

การควบคุมแขนกลแบบ 5 แกน
ROBOT ARM CONTROLLED FIVE AXIS



โดย

นายขรรค์ชัย อาราม 40010094

นายประสพโชค นิ่มเจริญ 40010439

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สว่าง เลิศถิรสุนทร

เลขหม.....
เลขทะเบียน 42485
วัน, เดือน, ปี 24 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

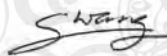
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมแขนกลแบบ 5 แกน

ROBOT ARM CONTROLLED FIVE AXIS

ผู้จัดทำ

1. นายขรรค์ชัย อาราม 40010094
2. นายประสพโชค นิ่มเจริญ 40010439



(อ.สว่าง เลิศศิริสุนทร)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแขนกลแบบ 5 แกน

นายขรรค์ชัย อาราม

นายประสพโชค นิ่มเจริญ

อ.สว่าง เลิศอิสรสุนทร อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมแขนกล โดยใช้การป้อนคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ แทนการควบคุมแบบก้านบังคับ (Joystick) ในการควบคุมที่ได้ศึกษานั้นจะมีการส่งคำสั่งจาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic) และส่งคำสั่งออกทางพอร์ตขนาน (Parallel Port) จากนั้นคำสั่งจะถูกส่งผ่านบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน(P-Board) ไปยังแขนกลและเมื่อแขนกลได้ทำงานตามคำสั่งแล้ว จะส่งค่าที่ได้จากการเคลื่อนที่ของแขนกล โดยใช้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับและส่งค่ากลับเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อคอยตรวจสอบความถูกต้องของการเคลื่อนที่

Abstract

In this thesis, We study about Robot Arm Controlled by command on computer, replace for Joystick Controller. In this case, command from computer that made by Visual Basic Program and send to Parallel Port, then it's gone through Parallel Port Interface Board (P-BOARD) , that make Robot Arm move on ,parameter from each joint of it will detect by sensor, they will be sent back to computer for check about accuracy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
Abstract	I
สารบัญ	II
สารบัญรูปภาพ	IV
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 แขนกล(Robot Arm)	2
2.1.1 ประเภทของแขนกล	2
2.2 พอร์ตขนาน	4
2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของพอร์ตขนาน	4
2.2.2 พอร์ตข้อมูล (Data Port)	9
2.2.3 พอร์ตควบคุม (Control Port)	9
2.2.4 พอร์ตสถานะ (Status Port)	10
2.2.5 การนำพอร์ตขนาน ไปใช้งาน	11
2.3 โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic)	12
2.3.1 ส่วนประกอบในการเขียนโปรแกรม	12
2.4 อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Light-Sensitive Devices)	20
2.5 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)	25
2.6 วงจรขับมอเตอร์ (Drive Motor)	26
2.7 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator)	28
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	29
3.1 แขนกล	29
3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณ (Sensor)	30
3.3 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.4 วงจรข้ามอเตอร์	33
3.5 ส่วนการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์	34
3.6 การเขียนโปรแกรม	35
3.6.1 แนวความคิดในการออกแบบโปรแกรม	35
3.6.2 รูปแบบหน้าจอโปรแกรม	40
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	42
4.1 การทดลองกับบอร์ดแอลอีดี	42
4.1.1 ส่วนเอาต์พุต	42
4.1.2 ส่วนอินพุต	43
4.2 การทดลองกับโปรแกรมสำเร็จรูป	43
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	47
5.1 ปัญหาที่พบ	47
5.2 การนำโครงการไปพัฒนา	47
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แขนกลประเภท Cartesian Robot	2
รูปที่ 2.2 แขนกลประเภท Cylindrical Robot	2
รูปที่ 2.3 แขนกลประเภท Spherical Robot	3
รูปที่ 2.4 แขนกลประเภท SCARA Robot	3
รูปที่ 2.5 แขนกลประเภท Articulated Robot	4
รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมเวลาของการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์	5
รูปที่ 2.7 แสดงระบบบัสภายในของพอร์ตขนาน	7
รูปที่ 2.8 วงจรภายในของพอร์ตข้อมูล	8
รูปที่ 2.9 วงจรภายในของพอร์ตควบคุม	10
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรภายในของพอร์ตสถานะ	11
รูปที่ 2.11 หน้าจอวิซวลเบสิก IDE	12
รูปที่ 2.12 ทูลบาร์	13
รูปที่ 2.13 ทูลบล็อก	14
รูปที่ 2.14 วิน โคว์ฟอร์ม	16
รูปที่ 2.15 วิน โคว์โปรเจกเอ็กซโพรเรอร์	16
รูปที่ 2.16 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลส่วนต่างๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็นโปรเจ็คในวิซวลเบสิก	18
รูปที่ 2.17 วิน โคว์ พร็อพเพอร์ตี้	18
รูปที่ 2.18 วิน โคว์ ฟอร์มเลย์เอาต์	19
รูปที่ 2.19 วิน โคว์ โค้ดอีดิเตอร์	20
รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบโฟโต้เซลล์	21
รูปที่ 2.21 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโต้เซลล์	21
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างทางเทคนิคของ โซตาร์ทเซลล์	21
รูปที่ 2.23 แสดงสัญลักษณ์ของ โซตาร์ทเซลล์	22
รูปที่ 2.24 แสดง พี-เอ็น จังก์ชันโฟโต้ไดโอด	22
รูปที่ 2.25 แสดง พี-ไอ-เอ็น จังก์ชันโฟโต้ไดโอด	22
รูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างภายนอกของโฟโต้ไดโอด	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.27 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโต้ไดโอด	23
รูปที่ 2.28 แสดงวงจรใช้งานของโฟโต้ไดโอด	23
รูปที่ 2.29 แสดงวงจรเปรียบเทียบของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	24
รูปที่ 2.30 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	24
รูปที่ 2.31 แสดงรูปแบบวงจรใช้งานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	25
รูปที่ 2.32 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์	25
รูปที่ 2.33 แสดงการบังคับได้เต็มทั้ง 4 ควอเตอร์	26
รูปที่ 2.34 (ก) ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์ไบโพลาร์	27
(ข) ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์บริดจ์	27
รูปที่ 2.35 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	28
รูปที่ 3.1 ลักษณะการเคลื่อนของแขนกล	29
รูปที่ 3.2 วงจร โฟโต้ทรานซิสเตอร์แบบมีภาครับ-ส่ง	31
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณทางค่านภาคส่ง	31
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณทางค่านภาครับ	31
รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้งาน	32
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรภายใน LM339	32
รูปที่ 3.7 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้ LM339	33
รูปที่ 3.8 แสดงการต่อขาใช้งาน L293D	33
รูปที่ 3.9 วงจรของบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน	34
รูปที่ 3.10 บล็อกไคละแกรมของระบบ	35
รูปที่ 3.11 รูทีนโปรแกรมหลัก	36
รูปที่ 3.12 รูทีนการบังคับแบบแมนนวล	37
รูปที่ 3.13 การเซตจุดเริ่มต้นการบังคับแบบอินพุตคิกรี	38
รูปที่ 3.14 รูทีนการบังคับแบบอินพุตคิกรี	39
รูปที่ 3.15 หน้าจอโปรแกรมการบังคับแบบแมนนวล	40
รูปที่ 3.16 หน้าจอโปรแกรมการบังคับแบบอินพุตคิกรี	40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า	
รูปที่ 4.1	วงจรสมบูรณของบอร์คแอลอีดี	43
รูปที่ 4.2	หน้าจอโปรแกรม Parallel Port Monitor	44
รูปที่ 4.3	หน้าจอการกำหนดคสีที่ใช้แสดงสถานะ	44
รูปที่ 4.4	แสดงการเลือกสีที่ใช้แสดงสถานะ	44
รูปที่ 4.5	ภาพแสดงสถานะเมื่อมือจับทำงาน	45
รูปที่ 4.6	ภาพแสดงสถานะเมื่อข้อมือทำงาน	45
รูปที่ 4.7	ภาพแสดงสถานะเมื่อข้อศอกทำงาน	45
รูปที่ 4.8	ภาพแสดงสถานะเมื่อหัวไหล่ทำงาน	45
รูปที่ 4.9	ภาพแสดงสถานะเมื่อฐานทำงาน	46

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 สัญญาสำคัญ ๆ ของพอร์ตขนานที่ใช้ติดต่อกับเครื่องพิมพ์	6
ตารางที่ 2.2 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน	7
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของสัญญาณทั้งหมดที่อยู่บนพอร์ตขนาน	8
ตารางที่ 2.4 ประเภทของไฟต์	17
ตารางที่ 3.1 มุม (ขนาด) ที่เคลื่อนที่ได้ของแกนกล	29



บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันแขนกล(Robot Arm) ได้เข้ามามีบทบาทกับวงการวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยทั่วไปการควบคุมแขนกลนั้นจะเป็นระบบที่มีทั้งการสั่งงานจากมนุษย์โดยตรง สั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ จากการควบคุมระยะไกล การควบคุมแบบตั้งโปรแกรมให้แขนกล ทำงานตามอัตโนมัติ และอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและประเภทของงาน ดังนั้นในการควบคุมให้แขนกลให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดจึงต้องเลือกวิธีการควบคุมให้ถูกต้อง

สำหรับในส่วนโครงการที่ได้จัดการศึกษาและทดลองนั้น ได้ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมแขนกล โดยใช้การสั่งงานด้วยคอมพิวเตอร์ โดยประเภทของคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมนั้นมีทั้งการควบคุมแบบไม่ระบุองศาในการหมุนและแบบกำหนดองศาในการหมุนของแต่ละแกนของแขนกล และส่งค่าป้อนกลับ (Feed Back) จากเซนเซอร์ โดยรายละเอียดต่างๆกล่าวถึงในส่วนต่อไปของปริิญาานิพนธ์ฉบับนี้

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อศึกษาการควบคุมแขนกลแบบ 5 แกน โดยใช้คำสั่งจากคอมพิวเตอร์

1.1.2 สามารถทำให้แขนกลเคลื่อนที่ไปตามคำสั่งที่ป้อนผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1.2.1 มุ่งเน้นศึกษาเพียงระบบที่ควบคุมแขนกล แต่ไม่มุ่งเน้นถึงลักษณะและ โครงสร้างของแขนกล

1.2.2 ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้ในการควบคุมแขนกล

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

คาดว่าจะสามารถควบคุมแขนกลให้เป็นไปตามคำสั่ง โดยสามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ เช่น การกำหนดองศาของการหมุน การกำหนดหารหนีบจับวัตถุ เป็นต้น

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

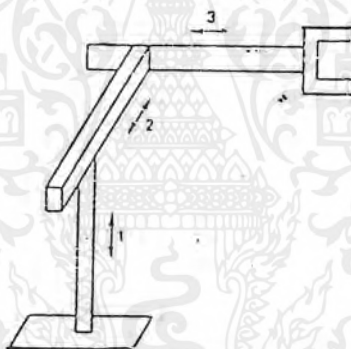
2.1 แขนกล (Robot Arm)

2.1.1 ประเภทของแขนกล

แขนกลที่มีใช้ในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมตามลักษณะงานต่างๆ การแบ่งแขนกลออกเป็นประเภทต่างๆ จะแตกต่างกันไปตามส่วนที่พิจารณา ในที่นี้จะแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ประเภทคือ

1) Cartesian robot

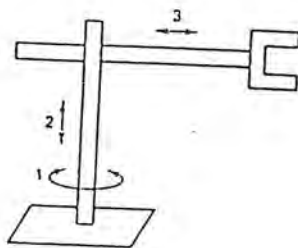
มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบ 3 แกน คือแขนกลในแต่ละท่อน เคลื่อนที่ตามแนวแกน XYZ ดังรูป มีความสามารถในการเข้าถึงจุดต่างๆ ได้อย่างแม่นยำและง่ายต่อการควบคุม ขอบเขตการเคลื่อนที่เป็นกล่องสี่เหลี่ยม



รูปที่ 2.1 แขนกลประเภท Cartesian robot

2) Cylindrical robot

ท่อนแขนท่อนล่างหมุนรอบแกนได้ พร้อมทั้งมีการเคลื่อนที่ตามแนวแกน ส่วนท่อนถัดมา จะเคลื่อนที่ตามแนวแกนซึ่งตั้งฉากกับท่อนแรก ขอบเขตการเคลื่อนที่เป็นทรงกระบอก

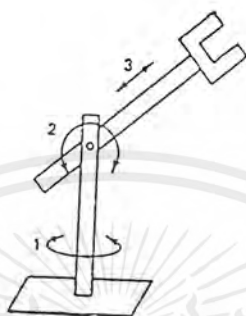


รูปที่ 2.2 แขนกลประเภท Cylindrical robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Spherical robot

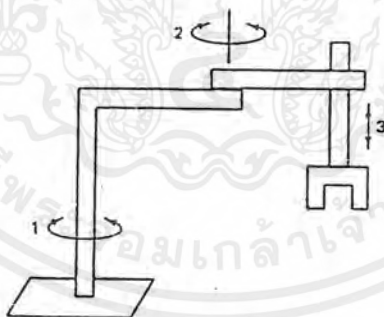
ท่อนแขนท่อนล่างหมุนรอบแกน ข้อต่อระหว่างท่อนแรกและท่อนที่สองจะเป็นจุดหมุนให้ท่อนที่สอง โดยที่ท่อนที่สองสามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกนได้ด้วย มีขอบเขตการเคลื่อนที่เป็นทรงกลม



รูปที่ 2.3 แขนกลประเภท Spherical robot

4) SCARA robot

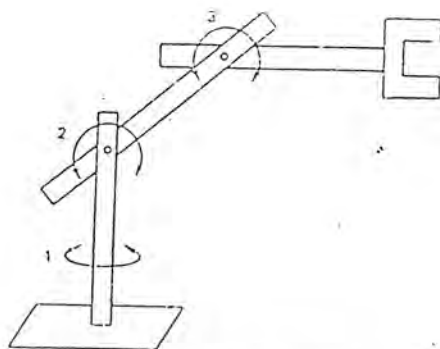
ท่อนแขนท่อนแรกเป็นรูปฉากหมุนรอบแกน ท่อนที่สองหมุนรอบข้อต่อระหว่างท่อนแรกกับท่อนที่สอง และท่อนที่สามเคลื่อนที่ตามแนวแกน ความสามารถในการเข้าถึงจุดต่างๆ ขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของแขนสองท่อนแรกเป็นสำคัญดังรูป



รูปที่ 2.4 แขนกลประเภท SCARA robot

5) Articulated robot

ท่อนแขนท่อนแรกหมุนรอบแกน โดยมีข้อต่อกับท่อนที่สองเป็นจุดหมุนให้ท่อนที่สอง และข้อต่อของท่อนที่สองกับท่อนที่สามเป็นจุดหมุนให้ท่อนที่สาม แขนกลประเภทนี้มีการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อน และใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์มากที่สุด



รูปที่ 2.5 แขนกลประเภท Articulated robot

การเลือกใช้แขนกลนั้นจะต้องดูความเหมาะสมของงาน ทั้งทางด้านขอบเขตของการเข้าถึงจุดต่างๆ และลักษณะการเคลื่อนที่ว่าเป็นแบบจุดต่อจุด ซึ่งจะให้ความสำคัญที่ความแม่นยำในการไปถึงจุดเป้าหมาย หรือการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง ซึ่งจะให้ความสำคัญที่เส้นทางการเคลื่อนที่ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยการคำนวณอย่างละเอียด ดังนั้นการเลือกแขนกลที่ถูกต้องจะช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 พอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน (Parallel port) สาเหตุที่มีชื่อนี้เนื่องจากการถ่ายทอข้อมูลของพอร์ตนี้เป็นแบบขนาน สำหรับชื่อเรียกอีกชื่อของพอร์ตขนานคือ พอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer port) เนื่องจากพอร์ตนี้ใช้สำหรับติดต่อกับเครื่องพิมพ์

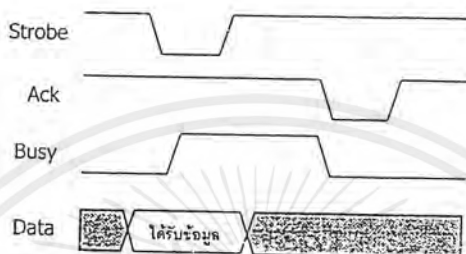
ด้วยการถ่ายทอข้อมูลเป็นแบบขนาน ทำให้พอร์ตขนานมีอัตราการถ่ายทอข้อมูลสูงกว่าการถ่ายทอข้อมูลแบบอนุกรมประมาณ 8-10 เท่า และการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นพอร์ตขนานจึงสามารถรองรับการถ่ายทอข้อมูล 8 บิตได้โดยไม่ต้องต่อส่วนเพิ่มเติมใดๆ

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของพอร์ตขนาน

เพื่อให้เข้าใจถึงการนำเอาพอร์ตขนานไปใช้งาน ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจก่อนว่า ปกตินั้นการตั้งพิมพ์งานจากคอมพิวเตอร์ไปยังพอร์ตขนานนั้นมีรูปแบบการทำงานภายในอย่างไร ในรูปที่ 2.6 แสดงไคอะแกรมเวลาของการติดต่อระหว่างพอร์ตขนานกับเครื่องพิมพ์ จะเห็นได้ว่ามีสัญญาณที่ใช้งานจริงๆ มีไม่มาก เริ่มจากสัญญาณพอร์ตข้อมูล (Data) ถูกส่งออกไปยังเครื่องพิมพ์ พร้อมทั้งส่งสัญญาณสโตรป (Strobe) ออกไปด้วย เพื่อให้เครื่องพิมพ์รับรู้ว่าการส่งข้อมูลใหม่มาที่ขาข้อมูลแล้ว จากนั้นคอมพิวเตอร์จะต้องรอการตอบกลับจากเครื่องพิมพ์ นั่นคือเครื่องพิมพ์จะสร้างสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่าง (Busy) หรือ เพื่อบอกว่าเครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งเมื่อเครื่องพิมพ์พร้อม เครื่องพิมพ์จะสร้างสัญญาณแอก (ACK: Acknowledge) ส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่แล้ว



รูปที่ 2.6 ไคอะแกรมเวลาของการส่งข้อมูล ไปยังเครื่องพิมพ์

สัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิต, สัญญาณสโตรป และสัญญาณแอก เป็นสัญญาณที่สำคัญในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ นอกจากสัญญาณทั้งสามแล้วส่วนใหญ่การติดต่อกับเครื่องพิมพ์ยังต้องมีสัญญาณอื่นๆ ร่วมด้วย เนื่องจากเครื่องพิมพ์ต้องทำหน้าที่ถึง 3 อย่างด้วยกันคือรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์, พิมพ์ข้อมูลที่รับเข้ามา และตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้ เช่น การเปลี่ยนฟอนต์ เป็นต้น บางครั้งอาจเกิดเหตุการณ์ที่ไม่ปกติ เช่น บัฟเฟอร์(Buffer) สำหรับรับข้อมูลเต็ม (เนื่องจากเครื่องพิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานทางกลย่อมทำงานได้ช้ากว่าการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์) เครื่องพิมพ์จะต้องแจ้งไปยังคอมพิวเตอร์ว่าให้หยุดส่งข้อมูลชั่วคราว เนื่องจากไม่สามารถรับข้อมูลมากกว่านี้ได้แล้ว สัญญาณที่ส่งจากเครื่องพิมพ์ไปยังคอมพิวเตอร์คือสัญญาณไม่ว่าง และเมื่อเครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด เช่น กระดาษติด เครื่องพิมพ์จะต้องแจ้งไปยังคอมพิวเตอร์เช่นกัน โดยสัญญาณที่แจ้งไปยังคอมพิวเตอร์เรียกว่าสัญญาณข้อผิดพลาด (Error) นอกจากนี้เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการรีเซ็ตเครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์จะต้องส่งสัญญาณรีเซ็ต (Reset) ไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อรีเซ็ตเครื่องพิมพ์ด้วย สามารถสรุปหาสัญญาณที่จำเป็นสำหรับการติดต่อดังในตารางที่ 2.1

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ยังแยกย่อยออกไปอีก 3 พอร์ต ได้แก่ พอร์ตเอาต์พุตที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ พอร์ตเอาต์พุตอีก 1 พอร์ตสำหรับสัญญาณสโตรป และ รีเซ็ต พอร์ตอินพุตสำหรับการอ่านค่าสัญญาณแอก, ไม่ว่าง และสัญญาณข้อผิดพลาด จากเครื่องพิมพ์

สัญญาณ	หน้าที่การทำงาน	ทิศทาง
ข้อมูล 8 บิต	ข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์	คอมพิวเตอร์
Strobe	แจ้งเครื่องพิมพ์ถึงข้อมูลที่ส่งมาใหม่	คอมพิวเตอร์
Acknowledge	เครื่องพิมพ์แจ้งมายังคอมพิวเตอร์ว่าได้รับข้อมูลแล้ว	เครื่องพิมพ์
Busy	แจ้งสถานะว่าเครื่องพิมพ์ไม่ว่างที่จะรับข้อมูลใหม่	เครื่องพิมพ์
Error	แจ้งสถานะว่าเครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด	เครื่องพิมพ์
Reset	รีเซ็ตเครื่องพิมพ์	คอมพิวเตอร์

ตารางที่ 2.1 สัญญาณสำคัญของพอร์ตขนานที่ใช้ติดต่อกับเครื่องพิมพ์

โดยปกติพอร์ตขนานออกแบบมาให้มีสายสัญญาณอยู่ทั้งหมด 17 เส้น สายสัญญาณเหล่านั้นจะมีรีจิสเตอร์ 3 ตัวควบคุมการทำงาน ดังนี้

- 1) พอร์ตเอาต์พุตสำหรับสำหรับสัญญาณข้อมูล 8 เส้น มีรีจิสเตอร์ข้อมูล ควบคุม
- 2) พอร์ตอินพุตสำหรับการอ่านค่าสถานะต่างๆ จากภายนอกมีอยู่ด้วยกัน 5 เส้น ใช้รีจิสเตอร์สถานะ (Status) ในการควบคุม
- 3) พอร์ตเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ภายนอก มีอยู่ด้วยกัน 4 เส้น ใช้รีจิสเตอร์ควบคุม ในการควบคุม

บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ในรูปที่ 2.7 แสดงระบบบัสของคอมพิวเตอร์สำหรับการติดต่อกับพอร์ตขนาน สัญญาณเอาต์พุตจากพอร์ตขนานจะถูกส่งไปยังคอนเนกเตอร์แบบ DB-25 สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันพอร์ตขนานจะมีมาพร้อมกับเมนบอร์ด (Main Board) ไม่จำเป็นต้องใช้การ์ด (Card) เสียบเพิ่มเติมเหมือนในอดีต พร้อมทั้งมีฟังก์ชันการทำงานที่ซับซ้อนขึ้นแต่ยังคงสนับสนุนการทำงานของพอร์ตขนานในรูปแบบมาตรฐาน (SPP) อยู่

เมื่อดูจากรูปที่ 2.6 เทียบการทำงานโดยทั่วไปกับการเชื่อมต่อผ่านการ์ดที่เสียบลงในสล็อต (Slot) ของคอมพิวเตอร์แล้ว พอร์ตขนานจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยการติดต่อกับพอร์ตขนานจะต้องมีการอ้างแอดเดรส ตำแหน่งแอดเดรสที่ใช้อ้างอิงจะเป็นตำแหน่ง A0-A9 และใช้ขา IOR และ IOW สำหรับเป็นตัวเลือกว่าต้องการอ่านหรือเขียนรีจิสเตอร์ตัวใด จากการดีโค้ด (Decode) แอดเดรส A0-A9 นี้เองทำให้ได้สัญญาณออกมาเพื่อไปควบคุมหรืออีนาเบิล (Enable) วงจรบัฟเฟอร์ต่างๆ ดังนี้

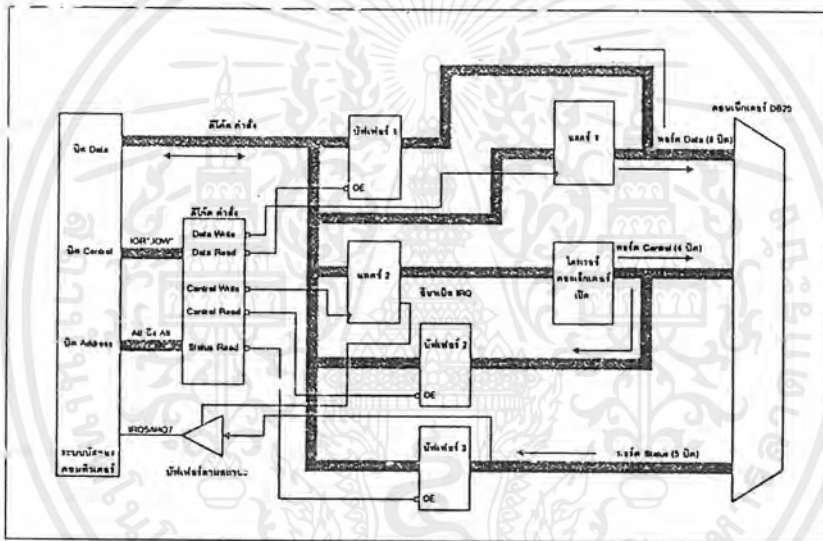
DataWrite สัญญาณอีนาเบิลสำหรับนำข้อมูลที่อยู่ในบัสข้อมูล ไปออกที่ขา ข้อมูล ของพอร์ตขนาน

