สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถบังคับวิทยุควบคุมด้วย Visual Basic

Radio Car Control By Visual Basic

โดย

นายประวิตร ธาราภูมิ 43515920

นายอนุศักดิ์ อ่อนศิลา 43515947

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50345
วัน,เดือน,ปี 13 พ.ค. 2547

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

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถบังคับวิทยุควบคุมด้วย Visual Basic

Radio Car Control By Visual Basic

โดย

นายประวิตร ธาราภูมิ 43515920

นายอนุศักดิ์ อ่อนศิลา 43515947

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์มนัส สังวรศิลป์

รายงานสำหรับวิชา Project 2

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟอร์มรับรองความพร้อมในการสอน

รถบังคับวิทยุควบคุมด้วย Visual Basic

Radio Car Control By Visual Basic

นายประวิตร ธาราภูมิ

นายอนุศักดิ์ อ่อนศิลา

โครงงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

รถบังคับวิทยุควบคุมด้วย Visual Basic

นายประวิตร ธาราภูมิ
นายอนุศักดิ์ อ่อนศิลา

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

รายงานเล่มนี้ได้นำเสนอการนำเครื่องส่งและเครื่องรับ ซึ่งเป็นวงจรง่ายๆมาทำการควบคุมระยะไกล โดยมีการควบคุมผ่านหน้าจอโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการสั่งงาน ข้อมูลการสั่งงานจะออกจากคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตขนาน ในส่วนตัวรถจะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Radio Car Control By Visual Basic

Mr. Pravit Tharapoom
Mr. Anusak Onsila
Assoc.Prof. Manas Sangworasil (Advisor)
Acadamic Year 2002

Abstract

This paper presents the application of transmitter and receiver for a far distance control. The control is performed via a computer mornitor using Visual Basic. The control command is sent from a parallel port. The car uses stepping motor for motion control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้โดยได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในโครงการชิ้นนี้ ขอขอบคุณบุคคลอื่นๆซึ่งให้ความช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าวถึงไว้ ณ ที่นี้ ขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนๆ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ประวิตร ธาราภูมิ
.....
(นายประวิตร ธาราภูมิ)

อนุศักดิ์ อ่อนศิลา
.....
(นายอนุศักดิ์ อ่อนศิลา)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	
- บทนำ	1
บทที่ 2 ระบบการสื่อสาร	
- รูปแบบของการสื่อสารตามหลักใหญ่ๆ	2
- หลักการระบบสื่อสาร	2
- ชนิดของสัญญาณและผลต่างๆที่ต้องคำนึง	3
- ทำไมต้องมีการมอดูเลชัน	4
- การมอดูเลชันแบบความสูง	4
บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Visual Basic, พอร์ตขนาน, และการขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	
- แนะนำ Visual Basic	8
- ความสามารถของ Visual Basic	9
- การติดตั้ง Visual Basic	11
- ชนิดของข้อมูล	15
- ตัวแปรและการประกาศค่า	16
- ค่าคงที่	17
- การตัดสินใจ	17
- การวนซ้ำ	19
- อาร์เรย์และไดนามิกอาร์เรย์	21
- โปรแกรมย่อย	23
- ฟังก์ชันที่ Visual Basic เตรียมไว้ใช้งาน	24
- ขอบเขตของตัวแปรและค่าคงที่	25
- การผ่านค่าให้โปรแกรมย่อย หรือฟังก์ชัน	25

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตขนาน 27
- การติดต่ออุปกรณ์เอาต์พุตอย่างง่าย 42
- การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยพอร์ตขนาน 44

บทที่ 4 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลต 51

-การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 52
-โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต 57
-การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต 58
-การใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุต 59
-การอ่านค่าลอจิกทางพอร์ต 60

บทที่ 5 การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ 64

- บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร 64
- รูปคลื่นของภาครับและภาคส่ง 66
- แนวคิดการเคลื่อนที่แบบต่างๆ 73
- การทำงานของวงจรเครื่องส่ง 73
- การทดลองที่ 5.1 75
- การทดลองที่ 5.2 77
- การทดลองที่ 5.3 79

บทที่ 6 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 90

- สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 90

ภาคผนวก ก.

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภาพของระบบสื่อสาร	2
2.2 รูปคลื่นโมดูเลท	7
3.1 แสดงไดอะแกรมเวลาของการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์	29
3.2 แสดงระบบบัสภายในพอร์ตขนาน	32
3.3 วงจรภายในพอร์ตดาต้า	34
3.4 วงจรภายในพอร์ต Control พอร์ตแสดงสถานะหรือพอร์ต Status	37
3.5 วงจรภายในของพอร์ตแสดงสถานะ	39
3.6 รูปโครงสร้างภายในสเต็ปมอเตอร์	44
3.7 การควบคุมระบบสเต็ปมอเตอร์, การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของ สเต็ปมอเตอร์, วงจรจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์	46
4.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลตในอนุกรม AT89CXX	53
4.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลตในอนุกรม AT89SXX	53
4.3 รายละเอียดหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลตของ Atmel	56
4.4 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT8925X	56
4.5 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลต	59
4.6 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลต	60
4.7 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลต	61
4.8 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลต	63
5.1 บล็อกไดอะแกรมรถบังคับวิทยุควบคุมด้วย Visual Basic	65
5.2 รูปสัญญาณเอาต์พุทของสัญญาณที่เอนโค้ดแล้ว ของไอซี PT8A977P	66
5.3 รูปคลื่นสัญญาณพาหะ (X-TAL)	67
5.4 รูปสัญญาณข่าวสาร (SO) ผสมกับ สัญญาณพาหะ (X-TAL)	68
5.5 รูปสัญญาณที่ทำการส่งออกอากาศ	69
5.6 รูปสัญญาณที่รับได้จากเสาอากาศ	70
5.7 รูปสัญญาณที่ผ่านวงจรแบบ ซูเปอร์รีเจเนอเรตีฟแล้ว	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 รูปสัญญาณที่ทำการดีโค้ดสัญญาณพาหะออกแล้ว 72
5.9 รูปการทดลองที่ 1 75
5.10 รูปการทดลองที่ 2 77
5.11 รูปวงจรเครื่องส่ง 79
5.12 รูปวงจรร เครื่องรับ 80
5.13 รูปวงจรภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ 81
5.14 รูปวงจรรวมรถบังคับวิทยุควบคุมด้วย Visual Basic 82
5.15 รูปวงจรเซ็นเซอร์ใช้นับจำนวนรอบ 83
5.16 โฟลวชาร์ตโปรแกรมสั่งงานด้วย Visual Basic 84
5.17 โฟลวชาร์ตโปรแกรมรับค่าด้วย Visual Basic 85
5.18 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการทำงานหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ 86
5.19 โฟลวชาร์ตโปรแกรมอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 87
5.20 รูป Visual Basic พร้อมทำงาน 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันนี้เรื่องราวของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตของคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งจำเป็นและต้องมีการเรียนรู้ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ไปพร้อมๆกันด้วยความสามารสของระบบปฏิบัติการวินโดร์และโปรแกรมอย่าง Visual BASIC ทำให้การทำกงานเกี่ยวกับพอร์ตและหน้าตาของโปรแกรมมี่ปรากฏบนจอภาพมีความสวยงามและทรงประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาถึวการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตของคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Visual BASIC ในการควบคุมฮาร์ดแวร์ซึ่งในส่วนของฮาร์ดแวร์ผู้จัดทำได้พยายามประยุกต์รถบังคับวิทยุให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การสรางเป็นรถสำรวจต่อไปได้โดยที่อุปกรณ์ทุกอยางนั้นสามารถ หาได้โดยทั่วไป

1.2 ขอบเขตการทำงาน

ในการศึกษาและการจัดทำโครงงานนี้มีขอบเขตของโครงงานคือ

1. ศึกษาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอต์ตขนานคอมพพิวเตอร์
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องรับ ส่งวิทยุของรถบังคับเบื่องต้น
3. ศึกษษการใช้งานโปรแกรม Visual BASIC แเบื่องต้น
4. ทำการเปรียบเทียบทฤษฎีของระบบสื่อสารกับการปฏิบัติงานจริง
5. ศึกษาการควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์
6. สามารสควบคุมรถบังคับวิทยุไปตามทิศทางที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ระบบการสื่อสาร

2.1 รูปแบบของการสื่อสารตามหลักใหญ่ๆ

ระบบการสื่อสารปัจจุบันมีด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถแยกรูปแบบตามหลักใหญ่ๆคือ การสื่อสารระหว่างคนกับคน เป็นการสื่อสารโดยใช้ระบบไฟฟ้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อติดต่อระหว่างคนกับคนนั้นมีใช้กันมานานและยังมีความสำคัญ ยิ่งตราบเท่าทุกวันนี้ ตัวอย่างได้แก่ โทรศัพท์ และวิทยุ เป็นต้น

การสื่อสารระหว่างคนกับเครื่อง การสื่อสารนี้มีความจำเป็นมากสำหรับสังคมที่ทันสมัยที่ต้องการความรวดเร็วในการได้มาซึ่งข้อมูลในการตัดสินใจของนักธุรกิจ และในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยมีคนเป็นผู้ออกคำสั่ง

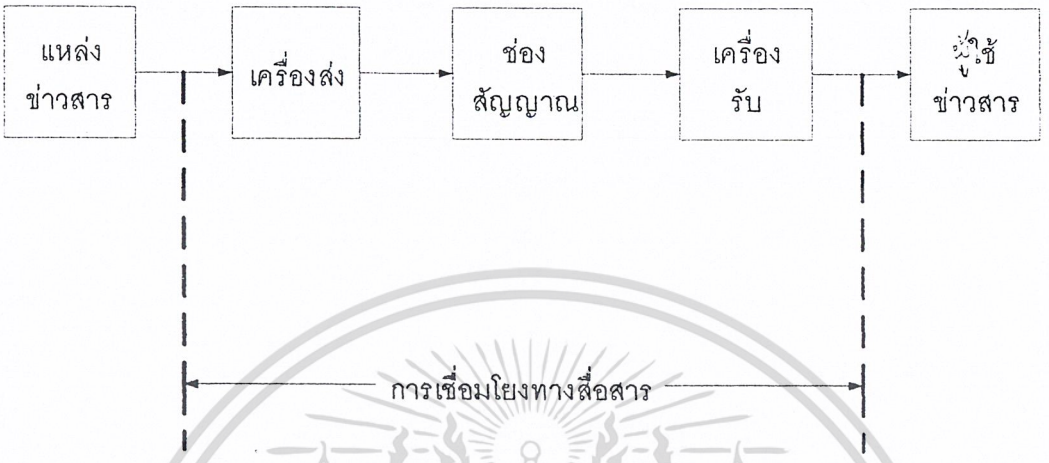
การสื่อสารระหว่างเครื่องกับเครื่อง เป็นการสื่อสารในการย้ายข้อมูลหรือแฟ้มข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง ที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูง วัตถุประสงค์ของการสื่อสารนี้คือ มุ่งใช้ทรัพยากรร่วมกัน ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ของศูนย์คอมพิวเตอร์ต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 หลักการระบบสื่อสาร

ระบบสื่อสารดังกล่าวข้างต้นสามารถอธิบายการทำงานอย่างๆ ตามรูป 2.1ดังนี้ ข่าวสารจากแหล่งข่าวสารจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่าสัญญาณมอดูเลติ้ง (modulating sinnal) สัญญาณมอดูเลติ้งนี้จะแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสตามวิธีการสื่อสารแบบดิจิตอลหรือส่งตรงเข้าเครื่องส่ง (transmitter) ตามวิธีการสื่อสารแบบอนาล็อกก็ได้ ในเครื่องส่งก็จะมีเครื่องโมดูเลต (modulation) ที่ทำหน้าที่โมดูเลตสัญญาณมอดูเลติ้งเข้ากับตัวพาห์(carrier) ตัวพาห์นี้มีกำลังส่งสูงพอที่จะพาสัญญาณมอดูเลติ้งไปที่ไกลๆได้ด้วยความถี่สูงตามกระบวนการมอดูเลชัน (modulation) จากนั้นสัญญาณจะถูกคัปปลิ้งออกอากาศหรือส่งตามสายส่งก็ได้ สัญญาณที่ผ่านช่องสัญญาณ (channel) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นอากาศหรือสายส่งก็ตามจะถูกรบกวนจากเสียงรบกวน (noise) หรือสัญญาณแทรกที่ไม่พึงปราถนา (undesired interference) เมื่อสัญญาณไปถึงเครื่องรับของผู้ใช้ปลายทาง เสาอากาศของเครื่องรับจะแปลงสัญญาณที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ถ้าส่งตามสายเครื่องส่งจะรับสัญญาณในรูปของกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเครื่องดีมอดูเลเตอร์ (demodolater) ในเครื่องรับจะแปลงสัญญาณที่มีความถี่สูงให้มีความถี่ต่ำลงและแยกสัญญาณโมดูเลติงออกจากตัวพาห์ตามกระบวนการโมดูเลชัน(modolation) และถูกถอดรหัส (decode) กลับเป็นสัญญาณอนาล็อกตามเดิม ตามวิธีการสื่อสารแบบดิจิตอล



