สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก 3

MICRO CIM

(Micro Computer Integrated Manufacturing)

โดย

นางสาวปาริฉัตร เรืองรอง

นางสาวพจรัตน์ หมื่นวนิชกูล

เลขหมู่.................................

เลขทะเบียน 62567

วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2549

.b 11626292

.i..............................

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

ผู้จัดทำ นางสาวปาริฉัตร เรืองรอง 45010460

นางสาวพจรัตน์ หมื่นวนิชกูล 45010492

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก 3

MICRO CIM

(Micro Computer Integrated Manufacturing)

โดย

นางสาวปาริฉัตร เรืองรอง 45010460

นางสาวพจรัตน์ หมื่นวนิชกูล 45010492

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทำงานของแขนกลด้วยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ซึ่งสามารถทำงานได้ 2 แบบ คือ แบบแมนนวลและแบบอัตโนมัติ การทำงานแบบแมนนวลนั้น ผู้ใช้สามารถสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการได้ โดยการกดปุ่มที่แสดงบนหน้าจอของคอมพิวเตอร์ ส่วนการทำงานแบบอัตโนมัตินั้น จะทำงานโดยการกำหนดตำแหน่งเพื่อให้แขนกลทำงาน โดยการกำหนดตำแหน่งต่างๆ โดยแมนนวลแล้วเก็บค่าตำแหน่งที่ได้ไว้ เมื่อต้องการให้แขนกลทำงานแบบอัตโนมัติก็เพียงแค่กดปุ่ม auto สั่งให้แขนกลทำงานตามที่ได้เก็บค่าไว้ สำหรับภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมแขนกลคือ ภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก 3

MICRO CIM

(Micro Computer Integrated Manufacturing)

โดย

นางสาวปาริฉัตร เรืองรอง 45010460

นางสาวพจรัตน์ หมื่นวนิชกูล 45010492

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ABSTRACT

This project is about working process of the robotic arm by using computer to control. It can be divided into 2 mode. The first one is the manual mode. In this mode user can operate robotic arm to move to any position by using computer control. The second one is the automatic mode. The robotic arm will move to final position by the value. That see by manual and keep that value in computer and then press auto mode. The language which is used in programming for controlling the robotic arm is C computer language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงโครงงานสามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคอยให้คำชี้แนะ เสนอแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงงาน และทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทั้งหลายแด่ผู้จัดทำ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความสนับสนุนให้โอกาสผู้จัดทำได้เล่าเรียนจนถึงทุกวันนี้ และเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำตลอดมา อีกทั้ง ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้ยืมอุปกรณ์ ให้กำลังใจและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้จัดทำ

คณะผู้จัดทำ
นางสาวปาริฉัตร เรืองรอง
นางสาวพจรัตน์ หมื่นวนิชกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 แขนกล	2
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
2.3 ระบบคอนโทรลมอเตอร์	13
2.4 เอนโคดเดอร์	16
2.5 ไมโครสวิตซ์	21
2.6 MCS-51	22
2.7 พอร์ตขนาน	32
บทที่ 3 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์	36
3.1 วงจร MCS-51	36
3.2 วงจรขับมอเตอร์	36
3.3 วงจรเอนโคดเดอร์	38
3.4 วงจรปรับความเร็ว	39
3.5 วงจรเปรียบเทียบ	39
บทที่ 4 โครงสร้างการทำงาน	41
4.1 โครงสร้างของแขนกล	41
4.2 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรม	46
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุป	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
5.3 ปัญหาที่พบ	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

ภาคผนวก A

ภาคผนวก B

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 Polar Configuration	5
2.2 Cylindrical Configuration	5
2.3 Cartesian Configuration	6
2.4 Articulated Configuration	6
2.5 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม	7
2.6 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก	8
2.7 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงกลม	8
2.8 หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ	9
2.9 หุ่นยนต์สคารา	9
2.10 โครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง	10
2.11 การกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์	11
2.12 การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน	11
2.13 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง	12
2.14 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิลของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่	13
2.15 ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน	14
2.16 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ	15
2.17 บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิตอลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์	16
2.18 การแยกประเภทของเอนโคดเดอร์ (ภาษาเยอรมัน)	16
2.19 ตัวอย่างรีโซลเวอร์ หรือ Brushless Resolver	17
2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเพลากับแรงดันค่ายอดที่เกิดขึ้นบนขดลวดแต่ละชุด	18
2.21 อินครีเมนทอลเอนโคดเดอร์	19
2.22 แอบโซลุทเอนโคดเดอร์	20
2.23 รหัสแอบโซลุทเอนโคดเดอร์	20
2.24 ไมโครสวิตซ์	21
2.25 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51	22
2.26 การจัดขาของ MCS-51	23
2.27 หน่วยความจำข้อมูลภายในของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 การจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์เฉพาะ(Special Function Register)	28
2.29 พอร์ตขนาน	32
3.1 วงจร MCS-51	36
3.2 โครงสร้างภายในของ TA7257P	37
3.3 การเชื่อมต่อไอซีเบอร์ TA7257P กับอุปกรณ์พื้นฐานภายนอก	37
3.4 เอนโคดเดอร์	38
3.5 วงจรเอนโคดเดอร์	38
3.6 วงจรปรับความเร็ว	39
3.7 โครงสร้างภายในของ LM339	39
3.8 การเชื่อมต่อ LM339 กับอุปกรณ์พื้นฐานภายนอก	40
4.1 SCORBOT-ER III plus	41
4.2 ส่วนของแขนกล	41
4.3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของโครงสร้างแขนกล	42
4.4 ขอบเขตพื้นที่การทำงานของแขนกล	42
4.5 สายไฟมอเตอร์	43
4.6 flow chart การทำงานของ MCS-51	46
5.1 ปุ่มควบคุมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า

2.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 24
2.2 ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน(Internal data memory) 25
2.3 Program Status Word 29
2.4 Carry Flag 29
2.5 Data Port 33
2.6 Status Port 34
2.7 Control Port 35
3.1 แสดงอินพุตและเอาท์พุตของไอซีเบอร์ TA7257P 37
4.1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของโครงสร้างแขนกลแต่ละข้อต่อและตำแหน่งมอเตอร์ 42
4.2 สายไฟมอเตอร์, เอนโคดเดอร์ และไมโครสวิตซ์ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

วัตถุประสงค์

ศึกษาโครงสร้างการทำงานของแขนกล วงจรควบคุม โปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุม เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในภาคอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

ขอบเขต

ศึกษาพื้นฐานหลักการทำงานและการควบคุมแขนกลให้สามารถประกอบชิ้นงาน และเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้ตามที่ต้องการ โดยควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 แขนกล

หุ่นยนต์อาจแยกได้เป็น ๒ ประเภทใหญ่ ๆ คือ หุ่นยนต์ใช้บ้าน (domestic robot) และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (industrial robot)

หุ่นยนต์ใช้ในบ้าน เริ่มมีการใช้กันบ้างในต่างประเทศ เช่น ใช้ทำงานดูดฝุ่น ทำความสะอาดบ้าน เปิดประตูต้อนรับแขก และยกอาหารจากครัวมายังโต๊ะอาหาร เป็นต้น

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เพื่อเลียนแบบการทำงานของอวัยวะส่วนบนของมนุษย์ เมื่อเทียบกับหุ่นยนต์ใช้ในบ้านแล้ว หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีความสำคัญและมีการใช้แพร่หลายมากกว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ประกอบด้วยระบบที่สำคัญ ๒ ระบบ คือ ระบบทางกลของหุ่นยนต์ (mechanism system) และระบบควบคุมหุ่นยนต์ (control system)

ระบบทางกลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้จับ หยิบเคลื่อนย้ายและหมุนได้อย่างอิสระใน ๒ มิติ หรือ ๓ มิติ ระบบทางกลของหุ่นยนต์ควรมีความมั่นคงและมีน้ำหนักน้อยเพื่อประหยัดพลังงานในการเคลื่อนไหว

ระบบควบคุมหุ่นยนต์ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมซึ่งควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์โดยอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์นับเป็นส่วนสำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ ระบบควบคุมนี้ทำหน้าที่เป็นสมองเก็บข้อมูล สั่งหุ่นยนต์ให้ทำงานตรวจสอบและควบคุมรายละเอียดของการทำงานให้ถูกต้อง

มนุษย์ได้ประดิษฐ์หุ่นยนต์อุตสาหกรรมขึ้น เพื่อช่วยการทำงานประเภทต่าง ๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

๑. งานที่ต้องเสี่ยงภัยและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น งานในโรงงานยาฆ่าแมลง โรงงานสารเคมี และโรงงานเชื่อมโลหะที่มีความร้อนสูง เป็นต้น

๒. งานที่ต้องการความละเอียด ถูกต้องและรวดเร็ว เช่น โรงงานทำฟันเฟืองนาฬิกา โรงงานทำเลนส์ กล้องถ่ายรูปหรือกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น

๓. งานที่ต้องทำซ้ำ ๆ ซาก ๆ และน่าเบื่อหน่าย เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานประกอบวงจรเบ็ดเสร็จหรือไอซี และโรงงานทำแบตเตอรี่ เป็นต้น

เพื่อความอยู่รอดของมนุษย์ท่ามกลางการพัฒนาและขยายตัวของสังคม ทำให้มนุษย์ต้องพยายามคิดประดิษฐ์และพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกและเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอสำหรับการอุปโภคและบริโภค เป็นต้น จะเห็นได้ว่านับวันเครื่องมือพื้นฐานจะได้รับการปรับปรุงให้มีความสามารถทำงานได้สะดวก ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น อันเป็นที่มาของการใช้หุ่นยนต์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ควบคุมอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกล

การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเพื่อให้หุ่นยนต์มีความสามารถเฉพาะตัวมากยิ่งขึ้น สามารถแบ่งได้เป็นลำดับขั้นดังนี้

การพัฒนายุคที่หนึ่ง เป็นยุคของเทคโนโลยีพื้นฐานในยุคนี้หุ่นยนต์สามารถทำงานในจังหวะ "หยิบ" และ "วาง" ชิ้นงานได้เท่านั้น ระบบการขับเคลื่อนหุ่นยนต์เป็นระบบไฮดรอลิก (hydraulic) หรือระบบนิวแมทิก (pneumatic) เป็นส่วนใหญ่ และใช้สวิตช์ตำแหน่ง (limit switch) เป็นอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่ง โดยทั่วไปจะพบได้ในเครื่องกลึงอัตโนมัติ ในยุคนี้หุ่น ยนต์มีขอบเขตการทำงานค่อนข้างจำกัด

การพัฒนายุคที่สอง จากเทคโนโลยียุคแรก การเปลี่ยนแปลงการทำงานของหุ่นยนต์ค่อนข้างจำกัด และยุ่งยาก เกิดการพัฒนาการใช้อุปกรณ์ขับเคลื่อนที่เรียกว่าเซอร์โว (servo mechanism) เพื่อให้สามารถควบคุมหุ่นยนต์และเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่งไว้

การพัฒนายุคที่สาม เป็นยุคของหุ่นยนต์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน หุ่นยนต์เหล่านี้ได้รับการออกแบบให้สามารถตัดสินใจได้ โดยไม่ขึ้นอยู่กับชุดคำสั่งที่ป้อน แต่ขึ้นกับสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์รับสัญญาณ เช่น กล้องวีดิทัศน์ เมื่อรับภาพของชิ้นงาน จะแปรเป็นสัญญาณส่งกลับเข้าไปในส่วนควบคุม ส่วนควบคุมจะปรับสภาวะของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับความจริง เช่น การใช้หุ่นยนต์หยิบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ใส่ตามรูเจาะโดยใช้กล้องช่วยมองเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมสามารถจำแนกได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้ ๖ กลุ่ม โดยเรียงลำดับตามความเหมาะสมในการทำงานดังนี้

๑. มือกลบังคับด้วยมือ (manual manupulator) เป็นมือกลที่สามารถทำงานได้โดยการบังคับด้วยมือของผู้ควบคุม โดยที่ผู้ควบคุมต้องทำหน้าที่บังคับทำงานอยู่ตลอดเวลา สัญญาณที่สั่งจากคันบังคับอาจส่งผ่านอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจเป็นสัญญาณวิทยุก็ได้

๒. หุ่นยนต์ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่เปลี่ยนลำดับไม่ได้ (fixed sequence robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ออกแบบให้ทำงานโดยมีเครื่องควบคุมแบบซีเควนเซอร์ (sequencer) ซึ่งมีหน้าที่สั่งงานเรียงตามลำดับ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีซีเควนเซอร์ ๑๐ ตัว ตัวแรกสั่งทำงาน เมื่อทำงานเสร็จตามคำสั่งแล้ว ตัวที่ ๒ จะเริ่มทำงาน โดยทำงานเรียงตามลำดับไปเครื่องควบคุมแบบซีเควนเซอร์ อาจเป็นวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์นิวแมทิก หรือไฮดรอลิกก็ได้ เมื่อทำงานที่เปลี่ยนลำดับขั้นการทำงานใหม่จะต้องเปลี่ยนวงจรควบคุมใหม่

๓. หุ่นยนต์ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่เปลี่ยนลำดับได้ (variable sequence robot) เป็นหุ่นยนต์ที่คล้ายกับกลุ่มที่ ๒ ต่างกันที่สามารถปรับเปลี่ยนวงจรที่มีอยู่ได้โดยง่าย ทำให้สะดวกต่อการเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่งการทำงานมากกว่าแบบที่ ๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๔. หุ่นยนต์ทำงานตามชุดคำสั่งที่บันทึกไว้ (play back robot) ชุดคำสั่งการทำงานจะถูกบันทึกไว้ในเครื่องบันทึกความจำ ตัวอย่างเช่น ชุดคำสั่งเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการทำงาน และการปรับตำแหน่ง เป็นต้น ชุดคำสั่งดังกล่าวจะถูกเรียกออกมาสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่ได้บันทึกไว้ การบันทึกความจำนั้นนิยมใช้วิธีสอนให้หุ่นยนต์ทำงาน โดยผู้สอนจับมือหุ่นยนต์ให้ทำงานตามที่ผู้สอนต้องการ สมองหุ่นยนต์จะบันทึกข้อมูลได้ เมื่อสอนเสร็จหุ่นยนต์จะทำงานเลียนแบบที่เรียนมานั้นได้

๕. หุ่นยนต์ควบคุมด้วยตัวเลข (numerical control robot) ในหุ่นยนต์แบบนี้คำสั่งบังคับการทำงานของหุ่นยนต์มีลักษณะเป็นตัวเลข (numercial data) ชุดคำสั่งที่ใช้บังคับหุ่นยนต์อาจอยู่ในแถบหรือจานแม่เหล็กหรืออื่น ๆ

๖. หุ่นยนต์คิดเองได้ (intelligent robot) เป็นหุ่นยนต์ที่มีประสาทรับความรู้สึก เช่น สามารถมองเห็นได้สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานได้ เป็นต้น

หุ่นยนต์ที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมปัจจุบัน คือ หุ่นยนต์ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่เปลี่ยนลำดับไม่ได้ ซึ่งวิศวกรจำนวนมากไม่ถือว่าเป็นหุ่นยนต์ โดยถือว่าหุ่นบนต์ที่แท้จริงคือหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานตั้งแต่ระดับหุ่นยนต์ทำงานตามชุดคำสั่งที่บันทึกไว้ขึ้นไป

ชนิดของหุ่นยนต์

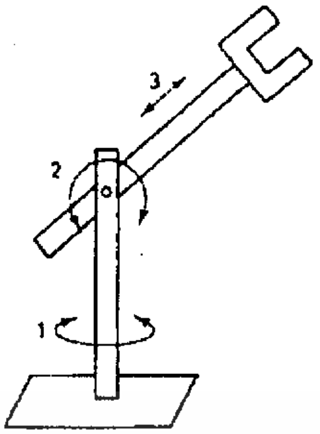
หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่และลักษณะของแขน แบ่งได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. Polar Configuration
2. Cylindrical Configuration
3. Cartesian Configuration
4. Articulated Configuration

1. Polar Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะที่เป็นแบบ Polar นั้น ลักษณะการเคลื่อนที่ของแกนจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่ง โดยยกทำมุมกับฐาน สามารถหมุนได้รอบ พื้นที่การทำงานจะเป็นแบบทรงกลม ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า “Spherical Coordinate”

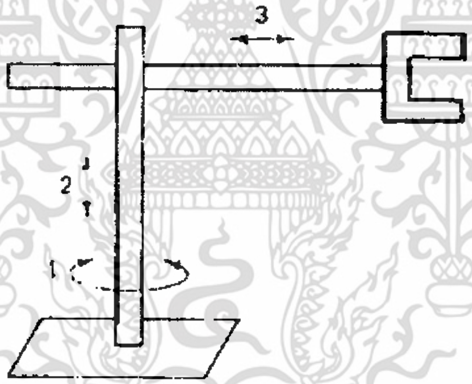
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 Polar Configuration

2. Cylindrical Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cylindrical เคลื่อนที่ขึ้นข้างบนได้ตามแกนที่เป็นแกนตั้ง ที่เป็นแกนหลักและสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยใช้แกนนอน แกนตั้ง สามารถที่จะหมุนได้ พื้นที่การทำงานเป็นแบบทรงกระบวก

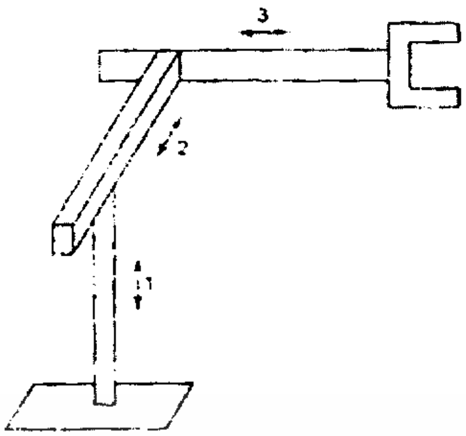


รูปที่ 2.2 Cylindrical Configuration

3. Cartesian Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cartesian ลักษณะการเคลื่อนที่จะมีแกน 3 แกน เหมือนเป็นแกน X, Y, Z ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า หุ่นยนต์ Rectilinear พื้นที่การทำงานสามารถที่จะทำงานได้ในส่วนที่เป็นด้านของมือเพียงด้านเดียวเท่านั้น เพราะไม่มีการหมุนของฐาน

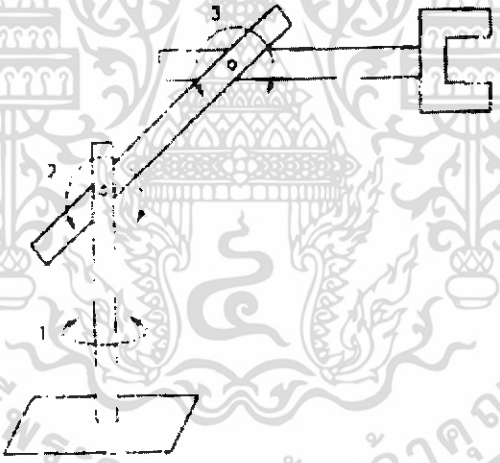
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Cartesian Configuration

4. Articulated Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็น Articulated หุ่นยนต์แบบนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์ มีข้อหมุนต่างๆ เหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามารถที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน



รูปที่ 2.4 Articulated Configuration

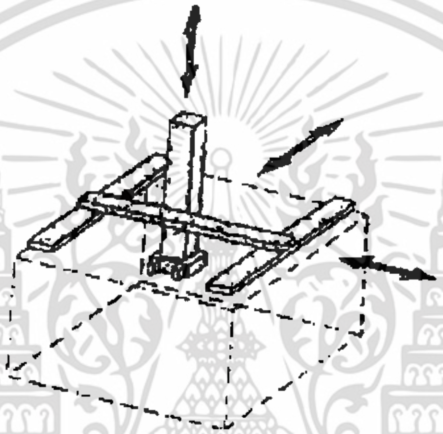
ข้อดีข้อเสียของแต่ละชนิดนี้แตกต่างกันออกไป เพราะว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน แต่ถ้ามองในแง่ของการทำงานในแบบซ้ำๆ ที่เดิมตลอด ชนิด Cartesian จะสามารถทำงานได้ดีกว่า แต่ถ้ามองในแง่การเข้าถึงวัตถุชนิดแบบ Polar และ Articulated จะสามารถยกวัตถุได้ดีกว่าชนิดอื่น และชนิดที่เป็นแบบ Cylindrical จะมีข้อดีในแง่ที่สามารถยกวัตถุได้มากกว่างานทั่วไปแล้วใช้แบบ Polar และ Cylinder เพราะสองชนิดนี้สามารถที่จะทำงานเป็นแบบ load และ unload โดยมีการเคลื่อนที่ของแขนไปด้านข้างได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะในการทำงานและระบบพิกัดของหุ่นยนต์ (Work Envelopes and Coordinate systems)

1. **หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม (Rectilinear or Cartesian robot geometry)**

หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 3 ทิศทางคือเลื่อนขึ้นและลง ซ้ายและขวา รวมทั้งเดินหน้าและถอยหลัง หรือเราอาจจะเรียกว่าเคลื่อนที่ในแนวแกน X, Y, Z นั้นเอง ส่วนพื้นที่ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ประเภทนี้อย่างที่เห็นในรูป คือ จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือเป็นรูป กล่องสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ ประเภทนี้ค่อนข้างจะทำได้ง่ายกว่าการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทอื่น ส่วนการนำไปใช้งานประเภทจับวาง (Pick and Place) และงานประเภทประกอบชิ้นส่วนต่างๆ

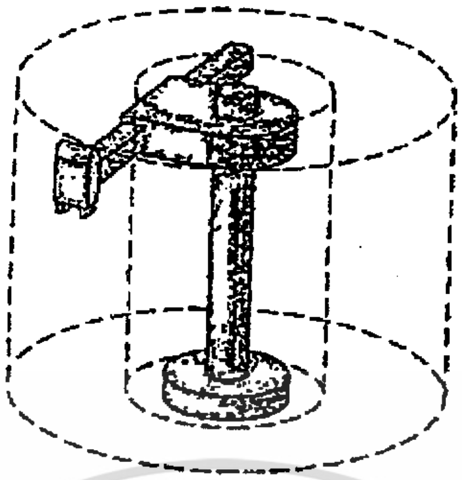


รูปที่ 2.5 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม

2. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก (Cylindrical robot geometry)

หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานแบบนี้จะมีช่วงหรือระยะของการเคลื่อนที่มากกว่าหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบรูปทรงสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ก็เพราะว่าแขนของมันสามารถหมุนไปได้รอบฐาน ทั้งยังสามารถเคลื่อนที่แบบขึ้นลงไปหน้าหลังได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าลักษณะพื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้จะเป็นแบทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ที่จุดศูนย์กลางแต่ไม่ได้หมายความว่ามันสามารถที่จะเคลื่อนที่ไปถึงได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากขีดจำกัดในเรื่องโครงสร้างนั่นเอง

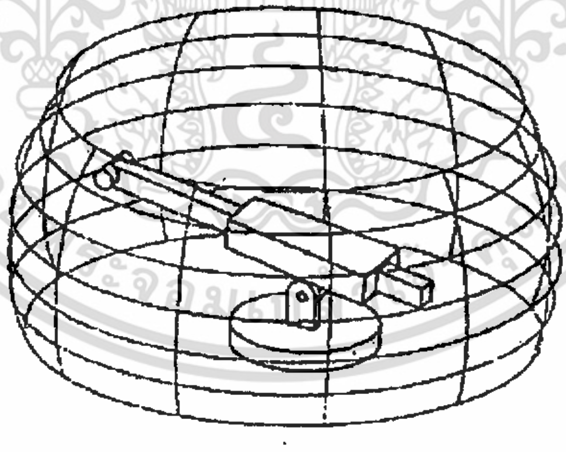
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก

3. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงกลม (Spherical robot geometry)

สำหรับหุ่นยนต์แบบนี้ จะเป็นแบบที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าหุ่นยนต์ทั้งสองแบบที่ผ่านมา ทั้งนี้ก็เพราะจากช่วงระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนที่แบบขึ้นลงนั้น สามารถปรับลดได้ในลักษณะที่เป็นเชิงมุม จึงทำให้พื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นแบบทรงกลม แต่ก็ใช่ว่าจะเป็นทรงกลมเลยทีเดียว



รูปที่ 2.7 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นแบบรูปทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

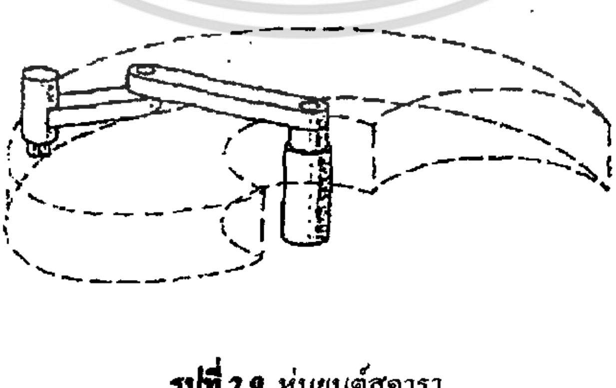
4. หุ่นยนต์ที่มีแขนเป็นข้อต่อ (Joint arm robot)

