



การออกแบบระบบควบคุมแขนกล

A DESIGN OF ROBOT ARM CONTROLLER

โดย

นายเอกวัตร จริงจิตร

เลขประจำตัว 38014672

นางสาวอริศรา คงเสรี

เลขประจำตัว 38014631

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิตติพล ชิตสกุล

เลขเรียกหนังสือ... ๒๗.๑๘๖๓ ๒๕๔๑

เลขทะเบียน... ๐๔๐๔๔๙

วัน เดือน ปี... ๑๙ ต.ค. ๕๕

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๔๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบระบบควบคุมแขนกล (A DESIGN OF ROBOT ARM CONTROLLER)

ผู้จัดทำ

1. นายเอกวัตร จริงจิตร 38014672
2. นางสาวอริศรา คงเสรี 38014631



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบควบคุมแขนกล

เอกวัตร จริงจิตร

อริศรา คงเสรี

ดร.กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบระบบควบคุมแขนกลซึ่งมีกลไกอยู่แล้วเพื่อให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ แขนกลที่นำมาศึกษานี้เดิมได้รับการออกแบบเพื่อใช้สำหรับหยิบใส่เข้าออกม้วนเทปวิดีโอจากช่องเก็บมายังเครื่องเล่นและจากเครื่องเล่นไปยังช่องเก็บ ปัญหาสำคัญของระบบเดิมคือทำงานได้ช้าและขาดความแม่นยำในบางจุด จึงได้ออกแบบระบบขับเคลื่อนและควบคุมขึ้นมาใหม่โดยให้คงโครงสร้างทางกลไกของเดิม นอกจากนี้ยังได้พัฒนาซอฟต์แวร์การแสดงผลภาพจากม้วนวิดีโอบนจอคอมพิวเตอร์และ Graphic User Interfacing ซึ่งทำให้ได้ระบบเล่นวิดีโอสำหรับงานนิทรรศการหรือห้องสมุดที่สมบูรณ์ขึ้นระดับหนึ่ง

A DESIGN OF ROBOT ARM CONTROLLER

Ekkawat Jingjit

Arisara Kongserce

Dr.Kitiphol Chitsakul Advisor

Educational Year 1998

Abstract

This thesis details a design of robot arm controller used for taking in and out the video tape cassette from and to storage slot and video player. The main problems of exist^{ing} system had been the operating at slow speed and accuracy. A new controller then has been designed based on the old mechanical parts. Moreover, the software for playing back the video programs and graphic user interfacing on a PC are developed providing the system is suitable for exhibitions and using in libraries.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	I
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	I
1.2 ลักษณะของโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดของโครงการ	3
2.1 โครงสร้างของแผนกเฉพาะงาน	3
2.2 ระบบควบคุมวิถีโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์	3
2.3 ชุดกลไกควบคุมการเคลื่อนย้ายม้วนวิถีโอเทป	4
2.4 การทำงานของชุดมือจับ	4
บทที่ 3 การทำงานของสเตปปีงมอเตอร์ และการทำงานของคีมอเตอร์	6
3.1 การทำงานของสเตปปีงมอเตอร์	6
3.2 การทำงานของคีมอเตอร์	10
บทที่ 4 การควบคุมและโปรแกรมการควบคุม	13
4.1 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม	13
4.1.1 การสื่อสารข้อมูล	13
4.1.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	14
4.1.3 อสมวารกับสมวาร	15
4.1.4 รูปแบบการสื่อสาร	16
4.1.5 มาตรฐาน RS-232	17
4.1.6 การใช้งาน	18
4.1.7 ขั้วต่อแบบย่อ	18
4.2 ส่วนประมวลผล(8051) และเอาต์พุตที่ใช้ในการควบคุม	19
4.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์	19
4.2.2 รีจิสเตอร์ภายใน MCS	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4.2.3 เมื่อทำงานเป็นวงจรตั้งเวลา	21
4.2.4 เมื่อทำงานเป็นวงจรนับ	21
4.2.5 พอร์ตชนิดอนุกรมอยู่ภายใน	22
4.2.6 อินเทอร์รัพต์และชุดคำสั่ง	22
4.2.7 ตัวจับเวลา/ตัวนับ	22
4.2.8 พอร์ตอนุกรม	27
4.3 ส่วนที่เป็นวงจรใช้ IC เบอร์ 18245 และ 18200	29
4.3.1 วงจรขับมอเตอร์ LMD 18245	29
4.3.2 วงจรขับมอเตอร์ LMD 18200	30
4.4 ส่วนของโปรแกรมการควบคุม	31
4.4.1 ส่วนของโปรแกรมแอสเซมบลี (โปรแกรมของ 8051)	31
4.4.2 ส่วนของโปรแกรม VISUAL BASIC	32
4.4.3 ลำดับขั้นตอนและวิธีการใช้งาน	32
บทที่ 5 วงจรและส่วนที่ใช้ในการควบคุม	36
5.1 วงจรสเตปปีงมอเตอร์	36
5.2 วงจรในส่วนมอเตอร์กระแสตรง	37
5.3 วงจรเซ็นเซอร์	37
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	43
บทที่ 7 บทสรุป	45
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมวิถีโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์	4
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส	7
รูปที่ 3.2 แสดง PWM Amplifier สำหรับมอเตอร์กระแสตรง	10
รูปที่ 4.1 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	14
รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบการสื่อสาร	16
(ก) แบบ SIMPLEX	
(ข) แบบ HALF-DUPLEX	
(ค) แบบ FULL-DUPLEX	
รูปที่ 4.3 การเชื่อมต่อระหว่าง DTE กับ DCE	17
รูปที่ 4.4 ระบุตำแหน่งขาและหน้าที่ของขั้วต่อ DB-9	18
รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดขา DIP ของ 8051	20
รูปที่ 4.5 โครงสร้างภายในหน่วยความจำของ MCS 51	21
รูปที่ 4.7 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 1 ในโหมด 0 และโหมด 1	23
รูปที่ 4.8 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 1 ในโหมด 2	24
รูปที่ 4.9 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 0 ในโหมด 23	24
รูปที่ 4.10 ลักษณะสัญญาณต่างๆ ในการทำงานแบบ Sign/Magnitude PWM	31
รูปที่ 4.11 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่รอการเลือกหมุนวิถีโอ	33
รูปที่ 4.12 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่รอการยืนยัน	33
รูปที่ 4.13 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่รอการยืนยันการทำงานของมือจับ	34
รูปที่ 4.14 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของโปรแกรม Tview	34
รูปที่ 4.15 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในส่วนที่ทำการควบคุมการทำงานของ เครื่องวิถีโอ	35
รูปที่ 4.16 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่มือจับนำม้วนวิถีโอไปเก็บไว้ที่ ตำแหน่งเดิม	35
รูปที่ 5.1 แสดงการต่อวงจรเซ็นเซอร์	37
รูปที่ 5.2 แสดงวงจร LOGIC SEQUENCE และ BUFFER	38
รูปที่ 5.3 แสดงวงจร DRIVE STEPPING MOTOR	39
รูปที่ 5.4 แสดงการต่อวงจรควบคุม DC MOTOR โดยใช้ IC เบอร์ LMD 18200	40

รูปที่ 5.5 แสดงการต่อวงจรควบคุม DC MOTOR โดยใช้ IC เบอร์ LMD 18245	41
รูปที่ 5.6 แสดงการต่อวงจรสร้าง PWM	42



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ	8
ตารางที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส	9
ตารางที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเตป	9



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาต่อจาก [1] ซึ่งเป็นแขนงที่ออกแบบไว้สำหรับการเคลื่อนย้ายม้วน วิดีโอระหว่างช่องเก็บและเครื่องเล่น เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการเลือกดูเทปบันทึกภาพได้เอง โดยส่งงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เท่านั้น คอมพิวเตอร์จะเป็นตัวควบคุมตั้งแต่การค้นหา ม้วนวิดีโอเทป ใส่ม้วนเทปลงในเครื่องเล่นวิดีโอเทปและเล่นเทป ซึ่งจะเหมาะกับงานห้องสมุด นิทรรศการ ตลอดจนการเรียนการสอนผ่านทางวิดีโอ

ปัญหาที่สำคัญของต้นแบบเดิมคือการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของมือจับเป็นไปอย่างช้า ๆ เนื่องจากการใช้สเตปปีงมอเตอร์ขนาดใหญ่เป็นตัวขับเคลื่อนทั้งหมดทำให้มวลที่เคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ นอกจากการสอดใส่ม้วนวิดีโอในช่องเก็บ และการดึงม้วนจากเครื่องเล่น นอกจากนี้ในระบบเดิมยังต้องใช้เครื่องเล่นโทรทัศน์ในการดูรายการที่บันทึกไว้ จึงได้มีแนวคิดที่จะแก้ไขปรับปรุงให้ระบบทำงานได้ดีกว่าเดิมและสมบูรณ์ขึ้น

1.2 ลักษณะของโครงการ

ตามเป้าหมายที่วางไว้คือแก้ไขปรับปรุงให้ระบบทำงานได้ดีกว่าเดิมและสมบูรณ์ขึ้น โดยลำดับขั้นตอนในการทำโครงการนี้จึงเริ่มจากศึกษาจุดบกพร่องต่าง ๆ ของต้นแบบเดิม เนื่องจากการจัดทำระบบกลไกนั้นใช้เวลาและการลงทุนสูง จึงใช้การดัดแปลงในส่วนนี้เท่าที่จำเป็น ไปพร้อม ๆ กันกับเพิ่มเติมส่วนการแสดงผลจากการเล่นเทปบนจอมอนิเตอร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ระบบกระชับรัดกุม ดังนั้นงานส่วนสำคัญคือพัฒนาระบบขับเคลื่อนทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ควบคุมรวมทั้งซอฟต์แวร์การแสดงผล

1.3 โครงสร้างของปริยญาณิพนธ์

ปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลจากการศึกษาตามเป้าหมายที่วางไว้ตลอดสองภาคการศึกษา ในการจัดทำปริยญาณิพนธ์นี้ได้เริ่มจากการรวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพอสังเขป เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการทำความเข้าใจ ซึ่งเนื้อหาภายในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งเป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดของโครงการ

บทที่ 3 การทำงานของสเตปปีงมอเตอร์ และการทำงานของซีเอ็มเอ

บทที่ 4 การควบคุมและโปรแกรมการควบคุม

บทที่ 5 วงจรและส่วนที่ใช้ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 7 บทสรุป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวคิดของโครงการ

ในการออกแบบและสร้างโครงการแขนกลเฉพาะงานนี้ ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของการควบคุมเครื่องเล่นวิดีโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์ การเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแนวแกน Y และมีจับม้วนวิดีโอเทป ซึ่งเมื่อทำทั้ง 3 ส่วนเสร็จแล้วก็จะนำมาประกอบเชื่อมต่อกัน จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

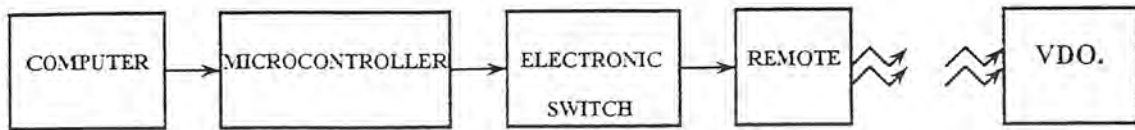
2.1 โครงสร้างของแขนกลเฉพาะงาน

โครงสร้างของแขนกลเฉพาะงานนี้จะเป็นลักษณะคล้ายตู้ซึ่งมีขนาดกว้าง 50 ซม. สูง 120 ซม. และลึก 50 ซม. ทำด้วยอลูมิเนียม ยึดโครงด้วยน็อต โดยที่ตำแหน่งสูงจากพื้น 20 ซม. จะมีชั้นวาง 1 ชั้นเพื่อใช้วางอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แผงวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับสเตปป์มอเตอร์ วงจรสร้างพัลส์ควบคุมมอเตอร์ วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ และวงจรเซ็นเซอร์ ที่ตำแหน่งสูงจากพื้น 35 ซม. จะทำเป็นชั้นและมีแผ่นไม้วางเป็นชั้นวางเครื่องเล่นวิดีโอเทปและเทป และในการใช้แผ่นไม้ยึดทำเป็นชั้นวางเครื่องเล่นวิดีโอเทปและเทปนี้จะมีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งคือ จะช่วยยึดโครงให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และที่ตำแหน่งจากด้านบนลงมา 5 ซม. ก็จะมีการยึดโครงด้วยอลูมิเนียม โดยโครงด้านบนนี้จะทำเป็นรางวิ่งของกลไกการเคลื่อนที่แนวแกน Y ด้วยโดยใช้สแตนเลสกลบขนาด 3 หุน ทำเป็นรางวิ่ง ส่วนตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ขับเคลื่อนกลไกการวิ่งในแนวแกน X จะติดตั้งที่โครงอลูมิเนียม และตัวขับเคลื่อนของชุดกลไกการวิ่งในแนวแกน Y จะติดตั้งอยู่บนชุดกลไกการวิ่งในแนวแกน X

2.2 ระบบควบคุมวิดีโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์

ในการควบคุมวิดีโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์นี้ จะอาศัยการควบคุมจากเครื่องควบคุมระยะไกล โดยมีหลักการคือจะพบว่าการทำงานต่างๆ ของฟังก์ชันของเครื่องควบคุมระยะไกลวิดีโอเทปก็คือการกดปุ่มโดยให้สวิทช์สัมผัสกันนั่นเอง จากจุดนี้สวิทช์อิเล็กทรอนิกส์จึงเข้ามามีบทบาท โดยเราจะอาศัยการควบคุมสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์จากคอมพิวเตอร์ โดยสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์นี้เมื่อได้รับ Logic 1 ก็จะมี ความต้านทานต่ำเปรียบเสมือนเรากดสวิทช์ปิดวงจร และเมื่อได้รับ Logic 0 ก็จะมี ความต้านทานสูงมากเปรียบเสมือนเราเปิดสวิทช์หรือเปิดวงจร ซึ่งจากหลักการนี้ก็จะสามารถทำให้เราควบคุมเครื่องเล่นวิดีโอเทปจากคอมพิวเตอร์ได้ และหน้าจคอมพิวเตอร์เราก็จะทำเป็นเมนูให้ผู้ใช้เลือกฟังก์ชันการทำงานจากหน้าจคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็จะส่งสัญญาณควบคุมออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมเครื่องควบคุมระยะไกลอีกทีหนึ่ง ในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic และในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน ซึ่งขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของชุดควบคุมเครื่องเล่นวีดิโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์นี้แสดงดังบล็อกไดอะแกรมต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุมวีดิโอเทปด้วยคอมพิวเตอร์

2.3 ชุดกลไกควบคุมการเคลื่อนย้ายม้วนวีดิโอเทป

การเคลื่อนที่ในแนวแกน X,Y นั้น เราจะใช้การเคลื่อนที่เพื่อหิบบ้วนวีดิโอเทปไปไว้ในเครื่องเล่นวีดิโอเทป ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สำคัญ ในการสร้างส่วนใหญ่จะเป็นทางด้านกลไก ความผิดพลาดต้องน้อย การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งจุดที่ต้องการจะต้องมีความแน่นอน ซึ่งถ้าเกิดความผิดพลาดก็จะไม่สามารถทำงานได้เช่น การหิบบ้วนวีดิโอเทปจะต้องหิบบนตำแหน่งที่ถูกต้องจริงๆ แต่ถ้าในการหิบบมีการผิดพลาดจากตำแหน่งที่กำหนดเช่นเกิดการเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาก็จะไม่สามารถนำมาใส่เข้าไปในเครื่องเล่นวีดิโอเทปได้ ดังนั้นในส่วนนี้จึงต้องมีความละเอียดและถูกต้องมากที่สุด ในการทำงานนั้นเราจะอาศัยดีซีมอเตอร์ 2 ตัว เป็นตัวทำหน้าที่ให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นในแนวแกน X และแกน Y ตามลำดับ ในการเคลื่อนที่เราจะใช้สายพานคล้องเข้ากับเฟืองที่ยึดติดกับมอเตอร์เมื่อมอเตอร์หมุนก็จะทำให้สายพานหมุน ชุดเฟืองก็จะเคลื่อนที่ไปด้วย โดยชุดเฟืองในแนวแกน Y จะถูกติดตั้งอยู่บนชุดเฟืองเคลื่อนที่แกน X ในการทำงานชุดเฟืองทั้งแกน X และ Y จะเคลื่อนที่พร้อมกันทำให้ระยะเวลาที่มีมือจับเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการน้อยลงเมื่อเทียบกับการให้เคลื่อนที่ทีละแกน ซึ่งจุดตำแหน่งต่างๆ จะถูกกำหนดโดยคอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกับ SENSOR และ ENCODER จะเป็นตัวคอยเช็คว่าได้จุดหรือตำแหน่งที่เราต้องการหรือยัง ซึ่งจากหลักการที่กล่าวมานี้ก็จะทำให้เราสามารถควบคุมชุดการเคลื่อนที่ในแนวแกน X,Y ได้ ในส่วนของการควบคุมดีซีมอเตอร์นั้นจะใช้วงจรมอเตอร์แบบพัลส์วิดโมดูเลท เพื่อที่จะสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ให้เป็นแบบอัด โนมัลตามระยะทาง และยังทำหน้าที่เป็นค่านับพัลส์จาก ENCODER และเช็คเอาต์พุตจาก SENSOR ด้วย

2.4 การทำงานของชุดมือจับ

การทำงานของตัวมือจับจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ในส่วนของการกางมือจับออกเพื่อจับม้วนวีดิโอเทป และส่วนของการเคลื่อนที่เข้าออกเพื่อนำม้วนวีดิโอเทปออกจากที่เก็บ

และได้ในเครื่องเล่นวีดิโอเทป การทำงานในส่วนของการกางมือจับออกเพื่อจับม้วนวีดิโอเทปจะอาศัยลูกเอกสารถูกเป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบียร์เป็นตัวทำให้มือจับกางออก ลูกเบียร์จะมีลักษณะเป็นวงรี โดยถ้าสังเกตจะพบว่า วงรีนี้ถ้าอยู่ในลักษณะนอนความสูงจะมีค่าน้อย แต่ถ้าอยู่ในลักษณะตั้งความสูงจะมีค่ามาก จากจุดนี้จึงนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยเราจะใช้แผ่นโลหะ 2 แผ่นวางประกบวงรีนี้ แผ่นโลหะนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ ขณะที่วงรีอยู่ในลักษณะนอนก็จะทำให้ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะมีค่าน้อย ซึ่งก็คือขณะที่มือจับยังไม่กางออก เมื่อทำให้วงรีอยู่ในลักษณะแนวตั้งก็จะทำให้ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะมีค่ามาก ซึ่งก็คือมือจับอยู่ในลักษณะกางออก ในการทำให้วงรีหรือลูกเบียร์มีการหมุนเป็นแนวตั้งหรือแนวนอนจะใช้มอเตอร์คอกับชุดเฟืองทด เมื่อมอเตอร์หมุนก็จะทำให้ลูกเบียร์มีการหมุนนั่นเอง

มือจับจะมีลักษณะเป็นตัวยึดมี 2 ซีกนำมาประกบกัน ส่วนปลายจะเป็นเป็นที่ใช้จับม้วน วิดีโอ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด กว้าง×ยาว เท่ากับ 5×5 เซนติเมตร และมีแท่งสแตนเลสตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ยาว 11 เซนติเมตร 2 เส้น ร้อยทะลุผ่านลูกปืนสโกล์ที่ติดกับตัวยึดไว้ และตัวยึด 2 ตัวนี้จะถูกดึงเข้าหากันด้วยสปริง 2 ตัว สปริง 2 ตัวนี้จะทำหน้าที่กำหนดแรงบีบที่ใช้จับม้วนวิดีโอ และที่กึ่งกลางบริเวณที่ตัวยึด 2 ตัวประกบกันนั้นจะมีเพลาลูกเบียร์ก้นอยู่ โดยเมื่อเวลาทำงาน สเตปป์มอเตอร์ตัวที่ใช้จับเพลาลูกเบียร์จะถูกสั่งให้หมุน เมื่อเพลาลูกเบียร์หมุนส่วนที่มีความกว้างมากของเพลาลูกเบียร์จะไปขวางระหว่างตัวยึดทั้ง 2 ทำให้มือจับกางออก และเมื่อสเตปป์มอเตอร์ตัวเดิมได้รับคำสั่งให้หมุนกลับในทิศทางตรงข้ามและระยะการหมุนเท่าเดิมก็จะทำให้มือจับหุบลงได้ด้วยแรงของสปริง สำหรับตัวเลื่อนในแนวแกน Z นั้นส่วนกลไกจะใช้ลูกปืนสโกล์ 3 ตัวติดไว้ที่ท่กลองของมือจับ(ด้านบน 2 ตัว ด้านล่าง 2 ตัว) และมีแท่งสแตนเลส 2 เส้น เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร 2 เส้น ร้อยทะลุผ่านเพื่อใช้เป็นรางวิ่ง ท่กลองของมือจับยังมีรางเฟืองติดไว้อีกด้วย ตัวจับจะใช้สเตปป์มอเตอร์ตัวหนึ่งซึ่งเป็นคนละตัวกับส่วนของมือจับทำหน้าที่หมุนเฟืองที่ขบกับรางเฟืองเพื่อให้เกิดแรงในการเลื่อน

มือจับและตัวเลื่อนแนว Z นับว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญกับ โครงงานนี้มาก ตัวมือจับมีหน้าที่ 2 อย่างคือ

- คีบ หรือจับม้วนวิดีโอจากชั้นวางม้วนวิดีโอ นำไปใส่ในเครื่องเล่นวิดีโอ หรือคียบม้วนวิดีโอ จากเครื่องเล่นวิดีโอ นำไปเก็บที่ชั้นวางม้วนวิดีโอตามเดิม
- มีหน้าที่ดันม้วนวิดีโอเข้าเครื่องเล่นวิดีโอ หลังจากที่ได้คียบม้วนวิดีโอจากชั้นวางมาใส่ในเครื่องเล่นแล้ว

ตัวเลื่อนแนวแกน Z จะมีหน้าที่ทำให้มือจับเลื่อนได้ในแนวแกน Z เพื่อให้มือจับคียบม้วนวิดีโอออกมาจากชั้นวางม้วนวิดีโอ หรือคียบม้วนวิดีโอออกมาจากเครื่องเล่นม้วนวิดีโอได้

บทที่ 3

การทำงานของสเตปป์มอเตอร์และการทำงานของดีซีมอเตอร์

3.1 การทำงานของสเตปป์มอเตอร์

สเตปป์มอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วๆ ไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมัน จะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วๆ ไปซึ่งจะหมุนทันทีและตลอดเวลา สเตปป์มอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลขได้อย่างละเอียด โดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดและจะเก็บตัวเลขเหล่านี้ไว้

สเตปป์มอเตอร์สามารถใช้งานในระบบเปิด (OPEN LOOP SYSTEM) นั่นก็คือมันทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนกลับ (FEEDBACK) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้อย่างถูกต้องจำเป็นต้องมีการป้อนกลับไปยังระบบให้รับรู้และอะไรจะเป็นตัวบอกได้ว่าตำแหน่งถูกต้องแล้วหรือเกิดการผิดพลาด (ERROR)

วิธีหนึ่งที่ใช้กัน โดยทั่วไปกับสเตปป์มอเตอร์ก็คือการใช้สวิทช์ที่ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับ (LIMIT SWITCH) เมื่อสเตปป์มอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนจนกระทั่งถึงตำแหน่งของสวิทช์ตรวจจับสัญญาณก็จะถูกป้อนกลับเข้าสู่ระบบและทราบการทำงานของสเตปป์มอเตอร์ได้ตลอดเวลาซึ่งโดยปกติในวงจรคอนโทรลเลอร์จะมีการกำหนดจุดอ้างอิง (REFERENCE POINT) ไว้ด้วยเพื่อให้เริ่มทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้อย่างถูกต้อง

มอเตอร์ทั่วๆ ไปการที่จะทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ (ROTOR) ได้ต้องมีการกระทำของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ (STATOR) ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดวางขั้วแม่เหล็ก (POLE) การหมุนทำได้ทั้งแบบต่อเนื่องและกลับทิศทางไปมา โดยกระบวนการทางไฟฟ้าสลับหรือการจัดวางแปรงถ่าน และการจัดแยกคอมมิวเตเตอร์ และทำการสวิทช์ซึ่งกำลังไฟฟ้าให้เกิดแรงดึงดูดของแม่เหล็ก (MAGNETIC) ที่ขั้วแม่เหล็กสร้างและหยุดสลับกัน ผลก็คือเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นบนสเตเตอร์โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ละคู่ของขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามไปตลอดเวลา และเมื่อต้องการหยุดหมุนทำได้โดยหยุดการเกิดขั้วแม่เหล็กที่จุดหนึ่งโดยหยุดการสวิทช์ซึ่งในลำดับต่อไปเสียการหมุนกลับทิศทางก็ทำได้เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วเพียงแต่ทำการสวิทช์ซึ่งกำลังไฟฟ้าให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางกลับกัน หรือกลับลำดับการสวิทช์ของมัน

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาแต่ละซี่เหล่านั้นจะมีขดลวดพันสวมอยู่ ดังนั้นเมื่อ ป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNETIC) ขึ้น ด้านตรงข้ามของแต่ละขั้วแม่เหล็กจะได้รับกระแสไฟฟ้าในขณะเดียวกัน แล้วจะไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทิศทางตรงข้ามขึ้น

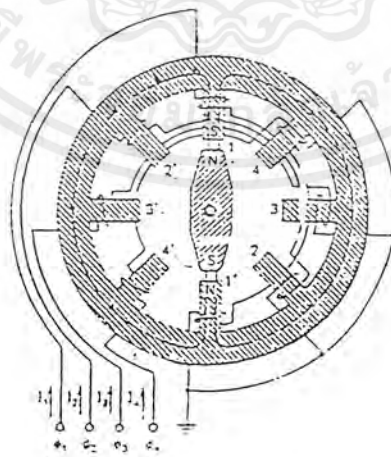
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนของสเตปต์ต่อรอบมากขึ้นตามไปด้วย

อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานสามารถเพิ่มจำนวนของสเตปต์ได้อีกวิธีหนึ่งโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายใน โดยทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรเตอร์หยุดหมุนอยู่ระหว่างกลางของ 2 ขั้วแม่เหล็กนั้นหรือเคลื่อนที่ไปครึ่งสเตปต์เท่านั้น และวิธีการนี้ยังช่วยให้เกิดแรงบิด(TORQUE) มากขึ้นด้วย

สเตปป์ิ่งมอเตอร์โดยทั่วไปมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนสเตปป์ิ่งต่อรอบเป็นจำนวนมาก ปกติอยู่ที่ประมาณ 100-400 สเตปต์ต่อรอบ การมีจำนวนสเตปต์มากๆ นี้ ไม่ได้เพิ่มที่จำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเตเตอร์ แต่ทำได้โดยเพิ่มจำนวนซี่ขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ จำนวนสเตปต์ต่อรอบทั้งหมดจะ ได้จากการคูณจำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์และจำนวนซี่ที่โรเตอร์ ดังเช่นถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์ และ 8 ซี่ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์ สเตปป์ิ่งมอเตอร์ตัวนี้ จะทำงานที่ 24 สเตปต์ต่อรอบหรือหมุนเป็นมุม 15 องศา ต่อสเตปต์

การใช้วงจรดิจิตอลคอนโทรลเลอร์กำหนดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดบนสเตเตอร์แบบซีควเอนเชียลทำให้สามารถ ควบคุมการเคลื่อนที่ทุกสเตปต์ได้ เช่นเดียวกับการควบคุมในวงจรดีซี-เซอร์โว(DC SERVO) แต่การควบคุมด้วยดิจิตอลไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ การเคลื่อนที่ทุกสเตปต์ได้จากการคำนวณจำนวนรอบหรือมุมในการหมุนที่ต้องการ แล้วจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ พิกัดในการทำงานอาทิความเร็วสูง, มุมในการเคลื่อนที่, ตำแหน่งของเพลาถูกกำหนดจากข้อมูลที่ส่งมาควบคุมสเตปป์ิ่งมอเตอร์