รูป 2.1 แผนภาพของระบบสื่อสาร

2.3 ชนิดของสัญญาณและผลต่าง ๆที่ต้องคำนึงถึง

สัญญาณที่ใช้ในการส่งข่าวสาร มีตั้งแต่รูปคลื่นไซน์บริสุทธิ์เพียงความถี่เดียวสัญญาณคอมเพล็กซ์ที่ประกอบด้วยรูปคลื่นไซหลายความถี่มารวมกันจนเป็นรูปพัลส์ เป็นต้น ในบางกรณีอาจมีการจัดรูปพัลส์ให้อยู่ในรูปที่จะลดความเพี้ยน (distortion) ต่างๆที่อาจเกิดขึ้นในวงจรสื่อสารเมื่อการตอบสนอง (response) ของวงจรนั้นไม่คม
พอที่จะทำให้พัลส์ ผ่านได้โดยไม่เกิดความผิดเพี้ยน ตัวอย่างเช่น พัลส์ชนิดเร็สโคไซ (raised cosine) เป็นต้น

การเลือกสัญญาณที่มีความถี่ใดหรือรูปร่างใดนั้น สามารถทำได้โดยให้ผ่านเครื่องกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัญญาณตามต้องการได้ สัญญาณที่มีค่าของขนาด (amplitnde) เป็นค่าต่อเนื่องเราเรียกว่าสัญญาณแอนาล็อก ส่วนสัญญาณที่มีขนาด(amplitnde) เปลี่ยนแปลงเป็นค่าของเลขลงตัวเรียกว่าสัญญาณดิจิตอล

สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบสื่อสารคือ ความถี่ซึ่งแน่นอนที่สุดคือความหมายของช่วงกว้าง(banwidth)ของความถี่ที่ต้องเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยช่วงกว้างความถี่นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เริ่มตั้งแต่ประมาณ100HZซึ่งใช้ในระบบโทรเลขจนถึงหลายๆเมกเฮิร์ท(MHZ)ในระบบโทรทัศน์ กล่าวโดยสรุปเราจะต้องออกแบบให้ระบบสื่อสารเรามีความกว้างของแบนวิดท์แคบที่สุดโดยที่จะต้องให้มีข้อมูลที่มีความสำคัญอยู่ครบถ้วนนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ กำลัง (power) เครื่องส่งวิทยุอาจมีกำลังส่งเป็นร้อยกิโลวัตต์ในขณะที่กำลังส่งในสายส่งมีแค่มิลลิวัตต์ในกรณีที่กำลังของสัญญาณมีกำลังอ่อนมากๆนั้นการออกแบบวงจรก็จะยุงยากขึ้นโดยเฉพาะการถ่ายเทพลังงานจากวงจรหนึ่งไปวงจรหนึ่งเพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุดนั้น การทำให้อิมพีแดนซ์ระหว่างวงจรหนึ่งต่อวงจรหนึ่งแมทซ์ (match) กันจึงเป็นสิ่งสำคัญการลดทอน (attenuation) หรือการสูญเสีย (loss) ในวงจรก็เป็นสิ่งสำคัญ ที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบวงจร อีกทั้งอัตราส่วนระหว่างสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนด้วยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

2.5 ทำไมต้องมีการมอดูเลตชัน

มอดูเลตชันจะให้ประโยชน์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1 ทำให้สัญญาณมีกำลังสูงทำให้สามารถเดินทางเหนือแพร่กระจาย ไปที่ไกลๆได้

2 ทำให้สัญญาณมีความถี่สูงขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการรับส่งสัญญาณมากขึ้นเพราะใช้เสาอากาศที่สั้นลงได้

3 สามารถแบ่งความถี่ให้หลายๆสัญญาณส่งพร้อมกันภายใต้ตัวพาห์ตัวเดียวกันได้เรียกว่าการมัลติเพล็กซิง

4 ทำให้สญญาณมีความต้านทานการรบกวนของเสียงรบกวนหรือของสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น

2.6 การมอดูเลตแบบความสูง

ในทางปฏิบัติจะยากมากในการสร้างสายอากาศสำหรับใช้ในความถี่บางความถี่ จึงต้องเอาความถี่นี้ไปรวมกับความถี่สูง(ความยาวคลื่นสั้น)เรียกว่าความถี่พาหะ(carrier wave) โดยปกติคลื่นพาหะเป็นคลื่นรูปไซน์ซึ่งโวลท์เตจจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา จากสมการ

$$e_c = E_{c_{max}} \sin(\omega_c t + \theta) \qquad 2.6.1$$

พารามิเตอร์ของคลื่นนี้ที่จะมอดูเลต คือ

1.Ecmax ใช้สำหรับการมอดูเลตแบบความสูง(Amplitude Modulation)

2.$\omega_c = 2\pi f_c$ ใช้สำหรับการมอดูเลตแบบความถี่

(Frequency Modulation)

3. θ ใช้สำหรับการมอดูเลตแบบเฟส (Phase Modulation)

การมอดูเลตแบบความถี่และเฟสเรียกรวมกันว่า การมอดูเลตเชิงมุม (Angle Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาการมอดูเลตแบบความสูงนี้สามารถใช้สัญญาณไซน์แทนสัญญาณที่ต้องการส่งได้ จากสมการ

$$\omega_m = 2\pi f_m \qquad 2.6.2$$

$$e_m = E_{m_{max}} \sin \omega_m t$$

เมื่อคลื่นพาหะถูกมอดูเลตแบบความสูงกับสัญญาณที่จะส่งโวลเตจของคลื่นพาหะก็จะถูกเปลี่ยนไปตามสัญญาณที่ส่ง ดังนั้น

$$e = (E_{C_{max}} + e_m) \sin \omega_c t \qquad 2.6.3$$

โดย e คือโวลต์เตจของสัญญาณมอดูเลต ' $E_{C_{max}}$ คือความสูงของคลื่นพาหะที่ยังไม่ได้มอดูเลตและ Em คือโวลต์เตจที่เข้าไปมอดูเลตโดยสมมุติสัญญาณทั้งสองเป็นคลื่นรูปไซน์ จุดยอด (Peak) ทั้งหมดของคลื่นพาหะอาจเขียนเป็นเอนวิโลป (Envelope) ได้จากสมการ

$$e_{env} = E_{C_{max}} + e_m \qquad 2.6.4$$

e_{env} คือค่าของรูปคลื่นเอนวิโลป

แทนค่า e_m จากสมการ 2.6.2 ในสมการ 2.6.4 จะได้โวลต์เตจมอดูเลตคือ

$$e = e_{env} \sin \omega_c t$$

$$= (E_{C_{max}} + E_{m_{max}} \sin \omega_m t) \sin \omega_c t \qquad 2.6.5$$

การวัดที่มีประโยชน์คือ การวัดองศาของการมอดูเลตซึ่งเรียกว่าตัวชี้การมอดูเลต (Modulation Index)นั้นคือ

$$m = \frac{E_{m_{max}}}{E_{C_{max}}} \qquad 2.6.6$$

ดังได้จากสมการ2.6.5 จะได้

$$e = E_{C_{max}} (1 + m \sin \omega_m t) \qquad 2.6.7$$

ถ้าไม่มีการสูญเสียเลย กำหนดให้ความสูงของคลื่นพาหะเท่ากับ 1โวลล์นั้นคือจากสมการ 2.6.7

จะได้

$$e = (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t \qquad 2.6.8$$

สมการ 2.6.8 สามารถเขียนเป็นรูปคลื่นที่มีค่าตัวชี้การมอดูเลตตามรูป 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าถ้าตัวชี้การมอดูเลตมากกว่าหนึ่งค่าสูงสุดของเอนวิโลปจะถูกตัดออกไปและคลื่นพาหะจะหายไปด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเพี้ยนในการมอดูเลตค่าต่ำสุดของตัวชี้การมอดูเลตจะต้องเท่ากับศูนย์ดังนั้นในทางปฏิบัติตัวชี้การมอดูเลตควรมีค่าอยู่ระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง

สเปคตรัมความถี่

จากสมการ 2.6.8 นี้สามารถกระจายออกไปได้อีกคือ

$$e = (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t$$

$$= \sin \omega_c t + m \sin \omega_m t \sin \omega_c t$$

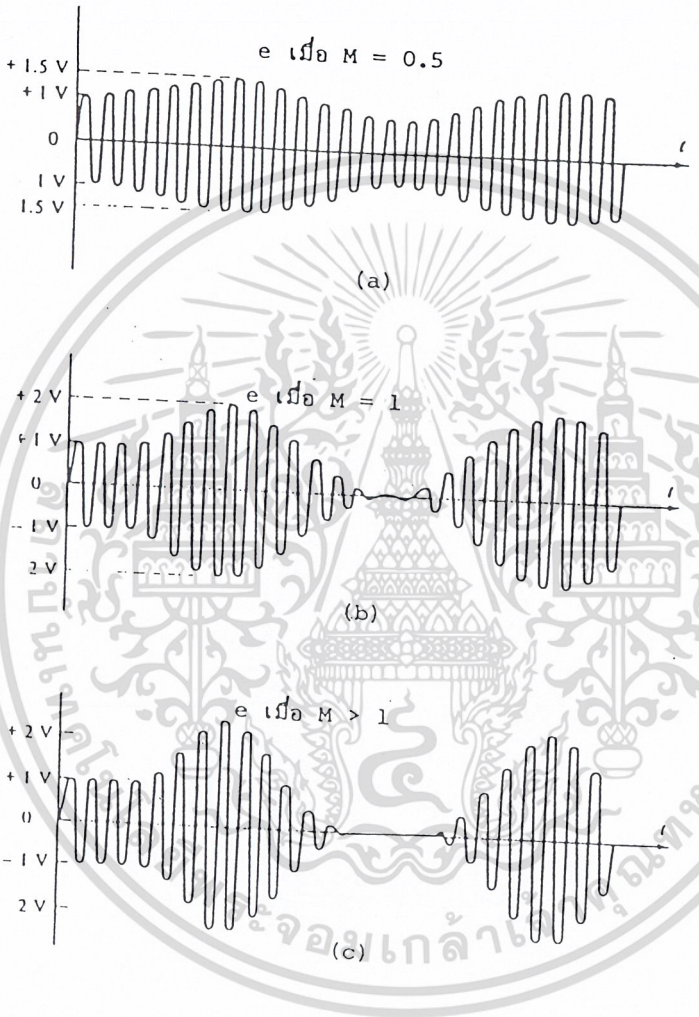
$$= \sin \omega_c t + \frac{m}{2} [\cos(\omega_c - \omega_m)t - \cos(\omega_c + \omega_m)t \qquad 2.6.9$$

จากสมการนี้สามารถคำนวณต่อไปได้โดยใช้

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B \qquad 2.6.10$$

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 รูปคลื่นโมดูเลทเมื่อ (a) m= 0.5 (undermodulated) (b) m= 1 (fully modulated) (c) m> 1 (overmodulated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Visual Basic , พอร์ตขนาน และ การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

3.1 แนะนำ Visual Basic

Visual Basic ถือว่าเป็นเครื่องมือพัฒนาแอพพลิเคชั่นที่ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องทั้งจากไมโครซอฟท์ซึ่งเป็นผู้ให้กำเนิด และบริษัทผู้ผลิตซอฟแวร์ต่างๆ ทั่วโลก จนถึงวันนี้ Visual Basic 6.0 ได้ถูกเพิ่มความสามารถในการทำงานอย่างมากมาย ซึ่งเป็นเครื่องมือพัฒนาแอพพลิเคชั่นที่คนทั่วโลกยอมรับในความง่าย และความสามารถ

3.2 จุดเด่นของ Visual Basic

Visual Basic มีจุดเด่นที่แตกต่างจากเครื่องมือชุดอื่นๆ คือ ความเรียบง่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น ทำให้ลดเวลาในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นลงมาก ซึ่งเป็นผลมาจาก Visual Basic สนับสนุนการพัฒนาแอพพลิเคชั่นแบบ Component ซึ่งก็คือการนำเอาส่วนประกอบ (Component) ด้านซอฟต์แวร์ ที่ได้สร้างและทดสอบเป็นอย่างดีแล้ว นำมาประกอบกัน แล้วเขียนคำสั่งกำกับการทำงานให้เป็น แอพพลิเคชั่นที่ทำงานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ทราบ ?