หุ่นยนต์ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นแบบที่แขนต่อกันด้วยข้อต่อ แขนของหุ่นจะประกอบไปด้วยข้อต่อหมุนทั้งหมด ซึ่งทำให้มีลักษณะคล้ายกับแขนของคนเรามากที่สุด ดังนั้นความสารถในการเคลื่อนที่จึงเหนือกว่าหุ่นยนต์ประเภทอื่น

รูปที่ 2.8 หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ

5. หุ่นยนต์สคารา (SCARA robot)

หุ่นยนต์ประเภทนี้ก็คือหุ่นยนต์ที่แขนกลเป็นข้อต่อเหมือนที่ผ่านมานั่นเอง แต่แขนกลจะมีการเคลื่อนที่ในแนวนอนซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของหุ่นยนต์ประเภทนี้ คำว่า SCARA ย่อมาจาก Selective Compliance Assembly Robotic Arm หรือในภาษาไทยก็คือ การประกอบแขนหุ่นยนต์ที่สามารถเลือกตำแหน่งในการทำงานได้ตามความต้องการ หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีแขนสองหรือสามท่อนซึ่งมีการหมุนอยู่ในแนวนอน โดยปลายแขนจะประกอบด้วยอุปกรณ์ยึดจับ ซึ่งสามารถเลื่อนตัวขึ้นลงได้

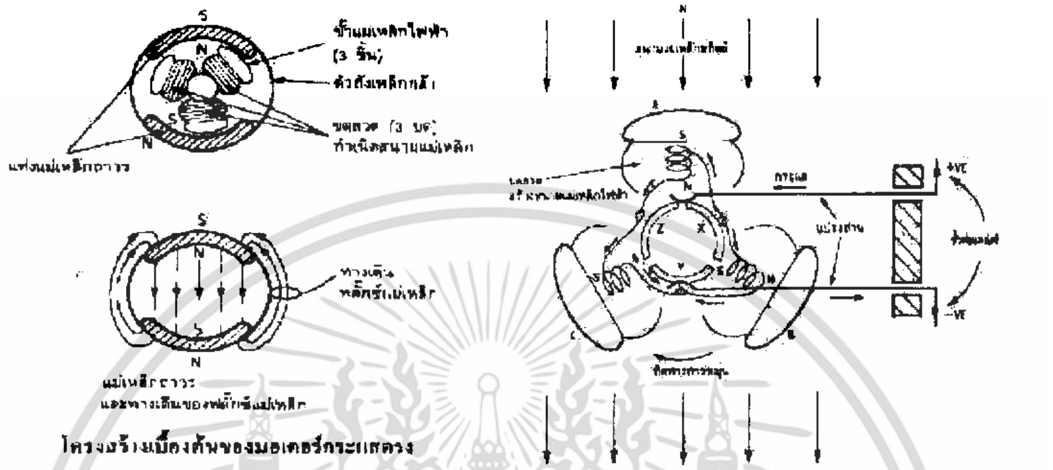


รูปที่ 2.9 หุ่นยนต์สคารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR)

มอเตอร์กระแสตรงจะมีหลักการทำงานโดยวิธีการผ่านกระแสให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก โดยส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.10 โครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง

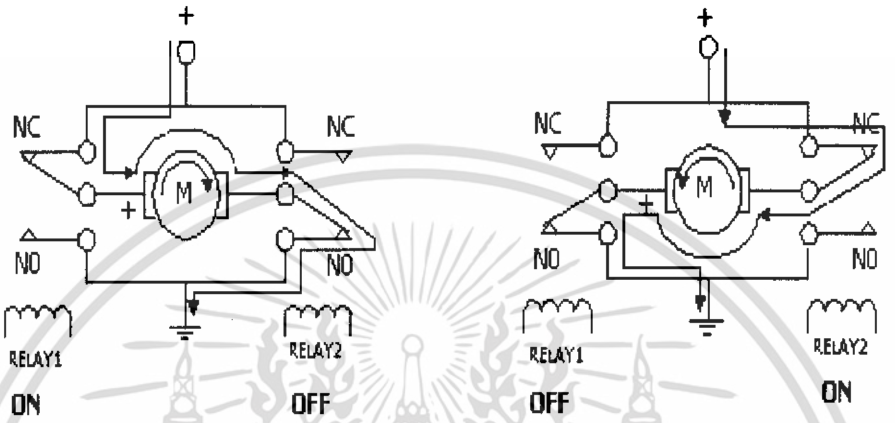
จากในรูปทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กจะเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้นที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ได้ ดังนั้นความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย ซึ่งส่งผลให้ฟลั๊กซ์แม่เหล็กวิ่งไปบนตัวถังโลหะ กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และต้านกับสนามแม่เหล็กถาวร จึงเกิดเป็นแรงบิดเพื่อที่จะหมุนทุ่นโรเตอร์ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า กระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์ และแหวนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เซกเมนต์เพื่อที่จะทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวดนั่นเอง

การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

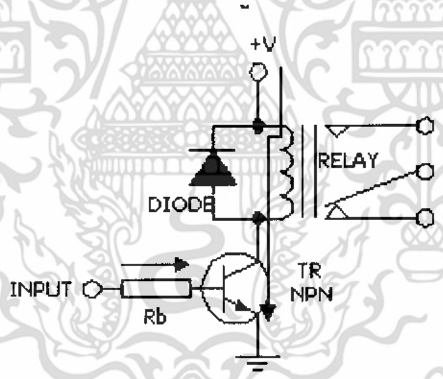
ในการใช้ไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver Circuit) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจร สวิตซ์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการปิด - เปิดที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่นให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา



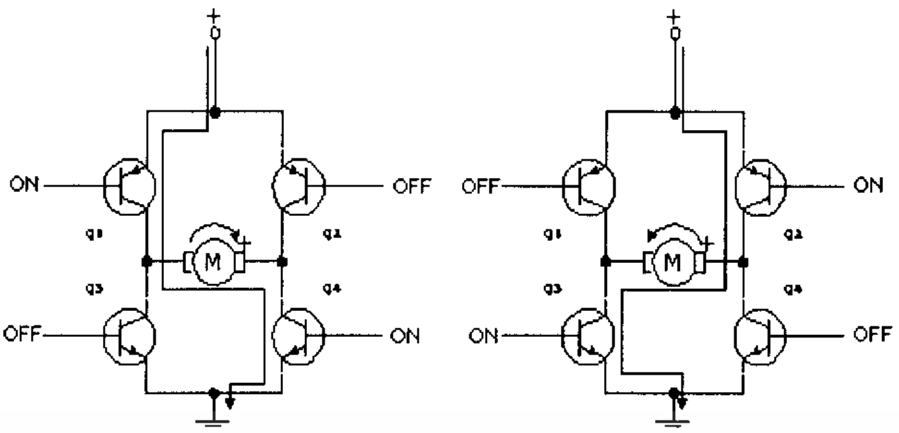
รูปที่ 2.11 การกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์



รูปที่ 2.12 การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน

จากรูปเป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขา เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้นเราจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปเป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวา โดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

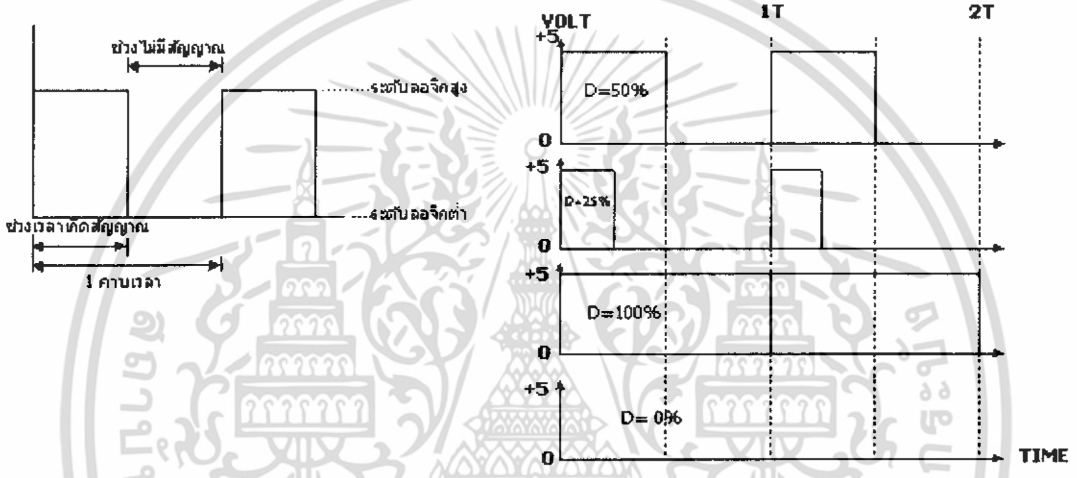
วิธีการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (PWM)

การมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเกิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซตน์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง ดังรูป 6.27 และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถ จะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

ค่าดิวตี้ไซเคิล = (ช่วงของสัญญาณพัลส์/คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ) X 100%



รูปที่ 2.14 แสดงความกว้างของพัลท์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลท์ที่มีความถี่คงที่

2.3 ระบบคอนโทรลมอเตอร์

ในปัจจุบันการคอนโทรลดีซีมอเตอร์จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมาก เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นการออกแบบระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์และการวิเคราะห์จึงเป็นเทคนิคใหม่ที่สำคัญและน่าสนใจ

ระบบคอนโทรลแบบดั้งเดิม พลังจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่ พวกมอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ hydraulic actuator และพวกเบรกและคลัช เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูง ทำให้ดีซีมอเตอร์กลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบคอนโทรลเกือบทุกชนิดในปัจจุบันและในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างการประยุกต์งานใหม่ๆ ขึ้น ทำให้ดีซีมอเตอร์และ step motor ได้รับความนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีมอเตอร์เป็น analog actuator ที่ไม่มีตำแหน่งหยุดที่แน่นอนเหมือน step motor ดังนั้น ระบบดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปมักเป็นระบบแบบลูปปิด ในระบบแบบลูปปิดตำแหน่งเอาท์พุตหรือความเร็วเอาท์พุตจะถูกป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุตอ้างอิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติการทำงานที่ต้องการ

1. พื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์แสดงได้ในบล็อกไดอะแกรมของรูปที่ 2.15 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกที่สำคัญ 4 บล็อก

1.1 ตัวคอนโทรลเลอร์

1.2 วงจรขับมอเตอร์ (Driver circuit) หรือ วงจรขยายกำลัง (Power amplifier)

1.3 ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์ (Feedback transducer) หรือ เอนโคดเดอร์ (Encoder)

1.4 ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และโหลด

ตัวคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนของระบบ ที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลบังคับดีซีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ให้ตัวคอนโทรลเลอร์เป็นสัญญาณอนาลอก เรียกว่า อนาลอกคอนโทรลเลอร์ ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณดิจิตอล เรียกว่า ดิจิตอลคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 2.15 ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน

วงจรขับมอเตอร์เป็นส่วนของระบบที่อยู่ระหว่างตัวคอนโทรลเลอร์ดับดีซีมอเตอร์และโหลดวงจรขับมอเตอร์ ส่วนใหญ่ ได้แก่ วงจรขยายกำลังซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็น linear power amplifier และ pulse width modulation amplifier

ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคดเดอร์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้รับรู้หรือดีเทค (detect) สัญญาณเอาท์พุตที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดดิ้ง (loading) สัญญาณที่ได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณ error feedback transducer แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. อนาลอกทรานสดิวเซอร์ (Analog transducer) คือ สิ่งประดิษฐ์ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอก ได้แก่ พวกทาโคเจนเนอร์เรเตอร์ โพเทนชิโอมิเตอร์และซิงโคร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ (Digital transducer) คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ได้แก่ พวกอินครีเมนท์ทอลเอ็นโคดเดอร์รีโซลเวอร์ แม็คเนติคพิกอัพ เป็นต้น

ดีซีมอเตอร์และโหลดคือระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักร (ดีซีมอเตอร์) หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์เมเจอร์อินดักแตนซ์และแรงเฉื่อยของโรเตอร์ต่ำ

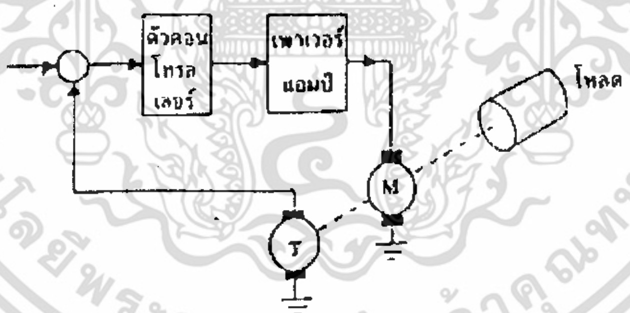
2. ลักษณะการคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์

ระบบการคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์ สามารถที่จะจำแนกลักษณะการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ

2.1 ระบบอนาลอกคอนโทรล

2.2 ระบบดิจิตอลคอนโทรล

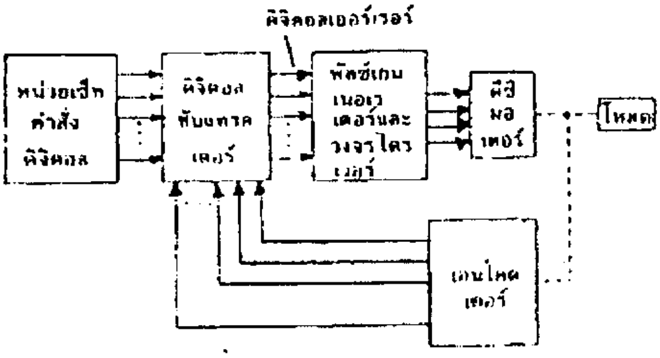
ระบบอนาลอกคอนโทรล ในคอนโทรลลูปของระบบอนาลอกคอนโทรลเอาท์พุตของระบบจะถูกวัดค่าหรือดีเทคค่าได้เป็นสัดส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอก เช่น ระบบที่มีการป้อนกลับด้วย ทาโคมิเตอร์ ดังนั้น ระบบอนาลอกคอนโทรลก็คือคอนโทรลลูปที่ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์เป็นอนาลอกทรานสดิวเซอร์วัดค่าไดนามิควาริเอเบิล ออกเป็นสัญญาณอนาลอกป้อนกลับไปยังตัวอนาลอกคอนโทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานให้เป็นไปตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ

ระบบดิจิตอลคอนโทรล คือระบบที่คอนโทรลลูปมีฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์เป็นดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ซึ่งสามารถวัดค่าไดนามิควาริเอเบิลออกเป็นสัญญาณดิจิตอล หรือในรูปของสัญญาณเอ็นโคดดิ้งของไบนารี คือสัญญาณเอาท์พุตของดิจิตอลทรานสดิวเซอร์จะเป็นโค้ดไบนารี่ป้อนกลับไปยังตัวดิจิตอลคอนโทรลเลอร์ เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

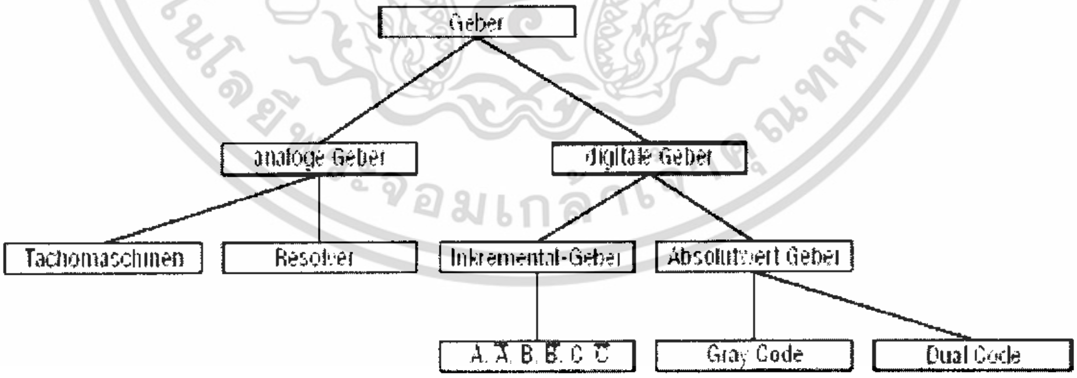


รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิตอลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์

2.4 เอนโคดเดอร์

เอนโคดเดอร์จะทำหน้าที่เสมือนกับผู้ตรวจการ โดยจะทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็ว (speed), ทิศทางการหมุนของมอเตอร์(Direction of Rotation) และตำแหน่งเพลาของโรเตอร์ (shaft position) แล้วรายงานผลกลับไปยังคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมให้ทรานซิสเตอร์กำลังในวงจรกำลังของชุดขับเคลื่อนเซอร์โวเกิดการตัด-ต่อกระแสไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของโรเตอร์

จากบทบาทของเอนโคดเดอร์ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็ว(speed) และตำแหน่ง (position) ของมอเตอร์ จึงทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้ถูกเรียกชื่อตามบทบาทและหน้าที่ว่า speed sensor หรือไม่ก็เรียกว่า shaft Position Sensor (ซึ่งมักนิยมเรียกในระบบเซอร์โว) โดยประกอบด้วยชนิดต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.18 การแยกประเภทของเอนโคดเดอร์ (ภาษาเยอรมัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป เอนโคดเดอร์ (Geber=Encoder) สามารถแยกประเภทตามหลักการได้ 2 กลุ่ม คือชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่าอนาลอกเอนโคดเดอร์ (Analog Geber= Analog Encoder) และชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการดิจิตอล(digital Geber=digital Encoder)

ชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่าอะนาลอกจะประกอบด้วยเทคโคเจนเนอเรเตอร์(TachoMaschinen = TachoGenerator) และ รีโซลเวอร์ (Resolver) ส่วนชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการออพติคอล หรือแบบดิจิตอลจะแยกเป็นแบบอินคริเมนทอลเอนโคดเดอร์ และแอบโซลุทเอนโคดเดอร์ซึ่งแต่ละชนิดมีหลักการทำงานดังนี้

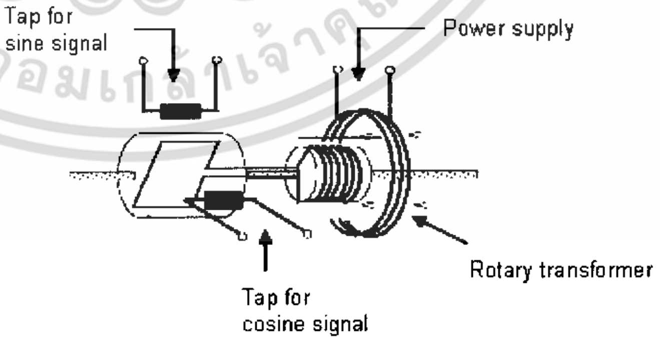
ทาโคเจนเนอเรเตอร์ (TachoGenerator)

นิยามของทาโคเจน ก็คือเจนเนอเรเตอร์ขนาดเล็ก ที่ทำหน้าที่แปลงความเร็วรอบมาเป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับควบคุม 0-10 V. เพื่อป้อนกลับไปยังชุดไดร์ฟ (โดยทั่วไปจะใช้ในระบบดีซีไดร์ฟ)

รีโซลเวอร์ (Resolver)

รีโซลเวอร์เป็นเซนเซอร์ชนิดที่มีการใช้งานมากในระบบเซอร์โว เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมได้ดี เช่นแรงสั่นสะเทือน ,แรงกระแทก และอุณหภูมิรอบข้างเป็นต้น

รีโซลเวอร์มีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลงตัวเล็ก ๆ (small Transformer) หรือในหนังสือบางเล่มใช้คำอธิบายในเชิงเปรียบเทียบว่า "Rotary Transformer" ซึ่งต้องการสื่อถึงหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหมุนนั่นเอง



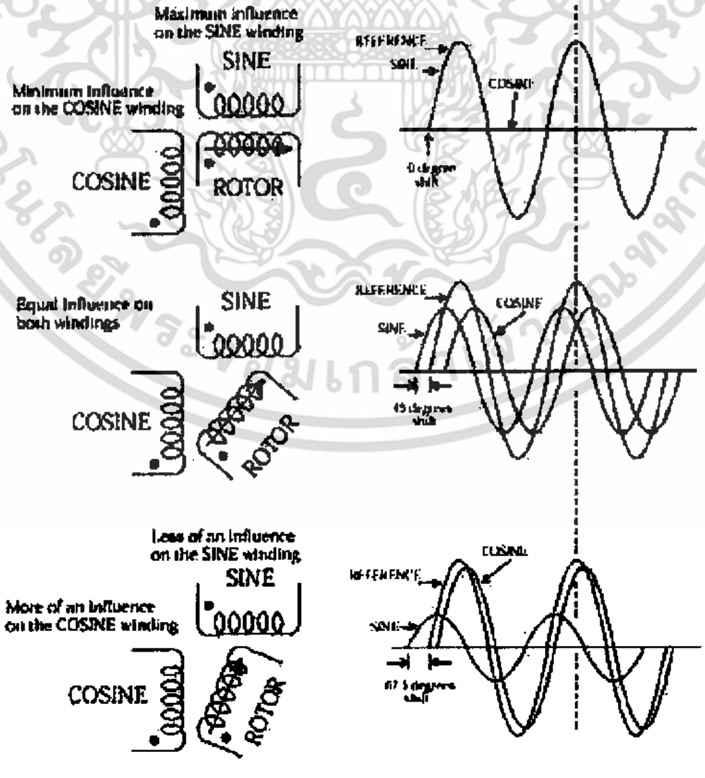
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างรีโซลเวอร์หรือ Brushless Resolver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62567

โครงสร้างของรีโซลเวอร์จะมีลักษณะคล้ายกับมีหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรก (ขวามือ) จะเป็นชุดที่รับสัญญาณอ้างอิงหรือสัญญาณกระตุ้นซึ่งมีความถี่สูงในย่าน 2-10 KHz จากคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดกระแสไหลไปสร้างสนามแม่เหล็กให้กับขดลวดชุดที่สอง ส่วนชุดที่สอง (ซ้ายมือ) จะประกอบด้วย ขดลวดปฐมภูมิที่ติดกับโรเตอร์ 1 ชุด และมีขดลวดทุติยภูมิ 2 ชุด (one primary and two secondary windings) วางในตำแหน่งที่ทำมุมห่างกัน 90 องศา ซึ่งเรียกว่าขดลวด sine และ cosine

การทำงาน

เมื่อเริ่มต้นเปิดสวิตซ์จ่ายไฟเข้าชุดคอนโทรลเลอร์หรือชุดเซอร์โวไดร์ฟ คอนโทรลเลอร์จะจ่ายสัญญาณอ้างอิงความถี่สูงเข้าไปที่ขดลวดสเตเตอร์ชุดที่หนึ่ง จากนั้นก็เกิดการเหนี่ยวนำ และเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดที่พันอยู่ที่โรเตอร์ แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำนี้จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่าย จ่ายกระแสให้กับขดลวดปฐมภูมิชุดที่สองทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและเหนี่ยวนำข้ามไปยังขดลวดทุติยภูมิ sine และ cosine สัญญาณที่ได้จากการเหนี่ยวของขดลวดทุติยภูมิ sine และ cosine จะมีมุมต่างเฟสกัน 90 องศา ตามลักษณะของขดลวดที่วางทำมุมต่างกัน ส่วนขนาดของสัญญาณในแต่ละช่วงเวลาก็จะมีขนาดไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับมุมของสนามแม่เหล็กจากโรเตอร์ที่ไปตัดกับขดลวดsine และ cosine ดังรูป 2.20 อินพุท $U_e = U_s \sin\omega t$ เอาท์พุท $U_1 = U_s \sin\omega t \cos\gamma$, $U_2 = U_s \sin\omega t \sin\gamma$



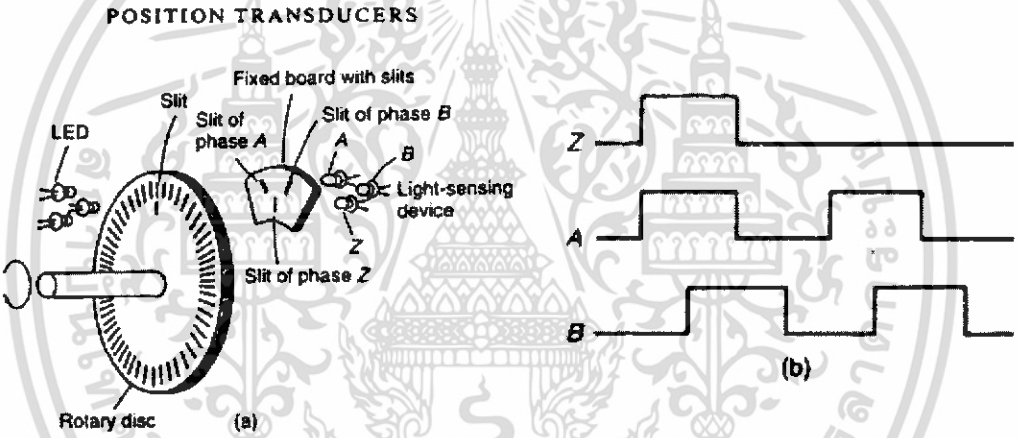
รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเพลากับแรงดันค่ายอดที่เกิดขึ้นบนขดลวดแต่ละชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นสัญญาณทั้งสอง (sine signal และ cos signal) ที่ได้ก็จะถูกป้อนกลับไปยังชุดคอนโทรลเลอร์ และถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า resolver-to-digital converter (RDC ซึ่งเป็น IC เพียงตัวหนึ่ง) ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 1000-4000 พัลส์ ต่อการหมุน 1 รอบ โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของ RDC ตัวอย่างเช่น RDC 14 บิตก็จะสามารถแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ความละเอียดเท่ากับ 16,384พัลส์/รอบ โดยบิตที่12 และ13 จะรายงานตำแหน่งว่าอยู่ในควอแดรนท์ใด ส่วนบิตที่0 ถึง12 จะทำหน้าที่รายงานตำแหน่งของโรเตอร์ในควอแดรนท์นั้นๆ