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของสเตปป์ิ่งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเตปป์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเตปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีเวนเซียลในรูปแบบที่ถูกต้องด้วยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเวฟ, แบบ 2 เฟส และแบบครึ่งสเตป ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบเวฟเป็นแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งเรียงถัดไป ดังเช่น ขดที่ 1,2,3,4,1 หรือ 1,4,3,2,1 ซึ่งอยู่กับทิศทางที่ต้องการหมุนดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกลงและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆ ในเวลา แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

สเตปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

แบบที่ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นคดจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟ คือ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12,23,34,41,12 หรือ 14,43,32,21,14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงคืดอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันและค่อไปด้วยแรงคืดจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียก็คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ามากขึ้นขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

สเตปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

แบบครึ่งสเตปเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเตปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไป ตามลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1,12,2,23,3,34,4,41,1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1,14,4,43,3,32,2,21,1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีกเพราะช่วงสเตปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเตปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขด ที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีมากขึ้นแต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเตปจึงจะได้เท่ากับ 1 สเตปเต็ม เหมือนกับในการควบคุม 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟส จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเตป

สเตปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของดีซีมอเตอร์

ในโครงงานนี้มีการใช้งานดีซีมอเตอร์อยู่ 2 ตัวด้วยกัน คือ มอเตอร์ขนาด 24 โวลต์ ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y ดังนั้นการควบคุมดีซีมอเตอร์จึงเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในโปรเจกต์นี้ หลักการทำงานในการคอนโทรลความเร็วดีซีมอเตอร์ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นแบบ PWM(PULSE WIDTH MODULATION)

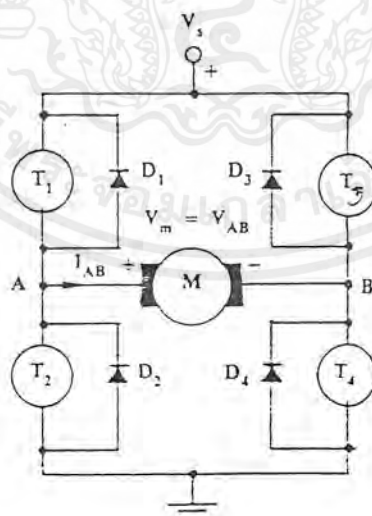
3.2.1 PULSE WIDTH MODULATION

ระบบ PWM ปกติจะใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงและ AMPLIFIER เป็นตัวสวิทช์ซึ่งขับพลาตโวลต์เตจให้ ON และ OFF ที่ความถี่คงที่และมีช่วงเวลาของการ ON ที่ปรับค่าได้ในหนึ่งคาบหรือที่เรียกว่า การปรับ DUTY CYCLE การปรับ DUTY CYCLE นั้นเป็นการปรับค่าเฉลี่ยของ VOLTAGE ที่จ่ายให้แก่โหลดได้ในที่นี้ก็คือดีซีมอเตอร์นั่นเอง

เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นความถี่ของ PWM AMPLIFIER จะคงที่แต่จะเปลี่ยนค่า DUTY CYCLE ตามโหลด สวิทช์ซึ่ง AMPLIFIER สามารถควบคุมความเร็วต่ำๆ โดยมีแรงบิดสูงอยู่โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงานเหมือนพวก AMPLIFIER เชิงเส้น AMPLIFIER แบบ PWM สามารถทำงานได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ไบโพลาร์
2. ยูนิโพลาร์
3. ลิมิตยูนิโพลาร์

สำหรับแบบ ไบโพลาร์เป็นแบบที่ง่ายที่สุดดูการทำงานตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดง PWM Amplifier สำหรับมอเตอร์กระแสตรง

ซึ่งส่วนประกอบของรูปที่ 3.1 นั้นจะประกอบอยู่ในส่วนของ IC เบอร์ LMD 18245 ที่เลือกใช้ ในการคอนโทรลดีซีมอเตอร์ในโครงงาน เอนกสารนี้เอนกสารให้ทั้งหนังสือทั้งการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่เราจะกำหนดให้มีความถี่การสวิตช์ให้เป็น f_s โดยให้ t_{on} เกิดขึ้นในช่วงแรกของคาบและ t_{off} เกิดขึ้นในช่วงหลัง

$$t_{on} \text{ เมื่อ } 0 \leq t \leq t_1$$

$$t_{off} \text{ เมื่อ } t_1 \leq t \leq t_r$$

ไบโพลาร์จะมี และ นำกระแสระหว่าง เฟส และส่วน และ จะนำกระแสขณะเฟส จะได้ ตก กร่อมมอเตอร์เป็น

$$V_{motor} = V_{AB} = \begin{cases} V_s; 0 < t < t_1 \\ V_s; t_1 < t < t_r \end{cases}$$

ยูนิโพลาร์จะลดจำนวนทรานซิสเตอร์ในการสวิตช์ลง การสวิตช์ขึ้นกับ V_{in} เป็นบวก หรือ ลบ เมื่อ V_{in} เป็น บวก T_1 จะนำกระแสตลอดคาบในขณะที่ T_1 นำกระแสในช่วงเฟส on และ T_2 จะนำกระแสในช่วงเฟส off เมื่อ V_{in} เป็นลบ T_2 จะนำกระแสตลอดโดยมี T_1 และ T_4 สลับกันทำงาน ถ้า V_{in} เป็นบวกจะได้

$$V_{in} = \begin{cases} V_s \text{ เมื่อ } t_{on} \\ 0 \text{ เมื่อ } t_{off} \end{cases}$$

การแสดงค่าในทางลบจะเหมือนกันเพียงแต่เป็นลบเท่านั้น

จากลักษณะของ 2 แบบ ที่กล่าวมานั้นเป็นประโยชน์เหมือนกันซึ่งในแต่ละกรณีจะมี ทรานซิสเตอร์คู่หนึ่ง T_1, T_2 หรือ T_3, T_4 จะหยุดนำกระแสขณะที่อีกคู่หนึ่งนำกระแส ซึ่งมีเวลาเก็บ ประสมและเวลาที่ปล่อยออกของทรานซิสเตอร์เกิดขึ้นและมันอาจเป็นไปได้ที่ทรานซิสเตอร์ทั้งหมดนำ กระแสในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟ เราจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงสภาวะคัง กล่าวซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างช่วงเวลาหน่วง delay time ระหว่างการหยุดและนำกระแสของ ทรานซิสเตอร์และด้วยเหตุผลดังกล่าวความถี่ของการสวิตช์จะถูกจำกัดในวงที่แคบลง

ลิมิตยูนิโพลาร์ จะแสดงให้เห็นคือมีความจำเป็นต้องมีช่วงเวลาหน่วงซึ่งการสวิตช์ขึ้นกับค่า V_{in} เมื่อ V_{in} เป็น บวก T_1 จะนำกระแสตลอด โดย T_1 จะเป็นสวิตช์ on ในช่วงเฟส on ดังนั้นในช่วงเฟส on ทั้ง T_1 และ T_2 จะ on ยังผลแก่โวลต์เดจของมอเตอร์ V_m คือ

$$V_{motor} = V_s \text{ เมื่อ } t_{on}$$

ระหว่างเฟส off จะมี T_1 นำกระแสเพียงตัวเดียวเป็นผลให้ V_m ขึ้นกับ I_{AB} คราบใดที่ $I_{AB} > 0$ ซึ่งเป็นสภาวะปกติเมื่อ $V_{AB} > 0$ กระแส I_{AB} จะไหลผ่าน D_2 และ T_1 เป็นผลให้ $V_m = 0$ และ

$$V_{motor} = V_{AB} \text{ เมื่อ } t_{off} \text{ และ } I_{AB} > 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ I_{AB} เป็นลบกระแสจะไหลผ่าน D_1 และ D_4 เป็นผลให้ $V_A = V_S$ และ

$$V_{\text{motor}} = V_{AB} = V_S \text{ เมื่อ } t_{\text{off}} \text{ และ } I_{AB} < 0$$

ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังเปลี่ยนชั่ว V_m ในที่สุด ถ้าเราสามารถทำให้ $I_{AB} = 0$ (เข้าใกล้ศูนย์จนถือว่าเป็นศูนย์) จะทำให้ ทั้ง D_1 และ D_4 ไม่นำกระแสและ โวลต์เตจ V_m จะอยู่ระหว่างค่าศูนย์และ V_S ดังต่อไปนี้

$$0 < V_{\text{motor}} < V_S \text{ เมื่อ } t_{\text{off}} \text{ และ } I_{AB} = 0$$

อย่างไรก็ตาม ถ้า $I_{AB} > 0$ เป็นสภาวะปกติ เมื่อ $V_m > 0$ แบบยูนีโพลาร์และแบบลิมิตยูนีโพลาร์จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกันมาก ซึ่งเราสามารถสรุป mode การทำงานและผลของโวลต์เตจ



บทที่ 4

การควบคุมและโปรแกรมการควบคุม

ในการทำงานของแขนกลในท่อนี้จะเป็นการทำงานโดยทำการส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุม แขนกลโดยจะเป็นการส่งแบบอนุกรม จากส่วน PC ไปยังส่วนประมวลผล(8051) และ ทำการ OUT ค่าที่ได้จากการประมวลผลออกทาง OUT PUT เพื่อไปควบคุมให้แขนกลทำงานตามคำสั่ง โดยจะใช้ IC เบอร์ 18245 และ 18200 ในการควบคุมการทำงานของแขนกลในส่วนที่เป็นมอเตอร์ ส่วน สเตปปี้งมอเตอร์ก็ทำงานตามปกติ

ในการควบคุมการทำงานสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน

1. ส่วน SERIAL PORT หรือ การส่งข้อมูลแบบอนุกรม
2. ส่วนประมวลผล(8051) และ OUT PUT ที่ใช้ในการควบคุม
3. ส่วนที่เป็นวงจร DRIVE MOTOR ใช้ IC เบอร์ 18245 และ 18200
4. ส่วนโปรแกรมการควบคุม

ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการทำงานของสเตปปี้งมอเตอร์เพราะได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3

4.1 ส่วน SERIAL PORT

ความต้องการพื้นฐานในการส่งข้อมูลก็คือ เราต้องการสื่อสารข้อมูลที่มีอยู่หรือใช้ข้อมูลที่มีอยู่ร่วมกัน เพราะฉะนั้นก่อนที่เราจะรู้การทำงานจริงในส่วน SERIAL PORT เราก็ควรจะรู้ถึงทฤษฎีพื้นฐานบางอย่างเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องร่วมกันก่อน ซึ่งจะขอกล่าวตามลำดับต่อไปนี้

4.1.1 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสาร (Communication) คือการกระทำ หรือ กระบวนการในการแลกเปลี่ยนข้อมูล (Exchanging Information) หรือการใช้ข้อมูลร่วมกัน(Sharing Information) ในการสื่อสารนั้นต้องประกอบด้วย 3 สิ่งด้วยกันคือ ตัวส่ง(SENDER), ตัวรับ(RECIEVER) และตัวกลาง(MEDIUM)

การสื่อสารข้อมูล คือ กระบวนการแลกเปลี่ยน หรือ การใช้ร่วมกัน ของข้อมูลผ่านการเข้ารหัส(Encode Information) ระหว่างอุปกรณ์ 2 เครื่องหรือมากกว่านั้นสำหรับการสื่อสารข้อมูลนั้นตัวส่งและตัวรับจะเป็นเครื่องจักรเท่านั้น

ข้อมูลผ่านการเข้ารหัส หมายถึง การที่ข้อมูลถูกส่งเป็นลำดับของสัญญาณไฟฟ้า เช่น เมื่อคอมพิวเตอร์ปฏิบัติการรับการกดแป้นอักษร D จากแป้นพิมพ์ ลำดับของสัญญาณไฟฟ้าก็จะถูกส่งมาที่คอมพิวเตอร์ ถ้าสัญญาณไฟฟ้านั้น แสดงในรูป ลอจิก 1 และ 0 อักษร D ก็จะสามารถแทนได้ด้วย

“01000100” รหัสเลขฐานสองนี้จะถูกส่งจากแป้นพิมพ์(ตัวส่ง) ผ่านสายสัญญาณ(ตัวกลาง) มายัง

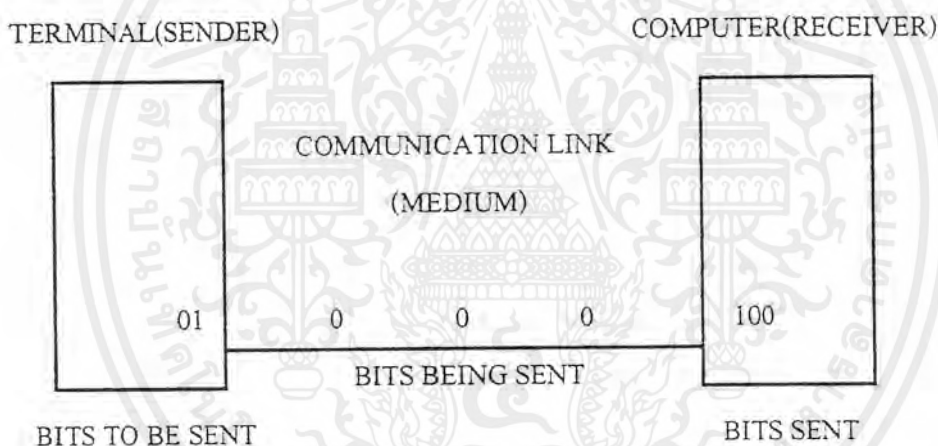
คอมพิวเตอร์(ตัวรับ) คอมพิวเตอร์จะทำการแปล รหัสเลขฐานสองให้เป็นอักษร D ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือรหัสเลขฐานสองแบบนี้ เราจะเรียกว่า การเข้ารหัสข้อมูล และสามารถส่งได้ทั้งแบบอนาลอก และ แบบดิจิทัล แต่ไม่ว่าจะเป็นแบบใด ตัวส่งและตัวรับ ล้วนเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งสิ้น

ระว่างการสับสนระหว่าง การสื่อสารข้อมูล กับ การส่งข้อมูลแบบ ดิจิตอล เพราะการสื่อสาร ข้อมูลจะหมายถึง การส่งข้อมูลผ่านการเข้ารหัส ระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในรูปของ อนาลอก หรือ ดิจิตอลก็ได้ แต่การส่งข้อมูลแบบดิจิทัลนั้น ข้อมูลไม่ว่าจะเป็น ภาพ หรือ เสียง จะต้องถูกแปลง เป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนทำการส่ง แต่ส่วนใหญ่ในปัจจุบันนี้จะนิยมการส่งข้อมูลเป็นแบบดิจิทัล มากขึ้น

4.1.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้สายเพียง 2-3 เส้น และที่เวลาหนึ่งๆ จะมีการส่งข้อมูลเพียง 1 บิตเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เมื่อเราพิจารณาเปรียบเทียบกับ การส่งข้อมูลแบบขนาน แล้วก็จะเห็นได้ว่า ถึงแม้การส่งแบบ ขนานนั้นจะรวดเร็วกว่าเพราะสามารถที่จะส่งข้อมูลได้พร้อมกัน หลายๆ บิต แต่การที่ต้องใช้สาย จำนวนมากนั้นจะทำให้เกิดความยุ่งยาก รุงรัง ราคาแพง และอ่อนไหวต่อสัญญาณรบกวน ดังนั้นส่วน ใหญ่แล้วจึงนิยมใช้การส่งแบบอนุกรม ทั้งนี้เนื่องจาก IC ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลจากแบบขนานให้ เป็นอนุกรม เพื่อส่งออก และรับข้อมูลแบบอนุกรม มาแปลงให้เป็นขนานเพื่อประมวลผลนั้นสามารถ หาได้ง่ายมาก ดังนั้น การสื่อสารข้อมูลที่ใช้ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกัน หรือ กับอุปกรณ์ภายนอก จึงนิยมใช้แบบอนุกรมมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 อสมวาร กับ สมวาร (Asynchronous Versus Synchronous)

วิธีการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้น จะมี 2 วิธีด้วยกัน คือ การส่งข้อมูลแบบอสมวาร และแบบสมวาร เครื่องส่งและเครื่องรับนั้น จะต้องใช้วิธีการรับ-ส่งข้อมูลแบบเดียวกัน สำหรับแบบอสมวาร เครื่องรับจะสามารถตรวจสอบ ตัวเริ่มและสิ้นสุดได้และในแบบสมวาร จะสามารถตรวจสอบกลุ่มของตัวเริ่มและสิ้นสุดได้

4.1.3.1 การส่งข้อมูลแบบอสมวาร

การส่งแบบอสมวาร จะใช้ได้กับการส่งข้อมูล ด้วยอัตราที่ไม่เร็วนัก(น้อยกว่า 19,200 บิตต่อวินาที [bps]) และใช้กับอุปกรณ์ที่ราคาไม่แพง วิธีนี้เป็นที่นิยมเพราะวงจรที่ใช้เป็นแบบพื้นฐาน ไม่ซับซ้อน ทำให้ราคาถูก แต่ก็มีโอกาสเกิดความผิดพลาดของข้อมูล จากการคลาดเคลื่อนของเวลาได้ เนื่องจากเครื่องส่งและเครื่องรับ ไม่เข้าจังหวะกัน ดังนั้น จึงมักออกแบบให้ ตัวรับทำการเข้าจังหวะทุกๆ ครั้งที่ตัวอักษรเข้ามา โดยใช้บิตเริ่มต้น(Start Bit) เป็นตัวบอกหรือจะทำการแบ่งส่วนออกเป็น 4 ส่วน ในแต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วย บิตเริ่มต้น(Start Bit), บิตข้อมูล(Data Bit), บิตแสดงภาวะเสมอ-มูล(Parity Bit) และบิตสิ้นสุด(Stop Bit) ถึงแม้ว่า บิตแสดงภาวะเสมอ-มูล จะเป็นส่วนเสริมขึ้นมา แต่ก็เป็นที่นิยมใช้ในระบบทั่วไป

แม้ว่าการส่งข้อมูลแบบอสมวาร จะง่ายในการออกแบบ การสร้างและการใช้งาน แต่ก็ให้ประสิทธิภาพในการส่งที่ต่ำ เพราะอย่างน้อยที่สุด จะต้องส่งบิตเริ่มต้น และบิตสุดท้าย รวมไปถึงข้อมูลด้วยเสมอ

4.1.3.2 การส่งข้อมูลแบบสมวาร

เป็นการส่งที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า การส่งข้อมูลแบบสมวารนั้น ไม่จำเป็นต้องมีบิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุดในทุกๆ ชุดของข้อมูลแต่ละตัว แต่จะมีการส่งข้อมูลชุดใหญ่ไปเพียงครั้งเดียว

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่า การส่งแบบอสมวาร จะใช้บิตเริ่มต้นเป็นตัวบอกว่า มีข้อมูลเข้ามา เพื่อให้ภาครับเข้าจังหวะได้ตรงกัน แต่สำหรับการส่งแบบสมวารนั้น เครื่องรับจะสามารถระบุข้อมูลใหม่ได้ เหมือนกับระบุข้อมูลแต่ละบิตข้างในกรอบนั้น ซึ่งมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบกรอบที่ใช้ตัวอักษรในการกำหนด(Character Oriented Frame) และกรอบที่ใช้บิตในการกำหนด(Bit Oriented Frame) ซึ่งแบบที่ใช้ตัวอักษรนั้นจะเริ่มด้วย ตัวอักษรพิเศษ สำหรับเข้าจังหวะ(Special Synchronization[SYN] Character) หนึ่งตัวหรือมากกว่า ซึ่งตัวอักษรเข้าจังหวะนี้จะประกอบด้วยเลขฐานสอง ที่เหมือนกัน และเปลี่ยนแปลงไปตาม ข้อความสำหรับควบคุม(Control Information) ข้อมูลอักษรควบคุม(Control Information) และตัวอักษรที่จะเสริมเข้าไปด้วย อาจจะเป็นจำนวนข้อมูลที่ส่งในตอนต้นของข้อมูลทั้งหมด เพื่อให้ภาครับรับตามจำนวนนี้ได้

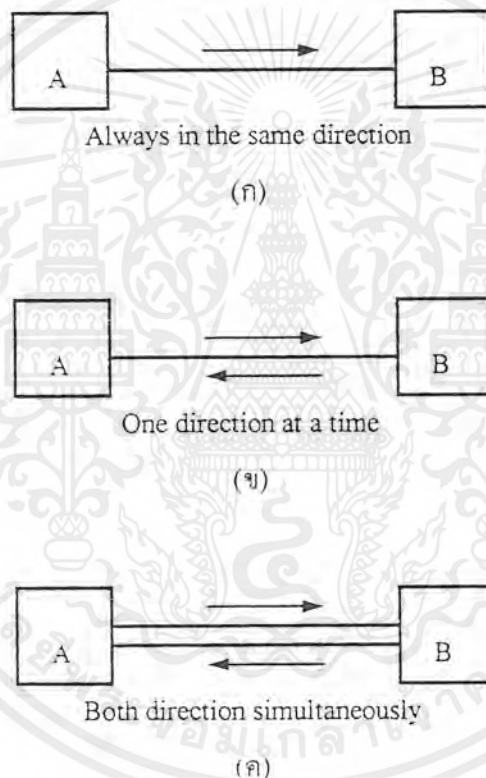
ส่วนแบบที่ใช้บิตในการกำหนดนั้น จะมีรูปแบบพิเศษของบิตในตอนเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละกรอบข้อมูลประกอบด้วยข้อมูล 8 บิต ที่เราเรียกว่า แฟล็ก(FLAG) ถ้าดูคร่าวๆ จะเห็นได้ว่าการเ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งทั้ง 2 แบบ นี้ คล้ายกัน คือ ต่างก็มี ข้อความพิเศษสำหรับแสดงกรอบข้อมูล มิฉะนั้นอาจเกิดการเลื่อน(DRIFTING) ระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับ เนื่องจากสัญญาณนาฬิกาในการส่งข้อมูลด้วย เพื่อให้มั่นใจได้ว่า สัญญาณนาฬิกาของทั้ง 2 ครบกัน แต่ในทางปฏิบัติแล้ว คงเป็นไปได้ ถ้าเราต้องการส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ค่านั้น ระบบส่วนใหญ่จึงทำการเข้ารหัสสัญญาณนาฬิกา เพื่อเป็นส่วนสำหรับการเข้าจังหวะ ก็จะทำให้เครื่องส่งและเครื่องรับ ทำงานสัมพันธ์กันได้อย่างถูกต้อง

4.1.4 รูปแบบการสื่อสาร

โดยทั่วไปแล้ว จะมี 3 แบบด้วยกันคือ แบบส่งทางเดียว(SIMPLEX), แบบเลือกส่งหรือรับอย่างใดอย่างหนึ่ง(HALF-DUPLEX) และแบบส่ง-รับ ได้พร้อมกัน(FULL-DUPLEX)



รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบการสื่อสาร (ก) SIMPLEX (ข) HALF-DUPLEX (ค) FULL-DUPLEX

จากรูปที่ 4.2(ก) ข้อมูลจะถูกส่งจากจุด A ไปยังจุด B โดยที่ไม่มีเส้นทางย้อนกลับ ดังนั้นจุด B จะไม่มีทางส่งสัญญาณมายังจุด A ได้เลย

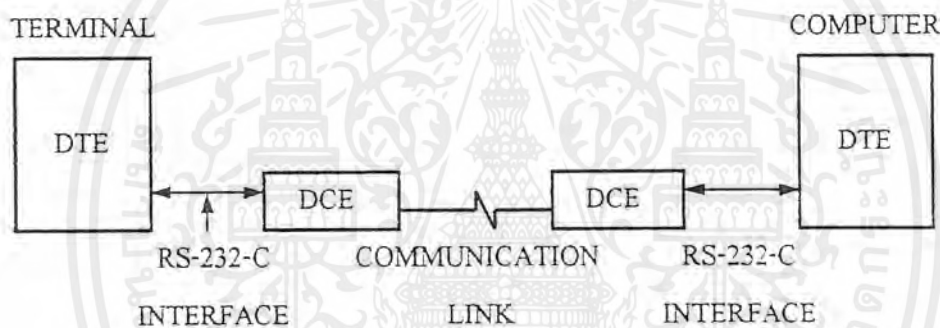
จากรูปที่ 4.2(ข) เป็นแบบเลือกส่งอย่างใดอย่างหนึ่ง จะยอมให้ส่งข้อมูลจากจุด A ไป B หรือจากจุด B ไป A ก็ได้ แต่ว่าต้องไม่ใช่ในขณะเดียวกัน ในการใช้งานนั้นช่องสัญญาณจะต้องมีการวนกลับ(Turned Around) ซึ่งเป็นการไม่สะดวกมากในหลายๆ งานเพราะอุปกรณ์ที่จุด A อาจจะหยุดส่งก่อนที่จะ อุปกรณ์ที่จุด B พร้อมจะส่งก็ได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2(ค) ซึ่งเป็นแบบสองทางนั้น จะสามารถส่งข้อมูลจาก A ไป B หรือจาก B ไป A ในขณะเดียวกันได้

4.1.5 มาตรฐาน RS-232

ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมในครั้งนี้ได้ใช้มาตรฐาน RS-232 ตัวอักษร RS แทน "Recommended Standard" 232 แทน หมายเลขของมาตรฐาน

การเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232 นั้นจะหมายถึง การเชื่อมต่อระหว่าง อุปกรณ์ข้อมูลปลายทาง(Data Terminal Equipment [DTE]) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล(Data Communication Equipment [DCE] < แต่ในปัจจุบันตัวย่อ DCE จะแทน Data Circuit Termination Equipment >) โดยใช้การแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งโครงสร้างคร่าวๆ แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเชื่อมต่อระหว่าง DTE กับ DCE

คำจำกัดความของ DCE และ DTE พอสังเขป

DCE : เป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อ ทำให้การเชื่อมต่อยังดำรงต่อไป และยุติการเชื่อมต่อ นอกจากนี้ยังใช้เปลี่ยนลักษณะของสัญญาณและสร้างรหัสสัญญาณต่างๆ ที่จำเป็นต่อการสื่อสารข้อมูลระหว่าง DTE และ Data Circuit โดย DCE อาจเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์หรือไม่ก็ได้

DTE : 1. เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยตัวส่งข้อมูล หรือเป็นทั้งตัวส่งและตัวรับข้อมูลก็ได้

2. เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยส่วนทำงานต่อไปนี้เป็นส่วนควบคุม(Control Logic), ส่วนคงค่า(Buffer Store) และอุปกรณ์อินพุทหรือเอาต์พุทจำนวนหนึ่งตัวหรือมากกว่าก็ได้ หรือรวมเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าไปด้วยก็ได้ DTE อาจจะรวมส่วนควบคุมความผิดพลาด(Error Control), ส่วนเข้าจังหวะ(Synchronization) และความสามารถในการบ่งหรือระบุความต้องการเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ตัวใด (Station Identification) เข้าไปด้วยก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การใช้งาน

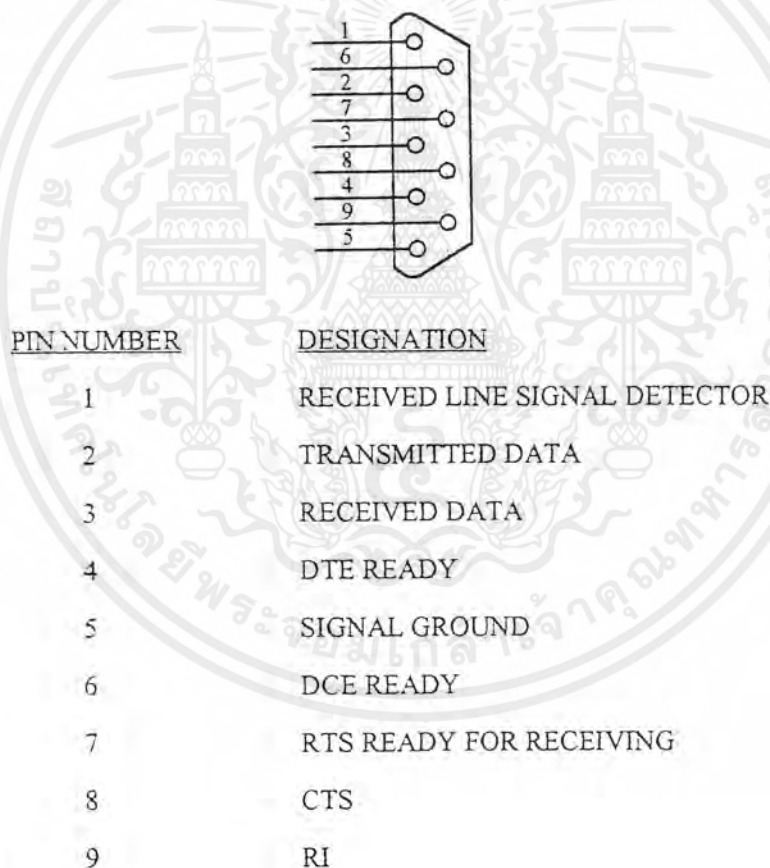
ในแต่ละวงจรใช้ลวดนำในการนำสัญญาณ 1 เส้น และมีสายกราวด์รวมของทุกวงจรเพียงเส้นเดียว

อัตราเร็วในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากับ 9,600 bps

ระยะทางที่ใช้สูงสุดที่ใช้ในการส่งข้อมูลมีค่า < 15 m.

