

ชุดควบคุมเอเชียเซอร์ไวมอเตอร์



นายสมชาย อออิงทรัพย์
นายอุดม เพ็ชรภูงา



โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 51881

วัน,เดือน,ปี ๒๕๔๗

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเมื่อการศึกษา 2546 นี้ ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

AC Servomotor Controller



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of
Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง ชุดควบคุมเอซีเซอร์ไวมอเตอร์

นักศึกษา นายสมชาย อออิงทรัพย์

นายอุดม เพ็ชรภูงา

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

สาขาวิชา ผลิตสเททอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์	
กรรมการ ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ	
กรรมการ อ. สุรชาติ กมลดิกล	
กรรมการที่ปรึกษา ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา	


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ เรื่อง	ชุดควบคุมเอซีเซอร์ไวโมเตอร์	
นักศึกษา	นายสมชาย	อออิงทรัพย์
	นายอุดม	เพ็ชรภูงา
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
ปีการศึกษา	2546	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. วราวุฒิ เถาลัดดา	

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้เซอร์ไวโมเตอร์ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดควบคุมเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์ ชุดควบคุมเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ซึ่งประกอบไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนขับเซอร์ไวโมเตอร์มีการทำงานแบบลูปปิด โดยมีไมโครคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานและส่งผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC51 (AT89C51) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำเนิดและส่งสัญญาณพีดีบีทีเอ็มเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไปยังวงจรขับมอเตอร์ จากนั้นจะรับและประมวลข้อมูลความเร็ว ทิศทางการหมุนและตำแหน่งเพลลาของโรเตอร์ที่ป้อนกลับจากเอนโคเดอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์แบบลูปปิด จากการทดลองพบว่าชุดควบคุมที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project	AC Servomotor Controller
Name	Mr. Somchai Or-ingsub Mr. Udom Peanpu-Nga
Department	Applied Physics
Program	Applies Physics
Academic Year	2003
Special project Advisor	Asst. Prof. Dr. Warawoot Thowladda

ABSTRACT

Nowadays, servomotors are commonly used to drive the moving arms of the industrial robots. This project proposes the design and construction of a computerized AC servomotor controller. The controller which consists of two parts: microcontroller and servomotor driver controls the servomotor using the method of closed loop control. The control commands were transferred to the MSC51 (AT89C52) microcontroller via RS232 serial port of the personal computer. The PWM would be generated and sent to driving circuit board by microcontroller. The microcontroller received and processed the speed, direction and rotor position signals from the encoder and used as a closed loop feedback control signal. From the experiment, the speed, direction and rotor position of the ac servomotor could be controlled successfully.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับคำแนะนำ ความเมตตา ความห่วงใยและกำลังใจจาก

บิดามารดา	ที่ได้ให้ทุกสิ่งทุกอย่าง และคอยเป็นห่วงจนการศึกษาในระดับ ปริญญาตรี
ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาถัดดา	ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ทำโครงการตลอดมา
รศ. ประภาส อุดคคกิมาทันธุ์	ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ทำโครงการตลอดมา
คณะวิทยาศาสตร์	ที่ให้โอกาสพวกเราเข้ามาเรียน
พี่โจ (คุณมนตรี ผักกระโทก)	ที่ให้ความช่วยเหลือออกแบบวงจร
พี่ภพ (คุณสมภพ แซ่เจ็ย)	ที่ให้คำปรึกษาในการเขียนโปรแกรมวิซวลเบสิก
เพื่อนๆทุกคน	ที่คอยเป็นกำลังใจให้หายเหนื่อย

ผู้ทำโครงการรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นายสมชาย อออิงทรัพย์
นายอุดม เพ็ชรภูงา
ผู้จัดทำโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงาน	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 วิธีการดำเนินการ	1
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 เซอร์โวมอเตอร์(Servomotors)	3
2.1.1 ทำไมต้องเซอร์โวมอเตอร์	3
2.1.2 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์	4
2.1.3 ดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์	5
2.1.3.1 ข้อเสียของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์	6
2.1.4 เอ.ซี.เซอร์โวมอเตอร์	7
2.1.4.1 Brushless DC Motors	7
2.1.4.1.1 หลักการออกแบบ Brushless DC มอเตอร์	7
2.1.4.1.2 หลักการทำงานของ Brushless DC มอเตอร์	13
2.1.4.1.3 วิธีการควบคุม Brushless DC มอเตอร์	17
2.1.4.2 Brushless AC Motors	19
2.1.4.2.1 หลักการออกแบบ Brushless AC มอเตอร์	19
2.1.4.2.2 หลักการทำงานของ Brushless AC มอเตอร์	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.4.2.3 การควบคุม Brushless AC มอเตอร์	26
2.1.4.2.4 ค่าสูญเสียและประสิทธิภาพ ของ Brushless AC มอเตอร์	28
2.2 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม	28
2.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	28
2.2.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	30
2.2.3 คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	30
2.2.4 UART	32
2.2.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232	32
2.2.6 แอ็คเตสของพอร์ตอนุกรม	32
2.2.7 การหาค่าตำแหน่งแอ็คเตสของพอร์ตอนุกรม	33
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	34
3.1 ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์	34
3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	34
3.1.1.1 เพาเวอร์มอสเฟต	35
3.1.1.2 เทคนิค PWM (Pulse Width Modulations)	38
3.1.2 วงจรอินเวอร์เตอร์	39
3.1.2.1 วงจรล็อคเอาท์ (Lock Out Circuit)	40
3.1.3 วงจรขับเคลื่อน (Base Drive Circuit)	41
3.1.3.1 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)	41
3.1.4 วงจรถอดรหัส (Decoder)	43
3.2 ส่วนวงจรควบคุม	52
3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52	52
3.2.2 ไมโครคอมพิวเตอร์	54
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	57
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.วงจรถอบคุมเอเชียเซอร์โวมอเตอร์

ภาคผนวก ข.โปรแกรมควบคุมเอเชียเซอร์โวมอเตอร์ด้วย 89C52(ภาษาแอสเซมบลี)

ภาคผนวก ค.โปรแกรมควบคุมเอเชียเซอร์โวมอเตอร์บนระบบปฏิบัติการวินโดว์

(ภาษาวิซวล เบสิก)

ภาคผนวก ง.คู่มืออุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบ โครงสร้างระหว่าง DC Servomotors กับ Brushless AC servomotors	22
ตารางที่ 3.1 สถานะของสัญญาณ A และ B	46
ตารางที่ 3.2 สถานะของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของไอซี 74AC377	47
ตารางที่ 3.3 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 1	47
ตารางที่ 3.4 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 2	48
ตารางที่ 3.5 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 3	48
ตารางที่ 3.6 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 4	48
ตารางที่ 3.7 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 5	49
ตารางที่ 3.8 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 6	49
ตารางที่ 3.9 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 7	49
ตารางที่ 3.10 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 8	50
ตารางที่ 3.11 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 9	50
ตารางที่ 3.12 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 10	50
ตารางที่ 3.13 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 11	51
ตารางที่ 3.14 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกทหมายเลข 12	51
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง สัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) กับ ความเร็ว	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์	5
รูปที่ 2.3 ระนาบของความเร็วรอบกับแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า	6
รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางของ Brushless DC มอเตอร์	7
รูปที่ 2.5 ภาพตัดขวางของมอเตอร์ระหว่าง Brushless DC กับ DC servo	8
รูปที่ 2.6 Hall Sensors ใน Brushless DC มอเตอร์	8
รูปที่ 2.7 Hall sensor	9
รูปที่ 2.8 ขั้วแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์และตำแหน่งการวาง Hall sensors	9
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของ Brushless DC	10
รูปที่ 2.10 โรเตอร์ของ Brushless DC มอเตอร์	10
รูปที่ 2.11 สเตเตอร์ของ Brushless DC มอเตอร์	11
รูปที่ 2.12 ภาพตัดด้านข้าง Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Bosch	11
รูปที่ 2.13 โครงสร้าง Brushless DC มอเตอร์แบบ Disc ของบริษัท Infranor	12
รูปที่ 2.14 Brushless DC มอเตอร์สำหรับงานเซอร์โวกำลังสูง	13
รูปที่ 2.15 วงจรอินเวอร์เตอร์ขับ Brushless DC มอเตอร์	13
รูปที่ 2.16 ขับ Brushless DC Motors มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา	14
รูปที่ 2.17 ขับ Brushless DC มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา	15
รูปที่ 2.18 กระแสทั้ง 3 เฟสของ Brushless DC	15
รูปที่ 2.19 แรงดันเหนี่ยวนำต้านกลับ (Back EMF) กับกระแสเฟสของ Brushless DC มอเตอร์	16
รูปที่ 2.20 กระแสเฟสของ Brushless DC มอเตอร์ขนาด 0.5 hp ที่ความเร็วรอบต่ำ	17
รูปที่ 2.21 เป็นรูปคลื่นของกระแสเฟสที่ขับ Brushless DC มอเตอร์ ขนาด 0.5 hp ที่ความเร็วรอบสูง	17
รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมควบคุมความเร็วของ Brushless DC มอเตอร์	18
รูปที่ 2.23 ชุดขับและ Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Sanyo Denti Co. Ltd.	18
รูปที่ 2.24 บล็อกไดอะแกรมชุดควบคุม Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Allen — Bladley	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.25 ภาพตัดขวางของ Brushless AC มอเตอร์	20
รูปที่ 2.26 โรเตอร์ของ Brushless AC มอเตอร์	20
รูปที่ 2.27 โครงสร้างของ Brushless AC มอเตอร์ชนิด slot สเตเตอร์	21
รูปที่ 2.28 ภาพตัดค้ำข้างของ Brushless AC มอเตอร์ชนิด Disc rotor	21
รูปที่ 2.29 โครงสร้าง Brushless AC มอเตอร์ของบริษัท Fuji Electric	23
รูปที่ 2.30 วงจรเทียบเคียงขดลวด 3 เฟสที่สเตเตอร์ของ Brushless AC มอเตอร์	23
รูปที่ 2.31 กระแสสเตเตอร์ 3 เฟสและสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์	24
รูปที่ 2.32 อินเวอร์เตอร์จ่ายกระแสให้กับ Brushless AC มอเตอร์	24
รูปที่ 2.33 ลำดับการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์ขับ Brushless AC มอเตอร์	25
รูปที่ 2.34 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบคาสเคดของ Brushless AC มอเตอร์	26
รูปที่ 2.35 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมขับ Brushless AC มอเตอร์	27
รูปที่ 2.36 Brushless AC มอเตอร์และการขับมอเตอร์ควบคุมหลายแกน ของ ABB Drivers	27
รูปที่ 2.37 ไทม์มิงไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	28
รูปที่ 2.38 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	29
รูปที่ 2.39 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25	31
รูปที่ 2.40 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232	31
รูปที่ 2.41 ตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์	33
รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	34
รูปที่ 3.2 (ก) วงจรแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์	35
(ข) วงจรแหล่งจ่ายไฟ ± 12 โวลต์	
รูปที่ 3.3 ตัวเก็บประจุแผ่นที่ต่ออยู่ที่ขาต่างๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต	36
รูปที่ 3.4 ลักษณะของแรงดันและกระแสที่ขาเกตขณะที่เพาเวอร์มอสเฟต ถูกไบแอสให้นำกระแส	37
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างของ Gate Charge Chart	37
รูปที่ 3.6 ลักษณะการชาร์จประจุที่จุดขาเกตตามเวลาที่มีผลต่อการเริ่มนำกระแส และผล เมื่อเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 สัญญาณกระตุ้นด้วยเทคนิค PWM	39
รูปที่ 3.8 (ก) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบพหุขพุด	40
(ข) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์	
(ค) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์	
รูปที่ 3.9 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ขั้วมอเตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์	40
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรลอคเอาท์	41
รูปที่ 3.11 วงจรขับเบส (Base Drive Circuit)	41
รูปที่ 3.12 เอ็นโค้ดเดอร์ของมอเตอร์	42
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างกลไกของเอ็นโค้ดเดอร์	43
รูปที่ 3.14 สัญญาณเอาท์พุทของเอ็นโค้ดเดอร์ ตัวอย่างสัญญาณเอ็นโค้ดเดอร์ 2 ช่องมีมูเฟส	44
รูปที่ 3.15 วงจรดีคอด (Decoder)	45
รูปที่ 3.16 ไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานของวงจรดีคอด	45
รูปที่ 3.17 รูปสัญญาณ A, \bar{A} , B และ \bar{B}	46
รูปที่ 3.18 รูปสัญญาณที่ผ่าน ไอซี Differential Receiver (SN75115)	46
รูปที่ 3.19 สัญญาณอินพุท A,B เมื่อ มอเตอร์หมุนไปในทิศ CCW	52
รูปที่ 3.20 สัญญาณอินพุท A,B เมื่อ มอเตอร์หมุนไปในทิศ CW	52
รูปที่ 3.21 ตัวถังและขาสัญญาณของชิพ AT89C52	53
รูปที่ 3.22 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	54
รูปที่ 3.23 โปรแกรมควบคุมมอเตอร์บนไมโครคอมพิวเตอร์	55
รูปที่ 3.24 เฟรมสำหรับเลือกพอร์ต	56
รูปที่ 3.25 เฟรมเลือกทิศทางการหมุนของมอเตอร์	56
รูปที่ 3.26 เฟรมสวิตช์ 1	56
รูปที่ 3.27 เฟรมสวิตช์ 2	57
รูปที่ 3.28 เฟรมสวิตช์ 3	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันวิทยาการและเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้ามาก มีการทำวิจัยและค้นคว้า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานทุกด้านให้มากขึ้นและมีความรวดเร็วแม่นยำ ในโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้า นับได้ว่า ได้มีบทบาทและมีความสำคัญอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบัน โดยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องจักร

การควบคุมเครื่องจักร คอมพิวเตอร์ ได้มีบทบาทอย่างมากในการควบคุม โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักร มอเตอร์เป็นเครื่องจักรกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ซึ่งพลังงานกลที่ได้ออกมาในลักษณะของแรงบิด (Torque) เพื่อใช้ในการกำหนดความเร็วรอบ (Speed) และตำแหน่ง (Position) มอเตอร์ที่นำมาใช้ในการทำแขนกล (Robot Arm) คือ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servomotor) มีการให้แรงบิดสูง และสามารถนำมาเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์
2. ศึกษาระบบอินเตอร์เฟสและการใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์
3. สร้างชุดควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์
4. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างชุดควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์
2. ออกแบบและสร้างระบบเชื่อมต่อเอซีเซอร์โวมอเตอร์กับคอมพิวเตอร์ได้
3. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

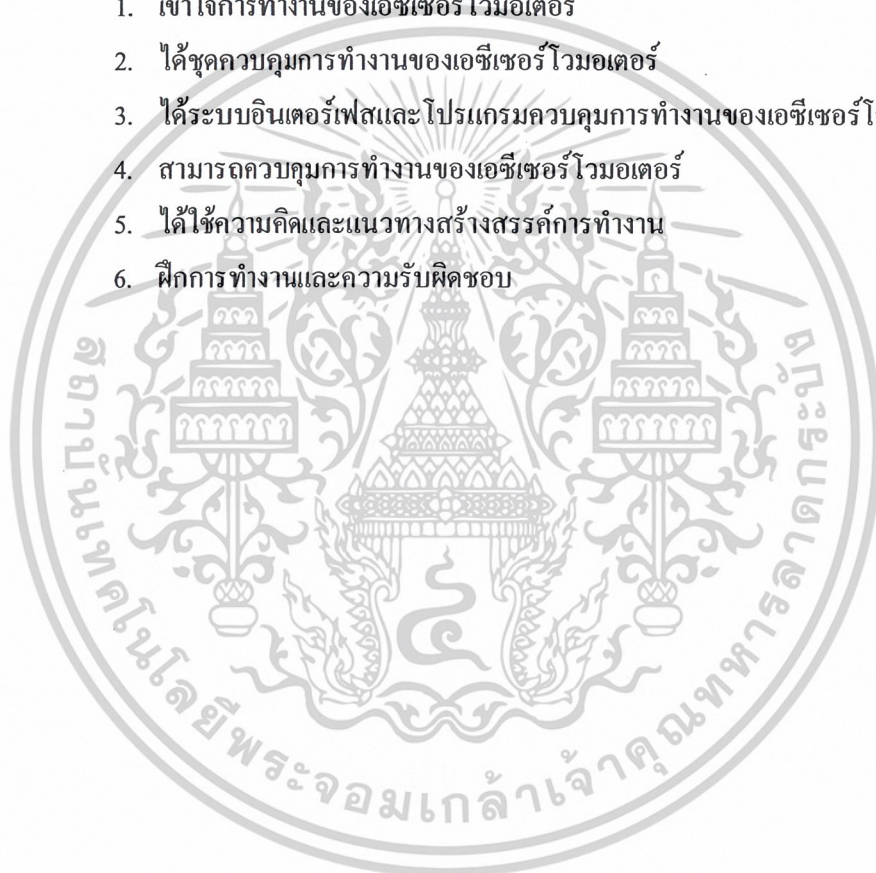
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาพื้นฐานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์
2. สร้างชุดควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์
3. สร้างระบบอินเตอร์เฟซและการใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์
2. ได้ชุดควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์
3. ได้ระบบอินเตอร์เฟซและโปรแกรมควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์
4. สามารถควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์ไวมอเตอร์
5. ได้ใช้ความคิดและแนวทางสร้างสรรค์การทำงาน
6. ฝึกการทำงานและความรับผิดชอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servomotors)

มอเตอร์ไฟฟ้านับว่าได้มีบทบาทและมีความสำคัญอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน โดยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องจักรและในส่วนต่างๆของกระบวนการผลิต มอเตอร์ไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นเครื่องจักรต้นกำลังขับเคลื่อนภาระที่เป็นเครื่องจักรกลประเภทต่างๆ ด้วยการขับ โดยตรง ผ่านชุดเฟืองทด หรือสายพาน เป็นต้น

2.1.1 ทำไมต้องเซอร์โวมอเตอร์

มอเตอร์เป็นเครื่องจักรกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล ซึ่งพลังงานกลที่ได้ ออกมาในลักษณะของแรงบิด (Torque : m_m) ความเร็วรอบ (speed : ω) และตำแหน่ง (position : E) งานที่นำมอเตอร์ไปใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังต้องการความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงได้ หรือต้องการควบคุมตำแหน่ง ซึ่งเครื่องจักรกลนั้นก็ต้องการลักษณะสมบัติการเคลื่อนที่ที่ต้องการลักษณะทางไดนามิกที่สูง ปกติมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของเครื่องจักรกลที่ต้องการไดนามิกที่สูงๆได้ ดังนั้นได้มีการออกแบบมอเตอร์ขึ้นมาเพื่อให้เป็นลักษณะสมบัติ (characteristics) ที่มีไดนามิกที่สูง จึงได้เรียกมอเตอร์ชนิดนี้ว่า เซอร์โวมอเตอร์

สิ่งที่ทำให้มอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถมีไดนามิกที่สูงๆได้ ที่สำคัญที่สุดคือค่าคงที่ทางกล (Mechanical Time constant: τ_M) ของมอเตอร์ ถ้าค่าคงที่ทางกลของมอเตอร์มีค่ามากทำให้มอเตอร์มีค่ามากไดนามิกส์ช้าไปด้วย ค่าคงที่ทางกลของมอเตอร์มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (1) จากหนังสืออ้างอิง[1]

$$\tau_M = J \cdot \frac{\omega_0}{m_0} \quad (1)$$

เมื่อ

- J คือ แรงเฉื่อยของการเคลื่อนที่ (Moment of inertia) หน่วยเป็น $kg.m^2$
- ω_0 คือ ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์มีหน่วยเป็น rad/s
- m_0 คือ แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์มีหน่วยเป็น Nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (1) พบว่าค่า ω_0 และ m_0 ถูกกำหนดโดยภาระของมอเตอร์ที่ต้องการ ดังนั้นถ้าจะลดค่า τ_M ทำได้โดยการออกแบบลดค่าแรงเฉื่อย (J) ของมอเตอร์ซึ่งค่าแรงเฉื่อยคำนวณได้จากสมการที่ (2) จากหนังสืออ้างอิง[1]

$$J = \frac{Gr}{g} \quad (2)$$

เมื่อ

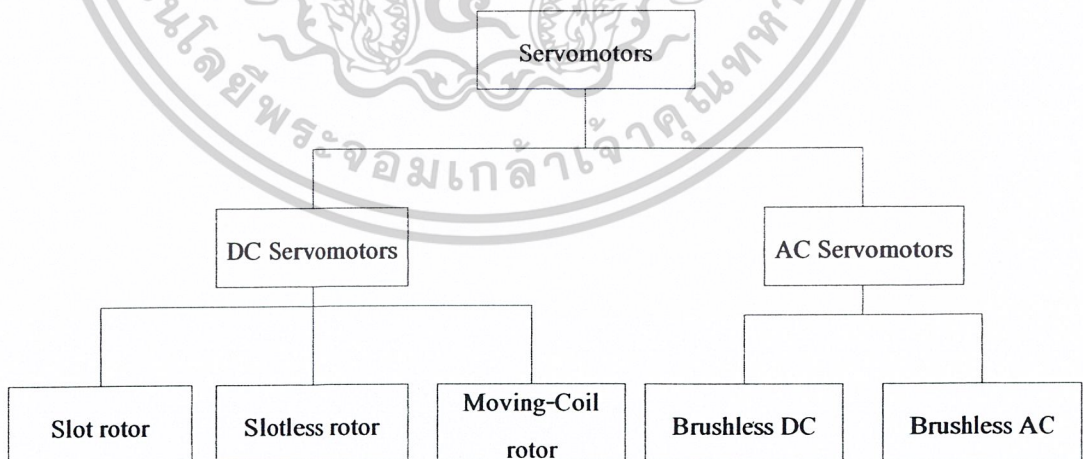
- G คือมวลของโรเตอร์มีหน่วยเป็นนิวตัน(Kg.m/s²)
- r คือรัศมีของโรเตอร์มีหน่วยเป็นเมตร (m)
- g คือ gravitational acceleration มีค่าคงที่เท่ากับ 9.81 m/s²

ดังนั้นวิธีการออกแบบลดค่าแรงเฉื่อยของมอเตอร์มี 2 วิธีคือ

1. ลดน้ำหนักของโรเตอร์
2. ลดรัศมีของโรเตอร์

2.1.2 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

มอเตอร์ทุกชนิดที่ถูกออกแบบให้มีลักษณะแบบเซอร์โว (Servo Characteristics) จึงใช้วิธีการข้างบน เซอร์โวมอเตอร์แบ่งออกได้ 2 ชนิดดังรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

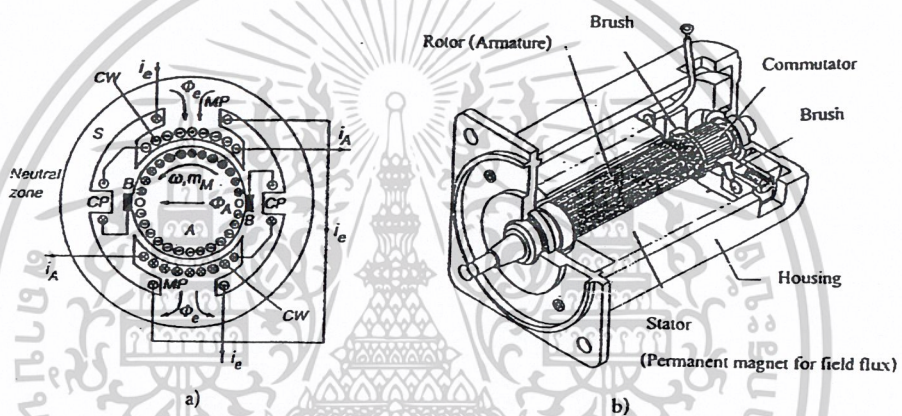


รูปที่ 2.1 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์

ดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก (Separately Excited) ที่มีขั้วแม่เหล็กถาวรเป็นแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ซึ่งมีลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าและหลักการการทำงานเหมือนเดิมทุกอย่างแต่ถูกออกแบบให้มีค่าแรงเฉื่อยต่ำ ดังนั้นเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจจึงต้องกลับมาทบทวน โครงสร้างและลักษณะสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นโครงสร้างเปรียบเทียบระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยกกับชนิดแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์

- a) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก
- b) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแม่เหล็กถาวร

มีสมการแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังสมการที่ (3)

$$\begin{aligned}
 m_M &\sim \Phi_c \Phi_A && ; && \Phi_c &\sim I_A \\
 &= c \Phi_c \Phi_A && ; && \Phi_c &\text{คงที่} \\
 &= k I_A && && &
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

เมื่อ

- Φ_c คือ ฟลักแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร
- Φ_A คือ ฟลักแม่เหล็กของอาร์เมเจอร์
- I_A คือ กระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์
- c คือ ค่าคงที่ของมอเตอร์

และมีสมการความเร็วของ (ω) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดังสมการที่ (4)

$$\omega = \frac{U_A - I_A R_A}{k} \quad (4)$$

เมื่อ

U_A คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้มอเตอร์

R_A คือ ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์

จากสมการที่ (3) และสมการที่ (4) จะเห็นได้ว่าแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขั้วแม่เหล็กถาวรจะมีแรงบิดคงที่ทุกย่านความเร็ว ซึ่งเป็นลักษณะสมบัติที่มีความจำเป็นในการนำมอเตอร์ไปใช้งาน และ ในรูปที่ 3 แสดงระนาบของความเร็วรอบกับแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 2.3 ระนาบของความเร็วรอบกับแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

2.1.3.1 ข้อเสียของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์

จากโครงสร้างของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์มีแปรงถ่านกับซีคอมมิวเตเตอร์มีการสัมผัสทางกล เวลาใช้งานประกายไฟระหว่างแปรงถ่านกับซีคอมมิวเตเตอร์และเกิดการสึกหรอของแปรงถ่านทำให้ดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์ไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานที่มีวัตถุไวไฟและต้องมีการบำรุงรักษา

2.1.4 เอ.ซี.เซอร์โวมอเตอร์

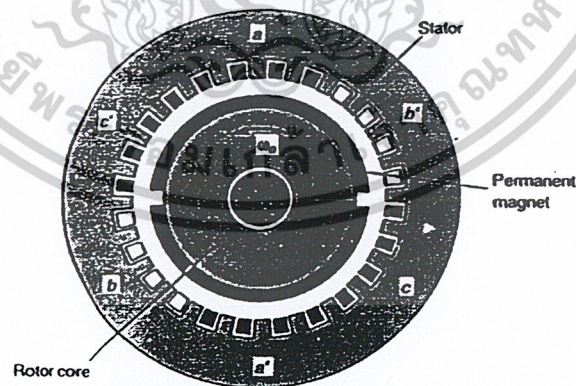
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC servomotors คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกออกแบบให้มีลักษณะสมบัติเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo characteristics) มีขั้วแม่เหล็กเป็นแม่เหล็กถาวรหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "Permanent Magnet AC motors (PMAC)" ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.1 อธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.1.4.1 Brushless DC Motors

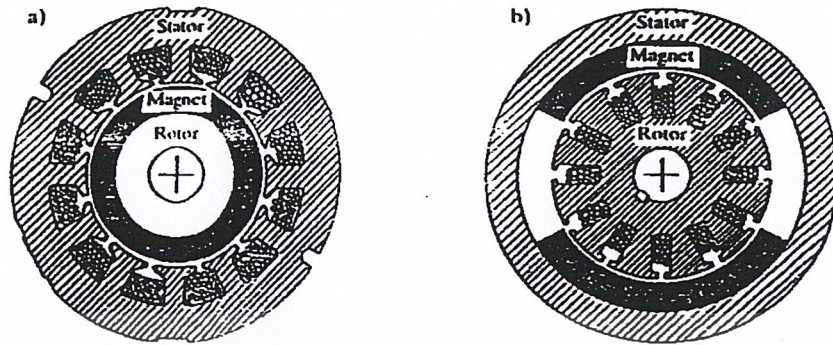
2.1.4.1.1 หลักการออกแบบ Brushless DC มอเตอร์

จากลักษณะสมบัติซึ่งเป็นข้อเสียของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์ที่ชัดเจนที่สุด คือ ดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์มีแปรงถ่าน มีการสัมผัสกันทางกลระหว่างสแตเตอร์กับโรเตอร์ ดังนั้นได้มีการออกแบบเพื่อทำให้มอเตอร์ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) แต่ลักษณะสมบัติอื่นของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์ยังเหมือนเดิม นั่นคือสามารถควบคุมแรงบิดให้คงที่ได้ทุกย่านความเร็ว ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จึงเรียกว่า "Brushless DC Motor" เมื่อออกแบบให้ไม่มีแปรงถ่านดังนั้นต้องให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์อยู่ที่สแตเตอร์และขั้วแม่เหล็กถาวรอยู่ที่โรเตอร์นั่นเอง ในดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์ฟลักแม่เหล็กของสแตเตอร์กับฟลักแม่เหล็กของโรเตอร์ตัดตั้งฉากกันทำให้โรเตอร์หมุน ถึงแม้โรเตอร์จะหมุนไปอย่างไรฟลักแม่เหล็กทั้ง 2 ก็ตัดตั้งฉากกันเสมอทำให้แรงบิด ของดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์คงที่ทุกความเร็ว เช่นเดียวกันใน Brushless DC มอเตอร์จึงต้องมีเฟสของขดลวดในสแตเตอร์เพื่อควบคุมให้ฟลักแม่เหล็กของสแตเตอร์ตัดตั้งฉากกับฟลักของโรเตอร์เพื่อจะให้ ฟลักแม่เหล็กตัดกันซึ่งในรูปที่ 2.4 แสดงภาพตัดขวางของ Brushless DC มอเตอร์และในรูปที่ 2.5 เป็นภาพตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์กับ Brushless DC มอเตอร์



รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางของ Brushless DC มอเตอร์

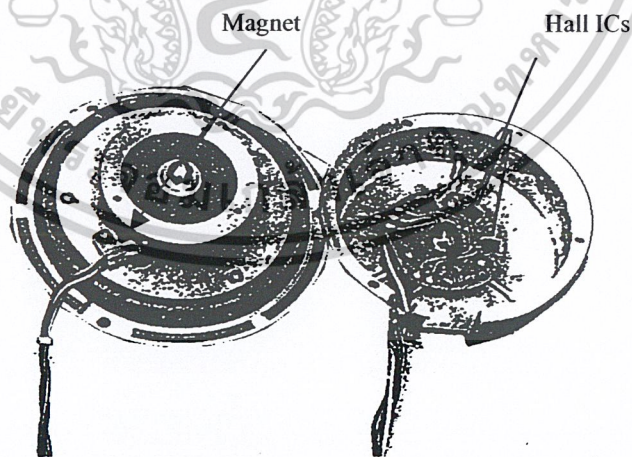
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพตัดขวางของมอเตอร์ระหว่าง Brushless DC กับ DC servo

- a) Brushless DC Motors
- b) DC servomotors

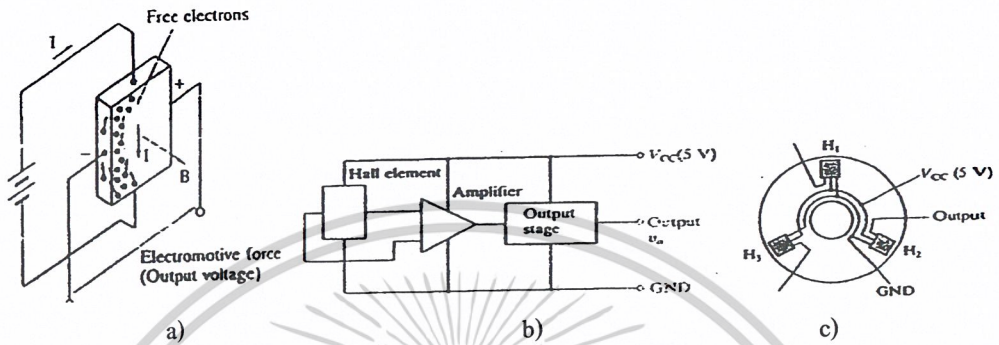
จะเห็นได้ว่าใน Brushless DC มอเตอร์มีสเตเตอร์เหมือนกับอินดักชันมอเตอร์ มีการวางขดลวดที่สเตเตอร์เช่นเดียวกันแต่ในอินดักชันมอเตอร์เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้มอเตอร์ก็จะหมุนได้ แต่ใน Brushless DC มอเตอร์ถึงแม้ขดลวดที่สเตเตอร์จะเหมือนกันแต่ที่โรเตอร์ของ Brushless DC เป็นแม่เหล็กถาวรดังนั้นจะต้องมีตัว Hall sensors คักจับตำแหน่งขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์เพื่อควบคุมทำให้สนามแม่เหล็กที่โรเตอร์และสเตเตอร์ตัดกันทำให้โรเตอร์หมุนไปได้ ในรูปที่ 2.6 แสดงการวางตำแหน่งของ Hall Sensors ใน Brushless DC มอเตอร์



รูปที่ 2.6 Hall Sensors ใน Brushless DC มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

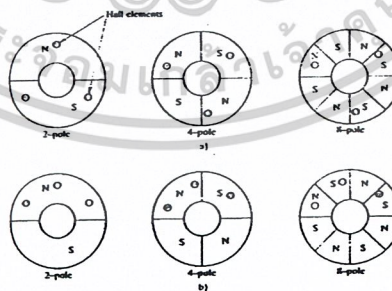
หลักการทำงานของ Hall Sensors หรือเรียกว่า Hall switch เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจะทำงานเป็นสวิตช์เปิดวงจรเมื่อสนามแม่เหล็กตัดผ่านที่มีค่าแตกต่างกันสูงมาก ในรูปที่ 2.7 แสดงการนำ Hall sensors ไปใช้งาน



รูปที่ 2.7 Hall sensor

- a) หลักการทำงานของ Hall sensors
- b) การต่อใช้งาน Hall sensors
- c) ตำแหน่งการติดตั้ง Hall sensors ใน Brushless DC มอเตอร์

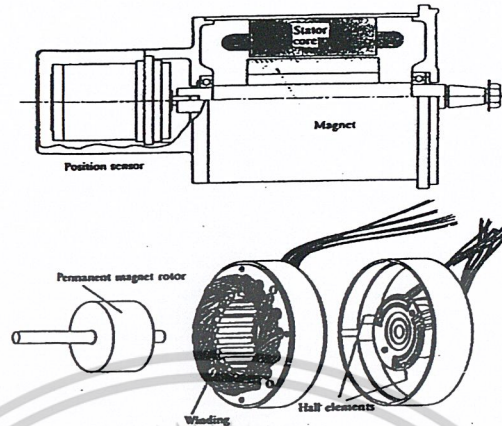
การออกแบบ Brushless DC มอเตอร์สามารถออกแบบให้มีขั้วลวดที่สเตเตอร์ที่เฟสก็ได้ แต่ส่วนใหญ่พบว่าจะถูกออกแบบให้มี 3 เฟสเช่นเดียวกับอินดักชันมอเตอร์ทั่วไป และมีขั้วแม่เหล็กถาวรได้หลายขั้วเช่นกัน การวางตำแหน่ง Hall sensors ดักจับตำแหน่งโรเตอร์สามารถวางได้ 2 แบบคือ 60° และ 120° ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ขั้วแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์และตำแหน่งการวาง Hall sensors

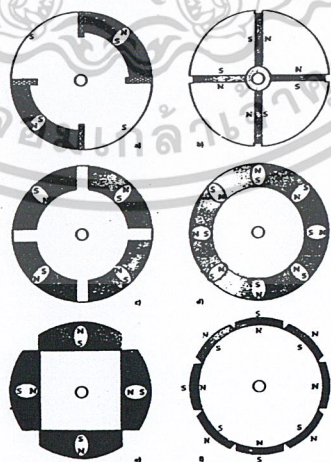
- a) วางห่างกัน 120°
- b) วางห่างกัน 60°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



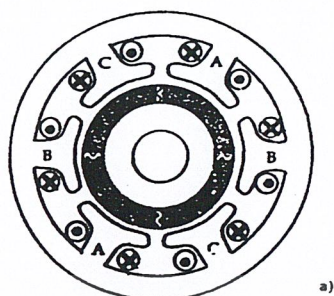
รูปที่ 2.9 แสดง โครงสร้างของ Brushless DC

จากรูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของ Brushless DC มอเตอร์ ปกติ Brushless DC มอเตอร์ถูกออกแบบเพื่อลดค่าแรงเสียดทานของโรเตอร์นั้นคือการออกแบบจะลดครีမ်ของโรเตอร์และเพิ่มความยาวของโรเตอร์ ในรูปที่ 2.10 แสดงภาพตัดขวาง โรเตอร์ชนิดต่างๆ ของ Brushless DC มอเตอร์และในรูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างสเตเตอร์ของ Brushless DC มอเตอร์ซึ่งแบ่งได้ 3 ชนิด ในรูปที่ 2.10(a) ขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์เรียกว่า salient-pole สเตเตอร์ ส่วนในรูปที่ 2.10(b) สเตเตอร์เรียกว่า slotless สเตเตอร์ เพราะถูกออกแบบให้ไม่มีร่องสลิต (slotless) สำหรับขดลวด และในรูปที่ 2.10(c) สเตเตอร์เรียกว่า slotted สเตเตอร์

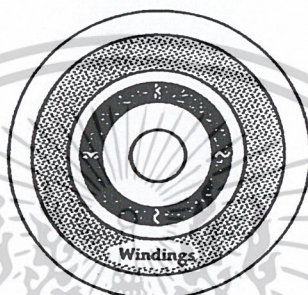


รูปที่ 2.10 โรเตอร์ของ Brushless DC มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a)

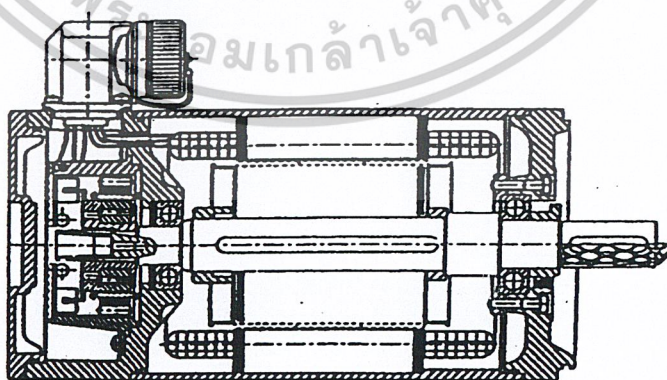


b)



c)

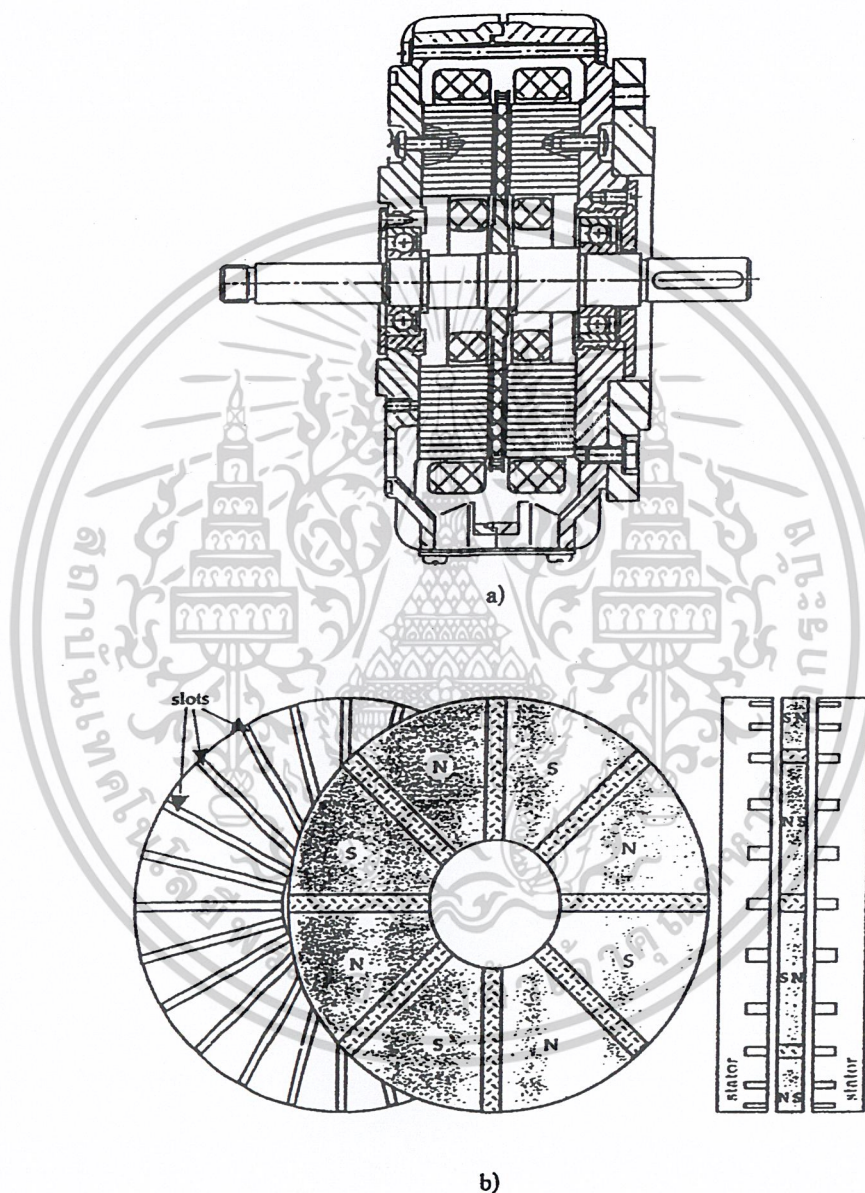
รูปที่ 2.11 สเตเตอร์ของ Brushless DC มอเตอร์



รูปที่ 2.12 ภาพตัดด้านข้าง Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Bosch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในรูปที่ 2.12 แสดงภาพตัดด้านข้าง Brushless DC มอเตอร์มีสเตเตอร์เป็น Slotted ของบริษัท Bosch และในรูปที่ 2.13 แสดงภาพตัดด้านข้าง Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Infranor ที่ออกแบบเพื่อลดแรงเฉื่อยมีโรเตอร์เป็นแบบ Disc ของดี.ซี.เซอร์โวมอเตอร์

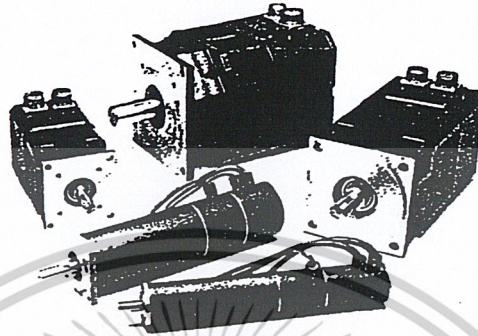


รูปที่ 2.13 โครงสร้าง Brushless DC มอเตอร์แบบ Disc ของบริษัท Infranor

- a) ภาพตัดด้านข้าง
- b) โรเตอร์และสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

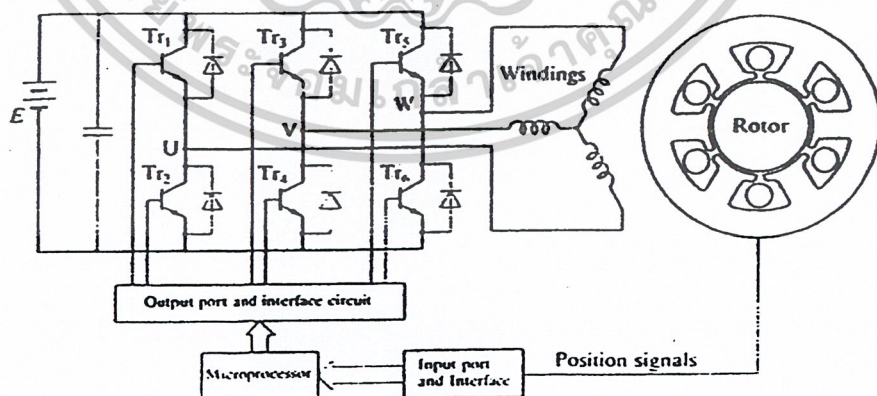
ในรูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่าง Brushless DC มอเตอร์ที่ออกแบบสำหรับงานขับเคลื่อน เซอร์โวทั่วไปของบริษัท Rockford



รูปที่ 2.14 Brushless DC มอเตอร์สำหรับงานเซอร์โวกำลังสูง

2.1.4.1.2 หลักการทำงานของ Brushless DC มอเตอร์

ในที่นี้จะกล่าวถึงแค่ Brushless DC มอเตอร์ที่มีขดลวดสเตเตอร์ 3 เฟสและเพื่ออำนวยความสะดวกเข้าใจสมมุติให้ Brushless DC มอเตอร์มีขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ 2 ขั้วแม่เหล็ก (เหนือ, ใต้) ในรูปที่ 2.15 แสดงวงจรขับ Brushless DC มอเตอร์ มีไมโครโปรเซสเซอร์ตรวจจับสัญญาณจาก Hall sensors แล้วส่งสัญญาณไปสวิทช์เพื่อให้สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์และโรเตอร์ตัดกัน ชูจ่ายไฟให้กับ Brushless DC มอเตอร์ คือชุดแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่คงที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหรือเรียกชุดจ่ายไฟนี้ว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