ความสามารถของ Visual Basic

หัวข้อ	ความสามารถ
Native code compiler	เพิ่มความเร็วให้แอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นมาก แอพพลิเคชั่นธรรมดาและแอพพลิเคชั่นแบบ Client/Server
พร้อมสนับสนุน ADO และ OLE DB	สนับสนุนการใช้งานร่วมกับฐานข้อมูล และแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่นแหล่งข้อมูลในอินเตอร์เน็ต พร้อมจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ
Integrated enterprise visual database-Tools	มีเครื่องมือเสริมการทำงานที่เน้นด้านฐานข้อมูลมากเป็นพิเศษเหมาะอย่างยิ่งในการสร้างแอพพลิเคชั่นฐานข้อมูลทางธุรกิจ
Data environment designer	สร้างสภาวะแวดล้อมการทำงานกับแหล่งข้อมูลทั้งที่อยู่ในฐาน และในอินเตอร์เน็ต
สร้างแอพพลิเคชั่นฐานข้อมูลกับ MS SQL-Server	พร้อมสร้างแอพพริเคชันเพื่อใช้งาน และทดสอบกับระบบฐานข้อมูล NS SQL Server เวอร์ชัน 6.5 และ7.0
สร้าง DHTML และ IIS Application	เราสามารถสร้างแอพพลิเคชั่นอินเตอร์เน็ต/อินทราเน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีจัดการเว็บเซิร์ฟเวอร์อย่าง ASP,CGI
เครื่องมือเสริมการทำงานจำนวนมาก	Visual Basic 6.0 มาพร้อมกับเครื่องมือเสริมการทำงานจำนวนมากทั้งที่เป็นโปรแกรมอิสระและวิซาร์ดต่างๆในตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาแอพพลิเคชันโดยใช้ ActiveX Control

เพราะความสำเร็จของ Visual Basic เกิดจากการนำเอาองค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ต่างๆ มาร่วมกันเป็นแอพพลิเคชัน องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์เหล่านั้นรู้จักกันในนามของ ActiveX Control (หรือ OLE Control, หรือ VBX สำหรับคนที่คุ้นเคยกับ Visual Basic 3.0)

ActiveX Control นั้นถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากมายจากบริษัทผู้ผลิตซอฟแวร์ทั่วโลก หรือแม้แต่ถูกสร้างขึ้นมาจากผู้ใช้งาน Visual Basic เอง ซึ่งทำให้แอพพลิเคชันที่สร้างขึ้นตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

๖.๓.๓

ความสามารถในการพัฒนาแบบ Object Oriented Programming

เมื่อการทำงานในชีวิตจริงทวีความซับซ้อนขึ้น การพัฒนาแอพพลิเคชันเพื่อช่วยในการทำงานแบบเดิมๆ ที่เคยได้ดีกับ Visual Basic อาจทำให้เวลาในการพัฒนายาวนานกว่าปกติ หรือเพิ่มความยุ่งยากในการบำรุงรักษาทำให้แนวคิดการพัฒนาแอพพลิเคชันในเชิงวัตถุถูกคิดขึ้นมาและถูกเติมเข้าไปใน Visual Basic อย่างสมบูรณ์

จริงๆแล้วแนวความคิดแบบ Object Oriented Programming นี้มีมานานแล้วและซ่อนอยู่เบื้องหลังการทำงานของ Visual Basic ทำให้ผู้ใช้งาน Visual Basic แทบไม่รู้สึกตัวว่ากำลังใช้การพัฒนาแบบ Object Oriented Programming อยู่เลย และตั้งแต่เวอร์ชัน 4.0 จนถึงเวอร์ชันปัจจุบัน Visual Basic ก็เผยความสามารถด้าน Object Oriented Programming ให้ผู้ใช้ Visual Basic ได้ใช้กัน

ความเหนือชั้นในงานด้านฐานข้อมูล

สิ่งที่โดดเด่นอื่นๆนอกจากความเรียบง่าย แล้วก็จะเห็นได้แก่ความสามารถในการใช้งานและสร้างแอพพลิเคชันสำหรับฐานข้อมูล ซึ่ง Visual Basic สนับสนุนการใช้งานกับระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) หลากหลายไม่ว่าจะเป็นค่ายของไมโครซอฟท์ เช่น Access, FoxPro, SQLServer หรือต่างค่ายไม่ว่าจะเป็น dBase, Oracle, Sybase ฯลฯ จึงทำให้ Visual Basic เป็นตัวเลือกอันดับต้นๆ ของการสร้างแอพพลิเคชันเพื่องานร่วมกับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MSDN: คัมภีร์สำหรับนักพัฒนาแอพพลิเคชัน

เนื่องจากเครื่องมือพัฒนาแอพพลิเคชันรุ่นใหม่ๆต่างมีความสามารถหลากหลายขึ้น การที่เราจะนำมาศึกษาก่อนนำมาใช้งาน อ้างอิงขณะทำงานคงต้องใช้เอกสารจำนวนมาก ซึ่งคงไม่สะดวกมากนัก ดังนั้นไมโครซอฟท์จึงตั้งเว็บไซต์ (Microsoft Developer Network) ขึ้นมาเพื่อเก็บเอกสารต่างๆที่จำเป็นมารวบรวมไว้ และอัพเดตเป็นระยะๆ นอกจากจะอยู่ในอินเตอร์เน็ตแล้ว MSDN เก็บอยู่ในรูปของ CD-ROM สามารถติดตั้งลงในเครื่อง PC หรือเซิร์ฟเวอร์ สำหรับการศึกษาและใช้งานได้ตลอดเวลา

MCSD: หนทางก้าวหน้าของผู้สนใจในการพัฒนาซอฟต์แวร์

MCSD (Microsoft Certified Software Development) เป็นหนึ่งในประกาศนียบัตรรับรองจากไมโครซอฟท์ที่มอบให้แก่ผู้ที่พัฒนาซอฟต์แวร์แอพพลิเคชันที่ใช้ผลิตภัณฑ์ของไมโครซอฟท์ เช่น Visual Studio, Microsoft Backoffice ซึ่งมีความเข้าใจอย่างจริงจังกับตัวเครื่องมือเหล่านั้น รวมถึงเข้าใจในหลักการทำงานขั้นลึกซึ้งของระบบปฏิบัติการของไมโครซอฟท์

ผู้ที่จะได้ MCSD นั้นจะต้องทำการสอบ ตามข้อสอบที่ไมโครซอฟท์กำหนด ส่วนหนึ่งต้องใช้ความรู้ Visual Basic ด้วย นอกจากนี้ยังต้องเข้าใจในการทำงานภายในของระบบปฏิบัติการ Windows 95/98 รวมทั้งสามารถใช้งานระบบจัดการฐานข้อมูล MS SQLServer

การติดตั้ง Visual Basic

เมื่อเราตัดสินใจจะใช้ Visual Basic เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอพพลิเคชัน เราก็คงต้องเตรียมตัวก่อนการติดตั้ง Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการของระบบ (System Requirement)

ด้านฮาร์ดแวร์ เราคงต้องเตรียมดังรายระเอียดในตาราง

ฮาร์ดแวร์	ข้อกำหนดขั้นต่ำ	คำแนะนำ
CPU	Pentium 90 MH_z ขึ้นไป	CPU ยิ่งเร็วเท่าไหร่ก็ยิ่งดี
ฮาร์ดดิสก์	Standard Edition : ประหยัด 48 MB, เต็มที่ 80 MB Professional Edition : ประหยัด 48 MB, เต็มที่ 80 MB Enterprise Edition : ประหยัด 128 MB, เต็มที่ 147 MB สำหรับ MSDN : 67 MB, สำหรับ IE 4.X อีก 66 MB	แนะนำให้ติดตั้งด้วย Enterprise Edition และควรจะมีเนื้อหาที่สำหรับ MSDN ให้มากรวมทั้งเหลือเนื้อที่สำหรับ ActiveX Control ใหม่ๆ
RAM	24 MB สำหรับ Windows 95/98 32 MB สำหรับ Windows NT	ควรจะเป็น 32 MB ขึ้นไป
CD-ROM	ต้องมี	ขาดไม่ได้
Sound Card	ไม่จำเป็น	กรณีที่ต้องสร้างแอพพลิเคชันมัลติมีเดีย อาจจำเป็นต้องใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านซอฟต์แวร์ ต้องมีซอฟต์แวร์ที่จำเป็นต่อการใช้งาน Visual Basic ดังนี้

ฮาร์ดแวร์	ข้อกำหนดขั้นต่ำ	คำแนะนำ
ระบบปฏิบัติการ	Windows 95/98, Windows NT	Windows 98 จะเหมาะสมกว่า
ระบบจัดการฐานข้อมูล	ไม่จำเป็นต้องมีก็ได้	สามารถใช้งานร่วมกับ ROBMS ได้แทบทุกตัวเช่น Access, SQLServer, Oracle เป็นต้น
เว็บราวเซอร์	จำเป็นต้องมี Intemet Explorer เวอร์ชัน 4.01 ขึ้นไป	
เว็บเซิร์ฟเวอร์	หากต้องพัฒนาแอพพลิเคชัน Intemet ก็ต้องมี	สำหรับทดสอบควรใช้ PWS 4.0 สำหรับใช้งานจริงควรใช้ IIS 4.0

สำรวจ Visual Basic 6.0

สภาพแวดล้อมการทำงาน

ลักษณะการทำงานของ Visual Basic 6.0 จะทำงานในลักษณะ IDE (Integrated Development Environment) คือการรวบรวมเครื่องไม้เครื่องมือ, ข้อมูลที่ใช้งานต่างๆ ไว้ในหน้าจอเดียว ทำให้เรียกใช้งานได้ง่าย

Menu Bar เมนูบาร์เป็นส่วนที่รับคำสั่งในแบบเมนู เมื่อเราทำการสร้างแอพพลิเคชันด้วย Visual Basic เป็นเหมือนศูนย์กลางที่ควบคุมการสร้างแอพพลิเคชัน

Tool Bar ในการใช้งานเมนูบาร์สั่งงานอาจจะมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก เพื่อลดขั้นตอนลงเราจะคลิกที่ทูลบาร์เพียงครั้งเดียวก็สามารถสั่งงานที่เราต้องการได้ (เป็นเหมือนคีย์ลัดในการทำงาน)

Project Window เป็นเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของโปรเจ็กต์ เพราะ Visual Basic เองสนับสนุนการสร้างแอพพลิเคชันได้หลายแบบ

Properties Window เป็นส่วนที่กำหนดพรอพเพอร์ตี้ให้กับออบเจ็กต์ต่างๆ ในแอพพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

From Layout ฟอร์มเลย์เอาท์ เป็นหน้าตาคร่าวๆ ของฟอร์มที่ได้จากการรันแอพพลิเคชัน

From Designer ฟอร์มดีไซเนอร์ เป็นส่วนที่ได้เรามองเห็นได้ในขณะออกแบบแอพพลิเคชันของ Visual Basic เป็นส่วนที่เราจะใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยการนำ ActiveX Control ต่างๆมาวางไว้ข้างบน

Code Window เป็นส่วนที่เราเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของแอพพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของข้อมูล [Data Type]

ที่ผ่านมาเราได้เขียนโปรแกรมที่มีการใช้ข้อมูลนำไปขับเคลื่อนให้แอพพิลเคชันทำงานได้สำหรับข้อมูลชนิดต่างๆได้ ที่ Visual Basic อนุญาตให้เราสามารถใช้งานในการเขียนโปรแกรมได้แก่

ชนิด	คำอธิบาย	ขนาดหน่วยความจำ
Byte	เป็นข้อมูลตัวเลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 0 ถึง 225	1 ไบต์
Boolean	เป็นข้อมูลทางตรรก : จริง (TRUE), เท็จ (FALSE)	2 ไบต์
Integer	เป็นจำนวนเต็มระหว่าง -32768 ถึง 32767	2 ไบต์
Long	เป็นจำนวนเต็มระหว่าง -2147483648 ถึง 2147483647	4 ไบต์
Single	เป็นเลขทศนิยมระหว่าง -3402823E38 ถึง -1401298E-4 สำหรับค่าลบ และ -1401298E-45 ถึง 3402823E38 สำหรับค่าบวก 4 ไบต์	
Double	เป็นเลขทศนิยมระหว่าง -1.79769313486232E308 ถึง -4940656458-41247E-324 สำหรับค่าลบ และ 494065645841247E-324 ถึง 1.79769313486232E308 สำหรับค่าบวก	8 ไบต์
Currency	เป็นเลขที่มีค่าตั้งแต่ -922337203685477.5808 ถึง 922337203685477.5807	8 ไบต์
Date	เป็นวันที่ตั้งแต่ 1 มกราคม ค.ศ. 100 ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 9999	8 ไบต์
Object	เป็นข้อมูลที่อ้างอิงออบเจ็กต์ จึงเก็บแอดเดรสของออบเจ็กต์ไว้	4 ไบต์
String	เก็บสตริง หรือข้อความที่เรียงต่อกัน	64 KB หรือ 2 MB
Variant	เป็นข้อมูลชนิดพิเศษที่เก็บค่าได้ทุกรูปแบบ (รวมไปถึงค่าพิเศษต่างๆ(ที่มีตัวเลข) เช่น EMPTY, NULL เป็นต้น)	16 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะเห็นว่าข้อมูลชนิด Variant เป็นข้อมูลที่สามารถแทนชนิดข้อมูลอื่นๆ ได้ทุกรูปแบบ โดย Visual Basic จะตัดสินใจเองว่าควรจะเก็บข้อมูลที่เป็น Variant แบบใด โดยยึดสภาวะรอบข้างในการตัดสินใจ (Context Decision)

ข้อมูลชนิด Variant แม้จะเก็บค่าได้หลายรูปแบบ แต่ว่าต้องใช้เนื้อที่มากกว่าชนิดข้อมูลชนิดอื่นๆ เพราะฉะนั้น การเก็บข้อมูลด้วย Variant จึงต้องใช้ทรัพยากรของระบบมากกว่าปกติ เพราะนอกจากจะเสียเนื้อที่มากยังต้องเสียเวลาให้ Visual Basic เลือกด้วยว่าข้อมูลชนิด Variant ที่เก็บนั้น ควรจะเป็นข้อมูลแบบใดกันแน่

ตัวแปร และการประกาศค่า (Variable and Variable Declaration)

ในการใช้ข้อมูลชนิดต่างๆ เราต้องกำหนดตัวแปรเพื่อให้กับข้อมูลชนิดที่เราต้องการ โดยเราจะต้องประกาศชื่อตัวแปรให้ Visual Basic ได้รู้จักโดยใช้คำสั่ง Dim (ย่อมาจาก Dimension)

Dim ชื่อตัวแปร As ชนิดตัวแปร, ชื่อตัวแปร As ชนิดตัวแปร,....