4.1.7 ขั้วต่อแบบย่อ (Miniature Connects)

ขั้วต่อแบบย่อที่ใช้ในโปรเจกต์นี้ถือว่าเป็น ขั้วต่อแบบย่อ คือเป็นขั้วต่อแบบ DB-9 ที่ใช้เพราะสามารถใช้งานได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อย และสามารถตอบสนองความต้องการของไมโครคอมพิวเตอร์ได้อย่างเพียงพอ รูปที่ 4.4 แสดงรูปร่างและระบุตำแหน่งขาต่างๆ ของขั้วต่อแบบ DB-9



รูปที่ 4.4 ระบุตำแหน่งขาและหน้าที่ของ ขั้วต่อ DB-9



4.2 ส่วนประมวลผล(8051) และ OUT PUT ที่ใช้ในการควบคุม

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว เบอร์ 8051

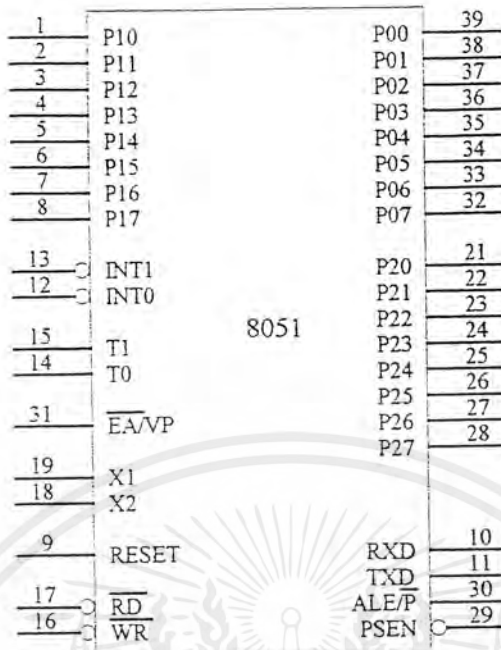
ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 (ตระกูล 51) ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยว (ไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกก็สามารถทำงานได้) มีความสะดวกในการใช้งานและเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสเซมบลี

MCS-51 นี้เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองความต้องการของผู้ใช้คือมีสายอินพุตและเอาต์พุตภายในตัวเองพอร์ตของอินพุตและเอาต์พุตบัสเฟอร์อินเตอร์เฟส และสายควบคุมอื่นๆ ที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลกับแอดเดรสและยังมีชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลแทนท้ายด้วยวงจรตั้งเวลากับวงจรนับด้วย(ปกติวงจรนับจะสามารถทำงานเป็นวงจรตั้งเวลาได้ด้วย จึงเรียกควบคู่กันไปคือ วงจรตั้งเวลา/วงจรรนับ)

4.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์

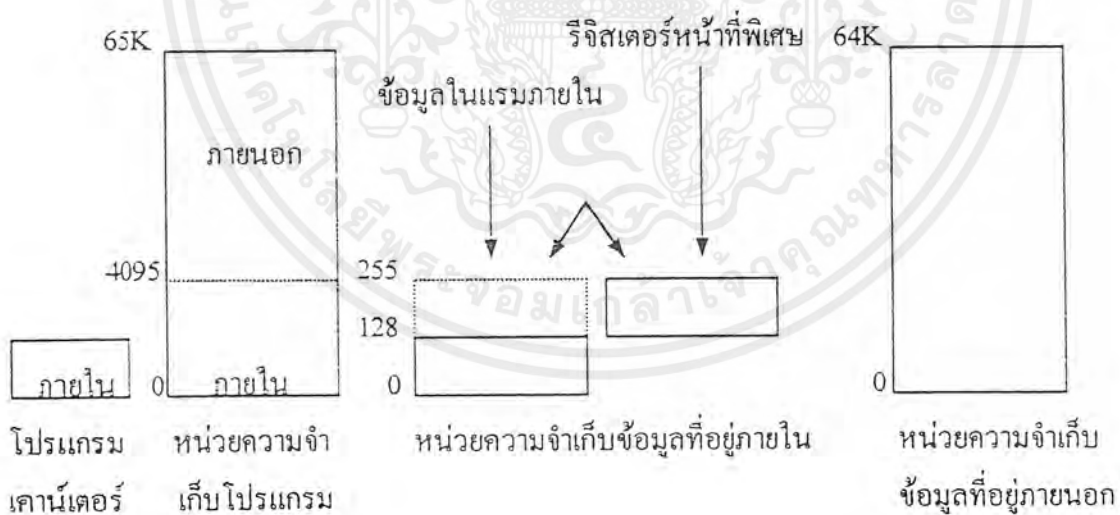
- ชิพยูนิต 8 บิต ที่ควบคุมได้ง่าย
- เพิ่มการทำงานลอจิกครั้งละ 1 บิต
- สายอินพุตและเอาต์พุตมีจำนวน 32 เส้น ใช้เลือกแอดเดรสแยกต่างหากจากกันได้
- มีแรมบรรจุไว้ในขนาด 128 ไบต์ หรือ 256 ไบต์
- วงจรตั้งเวลา/วงจรรนับมีขนาด 2, 3 หรือ 16 บิต
- กำหนดเป็น UART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) ที่รับส่งข้อมูลอนุกรมได้ สองทิศทาง
- อินเทอร์รัพต์ แบ่งออกเป็น 2 ระดับจาก 5 หรือ 6 แหล่ง
- มีสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในตัว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในขนาด 4 หรือ 8 กิโลไบต์(อีพ롬 8751 และ 8752)
- มีแอดเดรสของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม จำนวนทั้งหมด 64 กิโลไบต์
- มีแอดเดรสของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จำนวนทั้งหมด 64 กิโลไบต์
- คำสั่งทั้งหมดมี 111 คำสั่ง(64 รอบ)
- ทำงานด้วยเลขฐานสิบ และฐานสิบหก
- ตัวแปลภาษาเบสิกมีขนาด 8 กิโลไบต์(8025 AH-BASIC)
- ควบคุมอีพ롬ภายในตัวด้วยภาษาเบสิก(8052 AH-BASIC)
- มีคำสั่งเฉพาะของภาษาเบสิกที่ใช้สำหรับอินพุตและเอาต์พุต วงจรรนับ และอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม(8052 AH-BASIC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดขา DIP ของ 8051

ภายในหน่วยความจำ



INTERNAL หน่วยความจำภายใน

EXTERNAL หน่วยความจำภายนอก

PROGRAM COUNTER วงจรนับลำดับ โปรแกรม

PROGRAM MEMORY หน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรม

INTERNAL DATA RAM แรมภายในที่เก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIAL FUNCTION REGISTERS รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

INTERNAL DATA MEMORY หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูล

EXTERNAL DATA MEMORY หน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูล

รูปที่ 4.6 โครงสร้างภายในหน่วยความจำของ MCS 51

จากรูปที่ 4.6 เป็นหน่วยความจำภายในตัวเอ็มซีเอส 51 หน่วยความจำนี้แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำแรกมีแอดเดรสที่ต่ำกว่า 4 หรือ 6 กิโลไบต์บรรจุอยู่ในรวม ส่วน MCS 51 ที่ไม่มีรวมภายในจะใช้หน่วยความจำภายนอกซึ่งอาจเป็นรอม, แรม หรือ อีพรอมแทนก็ได้

MCS 51 จะอ่านหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เข้ามาเป็นภาษาเครื่องตามลำดับ ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จะใช้เป็นที่เก็บตัวแปร, การคำนวณหาผลลัพธ์ทันที, การจัดการกับข้อมูลที่มีขนาด 16 บิต(WORD)

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลใช้ร่วมกับหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 640 กิโลไบต์ ซึ่งเลือกใช้รอม หรือ แรมก็ได้ และยังมีรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้หน่วยความจำภายนอกของแรมได้ 128 หรือ 256 กิโลไบต์

4.2.2 รีจิสเตอร์ภายใน MCS

MCS มีรีจิสเตอร์ที่อำนวยความสะดวกในการใช้งานตามคำสั่งต่างๆ ประกอบด้วย แอคคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์สถานะ สแต็กพอยน์เตอร์ คำค่าพอยน์เตอร์(2x8 บิต หรือ 1x16 บิต) พอร์ต หมายเลขศูนย์ถึงพอร์ตหมายเลขตามรีจิสเตอร์แบบคู่ ซึ่งใช้ส่งและรับข้อมูลชนิดอนุกรม รีจิสเตอร์ 16 บิต ที่เป็นวงจรรีจิสเตอร์และวงจรรีจิสเตอร์ซึ่งของไว้สำหรับใช้สำหรับนับตัวที่ 3 รีจิสเตอร์คำสั่งสำหรับหน้าที่พิเศษ (เช่น การอินเตอร์รัพท์ RTC : Read Time Clock) และอินพุต, เอาท์พุตแบบอนุกรม

4.2.3 เมื่อทำงานเป็นวงจรรีจิสเตอร์

รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ตั้งเวลาจะเพิ่มค่าขึ้นหนึ่งของทุกๆ รอบคำสั่งของเครื่อง และจะนับด้วยอัตราสูงสุดที่ 1/12 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของไมโครโปรเซสเซอร์

4.2.4 เมื่อทำงานเป็นวงจรรีจิสเตอร์

รีจิสเตอร์วงจรรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นหนึ่งเมื่อมีสัญญาณป้อนให้อินพุต T0, T1 หรือ T2 (T2 มีเฉพาะ 8052) เป็นขอบสัญญาณขาสูง อัตราการนับสูงสุดคือ 1/25 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของไมโครโปรเซสเซอร์วงจรรีจิสเตอร์และวงจรรีจิสเตอร์ 0 และ 1 มีวิธีโปรแกรมให้ทำงานได้ต่างกันถึง 4 แบบ

รวมทั้งการทำงานเป็น 8 บิต และการบรรจุค่าพรีเซคหนึ่งค่าได้อย่างอัตโนมัติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรมัดและวงจรมัดเวลาที่ 1 เลือกโปรแกรมให้ทำหน้าที่ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณของอัตรา การส่งบิตออกไปอย่างอนุกรม สำหรับใช้ในการอินเตอร์เฟสได้

วงจรมัดและวงจรมัดเวลาที่ 2 (เฉพาะ 8052 เท่านั้น) มีการทำงานย่อยๆ อีก 3 ชนิด

1. วงจรมัด 16 บิตที่สามารถโหลดค่ากลับคืนเองอย่างอัตโนมัติ
2. วงจรมัดที่จองไว้ ชนิด 16 บิต
3. วงจรมัดกำเนิดสัญญาณของการส่งบิตเพื่อใช้อินเตอร์เฟส

4.2.5 พอร์ตขนิดอนุกรมอยู่ภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมดในตระกูล MCS 51 เป็นชิปที่มีอินเตอร์เฟสอนุกรมชนิดสอง ทิศทางทำให้รับและส่งข้อมูลพร้อมกัน ตัวรับข้อมูลชนิดอะซิงโครนัส(Asynchronous Receiver) มี บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความเร็วในการสื่อสาร

พอร์ตขนิดอนุกรมนั้นเราสามารถเลือกโปรแกรม เพื่อเลือกใช้การทำงานแบบใดแบบหนึ่งใน 4 แบบ ด้วยการใส่โปรแกรมควบคุมอัตราการส่งข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล

อัตราการส่งข้อมูลที่เลือกใช้ได้จะสูงถึง 19,200 บิต/วินาที ด้วยความเร็วของสัญญาณนาฬิกา 1 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับใช้ในระบบการสื่อสารของไมโครโปรเซสเซอร์หลายตัวร่วมกัน เราจะเลือก ความเร็วของสัญญาณนาฬิกาด้วยวงจรมัดและวงจรมัดเวลา

4.2.6 อินเทอร์รัพต์และชุดคำสั่ง

8051 รับการอินเทอร์รัพต์ได้ 5 แหล่ง ส่วน 8052 รับอินเทอร์รัพต์จากอุปกรณ์อื่นๆ ได้ถึง 6 แหล่งคือ ขา INT0 และ ขา INT1 (กำหนดให้ใช้ระดับพัลส์หรือขอบขาพัลส์ก็ได้) วงจรมัดและวงจรมัด เวลาที่ 0 และ 1 (สำหรับ 8052 เพิ่มวงจรมัดเวลา/วงจรมัดตัวที่ 2) และสุดท้ายจากพอร์ตอนุกรมเรา สามารถกำหนด ลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ โดยไม่ต้องอาศัยวงจรภายนอกช่วย แต่ละแหล่งของอินเทอร์รัพต์ 5 หรือ 6 แหล่งนั้นจะกำหนดเป็นเวกเตอร์เฉพาะ (ตัวชี้แอดเดรส) ดังนั้น เมื่อมีอินเทอร์รัพต์เข้ามาแล้วตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะกระโดดไปที่ส่วนของโปรแกรมที่ทำงานตาม วัตถุประสงค์ของอินเทอร์รัพต์นั้น หลังจากเก็บข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรมแล้วจะส่งในสแต็ก ชุดคำสั่ง ทั้งหมดของตัวคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS

4.2.7 ตัวจับเวลา/ตัวนับ (TIMER/COUNTER)

ในเบอร์ 8051 นี้ จะมีตัวจับเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1

4.2.7.1 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1

โดยแต่ละตัวสามารถที่จะกำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับได้โดยการเซตหรือ เคลียร์บิต C/T ที่ตัวรีจิสเตอร์ควบคุม TMOD ซึ่งอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ ในการกำหนดให้

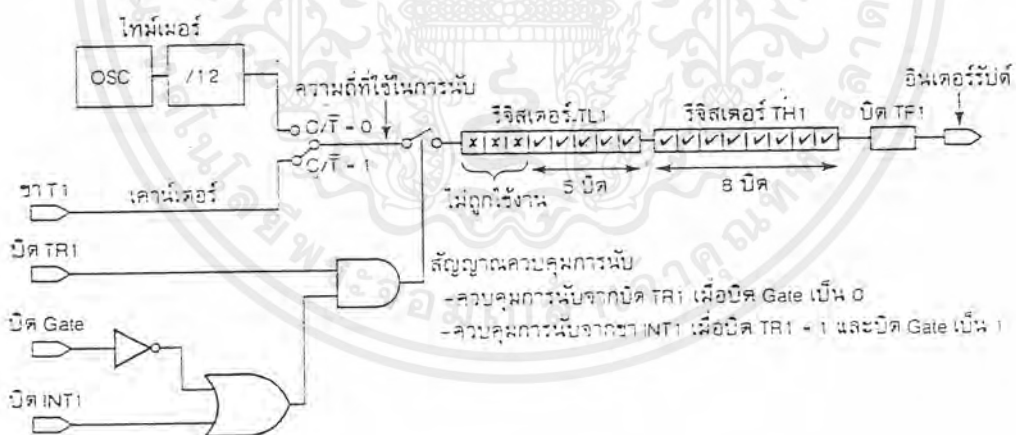
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานเป็นตัวจับเวลา ตัวรีจิสเตอร์ TH1 และ TL1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเก็บค่าจำนวนพัลส์ที่เข้ามาจะเพิ่มค่าทุกๆ เมซินไซเคิล โดยแต่ละเมซินไซเคิลจะประกอบด้วย 12 คาบของสวิตช์เลเตอร์ ดังนั้นอัตราการนับแต่ละครั้งจะใช้เวลาเท่ากับ $1/12$ ของความถี่ของสวิตช์เลเตอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในงานอินเตอร์รัพท์ RTC (Real Time Clock) และถ้าให้ทำงานเป็นตัวนับ รีจิสเตอร์ตัวนับจะเพิ่มค่าทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก “1” เป็น “0” ที่ขา T0 หรือ T1 โดยอัตราความถี่สูงสุดที่สามารถนับได้ต้องไม่เกิน $1/24$ ของความถี่ของสวิตช์เลเตอร์

ตัวจับเวลา/ตัวนับ สามารถโปรแกรมให้มันทำงานได้ต่างกันถึง 4 โหมด โดยการตั้งค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ซึ่งจะกล่าวถึงการทำงานของแต่ละโหมดดังนี้

โหมด 0

รีจิสเตอร์ตัวนับจะถูกกำหนดให้มี 13 บิต ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ TH1 8 บิต และ TL1 อีก 5 บิตอันดับต่ำ ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นตัวจับเวลา หรือ ตัวนับ ได้โดยเซตหรือเคลียร์ที่บิต C/T ในตัวรีจิสเตอร์ TMOD การทำงานของรีจิสเตอร์ตัวนับจะนับขึ้นครั้งละ 1 เมื่อมีสัญญาณเข้ามา 1 ลูกและเมื่อนับจนเป็น “1” หมดทุกบิต ก็จะกลับมาเป็น “0” หมดทุกบิตใหม่ ซึ่งจะเป็นการเกิดโอเวอร์โฟลว์ (OVER FLOW) ไปทริกแฟล็กอินเตอร์รัพท์ TF1 ให้เป็น “1” ลักษณะวงจรเป็น ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงวงจรการทำงานของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 1 ในโหมด 0 และ โหมด 1

โหมด 1

การทำงานจะเหมือนกับ โหมด 0 ทุกอย่างยกเว้นรีจิสเตอร์ตัวนับจะเป็นขนาด 16 บิต

สำหรับรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD และ รีจิสเตอร์ TCON มีดังต่อไปนี้

แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ TMOD

TIMER/COUNTER 1				TIMER/COUNTER 0			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

GATE : เซตเป็น "1" จะเป็นการอินาเบิตตัวจับเวลา/ตัวนับให้ถูกควบคุมด้วยขา INTx ต้องมีสถานะสูงและบิต TRX ใน TCON ต้องเซตเป็น "1" จึงจะเริ่มทำงาน แต่ถ้า GATE เป็น "0" ตัวจับเวลา/ตัวนับจะถูกควบคุมให้เริ่มทำงานด้วยบิต TRX เท่านั้น

C/T : เป็นบิตควบคุมในการเลือกทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับ ถ้าเป็น "0" จะทำงานเป็นตัวจับเวลา ถ้าเป็น "1" ทำงานเป็นตัวนับ

M0,M1 : เป็นตัวเลือกโหมดการทำงานดังนี้

M1	M0	โหมดการทำงาน
0	0	โหมด 0
0	1	โหมด 1
1	0	โหมด 2
1	1	โหมด 3

แสดงบิตควบคุมที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON

TF ₁	TR ₁	TF ₀	TR ₀	IE ₁	IT ₁	IE ₀	IT ₀
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

TFx : เป็นแฟล็กอินเตอร์รัฟต์จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับและ จะเคลียร์ตัวเองโดยอัตโนมัติเมื่อทำงานอินเตอร์รัฟต์นั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว

TRx : เป็นบิตควบคุมให้ตัวจับเวลา/ตัวนับเริ่มทำงานโดยการเซตให้เป็น "1" และให้หยุดทำงานด้วยการเคลียร์ให้เป็น "0" โดยซอฟต์แวร์

IEx : เป็นแฟล็กอินเตอร์รัฟต์จากสัญญาณภายนอก เซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณขอการอินเตอร์รัฟต์ปรากฏที่ขา INTx และจะเคลียร์ตัวเองโดยอัตโนมัติเมื่อกระโดดไปทำงานบริการภายนอกด้านการคำนวณหรือไม่ก็ตามใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์รัพต์ที่ขอมาเรียบร้อยแล้ว

ITx : เป็นบิตควบคุมรูปแบบสัญญาณอินเทอร์รัพต์ภายนอกจะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ โดยถ้าเซตเป็น “1” จะถูกอินเทอร์รัพต์ด้วยสัญญาณขอบขาลงและถ้าเคลียร์เป็น “0” จะถูกอินเทอร์รัพต์ด้วยสัญญาณของขาลงและถ้าเคลียร์เป็น “0” จะถูกอินเทอร์รัพต์ด้วยสัญญาณระดับแรงดันต่ำ

หมายเหตุ หมายถึงเลข 1 หรือเลข 0

4.2.7.2 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

ความจริงรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทเมอร์ 2 ไม่มีใน 8051 แต่มีใน 8052 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต โดยสามารถทำงานเป็นไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้อย่างใดอย่างหนึ่งเหมือนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานได้ด้วยบิต C/T₂ ในรีจิสเตอร์ T2CON

แสดงโหมดการทำงานของไทเมอร์ 2

RCLK +TCLK	CP/RL ₂	TR ₂	โหมดการทำงาน
0	0	1	16-bit Auto-Reload
0	1	1	16-bit Capture
1	x	1	Baud Rate Generator
x	x	0	(off)

แสดงบิตควบคุมที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ T2CON

TF ₂	EXF ₂	RCLK	TCLK	EXEN ₂	TR ₂	C/T ₂	CP/RL ₂
-----------------	------------------	------	------	-------------------	-----------------	------------------	--------------------

TF₂ : บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 2 ถูกเซตโดยฮาร์ดแวร์เมื่อไทเมอร์ 2 เกิดโอเวอร์โฟลว์ แต่ถูกเคลียร์โดยคำสั่งในโปรแกรมเท่านั้น บิตนี้จะไม่ถูกเซตเอง เมื่อใช้ไทเมอร์ 2 เป็นตัวกำหนดค่าอัตราบอด สำหรับการส่งหรือรับข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

EXF₂ : บิตแสดงการเกิดอินเทอร์รัพต์จากภายนอกของไทเมอร์ 2 ระหว่างการทำงานในโหมด Auto-Reload และ Capture : หากบิต มีค่าเป็น 1 และเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา จะทำให้บิตนี้ถูกเซต เมื่อบิตควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพต์ของไทเมอร์ 2 และบิตถูกเซตชิพจะถูกย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเทอร์รัพต์ของไทเมอร์ 2 แทนที่ใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RCLK : บิตเลือกใช้ไทเมอร์ 2 เป็นตัวกำหนดอัตราบอด ในการรับข้อมูล

1 : ไทเมอร์ 2 จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดอัตราบอด ในช่วงการรับข้อมูลโหมด 1, 3

0 : ไทเมอร์ 1 จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดอัตราบอดในช่วงรับข้อมูลแทน

TCLK : บิตเลือกใช้ไทเมอร์ 2 เป็นตัวกำหนดอัตราบอดในการส่งข้อมูล

1 : ไทเมอร์ 2 จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดอัตราบอดในช่วงการส่งข้อมูลโหมด 1, 3

0 : ไทเมอร์ 1 จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดอัตราบอดในช่วงส่งข้อมูลแทน

EXEN₂ : บิตเลือกให้ไทเมอร์ 2 ถูกควบคุมการทำงานจากสัญญาณที่ขา T2EX

0 : ไทเมอร์ 2 ไม่สนใจสัญญาณที่ขา T2EX แต่อย่างใด

1 : - เมื่อไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมด Captured : หากเกิดการเปลี่ยนสถานะสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา T2EX จะทำให้ค่าปัจจุบันของไทเมอร์ 2 ถูกนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ RCAP2L, RCAP2H พร้อมทั้งเซตบิต EXF2

- เมื่อไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมด Auto-Reload : หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา T2EX จะทำให้ไทเมอร์ 2 ถูกโหลดค่าใหม่ด้วยค่าจากรีจิสเตอร์ RCAP2L, RCAP2H พร้อมทั้งเซตบิต EXF2

TR₂ : บิตควบคุมการทำงานของไทเมอร์ 2

1 : ไทเมอร์ 2 เริ่มทำงานต่อทันที

0 : ไทเมอร์ 2 หยุดทำงาน

C/T₂ : บิตเลือกการทำงานเป็นไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์สำหรับไทเมอร์ 2

0 : เลือกให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นไทเมอร์

1 : เลือกให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์

CP/RL₂ : บิตเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์ 2

0 : เลือกให้ไทเมอร์ 2 ทำงานแบบ Auto-Reload ที่มีการโหลดค่าจากรีจิสเตอร์ RCAP2L, RCAP2H ไปไว้ในรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 2 เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ หรือเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะสัญญาณที่ขา T2EX

1 : เลือกให้ไทเมอร์ 2 ทำงานแบบ Capture ที่มีการเก็บค่าปัจจุบันของรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 2 ไปไว้ในรีจิสเตอร์ RCAP2L, RCAP2H เมื่อเกิดการเปลี่ยนสถานะสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา T2EX

4.2.8 พอร์ตอนุกรม

MCS-51 จะมีพอร์ตอนุกรมเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์(FULL DUPLEX) สามารถที่จะส่งและรับข้อมูลได้พร้อมกันเพราะมีบัฟเฟอร์ 2 ตัว ใช้ในการรับตัวหนึ่งและส่งตัวหนึ่ง โดยโครงสร้างของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะแยกกันแต่การติดต่อจะใช้ชื่อเดียวกันคือ SBUF พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 สามารถที่จะโปรแกรมให้ทำงานได้แตกต่างกัน 4 โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 0

ข้อมูลจะเข้าและออกทางขา RXD โดยการเลื่อนสัญญาณฟิสิกส์ออกที่ขา TXD ข้อมูลจะเป็น 8 บิต โดยจะส่งบิตนัยสำคัญต่ำ (LSB) ก่อน อัตราบอดจะคงที่ที่ $1/12$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

โหมด 1

เป็นการรับ/ส่งข้อมูลขนาด 10 บิต โดยการส่งออกทางขา TXD และรับเข้าทางขา RXD รูปแบบบิตจะประกอบด้วย 1 บิตสตาร์ทเป็น "0", 8 บิตข้อมูล และ 1 บิตสตอปเป็น "1" อัตราบอดแปรผันได้ตามการตั้งตัวจับเวลาตัวที่ 1 โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{อัตราบอด} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \times \frac{\text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์}}{12 \times (256 - \text{TH}_1)}$$

โหมด 2

เป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิตเข้าทางขา RXD และส่งออกทางขา TXD ประกอบด้วย 1 บิตสตาร์ทมีค่า "0", 9 บิตข้อมูล และ บิตสตอป โดยการรับข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บที่บิต RB8 ใน SCON ส่วนการส่งจะต้องใส่บิตที่ 9 ไว้ใน TB8 ของ SCON ส่วนการส่งจะต้องเลือกได้ 2 อัตรา คือ $1/32$ หรือ $1/64$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON

โหมด 3

จะเหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นอัตราบอด จะแปรผันตามการตั้งตัวจับเวลา 1 ซึ่งจะใช้สูตรเดียวกับ โหมด 1

แสดงบิตควบคุมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON

SM ₀	SM ₁	SM ₂	REN	TB ₈	RB ₈	T ₁	T ₂
-----------------	-----------------	-----------------	-----	-----------------	-----------------	----------------	----------------

SM_0, SM_1 : เป็นตัวกำหนดโหมดการใช้งานของพอร์ตอนุกรมดังนี้

SM0	SM1	โหมดการทำงาน
0	0	โหมด 0
0	1	โหมด 1
1	0	โหมด 2
1	1	โหมด 3

SM2 : ควบคุมอินพุตการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หลายตัวในการสื่อสารซึ่งกันและกัน

REM : ตัวอินพุตอนุกรมการรับเมื่อเซตเป็น "1" และถ้าเป็น "0" เป็นการคัสเอเบิต

TB8 : เป็นตัวเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งในโหมด 2 และ 3

RB8 : เป็นตัวรับข้อมูลบิตที่ 9 ในโหมด 2 และ 3 ส่วนในโหมด 1 จะเป็นสตอปบิต

T1 : เป็นแฟล็กอินเตอร์รัพต์การเซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงของบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือที่จุดเริ่มต้นของบิตสตอปในโหมดอื่น ในการส่งแบบอนุกรมของทุกโหมดจะต้องเคลียร์บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการส่ง

