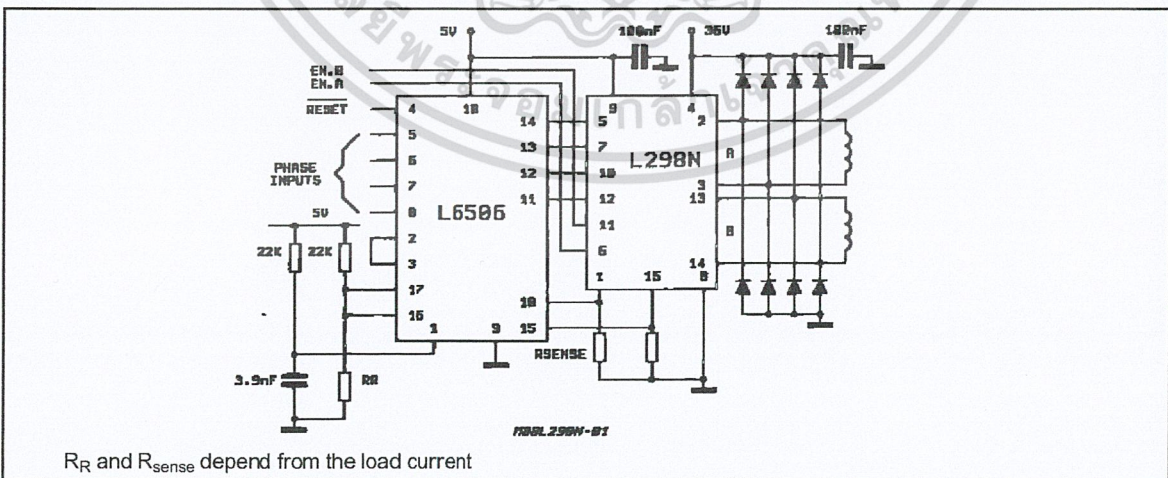
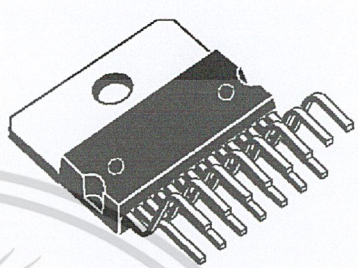