อินครีเมนทอลเอนโคดเดอร์ (Incremental encoder)

อินครีเมนทอลเอนโคดเดอร์ ทำงานโดยอาศัยหลักการอาศัยหลักการออพติคอล บ่อยครั้งจึงถูกเรียกตามหลักการว่าออพติคอลเอนโคดเดอร์ (Optical encoder) หรือบางกรณีก็จะถูกเรียกว่าดิจิตอลเอนโคดเดอร์ (digital encoder) ซึ่งมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.21 อินครีเมนทอลเอนโคดเดอร์

โครงสร้างจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง, ตัวจับแสงซึ่งถูกคั่นกลางด้วยแผ่นจานกลมๆที่มีการทำรูเจาะไว้รอบๆแผ่น (จำนวนรูจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของอินครีเมนทอลเอนโคดเดอร์) และหน้ากากแยกช่องของสัญญาณพัลส์ A ,B และ Z

สัญญาณพัลส์ที่ได้จากเอนโคดเดอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วย 3 แทรค (tracks) คือ A ,B และ Z ดังรูป 2.21 พัลส์ที่เกิดจาก แทรค A และ B จะเกิดการเหลื่อมกันมีความต่างเฟสกัน 90 องศา เพื่อทำหน้าที่รายงานผลของความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้คอนโทรลเลอร์ดังนี้

กรณีพัลส์ A เกิดขึ้นก่อน B คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางตามเข็มนาฬิกา

แต่ถ้าหากพัลส์ B เกิดขึ้นก่อน A คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามอเตอร์กำลังหมุนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

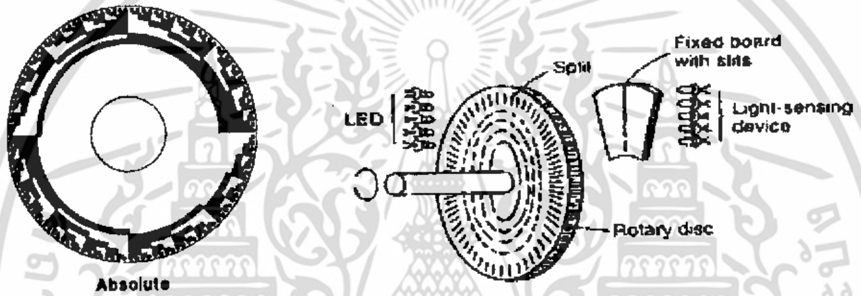
ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ส่วนแทรค Z หรือพัลส์อ้างอิง จะเกิดขึ้น1พัลส์ในการหมุน 1 รอบ ทำหน้าใช้อ้างอิงตำแหน่งของโรเตอร์

อินครีเมนทอลเอนโคดเดอร์โดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้กับระบบเซอร์โวที่มีการควบคุมตำแหน่ง เนื่องจากไม่สามารถจำแหน่งเดิมได้กรณีที่มีการปิดเครื่องหรือไฟดับ ซึ่งจะต้องทำการหาจุดอ้างอิงใหม่ทุกครั้ง

แอบโซลุทเอนโคดเดอร์ (absolute encoder)

แอบโซลุทเอนโคดเดอร์ เป็นดิจิตอล เอนโคดเดอร์ อีกชนิดหนึ่งที่อาศัยหลักการออพติคอล คล้ายกับ incremental encoder โดยประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง,ตัวจับแสง และจานเข้ารหัส ดังรูปที่ 2.22

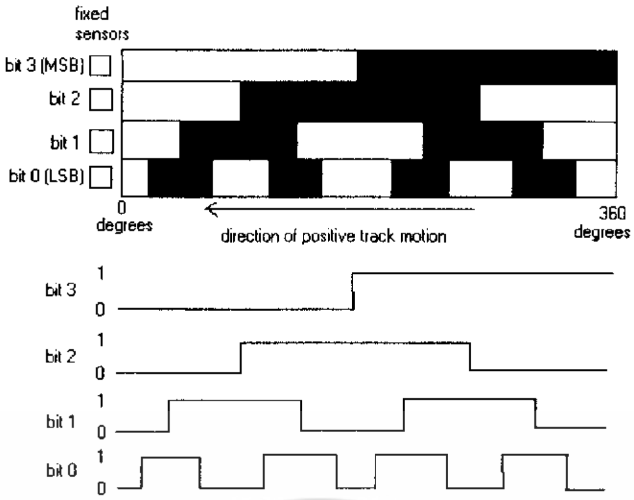


รูปที่ 2.22 แอบโซลุทเอนโคดเดอร์

แอบโซลุทเอนโคดเดอร์มีโครงสร้างแผ่นดิสก์พิเศษซึ่งมีลักษณะเป็น Gray Scales ความละเอียดตำแหน่งของแอบโซลุทเอนโคดเดอร์จะขึ้นกับจำนวนบิต

แอบโซลุทเอนโคดเดอร์จะให้ข้อมูลตำแหน่งค่อนข้างละเอียดและสามารถรายงานบอกตำแหน่งได้ทุกๆ จุดที่โรเตอร์หมุนเคลื่อนที่ไป ไม่มีปัญหาเรื่องจุดอ้างอิงกรณีที่ไฟดับหรือปิดเครื่อง แต่จะไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม เช่นการสั่นสะเทือนและฝุ่นควัน นอกจากนั้นจานเข้ารหัสยังเปราะและแตกง่าย

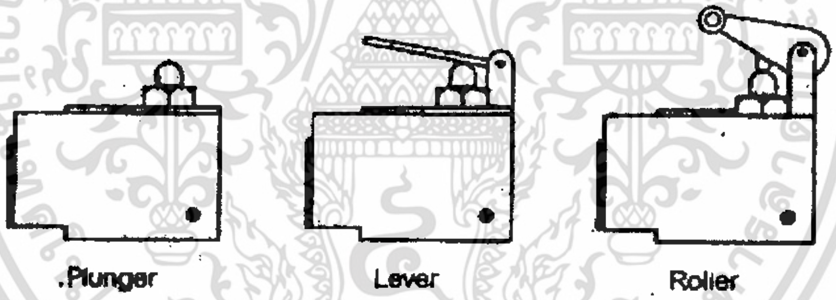
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 รหัสแอบโซลุทเอนโคดเดอร์

2.5 ไมโครสวิตซ์ (Microswitch)

คือ สวิตซ์ขนาดเล็ก การทำงานอาศัยการเคลื่อนที่ขนาดเล็กมากๆ ของหน้าสัมผัสทำให้สวิตซ์ประเภทนี้มีความไวในการทำงานมาก และเหมาะกับงานที่มีการสัมผัสงานโดยตรง รูปแบบต่างๆ ของไมโครสวิตซ์แสดงได้ดังรูปที่ 2.24



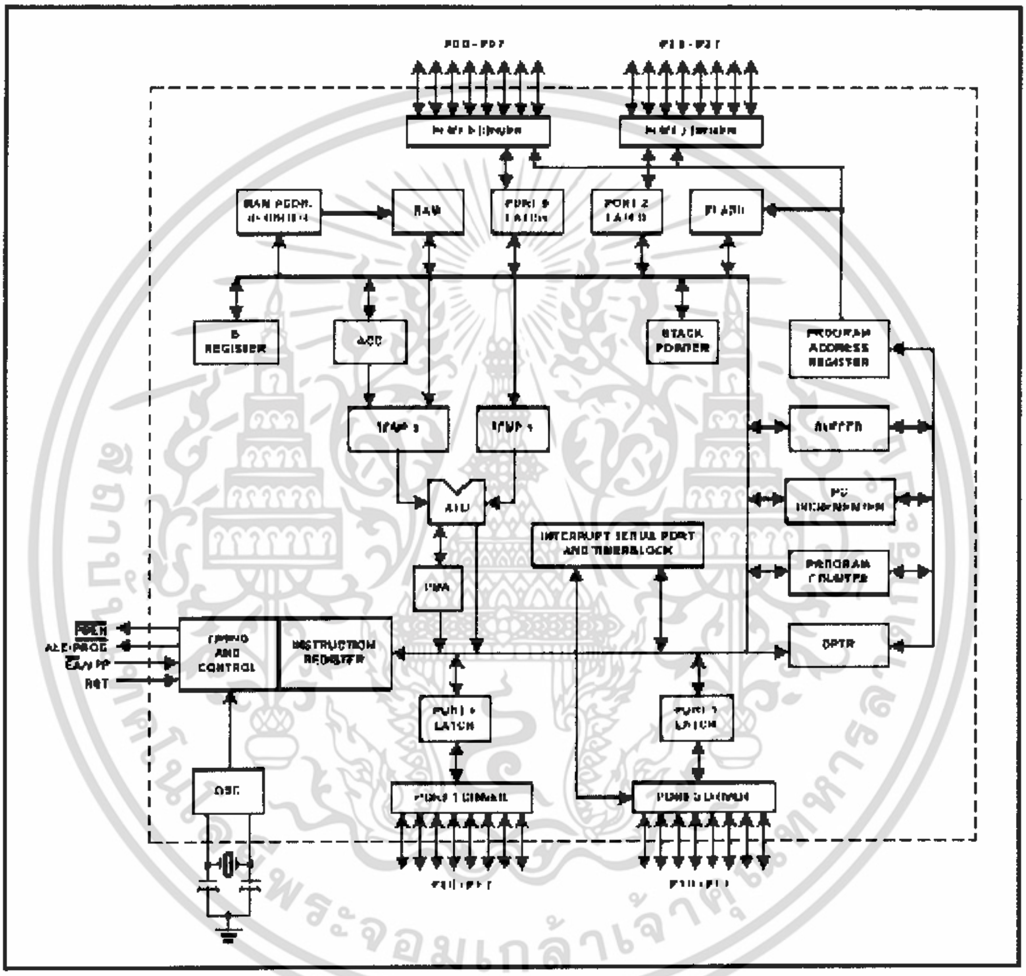
รูปที่ 2.24 ไมโครสวิตซ์

ซึ่งมีรูปแบบของหน้าสัมผัสแตกต่างกันไปตามลักษณะของการนำไปประยุกต์ใช้งาน ปกติหน้าสัมผัสของไมโครสวิตซ์เป็นไปทั้งหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (normally close) หรือแบบปกติเปิด (normally open) ขึ้นกับจุดประสงค์ของการใช้งานว่าต้องการให้สวิตซ์ทำหน้าที่ในการตัดหรือต่อวงจรทำงาน เช่น สวิตซ์หยุดการทำงานของเครื่องจักร หรือ แจ้งเตือนด้วยเสียง ทดสอบขนาด และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นไปตามคุณสมบัติข้อกำหนดหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาจเรียกว่าซิงเกิลชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ (Single Chip Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ที่นำเอาไมโครโพรเซสเซอร์มารวมกับหน่วยความจำและอุปกรณ์ไอโอต่าง ๆ เอาไว้ในตัวเดียวกัน สามารถทำงานได้ทันทีเมื่อป้อนไฟเลี้ยงและสัญญาณนาฬิกาให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงทำให้การออกแบบวงจรง่ายขึ้นและมีขนาดเล็กลงเป็นอย่างมาก บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงในรูปที่ 2.25

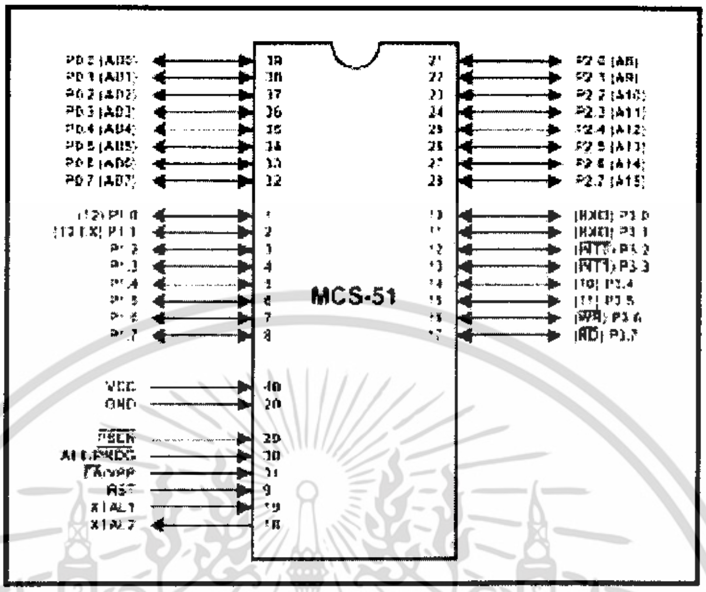


รูปที่ 2.25 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51

การพัฒนาขีดความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เป็นมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีการพัฒนาทั้งในด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ในการพัฒนาด้านฮาร์ดแวร์นั้นสิ่งที่เห็นได้ชัดเจนคือ การพัฒนาเกี่ยวกับหน่วยความจำ ซึ่งได้เริ่มมีการพัฒนามาจาก PROM EPROM EEPROM และ ในปัจจุบัน ได้พัฒนามาจนถึงหน่วยความจำที่เรียกว่า FLASH MEMORY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้นได้พัฒนาการเขียนโปรแกรมมาจาก การเขียนโปรแกรมในระดับบิต (เลขฐาน 2), ระดับไบต์ (เลขฐาน 16), แอสแซมบลี, และภาษาในระดับสูง เช่น ภาษาเบสิกและภาษาซี เป็นต้น



รูปที่ 2.26 การจัดขาของ MCS-51

การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่การทำงานของหน่วยความจำจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าต่างๆให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เก็บค่าต่างๆที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กระทำตามคำสั่งการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออก เป็น 3 กลุ่มคือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือ (Code Memory)
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)
3. รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function)

การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

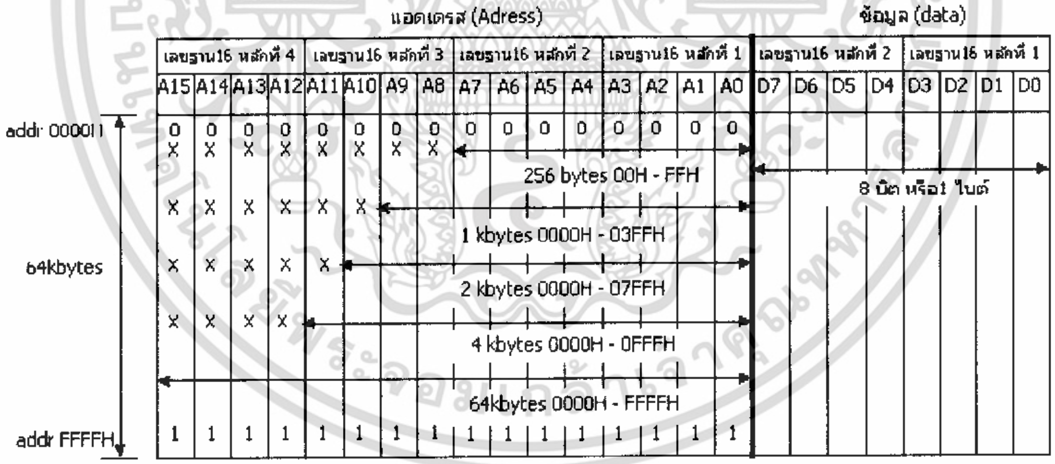
1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (ทำหน้าที่เช่นเดียวกับรอม) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory) จะทำหน้าที่เก็บชุดคำสั่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น ๆ ยกตัวอย่าง เช่นในขณะที่เราเปิดเครื่องไมโครเวฟ จะมีการแสดงผลรายการหลักที่หน้าจอ LCD เพื่อคอยให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการจะอุ่นอาหาร คำสั่งที่จอ LCD เพื่อให้เราป้อนข้อมูลนั้นจะเขียนคำสั่งอยู่ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง ถึงเราจะเปิดเครื่องไมโครเวฟกี่ครั้ง ก็จะมีการแสดงผลที่ LCD ให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการเหมือนเดิม ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051AT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 1, 2 และ 4 Kbytes ตามลำดับ หน่วยความจำจะเป็นลักษณะแบบแฟลช ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานโดยสามารถจะทำการลบข้อมูลด้วยไฟฟ้า และเก็บข้อมูลเข้าเก็บไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กว่า 1000 ครั้ง โดยใช้เครื่องโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง (สามารถรักษาข้อมูลไว้ได้นานหลายปี) ข้อสังเกต ส่วนของแอดเดรส(ADRRES)ไม่สามารถที่จะใช้ตำแหน่งเดียวกันได้ แต่ข้อมูล (DATA)สามารถที่จะมีข้อมูลเหมือนกันได้ จากตารางอุปมาเหมือนกับมีกระดาษจำนวนเท่ากับ 2n บรรทัดมาให้ ดังนั้นหากต้องการเขียนข้อมูลใดๆลงในแต่ละบรรทัด จะต้องมีตำแหน่งของบรรทัดที่ไม่ซ้ำกัน และการที่จะเลือกจำนวนของบรรทัด ขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่ต้องการจะเขียน ยกตัวอย่างเช่นหากต้องการขนาดของข้อมูลในการเขียนโปรแกรมเพียง 2000 บรรทัด อาจจะเลือกใช้หน่วยความจำขนาด 2Kbytes โดยมีแอดเดรสตั้งแต่ 0000H - 07FFH

ตารางที่ 2.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์



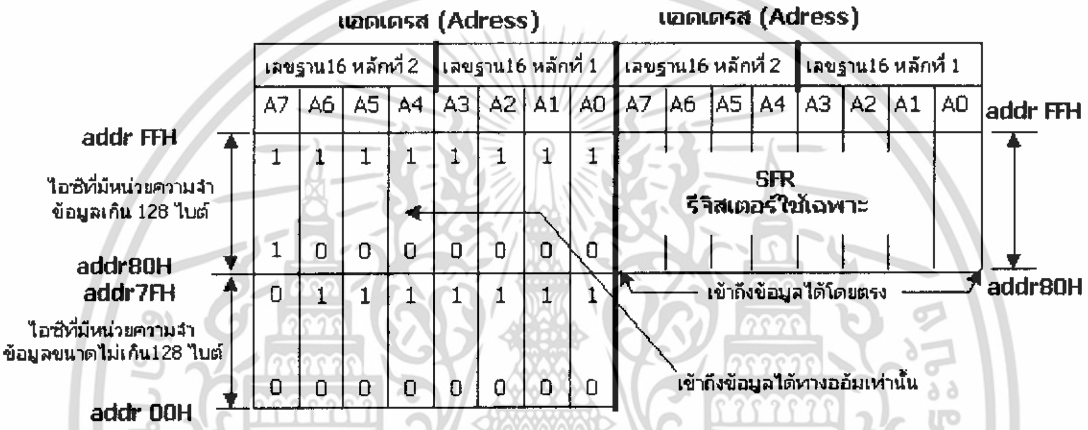
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูล(RAM) จะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูล โดยข้อมูลอาจจะเป็นค่าหลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการการประมวลผลหรือเก็บค่าข้อมูลที่จะให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขณะนั้น และจะทำหน้าที่เป็น สแตก (Stack)บางส่วน (ส่วนของสแตกจะอธิบายในลำดับต่อไป) ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นเครื่องไมโครเวฟที่ใช้สำหรับอุ่นอาหาร ก็คือส่วนที่เราป้อนข้อมูลเช่นเวลา หรืออุณหภูมิที่เป็นปัจจุบัน หลังจากหน่วยความจำโปรแกรมแสดงรายการ หลักที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD นั่นเอง สังเกตว่าหากเราปิดเครื่อง แล้วเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง ค่าข้อมูลที่เป็นเวลา และอุณหภูมิเดิมที่เรากำหนดไว้ในครั้งแรกก็จะหายไป และจะให้เราป้อนค่าข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังนั้น การที่จะรักษาข้อมูลเดิมไว้ได้ จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำรองไว้สำหรับเพื่อเลี้ยงให้กับตัวไอซีตลอดเวลา หรือที่ เรียกว่า Battery backup * สำหรับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 64 bytes ส่วนAT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 128 bytes

ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน(Internal data memory)



หน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งส่วนของการใช้งานได้อีกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH และหน่วยความจำในตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป จะแสดงได้ดังรูป2.10 โดยพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH ก็ยังสามารถที่จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

1. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูล (แรม)ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จะถูกแบ่งออกเป็น กลุ่ม เรียกว่า แบงค์ (Bank) และในแต่ละแบงค์ จะมี 8 ไบต์ ดังแสดงในรูป10 พื้นที่ในแต่ละแบงค์จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7 เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์) โดยที่รีจิสเตอร์ R0 จะอยู่ในตำแหน่งแรกของแต่ละแบงค์ และ รีจิสเตอร์ R7 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแต่ละแบงค์ ในการนำไปใช้งาน จะเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ได้เพียงแบงค์เดียว และเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ใดๆก็ได้ โดยการกำหนดค่าข้อมูลที่รีจิสเตอร์ PSW ในส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) หากไม่ได้กำหนดค่าใดๆเลย เมื่อทำ

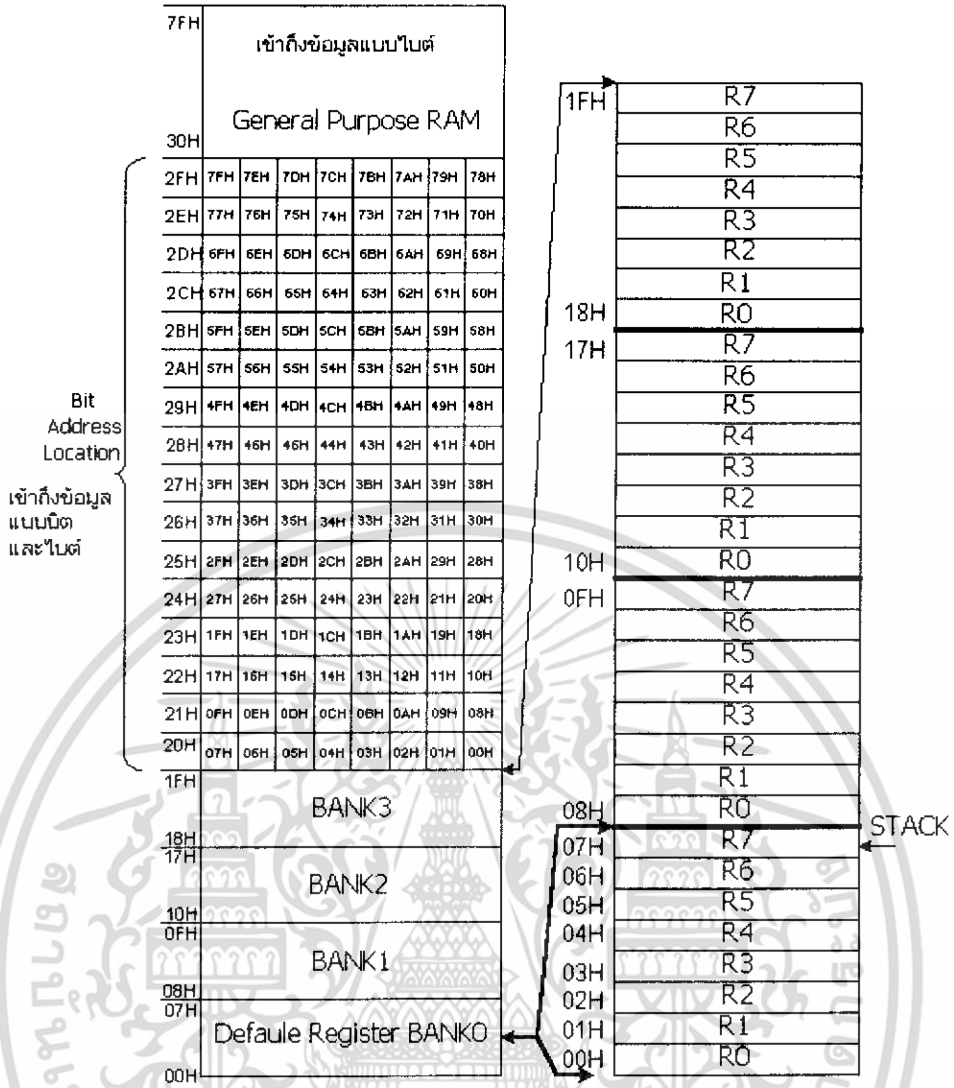
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรีเซตให้กับ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกกำหนด ให้เริ่มต้นใช้งานที่รีจิสเตอร์ R0-R7 ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ให้เอง ดังนั้นในการทดลองเริ่มต้นในส่วนแรกๆ เราจะยังไม่กำหนดค่าใดๆ ในการเลือกใช้งานรีจิสเตอร์แบงค์อื่นๆ (จะใช้เพียงรีจิสเตอร์ R0-R7ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ที่ถูกกำหนดมาให้เท่านั้นก่อน)

2. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน (แรม) ตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะการเข้าข้อมูลแบบ ไบต์หรือแบบบิตได้ และสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง เพียงแต่ระบุตำแหน่งหรือชื่อของบิตนั้นๆได้ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่จำนวนทั้งหมด 128 บิต แต่ละบิตจะมีหมายเลขตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH โดยตำแหน่งบิตที่ 00H ก็คือข้อมูลของบิตต่ำสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H หรือ เราอาจเรียกว่า(20H.1) และตำแหน่งของบิตที่ 7FH คือข้อมูลบิตสูงสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 2FH หรือเราอาจเรียกว่า (20H.7) การอ้าง ตำแหน่งแบบบิตจะทำให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้น

3. พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่ 30H-7FH จะเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำใช้งานทั่วไป และการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ ของหน่วยความจำส่วนนี้จะอ้างตำแหน่งข้อมูลได้ในลักษณะของแบบไบต์เท่านั้น และพื้นที่ส่วนนี้เราอาจจะใช้เป็นสแตกได้ (รายละเอียดของสแตก อยู่ในเรื่องหน่วยความจำแบบ SFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 หน่วยความจำข้อมูลภายในของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยความจำสำหรับเก็บค่ารีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)

รีจิสเตอร์เฉพาะหรือ รีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะอยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งสามารถจะเรียกใช้ชื่อของรีจิสเตอร์ได้โดยตรง หรืออาจจะเรียกชื่อตามตำแหน่งแอดเดรสก็ได้ รีจิสเตอร์เฉพาะจะประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Byte Address	Bit Address								
FFH									
F0H	F7H	F6H	F5H	F4H	F3H	F2H	F1H	F0H	B
E0H	E7H	E6H	E5H	E4H	E3H	E2H	E1H	E0H	ACC
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	
D0H	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H	PSW
B8H	BFH	BEH	BDH	BCH	BBH	BAH	B9H	B8H	IP
B0H	B7H	B6H	B5H	B4H	B3H	B2H	B1H	B0H	P3
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
A8H	AFH	AEH	ADH	ACH	ABH	AAH	A9H	A8H	IE
A0H	A7H	A6H	A5H	A4H	A3H	A2H	A1H	A0H	P2
99H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	TB8	T1	R1	
98H	9FH	9EH	9DH	9CH	9BH	9AH	99H	98H	SCON
90H	97H	96H	95H	94H	93H	92H	91H	90H	PI
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								TH1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								TH0
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								TL1
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								TL0
89H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								TMOD
88H	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H	TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								PCON
83H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต								SP
80H	87H	86H	85H	84H	83H	82H	81H	80H	P0

Special Function Registes

รูปที่ 2.28 การจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)

ACC (Accumulator) หรือ รีจิสเตอร์ A เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต และมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูล ในระดับบิตได้ ใช้งานเป็นตัวกระทำร่วมทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร เป็นต้น และทำหน้าที่เป็นตัวเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งรีจิสเตอร์นี้จะถูกใช้งานบ่อยมากในการเขียนโปรแกรม

รีจิสเตอร์ B เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง F0H ใช้ในการกระทำในคำสั่งคูณหรือหารข้อมูลโดยใช้ร่วมกับรีจิสเตอร์ A จะทำหน้าที่เก็บค่าผลลัพธ์ที่เป็นเศษของการหาร และเก็บผลลัพธ์ของค่าผลคูณไบต์บน และยังใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้ในกรณีไม่ได้ทำคำสั่งในการคูณหรือหาร

PSW: (Program Status Word) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่แสดงสถานะภาพการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลง หลังจากมีการทำงานในคำสั่งต่างๆ และยังใช้เป็นตัวเลือกตำแหน่งแบงก์ของรีจิสเตอร์ (Register Bank) R0-R7 อีกด้วย ผลของบิตต่างๆ สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปเป็นเงื่อนไขในการกระโดด (Jump) และค่าของบิตต่างๆ ใน PSW สามารถที่จะเซตหรือเคลียร์บิต ด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์ได้

แฟลกต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ PSW จะอยู่ในตำแหน่งของบิตต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.3 Program Status Word

PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
CY	AC	F0	RS1	RS0	0V	-	P

Register	RS0	RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
BANK 0	0	0	00H - 07H
BANK 1	0	1	07H – 0FH
BANK 2	1	0	10H – 17H
BANK 3	1	1	18H – 1FH

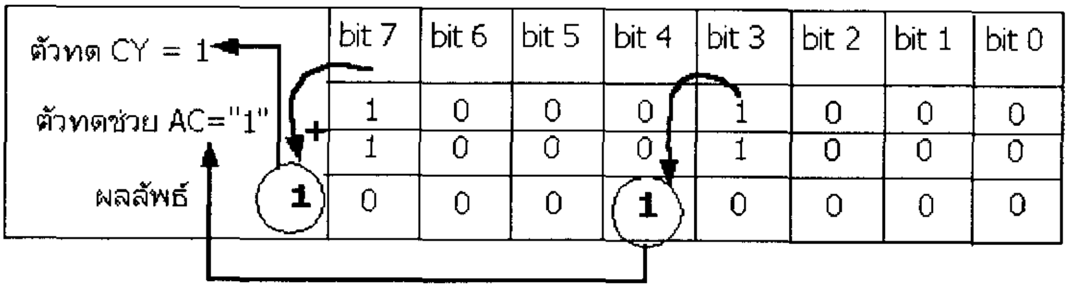
CY: (Carry Flag) เป็นบิตที่ทำหน้าที่แสดงสถานะของตัวทด เช่นในกรณีของการบวก หากนำเลข 8 บิต 2 จำนวนมาบวกกัน แล้วปรากฏว่า ผลบวกที่ได้มีค่ามากเกิน 8 บิต ก็จะทำให้สถานะของบิต CY ถูกเซตเป็น 1 แต่หากผลบวกไม่เกิน 8 บิตป้ายบอกสถานะที่บิต CY จะยังเป็น 0 และในทำนองเดียวกัน จะทำหน้าที่เป็นตัวยืมในกรณีของการลบ ใช้เป็นตัวร่วมกับแอคคิวมูเลเตอร์ (Register A)ในการหมุนบิต และเราสามารถใช้ค่าของ CY เป็นเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมในการกระโดด (Jump) ได้

ตารางที่ 2.4 Carry Flag

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
ตัวทด CY = 1	1	0	0	0	0	0	0	0
+	1	0	0	0	1	0	0	0
ผลลัพธ์ 1	0	0	0	0	1	0	0	0

AC: (Auxiliary Carry Flag) เป็นแฟลกตัวทดช่วยในกรณีที่มีการบวกเลขสองจำนวน แล้วมีการทดระหว่างบิตที่ 3 ไปบิตที่ 4 ทำให้มีการเซตค่าที่บิต AC เป็น "1" ดังตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



F0 : (Flag 0) เป็นแฟลกที่ใช้งานทั่วไปซึ่งเราสามารถใช้เป็นแฟลกสภาวะ (Status flag) ของโปรแกรมโดยการเซต หรือรีเซตด้วยคำสั่ง ทางซอฟต์แวร์(กันไว้สำหรับผู้ใช้) RS1-RS0 : (Register Bank Select)เป็นตัวกำหนดการเลือกพื้นที่ใช้งานของกลุ่มรีจิสเตอร์ R0 - R7 (รูปที่1.10) ในแบงค์ต่างๆโดยการกำหนดสถานะที่บิต RS0 และ RS1 ตามตารางRegister RS0 RS1 ตำแหน่งหน่วยความจำ

OV : (Overflow Flag) เป็นบิตที่แสดงสถานะโอเวอร์โฟลว์ ซึ่งจะถูกเซตหรือเคลียร์จากการทำงานของคำสั่งทางคณิตศาสตร์ แล้วเกิดการทดข้ามจากบิตที่ 6 มายังบิตที่ 7 เช่นในการนำเลขสองจำนวนมารวมกัน แล้วได้ผลลัพธ์มากกว่า +127(ฐานสิบ) หรือต่ำกว่า -128(ฐานสิบ) ในบิตที่ 7 (ซ้ายมือสุด) จะแสดงเป็นบิตสถานะของค่าบวก หรือลบโดยถ้าสถานะเป็น 1 จะเป็นค่าบวก ถ้าสถานะเป็น 0 จะเป็นค่าลบ ดังนั้นเมื่อมีการเกิดโอเวอร์โฟลว์ขึ้น จะทำให้แฟลก OV ถูกเซตเป็น "1"

P : (Parity Flag) เป็นบิตแสดงสถานะที่ใช้ตรวจสอบจำนวนบิตที่เป็น "1" ในข้อมูลของแอคคิวมูเลเตอร์ (Register A) โดยบิต P จะถูกเซตเป็น "1" เมื่อสถานะทั้ง 8 บิตมีเลข 1 เป็นจำนวนคี่ (odd) และบิต P จะถูกเซตเป็น "0" เมื่อสถานะของทั้ง 8 บิตในแอคคิวมูเลเตอร์ (Register A) มีจำนวนเลข 1 เป็นจำนวนคู่ (even) หรือ นับจำนวนเลข 1 ของข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ทั้ง 8 บิตนั่นเอง

ตัวชี้สแตก SP (Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 81H ใช้ในการเก็บค่าของตัวชี้บอก ตำแหน่งแอดเดรส เมื่อรีเซตระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าของตัวชี้สแตกจะถูกกำหนดให้เริ่มต้นชี้ที่ตำแหน่งแอดเดรส 07H (ข้อมูลที่รีจิสเตอร์SP จะมีค่าเท่ากับ 07H) ซึ่งจะเป็นตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์ R7 ในแบงค์ 0 สแตก(Stack) คือการจองพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล บริเวณหนึ่งขึ้นมา เป็นตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยให้ รีจิสเตอร์ SP (Stack Pointer) เป็นตัวชี้บอกตำแหน่งแอดเดรสว่าข้อมูลนั้นเก็บไว้ที่ตำแหน่งใดของ หน่วยความจำข้อมูล และหลังจากที่นำข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำพื้นที่ๆ จองไว้แล้ว ค่าข้อมูลในตัวชี้สแตก (รีจิสเตอร์ SP) ก็จะชี้ค่าไปยังตำแหน่งแอดเดรสใหม่ต่อไป (ขึ้นอยู่กับจำนวนของไบต์ข้อมูลที่จะนำไปเก็บ) ดังนั้นถ้าหากจะนำข้อมูลค่าต่อไปจัดเก็บอีก ก็จะเป็นตำแหน่งแอดเดรสที่อยู่ถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแตกจะถูกใช้งานในขณะที่มีการเรียกใช้โปรแกรมย่อยโดยคำสั่ง CALL หลังจากนั้นก็จะนำแอดเดรสที่ตำแหน่งถัดจากคำสั่ง CALL (โปรแกรมเคาน์เตอร์) ไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำในพื้นที่ๆจองไว้ และหลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมย่อยจนเสร็จสิ้นแล้ว โปรแกรมย่อยก็จะปิดท้ายด้วยคำสั่ง RET ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะกลับไปที่ตำแหน่งเดิมได้ ก็จะต้องไปดูข้อมูลที่ตัวชี้สแตก (Stack Pointer) ว่าชี้อยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรสใด ซึ่งค่าข้อมูลของสแตกในตำแหน่งนั้นนั้น ก็คือแอดเดรสที่โปรแกรมจะต้องกลับไปทำงานต่อ ดังนั้นการเรียกโปรแกรมย่อย ซ้อนกันหลายๆครั้ง ค่าในสแตกก็จะซ้อนทับกัน การที่จะกลับค่าไปที่ตำแหน่งแอดเดรสเดิมได้ ก็ต้องออกจากสแตกทีละชั้นไป เราจึงเรียกวิธีการนี้ว่า FILO (First In Last Out) หรือเข้าก่อนออกที่หลัง ในส่วนของสแตกยังสามารถเก็บข้อมูลของรีจิสเตอร์ต่างๆได้ด้วย เช่นกรณีไมโครคอนโทรลเลอร์ กระโดดไปทำที่โปรแกรมย่อย และในส่วนของโปรแกรมย่อยมีคำสั่งโดยเรียกใช้รีจิสเตอร์ที่เราใช้ในโปรแกรมหลักด้วย เช่น รีจิสเตอร์ PSW รีจิสเตอร์ A หรือ รีจิสเตอร์ R0 ฯลฯ ซึ่งถ้าหากเราไม่เก็บค่าข้อมูลเดิมของรีจิสเตอร์ไว้ก่อน ค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ดังกล่าวอาจจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลไป ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลเดิมไปเก็บไว้ที่สแตกก่อนด้วยคำสั่ง PUSH หลังจากนั้นเมื่อออกจากโปรแกรมย่อยจึงจะทำการคืนค่าของรีจิสเตอร์ในสแตกกลับมา ให้เป็นข้อมูลเดิมโดยคำสั่ง POP (รายละเอียดอยู่ในบทที่ 4 เรื่องโปรแกรมย่อยและการกระโดด)ทุกครั้งที่เริ่มรีเซตระบบ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรมแฟลช (Flash memory) และจะเริ่มปฏิบัติตามคำสั่งที่ถูกเขียน เป็นข้อมูลขนาด 8 บิต (1ไบต์)ในแต่ละแอดเดรสของหน่วยความจำ โปรแกรม ซึ่งบางคำสั่งอาจจะใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลเพียง 1 แอดเดรส และบางคำสั่งอาจจะต้องใช้เนื้อที่ 2 -3 แอดเดรส จำนวนของแอดเดรสที่จะเก็บข้อมูลในแต่ละคำสั่ง สามารถเปิดดูได้จากตารางคำสั่ง ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (บทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2.5) ดังนั้นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 1Kbytes ก็อุปมาเหมือนกับมีกระดาษไว้เขียนคำสั่ง 1,024 บรรทัด หากมีการเขียนคำสั่งที่ยาวกว่า 1024 บรรทัด แต่ละบรรทัดมีขนาด 8 บิต (1ไบต์) ก็จะต้องเลือกไอซีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมให้มากกว่านี้

DPTR: (Data Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัวคือรีจิสเตอร์ DPL และ DPH ซึ่งเราสามารถเลือกการใช้งานในลักษณะ 8 บิต 2 ตัวหรือ 16 บิต 1 ตัวก็ได้ จะมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 82H,83H ตามลำดับ ใช้สำหรับเป็นตัวชี้ ตำแหน่งของหน่วยความจำหรือตำแหน่งของอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย และใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น (Base) ของตารางในการทำงานเกี่ยวกับ Look up table (รายละเอียดและตัวอย่างการใช้งานอยู่ในบทที่ 5 การทดลองเรื่อง Look up table)

รีจิสเตอร์พอร์ต P0-P3 พอร์ต P1และพอร์ต P3 เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งพอร์ต P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 80H พอร์ต P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 90H พอร์ต P2มีแอดเดรสอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง A0H และพอร์ต P3มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง B0H ข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ เหล่านี้จะเป็นค่าเดียวกับค่าของสัญญาณที่ขาต่างๆของพอร์ต เป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบบิตได้ เป็นพอร์ตแบบสองทิศทางคือเป็นได้ทั้ง พอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุต สามารถคงสภาวะ(Latch) ขณะเป็นเอาต์พุต สำหรับเบอร์ AT89CX051 พอร์ต P3 จะมีขาภายนอกเพียง 7 ขา ส่วนขาที่ P3.6 จะเป็นขาที่อยู่ภายใน ไอซีเป็นขาเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบระหว่างขา P1.0 และ P1.1

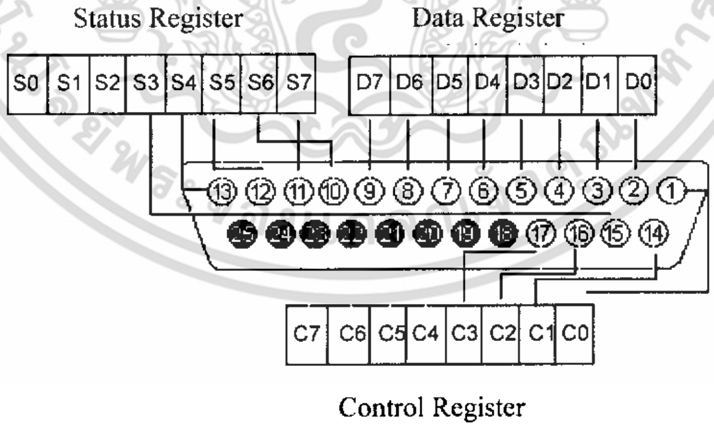
2.6 พอร์ตขนาน (Parallel Port)

ความรู้ พื้นฐานพอร์ตขนาน

พอร์ตขนานหรือ Parallel Port นั้นเดิมเรียกว่า Printer Port เพราะการใช้งานส่วนใหญ่กับพอร์ตขนาน เป็นการใช้งาน โดยการต่อกับเครื่องพรินเตอร์เป็นหลัก โดยที่พอร์ตขนานนั้น สามารถให้ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลได้รวดเร็วกว่า พอร์ตอนุกรมราว 8 ถึง 10 เท่า และยังสามารถส่งข้อมูลขนาน 8 บิตออกไปได้โดยตรง

พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ โดยสัญญาณจะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณ ประกอบด้วย

- Data Port จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- Status Port จำนวน 5 เส้นสัญญาณ
- Control Port จำนวน 4 เส้นสัญญาณ



รูปที่ 2.29 พอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Port

Data Port จะมีอยู่ 8 ขา ตั้งแต่ขาที่ 2 ถึงขาที่ 9 บางทีมักถูกเรียกว่า Data Register ซึ่ง Register ตัวนี้จะส่งค่าได้อย่างเดียว ไม่สามารถรับค่าได้

ตารางที่ 2.5 Data Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Data Port	Write	Bit 7	Data 7
		Bit 6	Data 6
		Bit 5	Data 5
		Bit 4	Data 4
		Bit 3	Data 3
		Bit 2	Data 2
		Bit 1	Data 1
		Bit 0	Data 0

Status Port

Status Port เป็นพอร์ตที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ตนี้จะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 สัญญาณ และสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสงวนไว้อีกสองบิต โดยสัญญาณ Busy จะ Active Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 Status Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Status Port	Read	Bit 7	Busy
		Bit 6	nAck
		Bit 5	PaperEnd
		Bit 4	Select
		Bit 3	nError
		Bit 2	IRQ (Not)
		Bit 1	Reserved
		Bit 0	Reserved

ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Status Port มีดังนี้

- Bit7 Busy เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์จะไม่รับข้อมูล
- Bit6 nAck เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์พร้อมที่จะทำงาน (Active Low)
- Bit5 Paper End เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์ไม่มีกระดาษ
- Bit4 Select เมื่อ Active หมายถึงเลือกพรินเตอร์
- Bit3 nError เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์เกิดข้อผิดพลาด (Active Low)
- Bit2, Bit1, Bit0 ไม่ใช้

Control Port

Control Port เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมพรินเตอร์ สัญญาณในกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้นสัญญาณ Initialize เท่านั้นที่ไม่ถูก Invert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 Control Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Control Port	Read / Write	Bit 3	nESelect
		Bit 2	nInitialize
		Bit 1	nAutoFeed
		Bit 0	nStrobe

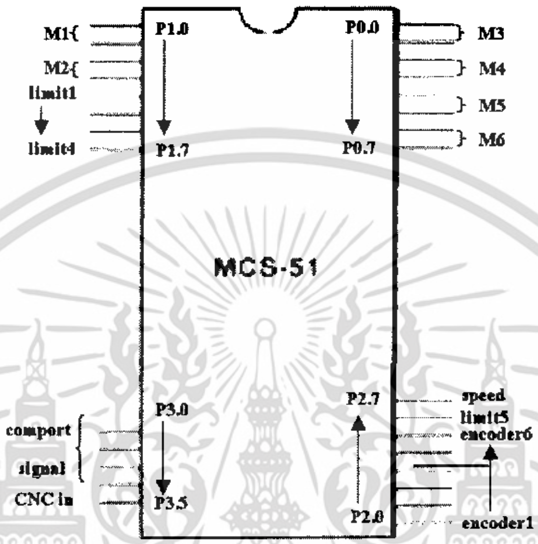
ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Control Port

- Bit3 nSelect Printer เมื่อ Active หมายถึงเลือกพรินเตอร์
- Bit2 nInitialize เมื่อ Active หมายถึงรีเซตพรินเตอร์
- Bit1 nAuto Feed เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์กระทำ Line Feed
- Bit0 nStrobe เมื่อ Active หมายถึงการบอกให้พรินเตอร์ทราบว่ามีข้อมูลเข้ามาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

3.1 วงจร MCS-51



รูปที่ 3.1 วงจร MCS-51

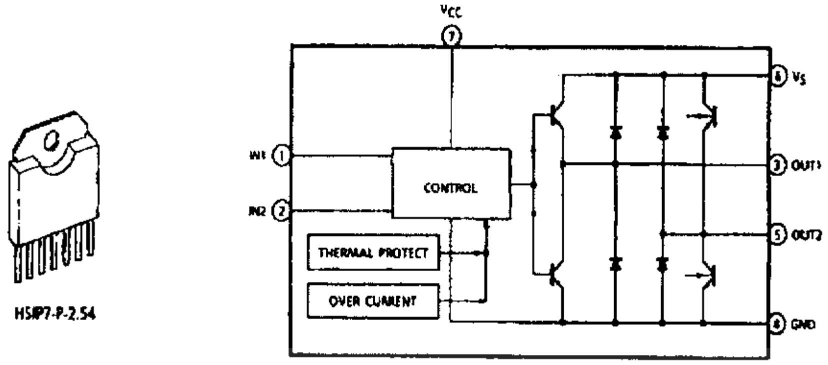
วงจร MCS-51 มีหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อรับคำสั่งมาทำงาน รับสัญญาณจาก Limit switches และ เครื่อง CNC มีการติดต่อดังนี้

P0.0 – P0.7	ติดต่อกับ Motor ตัวที่ 3 - 5
P1.0 – P1.3	ติดต่อกับ Motor ตัวที่ 1 – 2
P1.4 – P1.7	ติดต่อกับ Limit switch ตัวที่ 1 - 4
P2.0 – P2.5	ติดต่อกับ Encoder 6 ตัว
P2.6	ติดต่อกับ Limit switch ตัวที่ 5
P2.7	รับสัญญาณควบคุม speed

3.2 วงจรขับมอเตอร์ (Drive Motor Circuit)

ใช้ไอซีสำเร็จรูป Full-Bridge Driver เบอร์ TA7257P เป็นวงจรขับมอเตอร์ที่สั่งงานด้วยลอจิก “0” และ “1” (5V และ 0V) ซึ่งง่ายต่อการเชื่อมต่อการทำงานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสามารถสั่งให้มอเตอร์หมุนได้ 2 ทิศทาง ในการเชื่อมต่อสัญญาณเพียง 2 เส้น ต่อมอเตอร์ 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



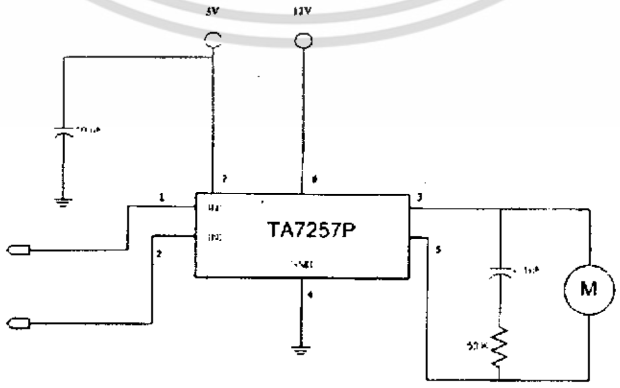
รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในของ TA7257P

การสั่งงานทำได้โดยป้อนลอจิกจากขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าที่ขา IN1, 2 ของ TA7257P ซึ่ง TA7257P จะใช้ 2 บิต ในการสั่งงานมอเตอร์ 1 ตัว ทำงานได้ 4 โหมด ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอินพุตและเอาท์พุตของไอซีเบอร์ TA7257P

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	BRAKE
0	1	L	H	CW/CCW
1	0	H	L	CCW/CW
0	0	HIGH IMPEDANCE		STOP

ส่วนการเชื่อมต่อต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.3



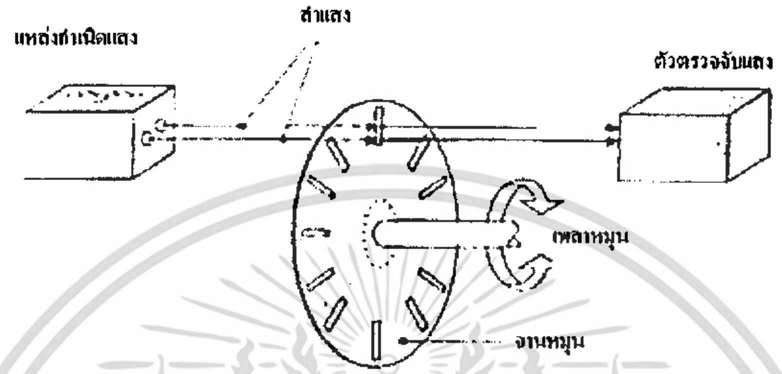
รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อไอซีเบอร์ TA7257P กับอุปกรณ์พื้นฐานภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรเอนโคดเดอร์ (Encoder Circuit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบสัญญาณที่ออกมาจากเอนโคดเดอร์ของมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปเป็นอินพุตในการตรวจสอบค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกล

วงจรเอนโคดเดอร์ที่ใช้ร่วมกันกับมอเตอร์ของแขนกลนี้ เป็นแบบออพติคอลเอนโคดเดอร์มีลักษณะดังรูปที่ 3.4



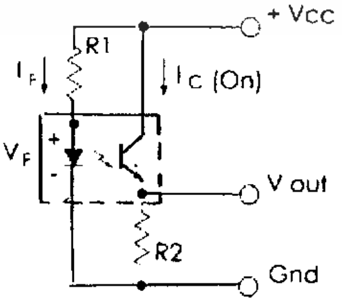
รูปที่ 3.4 เอนโคดเดอร์

ส่วนประกอบที่สำคัญของออพติคอลเอนโคดเดอร์

1. แหล่งกำเนิดแสง (Source) ในที่นี้ใช้หลอดอินฟราเรด
2. ตัวตรวจจับแสง (Phototransistor)
3. จานหมุน มอเตอร์ที่ตัวมือจับใช้ชนิด 3 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 5 ตัวใช้ชนิด 6 ช่อง
4. วงจรตรวจจับสัญญาณ (Phototransistor circuit) ใช้วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ (common collector) ซึ่งมีโหมดการทำงานอยู่ 2 ชนิด คือ

4.1 สวิตซ์โหมด (Switch mode) จะให้เอาท์พุตเป็นค่า on หรือ off ออกมาเมื่อมีการตรวจจับสัญญาณ

4.2 แอกทีฟโหมด (Active mode) จะให้ค่าเอาท์พุตที่ตอบสนองขึ้นอยู่กับแสงหรือระดับการส่องสว่าง โดยที่ I_C จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มแสง



รูปที่ 3.5 วงจรเอนโคดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

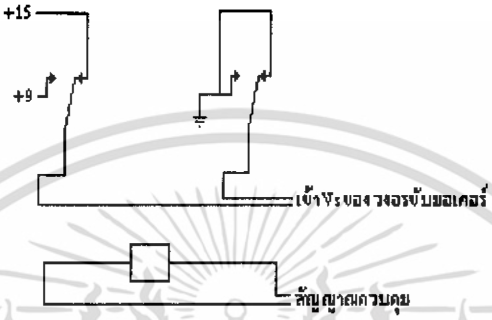
$$R_1 = (V_{CC}-V_F)/I_F \tag{3.1}$$

$$R_2 = (V_{CC}-V_{CE(sat)})/I_{C(on)} \tag{3.2}$$

ดังนั้น จะใช้

$$R_1 = 220\Omega$$
$$R_2 = 500k\Omega$$

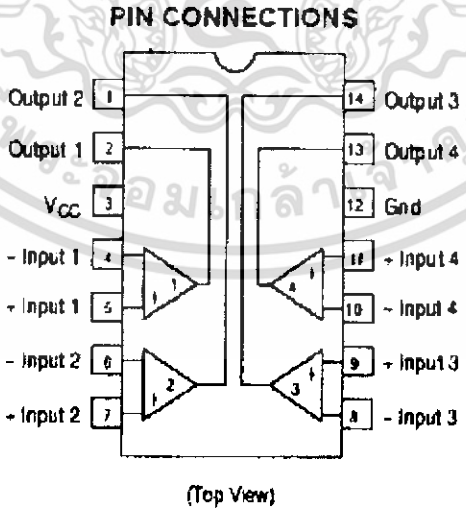
3.4 วงจรปรับความเร็ว



รูปที่ 3.6 วงจรปรับความเร็ว

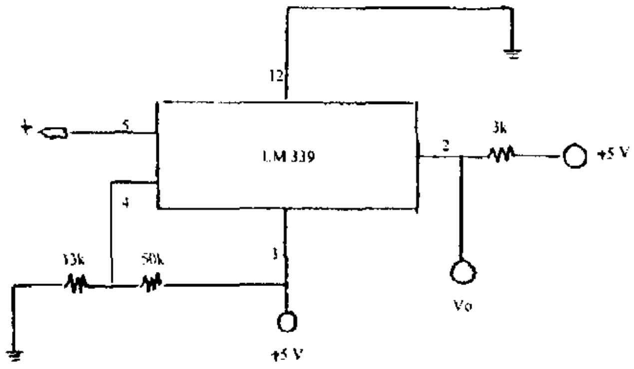
3.5 วงจรเปรียบเทียบ (Comparator Circuit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการปรับแต่งสัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาจากส่วนของวงจรเอนโคคเดอร์เพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุตที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ LM339



รูปที่ 3.7 โครงสร้างภายในของ LM339

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



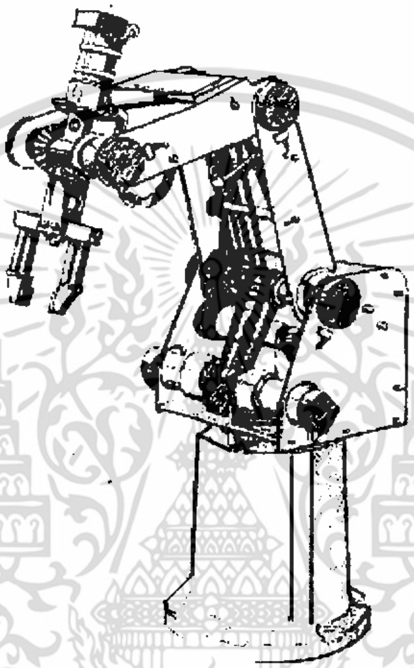
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อ LM339 กับอุปกรณ์พื้นฐานภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงสร้างการทำงาน

4.1 โครงสร้างของแขนกล

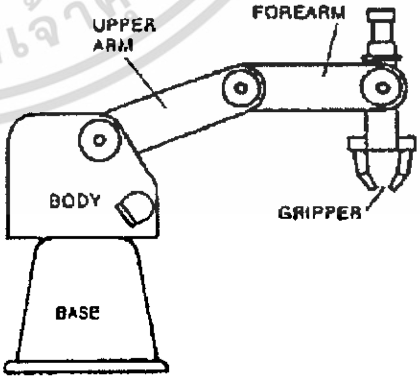
แขนกลที่ใช้เป็นของบริษัท ESHED ROBOTEC Ltd. รุ่น SCORBOT-ER III.



รูปที่ 4.1 SCORBOT-ER III

ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก

1. Base
2. Body
3. Upper arm
4. Forearm
5. Gripper
6. มอเตอร์ 12VDC 7 ตัว
7. เอนโคดเดอร์ 7 ตัว
8. ไมโครสวิตซ์ 5 ตัว
9. ส่วนส่งผ่านการเคลื่อนที่ เช่น เฟือง สายพานต่างๆ



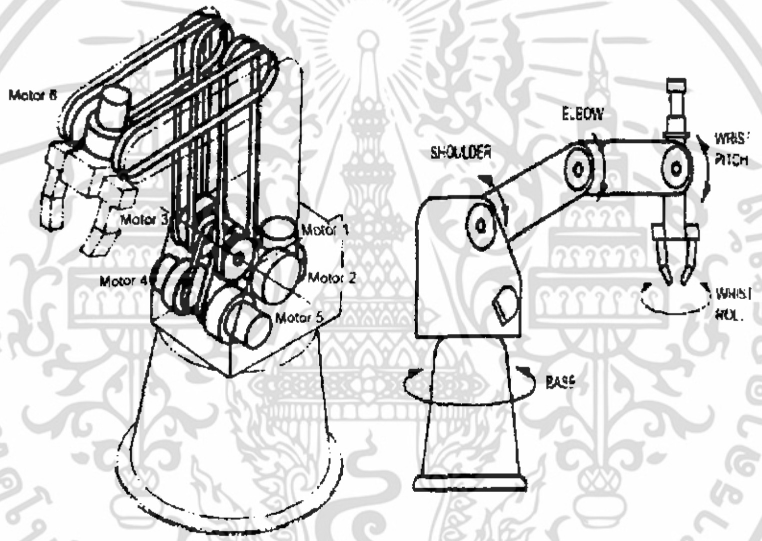
รูปที่ 4.2 ส่วนของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของโครงสร้างแขนกลแต่ละข้อต่อและตำแหน่งมอเตอร์

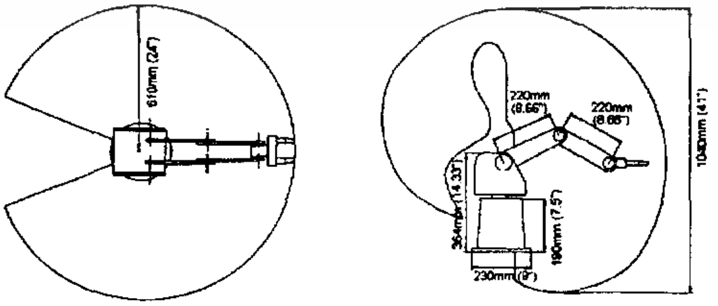
Axis No.	Joint Name	Motion	Motor No.
1	Base	Rotates the body.	1
2	Shoulder	Raises and lowers the uppers arm.	2
3	Elbow	Raises and lowers the forearm.	3
4	Wrist Pitch	Raises and lowers the end effector (gripper).	4+5
5	Wrist Roll	Rotates the end effector (gripper).	4+5

นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์ตัวที่ 6 ใช้ในการหนีบจับวัตถุของ Gripper



รูปที่ 4.3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของโครงสร้างแขนกล

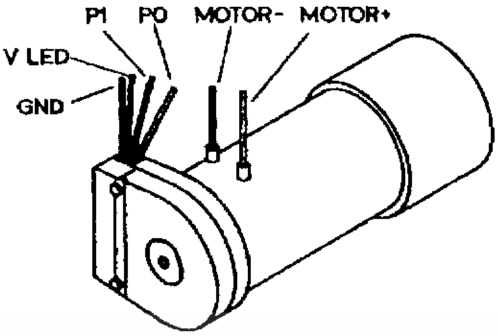
ขอบเขตพื้นที่การทำงานของแขนกล



รูปที่ 4.4 ขอบเขตพื้นที่การทำงานของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายไฟมอเตอร์



รูปที่ 4.5 สายไฟมอเตอร์

ตารางที่ 4.2 Wiring to Motors, Encoders and Microswitches

Robot Arm Signals			D50 Connector		Molex 12 Pin Connector		Encoder Printed Circuit(PC500)
Motor	Encoder	Microswitch	Colors	Pin#	Colors	Pin#	Pad#
1 -			White	50			
+			Grey/Green	17			
2 -			White	49			
+			White/Green	16			
3 -			White	48			
+			Orange/Brown	15			
4 -			White	47			
+			Orange/Green	14			
5 -			White	46			
+			Orange/Grey	13			
Grp -			White	45	Grey	4	
+			Orange/Blue	12	Yellow	8	
	1 GND		White	33			1
	P_1		White/Grey	5			3
	V_{LED}		Yellow	11			2
	P_0		Brown	2			4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

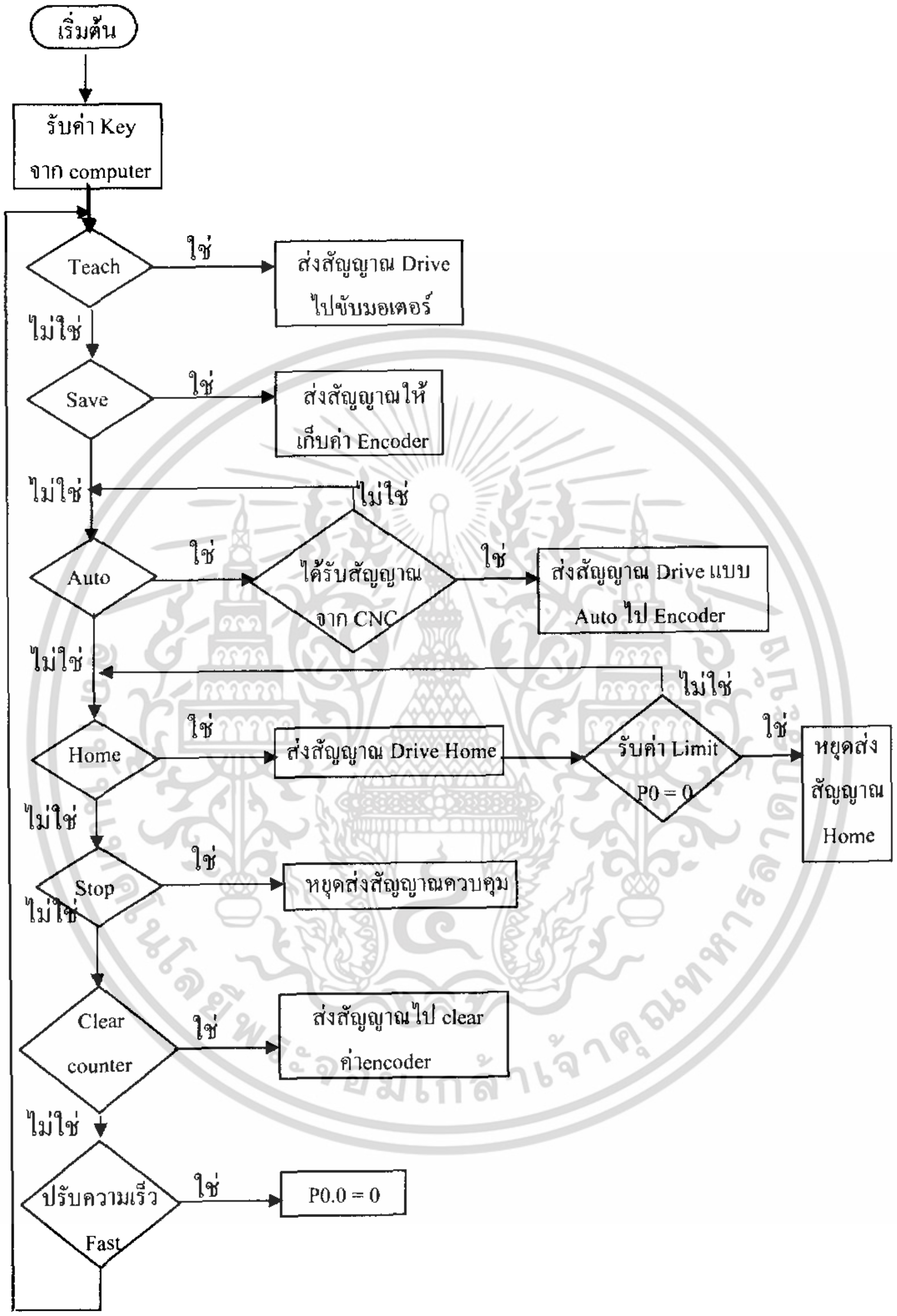
Robot Arm Signals			D50 Connector		Molex 12 Pin Connector		Encoder Printed Circuit(PC500)
Motor	Encoder	Microswitch	Colors	Pin#	Colors	Pin#	Pad#
	1 GND		White	32			1
	P_1		White/Orange	21			3
	V_{LED}		Yellow	27			2
	P_0		Grey	1			4
	1 GND		White	31			1
	P_1		Brown/Blue	4			3
	V_{LED}		Yellow	10			2
	P_0		Green	36			4
	1 GND		White	30			1
	P_1		Green/Brown	20			3
	V_{LED}		Yellow	26			2
	P_0		Orange	35			4
	1 GND		White	29			1
	P_1		Green/Blue	3			3
	V_{LED}		Yellow	9			2
	P_0		Blue	18			4
	GrpGND		White	28	Black	12	1
	P_1		Grey/Blue	19	Green	11	3
	V_{LED}		White	25	Yellow	10	2
	P_0		White/Blue	34	Brown	9	4
		1 GND	White	33			
		MS	Brown	23			
		2 GND	White	32			
		MS	Grey	7			
		3 GND	White	31	White	1	
		MS	Orange	24	White	2	
		4 GND	White	30	Blue	3	
		MS	Green	8	Blue	4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robot Arm Signals			D50 Connector		Molex 12 Pin Connector		Encoder Printed Circuit(PC500)
Motor	Encoder	Microswitch	Colors	Pin#	Colors	Pin#	Pad#
		5 GND MS	White Blue	29 6	Orange Orange	5 6	
		Grp no connect	White Brown/Grey	28 22			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรม

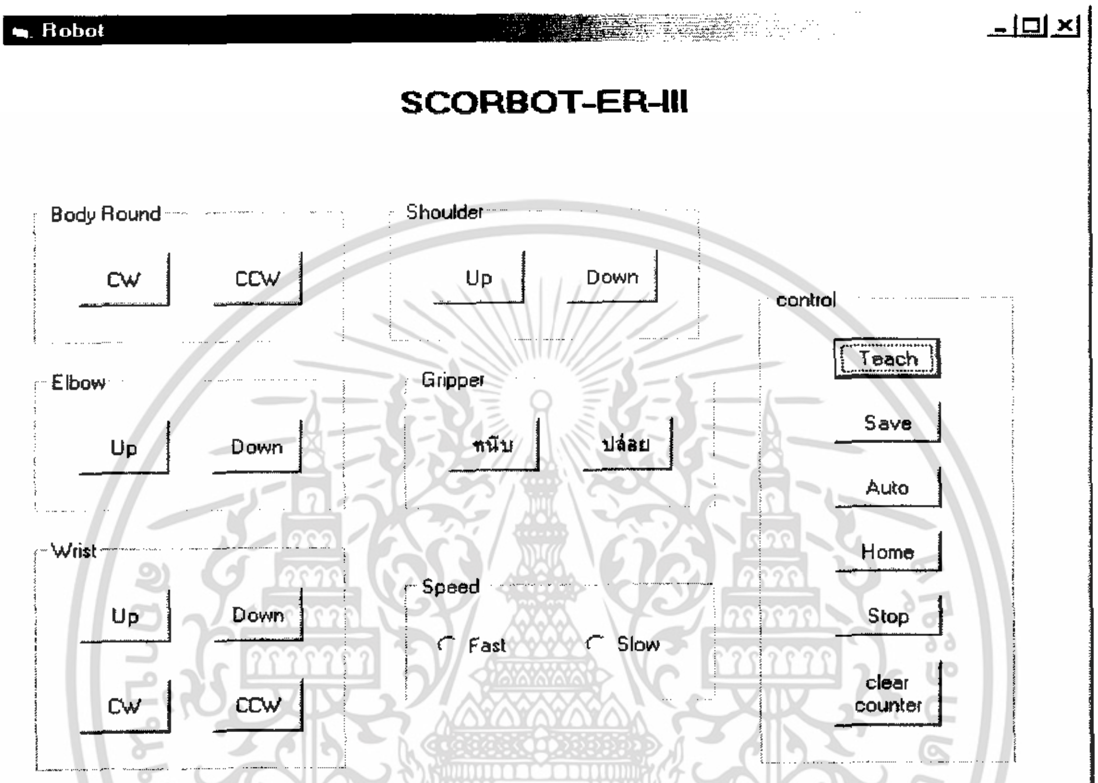


รูปที่ 4.6 flow chart การทำงานของ MCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุป



รูปที่ 5.1 ปุ่มควบคุมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

1. เมื่อต้องการขับเคลื่อนแขนกลให้กด Teach แล้วเลือก action ตามต้องการ
2. เมื่อกด Save จะเก็บค่าการเคลื่อนที่แต่ละครั้งของการขับเคลื่อนทีละแขน
3. เมื่อกด Auto จะทำการ Run Auto จนค่าการเคลื่อนที่เท่ากับค่า Encoder ที่เก็บไว้ แล้วจึงหยุด
4. เมื่อกด Stop จะทำการหยุดการขับเคลื่อนของแขนกล ทุก action ที่กระทำอยู่
5. เมื่อกด Clear counter จะลบค่า Encoder ที่เก็บไว้ทั้งหมด ให้เริ่มค่าใหม่ที่ 0
6. เมื่อกด Fast หุ่นจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น
7. เมื่อกด Slow หุ่นจะเคลื่อนที่ช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ก่อนการทำ Home ทุกครั้ง ต้องให้หุ่นทุกข้อไม่ได้อยู่ที่ค่า Home มิฉะนั้นจะเกิดการ error *

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. วิธีปรับปรุงความเร็วของมอเตอร์สามารถพัฒนาได้ดีกว่านี้ โดยวิธีอื่น เช่น PWM (Pulse Width Modulation)

2. ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง สามารถควบคุมตำแหน่งได้ละเอียดกว่านี้โดยใช้ servo motor

3. สามารถปรับปรุงพัฒนาให้เครื่อง CNC และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมนี้ มี program ใน application เดียวกันได้ โดยศึกษาวิธีใช้ program การเขียน application นี้ ให้มีการแยกเอาท์พุตออกที่ port out

4. สามารถพัฒนาให้แขนกลกลับ Home ได้ แม้มีแขนข้อใดข้อหนึ่งชนลิมิตสวิตซ์อยู่แล้ว

5. สามารถเปลี่ยนคอนโทรลเลอร์ให้มีหน่วยความจำเพิ่มมากขึ้น ทำให้ Save ค่า action ได้หลายค่า และลด error

5.3 ปัญหาที่พบ

1. การ Save ค่าเอนโคดเดอร์ถ้าทำผิดขั้นตอน เมื่อ run auto จะเกิด error ได้
2. ถ้าเก็บค่าเอนโคดเดอร์หลายๆ action เมื่อ run auto อาจเกิด error ได้
3. การใช้พอร์ตขนานจะมีข้อจำกัดระยะทางในการส่งสัญญาณสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

David G.Alciatore, Michael B. Histand. Introduction to Mechatronics and Measurement systems. Department of Mechanical Engineering Colorado State University : 2003.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, นคร ภักดีชาติ, ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี. กรุงเทพมหานคร.