R1 : เป็นแฟล็กอินเตอร์รัพต์การรับ เซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงของบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือจุดครึ่งของช่วงบิตสตอปในโหมดอื่น ในการรับแบบอนุกรมจะต้องเคลียร์บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการรับทุกครั้ง

4.3 ส่วนที่เป็นวงจร ใช้ IC เบอร์ 18245 และ 18200

ในโปรเจกครั้งนี้จะใช้ IC เบอร์ 18245 ในการควบคุมการ Drive Motor ในส่วนของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ซึ่งเป็น DC MOTOR และใช้ IC เบอร์ 18200 ในส่วนของการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y ที่เป็น DC MOTOR

4.3.1 วงจร DRIVE MOTOR LMD 18245

รายละเอียดของ IC เบอร์ LMD 18245 มีสำคัญๆ ดังต่อไปนี้

- ขาที่ 1 เป็นขาที่ใช้ต่อเข้ากับมอเตอร์
- ขาที่ 4 เป็นขาที่กำหนดการติมิตกระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์(M4)
- ขาที่ 5 เป็นขากราวด์
- ขาที่ 6 เป็นขาที่กำหนดค่าติมิตกระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์(M3)
- ขาที่ 7 เป็นขาที่กำหนดค่าติมิตกระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์(M2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 9 เป็นขาที่เป็น VCC ของชุด DMOS H-BRIDGE ภายในตัว LMD 18245

ขาที่ 10 เป็นขาที่ใช้ในการ BREAK มอเตอร์

ขาที่ 14 เป็นขา Voltage Reference ของชุด DAC (M1-M4)

ขาที่ 15 เป็นขาที่ใช้ต่อกับมอเตอร์

ส่วนที่ได้นำมาใช้ในการทำงานอีกส่วนหนึ่งของ LMD 18245 อีกส่วนหนึ่งก็คือ ส่วนทำหน้าที่ในการกำหนดค่า LIMIT CURRENT ที่จ่ายให้กับ มอเตอร์

ในการกำหนดค่าลิ้มิตกระแสของ LMD 18245 สามารถกำหนดได้จากขา M1-M4 โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{LIMIT CURRENT} = \text{VDAC}_{\text{REF}} \times D/16$$

โดยในโปรเจกต์นี้จะใช้มอเตอร์ที่มีการกำหนดค่ากระแสไม่ให้เกินค่า 2 แอมแปร์ โดยในการกำหนดค่า D จาก M1-M4 ที่มีค่าเท่ากับ 7 จะได้ค่า LIMIT CURRENT เท่ากับ 2.1875 แอมแปร์ และถ้ากำหนดค่า D ที่มีค่าเท่ากับ 6 จะได้ค่า LIMIT CURRENT เท่ากับ 1.875 แอมแปร์ ดังนั้นเราจึงเลือกค่า LIMIT CURRENT อยู่ที่ 1.875 แอมแปร์ ได้ค่า D เท่ากับ 6 ดังนั้นเราจึงต่อขา M1 และ M4 ลงกราวด์และขา M2, M3 ขึ้นกับ 5 Volts

4.3.2 วงจร DRIVE MOTOR LMD 18200

รายละเอียดของ IC เบอร์ LMD 18200 มีขาที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้

ขาที่ 1 เป็นขาที่ใช้ต่อกับ C-BOOTSTRAP

ขาที่ 2 เป็นขาที่ใช้ต่อเข้ากับมอเตอร์

ขาที่ 3 เป็นขาที่ใช้ในการกำหนดทิศทาง(ขา DIRECTION)

ขาที่ 4 เป็นขาที่ใช้ CONTROL BREAK

ขาที่ 5 เป็นขาที่ใช้ CONTROL PWM

ขาที่ 6 เป็นขาที่เป็น V_s Power Supply

ขาที่ 7 เป็นขากราวด์

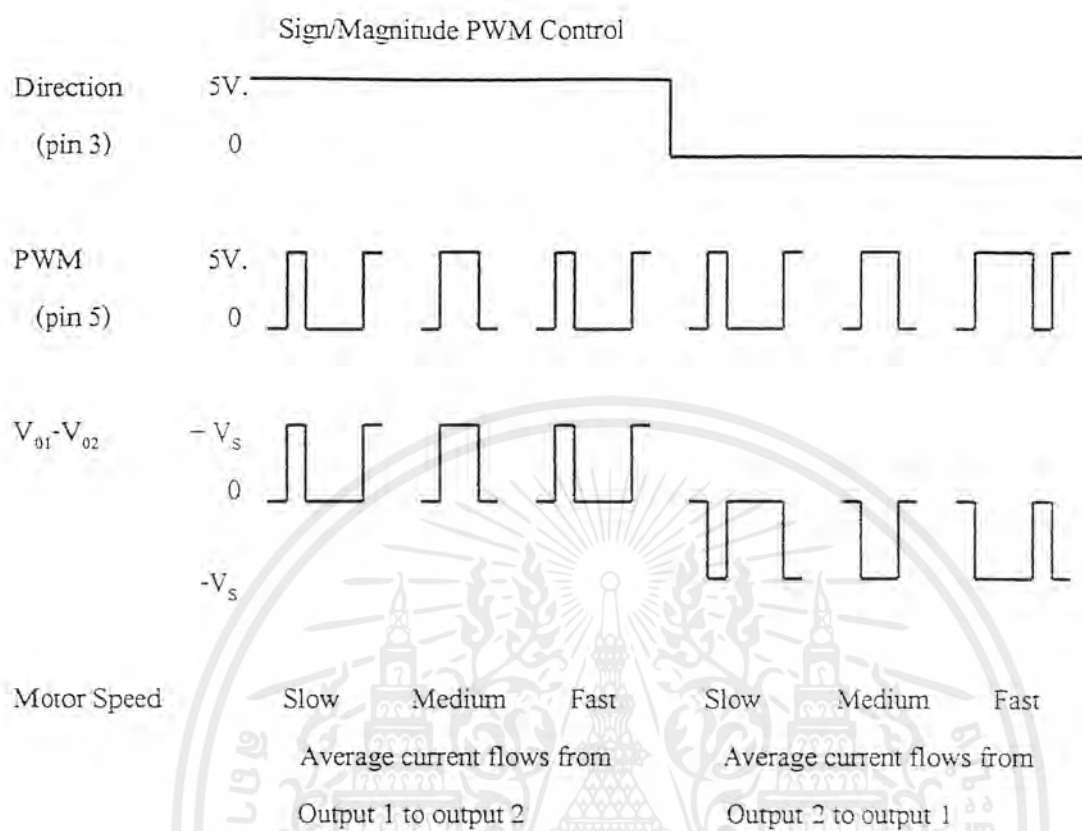
ขาที่ 10 เป็นขาที่ใช้ต่อเข้ากับมอเตอร์

ขาที่ 11 เป็นขาที่ใช้ต่อกับ C-BOOTSTRAP

อีกส่วนหนึ่งที่ได้นำมาใช้ในการทำงานก็คือส่วน PWM ซึ่งจะใช้การทำงานแบบ

Sign/Magnitude PWM ลักษณะสัญญาณต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ลักษณะสัญญาณต่างๆ ในการทำงานแบบ Sign/Magnitude PWM

ลักษณะการทำงานของ PWM ในลักษณะนี้จะประกอบด้วย สัญญาณ Direction(Sign) และ สัญญาณ Amplitude(Magnitude) ที่แตกต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับการป้อนแรงดันที่ OUT PUT ที่แตกต่างกัน(ที่ขา Direction ขา 3) ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางที่แตกต่างกันคือทางซ้ายและทางขวาเพราะฉะนั้นอัตราเร็วในการหมุนจึงขึ้นอยู่กับ % ของ Duty Cycle ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (Motor Speed) แบ่งเป็น SLOW, MEDIUM, FAST (ที่ขา 5 ขา PWM)

4.4 ส่วนของโปรแกรมการควบคุม

ในส่วนของโปรแกรมการควบคุมของแขนกลนี้จะแบ่งเป็นส่วนหลักๆ ได้ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของโปรแกรมแอสเซมบลี(โปรแกรมของ 8051)
2. ส่วนของโปรแกรม VISUAL BASIC

4.4.1 ส่วนของโปรแกรมแอสเซมบลี(โปรแกรมของ 8051)

เป็นส่วนหลักในการรับคำสั่งในการควบคุมแขนกลจากคอมพิวเตอร์ PC ซึ่งในการรับคำสั่งจะรับคำสั่งจากพอร์ตส่งข้อมูลอนุกรม โดยคำสั่งที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์จะส่งมาครั้งละ 1 ไบต์แล้ว

นำไบต์ข้อมูลที่ได้รับเข้ามา ไปแปลเป็นข้อมูลที่แสดงถึงตำแหน่งที่ต้องการเคลื่อนที่ไป และควบคุมการเอกสการนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานของมอเตอร์ทุกตัวเพื่อให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้นอกจากนี้ยังส่งข้อมูลกลับไปยังคอมพิวเตอร์เมื่อทำงานเสร็จในขั้นตอนใหญ่ๆ หรือเพื่อต้องการการยืนยันในคำสั่งจากผู้ใช้อีกครั้งหนึ่ง

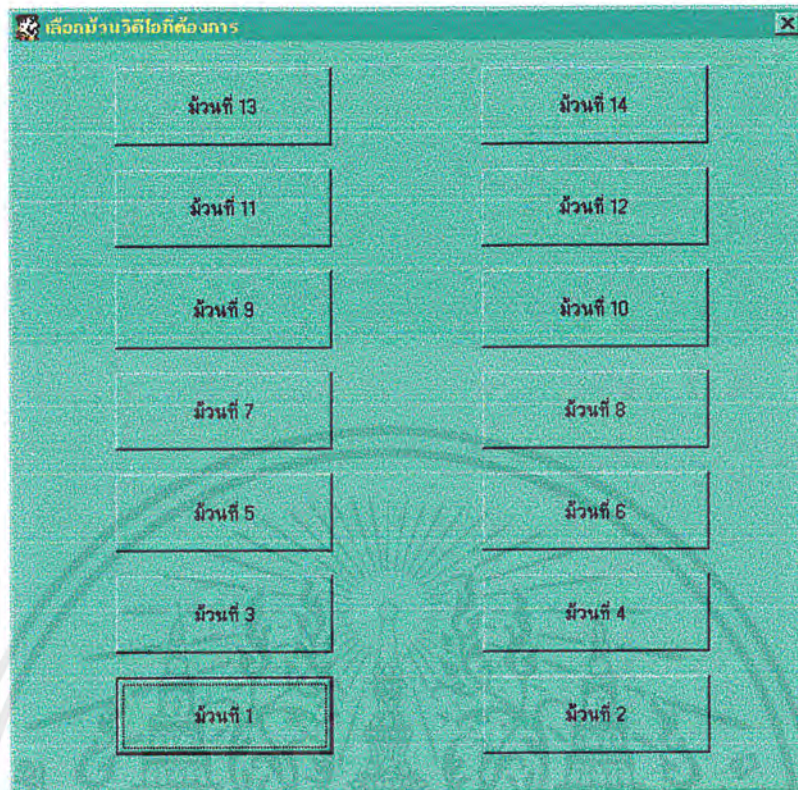
4.4.2 ส่วนของโปรแกรม VISUAL BASIC

เป็นส่วนที่ใช้ทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปควบคุมแขนกลโดยผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โดยการส่งข้อมูลไปควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ว่าจะไปที่ตำแหน่งม้วนวิดีโอเทปใดเมื่อมือจับ (ม้วนวิดีโอเทป) ไปถึงตำแหน่งใดๆ แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะส่งค่ากลับมาเพื่อเป็นการบอกว่าไปถึงตำแหน่งที่ต้องการแล้ว และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะคอยรับค่าจากคอมพิวเตอร์ว่าจะให้ทำการหยิบจับม้วนวิดีโอเทปหรือไม่ ถ้าเป็นการตอบรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะควบคุมมือจับให้หยิบม้วนวิดีโอเทปแล้วไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น เมื่อไปถึงตำแหน่งเริ่มต้นจะส่งค่ากลับมาบอกเพื่อให้ทราบว่าตอนนี้มือจับและวิดีโอเทปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น และไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะรอรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์โดยการควบคุมของมนุษย์ต่อไป

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าในส่วนโปรแกรม VISUAL BASIC นั้น เป็นส่วนที่ทำให้มนุษย์สามารถควบคุมแขนกลได้โดยง่ายไม่ต้องยุ่งยาก และไม่ต้องใช้แรงงานใดๆ เพียงแค่นั่งอยู่กับที่ก็สามารถสั่งให้แขนกลหยิบม้วนวิดีโอเทปที่ต้องการได้และในอนาคต จะสามารถควบคุมให้แขนกลนำวิดีโอเทปไปเข้าเครื่องเล่นวิดีโอเทป และควบคุมการทำงานต่างๆ ของเครื่องเล่นวิดีโอเทปโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม อีกทั้งยังสามารถดูภาพจากการเล่นวิดีโอเทปโดยผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

4.4.3 ลำดับขั้นตอนและวิธีการใช้งาน

- เลือกตำแหน่งของม้วนวิดีโอที่ท่านต้องการชม โดยการคลิกที่ปุ่มที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่รอการเลือกวันวิดีโอ

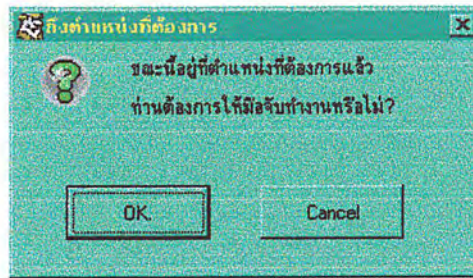
- ทำการยืนยันว่าท่านต้องการชมวิดีโอวันที่ท่านเลือก หรือต้องการเปลี่ยนวันวิดีโอใหม่ โดยทำการคลิกที่ปุ่มที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่รอการยืนยัน

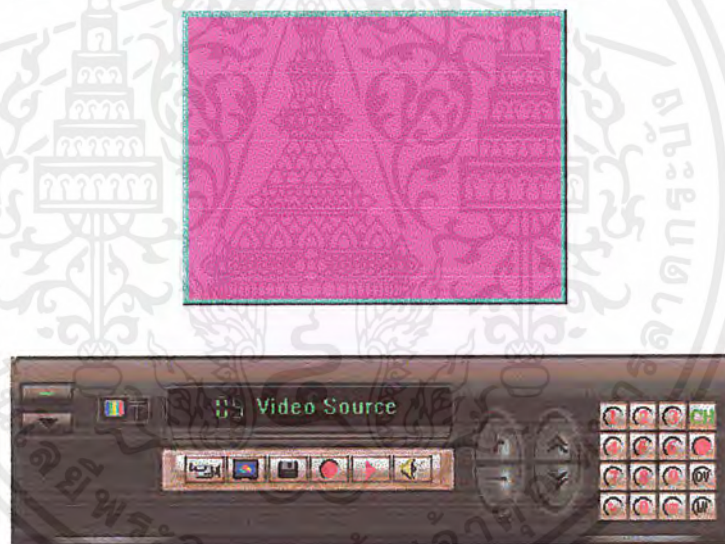
- รอให้มือจับเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่เก็บม้วนวิดีโอที่ท่านต้องการชม และทำการยืนยันว่าท่านต้องการให้มือจับทำงานต่อไป หรือปฏิเสธการทำงานของมือจับ โดยทำการคลิกที่ปุ่มที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



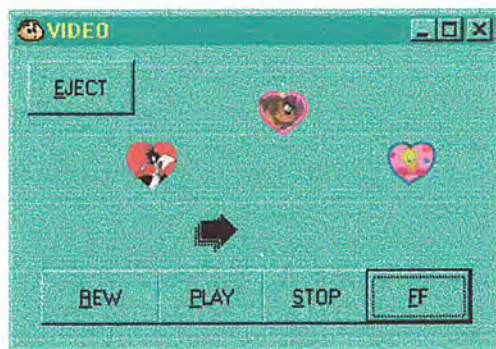
รูปที่ 4.13 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ขณะที่รอการยืนยันการทำงานของมือจับ

- รอให้มือจับหยิบม้วนวิดีโอที่ท่านต้องการและนำไปใส่ในเครื่องวิดีโอ เครื่องวิดีโอจะทำการเล่นเทปโดยอัตโนมัติ เพื่อที่จะดูภาพของวิดีโอท่านต้องเปิดโปรแกรม Tview ดังแสดงในรูปที่ 4.14



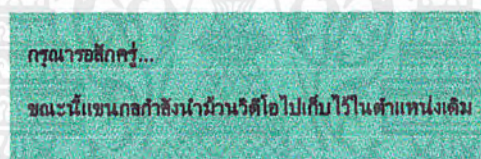
รูปที่ 4.14 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของโปรแกรม Tview

- ถ้าท่านต้องการควบคุมการทำงานของเครื่องวิดีโอท่านสามารถคลิกที่ปุ่มที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ และเมื่อท่านต้องการนำม้วนวิดีโอไปเก็บยังตำแหน่งเดิมท่านสามารถทำได้โดยการคลิกที่ปุ่ม EJECT ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในส่วนที่ทำการควบคุมการทำงานของเครื่องวิดีโอ

- ท่านต้องรอให้มือจับนำม้วนวิดีโอไปเก็บไว้ที่ตำแหน่งเดิม เมื่อมือจับทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้วท่านสามารถเลือกม้วนวิดีโอที่ท่านต้องการชมได้ใหม่ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกดังที่ได้กล่าวไปแล้ว



รูปที่ 4.16 แสดงภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ขณะที่มือจับนำม้วนวิดีโอไปเก็บไว้ที่ตำแหน่งเดิม

บทที่ 5

วงจรและส่วนที่ใช้ในการควบคุม

5.1 วงจรสเตปปิงมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)

เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ในส่วนที่สเตปปิงมอเตอร์ซึ่งมีอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนมือจับที่ใช้หนีบม้วนวิดีโอเทป และส่วนมือจับที่ใช้เคลื่อนที่ในแนวแกน Z (เข้า-ออก) ในโครงงานนี้เราออกแบบให้สเตปปิงมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวทำงานไม่พร้อมกัน จึงใช้วงจรในส่วน Logic Sequence เพียงวงจรเดียว และใช้วงจรขับสเตปปิงมอเตอร์ 2 วงจร เราสามารถเลือกได้ว่าจะให้ทำงานในส่วนใดโดยการควบคุมที่ Buffer ในการทำงานของสเตปปิงมอเตอร์ที่ใช้ครั้งนี้จะเป็นแบบ 2 เฟส ดังได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีกำลังมากขึ้น รูปที่ 5.2 แสดงวงจรส่วน Logic Sequence และ Buffer

จากรูปที่ 5.2 สามารถอธิบายการทำงานของวงจร Logic Sequence และ Buffer ได้ดังนี้คือ เรารับข้อมูลจากพอร์ตของ 8051 มาเป็นลอจิก 0 หรือ 1 จำนวน 2 บิตเพื่อทำการขับสเตปปิงมอเตอร์ให้ทำงานโดยจะผ่าน IC เบอร์ 74LS139 ซึ่งจะได้อเอาต์พุตจำนวน 4 บิต ออกมาแต่ยังไม่สามารถนำไปขับมอเตอร์ได้จึงต้องผ่านส่วนที่เป็นวงจรเกทก่อนเพื่อทำการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลที่สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้ จากนั้นข้อมูลนี้จะผ่านไปยังวงจร Buffer เพื่อใช้ต่อไปยังวงจรขับมอเตอร์ 2 ชุดดังรูปที่ 5.3

ลักษณะการทำงานตั้งแต่เมื่ออินพุต(ลอจิก 0 หรือ 1 จำนวน 2 บิต)ได้เข้ามาและผ่าน 74LS139 (เอาต์พุต 4 บิต), วงจรเกท จนได้อเอาต์พุต 4 บิตออกมาเป็นดังต่อไปนี้

B	A	A	B	C	D	Y1	Y2	Y3	Y4
0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1

$$Y1 = CD (A \oplus B)$$

$$Y2 = AD (B \oplus C)$$

$$Y3 = AB (C \oplus D)$$

$$Y4 = CB (A \oplus D)$$

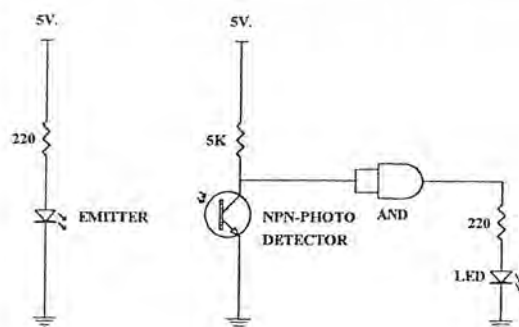
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วงจรในส่วนมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

ในส่วน DC MOTOR นี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆด้วยกันคือ ส่วนของวงจรสร้างพัลส์วิดโมดูเลท(PWM) และ ส่วนวงจรขับ DC MOTOR ซึ่งในที่นี้ใช้ DC MOTOR เป็นส่วนควบคุมในการเคลื่อนที่นั้นมียู่ทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y และ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวแกน X โดยในส่วนแรกนั้นจะใช้ IC เบอร์ LMD 18200 ในการควบคุมการเคลื่อนที่เนื่องจากมีส่วนที่สามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ซึ่งก็คือส่วน PWM โดยจะได้มาจากวงจรสร้าง PWM ซึ่งประกอบด้วย DAC (Digital to Analog Converter) เบอร์ 0800 และใช้ IC เบอร์ TL 494 เป็นตัวสร้างสัญญาณ PWM จากค่าศักดาที่มาจาก DAC แต่เนื่องจากในโครงการนี้ เราต้องการใช้ระดับความเร็วของมอเตอร์เพียง 4 ขั้น จึงใช้บิตควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 2 บิต และมีการต่อบิตที่มีนัยสำคัญสูงที่เหลือ 4 บิตเข้ากับ Dip-Switch เพื่อที่จะสามารถปรับแต่งความเร็วได้ และอีก 2 บิตที่เหลือให้เป็น Logic 0 ในส่วนการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ใช้ IC เบอร์ LMD 18245 ในการควบคุมการเคลื่อนที่เนื่องจากไม่ต้องการเปลี่ยนระดับความเร็วของมอเตอร์ และ IC เบอร์นี้ยังสามารถลิมิตกระแสที่ผ่านมอเตอร์ได้ด้วย โดยที่ IC เบอร์ 18200 และ 18245 แสดงไว้ดังรูปที่ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ และวงจรสร้าง PWM แสดงไว้ดังรูปที่ 5.6

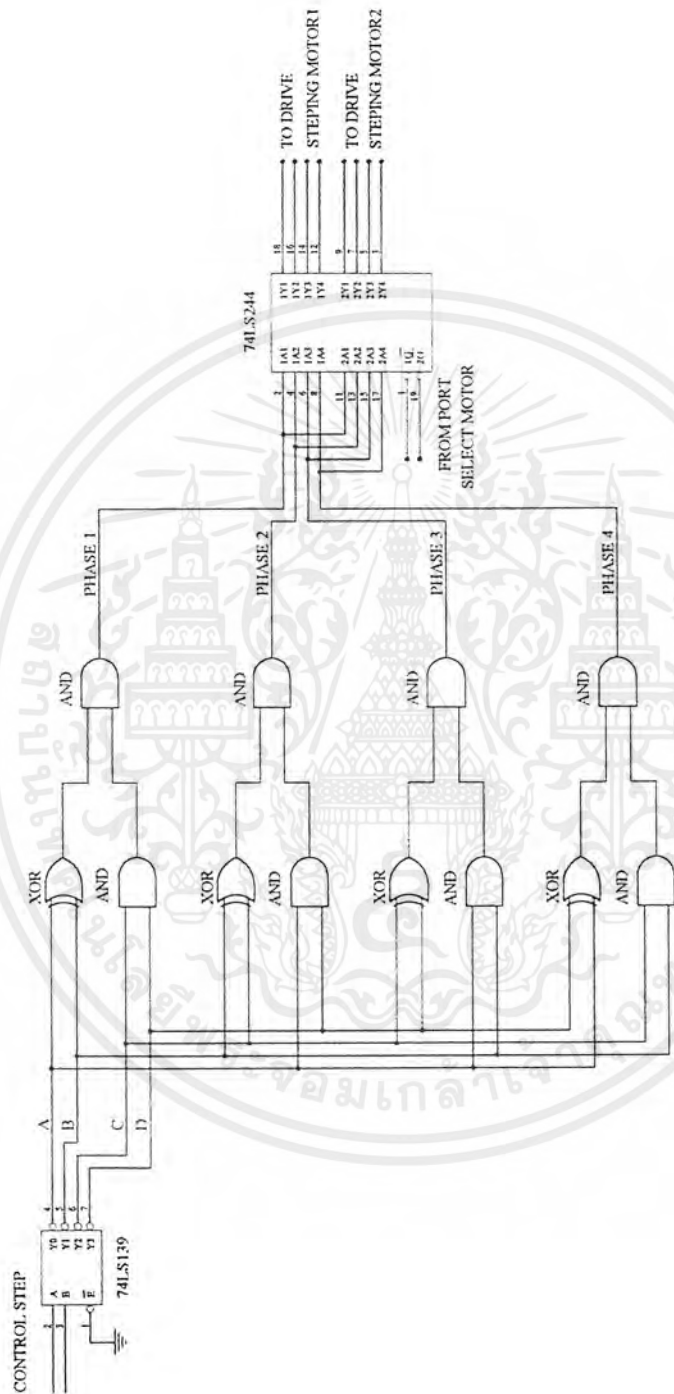
5.3 วงจร SENSOR

โดย SENSOR ในที่นี้จะใช้เป็นตัวบอกตำแหน่งสำคัญต่างๆ เช่นจุดเริ่มต้นในแนวแกน X และแนวแกน Y ในส่วนของวงจร SENSOR นี้เลือกใช้ SENSOR แบบตัดผ่านที่เป็น LED และ Photo-transistor ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง-ตัวรับตามลำดับ อยู่ในแพ็คเกจเดียวกัน และมีการต่อ LED เพื่อแสดงผลการทำงาน โดยถ้า SENSOR อยู่ในสถานะปกติคือไม่มีอะไรมากระหว่าง ตัวส่ง กับ ตัวรับ จะทำให้ Photo-transistor ทำงานเพราะฉะนั้นจะได้เอาท์พุทของวงจรเป็น 0 และ LED แสดงผลดับ แต่ถ้าหากมีอะไรมากระหว่างตัวส่งกับตัวรับ จะทำให้ Photo-transistor ไม่ทำงานเพราะฉะนั้นจะได้เอาท์พุทเป็น 1 และ LED แสดงผลสว่าง ซึ่งวงจรส่วน SENSOR ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.1



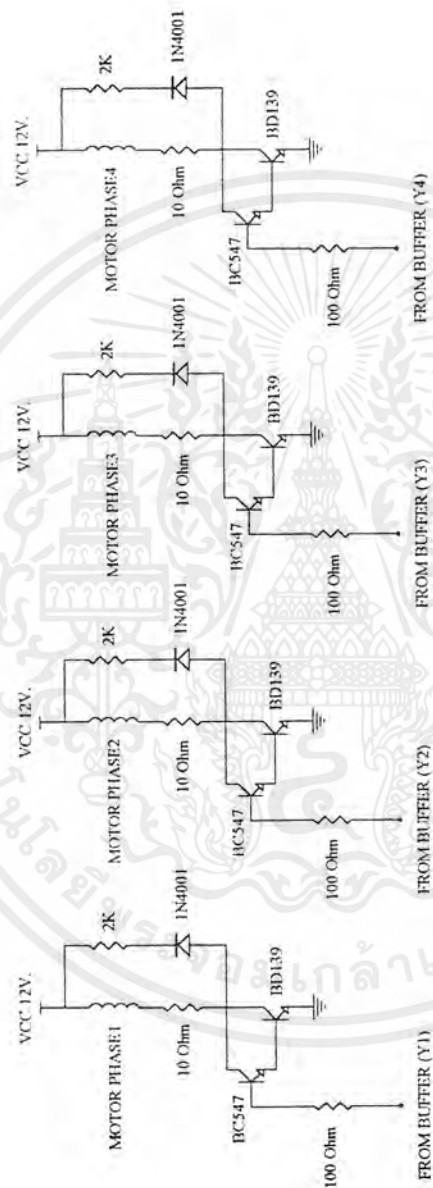
รูปที่ 5.1 รูปแสดงการต่อวงจร SENSOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