DataRead สัญญาณอีนานเปิดสำหรับอ่านข้อมูลจากขาข้อมูลของพอร์ตขนานมาเก็บไว้ในบัตข้อมูล

ControlWrite สัญญาณอีนานเปิดสำหรับนำข้อมูลที่อยู่ในบัตข้อมูล ไปออกที่ขาควบคุม ของพอร์ตขนาน สำหรับพอร์ตนี้ นอกจากจะส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตขนานแล้วยังทำหน้าที่อีนานเปิดการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) ของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่พอร์ตสถานะอีกด้วย

ControlRead สัญญาณอีนานเปิดสำหรับอ่านข้อมูลจากขาควบคุม มาเก็บไว้ในบัตข้อมูล

StatusRead สัญญาณอีนานเปิดสำหรับอ่านค่าข้อมูลจากขาพอร์ตสถานะ มาเก็บไว้ในบัตข้อมูล



รูปที่ 2.7 แสดงระบบบัตภายในของพอร์ตขนาน

ตารางที่ 2.2 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน ซึ่งกำหนดไว้ 3 ตำแหน่งคือ LPT1, LPT2 และ LPT3 ส่วนในตารางที่ 2.3 แสดงชื่อและหน้าที่การทำงานของตำแหน่งขาต่างๆ บนพอร์ตขนาน

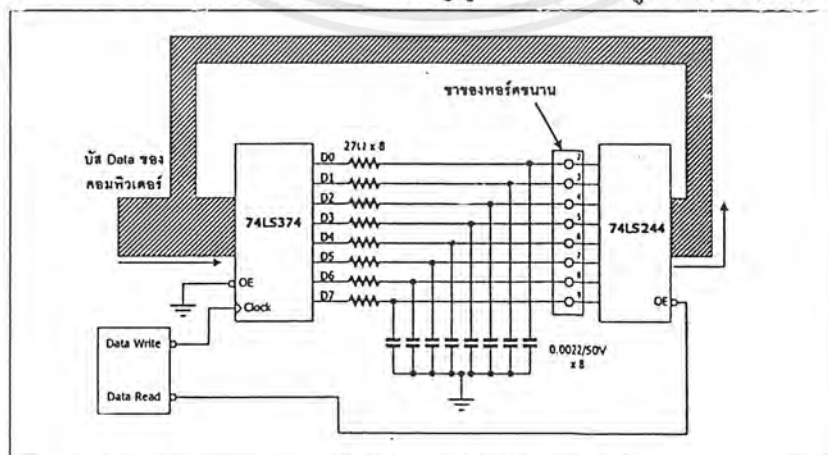
ชื่อพอร์ต	LPT1:		LPT2:		LPT3:	
	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก
DATA	888	378H	956	3BCH	632	278H
STATUS	889	379H	957	3BDH	633	279H
CONTROL	890	37AH	958	3BEH	634	27AH

ตารางที่ 2.2 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB-25	รีจิสเตอร์	ทิศทาง	ตำแหน่งบิต	ชื่อขาสัญญาณ	หน้าที่การทำงาน
1	Control	Out	-C0	nSTROBE	แอกทีฟ "0" ส่งค่าออกไปเพื่อบอกว่าที่ขา Data มีข้อมูลแล้ว
2-9	Data	Out	D1-D8	Data1-Data8	สำหรับพอร์ตขนานมาตรฐานเดิมขานี้ทำหน้าที่เป็นขาส่งข้อมูลเอาต์พุตเท่านั้น สำหรับในปัจจุบันนี้ขานี้รับข้อมูลอินพุตได้ด้วย
10	Status	In	S6	nACK	เป็นพัลส์ลอจิก "0" ที่ส่งมาจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกว่าได้รับข้อมูลที่ส่งไปแล้ว
11	Status	In	-S7	BUSY	เป็นสัญญาณแจ้งมาจากเครื่องพิมพ์ว่ายังไม่พร้อมรับข้อมูล
12	Status	In	S5	PE	แจ้งกระดาษหมด
13	Status	In	S4	SELECT	แจ้งว่าเครื่องพิมพ์ค้อยู่
14	Control	Out	-C1	AUTO FEED	ตั้งเครื่องพิมพ์ให้เลื่อนบรรทัด
15	Status	In	S3	nERROR	สัญญาณจากเครื่องพิมพ์มายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงข้อผิดพลาดจากการพิมพ์
16	Control	Out	C2	nINIT	รีเซ็ตเครื่องพิมพ์โดยให้ลอจิก "0"
17	Control	Out	-C3	nSELECT-IN	ส่งสัญญาณไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อแจ้งว่าต้องการเลือกเครื่องพิมพ์เครื่องนี้
18-25				GND	กราวด์

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของสัญญาณทั้งหมดที่อยู่บนพอร์ตขนาน



รูปที่ 2.8 วงจรภายในของพอร์ต ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 พอร์ตข้อมูล (Data Port)

จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่าพอร์ต ข้อมูล ประกอบไปด้วยบัฟเฟอร์ 1 ตัวและไอซีแลคซ์อีก 1 ตัว เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์จะเขียนข้อมูลไปยัง ไอซีแลคซ์ 1 ทั้ง 8 บิต เอาต์พุตของ ไอซีแลคซ์ 1 คือ D0-D7 ซึ่งเอาต์พุตนี้จะ ไปปรากฏอยู่ที่พอร์ตขนานใน ตำแหน่งขา 2 ถึงขา 9 และที่ขาเอาต์พุตนี้สัญญาณ ข้อมูล จะส่งกลับ ไปเป็นอินพุตของบัฟเฟอร์ 1 ตัว ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านค่าสถานะปัจจุบันที่เกิดขึ้นกับพอร์ต ข้อมูล ได้

เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูล ข้อมูลจะถูกส่งมาจากบัตข้อมูลของคอมพิวเตอร์ผ่านไปให้กับ ไอซี 74LS374 ซึ่งเป็น ไอซีแลคซ์ข้อมูล และเมื่อต้องการให้ข้อมูลปรากฏที่เอาต์พุต คอมพิวเตอร์จะ ส่งสัญญาณ DataWrite ออกไปที่ขา CLK ของ 74LS374 เอาต์พุตจาก 74LS374 จะถูกกรองด้วยวงจร RC ซึ่งประกอบด้วยตัวต้านทานค่า 27Ω (โอห์ม) และตัวเก็บประจุ $0.0022 \mu F$ (ไมโครฟารัด) เพื่อให้ช่วงเวลาที่เปลี่ยนจากลอจิก (Logic) “ 0 ” เป็นลอจิก “ 1 ” หรือจากลอจิก “ 1 ” เป็นลอจิก “ 0 ” เป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากการเปลี่ยนแรงดันที่รวดเร็วทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเหนี่ยวนำข้าม ไปยังข้อมูลบิตอื่นๆ ได้ ทำให้ข้อมูลที่ส่งออกไปมีข้อผิดพลาด จากค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ในวงจรทำให้เกิดการหน่วงเวลาไปประมาณ 60 นาโนวินาที จากวงจรในรูปที่ 2.8 ทำให้เอาต์พุต ของพอร์ตข้อมูล มีคุณสมบัติดังนี้

- กระแสซิงค์สูงสุด 24 mA (มิลลิแอมป์)
- กระแสซอร์สสูงสุด 2.6 mA
- ระดับแรงดันของลอจิก “ 1 ” ค่าสุดเท่ากับ 2.4 V (โวลต์)
- ระดับแรงดันสูงสุดสำหรับลอจิก “ 0 ” เท่ากับ 0.5 V

สำหรับบัฟเฟอร์สำหรับการอ่านข้อมูลกลับได้แก่เบอร์ 74LS244 ซึ่งเมื่อต้องการอ่านค่า คอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณ DataRead ออกมาเพื่ออีนาเบิล ไอซี 74LS244 สำหรับพอร์ตขนานแบบ มาตรฐาน (Standard Parallel Port: SPP) พอร์ต ข้อมูล จะต้องใช้เพื่อการส่งค่าออกเอาต์พุตเท่านั้น แต่สำหรับพอร์ตขนานที่มีการสื่อสารสองทิศทาง (Bi-directional Parallel Port) สามารถอ่านค่าจาก พอร์ตข้อมูล ได้ด้วยแต่ก่อนที่จะอ่านค่าต้องจำไว้เสมอว่าจะต้องป้อนค่าเอาต์พุตให้มีค่าลอจิก “ 1 ” ทั้งหมดก่อน

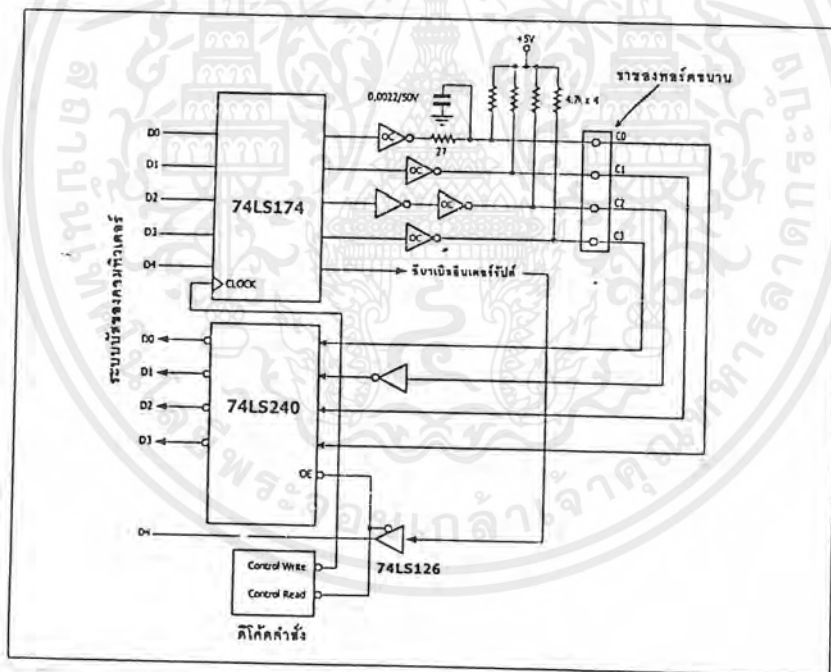
2.2.3 พอร์ตควบคุม (Control Port)

พอร์ตควบคุม ใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องพิมพ์ จากตารางที่ 2.3 จะเห็นว่าพอร์ต ควบคุม ประกอบไปด้วยบิตเอาต์พุต 4 บิตที่ต่อออกไปยังเครื่องพิมพ์ ส่วนบิตอินาเบิลอินเทอร์รัปต์ ไม่ได้ถูกต่อออกไป รูปที่ 2.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของพอร์ตควบคุม เอาต์พุตของพอร์ตควบคุมมี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์เตอร์แบบคอลเล็กเตอร์เปิดต่อรวมอยู่ โดยเอาต์พุตเหล่านี้จะถูกพูลอัพไว้ด้วยตัวต้านทานค่า $4.7 \text{ k}\Omega$ (กิโลโอห์ม) สำหรับบิต C2 จะผ่านอินเวอร์เตอร์ถึงสองตัวทำให้ที่เอาต์พุตของบิต C2 ไม่มี การกลับสถานะลอจิก

สถานะของพอร์ตควบคุม สามารถอ่านกลับได้โดยใช้บัฟเฟอร์เบอร์ 74LS240 ซึ่งเอาต์พุตของ 74LS240 มีอินเวอร์เตอร์อยู่ภายใน ทำให้อ่านค่าที่อ่านได้ตรงกับค่าที่ส่งออกไป การควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตควบคุม คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลมาที่ขา ControlWrite และ Control Read

เนื่องจากเอาต์พุตของพอร์ตควบคุม เป็นแบบคอลเล็กเตอร์เปิด ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถใช้พอร์ตนี้ในการอ่านค่าสัญญาณอินพุตจากภายนอกได้ โดยก่อนที่จะอ่านค่าจะต้องทำให้ขาพอร์ตที่ต้องการอ่านค่ามีลอจิก “1” เสียก่อน



รูปที่ 2.9 วงจรภายในของพอร์ต ควบคุม

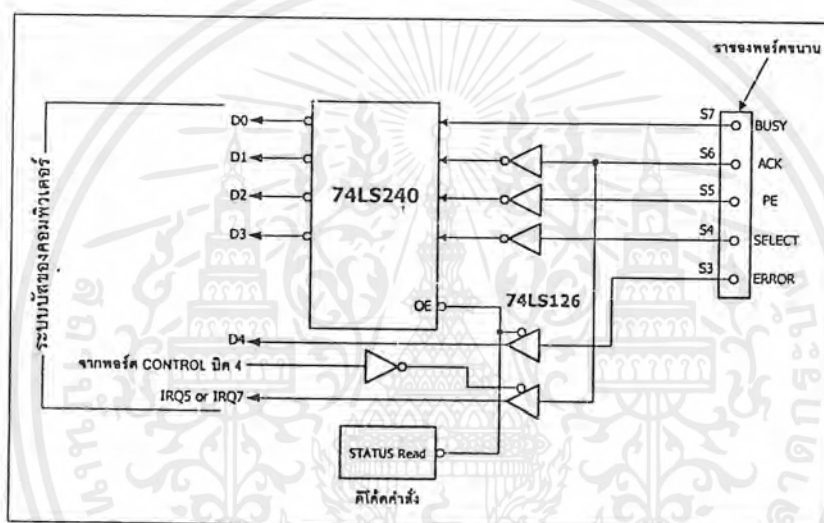
2.2.4 พอร์ตสถานะ (Status Port)

พอร์ต สถานะ เป็นพอร์ตที่คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับการอ่านค่าสถานะจากเครื่องพิมพ์ รูปที่

2.10 แสดงรายละเอียดภายในของพอร์ต สถานะ จะสังเกตเห็นว่ามีขาสัญญาณอยู่ทั้งหมด 5 สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะเรียกชื่อเป็น S3, S4, S5, S6 และ S7 ซึ่งตัวเลขนั้นหมายถึงตำแหน่งบิตของขาเหล่านี้ภายใน รีจิสเตอร์สถานะนั่นเอง สำหรับบิต S7 จะมีชื่อแตกต่างจากบิตอื่นๆ ที่เมื่อสัญญาณจากภายนอกส่งเข้ามาแล้วจะไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์ในขณะที่ขาอื่นๆ ผ่านอินเวอร์เตอร์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อข้อมูลผ่านจากขาอินพุตไปยัง 74LS240 ซึ่งเอาต์พุตมีการกลับสถานะทำให้บิต S7 เป็นบิตเดียวที่มีการกลับสถานะ นอกจากนี้ในการใช้งานถ้าต้องการให้มีการสร้างสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากขอบขาขึ้นของขา S6 สามารถกำหนดค่าได้จากพอร์ตควบคุมบิต 4



รูปที่ 2.10 แสดงวงจรภายในของพอร์ต สถานะ

2.2.5 การนำพอร์ตขนานไปใช้งาน

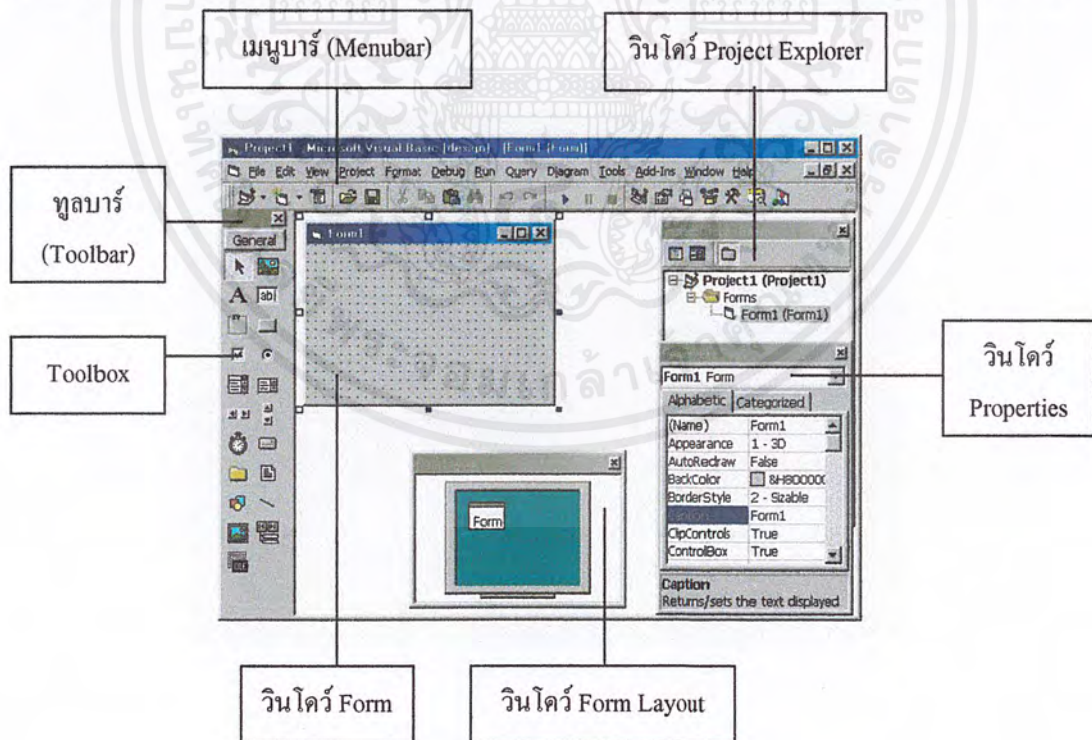
สำหรับพอร์ตขนานแบบมาตรฐาน สามารถนำพอร์ตอินพุต 5 บิต (พอร์ต สถานะ) พอร์ต เอาต์พุต 4 บิต (พอร์ต ควบคุม) และพอร์ตเอาต์พุตอีก 8 บิต (พอร์ต ข้อมูล) ไปใช้งานได้โดยตรงโดยที่ 4 บิตของพอร์ตเอาต์พุตหรือพอร์ตสถานะ นั้นสามารถดัดแปลงให้ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตขนาด 4 บิตได้ด้วย ดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถนำสัญญาณจากพอร์ตขนานที่มีมากถึง 17 เส้นไปใช้งานในการควบคุมโดยใช้ระดับสัญญาณ TTL

2.3 โปรแกรม Visual Basic

วิซวลเบสิก เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่พัฒนาโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทที่สร้างระบบปฏิบัติการ Windows 95/98 และ Windows NT ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยตัวภาษาเองมีรากฐานมาจากภาษา Basic ซึ่งย่อมาจาก Beginner's All Purpose-Symbolic Instruction ถ้าแปลให้得其ความหมายก็คือ “ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้น” ข้อดีของภาษาวิซวลเบสิก คือเป็นภาษาที่ใช้ง่าย สะดวก มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีประโยชน์มากมาย และมีความสามารถไม่แพ้ภาษาคอมพิวเตอร์ใดๆ และเมื่อมองถึงโครงการการควบคุมแขนกลโดยการเชื่อมตัวกับแขนมนุษย์นั้น โปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้งานก็ต้องการให้ทำงานบน วินโดวส์ เพื่อสะดวกในการทำงานและพัฒนาต่อไป

2.3.1 ส่วนประกอบในการเขียนโปรแกรม

คำว่า IDE หรือ Integrated Development Environment หมายถึงสภาพแวดล้อมการทำงาน ในการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้วิซวลเบสิก หรือจะแปลในอีกความหมายคือ อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ แบบเปรียบพร้อมที่ไมโครซอฟท์เตรียมมาให้ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยวิซวลเบสิก นั่นเอง เมื่อเปิดโปรแกรมวิซวลเบสิก ครั้งแรก โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอ IDE ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังนี้

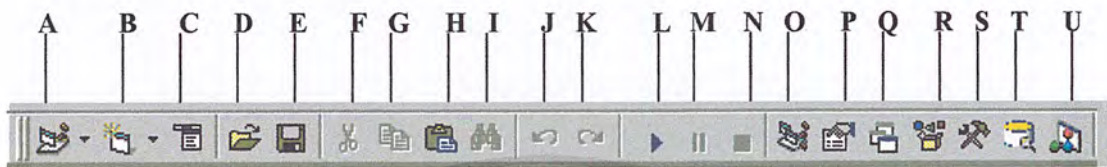


รูปที่ 2.11 หน้าจอ วิซวลเบสิก IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทูลบาร์ (Toolbar)

เมื่อพิจารณาจากภาพหน้าจอ IDE จะเห็นปุ่มต่างๆ ที่วางเรียงเป็นแผงควบคุม ช่วยให้สามารถเรียกใช้งานคำสั่งได้อย่างสะดวกรวดเร็ว โดยเพียงแต่คลิกเมาส์ (Mouse) ที่ปุ่มเท่านั้น รายละเอียดของปุ่มต่างๆ มีดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ทูลบาร์

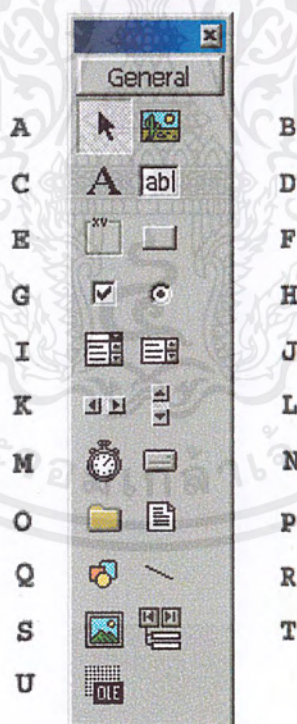
- A >> เปิดโปรเจ็ค (Project) ใหม่ขึ้นมา เราสามารถพัฒนาโปรเจ็ค ไปพร้อมๆ กัน
- B >> เพิ่มฟอร์ม (Form) โมดูล (Module) หรือออบเจ็ค (Object) ประเภทต่างๆ เข้าไปในโปรเจ็ค หรือโปรแกรมที่เรากำลังพัฒนาอยู่
- C >> เปิดวินโดว์ Menu Editor ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการสร้างเมนูของ โปรแกรม
- D >> เปิดไฟล์โปรเจ็ค (Open)
- E >> บันทึกไฟล์โปรเจ็ค (Save)
- F >> ตัด (Cut)
- G >> ก๊อปปี้ (Copy)
- H >> วาง (Paste)
- I >> ค้นหา (Find)
- J >> ยกเลิกการกระทำหรือการพิมพ์ (Undo)
- K >> เรียกคืนกลับสิ่งที่ Undo ไป (Redo)
- L >> สั่งให้โปรแกรมทำงาน (Run)
- M >> ให้โปรแกรมหยุดการทำงานชั่วคราว (Pause)
- N >> ให้โปรแกรมหยุดทำงาน (Stop)
- O >> เปิดวินโดว์ Project Explorer ที่แสดงฟอร์ม โมดูล และส่วนประกอบต่างๆ ของโปรเจ็ค
- P >> เปิดวินโดว์ Properties เพื่อดูและกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของออบเจ็ค
- Q >> เปิดวินโดว์ Form Layout เพื่อจัดตำแหน่งวินโดว์ของโปรแกรมบนจอภาพเมื่อ โปรแกรมทำงาน
- R >> Object Browser เป็นเครื่องมือช่วยค้นหาข้อมูลรายละเอียดของออบเจ็คต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- S >>** Toolbox เป็นที่รวมของออบเจ็กต์ต่างๆ ที่จะนำมาประกอบในโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน (Application)
- T >>** เปิดวินโดว์ Data View เพื่อดูการติดต่อกับฐานข้อมูลต่างๆ รวมทั้งดูโครงสร้างของฐานข้อมูลที่เรากำลังติดต่ออยู่ด้วย
- U >>** Visual Component Manager ใช้ในการช่วยค้นหา เรียบเรียง ดูแล และจัดการส่วนประกอบต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาโปรเจ็กต์

Toolbox

เป็นที่รวมออบเจ็กต์ต่างๆ ที่จะนำมาประกอบกันเป็น โปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน เมื่อใช้ออบเจ็กต์เหล่านี้ประกอบกันจะได้เป็นหน้าต่างของโปรแกรมจึงอาจเรียกให้ชัดเจนได้ว่า Control Object ซึ่งมีออบเจ็กต์หลักดังรูปที่ 2.13 นอกจากนี้เราสามารถเพิ่มออบเจ็กต์ต่างๆ เข้าไปใน Toolbox ได้อีกมากมาย สำหรับรายละเอียดคร่าวๆ ของออบเจ็กต์หลักจะมีดังนี้



รูปที่ 2.13 Toolbox

- A >>** Pointer ใช้ในการจัดขนาด เคลื่อนย้าย และวางตำแหน่งออบเจ็กต์ต่างๆ ในฟอร์ม
- B >>** Picture ใช้ควบคุมและแสดงข้อมูลภาพต่างๆ บนฟอร์ม