ผศ.ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. Sensor and Transducers in Manufacturing. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อภิชาต ภู่พลับ. เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic. นนทบุรี : อินโฟเพรส. 2546.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code MCS-51

```
#include<reg51.h>
sbit limm4=P1^7;
sbit limm5=P2^6;
sbit limm3=P1^6;
sbit limm2=P1^5;
sbit limm1=P1^4;
sbit t1=P3^2;
sbit t2=P3^3;
sbit t3=P3^4;
sbit t4=P3^5;
sbit t5=P3^6;
sbit t6=P3^7;
sbit enc1=P2^0;
sbit enc2=P2^1;
sbit enc3=P2^2;
sbit enc4=P2^3;
sbit enc5=P2^4;
sbit enc6=P2^5;
sbit m11=P1^0;
sbit m12=P1^1;
sbit m21=P1^2;
sbit m22=P1^3;
sbit m31=P0^0;
sbit m32=P0^1;
sbit m41=P0^2;
sbit m42=P0^3;
sbit m51=P0^4;
sbit m52=P0^5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sbit m61=P0^6;
sbit m62=P0^7;
sbit cnc=P3^0;
sbit v=P2^7;
int num[30];
char side[30];
char motor,true,mot;
int sum,ss;
int c,i,b=0;
char TEACH;
void delay(int time)
{
 int i,j;
 for(i=0;i<time;i++)
 for(j=0;j<250;j++);
}
void   encoder(unsigned char y)
 {   switch(y)
   {
   case 1:
     {
      motor=1;
      if(b!=enc1) {sum++;b=enc1;}
     }  break;
   case 2:
     {
      motor=1;
      if(b!=enc1) {sum--;b=enc1;}
     }    break;
   case 3:
     {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  motor=2;
  if(b!=enc2) {sum++;b=enc2;}
 }  break;
case 4:
 {
  motor=2;
  if(b!=enc2) {sum–;b=enc2;}
 }    break;
case 5:
 {
  motor=3;
  if(b!=enc3) {sum++;b=enc3;}
 }  break;
case 6:
 {
  motor=3;
  if(b!=enc3) {sum–;b=enc3;}
 }    break;
case 7:
 {
  motor=4;
  if(b!=enc4) {sum++;b=enc4;}
 }  break;
case 8:
 {
  motor=4;
  if(b!=enc4) {sum–;b=enc4;}
 }    break;
case 9:
 {
  motor=5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(b!=enc5) {sum++;b=enc5;}
   }  break;
  case 10:
   {
    motor=5;
    if(b!=enc5) {sum--;b=enc5;}
   }   break;
  case 11:
   {
    motor=6;
    if(b!=enc6) {sum++;b=enc6;}
   }  break;
  case 12:
   {
    motor=6;
    if(b!=enc6) {sum--;b=enc6;}
   }   break;
  }
}
void receive()
  {  if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==0&&t6==1)
    {m11=1;m12=0;m21=1;m22=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(1);}//m1
    if(t1==1&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==0&&t6==1)
    {m11=0;m12=1;m21=1;m22=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(2);}//m1
    if(t1==0&&t2==1&&t3==1&&t4==0&&t5==0&&t6==1)
    {m21=1;m22=0;m11=1;m12=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(3);}//m2
    if(t1==1&&t2==1&&t3==1&&t4==0&&t5==0&&t6==1)
    {m21=0;m22=1;m11=1;m12=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m61=1;m62=1;m31=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
m32=1;encoder(4);}//m2
    if(t1==0&&t2==0&&t3==0&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m31=1;m32=0;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m61=1;
m62=1;encoder(5);}//m3
    if(t1==1&&t2==0&&t3==0&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m31=0;m32=1;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m61=1;
m62=1;encoder(6);}//m3
    if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m41=0;m42=1;m51=1;m52=0;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(7);}//m4
    if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m41=1;m42=0;m51=0;m52=1;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(8);}//m4
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m41=1;m42=0;m51=1;m52=0;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(9);}//m5
    if(t1==1&&t2==0&&t3==1&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m41=0;m42=1;m51=0;m52=1;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m61=1;m62=1;m31=1;
m32=1;encoder(10);}//m5
    if(t1==0&&t2==1&&t3==1&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m61=1;m62=0;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m31=1;
m32=1;encoder(11);}//m6
    if(t1==1&&t2==1&&t3==1&&t4==1&&t5==0&&t6==1)
    {m61=0;m62=1;m21=1;m22=1;m11=1;m12=1;m41=1;m42=1;m51=1;m52=1;m31=1;
m32=1;encoder(12);}//m6
    if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {P1=0xff;P0=0xff;}
    if(t1==1&&t2==0&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1) {TEACH=1;}    //1
    if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1) {TEACH=1;}    //2
    if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1) {TEACH=1;}    //3
    if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
void homework()
  {
   m61=0;m62=1;delay(2000);P1=0xff;P0=0xff;
   //m41=1;m42=0;m51=0;m52=1;while(limm4==1)
   {if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
   //if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1){v=1;}
   }
   P1=0xff;P0=0xff;delay(100);
   m41=0;m42=1;m51=0;m52=1;while(limm5==1)
   {if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
   }
   P1=0xff;P0=0xff;delay(100);
   m41=1;m42=0;m51=0;m52=1;while(limm4==1)
   {if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
   }
   P1=0xff;P0=0xff;delay(100);
   m21=1;m22=0;while(limm2==1)
   {if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
   }
   P1=0xff;P0=0xff;delay(100);
   m31=0;m32=1;while(limm3==1)
   {if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
   }P1=0xff;P0=0xff;delay(100);
   m11=1;m12=0;while(limm1==1)
   {if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
    if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }P1=0xff;P0=0xff;delay(100);
}
void encoderd(unsigned char g)
{
  switch(g)
   {
    case 1: if(b!=enc1) {ss--;b=enc1;}break;
    case 2: if(b!=enc1) {ss++;b=enc1;}break;
    case 3: if(b!=enc2) {ss--;b=enc2;}break;
    case 4: if(b!=enc2) {ss++;b=enc2;}break;
    case 5: if(b!=enc3) {ss--;b=enc3;}break;
    case 6: if(b!=enc3) {ss++;b=enc3;}break;
    case 7: if(b!=enc4) {ss--;b=enc4;}break;
    case 8: if(b!=enc4) {ss++;b=enc4;}break;
    case 9: if(b!=enc5) {ss--;b=enc5;}break;
    case 10: if(b!=enc5) {ss++;b=enc5;}break;
    case 11: if(b!=enc6) {ss--;b=enc6;}break;
    case 12: if(b!=enc6) {ss++;b=enc6;}break;
   }
}
void driver()
{
    if(mot==1)
       { if(ss>0)
              { m11=1;m12=0;
               while(true==1)
                {
                 encoderd(1); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;} if(ss==0) true=0;
                 if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
                 if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            }
          }
    if(ss<0) {m11=0;m12=1;
          while(true==1)
            {
             encoderd(2); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
             if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
             if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
            }
          }
    }
  if(mot==2)
    {
     if(ss>0)
        { m21=1;m22=0;
         while(true==1)
          {
           encoderd(3); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
           if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
           if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
          }
        }
     if(ss<0)
        {m21=0;m22=1;
         while(true==1)
          {
           encoderd(4); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
           if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
              if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
             }
            }
       }
     if(mot==3)
     {  if(ss>0)
            { m31=1;m32=0;
             while(true==1)
              {
               encoderd(5); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
               if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
               if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
              }
            }
      if(ss<0) {m31=0;m32=1;
            while(true==1)
             {
              encoderd(6); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
              if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
              if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
             }
            }
      }
     if(mot==4)
       {
        if(ss>0)
           { m41=0;m42=1;m51=1;m52=0;
            while(true==1)
            {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                encoderd(7);
if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1){ss=0;}if(ss==0) true=0;
                if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
                if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
               }
              }
          if(ss<0)
              { m41=1;m42=0;m51=0;m52=1;
               while(true==1)
                {
                 encoderd(8); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
                 if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
                 if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
                }
              }
        }
    if(mot==5)
     {  if(ss>0)
              {m41=1;m42=0;m51=1;m52=0;
               while(true==1)
                {
                 encoderd(9); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
                 if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
                 if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
                }
               }
        if(ss<0) {m41=0;m42=1;m51=0;m52=1;
              while(true==1)
               {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
encoderd(10); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
}
}
}
if(mot==6)
{
if(ss>0)
{ m61=1;m62=0;
while(true==1)
{
encoderd(11); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
}
}
if(ss<0)
{ m61=0;m62=1;
while(true==1)
{
encoderd(12); if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1)
{ss=0;}if(ss==0) true=0;
if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=0;}
if(t1==0&&t2==0&&t3==1&&t4==0&&t5==1&&t6==1) {v=1;}
}
}
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
main()
{ delay(1000);
 P0=0xff;
 P1=0xff;
 P2=0xff;
 P3=0xff;
b=0;true=1;c=0;motor=0;
  sum=0;ss=0;
  for(i=0;i<30;i++)
  {
   num[i]=0;side[i]=0;
  }
 while(1)
 {
  if(t1==0&&t2==0&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1) //teach
   {TEACH=0;
     while(TEACH==0)
     {receive();}
    }
   if(t1==0&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&cnc==0&&t6==1) //auto
     {
      for(i=0;i<30;i++)
      { ss=num[i];
      mot=side[i];
      true=1;
      driver();
      P0=0xff;P1=0xff;delay(100);
      }
     homework();
     delay(2000);
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(t1==1&&t2==0&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1) //save
     {
     num[c]=sum;
     side[c]=motor;
     c++;
     sum=0;motor=0;P0=0xff;P1=0xff;
     while(t1==1&&t2==0&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1);
    }
   if(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1)  //home
    {
     homework();
      while(t1==1&&t2==1&&t3==0&&t4==0&&t5==0&&t6==1);
    }
   if(t1==0&&t2==0&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1) //clear
   {
     for(i=0;i<30;i++)
     {
       num[i]=0;side[i]=0;
     }
     sum=0;motor=0;P0=0xff;P1=0xff;
     while(t1==0&&t2==0&&t3==0&&t4==0&&t5==1&&t6==1);
   }
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code Visual Basic

```
Public pwrite As Integer
Private Sub Command10_Click()
   Out pwrite, &HB
End Sub
Private Sub Command11_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &HC
End Sub
Private Sub Command12_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &HD
End Sub
Private Sub Command13_Click(Index As Integer)
      Out pwrite, &HE
End Sub
Private Sub Command14_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &HF
End Sub
Private Sub Command15_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &H0
End Sub
Private Sub Command16_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &H1
End Sub
Private Sub Command17_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &H2
End Sub
Private Sub Command18_Click(Index As Integer)
   Out pwrite, &H3
End Sub
Private Sub Command19_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Out pwrite, &H12
End Sub
Private Sub Command20_Click()
    Out pwrite, &H20
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    Out pwrite, &H4
End Sub
Private Sub Command4_Click()
    Out pwrite, &H5
End Sub
Private Sub Command5_Click()
    Out pwrite, &H6
End Sub
Private Sub Command6_Click(Index As Integer)
    Out pwrite, &H7
End Sub
Private Sub Command7_Click(Index As Integer)
    Out pwrite, &H8
End Sub
Private Sub Command8_Click(Index As Integer)
    Out pwrite, &H9
End Sub
Private Sub Command9_Click()
    Out pwrite, &HA
End Sub
Private Sub Form_Load()
    pwrite = &H378
End Sub
Private Sub Option1_Click()
    Out pwrite, &H13
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Option2_Click()
    Out pwrite, &H14
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

P89C51RC+/P89C51RD+

80C51 8-bit Flash microcontroller family
32K/64K ISP FLASH with 512–1K RAM

Product specification
Replaces 89C51RC+/RD+ of 1999 Apr 01
(see Notes 1 and 2 on page 2)
Supersedes data of 1999 Apr 01
IC28 Data Handbook

1999 Oct 27

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

The 89C51RX+ devices contain a non-volatile FLASH program memory (up to 64 k bytes in the 89C51RD+) that is both parallel programmable and Serial In-System Programmable. In-System Programming allows devices to alter their own program memory, in the actual end product, under software control. This opens up a range of applications that can include the ability to field update the application firmware.

A default serial loader (boot loader) program in ROM allows In-System serial programming of the FLASH memory without the need for a loader in the FLASH code. User programs may erase and reprogram the FLASH memory at will through the use of standard routines contained in ROM.

These devices are Single-Chip 8-Bit Microcontrollers manufactured in advanced CMOS process and are derivatives of the 80C51 microcontroller family. All the devices have the same instruction set as the 80C51.

FLASH/EPROM Memory Size (X by 8)	RAM Size (X by 8)	Programmable Timer Counter (PCA)
89C51RC+		
32 k	512	Yes
89C51RD+		
64 k	1024	Yes

See P89C51RX2 data sheet for devices which do not require a 12 V programming voltage.

The devices also have four 8-bit I/O ports, three 16-bit timer/event counters, a multi-source, four-priority-level, nested interrupt structure, an enhanced UART and on-chip oscillator and timing circuits. For systems that require extra memory capability up to 64 k bytes, each can be expanded using standard TTL-compatible memories and logic.

The added features of the P89C51RX+ Family makes them even more powerful microcontrollers for applications that require pulse width modulation, high-speed I/O and up/down counting capabilities such as motor control.

FEATURES

- 80C51 Central Processing Unit
- On-chip FLASH Program Memory with In-System Programming (ISP) capability
- Boot ROM contains low level FLASH programming routines and a default serial loader
- Speed up to 33 MHz
- Full static operation
- RAM expandable externally to 64 k bytes
- 4 level priority interrupt
- 7 interrupt sources, depending on device
- Four 8-bit I/O ports
- Full-duplex enhanced UART
  - Framing error detection
  - Automatic address recognition
- Power control modes
  - Clock can be stopped and resumed
  - Idle mode
  - Power down mode
- Programmable clock out
- Second DPTR register
- Asynchronous port reset
- Low EMI (inhibit ALE)
- Watchdog timer

ORDERING INFORMATION

MEMORY SIZE 32 k × 8	MEMORY SIZE 64 k × 8	TEMPERATURE RANGE °C AND PACKAGE	VOLTAGE RANGE	FREQ. (MHz)	DWG. #
P89C51RC+IN	P89C51RD+IN	0 to +70, 40-Pin Plastic Dual In-line Pkg.	5 V	0 to 33	SOT129-1
P89C51RC+IA	P89C51RD+IA	0 to +70, 44-Pin Plastic Leaded Chip Carrier	5 V	0 to 33	SOT187-2
P89C51RC+IB	P89C51RD+IB	0 to +70, 44-Pin Plastic Quad Flat Pack	5 V	0 to 33	QFP44[1]
P89C51RC+JN	P89C51RD+JN	–40 to +85, 40-Pin Plastic Dual In-line Pkg.	5 V	0 to 33	SOT129-1
P89C51RC+JA	P89C51RD+JA	–40 to +85, 44-Pin Plastic Leaded Chip Carrier	5 V	0 to 33	SOT187-2
P89C51RC+JB	P89C51RD+JB	–40 to +85, 44-Pin Plastic Quad Flat Pack	5 V	0 to 33	QFP44[1]

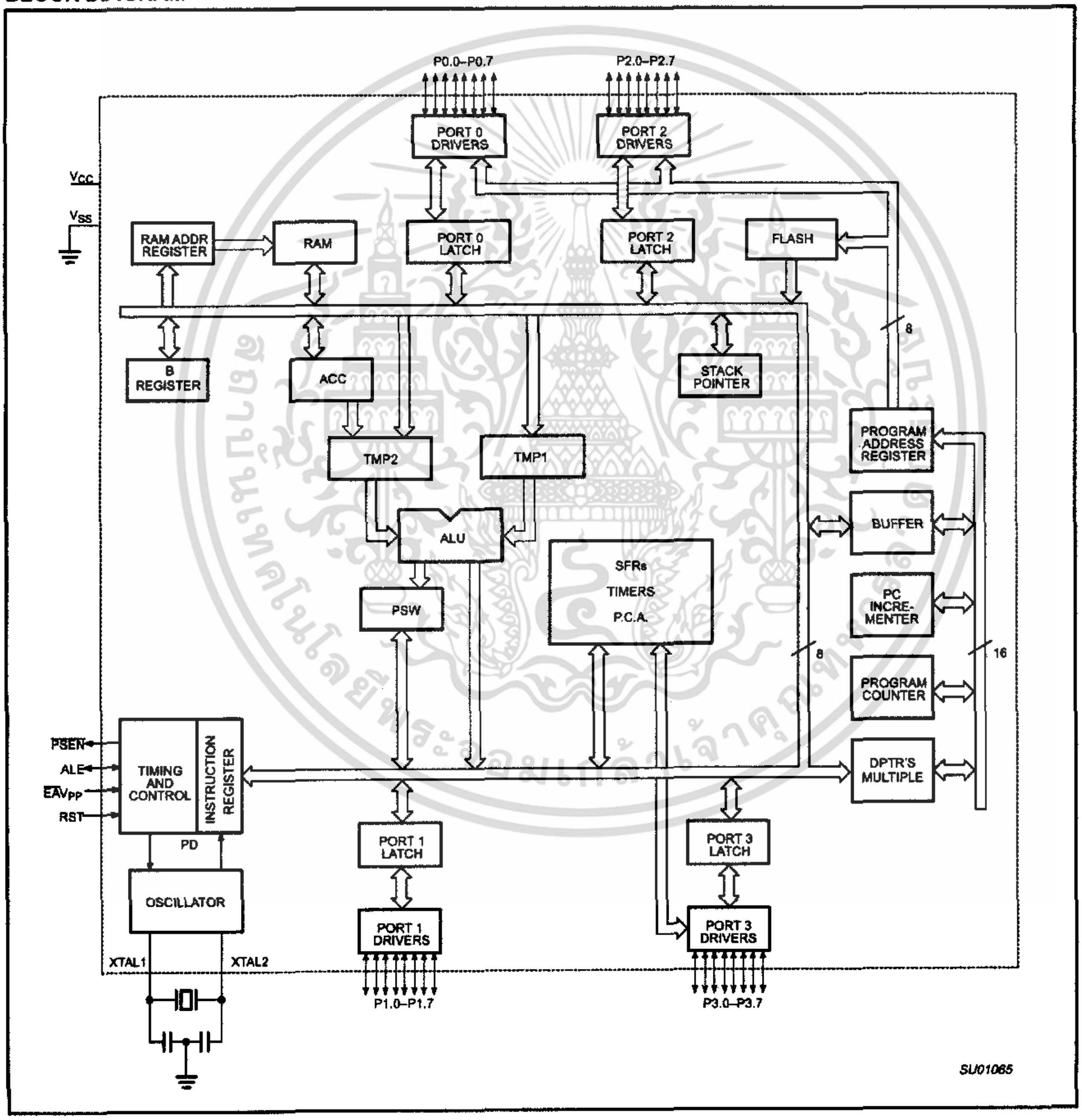
NOTE:
1. SOT not assigned for this package outline.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

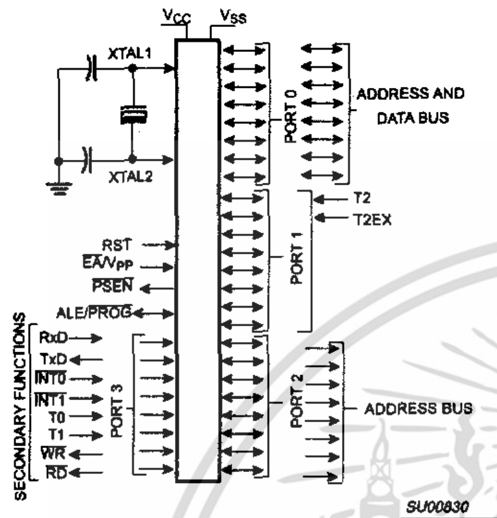
DEVICE NUMBER (P89C51RC+)	TEMPERATURE RANGE/OPERATING FREQUENCY, MAX (I)	PACKAGE (A)
P89C51RC+ (FLASH) P89C51RD+ (FLASH)	I = 33 MHz, 0°C to 70°C J = 33 MHz, –40°C to +85°C	A = PLCC B = PQFP N = PDIP

BLOCK DIAGRAM

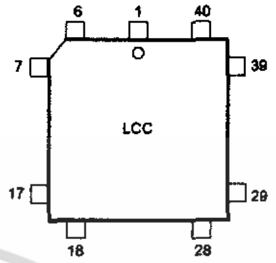


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC SYMBOL



PLASTIC LEADED CHIP CARRIER PIN FUNCTIONS



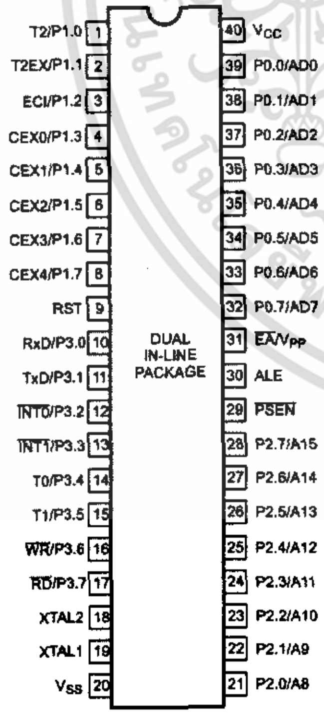
Pin	Function	Pin	Function	Pin	Function
1	NIC*	16	P3.4/T0	31	P2.7/A15
2	P1.0/T2	17	P3.5/T1	32	$\overline{PSEN}$
3	P1.1/T2EX	18	P3.6/$\overline{WR}$	33	ALE
4	P1.2/ECI	19	P3.7/$\overline{RD}$	34	NIC*
5	P1.3/CEX0	20	XTAL2	35	$\overline{EA}/V_{PP}$
6	P1.4/CEX1	21	XTAL1	36	P0.7/AD7
7	P1.5/CEX2	22	V_{SS}	37	P0.6/AD6
8	P1.6/CEX3	23	NIC*	38	P0.5/AD5
9	P1.7/CEX4	24	P2.0/A8	39	P0.4/AD4
10	RST	25	P2.1/A9	40	P0.3/AD3
11	P3.0/RxD	26	P2.2/A10	41	P0.2/AD2
12	NIC*	27	P2.3/A11	42	P0.1/AD1
13	P3.1/TxD	28	P2.4/A12	43	P0.0/AD0
14	P3.2/$\overline{INT0}$	29	P2.5/A13	44	V_{CC}
15	P3.3/$\overline{INT1}$	30	P2.6/A14		

* NO INTERNAL CONNECTION

SU00890

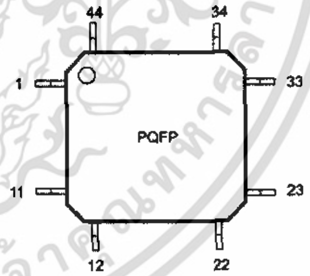
PIN CONFIGURATIONS

DUAL IN-LINE PACKAGE PIN FUNCTIONS



SU00888

PLASTIC QUAD FLAT PACK PIN FUNCTIONS



Pin	Function	Pin	Function	Pin	Function
1	P1.5/CEX2	16	V_{SS}	31	P0.6/AD6
2	P1.6/CEX3	17	NIC*	32	P0.5/AD5
3	P1.7/CEX4	18	P2.0/A8	33	P0.4/AD4
4	RST	19	P2.1/A9	34	P0.3/AD3
5	P3.0/RxD	20	P2.2/A10	35	P0.2/AD2
6	NIC*	21	P2.3/A11	36	P0.1/AD1
7	P3.1/TxD	22	P2.4/A12	37	P0.0/AD0
8	P3.2/$\overline{INT0}$	23	P2.5/A13	38	V_{CC}
9	P3.3/$\overline{INT1}$	24	P2.6/A14	39	NIC*
10	P3.4/T0	25	P2.7/A15	40	P1.0/T2
11	P3.5/T1	26	$\overline{PSEN}$	41	P1.1/T2EX
12	P3.6/$\overline{WR}$	27	ALE	42	P1.2/ECI
13	P3.7/$\overline{RD}$	28	NIC*	43	P1.3/CEX0
14	XTAL2	29	$\overline{EA}/V_{PP}$	44	P1.4/CEX1
15	XTAL1	30	P0.7/AD7		

* NO INTERNAL CONNECTION

SU00891

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTIONS

MNEMONIC	PIN NUMBER DIP	LCC	QFP	TYPE	NAME AND FUNCTION
V_{SS}	20	22	16	I	**Ground:** 0 V reference.
V_{CC}	40	44	38	I	**Power Supply:** This is the power supply voltage for normal, idle, and power-down operation.
P0.0–0.7	39–32	43–36	37–30	I/O	**Port 0:** Port 0 is an open-drain, bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application, it uses strong internal pull-ups when emitting 1s.
P1.0–P1.7	1–8	2–9	40–44, 1–3	I/O	**Port 1:** Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 1 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, port 1 pins that are externally pulled low will source current because of the internal pull-ups. (See DC Electrical Characteristics: I_{IL}).
					Alternate functions for 89C51RX+ Port 1 include:
	1	2	40	I/O	**T2 (P1.0):** Timer/Counter 2 external count input/Clockout (see Programmable Clock-Out)
	2	3	41	I	**T2EX (P1.1):** Timer/Counter 2 Reload/Capture/Direction Control
	3	4	42	I	**ECI (P1.2):** External Clock Input to the PCA
	4	5	43	I/O	**CEX0 (P1.3):** Capture/Compare External I/O for PCA module 0
	5	6	44	I/O	**CEX1 (P1.4):** Capture/Compare External I/O for PCA module 1
	6	7	1	I/O	**CEX2 (P1.5):** Capture/Compare External I/O for PCA module 2
	7	8	2	I/O	**CEX3 (P1.6):** Capture/Compare External I/O for PCA module 3
	8	9	3	I/O	**CEX4 (P1.7):** Capture/Compare External I/O for PCA module 4
P2.0–P2.7	21–28	24–31	18–25	I/O	**Port 2:** Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 2 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, port 2 pins that are externally being pulled low will source current because of the internal pull-ups. (See DC Electrical Characteristics: I_{IL}). 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, it uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOV @Ri), port 2 emits the contents of the P2 special function register.
P3.0–P3.7	10–17	11, 13–19	5, 7–13	I/O	**Port 3:** Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, port 3 pins that are externally being pulled low will source current because of the pull-ups. (See DC Electrical Characteristics: I_{IL}). Port 3 also serves the special features of the 89C51RX+ family, as listed below:
	10	11	5	I	**RxD (P3.0):** Serial input port
	11	13	7	O	**TxD (P3.1):** Serial output port
	12	14	8	I	**$\overline{INT0}$ (P3.2):** External interrupt
	13	15	9	I	**$\overline{INT1}$ (P3.3):** External interrupt
	14	16	10	I	**T0 (P3.4):** Timer 0 external input
	15	17	11	I	**T1 (P3.5):** Timer 1 external input
	16	18	12	O	**$\overline{WR}$ (P3.6):** External data memory write strobe
	17	19	13	O	**$\overline{RD}$ (P3.7):** External data memory read strobe
RST	9	10	4	I	**Reset:** A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running, resets the device. An internal resistor to V_{SS} permits a power-on reset using only an external capacitor to V_{CC}.
ALE	30	33	27	O	**Address Latch Enable:** Output pulse for latching the low byte of the address during an access to external memory. In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and can be used for external timing or clocking. Note that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory. ALE can be disabled by setting SFR auxiliary.0. With this bit set, ALE will be active only during a MOVX instruction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

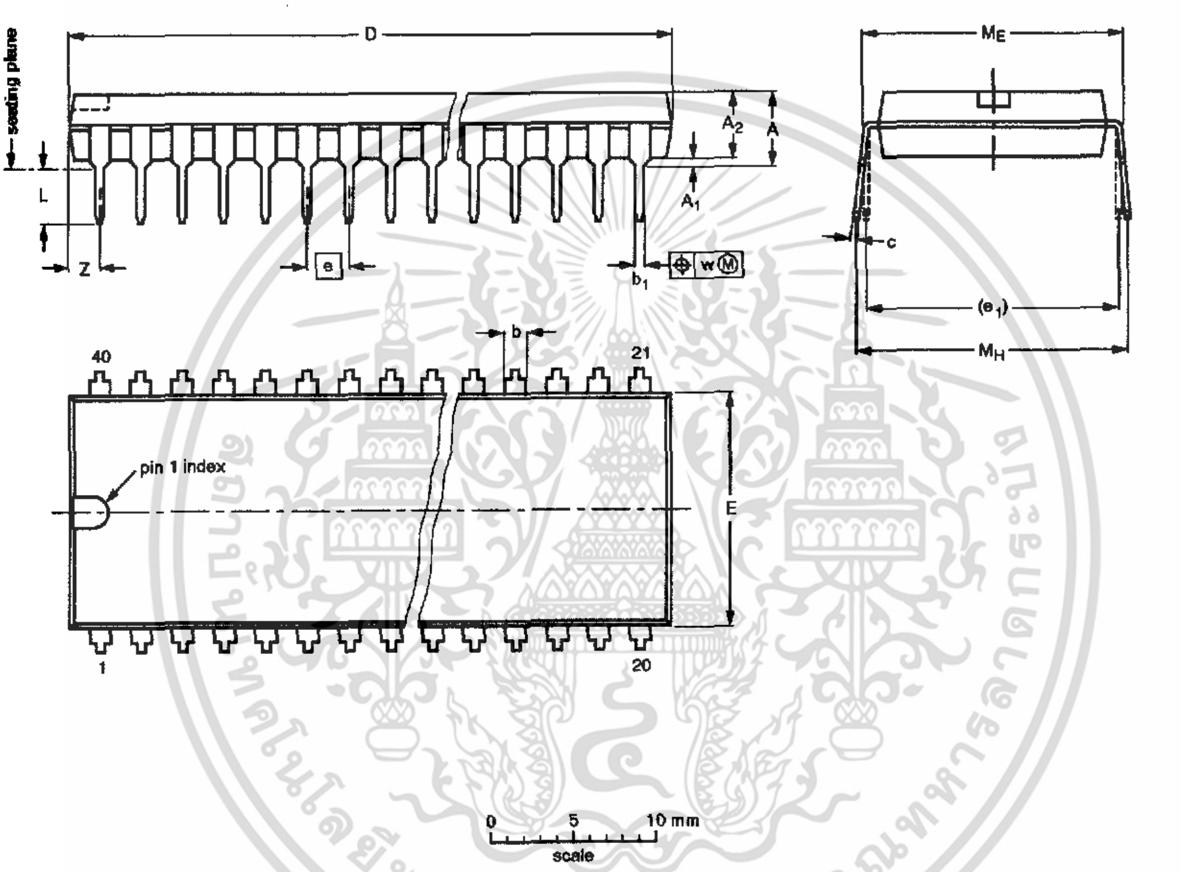
PIN DESCRIPTIONS (Continued)

MNEMONIC	PIN NUMBER			TYPE	NAME AND FUNCTION
	DIP	LCC	QFP		
$\overline{PSEN}$	29	32	26	O	**Program Store Enable:** The read strobe to external program memory. When executing code from the external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory. $\overline{PSEN}$ is not activated during fetches from internal program memory.
$\overline{EA}/V_{PP}$	31	35	29	I	**External Access Enable/Programming Supply Voltage:** $\overline{EA}$ must be externally held low to enable the device to fetch code from external program memory locations 0000H and 7FFFH. If $\overline{EA}$ is held high, the device executes from internal program memory unless the program counter contains an address greater than 7FFFH for 32 k devices. The value on the $\overline{EA}$ pin is latched when RST is released and any subsequent changes have no effect. Since the RD+ has 64 k internal memory, the RD+ will execute only from internal memory when $\overline{EA}$ is held high. This pin also receives the 12.00 V programming supply voltage (V_{PP}) during FLASH programming.
XTAL1	19	21	15	I	**Crystal 1:** Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock generator circuits.
XTAL2	18	20	14	O	**Crystal 2:** Output from the inverting oscillator amplifier.