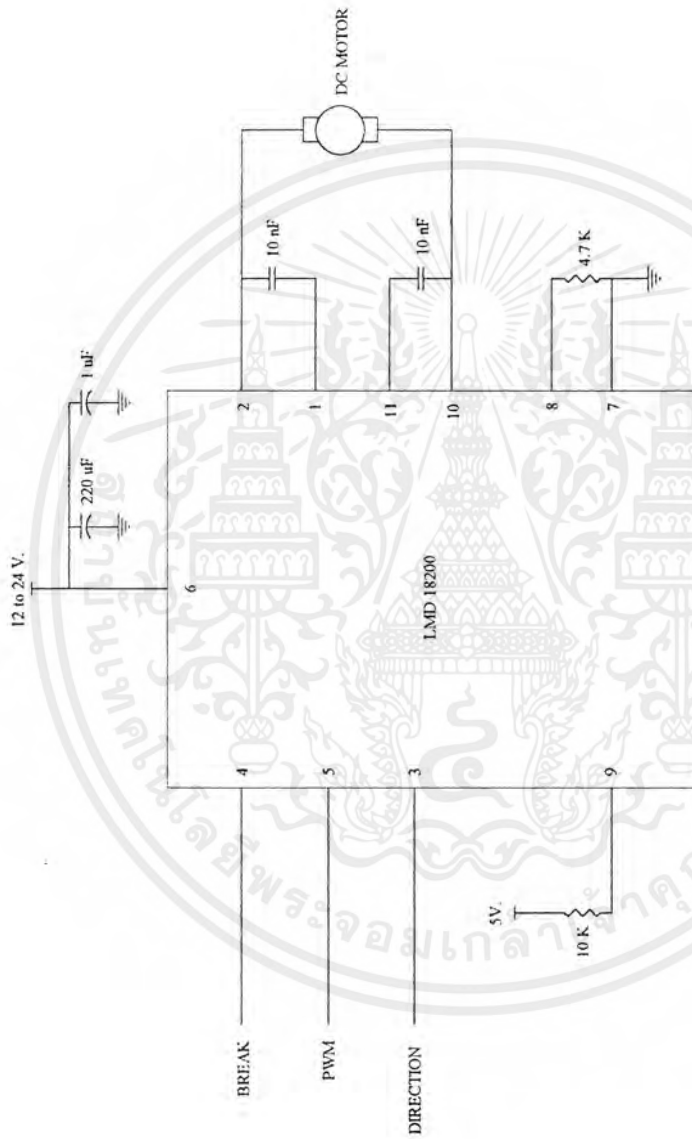


รูปที่ 5.2 แสดงวงจร LOGIC SEQUENCE และ BUFFER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

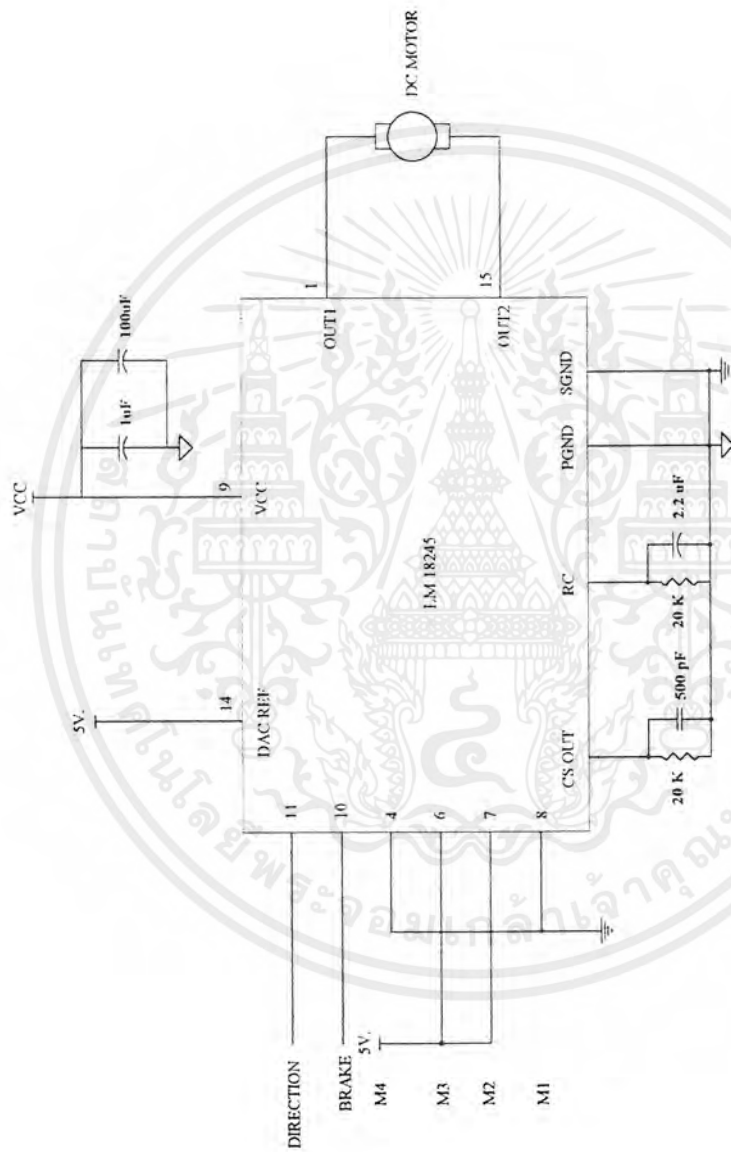


รูปที่ 5.3 แสดงวงจร DRIVE STEPPING MOTOR

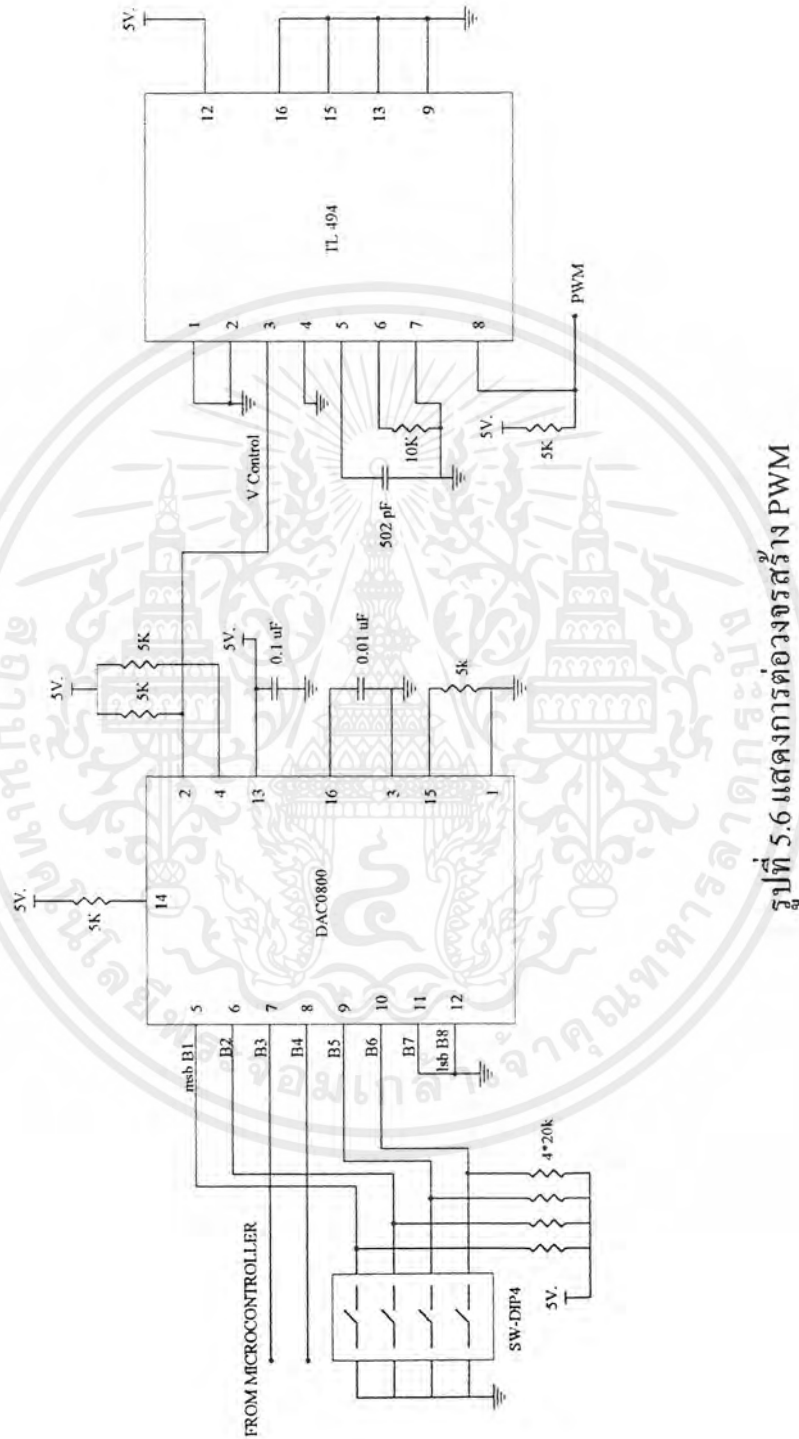


รูปที่ 5.4 รูปแสดงการต่อวงจรควบคุม DC MOTOR โดยใช้ IC เบอร์ LMD 18200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงการต่อวงจรควบคุม DC MOTOR โดยใช้ IC เบอร์ LMD 18245



รูปที่ 5.6 แสดงการต่อวงจรสร้าง PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองได้ทำการทดลองในส่วนของวงจรขับสเตปป์มอเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วยวงจร Logic Sequence และวงจรขับมอเตอร์ สำหรับวงจร Logic Sequence ในครั้งแรกได้ออกแบบโดยใช้ ไอซีเบอร์ 555 เป็นตัวสร้างสัญญาณพิกให้กับวงจรนับ 4 แต่จากการทดลองวัดเอาต์พุตที่ได้ พบว่าแต่ละเฟสของเอาต์พุตที่ได้มีคาบไม่เท่ากัน จึงเปลี่ยนวงจรใหม่ ได้เป็นวงจรที่ได้เสนอไปแล้วใน บทที่ 5 เมื่อทำการต่อวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้ ผลการทดลองที่ได้ พบว่าได้สัญญาณกระตุ้น 4 เฟส ตามต้องการและใช้อุปกรณ์น้อยกว่าวงจรในแบบแรก สำหรับวงจรขับมอเตอร์นั้นได้ใช้ ทรานซิสเตอร์ 1 ตัวในการขับแต่ละเฟสของมอเตอร์ พบว่าได้แรงบิดต่ำ จึงเปลี่ยนมาใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อกันแบบคาสคอด พบว่าได้แรงบิดของมอเตอร์มากขึ้น เมื่อได้วงจร Logic Sequence และวงจร ขับมอเตอร์ตามที่ต้องการแล้วจึงทำการทดลองหาค่าความถี่ในการขับมอเตอร์ พบว่าเมื่อความถี่สูง มอเตอร์จะหมุนเร็วขึ้นแต่จะมีแรงบิดน้อยลง จึงต้องลองเปลี่ยนค่าความถี่จนได้ความถี่ที่เหมาะสมคือ ได้แรงบิดที่มากพอและมอเตอร์หมุนเร็วพอสมควร

การทดลองในส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ เมื่อใช้ไอซีเบอร์ LMD 18245 (การเคลื่อนที่ใน แนวแกน X) พบว่า สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เช่น เมื่อมี คำสั่งให้มอเตอร์หยุด มอเตอร์ก็จะหยุดทันที ในส่วนของวงจรสร้างพัลส์สี่เหลี่ยม พบว่าเมื่อทำการ เปลี่ยนอินพุตที่เป็นดิจิทัลของ ไอซี DAC 0800 ทำให้ได้ขบวนพัลส์ที่มี Duty Cycle เปลี่ยนไป ที่เอาต์ พูตของ ไอซี TL494 ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในแกน Y ได้ตามต้องการ

การทดลองในส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ เมื่อใช้ไอซีเบอร์ LMD 18200 (การเคลื่อนที่ใน แนวแกน Y) พบว่า สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ถูกต้องและแม่นยำได้ โดยมีเอนโค้ด เอร์เป็นตัวบอกระยะทางในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของม้วนวิดีโอ ส่วนมอเตอร์ที่ใช้ในการ ขับเคลื่อน ออกแบบให้มีชุดเฟืองทดเป็นแบบเฟืองหนอน เพื่อที่จะสามารถเพิ่มกำลังขับเคลื่อนได้มาก ขึ้นและหยุดอยู่ที่ตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ลงมาแม้จะไม่มีการจ่ายไฟให้ก็ตาม

การทดลองในส่วนของเซ็นเซอร์ พบว่าค่าความต้านทานในวงจรมีผลต่อความไวในการ ทำงานมาก โดยเฉพาะตัวต้านทานที่ต่ออยู่กับตัวรับของเซ็นเซอร์ จะมีผลต่อเอาต์พุตของวงจรทำให้มี ค่าเข้าใกล้ 5 V. และ 0 V. ไม่เท่ากันสำหรับค่าความต้านทานแต่ละค่า จึงได้ทำการทดลองเปลี่ยนตัว ต้านทานให้มีค่าต่างๆ กันแล้วเปรียบเทียบเอาต์พุตที่ได้ พบว่าค่าความต้านทาน 5 K โอห์มให้ เอาต์พุตอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การทดลองในส่วนของการสื่อสารข้อมูลอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ ไมโคร-คอนโทรลเลอร์ ในส่วนของคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการทำงาน สามารถส่งและรับข้อมูลอนุกรมได้อย่างถูกต้อง ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อใช้ จีพเบอร์ 8052 เดียวๆ พบปัญหาคือส่งข้อมูลได้บางครั้ง จึงได้เพิ่มวงจรที่ช่วยในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม ทำให้สามารถส่งและรับข้อมูลอนุกรมได้อย่างถูกต้อง

การทดลองในส่วนกลไก เมื่อทำการต่อชุดเฟืองเสร็จ ได้ทำการทดสอบกลไกพบว่าส่วนมือจับสามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกน X, Y ได้ และสามารถเคลื่อนที่ในแกน Z ไปหนึบม้วนวิดีโอได้ตามต้องการ

เพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการนำม้วนวิดีโอเข้าไปในเครื่องวิดีโอ จึงได้จัดทำชุดปรับแต่งม้วนวิดีโอ เนื่องจากในขณะที่มือจับนำม้วนวิดีโอมาจากตำแหน่งที่เก็บนั้น ถ้าม้วนวิดีโอเกิดการเลื่อนตำแหน่ง เช่น เกิดการเอียงไปจากตำแหน่งเดิม จะทำให้ไม่สามารถนำม้วนวิดีโอเข้าไปในเครื่องวิดีโอได้ แต่ชุดปรับแต่งม้วนวิดีโอจะเป็นตัวปรับตำแหน่งของม้วนวิดีโอ ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และสามารถนำเข้าไปในเครื่องวิดีโอได้ โดยมีคีมมือเคอร์ควบคุมแผ่นอคูมิเนียมที่ไว้สำหรับปรับตำแหน่งม้วนวิดีโอให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยการเคลื่อนที่ในแนวแกน X

บทที่ 7

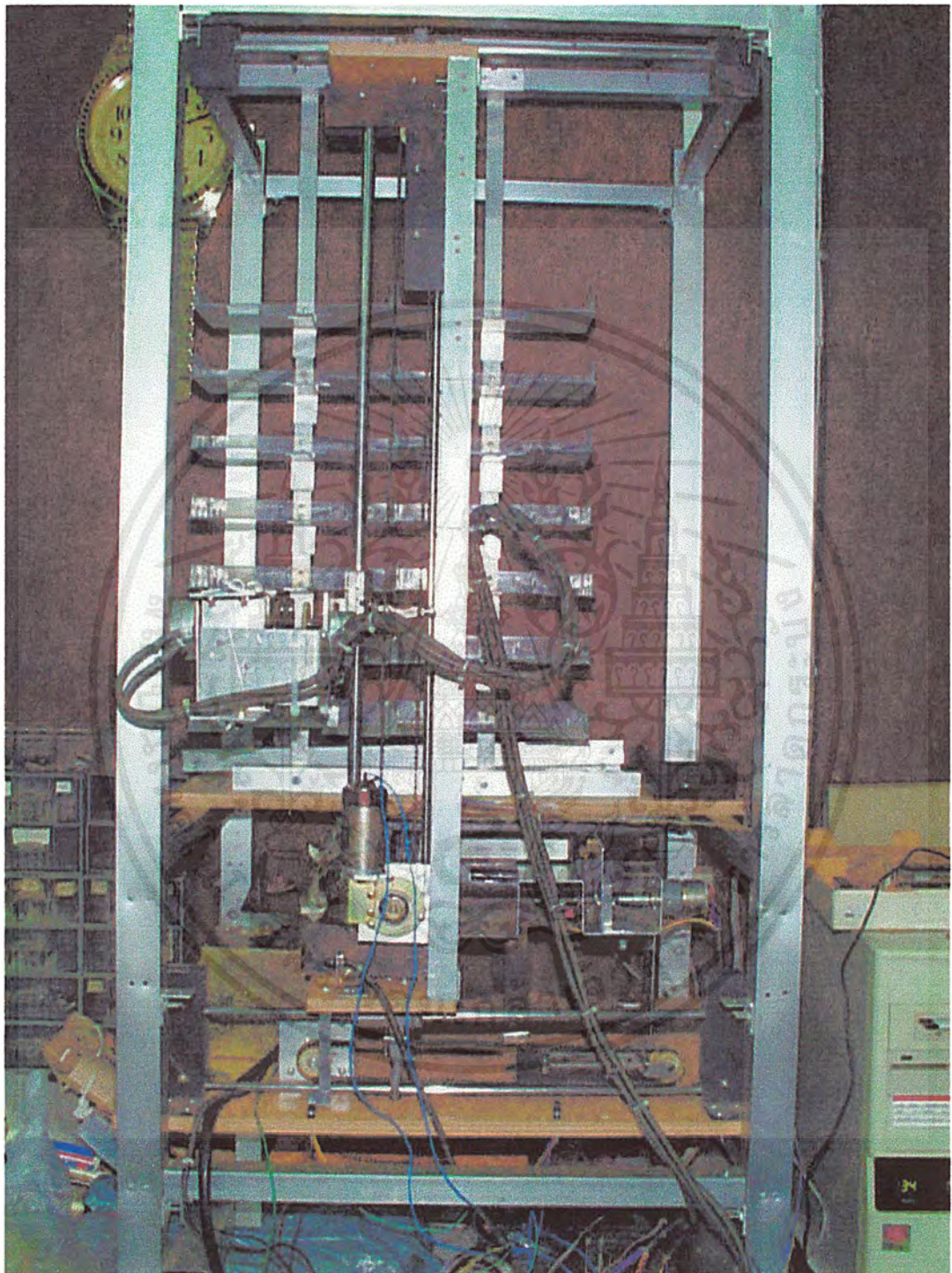
บทสรุป

ในการออกแบบระบบควบคุมแขนกลเฉพาะงานนี้ ซึ่งเป็นโปรเจกต์ต่อเนื่อง โดยได้นำโครงสร้างเดิมมาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น และทำการออกแบบระบบควบคุมใหม่ทั้งหมด ขอบกพร่องในโครงสร้างเดิมคือแขนกลมีการทำงานช้า และ มือจับมีน้ำหนักมาก จึงได้ทำการพัฒนาโดยการเปลี่ยนมอเตอร์ในแนวแกน X และแกน Y ใหม่โดยเปลี่ยนเป็นคีมอเตอร์ซึ่งจากเดิมใช้สเต็ปป์มอเตอร์ ทำให้การทำงานของเครื่องรวดเร็วขึ้น และเปลี่ยนระบบจ่ายไฟใหม่โดยใช้สวิทช์จิ้งเหลนเวอร์สพหลาย ทำให้สามารถแก้ปัญหาในระบบจ่ายไฟ แต่ในการทำโครงงานนี้พบว่าปัญหาหลายอย่างยากที่จะแก้ไขได้ เช่น ชุดมือจับมีน้ำหนักมากและมีแรงบิดน้อย โครงสร้างของแขนกลมีขนาดเล็กทำให้ม้วนวิตีโอที่จะเก็บได้ไม่มากนัก และเมื่อใช้งานนานๆ ความแข็งแรงของโครงอลูมิเนียมลดน้อยลง ความสึกหรอของเบร้งสไลด์มีมากขึ้น ทำให้เกิดการสั่นในขณะที่ยึดมือจับเคลื่อนที่ ซึ่งจะส่งผลอย่างมากขณะที่ชุดมือจับทำการเคลื่อนย้ายม้วนวิตีโอ จะพบว่าปัญหาเหล่านี้หากจะแก้ไขก็ต้องทำใหม่เกือบทั้งหมด

อย่างไรก็ดีสำหรับโครงงานการออกแบบระบบควบคุมแขนกลในเทอมนี้ เมื่อได้ทำงานเสร็จและทดลองผลแล้ว พบว่าสามารถทำให้การทำงานของเครื่องรวดเร็วขึ้นอย่างมาก การเคลื่อนที่ของมือจับไปยังตำแหน่งที่วางม้วนวิตีโอ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ มือจับสามารถทำการหยิบม้วนวิตีโอจากชั้นวาง เพื่อนำไปใส่ในเครื่องวิตีโอ และควบคุมการทำงานของเครื่องวิตีโอ โดยควบคุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และสามารถแสดงภาพออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ หลังจากนั้นมือจับจะนำม้วนวิตีโอ ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่งเดิม และมือจับจะกลับไปตำแหน่งเริ่มต้น