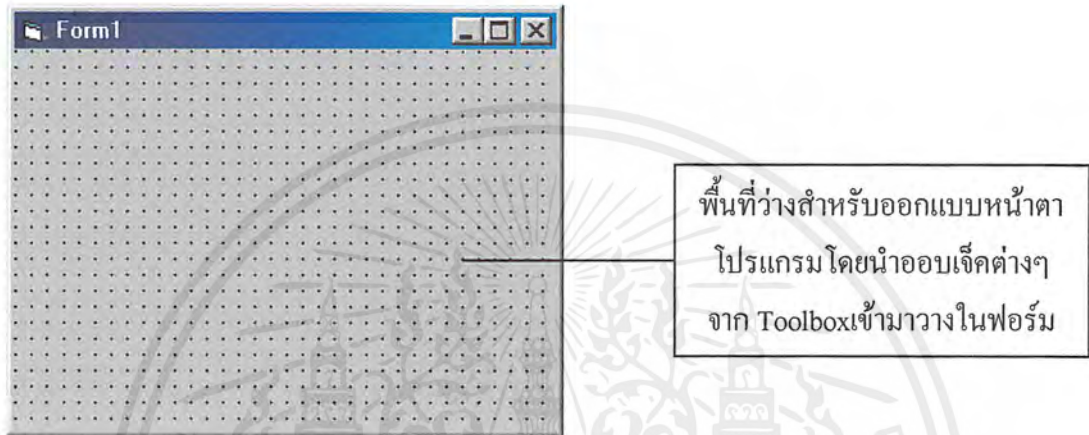
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- C >> Label ใช้แสดงข้อความต่างๆ บนฟอร์ม เหมือนกับเป็นป้ายลาเบลหรือข้อความกำกับ
- D >> Text Box เป็นออบเจ็กต์สำหรับรับข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา
- E >> Frame ใช้จัดกลุ่มและรวบรวมออบเจ็กต์ต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อให้สะดวกในการควบคุม และเคลื่อนย้ายตำแหน่ง หรือจัดหน้าจอให้เป็นระเบียบเรียบร้อยและสะดวกแก่การใช้งาน
- F >> Command Button หรือปุ่มคำสั่ง เป็นออบเจ็กต์ที่เป็นปุ่มกด เพื่อให้ผู้ใช้สั่งทำงาน ซึ่งเป็นออบเจ็กต์ที่ใช้บ่อยมากที่สุดอันหนึ่ง
- G >> Check Box เป็นปุ่มที่ใช้เลือกว่าต้องการหรือไม่
- H >> Option Button บางครั้งเรียกว่า Radio Button ใช้สำหรับเลือกค่าใดค่าหนึ่งจากหลายๆ ค่า คล้ายกับปุ่มกดคือระดับความแรงของพัลซมหรือปุ่มกดในวิทยุเทป ที่เลือกได้ครั้งละ 1 ปุ่มเท่านั้น
- I >> Combo Box ผู้ใช้สามารถเลือกตัวเลือกได้จากการกดปุ่ม Drop Down เพื่อแสดงทางเลือกต่างๆ ขึ้นมาให้ มีความสามารถเหมือนกับ List Box และ Text Box ผสมกัน
- J >> List Box ใช้แสดงตัวเลือกต่างๆ ในลักษณะของบรรทัดรายการ โดยผู้ใช้สามารถเลือกรายการใดรายการหนึ่ง หรือหลายๆ รายการจากลิสต์รายการที่มีอยู่ก็ได้
- K >> Horizontal Scroll Bar เป็นแถบเลื่อนทางแนวนอน ใช้เลื่อนปรับค่าโดยค่าจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่อยู่ของแถบเลื่อน (ตำแหน่งซ้ายสุดค่าจะน้อยที่สุด ตำแหน่งขวาสุดค่าจะมากที่สุด)
- L >> Vertical Scroll Bar เป็นแถบเลื่อนในแนวตั้งใช้เลื่อนปรับค่าโดยค่าจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่อยู่ของแถบเลื่อน (ตำแหน่งบนสุดค่าจะน้อยที่สุด ตำแหน่งล่างสุดค่าจะมากที่สุด)
- M >> Timer ใช้ในการควบคุมเวลา และการทำงานของโปรแกรมเมื่อมีเรื่องเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง
- N-P > Drive List Box, Directory List Box, File List Box ใช้ในการควบคุมการติดต่อกับระบบ เพิ่มข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์
- Q >> Shape ใช้สร้างภาพรูปทรงต่างๆ ลงในฟอร์ม
- R >> Line ใช้วาดเส้นต่างๆ ลงในฟอร์ม
- S >> Image เป็นคอนโทรล ที่ใช้ควบคุมภาพเหมือนกับ Picture เพียงแต่มีความสามารถน้อยกว่า แต่ก็ใช้หน่วยความจำน้อยตามลงไปด้วย
- T >> Data Control ใช้ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล
- U >> OLE (Object Linked and Embedded) เป็นคอนโทรลที่นำเอาโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ที่มี ความสามารถ OLE เข้ามาใช้เป็นออบเจ็กต์ในโปรเจ็กต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินโดว์ฟอร์ม (FORM)

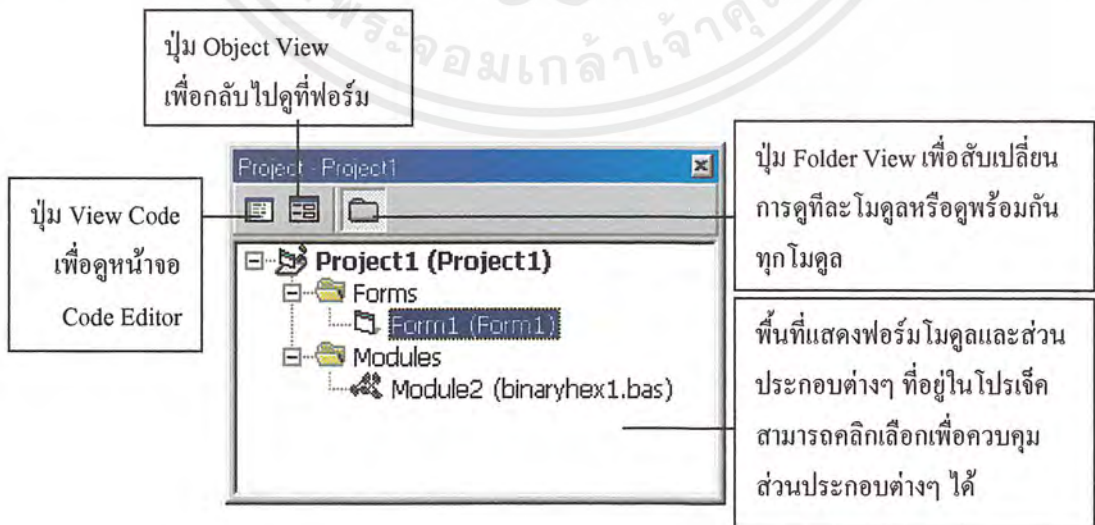
เป็นวินโดว์เปล่าๆ หรือตัวฟอร์มเปล่าๆ สำหรับสร้างองค์ประกอบของแอปพลิเคชัน โดยการนำเอาออบเจ็กต์ต่างๆ มาใส่ในฟอร์ม หรือพูดอีกนัยหนึ่งก็คือเป็นหน้าจอของ โปรแกรมที่ผู้ใช้จะเห็นเมื่อมีการเรียกใช้งาน โปรแกรมนั่นเอง เมื่อเริ่มเข้าสู่ Visual Basic จะปรากฏฟอร์มเปล่าๆ ขึ้นมาให้เสมอ



รูปที่ 2.14 วินโดว์ฟอร์ม (Form)

วินโดว์โปรเจกต์เอกซ์โพรเรอร์ (Project Explorer)

โปรแกรมต่างๆ ที่เราพัฒนาเขียนโปรแกรมขึ้นมาจะเรียกว่าเป็น โปรแกรมประยุกต์ หรือ แอปพลิเคชัน ซึ่งใน วิวเวทเบสิก จะเรียกโปรแกรมที่เรากำลังสร้างว่าเป็น โครงการ หรือ โปรเจ็ค



รูปที่ 2.15 วินโดว์โปรเจกต์เอกซ์โพรเรอร์ (Project Explorer)

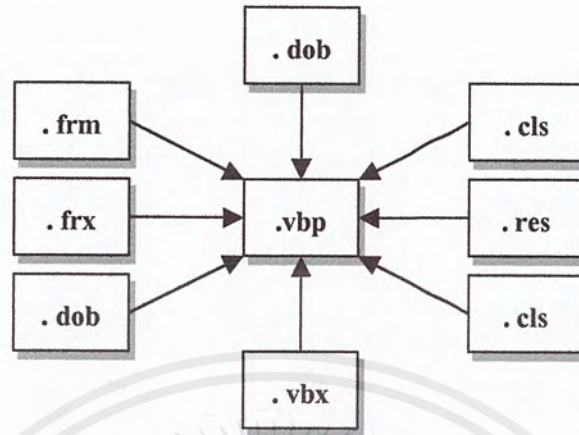
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Explorer จะใช้ควบคุมส่วนประกอบและเพิ่มข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ในโปรเจ็ค เพื่อความสะดวกในการควบคุมและเปลี่ยนการทำงานระหว่างส่วนประกอบต่างๆ โดยแต่ละโปรเจ็คจะประกอบด้วยเพิ่มข้อมูลมากมายหลายประเภท ซึ่งเพิ่มข้อมูลหลักๆ ได้แก่

ประเภทไฟล์	รายละเอียด	นามสกุลไฟล์
ไฟล์โปรเจ็ค (Project file)	เก็บข้อมูลต่างๆ ของโปรเจ็ค รวมทั้งรายชื่อแฟ้มที่ประกอบขึ้นมาเป็นโปรเจ็ค	.vbp
ไฟล์ฟอร์ม (Form file)	เก็บฟอร์มที่เราได้ออกแบบไว้ โดยในไฟล์นี้จะรวมคำสั่งต่างๆ ที่เขียนโปรแกรมไว้ให้กับแต่ละออบเจ็คที่อยู่ในฟอร์มด้วย	.frm
ไฟล์ไบนารีฟอร์ม	จะเก็บข้อมูลที่เป็นแฟ้มไบนารีของฟอร์ม เช่น รูปภาพ หรือ ไอคอน เป็นต้น	.frx
ไฟล์ โมดูลแบบปกติ (Standard module)	เก็บตัวแปรย่อยและตัวแปรต่างๆ ที่เราเขียนแยกออกจากฟอร์ม เพื่อให้ฟอร์มหรือ โมดูลอื่นสามารถเรียกใช้งานได้	.bas
ไฟล์ Object control	นามสกุลลงท้ายด้วย .ocx (Active Control) หรือ .vbx เป็นออบเจ็คที่เราเพิ่มเข้าไปในโปรเจ็คนอกเหนือจากคอนโทรลพื้นฐาน ได้แก่ Internet Control Object, Database Grid Control Object เป็นต้น	.ocx .vbx
ไฟล์เอกสาร Active X	เหมือนกับฟอร์ม เพียงแต่ต้องเรียกดูผ่าน โปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ เช่น Internet Explorer	.dob
ไฟล์คลาสโมดูล (Class Module)	เก็บออบเจ็คต่างๆ ที่เราสร้างขึ้นเมื่อมีการเรียกใช้ Class Module โปรแกรมก็จะสร้างออบเจ็คนั้นขึ้นมาใหม่ (เรียกว่า Instance) แทนที่จะใช้จาก โมดูลหรือออบเจ็คนั้นโดยตรง อาจกล่าวได้ว่า Class module เปรียบเสมือนที่เก็บแม่พิมพ์หรือ Template ของออบเจ็คที่เราจะสร้างขึ้นมานั้นเอง	.cls
ไฟล์ทรัพยากรอื่นๆ (Resource File)	เก็บภาพ Bitmap (BMP), ข้อความ (Text string) หรือข้อมูลใดๆที่เราสามารถแก้ไขได้โดยไม่ต้องไปยุ่งเกี่ยวกับโปรแกรมในโมดูลหรือฟอร์มต่างๆ ในโปรเจ็ค	.res

ตารางที่ 2.4 ประเภทของไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างแฟ้มข้อมูลส่วนต่างๆ ที่ประกอบขึ้นมาเป็น โปรเจ็คในวิซวลเบสิก

วินโดว์ Properties

ชื่อออบเจ็กต์ที่กำลังแสดงหรือฟอเพอร์ที่อยู่

Object List Box แสดงออบเจ็กต์ที่กำลังถูกเลือกอยู่ เมื่อคลิกที่ปุ่มครีอป ความน่าลิสต์บ็อกซ์ก็จะแสดงรายการทั้งหมดของออบเจ็กต์ที่อยู่ในฟอร์ม

Properties List แสดงคุณสมบัติต่างๆ ของออบเจ็กต์ที่เลือก พร้อมกับค่าที่ตั้งไว้ในขณะนี้

ชื่อฟอเพอร์ต่างๆ ของออบเจ็กต์ที่เลือกอยู่

ค่าของฟอเพอร์ดีต่างๆ ที่ถูกตั้งอยู่ในปัจจุบัน

คำอธิบายเกี่ยวกับฟอเพอร์ดีที่เลือก

(Name)	Form1
Appearance	1 - 3D
AutoRedraw	False
BackColor	&H8000000F&
BorderStyle	2 - Sizable
Caption	Form1
ClipControls	True
ControlBox	True
DrawMode	13 - Copy Pen

Caption
Returns/sets the text displayed in an

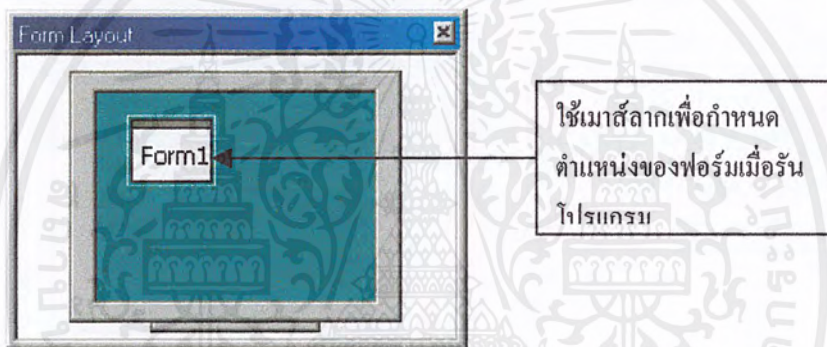
รูปที่ 2.17 วินโดว์ ฟอเพอร์ดี

วินโดว์นี้จะแสดงคุณสมบัติทั้งหมดของออบเจ็กต์ที่ถูกเลือกอยู่ การคลิกเลือกที่ออบเจ็กต์ใดในฟอร์มจะทำให้คุณสมบัติที่แสดงในวินโดว์ ฟอเพอร์ดี เปลี่ยนไปตามออบเจ็กต์ที่เลือกซึ่งการแก้ไขหรือตั้งค่าคุณสมบัติสามารถทำได้โดยตรงที่คุณสมบัติแต่ละค่า สำหรับแท็บ (Tab) Alphabetic เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Categorized มีไว้เพื่อช่วยให้เราหาพร็อพเพอร์ตี้ได้ง่ายขึ้นเท่านั้น โดยเก็บ Alphabetic จะแสดงคุณสมบัติเรียงตามชื่อตัวอักษร ส่วนเก็บ Categorized จะแสดงคุณสมบัติเรียงตามลักษณะการใช้งาน

วินโดว์ Form Layout

จะแสดงตำแหน่งฟอร์มของโปรแกรมที่กำลังสร้างให้ดูบนจอภาพ เพื่อกำหนดตำแหน่งสำหรับตอนที่โปรแกรมทำงานจริงๆ การย้ายตำแหน่งทำได้โดยใช้เมาส์ลาก (Drag) รูปฟอร์มตรงกลางจอภาพ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ



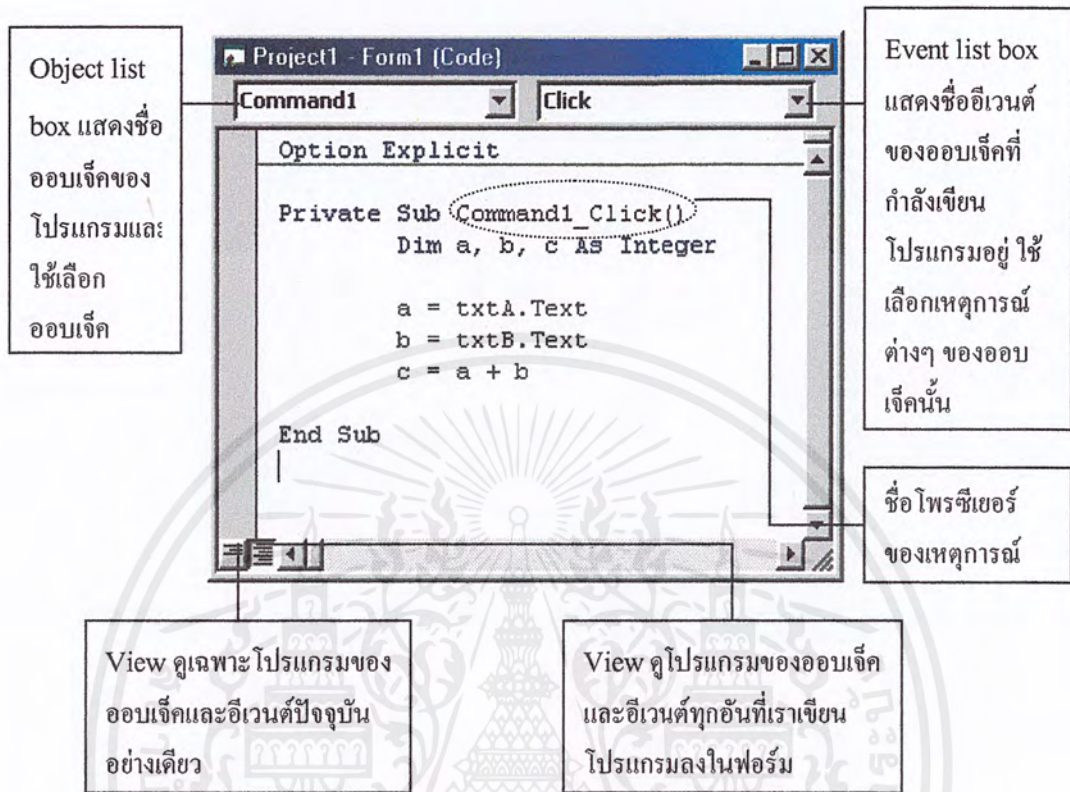
รูปที่ 2.18 วินโดว์ ฟอร์มเลย์เอาต์

วินโดว์ Code Editor

โค้ดอีดิเตอร์ เป็นเนื้อที่สำหรับเขียน โปรแกรม ซึ่งวินโดว์ โค้ดอีดิเตอร์ จะแสดงขึ้นมาพร้อมสำหรับการป้อนโปรแกรมให้กับเหตุการณ์ (Event)หลักของออบเจกต์นั้น ส่วนที่สำคัญของวินโดว์นี้คือ คอมโบบ็อกซ์ (Combobox) ทั้งสองช่องที่อยู่ตรงส่วนบนของวินโดว์ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมการเลือกออบเจกต์และเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นกับออบเจกต์นั้น โดยโค้ดที่ปรากฏจะเป็น โปรแกรมหรือคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้งานเมื่อมีเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นกับออบเจกต์ดังรูปที่ 2.19

Object list box จะแสดงชื่อออบเจกต์ว่าส่วนของ โปรแกรมที่กำลังแสดงอยู่ใน โค้ดอีดิเตอร์ เป็นของออบเจกต์ใด ถ้าคลิกที่คอรอปดาวนั้นจะปรากฏลิสต์รายการของออบเจกต์ต่างๆที่อยู่ในฟอร์ม (โดยเป็นชื่อของออบเจกต์ที่ตั้งไว้ในพร็อพเพอร์ตี้ Name) เราสามารถทราบออบเจกต์และเหตุการณ์ได้จากชื่อของ โพรซีเจอร์ (Procedure) เช่น Command1_Click จะหมายถึง

ส่วนของโปรแกรมที่จะทำงาน เมื่อออบเจกต์ชื่อ Command1 ถูกคลิกเป็นต้น



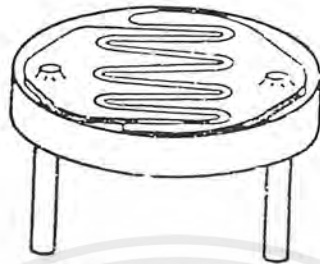
รูปที่ 2.19 วินโดว์ โค้ดอีดีเตอร์

2.4 อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Light-Sensitive Devices)

อุปกรณ์ตรวจจับแสง เป็นอุปกรณ์ที่นำเอาผลของแสงสว่างมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า แบ่งออกได้หลายชนิด เช่น

- โฟโต้เซลล์ (Photo cell) คืออุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่เก่าแก่ที่สุด มันเป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่มีค่าความต้านทานภายในเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มของแสง แต่ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปจะไม่ใช่สัดส่วนกับแสงที่ส่องมาที่ตัวมัน สำหรับวัสดุที่ใช้ทำโฟโต้เซลล์ คือวัสดุที่มีความไวต่อแสงนั่นก็คือ แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือ แคดเมียมเซเลไนด์ (CdSe) โฟโต้เซลล์เป็นอุปกรณ์ที่มีความไวต่อแสงมากกว่าอุปกรณ์อื่น ๆ มันมีประโยชน์สำหรับใช้งานกับแสงต่ำ สำหรับข้อเสียของโฟโต้เซลล์คือ มันจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงช้า

- โฟโต้โวลต์ทาคิด เซลล์ (Solar cell) จะทำงานโดยเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โซลาร์เซลล์จะถูกใช้งานมากที่สุดในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

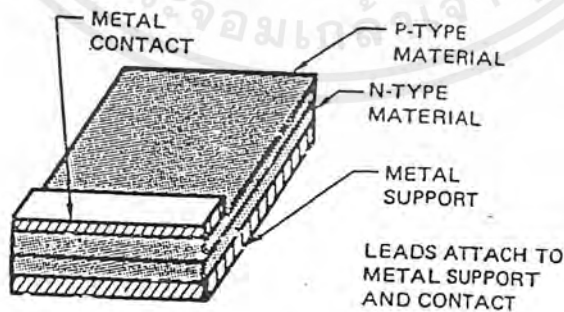


รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบ โฟโตเซลล์



รูปที่ 2.21 แสดงสัญลักษณ์ของ โฟโตเซลล์

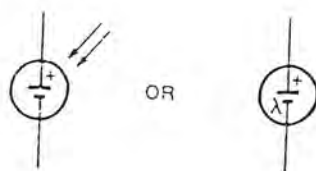
โซลาร์เซลล์ใช้หลักการของอุปกรณ์พีเอ็นจังก์ชัน ซึ่งทำจากสารกึ่งตัวนำโดยส่วนมากจะนิยมใช้ซิลิคอนทำ จากในรูปที่ 2.22 จะแสดง โครงสร้างทางเทคนิคของโซลาร์เซลล์ จากในรูปส่วนของ Metal support และ Metal จะเป็นเหมือนกับหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า (electrical contacts) ซึ่งโซลาร์เซลล์นี้จะถูกออกแบบให้มีพื้นที่ผิวใหญ่ ๆ



รูปที่ 2.22 แสดง โครงสร้างทางเทคนิคของโซลาร์เซลล์

การนำโซลาร์เซลล์ไปใช้งานมีดังนี้ ทำมิเตอร์วัดแสงสำหรับอุปกรณ์ถ่ายภาพ เครื่องชาร์ตแบตเตอรี่บนกระสวยอวกาศ และสัญลักษณ์ที่ใช้แทนโซลาร์เซลล์จะแสดงในรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

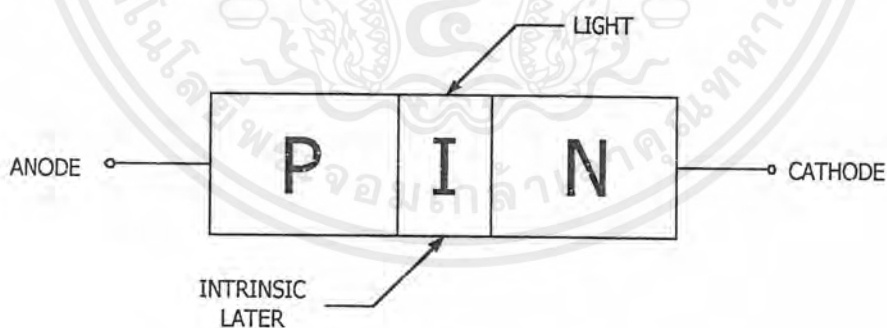


รูปที่ 2.23 แสดงสัญลักษณ์ของโซลาร์เซลล์

- โฟโอดีไดโอด (Photodiode) คืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำจากซิลิคอน และมันสามารถถูกสร้างได้ 2 วิธี ซึ่งวิธีแรกคือจะทำเป็นแบบต่อร่วมกันของสารพี-เอ็น ดังในรูปที่ 2.24 และอีกวิธีหนึ่งคือการใส่ชั้นอินเทนซิค (intinsic (ไม่มีการโด๊ป) layer) ระหว่างสารพีกับสารเอ็น ดังในรูปที่ 2.25 ซึ่งจะอยู่ในรูปของพีไอเอ็น โฟโอดีไดโอด (PIN photodiode)



รูปที่ 2.24 แสดงพี-เอ็น จังก์ชัน โฟโอดีไดโอด

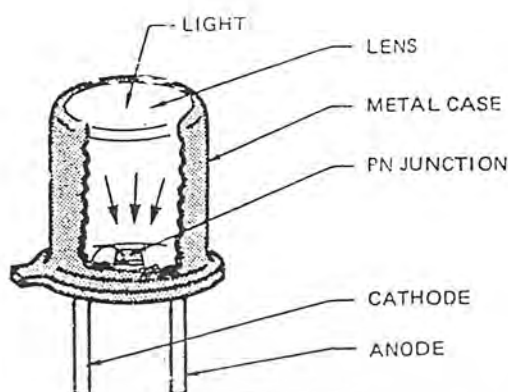


รูปที่ 2.25 แสดงพี-ไอ-เอ็น จังก์ชันโฟโอดีไดโอด

โฟโอดีไดโอดแบบรอยต่อ พี-เอ็น (PN junction photodiode) จะมีหลักการทำงานเหมือนกับโซลาร์เซลล์ แต่ต่างกันตรงที่มันถูกใช้ในการควบคุมการไหลของกระแสไม่ได้เป็นตัวกำเนิด