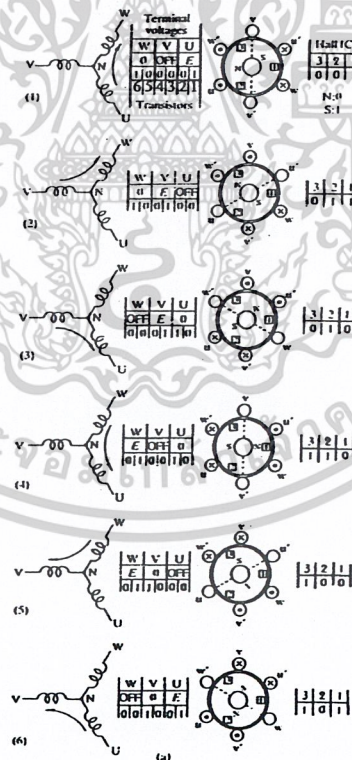


รูปที่ 2.15 วงจรอินเวอร์เตอร์ขับ Brushless DC มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.15 แสดงการขับให้ Brushless DC มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาได้ดังรูปที่ 2.16 ในรูปที่ 2.16(1) สมมุติให้เมื่อก่อนเริ่มทำงานตำแหน่งโรเตอร์มีขั้วแม่เหล็กที่เป็นขั้วเหนือ (N) อยู่ทางซ้ายมือและขั้วใต้อยู่ทางขวามือจากตำแหน่งการวาง Hall sensors ถ้าให้ Hall sensors ทำงานปิดวงจร (“1”) เมื่อวางในตำแหน่งขั้วใต้และเปิดวงจร (“0”) เมื่อวางตำแหน่งในขั้วเหนือ ดังนั้นขณะนี้ H3 (Hall sensors ตัวที่ 3) = 0, H2 = 0, H1 = 1 เมื่อจะทำให้หลักการการทำงานเหมือนกับ

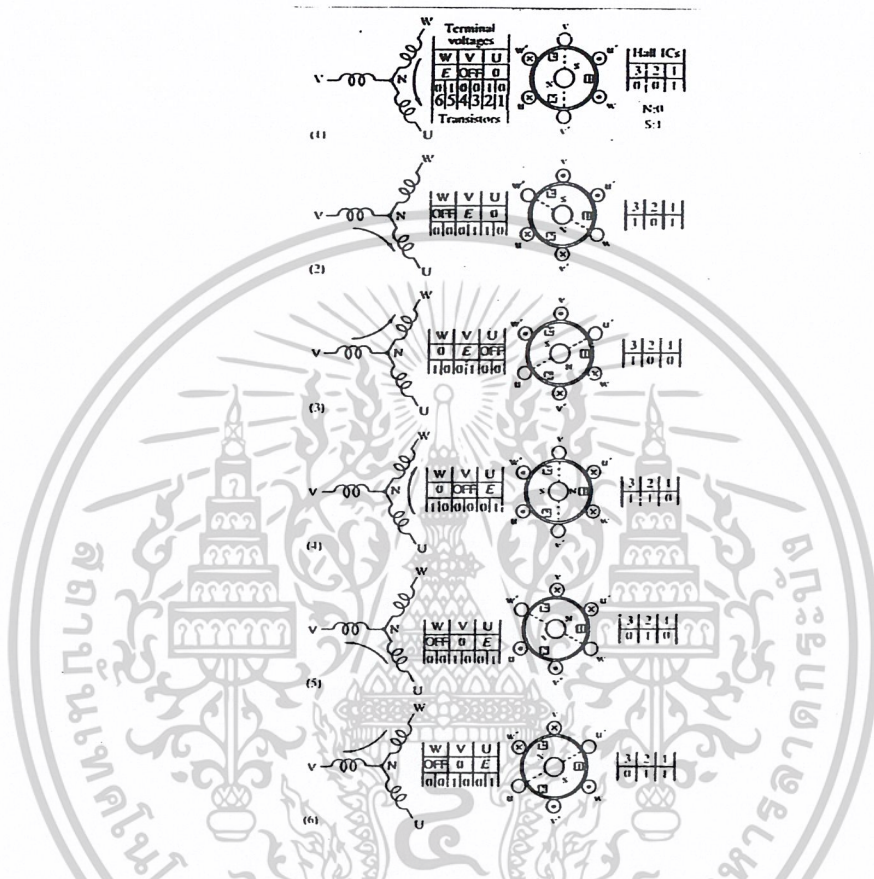
ดี.ซี. เซอร์โวมอเตอร์จะต้องเลือกสวิทช์ให้กระแสไหลในขดลวดสเตเตอร์สร้างสนามแม่เหล็กตัดตั้งฉากกับโรเตอร์ จากรูปที่ 2.16 เลือกสวิทช์คือ Tr1 กับ Tr2 ทำให้กระแสไหลจากต้นขดลวด U ออกกลับทางต้นขดลวด W จะเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็กทั้ง 2 จะตัดกัน ทำให้โรเตอร์ถูกผลักให้หมุนตามเข็มนาฬิกาเมื่อตำแหน่งโรเตอร์เปลี่ยนไปดังรูปที่ 2.16(2) H3 = 0, H2 = 1, H1 = 1 จึงต้องเลือกสวิทช์ Tr3 กับ Tr6 ทำให้กระแสไหลจากต้นขดลวด W ออกกลับทางต้นขดลวด W สนามแม่เหล็กก็ตัดกันอีกผลักให้โรเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา การสวิทช์จะสวิทช์ครั้งละ 1 คู่อ่างนี้ไปเรื่อยๆ ครบ 1 รอบการหมุนก็จะมีการสวิทช์ 6 ครั้งเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กตัดกันดังรูปที่ 2.16(1) - (6) แต่ถ้าจะขับให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาการเลือกสวิทช์แสดงดังในรูปที่ 2.17(1) - (6)



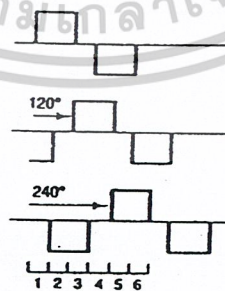
รูปที่ 2.16 ขับ Brushless DC Motors มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสวิตช์ทำให้ได้รูปร่างของกระแสเฟสทั้ง 3 เฟสดังรูปที่ 2.18 เมื่อมอเตอร์หมุน ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้านกลับมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal) ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ดังนั้น Brushless DC มอเตอร์อาจเรียกอีกอย่างได้ว่า “Trapezoidal PMAC motor” [5],[6],[15]

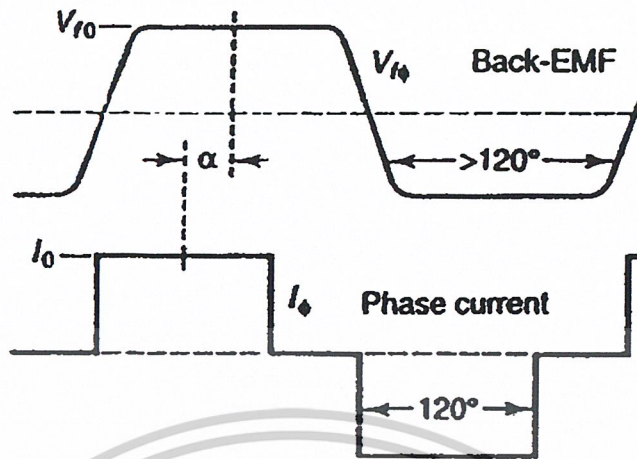


รูปที่ 2.17 ขั้ว Brushless DC มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.18 กระแสทั้ง 3 เฟสของ Brushless DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แรงดันเหนี่ยวนำด้านกลับ (Back EMF) กับกระแสเฟสของ Brushless DC มอเตอร์

จากสัญญาณในรูปที่ 2.19 ค่าของหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้านกลับได้เช่นเดียวกับ
ดี.ซี.เซอร์โวมอเตอร์คือ

$$V_{r0} = k\omega \tag{9}$$

เมื่อ

V_{r0} คือ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้านกลับใน DC มอเตอร์

ω คือ ความเร็วรอบของ Brushless DC มอเตอร์

k คือ ค่าคงที่ของ Brushless DC มอเตอร์

และได้สมการแรงบิดของ Brushless DC มอเตอร์คือ

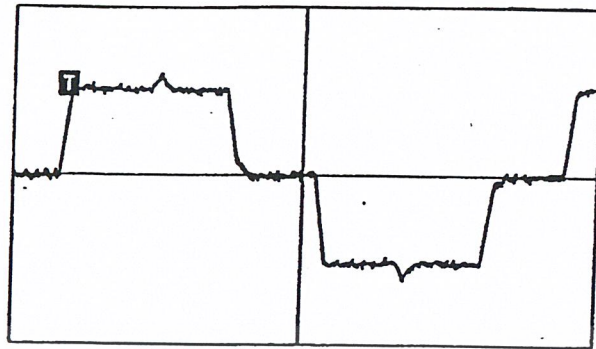
$$m_M = kI_0 \tag{10}$$

เมื่อ

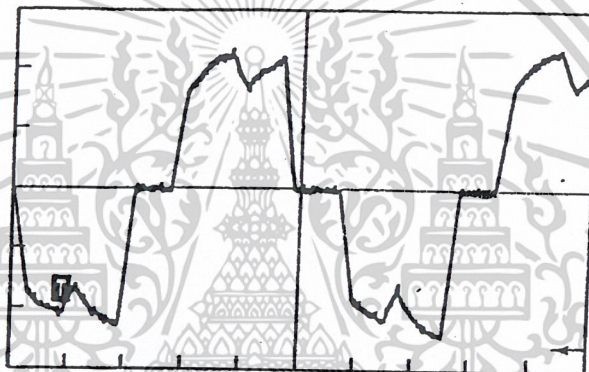
m_M คือ แรงบิดของ Brushless DC มอเตอร์

I_0 คือ กระแสเฟสของ Brushless DC มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 กระแสเฟสของ Brushless DC มอเตอร์ขนาด 0.5 hp ที่ความเร็วรอบต่ำ



รูปที่ 2.21 เป็นรูปคลื่นของกระแสเฟสที่ขับ Brushless DC มอเตอร์ขนาด 0.5 hp ที่ความเร็วรอบสูง

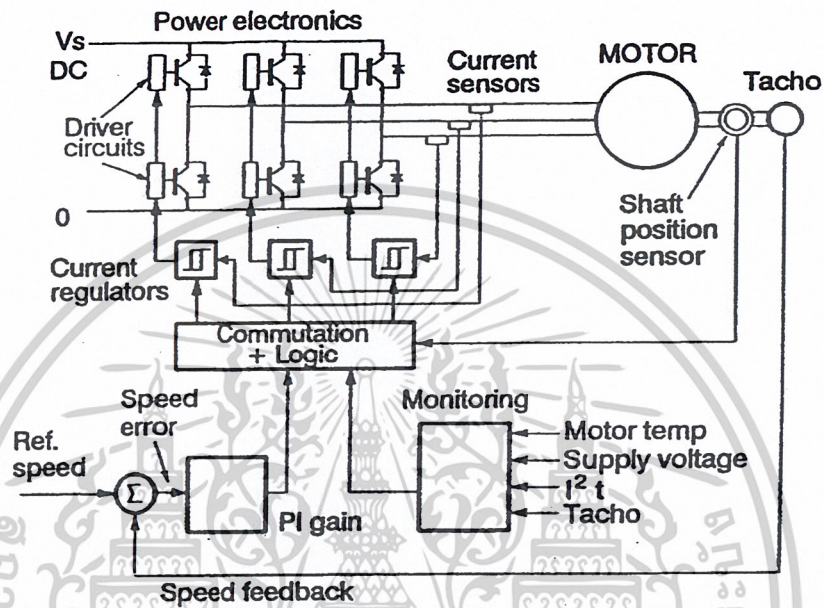
ในรูปที่ 2.20 แสดงรูปคลื่นของกระแสเฟสที่ขับ Brushless DC มอเตอร์ขนาด 0.5 hp ที่ความเร็วรอบต่ำและในรูปที่ 2.21 เป็นรูปคลื่นของกระแสเฟสที่ขับ Brushless DC มอเตอร์ขนาด 0.5 hp ที่ความเร็วรอบสูง

2.1.4.1.3 วิธีการควบคุม Brushless DC มอเตอร์

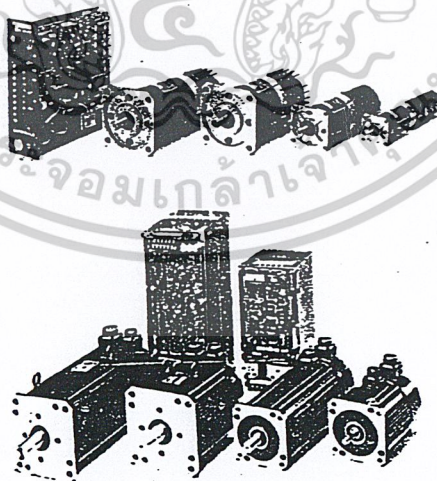
วิธีการควบคุม Brushless DC มอเตอร์ ถ้าเป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบ Brushless DC มอเตอร์ ลูปในเป็นลูปควบคุมแรงบิด(กระแส)และลูปนอกเป็นความเร็วรอบ แสดงการควบคุมความเร็วรอบของ Brushless DC มอเตอร์ดังรูปที่ 2.22 จากบล็อกไดอะแกรมใช้ Tacho Generator sensor ความเร็วรอบและ sensor ตำแหน่งของโรเตอร์ใช้ Hall sensors และ sensors กระแส ทั้ง 3 เฟสจะใช้ Hall current sensors ค่าอ้างอิงซึ่งเป็นความเร็วรอบ (speed reference) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมใช้มาตรฐานคือ -10 ถึง +10 โวลต์ ที่ 0 โวลต์คือความเร็วเป็นศูนย์ที่ +10 ถึง -10 โวลต์เป็นความเร็วสูงสุดแต่ทิศทางตรงข้ามกัน สัญญาณคำสั่งอาจจะมาจาก PLC's (programmable logic controllers) ก็ได้ [8]

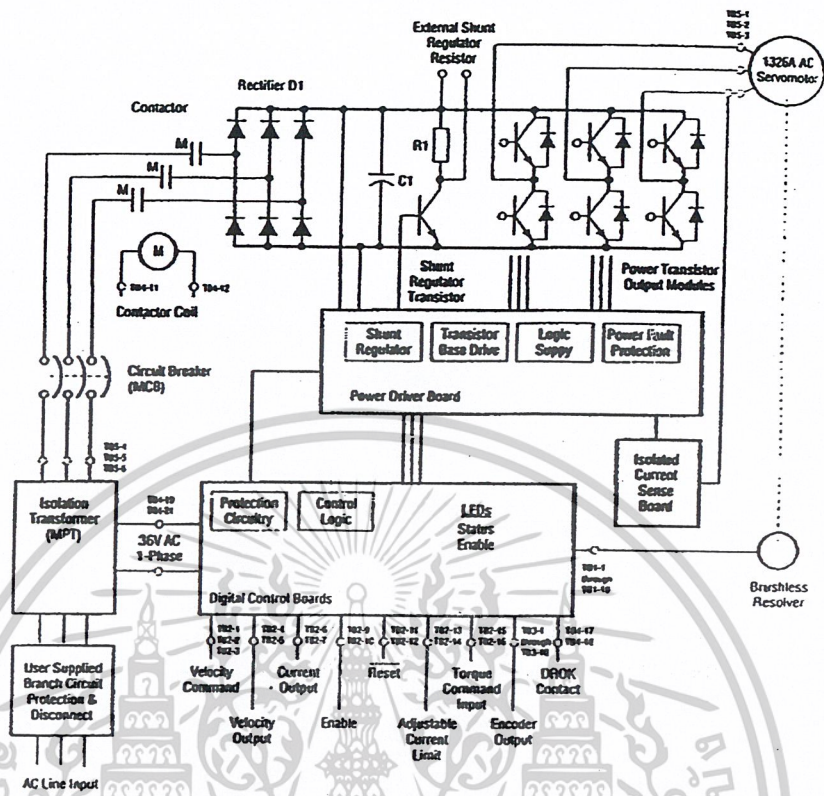


รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมควบคุมความเร็วของ Brushless DC มอเตอร์



รูปที่ 2.23 ชุดขับและ Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Sanyo Denti Co. Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ปลั๊กไคอะแกรมชุดควบคุม Brushless DC มอเตอร์ของบริษัท Allen – Bladley

ในรูปที่ 2.23 เป็น Brushless DC มอเตอร์และชุดขับ ซึ่งเป็นชุดเซอร์โวสำหรับกำลังสูง และในรูปที่ 2.24 เป็นตัวอย่างชุดควบคุมความเร็วรอบของ Brushless DC มอเตอร์ที่ใช้ Resolver เช่นเซอร์ความเร็วรอบและชุดจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ทำเป็นสวิตช์เพื่อควบคุมกระแสที่สเตเตอร์

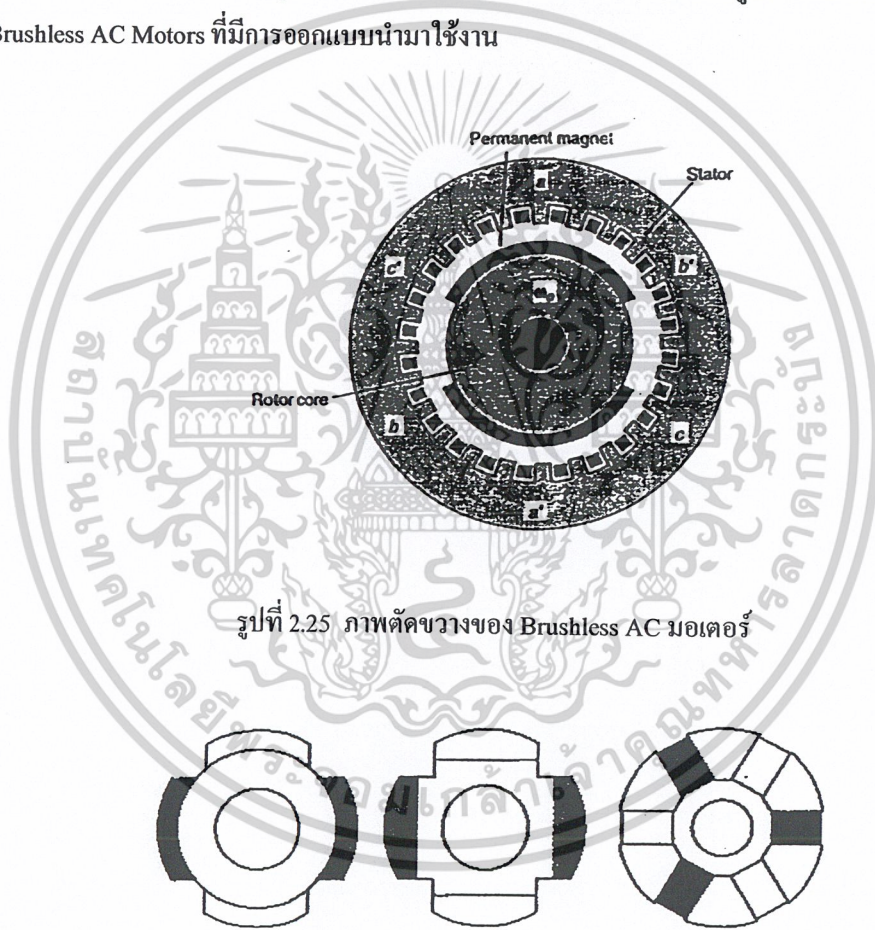
2.1.4.2 Brushless AC Motors

2.1.4.2.1 หลักการออกแบบ Brushless AC มอเตอร์

ขณะที่อินคัลชั่นมอเตอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยกมีการนำไปใช้งานมากแต่ปัจจุบันมอเตอร์ที่เป็นในขั้วแม่เหล็กถาวรถูกนำมาใช้งานเพิ่มมากขึ้น เพราะแม่เหล็กถาวรผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากกว่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการผลิตจากขดลวดที่เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยกหรือสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสสร้างสนามแม่เหล็ก (Magnetizing Current) ในสเตเตอร์ของอินคัลชั่นมอเตอร์ ทำให้การนำแม่เหล็กถาวรมาใช้งานมีข้อดีที่ลดการสูญเสียอันเกิดจากขดลวดทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นได้มีการออกแบบซิงโครนัสมอเตอร์ (synchronous Motor) ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ปกติซิงโครนัสมอเตอร์มีสเตเตอร์เหมือนกับอินดักชันมอเตอร์ทุกอย่างมีขดลวด 3 เฟสที่ สเตเตอร์ส่วนที่โรเตอร์มีขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งต้องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวด ต้องมีแปรงถ่านกับสลีปริงคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแปรงถ่านกับ Commutator เมื่อมอเตอร์ชนิดนี้เปลี่ยนโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรจึงเรียกว่า “Brushless AC Motors” ในรูปที่ 2.25 แสดงภาพตัดขวางของ Brushless AC มอเตอร์ขนาด 2 ขั้วแม่เหล็กมีขดลวดที่สเตเตอร์ a,b,c การวางของขดลวดเหมือนอินดักชันมอเตอร์ทุกอย่าง ซึ่งตำแหน่งการวางของขดลวดทำให้สนามแม่เหล็กหมุนเป็นวงกลมดังนั้นขดลวดจึงต้องการกระแสที่มีรูปคลื่นเป็น Sinusoidal (sin wave) และในรูปที่ 2.26 แสดงโรเตอร์ของ Brushless AC Motors ที่มีการออกแบบนำมาใช้งาน

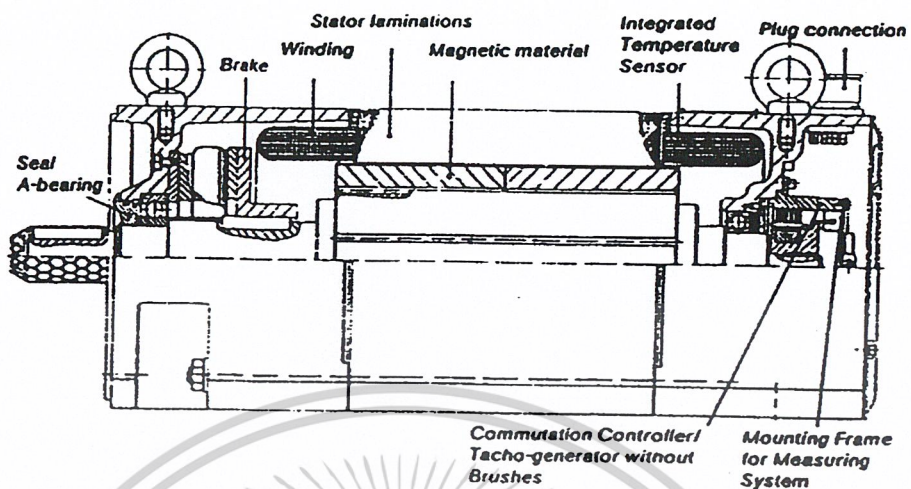


รูปที่ 2.25 ภาพตัดขวางของ Brushless AC มอเตอร์

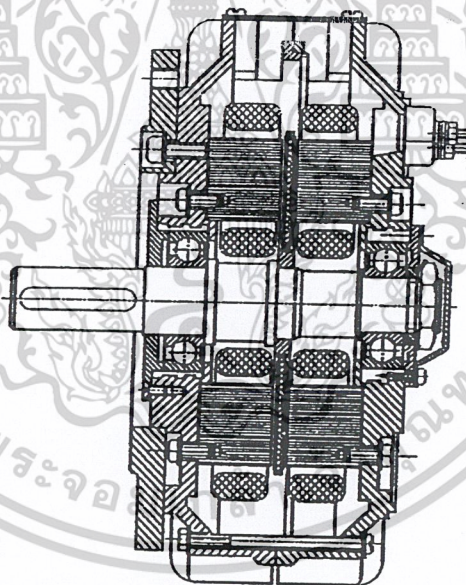
รูปที่ 2.26 โรเตอร์ของ Brushless AC มอเตอร์

โครงสร้างการออกแบบ Brushless AC มอเตอร์แบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ ชนิด Slot สเตเตอร์กับชนิด Disc rotor แสดงดังรูปที่ 2.27 และ 2.28 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 โครงสร้างของ Brushless AC มอเตอร์ชนิด slot สเตเตอร์



รูปที่ 2.28 ภาพตัดค้ำข้างของ Brushless AC มอเตอร์ชนิด Disc rotor

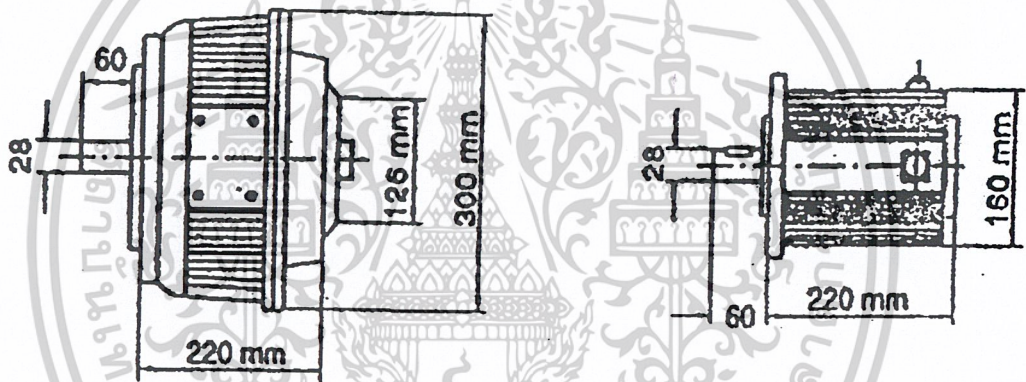
Brushless AC มอเตอร์ชนิด slot สเตเตอร์นั้นถูกออกแบบลดแรงเฉื่อยโดยลดรัศมีของ

โรเตอร์ ดังนั้นเพื่อเพิ่มสนามแม่เหล็กจึงได้เพิ่มความยาวของโรเตอร์ ขณะที่ Disc rotor ออกแบบเพื่อลดน้ำหนักของโรเตอร์สำหรับงานขับเคลื่อนแบบเซอร์โว โดยเฉพาะและในตารางที่ 1 เปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

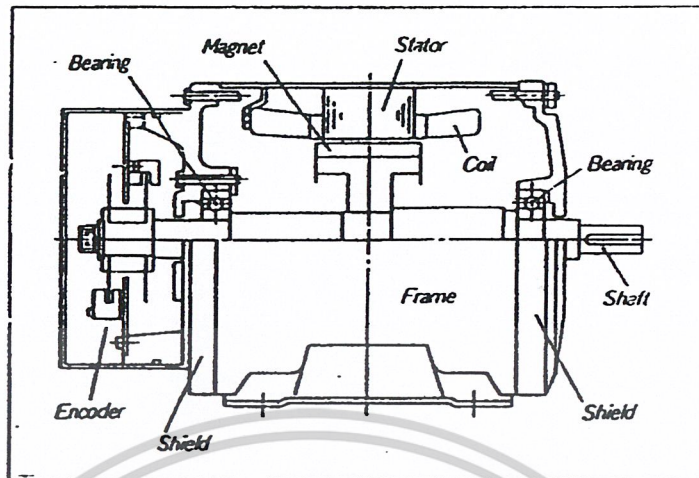
ลักษณะทางโครงสร้างของ DC Servo มอเตอร์กับ Brushless DC มอเตอร์กับ Brushless AC มอเตอร์ของบริษัท Siemens ทั้ง 2 ชนิดจะเห็นได้ว่าถึงแม้ Brushless AC มอเตอร์กำลังและแรงบิดสูงกว่าแต่น้ำหนักและแรงเฉื่อยมีค่าต่ำกว่า ซึ่ง DC Servo มอเตอร์ได้ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานก่อนและ Brushless AC มอเตอร์ได้ถูกผลิตขึ้นมาทีหลัง แต่จากการเปรียบเทียบลักษณะดังกล่าวทำให้ Brushless AC มอเตอร์มีข้อดีและข้อได้เปรียบมากกว่า DC Servo มอเตอร์ในการไปใช้ในงานเซอร์โวและ รูปที่ 2.29 เป็นตัวอย่างโครงสร้างในของ Brushless AC มอเตอร์ของบริษัท Fuji Electric ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานเซอร์โวกำลังสูง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบโครงสร้างระหว่าง DC Servomotors กับ Brushless AC servomotors



DC-PM disk motor		AC-PM synchronous motor
4.5 kW, 3000 min ⁻¹ , 14.3 Nm	Cont. Rating	6.7 kW, 4000 min ⁻¹ , 16 Nm
114 Nm for 50 ms	Max. Torque	90 Nm for 10 s
or 1 % duty cycle		or 15 % duty cycle
5.7 Nms	Torque Impulse	900 Nms
4300 min ⁻¹	Max. Speed	4500 min ⁻¹
35 Kg	Mass	16 kg
75 kg cm ²	Interia	45 kg cm ²

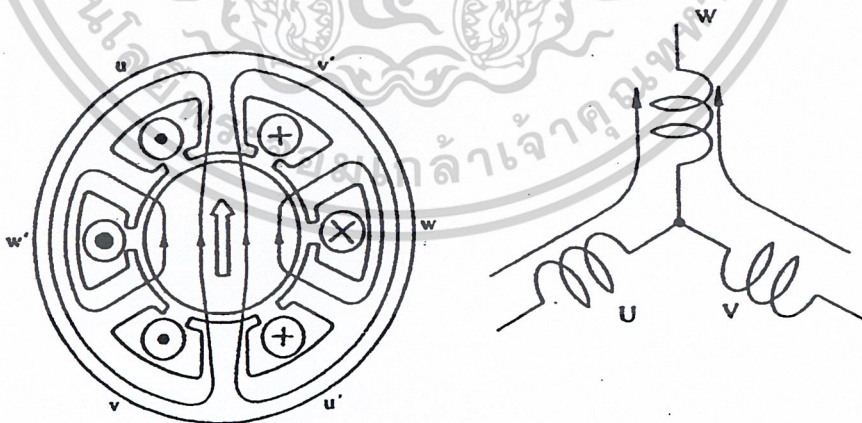
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 โครงสร้าง Brushless AC มอเตอร์ของบริษัท Fuji Electric

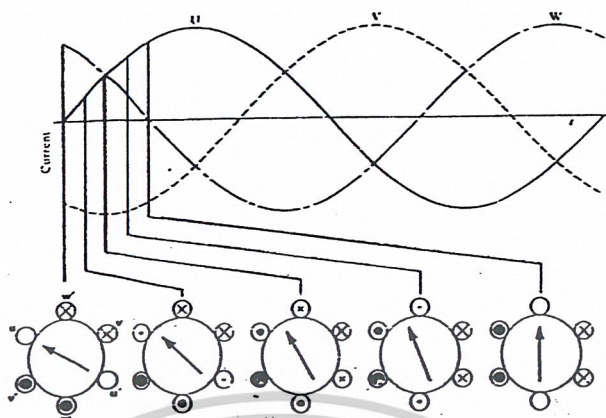
2.1.4.2.2 หลักการทำงานของ Brushless AC มอเตอร์

Brushless AC มอเตอร์ที่สเตเตอร์จะเหมือนกับอินคักชั่นมอเตอร์ทุกอย่างซึ่งในรูปที่ 2.30 เป็นวงจรเทียบเคียงขดลวดที่สเตเตอร์ต่อแบบสตาร์ (Y) และในรูปที่ 2.31 แสดงรูปคลื่นที่เป็น sin ของขดลวดที่สเตเตอร์ทั้ง 3 เฟส จะเห็นได้ว่ากระแสทั้ง 3 เฟส จะสร้างสนามแม่เหล็กมารวมกัน ลูกศรที่แสดงเป็นทิศทางของสนามแม่เหล็ก ซึ่งในภาพแสดงสนามแม่เหล็กหมุนตามการเปลี่ยนแปลงของกระแส ถ้าการต่อขดลวดเป็นดังในภาพทำให้สนามแม่เหล็กหมุนตามเข็มนาฬิกา



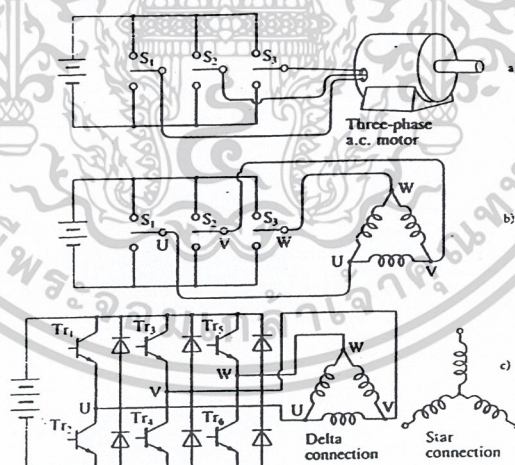
รูปที่ 2.30 วงจรเทียบเคียงขดลวด 3 เฟสที่สเตเตอร์ของ Brushless AC มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 กระแสสแตเตอร์ 3 เฟสและสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์

จากหลักการสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ถ้าจะให้สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์และที่โรเตอร์ตัดกันเพื่อให้โรเตอร์หมุน ต้องรู้ตำแหน่งขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ด้วยแล้วเลือกสวิตช์ให้สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ตัดกันซึ่งในรูปที่ 2.32 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมกระแส Brushless AC มอเตอร์

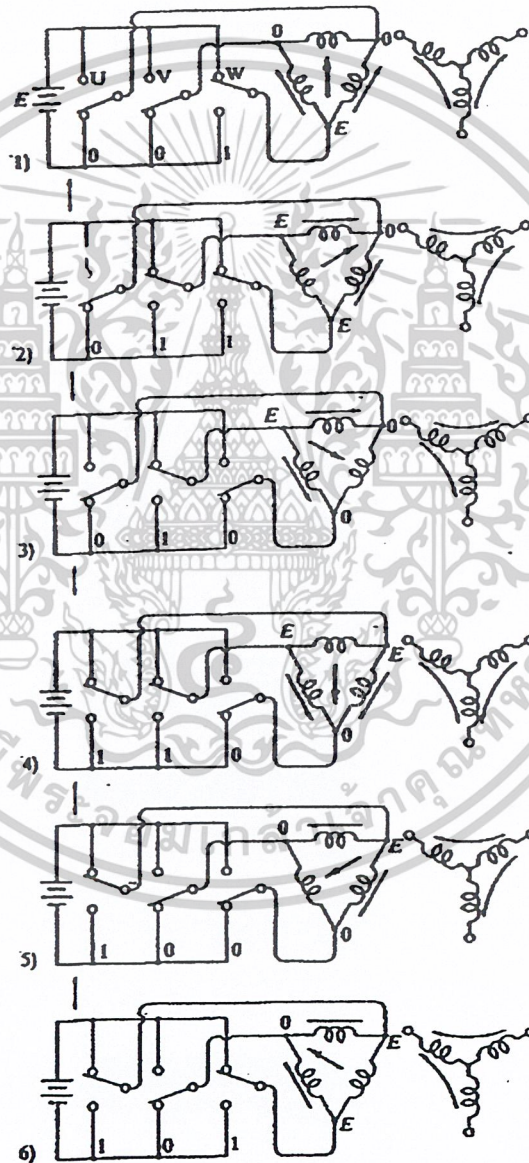


รูปที่ 2.32 อินเวอร์เตอร์จ่ายกระแสให้กับ Brushless AC มอเตอร์

- สวิตช์ 3 ตัวต่อกับมอเตอร์
- สวิตช์ 3 ตัวเทียบเคียงต่อกับขดลวดสเตเตอร์แบบแคดต้า (Δ)
- แทนสวิตช์เป็นทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

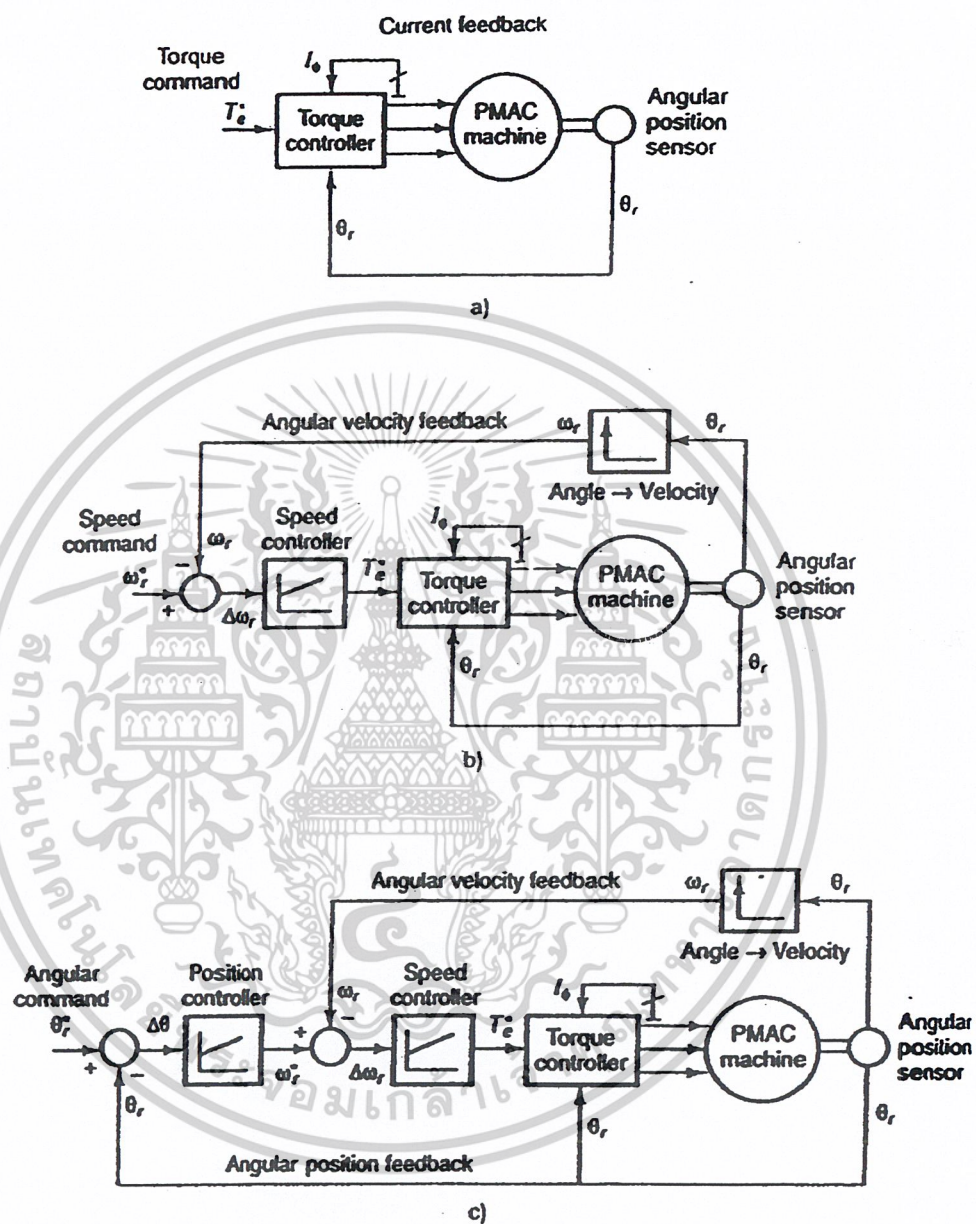
ในรูปที่ 2.33 เป็นการสวิตช์เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน ทิศทางของลูกศรแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนตามเข็มนาฬิกาแต่จากภาพลำดับการสวิตช์มี 6 ลำดับ ซึ่งแต่ละลำดับการสวิตช์นั้นกระแสจะถูกควบคุมให้มีรูปคลื่นเป็น sin ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จะเท่ากับความเร็วของกระแสที่จ่ายเข้าไปหรือที่เรียกว่าเท่ากับความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน ถ้าจะขับให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาจะต้องลำดับการสวิตช์ให้สนามแม่เหล็กของสเตเตอร์เป็นตรงข้ามกับแบบตามเข็มนาฬิกาคล้ายกับการขับ Brushless DC มอเตอร์



รูปที่ 2.33 ลำดับการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์ขับ Brushless AC มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2.3 การควบคุม Brushless AC มอเตอร์

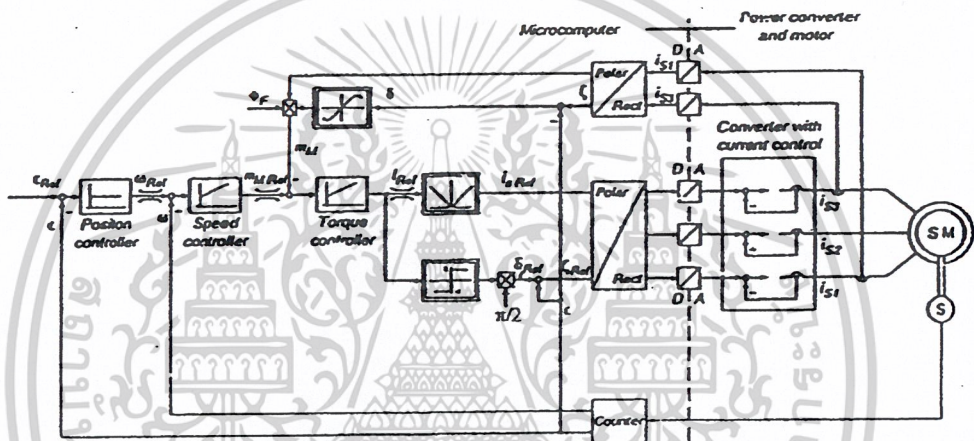


รูปที่ 2.34 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบคาสเคดของ Brushless AC มอเตอร์

- วิธีควบคุมแรงบิด (Torque controlled)
- วิธีควบคุมความเร็วรอบ (speed controlled)
- วิธีควบคุมตำแหน่ง (position controlled)

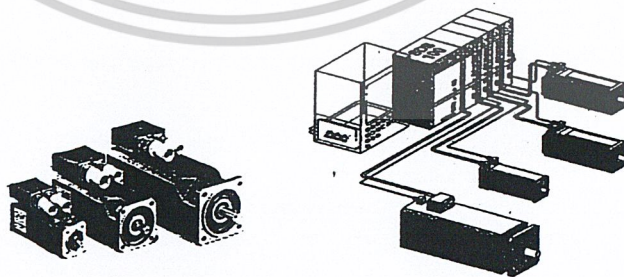
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการควบคุม Brushless AC มอเตอร์จะคล้ายกับดี.ซี.เซอร์โวมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.34 ซึ่งในรูปที่ 2.34(a) เป็นการควบคุมแรงบิดของ Brushless AC มอเตอร์เพียงอย่างเดียวจากภาพจะเห็นได้ว่าการควบคุมแรงบิดใน Brushless AC มอเตอร์จะต้องวัดตำแหน่งและกระแสเพื่อใช้ในการคำนวณสร้างแรงบิดตามคำสั่งที่ต้องการ ส่วนในรูปที่ 2.34(b), (c) การทำงานและวิธีการ ควบคุมจะคล้ายกับการควบคุมดี.ซี.เซอร์โวมอเตอร์ซึ่งเป็นการควบคุมแบบคาสเคด(cascade control) แต่ Brushless AC มอเตอร์นั้นแหล่งจ่ายกำลังเป็นอินเวอร์เตอร์ที่จะต้องควบคุมกระแสให้เป็น sin และในรูปที่ 2.35 เป็นบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมตำแหน่งของ Brushless AC มอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในระบบจะมีตัวควบคุมแรงบิด ตัวควบคุมความเร็วและตัวควบคุมตำแหน่ง



รูปที่ 2.35 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมขับเคลื่อน Brushless AC มอเตอร์

ในรูปที่ 2.36 เป็นตัวอย่าง Brushless AC มอเตอร์และการขับเคลื่อนมอเตอร์ควบคุมหลายแกน สำหรับใช้ในงาน CNC ของ ABB Drivers



รูปที่ 2.36 Brushless AC มอเตอร์และการขับเคลื่อนมอเตอร์ควบคุมหลายแกนของ ABB Drivers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2.4 ค่าสูญเสียและประสิทธิภาพของ Brushless AC มอเตอร์

Brushless AC มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงกว่าอินคักชั่นมอเตอร์ เพราะในอินคักชั่นมอเตอร์ มีการสูญเสียในโรเตอร์เนื่องจากมีกระแสไหลในโรเตอร์ และ Brushless AC มอเตอร์จะทำงานที่ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor: P.F.) ประมาณ 1 ขณะที่อินคักชั่นมอเตอร์จะมี power Factor ประมาณ 0.8 - 0.9

ประสิทธิภาพของ Brushless AC มอเตอร์มีค่าประมาณ 95 - 97 % ที่กำลัง 10 – 100 kw ที่กำลังประสิทธิภาพของอินคักชั่นมอเตอร์มีค่าประมาณ 90 - 94 %

2.2 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส คือ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสจะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์