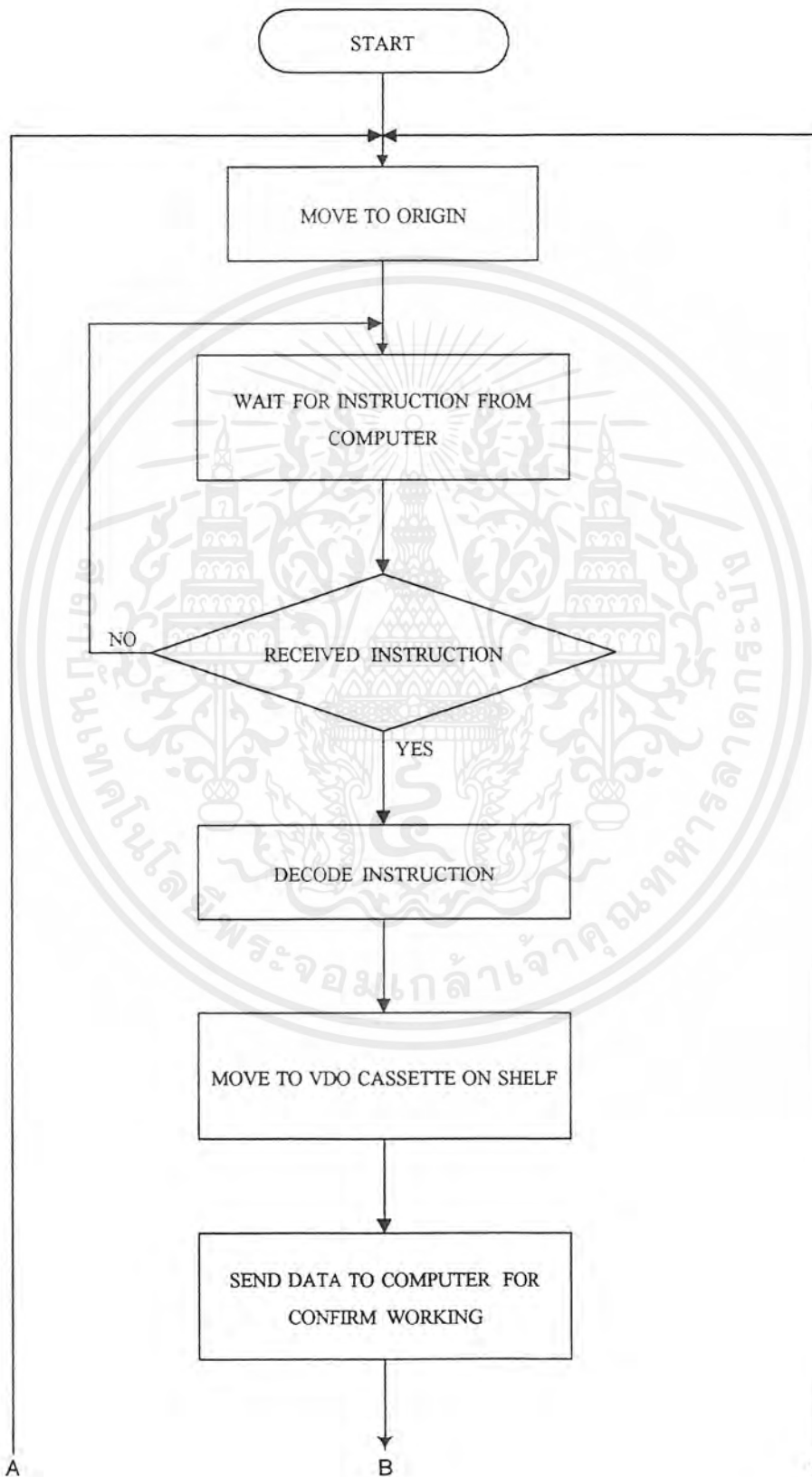


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

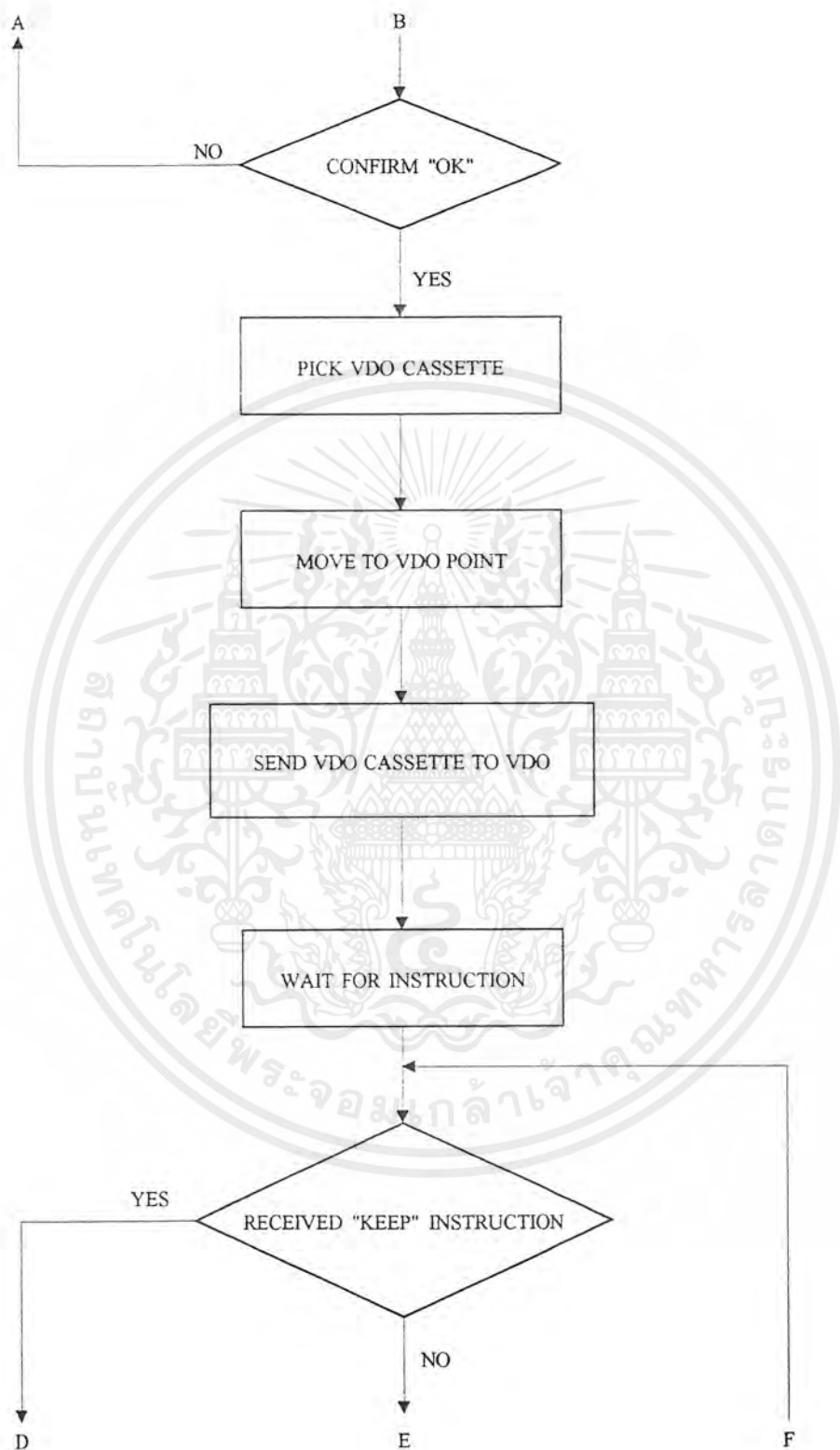


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

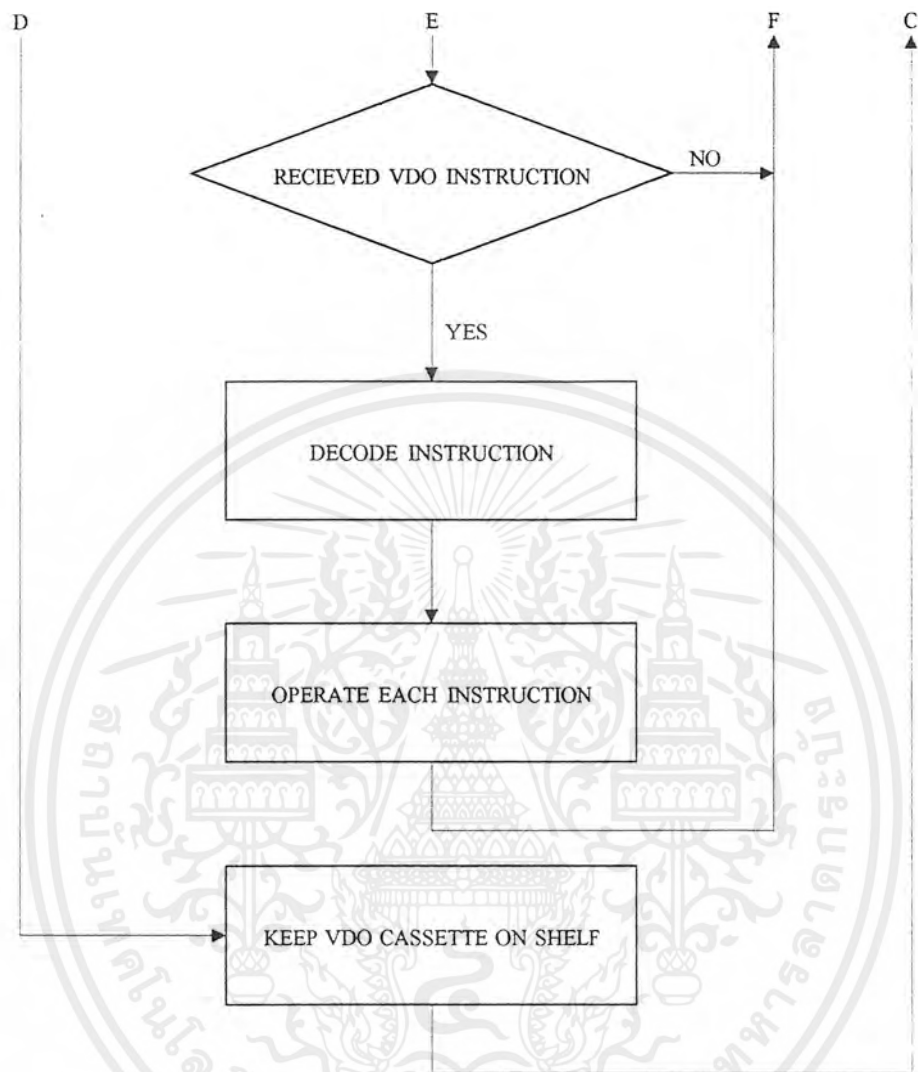
FLOW CHART แสดงการทำงานของแขนกล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LMD18200 3A, 55V H-Bridge

General Description

The LMD18200 is a 3A H-Bridge designed for motion control applications. The device is built using a multi-technology process which combines bipolar and CMOS control circuitry with DMOS power devices on the same monolithic structure. Ideal for driving DC and stepper motors; the LMD18200 accommodates peak output currents up to 6A. An innovative circuit which facilitates low-loss sensing of the output current has been implemented.

Features

- Delivers up to 3A continuous output
- Operates at supply voltages up to 55V
- Low $R_{DS(ON)}$ typically 0.3 Ω per switch
- TTL and CMOS compatible inputs

- No "shoot-through" current
- Thermal warning flag output at 145°C
- Thermal shutdown (outputs off) at 170°C
- Internal clamp diodes
- Shorted load protection
- Internal charge pump with external bootstrap capability

Applications

- DC and stepper motor drives
- Position and velocity servomechanisms
- Factory automation robots
- Numerically controlled machinery
- Computer printers and plotters

Functional Diagram

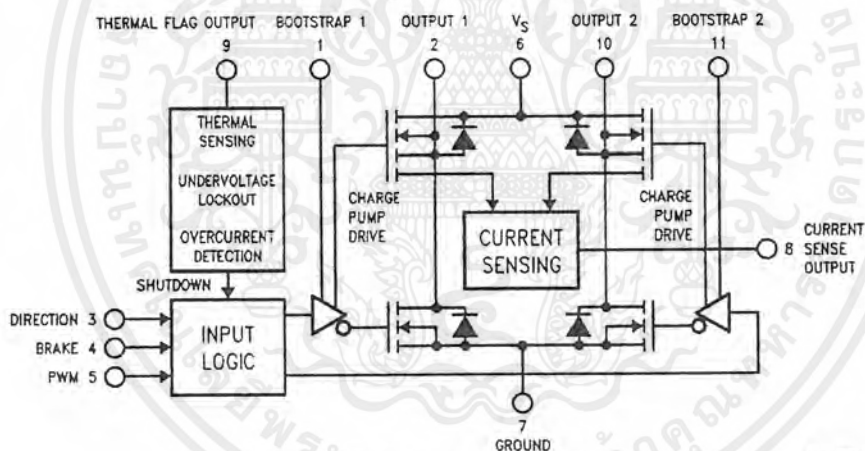
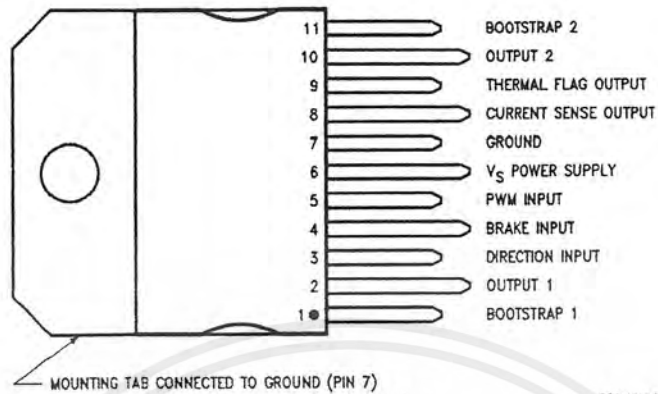


FIGURE 1. Functional Block Diagram of LMD18200

DS010568-1

Connection Diagram and Ordering Information



DS010506-2

Top View
Order Number LMD18200T
See NS Package TA11B

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Total Supply Voltage (V_S , Pin 6)	60V
Voltage at Pins 3, 4, 5, 8 and 9	12V
Voltage at Bootstrap Pins (Pins 1 and 11)	$V_{OUT} + 16V$
Peak Output Current (200 ms)	6A
Continuous Output Current (Note 2)	3A
Power Dissipation (Note 3)	25W

Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Free Air)	3W
Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$	150°C
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature, T_{STG}	-40°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	300°C

Operating Ratings (Note 1)

Junction Temperature, T_J	-40°C to +125°C
V_S Supply Voltage	+12V to +55V

Electrical Characteristics (Note 5)

The following specifications apply for $V_S = 42V$, unless otherwise specified. Boldface limits apply over the entire operating temperature range, $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$, all other limits are for $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Limit	Units
$R_{DS(ON)}$	Switch ON Resistance	Output Current = 3A (Note 6)	0.33	0.4/0.6	Ω (max)
$R_{DS(ON)}$	Switch ON Resistance	Output Current = 6A (Note 6)	0.33	0.4/0.6	Ω (max)
V_{CLAMP}	Clamp Diode Forward Drop	Clamp Current = 3A (Note 6)	1.2	1.5	V (max)
V_{IL}	Logic Low Input Voltage	Pins 3, 4, 5		-0.1 0.8	V (min) V (max)
I_{IL}	Logic Low Input Current	$V_{IN} = -0.1V$, Pins = 3, 4, 5		-10	μA (max)
V_{IH}	Logic High Input Voltage	Pins 3, 4, 5		2 12	V (min) V (max)
I_{IH}	Logic High Input Current	$V_{IN} = 12V$, Pins = 3, 4, 5		10	μA (max)
	Current Sense Output	$I_{OUT} = 1A$ (Note 8)	377	325/300 425/450	μA (min) μA (max)
	Current Sense Linearity	$1A \leq I_{OUT} \leq 3A$ (Note 7)	± 6	± 9	%
	Undervoltage Lockout	Outputs turn OFF		9 11	V (min) V (max)
T_{JW}	Warning Flag Temperature	Pin 9 $\leq 0.8V$, $I_L = 2\text{ mA}$	145		$^\circ\text{C}$
$V_F(ON)$	Flag Output Saturation Voltage	$T_J = T_{JW}$, $I_L = 2\text{ mA}$	0.15		V
$I_F(OFF)$	Flag Output Leakage	$V_F = 12V$	0.2	10	μA (max)
T_{JSD}	Shutdown Temperature	Outputs Turn OFF	170		$^\circ\text{C}$
I_S	Quiescent Supply Current	All Logic Inputs Low	13	25	mA (max)
t_{Don}	Output Turn-On Delay Time	Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	300 300		ns ns
t_{on}	Output Turn-On Switching Time	Bootstrap Capacitor = 10 nF Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	100 80		ns ns
t_{off}	Output Turn-Off Delay Times	Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	200 200		ns ns
t_{off}	Output Turn-Off Switching Times	Bootstrap Capacitor = 10 nF Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	75 70		ns ns
t_{pw}	Minimum Input Pulse Width	Pins 3, 4 and 5	1		μs
t_{cpr}	Charge Pump Rise Time	No Bootstrap Capacitor	20		μs

Electrical Characteristics Notes

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions.

Note 2: See Application Information for details regarding current limiting.

Note 3: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is a function of $T_{J(max)}$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_{D(max)} = (T_{J(max)} - T_A)/\theta_{JA}$, or the number given in the Absolute Ratings, whichever is lower. The typical thermal resistance from junction to case (θ_{JC}) is 1.0°C/W and from junction to ambient (θ_{JA}) is 30°C/W. For guaranteed operation $T_{J(max)} = 125^\circ\text{C}$.

Note 4: Human-body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor. Except Bootstrap pins (pins 1 and 11) which are protected to 1000V of ESD.

Note 5: All limits are 100% production tested at 25°C. Temperature extreme limits are guaranteed via correlation using accepted SQC (Statistical Quality Control) methods. All limits are used to calculate AOQL (Average Outgoing Quality Level).

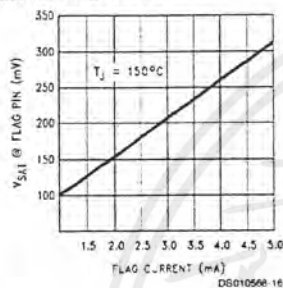
Note 6: Output currents are pulsed ($t_W < 2$ ms, Duty Cycle $< 5\%$).

Note 7: Regulation is calculated relative to the current sense output value with a 1A load.

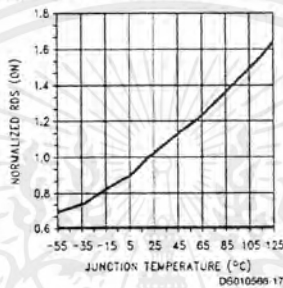
Note 8: Selections for tighter tolerance are available. Contact factory.

Typical Performance Characteristics

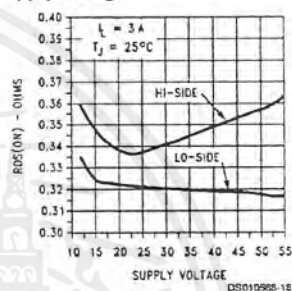
V_{SAT} vs Flag Current



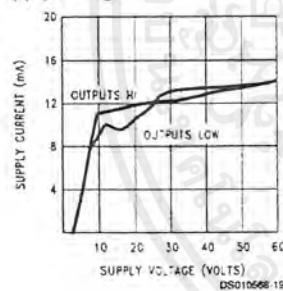
$R_{DS(ON)}$ vs Temperature



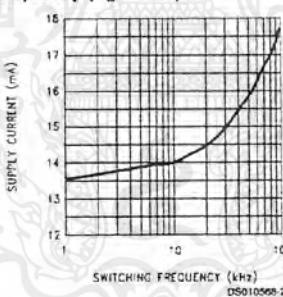
$R_{DS(ON)}$ vs Supply Voltage



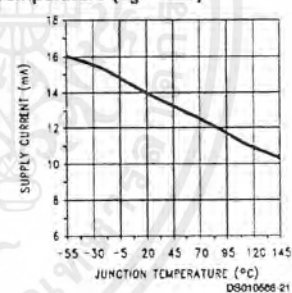
Supply Current vs Supply Voltage



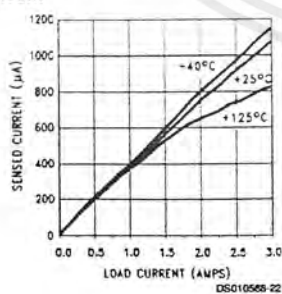
Supply Current vs Frequency ($V_S = 42V$)



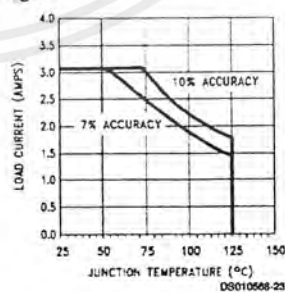
Supply Current vs Temperature ($V_S = 42V$)



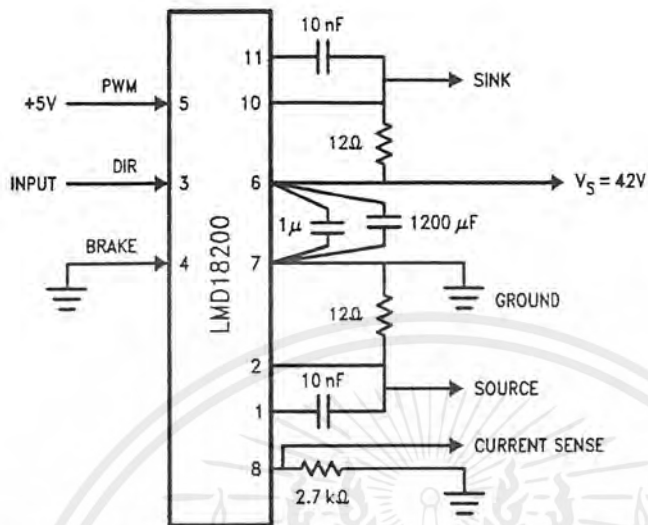
Current Sense Output vs Load Current



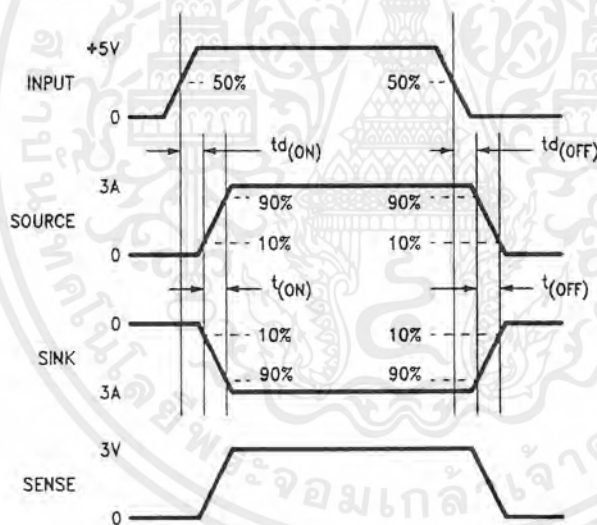
Current Sense Operating Region



Test Circuit



Switching Time Definitions



Pinout Description (See Connection Diagram)

Pin 1, BOOTSTRAP 1 Input: Bootstrap capacitor pin for half H-bridge number 1. The recommended capacitor (10 nF) is connected between pins 1 and 2.

Pin 2, OUTPUT 1: Half H-bridge number 1 output.

Pin 3, DIRECTION Input: See Table 1. This input controls the direction of current flow between OUTPUT 1 and OUTPUT 2 (pins 2 and 10) and, therefore, the direction of rotation of a motor load.

Pin 4, BRAKE Input: See Table 1. This input is used to brake a motor by effectively shorting its terminals. When

braking is desired, this input is taken to a logic high level and it is also necessary to apply logic high to PWM input, pin 5. The drivers that short the motor are determined by the logic level at the DIRECTION Input (Pin 3): with Pin 3 logic high, both current sourcing output transistors are ON; with Pin 3 logic low, both current sinking output transistors are ON. All output transistors can be turned OFF by applying a logic high to Pin 4 and a logic low to PWM input Pin 5; in this case only a small bias current (approximately -1.5 mA) exists at each output pin.

Pinout Description

(See Connection Diagram) (Continued)

Pin 5, PWM Input: See Table 1. How this input (and DIRECTION input, Pin 3) is used is determined by the format of the PWM Signal.

Pin 6, V_S Power Supply

Pin 7, GROUND Connection: This pin is the ground return, and is internally connected to the mounting tab.

Pin 8, CURRENT SENSE Output: This pin provides the sourcing current sensing output signal, which is typically 377 μA .

Pin 9, THERMAL FLAG Output: This pin provides the thermal warning flag output signal. Pin 9 becomes active-low at 145°C (junction temperature). However the chip will not shut itself down until 170°C is reached at the junction.

Pin 10, OUTPUT 2: Half H-bridge number 2 output.

Pin 11, BOOTSTRAP 2 Input: Bootstrap capacitor pin for Half H-bridge number 2. The recommended capacitor (10 nF) is connected between pins 10 and 11.

TABLE 1. Logic Truth Table

PWM	Dir	Brake	Active Output Drivers
H	H	L	Source 1, Sink 2
H	L	L	Sink 1, Source 2
L	X	L	Source 1, Source 2
H	H	H	Source 1, Source 2
H	L	H	Sink 1, Sink 2
L	X	H	NONE

Application Information

TYPES OF PWM SIGNALS

The LMD18200 readily interfaces with different forms of PWM signals. Use of the part with two of the more popular forms of PWM is described in the following paragraphs.

Simple, locked anti-phase PWM consists of a single, variable duty-cycle signal in which is encoded both direction and amplitude information (see Figure 2). A 50% duty-cycle PWM signal represents zero drive, since the net value of voltage (integrated over one period) delivered to the load is zero. For the LMD18200, the PWM signal drives the direction input (pin 3) and the PWM input (pin 5) is tied to logic high.

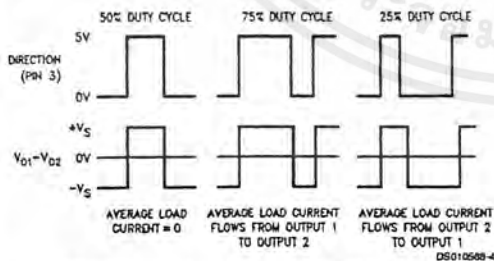


FIGURE 2. Locked Anti-Phase PWM Control

Sign/magnitude PWM consists of separate direction (sign) and amplitude (magnitude) signals (see Figure 3). The (absolute) magnitude signal is duty-cycle modulated, and the

absence of a pulse signal (a continuous logic low level) represents zero drive. Current delivered to the load is proportional to pulse width. For the LMD18200, the DIRECTION input (pin 3) is driven by the sign signal and the PWM input (pin 5) is driven by the magnitude signal.

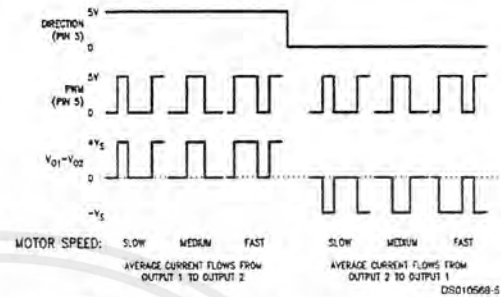


FIGURE 3. Sign/Magnitude PWM Control

USING THE CURRENT SENSE OUTPUT

The CURRENT SENSE output (pin 8) has a sensitivity of 377 μA per ampere of output current. For optimal accuracy and linearity of this signal, the value of voltage generating resistor between pin 8 and ground should be chosen to limit the maximum voltage developed at pin 8 to 5V, or less. The maximum voltage compliance is 12V.

It should be noted that the recirculating currents (free wheeling currents) are ignored by the current sense circuitry. Therefore, only the currents in the upper sourcing outputs are sensed.

USING THE THERMAL WARNING FLAG

The THERMAL FLAG output (pin 9) is an open collector transistor. This permits a wired OR connection of thermal warning flag outputs from multiple LMD18200's, and allows the user to set the logic high level of the output signal swing to match system requirements. This output typically drives the interrupt input of a system controller. The interrupt service routine would then be designed to take appropriate steps, such as reducing load currents or initiating an orderly system shutdown. The maximum voltage compliance on the flag pin is 12V.

SUPPLY BYPASSING

During switching transitions the levels of fast current changes experienced may cause troublesome voltage transients across system stray inductance.

It is normally necessary to bypass the supply rail with a high quality capacitor(s) connected as close as possible to the V_S Power Supply (Pin 6) and GROUND (Pin 7). A 1 μF high-frequency ceramic capacitor is recommended. Care should be taken to limit the transients on the supply pin below the Absolute Maximum Rating of the device. When operating the chip at supply voltages above 40V a voltage suppressor (transorb) such as P6KE62A is recommended from supply to ground. Typically the ceramic capacitor can be eliminated in the presence of the voltage suppressor. Note that when driving high load currents a greater amount of supply bypass capacitance (in general at least 100 μF per Amp of load current) is required to absorb the recirculating currents of the inductive loads.

Application Information (Continued)

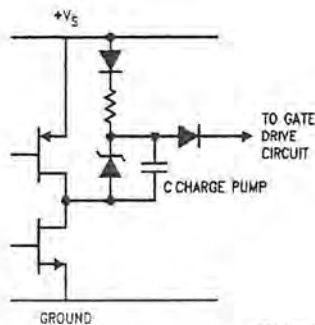
CURRENT LIMITING

Current limiting protection circuitry has been incorporated into the design of the LMD18200. With any power device it is important to consider the effects of the substantial surge currents through the device that may occur as a result of shorted loads. The protection circuitry monitors this increase in current (the threshold is set to approximately 10 Amps) and shuts off the power device as quickly as possible in the event of an overload condition. In a typical motor driving application the most common overload faults are caused by shorted motor windings and locked rotors. Under these conditions the inductance of the motor (as well as any series inductance in the V_{CC} supply line) serves to reduce the magnitude of a current surge to a safe level for the LMD18200. Once the device is shut down, the control circuitry will periodically try to turn the power device back on. This feature allows the immediate return to normal operation in the event that the fault condition has been removed. While the fault remains however, the device will cycle in and out of thermal shutdown. This can create voltage transients on the V_{CC} supply line and therefore proper supply bypassing techniques are required.

The most severe condition for any power device is a direct, hard-wired ("screwdriver") long term short from an output to ground. This condition can generate a surge of current through the power device on the order of 15 Amps and require the die and package to dissipate up to 500 Watts of power for the short time required for the protection circuitry to shut off the power device. This energy can be destructive, particularly at higher operating voltages (>30V) so some precautions are in order. Proper heat sink design is essential and it is normally necessary to heat sink the V_{CC} supply pin (pin 6) with 1 square inch of copper on the PCB.

INTERNAL CHARGE PUMP AND USE OF BOOTSTRAP CAPACITORS

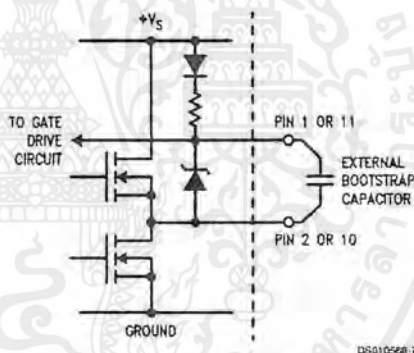
To turn on the high-side (sourcing) DMOS power devices, the gate of each device must be driven approximately 8V more positive than the supply voltage. To achieve this an internal charge pump is used to provide the gate drive voltage. As shown in Figure 4, an internal capacitor is alternately switched to ground and charged to about 14V, then switched to V supply thereby providing a gate drive voltage greater than V supply. This switching action is controlled by a continuously running internal 300 kHz oscillator. The rise time of this drive voltage is typically 20 μ s which is suitable for operating frequencies up to 1 kHz.



DS010568-6

FIGURE 4. Internal Charge Pump Circuitry

For higher switching frequencies, the LMD18200 provides for the use of external bootstrap capacitors. The bootstrap principle is in essence a second charge pump whereby a large value capacitor is used which has enough energy to quickly charge the parasitic gate input capacitance of the power device resulting in much faster rise times. The switching action is accomplished by the power switches themselves Figure 5. External 10 nF capacitors, connected from the outputs to the bootstrap pins of each high-side switch provide typically less than 100 ns rise times allowing switching frequencies up to 500 kHz.



DS010568-7

FIGURE 5. Bootstrap Circuitry

INTERNAL PROTECTION DIODES

A major consideration when switching current through inductive loads is protection of the switching power devices from the large voltage transients that occur. Each of the four switches in the LMD18200 have a built-in protection diode to clamp transient voltages exceeding the positive supply or ground to a safe diode voltage drop across the switch.

The reverse recovery characteristics of these diodes, once the transient has subsided, is important. These diodes must come out of conduction quickly and the power switches must be able to conduct the additional reverse recovery current of the diodes. The reverse recovery time of the diodes protecting the sourcing power devices is typically only 70 ns with a reverse recovery current of 1A when tested with a full 6A of forward current through the diode. For the sinking devices the recovery time is typically 100 ns with 4A of reverse current under the same conditions.

FIXED OFF-TIME CONTROL

This circuit controls the current through the motor by applying an average voltage equal to zero to the motor terminals for a fixed period of time, whenever the current through the motor exceeds the commanded current. This action causes

the motor current to vary slightly about an externally controlled average level. The duration of the Off-period is adjusted by the resistor and capacitor combination of the LM555. In this circuit the Sign/Magnitude mode of operation is implemented (see Types of PWM Signals).