NOTE:
To avoid "latch-up" effect at power-on, the voltage on any pin (other than V_{PP}) at any time must not be higher than V_{CC} + 0.5 V or V_{SS} – 0.5 V, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP40: plastic dual in-line package; 40 leads (600 mil) **SOT129-1**



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A_1 min.	A_2 max.	b	b_1	c	D [(1)]	E [(1)]	e	e_1	L	M_E	M_H	w	Z [(1)] max.
mm	4.7	0.51	4.0	1.70 1.14	0.53 0.38	0.36 0.23	52.50 51.50	14.1 13.7	2.54	15.24	3.60 3.05	15.80 15.24	17.42 15.90	0.254	2.25
inches	0.19	0.020	0.16	0.067 0.045	0.021 0.015	0.014 0.009	2.067 2.028	0.56 0.54	0.10	0.60	0.14 0.12	0.62 0.60	0.69 0.63	0.01	0.089

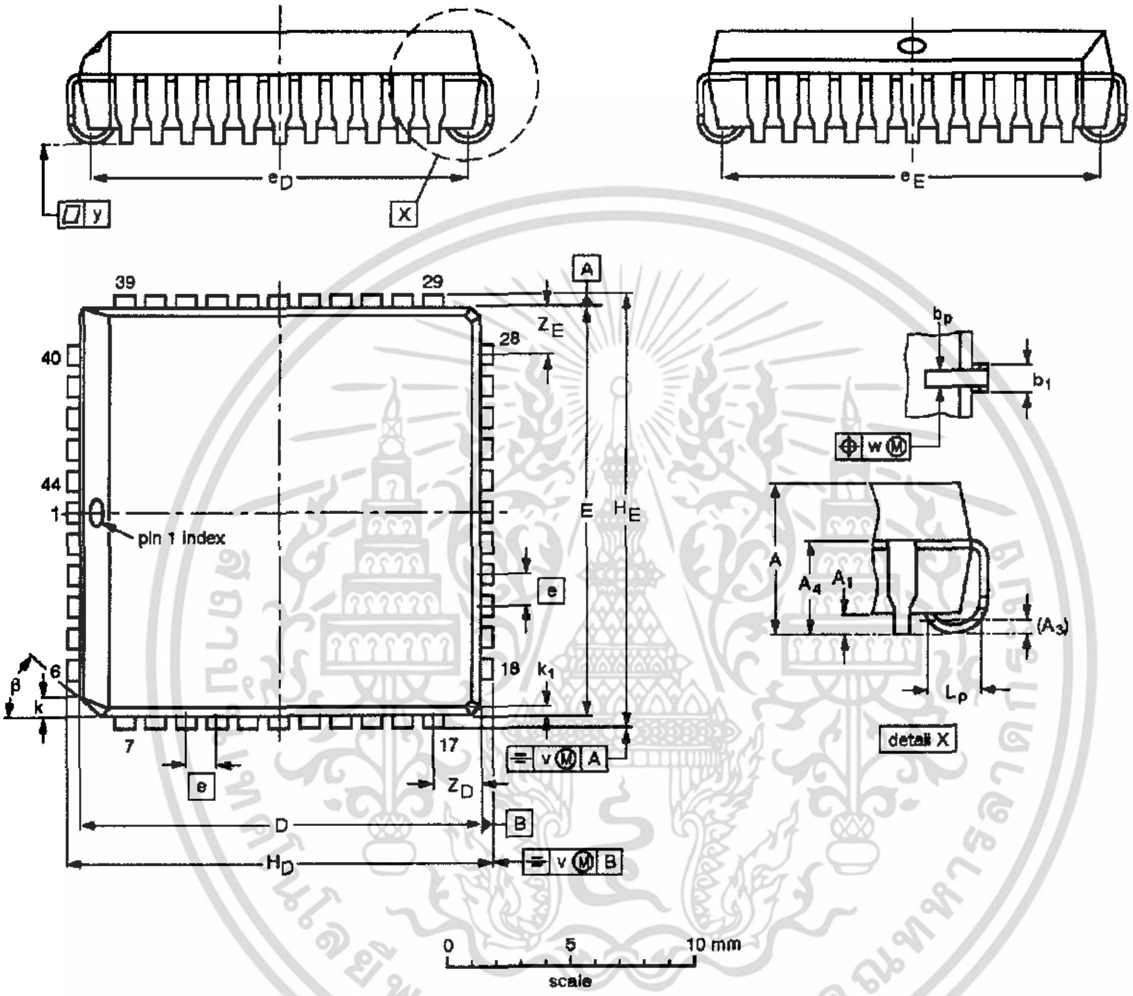
Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT129-1	051G08	MO-015AJ				~~92-11-17~~ 95-01-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLCC44: plastic leaded chip carrier; 44 leads | **SOT187-2**



DIMENSIONS (millimetre dimensions are derived from the original inch dimensions)

UNIT	A	A_1 min.	A_3	A_4 max.	b_p	b_1	$D^{(1)}$	$E^{(1)}$	e	e_D	e_E	H_D	H_E	k	k_1 max.	L_p	v	w	y	$Z_D^{(1)}$ max.	$Z_E^{(1)}$ max.	β
mm	4.57 4.19	0.51	0.25	3.05	0.53 0.33	0.81 0.66	16.66 16.51	16.66 16.51	1.27	16.00 14.99	16.00 14.99	17.65 17.40	17.65 17.40	1.22 1.07	0.51	1.44 1.02	0.18	0.18	0.10	2.16	2.16	45°
inches	0.180 0.165	0.020	0.01	0.12	0.021 0.013	0.032 0.026	0.656 0.650	0.656 0.650	0.05	0.630 0.590	0.630 0.590	0.695 0.685	0.695 0.685	0.048 0.042	0.020	0.057 0.040	0.007	0.007	0.004	0.085	0.085	

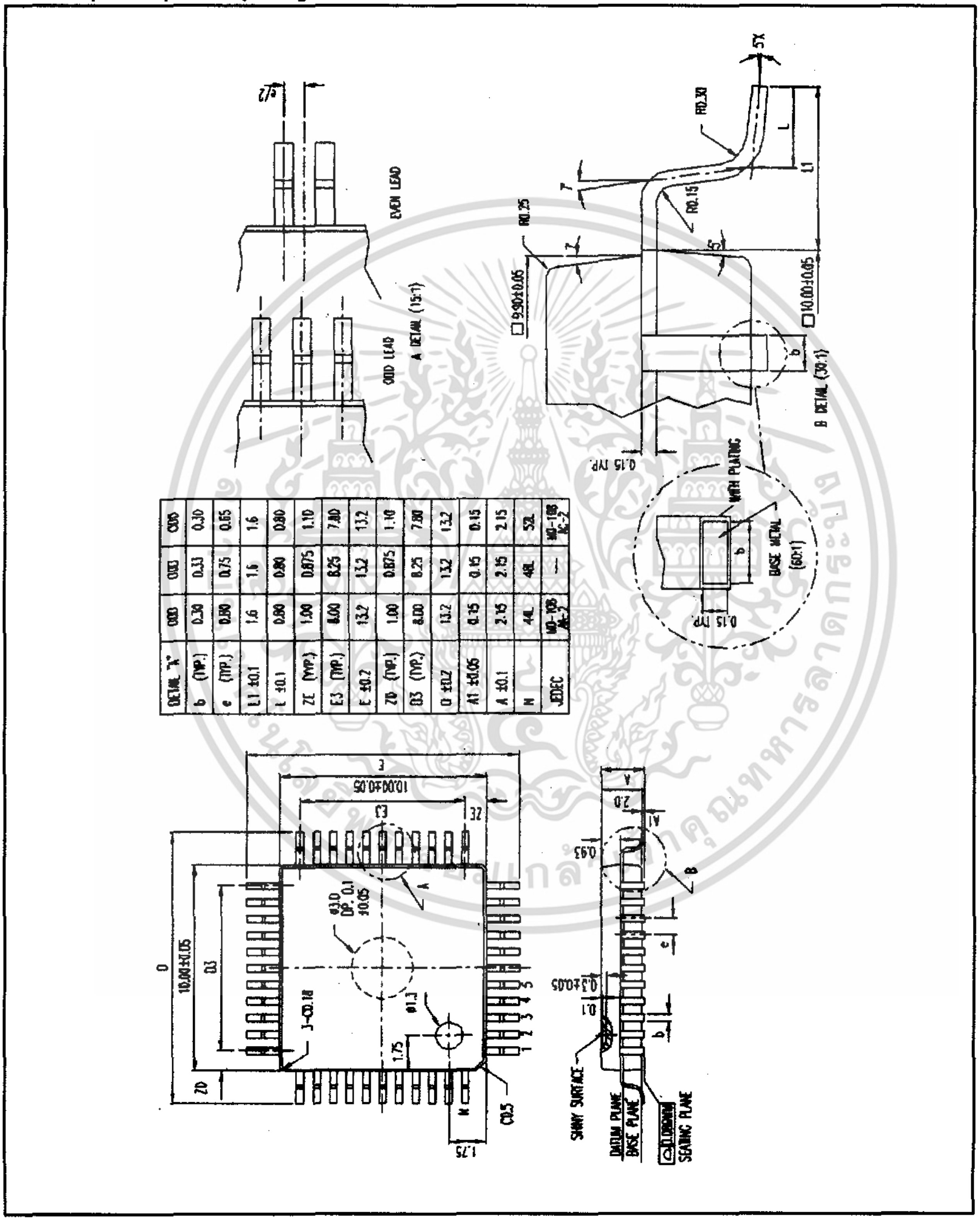
Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.01 inches maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT187-2	112E10	MO-047AC				~~95-02-25~~ 97-12-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

QFP44: plastic quad flat package; 44 leads



DETAIL "A"	C08	C075	C065
b (TYP.)	0.30	0.33	0.30
e (TYP.)	0.80	0.75	0.65
L1 ±0.1	1.6	1.6	1.6
L ±0.1	0.80	0.80	0.80
ZE (TYP.)	1.00	0.875	1.10
E3 (TYP.)	8.00	8.25	7.80
E ±0.2	13.2	13.2	13.2
ZD (TYP.)	1.00	0.875	1.10
D3 (TYP.)	8.00	8.25	7.80
D ±0.2	13.2	13.2	13.2
A1 ±0.05	0.15	0.15	0.15
A ±0.1	2.15	2.15	2.15
N	44L	48L	52L
JEDEC	MO-108 AA-2	—	MO-108 AC-2

สารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data sheet status

Data sheet status	Product status	Definition [1]
Objective specification	Development	This data sheet contains the design target or goal specifications for product development. Specification may change in any manner without notice.
Preliminary specification	Qualification	This data sheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product.
Product specification	Production	This data sheet contains final specifications. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product.

[1] Please consult the most recently issued datasheet before initiating or completing a design.

Definitions

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Disclaimers

Life support — These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes, without notice, in the products, including circuits, standard cells, and/or software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

Philips Semiconductors
811 East Arques Avenue
P.O. Box 3409
Sunnyvale, California 94088–3409
Telephone 800-234-7381

© Copyright Philips Electronics North America Corporation 1999
All rights reserved. Printed in U.S.A.

Date of release: 10-99

Document order number: 9397-750-06605

Let's make things better.

Philips
Semiconductors

PHILIPS

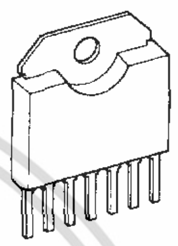
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TA7257P

BRIDGE DRIVER

The TA7257P is a Full Bridge Driver for blashed DC Motor Rotation control.
Forward Rotation, Reverse Rotation, Stop and Braking operations are available.
It's designed for Loading and Reel Motor driver for VTR and Tape Deck, and any other consumer and industrial applications.
TA7257P have Operation Supply Voltage terminal and Motor Driving Supply Voltage terminal independently therefore Servo control operation is applicable.



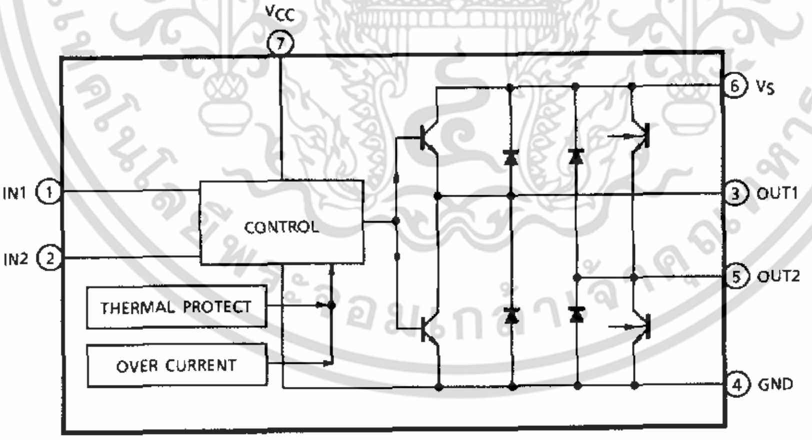
HSIP7-P-2.54

Weight : 1.88 g (Typ.)

FEATURES

- Output Current Up to 1.5 A (AVE.), and 4.5 A (PEAK).
- 4 Function Modes (CW, CCW, STOP and Brake) are Controlled by 2 Logic Signals Fed Into 2 Input Terminals.
- Build in Over Current Protector and Thermal Shut Down Circuit.
- Operating Voltage Range : $V_{CC\,(opr.)} = 6\sim18\,V$, $V_{S\,(opr.)} = 0\sim18\,V$

BLOCK DIAGRAM



980910EBA1

● 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.
● The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
● The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
● The information contained herein is subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTION

PIN No.	SYMBOL	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	IN1	Input terminal
2	IN2	Input terminal
3	OUT1	Output terminal
4	GND	GND terminal
5	OUT2	Output terminal
6	V_S	Supply voltage terminal for Motor drive
7	V_{CC}	Supply voltage terminal for Logic

FUNCTION

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	Brake
0	1	L	H	CW / CCW
1	0	H	L	CCW / CW
0	0			Stop

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

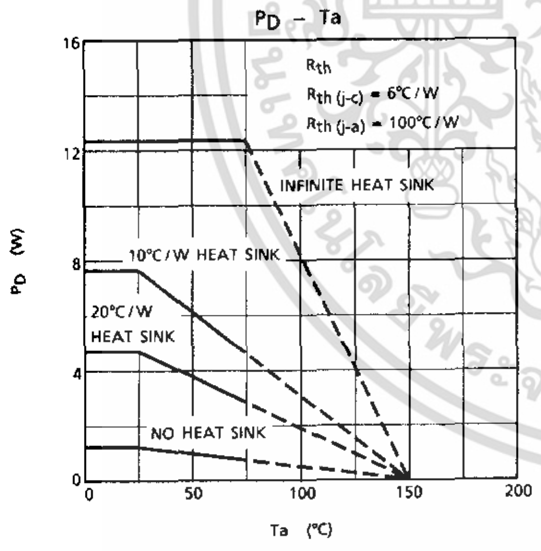
CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Peak Supply Voltage	Peak	V_{CC} (MAX.)	25	V
	Operate	V_{CC} (opr.)	18	
Output Current	PEAK	I_O (PEAK)	4.5	A
	AVE.	I_O (AVE.)	1.5	
Power Dissipation		P_D	12.5 (Note)	W
Operating Temperature		T_{opr}	−30~75	°C
Storage Temperature		T_{stg}	−55~150	°C

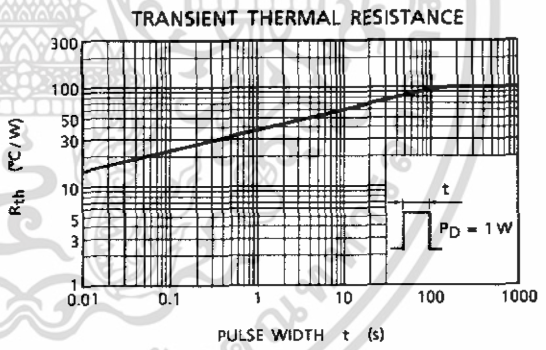
(Note) Tc = 75°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply Current		I_{CC1}	—	V_{CC} = 18 V Output OFF stop mode	—	6.5	13	mA
		I_{CC2}		V_{CC} = 18 V Output OFF CW / CCW mode	—	10	20	
Saturation Voltage	Upper	$V_{S1}U$	—	V_{CC} = 18 V, I_O = 0.1 A	—	0.7	1.0	V
	Lower	$V_{S1}L$			—	0.6	0.9	
	Upper	$V_{S2}U$		V_{CC} = 18 V, I_O = 1.1 A	—	1.0	1.4	
	Lower	$V_{S2}L$			—	0.9	1.3	
Output Transistor Leakage Current	Upper	I_L U	—	V_S = 18 V	—	—	100	μA
	Lower	I_L L			—	—	100	
Input Voltage 1, 2		$V_{IN\,(H)}$	—	T_j = 25°C, pin ① and pin ②	3.0	—	—	V
		$V_{IN\,(L)}$			—	—	0.8	
Diode Forward Voltage		V_F U	—	I_F = 1.0 A	—	2.0	—	V
		V_F L			—	1.25	—	
Limiting Current		I_{SC}	—	—	—	3.5	—	A
Input Current		I_{IN}	—	—	—	1	10	μA





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION NOTE

(1) Input circuit

Input circuit is shown in Fig.1. It's a "Low active" type voltage comparator that's one input connect to Input terminal (pin ①, or ②) and the other to built-in temperature compensated voltage reference (V_{TH} = 1.4 V Typ.)
If a voltage above $V_{IN(H)}$ fed into the Input Terminal that means "Logic 1" and less than $V_{IN(L)}$ or connect to GND means "Logic 0".

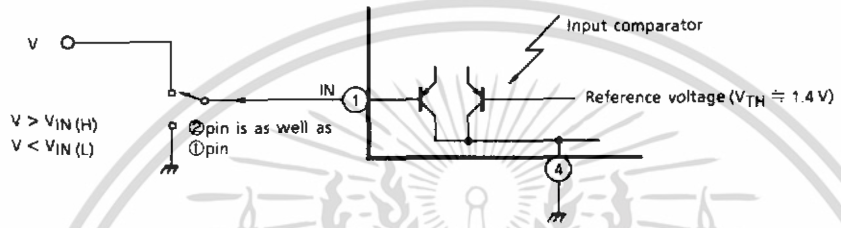


Fig.1

(2) Basic application circuit

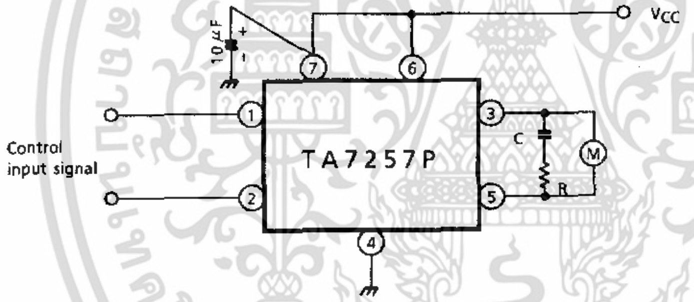


Fig.2

(Note 1) Fig.2 shows the basic application circuit.
Optimum values of the C, R depend on the inherent constant of a motor and parasitic C, R values around the circuit.
Normally, recommended to use 0.1 μF and 33 Ω.

(Note 2) Utmost care is necessary in the design of the output line, V_S, V_{CC} and GND line since IC may be destroyed due to short-circuit between outputs, air contamination fault, or fault by improper grounding.

(Note 3) Be careful when switching the input because rush current may occur.
When switching, stop mode should be entered or current limitation resister R should be inserted.

(Note 4) The IC functions cannot be guaranteed when turning power on of off.
Before using the IC for application, check that there are no problems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) Additional diode

i) If the braking operation is so loose, connect a additional diode between each output to GND, (See Fig.3)

ii) If the back electromotive pulse generated in output coil is so strong.
Internally connected back electromotive suppression diode may be damaged by this pulse.
In such a case connect a additional diode between each output to V_{CC}. (See Fig.4)

iii) In case of mounted on radiators, do not use silicon rubber.

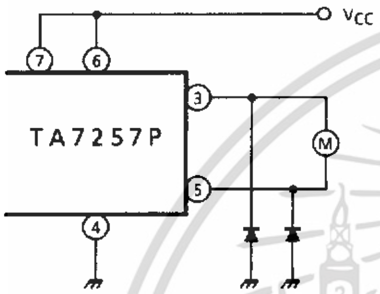


Fig.3

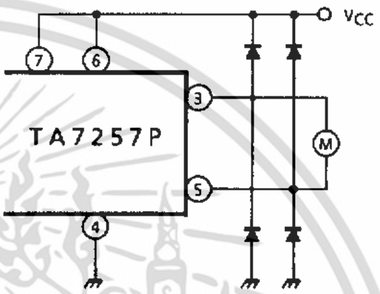
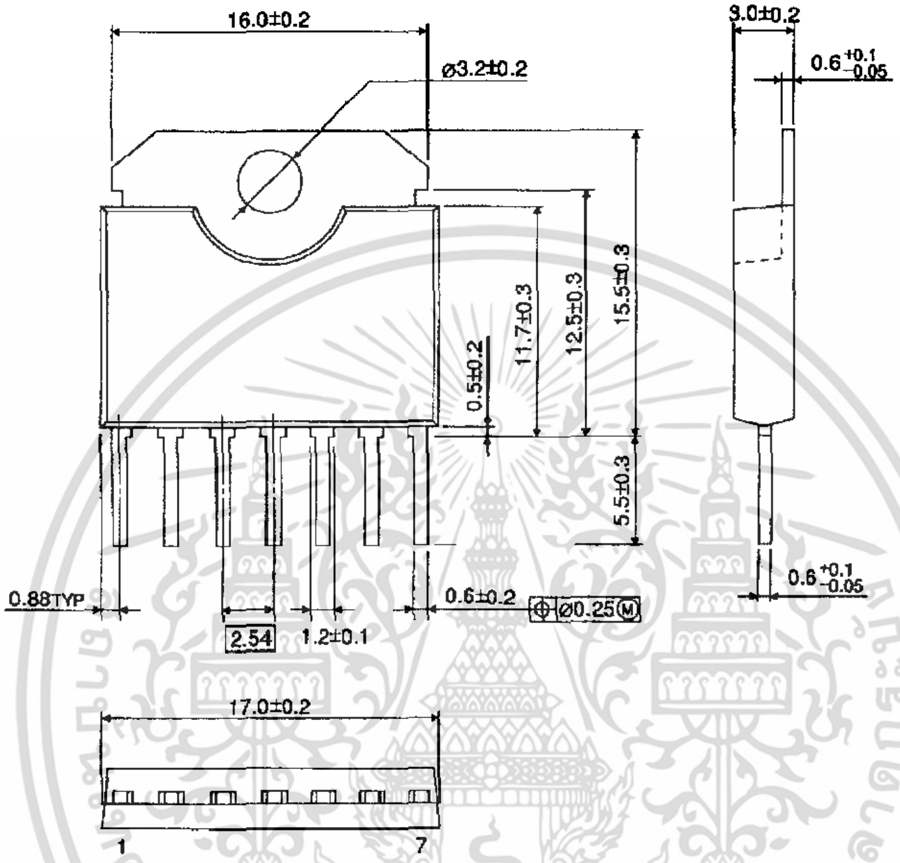


Fig.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DRAWING
HSIP7-P-2.54

Unit : mm



Weight : 1.88 g (Typ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTEGRATED CIRCUITS

DATA SHEET

LM139/239/239A/339/339A/LM2901/MC 3302

Quad voltage comparator

Product specification

1995 Nov 27

IC11 Data Handbook

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

The LM139 series consists of four independent precision voltage comparators, with an offset voltage specification as low as 2.0mV max for each comparator, which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common–mode voltage range includes ground, even though they are operated from a single power supply voltage.