รูปที่ 2.37 ไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

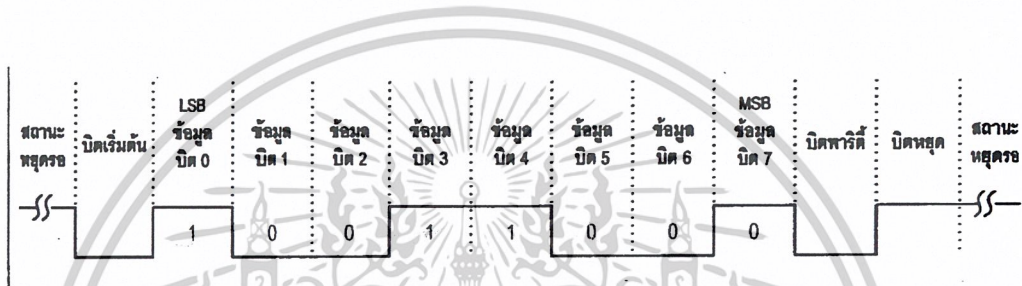
2.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดอัตราการการ

ส่งข้อมูลทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า บอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second: bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

- 1 บิตเริ่มต้น (start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
- 3 บิตตรวจสอบพาริตี (parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
- 4 บิตปิดท้าย (stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 2.38 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง DATA จะมีสถานะลอจิก "1" จะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5 6 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่ส่งคือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขา DATA มีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เรียกว่า Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110; 150, 300, 600, 1200,2400 4800 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์

2.2.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่ เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Industries Association I EIA) ได้ วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบDB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง, -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 v แสดงว่าเป็นช่องว่าง (space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่มีความยาวสูงสุดถึง 20 เมตร

2.2.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

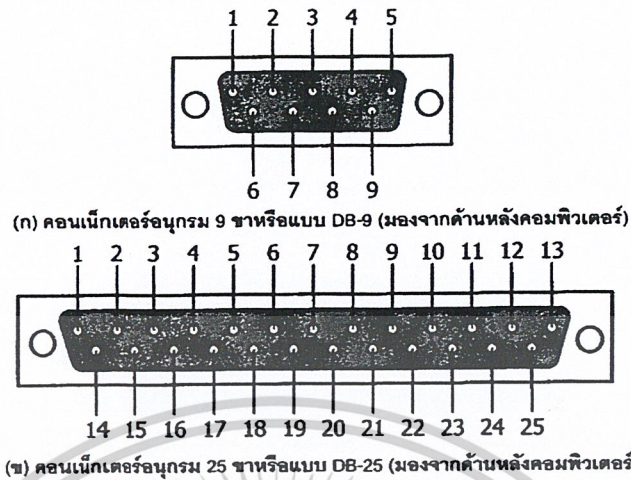
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ มาตรฐาน RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งของขาในรูปที่ 2.39

สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

Receive Data: RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

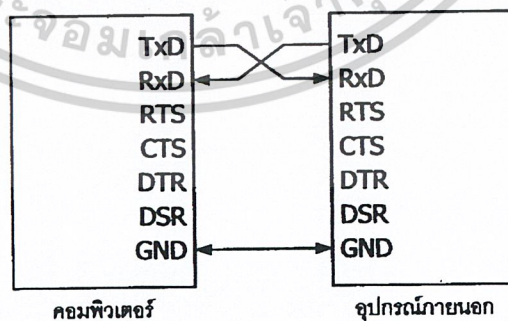
Transmitted Data: TD หรือ TxD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

Signal Ground: GND กราวด์ระบบ



คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

รูปที่ 2.39 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25



รูปที่ 2.40 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 UART

UART มาจากคำว่า **Universal Asynchronous Receiver Transmitter** ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่น ๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (Programmable baudrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (halfduplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

2.2.5 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แฉวงจรถับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ

2.2.6 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

COM1 : 3F8H COM2 : 2F8H COM3 : 3E8H COM4 : 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบ

แอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไปออสตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไปออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจสอบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM 1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000 : 0400H และ 0000 : 0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆ มีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000 : 0402H - 0000 : 0403H

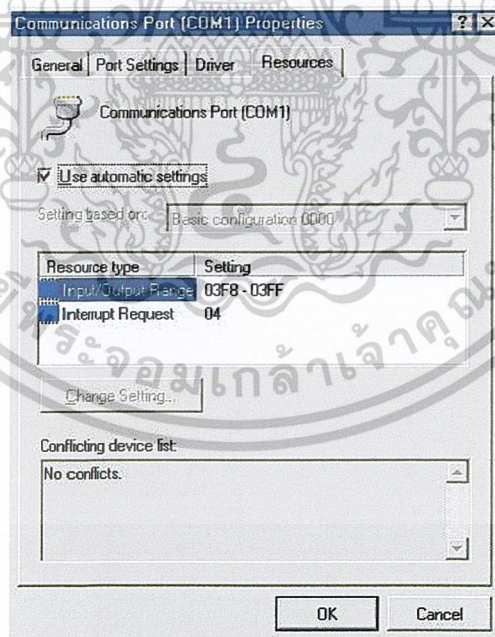
COM3 = 0000 : 0404H - 0000 : 0405H

COM4 = 0000 : 0406H - 0000 : 0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000 : 0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย

2.2.7 การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมสามารถดูได้จากวินโดวส์ 95/98/ME โดยไปที่ Control Panel เรียก System > Device Manager > Ports (COM & LPT) ส่วนวินโดวส์ 2000 เข้าไปดูที่ Control Panel เรียก System -> Hardware -> Device Manager -> Ports (COM & LPT) จากนั้นเลือกพอร์ตอนุกรมที่ต้องการดูค่า ดังในรูปที่ 2-2 แล้วเลือก Properties -> Resource ซึ่งในหน้าต่างนี้จะแสดงทั้งตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมนั้นๆ รวมถึงตำแหน่งของอินเตอร์รัปต์ที่ใช้ด้วย



รูปที่ 2.41 แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

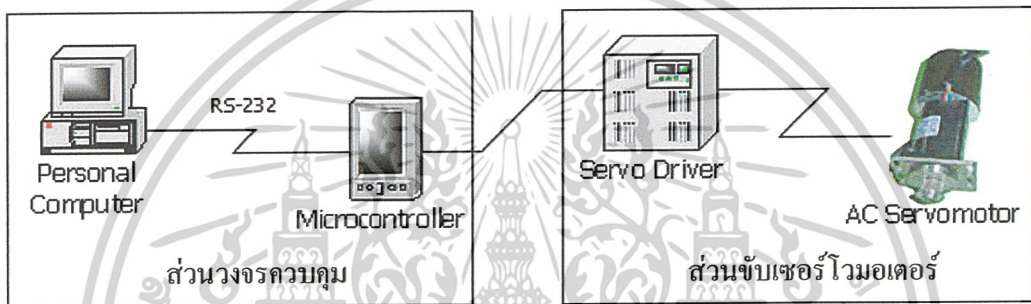
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบชุดทดลองที่ใช้ในชุดขับเอซีเซอร์โวมอเตอร์ โดยแบ่งเป็นส่วนใหญ่ๆได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนขับเซอร์โวมอเตอร์
2. ส่วนวงจรควบคุม



รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

3.1 ส่วนขับเซอร์โวมอเตอร์

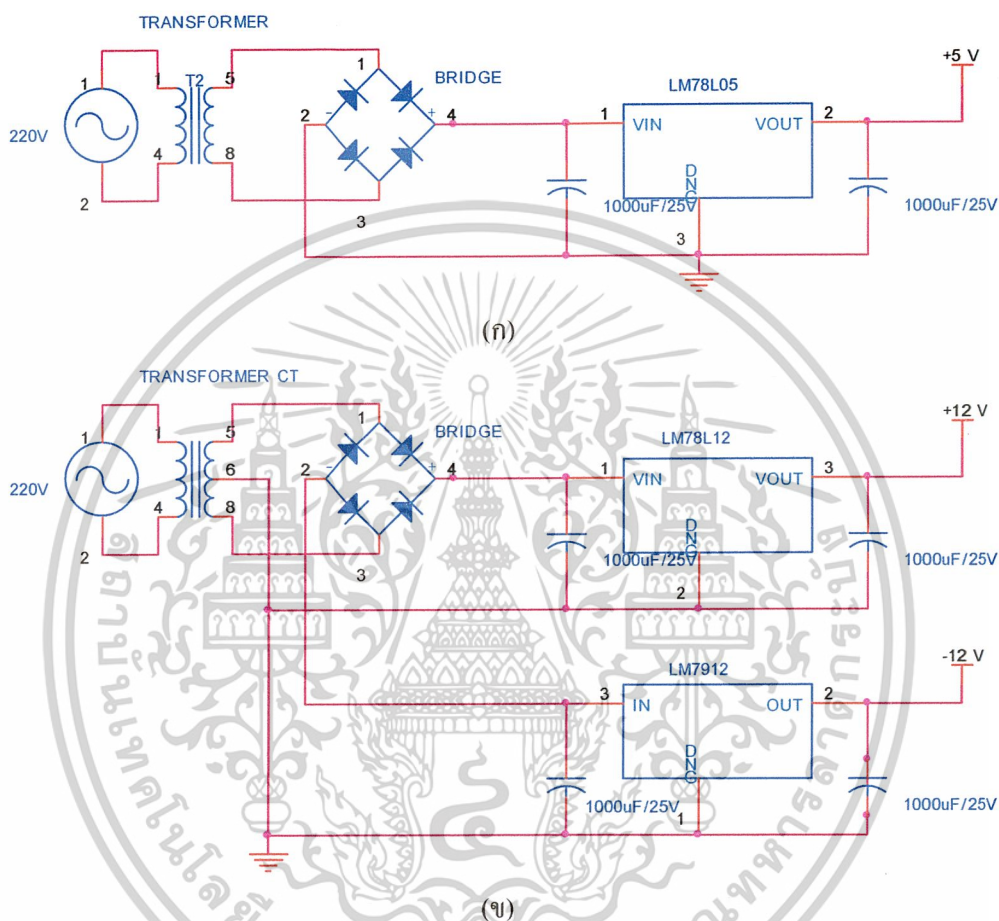
ในส่วนของวงจรขับเอซีเซอร์โวสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. วงจรแหล่งจ่ายไฟ
2. วงจรอินเวอร์เตอร์
3. วงจรขับเบส
4. วงจรถอดรหัส

3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

วงจรแหล่งจ่ายไฟทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันกระแสตรง ในการควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ต้องใช้แรงดันกระแสตรง +5 โวลต์ และ ±12 โวลต์ วงจรแหล่งจ่ายไฟประกอบด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ซึ่งประกอบด้วยไดโอด 4 ตัว ต่อเป็นวงจรบริดจ์ มีวงจรกรองแรงดันทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมของแรงดัน ทำให้แรงดันที่ได้มีความเรียบ หลังจากนั้นจะผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์เบอร์ 7805 ให้ได้แรงดันคงที่ +5 โวลต์ เรกกูเลเตอร์เบอร์ 7812 ให้แรง

ดันทรงที่ +12 โวลต์ และเรกกูเลเตอร์เบอร์ 7912 ให้แรงดันดันทรงที่ -12 โวลต์ แรงดัน +5 โวลต์ จะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนแรงดัน +12 และ -12 โวลต์ ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับออปโตคอปเปอร์เบอร์ TLP250



รูปที่ 3.2 (ก) วงจรแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์

(ข) วงจรแหล่งจ่ายไฟ ± 12 โวลต์

3.1.1.2 เพาเวอร์มอสเฟต

การขับเพาเวอร์มอสเฟต กระแสจะไหลผ่านคอลเล็กเตอร์และอีมีตเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อ มีกระแสไบแอสไหลผ่านคร่อมที่ขาเกตและซอร์ส มีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่าขีดเริ่ม (Threshold Voltage)

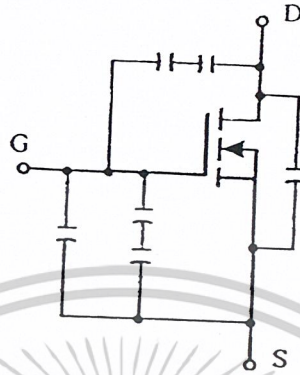
อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เพาเวอร์มอสเฟตทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงจำเป็นต้องศึกษาเงื่อนไขต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความจุไฟฟ้าด้านอินพุต

ลักษณะโครงสร้างภายในเพาเวอร์มอสเฟตเหมือนกับตัวเก็บประจุต่อรอบๆ ขาต่างๆ ดัง

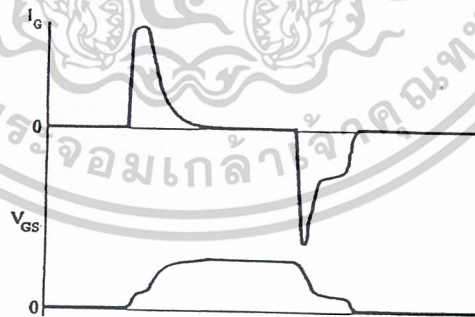
รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวเก็บประจุแฝงที่ต่ออยู่ที่ขาต่างๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต

ตัวเก็บประจุเหล่านี้บังคับให้เพาเวอร์มอสเฟตต้องชาร์จประจุเข้าไปที่ตัวเก็บประจุเสียก่อน เพื่อให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ขาเกต V_{GS} มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าแรงดันขีดเริ่ม เพาเวอร์มอสเฟตจึงเริ่มนำกระแส ในทางกลับกันการหยุดการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต จะต้องทำให้ตัวเก็บประจุคายประจุออกไปจนแรงดันตกคร่อมที่ขาเกต V_{GS} มีค่าลดลงต่ำกว่าค่าแรงดันขีดเริ่ม เพาเวอร์มอสเฟตจึงหยุดนำกระแส ลักษณะของกระแสแรงดันที่ขาเกตจึงมีลักษณะดังรูปที่ 3.4

โดยทั่วไปแล้ว ค่าความจุของตัวเพาเวอร์มอสเฟตนี้เอง จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการเปลี่ยนสถานะ

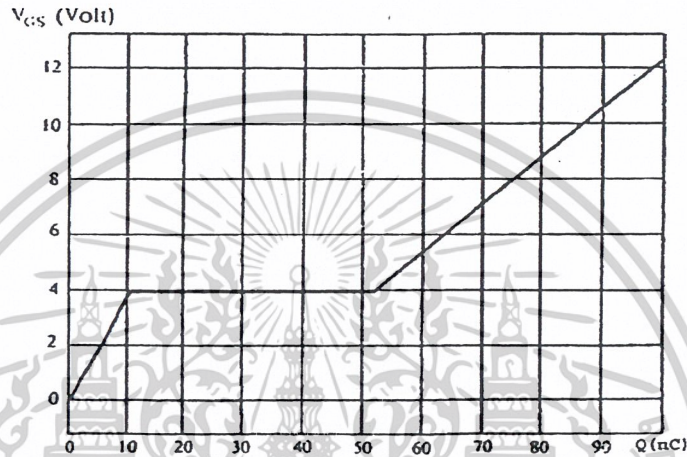


รูปที่ 3.4 ลักษณะของแรงดันและกระแสที่ขาเกตขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตถูกไบแอสให้นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดเวลาในการเปลี่ยนสถานะ

ปกติแล้วผู้ผลิตจะให้กราฟของค่าแรงดัน V_{GS} ที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าประจุสะสมที่ขาเกตเพิ่มขึ้น หรือเรียกว่า Gate Charge Chart ในคาต้าลิต (รูปที่ 3.5) กราฟนี้มีประโยชน์มากในการคำนวณค่ากระแสไบแอสเกตและเวลาในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟต



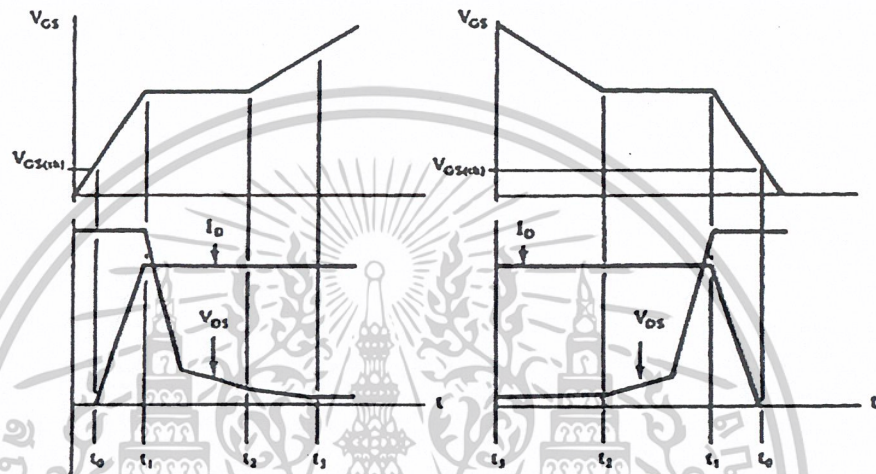
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างของ Gate Charge Chart

ลักษณะกราฟจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ตามผลของประจุที่เพิ่มขึ้น

1. ช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส (Turn-on Delay Time)
2. ช่วงเวลาเริ่มนำกระแส (Rise Time) t_0-t_1
3. ช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกิน(Excess Charge Time) t_1-t_2

เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตเริ่มชาร์จประจุที่ขาเกต จนกระทั่งพ้นช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส (Turn-on Delay Time) เมื่อแรงดันที่ขาเกตมากกว่าแรงดันขีดเริ่ม ($V_{GS(th)}$) จึงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์สเป็นเวลา t_0 ค่าของแรงดันจะยังไม่ลดลงจนกว่าจะผ่านเวลาเท่ากับ t_1 แรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์ส V_{DS} จึงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าที่แรงดันที่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์จนเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันตกคร่อม V_{DS} สูงสุด เพาเวอร์มอสเฟตจะนำกระแสไฟฟ้าได้อย่างเต็มที่ในช่วงเวลาเริ่มนำกระแส (Rise Time) t_1 ถึง t_2 นี้เอง แรงดันตกคร่อมที่ขาเกต V_{GS} จะคงที่จนกว่าเพาเวอร์มอสเฟตจะนำกระแสได้อย่างเต็มที่ ดังรูปที่ 3.6 ในช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกิน (Excess Charge Time) ค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์สจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ หากปล่อยให้

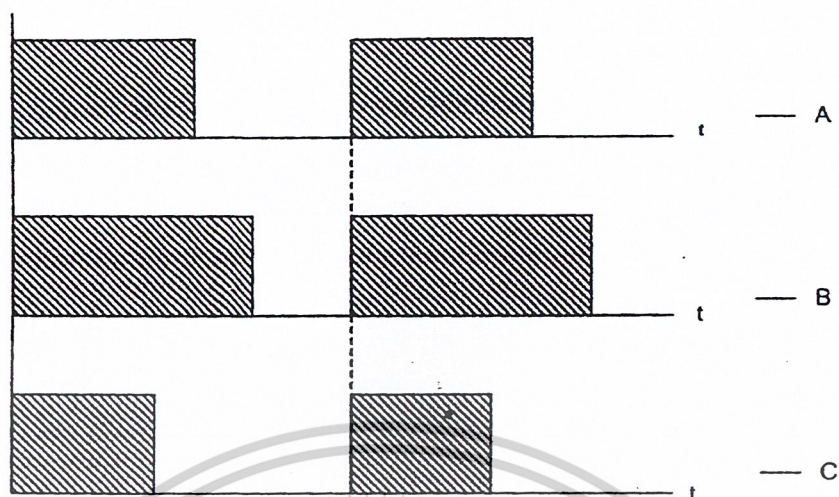
การสะสมประจุต่อไปในช่วงเวลา t_2 ถึง t_3 แต่ประจุสะสมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการหน่วงขณะที่หยุดนำกระแส เนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟตจะต้องใช้เวลามากในการคายประจุส่วนเกินนี้ทิ้ง ดังนั้น การขับเพาเวอร์มอสเฟตที่ขาดด้วยแรงดันที่สูงเกินความน่าจะเป็น จะทำให้ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลเสีย



รูปที่ 3.6 ลักษณะการซาร์จประจุที่จุดขาเกิดตามเวลาที่มีผลต่อการเริ่มนำกระแสและผล เมื่อเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต

3.1.1.2 เทคนิค PWM (Pulse Width Modulations)

เทคนิค PWM (Pulse Width Modulations) เป็นเทคนิคการปรับความเร็วของมอเตอร์ให้เพิ่มขึ้นหรือลดตามความกว้างพัลส์ โดยการใช้เทคนิค PWM นี้จะต้องกำหนดความถี่ที่เราป้อนให้กับมอเตอร์ให้เหมาะสม ถ้าเรากำหนดความถี่มากเกินไป การใช้เทคนิค PWM จะไม่ได้ผล แต่ถ้าเรากำหนดน้อยไปมอเตอร์อาจจะหมุนไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 3.7 สัญญาณกระตุ้นด้วยเทคนิค PWM

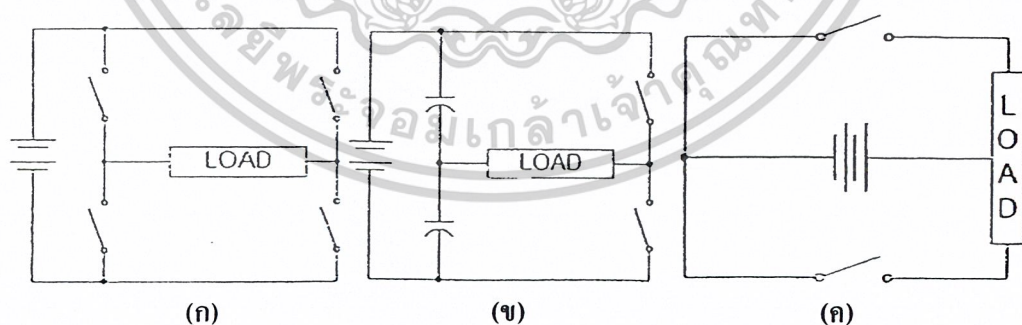
A ระดับปกติ

B ระดับสัญญาณเมื่อต้องการเพิ่มความเร็วมอเตอร์

C ระดับสัญญาณเมื่อต้องการลดความเร็วมอเตอร์

3.1.2 วงจรอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้า ที่นิยมใช้กันอยู่มีหลายแบบ แต่ละแบบจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปรวมทั้งคุณสมบัติของอุปกรณ์ วงจรอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ วงจรพูลพูล (Push Pull) วงจรฮาร์ฟบริดจ์ (Half Bridge) วงจรฟูลบริดจ์ (Full Bridge)



รูปที่ 3.8 (ก) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบพูลพูล

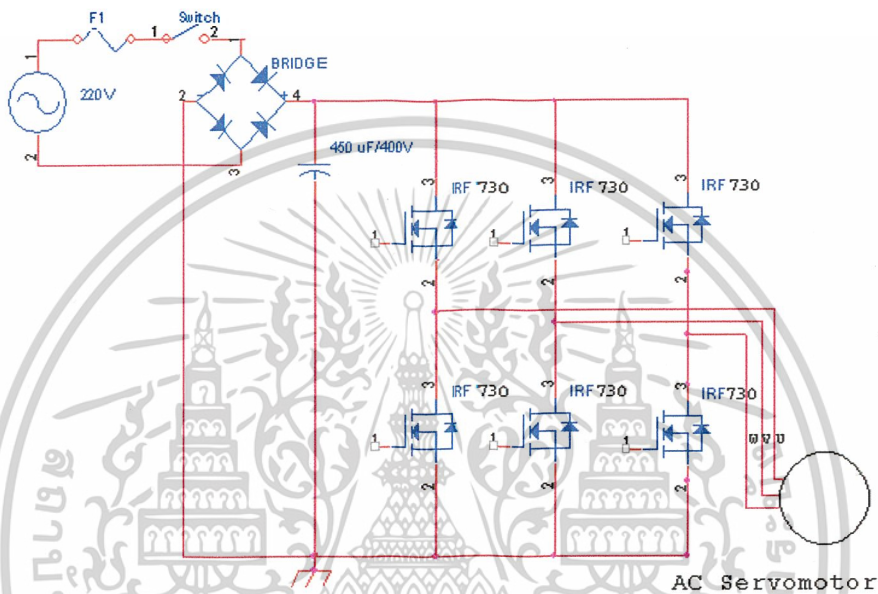
(ข) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์

(ค) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางาน

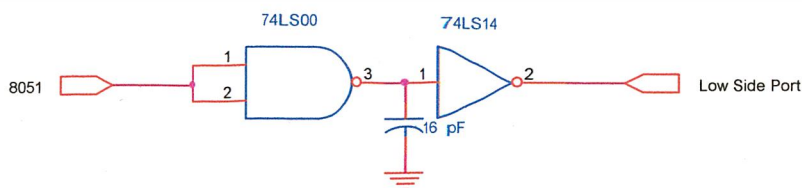
วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ขับมอเตอร์เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์ (Half Bridge) ทำหน้าที่ปรับความถี่และแรงดันของแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้มอเตอร์ โดยแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาออกที่มีความถี่และแรงดันขนาดต่างๆ ให้เหมาะสมกับการทํางานของมอเตอร์ ในวงจรใช้เพาเวอร์มอสเฟต (IRF 730) เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ซิ่ง



รูปที่ 3.9 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ขับมอเตอร์แบบฮาร์ฟบริดจ์

3.1.2.1 วงจรลอคเอาท์ (Lock Out Circuit)

วงจรลอคเอาท์ทำหน้าที่ควบคุมการทํางานของเพาเวอร์มอสเฟตในแต่ละกิ่งของอินเวอร์เตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยสัญญาณนี้ทำหน้าที่ควบคุมเพาเวอร์มอสเฟตตัวล่าง (Low Side Port) ในกิ่งของอินเวอร์เตอร์ โดยสัญญาณที่ควบคุมเพาเวอร์มอสเฟตแต่ละตัวในกิ่งเดียวกันจะกลับเฟสซึ่งกันและกัน เพื่อให้เพาเวอร์มอสเฟตแต่ละตัวทํางานสลับกันไป

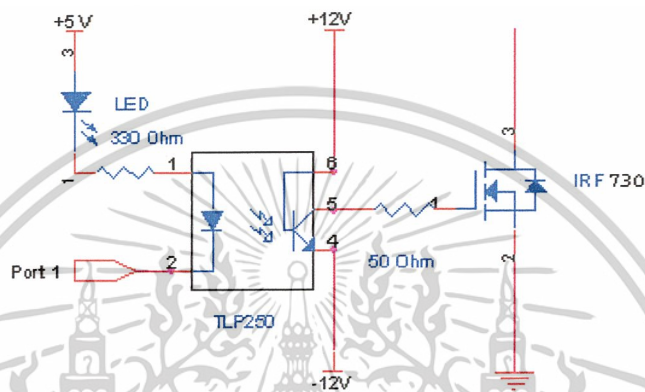


รูปที่ 3.10 แสดงวงจรลอคเอาท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 วงจรขับเบส (Base Drive Circuit)

วงจรขับเบสใช้ในการขับเพาเวอร์มอสเฟตในวงจรกำลัง 3 เฟสของอินเวอร์เตอร์ โดยปกติแล้ววงจรขับเบสต้องจ่ายกระแสให้ขาเบสมากเพียงพอที่จะทำให้ เพาเวอร์มอสเฟต ทำงานในย่านอิ่มตัว (Saturate) กระแสนี้อยู่ในย่าน 500-700 mA



รูปที่ 3.11 วงจรขับเบส (Base Drive Circuit)

หลักการทำงาน

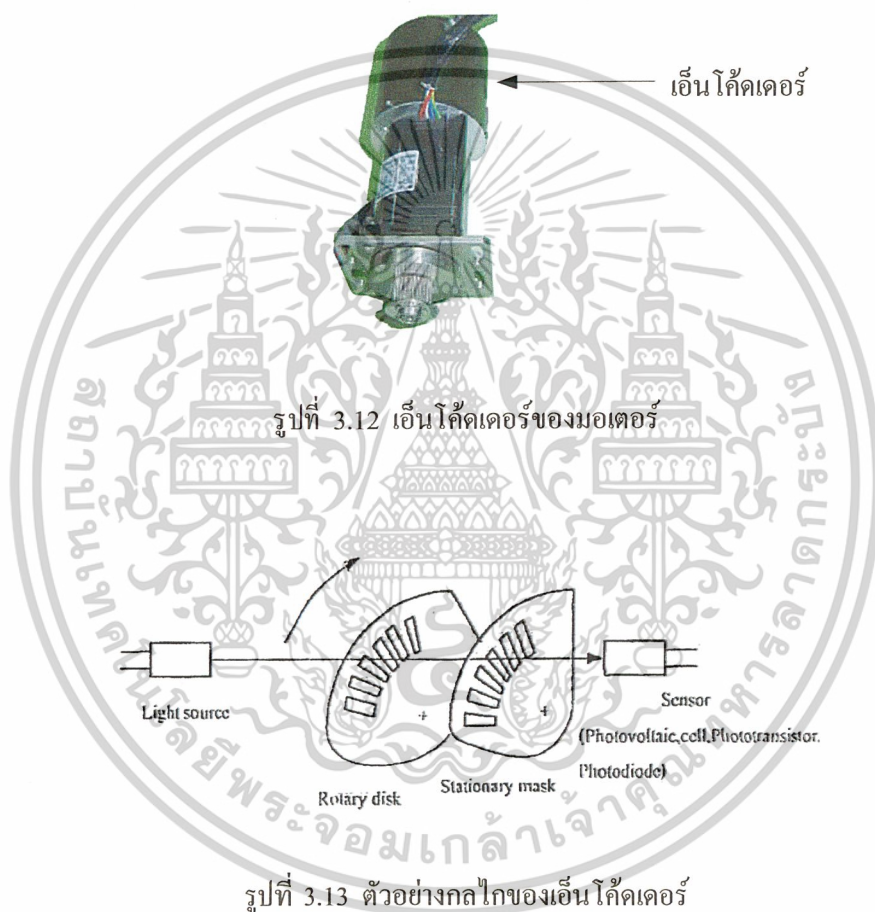
เมื่อสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulations) จาก พอร์ต 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาที่ ออปโตคอปเปอร์ (Opto-couple) โดยที่ตัวต้านทาน ($R=330\ \Omega$) ทำหน้าที่จำกัด กระแสให้กับออปโตคอปเปอร์ กระแสที่ไหลเข้าออปโตคอปเปอร์จะไบแอสให้ LED ที่อยู่ใน ออปโตคอปเปอร์ติดและดับตามสัญญาณ PWM เมื่อ LED ติด Photo transistor ที่อยู่ใน IC จะทำการไบแอสให้เกิดการนำกระแสขับเพาเวอร์มอสเฟต (IRF 730) ในวงจรใช้ออปโตคอปเปอร์เบอร์ TLP250

3.1.2.2 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)

เอ็นโค้ดเดอร์ เป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับในระบบควบคุมแบบลูปปิด ในระบบการบังคับตำแหน่งหรือความเร็วของเพลามอเตอร์ ต้องใช้เอ็นโค้ดเดอร์ สำหรับรักษาตำแหน่ง และสร้างสัญญาณป้อนกลับโดยที่เอ็นโค้ดเดอร์จะสร้างสัญญาณพัลส์ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลา ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการรับรู้ความเร็วและตำแหน่งเพลามอเตอร์ ในรูปของอัตราจำนวนของพัลส์ได้

เอ็นโค้ดเดอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ตัวกำเนิดแสง จานหมุน (Rotary disk) จานที่อยู่กับที่ และบนแผ่นจานหมุนทำเป็นช่องโคจรบดงแสดงในรูป 3.13 ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ แบบสมบูรณ์ในตัวเองและไม่สมบูรณ์ในตัวเอง

เอ็นโค้ดเดอร์แบบสมบูรณ์แบบในตัวเอง ในรูปที่ 3.13 บนแผ่นจานหมุนจะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านข้ามไปยังตัวเซ็นเซอร์ ถ้าเป็นเอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้วัดความเร็วต่ำไม่ต้องมีแผ่นอยู่กับที่ก็ได้ ส่วนตัวกำเนิดแสงจะใช้หลอดไฟ หรือหลอดแอลอีดี (LED)



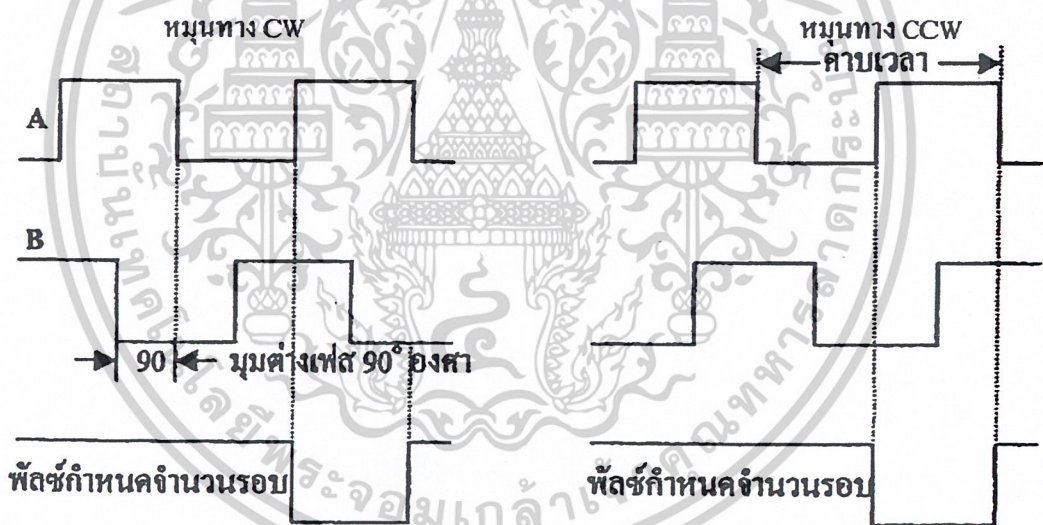
ความละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์ คือ จำนวนคาบเวลาของสัญญาณเอาต์พุตต่อการหมุนของเพลา 1 รอบ ซึ่งบอกเป็นจำนวนพัลส์ต่อรอบหรือ จำนวนไซเคิลต่อ 360 องศาตามทางเชิงกลหรือ ไซเคิลต่อองศา เอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้กันทั่วไปมีความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10,000 พัลส์ต่อรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติเนื่องจากแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ถ้าเราต้องการให้แสงที่ผ่านช่องไปยังเซ็นเซอร์เป็นลำแสงขนาน (Collimation) ก็ทำได้โดยการ ใช้เลนส์หรือ พาราโบลิกรีฟเลคเตอร์

โดยทั่วไปแล้วสัญญาณเอาต์พุตออกจากเอ็นโค้ดเดอร์โดยตรงจะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุมหรือสำหรับการประมวลผลสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรขยายและเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลูกคลื่นสัญญาณต่อไปในเอ็นโค้ดเดอร์ด้วยเสมอ สัญญาณที่ได้จากตัวเซ็นเซอร์ปกติแล้วจะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมหรือซายน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ รูปสัญญาณเหล่านี้สามารถทำให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมได้โดยการต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับลิเนียร์แอมพลิไฟของเอ็นโค้ดเดอร์ก็จะได้เอาต์พุตเป็นรูปสี่เหลี่ยม

สัญญาณ 2 ชุดที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ชนิด 2 ช่องสัญญาณนี้จะต่างกัน 90 องศา ดังรูปที่ 3.14 ทางไฟฟ้า เราเรียกสัญญาณ 2 ช่องนี้ว่า เป็นควอดราราเจอร์ (quadrature) กัน ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลลาหรือใช้ควบคุมระบบที่ซับซ้อนอื่นๆ



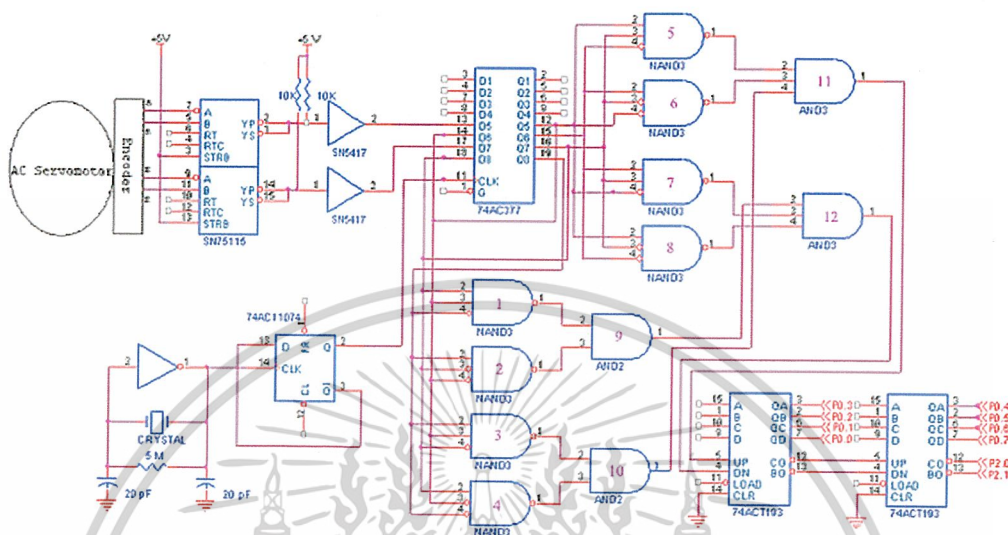
รูปที่ 3.14 สัญญาณเอาต์พุตของเอ็นโค้ดเดอร์ ตัวอย่างสัญญาณ
เอ็นโค้ดเดอร์ 2 ช่องมีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา

3.1.4 วงจรถอดรหัส (Decoder)

วงจรถอดรหัสนำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ของเซอร์โวมอเตอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์นำรหัสที่ได้จากวงจรถอดรหัสนำไปเปรียบเทียบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

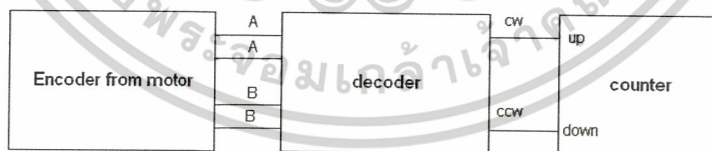
รหัสในหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลสัญญาณควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 3.15 วงจรรหัส (Decoder)

หลักการทํางาน

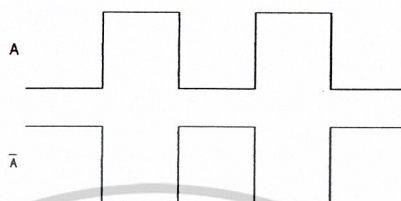
สัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) A , \bar{A} , B และ \bar{B} จากมอเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณความแตกต่าง (Line Differential) ผ่านวงจรรหัสจะเหลือสัญญาณเพียง 2 สัญญาณ คือ สัญญาณ CW และ CCW จากนั้นสัญญาณจะผ่านวงจรรับสัญญาณ (counter up/down) ดังรูปที่ 3.16



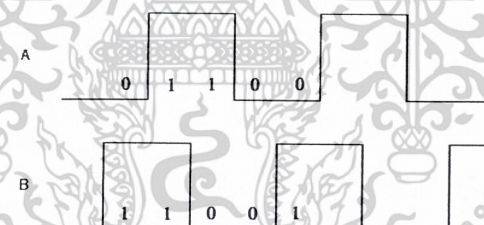
รูปที่ 3.16 ไลอะแกรมขั้นตอนการทํางานของวงจรรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจากเอนโค้ดเดอร์จากมอเตอร์จะมีสัญญาณ 4 สัญญาณ คือ A , \bar{A} , B และ \bar{B} ผ่าน ไอซี Differential Receiver (SN75115) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ A , \bar{A} , B และ \bar{B} ดังรูปที่ 3.17 ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (TTL) เหลือเพียง 2 สัญญาณคือ A และ B ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 รูปสัญญาณ A , \bar{A} , B และ \bar{B}



รูปที่ 3.18 รูปสัญญาณที่ผ่าน ไอซี Differential Receiver (SN75115)

หลังจากนั้นสัญญาณนี้จะผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ (Demultiplexer) ซึ่งจะประกอบด้วย ไอซี 74AC377 ซึ่งเป็น D-Flip Flop ซึ่งทำงานตามสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 2 kHz สัญญาณที่ได้จะผ่าน NAND GATE และ AND GATE ดังรูปที่ 3.15 หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จะเป็นลูกคลื่นเดี่ยวและผ่าน ไอซี 74ACT193 ซึ่งทำหน้าที่นับจำนวนสัญญาณลูกคลื่นเดี่ยวที่ได้ จำนวนลูกคลื่นที่ได้จะส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลสัญญาณ จากสัญญาณรูปที่ 3.18 จะได้สถานะของ A และ B มี 4 สถานะ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สถานะของสัญญาณ A และ B

stage	A	B
1	0	1
2	1	1
3	1	0
4	0	0

เมื่อสัญญาณ A และ B ผ่านเข้าไปยังวงจรลอจิก จะผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์ซึ่งประกอบด้วยไอซี 74AC377 ซึ่งเป็น D-Flip-flop สัญญาณ A จะเป็นสัญญาณอินพุต D5 และสัญญาณ B จะเป็นสัญญาณอินพุต D7 และสัญญาณเอาต์พุต Q5 จะมาเป็นสัญญาณอินพุตของ D8 ซึ่งมีสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวควบคุม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2.2 สถานะของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของไอซี 74AC377

stage	D5	D6	D7	D8	clock	Q5	Q6	Q7	Q8
1	0	0	1	0	↑	0	0	1	0
2	1	0	1	1	↑	1	0	1	1
3	1	1	0	1	↑	1	1	0	1
4	0	1	0	0	↑	0	1	0	0
5	0	0	1	0	↑	0	0	1	0

สัญญาณเอาต์พุตของไอซี 74AC377 จะผ่านแฉกทั้งหมด 6 ตัวและแฉกอีก 4 ตัว และได้ผลต่างดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 2.3 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของแนนเกตหมายเลข 1

NAND Gate no.1				
stage	Q5	Q7	Q8	Output
1	0	1	1	1
2	1	1	0	1
3	1	0	0	1
4	0	0	1	1

ตารางที่ 2.4 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของแนนเกตหมายเลข 2

NAND Gate no.2				
stage	Q5	Q7	Q8	Output
1	1	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	1	0	1
4	1	1	0	1

ตารางที่ 2.5 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของแนนเกตหมายเลข 3

NAND Gate no.3				
stage	Q5	Q7	Q8	Output
1	0	0	0	1
2	1	0	1	1
3	1	1	1	0
4	0	1	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของแนกทหมายเลข 4

NAND Gate no.4				
stage	Q5	Q7	Q8	Output
1	1	1	1	0
2	0	1	0	1
3	0	0	0	1
4	1	0	1	1

ตารางที่ 2.7 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของแนกทหมายเลข 5

NAND Gate no.5				
stage	Q5	Q6	Q7	Output
1	0	1	1	1
2	1	1	1	0
3	1	0	0	1
4	0	0	0	1

ตารางที่ 2.8 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของแนกทหมายเลข 6

NAND Gate no.6				
stage	Q5	Q6	Q7	Output
1	1	0	0	1
2	0	0	0	1
3	0	1	1	1
4	1	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกตหมายเลข 7

NAND Gate no.7				
stage	Q5	Q6	Q7	Output
1	1	0	1	1
2	0	0	1	1
3	0	1	0	1
4	1	1	0	1

ตารางที่ 2.10 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกตหมายเลข 8

NAND Gate no.8				
stage	Q5	Q6	Q7	Output
1	0	1	0	1
2	1	1	0	1
3	1	1	0	1
4	0	1	0	1

ตารางที่ 2.11 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกตหมายเลข 9

AND Gate no.9			
stage	Output NAND Gate 1	Output NAND Gate 2	Output
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกตหมายเลข 10

AND Gate no.10			
stage	Output NAND Gate 3	Output NAND Gate 4	Output
1	1	0	0
2	1	1	1
3	0	1	0
4	1	1	1

ตารางที่ 2.13 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกตหมายเลข 11

AND Gate no.11				
stage	Output NAND Gate 5	Output NAND Gate 6	Output AND Gate 10	Output
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	1	1	0	0
4	1	0	1	0

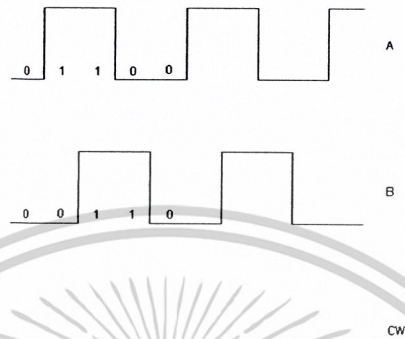
ตารางที่ 2.14 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของเนนเกตหมายเลข 12

AND Gate no.12				
stage	Output NAND Gate 7	Output NAND Gate 8	Output AND Gate 9	Output
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1