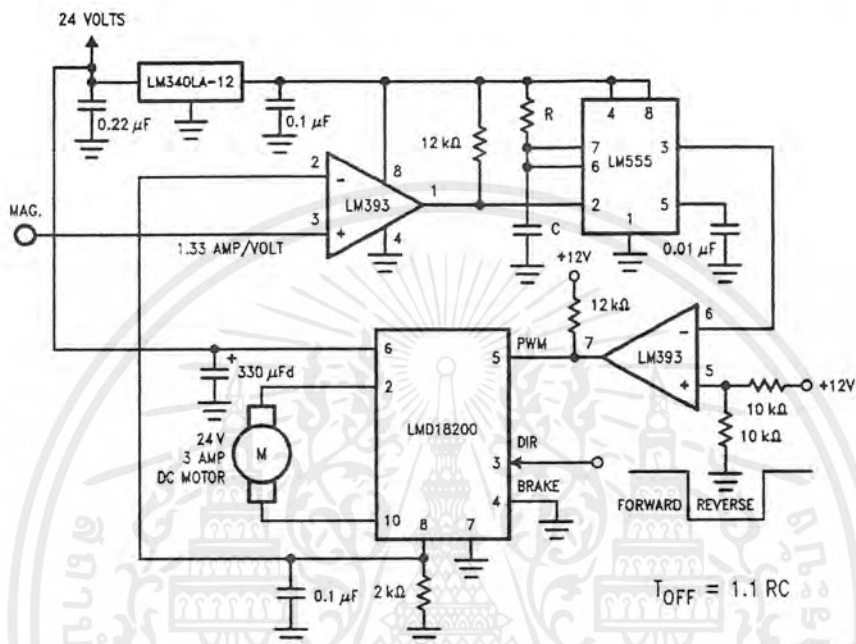


FIGURE 6. Fixed Off-Time Control

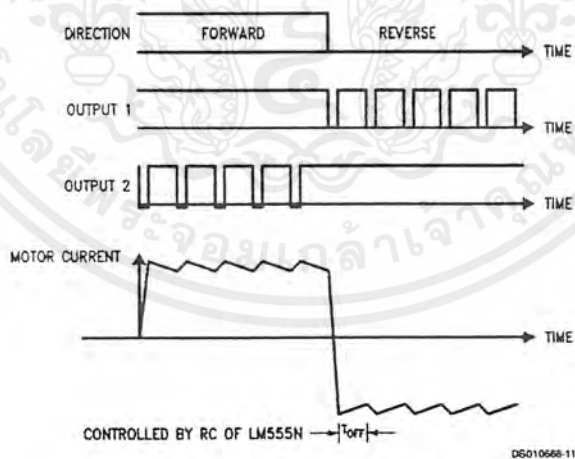


FIGURE 7. Switching Waveforms

TORQUE REGULATION

[illegible]

FIGURE 8. Locked Anti-Phase Control Regulates Torque

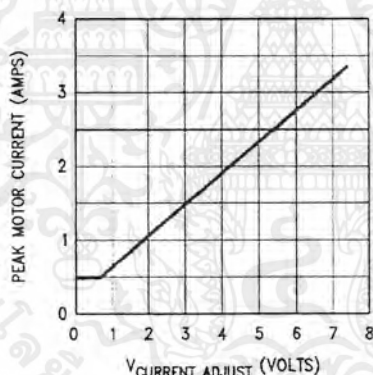


FIGURE 9. Peak Motor Current vs Adjustment Voltage

Utilizes tachometer output from the motor to sense motor speed for a locked anti-phase control loop. The relationship of motor speed to the speed adjustment control voltage is shown in *Figure 11*.

Typical Applications (Continued)

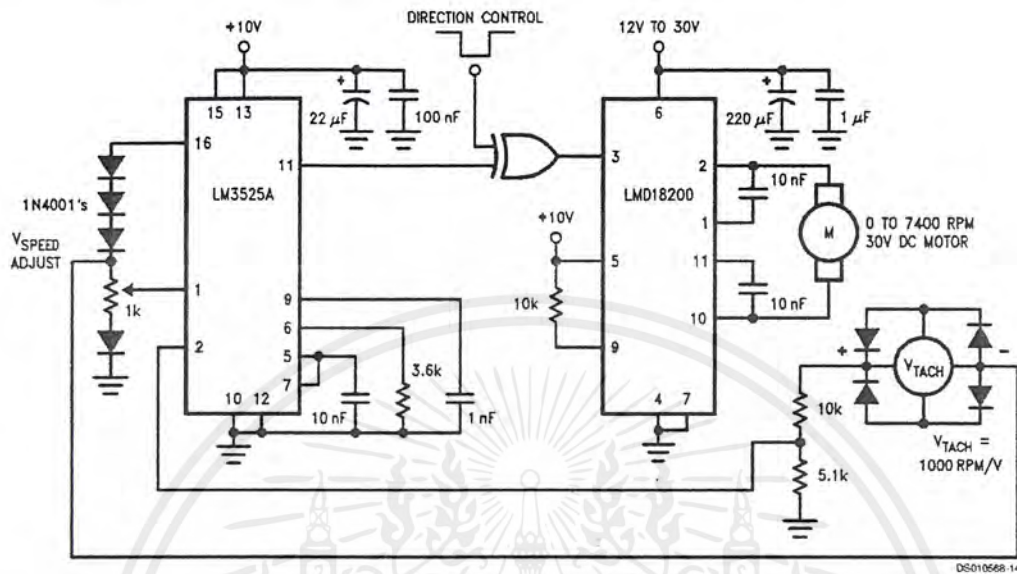


FIGURE 10. Regulate Velocity with Tachometer Feedback

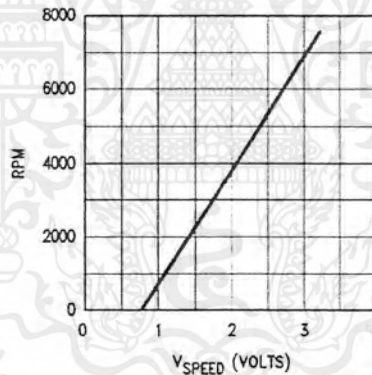


FIGURE 11. Motor Speed vs Control Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LMD18245

3A, 55V DMOS Full-Bridge Motor Driver

General Description

The LMD18245 full-bridge power amplifier incorporates all the circuit blocks required to drive and control current in a brushed type DC motor or one phase of a bipolar stepper motor. The multi-technology process used to build the device combines bipolar and CMOS control and protection circuitry with DMOS power switches on the same monolithic structure. The LMD18245 controls the motor current via a fixed off-time chopper technique.

An all DMOS H-bridge power stage delivers continuous output currents up to 3A (6A peak) at supply voltages up to 55V. The DMOS power switches feature low $R_{DS(ON)}$ for high efficiency, and a diode intrinsic to the DMOS body structure eliminates the discrete diodes typically required to clamp bipolar power stages.

An innovative current sensing method eliminates the power loss associated with a sense resistor in series with the motor. A four-bit digital-to-analog converter (DAC) provides a digital path for controlling the motor current, and, by extension, simplifies implementation of full, half and microstep stepper motor drives. For higher resolution applications, an external DAC can be used.

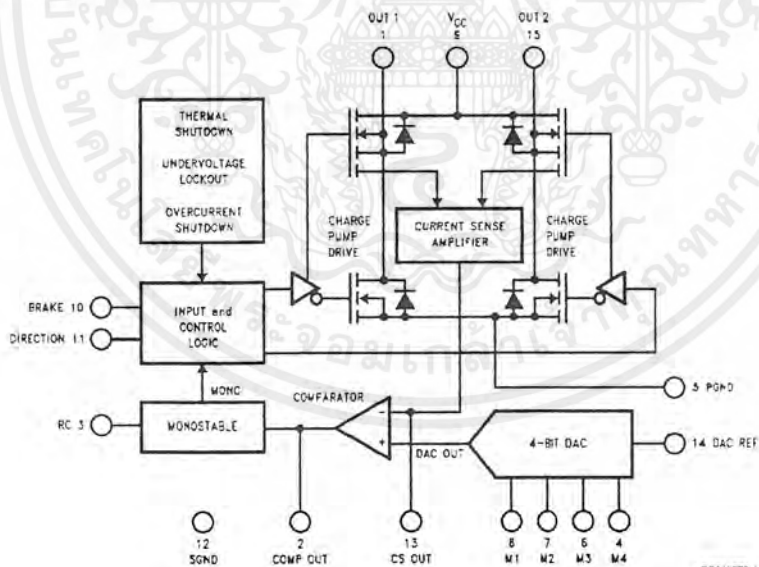
Features

- DMOS power stage rated at 55V and 3A continuous
- Low $R_{DS(ON)}$ of typically 0.3Ω per power switch
- Internal clamp diodes
- Low-loss current sensing method
- Digital or analog control of motor current
- TTL and CMOS compatible inputs
- Thermal shutdown (outputs off) at $T_J = 155^\circ\text{C}$
- Overcurrent protection
- No shoot-through currents
- 15-lead TO-220 molded power package

Applications

- Full, half and microstep stepper motor drives
- Stepper motor and brushed DC motor servo drives
- Automated factory, medical and office equipment

Functional Block and Connection Diagram (15-Lead TO-220 Molded Power Package (T))



Order Number LMD18245T
See NS Package Number TA15A

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

DC Voltage at:

OUT 1, V_{CC} , and OUT 2	+60V
COMP OUT, RC, M4, M3, M2, M1, BRAKE, DIRECTION, CS OUT, and DAC REF	+12V

DC Voltage PGND to SGND	$\pm 400\text{mV}$
Continuous Load Current	3A
Peak Load Current (Note 2)	6A
Junction Temperature ($T_{J(\text{max})}$)	+150°C

Power Dissipation (Note 3) :

TO-220 ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Infinite Heatsink)	25W
TO-220 ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Free Air)	3.5W
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature Range (T_S)	-40°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Operating Conditions (Note 1)

Temperature Range (T_J) (Note 3)	-40°C to +125°C
Supply Voltage Range (V_{CC})	+12V to +55V
CS OUT Voltage Range	0V to +5V
DAC REF Voltage Range	0V to +5V
MONOSTABLE Pulse Range	10 μs to 100 ms

Electrical Characteristics (Note 2)

The following specifications apply for $V_{CC} = +42\text{V}$, unless otherwise stated. **Boldface limits apply over the operating temperature range, $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$.** All other limits apply for $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical (Note 5)	Limit (Note 5)	Units (Limits)
I_{CC}	Quiescent Supply Current	DAC REF = 0V, $V_{CC} = +20\text{V}$	8	15	mA mA (max)
POWER OUTPUT STAGE					
$R_{DS(ON)}$	Switch ON Resistance	$I_{LOAD} = 3\text{A}$	0.3	0.4	Ω (max)
		$I_{LOAD} = 6\text{A}$	0.3	0.4	Ω (max)
V_{DIODE}	Body Diode Forward Voltage	$I_{DIODE} = 3\text{A}$	1.0	1.5	V
					V(max)
T_{rr}	Diode Reverse Recovery Time	$I_{DIODE} = 1\text{A}$	80		ns
Q_{rr}	Diode Reverse Recovery Charge	$I_{DIODE} = 1\text{A}$	40		nC
$t_{D(ON)}$	Output Turn ON Delay Time	$I_{LOAD} = 3\text{A}$	5		μs
		$I_{LOAD} = 3\text{A}$	900		ns
$t_{D(OFF)}$	Output Turn OFF Delay Time	$I_{LOAD} = 3\text{A}$	600		ns
		$I_{LOAD} = 3\text{A}$	400		ns
t_{ON}	Output Turn ON Switching Time	$I_{LOAD} = 3\text{A}$	40		μs
		$I_{LOAD} = 3\text{A}$	1		μs
t_{OFF}	Output Turn OFF Switching Time	$I_{LOAD} = 3\text{A}$	200		ns
		$I_{LOAD} = 3\text{A}$	80		ns
t_{pw}	Minimum Input Pulse Width	Pins 10 and 11	2		μs
t_{DB}	Minimum Dead Band	(Note 6)	40		ns
CURRENT SENSE AMPLIFIER					
	Current Sense Output	$I_{LOAD} = 1\text{A}$ (Note 7)	250	200	μA (min)
				175	μA (min)
				300	μA (max)
				325	μA (max)
	Current Sense Linearity Error	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$ (Note 7)	± 6	± 9	% %(max)
	Current Sense Offset	$I_{LOAD} = 0\text{A}$	5	20	μA μA (max)

Electrical Characteristics (Note 2) (Continued)

The following specifications apply for $V_{CC} = +42V$, unless otherwise stated. **Boldface limits apply over the operating temperature range, $-40^{\circ}C \leq T_J \leq +125^{\circ}C$. All other limits apply for $T_A = T_J = 25^{\circ}C$.**

Symbol	Parameter	Conditions	Typical (Note 5)	Limit (Note 5)	Units (Limits)
DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER (DAC)					
	Resolution			4	Bits (min)
	Monotonicity			4	Bits (min)
	Total Unadjusted Error		0.125	0.25 0.5	LSB (max) LSB (max)
	Propagation Delay		50		ns
I_{REF}	DAC REF Input Current	DAC REF = +5V	-0.5	± 10	μA μA (max)
COMPARATOR AND MONOSTABLE					
	Comparator High Output Level		6.27		V
	Comparator Low Output Level		88		mV
	Comparator Output Current Source		0.2		mA
	Sink		3.2		mA
t_{DELAY}	Monostable Turn OFF Delay	(Note 8)	1.2	2.0	μs μs (max)
PROTECTION AND PACKAGE THERMAL RESISTANCES					
	Undervoltage Lockout, V_{CC}			5 8	V (min) V (max)
T_{JSD}	Shutdown Temperature, T_J		155		$^{\circ}C$
θ_{JC}	Package Thermal Resistances Junction-to-Case, TO-220		1.5		$^{\circ}C/W$
θ_{JA}	Junction-to-Ambient, TO-220		35		$^{\circ}C/W$
LOGIC INPUTS					
V_{IL}	Low Level Input Voltage			-0.1 0.8	V (min) V (max)
V_{IH}	High Level Input Voltage			2 12	V (min) V (max)
I_{IN}	Input Current	$V_{IN} = 0V$ or $12V$		± 10	μA (max)

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Electrical specifications do not apply when operating the device outside the rated Operating Conditions.

Note 2: Unless otherwise stated, load currents are pulses with widths less than 2 ms and duty cycles less than 5%.

Note 3: The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is $P_{MAX} = (125 - T_A)/\theta_{JA}$, where $125^{\circ}C$ is the maximum junction temperature for operation, T_A is the ambient temperature in $^{\circ}C$, and θ_{JA} is the junction-to-ambient thermal resistance in $^{\circ}C/W$. Exceeding P_{MAX} voids the Electrical Specifications by forcing T_J above $125^{\circ}C$. If the junction temperature exceeds $155^{\circ}C$, internal circuitry disables the power bridge. When a heatsink is used, θ_{JA} is the sum of the junction-to-case thermal resistance of the package, θ_{JC} , and the case-to-ambient thermal resistance of the heatsink.

Note 4: ESD rating is based on the human body model of 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor. M1, M2, M3 and M4, pins 8, 7, 6 and 4 are protected to 800V.

Note 5: All limits are 100% production tested at $25^{\circ}C$. Temperature extreme limits are guaranteed via correlation using accepted SQC (Statistical Quality Control) methods. All limits are used to calculate AOQL (Average Outgoing Quality Level). Typical values are at $T_J = 25^{\circ}C$ and represent the most likely parametric norm.

Note 6: Asymmetric turn OFF and ON delay times and switching times ensure a switch turns OFF before the other switch in the same half H-bridge begins to turn ON (preventing momentary short circuits between the power supply and ground). The transitional period during which both switches are OFF is commonly referred to as the dead band.

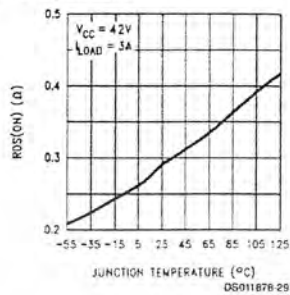
Note 7: (I_{LOAD} , I_{SENSE}) data points are taken for load currents of 0.5A, 1A, 2A and 3A. The current sense gain is specified as I_{SENSE}/I_{LOAD} for the 1A data point. The current sense linearity is specified as the slope of the line between the 0.5A and 1A data points minus the slope of the line between the 2A and 3A data points all divided by the slope of the line between the 0.5A and 1A data points.

Note 8: Turn OFF delay, t_{DELAY} , is defined as the time from the voltage at the output of the current sense amplifier reaching the DAC output voltage to the lower DMOS switch beginning to turn OFF. With $V_{CC} = 32V$, DIRECTION high, and 200 Ω connected between OUT1 and V_{CC} , the voltage at RC is increased from 0V to 5V at 1.2V/ μs , and t_{DELAY} is measured as the time from the voltage at RC reaching 2V to the time the voltage at OUT 1 reaches 3V.

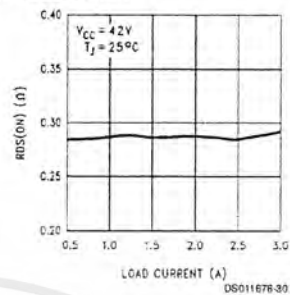
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

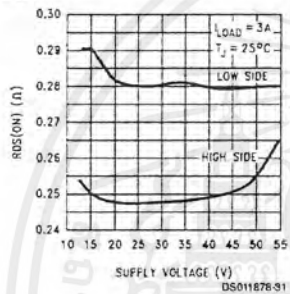
RDS(ON) vs Temperature



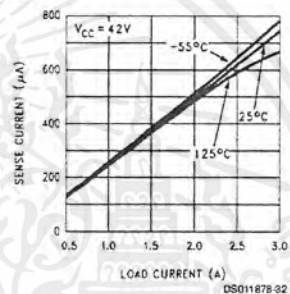
RDS(ON) vs Load Current



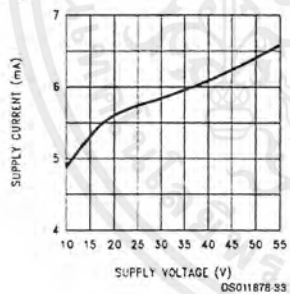
RDS(ON) vs Supply Voltage



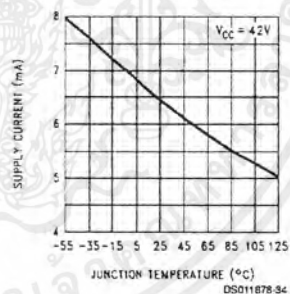
Current Sense Output vs Load Current



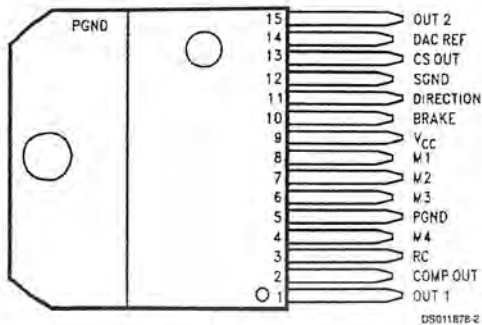
Supply Current vs Supply Voltage



Supply Current vs Temperature



Connection Diagram



Top View
15-Lead TO-220 Molded Power Package
Order Number LMD18245T
See NS Package Number TA15A

Pinout Descriptions (See Functional Block and Connection Diagrams)

Pin 1, OUT 1: Output node of the first half H-bridge.

Pin 2, COMP OUT: Output of the comparator. If the voltage at CS OUT exceeds that provided by the DAC, the comparator triggers the monostable.

Pin 3, RC: Monostable timing node. A parallel resistor-capacitor network connected between this node and ground sets the monostable timing pulse at about 1.1 RC seconds.

Pin 5, PGND: Ground return node of the power bridge. Bond wires (internal) connect PGND to the tab of the TO-220 package.

Pins 4 and 6 through 8, M4 through M1: Digital inputs of the DAC. These inputs make up a four-bit binary number with M4 as the most significant bit or MSB. The DAC provides an analog voltage directly proportional to the binary number applied at M4 through M1.

Pin 9, VCC: Power supply node.

Pin 10, BRAKE: Brake logic input. Pulling the BRAKE input logic-high activates both sourcing switches of the power bridge—effectively shorting the load. See Table 1. Shorting the load in this manner forces the load current to recirculate and decay to zero.

Pin 11, DIRECTION: Direction logic input. The logic level at this input dictates the direction of current flow in the load. See Table 1.

Pin 12, SGND: Ground return node of all signal level circuits.

Pin 13, CS OUT: Output of the current sense amplifier. The current sense amplifier sources 250 μ A (typical) per ampere of total forward current conducted by the upper two switches of the power bridge.

Pin 14, DAC REF: Voltage reference input of the DAC. The DAC provides an analog voltage equal to $V_{DAC\ REF} \times D/16$, where D is the decimal equivalent (0–15) of the binary number applied at M4 through M1.

Pin 15, OUT 2: Output node of the second half H-bridge.

TABLE 1. Switch Control Logic Truth Table

BRAKE	DIRECTION	MONO	Active Switches
H	X	X	Source 1, Source 2
L	H	L	Source 2
L	H	H	Source 2, Sink 1
L	L	L	Source 1
L	L	H	Source 1, Sink 2

X = don't care

MONO is the output of the monostable.

Functional Descriptions

TYPICAL OPERATION OF A CHOPPER AMPLIFIER

Chopper amplifiers employ feedback driven switching of a power bridge to control and limit current in the winding of a motor (Figure 1). The bridge consists of four solid state power switches and four diodes connected in an H configuration. Control circuitry (not shown) monitors the winding current and compares it to a threshold. While the winding current remains less than the threshold, a source switch and a sink switch in opposite halves of the bridge force the supply voltage across the winding, and the winding current increases rapidly towards V_{CC}/R (Figure 1a and Figure 1d). As the winding current surpasses the threshold, the control circuitry turns OFF the sink switch for a fixed period or off-time. During the off-time, the source switch and the opposite upper diode short the winding, and the winding current recirculates and decays slowly towards zero (Figure 1b and Figure 1e). At the end of the off-time, the control circuitry turns back ON the sink switch, and the winding current again increases rapidly towards V_{CC}/R (Figure 1a and Figure 1d again). The above sequence repeats to provide a current chopping action that limits the winding current to the threshold (Figure 1g). Chopping only occurs if the winding current reaches the threshold. During a change in the direction of the winding current, the diodes provide a decay path for the initial winding current (Figure 1c and Figure 1f). Since the bridge shorts the winding for a fixed period, this type of chopper amplifier is commonly referred to as a *fixed off-time chopper*.

Functional Descriptions (Continued)

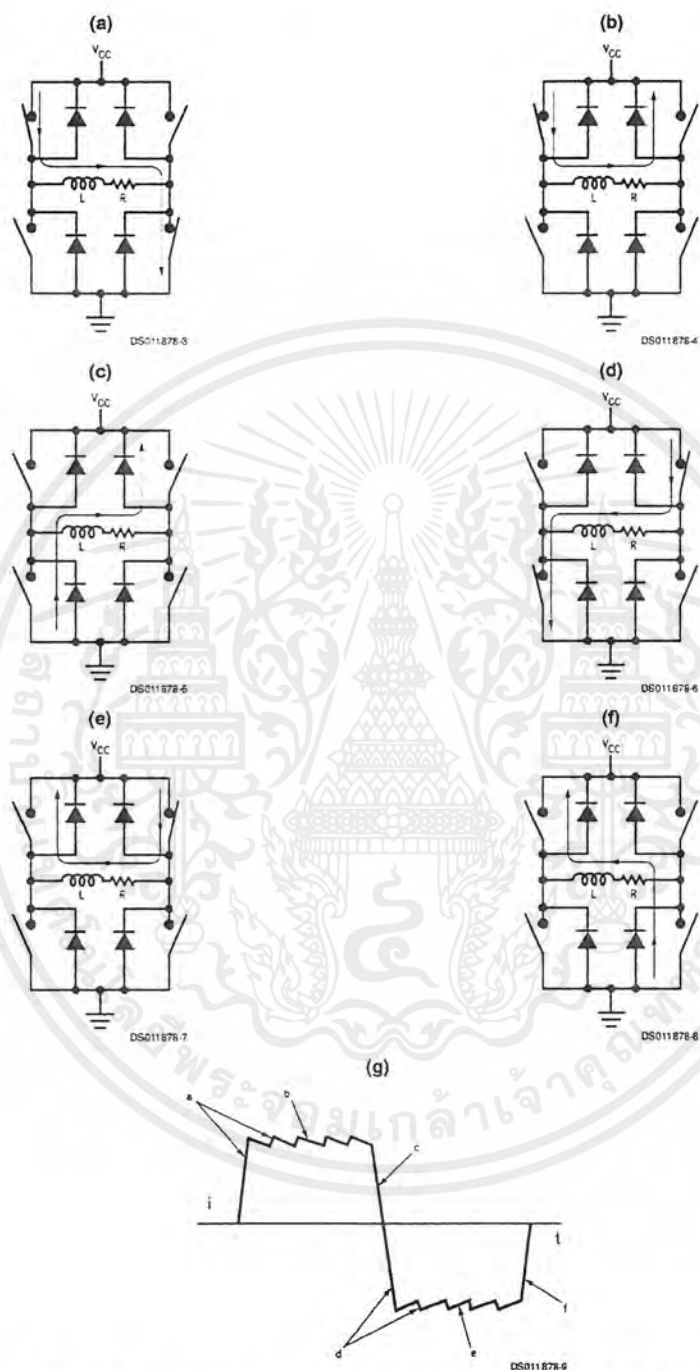


FIGURE 1. Chopper Amplifier Chopping States: Full V_{CC} Applied Across the Winding (a) and (d), Shorted Winding (b) and (e), Winding Current Decays During a Change in the Direction of the Winding Current (c) and (f), and the Chopped Winding Current (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Descriptions (Continued)

THE LMD18245 CHOPPER AMPLIFIER

The LMD18245 incorporates all the circuit blocks needed to implement a fixed off-time chopper amplifier. These blocks include: an all DMOS, full H-bridge with clamp diodes, an amplifier for sensing the load current, a comparator, a monostable, and a DAC for digital control of the chopping threshold. Also incorporated are logic, level shifting and drive blocks for digital control of the direction of the load current and braking.

THE H-BRIDGE

The power stage consists of four DMOS power switches and associated body diodes connected in an H-bridge configuration (Figure 2). Turning ON a source switch and a sink

switch in opposite halves of the bridge forces the full supply voltage less the switch drops across the motor winding. While the bridge remains in this state, the winding current increases exponentially towards a limit dictated by the supply voltage, the switch drops, and the winding resistance. Subsequently turning OFF the sink switch causes a voltage transient that forward biases the body diode of the other source switch. The diode clamps the transient at one diode drop above the supply voltage and provides an alternative current path. While the bridge remains in this state, it essentially shorts the winding and the winding current recirculates and decays exponentially towards zero. During a change in the direction of the winding current, both the switches and the body diodes provide a decay path for the initial winding current (Figure 3).

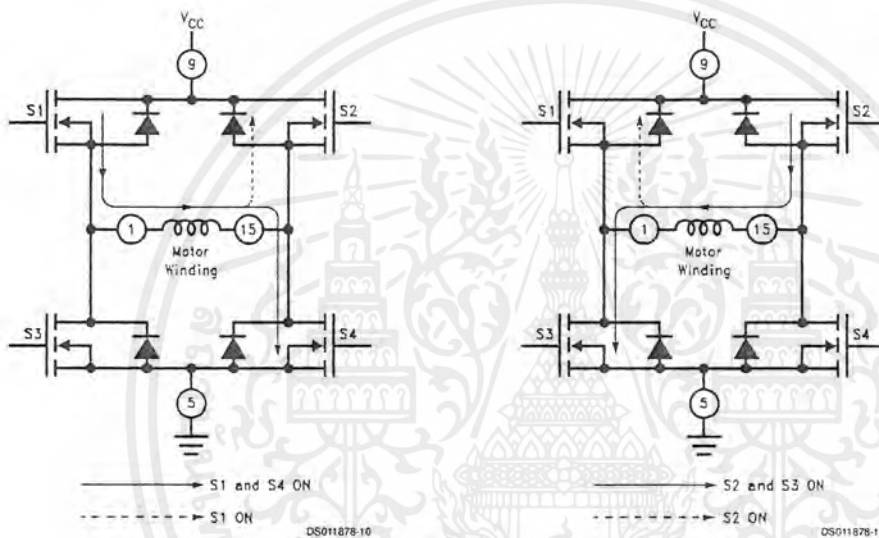


FIGURE 2. The DMOS H-Bridge

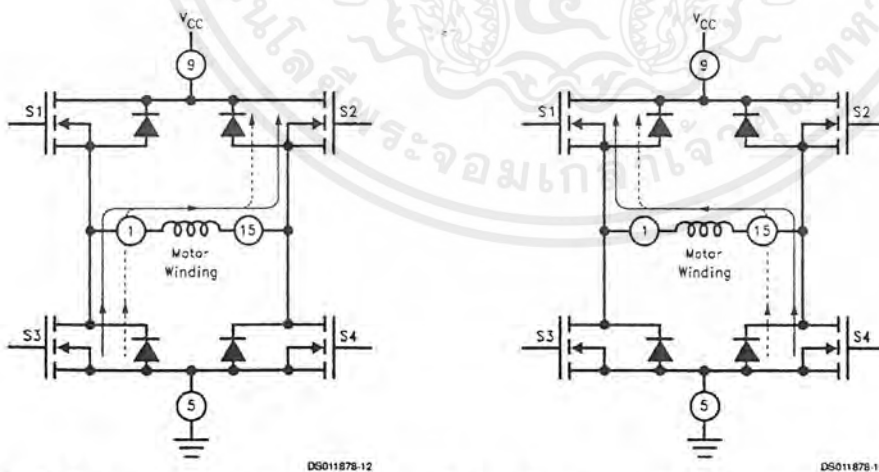


FIGURE 3. Decay Paths for Initial Winding Current During a Change in the Direction of the Winding Current

Functional Descriptions (Continued)

THE CURRENT SENSE AMPLIFIER

Many transistor cells in parallel make up the DMOS power switches. The current sense amplifier (Figure 4) uses a small fraction of the cells of both upper switches to provide a unique, low-loss means for sensing the load current. In practice, each upper switch functions as a 1x sense device in parallel with a 4000x power device. The current sense amplifier forces the voltage at the source of the sense device to equal that at the source of the power device; thus, the devices share the total drain current in proportion to the 1:4000 cell ratio. Only the current flowing from drain to source, the forward current, registers at the output of the current sense amplifier. The current sense amplifier, therefore, sources 250 μ A per ampere of total forward current conducted by the upper two switches of the power bridge.