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

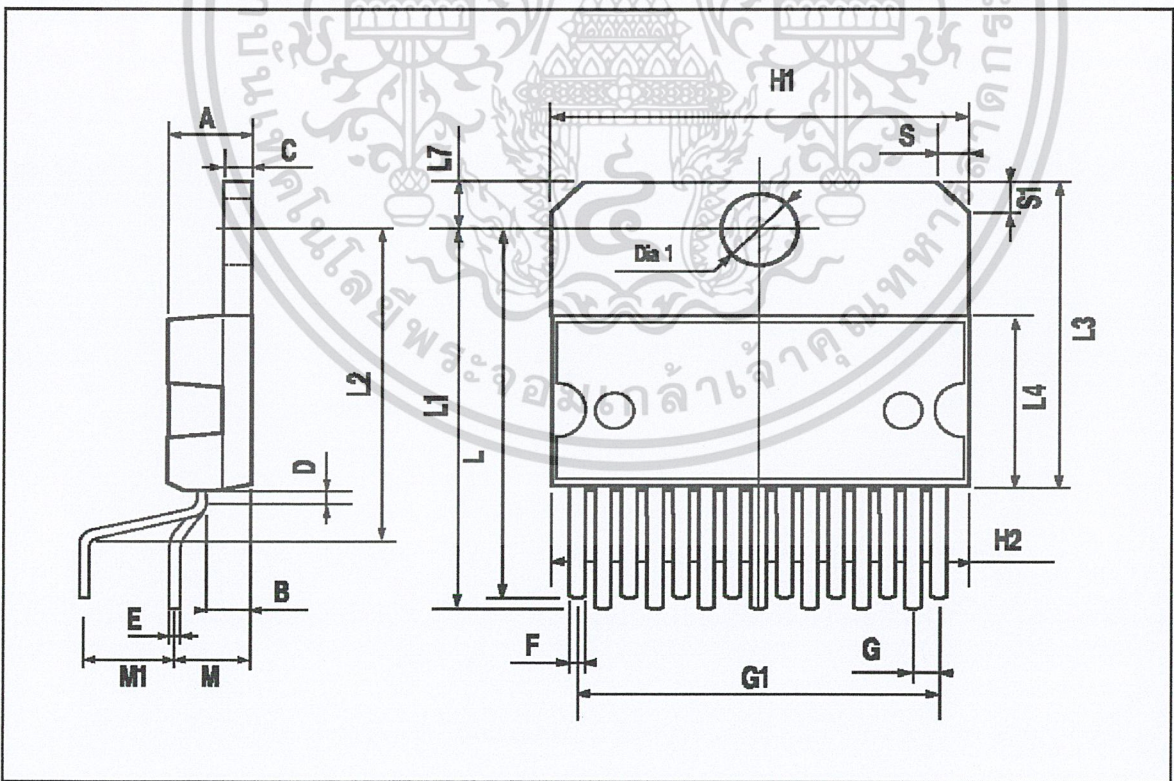


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886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

OUTLINE AND MECHANICAL DATA

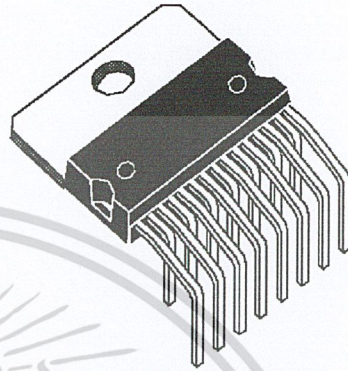


Multiwatt15 V

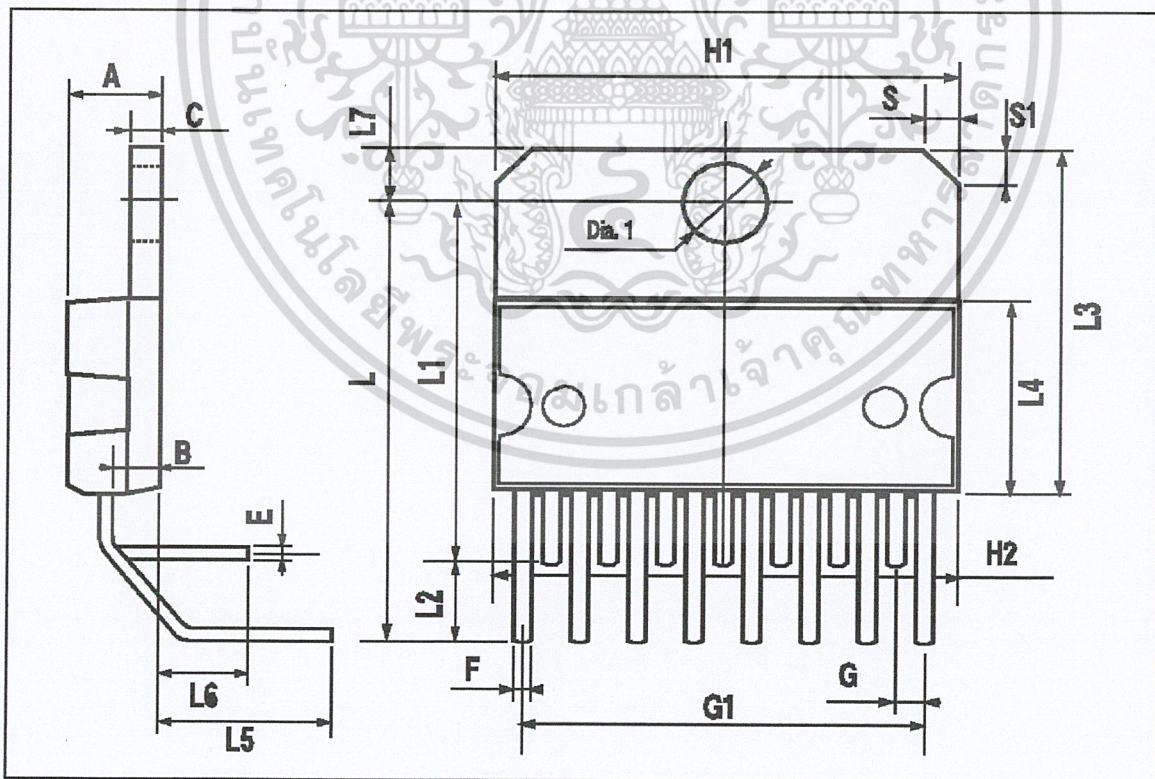


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
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
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
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