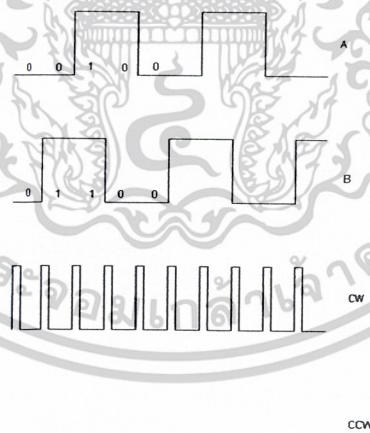
สุดท้ายจะได้สัญญาณนับขึ้น(count up) เมื่อมอเตอร์หมุนไปทาง CW และสัญญาณนับลง (count down) เมื่อมอเตอร์ไปทาง CCW จากนั้นสัญญาณที่ได้ต่อเข้ากับไอซีนับสัญญาณ สัญญาณนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น(count up) จะต่อเป็นสัญญาณอินพุทของสัญญาณนับขึ้นของไอซีนับสัญญาณ(CPU) และสัญญาณนับลง(count down) จะต่อเป็นสัญญาณอินพุทของสัญญาณนับลงของไอซีนับสัญญาณ(CPD) ดังรูปที่ 3.19-3.20



รูปที่ 3.19 สัญญาณอินพุท A,B เมื่อ มอเตอร์หมุนไปในทิศ CCW



รูปที่ 3.20 สัญญาณอินพุท A,B เมื่อ มอเตอร์หมุนไปในทิศ CW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสถานะของสัญญาณ A และ B ของเอนโค้ดเดอร์ของทั้ง 4 สถานะจะให้สัญญาณคลื่นลูกเดียว 4 ลูก ทั้งจากการหมุน CW และ CCW โดย 1 รอบของมอเตอร์จะให้สัญญาณคลื่นลูกเดียวทั้งหมด 4096 ลูกคลื่น จากนั้นจะนำจำนวนลูกคลื่นที่ได้ไปยังคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล

3.2 ส่วนวงจรควบคุม

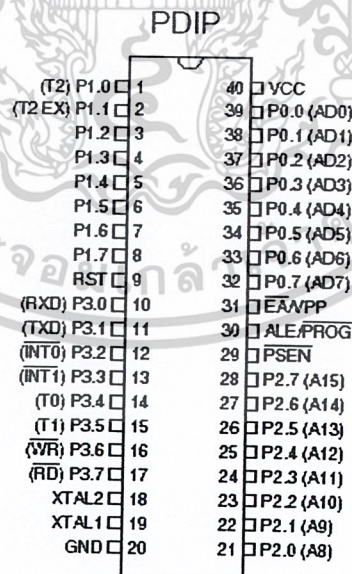
ในส่วนของวงจรควบคุมทั้งหมดของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52
2. ไมโครคอมพิวเตอร์

3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

AT89C52 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตขนาด 40 ขา สามารถนำมาใช้แทนไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล MCS-51 โดยมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 8 กิโลไบต์แบบ Flash memory หรือที่เรียกกันว่า Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM) หน่วยความจำข้อมูลภายในแบบ 128 ไบต์ สร้างด้วยเทคโนโลยี CMOS

AT89C52 เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ผลิตโดย ATMEL ที่ใช้พลังงานต่ำและมีหน่วยความจำภายในสามารถเขียนและลบได้ไม่น้อยกว่า 1000 ครั้งและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุม

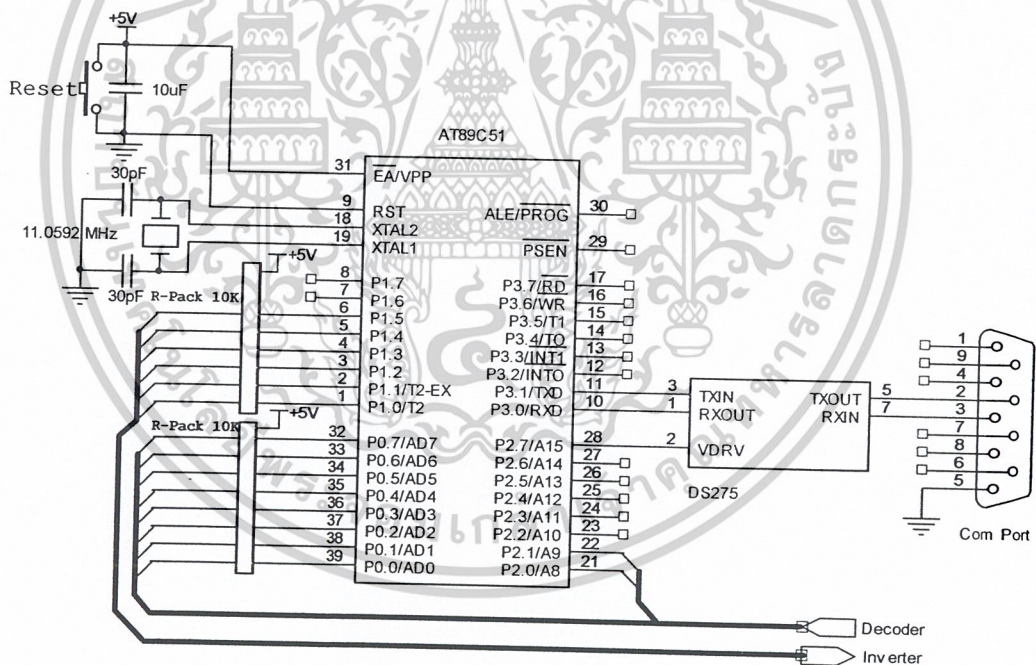


รูปที่ 3.21 ตัวถังและขาสัญญาณของชิพ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ AT89C52

1. สามารถใช้แทนไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล MCS-51
2. หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash Memory ขนาด 8 กิโลไบต์ สามารถเขียนและลบได้ไม่น้อยกว่า 1000 ครั้ง และเก็บข้อมูลได้นานถึง 10 ปี
3. ใช้ไฟเลี้ยง 2.7-6 โวลต์
4. ทำงานได้ในช่วงความถี่ 0-24 เมกะเฮิร์ต
5. ระบบหน่วยความจำโปรแกรมมี 3 ระดับ
6. มี I/O พอร์ต 32 บิต
7. แหล่งอินเทอร์รัพ 2 ระดับ 5 ตำแหน่ง
8. มี Counter / Timer ขนาด 16 บิต 2 ตัว
9. พอร์ตอนุกรมแบบ Full Duplex
10. สามารถล๊อคโปรแกรมได้



รูปที่ 3.22 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และควบคุมการทํางานของเซอร์โวมอเตอร์

พอร์ต 0 (P0.1-P0.7)

พอร์ต 0 (P0.1-P0.7) ทำหน้าที่นำสัญญาณจากวงจรถอดรหัสมาเปรียบเทียบกับรหัสสัญญาณในหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์

พอร์ต 1 (P1.1-P1.5)

พอร์ต 1 (P1.1-P1.5) ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ PWM ควบคุมความเร็วของมอเตอร์

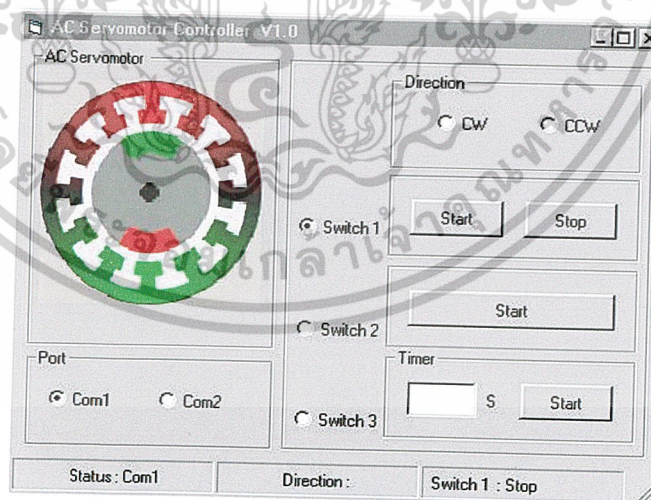
พอร์ต 2 (P2.0- P2.1)

P2.0 ทำหน้าที่รองรับสัญญาณ CO ของเคาเตอร์จากวงจรถอดรหัส

P2.1 ทำหน้าที่รองรับสัญญาณ BO ของเคาเตอร์จากวงจรถอดรหัส

3.2.2 ไมโครคอมพิวเตอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้งานผ่านทางโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ และส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลสัญญาณควบคุมการทํางานของมอเตอร์ โดยโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกเขียน

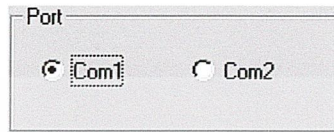


รูปที่ 3.23 โปรแกรมควบคุมมอเตอร์บนไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรมมอเตอร์ทำหน้าที่ใช้ควบคุมการของมอเตอร์ ซึ่งลักษณะของการทำงานโปรแกรมมีดังนี้

1. เฟรมพอร์ต ทำหน้าที่เลือกพอร์ตอนุกรม Com 1 หรือ Com2



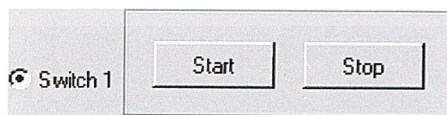
รูปที่ 3.24 เฟรมสำหรับเลือกพอร์ต

2. เฟรมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ทำหน้าที่เลือกทิศทางการหมุนของมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกา (CW) หรือทวนเข็มนาฬิกา (CCW)



รูปที่ 3.25 เฟรมเลือกทิศทางการหมุนของมอเตอร์

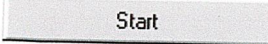
3. เฟรมสวิตช์ 1 ทำหน้าที่เลือกการทำงานของมอเตอร์ มีปุ่มสั่งงาน 2 ปุ่มคือ ปุ่ม Start และ ปุ่ม Stop

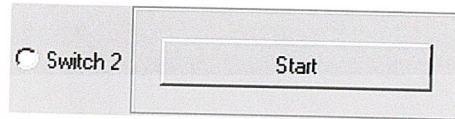


รูปที่ 3.26 เฟรมสวิตช์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


4. เฟรมสวิตช์ 2 ทำหน้าที่เลือกการทำงานของมอเตอร์ มีปุ่มสั่งงาน 1 ปุ่ม คือ

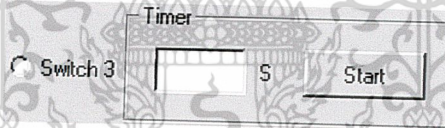
ปุ่ม Start  ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์กดติดปล่อยดับ คือ
เมื่อกดปุ่มค้างไว้มอเตอร์จะหมุน และเมื่อปล่อยปุ่มมอเตอร์จะหยุดหมุน



รูปที่ 3.27 เฟรมสวิตช์ 1

5. เฟรมสวิตช์ 3 ทำหน้าที่เป็นตัวตั้งเวลา(Timer)กำหนดการทำงานของมอเตอร์ มีปุ่มสั่งงาน 1 ปุ่ม คือ

ปุ่ม Start  เมื่อมีการกำหนดเวลา (วินาที) การหมุนของมอเตอร์ หลังจากนั้นก็กดปุ่ม Start มอเตอร์จะหมุนตามเวลาที่ได้ตั้งค่าไว้



รูปที่ 3.28 เฟรมสวิตช์ 3

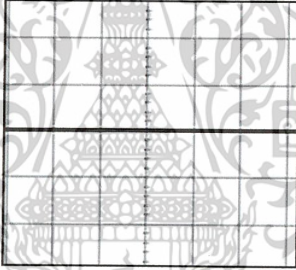

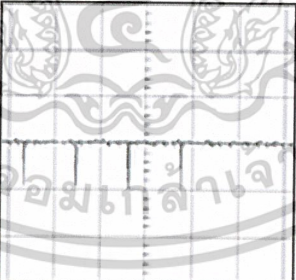
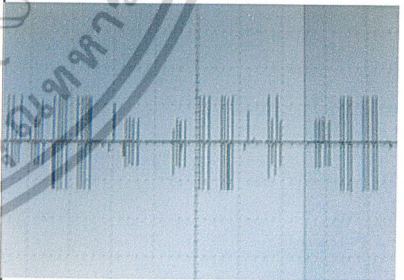
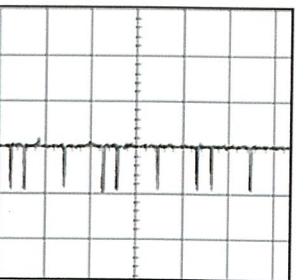
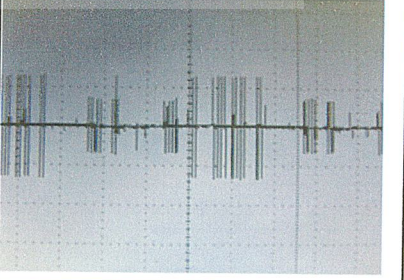
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

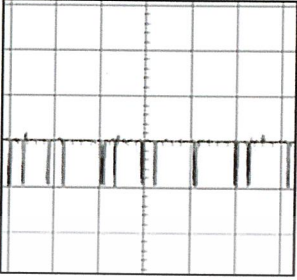
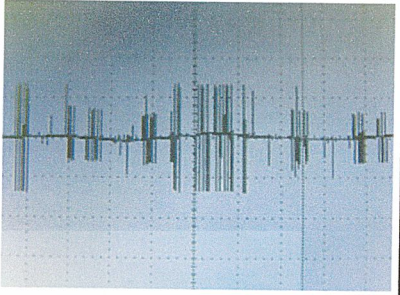
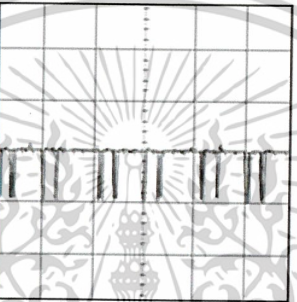
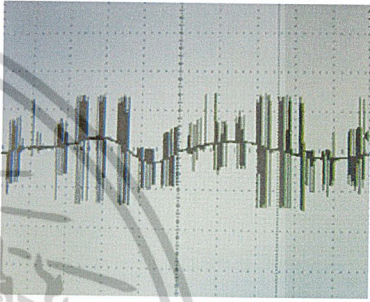
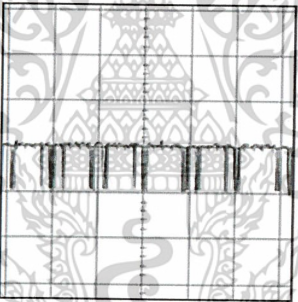
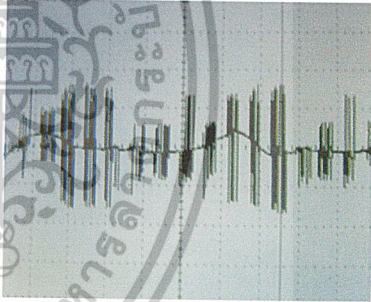
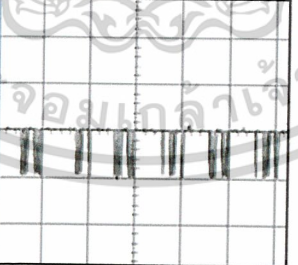
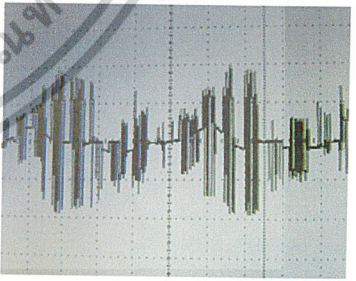
ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองนี้ทำการทดลองโดยการนำชุดควบคุมเอซีเซอร์โวมอเตอร์ขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์ โดยให้แรงดันอินพุต = 60 โวลต์คงที่ตลอดการทดลอง และเปลี่ยนค่า duty cycle ของสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) เพิ่มขึ้นครั้งละ 10%

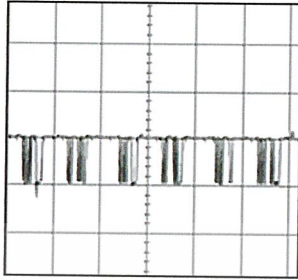
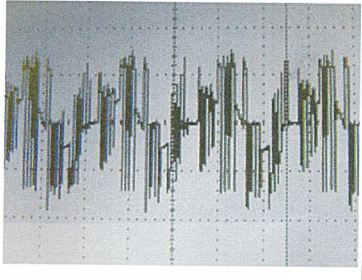
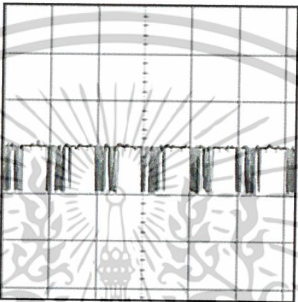
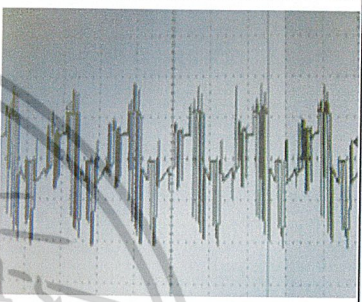
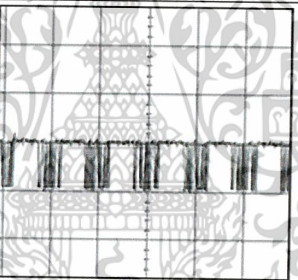
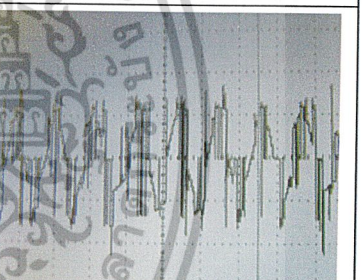
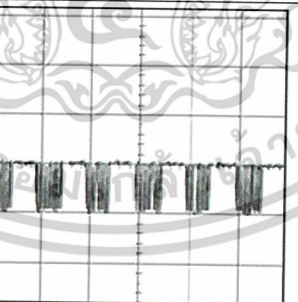
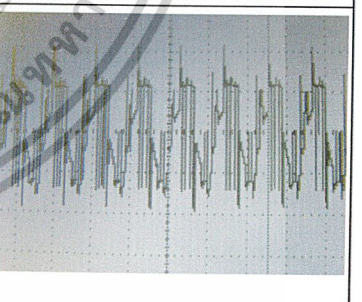
4.1 การทดลองขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์ที่แรงดันอินพุต = 60 โวลต์
สัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) = 1KHz

PWM (%)	กระแสอินพุต (Amp)	วินาที/รอบ	รูปสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM)	รูปสัญญาณเฟสของมอเตอร์
0	-	-		
10	-	-		
20	-	-		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PWM (%)	กระแสอินพุท (Amp)	วินาที/รอบ	รูปสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM)	รูปสัญญาณเฟสของมอเตอร์
30	-	-		
40	0.02	0.230		
50	0.03	0.208		
60	0.1	0.185		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PWM (%)	กระแสอินพุท (Amp)	วินาที/รอบ	รูปสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM)	รูปสัญญาณเฟสของมอเตอร์
70	0.15	0.125		
80	0.21	0.099		
90	0.09	0.057		
100	0.095	0.044		

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง สัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) กับ ความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเมื่อให้แรงดันอินพุท = 60 โวลต์ตลอดการทดลองและเปลี่ยนค่า duty cycle ของสัญญาณ PWM ค่า duty cycle ของสัญญาณ PWM ที่ 10-30% เซอร์โวมอเตอร์ไม่มีการหมุน ถ้าเปลี่ยนค่า duty cycle ของสัญญาณ PWM ที่ 40-100 % เซอร์โวมอเตอร์มีการหมุน เมื่อค่า duty cycle ของสัญญาณ PWM เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์เพิ่มขึ้นและรูปสัญญาณเฟสของมอเตอร์มีลักษณะคล้ายคลื่นรูปไซน์มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยและดำเนินงาน

โครงการพิเศษนี้เป็นการสร้างชุดควบคุมเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ให้สามารถควบคุมความเร็วและตำแหน่งได้โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนขับเอซีเซอร์ไวโมเตอร์และส่วนควบคุม ส่วนขับเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ประกอบด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรขับเคลื่อน และวงจรถอดรหัส ส่วนวงจรถวลคุม ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 และไมโครคอมพิวเตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 เป็นการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเพื่อควบคุมการทำงานของเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ และทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (MS Window) โดยการเขียนโปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic) เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุม

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

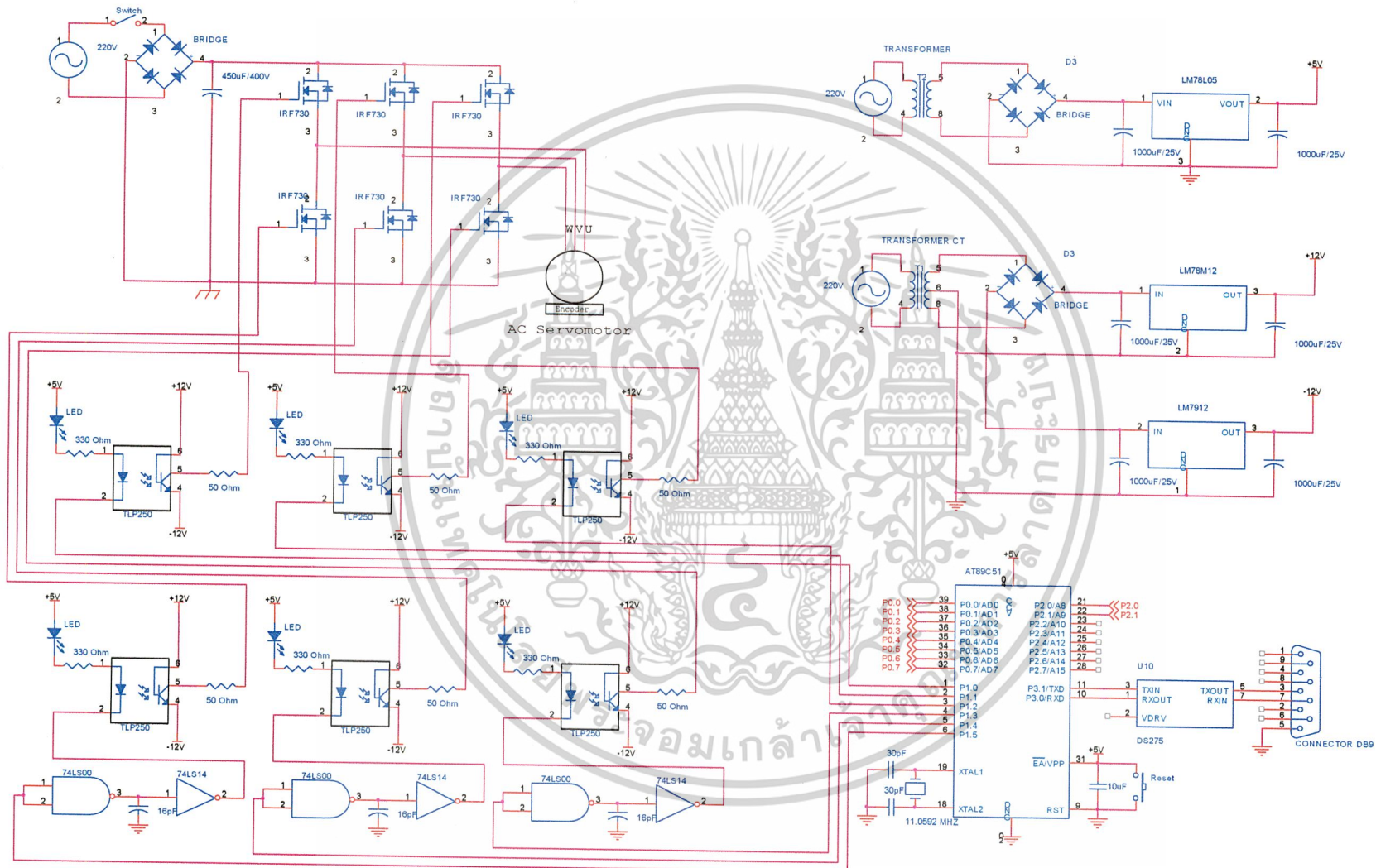
1. วงจรถอดรหัส (decoder) ควรออกแบบให้มีขนาดเล็กเพื่อลดความยุ่งยาก
2. การเขียนโปรแกรมควบคุม ควรเขียนให้เข้าใจง่ายเพื่อที่จะสามารถพัฒนาได้ง่ายขึ้น
3. การทำงานของเอซีเซอร์ไวโมเตอร์ใช้แรงดันที่สูงควรมีวงจรป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น
4. การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นควรที่จะเลือกตระกูลที่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่านี้

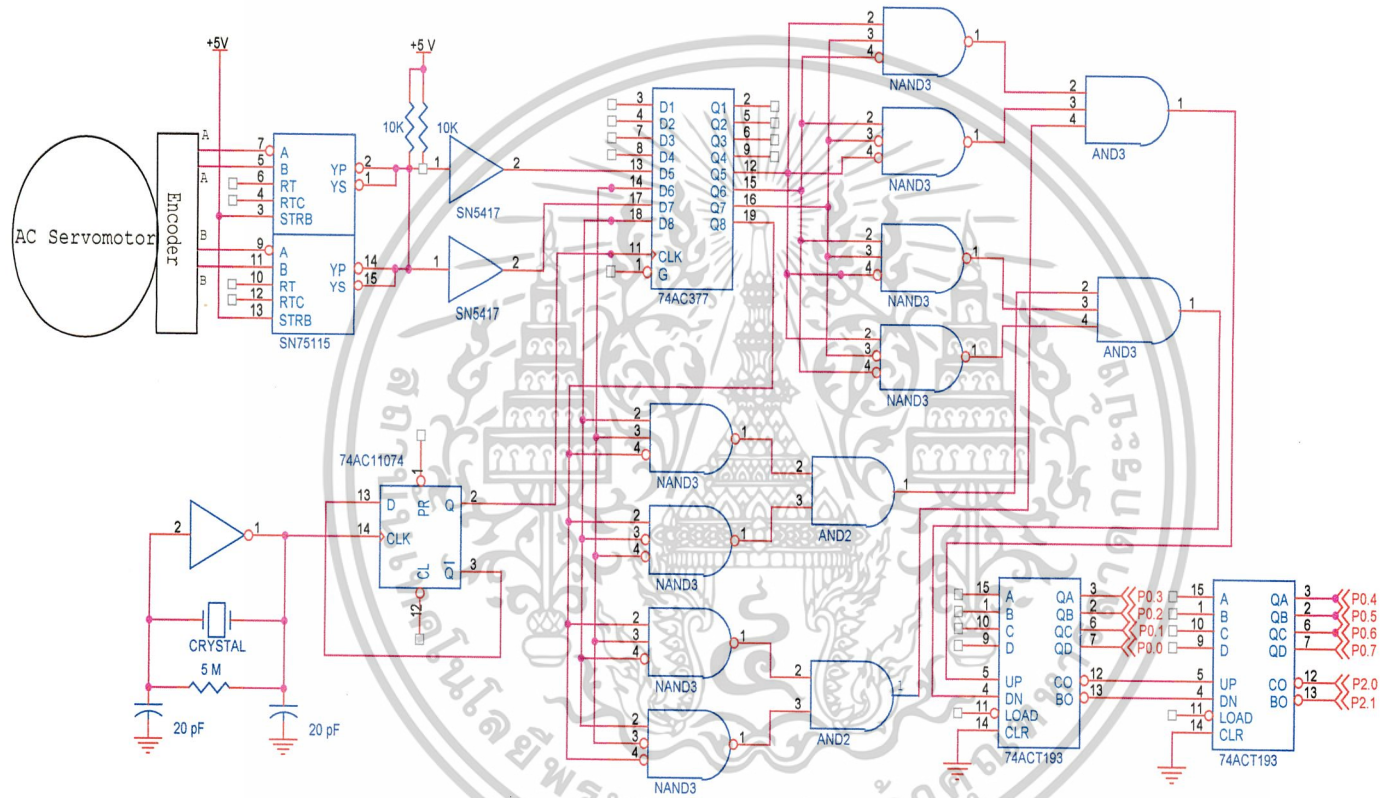


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$mod52

\$noprint

```

dseg   at   30h
tick:  ds   1
com:   ds   1
count: ds   1
co:    ds   1
min:   ds   1
sec:   ds   1
secl:  ds   1
coder: ds   1
decoder:ds 1
direc: ds   1
cseg   at   0000h
        jmp  start
        org  000bh
        jmp  SEVICES

org    0100h

```

```

start:  ORL   TMOD,#00100000b          ;T1=8 bit auto-reload
        MOV  TH1,#0fdh                ;Timer 1 reload value
        MOV  TL1,#0fdh                ;Timer 1 initial value
        ORL  TCON,#01001001b         ;Run 1, Hold 0
        ORL  SCON,#01010010b         ;Mode 1,rEN, TXRDY,rXEMPTY

```

;/;;/SET EXTERNAL INTERRUPT 0 ,1 /;;/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setb ea

;//////////////////////////////////////INITIAL VALUE//////////////////////////////////////

mov tick,#00h
mov com,#00h
mov count,#00h
mov co,#00h
mov ud,#00h
mov sec,#00h
mov coder,#00h
mov decoder,#00h
mov min,#00h
mov coder,p0
mov a,coder

;//////////////////////////////////////MAIN PROGRAM//////////////////////////////////////
mini:  jnb   ri,mini
        clr   ri
        mov  a,sbuf
        mov  direc,a
        mov  a,direc
        cjne a,#'r',mini1
        jmp  main

mini1:  mov  a,direc
        cjne a,#'l',mini
        jmp  left

main:   jnb   ri,main

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clr    ri
      mov  a,sbuf
      mov  min,a
      cjne a,#'s',main1
      jmp  run

main1: mov  a,min
      cjne a,#'n',main

run:   mov  th0,#0ffh
      mov  tl0,#0b4h
      orl  tmod,#01
      setb ea
      setb et0
      setb tr0

loop:  mov  coder,p0
      mov  a,coder

lo:    mov  a,tick
      cjne a,#0,loop1
      mov  com,#0ffh

loop1: mov  a,tick
      cjne a,#9,loop2    ;edit duty
      mov  com,#00h

loop2: mov  a,tick
      cjne a,#10,loop31  ;edit 10
      mov  tick,#00h

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

inc co
loop31: mov a,co
        cjne a,#3,loop30 ;frequency
        mov co,#00h
        inc count
        inc ud

loop30: mov a,direc
        cjne a,#'r',loop301
        ajmp loop3

loop301:mov a,direc
        cjne a,#'l',mini
        ajmp left

loop3:  mov a,count ;step 1
        cjne a,#0,loop4
        mov a,com
        anl a,#1ah
        cpl a
        mov p1,a

loop4:  mov a,count ;step 2
        cjne a,#1,loop5
        mov a,com
        anl a,#16h
        cpl a
        mov p1,a

loop5:  mov a,count ;step 3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cjne a,#2,loop6

mov a,com
anl a,#26h
cpl a
mov p1,a

loop6: mov a,count
cjne a,#3,loop7 ;step 4
mov a,com
anl a,#25h
cpl a
mov p1,a

loop7: mov a,count ;step 5
cjne a,#4,loop8
mov a,com
anl a,#29h
cpl a
mov p1,a

loop8: mov a,count ;step6
cjne a,#5,loop9
mov a,com
anl a,#19h
cpl a
mov p1,a

loop9: mov a,count
cjne a,#6,loop11
mov count,#00h

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

loop11: jnb    ri,loop14
        clr    ri
        mov   a,sbuf
        mov   sec,a
        cjne a,#'t',loop12
        mov   p1,#0ffh
        jmp   start

```

```

loop12: mov   a,sec
        cjne a,#'n',loop13
        jmp   loop

```

```

loop13: mov   p1,#0ffh
        jmp   start

```

```

loop14: jmp   loop

```

```

;////////////////////////////////////LEFT////////////////////////////////////

```

```

left:   jnb    ri,left
        clr    ri
        mov   a,sbuf
        mov   min,a
        cjne a,#'s',main11
        jmp   left0

```

```

main11: mov   a,min
        cjne a,#'n',left

```

```

left0:  mov   a,tick

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cjne a,#0,left1
mov com,#0ffh

left1: mov a,tick
cjne a,#9,left2 ;edit duty
mov com,#00h

left2: mov a,tick
cjne a,#10,left3 ;edit 10
mov tick,#00h
inc co

left3: mov a,co
cjne a,#3,left4 ;frequency
mov co,#00h
inc count
inc ud

left4: mov a,count ;step 1
cjne a,#0,left5
mov a,com
anl a,#19h
cpl a
mov p1,a

left5: mov a,count ;step 2
cjne a,#1,left6
mov a,com
anl a,#29h
cpl a
mov p1,a

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
left6:  mov a,count    ;step 3
        cjne a,#2,left7
        mov a,com
        anl a,#25h
        cpl a
        mov p1,a
```

```
left7:  mov a,count
        cjne a,#3,left8 ;step 4
        mov a,com
        anl a,#26h
        cpl a
        mov p1,a
```

```
left8:  mov a,count    ;step 5
        cjne a,#4,left9
        mov a,com
        anl a,#16h
        cpl a
        mov p1,a
```

```
left9:  mov a,count    ;step6
        cjne a,#5,left10
        mov a,com
        anl a,#1ah
        cpl a
        mov p1,a
```

```
left10: mov a,count
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    cjne a,#6,left11
    mov count,#00h

left11: jnb    ri,left14
        clr    ri
        mov   a,sbuf
        mov  sec,a
        cjne a,#'t',left12
        mov  p1,#0ffh
        jmp  start

left12: mov  a,sec
        cjne a,#'n',left13
        jmp  left0

left13: mov  p1,#0ffh
        jmp  start

left14: jmp  left0

;//////////////////////////////////INTERRUPT SERVICE//////////////////////////////////

SEVICES:
    inc tick
    mov th0,#0ffh
    mov tl0,#0b4h    ;from b to a
    reti
    end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
โปรแกรมควบคุมเอซีเซอร์โวมอเตอร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์
(ภาษาวิซวดเบสิก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Option Explicit
Dim motor_rotate As Integer
Dim inverse As Integer
Dim check As Integer
Dim tick, s1, s2, s3 As Boolean
Dim output As String
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
StatusBar1.Panels(1).Text = " Status : Com1"
StatusBar1.Panels(2).Text = " Direction : "
StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 1 : Stop "
```

```
motor_rotate = 1
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.InputLen = 1
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.RThreshold = 1
tmr1.Enabled = False
tmr3.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub cmdStart_Click()
```

```
If optS1.Value = True Then
StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 1 : Start"
MSComm1.Output = output
tmr1.Enabled = True
MSComm1.Output = "s"
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdStop_Click()
```

```
If optS1.Value = True Then
StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 1 : Stop "
MSComm1.Output = "r"
tmr1.Enabled = False
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdStart1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
If optS2.Value = True Then
StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 2 : Start "
MSComm1.Output = output
tmr1.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MSComm1.Output = "n"
End If
End Sub

Private Sub cmdStart1_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
If optS2.Value = True Then
    StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 2 : Stop "
    MSComm1.Output = "t"
    tmr1.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub cmdTimer_Click()
If optS3.Value = True Then
    StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 3 : Timer "
    MSComm1.Output = output
    tmr3.Enabled = True
    tmr1.Enabled = True
    MSComm1.Output = "s"
    tick = True
    check = Val(txtTimer.Text)
    While tick = True
        DoEvents
    Wend
End If
End Sub

Private Sub optCom1_Click()
StatusBar1.Panels(1).Text = " Status : Com1"

If MSComm1.CommPort = 2 Then MSComm1.PortOpen = False
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub optCom2_Click()
StatusBar1.Panels(1).Text = " Status : Com2"

If MSComm1.CommPort = 1 Then MSComm1.PortOpen = False
MSComm1.CommPort = 2
MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub optCW_Click()
StatusBar1.Panels(2).Text = " Direction : CW "
output = "r"
MSComm1.Output = output
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub optCCW_Click()
StatusBar1.Panels(2).Text = " Direction : CCW "
output = "I"
MSComm1.Output = output
End Sub

```

```

Private Sub optS2_Click()
StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 2 : Stop "
End Sub

```

```

Private Sub optS3_Click()
StatusBar1.Panels(3).Text = " Switch 3 : Timer "
End Sub

```

```

Private Sub tmr3_Timer()
check = check - 1
Text4.Text = check
If check = 0 Then
MSComm1.Output = "I"
tick = False
tmr1.Enabled = False
End If
End Sub

```

**// Graphic of motor //*

```

Private Sub tmr1_Timer()
If optCW.Value = True Then motor_rotate = motor_rotate + 1
If optCCW.Value = True Then motor_rotate = motor_rotate - 1
If optCCW.Value = True And motor_rotate = 0 Then motor_rotate = 8

If motor_rotate > 8 Then motor_rotate = 1

If motor_rotate = 1 Then
motor1.Visible = True
motor2.Visible = False
motor3.Visible = False
motor4.Visible = False
motor5.Visible = False
motor6.Visible = False
motor7.Visible = False
motor8.Visible = False
ElseIf motor_rotate = 2 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = True
motor3.Visible = False
motor4.Visible = False

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
motor5.Visible = False
motor6.Visible = False
motor7.Visible = False
motor8.Visible = False
ElseIf motor_rotate = 3 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = False
motor3.Visible = True
motor4.Visible = False
motor5.Visible = False
motor6.Visible = False
motor7.Visible = False
motor8.Visible = False
ElseIf motor_rotate = 4 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = False
motor3.Visible = False
motor4.Visible = True
motor5.Visible = False
motor6.Visible = False
motor7.Visible = False
motor8.Visible = False
ElseIf motor_rotate = 5 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = False
motor3.Visible = False
motor4.Visible = False
motor5.Visible = True
motor6.Visible = False
motor7.Visible = False
motor8.Visible = False
ElseIf motor_rotate = 6 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = False
motor3.Visible = False
motor4.Visible = False
motor5.Visible = False
motor6.Visible = True
motor7.Visible = False
motor8.Visible = False
ElseIf motor_rotate = 7 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = False
motor3.Visible = False
motor4.Visible = False
motor5.Visible = False
motor6.Visible = False
motor7.Visible = True
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
motor8.Visible = False
Elseif motor_rotate = 8 Then
motor1.Visible = False
motor2.Visible = False
motor3.Visible = False
motor4.Visible = False
motor5.Visible = False
motor6.Visible = False
motor7.Visible = False
motor8.Visible = True
End If
End Sub
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

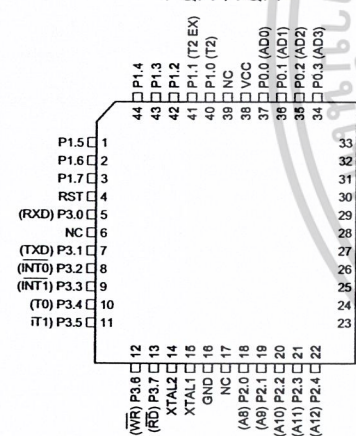
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

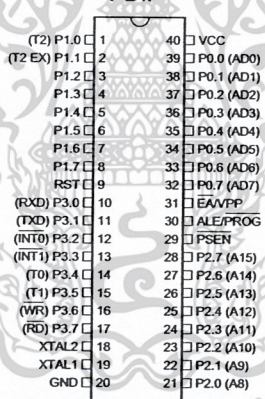
The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations

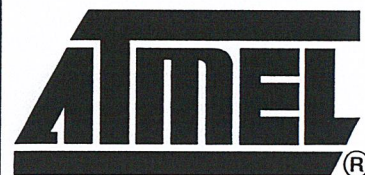
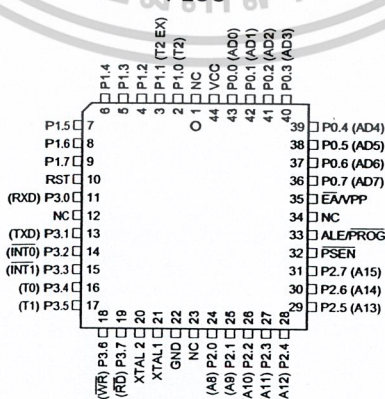
PQFP/TQFP



PDIP



PLCC



8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

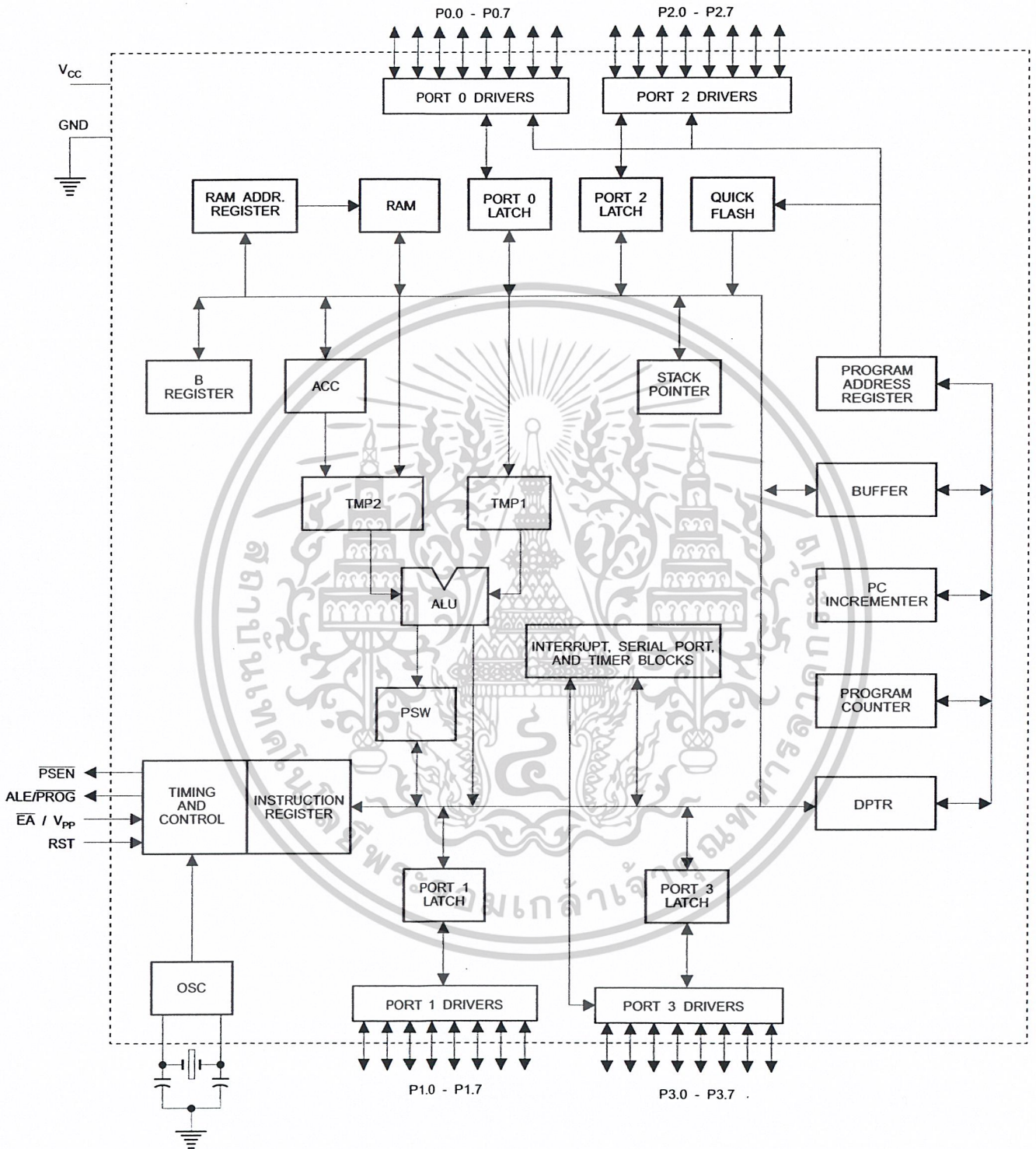
Not Recommended
for New Designs.
Use AT89S52.