The LM139 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, the LM139 series will directly interface with MOS logic where their low power drain is a distinct advantage over standard comparators.

FEATURES

- Wide single supply voltage range 2.0V_{DC} to 36V_{DC} or dual supplies ±1.0V_{DC} to ±18V_{DC}
- Very low supply current drain (0.8mA) independent of supply voltage (1.0mW/comparator at 5.0V_{DC})
- Low input biasing current 25nA
- Low input offset current ±5nA and offset voltage
- Input common–mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output 250mV at 4mA saturation voltage
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

APPLICATIONS

- A/D converters
- Wide range VCO
- MOS clock generator
- High voltage logic gate
- Multivibrators

PIN CONFIGURATION

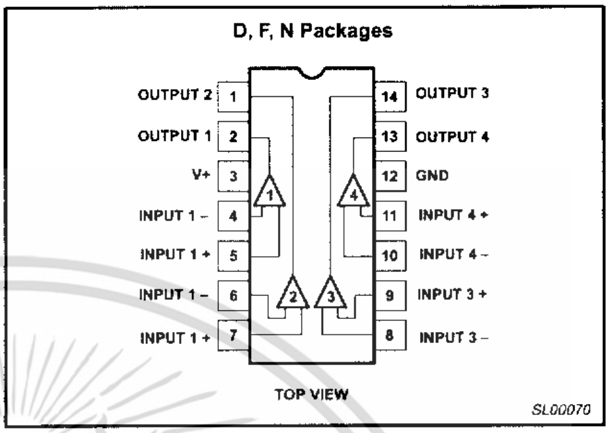


Figure 1. Pin Configuration

EQUIVALENT CIRCUIT

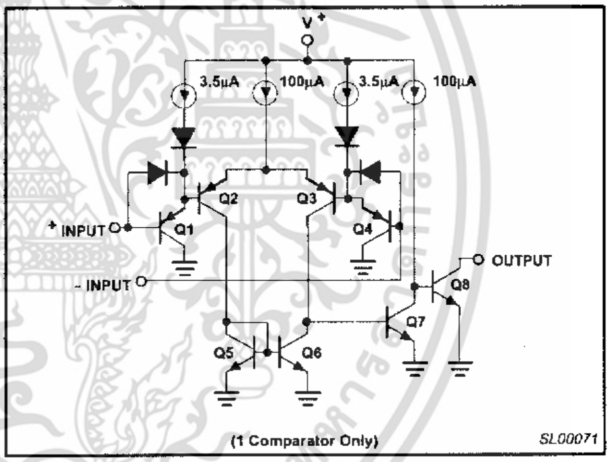


Figure 2. Equivalent Circuit

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
14–Pin Ceramic Dual In-Line Package (Cerdip)	-55 to +125°C	LM139F	0581B
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	–25°C to +85°C	LM239AN	SOT27-1
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	–25°C to +85°C	LM239N	SOT27-1
14–Pin Plastic Small Outline (SO) Package	–25°C to +85°C	LM239D	SOT108-1
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	–40°C to +125°C	LM2901N	SOT27-1
14–Pin Plastic Small Outline (SO) Package	–40°C to +125°C	LM2901D	SOT108-1
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	LM339AN	SOT27-1
14–Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	LM339D	SOT108-1
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	LM339N	SOT27-1
14–Pin Plastic Small Outline (SO) Package	–40°C to +85°C	MC3302D	SOT108-1
14–Pin Ceramic Dual In-Line Package (Cerdip)	–40°C to +85°C	MC3302F	0581B
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	–40°C to +85°C	MC3302N	SOT27-1
14–Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	–55 to +125°C	LM139N	SOT27-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	V_{CC} supply voltage	36 or ±18	V_{DC}
V_{DIFF}	Differential input voltage	36	V_{DC}
V_{IN}	Input voltage	–0.3 to +36	V_{DC}
P_D	Maximum power dissipation, T_A=25°C (still–air)[1]		
	F package	1190	mW
	N package	1420	mW
	D package	1040	mW
	Output short–circuit to ground[2]	Continuous	
I_{IN}	Input current (V_{IN}<–0.3V_{DC})[3]	50	mA
T_A	Operating temperature range		
	LM139	–55 to +125	°C
	LM239/239A	–25 to +85	°C
	LM339/339A	0 to +70	°C
	LM2901	–40 to +125	°C
	MC3302	–40 to +85	°C
T_{STG}	Storage temperature range	–65 to +150	°C
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	°C

NOTES:

1. Derate above 25°C, at the following rates:
   F Package at 9.5mW/°C
   N Package at 11.4mW/°C
   D Package at 8.3mW/°C
2. Short circuits from the output to V+ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 20mA independent of the magnitude of V+.
3. This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector–base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the comparators to go to the V+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will reestablish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than –0.3V_{DC}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V+=5V_{DC}, LM139: –55°C ≤ T_A ≤ 125°C; LM239/239A: –25°C ≤ T_A ≤ 85°C; LM339/339A: 0°C ≤ T_A ≤ 70°C;; LM2901: –40°C ≤ T_A ≤ 125°C, MC3302: –40°C ≤ T_A ≤ 85°C, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM239A/339A			UNIT
			Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input offset voltage[2]	T_A=25°C Over temp.		±1.0	±2.0 ±4.0	mV mV
V_{CM}	Input common–mode voltage range[3]	T_A=25°C Over temp.	0 0		V+–1.5 V+–2.0	V
V_{IDR}	Differential input voltage[1]	Keep all V_{IN}s≥0V_{DC} (or V– if need)			V+	V
I_{BIAS}	Input bias current[4]	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with output in linear range T_A=25°C Over temp.		25	250 400	nA nA
I_{OS}	Input offset current	$I_{IN(+)}-I_{IN(-)}$ T_A=25°C Over temp.		±5.0	±50 ±150	nA nA
I_{OL}	Output sink current	$V_{IN(-)}$≥1V_{DC}, V_{IN}(+)=0, V_O≤1.5V_{DC}, T_A=25°C	6.0	16		mA
	Output leakage current	$V_{IN(+)}$≥1V_{DC}, V_{IN}(–)=0 V_O=5V_{DC}, T_A=25°C V_O=30V_{DC}, over temp.		0.1	 1.0	nA µA
I_{CC}	Supply current	R_L=∞ on comparators, T_A=25°C V+=30V		0.8	2.0	mA
A_V	Voltage gain	R_L≥15kΩ, V+=15V_{DC}	50	200		V/mV
V_{OL}	Saturation voltage	$V_{IN(-)}$≥1V_{DC}, $V_{IN(+)}$=0, I_{SINK}≤4mA T_A=25°C Over temp.		250	400 700	mV mV
t_{LSR}	Large–signal response time	V_{IN}=TTL logic swing, V_{REF}=1.4V_{DC}, V_{RL}=5V_{DC}, R_L=5.1kΩ, T_A=25°C		300		ns
t_R	Response time[5]	V_{RL}=5V_{DC}, R_L=5.1kΩ, T_A=25°C		1.3		µs

See notes at the end of the Electrical Characteristics.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V+=5V_{DC}$, LM139: $-55°C \le T_A \le 125°C$; LM239/239A: $-25°C \le T_A \le 85°C$; LM339/339A: $0°C \le T_A \le 70°C$; LM2901: $-40°C \le T_A \le 125°C$, MC3302: $-40°C \le T_A \le 85°C$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM139			LM239/339			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input offset voltage[2]	T_A=25°C Over temp.		±2.0	±5.0 ±9.0		±2.0	±5.0 ±9.0	mV mV
V_{CM}	Input common–mode voltage range[3]	T_A=25°C Over temp.	0 0		V+–1.5 V+–2.0	0 0		V+–1.5 V+–2.0	V
V_{IDR}	Differential input voltage[1]	Keep all V_{IN}s≥0V_{DC} (or V– if need)			V+			V+	V
I_{BIAS}	Input bias current[4]	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with output in linear range T_A=25°C Over temp.		25	100 300		25	250 400	nA nA
I_{OS}	Input offset current	$I_{IN(+)}-I_{IN(-)}$ T_A=25°C Over temp.		±3.0	±25 ±100		±5.0	±50 ±150	nA nA
I_{OL}	Output sink current	$V_{IN(-)}$≥1V_{DC}, V_{IN}(+)=0, V_O≤1.5V_{DC}, T_A=25°C	6.0	16		6.0	16		mA
	Output leakage current	$V_{IN(+)}$≥1V_{DC}, V_{IN}(–)=0 V_O=5V_{DC}, T_A=25°C V_O=30V_{DC}, over temp.		0.1	 1.0		0.1	 1.0	nA µA
I_{CC}	Supply current	R_L=∞ on comparators, T_A=25°C V+=30V		0.8	2.0		0.8	2.0	mA
A_V	Voltage gain	R_L≥15kΩ, V+=15V_{DC}	50	200		50	200		V/mV
V_{OL}	Saturation voltage	$V_{IN(-)}$≥1V_{DC}, $V_{IN(+)}$=0, I_{SINK}≤4mA T_A=25°C Over temp.		250	400 700		250	400 700	mV mV
t_{LSR}	Large–signal response time	V_{IN}=TTL logic swing, V_{REF}=1.4V_{DC}, V_{RL}=5V_{DC}, R_L=5.1kΩ, T_A=25°C		300			300		ns
t_R	Response time[5]	V_{RL}=5V_{DC}, R_L=5.1kΩ, T_A=25°C		1.3			1.3		µs

See notes on following page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V+=5V_{DC}$, LM139: $-55°C \le T_A \le 125°C$; LM239/239A: $-25°C \le T_A \le 85°C$; LM339/339A: $0°C \le T_A \le 70°C$; LM2901: $-40°C \le T_A \le 125°C$, MC3302: $-40°C \le T_A \le 85°C$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM2901			MC3302			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input offset voltage[2]	$T_A=25°C$ Over temp.		±2.0 ±9	±7.0 ±15		±3.0	±20 ±40	mV mV
V_{CM}	Input common–mode voltage range[3]	$T_A=25°C$ Over temp.	0 0		V+–1.5 V+–2.0	0 0		V+–1.5 V+–2.0	V
V_{IDR}	Differential input voltage[1]	Keep all V_{IN}'s≥$0V_{DC}$ (or V– if need)			V+			V+	V
I_{BIAS}	Input bias current[4]	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with output in linear range $T_A=25°C$ Over temp.		25 200	250 500		25	500 1000	nA nA
I_{OS}	Input offset current	$I_{IN(+)}-I_{IN(-)}$ $T_A=25°C$ Over temp.		±5 ±50	±50 ±200		±5	±100 ±300	nA nA
I_{OL}	Output sink current	$V_{IN(-)}\ge 1V_{DC}$, $V_{IN}(+)=0$, $V_O\le 1.5V_{DC}$, $T_A=25°C$	6.0	16		6	16		mA
	Output leakage current	$V_{IN(+)}\ge 1V_{DC}$, $V_{IN}(-)=0$ $V_O=5V_{DC}$, $T_A=25°C$ $V_O=30V_{DC}$, over temp.		0.1	 1.0		0.1	 1.0	nA µA
I_{CC}	Supply current	$R_L=\infty$ on all comparators,					.8	1.8	mA
		$T_A=25°C$		0.8	2.0				
		$R_L=\infty$ on all comparators, V+=30V		1.0	2.5				mA
A_V	Voltage gain	$R_L\ge 15k\Omega$, $V+=15V_{DC}$	25	100		2	100		V/mV
V_{OL}	Saturation voltage	$V_{IN(-)}\ge 1V_{DC}$, $V_{IN(+)}=0$, $I_{SINK}\le 4mA$ $T_A=25°C$ Over temp.		 400	400 700		150	400 700	mV mV
t_{LSR}	Large–signal response time	V_{IN}=TTL logic swing, $V_{REF}=1.4V_{DC}$, $V_{RL}=5V_{DC}$, $R_L=5.1k\Omega$, $T_A=25°C$		300			300		ns
t_R	Response time[5]	$V_{RL}=5V_{DC}$, $R_L=5.1k\Omega$, $T_A=25°C$		1.3			1.3		µs

NOTES:

1. Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level by 17V. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3V_{DC}$ (or $0.3V_{DC}$ below the magnitude of the negative power supply, if used).
2. At output switch point, $V_O \approx 1.4V_{DC}$, $R_S=0\Omega$ with V+ from $5V_{DC}$ to $30V_{DC}$; and over the full input common–mode range ($0V_{DC}$ to V+ – $1.5V_{DC}$). Inputs of unused comparators should be grounded.
3. The input common–mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common–mode voltage range is V+ – 1.5V, but either or both inputs can go to $30V_{DC}$ without damage.
4. The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the reference or input lines.
5. The response time specified is for a 100mV input step with a 5mV overdrive. For larger overdrive signals, 300ns can be obtained (see typical performance characteristics section).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EQUIVALENT CIRCUIT

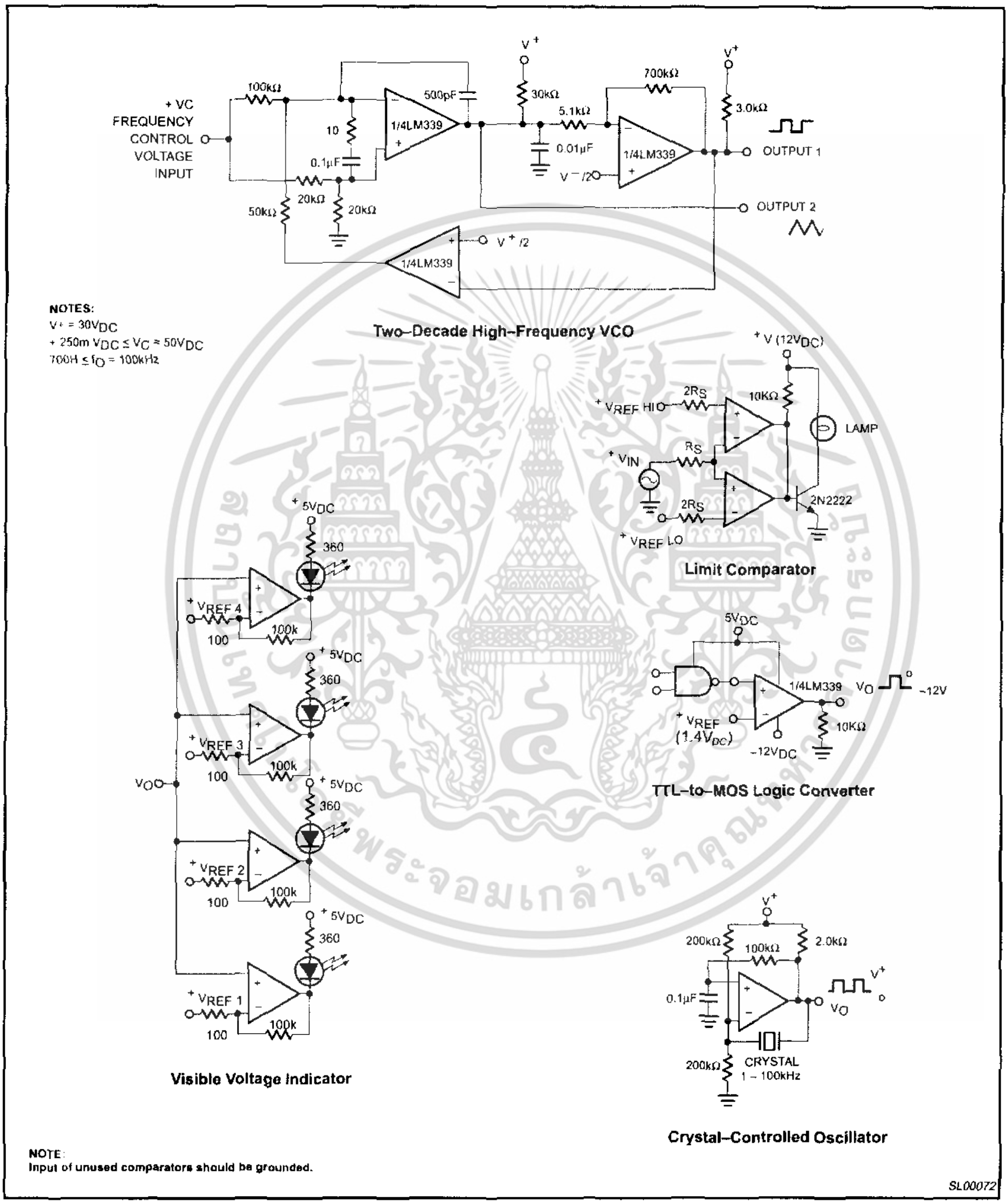


Figure 3. Equivalent Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

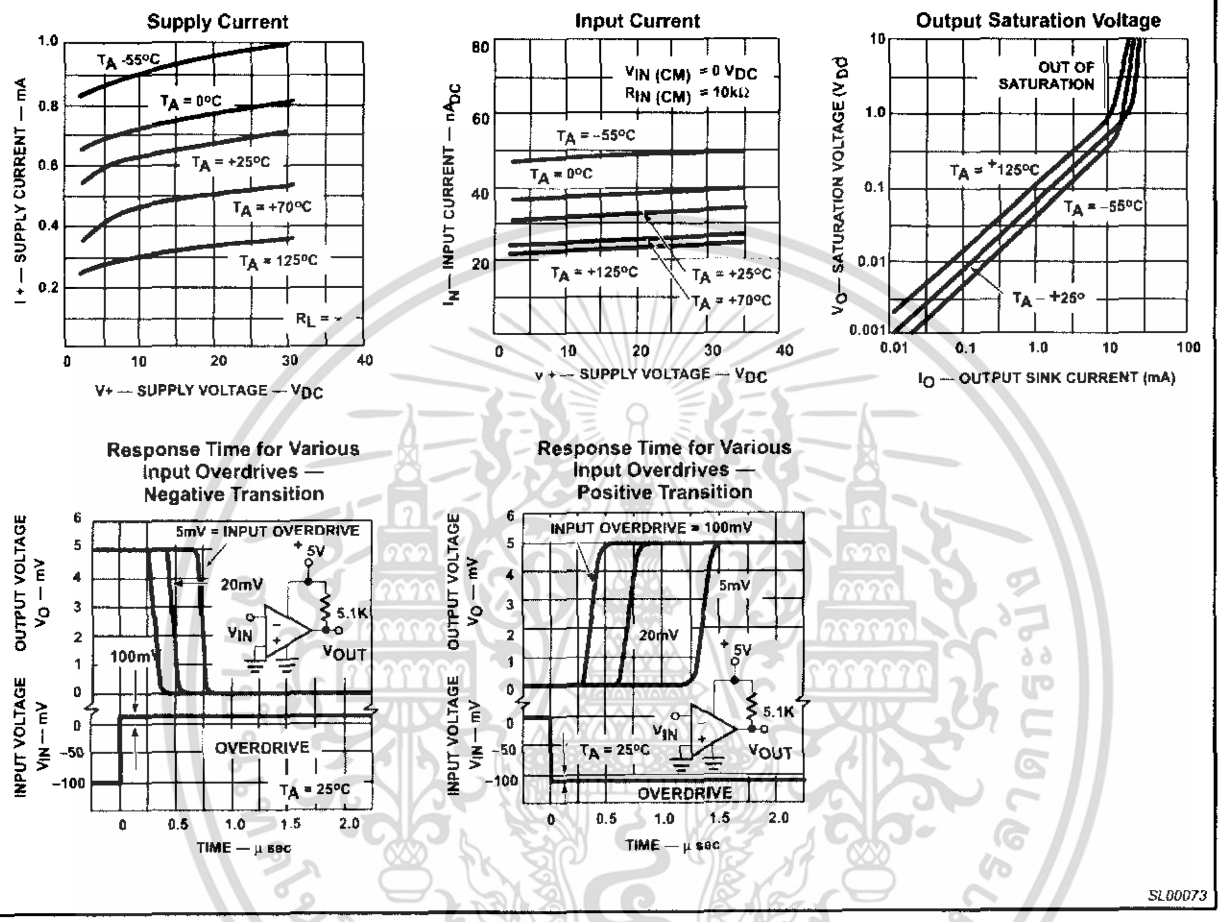


Figure 4. Typical Performance Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEFINITIONS

Data Sheet Identification	Product Status	Definition
Objective Specification	Formative or in Design	This data sheet contains the design target or goal specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary Specification	Preproduction Product	This data sheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product.
Product Specification	Full Production	This data sheet contains Final Specifications. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time without notice, in order to improve design and supply the best possible product.

Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation reserve the right to make changes, without notice, in the products, including circuits, standard cells, and/or software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified. Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

LIFE SUPPORT APPLICATIONS
Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation Products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of a Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation Product can reasonably be expected to result in a personal injury. Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation customers using or selling Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation Products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation for any damages resulting from such improper use or sale.

Philips Semiconductors
811 East Arques Avenue
P.O. Box 3409
Sunnyvale, California 94088–3409
Telephone 800-234-7381

Philips Semiconductors and Philips Electronics North America Corporation register eligible circuits under the Semiconductor Chip Protection Act.
© Copyright Philips Electronics North America Corporation 1995
All rights reserved. Printed in U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ʜILIPS SEMICONDUCTORS, INC. A SUBSIDIARY OF
ʜILIPS ELECTRONICS NORTH AMERICA CORPORATION

ENGINEER CHANGE NOTICE
850-0007 FORM A 02/95

PREPARED BY: PAGE OF

LAST NAME	INIT	DEPT	EXT	BIN#	DATE	PLANT
Dresser	W	9226	4645	60	Nov 27, 1995	SVL

ECN NUMBER & DATE

PERMANENT X IMMEDIATE __ TEMPORARY __ AFTER-HOURS __

APPROVAL DATE: ________

EXPIRATION DATE: ________

MASTER SIGNOFF: YES: __ NO: __ INITIALS: __

ECN CONTINUATION ATTACHED: YES: __ NO: __

PRODUCT GROUP: Communication Products Group

ROUTER : DATE

PART NUMBER	PKG/REV	BASIC DIE/REV	CUSTOMER PART #/REV	ALPHA

DOCUMENT TITLE: See description below

DOCUMENT TYPE: Data Sheet DOCUMENT NUMBER: 853- REV:

DESCRIPTION OF CHANGE: INCLUDE FROM/TO INFO WHERE APPROPRIATE

LM2901 ...... 853-0930 13721 ..... 94 Aug 31
LM2902 ...... 853-0929 13721 ..... 94 Aug 31
LM2903 ...... 853-0932 13721 ..... 94 Aug 31
LM2904 ...... 853-1241 13721 ..... 94 Aug 31

All data sheets reflect change from 85°C to 125°C.

EFFECT: ( )MAJOR ( )MINOR PROVIDE CPCN STATUS, JUSTIFICATION FOR THE CHANGE AND AN EXPLANATION OF EFFECT

OIDS/DOCUMENTS AFFECTED:

__ PRIME __ PDYM __ FPOID __ PROBE DIAGRAM
__ CDDB __ ESORT __ APL __ BONDING DIAGRAM
__ DDDB __ EMCR __ FT/PA __ SCHEMATIC
__ FAB XREF __ PMF/PDDB __ FT FLOW __ TABLE
__ MPO X OTHER 853-

KEY SPONSOR:
CO-SPONSORS:

DEPT#	SIGNATURE	DATE	EXT/USER ID

ECN DISTRIBUTION: DEPT# DEPT# DEPT#

MISCELLANEOUS DISTRIBUTION: DEPT# DEPT# DEPT#

MATERIAL DISPOSITION:

	FAB	ESORT	DS	ASSY	SEAL	SYMB	M/V	FT	PA	PACK	FG	MATL STRS	OTHER
USE AS IS													
REWORK													
SCRAP													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้