หากเราไม่มีการระบุชนิดของตัวแปร Visual Basic จะกำหนดให้ชนิดตัวแปรนั้นเป็น Variant

ในบางครั้งการประกาศค่าตัวแปร อาจจะใช้ตัวอักษรพิเศษเขียนต่อท้ายชื่อตัวแปร (Type-declaration character) เพื่อระบุชนิดของตัวแปรได้ เช่นใช้ %ต่อท้ายตัวแปรที่มีชนิดเป็นจำนวนเต็มหรือ $ต่อท้ายตัวแปรที่มีชนิดเป็นสตริง

```
Dim myVar%, yourVar$
```

จะมีค่าเหมือนกับ

```
Dim myVar As Integer, yourVar As String
```

แต่วิธีการดังกล่าวไม่ขอแนะนำให้ใช้ เพราะอาจเกิดความสับสนในการใช้งานจริง

User-Define Type

นอกเหนือจากตัวแปรที่ Visual Basic มีให้เราใช้งาน เราสามารถสร้างตัวแปรชนิดพิเศษของเรา ขึ้นมาเองได้เช่นเดียวกัน แต่ชนิดตัวแปรพิเศษสร้างขึ้นใหม่ก็ยังต้องประกอบด้วยชนิดตัวแปรดั้งเดิมที่มี โดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. ประกาศตัวแปรที่เรากำหนดเองในโมดูลพิเศษ โดยเลือกเมนู Project > Module เพื่อเพิ่ม โมดูล
2. กำหนดชนิดตัวแปรโดยใช้คำสั่ง Type

ค่าคงที่ (Constant)

ในกรณีที่เราต้องการใช้ข้อมูลที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เราจะใช้การกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ซึ่งค่าคงที่แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

User Defined Constant

เป็นค่าคงที่ที่เราเป็นผู้กำหนดเอง โดยใช้คำสั่ง Const ในการประกาศค่าคงที่

Const ชื่อค่าคงที่ As ชนิดข้อมูล = ค่าคงที่นั้น

Pre-Defined Constant

เป็นค่าคงที่ที่ Visual Basic ได้กำหนดค่าไว้แล้ว เรามาทารถนำมาใช้ได้ทันที (โดยเราไม่ต้องประกาศค่าคงที่เหมือนกับ Visual Basic เวอร์ชันเก่าๆที่ต้อง Add Fine Constant.txt เข้ามาด้วย)

ในระหว่างการเขียนโค้ด Visual Basic จะมีการตรวจสอบว่ามี Pre-Defined Constant ใดที่เกี่ยวข้อง ซึ่ง Visual Basic จะนำค่าคงที่ที่เหมาะสมมาแสดงให้เราเพื่อเลือกในขณะที่เขียนโปรแกรมเอง ซึ่งเราเรียกความสามารถนี้ว่า Auto Line Member

Auto Line Member จะใช้งานได้ เราต้องกำหนดใน Options โดยการเลือกเมนู Tool > Options แล้วเลือกแท็บ Editor ดังเช่น การกำหนด Auto List Member ใน Options

การตัดสินใจ (Decision)

ในการเขียนโปรแกรม บางครั้งจำเป็นต้องตัดสินใจให้แอพพลิเคชันทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งจากทางเลือกที่มีจะมีให้เลือกมากกว่า 1 ทางเลือก โดยการตัดสินใจในโปรแกรม (ไม่ว่าจะใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาใดก็ตาม) จะมี 2 ประเภท

1. ตัดสินใจเลือกจากทางเลือก 2 ทางเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50345

2. ตัดสินใจเลือกจากทางเลือกมากกว่า 2 ทางเลือก

If...Then...Else : ตัดสินใจเลือกจาก 2 ทางเลือก

เราจะใช้ If...Then...Else ในการตัดสินใจเมื่อมีทางเลือกให้เลือก 2 ทาง (Yes/No) เป็นการตัดสินเลือกจากทางเลือก 2 ทางเลือก

```
If <ทดสอบเงื่อนไขว่าจริง หรือเท็จ> Then
        ถ้าเป็นจริงให้ทำงานหลังคำว่า Then
Else
        ถ้าเป็นเท็จให้ทำงานหลังคำว่า Else
End If
```

ในบางครั้งเราก็อาจจะใช้ If...Then...Else เพื่อตัดสินใจเลือก จากทางเลือกมากกว่า 2 ทางเลือก

```
If <ทดสอบเงื่อนไขว่าจริง หรือเท็จ> Then
        ถ้าเป็นจริงให้ทำงานหลังคำว่า Then
Else If <ทดสอบเงื่อนไขว่าจริง หรือเท็จ> Then
        ถ้าเป็นจริงให้ทำงานหลังคำว่า Then เสมอ
End If
          :
          :
        ถ้าเป็นเท็จให้ทำงานหลังคำว่า Else
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Select..Case : ตัดสินใจเลือกมากว่า 2 ทางเลือก

เป็นการตัดสินใจเลือกจาก 2 ทางเลือก

```
Select Case <ทกสอบเงื่อนไข>
        Case เงื่อนไขแรก : <ทำงานตามเงื่อนไขแรก>
        Case เงื่อนไขสอง : <ทำงานตามเงื่อนไขที่สอง>
         :
         :
        Case สุดท้าย : <ทำงานตามเงื่อนไขสุดท้าย>
        Case Else : <เมื่อไม่ตรงกับเงื่อนไขใดๆเลย ทำงานหลังคำว่า
Else>
End Select
```

การวนซ้ำ (Iteration)

การเขียนโปรแกรม เราอาจจำเป็นต้องสั่งให้แอพพลิเคชันทำงานวนซ้ำตามจำนวนครั้งที่ต้องการได้ ซึ่งรูปแบบของวนซ้ำมี 2 รูปแบบได้แก่

1. การวนซ้ำด้วยจำนวนรอบที่แน่นอน
2. การวนซ้ำด้วยจำนวนรอบที่ไม่แน่นอน

For...Next : วนซ้ำด้วยจำนวนรอบที่แน่นอน

```
เป็นรูปแบบการวนซ้ำที่เราสามารถกำหนดรอบของการวนซ้ำได้แน่นอน
For ตัวแปรใช้นับจำนวนรอบ = จำนวนรอบเริ่มต้น To จำนวนรอบสุดท้าย
                <ทำงานตามคำสั่ง>
```

Next ตัวแปรที่ใช้นับจำนวนรอบ

จะเห็นได้ว่าเราต้องใช้ตัวแปร 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวนับรอบในการวนซ้ำ ซึ่งตัวนับนี้สามารถนับได้ทั้งแบบเดินหน้าและถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

While...Wend : วนซ้ำด้วยจำนวนรอบที่ไม่แน่นอน

เป็นรูปแบบการวนซ้ำที่ไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขการวนซ้ำได้ โดยอาศัยการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนการวนซ้ำว่าต้องวนซ้ำอีกหรือไม่

```
While   <ทดสอบเงื่อนไขจริงหรือเท็จ>
            <ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง  ให้ทำงานตามคำสั่ง>
Wend
```

สำหรับเงื่อนไขจากการหลุดจากการวนซ้ำนั้นจะต้องทำให้เงื่อนไขเป็นเท็จ (False) เท่านั้นจึงจะหลุด

Do/While...Until/Loop : วนซ้ำด้วยจำนวนรอบที่ไม่แน่นอน

นอกเหนือจากการ While...Wend ในการวนซ้ำแล้ว เรายังใช้การวนซ้ำแบบตรวจสอบเงื่อนไขได้อีกหลายๆแบบได้แก่

```
Do  While   <ทดสอบเงื่อนไขจริงหรือเท็จ>
        <ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง  ให้ทำงานตามคำสั่ง>
Loop
```

```
Do  Until   <ทดสอบเงื่อนไขจริงหรือเท็จ>
        <ถ้าเงื่อนไขยังเป็นเท็จอยู่  ให้ทำงานตามคำสั่ง>
Loop
```

```
Do
        <ทำงานตามคำสั่ง>
Loop  While   <ทดสอบเงื่อนไขจริงหรือเท็จ  ถ้าเป็นจริงให้กลับไปทำงานอีกรอบ>
```

```
Do
        <ทำงานตามคำสั่ง  ก่อน  1  รอบ>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Loop  Until  <ทดสอบเงื่อนไขจริงหรือเท็จ  ถ้าเป็นเท็จให้กลับไปทำงานอีกรอบ>
```

จะเห็นว่าเราสามารถตรวจสอบเงื่อนไขได้ 2 แบบ

ข้อมูลตัวที่ 1
ข้อมูลตัวที่ 2
ข้อมูลตัวที่ 3
ข้อมูลตัวที่ 4
ข้อมูลตัวที่ 5

- While จะหลุดจากการวนซ้ำได้เมื่อทดสอบเงื่อนไขแล้วเป็นเท็จ (False)
- Until จะหลุดจากการวนซ้ำได้เมื่อทดสอบเงื่อนไขแล้วเป็นจริง (True)

นอกจากนี้ยังสามารถวางตำแหน่งการตรวจสอบเงื่อนไขได้ว่าจะตรวจสอบก่อนการวนซ้ำหรือหลังจากการวนซ้ำ

ควรตรวจสอบเงื่อนไขของการวนซ้ำให้ดี เพราะมิฉะนั้นจะเกิดการวนซ้ำแบบไม่มีที่สิ้นสุดและเกิดข้อผิดพลาดได้

กระโดดจากการวนซ้ำ

ในบางครั้งเราจำเป็นต้องกระโดดออกจากการวนซ้ำ ด้วยเงื่อนไขบางอย่างก็สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง Exit For, Exit Loop

อาร์เรย์ และไดนามิกอาร์เรย์ (Array And Dynamic array)

ถ้าเราจำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่มีชนิดเดียวกันไว้เป็นชุด โดยเก็บไว้ในตัวแปรชื่อเดียว เราจะใช้อาร์เรย์ในการเก็บ

ในการประกาศใช้อาร์เรย์เรากำหนดได้ดังนี้

```
Dim  ชื่ออาร์เรย์ (ขอบเขตล่าง To ขอบเขตบน,...) As ชนิดข้อมูลที่เก็บในอาร์เรย์
```

ตัวอย่างการประกาศอาร์เรย์ในรูปแบบต่างๆ

```
Dim  myArray (1 To 5) As  String
Dim  yourArray (-4 To 5) As  String
Dim  ourArray (1 To 5,-4 To 5) As  String
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประกาศใช้อาร์เรย์ เราจะต้องกำหนดขนาดของอาร์เรย์ว่าจะเก็บข้อมูลได้กี่ค่า (Array Size) และจะเห็นว่าอาร์เรย์ที่เราใช้งานกันนั้นสามารถเก็บได้หลายมิติ (Dimensions) เช่น อาร์เรย์ 2 มิติ, อาร์เรย์ 3 มิติ เป็นต้น สำหรับการอ้างอิงถึงค่าในอาร์เรย์จะทำได้โดยการระบุอินเด็กซ์ของอาร์เรย์ (Index of Array)

แม้ว่า Visual Basic จะไม่ได้จำกัดมิติของอาร์เรย์ที่ประกาศไว้ที่ แต่ส่วนใหญ่อาร์เรย์ที่เราใช้งานมักมีมิติไม่มากนัก (มักจะไม่เกิน 3 มิติ) ซึ่งทำให้การอ้างอิง และการทำความเข้าใจเป็นไปได้ไม่ลำบาก

ไดดามิกอาร์เรย์ (Dynamic Array)