Rev. 0313H-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (\overline{PROG}) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external





timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/VPP

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

\overline{EA} should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111							0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H					Reset Value = 0000 0000B			
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/T2	Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/RL2	Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction

specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```



Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit $C/\overline{T}2$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external

input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

Figure 1. Timer in Capture Mode

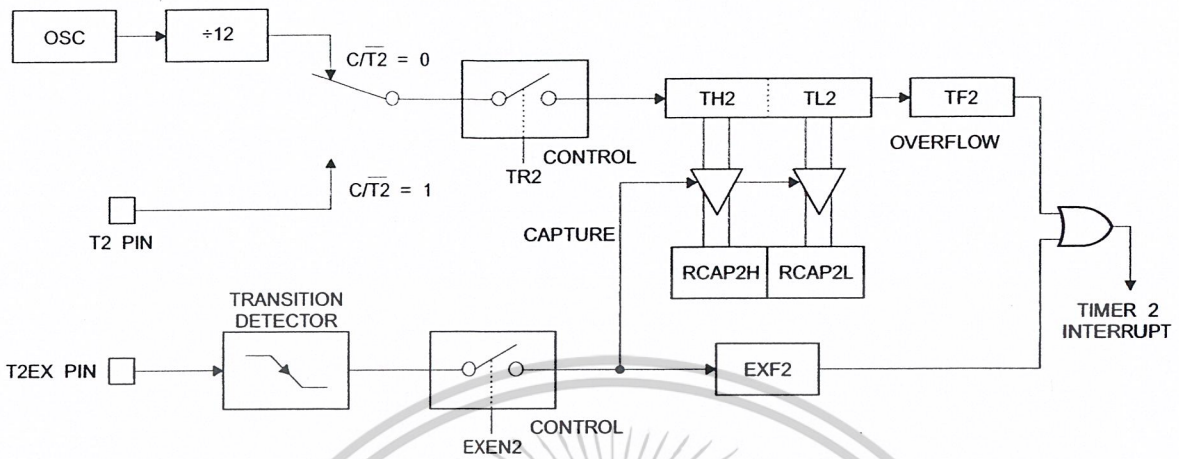


Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture Mode RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

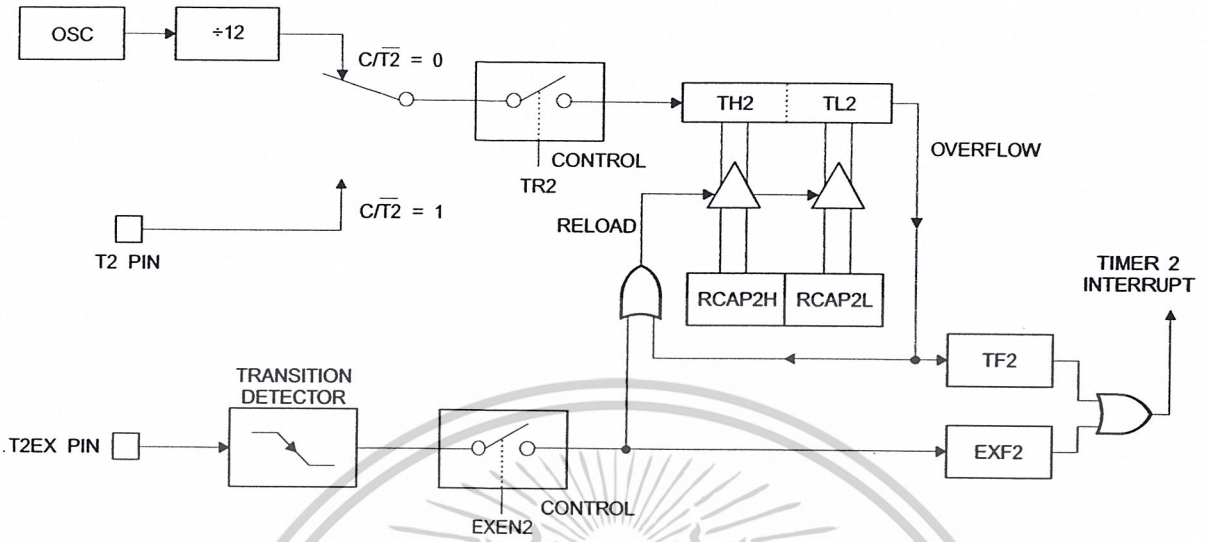


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H							Reset Value = XXXX XX00B	
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	–	–	–	–	–	–	T2OE	DCEN

Symbol	Function
–	Not implemented, reserved for future
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

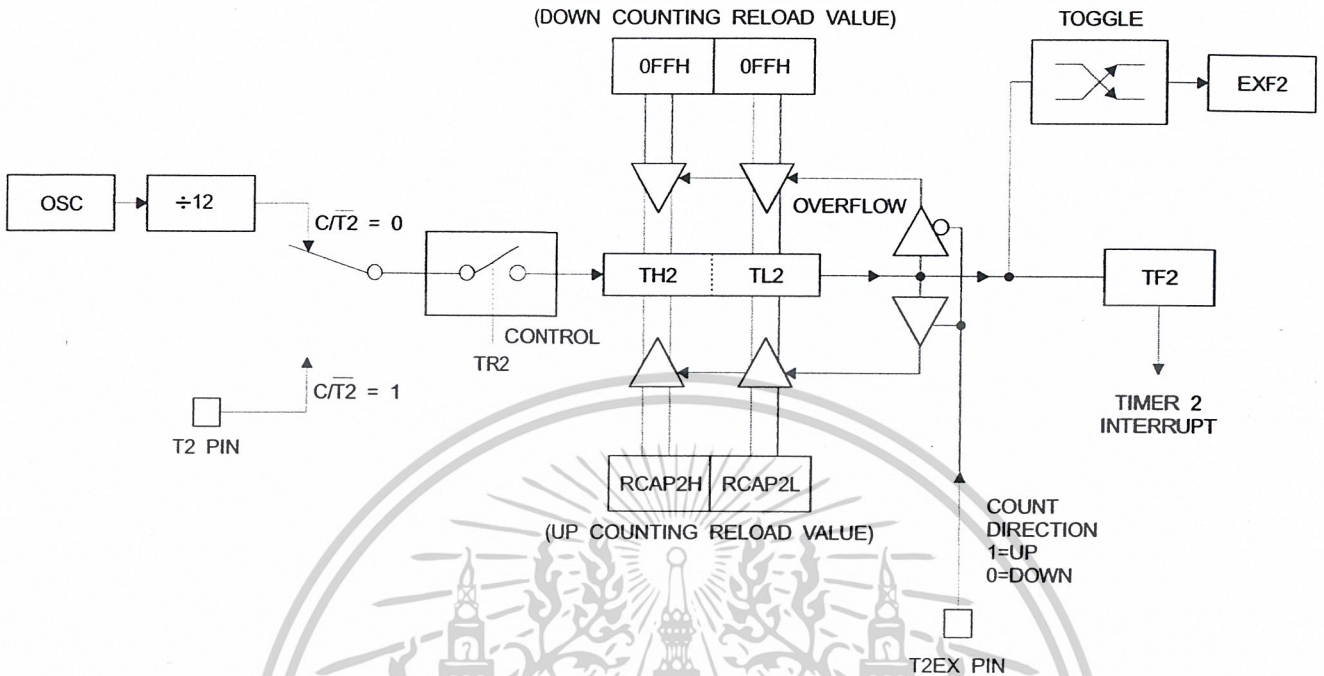
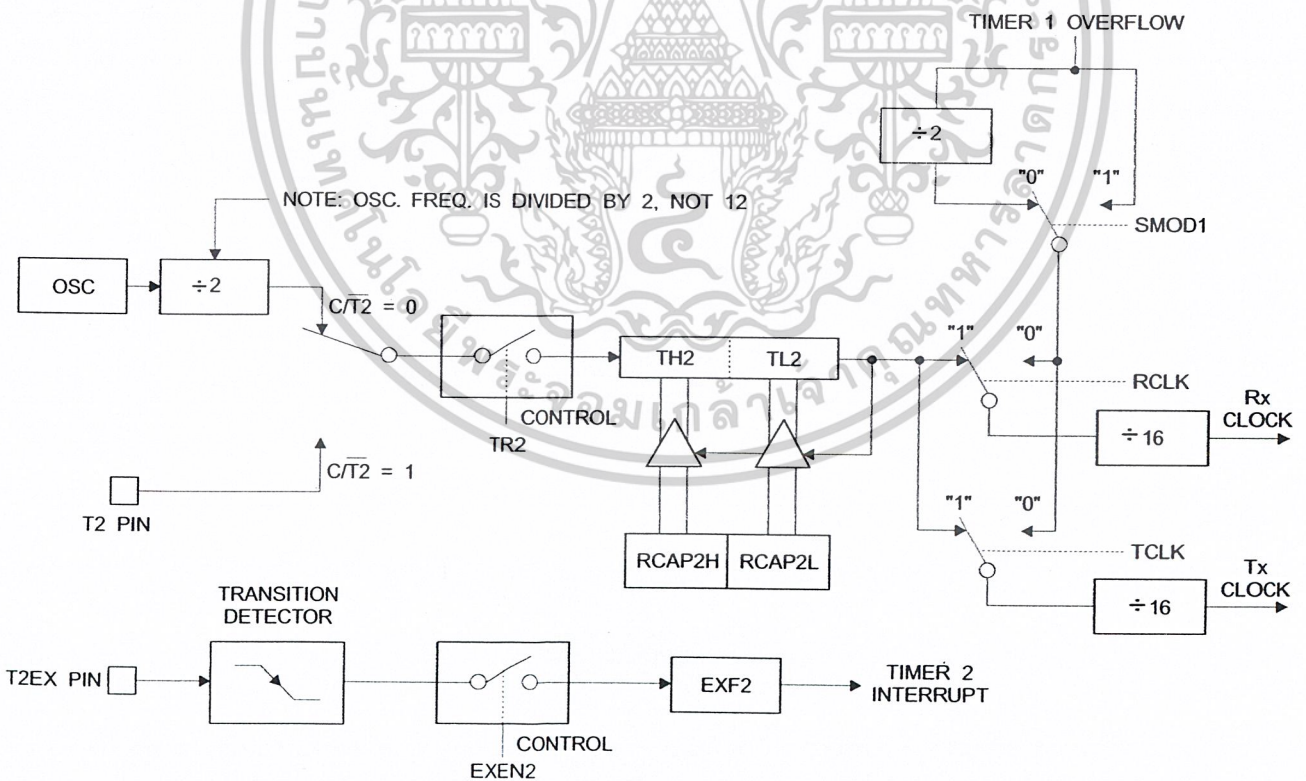


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($CP/T2 = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it

increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

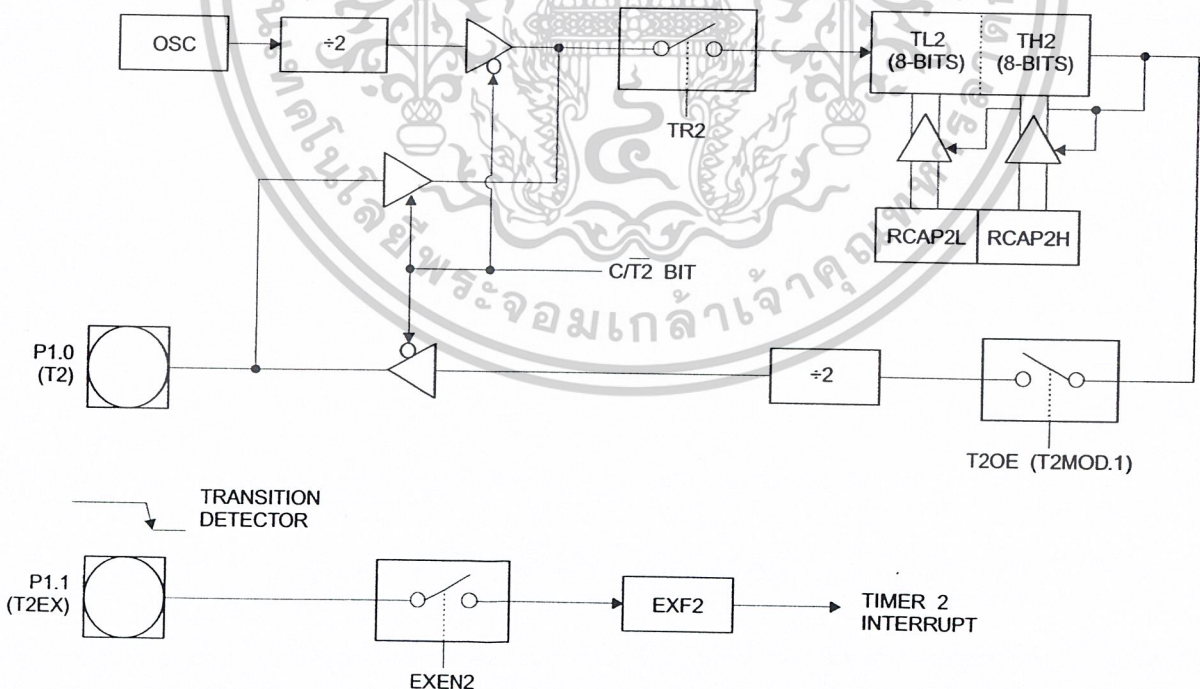
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running ($TR2 = 1$) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $C/\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{\text{INT0}}$ and $\overline{\text{INT1}}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However,

the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

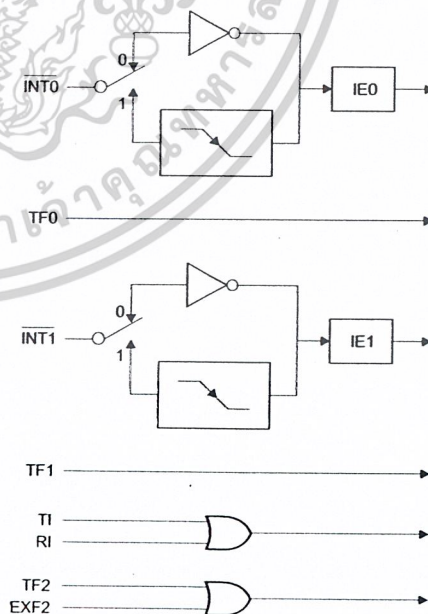
Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)								(LSB)
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
Enable Bit = 1 enables the interrupt.								
Enable Bit = 0 disables the interrupt.								

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.

User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.

Figure 6. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 8. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

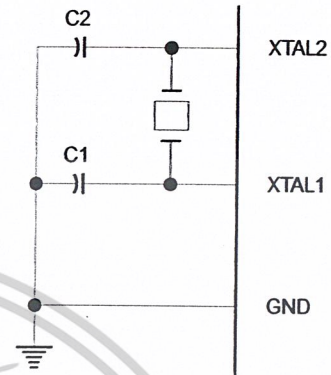
Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC}

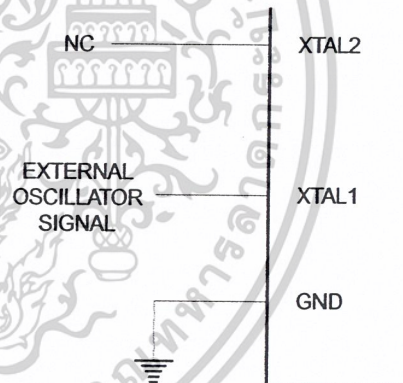
is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 7. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 8. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
LB1	LB2	LB3		
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of \overline{EA} must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming the Flash

The AT89C52 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The Low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-side Mark	AT89C52 xxxx yyww	AT89C52 xxxx - 5 yyww

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = 05H

The AT89C52 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 9 and Figure 10. To program the AT89C52, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling The AT89C52 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.



Reading the Signature Bytes The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 52H indicates 89C52
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written, and the entire array can be erased, by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	\overline{EA}/V_{pp}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7	
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H	
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H	
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L	
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L	

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

Figure 9. Programming the Flash Memory

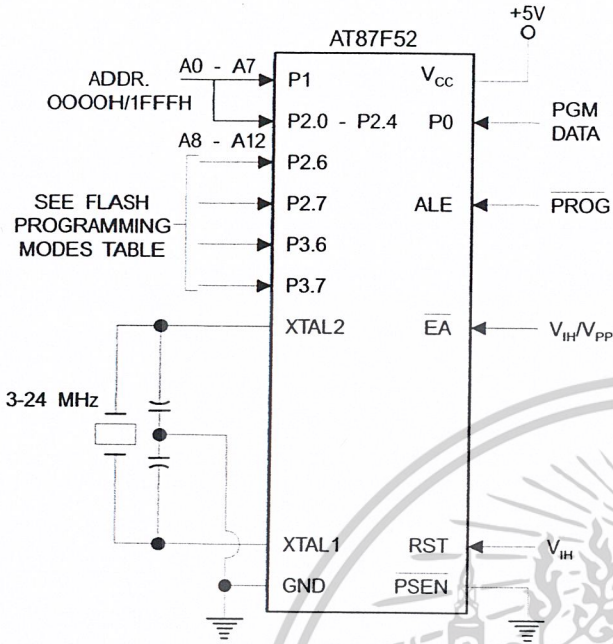
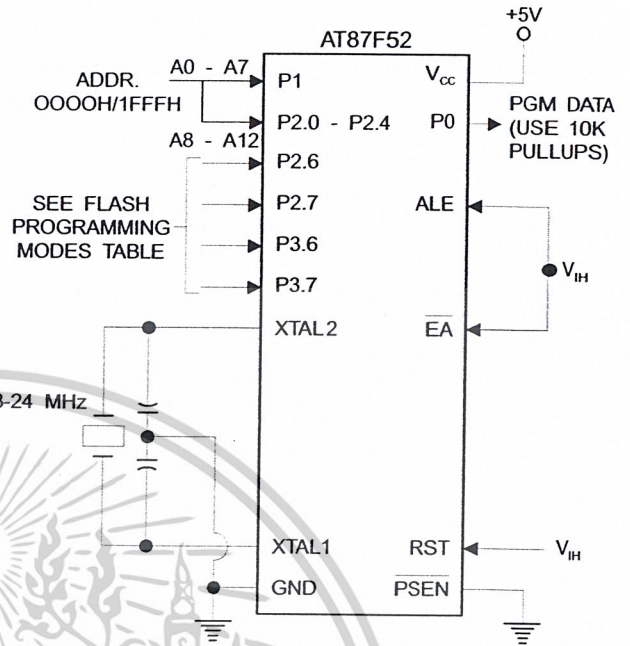


Figure 10. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

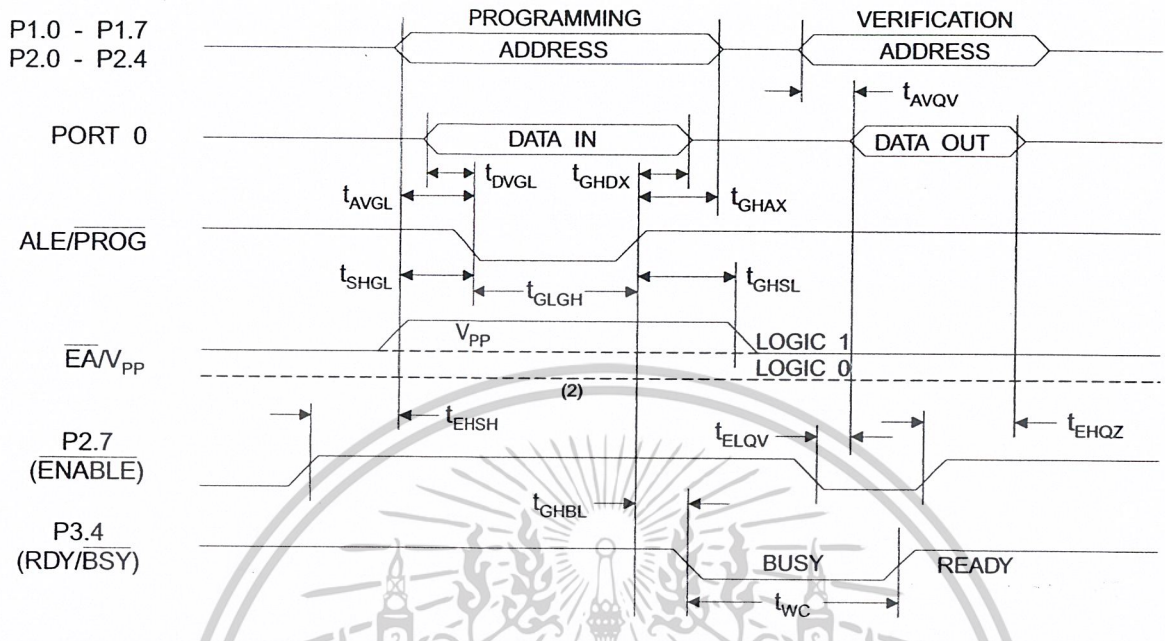
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold after $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float after $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

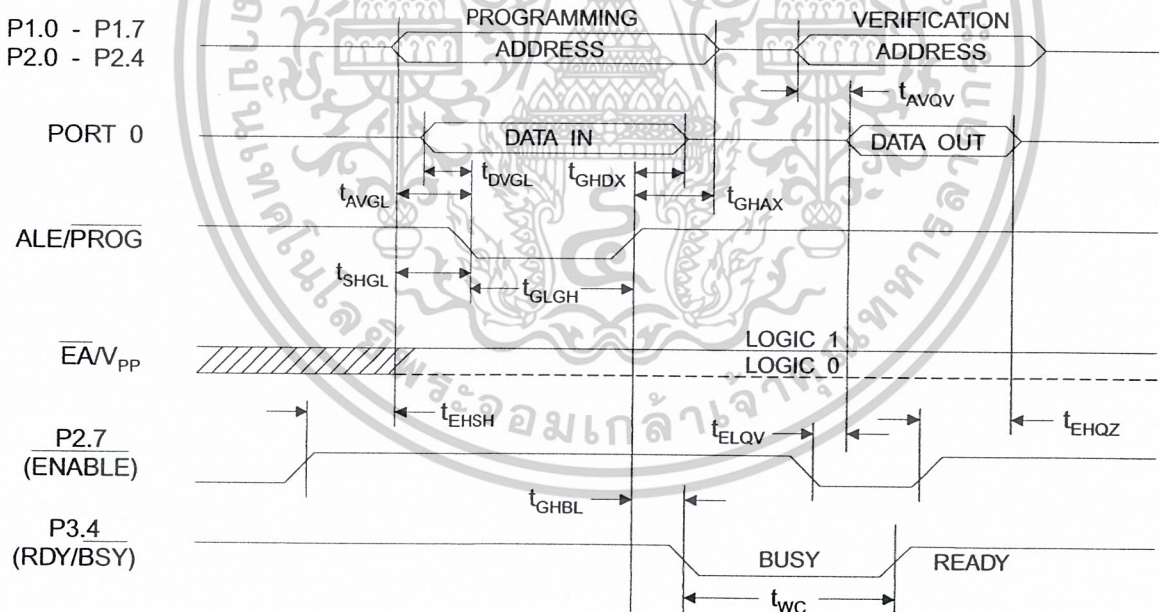


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ($V_{PP}=12V$)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ($V_{PP}=5V$)



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

***NOTICE:** Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low-voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽¹⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port:
 Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.



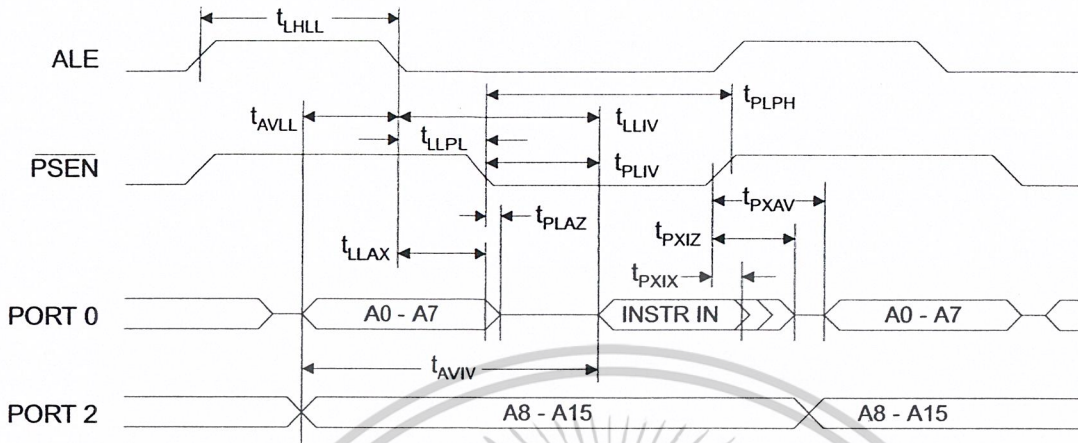
AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

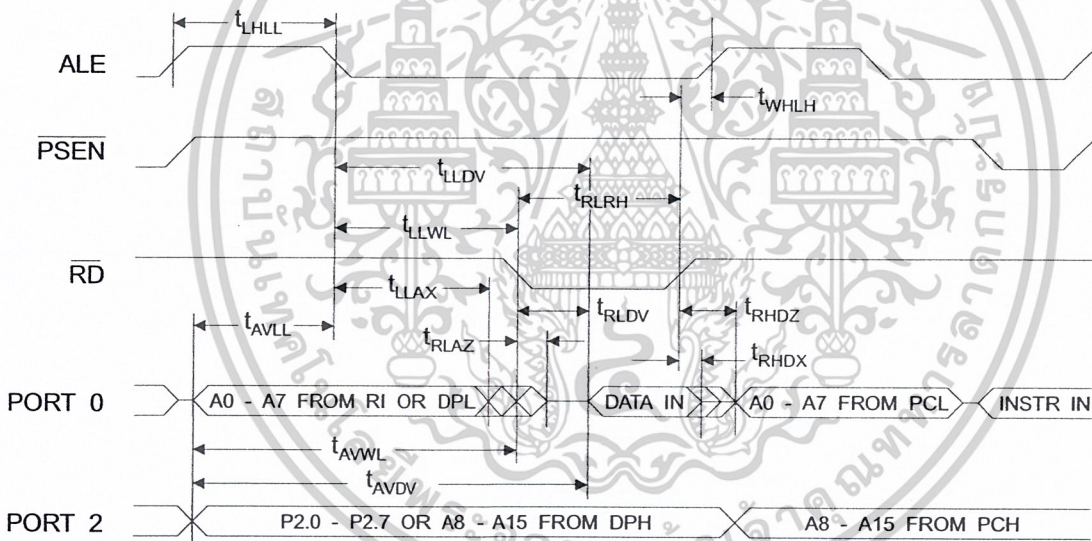
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

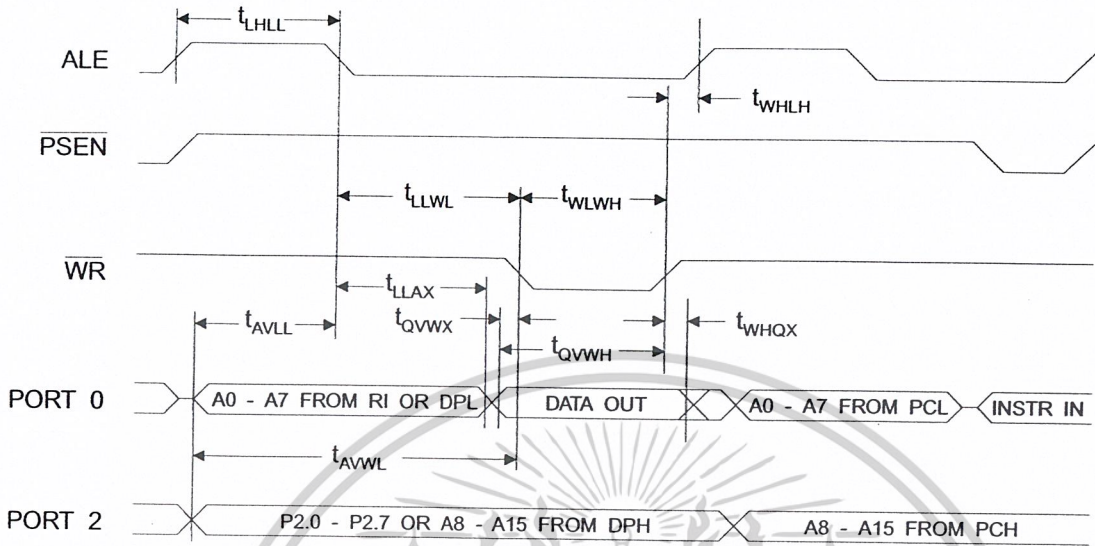
External Program Memory Read Cycle



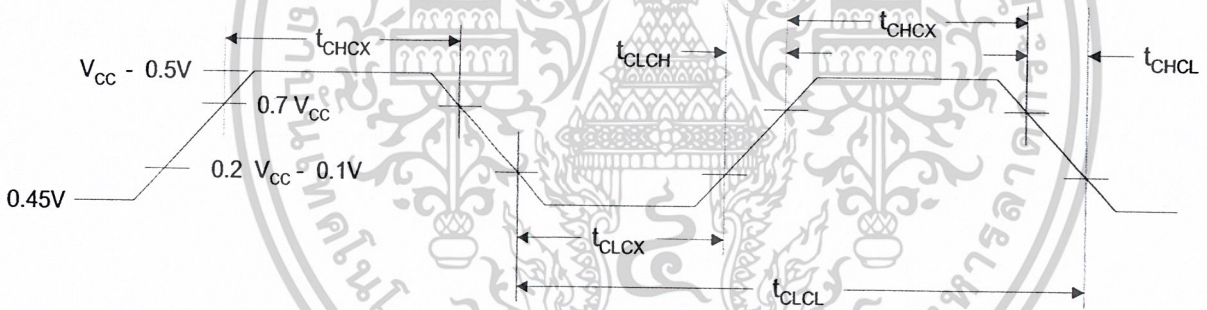
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

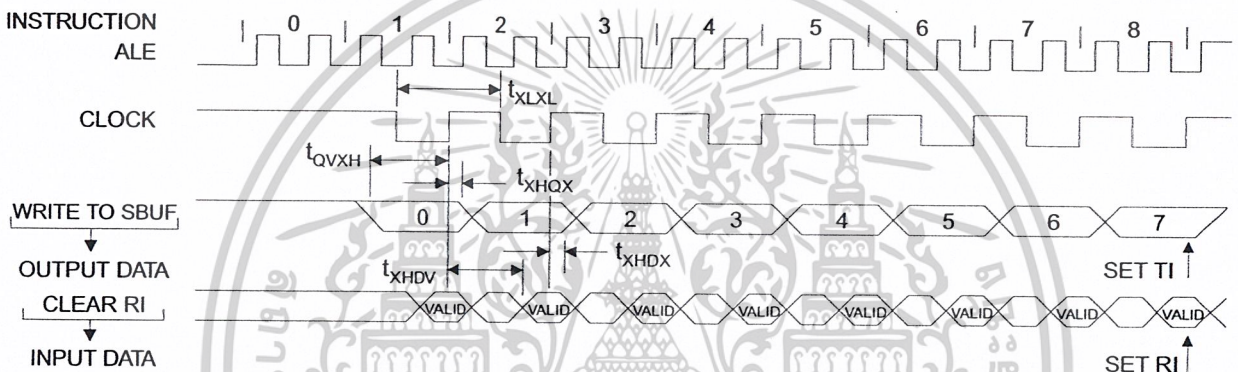
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

The values in this table are valid for $V_{CC} = 5.0V \pm 20\%$ and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
t_{XHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



AC Testing Input/Output Waveforms (1)

Float Waveforms (1)



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5V$ for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.





Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
12	5V ±20%	AT89C52-12AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C52-12JC	44J		
		AT89C52-12PC	40P6		
		AT89C52-12QC	44Q		
			AT89C52-12AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C52-12JI	44J	
			AT89C52-12PI	40P6	
			AT89C52-12QI	44Q	
16	5V ±20%	AT89C52-16AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C52-16JC	44J		
		AT89C52-16PC	40P6		
		AT89C52-16QC	44Q		
			AT89C52-16AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C52-16JI	44J	
			AT89C52-16PI	40P6	
			AT89C52-16QI	44Q	
20	5V ±20%	AT89C52-20AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C52-20JC	44J		
		AT89C52-20PC	40P6		
		AT89C52-20QC	44Q		
			AT89C52-20AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C52-20JI	44J	
			AT89C52-20PI	40P6	
			AT89C52-20QI	44Q	
24	5V ±20%	AT89C52-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C52-24JC	44J		
		AT89C52-24PC	40P6		
		AT89C52-24QC	44Q		
			AT89C52-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C52-24JI	44J	
			AT89C52-24PI	40P6	
			AT89C52-24QI	44Q	

Package Type

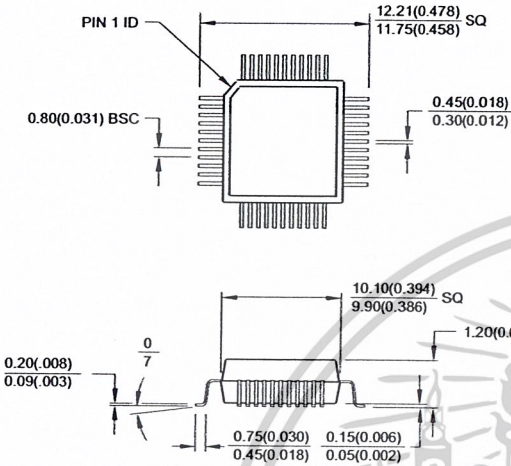
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

AT89C52

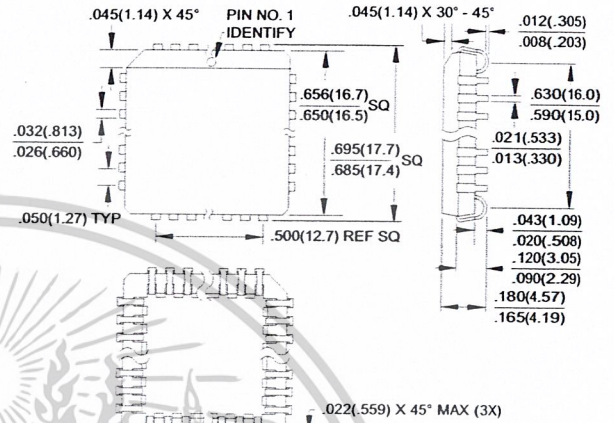
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*
 JEDEC STANDARD MS-026 ACB

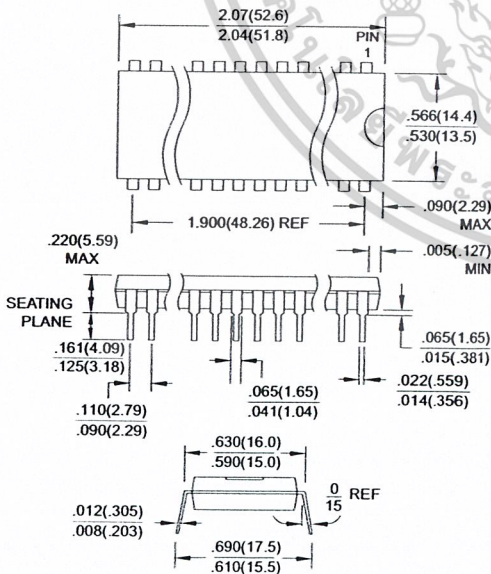


44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-018 AC

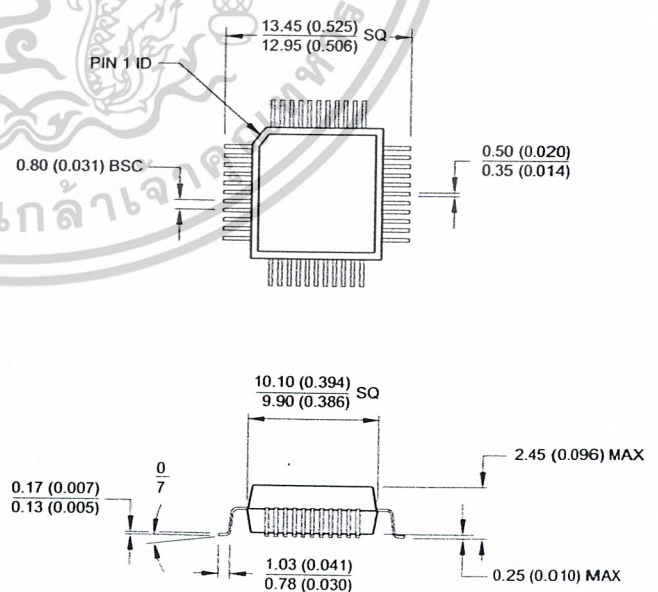


Controlling dimension: millimeters

40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*
 JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters





Atmel Headquarters

Corporate Headquarters

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand

North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 1999.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

0313H-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

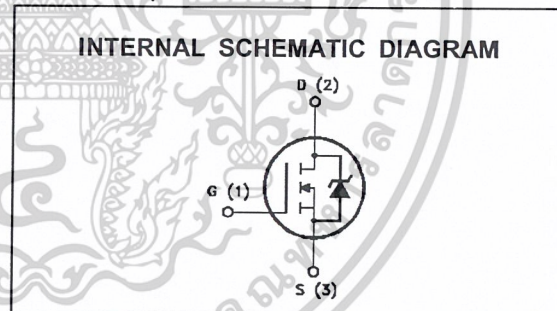
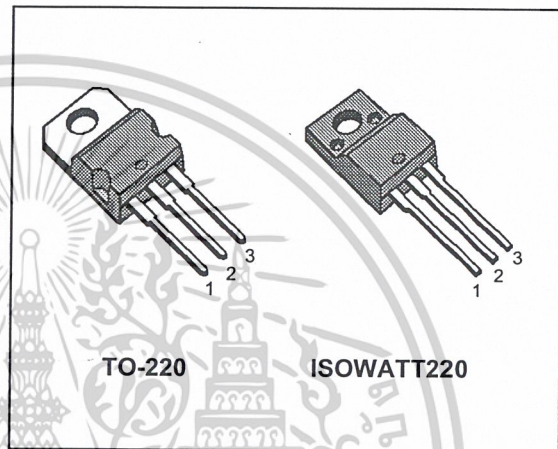
**N - CHANNEL ENHANCEMENT MODE
POWER MOS TRANSISTORS**

TYPE	V _{DSS}	R _{DS(on)}	I _D
IRF730	400 V	< 1 Ω	5.5 A
IRF730FI	400 V	< 1 Ω	3.5 A

- TYPICAL R_{DS(on)} = 0.82 Ω
- AVALANCHE RUGGED TECHNOLOGY
- 100% AVALANCHE TESTED
- REPETITIVE AVALANCHE DATA AT 100°C

APPLICATIONS

- HIGH CURRENT, HIGH SPEED SWITCHING
- SWITCH MODE POWER SUPPLIES (SMPS)
- CHOPPER REGULATORS, CONVERTERS, MOTOR CONTROL, LIGHTING FOR INDUSTRIAL AND CONSUMER ENVIRONMENT



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		IRF730	IRF730FI	
V _{DS}	Drain-source Voltage (V _{GS} = 0)	400	400	V
V _{DGR}	Drain- gate Voltage (R _{GS} = 20 kΩ)	400	400	V
V _{GS}	Gate-source Voltage	± 20		V
I _D	Drain Current (cont.) at T _c = 25 °C	5.5	3.5	A
I _D	Drain Current (cont.) at T _c = 100 °C	3.1	2.2	A
I _{DM} (*)	Drain Current (pulsed)	22	22	A
P _{tot}	Total Dissipation at T _c = 25 °C	100	35	W
	Derating Factor	0.8	0.32	W/°C
V _{ISO}	Insulation Withstand Voltage (DC)	—	2000	V
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 150		°C
T _j	Max. Operating Junction Temperature	150		°C

(*) Pulse width limited by safe operating area

IRF730/FI

THERMAL DATA

			TO-220	ISOWATT220	
R _{thj-case}	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.25	3.57	°C/W
R _{thj-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5		°C/W
R _{thc-s}	Thermal Resistance Case-sink	Typ	0.5		°C/W
T _I	Maximum Lead Temperature For Soldering Purpose		300		°C

AVALANCHE CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Max Value	Unit
I _{AR}	Avalanche Current, Repetitive or Not-Repetitive (pulse width limited by T _j max, δ < 1%)	5.5	A
E _{AS}	Single Pulse Avalanche Energy (starting T _j = 25 °C, I _D = I _{AR} , V _{DD} = 25 V)	290	mJ
E _{AR}	Repetitive Avalanche Energy (pulse width limited by T _j max, δ < 1%)	7.6	mJ
I _{AR}	Avalanche Current, Repetitive or Not-Repetitive (T _c = 100 °C, pulse width limited by T _j max, δ < 1%)	3.1	A

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

OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{(BR)DSS}	Drain-source Breakdown Voltage	I _D = 250 μA V _{GS} = 0	400			V
I _{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current (V _{GS} = 0)	V _{DS} = Max Rating V _{DS} = Max Rating x 0.8 T _c = 125 °C			250 1000	μA μA
I _{GSS}	Gate-body Leakage Current (V _{DS} = 0)	V _{GS} = ± 20 V			± 100	nA

ON (*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	V _{DS} = V _{GS} I _D = 250 μA	2	3	4	V
R _{DS(on)}	Static Drain-source On Resistance	V _{GS} = 10V I _D = 3 A		0.82	1	Ω
I _{D(on)}	On State Drain Current	V _{DS} > I _{D(on)} × R _{DS(on)max} V _{GS} = 10 V	5.5			A

DYNAMIC

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
g _{fs} (*)	Forward Transconductance	V _{DS} > I _{D(on)} × R _{DS(on)max} I _D = 3 A	2.9	3.5		S
C _{iss}	Input Capacitance	V _{DS} = 25 V f = 1 MHz V _{GS} = 0		640	800	pF
C _{oss}	Output Capacitance			120	150	pF
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance			50	65	pF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)
SWITCHING RESISTIVE LOAD

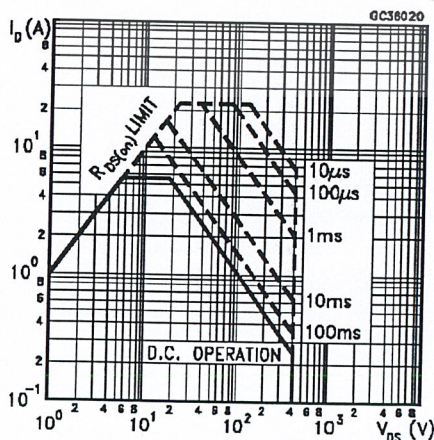
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$	Turn-on Time	$V_{DD} = 175\text{ V}$ $I_D = 3\text{ A}$ $R_{GS} = 15\ \Omega$ (see test circuit)		47	62	ns
t_r	Rise Time			35	45	ns
$t_{d(off)}$	Turn-off Delay Time			120	155	ns
t_f	Fall Time			30	38	ns
Q_g	Total Gate Charge	$I_D = 5.5\text{ A}$ $V_{GS} = 15\text{ V}$ $V_{DD} = \text{Max Rating} \times 0.8$ (see test circuit)		44	55	nC
Q_{gs}	Gate-Source Charge			6		nC
Q_{gd}	Gate-Drain Charge			20		nC

SOURCE DRAIN DIODE

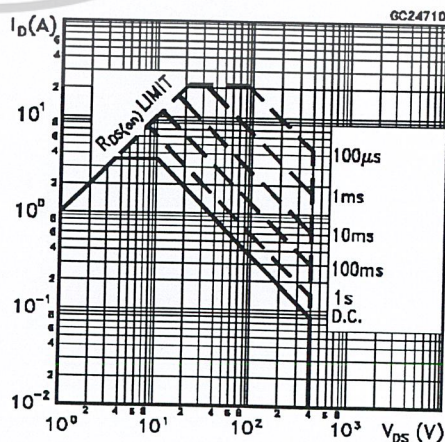
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{SD}	Source-drain Current				5.5	A
$I_{SDM}(\bullet)$	Source-drain Current (pulsed)				22	A
$V_{SD}(\ast)$	Forward On Voltage	$I_{SD} = 5.5\text{ A}$ $V_{GS} = 0$			1.6	V
t_{rr}	Reverse Recovery Time	$I_{SD} = 5.5\text{ A}$ $di/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$ $V_{GS} = 100\text{ V}$ $T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$		470		ns
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge				6.3	μC

(*) Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %
(\bullet) Pulse width limited by safe operating area