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



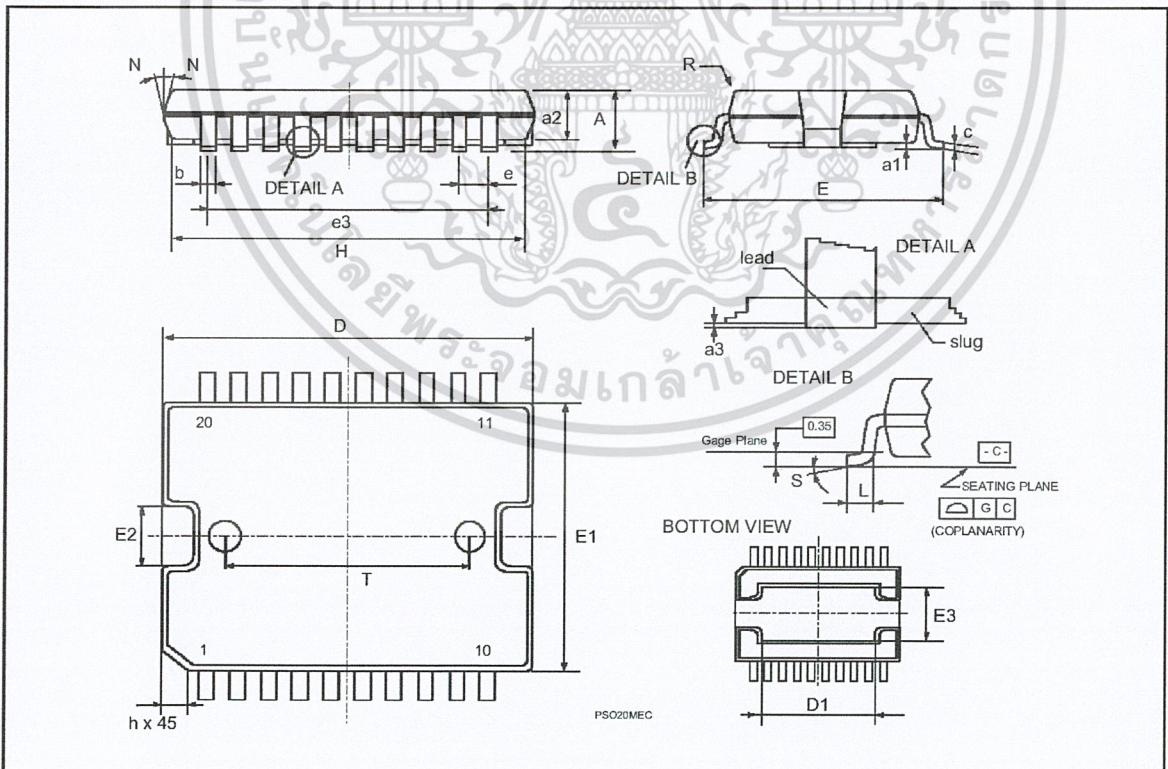
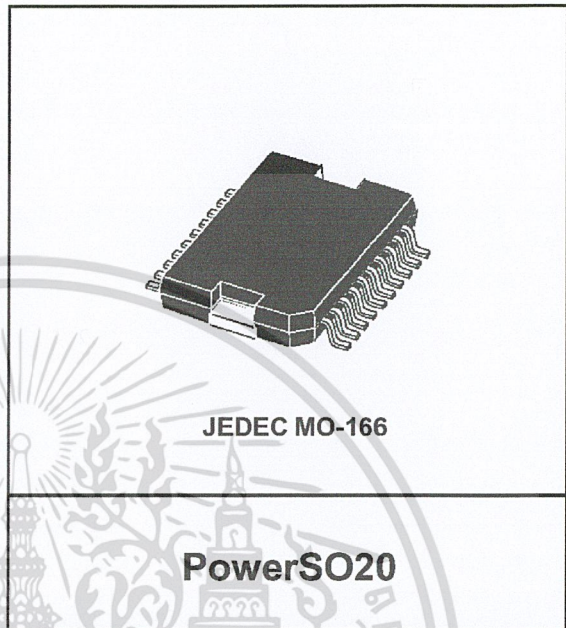
Multiwatt15 H



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N			10° (max.)			
S			8° (max.)			
T		10			0.394	

(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

OUTLINE AND MECHANICAL DATA





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics 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 STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
 © 1999 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved
 STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -
 Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

<http://www.st.com>