ในบางครั้งของการทำงานโดยใช้อาร์เรย์เราอาจจะประสบกับปัญหาต่อไปนี้

1. ไม่สามารถจะบอกขนาดของอาร์เรย์ได้อย่างชัดเจน
2. การประกาศขนาดของอาร์เรย์ที่มีขนาดใหญ่ แต่เวลาใช้งานจริงกลับใช้ได้ไม่เต็มที่ ซึ่งจะเกิดการสูญเสียทรัพยากรระบบโดยที่ไม่จำเป็น และอาจทำให้แอพพลิเคชันของระบบทำงานช้าลงด้วย
3. ต้องประกาศอาร์เรย์ขนาดใหญ่ แต่ยังไม่ถูกใช้งานทันที ทำให้หน่วยความจำถูกนำไปครอบครองโดยไม่มีการใช้งาน

ดังนั้นไดนามิกอาร์เรย์จึงเกิดขึ้น โดยไดนามิกอาร์เรย์จะยอมให้เรากำหนดขนาดของอาร์เรย์ในขณะรันแอพพลิเคชัน โดยเราจะเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมให้กับอาร์เรย์

ในการประกาศใช้อาร์เรย์เรากำหนดได้ดังนี้

```
Dim ชื่อไดนามิกอาร์เรย์ () As ชนิดของข้อมูลที่เก็บในไดนามิกอาร์เรย์
```

เมื่อเราต้องการปรับขนาดของไดนามิกอาร์เรย์เราจะใช้การเปลี่ยนขนาดดังนี้

```
Redim ชื่อไดนามิกอาร์เรย์ (ขนาดอาร์เรย์ที่กำหนดใหม่)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อย (Procedure)

ในการเขียนโปรแกรม ย่อมเกิดการทำงานที่ซ้ำๆกัน เราสามารถลดการทำงานที่ซ้ำๆ นั้น โดยการเขียนโปรแกรมย่อยเก็บไว้ เมื่อเราต้องการทำงานแบบเดิมอีก เราก็เพียงแต่เรียกโปรแกรมย่อยนั้นมาใช้งาน ทำให้ลดเวลาการเขียนโปรแกรม และลดความยุ่งยากของโปรแกรมที่เขียนด้วย

โปรแกรมย่อยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของการคืนค่ากลับมาหลังจากจบโปรแกรมย่อย

Sub (Sub Routine)

สับรูทีน เป็นโปรแกรมย่อยที่เราเขียนขึ้นมา เมื่อโปรแกรมย่อยทำงานเสร็จแล้วจะไม่มีการคืนค่าใดๆ กลับมายังผู้ที่เรียกใช้งาน ซึ่งสับรูทีนมีโครงสร้างดังนี้

```
Sub   ชื่อสับรูทีน (รายการอาร์กิวเมนต์มีหรือไม่มีก็ได้)
                :
          <คำสั่งใน Visual Basic>
                :
End   Sub
```

เมื่อประกาศสับรูทีนแล้วเราก็สามารถเรียกใช้งานสับรูทีนได้

Function

ฟังก์ชัน เป็นโปรแกรมย่อยที่ต้องคืนค่ากลับมาหาผู้เรียกใช้ หลังจากจบโปรแกรมการทำงานแล้วเสร็จ ซึ่งฟังก์ชันมีโครงสร้างดังนี้

```
Function   ชื่อฟังก์ชัน (รายการอาร์กิวเมนต์มีหรือไม่มีก็ได้)
                :
          <คำสั่งใน Visual Basic>
                :
          ชื่อฟังก์ชัน = ค่าที่คืนกลับ
End   Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันนั้นจะต้องมีการคืนค่ากลับให้ผู้เรียกใช้งาน โดยเราจะระบุชื่อฟังก์ชันไว้ในบรรทัดสุดท้ายก่อนจบการทำงานของฟังก์ชันเสมอ และกำหนดค่าให้เพื่อเป็นค่าที่คืนกลับผู้เรียกใช้

ฟังก์ชัน Visual Basic เตรียมไว้ให้ใช้งาน

นอกเหนือจากโปรแกรมย่อยที่เราเขียนขึ้นมาเพื่อลดความยุ่งยากในการพัฒนาแอพพลิเคชัน Visual Basic ก็ยังเตรียมฟังก์ชันที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมอีกมากมาย

กลุ่มฟังก์ชัน	ชื่อฟังก์ชัน	คำอธิบาย
วันเวลา	Data	แสดงวันที่,เดือน,ปี,ปัจจุบัน โดยยึดวันที่จาก System clock
	Day	แสดงส่วนที่เป็นวันที่ เมื่อกำหนดวันเดือนปีให้
	Month	แสดงส่วนที่เป็นเดือน เมื่อกำหนดวันเดือนปีให้ (เป็นตัวเลขตั้งแต่ 1-12)
	Year	แสดงส่วนที่เป็นปี เมื่อกำหนดวันเดือนปีให้ (เป็นตัวเลข 4 หลัก)
	Weekday	เมื่อวันที่ในสัปดาห์แทนด้วยตัวเลข (อาทิตย์ = 1, เสาร์ = 7)
	Time	แสดงเวลา ณ ขณะเรียกใช้ฟังก์ชันโดยยึดจาก System clock
	Now	แสดงวันที่และเวลา
	Hour	แสดงส่วนที่เป็นชั่งโมง เมื่อกำหนดเวลาให้
	Minute	แสดงส่วนที่เป็นนาที เมื่อกำหนดเวลาให้
	Second	แสดงส่วนที่เป็นวินาที เมื่อกำหนดเวลาให้
คณิตศาสตร์	Abs	หาค่าสัมบูรณ์ของตัวเลข
	Sqr	หาค่ารากที่ 2
	Int	หาจำนวนเต็มเมื่อกำหนดเลขทศนิยมโดยจะปัดลง
	Fix	หาจำนวนเต็มเมื่อกำหนดเลขทศนิยมโดยจะปัดลง ยกเว้นเลขลบปัดขึ้น
	Sin	หาค่า Sine ในทางตรีโกณมิติ
	Exp	หาค่า Exp
	Sgn	แสดงเครื่องหมายของตัวเลข
สตริง	Cstr	แปลงข้อมูลใดๆให้เป็นสตริง
	Len	หาความยาวของสตริง
	Mid	หาสตริงย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	InStr	หาตำแหน่งของสตริงย่อย
	StrComp	เปรียบเทียบข้อมูลในสตริง
Input/Output	InputBox	รับข้อมูลจากผู้ใช้งาน
	MsgBox	แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์โต้ตอบกับผู้ใช้งาน
อื่นๆ	Beep	ส่งเสียงบี๊ปที่ลำโพงของเครื่องPC
	DateDiff	หาผลต่างระหว่างวันที่ 2 วัน
	Llf	คล้ายกับ If...Then...Else

เราสามารถเรียกใช้งานฟังก์ชันที่ Visual Basic เตรียมไว้ให้โดยเขียนแทรกในโปรแกรมได้ทันที

ขอบเขตของตัวแปร และค่าคงที่ (Scoping)

ตัวแปร หรือค่าคงที่ที่เราประกาศใช้งานนั้น มีขอบเขตการใช้งาน โดยแบ่งขอบเขตของตัวแปร และค่าคงที่ใน Visual Basic ออกเป็น

Local	เป็นขอบเขตที่เล็กที่สุด อาจจะอยู่ใน Sub หรือ ฟังก์ชันที่เราเขียนขึ้นมา เมื่อจบการทำงานของ Sub ตัวแปร หรือค่าคงที่นั้นจะไม่ถูกเก็บไว้
Module	เป็นขอบเขตที่กว้างกว่า Local เช่น อยู่ภายในฟอร์มเดียวกันหรือในโมดูลเดียวกันโดยค่าตัวแปรหรือค่าคงที่นั้นจะเก็บค่าใช้งานตลอดทั้งโมดูล
Globa	เป็นขอบเขตที่ใหญ่ที่สุด ประกอบด้วยโมดูลต่างๆ

การผ่านค่าให้โปรแกรมย่อย หรือฟังก์ชัน (Passing Argument)

ที่ผ่านมาเราจะเห็นว่าในการใช้งาน Sub, Function หรือแม้กระทั่งฟังก์ชันที่ Visual Basic เตรียมไว้ให้เราจะต้องมีการส่งข้อมูลไปให้ โปรแกรมย่อย หรือฟังก์ชันนำไปประมวลผล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์กลับมาเราเรียกข้อมูลที่ส่งไปให้โปรแกรมย่อยหรือฟังก์ชันว่า อาร์กิวเมนต์ ซึ่งมีรูปแบบการส่งอาร์กิวเมนต์อยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่

Pass By Value	เป็นการผ่านค่าโดยจะก็อปปี้ค่าที่ผ่าน แล้วส่งไปให้โปรแกรมย่อยที่ต้องการ แม้ว่าภายในโปรแกรมย่อยมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่ผ่านไปให้นั้น ก็จะไม่มีผลใดๆ ต่อค่าที่ผ่านซึ่งอยู่ภายนอกโปรแกรมย่อยนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Press By Reference	เป็นการผ่านค่าโดยการบอกตำแหน่งในหน่วยความจำที่เก็บค่าที่จะผ่านนั้นไว้ เพราะฉะนั้น ถ้าภายในโปรแกรมย่อยมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่ผ่านไปให้ย่อมส่งผลโดยตรงของค่าที่จะผ่านซึ่งอยู่ภายนอกโปรแกรมย่อยนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตขนาน

การประมวลผลข้อมูลเพื่องานควบคุมนั้น สิ่งแรกจะต้องมีส่วนของสัญญาณอินพุตซึ่งอาจจะมาจากตัวตรวจจับต่างๆ ผ่านวงจรภาคหน้าเพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณอินพุตให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลอินพุตถูกส่งเข้าคอมพิวเตอร์แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไปยังภายนอกผ่านอุปกรณ์เอาต์พุตต่อไป ซึ่งอาจจะเป็นการส่งออกไปยังจอภาพ หรือออกไปยังจุดเชื่อมต่ออื่นๆ เพื่อควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตต่อไป

การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกทั้งส่วนของภาคอินพุตและภาคเอาต์พุตสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- เชื่อมต่อผ่านทางการ์ดอินพุตเอาต์พุต ซึ่งใช้วิธีการเสียบหรือติดตั้งการ์ดลงในสล็อตภายในเครื่องคอมพิวเตอร์
- เชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม
- เชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตขนาน

เชื่อมต่อผ่านระบบมาตรฐานอื่นๆ เช่น พอร์ต USB (Universal Serial Bus) พอร์ต SCSI หรือพอร์ต GAME เป็นต้น

ทำไมถึงเลือกใช้งานพอร์ตขนาน

เมื่อเทียบกับการใช้งานการ์ดอินพุตเอาต์พุตที่ต้องติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วพอร์ตขนานมีข้อได้เปรียบเทียบอยู่หลายประการดังนี้

ในด้านความปลอดภัย การที่ต้องถอดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์ออกมาเพื่อเสียบการ์ดเชื่อมต่อลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับส่วนอื่นๆ ของคอมพิวเตอร์ได้ถ้าผู้ที่ใช้งานไม่มีความชำนาญหรือเกิดการต่อวงจรที่ผิดพลาด

ในด้านการเข้ากันได้กับคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ การเชื่อมต่อโดยใช้การ์ดที่เสียบลงในสล็อตไม่สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันได้ทุกรุ่นยกตัวอย่างคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กจะไม่มีสล็อตเสียบแต่จะมีที่เสียบการ์ด PCMCIA แทน ในขณะที่พอร์ตขนานจะมีติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องทั้งนี้เพื่อใช้ในการติดต่อกับเครื่องพิมพ์

ข้อจำกัดด้านพื้นที่ คอมพิวเตอร์บางเครื่องมีการเสียบการ์ดเชื่อมต่อตัวอื่นๆอยู่แล้ว เช่น การ์ดเสียง การ์ดโมเด็ม เป็นต้น จนไม่มีสล็อตเหลือพอสำหรับการเสียบการ์ดเชื่อมต่อเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อต่อทางพอร์ตขนานสามรถทำได้ง่ายๆ เพื่อต่อสายสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ DB-25 ของพอร์ตขนาน

จำนวนช่องสัญญาณอินพุตเอาต์พุต พอร์ตขนานมีจำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุตมากเพียงพอที่จะนำไปใช้งานต่างๆ และยังสามารถขยายให้มีจำนวนพอร์ตเพิ่มขึ้นได้ โดยพอร์ตขนานปกติมีจำนวนขาเอาต์พุต 12 ขา และขาอินพุต 5 ขา

ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลกับพอร์ตขนาน มีความเร็วเท่ากับการติดต่อกับระบบบัสโดยตรง และมีความเร็วมากกว่าการติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม

อะไหล่และชิ้นส่วนประกอบ คอนเน็กเตอร์และสายเชื่อมต่อต่างๆ ของการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตขนาน หาได้ง่ายและราคาไม่แพง หรือจะสร้างขึ้นเองก็สามารถทำได้อย่างง่ายดาย