ข้อดีของโฟโอดีไดโอด คือมีความไวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงและยังเป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่ไวที่สุดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

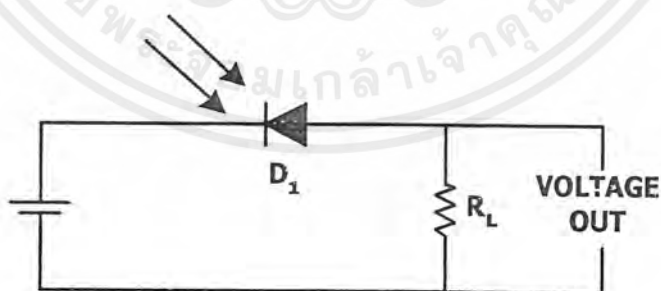


รูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างภายนอกของโฟโตไดโอด

ข้อเสียของโฟโตไดโอด คือจะให้เอาต์พุตต่ำเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ตรวจจับแสงอื่น ๆ จากในรูปที่ 2.26 จะแสดงโครงสร้างภายนอกของโฟโตไดโอด และสัญลักษณ์ของมันจะแสดงในรูปที่ 2.27 และวงจรการต่อใช้งานแสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.27 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.28 แสดงวงจรใช้งานของโฟโตไดโอด

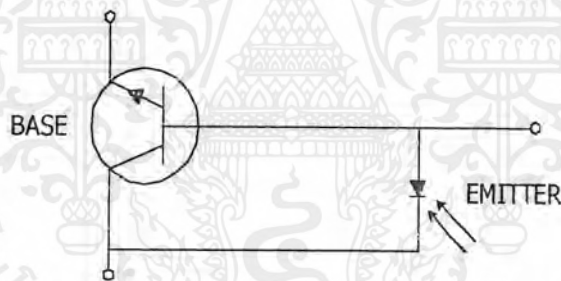
- โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo transistor) คือจะถูกสร้างเหมือนกับทรานซิสเตอร์ทั่วไป คือมีรอยต่อ พี-เอ็น 2 รอยต่อ โดยจะมีรูปแบบมาตรฐานคือเป็นทรานซิสเตอร์แบบ NPN ซึ่งมันจะถูกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนโฟโตไดโอด และโครงสร้างภายนอกก็เหมือนกับโฟโตไดโอด ต่างกันตรงที่มันมี 3 ขา คือ อิมิตเตอร์ (Emitter) เบส (Base) และคอลเล็กเตอร์ (Collector) จากในรูป 2.29 จะแสดงวงจรเปรียบเทียบของโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์จะทำงานเมื่อโฟโตไดโอดทำงาน ซึ่งขาเบสของมันนานๆ จะถูกใช้สักครั้ง แต่เมื่อมันถูกใช้แล้วมันจะใช้ปรับจุดทำงานของทรานซิสเตอร์

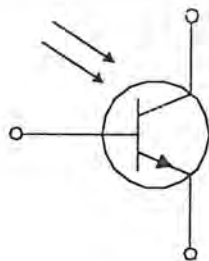
การทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์จะอาศัยการตรวจจับแสงที่ได้จากวัตถุสะท้อนแสงได้ เช่น โลหะสะท้อนแสงหรือ ฟอยล์ (Foil) ซึ่งถูกเรียกว่า ตัวสะท้อนแสง (Reflector) มาวางไว้บริเวณด้านหน้าของตัวตรวจจับในระยะที่สามารถทำงานได้ ถ้าแสงอินฟราเรดจากแอลอีดี (LED) จะสะท้อนกลับมายังโฟโตทรานซิสเตอร์ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำงานโดยให้สัญญาณออกมาที่เอาต์พุต โฟโตทรานซิสเตอร์จะมีระบบลอจิกที่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกได้อย่างรวดเร็วหรือทำให้เกิด Hysteresis น้อยมาก โฟโตทรานซิสเตอร์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตสูงกว่าโฟโตไดโอด แต่การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงจะไม่เร็วเท่ากับโฟโตไดโอด

สำหรับการนำโฟโตทรานซิสเตอร์ไปใช้งานนั้น ๆ จะมีดังนี้ คือ โฟโตเทค โทมิเตอร์ (Photo tachometers) ควบคุมการเปิดหน้ากล้องของกล้องถ่ายรูป, เครื่องเตือนไฟไหม้, เครื่องนับวัตถุ



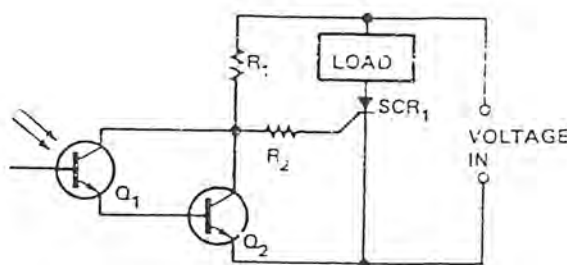
รูปที่ 2.29 แสดงวงจรเปรียบเทียบของโฟโตทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 2.30 จะแสดงสัญลักษณ์ของโฟโตทรานซิสเตอร์ และรูปที่ 2.31 จะแสดงรูปแบบวงจรใช้งาน



รูปที่ 2.30 แสดงสัญลักษณ์ของโฟโตทรานซิสเตอร์

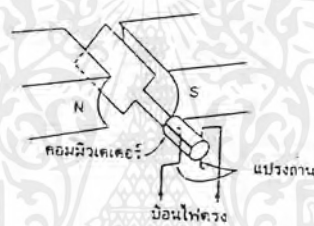
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดงรูปแบบวงจรใช้งานของไฟโด้ทรานซิสเตอร์

2.5 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์จะมีลักษณะการทำงานเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลน์ มอเตอร์จะหมุนต่อเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า โครงสร้างของมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.32 เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าที่แปรงถ่าน จะเกิดกระแสไหลผ่านขดลวดคัตศนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงผลักดันให้ขดลวดหมุนตามความสัณพันธ์



รูปที่ 2.32 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์

$$E \propto WB$$

โดยที่ W คือ ความเร็วในการหมุน

B คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

ถ้าหากกระแส i มีค่าสูงสุด ความเร็วจะกลายเป็น 0 แต่ถ้ากระแสไหลลดลงความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดที่เกิดขึ้นในมอเตอร์จะขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดของมอเตอร์ตามความสัณพันธ์

$$T = iB$$

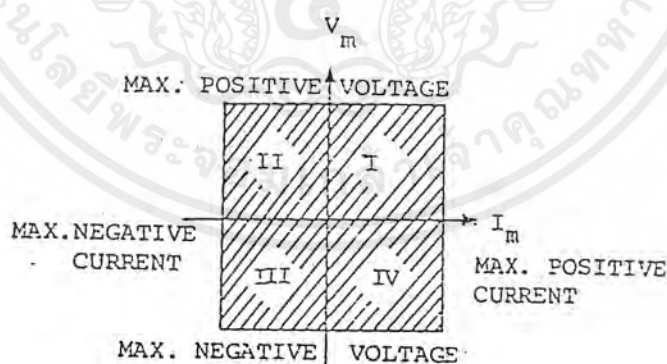
โดยที่ T คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นในมอเตอร์

อัตราความเร็วของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแรงบิดสมดุลกับโหดที่ต่อเข้ามอเตอร์ อัตราความเร็วของมอเตอร์ไฟตรงสามารถควบคุม โดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสนามแม่เหล็กหรือปรับแรงดันอาร์เมเจอร์ ส่วนการสร้างสนามแม่เหล็กสามารถใช้แม่เหล็กถาวรหรือต่อขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กแทนได้

2.6 วงจรขับมอเตอร์ (Drive Motor)

ลิเนียร์แอมพลิไฟจะเป็นตัวควบคุม โวลต์เตจหรือกระแสของมอเตอร์โดยการบังคับขนาดของ โวลต์เตจที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ดังนั้นมันจะเป็นตัวที่ลด โวลต์เตจเอาไว้ซึ่งเท่ากับผลต่างของแหล่งจ่ายโวลต์เตจและ โวลต์เตจที่มอเตอร์ใช้งานจริงในขณะที่มีกระแสที่เหมาะสมไหลผ่าน กำลังงานจะสูญเสียในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะขณะที่มอเตอร์วิ่งที่ความเร็วต่ำ แรงบิดสูง เพราะขณะนั้น โวลต์เตจย้อนกลับของมอเตอร์ค่ากระแสจึงสูง เป็นความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับสวิทช์แอมพลิไฟ สวิทช์แอมพลิไฟควบคุม โวลต์เตจของมอเตอร์โดยปรับคิวดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ของโวลต์เตจที่จ่ายให้กับมอเตอร์และให้มันทำงานทุกๆ ภาวะอิมตัวหรือที่ภาวะออฟ ดังนั้นการสูญเสียของกำลังงานจะน้อยในแต่ละภาวะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นอย่างไรก็ตาม เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียการสวิทช์ที่ความถี่สูง ค่าของอินดักเตนซ์ของมอเตอร์ (หรือภายนอก) ต้องมีค่าน้อย ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มค่าเวลาคงที่ (Time constant) ของระบบซึ่งจะทำให้แบนด์วิธ (Bandwidth) ของระบบลดลงด้วย นอกจากนั้นยังเกิดปัญหาการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นรุนแรงทำให้ระบบเกิดความยุ่งยากและทำงานผิดพลาดขึ้นได้

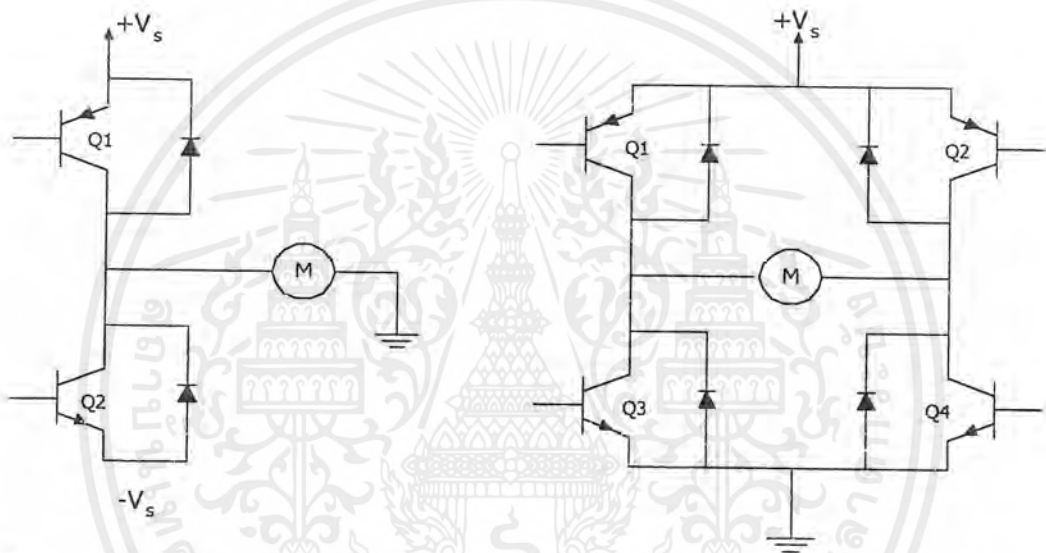
วงจรขับมอเตอร์ที่ใช้จะเป็นลิเนียร์แอมพลิไฟแบบไบโคเร็คชั่นแนลแอมพลิไฟ สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้ทั้งสองทิศทางและมีลิเนียร์ทรานสเฟอร์ตลอดถึงช่วงความเร็วเป็นศูนย์ แอมพลิไฟแบบนี้สามารถบังคับการทำงานได้เต็มทั้ง 4 ควอเตอร์ ดังรูปที่ 2.33 สามารถป้อนโวลต์เตจและกระแสทั้งขั้วบวกหรือขั้วลบให้กับมอเตอร์ได้



รูปที่ 2.33 แสดงการบังคับได้เต็มทั้ง 4 ควอเตอร์

ไบโคเร็คชั่นแนลแอมพลิไฟแบบพื้นฐานมี 2 แบบได้แก่ ลิเนียร์ไบโพลาร์ ตามรูปที่ 2.34 ก) และ ลิเนียร์บริดจ์ตามรูปที่ 2.34 ข) ซึ่งแบ่งออกตามลักษณะ โครงสร้างของภาคเอาต์พุต

ไบโพลาร์แอมพลิไฟจะใช้เพาเวอร์ซัพพลายถึง 2 ลักษณะสำหรับทำงานแบบ ฟอร์เวิร์คและรีเวิร์สโวลต์แดงให้กับมอเตอร์เท่ากับผลต่างระหว่างซัพพลายโวลต์แดงคกรวมคอลเล็กเตอร์-อิมิตเตอร์ Q1 หรือ Q2 ในขณะที่ตัวหนึ่งตัวได้นำกระแส เนื่องจากลิเนียร์แอมพลิไฟโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพไม่ค่อยดีนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ภาวะความเร็วต่ำ แรงบิดสูงซึ่งในภาวะนี้กระแสไหลสูงและโวลต์แดงคกรวมเอาต์พุตทรานซิสเตอร์สูงด้วย ดังนั้นในระบบใหญ่จึงจำเป็นต้องใช้ตัวระบายความร้อนขนาดใหญ่ หรือใช้พัดลมสำหรับระบายความร้อนด้วย



รูปที่ 2.34 ก) ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์ไบโพลาร์

ข) ภาคเอาต์พุตของลิเนียร์บริดจ์

ลิเนียร์ไบโพลาร์แอมพลิไฟเป็นแอมพลิไฟที่ออกแบบได้ง่ายกว่าลิเนียร์บริดจ์แต่การออกแบบไบโพลาร์มีข้อเสียที่สำคัญหลายข้อซึ่งควรจะได้ประเมินข้อดีข้อเสียของระบบเสียก่อน

1. เพาเวอร์ซัพพลายเป็นแบบไบโพลาร์คือมีสองขั้ว บวกและลบ
2. ค่า V_{CEO} ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต้องสูงกว่าผลบวกของซัพพลายโวลต์แดงทั้งสอง ($2V_s$)
3. ลิเนียร์ไบโพลาร์แอมพลิไฟจะต้องทนต่อ ฟอร์เวิร์ค-ไบอัสเบรคดาวน์ ที่สองเอาต์พุตเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อาจจะเสียได้ในระหว่างการลดความเร็วของโหลดที่มีความเฉื่อยสูงลงจากความเร็วสูงๆ

ลิเนียร์บริดจ์จะใช้เพาเวอร์ซัพพลายเพียงขั้วเดียวคือ บวกหรือลบเพื่อป้อนให้กับมอเตอร์ซึ่งโวลต์แดงที่ป้อนให้มอเตอร์นี้จะมีขนาดเกือบเท่ากับโวลต์แดงของซัพพลาย ในวงจรบริดจ์ Q1 และ Q4 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์แดงให้หมุนไปในทิศทางหนึ่ง Q2 และ Q3 จะนำกระแสเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลต์เตจตกคร่อมไดโอดอีกตัวหนึ่งมีค่าต่ำกว่ากราวด์ ดังนั้นเอาต์พุตทรานซิสเตอร์จะไม่ขึ้นกับโวลต์เตจผลึกคั่นที่มีค่ามากกว่า V_s หลายเท่าสำหรับบริดจ์และเท่ากับ $2V_s$ สำหรับไบโพลาร์

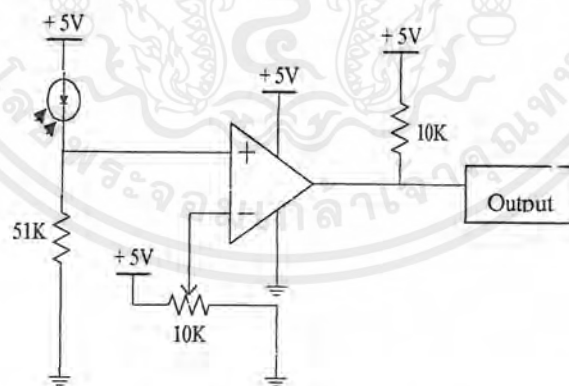
ข้อดีอีกอันหนึ่งของบริดจ์คือ ช่วงลวด โวลต์เตจผลึกคั่นบนตัวทรานซิสเตอร์ที่จะนำกระแส ถ้าบริดจ์ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม ความแตกต่างระหว่างซัพพลายโวลต์เตจและโวลต์เตจที่มอเตอร์ต้องการจะถูกแบ่งเท่าๆ กันระหว่างทรานซิสเตอร์ก่อนที่จะเกิดความเสียหายจากฟอร์เวิร์ด-ไบอัสเบรคควาน์ครั้งที่สอง

2.7 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator)

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน คือวงจรที่ทำการแบ่งแยกแรงดันออกจากกันให้ชัดเจนยิ่งขึ้นซึ่งในที่นี้จะทำการรับค่ามาจากตัวเซนเซอร์ (Sensor) เนื่องจากแรงดันที่ได้จากตัวเซนเซอร์ ยังไม่เป็นลอจิกที่น่าเชื่อถือพอที่จะส่งไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC) ได้จึงนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจร เปรียบเทียบแรงดันก่อน เพื่อให้ได้ลอจิก “0” และ “1” ที่น่าเชื่อถือออกมา วงจรจะทำการเปรียบเทียบแรงดันของขา + และขา - ของ ออปแอมป์

ถ้า โวลต์เตจขา + มากกว่าโวลต์เตจขา - จะให้โวลต์เตจที่เอาต์พุต เป็น 5 โวลต์ (ลอจิก 1)

ถ้า โวลต์เตจขา + น้อยกว่าโวลต์เตจขา - จะให้โวลต์เตจที่เอาต์พุต เป็น 0 โวลต์ (ลอจิก 0)



รูปที่ 2.35 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 แขนกล

ในส่วนของแขนกลนั้นได้ทำการใช้แขนกลจำลองขนาดเล็ก ประเภท Articulated robot เนื่องจากใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์มากที่สุด โดยมีการเคลื่อนที่ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล

การปรับปรุงแขนกลนั้นได้ทำการเปลี่ยนแปลงพอร์ตเชื่อมต่อที่ใช้สำหรับบังคับแขนกลจากเดิมเป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อ ก้านควบคุม(Joystick) ซึ่งมีมาพร้อมกับแขนกลไปเป็นพอร์ตสำหรับต่อ ไปที่วงจรจับมอเตอร์ ตารางที่ 3.1 แสดงถึงมุม(ขนาด)ที่เคลื่อนที่ได้ของแขนกล

ส่วนของแขนกล	มุม(ขนาด)ที่เคลื่อนที่ได้
มือจับ(Gripper)	0-50 mm
ข้อมือ(Wrist)	0-340°
ข้อศอก(Elbow)	0-135°
หัวไหล่(Shoulder)	0-120°
ฐาน(Base)	0-350°

ตารางที่ 3.1 มุม(ขนาด)ที่เคลื่อนที่ได้ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณ (Sensor)

ในโครงการนี้จะใช้วงจรตรวจจับ 2 แบบ คือ แบบใช้หลักทางกลกับแบบใช้หลักการสะท้อนแสง ส่วนที่ใช้วงจรตรวจจับแบบทางกล คือ ส่วนมือจับ โดยจะอาศัยหลักการของสวิทช์เปิดปิดไฟทั่วไปซึ่งเป็นชนิดลิมิตสวิทช์ (Limit Switch) ส่วนที่ใช้วงจรตรวจจับแบบใช้หลักการสะท้อนแสง คือ ส่วนที่เหลือทั้งหมดอาศัยหลักการที่ว่า พื้นสีดำและพื้นสีขาวนั้นมีอัตราการดูดกลืนแสงไม่เท่ากัน นั่นคือ พื้นสีดำจะมีอัตราการดูดกลืนแสงที่มากกว่า ทำให้เมื่อมีแสงมาตกกระทบจะมีแสงสะท้อนออกมาน้อยกว่าพื้นสีขาว การติดตั้งวงจรตรวจจับสัญญาณนั้นจะทำการติดตั้งไว้ครบบริเวณข้อต่อของแต่ละส่วนซึ่งมีการเตรียมการติดตั้งดังนี้

-มือจับ ทำการติดตั้งสวิทช์เข้าไปที่ส่วนปลายของมือจับ

-ข้อมือ ทำการนำพลาสติกสีดำมาทำการติดสติกเกอร์สีขาวสลับเป็นลายเพื่อให้วงจรตรวจจับสัญญาณสามารถตรวจจับได้ โดยทำการแบ่งช่องให้ได้เล็กที่สุดโดยที่ตัวตรวจจับยังสามารถตรวจสอบได้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นช่องๆ ละ 10 องศา จะได้จำนวนช่องที่อยู่ในช่วงการเคลื่อนทั้งหมดเท่ากับ 34 ช่อง

-ข้อศอก ทำการนำส่วนที่เป็นแผ่น โลหะที่เป็นประกบไว้ประกบกับตัวเฟืองมาทำการติดสติกเกอร์สีดำสลับเป็นลายเพื่อให้วงจรตรวจจับสัญญาณสามารถตรวจจับได้ โดยทำการแบ่งเป็นช่องๆ ละ 15 องศา จะได้จำนวนช่องที่อยู่ในช่วงการเคลื่อนทั้งหมดเท่ากับ 9 ช่อง

-หัวไหล่ ทำการนำส่วนที่เป็นแผ่น โลหะที่เป็นประกบไว้ประกบกับตัวเฟืองมาทำการติดสติกเกอร์สีดำสลับเป็นลายเหมือนกับส่วนของ ข้อศอก โดยทำการแบ่งเป็นช่องๆ ละ 15 องศา จะได้จำนวนช่องที่อยู่ในช่วงการเคลื่อนทั้งหมดเท่ากับ 8 ช่อง

-ฐาน ทำการนำสติกเกอร์สีดำกับสีขาวมาทำการติดสลับกันโดยทำการติดไว้รอบๆ ฐานของแขนกล โดยทำการแบ่งเป็นช่องๆ ละ 5 องศา จะได้จำนวนช่องที่อยู่ในช่วงการเคลื่อนทั้งหมดเท่ากับ 70 ช่อง

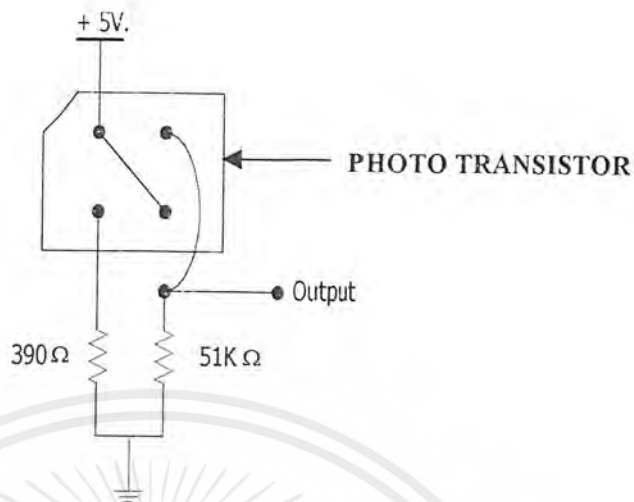
ส่วนวงจรตรวจจับสัญญาณนั้นใช้ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ แบบที่มีภาคส่งและภาครับอยู่ในตัวเดียวกัน โดยมีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.2 โดยแบ่งเป็นตัวส่งตัวรับดังนี้

-วงจรภาคส่ง มีส่วนประกอบดังนี้

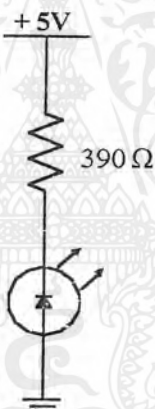
1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)
2. ตัวต้านทาน 390 โอห์ม

-วงจรภาครับ มีส่วนประกอบดังนี้

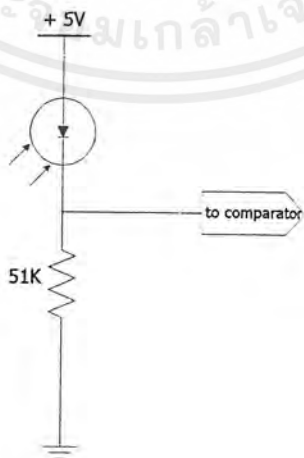
1. โฟโต้ทรานซิสเตอร์
2. ตัวต้านทาน 51 กิโลโอห์ม