The sense current develops a potential across R_S that is proportional to the load current; for example, per ampere of load current, the sense current develops one volt across a 4 k Ω resistor (the product of 250 μ A per ampere and 4 k Ω). Since chopping of the load current occurs as the voltage at CS OUT surpasses the threshold (the DAC output voltage), R_S sets the gain of the chopper amplifier; for example, a 2 k Ω resistor sets the gain at two amperes of load current per volt of the threshold (the reciprocal of the product of 250 μ A per ampere and 2 k Ω). A quarter watt resistor suffices. A low value capacitor connected in parallel with R_S filters the effects of switching noise from the current sense signal.

While the specified maximum DC voltage compliance at CS OUT is 12V, the specified operating voltage range at CS OUT is 0V to 5V.

THE DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER (DAC)

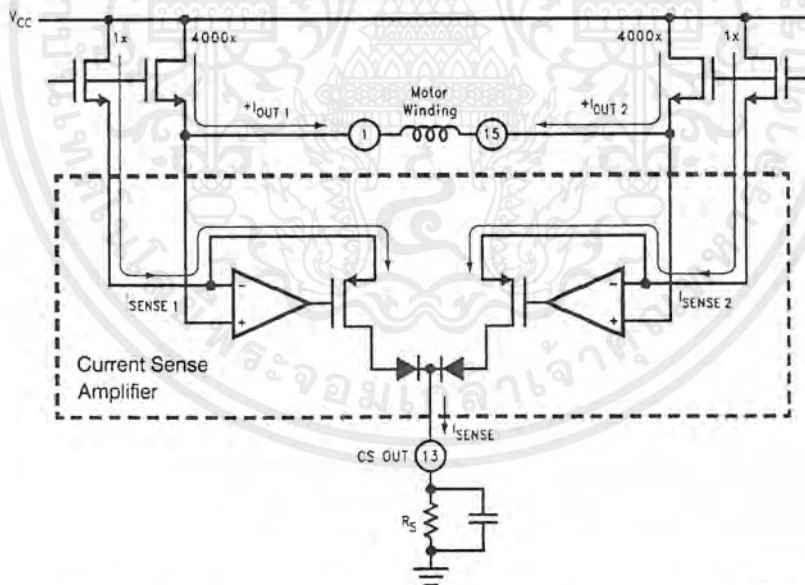
The DAC sets the threshold voltage for chopping at $V_{DAC REF} \times D/16$, where D is the decimal equivalent (0–15) of the binary number applied at M4 through M1, the digital inputs of the DAC. M4 is the MSB or most significant bit. For applications that require higher resolution, an external DAC can drive the DAC REF input. While the specified maximum DC voltage compliance at DAC REF is 12V, the specified operating voltage range at DAC REF is 0V to 5V.

THE COMPARATOR, MONOSTABLE AND WINDING CURRENT THRESHOLD FOR CHOPPING

As the voltage at CS OUT surpasses that at the output of the DAC, the comparator triggers the monostable, and the monostable, once triggered, provides a timing pulse to the control logic. During the timing pulse, the power bridge shorts the motor winding, causing current in the winding to recirculate and decay slowly towards zero (Figure 1b and Figure 1e again). A parallel resistor-capacitor network connected between RC (pin #3) and ground sets the timing pulse or off-time at about 1.1 RC seconds.

Chopping of the winding current occurs as the voltage at CS OUT exceeds that at the output of the DAC; so chopping occurs at a winding current threshold of about

$$(V_{DAC REF} \times D/16) \div ((250 \times 10^{-6}) \times R_S) \text{ amperes.}$$



DS011878-14

FIGURE 4. The Source Switches of the Power Bridge and the Current Sense Amplifier

Applications Information

POWER SUPPLY BYPASSING

Step changes in current drawn from the power supply occur repeatedly during normal operation and may cause large voltage spikes across inductance in the power supply line. Care must be taken to limit voltage spikes at V_{CC} to less than the 60V Absolute Maximum Rating. At a change in the direction of the load current, the initial load current tends to raise the voltage at the power supply rail (Figure 3) again. Current transients caused by the reverse recovery of the clamp diodes tend to pull down the voltage at the power supply rail.

Bypassing the power supply line at V_{CC} is required to protect the device and minimize the adverse effects of normal operation on the power supply rail. Using both a 1 μF high frequency ceramic capacitor and a large-value aluminum electrolytic capacitor is highly recommended. A value of 100 μF per ampere of load current usually suffices for the aluminum electrolytic capacitor. Both capacitors should have short leads and be located within one half inch of V_{CC} .

OVERCURRENT PROTECTION

If the forward current in either source switch exceeds a 12A threshold, internal circuitry disables both source switches, forcing a rapid decay of the fault current (Figure 5). Approximately 3 μs after the fault current reaches zero, the device restarts. Automatic restart allows an immediate return to normal operation once the fault condition has been removed. If the fault persists, the device will begin cycling into and out of thermal shutdown. Switching large fault currents may cause potentially destructive voltage spikes across inductance in the power supply line; therefore, the power supply line must be properly bypassed at V_{CC} for the motor driver to survive an extended overcurrent fault.

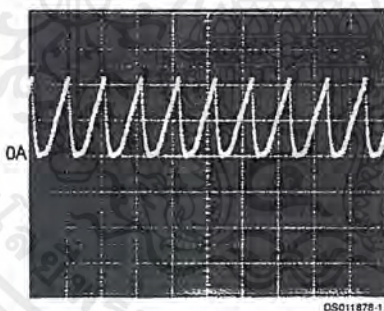
In the case of a locked rotor, the inductance of the winding tends to limit the rate of change of the fault current to a value easily handled by the protection circuitry. In the case of a low inductance short from either output to ground or between outputs, the fault current could surge past the 12A shutdown threshold, forcing the device to dissipate a substantial amount of power for the brief period required to disable the source switches. Because the fault power must be dissipated by only one source switch, a short from output to ground represents the worst case fault. Any overcurrent fault is potentially destructive, especially while operating with high supply voltages ($\geq 30\text{V}$), so precautions are in order. Sinking V_{CC} for heat with 1 square inch of 1 ounce copper on the printed circuit board is highly recommended. The sink switches are not internally protected against shorts to V_{CC} .

THERMAL SHUTDOWN

Internal circuitry senses the junction temperature near the power bridge and disables the bridge if the junction temperature exceeds about 155°C. When the junction temperature cools past the shutdown threshold (lowered by a slight hysteresis), the device automatically restarts.

UNDERVOLTAGE LOCKOUT

Internal circuitry disables the power bridge if the power supply voltage drops below a rough threshold between 8V and 5V. Should the power supply voltage then exceed the threshold, the device automatically restarts.



Trace: Fault Current at 5A/div
Horizontal: 20 $\mu\text{s}/\text{div}$

FIGURE 5. Fault Current with $V_{CC} = 30\text{V}$, OUT 1 Shorted to OUT 2, and CS OUT Grounded

The Typical Application

Figure 6 shows the typical application, the power stage of a chopper drive for bipolar stepper motors. The 20 k Ω resistor and 2.2 nF capacitor connected between RC and ground set the off-time at about 48 μs , and the 20 k Ω resistor connected between CS OUT and ground sets the gain at about 200 mA

per volt of the threshold for chopping. Digital signals control the thresholds for chopping, the directions of the winding currents, and, by extension, the drive type (full step, half step, etc.). A $\mu\text{processor}$ or $\mu\text{controller}$ usually provides the digital control signals.

The Typical Application (Continued)

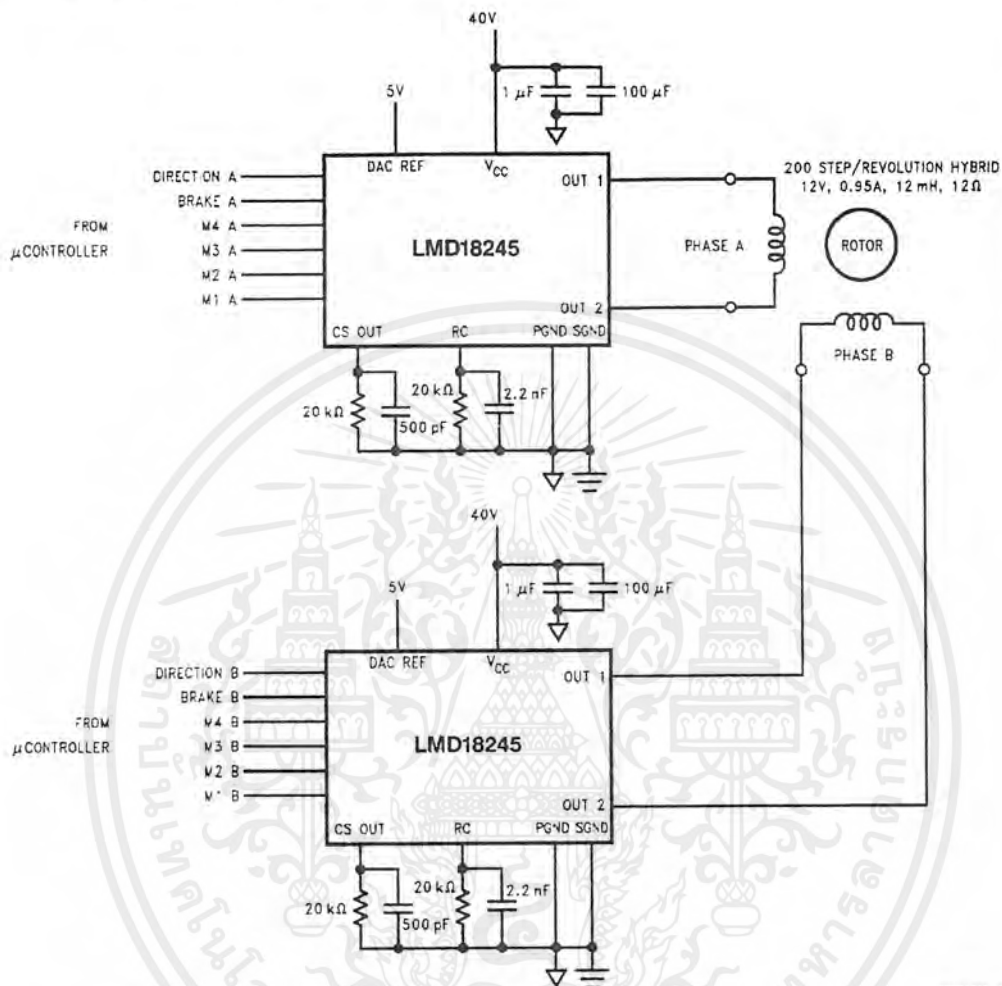


FIGURE 6. Typical Application Circuit for Driving Bipolar Stepper Motors

ONE-PHASE-ON FULL STEP DRIVE (WAVE DRIVE)

To make the motor take full steps, windings A and B can be energized in the sequence

$$A \rightarrow B \rightarrow A^* \rightarrow B^* \rightarrow A \rightarrow \dots$$

where A represents winding A energized with current in one direction and A* represents winding A energized with current in the opposite direction. The motor takes one full step each time one winding is de-energized and the other is energized. To make the motor step in the opposite direction, the order of the above sequence must be reversed. Figure 7 shows the winding currents and digital control signals for a wave drive application of the typical application circuit.

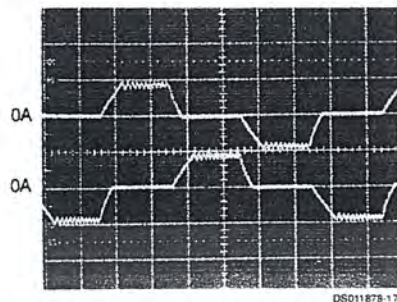
TWO-PHASE-ON FULL STEP DRIVE

To make the motor take full steps, windings A and B can also be energized in the sequence

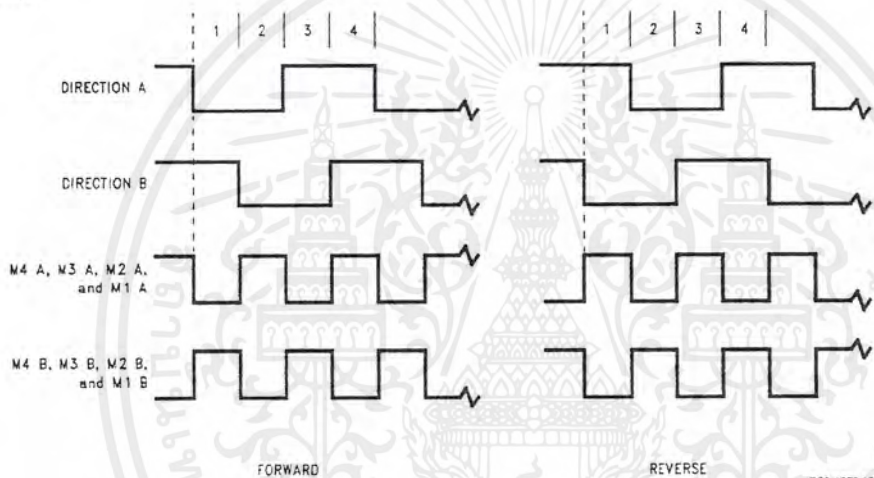
$$AB \rightarrow A^*B \rightarrow A^*B^* \rightarrow AB^* \rightarrow AB \rightarrow \dots$$

and because both windings are energized at all times, this sequence produces more torque than that produced with wave drive. The motor takes one full step at each change of direction of either winding current. Figure 8 shows the winding currents and digital control signals for this application of the typical application circuit, and Figure 9 shows, for a single phase, the winding current and voltage at the output of the associated current sense amplifier.

The Typical Application (Continued)



Top Trace: Phase A Winding Current at 1A/div
Bottom Trace: Phase B Winding Current at 1A/div
Horizontal: 1 ms/div
*500 steps/second

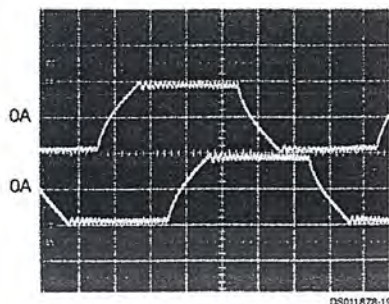


BRAKE A = BRAKE B = 0

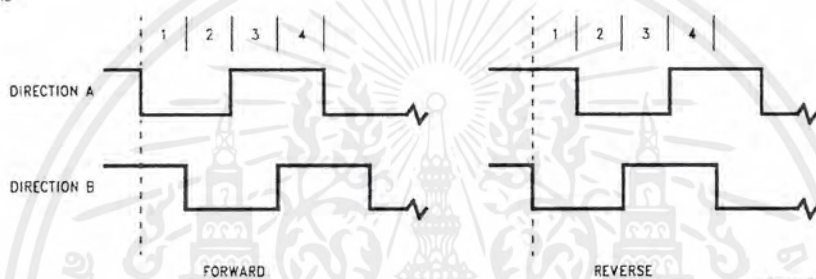
FIGURE 7. Winding Currents and Digital Control Signals for One-Phase-On Drive (Wave Drive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Typical Application (Continued)

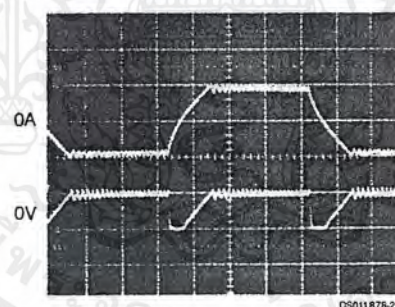


Top Trace: Phase A Winding Current at 1A/div
Bottom Trace: Phase B Winding Current at 1A/div
Horizontal: 1 ms/div
*500 steps/second



M4 A through M1 A = M4 B through M1 B = 1
BRAKE A = BRAKE B = 0

FIGURE 8. Winding Currents and Digital Control Signals for Two-Phase-On Drive



Top Trace: Phase A Winding Current at 1A/div
Bottom Trace: Phase A Sense Voltage at 5V/div
Horizontal: 1 ms/div
*500 steps/second

FIGURE 9. Winding Current and Voltage at the Output of the Associated Current Sense Amplifier

HALF STEP DRIVE WITHOUT TORQUE COMPENSATION

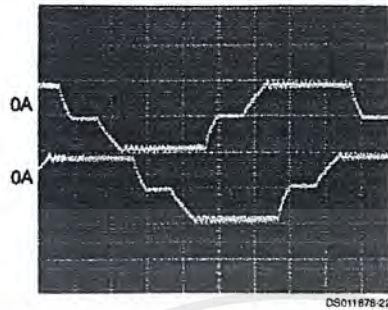
To make the motor take half steps, windings A and B can be energized in the sequence

A→AB→B→A*B→A*→
A*B*→B*→AB*→A→...

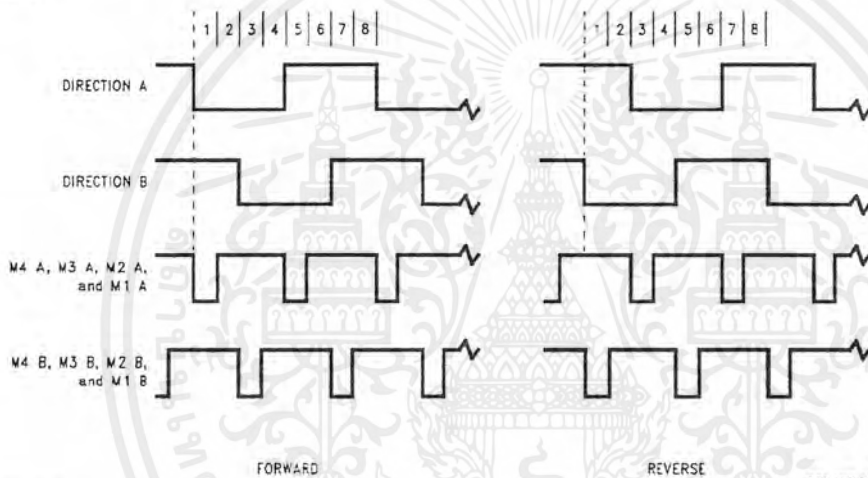
The motor takes one half step each time the number of energized windings changes. It is important to note that al-

though half stepping doubles the step resolution, changing the number of energized windings from two to one decreases (one to two increases) torque by about 40%, resulting in significant torque ripple and possibly noisy operation. Figure 10 shows the winding currents and digital control signals for this half step application of the typical application circuit.

The Typical Application (Continued)



Top Trace: Phase A Winding Current at 1A/div
Bottom Trace: Phase B Winding Current at 1A/div
Horizontal: 1 ms/div
*500 steps/second



BRAKE A = BRAKE B = 0

FIGURE 10. Winding Currents and Digital Control Signals for Half Step Drive without Torque Compensation

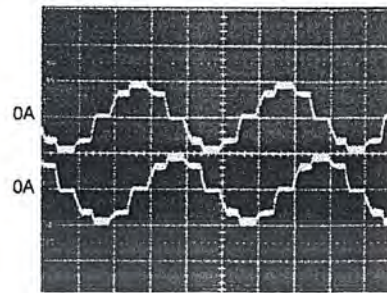
HALF STEP DRIVE WITH TORQUE COMPENSATION

To make the motor take half steps, the windings can also be energized with sinusoidal currents (*Figure 11*). Controlling the winding currents in the fashion shown doubles the step resolution without the significant torque ripple of the prior drive technique. The motor takes one half step each time the level of either winding current changes. Half step drive with torque compensation is microstepping drive. Along with the obvious advantage of increased step resolution, microstepping reduces both full step oscillations and resonances that occur as the motor and load combination is driven at its natural resonant frequency or subharmonics thereof. Both of

these advantages are obtained by replacing full steps with bursts of microsteps. When compared to full step drive, the motor runs smoother and quieter.

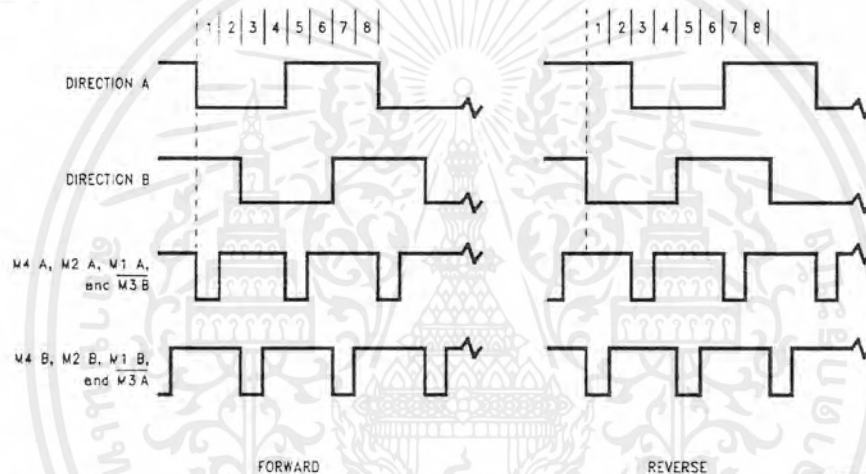
Figure 12 shows the lookup table for this application of the typical application circuit. Dividing 90° electrical per full step by two microsteps per full step yields 45° electrical per microstep. α , therefore, increases from 0 to 315° in increments of 45°. Each full 360° cycle comprises eight half steps. Rounding $\cos(\alpha)$ to four bits gives D A, the decimal equivalent of the binary number applied at M4 A through M1 A. DIRECTION A controls the polarity of the current in winding A. *Figure 11* shows the sinusoidal winding currents.

The Typical Application (Continued)



DS011878-24

Top Trace: Phase A Winding Current at 1A/div
 Bottom Trace: Phase B Winding Current at 1A/div
 Horizontal: 2 ms/div
 *500 steps/second



DS011878-25

BRAKE A = BRAKE B = 0
 $90^\circ \text{ ELECTRICAL/FULL STEP} \div 2 \text{ MICROSTEPS/FULL STEP} = 45^\circ \text{ ELECTRICAL/MICROSTEP}$

FIGURE 11. Winding Currents and Digital Control Signals for Half Step Drive with Torque Compensation

I	α	$ \cos(\alpha) $	D A	DIRECTION A	$ \sin(\alpha) $	D B	DIRECTION B
FORWARD ↓	0	1	15	1	0	0	1
	45	0.707	11	1	0.707	11	1
	90	0	0	0	1	15	1
	135	0.707	11	0	0.707	11	1
↑	180	1	15	0	0	0	0
REVERSE ↑	225	0.707	11	0	0.707	11	0
	270	0	0	1	1	15	0
	315	0.707	11	1	0.707	11	0
REPEAT							

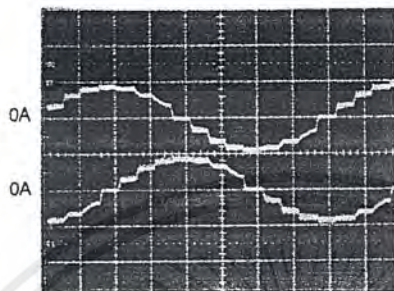
FIGURE 12. Lookup Table for Half Step Drive with Torque Compensation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Typical Application (Continued)

QUARTER STEP DRIVE WITH TORQUE COMPENSATION

Figure 13 shows the winding currents and lookup table for a quarter step drive (four microsteps per full step) with torque compensation.



Top Trace: Phase A Winding Current at 1A/div
Bottom Trace: Phase B Winding Current at 1A/div

Horizontal: 2ms/div

*250 steps/second

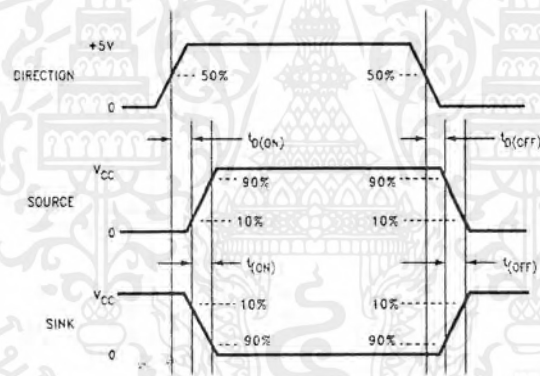
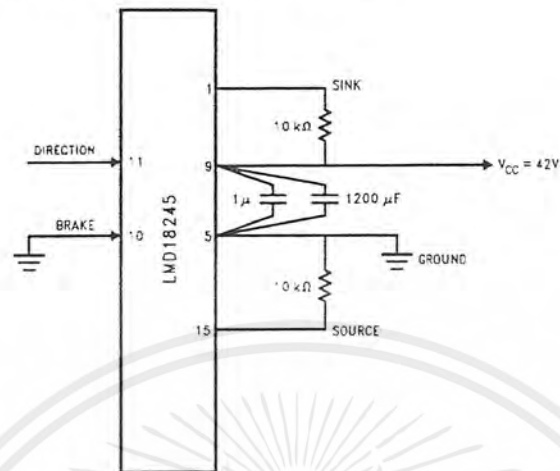
90° ELECTRICAL/FULL STEP ÷ 4 MICROSTEPS/FULL STEP = 22.5° ELECTRICAL/MICROSTEP

	α	$ \cos(\alpha) $	D A	DIRECTION A	$ \sin(\alpha) $	D B	DIRECTION B
FORWARD ↓	0	1	15	1	0	0	1
	22.5	0.924	14	1	0.383	6	1
	45	0.707	11	1	0.707	11	1
	67.5	0.383	6	1	0.924	14	1
REVERSE ↑	90	0	0	0	1	15	1
	112.5	0.383	6	0	0.924	14	1
	135	0.707	11	0	0.707	11	1
	157.5	0.924	14	0	0.383	6	1
REPEAT	180	1	15	0	0	0	0
	202.5	0.924	14	0	0.383	6	0
	225	0.707	11	0	0.707	11	0
	247.5	0.383	6	0	0.924	14	0
	270	0	0	1	1	15	0
	292.5	0.383	6	1	0.924	14	0
	315	0.707	11	1	0.707	11	0
	337.5	0.924	14	1	0.383	6	0

BRAKE A = BRAKE B = 0

FIGURE 13. Winding Currents and Lookup Table for Quarter Step Drive with Torque Compensation

Test Circuit and Switching Time Definitions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คร.กิตติพล ชิตสกุล เป็นอย่างสูงที่ท่านเปิดโอกาสให้ทำโครงการนี้และคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ พร้อมทั้งให้คำแนะนำทางด้าน Mechanic ขอขอบคุณภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ ห้องโปรเจค, อุปกรณ์เครื่องมือ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ และทางคณะที่ให้งบประมาณทางการเงินในการทำโครงการ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ช่วยกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็น พร้อมทั้งให้กำลังใจในการทำงาน

.....
(นายเอกวัตร จริงจิตร)

.....
(นางสาวอริศรา คงเสรี)

ผู้จัดทำ

หนังสืออ้างอิง

1. รัชชัย อินทุโส, ไตรภพ อินทุโส, “สถาปัตยกรรม 8051”, หนังสือไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051, หน้า 11-41
2. ประเมษฐ์ ประณยานันท์, ปิยพงศ์ เผ่าวณิช, “ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์”, หนังสือคู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51, หน้า 93-128
3. Charles M. Gilmore, “SERIAL COMMUNICATIONS”, Microprocessors Principles and Application, Second Edition, 1995, pp.373-382