จากคุณสมบัติดังที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้พอร์ตขนานเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อควบคุมหรือรับสัญญาณข้อมูล นอกจากนั้นหากนำคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมง่ายๆ ผ่านระบบปฏิบัติการวินโดวส์ด้วยโปรแกรม Visual BASIC ก็จะสามารถสร้างระบบเชื่อมต่อที่สมบูรณ์และใช้งานได้ไม่ยาก

ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน (Parallel Port) สาเหตุที่มีชื่อนี้ เนื่องการถ่ายทอดข้อมูลของพอร์ตนี้เป็นแบบขนาน สำหรับชื่อเรียกอีกชื่อของพอร์ตขนานคือ พอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port) เนื่องจากพอร์ตนี้ใช้สำหรับต่อเครื่องพิมพ์นั่นเอง

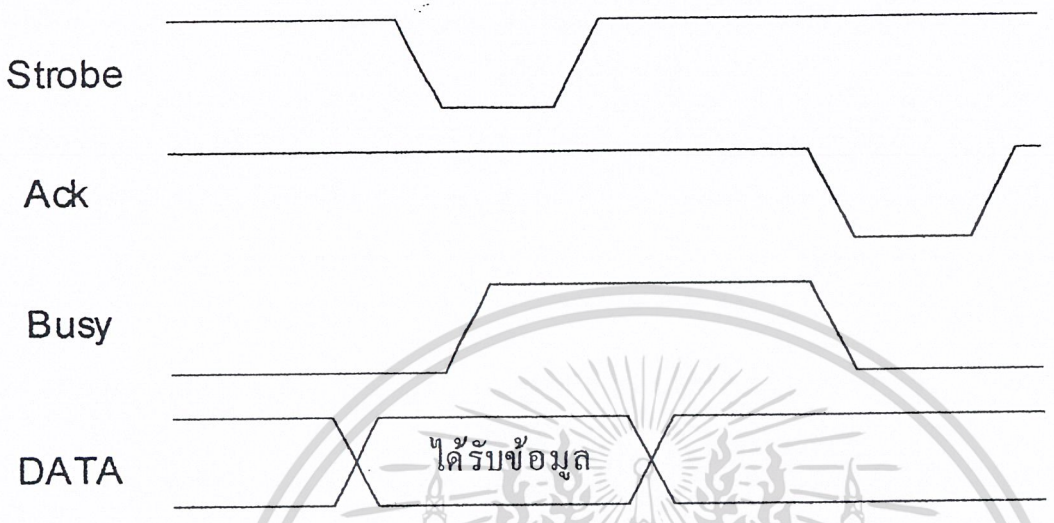
ด้วยการถ่ายทอดข้อมูลแบบขนานนี้เอง ทำให้พอร์ตขนานมีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลสูงกว่าการถ่ายทอดข้อมูลแบบอนุกรมประมาณ 8 – 10 เท่า และการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นพอร์ตขนานจึงสามารถรองรับการถ่ายทอดข้อมูล 8 บิตได้โดยไม่ต้องต่อส่วนเพิ่มเติมใดๆ

ลักษณะทางกายภาพของพอร์ตขนาน

เพื่อให้เข้าใจถึงการนำเอาพอร์ตขนานไปใช้งาน ก่อนอื่นต้องมาทำความเข้าใจก่อนว่าปกตินั้นการสั่งพิมพ์งานจากคอมพิวเตอร์ไปยังพอร์ตขนานนั้นมีรูปแบบการทำงานทำงานภายในอย่างไร ในรูปที่ 1-1 แสดงไดอะแกรมเวลาระหว่างพอร์ตขนานกับเครื่องพิมพ์ ซึ่งจะเห็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่ามีสัญญาณที่จะใช้งานจริงๆ มีไม่มาก เริ่มจากสัญญาณพอร์ต DATA ถูกส่งออกไปยังเครื่องพิมพ์พร้อมทั้งส่งสัญญาณ Strobe ออกไปด้วย เพื่อให้เครื่องพิมพ์



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมเวลาของการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์

รับรู้ว่ามีการส่งข้อมูลใหม่เข้ามาที่ขา Data แล้ว จากนั้นคอมพิวเตอร์จะต้องรอการตอบกลับจากเครื่องพิมพ์ นั่นคือเครื่องพิมพ์จะสร้างสัญญาณ Busy หรือ เพื่อบอกว่าเครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมจะรับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งเมื่อเครื่องพิมพ์พร้อม เครื่องพิมพ์จะสร้างสัญญาณ ACK ส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งว่า พร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่แล้ว

สัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิต, สัญญาณ Strobe และสัญญาณ ACK (acknowledge) เป็นสัญญาณที่สำคัญในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ นอกจากสัญญาณทั้งสามแล้ว ส่วนใหญ่การติดต่อกับเครื่องพิมพ์ยังต้องมีสัญญาณอื่นๆ ร่วมด้วย เนื่องจากเครื่องพิมพ์ต้องทำหน้าที่ถึง 3 อย่างด้วยกันคือ รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์, พิมพ์ข้อมูลที่รับเข้ามา และตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้ เช่น การเปลี่ยนฟอนต์ เป็นต้น บางครั้งอาจเกิดเหตุการณ์ที่ไม่ปกติ เช่น บัฟเฟอร์ สำหรับข้อมูลเต็ม (เนื่องจากเครื่องพิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานทางกลย่อมทำงานได้ช้ากว่าการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์) เครื่องพิมพ์จะต้องแจ้งไปยังคอมพิวเตอร์ให้หยุดส่งข้อมูลชั่วคราว เนื่องจากไม่สามารถรับข้อมูลมากกว่านี้ได้แล้ว สัญญาณที่ส่งจากเครื่องพิมพ์ไปยังคอมพิวเตอร์คือ สัญญาณ Busy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อเครื่องพิมพ์เกิดข้อผิดพลาด เช่น กระดาษติด เครื่องพิมพ์จะต้องแจ้งไปยังคอมพิวเตอร์เช่นกัน โดยสัญญาณที่แจ้งไปยังคอมพิวเตอร์เรียกว่าสัญญาณ Error นอกจากนี้เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการรีเซตเครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์จะต้องส่งสัญญาณ Reset ไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อรีเซตเครื่องพิมพ์ด้วย สามารถสรุปขาสัญญาณที่จำเป็นสำหรับการติดต่อดังในตารางที่ 1-1

จากตารางที่ 1-1 จะเห็นได้ว่าพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ยังแยกย่อยออกเป็นอีก 3 พอร์ต ได้แก่ พอร์ตเอาต์พุตที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ พอร์ตเอาต์พุตสำหรับสัญญาณ Strobe และ Reset พอร์ตอินพุตสำหรับการอ่านค่าสัญญาณ Acknowledge, Busy และสัญญาณ Error จากเครื่องพิมพ์

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

ตารางที่ 1-1 สัญญาณสำคัญๆ ของพอร์ตขนานที่ใช้ติดต่อกับเครื่องพิมพ์

โดยปกติพอร์ตขนานออกแบบมาให้มีสายสัญญาณอยู่ทั้งหมด 17 เส้น สายสัญญาณเหล่านั้นจะมีรีจิสเตอร์ 3 ตัวควบคุมการทำงาน ดังนี้

1. พอร์ตเอาต์พุตสำหรับสัญญาณข้อมูล 8 เส้น มีรีจีสเตอร์ Data ควบคุม
2. พอร์ตอินพุตสำหรับการอ่านค่าสถานะต่างๆ จากภายนอกมีอยู่ด้วยกัน 5 เส้น ใช้รีจิสเตอร์ Status ในการควบคุม
3. พอร์ตเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ภายนอก มีอยู่ด้วยกัน 4 เส้น ใช้รีจิสเตอร์ Control ในการควบคุม

บล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1-2 แสดงระบบบัสของคอมพิวเตอร์สำหรับการติดต่อกับพอร์ตขนาน สัญญาณเอาต์พุตจากพอร์ตขนานจะถูกส่งไปยังคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

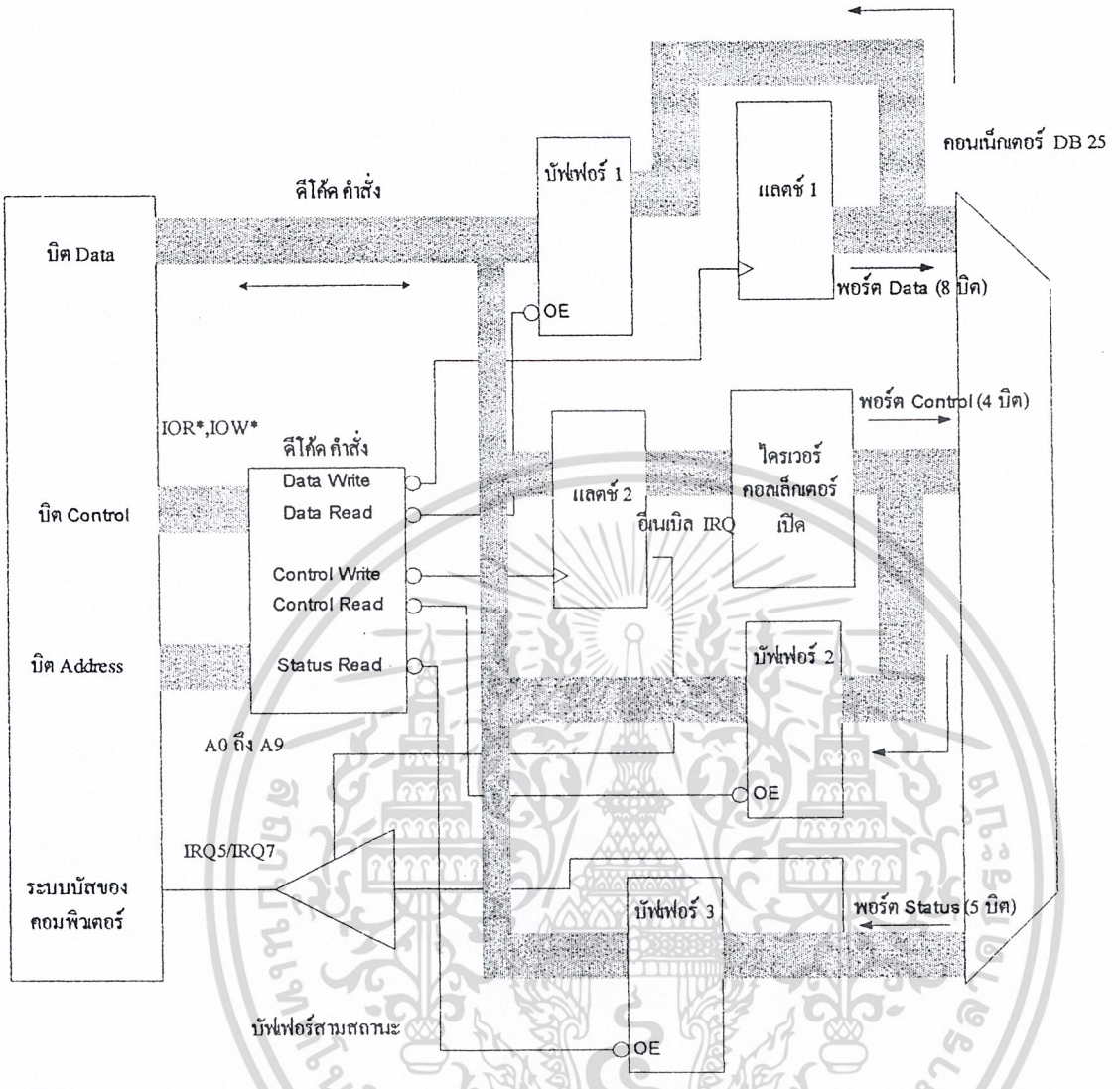
ใหญ่ในปัจจุบันพอร์ตขนานจะมีมาพร้อมกับเมนบอร์ด ไม่จำเป็นต้องใช้การ์ดเสียบเพิ่มเติมเหมือนในอดีต พร้อมทั้งมีฟังก์ชันการทำงานที่ซับซ้อนขึ้น แต่ยังคงสนับสนุนการทำงานของพอร์ตขนานในรูปแบบมาตรฐาน (SPP) อยู่

เมื่อดูจากรูปที่ 1-1 เทียบการทำงานโดยทั่วไปกับการเชื่อมต่อผ่านการ์ดที่เสียบลงในสล็อตของคอมพิวเตอร์แล้ว พอร์ตขนานจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยการเชื่อมติดต่อกับพอร์ตขนานจะต้องมีการอ้างแอดเดรส ตำแหน่งแอดเดรสที่ใช้อ้างถึงจะเป็นตำแหน่ง A0-A9 และใช้ขา IOR และ IOW สำหรับเป็นตัวเลือกว่าต้องการอ่านหรือเขียนรีจิสเตอร์ตัวใด จากการดีโค้ดแอดเดรส A0-A9 นี้เองทำให้ได้สัญญาณออกมาเพื่อไปควบคุมหรืออีนาเบิลวงจรบัฟเฟอร์ต่างๆ ดั้งนี้