รูปที่ 3.2 วงจรโฟโตทรานซิสเตอร์แบบมีภาครับ-ส่งในตัว



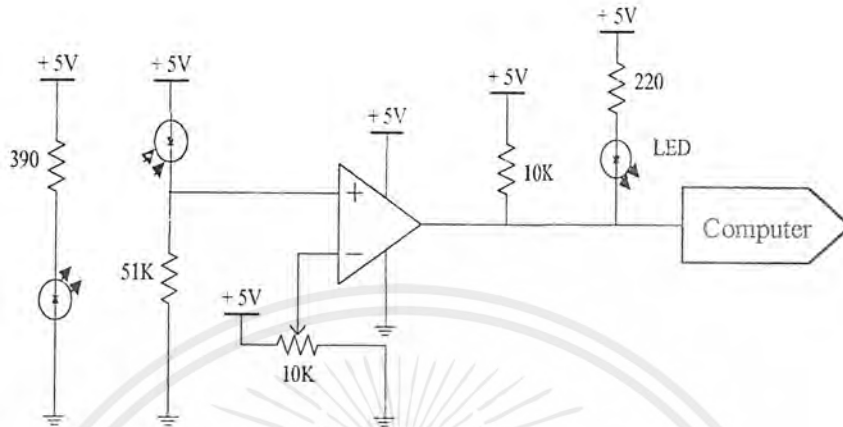
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณทางค่านภาคส่ง



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณทางค่านภาครับ

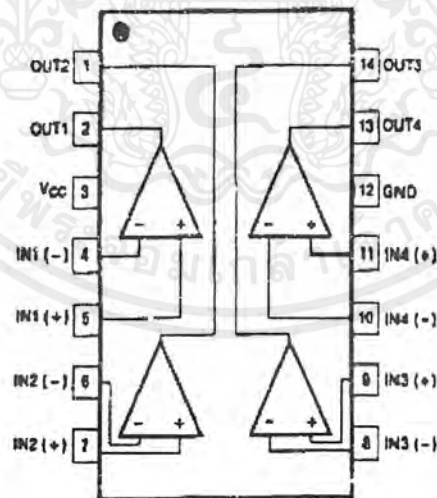
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน



รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐาน

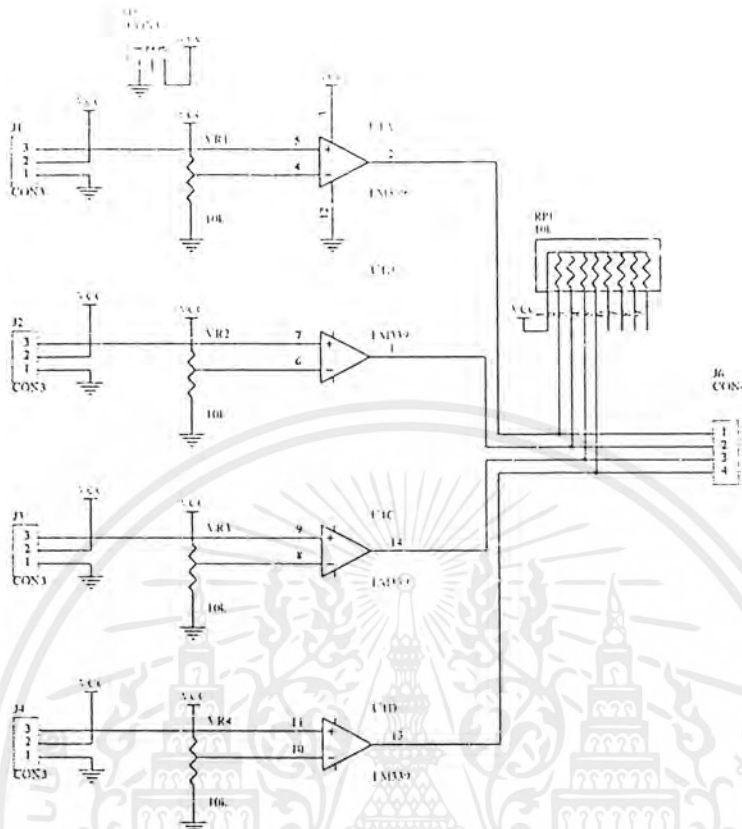
จากรูปเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐาน แต่ในการออกแบบจะใช้ไอซีเบอร์ LM339 ซึ่งภายในจะมีออปแอมป์ที่สามารถนำมาใช้งานได้อยู่ถึง 4 ตัวต่อไอซี 1 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรภายใน LM339

ซึ่ง LM339 จะมีคุณสมบัติให้เอาต์พุตเป็น ลอจิก "0" หรือ "1" จึงออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันตามรูปที่ 3.7 ข้อดีของ LM339 คือ มีความแม่นยำสูง

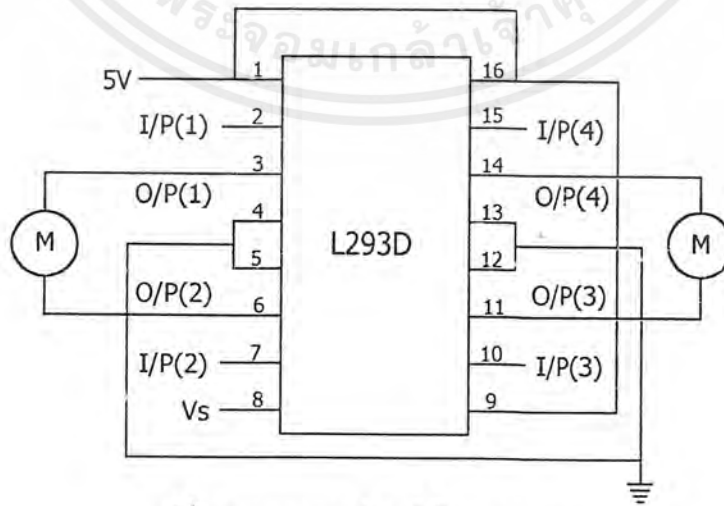
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้ LM339

3.4 วงจรขับมอเตอร์

ในส่วนของวงจรขับมอเตอร์จะใช้ไอซี L293D ในการออกแบบแทนเนื่องจากใน L293D จะมีวงจรบริดจ์อยู่ถึง 2 วงจรทำให้สามารถขับมอเตอร์ได้ถึง 2 ตัวต่อ 1 ไอซี อีกทั้งยังสะดวกต่อการออกแบบ

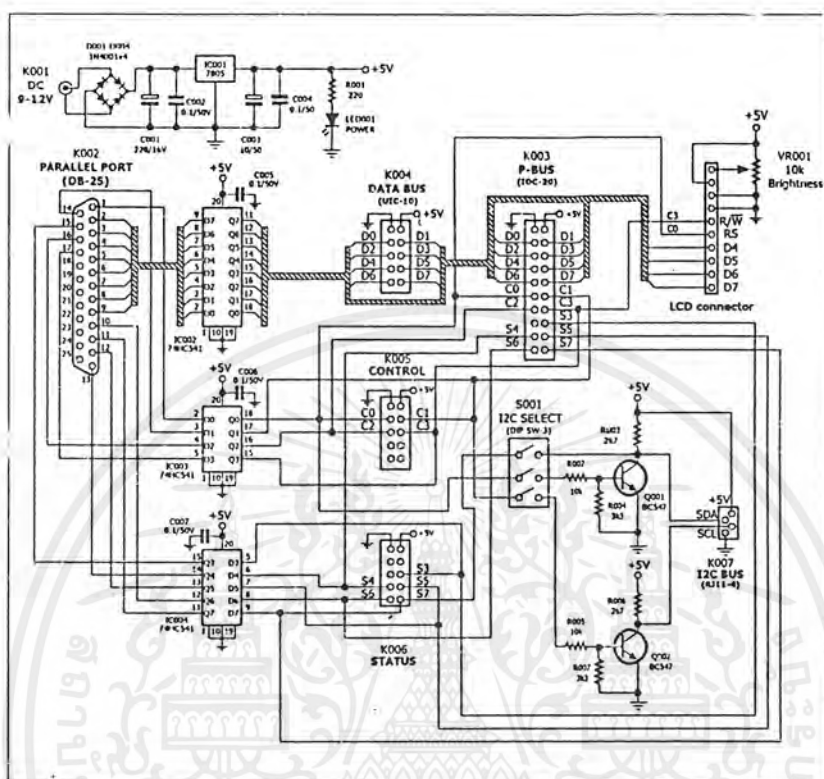


พิมพ์วงจร
Dinn สม หั.บ.ด

รูปที่ 3.8 แสดงการต่อขาใช้งาน L293D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ส่วนการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ (Interface)



รูปที่ 3.9 วงจรของบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน

การเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์นั้นจะใช้การเชื่อมต่อกับพอร์ตขนาน โดยจะใช้บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน (P-Board) ในการเชื่อมต่อซึ่งวงจรของบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนานแสดงในรูปที่ 3.9 โดยเริ่มจากคอนเน็กเตอร์ K002 แบบ DB-25 ตัวเมียอันเป็นจุดที่ใช้ต่อเชื่อมกับพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้รับการจัดสรรออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. พอร์ต ข้อมูล มีตำแหน่งอยู่ที่ขา 2 ถึงขา 9 ใช้ทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุต สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งเข้าสู่ไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 เพื่อขยายกระแสให้กับขาเอาต์พุต D0-D7 ทั้ง 8 ขา นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับพอร์ตขนานอีกด้วย เอาต์พุตจากไอซี 74HC541 จะส่งออกไปยังคอนเน็กเตอร์ DATA BUS ซึ่งมีการจัดขาคามาตรฐาน UIC-10

2. พอร์ต ควบคุม ใช้ตำแหน่งขา 1, 14, 16 และขา 17 ทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุตเช่นกัน โดยต่อเข้ากับไอซี 74HC541 เพื่อทำหน้าที่ขยายกระแสและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับพอร์ตขนานแล้วต่อสายเอาต์พุตไปเข้าคอนเน็กเตอร์ CONTROL จะเห็นได้ว่าใช้เฉพาะขา C0-C3 เท่านั้น

1. พอร์ต สถานะ ใช้ตำแหน่งขา 15, 13, 12, 10 และ 11 ของพอร์ตขนาน โดยขาเหล่านี้ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

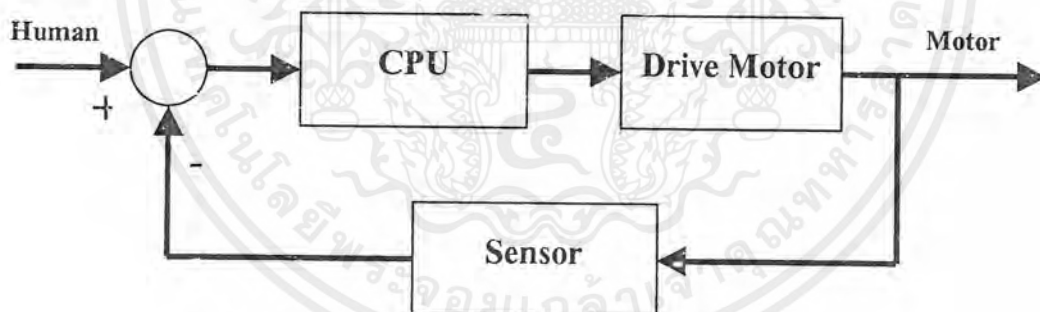
หน้าที่เป็นขาอินพุต ดังนั้น ไอซีบัฟเฟอร์ที่นำมาต่อด้วยจะเป็นการรับสัญญาณอินพุตจากภายนอก และส่งสัญญาณไปให้กับพอร์ตนาน ซึ่งตรงกันข้ามกับ 2 พอร์ตแรก โดยไอซีบัฟเฟอร์ที่ใช้ยังเป็นเบอร์ 74HC541 ส่วนอินพุตของพอร์ต สถานะ จะต่อเชื่อมกับคอนเน็กเตอร์ STATUS ที่มีการจัดขาตามมาตรฐาน UIC-10 เช่นกัน โดยใช้งานเพียง 5 ตำแหน่งเท่านั้นคือ S3, S4, S5, S6 และ S7

บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตนาน ใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกป้อนเข้ามาทางแจ๊กอะแดปเตอร์ผ่านไดโอดซึ่งต่อกันในลักษณะบริดจ์ไว้เพื่อทำการจัดขั้วของแรงดันไฟเลี้ยงใหม่บนบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตนาน จากนั้นแรงดันจะได้รับการส่งผ่านไปยังวงจรเรกูเลเตอร์เพื่อแปลงแรงดันให้เท่ากับ +5 V สำหรับเป็นไฟเลี้ยงอุปกรณ์บนบอร์ด

3.6 การเขียนโปรแกรม

3.6.1 แนวความคิดในการออกแบบโปรแกรม

โครงการนี้เป็นโครงการที่ต้องการควบคุมแขนกลให้แขนกลสามารถเคลื่อนไหวได้ตามที่ต้องการโดยนำเอาคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ามาช่วยในการควบคุมแขนกล แนวความคิดในการออกแบบโปรแกรมในการควบคุมแขนกลนั้นสามารถเขียนออกมาเป็น บล็อกไดอะแกรม ตามรูปที่ 3.10



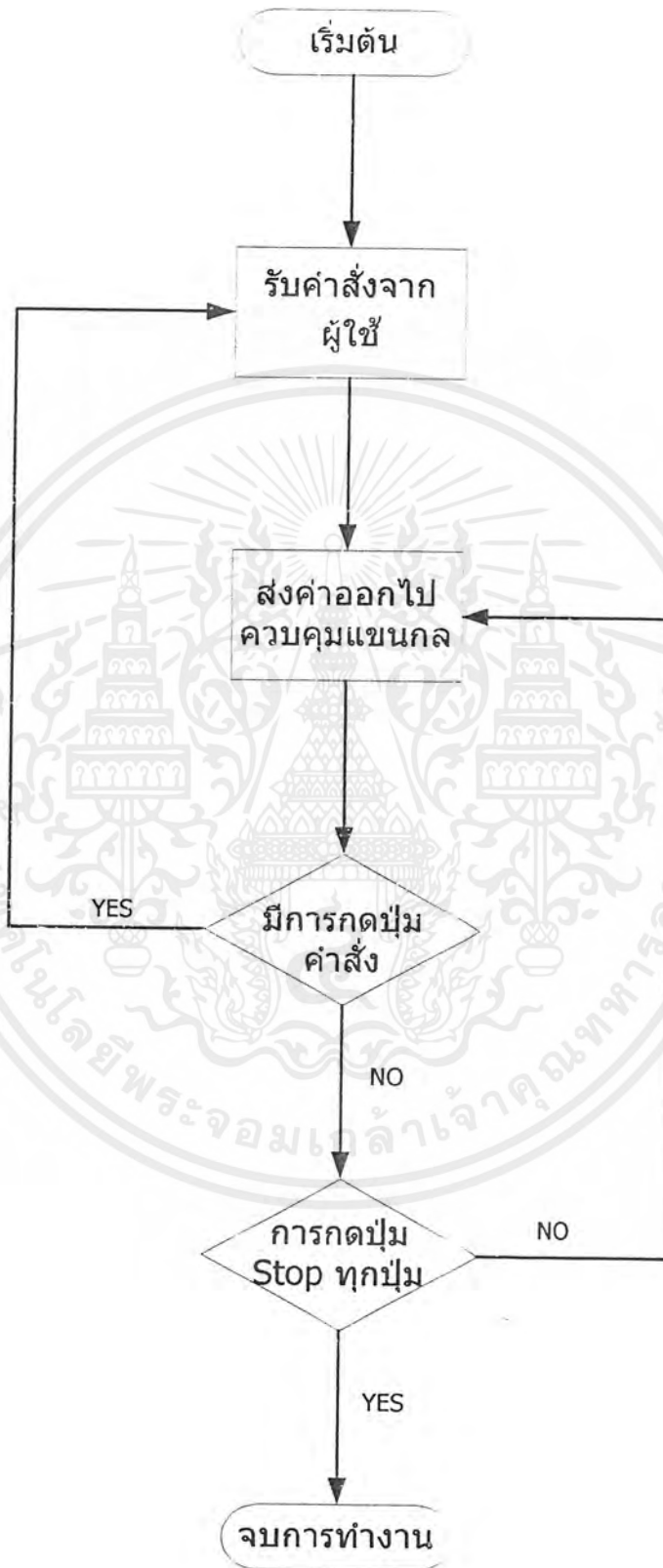
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

จากบล็อกไดอะแกรมข้างบนนำไปสู่การออกแบบโปรแกรมที่จะใช้งานในการควบคุมแขนกลให้ทำงาน โดยจะอธิบายเป็น Flowchart ของโปรแกรมดังต่อไปนี้



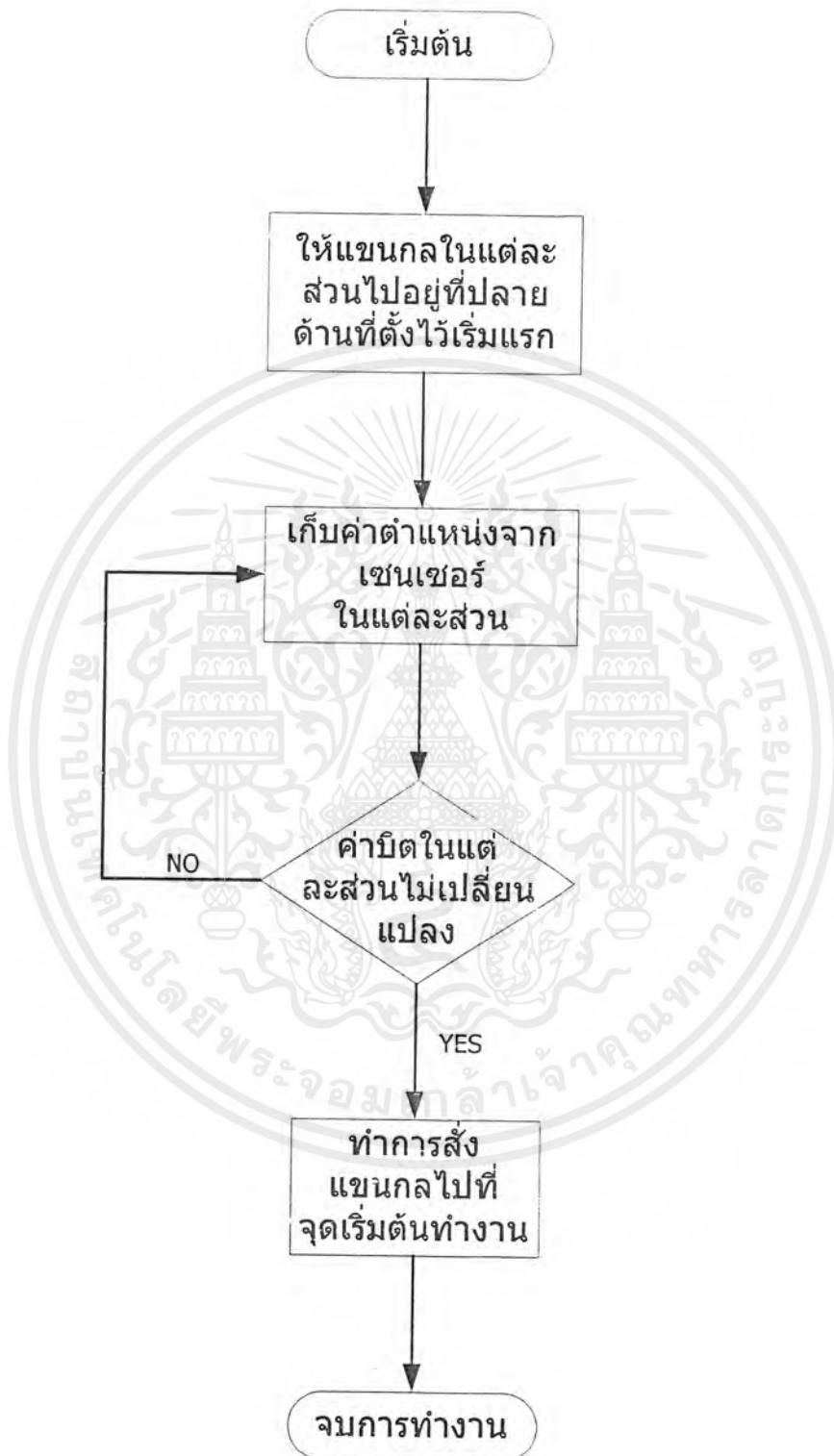
รูปที่ 3.11 รูทีน โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



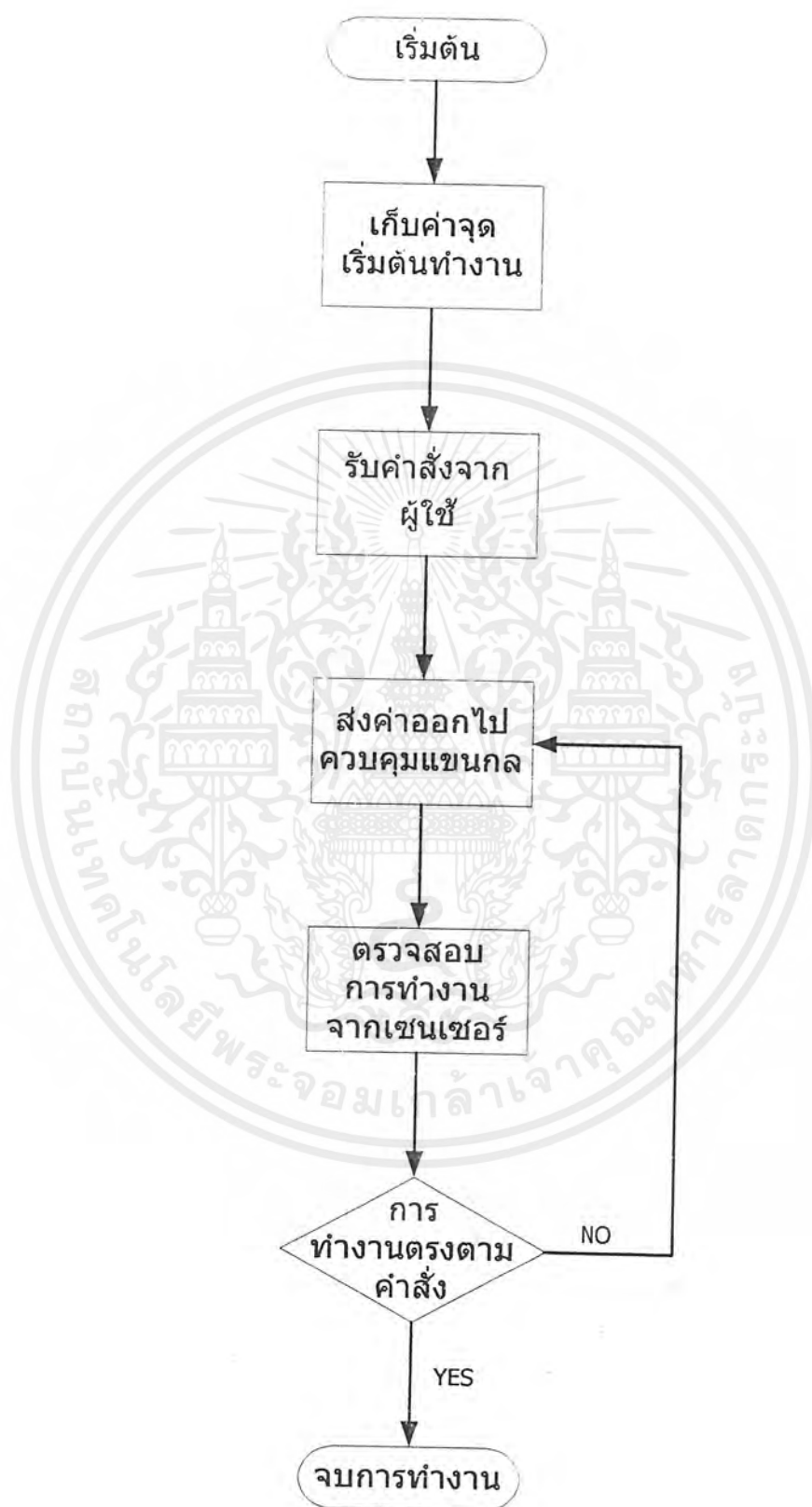
รูปที่ 3.12 รูทีน การบังคับแบบแมนนวล (Manual)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 รูปที่น การเซตจุดเริ่มต้นการบังคับแบบอินพุตดีกรี (Input Degree)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 รูปที่น การบังคับแบบอินพุตคิกรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 รูปแบบหน้าจอ โปรแกรม

ในส่วนของหน้าจอโปรแกรมจะมีอยู่ 2 หน้าจอ โดยหน้าจอแรกจะเป็นหน้าจอของการบังคับแบบแมนนวล ส่วนหน้าจอที่สองจะเป็นหน้าจอของการบังคับแบบอินพุตคีย์คอร์ดรูปร่างต่าง

	STATUS	MANUAL CONTROL		
GRIPPER	<input type="checkbox"/>	CATCH	STOP	LIBERATE
WRIST	<input type="checkbox"/>	TURN LEFT	STOP	TURN RIGHT
ELBOW	<input type="checkbox"/>	UP	STOP	DOWN
SHOULDER	<input type="checkbox"/>	UP	STOP	DOWN
BASE	<input type="checkbox"/>	TURN LEFT	STOP	TURN RIGHT
CONTROL BUTTONS				
		INPUT DEGREE	END	

รูปที่ 3.15 หน้าจอ โปรแกรมการบังคับแบบแมนนวล

	STATUS	INPUT DEGREE	CONTROL	
GRIPPER	<input type="checkbox"/>		CATCH	LIBERATE
WRIST	<input type="checkbox"/>	Comt	TURN LEFT	TURN RIGHT
ELBOW	<input type="checkbox"/>	Comt	TURN LEFT	TURN RIGHT
SHOULDER	<input type="checkbox"/>	Comt	UP	DOWN
BASE	<input type="checkbox"/>	Comt	TURN LEFT	TURN RIGHT
CONTROL BUTTONS				
		MANUAL CONTROL	END	