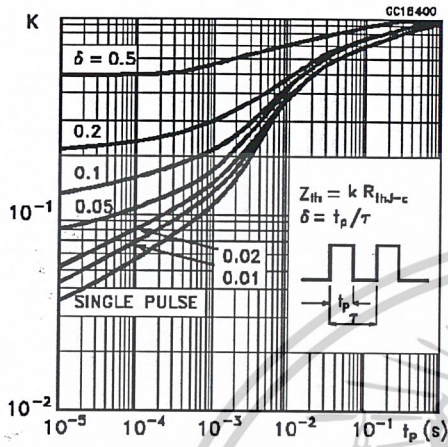
Safe Operating Area for TO-220



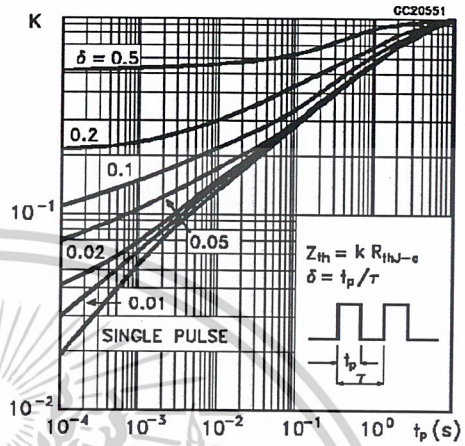
Safe Operating Area for ISOWATT220



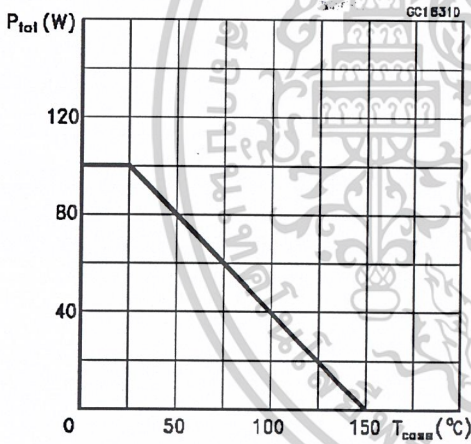
Thermal Impedance for TO-220



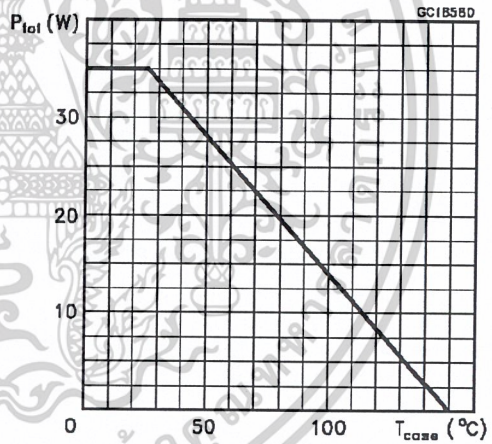
Thermal Impedance for ISOWATT220



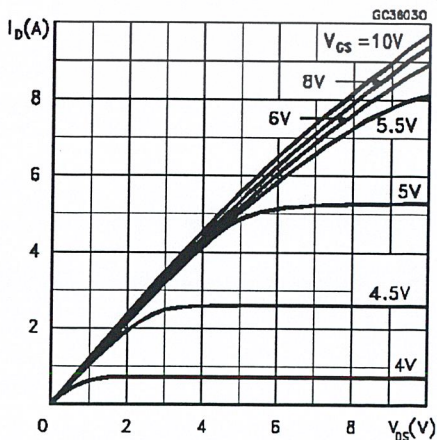
Derating Curve for TO-220



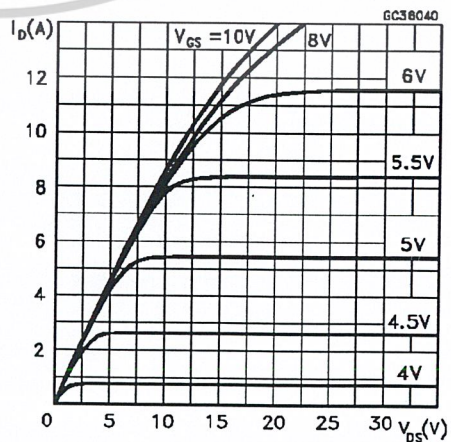
Derating Curve for ISOWATT220



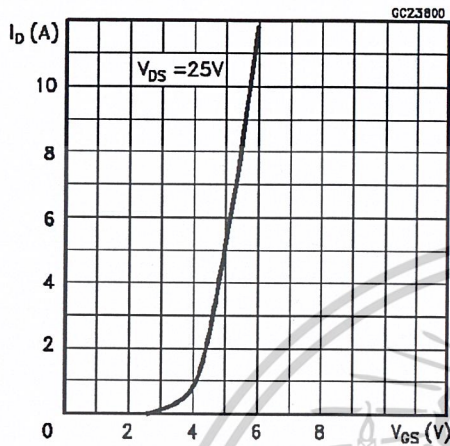
Output Characteristics



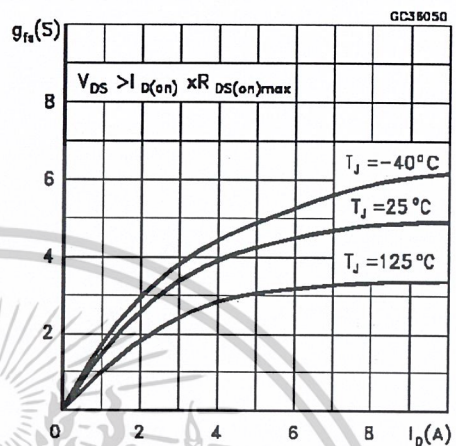
Output Characteristics



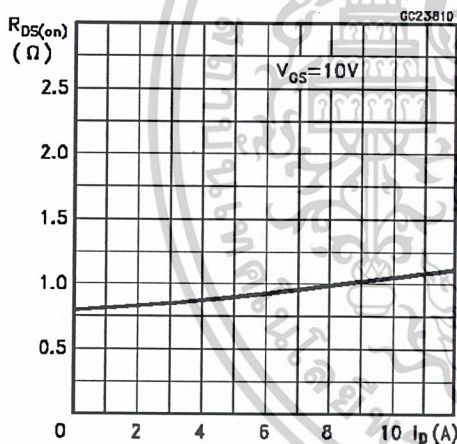
Transfer Characteristics



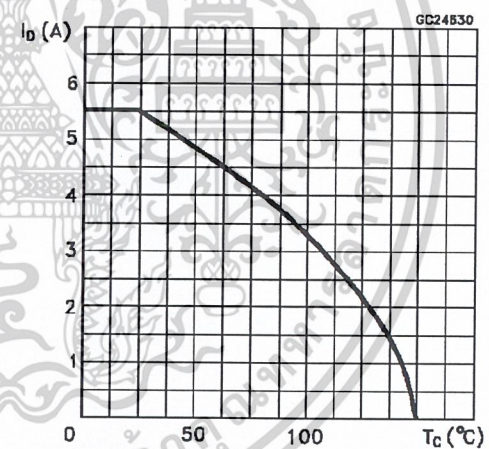
Transconductance



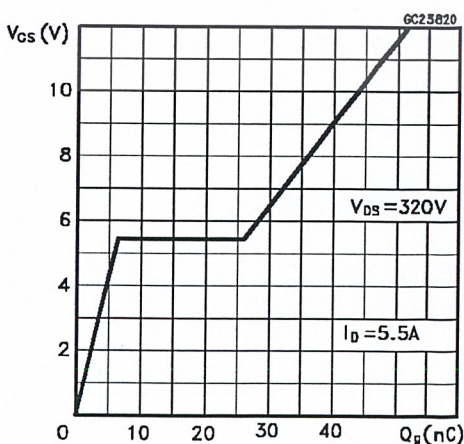
Static Drain-source On Resistance



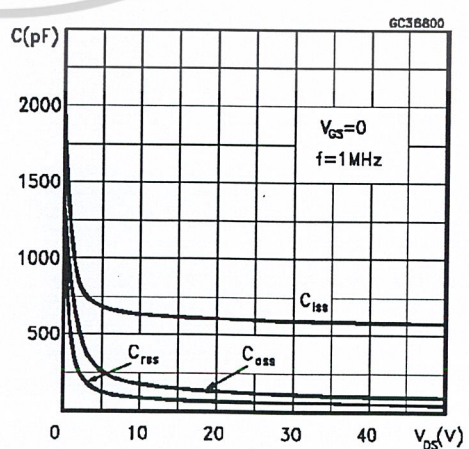
Maximum Drain Current vs Temperature



Gate Charge vs Gate-source Voltage

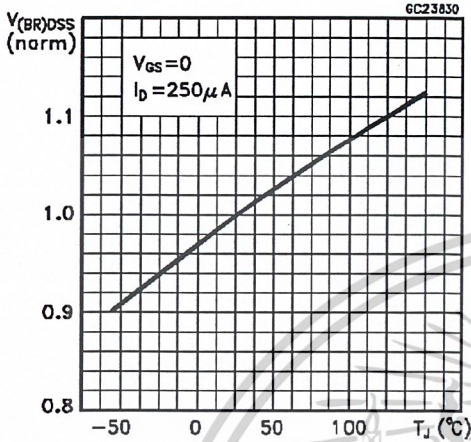


Capacitance Variations

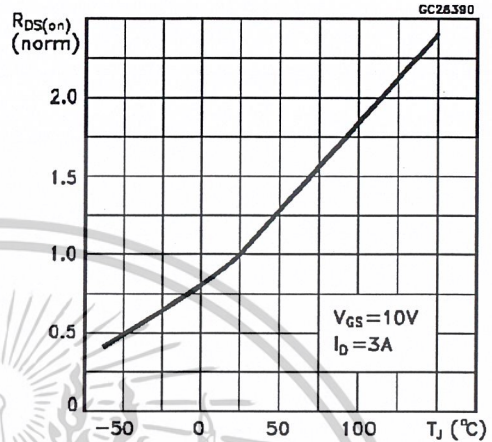


IRF730/FI

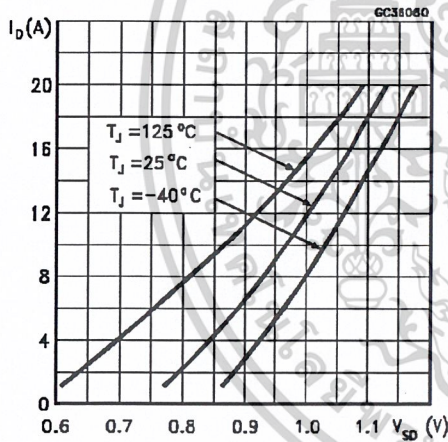
Normalized Breakdown Voltage vs Temperature



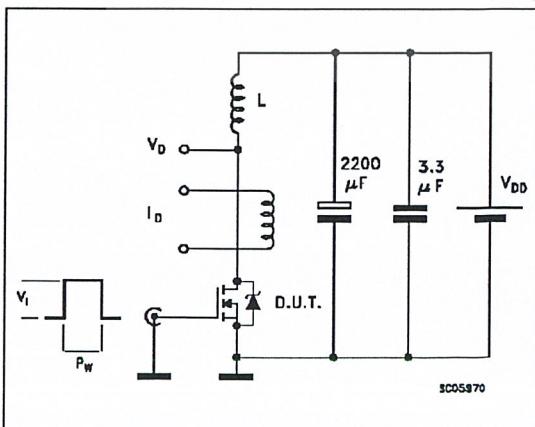
Normalized On Resistance vs Temperature



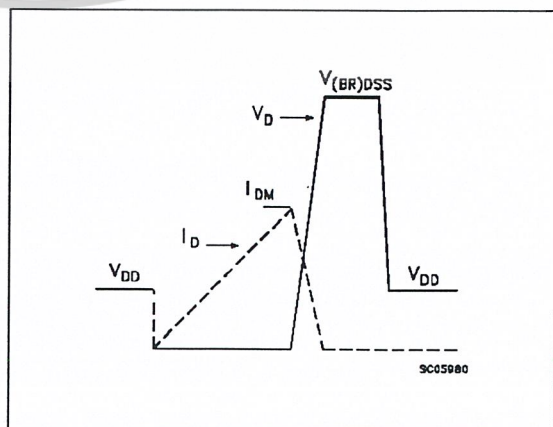
Source-drain Diode Forward Characteristics



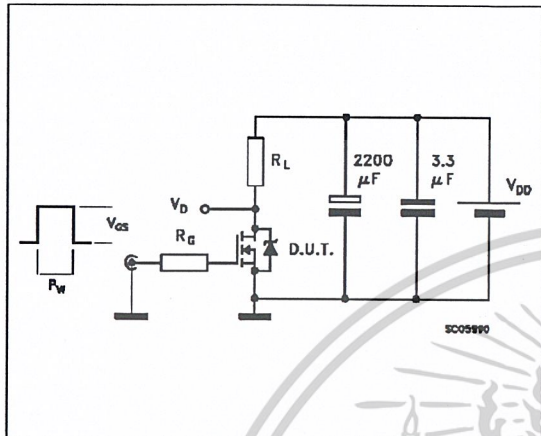
Unclamped Inductive Load Test Circuit



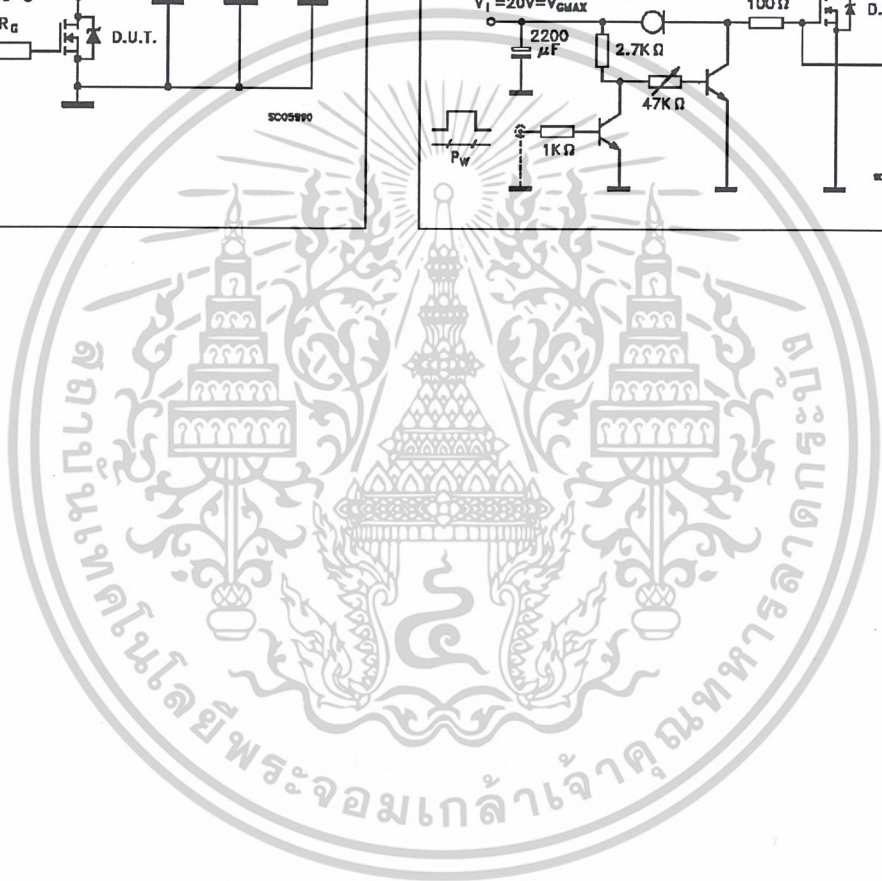
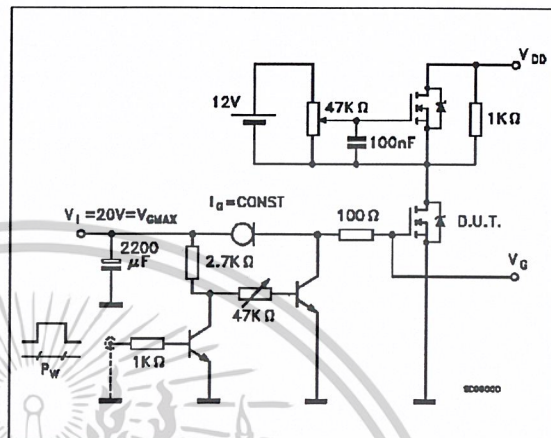
Unclamped Inductive Waveforms



Switching Time Test Circuit

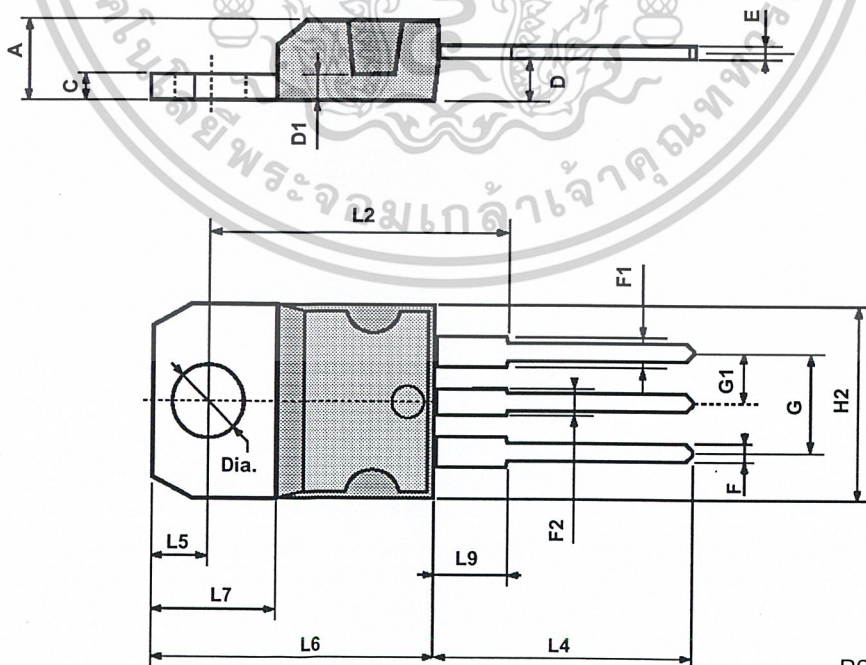


Gate Charge Test Circuit



TO-220 MECHANICAL DATA

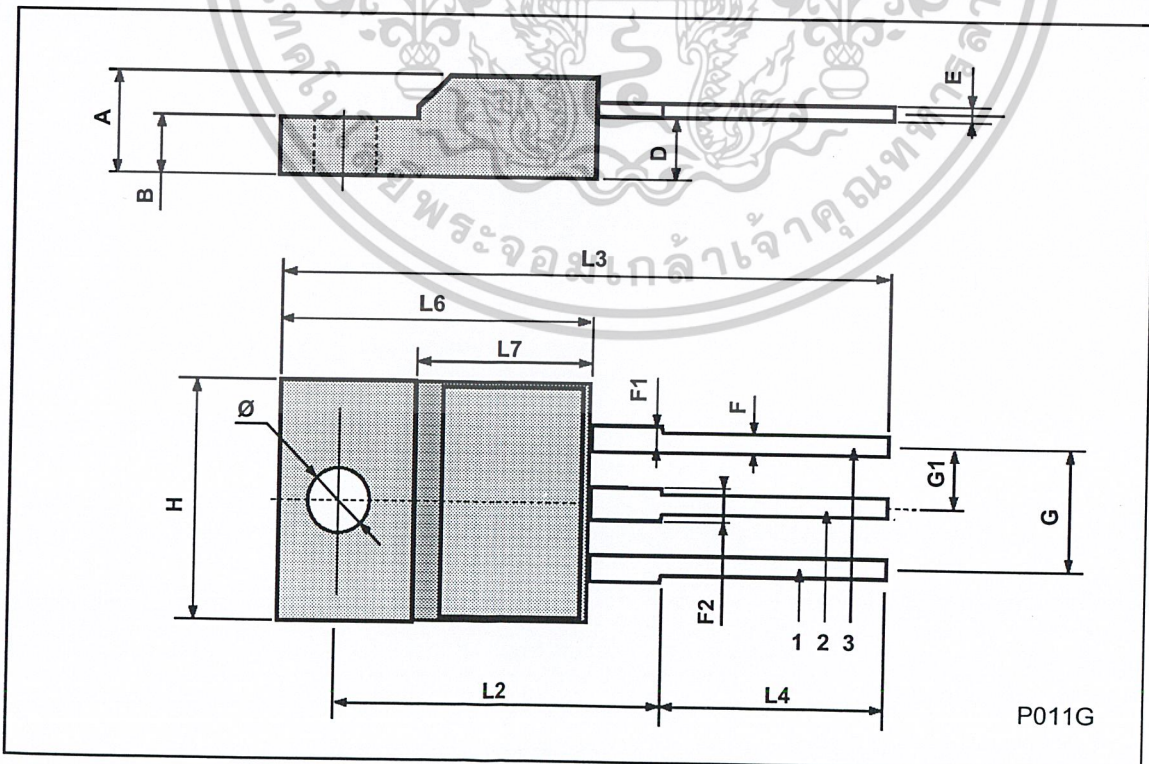
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



P011C

ISOWATT220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.4		0.7	0.015		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126





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

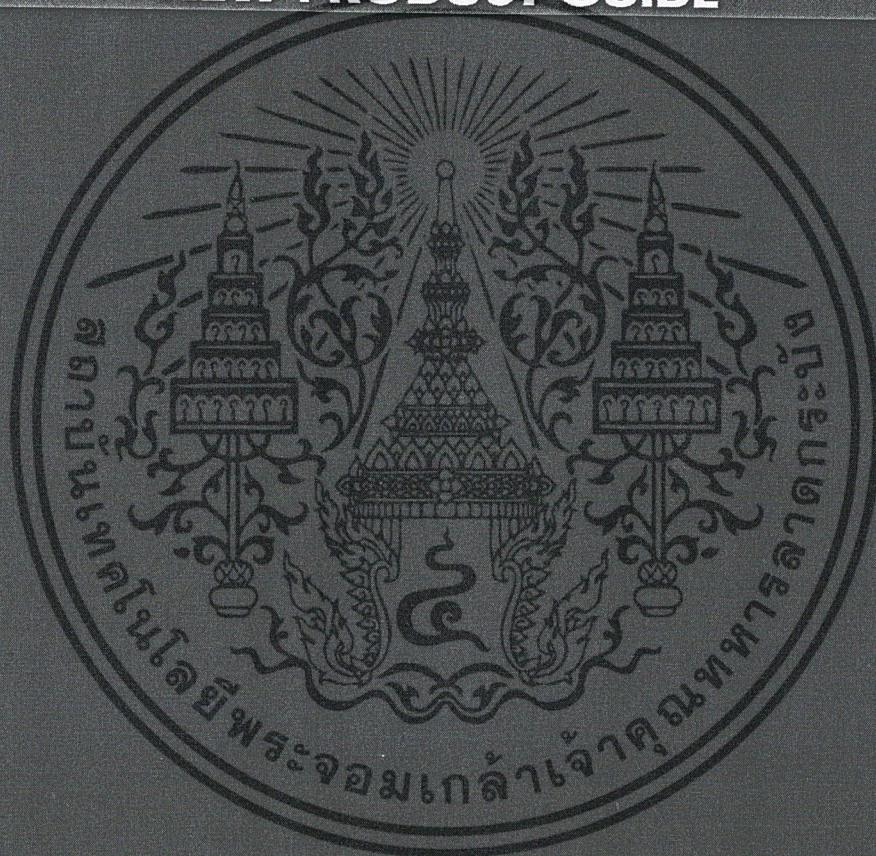
© 1994 SGS-THOMSON Microelectronics - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES
Australia - Brazil - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands -
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A

TOSHIBA

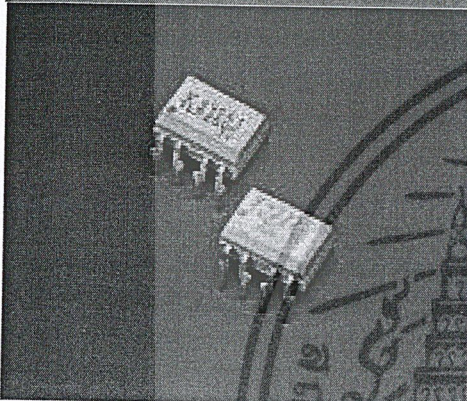
**IGBT/Power MOSFET
Gate Drive Photo-IC Couplers
TLP250(INV)/TLP250F(INV)**

NEW PRODUCT GUIDE



IGBT / POWER MOSFET GATE DRIVE PHOTO-IC COUPLERS

TLP250 (INV) / TLP250F (INV)



The Toshiba TLP250 (INV) and TLP250F (INV) are 8-pin photocouplers designed exclusively for use in IGBT (isolated-gate bipolar transistor) drive applications. These photocouplers are capable of driving the gates of IGBTs and power MOSFETs directly (for which the addition of a gate resistor is necessary). The photo-IC couplers are housed in compact packages. This, combined with their ability to drive IGBTs and power MOSFETs directly, makes system design easier, allows simpler circuit configurations and improves system reliability.

Applications

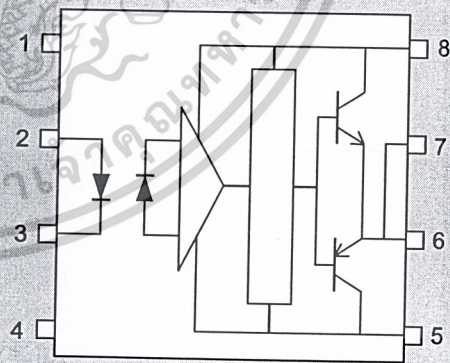
- IGBT gate drive
- Power MOSFET gate drive
- Inverter
- Servo motor control
- UPS
- Induction heater

Features

- Input threshold current: $I_F = 5 \text{ mA}$ (max)
- Supply voltage: 10 V ~ 35 V
- Output peak current: 2.0 A (max)
- Response speed: 0.5 μs (max)
- $|t_{pHL} - t_{pLH}|$: 0.4 μs (max)
- Isolation voltage: 2500 V_{rms} (min)
- UL-recognized
- D4 option type: VDE-approved

Note:
If a VDE0884-approved device is required, please specify option D4.

Pin Configuration



- | | |
|----------------|-------------------|
| 1: NC | 5: GND |
| 2: LED ANODE | 6: V_O (output) |
| 3: LED CATHODE | 7: V_O |
| 4: NC | 8: V_{CC} |

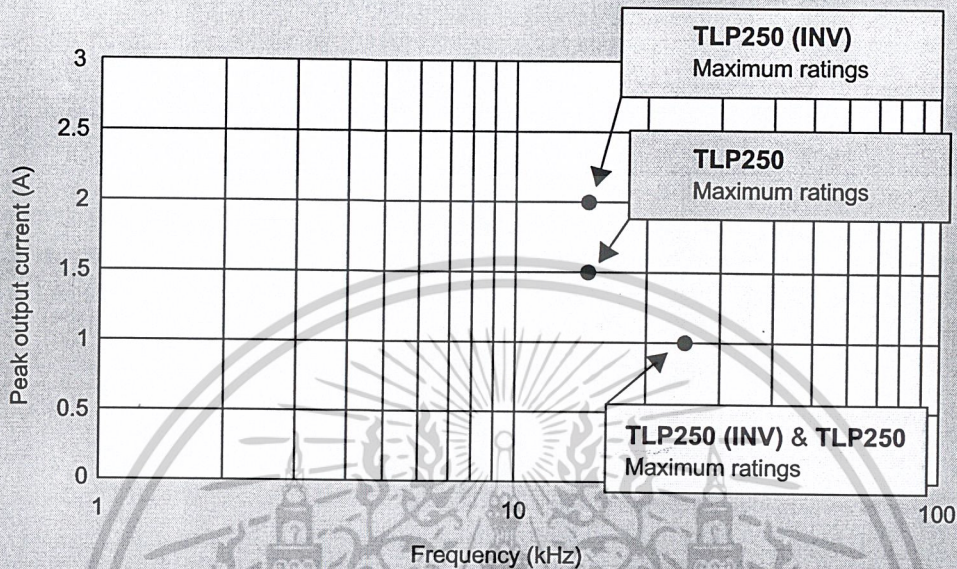
Truth Table

		Tr1	Tr2
LED	ON	ON	OFF
INPUT	OFF	OFF	ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการทบทวนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak output current — frequency



● TLP250 (INV) vs. TLP250

Parameter	Symbol	Conditions	TLP250 (INV)	TLP250	Unit
H-level Output Current	I_{OPH}	$I_F = 10 \text{ mA}$, $V_{8-6} = 4 \text{ V}$ $V_{CC} = 30 \text{ V}$	1.0 (min)	0.5 (min)	A
L-Level Output Current	I_{OPL}	$I_F = 0$, $V_{6-5} = -2.5 \text{ V}$ $V_{CC} = 30 \text{ V}$	1.0 (min)	0.5 (min)	A
Switching Time Dispersion between ON and OFF	$ t_{pHL} - t_{pLH} $	$R_L = 20 \Omega$, $C_L = 10 \text{ nF}$	0.45 (max)	— (max)	μs
Common Mode Transient Immunity for High-Level Output	CM_H	$V_{CM} = 1000 \text{ V}_{p-p}$, $I_F = 8 \text{ mA}$, $V_{CC} = 30 \text{ V}$, $T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	15,000 (min)	5,000 (min)	$\text{V}/\mu\text{s}$
Common Mode Transient Immunity for Low-Level Output	CM_L	$V_{CM} = 1000 \text{ V}_{p-p}$, $I_F = 0 \text{ mA}$, $V_{CC} = 30 \text{ V}$, $T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	15,000 (min)	5,000 (min)	$\text{V}/\mu\text{s}$

● UL-recognized: UL1577, File No. E67349

● Option (D4) type

VDE-approved: DIN VDE0884/16.92, Certificate No. 76823

	TLP250	TLP250F*
Maximum Operating Insulation Voltage	630 Vpk	840 Vpk
Highest Permissible Over Voltage	4000 Vpk	6000 Vpk

	TLP250	TLP250F*
Creepage distance	6.4 mm	8.0 mm
Clearance	6.4 mm	8.0 mm

Note:

When a VDE0884-approved device is required, please specify option D4.

* Making an application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum ratings

(Ta = 2.5°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward Current	I _F	20	mA	
	Forward Current Derating (Ta ≥ 70°C)	ΔI _F /ΔTa	-0.36	mA/°C	
	Reverse Voltage	V _R	5	V	
Detector	H Peak Output Current	(PW ≤ 2.5 μs, f = 15 kHz) (Note 2)	I _{OPH}	-1.5	A
		(PW ≤ 1 μs, f = 15 kHz) (Note 2)		-2.0	
	L Peak Output Current	(PW ≤ 2.5 μs, f = 15 kHz) (Note 2)	I _{OPL}	+1.5	A
		(PW ≤ 1 μs, f = 15 kHz) (Note 2)		+2.0	
	Output Voltage		V _O	35	V
	Output Voltage Derating (Ta ≥ 70°C)		ΔV _O /ΔTa	-0.73	V/°C
	Supply Voltage		V _{CC}	35	V
	Supply Voltage Derating (Ta ≥ 70°C)		ΔV _{CC} /ΔTa	-0.73	V/°C
Operating Frequency (Note 3)		f	25	kHz	
Operating Temperature Range		T _{opr}	-20 ~ 85	°C	
Storage Temperature Range		T _{stg}	-55 ~ 125	°C	
Isolation Voltage (AC, 1 minute, R/H ≤ 60%, Ta = 25°C)		BVs	2500	V _{rms}	

Note 2: Exponential Waveform

Note 3: Exponential Waveform, I_{OPH} ≤ -1.0 A (≤ 2.5 μs), I_{OPL} ≤ +1.0 A (≤ 2.5 μs)

Note 5: A ceramic capacitor (0.1 μF) should be connected between pin 8 and pin 5 to stabilize the operation of the high-gain linear amplifier. Failure to provide this bypass may impair the switching properties. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1 cm.

Electrical Characteristics

(Ta = -20° ~ 70°C unless otherwise specified)

Parameter		Symbol	Conditions	Min	Typ.	Max	Unit
Input Forward Voltage		V _F	I _F = 10 mA, Ta = 25°C	—	1.6	1.8	V
Temperature Coefficient of Forward Voltage		ΔV _F /ΔTa	I _F = 10 mA	—	-2.0	—	mV/°C
Input Reverse Voltage		I _R	V _R = 5 V, Ta = 25°C	—	—	10	μA
Output Current	H Level	I _{OPH}	I _F = 10 mA, V ₈₋₆ = 4 V	-0.5	-1.5	—	A
	L Level	I _{OPL}	V _{CC} = 30 V, TLP250 (INV)	-1.0	-1.5	—	
			I _F = 0, V ₆₋₅ = -2.5 V, TLP250 (INV)	0.5	2	—	
Output Voltage	H Level	V _{OH}	V _{CC} = 15 V, V _{EE} = -15 V, R _L = 200 Ω, I _F = 5 mA	11	12.8	—	V
	L Level	V _{OL}	V _F = 0.8 V	—	-14.2	-12.5	
Supply Current	H Level	I _{CCH}	V _{CC} = 30 V, I _F = 10 mA	—	7	11	mA
	L Level	I _{CCL}	V _F = 0.8 V	—	7.5	11	
Threshold Input Current	Output L → H	I _{FLH}	V _{CC1} = +15 V, V _{EE1} = -15 V, R _L = 200 Ω, V _O > 0 V	—	1.2	5	mA
Threshold Input Voltage	Output H → L	V _{FHL}	V _{CC1} = +15 V, V _{EE1} = -15 V, R _L = 200 Ω, V _O < 0 V	0.8	—	—	V
Supply Voltage		V _{CC}		10	—	35	V

* All typical values are at Ta = 25°C. (*1): Duration of I/O time ≤ 50 μs

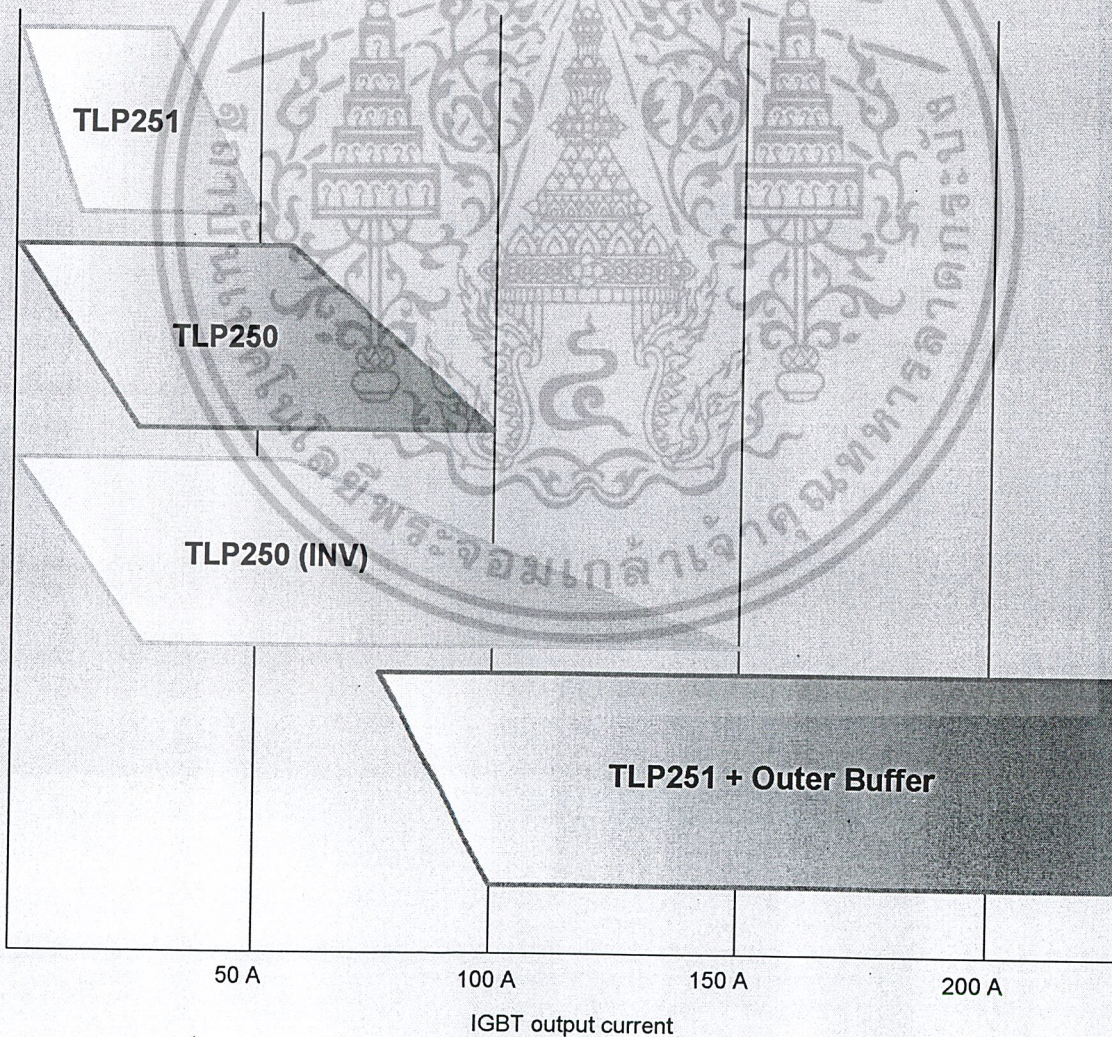
เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ใช้เพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switching Characteristics

($T_a = -20^\circ \sim 70^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

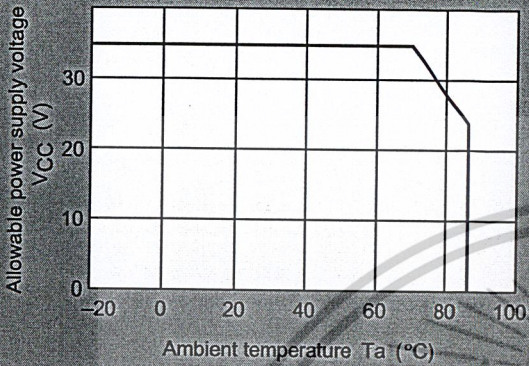
Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ.	Max	Unit
Propagation Delay Time	L \rightarrow H	$I_F = 8 \text{ mA}$ $V_{CC} = 15 \text{ V}, V_{EE} = -15 \text{ V},$ $R_L = 20 \Omega, C_L = 10 \text{ nF}$	0.05	0.15	0.5	μs
	H \rightarrow L		t_{pHL}	0.05	0.15	
Switching Time Dispersion between ON and OFF	$ t_{pHL} - t_{pLH} $		—	—	0.45	
Common Mode Transient Immunity for High-Level Output	CMH	$V_{CM} = 1000 \text{ V}_{p-p}, I_F = 8 \text{ mA},$ $V_{CC} = 30 \text{ V}, T_a = 25^\circ\text{C}$	15,000	—	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
Common Mode Transient Immunity for Low-Level Output	CML	$V_{CM} = 1000 \text{ V}_{p-p}, I_F = 0 \text{ mA},$ $V_{CC} = 30 \text{ V}, T_a = 25^\circ\text{C}$	15,000	—	—	$\text{V}/\mu\text{s}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TLP250

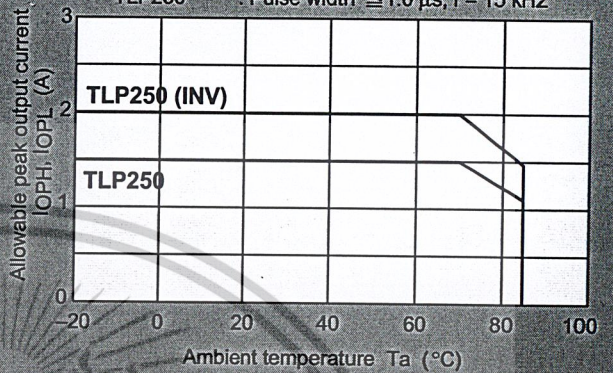
$V_{CC} - T_a$



TLP250, TLP250 (INV)

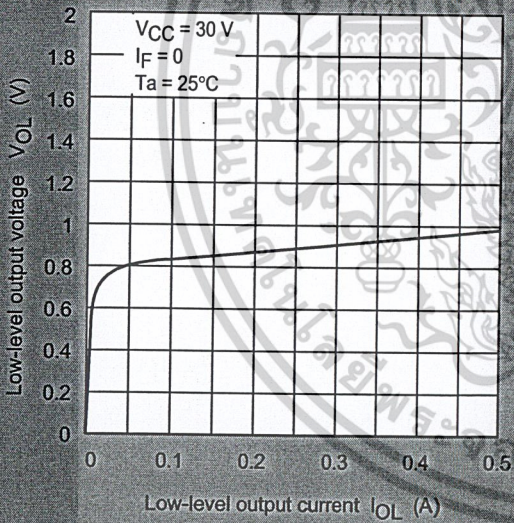
$I_{OPH}, I_{OPL} - T_a$

TLP250 (INV): Pulse width $\leq 1.0 \mu s$, $f = 15 \text{ kHz}$
 TLP250 : Pulse width $\leq 1.0 \mu s$, $f = 15 \text{ kHz}$



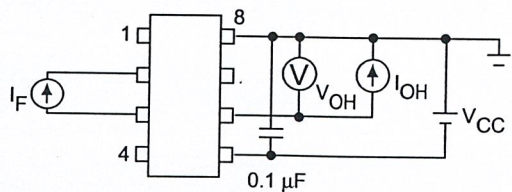
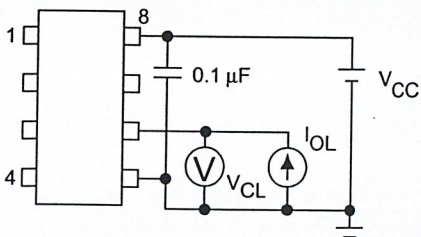
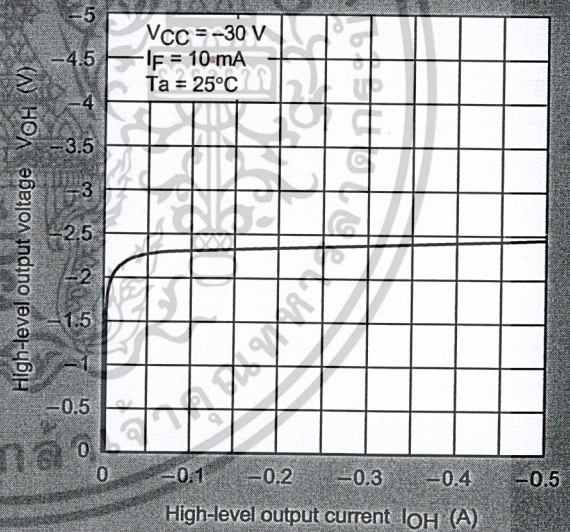
TLP250, TLP250 (INV)

$V_{OL} - I_{OL}$



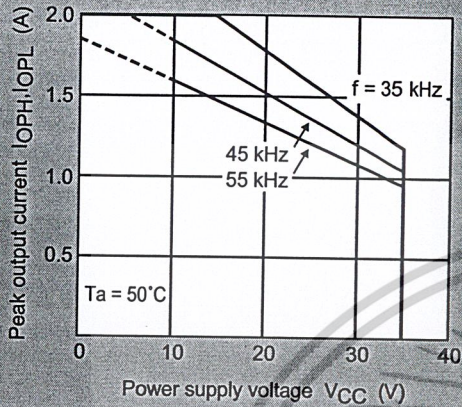
TLP250, TLP250 (INV)

$V_{OH} - I_{OH}$

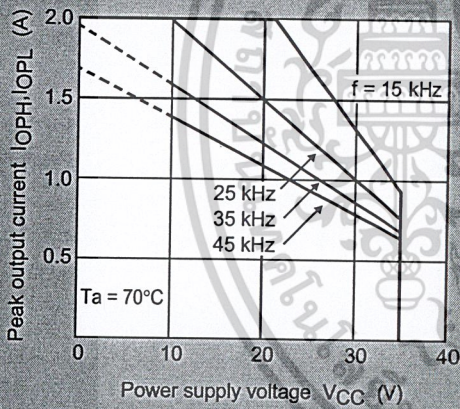


TLP250 (INV)

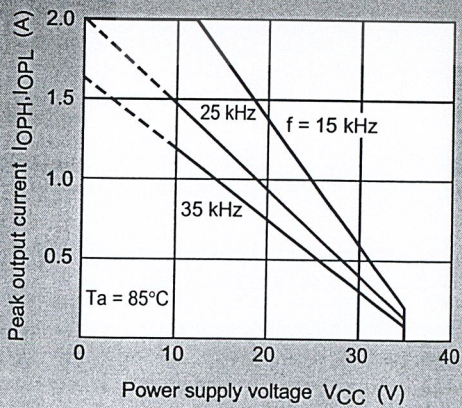
$I_{OPH}, I_{OPL} - V_{CC}$



$I_{OPH}, I_{OPL} - V_{CC}$

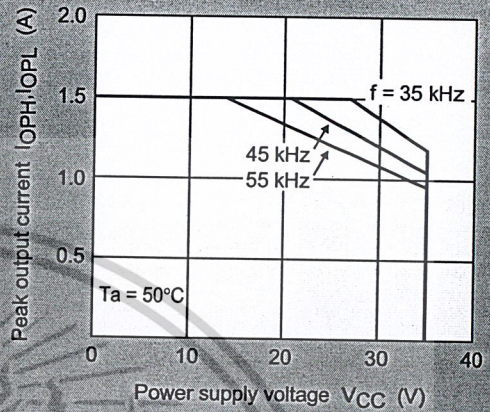


$I_{OPH}, I_{OPL} - V_{CC}$

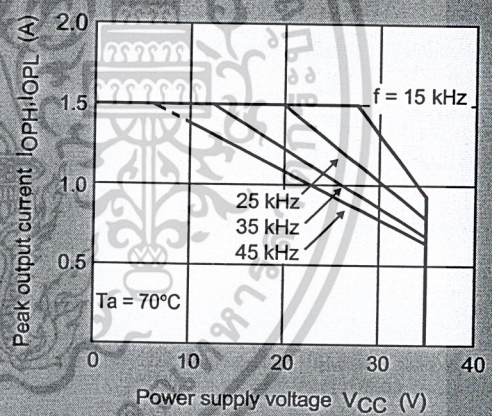


TLP250

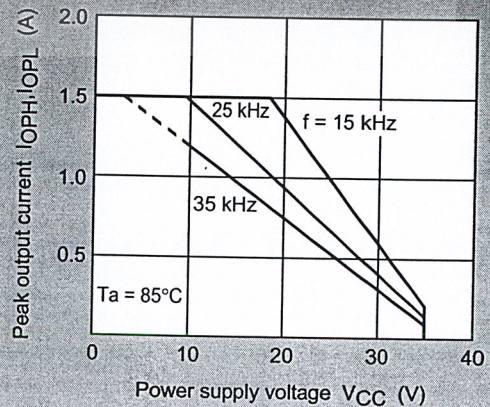
$I_{OPH}, I_{OPL} - V_{CC}$



$I_{OPH}, I_{OPL} - V_{CC}$



$I_{OPH}, I_{OPL} - V_{CC}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยบริษัทเซมิคอนดักเตอร์เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Toshiba America
Electronic Components, Inc.****Headquarters-Irvine, CA**

9775 Toledo Way, Irvine,
CA 92618, U.S.A.
Tel: (949)455-2000 Fax: (949)859-3963

Altamonte Springs, FL(Orland)

600 S, North Lake Blvd., Suite 250,
Altamonte Springs, FL 32701, U.S.A.
Tel: (407)332-0966 Fax: (407)339-3777

Deerfield, IL(Chicago)

One Pkwy., North, Suite 500, Deerfield,
IL 60015-2547, U.S.A.
Tel: (847)945-1500 Fax: (847)945-1044

Denver, CO

8400 E, Prentice Englewood, CO 80111, U.S.A.
Tel: (303)220-9848 Fax: (303)220-9856

Edison, NJ

2035 Lincoln Hwy. Ste. #3000, Edison
NJ 08817, U.S.A.
Tel: (908)248-8070 Fax: (908)248-8030

Irvine, CA

2 Venture Plaza, Suite 500, Irvine,
CA 92718, U.S.A.
Tel: (714)453-0224 Fax: (714)453-0125

Microelectronics Center-Sunnyvale, CA

1220 Midas Way, Sunnyvale,
CA 94088-3509, U.S.A.
Tel: (408)739-0560 Fax: (408)746-0577

Norcross, GA(Atlanta)

655 Engineering Dr. #160, Norcross,
GA 30092, U.S.A.
Tel: (404)368-0203 Fax: (404)368-0075

Richardson, TX(Dallas)

777 East Campbell Rd., Suite 650, Richardson,
TX 75081, U.S.A.
Tel: (214)480-0470 Fax: (214)235-4114

Wakefield, MA(Boston)

401 Edgewater Place, Suite #360, Wakefield,
Essex, MA 01880-6229, U.S.A.
Tel: (617)224-0074 Fax: (617)224-1095

San Jose Engineering Center, CA

1060 Rincon Circle, San Jose,
CA 95131, U.S.A.
Tel: (408)456-8900 Fax: (408)456-8910

Toshiba Electronics Europe GmbH**Düsseldorf Head Office**

Hansaallee 181, D-40549 Düsseldorf
Germany
Tel: (0211)5296-0 Fax: (0211)5296-400

München Office

Büro München Hofmannstrasse 52,
D-81378, München, Germany
Tel: (089)748595-0 Fax: (089)748595-42

Toshiba Electronics France SARL

Immeuble Robert Schumann 3 Rue de Rome,
F-93561, Rosny-Sous-Bois, Cedex, France
Tel: (1)48-12-48-12 Fax: (1)48-94-51-15

Toshiba Electronics Italiana S.R.L.