Data Write สัญญาณอีนาเบิลสำหรับนำข้อมูลที่อยู่ในบัส Data ไปออกในที่ขา Data ของพอร์ตขนาน

Data Read สัญญาณอีนาเบิลสำหรับอ่านข้อมูลจากขา Data ของพอร์ตขนานมาเก็บไว้ในบัส Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงระบบบัสภายในของพอร์ตขนาน

Control Write สัญญาณอีนาเบิลสำหรับนำข้อมูลที่อยู่ในบัส Data ไปออกที่ขา Control ของพอร์ตขนาน สำหรับพอร์ตนี้นอกจากจะส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตขนานแล้ว ยังทำหน้าที่อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่พอร์ต Status อีกด้วย

Control Read สัญญาณอีนาเบิลสำหรับอ่านค่าข้อมูลจากขา Control มาเก็บไว้ในบัส Data

Status Read สัญญาณอีนาเบิลสำหรับอ่านค่าข้อมูลขาจากพอร์ต Status มาเก็บไว้ในบัส Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

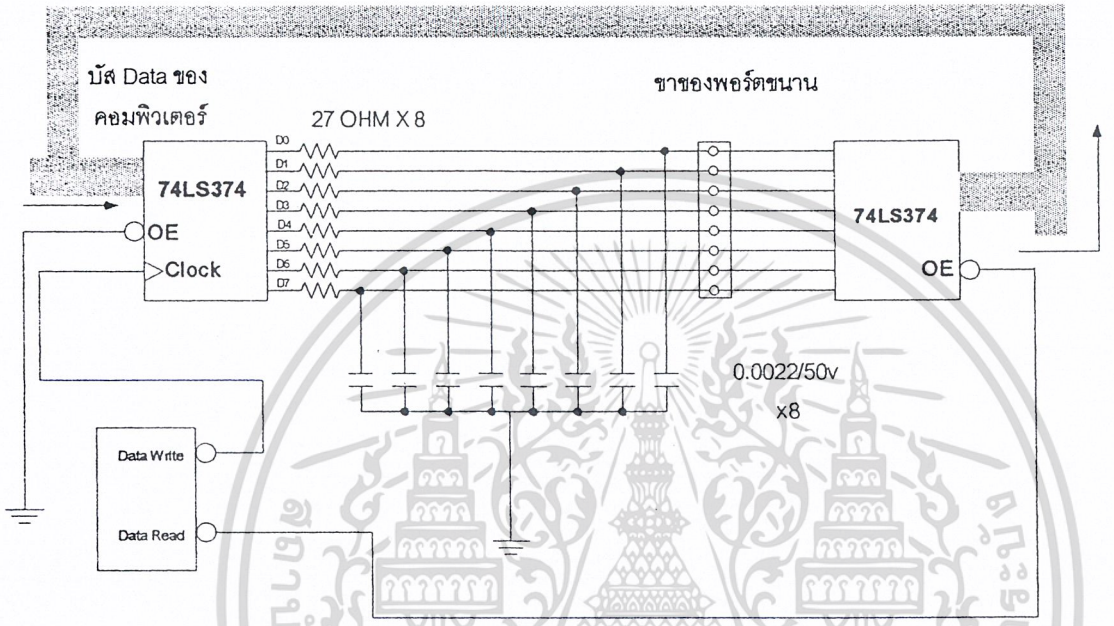
ตารางที่ 1-2 แสดงชื่อและหน้าที่การทำงานของตำแหน่งขาต่างๆ บนพอร์ตขนาน ส่วนในตารางที่ 1-3 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน ซึ่งกำหนดไว้ 3 ตำแหน่งคือ LPT1, LPT2 และ LPT3

DB-25	รีจิสเตอร์	ทิศทาง	ตำแหน่งบิต	ชื่อขาสัญญาณ	หน้าที่การทำงาน
1	Control	Out	CO	STROBE	แอกทีฟ"0"ส่งค่าออกไปเพื่อบอกว่าที่ขาดาต้ามีข้อมูลแล้ว
2-9	Data	Out	D1-D8	DATA1-DATA8	สำหรับพอร์ตขนานมาตรฐานเดิมขานี้ทำหน้าที่เป็นขาส่งข้อมูลเอาต์พุตเท่านั้น สำหรับในปัจจุบันขานี้รับข้อมูลอินพุตได้ด้วย
10	Status	In	S6	nACK	เป็นพัลส์ลอจิก"0"ที่ส่งมาจากเครื่องพิมพ์เพื่อบอกว่าได้รับข้อมูลที่ส่งไปแล้ว
11	Status	In	S7	BUSY	เป็นสัญญาณแจ้งมาจากเครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมรับข้อมูล
12	Status	In	S5	PE	แจ้งกระดาษหมด
13	Status	In	S4	SELECT	แจ้งว่าเครื่องพิมพ์ต่ออยู่
14	Control	Out	C1	AUTO FEED	สั่งเครื่องพิมพ์ให้เลื่อนบรรทัด
15	Status	In	S3	ERROR	สัญญาณจากเครื่องพิมพ์มายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงข้อผิดพลาดจากการพิมพ์
16	Control	Out	C2	INIT	รีเซตเครื่องพิมพ์โดยให้ลอจิก"0"
17	Control	Out	C3	SELECT-IN	ส่งสัญญาณไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อแจ้งว่าต้องการเลือกเครื่องพิมพ์เครื่องนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18-25				GND	กราวด์

ตารางที่ 1-2 แสดงสัญญาณทั้งหมดที่อยู่บนพอร์ตขนาน



รูปที่ 3.3 วงจรภายในพอร์ตดาต้า

พอร์ตดาต้า (Data Port)

จากรูปที่ 1-3 แสดงให้เห็นว่าพอร์ต Data ประกอบด้วยบัฟเฟอร์ 1 ตัวและไอซีแลตช์อีก 1 ตัว เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์จะเขียนข้อมูลไปยังไอซีแลตช์ 1 ตัว ทั้ง 8 บิต เอาต์พุตของไอซีแลตช์ 1 คือ D0-D7 ซึ่งเอาต์พุตนี้จะไปปรากฏอยู่ที่พอร์ตขนานในตำแหน่งขา 2 ถึงขา 9 และที่ขาเอาต์พุตนี้สัญญาณ Data จะส่งกลับไปเป็นอินพุตของบัฟเฟอร์ 1 ด้วย ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านค่าสถานะปัจจุบันที่เกิดขึ้นกลับพอร์ต Data ได้

เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูล ข้อมูลจะถูกส่งมาจากบัสข้อมูลของคอมพิวเตอร์ผ่านไปให้กับไอซี 74LS374 ซึ่งเป็นไอซีแลตช์ข้อมูล และเมื่อต้องการให้ข้อมูลปรากฏที่เอาต์พุต คอมพิวเตอร์จะส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ Data Write ออกไปที่ขา CLK ของ 74LS374 เอาต์พุตจาก 74LS374 จะถูกกรองด้วยวงจร RC ซึ่งประกอบด้วยตัวต้านทานค่า 27 OHM และตัวเก็บประจุ 0.0022 µF เพื่อให้ช่วงเวลาที่เปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" หรือจากลอจิก "1" เป็นลอจิก "0" เป็นไปอย่างช้าๆเนื่องจากการเปลี่ยนแรงดันที่รวดเร็วทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเหนี่ยวนำข้ามไปยังข้อมูลบิตอื่นๆได้ ทำให้ข้อมูลที่ส่งออกไปมีข้อผิดพลาด จากค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในวงจรทำให้เกิดการหน่วงเวลาไปประมาณ 60 นาโนวินาที จากวงจรในรูปที่ 1-3 ทำให้เอาต์พุตของพอร์ต Data มีคุณสมบัติดังนี้

- กระแสซิงก์สูงสุด 24 mA
- กระแสซอร์สสูงสุด 2.6 mA
- ระดับแรงดันของลอจิก "1" ต่ำสุดเท่ากับ 2.4 V
- ระดับแรงดันสูงสุดสำหรับลอจิก "0" เท่ากับ 0.5 V

สำหรับบัฟเฟอร์สำหรับการอ่านข้อมูลกลับได้แก่เบอร์ 74LS244 ซึ่งเมื่อต้องการอ่านค่าคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณ Data Read ออกมาเพื่ออีนาเบิลไอซี 74LS244 สำหรับพอร์ตขนานแบบมาตรฐาน (Standard Parallel Port : SPP) พอร์ต Data จะต้องใช้เพื่อการส่งออกเอาต์พุตเท่านั้น แต่สำหรับพอร์ตขนานที่มีการสื่อสาร 2 ทิศทาง (Bidirectional Parallel Port)สามารถอ่านค่าจากพอร์ต Data ได้ด้วย แต่ก่อนที่จะอ่านค่าต้องจำไว้เสมอว่าจะต้องป้อนค่าเอาต์พุตให้มีค่าลอจิก "1" ทั้งหมดก่อน

พอร์ต Control

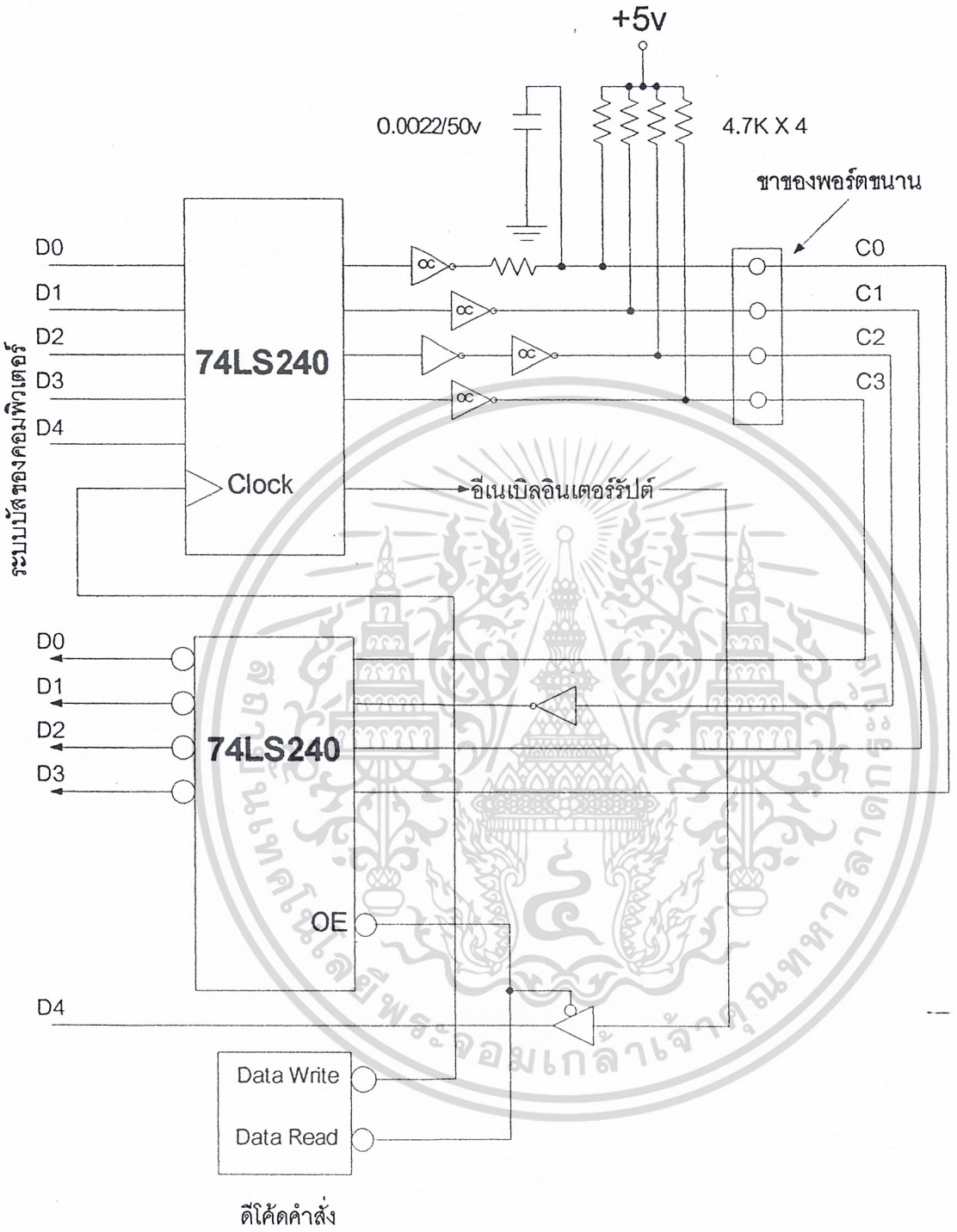
พอร์ต Control ใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องพิมพ์ ตารางที่ 1-2 จะเห็นได้ว่าพอร์ต Control ประกอบไปด้วยบิตเอาต์พุต 4 บิตที่ต่อออกไปยังเครื่องพิมพ์ ส่วนบิตอินาเบิลอินเตอร์รัปต์ไม่ได้ถูกต่อออกไป รูปที่ 1-4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของพอร์ต Control เอาต์พุตของพอร์ต Control มีอินเวอร์เตอร์แบบคอลเล็กเตอร์เปิดต่อร่วมอยู่ โดยเอาต์พุตเหล่านี้จะถูกพูลอัปไว้ด้วยตัวต้านทานค่า 4.7 k สำหรับบิต C2 จะผ่านอินเวอร์เตอร์ถึงสองตัวทำให้ที่เอาต์พุตของบิต C2 ไม่มีการกลับสถานะลอจิก