รูปที่ 3.16 หน้าจอ โปรแกรมการบังคับแบบอินพุตคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.15 จะเห็นว่ามีส่วนแสดงสถานะซึ่งจะคอยบอกว่าในส่วนนั้นๆ ทำงานอยู่โดยจะขึ้นข้อความว่า "ON" แต่ถ้าส่วนนั้นไม่ทำงานจะขึ้นข้อความว่า "OFF" ทางด้านขวาของหน้าจอ โปรแกรมจะเป็นการตั้งแขนกลให้ส่วนไหนทำงานและเคลื่อนที่ในลักษณะใด ทางด้านล่างของโปรแกรมจะเป็นปุ่มคำสั่งในการเปลี่ยนโหมดการทำงานไปเป็นอีกแบบ กับปุ่มคำสั่งจบการทำงาน (END) ส่วนรูปที่ 3.16 จะมีส่วนที่เหมือนกับรูปที่ 3.15 คือ ส่วนแสดงสถานะ, ปุ่มคำสั่งการเปลี่ยนโหมด และปุ่มคำสั่งจบการทำงาน แต่จะมีส่วนที่แตกต่างกับรูปที่ 3.15 คือ รูปที่ 3.16 จะมีช่องสำหรับการเลือกองศาที่ต้องการเพื่อให้แขนกลเคลื่อนที่ไปเป็นมุมเท่ากับองศาที่เลือก แต่ในส่วนของมือจับจะไม่มีช่องนี้เนื่องจากไม่ได้ระบุเป็นองศา อีกส่วนที่แตกต่างก็คือส่วนของปุ่มคำสั่งควบคุมลักษณะการเคลื่อนที่ซึ่งในรูปที่ 3.16 จะไม่มีปุ่มคำสั่งหยุดการเคลื่อนที่ เนื่องจากได้ระบุองศาที่ต้องการให้เคลื่อนที่แล้ว เมื่อแขนกลเคลื่อนที่ไปตามองศาที่เลือกไว้ก็จะหยุดการทำงานเองโดยอัตโนมัติ

สำหรับการเขียน โปรแกรมด้วย วิชาลเบสิก ชุดคำสั่งส่วนใหญ่จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับ วิชาเบสิก (QBASIC) แต่วิชาลเบสิกจะไม่มีคำสั่งสำหรับการติดต่อกับพอร์ตโดยตรงคือ คำสั่ง Inp () และคำสั่ง OUT เหมือนกับวิชาเบสิก ดังนั้นเพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมให้สามารถติดต่อกับพอร์ตขานานได้จึงจำเป็นต้องเพิ่มโปรแกรม inport32.dll โดยโปรแกรมที่เพิ่มเข้าไปนี้จะอยู่ในรูปของ DLL (Dynamic Linked Library) สำหรับตำแหน่งที่ใช้เก็บไฟล์นั้นๆ จะต้องเก็บไว้ที่ไดเรกทอรี SYSTEM ซึ่งอยู่ภายในไดเรกทอรีที่เก็บโปรแกรมวินโดวส์ โดยส่วนใหญ่จะมีชื่อเป็น Windows โดยปกติแล้ว วิชาลเบสิก สามารถใช้คำสั่งนี้ได้จำเป็นต้องเพิ่มไฟล์ INPOUT32.BAS เข้าไปในโปรเจ็คของโปรแกรมที่เราทำการเขียนอยู่เพราะไฟล์ INPOUT32.BAS นั้นจะไปกำหนดคำสั่ง INP และคำสั่งOUT ให้กับ วิชาลเบสิก

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของการทดลองของโปรแกรม จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ตขนาน ส่วนของการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การทดลองกับบอร์ด แอลอีดี (LED) และการทดลองกับโปรแกรมสำเร็จรูป

4.1 การทดลองกับบอร์ดแอลอีดี

4.1.1 ส่วนเอาต์พุต

การทดลองส่วนเอาต์พุตกับบอร์ดแอลอีดีนี้จะทำการทดลองโดยการส่งข้อมูลออกมาแล้วทำการตรวจสอบดูว่าแอลอีดีที่แสดงสถานะมีการติดดับตามคำสั่งที่ได้ส่งค่าออกมาหรือไม่ โดยจะทดลองส่งค่าออกมาทั้งทางพอร์ต ข้อมูล และพอร์ต ควบคุม ซึ่งพอร์ต ข้อมูล จะมีรูปแบบคำสั่งดังนี้

OUT &H378, &HFF

โดยที่ เครื่องหมาย &H ที่แสดงนั้นหมายถึงตัวเลขฐานสิบหก

คำสั่ง OUT เป็นการส่งค่าข้อมูลออกเอาต์พุตของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ค่า 378 เป็นแอดเดรสของรีจิสเตอร์ ข้อมูล สำหรับ LPT1 ซึ่งจะทำให้การดูแอดเดรสได้ในตารางที่ 2.2

ค่าข้อมูล FF เป็นข้อมูลเลขฐานสิบหก ซึ่งหมายถึงการให้บิตทุกบิตในรีจิสเตอร์ ข้อมูล มีลอจิกเป็น "1" จะทำให้ แอลอีดีทั้ง 8 ดวงจะติดสว่างทั้งหมด

หลังจากนั้นลองทำการทดลองส่งค่าอื่นๆ ออกไปเช่น

OUT &H378, &H55 >>> จะเห็น แอลอีดีติดและดับสลับกัน

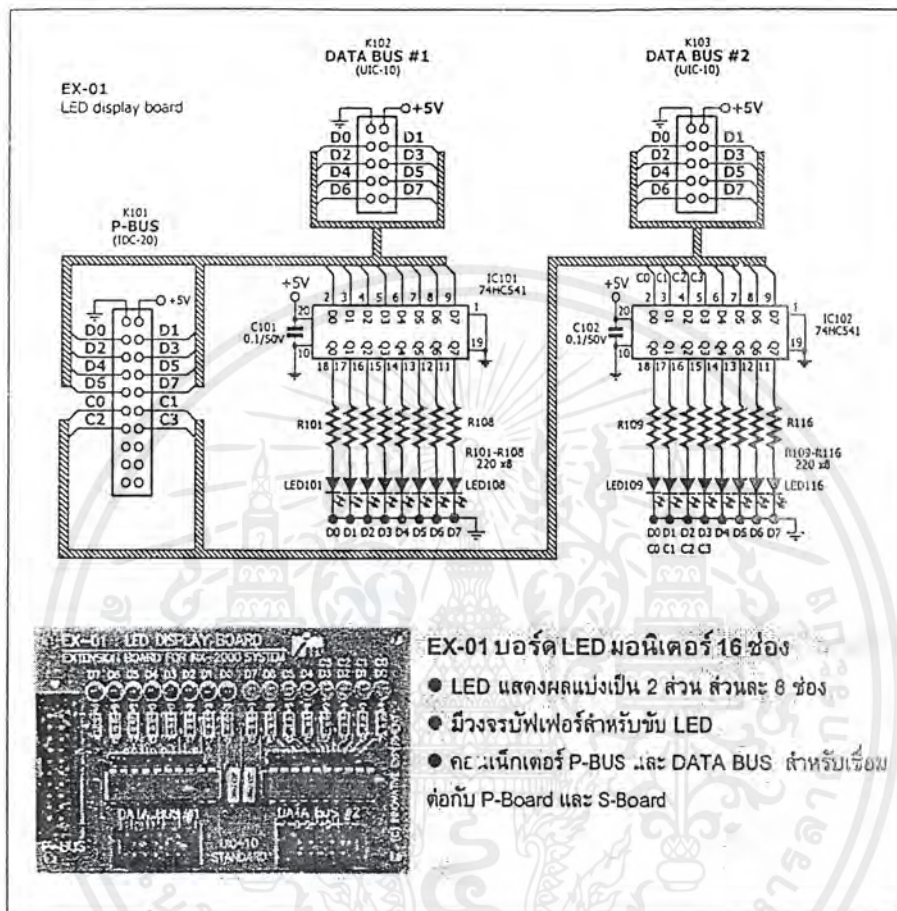
OUT &H378, &H0 >>> จะเห็น แอลอีดีดับทั้งหมด

ในส่วนของพอร์ต ควบคุม นั้น จะมีลักษณะคล้ายกับการส่งค่าออกที่พอร์ต ข้อมูล แต่จะแตกต่างกันที่พอร์ต ควบคุม มีแอดเดรสอยู่ห่างจากแอดเดรสของพอร์ต ข้อมูล 2 ตำแหน่ง ดังนั้นจึงมีแอดเดรสอยู่ที่ 37A ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งคือ พอร์ต ควบคุม มีขาสำหรับติดต่อเพียง 4 ขา โดยขาพอร์ต ควบคุมจะอยู่ที่ 4 บิตล่าง เรียกบิตเหล่านี้ว่า บิต C0, C1, C2, C3 นอกจากนี้บิต C0, C1 และ C3 ยังมีการกลับสถานะด้วย ทำให้เมื่อมีการป้อน "1" ออกไปที่บิตเหล่านี้ค่าที่แสดงจะเป็นค่าตรงกันข้าม คือ "0" แทน

OUT &H37A, &H4 >>> จาก "0100" กลับสถานะเป็น "1111" จะทำให้ แอลอีดีติดทั้ง 4 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUT & H37A, & HB >>> จาก "I011" กลับสถานะเป็น "0000" จะทำให้ แอลอีดีดับทั้ง 4 ดวง



รูปที่ 4.1 วงจรสมบูรณของบอร์ดแอลอีดี

4.1.2 ส่วนอินพุต

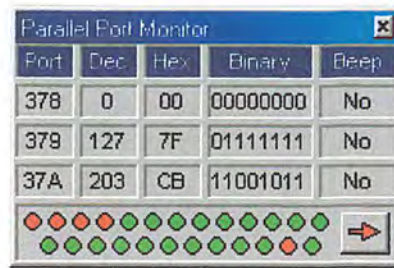
ในส่วนของอินพุตเราจะทำการตรวจสอบค่าที่รับเข้ามาได้จากบอร์ดวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันซึ่งจะมีแอลอีดีอยู่บนบอร์ดด้วยซึ่งจะมีแอลอีดีแสดงสถานะอยู่ 5 ดวง แต่การแสดงผลสถานะจะตรงข้ามกับบอร์ดแอลอีดีที่ใช้ในส่วนเอาต์พุต คือ

- บิตสถานะเป็น "1" แอลอีดีจะไม่สว่าง
- บิตสถานะเป็น "0" แอลอีดีจะสว่าง

4.2 การทดลองกับโปรแกรมสำเร็จรูป

ในส่วน โปรแกรมสำเร็จรูปนี้เราจะใช้โปรแกรมที่มีชื่อเรียกว่า "Parallel Port Monitor" ซึ่งจะเป็นโปรแกรมที่จะแสดงผลสถานะของแต่ละบิตของพอร์ตขนานดังแสดงในรูปที่ 4.2

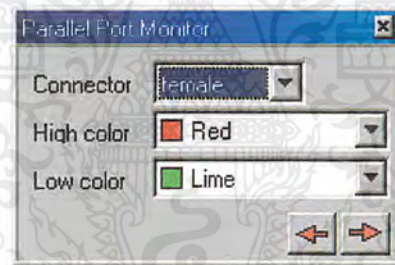
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



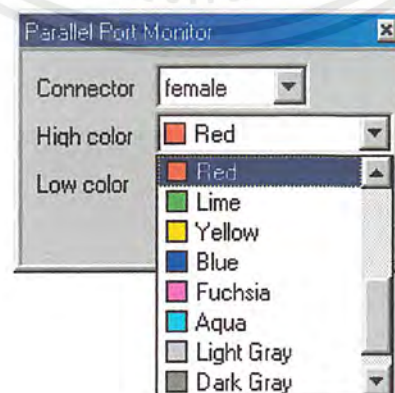
Port	Dec	Hex	Binary	BEEP
378	0	00	00000000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

รูปที่ 4.2 หน้าจอ โปรแกรม Parallel Port Monitor

จากรูปจะมีการบอกรายละเอียดในแต่ละพอร์ตซึ่งจะมีการแสดงเป็นทั้งเลขฐานสิบ เลขฐานสิบหก และรูปภาพด้านล่าง โดยในหน้าจอนี้แสดงสถานะตอนเริ่มต้น โปรแกรมควบคุมแขนกล โดยเราสามารถกำหนดสีที่ใช้แสดงสถานะได้ดังในรูปที่ 4.3 จะเป็นหน้าจอในการกำหนดสีที่ใช้แสดงสถานะ โดยสามารถมาที่หน้าจอนี้ได้โดยกดที่ปุ่มลูกศรในหน้าจอแรก ส่วนในรูปที่ 4.4 จะเป็นรูปแสดงการเลือกสีที่ใช้ในการแสดงสถานะ



รูปที่ 4.3 หน้าจอการกำหนดสีที่ใช้แสดงสถานะ



รูปที่ 4.4 แสดงการเลือกสีที่ใช้แสดงสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มต้นเปิดโปรแกรมควบคุมแขนกลหน้าจอของโปรแกรมแสดงสถานะจะแสดงดังรูปที่ 4.2 เมื่อทำการตั้งงานให้ให้แต่ละส่วนทำงานจะเป็นดังรูปข้างล่าง

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	2	02	00000010	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ก) มือจับทำการหนีบจับวัตถุ

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	1	01	00000001	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ข) มือจับทำการปล่อยวัตถุ

รูปที่ 4.5 ภาพแสดงสถานะเมื่อมือจับทำงาน

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	8	08	00001000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ก) ข้อมือหมุนไปทางซ้าย

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	4	04	00000100	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ข) ข้อมือหมุนไปทางขวา

รูปที่ 4.6 ภาพแสดงสถานะเมื่อข้อมือทำงาน

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	32	20	00100000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ก) ข้อศอกเคลื่อนที่ขึ้น

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	16	10	00010000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ข) ข้อศอกเคลื่อนที่ลง

รูปที่ 4.7 ภาพแสดงสถานะเมื่อข้อศอกทำงาน

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	128	80	10000000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ก) หัวไหล่เคลื่อนที่ขึ้น


Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	64	40	01000000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	203	CB	11001011	No

ข) หัวไหล่เคลื่อนที่ลง

รูปที่ 4.8 ภาพแสดงสถานะเมื่อหัวไหล่ทำงาน


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	0	00	00000000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	201	C9	11001001	No



ก) สถานการณ์ที่ไปทางซ้าย

Port	Dec	Hex	Binary	Beep
378	0	00	00000000	No
379	127	7F	01111111	No
37A	202	CA	11001010	No



ข) สถานการณ์ที่ไปทางขวา

รูปที่ 4.9 ภาพแสดงสถานะเมื่อฐานทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ เกี่ยวกับการควบคุมแขนกลแบบ 5 แกน โดยเน้นทางด้าน โปรแกรม ซึ่งการประยุกต์ใช้งานจริงในปัจจุบัน สามารถทำการพัฒนาได้ในหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะกับระบบนั้นๆ มากที่สุด ดังนั้นในปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะขอกกล่าวถึง ปัญหาและแนวทางแก้ไข และแนวทางการพัฒนา เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาในอนาคต

5.1 ปัญหาที่พบ

-ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของแขนกลจากการทดลองพบว่า ยังไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลได้ละเอียดพอ อีกทั้งในแต่ละแกนของแขนกลยังต้องกำหนดค่าองศาเป็นเลขจำนวนเต็ม ที่ 5,10 และ 15 ฮาเร่ ได้ลงตัวแล้วแต่ว่าแกนที่เราจะควบคุมนั้น ใช้ความละเอียดเท่าใด

-ในการเขียน โปรแกรมวิซวลเบสิกนั้น มีอุปสรรคที่ใช้ช่วยในการเขียน โปรแกรมเกี่ยวกับพอร์ตขนานน้อย

-ในการเคลื่อนที่หลายแกนในเวลาเดียวกันจะทำให้การเคลื่อนที่ของแขนกลช้ากว่าการเคลื่อนที่แบบแกนเดียว

-ในส่วนของมือจับ ไม่สามารถกำหนดให้หนีบจับวัตถุด้วยแรงบีบแบบต่าง ๆ กันไปได้

-เมื่อแขนกลเคลื่อนที่ไปสุดที่ด้านใดด้านหนึ่งจะยังไม่สามารถหยุดได้ทันทีเนื่องจากต้องรอให้โปรแกรมทำการวนลูบเพื่อเช็คค่าสถานะเสียก่อนจึงทำการหยุดการเคลื่อนที่ได้

5.2 การนำโครงการไปพัฒนา

-พัฒนาให้สามารถควบคุมการหมุนในแต่ละแกนให้มีความละเอียดมากขึ้น

-ปรับเปลี่ยน โครงสร้างของแขนกลให้สามารถมีแรงจับเคลื่อนมากขึ้น ในขณะที่มีการเคลื่อนที่หลายแกนในเวลาเดียวกัน

-ปรับปรุง โปรแกรมให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ง่ายขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นการใช้พอร์ตอนุกรมแทนพอร์ตขนาน

-ในส่วนของมือจับอาจนำอุปกรณ์วัดแรงกดมาช่วยในการหนีบจับวัตถุให้มีแรงบีบที่เหมาะสม

-มีการสั่งงานให้หยุดทันทีเมื่อไปสุดที่ด้านใดด้านหนึ่งของแต่ละแกน โดยอาจใช้ลิมิตสวิตช์มาทำการติดตั้งไว้ที่ปลายของแต่ละแกน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากอาจารย์และบุคคลหลายท่าน ขอขอบคุณ อาจารย์สว่าง เติศดิรสุนทร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาชี้แจงแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างทันท่วงที ตลอดจนสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการและปริญญาบัตร และความเอาใจใส่อย่างดีเสมอมา

ขอขอบคุณภาควิชาระบบควบคุม อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกเอื้อเพื่ออุปกรณ์และให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาระบบควบคุม ที่ช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการทำงาน

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสำหรับประสบการณ์ชีวิต ความรู้ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดระยะเวลา 4 ปี

ขอขอบพระคุณสำหรับบุญคุณอันยิ่งใหญ่ที่สุดคือ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวของพวกเราทั้งสอง ที่คอยห่วงใยและให้กำลังใจ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆเรื่องแก่พวกเราเสมอมาไม่เคยเปลี่ยนแปลง

นายบรรคัชชัย อาราม

นายประสพโชค นิ่มเจริญ

หนังสืออ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ ถิมพรวิตรวิไล, “คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์”, บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, หน้า128, 2559
2. ค.ร. พีรศักดิ์ วรสุนทร โรตง, “เครื่องจักรไฟฟ้า1 วงจรแม่เหล็กและเครื่องจักรไฟฟ้า กระแสตรง”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ, หน้า 121-157, 2519
3. บ.อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, “คู่มือการใช้งานบอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนาน”, บ.อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
4. ฉัททวุฒิ พิษผล, “คู่มือเรียน Visual Basic 6”, บ. โปรวิชั่น จำกัด, 438 หน้า, 2542

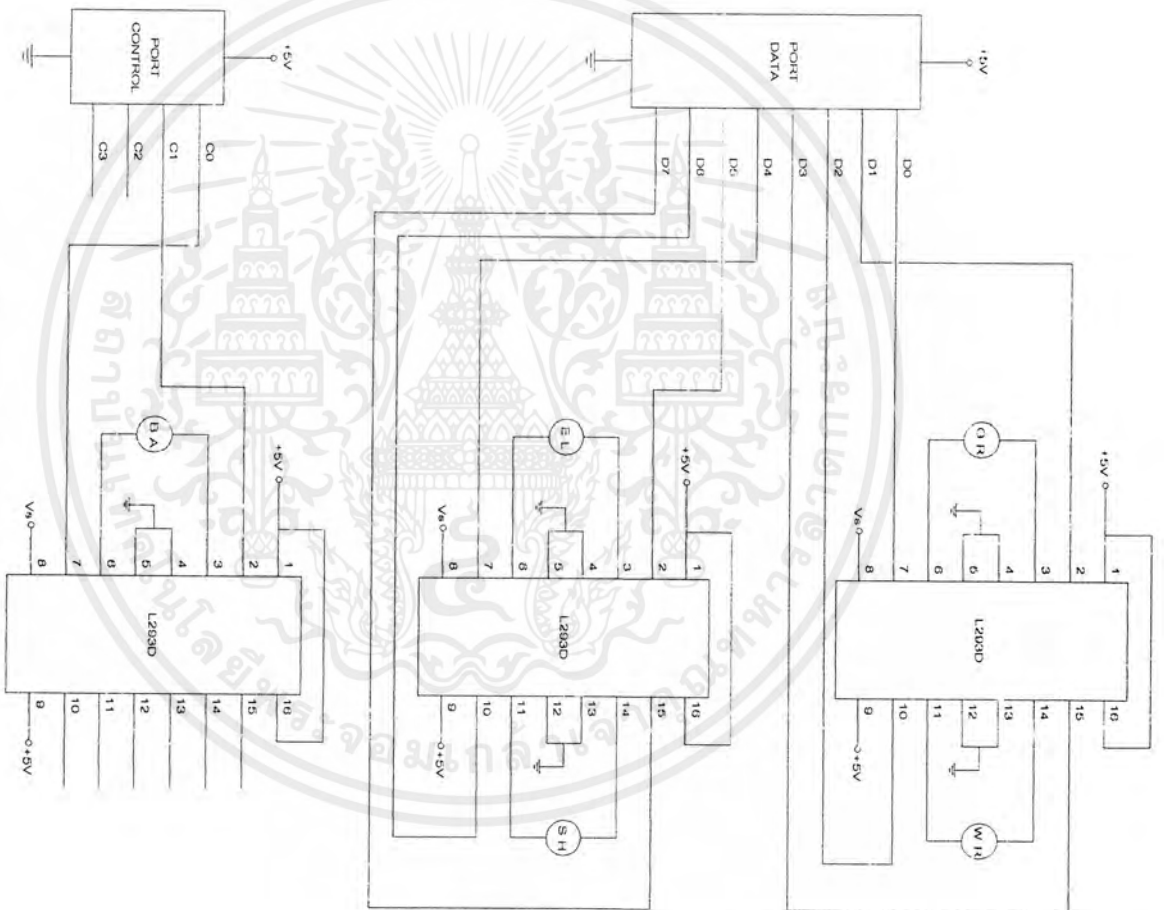
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

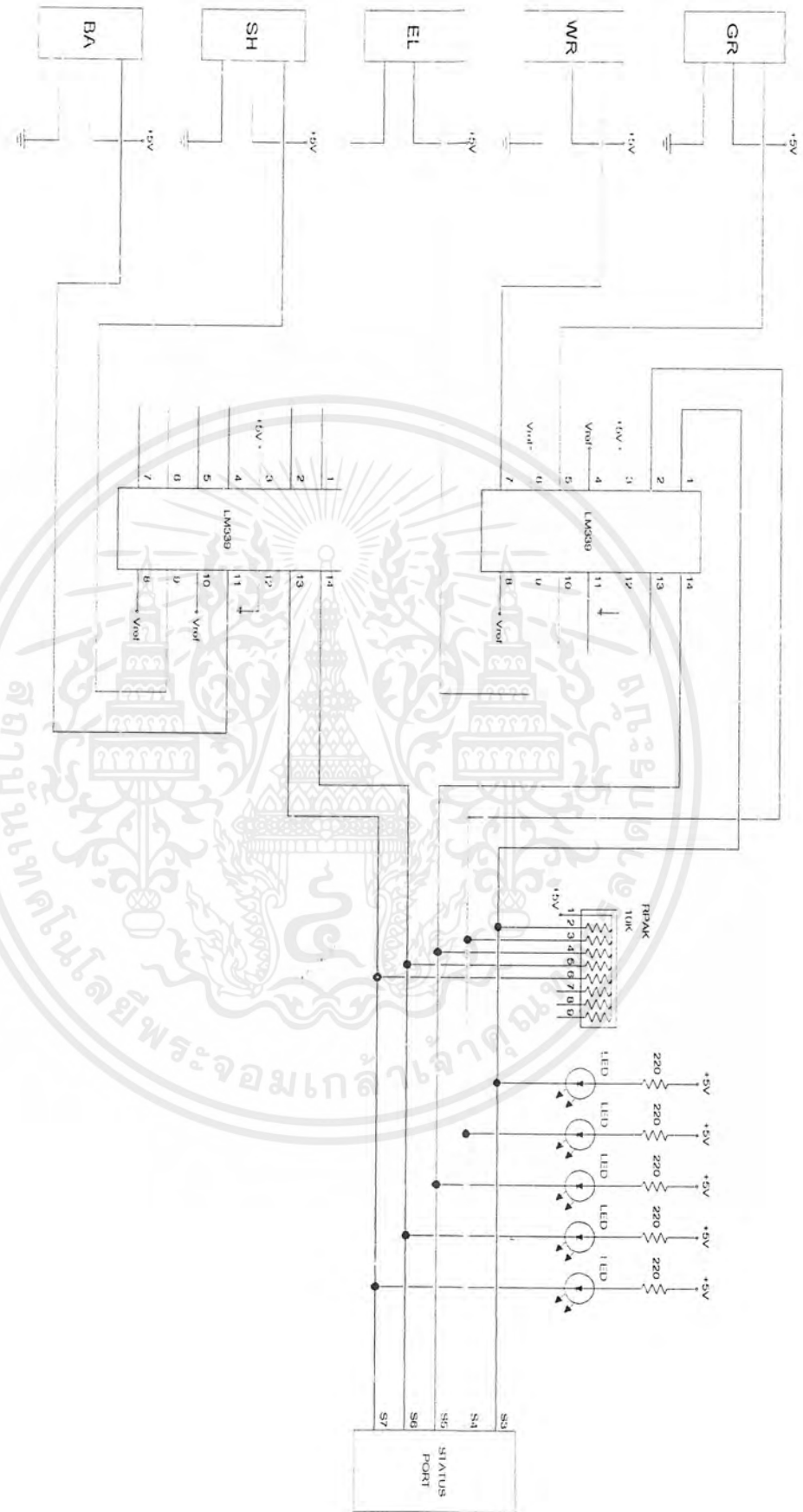
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างทางตำแหน่งขาต่อ