Centro Direzionale Colleoni
Palazzo Perseo Ingr. 2-Piano 6,
Via Paracelso n.12,
1-20041 Agrate Brianza Milan, Italy
Tel: (039)68701 Fax: (039)6870205

Toshiba Electronics España, S.A.

Parque Empresarial San Fernando Edificio Europa,
1ª Planta, ES-28831 Madrid, Spain
Tel: (91)660-6700 Fax: (91)660-6799

Toshiba Electronics(UK) Limited

Riverside Way, Camberley Surrey,
GU15 3YA, U.K.
Tel: (01276)69-4600 Fax: (01276)69-4800

Toshiba Electronics Scandinavia AB

Gustavslundsvägen 12, 2nd Floor
S-161 15 Bromma, Sweden
Tel: (08)704-0900 Fax: (08)80-8459

**Toshiba Electronics Asia
(Singapore) Pte. Ltd.**

Singapore Head Office
438B Alexandra Road, #06-08/12 Alexandra
Technopark, Singapore 119968
Tel: (278)5252 Fax: (271)5155, (270)6056

Bangkok Office

135 Moo 5 Bangkadi Industrial Park, Tivanon Rd.,
Bangkadi Amphur Muang Pathumthani 12000, Thailand
Tel: (2)501-1635 Fax: (2)501-1638

**Toshiba Electronics Trading
(Malaysia)Sdn. Bhd.**

Kuala Lumpur Head Office
Suite W1203, Wisma Conplant, No.2,
Jalan SS 16/4, Subang Jaya, 47500 Petaling Jaya,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: (3)731-6311 Fax: (3)731-6307

Penang Office

Suite 13-1, 13th Floor, Menard Penang Garden,
42-A, Jalan Sultan Ahmad Shah,
100 50 Penang, Malaysia
Tel: 4-226-8523 Fax: 4-226-8515

Toshiba Electronics Asia, Ltd.**Hong Kong Head Office**

Level 11, Top Glory Insurance Building,
Grand Century Place,
No.193, Prince Edward Road West,
Mong Kok, Kowloon, Hong Kong
Tel: 2375-6111 Fax: 2375-0969

Seoul Branch

14/F, KEC B/D, 257-7 Yangjae-dong,
Secho-ku, Seoul, Korea
Tel: (02)589-4334 Fax: (02)589-4302

Seoul Branch, Gumi Office

6/F, Ssangyong Investment Securities B/D,
56 Songjung-Dong, Gumi City
Kyeongbuk, Korea
Tel: (0645)456-7613-6 Fax: (0546)456-7617

Beijing Office

Rm 714, Beijing Fortune Building,
No.5 Dong San Huan Bei-Lu, Chao Yang District,
Beijing, 100004, China
Tel: (010)6590-8795 Fax: (010)6590-8791

Chengdu Office

Unit F, 18/F, 42 Wenwu Road
Xinhua Avenue, Chengdu, 610017, China
Tel: (028)675-1773 Fax: (028)675-1065

Shenzhen Office

Rm 3010-3012, Office Tower Shun Hing Square,
Di Wang Commercial Centre, 333 ShenNan
East Road, Shenzhen, 518008, China
Tel: (0755)246-1582 Fax: (0755)246-1581

**Toshiba Technology Development
(Shanghai) Co., Ltd.**

23F, Shanghai Senmao International Building, 101
Yin Cheng East Road, Pudong New Area, Shanghai,
200120, China
Tel: (021)6841-0666 Fax: (021)6841-5002

Tsurong Xiamen Xiangyu Trading Co., Ltd.

8N, Xiamen SEZ Bonded Goods Market Building,
Xiamen, Fujian, 361006, China
Tel: (0592)562-3798 Fax: (0592)562-3799

**Toshiba Electronics
Taiwan Corporation****Taipei Head Office**

17F, Union Enterprise Plaza Bldg. 109
Min Sheng East Rd., Section 3, 0446 Taipei,
Taiwan
Tel: (02)514-9988 Fax: (02)514-7892

Kaohsiung Office

16F-A, Chung-Cheng Bldg., Chung-Cheng 3Rd.,
80027, Kaohsiung, Taiwan
Tel: (07)222-0826 Fax: (07)223-0046

**Toshiba Display Devices
(Thailand) Co., Ltd.**

142 Moo 5, Bangkadi Industrial Park,
Tivanon Rd., Pathumthani 12000, Thailand
Tel: (2)501-1200 Fax: (2)501-1209

The information contained herein is subject to change without notice.

The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringements of patents or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of TOSHIBA or others.

TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

Gallium arsenide (GaAs) is a substance used in some of the products described in this documents. GaAs dust and fumes are toxic. Do not break, cut or pulverize the products, or use chemicals to dissolve them. When disposing of the products, follow the appropriate regulations. Do not dispose of the products with other industrial waste or with domestic garbage.

Website: <http://doc.semicon.toshiba.co.jp/indexus.htm>

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In Touch with Tomorrow
TOSHIBA

TOSHIBA CORPORATION

Electronic Devices Sales & Marketing Group

1-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo, 105-8001, Japan
Tel: (03)3457-3405 Fax: (03)5444-9324



PRESETTABLE BCD/DECADE UP/DOWN COUNTER

PRESETTABLE 4-BIT BINARY UP/DOWN COUNTER

SN54/74LS192
SN54/74LS193

**PRESETTABLE BCD/DECADE
UP/DOWN COUNTER**
**PRESETTABLE 4-BIT BINARY
UP/DOWN COUNTER**
LOW POWER SCHOTTKY

The SN54/74LS192 is an UP/DOWN BCD Decade (8421) Counter and the SN54/74LS193 is an UP/DOWN MODULO-16 Binary Counter. Separate Count Up and Count Down Clocks are used and in either counting mode the circuits operate synchronously. The outputs change state synchronously with the LOW-to-HIGH transitions on the clock inputs.

Separate Terminal Count Up and Terminal Count Down outputs are provided which are used as the clocks for a subsequent stages without extra logic, thus simplifying multistage counter designs. Individual preset inputs allow the circuits to be used as programmable counters. Both the Parallel Load (PL) and the Master Reset (MR) inputs asynchronously override the clocks.

- Low Power . . . 95 mW Typical Dissipation
- High Speed . . . 40 MHz Typical Count Frequency
- Synchronous Counting
- Asynchronous Master Reset and Parallel Load
- Individual Preset Inputs
- Cascading Circuitry Internally Provided
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 620-09**

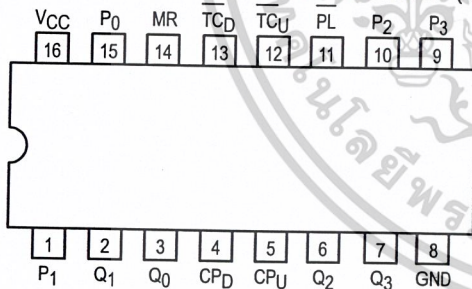
**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 648-08**

**D SUFFIX
SOIC
CASE 751B-03**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic
SN74LSXXXN Plastic
SN74LSXXXD SOIC

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



NOTE:
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

PIN NAMES

CPU	Count Up Clock Pulse Input
CPD	Count Down Clock Pulse Input
MR	Asynchronous Master Reset (Clear) Input
PL	Asynchronous Parallel Load (Active LOW) Input
P _n	Parallel Data Inputs
Q _n	Flip-Flop Outputs (Note b)
TCD	Terminal Count Down (Borrow) Output (Note b)
TCU	Terminal Count Up (Carry) Output (Note b)

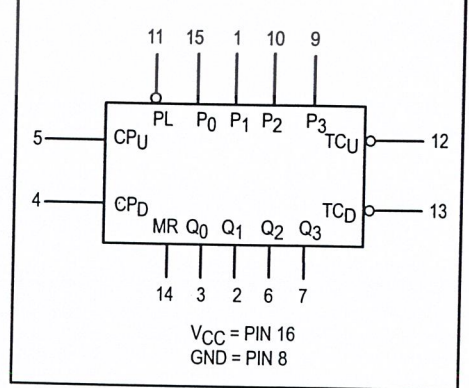
LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
CPU	0.5 U.L.	0.25 U.L.
CPD	0.5 U.L.	0.25 U.L.
MR	0.5 U.L.	0.25 U.L.
PL	0.5 U.L.	0.25 U.L.
P _n	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q _n	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
TCD	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
TCU	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

NOTES:

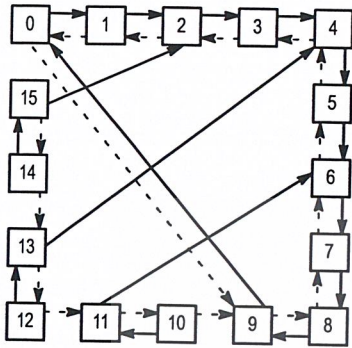
- a. 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μA HIGH/1.6 mA LOW.
b. The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

LOGIC SYMBOL



SN54/74LS192 • SN54/74LS193

STATE DIAGRAMS



LS192

LS192 LOGIC EQUATIONS FOR TERMINAL COUNT

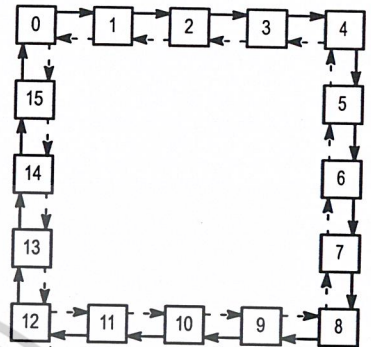
$$\overline{TCU} = Q_0 \cdot Q_3 \cdot \overline{CPU}$$

$$TCD = Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot CPD$$

LS193 LOGIC EQUATIONS FOR TERMINAL COUNT

$$\overline{TCU} = Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \overline{CPU}$$

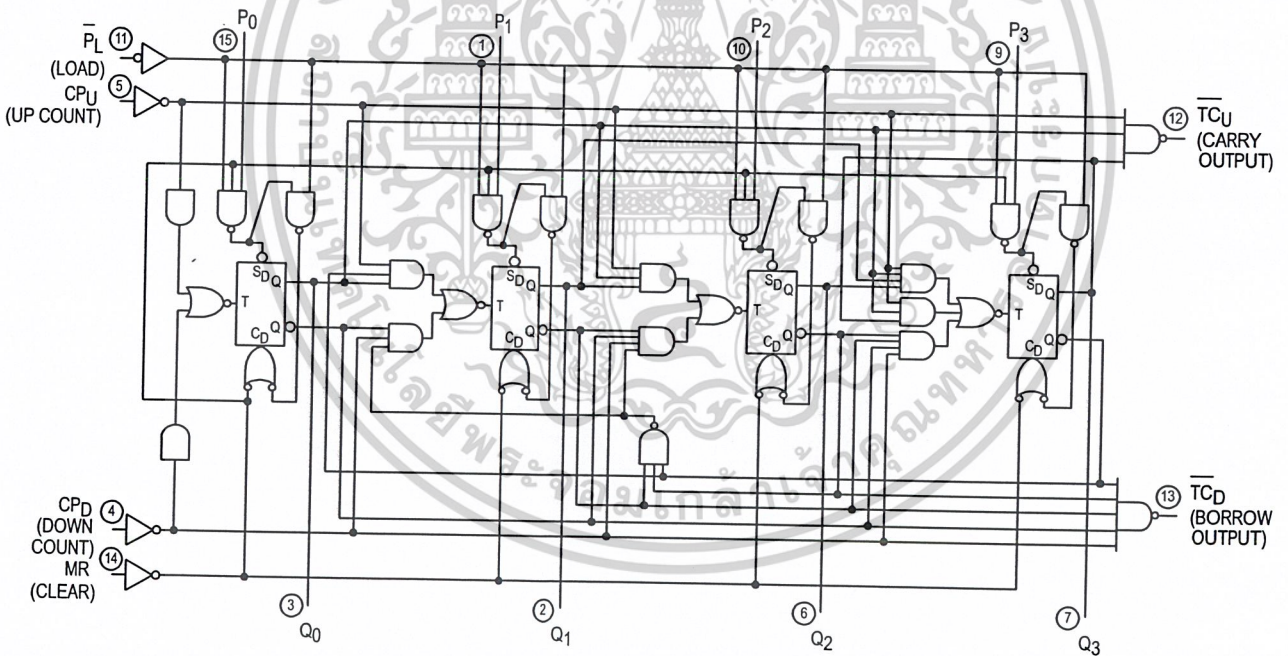
$$TCD = Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot CPD$$



LS193

COUNT UP ———
COUNT DOWN - - - -

LOGIC DIAGRAMS

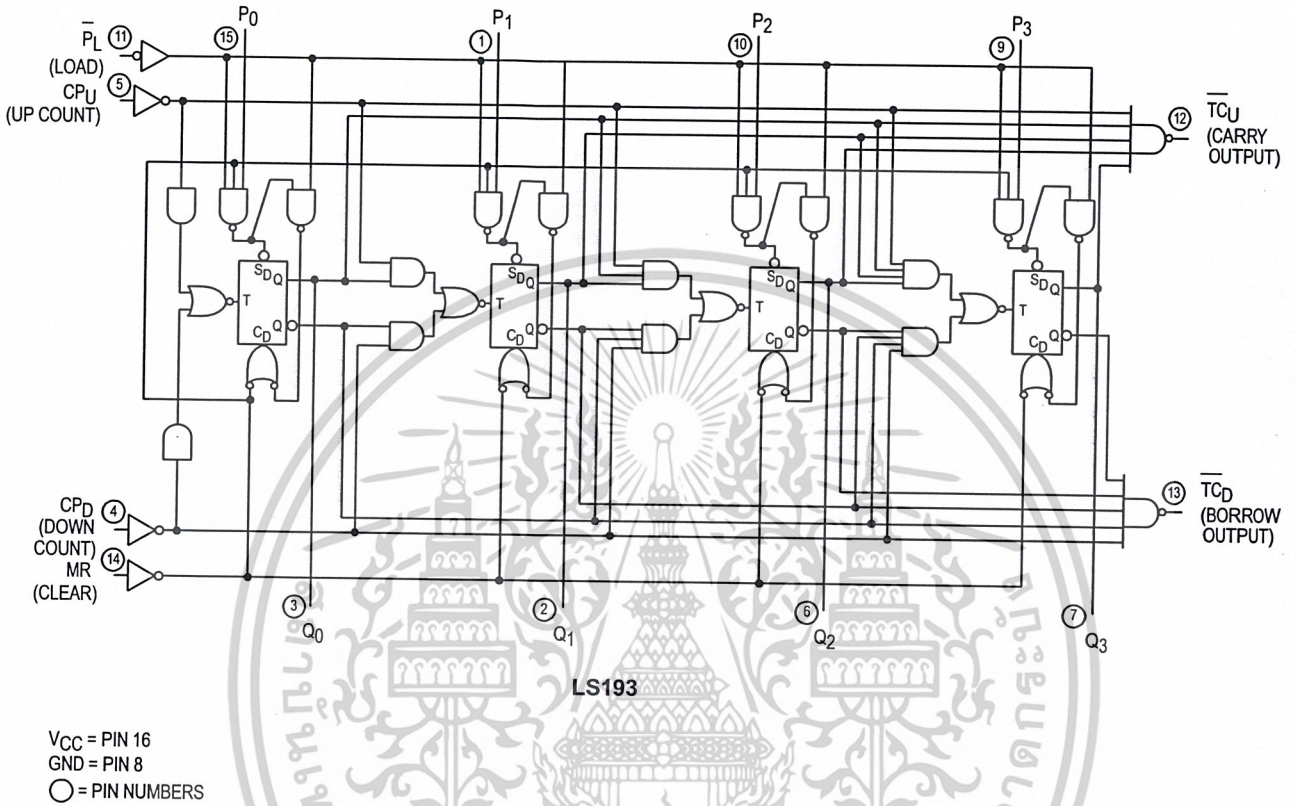


LS192

VCC = PIN 16
GND = PIN 8
○ = PIN NUMBERS

SN54/74LS192 • SN54/74LS193

LOGIC DIAGRAMS (continued)



SN54/74LS192 • SN54/74LS193

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The LS192 and LS193 are Asynchronously Presettable Decade and 4-Bit Binary Synchronous UP/DOWN (Reversible) Counters. The operating modes of the LS192 decade counter and the LS193 binary counter are identical, with the only difference being the count sequences as noted in the State Diagrams. Each circuit contains four master/slave flip-flops, with internal gating and steering logic to provide master reset, individual preset, count up and count down operations.

Each flip-flop contains JK feedback from slave to master such that a LOW-to-HIGH transition on its T input causes the slave, and thus the Q output to change state. Synchronous switching, as opposed to ripple counting, is achieved by driving the steering gates of all stages from a common Count Up line and a common Count Down line, thereby causing all state changes to be initiated simultaneously. A LOW-to-HIGH transition on the Count Up input will advance the count by one; a similar transition on the Count Down input will decrease the count by one. While counting with one clock input, the other should be held HIGH. Otherwise, the circuit will either count by twos or not at all, depending on the state of the first flip-flop, which cannot toggle as long as either Clock input is LOW.

The Terminal Count Up ($\overline{TC_U}$) and Terminal Count Down ($\overline{TC_D}$) outputs are normally HIGH. When a circuit has reached the maximum count state (9 for the LS192, 15 for the LS193), the next HIGH-to-LOW transition of the Count Up Clock will cause $\overline{TC_U}$ to go LOW. $\overline{TC_U}$ will stay LOW until CP_U goes HIGH again, thus effectively repeating the Count Up Clock, but delayed by two gate delays. Similarly, the $\overline{TC_D}$ output will go LOW when the circuit is in the zero state and the Count Down Clock goes LOW. Since the TC outputs repeat the clock waveforms, they can be used as the clock input signals to the next higher order circuit in a multistage counter.

Each circuit has an asynchronous parallel load capability permitting the counter to be preset. When the Parallel Load (PL) and the Master Reset (MR) inputs are LOW, information present on the Parallel Data inputs (P_0, P_3) is loaded into the counter and appears on the outputs regardless of the conditions of the clock inputs. A HIGH signal on the Master Reset input will disable the preset gates, override both Clock inputs, and latch each Q output in the LOW state. If one of the Clock inputs is LOW during and after a reset or load operation, the next LOW-to-HIGH transition of that Clock will be interpreted as a legitimate signal and will be counted.

MODE SELECT TABLE

MR	PL	CP_U	CP_D	MODE
H	X	X	X	Reset (Asyn.)
L	L	X	X	Preset (Asyn.)
L	H	H	H	No Change
L	H	\uparrow	H	Count Up
L	H	H	\downarrow	Count Down

L = LOW Voltage Level
 H = HIGH Voltage Level
 X = Don't Care
 \uparrow = LOW-to-HIGH Clock Transition

SN54/74LS192 • SN54/74LS193

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V _{OL}	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA
		74	0.35	0.5	V	I _{OL} = 8.0 mA
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current			34	mA	V _{CC} = MAX

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
f _{MAX}	Maximum Clock Frequency	25	32		MHz	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF
t _{PLH} t _{PHL}	C _{PU} Input to T _{CU} Output		17	26	ns	
			18	24		
t _{PLH} t _{PHL}	C _{PD} Input to T _{CD} Output		16	24	ns	
			15	24		
t _{PLH} t _{PHL}	Clock to Q		27	38	ns	
			30	47		
t _{PLH} t _{PHL}	PL to Q		24	40	ns	
			25	40		
t _{PHL}	MR Input to Any Output		23	35	ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน FAST AND LS TTL DATA นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS192 • SN54/74LS193

AC SETUP REQUIREMENTS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t_W	Any Pulse Width	20			ns	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$
t_S	Data Setup Time	20			ns	
t_H	Data Hold Time	5.0			ns	
t_{rec}	Recovery Time	40			ns	

DEFINITIONS OF TERMS

SETUP TIME (t_S) is defined as the minimum time required for the correct logic level to be present at the logic input prior to the PL transition from LOW-to-HIGH in order to be recognized and transferred to the outputs.

HOLD TIME (t_H) is defined as the minimum time following the PL transition from LOW-to-HIGH that the logic level must be maintained at the input in order to ensure continued recogni-

tion. A negative HOLD TIME indicates that the correct logic level may be released prior to the PL transition from LOW-to-HIGH and still be recognized.

RECOVERY TIME (t_{rec}) is defined as the minimum time required between the end of the reset pulse and the clock transition from LOW-to-HIGH in order to recognize and transfer HIGH data to the Q outputs.



SN54/74LS192 • SN54/74LS193

AC WAVEFORMS

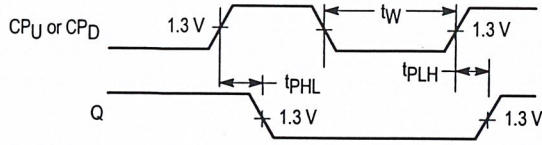


Figure 1

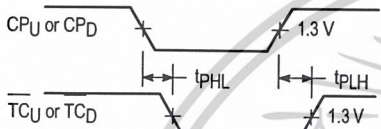
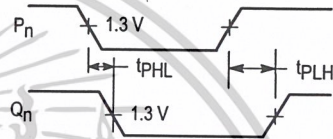


Figure 2



NOTE: PL = LOW

Figure 3

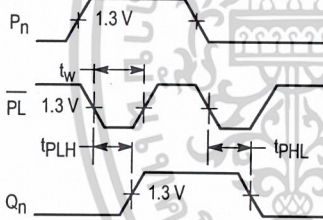


Figure 4

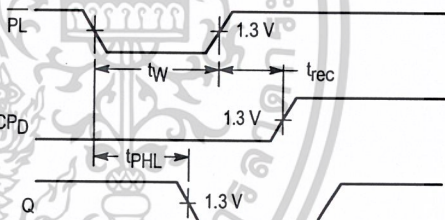
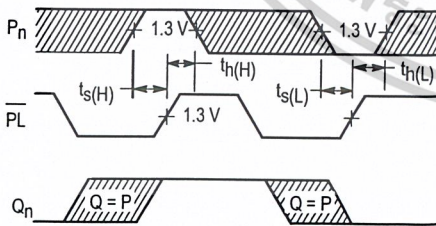


Figure 5



* The shaded areas indicate when the input is permitted to change for predictable output performance

Figure 6

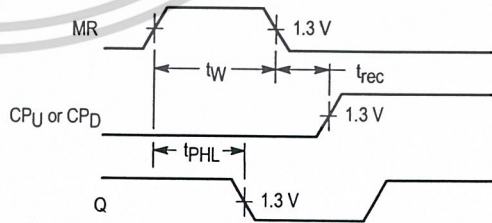


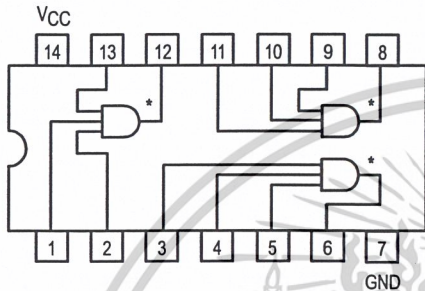
Figure 7



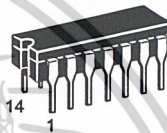
TRIPLE 3-INPUT AND GATE

SN54/74LS15

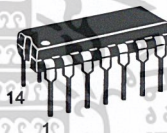
**TRIPLE 3-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



*OPEN COLLECTOR OUTPUTS



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-08**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
V _{OH}	Output Voltage — High	54, 74			5.5	V
I _{OL}	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	

SN54/74LS15

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
I _{OH}	Output HIGH Current	54, 74		100	μA	V _{CC} = MIN, V _{OH} = MAX
V _{OL}	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA V _{CC} = V _{CC} MIN, V _{IN} = V _{IL} or V _{IH} per Truth Table
		74	0.35	0.5	V	
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH Total, Output LOW			3.6	mA	V _{CC} = MAX
				6.6		

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		20	35	ns	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF, R _L = 2.0 kΩ
t _{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		17	35	ns	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5474, SN54LS74A, SN54S74 SN7474, SN74LS74A, SN74S74

DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

SDLS119 - DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

- Package Options Include Plastic "Small Outline" Packages, Ceramic Chip Carriers and Flat Packages, and Plastic and Ceramic DIPs
- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

description

These devices contain two independent D-type positive-edge-triggered flip-flops. A low level at the preset or clear inputs sets or resets the outputs regardless of the levels of the other inputs. When preset and clear are inactive (high), data at the D input meeting the setup time requirements are transferred to the outputs on the positive-going edge of the clock pulse. Clock triggering occurs at a voltage level and is not directly related to the rise time of the clock pulse. Following the hold time interval, data at the D input may be changed without affecting the levels at the outputs.

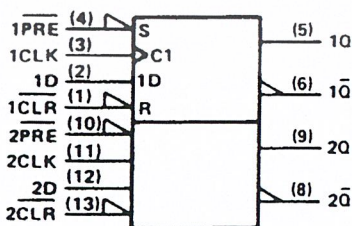
The SN54' family is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN74' family is characterized for operation from 0°C to 70°C .

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
PRE	CLR	CLK	D	Q	\bar{Q}
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H [†]	H [†]
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	\bar{Q}_0

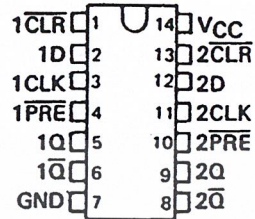
[†] The output levels in this configuration are not guaranteed to meet the minimum levels in V_{OH} if the lows at preset and clear are near V_{IL} maximum. Furthermore, this configuration is nonstable; that is, it will not persist when either preset or clear returns to its inactive (high) level.

logic symbol[‡]

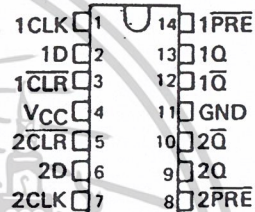


[‡]This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

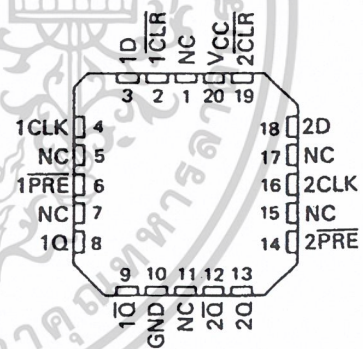
SN5474 . . . J PACKAGE
SN54LS74A, SN54S74 . . . J OR W PACKAGE
SN7474 . . . N PACKAGE
SN74LS74A, SN74S74 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN5474 . . . W PACKAGE
(TOP VIEW)

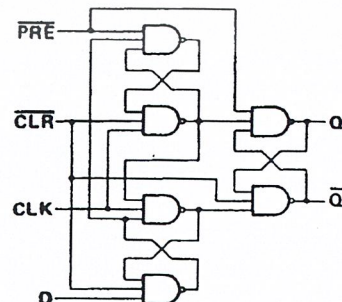


SN54LS74A, SN54S74 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

logic diagram (positive logic)



Copyright © 1988, Texas Instruments Incorporated

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคคลที่ขายหรือซื้อสินค้าของ TI ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5474, SN54LS74A, SN54S74

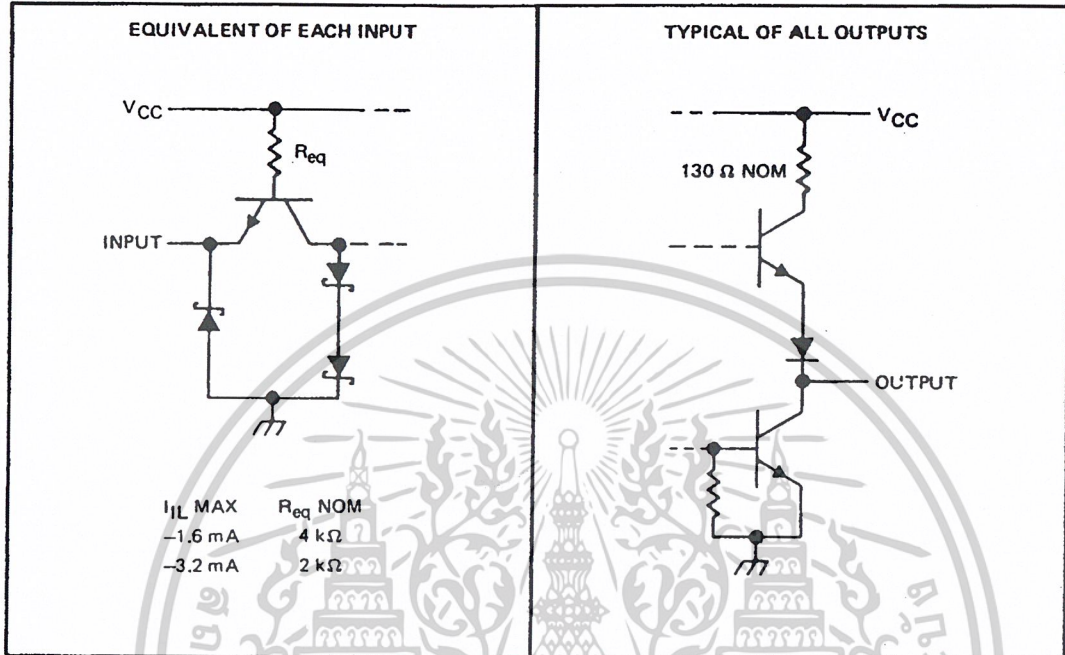
SN7474, SN74LS74A, SN74S74

DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

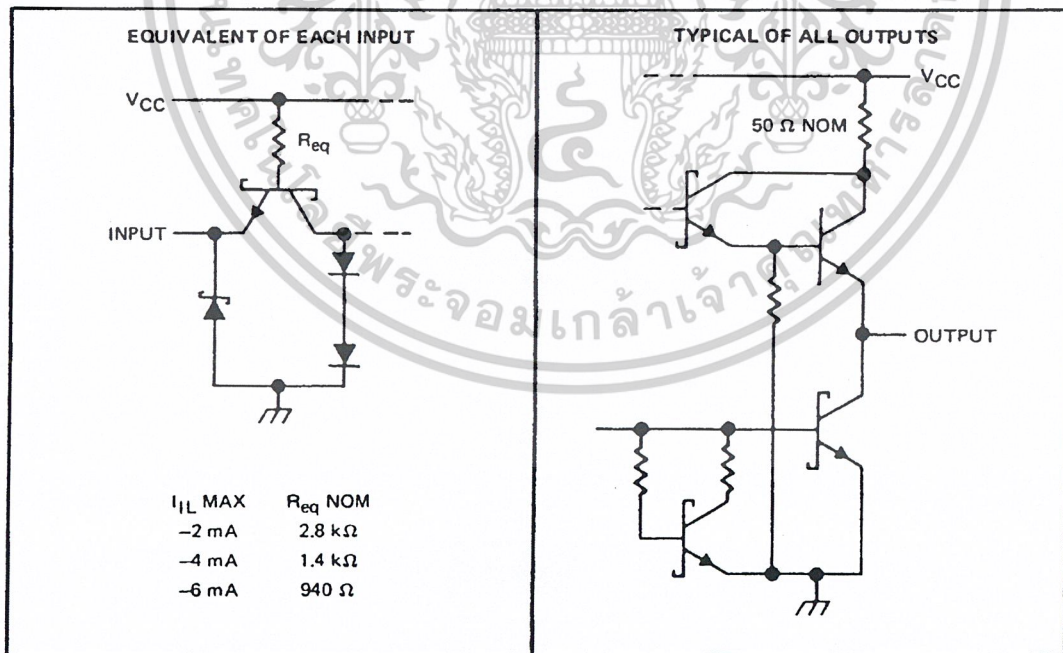
SDLS119 - DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

schematics of inputs and outputs

74



'S74



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5474, SN54LS74A, SN54S74

SN7474, SN74LS74A, SN74S74

DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

SDLS119 - DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

recommended operating conditions

	SN5474			SN7474			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH} High-level input voltage	2			2			V
V _{IL} Low-level input voltage	0.8			0.8			V
I _{OH} High-level output current	-0.4			-0.4			mA
I _{OL} Low-level output current	16			16			mA
t _w Pulse duration	CLK high		30	30		ns	
	CLK low		37	37			
	PRE or CLR low		30	30			
t _{su} Input setup time before CLK †	20			20			ns
t _h Input hold time-data after CLK †	5			5			ns
T _A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN5474		SN7474		UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	
V _{IK}	V _{CC} = MIN, I _I = -12 mA			-1.5		V
V _{OH}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -0.4 mA	2.4	3.4	2.4	3.4	V
V _{OL}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = 0.8 V, I _{OL} = 16 mA	0.2 0.4		0.2 0.4		V
I _I	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V	1		1		mA
I _{IH}	D	40		40		μA
	CLR	120		120		
	All Other	80		80		
I _{IL}	D	-1.6		-1.6		mA
	PRE‡	-1.6		-1.6		
	CLR‡	-3.2		-3.2		
	CLK	-3.2		-3.2		
I _{os} †	V _{CC} = MAX	-20	-57	-18	-57	mA
I _{CC} #	V _{CC} = MAX, See Note 2	8.5 15		8.5 15		mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ Clear is tested with preset high and preset is tested with clear high.

¶ Not more than one output should be shown at a time.

Average per flip-flop.

NOTE 2: With all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and Q̄ outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 3)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{max}			R _L = 400 Ω, C _L = 15 pF	15	25		MHz
t _{PLH}	PRE or CLR	Q or Q̄				25	ns
t _{PHL}						40	ns
t _{PLH}	CLK	Q or Q̄			14	25	ns
t _{PHL}						20	40

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



SN5474, SN54LS74A, SN54S74 SN7474, SN74LS74A, SN74S74

DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

SDLS119 - DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

recommended operating conditions

		SN54LS74A			SN74LS74A			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V _{IL}	Low-level input voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High-level output current			-0.4			-0.4	mA
I _{OL}	Low-level output current			4			8	mA
f _{clock}	Clock frequency	0	25		0	25		MHz
t _w	Pulse duration	CLK high	25		25			ns
		PRE or CLR low	25		25			
t _{su}	Setup time-before CLK †	High-level data	20		20			ns
		Low-level data	20		20			
t _h	Hold time-data after CLK †	5			5			ns
T _A	Operating free-air temperature	-55	125		0	70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN54LS74A		SN74LS74A		UNIT		
		MIN	TYP ‡	MAX	MIN		TYP ‡	MAX
V _{IK}	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA			-1.5		-1.5	V	
V _{OH}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = MAX, I _{OH} = -0.4 mA	2.5	3.4		2.7	3.4	V	
V _{OL}	V _{CC} = MIN, V _{IL} = MAX, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 4 mA		0.25	0.4		0.25	0.4	V
	V _{CC} = MIN, V _{IL} = MAX, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 8 mA					0.35	0.5	
I _I	D or CLK			0.1		0.1	mA	
	CLR or PRE	V _{CC} = MAX, V _I = 7 V		0.2		0.2		
I _{IH}	D or CLK			20		20	μA	
	CLR or PRE	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7 V		40		40		
I _{IL}	D or CLK			-0.4		-0.4	mA	
	CLR or PRE	V _{CC} = MAX, V _I = 0.4 V		-0.8		-0.8		
I _{OS} §	V _{CC} = MAX, See Note 4	-20		-100	-20		-100	mA
I _{CC} (Total)	V _{CC} = MAX, See Note 2		4	8		4	8	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short circuit should not exceed one second.

NOTE 2: With all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and Q̄ outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.

NOTE 4: For certain devices where state commutation can be caused by shorting an output to ground, an equivalent test may be performed with V_O = 2.25 V and 2.125 V for the 54 family and the 74 family, respectively, with the minimum and maximum limits reduced to one half of their stated values.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 3)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{max}				25	33		MHz
t _{PLH}	CLR, PRE or CLK	Q or Q̄	R _L = 2 kΩ, C _L = 15 pF		13	25	ns
t _{PHL}					25	40	

Note 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบรรดาผู้ขายปลีกและผู้ค้าส่งเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5474, SN54LS74A, SN54S74

SN7474, SN74LS74A, SN74S74

DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

SDLS119 - DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

recommended operating conditions

		SN54S74			SN74S74			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High-level input voltage	2						V
V _{IL}	Low-level input voltage	0.8						V
I _{OH}	High-level output current	-1			-1			mA
I _{OL}	Low-level output current	20			20			mA
t _w	Pulse duration	CLK high		6		6		ns
		CLK low		7.3		7.3		
		CLR or PRE low		7		7		
t _{su}	Setup time, before CLK ↑	High-level data		3		3		ns
		Low-level data		3		3		
t _h	Input hold time - data after CLK ↑	2			2			ns
T _A	Operating free-air temperature	-55		125		0 70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†	SN54S74			SN74S74			UNIT
			MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V _{IK}		V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA	-1.2			-1.2			V
V _{OH}		V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -1 mA	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V _{OL}		V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = 0.8 V, I _{OL} = 20 mA	0.5			0.5			V
I _I		V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V	1			1			mA
I _{IH}	D	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7 V	50			50			μA
	CLR		150			150			
	PRE or CLK		100			100			
I _{IL}	D	V _{CC} = MAX, V _I = 0.5 V	-2			-2			mA
	CLR†		-6			-6			
	PRE†		-4			-4			
	CLK		-4			-4			
I _{OS} ‡		V _{CC} = MAX	-40	-100		-40	-100	mA	
I _{CC} #		V _{CC} = MAX, See Note 2	15 25		15 25		15 25		mA

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short circuit should not exceed one second.

¶Clear is tested with preset high and preset is tested with clear high.

#Average per flip-flop.

NOTE 2: With all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and Q̄ outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 3)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{max}				75	110		MHz
t _{PLH}	PRE or CLR	Q or Q̄	R _L = 280 Ω, C _L = 15 pF		4	6	ns
t _{PHL}	PRE or CLR (CLK high)	Q̄ or Q		9	13.5		ns
	PRE or CLR (CLK low)			5	8		
t _{PLH}	CLK	Q or Q̄		6	9		ns
t _{PHL}				6	9		ns

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DM74LS373/DM74LS374

3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

General Description

These 8-bit registers feature totem-pole 3-STATE outputs designed specifically for driving highly-capacitive or relatively low-impedance loads. The high-impedance state and increased high-logic level drive provide these registers with the capability of being connected directly to and driving the bus lines in a bus-organized system without need for interface or pull-up components. They are particularly attractive for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

The eight latches of the DM54/74LS373 are transparent D-type latches meaning that while the enable (G) is high the Q outputs will follow the data (D) inputs. When the enable is taken low the output will be latched at the level of the data that was set up.

The eight flip-flops of the DM54/74LS374 are edge-triggered D-type flip flops. On the positive transition of the clock, the Q outputs will be set to the logic states that were set up at the D inputs.

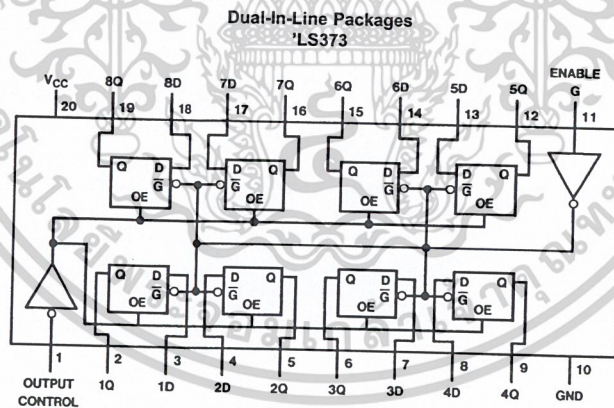
A buffered output control input can be used to place the eight outputs in either a normal logic state (high or low logic levels) or a high-impedance state. In the high-impedance state the outputs neither load nor drive the bus lines significantly.

The output control does not affect the internal operation of the latches or flip-flops. That is, the old data can be retained or new data can be entered even while the outputs are off.

Features

- Choice of 8 latches or 8 D-type flip-flops in a single package
- 3-STATE bus-driving outputs
- Full parallel-access for loading
- Buffered control inputs
- P-N-P inputs reduce D-C loading on data lines

Connection Diagrams



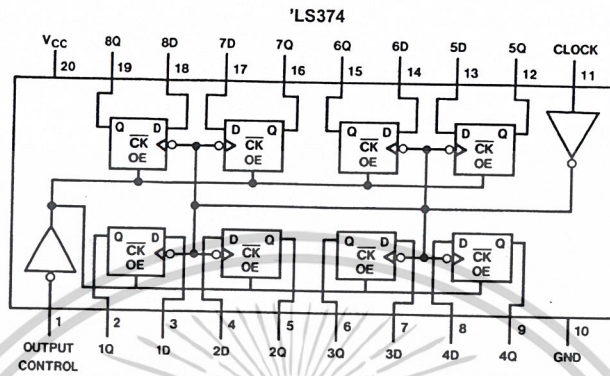
DS006431-1

Order Number DM54LS373J, DM54LS373W, DM74LS373N or DM74LS373WM
See Package Number J20A, M20B, N20A or W20A

DM74LS373/DM74LS374 3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams (Continued)



DS006431-2

Order Number DM54LS374J, DM54LS374W, DM74LS374WM or DM74LS374N
See Package Number J20A, M20B, N20A or W20A

Function Tables

DM54/74LS373

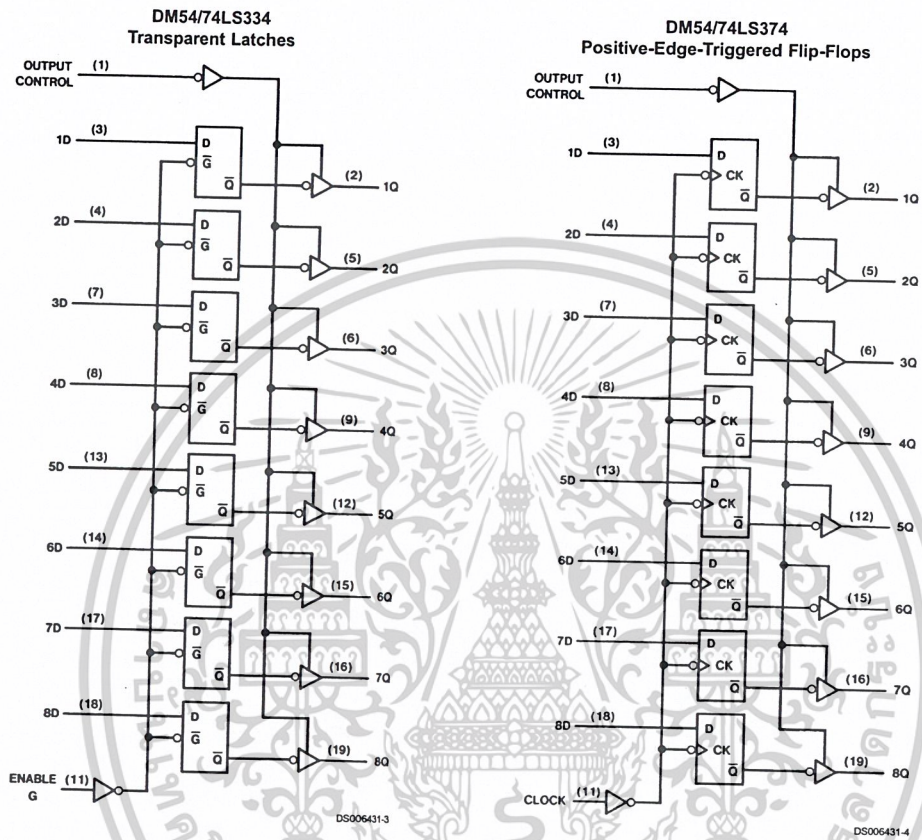
Output Control	Enable G	D	Output
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q ₀
H	X	X	Z

H = High Level (Steady State), L = Low Level (Steady State), X = Don't Care
↑ = Transition from low-to-high level, Z = High Impedance State
Q₀ = The level of the output before steady-state input conditions were established.