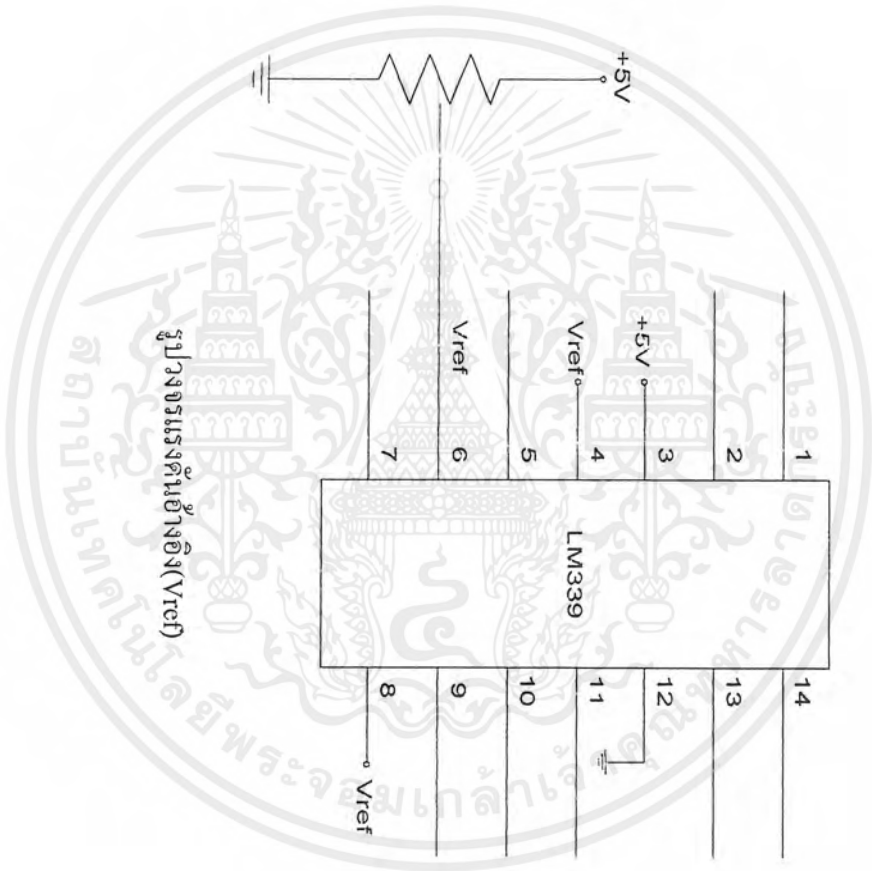


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปวงจรรวมทางสถานีไฟฟ้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS

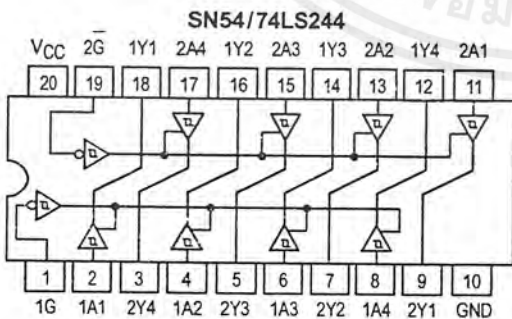
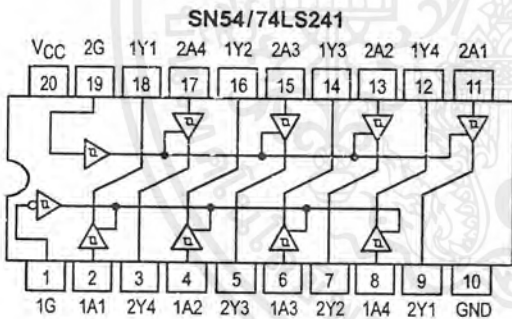
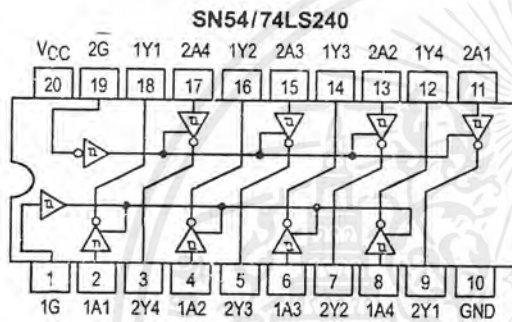
The SN54/74LS240, 241 and 244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

- Hysteresis at Inputs to Improve Noise Margins
- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

**SN54/74LS240
SN54/74LS241
SN54/74LS244**

OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS
LOW POWER SCHOTTKY

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 732-03**

**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 738-03**

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

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXDW	SOIC

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

TRUTH TABLES

SN54/74LS240

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	H
L	H	L
H	X	(Z)

SN54/74LS244

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	(Z)

SN54/74LS241

INPUTS		OUTPUT	INPUTS		OUTPUT
1G	D		2G	D	
L	L	L	H	L	L
L	H	H	H	H	H
H	X	(Z)	L	X	(Z)

H = HIGH Voltage Level
 L = LOW Voltage Level
 X = Immaterial
 Z = HIGH Impedance

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-3.0	mA
		54 74			-12 -15	
I _{OL}	Output Current — Low	54			12	mA
		74			24	

FAST AND LS TTL DATA

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions	
		Min	Typ	Max			
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74		0.8			
V _{T+} -V _{T-}	Hysteresis	0.2	0.4		V	V _{CC} = Min	
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA	
V _{OH}	Output HIGH Voltage	54, 74	2.4	3.4	V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = -3.0 mA	
		54, 74	2.0		V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX	
V _{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I _{OL} = 12 mA
		74		0.35	0.5	V	I _{OL} = 24 mA
I _{OZH}	Output Off Current HIGH			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{OUT} = 2.7 V	
I _{OZL}	Output Off Current LOW			-20	μA	V _{CC} = MAX, V _{OUT} = 0.4 V	
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V	
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V	
I _{IL}	Input LOW Current			-0.2	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V	
I _{OS}	Output Short Circuit Current (Note 1)	-40		-225	mA	V _{CC} = MAX	
I _{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH			27	mA	V _{CC} = MAX	
	Total, Output LOW	LS240		44			
		LS241/244		46			
	Total at HIGH Z	LS240		50			
LS241/244			54				

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

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH} t _{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS240		9.0 12	14 18	ns	C _L = 45 pF, R _L = 667 Ω
t _{PLH} t _{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS241/244		12 12	18 18	ns	
t _{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level		15	23	ns	
t _{PZL}	Output Enable Time to LOW Level		20	30	ns	
t _{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level		15	25	ns	C _L = 5.0 pF, R _L = 667 Ω
t _{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level		10	18	ns	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

AC WAVEFORMS

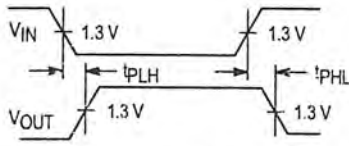


Figure 1

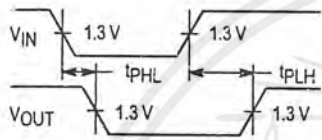


Figure 2

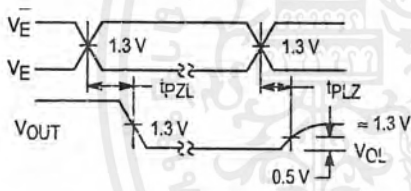


Figure 3

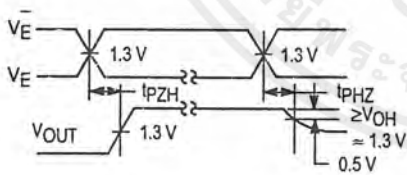
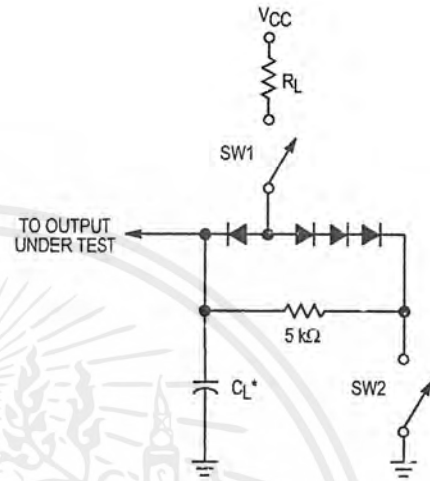


Figure 4



SWITCH POSITIONS

SYMBOL	SW1	SW2
t _{PZH}	Open	Closed
t _{PZL}	Closed	Open
t _{PLZ}	Closed	Closed
t _{PHZ}	Closed	Closed

Figure 5

Octal 3-State Non-Inverting Buffer/Line Driver/Line Receiver

High-Performance Silicon-Gate CMOS

The MC54/74HC541A is identical in pinout to the LS541. The device inputs are compatible with Standard CMOS outputs. External pullup resistors make them compatible with LSTTL outputs.

The HC541A is an octal non-inverting buffer/line driver/line receiver designed to be used with 3-state memory address drivers, clock drivers, and other bus-oriented systems. This device features inputs and outputs on opposite sides of the package and two ANDed active-low output enables.

The HC541A is similar in function to the HC540A, which has inverting outputs.

- Output Drive Capability: 15 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS and TTL
- Operating Voltage Range: 2 to 6V
- Low Input Current: 1µA
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance With the JEDEC Standard No. 7A Requirements
- Chip Complexity: 134 FETs or 33.5 Equivalent Gates

MC54/74HC541A



J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 732-03



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 738-03

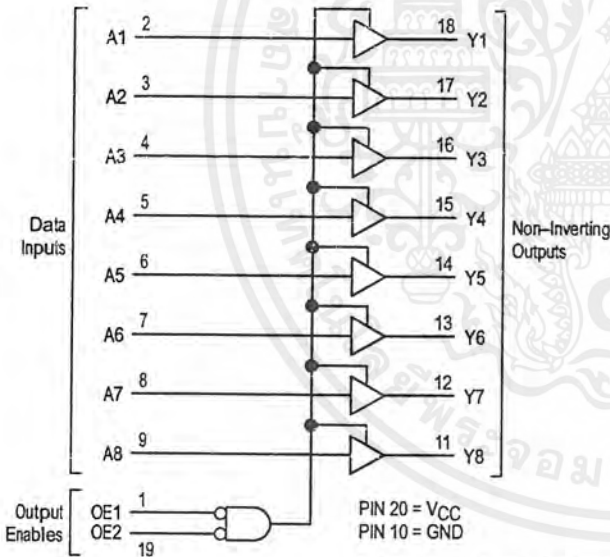


DW SUFFIX
SOIC PACKAGE
CASE 751D-04

ORDERING INFORMATION

MC54HCXXXAJ	Ceramic
MC74HCXXXAN	Plastic
MC74HCXXXADW	SOIC

LOGIC DIAGRAM

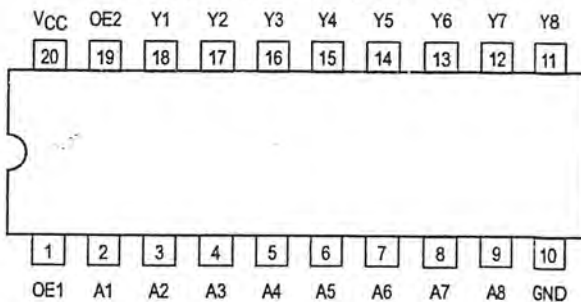


FUNCTION TABLE

Inputs			Output Y
OE1	OE2	A	
L	L	L	L
L	L	H	H
H	X	X	Z
X	H	X	Z

Z = High Impedance
X = Don't Care

Pinout: 20-Lead Packages (Top View)



MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to + 7.0	V
V _{in}	DC Input Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
V _{out}	DC Output Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
I _{in}	DC Input Current, per Pin	± 20	mA
I _{out}	DC Output Current, per Pin	± 35	mA
I _{CC}	DC Supply Current, V _{CC} and GND Pins	± 75	mA
P _D	Power Dissipation in Still Air, Plastic or Ceramic DIP† SOIC Package†	750 500	mW
T _{stg}	Storage Temperature Range	- 65 to + 150	°C
T _L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds Plastic DIP or SOIC Package Ceramic DIP)	260 300	°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range GND ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{CC}. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or V_{CC}). Unused outputs must be left open.

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.

† Derating — Plastic DIP: - 10 mW/°C from 65° to 125°C
Ceramic DIP: - 10 mW/°C from 100° to 125°C
SOIC Package: - 7 mW/°C from 65° to 125°C

For high frequency or heavy load considerations, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	2.0	6.0	V
V _{in} , V _{out}	DC Input Voltage, Output Voltage (Referenced to GND)	0	V _{CC}	V
T _A	Operating Temperature Range, All Package Types	- 55	+ 125	°C
t _r , t _f	Input Rise/Fall Time (Figure 1)	V _{CC} = 2.0 V V _{CC} = 4.5 V V _{CC} = 6.0 V	0 1000 500 400	ns

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.50	1.50	1.50	V
			3.0	2.10	2.10	2.10	
			4.5	3.15	3.15	3.15	
			6.0	4.20	4.20	4.20	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.50	0.50	0.50	V
			3.0	0.90	0.90	0.90	
			4.5	1.35	1.35	1.35	
			6.0	1.80	1.80	1.80	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5	4.4	4.4	4.4	
			6.0	5.9	5.9	5.9	
		V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 3.6mA I _{out} ≤ 6.0mA I _{out} ≤ 7.8mA	3.0	2.48	2.34	2.20	
			4.5	3.98	3.84	3.70	
			6.0	5.48	5.34	5.20	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5	0.1	0.1	0.1	
			6.0	0.1	0.1	0.1	
		V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 3.6mA I _{out} ≤ 6.0mA I _{out} ≤ 7.8mA	3.0	0.26	0.33	0.40	
			4.5	0.26	0.33	0.40	
			6.0	0.26	0.33	0.40	

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{CC} or GND	6.0	±0.1	±1.0	±1.0	μA
I _{OZ}	Maximum Three-State Leakage Current	Output in High Impedance State V _{in} = V _{IL} or V _{IH} V _{out} = V _{CC} or GND	6.0	±0.5	±5.0	±10.0	μA
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} = 0 μA	6.0	4	40	160	μA

NOTE: Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

AC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, Input t_r = t_f = 6 ns)

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Input A to Output Y (Figures 1 and 3)	2.0	80	100	120	ns
		3.0	30	40	55	
		4.5	18	23	28	
		6.0	15	20	25	
t _{PLZ} , t _{PHZ}	Maximum Propagation Delay, Output Enable to Output Y (Figures 2 and 4)	2.0	110	140	165	ns
		3.0	45	60	75	
		4.5	25	31	38	
		6.0	21	26	31	
t _{pZL} , t _{pZH}	Maximum Propagation Delay, Output Enable to Output Y (Figures 2 and 4)	2.0	110	140	165	ns
		3.0	45	60	75	
		4.5	25	31	38	
		6.0	21	26	31	
t _{TLH} , t _{THL}	Maximum Output Transition Time, Any Output (Figures 1 and 3)	2.0	60	75	90	ns
		3.0	22	28	34	
		4.5	12	15	18	
		6.0	10	13	15	
C _{in}	Maximum Input Capacitance		10	10	10	pF
C _{out}	Maximum Three-State Output Capacitance (Output in High Impedance State)		15	15	15	pF

NOTE: For propagation delays with loads other than 50 pF, and information on typical parametric values, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

C _{pD}	Power Dissipation Capacitance (Per Buffer)*	Typical @ 25°C, V _{CC} = 5.0 V, V _{EE} = 0 V	
			35

* Used to determine the no-load dynamic power consumption: P_D = C_{pD} V_{CC}²f + I_{CC} V_{CC}. For load considerations, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

SWITCHING WAVEFORMS

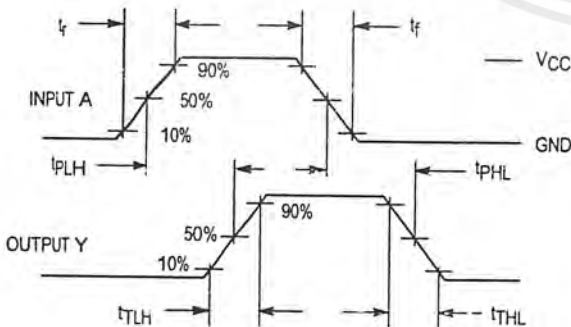


Figure 1.

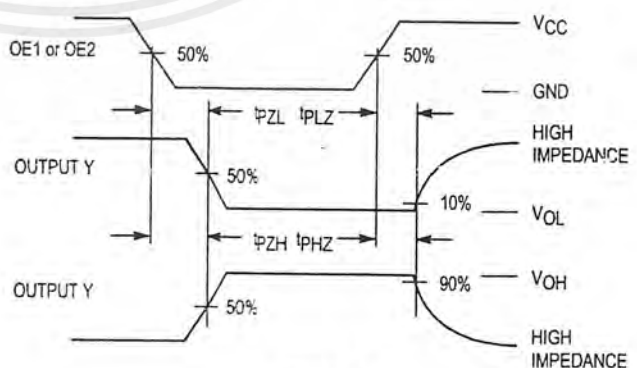
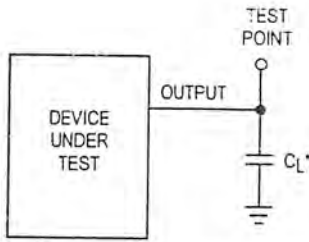


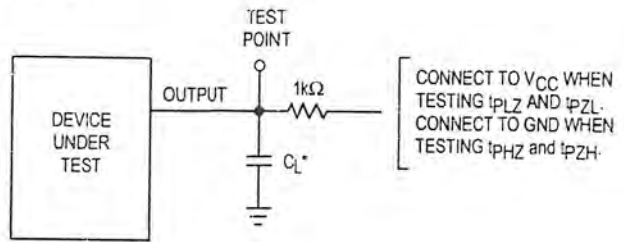
Figure 2.

TEST CIRCUITS



*Includes all probe and jig capacitance

Figure 3.



*Includes all probe and jig capacitance

Figure 4.

PIN DESCRIPTIONS

INPUTS

A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 (PINS 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) — Data input pins. Data on these pins appear in non-inverted form on the corresponding Y outputs, when the outputs are enabled.

puts are enabled and the device functions as a non-inverting buffer. When a high voltage is applied to either input, the outputs assume the high impedance state.

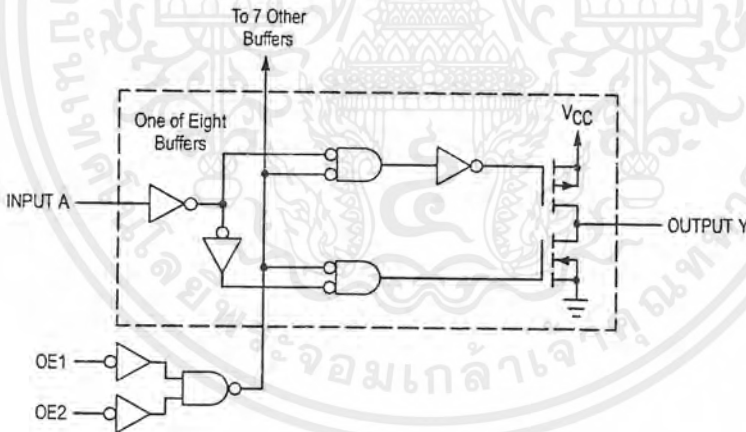
CONTROLS

OE1, OE2 (PINS 1, 19) — Output enables (active-low). When a low voltage is applied to both of these pins, the out-

OUTPUTS

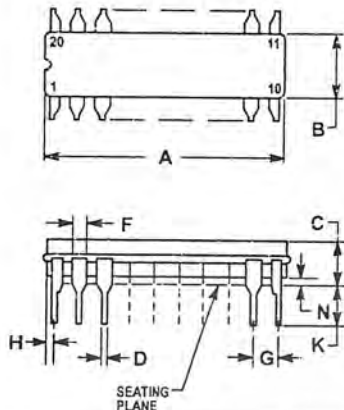
Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8 (PINS 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11) — Device outputs. Depending upon the state of the output enable pins, these outputs are either non-inverting outputs or high-impedance outputs.

LOGIC DETAIL



OUTLINE DIMENSIONS

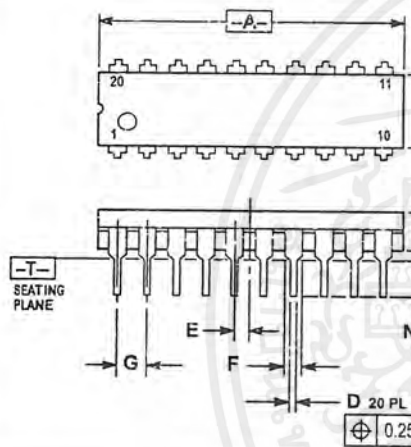
J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 732-03
ISSUE E



- NOTES:
- LEADS WITHIN 0.25 (0.010) DIAMETER, TRUE POSITION AT SEATING PLANE, AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 - DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 - DIMENSIONS A AND B INCLUDE MENISCUS.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	23.88	25.15	0.940	0.990
B	6.60	7.49	0.260	0.295
C	3.81	5.08	0.150	0.200
D	0.38	0.56	0.015	0.022
F	1.40	1.65	0.055	0.065
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.51	1.27	0.020	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	3.18	4.06	0.125	0.160
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.25	1.02	0.010	0.040

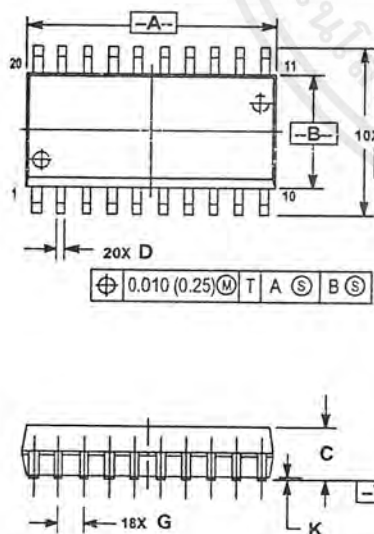
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 738-03
ISSUE E



- NOTES:
- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 - CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 - DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
 - DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.010	1.070	25.66	27.17
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.150	0.180	3.81	4.57
D	0.015	0.022	0.39	0.55
E	0.050 BSC		1.27 BSC	
F	0.050	0.070	1.27	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.140	2.80	3.56
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.020	0.040	0.51	1.01

DW SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751D-04
ISSUE E



- NOTES:
- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 - CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 - DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 - MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.150 (0.006) PER SIDE.
 - DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

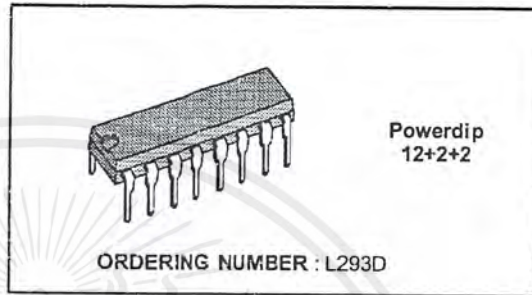
DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	12.65	12.95	0.499	0.510
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.50	0.90	0.020	0.035
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.25	0.32	0.010	0.012
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	10.05	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

PRELIMINARY DATA

- 600mA. OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (NON REPETITIVE) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES



DESCRIPTION

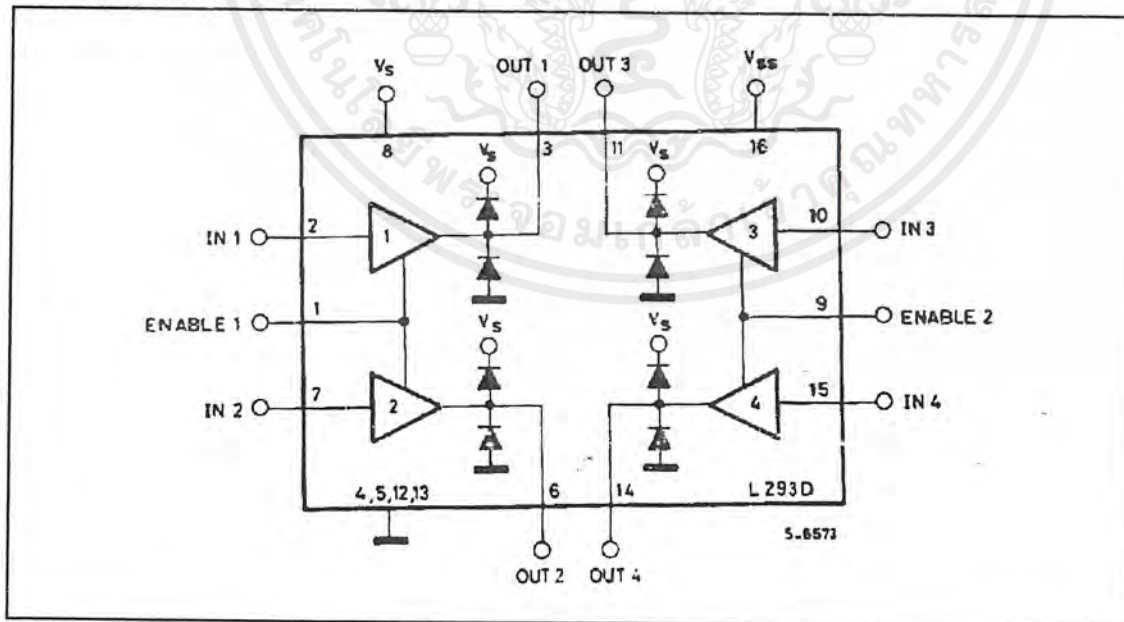
The L293D is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoids, DC and stepping motors) and switching power transistors.

To simplify use as two bridges is pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a low voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 KHz.

The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking.

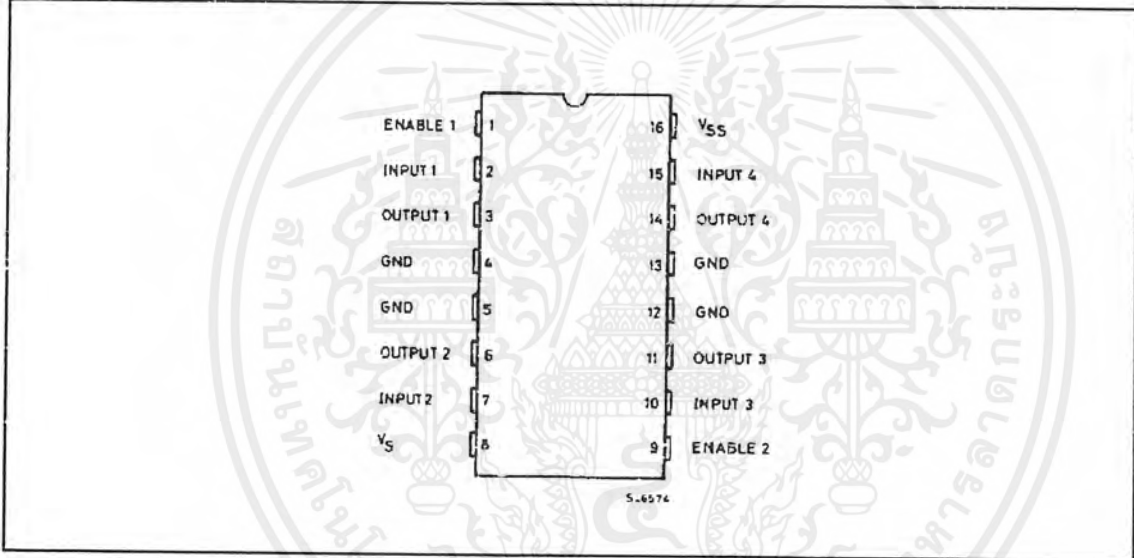
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _S	Supply Voltage	36	V
V _{SS}	Logic Supply voltage	36	V
V _i	Input voltage	7	V
V _{en}	Enable voltage	7	V
I _o	Peak output current (100µs non repetitive)	1.2	A
P _{tot}	Total power dissipation at T _{ground-pins} = 80°C	5	W
T _{stg} , T _J	Storage and junction temperature	-40 to 150	°C

CONNECTION DIAGRAM



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
R _{th-j-case}	Thermal resistance junction-case	max 14	°C/W
R _{th j-case}	Thermal resistance junction-ambient	max 80	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (For each channel, $V_s = 24V$, $V_{ss} = 5V$, $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply voltage		V_{ss}		36	V
V_{ss}	Logic supply voltage (pin 16)		4.5		36	V
I_s	Total quiescent supply current (pin 8)	$V_i = L \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_i = H \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		16	24	
		$V_{en} = L$			4	
I_{ss}	Total quiescent logic supply current (pin 16)	$V_i = L \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_i = H \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		16	22	
		$V_{en} = L$		16	24	
V_{iL}	Input low voltage (pin 2, 7, 10, 15)		-0.3		1.5	V
V_{iH}	Input high voltage (pin 2, 7, 10, 15)	$V_{ss} \leq 7V$	2.3		V_{ss}	V
		$V_{ss} > 7V$	2.3		7	
I_{iL}	Low voltage input current (pin 2, 7, 10, 15)	$V_{iL} = 1.5V$			-10	μA
I_{iH}	High voltage input current (pin 2, 7, 10, 15)	$2.3 \leq V_{iH} \leq V_{ss} - 0.6V$		30	100	μA
V_{enL}	Enable low voltage (pin 1, 9)		-0.3		1.5	V
V_{enH}	Enable high voltage (pin 1, 9)	$V_{ss} \leq 7V$	2.3		V_{ss}	V
		$V_{ss} > 7V$	2.3		7	
I_{enL}	Low voltage enable current (pin 1, 9)	$V_{enL} = 1.5V$		-30	-100	μA
I_{enH}	High voltage enable current (pin 1, 9)	$2.3V \leq V_{enH} \leq V_{ss} - 0.6V$			± 10	μA
V_{CEsatH}	Source output saturation voltage (pin 3, 6, 11, 14)	$I_o = -0.6A$		1.4	1.8	V
V_{CEsatL}	Sink output saturation voltage (pins 3, 6, 11, 14)	$I_o = +0.6A$			1.2	1.8
V_F	Clamp diode forward voltage	$I_o = 600\text{ mA}$		1.3		V
t_r	Rise time (*)	0.1 to 0.9 V_o		250		ns
t_f	Fall time (*)	0.9 to 0.1 V_o		250		ns
t_{on}	Turn-on delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_o		750		ns
t_{off}	Turn-off delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_o		200		ns

(*) See fig. 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

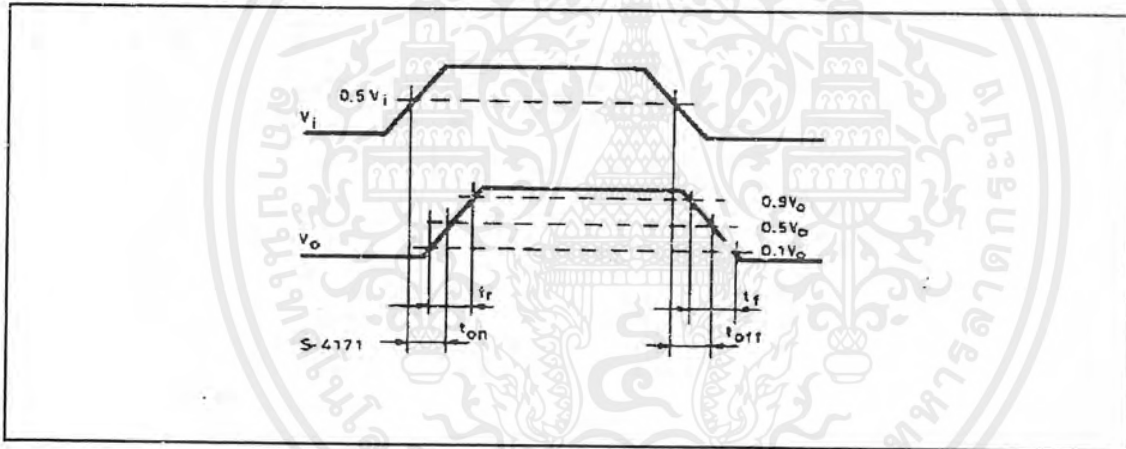
TRUTH TABLE (One channel)

INPUT	ENABLE (*)	OUTPUT
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance

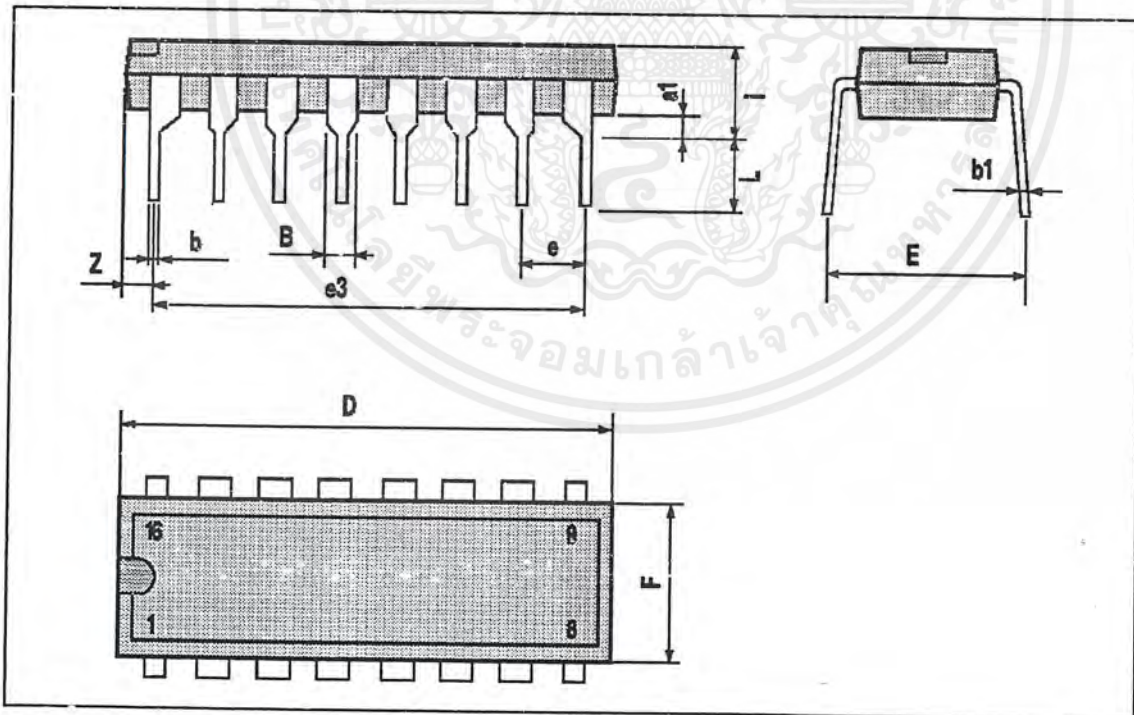
(*) Relative to the considered channel

Figure 1. Switching Times



POWERDIP PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2901, LM339/LM339A

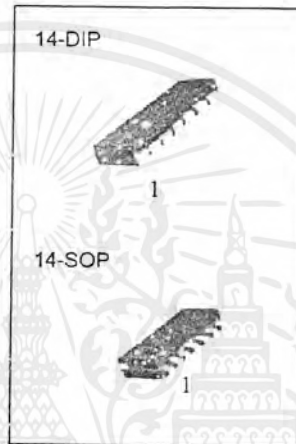
Quad Comparator

Features

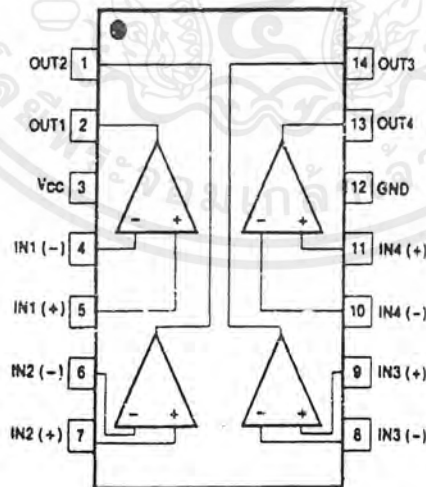
- Single or dual supply operation
- Wide range of supply voltage
LM2901, LM339/LM339A : 2 ~ 36V (or $\pm 1 \sim \pm 18V$)
Low supply current drain 800 μA Typ.
- Open collector outputs for wired and connectors
- Low input bias current 25nA Typ.
- Low Input offset current $\pm 2.3nA$ Typ.
- Low input offset voltage $\pm 1.4mV$ Typ.
- Common mode input voltage range includes ground.
- Low output saturation voltage
- Output compatible with TTL, DTL and MOS logic system

Description

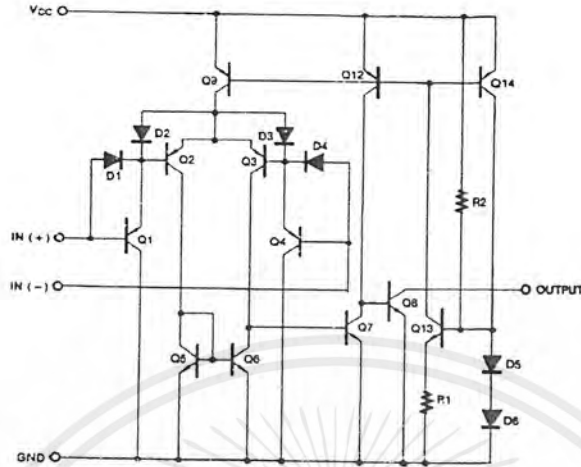
The LM2901, LM339/LM339A consist of four independent voltage comparators designed to operate from single power supply over a wide voltage range.



Internal Block Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	±18 or 36	V
Differential input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	36	V
Input Voltage	V_I	- 0.3 to +36	V
Output Short Circuit to GND	-	Continuous	-
Power Dissipation	P_D	570	mW
Operating Temperature LM339/LM339A LM2901	T_{OPR}	0 ~ + 70 - 40 ~ + 85	°C
Storage Temperature	T_{STG}	- 65 ~ + 150	°C

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM339A			LM339			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	± 1	± 2	-	± 1.4	± 5	mV
		NOTE 1	-		± 4.0	-	-	± 9.0	
Input Offset Current	I_{IO}		-	± 2.3	± 50	-	± 2.3	± 50	nA
		NOTE 1	-		± 150	-	-	± 150	
Input Bias Current	I_{BIAS}		-	57	250	-	57	250	nA
		NOTE 1	-	-	400	-	-	400	
Input Common Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$		0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	-	$V_{CC} - 1.5$	V
		NOTE 1	0	-	$V_{CC} - 2$	0	-	$V_{CC} - 2$	
Supply Current	I_{CC}	$R_L = \infty$	-	1.1	2.0	-	1.1	2.0	mA
Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 15K\Omega$ (for large swing)	50	200	-	50	200	-	V/mV
Large Signal Response Time	t_{RES}	$V_I = \text{TTL Logic Swing}$ $V_{REF} = 1.4V$, $V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1K\Omega$	-	350	-	-	350	-	ns
Response Time	t_{TLH}	$V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1K\Omega$	-	1.4	-	-	1.4	-	μs
Output Sink Current	I_{SINK}	$V_{I(-)} \geq 1V$, $V_{I(+)} = 0V$, $V_{O(P)} \leq 1.5V$	6	18	-	6	18	-	mA
Output Saturation Voltage	V_{SAT}	$V_{I(-)} \geq 1V$, $V_{I(+)} = 0V$ $I_{SINK} = 4mA$	-	140	400	-	140	400	mV
		NOTE 1	-		700	-		700	
Output Leakage Current	$I_{O(LKG)}$	$V_{I(-)} = 0V$	$V_{O(P)} = 5V$	-	0.1	-	-	0.1	nA
		$V_{I(+)} = 1V$	$V_{O(P)} = 30V$	-	-	1.0	-	-	1.0
Differential Voltage	$V_{I(DIFF)}$	NOTE 1	-	-	36	-	-	36	V

Note 1.

LM339/LM339A : $0 \leq T_A \leq +70^\circ C$

LM2901: $-40 \leq T_A \leq +85^\circ C$

Electrical Characteristics (Continued)

($V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM2901			Unit
			Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	2	7	mV
		NOTE 1	-	9	15	
Input Offset Current	I_{IO}		-	2.3	50	nA
		NOTE 1	-	50	200	
Input Bias Current	I_{BIAS}		-	57	250	nA
		NOTE 1	-	200	500	
Input Common Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$		0	-	$V_{CC}-1.5$	V
		NOTE 1	0	-	$V_{CC}-2$	
Supply Current	I_{CC}	$R_L = \infty$	-	1.1	2.0	mA
		$R_L = \infty$, $V_{CC} = 30V$	-	1.6	2.5	
Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 15K\Omega$ (for large swing)	25	100	-	V/mV
Large Signal Response Time	t_{RES}	$V_I = TTL$ Logic Swing $V_{REF} = 1.4V$, $V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1K\Omega$	-	350	-	ns
Response Time	t_{RES}	$V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1K\Omega$	-	1.4	-	μs
Output Sink Current	I_{SINK}	$V_{I(-)} \geq 1V$, $V_{I(+)} = 0V$, $V_{O(P)} \leq 1.5V$	6	18	-	mA
Output Saturation Voltage	V_{SAT}	$V_{I(-)} \geq 1V$, $V_{I(+)} = 0V$ $I_{SINK} = 4mA$	-	140	400	mV
		NOTE 1	-	-	700	
Output Leakage Current	$I_{O(LKG)}$	$V_{I(-)} = 0V$	-	0.1	-	nA
		$V_{I(+)} = 1V$	-	-	1.0	μA
Differential Voltage	$V_{I(DIFF)}$	NOTE 1	-	-	36	V

Note 1.

LM339/LM339A : $0 \leq T_A \leq +70^\circ C$

LM2901 : $-40 \leq T_A \leq +85^\circ C$

Typical Performance Characteristics

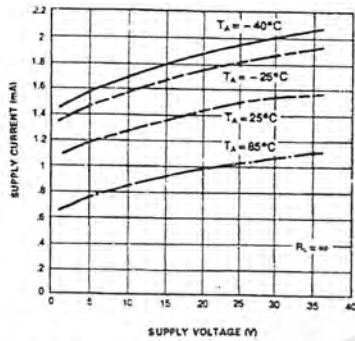


Figure 1. Supply Current Vs Supply Voltage

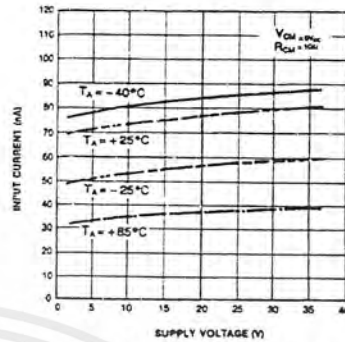


Figure 2. Input Current Vs Supply Voltage

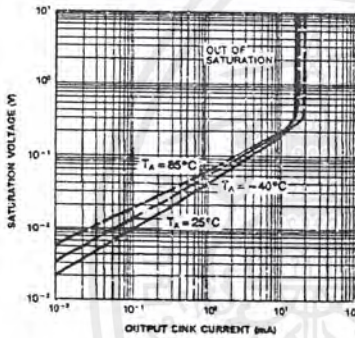


Figure 3. Output Saturation Voltage vs sink Current

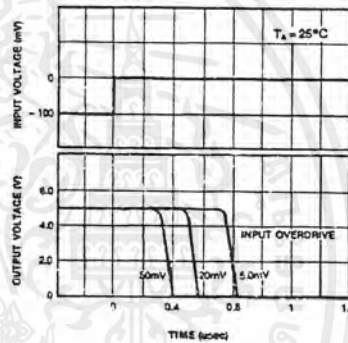


Figure 4. Response Time for Various Input Overdrive-Negative Transition

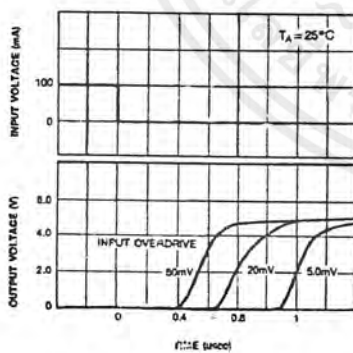
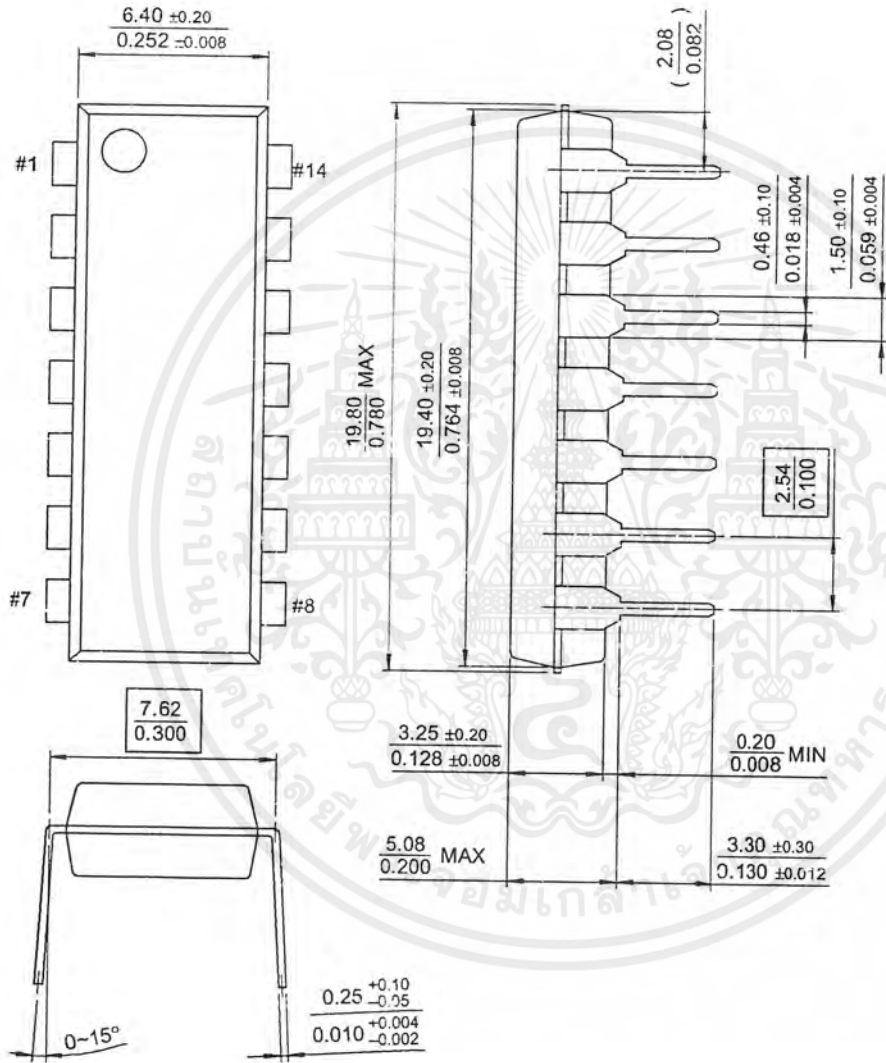


Figure 5. Response Time for Various Input Overdrive-Positive Transition

Mechanical Dimensions

Package

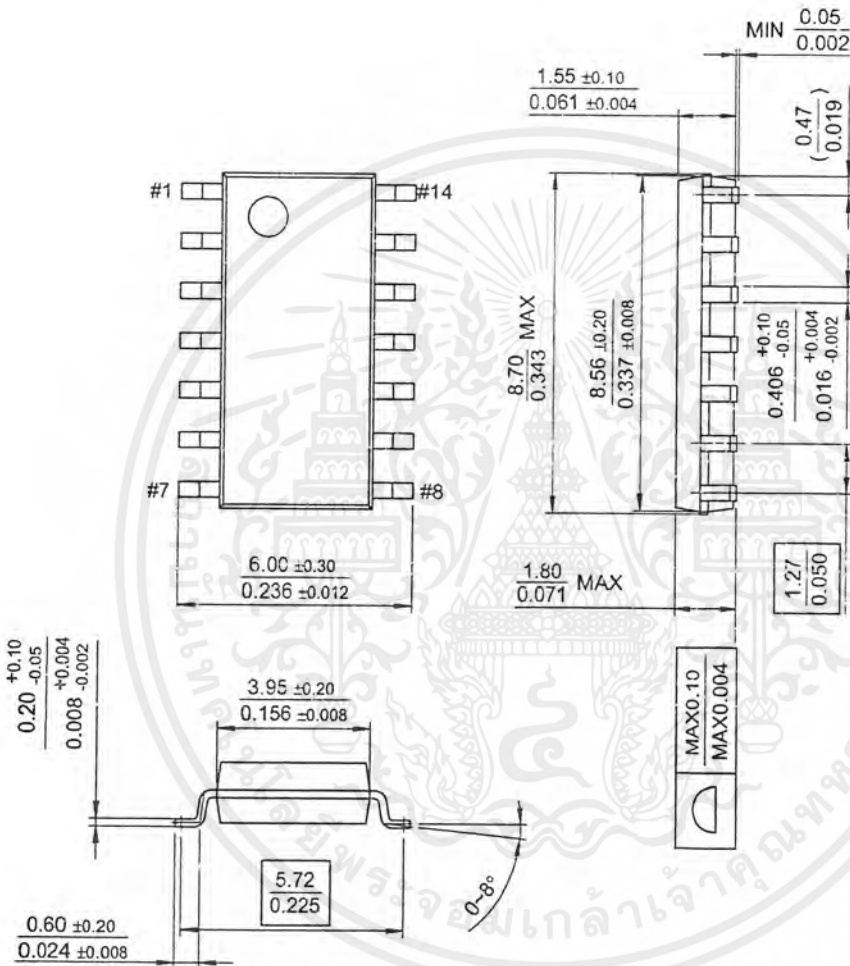
14-DIP



Mechanical Dimensions (Continued)

Package

14-SOP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM339N	14 DIP	0 ~ + 70°C
LM339AN		
LM339M	14 SOP	-40 ~ + 85°C
LM2901N	14 DIP	
LM2901M	14 SOP	