DM54/74LS374

Output Control	Clock	D	Output
L	↑	H	H
L	↑	L	L
L	L	X	Q ₀
H	X	X	Z

Logic Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	7V	DM54LS	-55°C to +125°C
Input Voltage	7V	DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C		

Operating Free Air Temperature Range

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS373			DM74LS373			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High Level Output Current			-1			-2.6	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			12			24	mA
t _w	Pulse Width (Note 3)	Enable High	15		15			ns
		Enable Low	15		15			
t _{SU}	Data Setup Time (Notes 2, 3)	5↓			5↓			ns
t _H	Data Hold Time (Notes 2, 3)	20↓			20↓			ns
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Note 2: The symbol (↓) indicates the falling edge of the clock pulse is used for reference.

Note 3: T_A = 25°C and V_{CC} = 5V.

'LS373 Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 4)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	High Level Output Voltage	V _{CC} = Min I _{OH} = Max V _{IL} = Max V _{IH} = Min	DM54	2.4	3.4	V
			DM74	2.4	3.1	
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min I _{OL} = Max V _{IL} = Max V _{IH} = Min	DM54		0.25	V
			DM74		0.35	
			DM74		0.4	
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.4	mA
I _{OZH}	Off-State Output Current with High Level Output Voltage Applied	V _{CC} = Max, V _O = 2.7V V _{IH} = Min, V _{IL} = Max			20	μA
I _{OZL}	Off-State Output Current with Low Level Output Voltage Applied	V _{CC} = Max, V _O = 0.4V V _{IH} = Min, V _{IL} = Max			-20	μA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 5)	DM54	-20	-100	mA
			DM74	-50	-225	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'LS373 Electrical Characteristics (Continued)

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 4)	Max	Units
I_{CC}	Supply Current	$V_{CC} = \text{Max}$, $OC = 4.5V$, D_n , Enable = GND		24	40	mA

'LS373 Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ C$

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	$R_L = 667\Omega$				Units
			$C_L = 45\text{ pF}$		$C_L = 150\text{ pF}$		
			Min	Max	Min	Max	
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	Data to Q		18		26	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	Data to Q		18		27	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	Enable to Q		30		38	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	Enable to Q		30		36	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to High Level Output	Output Control to Any Q		28		36	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to Low Level Output	Output Control to Any Q		36		50	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from High Level Output (Note 6)	Output Control to Any Q		20			ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from Low Level Output (Note 6)	Output Control to Any Q		25			ns

Note 4: All typicals are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$.

Note 5: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Note 6: $C_L = 5\text{ pF}$.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS374			DM74LS374			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V_{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V_{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I_{OH}	High Level Output Current			-1			-2.6	mA
I_{OL}	Low Level Output Current			12			24	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recommended Operating Conditions (Continued)

Symbol	Parameter		DM54LS374			DM74LS374			Units
			Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
t_w	Pulse Width (Note 8)	Clock High	15			15			ns
		Clock Low	15			15			
t_{su}	Data Setup Time (Notes 7, 8)		20↑			20↑			ns
t_H	Data Hold Time (Notes 7, 8)		1↑			1↑			ns
T_A	Free Air Operating Temperature		-55		125	0		70	°C

Note 7: The symbol (↑) indicates the rising edge of the clock pulse is used for reference.

Note 8: $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_{CC} = 5\text{V}$.

'LS374 Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 9)	Max	Units
V_i	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_i = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$ $I_{OH} = \text{Max}$	DM54	2.4	3.4	V
		$V_{IL} = \text{Max}$ $V_{IH} = \text{Min}$	DM74	2.4	3.1	
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$ $I_{OL} = \text{Max}$	DM54	0.25	0.4	V
		$V_{IL} = \text{Max}$ $V_{IH} = \text{Min}$	DM74	0.35	0.5	
		$I_{OL} = 12 \text{ mA}$ $V_{CC} = \text{Min}$	DM74	0.25	0.4	
I_i	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}, V_i = 7\text{V}$			0.1	mA
I_{IH}	High Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_i = 2.7\text{V}$			20	μA
I_{IL}	Low Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_i = 0.4\text{V}$			-0.4	mA
I_{OZH}	Off-State Output Current with High Level Output Voltage Applied	$V_{CC} = \text{Max}, V_o = 2.7\text{V}$ $V_{IH} = \text{Min}, V_{IL} = \text{Max}$			20	μA
I_{OZL}	Off-State Output Current with Low Level Output Voltage Applied	$V_{CC} = \text{Max}, V_o = 0.4\text{V}$ $V_{IH} = \text{Min}, V_{IL} = \text{Max}$			-20	μA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 10)	DM54	-50	-225	mA
			DM74	-50	-225	
I_{CC}	Supply Current	$V_{CC} = \text{Max}, D_n = \text{GND}, \text{OC} = 4.5\text{V}$		27	45	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'LS374 Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ C$

Symbol	Parameter	$R_L = 667\Omega$				Units
		$C_L = 45\text{ pF}$		$C_L = 150\text{ pF}$		
		Min	Max	Min	Max	
f_{MAX}	Maximum Clock Frequency	35		20		MHz
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output		28		32	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output		28		38	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to High Level Output		28		44	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to Low Level Output		28		44	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from High Level Output (Note 11)		20			ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from Low Level Output (Note 11)		25			ns

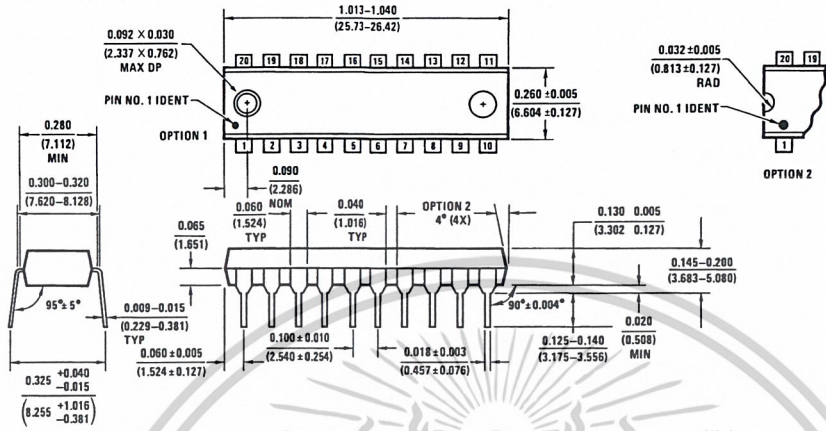
Note 9: All typicals are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$.

Note 10: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

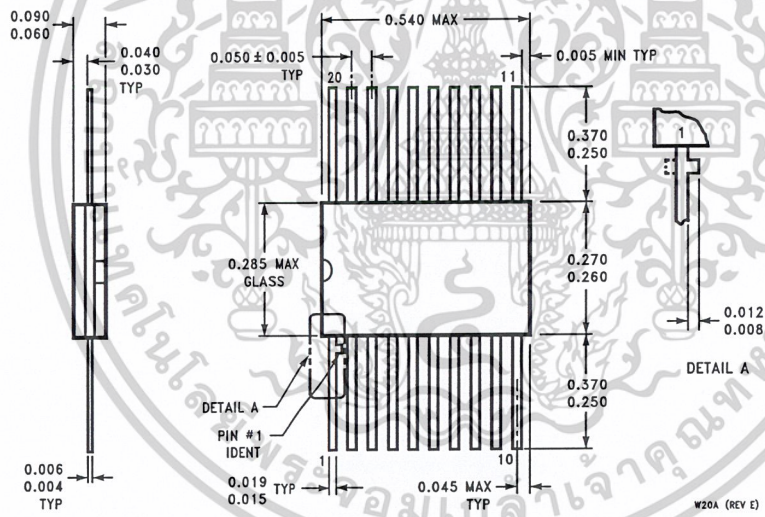
Note 11: $C_L = 5\text{ pF}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



20-Lead Molded Dual-In-Line Package (N)
 Order Number DM74LS373N and DM74LS374N
 Package Number N20A



20-Lead Ceramic Flat Package (W)
 Order Number DM54LS373W or DM54LS374W
 Package Number W20A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

Fairchild Semiconductor Corporation Americas Customer Response Center Tel: 1-888-522-5372	Fairchild Semiconductor Europe Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86 Email: europe.support@nsc.com Deutsch Tel: +49 (0) 8 141-35-0 English Tel: +44 (0) 1 793-85-68-56 Italy Tel: +39 (0) 2 57 5631	Fairchild Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: +852 2737-7200 Fax: +852 2314-0061	National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-3-5620-6175 Fax: 81-3-5620-6179
--	---	---	--

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

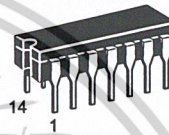
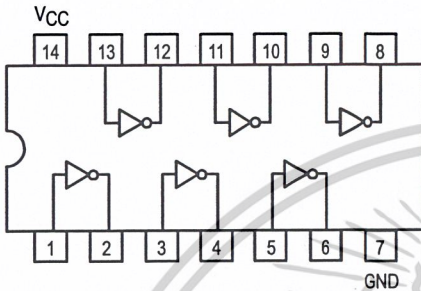


MOTOROLA

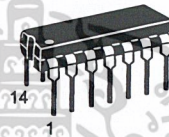
HEX INVERTER

SN54/74LS04

**HEX INVERTER
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS04

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V _{OL}	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA
		74	0.35	0.5	V	I _{OL} = 8.0 mA
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH Total, Output LOW			2.4	mA	V _{CC} = MAX
				6.6		

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		9.0	15	ns	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF
t _{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	15	ns	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

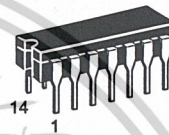
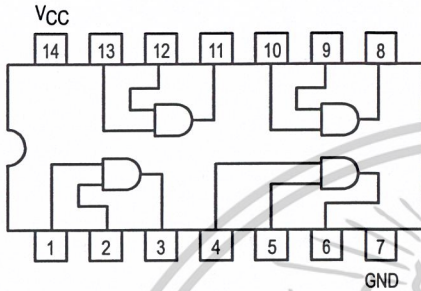


MOTOROLA

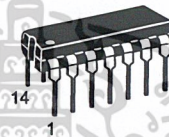
QUAD 2-INPUT AND GATE

SN54/74LS08

**QUAD 2-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ Ceramic
SN74LSXXN Plastic
SN74LSXXD SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS08

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V _{OL}	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA
		74	0.35	0.5	V	I _{OL} = 8.0 mA
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH Total, Output LOW			4.8	mA	V _{CC} = MAX
				8.8		

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		8.0	15	ns	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF
t _{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	20	ns	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

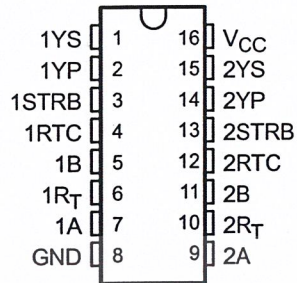
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

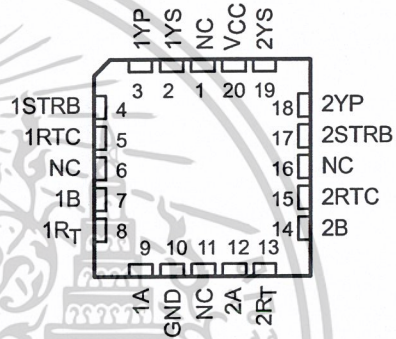
SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

- Choice of Open-Collector or Active Pullup (Totem-Pole) Outputs
- Single 5-V Supply
- Differential Line Operation
- Dual-Channel Operation
- TTL Compatible
- ± 15 -V Common-Mode Input Voltage Range
- Optional-Use Built-In 130- Ω Line-Terminating Resistor
- Individual Frequency-Response Controls
- Individual Channel Strobes
- Designed for Use With SN55113, SN75113, SN55114, and SN75114 Drivers
- Designed to Be Interchangeable With National DS9615 Line Receivers

SN55115 . . . J OR W PACKAGE
SN75115 . . . N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN55114 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

description

The SN55115 and SN75115 dual differential line receivers are designed to sense small differential signals in the presence of large common-mode noise. These devices give TTL-compatible output signals as a function of the differential input voltage. The open-collector output configuration permits the wire-ANDing of similar TTL outputs (such as SN5401/SN7401) or other SN55115/SN75115 line receivers. This permits a level of logic to be implemented without extra delay.

The output stages are similar to TTL totem-pole outputs, but with sink outputs, 1YS and 2YS, and the corresponding active pullup terminals, 1YP and 2YP, available on adjacent package pins. The frequency response and noise immunity may be provided by a single external capacitor. A strobe input is provided for each channel. With the strobe in the low level, the receiver is disabled and the outputs are forced to a high level.

The SN55115 is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN75115 is characterized for operation from 0°C to 70°C .

FUNCTION TABLE

STRB	DIFF INPUT (A AND B)	OUTPUT (YP AND YS TIED TOGETHER)
L	X	H
H	L	H
H	H	L

H = $V_I \geq V_{IH \text{ min}}$ or V_{ID} more positive than $V_{T+ \text{ max}}$

L = $V_I \leq V_{IL \text{ max}}$ or V_{ID} more negative than $V_{T- \text{ max}}$

X = irrelevant



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

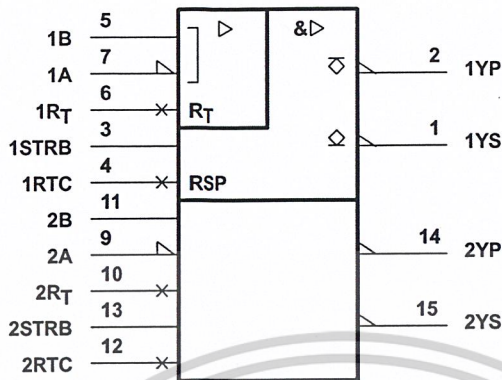
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

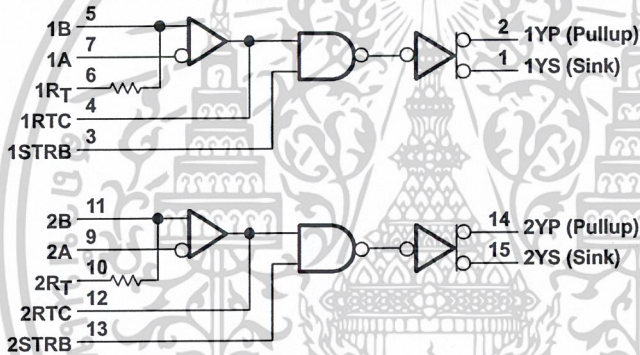
SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

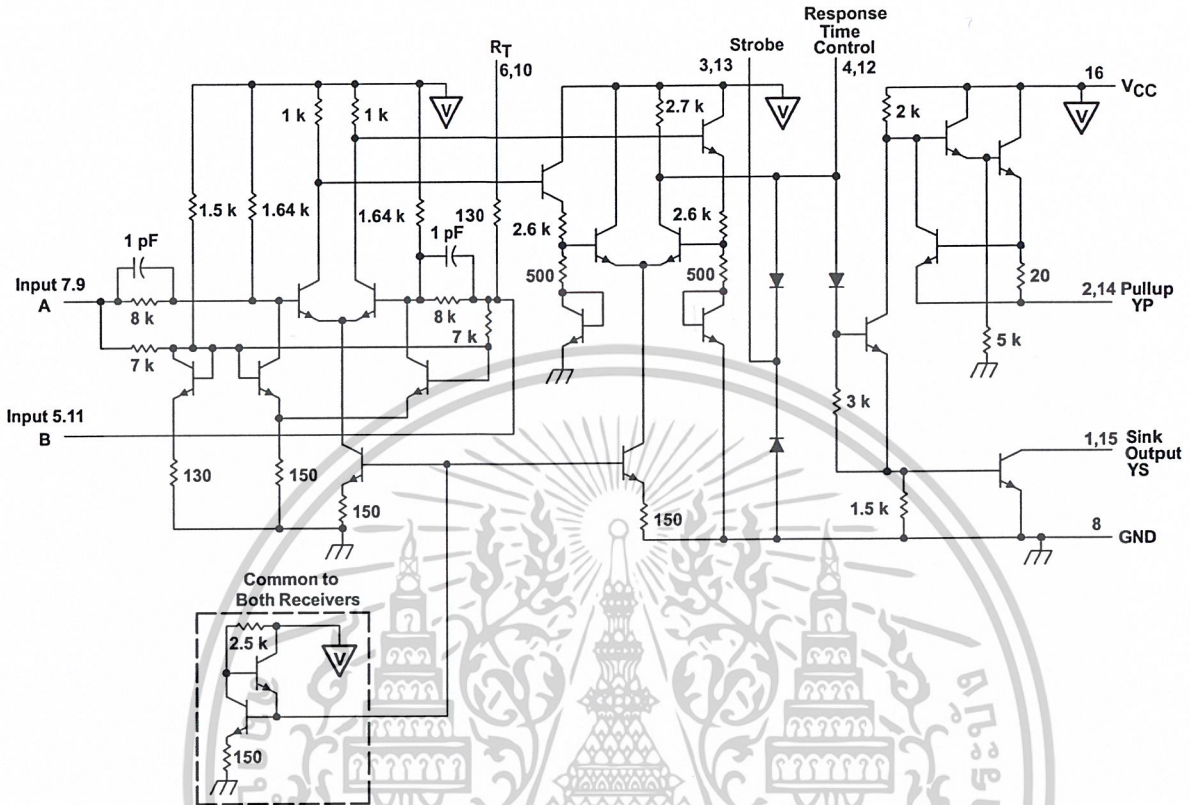
logic diagram (positive logic)



SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

schematic (each receiver)



Resistor values are nominal and in ohms.
Pin numbers shown are for the J, N, and W packages.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage V_I (A, B, and R_T)	± 25 V
Input voltage V_I (STRB)	5.5 V
Off-state voltage applied to open-collector outputs	14 V
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C
Case temperature for 60 seconds: FK package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: J or W package	300°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: N package	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values, except differential input voltage, are with respect to network ground terminal.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

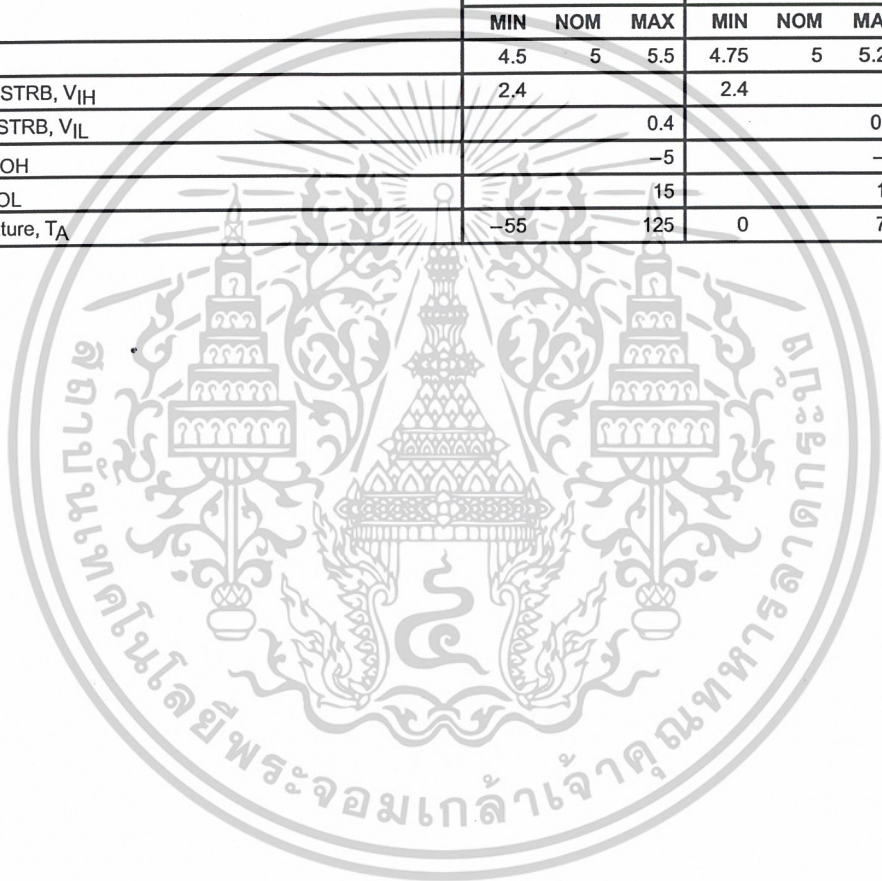
DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
FK†	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	275 mW
J†	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	275 mW
N	1150 mW	9.2 mW/°C	736 mW	—
W†	1000 mW	8.0 mW/°C	640 mW	200 mW

† In the FK, J, and W packages, SN55115 chips are either silver glass or alloy mounted. SN75115 chips are glass mounted.

recommended operating conditions

	SN55115			SN75115			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level input voltage at STRB, V_{IH}	2.4			2.4			V
Low-level input voltage at STRB, V_{IL}			0.4			0.4	V
High-level output current, I_{OH}			-5			-5	mA
Low-level output current, I_{OL}			15			15	mA
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	°C



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN55115			SN75115			UNIT	
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX		
V_{IT+} §	Positive-going threshold voltage $V_O = 0.4 \text{ V}$, $I_{OL} = 15 \text{ mA}$, $V_{IC} = 0$	500			500			mV	
V_{IT-} §	Negative-going threshold voltage $V_O = 2.4 \text{ V}$, $I_{OH} = -5 \text{ mA}$, $V_{IC} = 0$	-500¶			-500¶			mV	
V_{ICR}	Common-mode input voltage range $V_{ID} = \pm 1 \text{ V}$	+15 to -15	+24 to -19		+15 to -15	+24 to -19		V	
V_{OH}	High-level output voltage $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = -5 \text{ mA}$, $V_{ID} = -0.5 \text{ V}$	$T_A = \text{MIN}$	2.2		2.4		V		
		$T_A = 25^\circ\text{C}$	2.4	3.4	2.4	3.4			
		$T_A = \text{MAX}$	2.4		2.4				
V_{OL}	Low-level output voltage $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OL} = 15 \text{ mA}$, $V_{ID} = -0.5 \text{ V}$	0.22 0.4			0.22 0.45			V	
I_{IL}	Low-level input current $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$, Other input at 5.5 V	$T_A = \text{MIN}$	-0.9		-0.9		mA		
		$T_A = 25^\circ\text{C}$	-0.5	-0.7	-0.5	-0.7			
		$T_A = \text{MAX}$	-0.7		-0.7				
I_{SH}	High-level strobe current $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{strobe} = 4.5 \text{ V}$, $V_{ID} = -0.5 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	2		5		μA		
		$T_A = \text{MAX}$	5		10				
I_{SL}	Low-level strobe current $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{strobe} = 0.4 \text{ V}$, $V_{ID} = 0.5 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1.15	-2.4	-1.15	-2.4	mA		
$I_{(RTC)}$	Response-time-control current $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{RC} = 0$, $V_{ID} = 0.5 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1.2	-3.4	-1.2	-3.4	mA		
$I_{O(\text{off})}$	Off-state open-collector output current $V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{ID} = -4.5 \text{ V}$, $V_{OH} = 12 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	100		μA				
		$T_A = \text{MAX}$	200						
		$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{ID} = -4.75 \text{ V}$, $V_{OH} = 5.25 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	100					
		$T_A = \text{MAX}$	200						
R_T	Line-terminating resistance $V_{CC} = 5 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	77	130	167	74	130	179	Ω
I_{OS}	Supply-circuit output current# $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_O = 0$, $V_{ID} = -0.5 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-15	-40	-80	-14	-40	-100	mA
I_{CC}	Supply current (both receivers) $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IC} = 0$, $V_{ID} = 0.5 \text{ V}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	32 50		32 50		mA		

† Unless otherwise noted, $V_{strobe} = 2.4 \text{ V}$. All parameters with the exception of off-state open-collector output current are measured with the active pullup connected to the sink output.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, and $V_{IC} = 0$.

§ Differential voltages are at the B input terminal with respect to the A input terminal.

¶ The algebraic convention, in which the less positive (more negative) limit is designated as minimum, is used in this data sheet for threshold voltages only.

Only one output should be shorted to ground at a time, and duration of the short circuit should not exceed one second.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

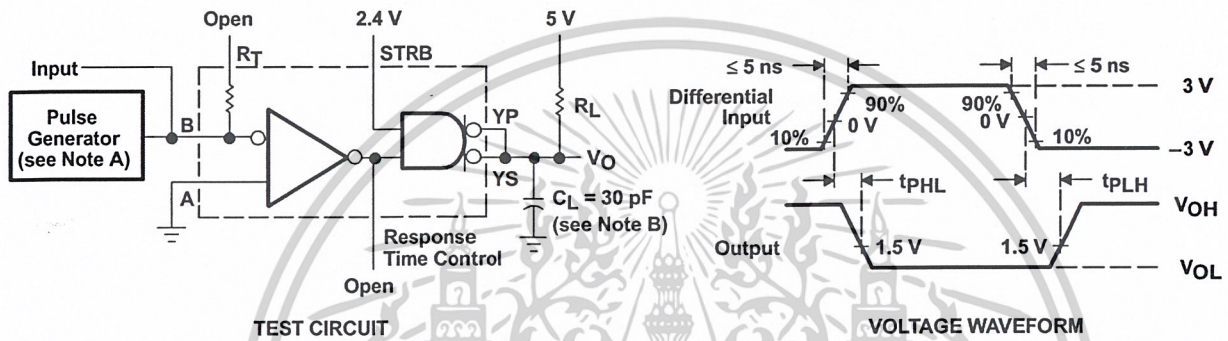
SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $C_L = 30\text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SN55115			SN75115			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high level output	$R_L = 3.9\text{ k}\Omega$, See Figure 1		18	50	18	75	ns	
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low level output	$R_L = 390\ \Omega$, See Figure 1		20	50	20	75	ns	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50\ \Omega$, $PRR \leq 500\text{ kHz}$, $t_w \leq 100\text{ ns}$, duty cycle = 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 1. Test Circuit and Voltage Waveforms



TYPICAL CHARACTERISTICS†

INPUT CURRENT
vs
INPUT VOLTAGE

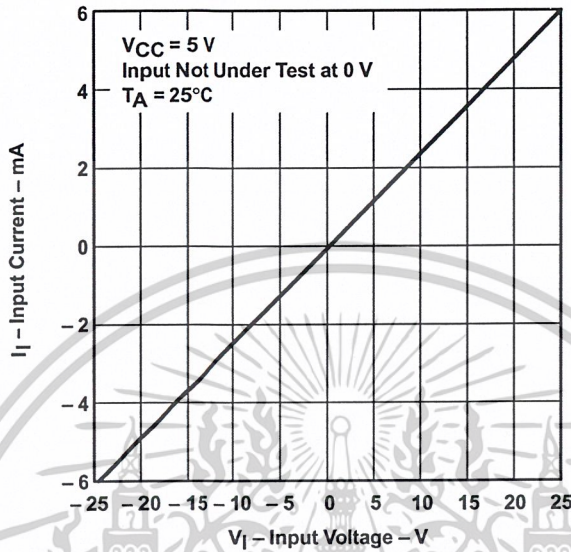


Figure 2

OUTPUT VOLTAGE
vs
FREE-AIR TEMPERATURE

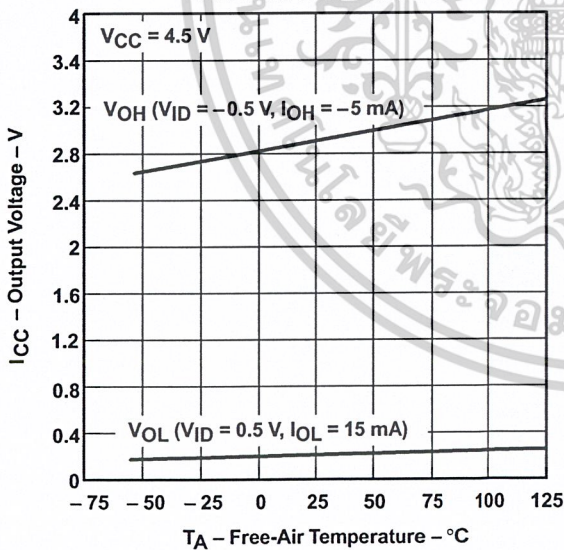


Figure 3

OUTPUT VOLTAGE
vs
COMMON-MODE INPUT VOLTAGE

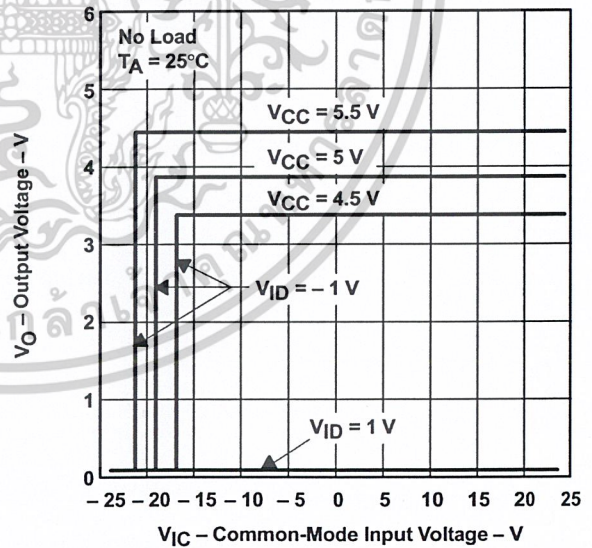


Figure 4

† Data for temperatures below 0°C and above 70°C and for supply voltages below 4.75 V and above 5.25 V are applicable to SN55115 circuits only. These parameters were measured with the active pullup connected to the sink output.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

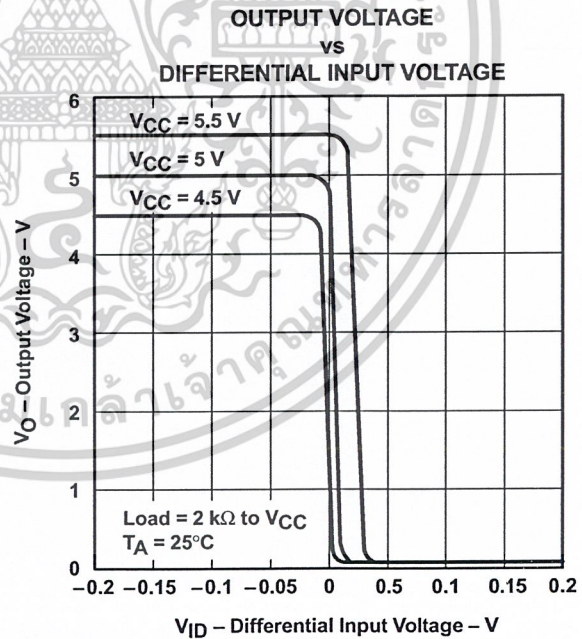
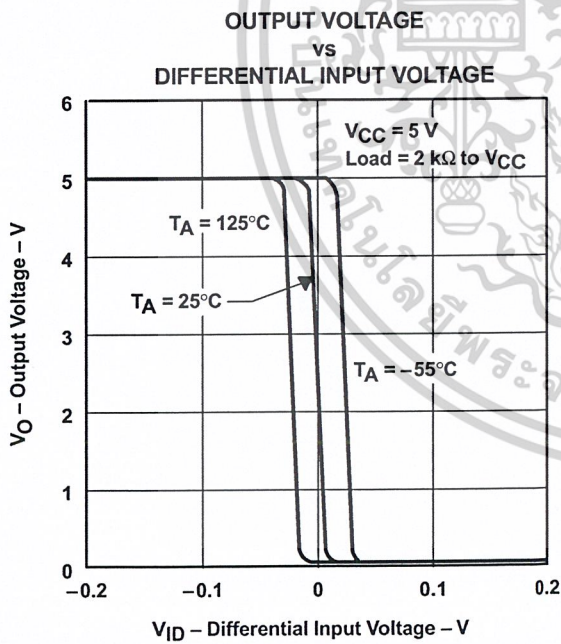
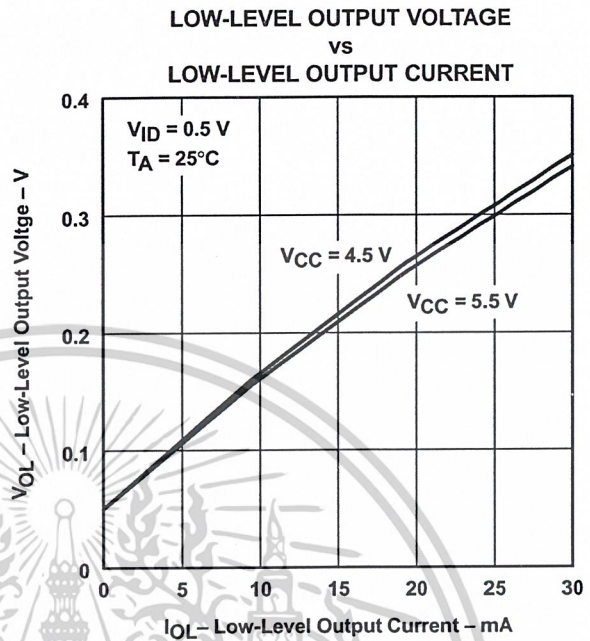
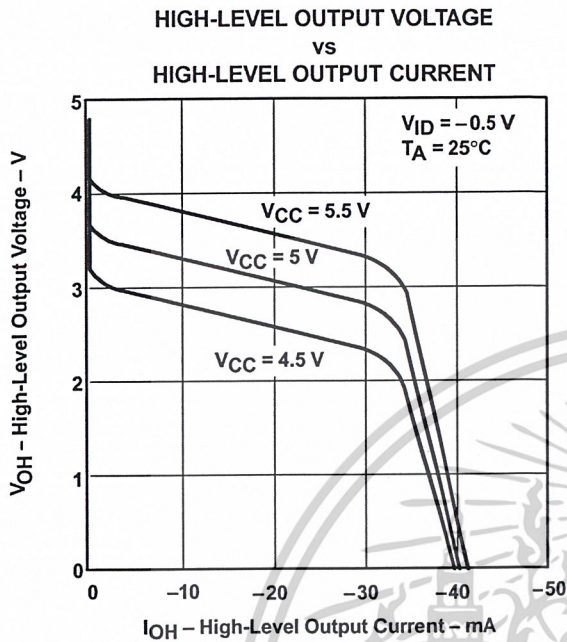
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

TYPICAL CHARACTERISTICS



 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPICAL CHARACTERISTICS†

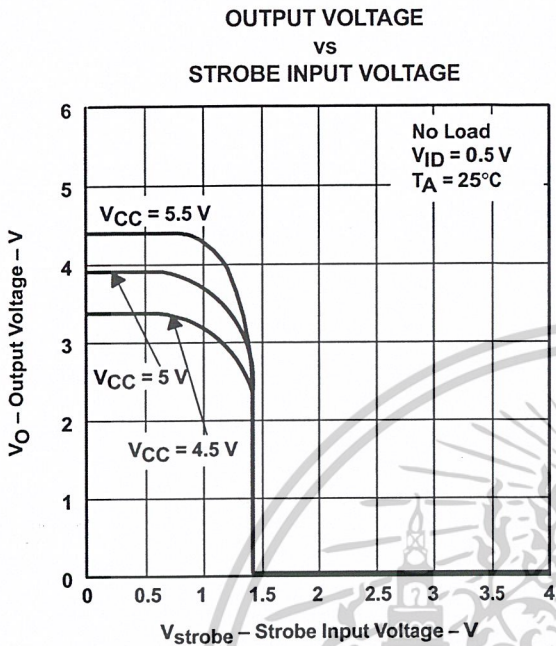


Figure 9

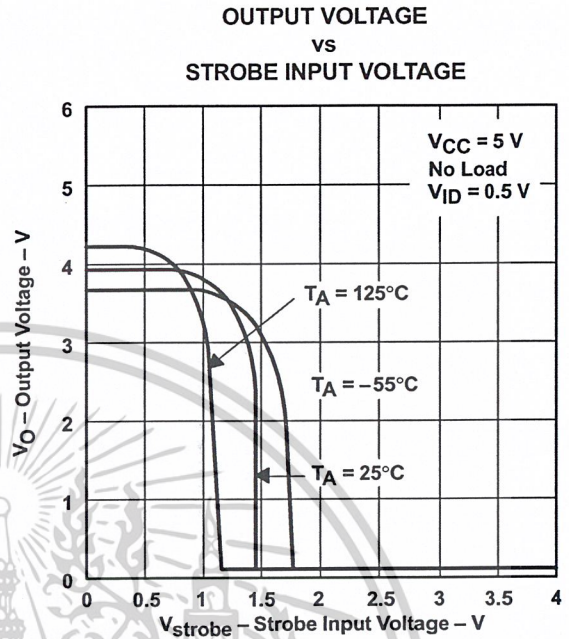


Figure 10

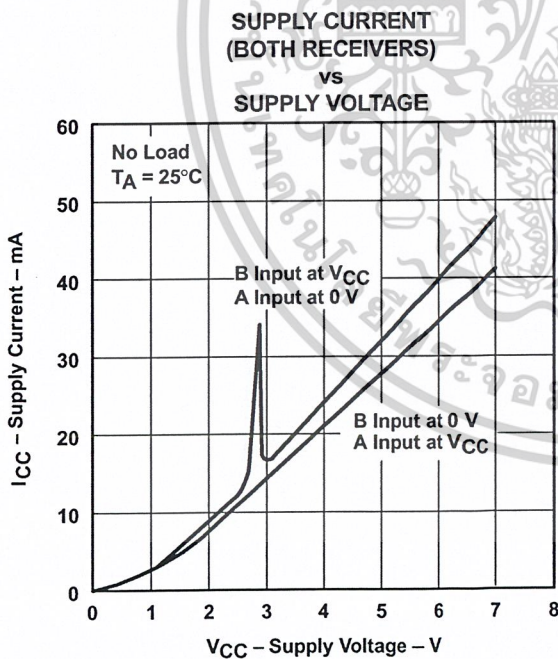


Figure 11

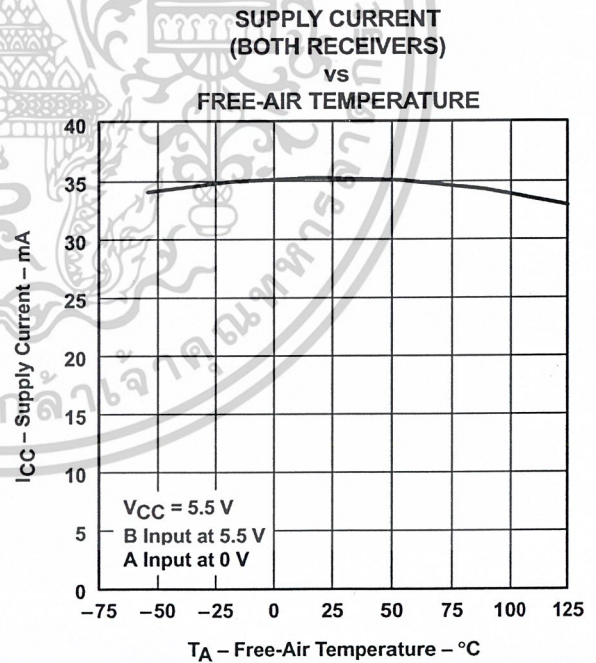


Figure 12

† Data for temperatures below 0°C and above 70°C and for supply voltages below 4.75 V and above 5.25 V are applicable to SN55115 circuits only. These parameters were measured with the active pullup connected to the sink output.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

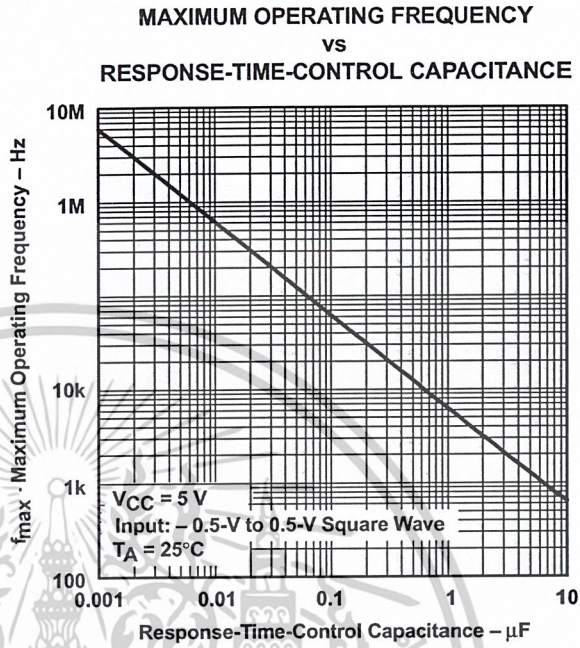
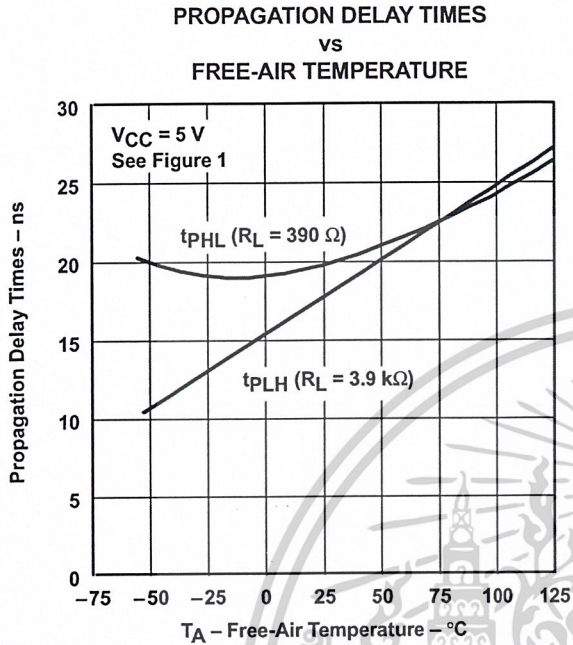
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN55115, SN75115 DUAL DIFFERENTIAL RECEIVERS

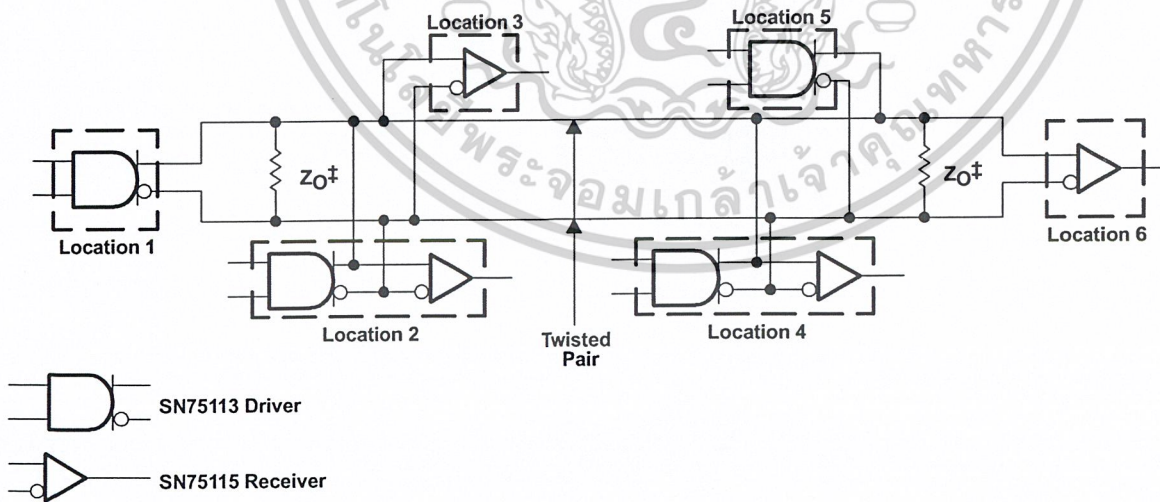
SLLS072D – SEPTEMBER 1973 – REVISED MAY 1998

TYPICAL CHARACTERISTICS†



† Data for temperatures below 0°C and above 70°C and for supply voltages below 4.75 V and above 5.25 V are applicable to SN55115 circuits only. These parameters were measured with the active pullup connected to the sink output.

APPLICATION INFORMATION



‡ $Z_0 = R_T$. A capacitor may be connected in series with Z_0 to reduce power dissipation.

Figure 15. Basic Party-Line or Data-Bus Differential Data Transmission



IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

อรรถพล บุญยะโกคา, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการ
เชื่อมต่อกอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม.** หน้า 7-24. กรุงเทพฯ.

ปฏิพันธ์ ทวนทอง. 2542. **เอกสารประกอบการฝึกอบรม. บริษัทฟิลลิปส์ เซมิคอนดักเตอร์
ประเทศไทย จำกัด. (อัคราเนา)**

วิจิต ศิริโชติ. **การเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้