สถานะของพอร์ต Control สามารถอ่านกลับได้โดยการใช้บัฟเฟอร์เบอร์ 74LS240 ซึ่งเอาต์พุตของ 74LS240 มีอินเวอร์เตอร์อยู่ภายใน ทำให้ค่าที่อ่านได้ตรงกับค่าที่ส่งออกไปการควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ต Control คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลมาที่ขา Control Write และ Control Read

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเอาต์พุตของพอร์ต Control เป็นแบบคอลเล็กเตอร์เปิด ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถใช้พอร์ตนี้ในการอ่านค่าสัญญาณอินพุตจากภายนอกได้ โดยก่อนที่จะอ่านค่าจะต้องทำให้ขาพอร์ตที่ต้องการอ่านค่ามีลอจิก "1" เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรภายในพอร์ต Control พอร์ตแสดงสถานะหรือพอร์ต Status

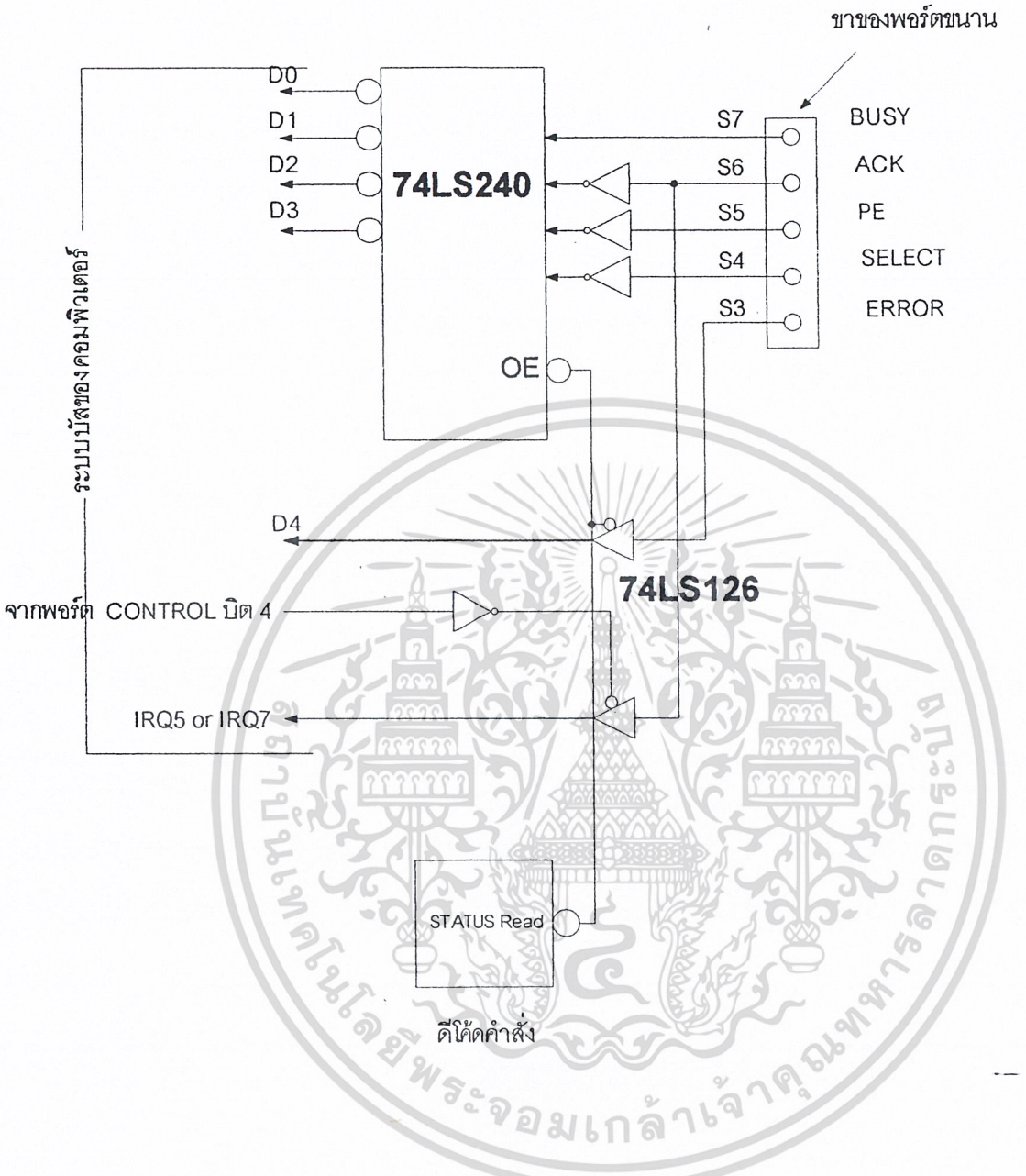
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต Status เป็นพอร์ตที่คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับการอ่านค่าสถานะจากเครื่องพิมพ์ รูปที่ 1-5 แสดงรายละเอียดภายในของพอร์ต Status จะสังเกตได้ว่ามีขาสัญญาณอยู่ทั้งหมด 5 สัญญาณด้วยกันและจะเรียกชื่อเป็น S3, S4, S5, S6 และ S7 ซึ่งตัวเลขนั้นหมายถึงตำแหน่งบิตของขาเหล่านี้ภายในรีจีสเตอร์ Status นั่นเอง สำหรับบิต S7 จะมีข้อแตกต่างจากบิตอื่นๆ ที่เมื่อสัญญาณจากภายนอกส่งเข้ามาแล้วจะไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์ ในขนาดที่ขาอื่นๆ ผ่านอินเวอร์เตอร์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อข้อมูลผ่านจากขาอินพุตไปยัง 74LS240 ซึ่งเอาต์พุตมีการกับสถานะทำให้บิต S7 เป็นบิตเดียวที่มีการกับสถานะ นอกจากนี้ในการใช้งานถ้าต้องการให้มรการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากขอบขาขึ้นของขา S6 สามารถกำหนดค่าได้จากพอร์ต Control บิต 4

การนำพอร์ตขนานไปใช้งาน

สำหรับพอร์ตขนานแบบมาตรฐานผู้ใช้งานสามารถนำพอร์ตอินพุต 5 บิต (พอร์ต Status) พอร์ตเอาต์พุต 4 บิต (พอร์ต Control) และพอร์ตเอาต์พุตอีก 8 บิต (พอร์ต Data) ไปใช้งานได้โดยตรง โดยที่ 4 บิต ของพอร์ตเอาต์พุตหรือพอร์ต Control นั้นสามารถดัดแปลงให้ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตขนาด 4 บิตได้ด้วยดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถนำสัญญาณจากพอร์ตขนานที่มากถึง 17 เส้น ไปใช้งานในการควบคุมโดยใช้ระดับสัญญาณ TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรภายในของพอร์ตแสดงสถานะ

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนาน

พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์จะมีลักษณะเช่นเดียวกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตตัวอื่นๆ คือเมื่อต้องการติดต่อจะต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการติดต่อด้วย ตารางที่ 1-3 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่งคือ แอดเดรสของรีจีสเตอร์ Data, รีจีสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Status, และรีจีสเตอร์ Control โดยแอดเดรสนี้จะมีทั้งหมด 3 ชุด สำหรับพอร์ตขนาน 3 ชุด คือ LPT1, LPT2, และ LPT3

พอร์ตขนาน	LPT1:		LPT1:		LPT1:	
	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก
DATA	888	378H	956	3BCH	632	278H
STATUS	889	379H	657	3BDH	633	279H
CONTROL	890	37AH	958	3BEH	634	27AH

ตารางที่ 1-3 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual BASIC

การเขียนโปรแกรมด้วย Visual BASIC ชุดคำสั่งส่วนใหญ่มีรูปแบบใกล้เคียงกับ QBASIC แต่ Visual BASIC จะไม่มีคำสั่งติดต่อกับพอร์ตโดยตรงคือ คำสั่ง Inp() และคำสั่ง OUT เหมือนกับ QBASIC ดั้งนั้นเพื่อให้สามารถติดต่อกับพอร์ตขนานได้จึงจำเป็นต้องเพิ่มโปรแกรมบางตัวเข้าไป โดยโปรแกรมที่เพิ่มเข้าไปนี้จะอยู่ในรูปของ DLL (Dynamic Linked Library)

ไฟล์ DLL นี้จะมีอยู่ 2 ไฟล์คือ inpout.dll และ inpout32.dll โดย inpout.dll นั้นใช้สำหรับระบบปฏิบัติการ 16 บิตหรือวินโดรส์ 3.1 นั่นเอง ส่วน inpout32.dll จะใช้สำหรับระบบปฏิบัติการที่เป็น 32 บิตซึ่งก็คือวินโดรส์ 95 หรือ วินโดรส์ 98

สำหรับตำแหน่งที่ใช้เก็บไฟล์ inpout.dl หรือ inpout32.dll นั้นจะต้องเก็บไว้ที่ไดเรกตอรี่ SYSTEM อยู่ภายในไดเรกตอรีที่เก็บโปรแกรม วินโดรส์ โดยส่วนใหญ่จะมีชื่อเป็น WINDOWS

Visual BASIC จึงไม่รวมคำสั่ง Inp และคำสั่ง Out ไว้ในโปรแกรม Visual BASIC เนื่องจากการเขียนและอ่านข้อมูลไปยังพอร์ตหรือหน่วยความจำโดยตรงนี้อาจทำให้เกิดมีปัญหาแฮงก์หรือทำงานผิดพลาดและ Visual BASIC เป็นระบบปฏิบัติการที่ทำงานบนวินโดรส์ซึ่งมีการทำงานแบบมัลติทาร์สกิ้ง มีโปรแกรมหลายๆตัวทำงานพร้อมกันอยู่ เมื่อเกิดความเสียหายกับโปรแกรมตัวหนึ่งก็อาจส่งผลให้โปรแกรมที่ทำงานอยู่ทั้งหมดเสียหายได้ นอกจากนี้การเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลโดยตรงไปยังพอร์ต อาจจะไปทับกับโปรแกรมอื่นๆ ที่มีการเขียนข้อมูลไปยังพอร์ตส่งผลให้โปรแกรมทำงานพลาด

สำหรับวินโดรส์ 95 นอกจากจะสามารถใช้งาน DLL ในการติดต่อกับพอร์ตโดยตรงแล้วยังสามารถใช้งานโปรแกรมประเภท Visual Device Driver (Vxd) ในการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต โดย Vxd จะตัดปัญหาเรื่องการเข้าถึงพอร์ตพร้อมกันของโปรแกรมหลายๆตัวได้แต่สำหรับโปรแกรมสั้นๆ เช่น โปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิ โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตปกติซึ่งไม่มีการติดต่อกับพอร์ตอยู่ตลอดเวลา คำสั่ง Inp และ Out ใน DLL ก็ยังทำงานได้ดีและมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายกว่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่ออุปกรณ์อินพุต เอาต์พุตอย่างง่าย

รีจีสเตอร์ของพอร์ตขนานสามารถแบ่งได้ 3 รีจีสเตอร์ คือ

1. รีจีสเตอร์ Data ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต
2. รีจีสเตอร์ Status ทำหน้าที่เป็นอินพุต
3. รีจีสเตอร์ Control ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต

ดังนั้นถ้าผู้ใช้งานต้องการส่งค่าออกเอาต์พุตก็จะต้องใช้รีจีสเตอร์ Data หรือ รีจีสเตอร์ Control ส่วนถ้าต้องการรับค่าจากอินพุต ผู้ใช้งานต้องใช้งานรีจีสเตอร์ Status ในการอ่านค่าอินพุต การจะอ้างรีจีสเตอร์แต่ละตัวนั้น ผู้ใช้งานจะต้องใช้ตำแหน่ง Address เป็นตัวอ้าง

โดยปกติแล้ว Visual BASIC ไม่มีคำสั่ง OUT เหมือนกับ Q BASIC ดังนั้นเพื่อให้ Visual BASIC สามารถใช้คำสั่งนี้ได้จำเป็นต้องเพิ่มไฟล์ INPOUT32.BAS เข้าไปใน PROJECT ของ Visual BASIC ที่กำลังใช้งานอยู่โดยขั้นตอนดังนี้

1. ไปที่เมนู PROJECT เรียกคำสั่ง AddFile แล้วเพิ่มไฟล์ INPOUT32.BAS ลงไปใน PROJECT จะปรากฏไฟล์ INPOUT32.BAS
2. เมื่อเลือกชี้ที่ไฟล์ INPOUT32.BAS แล้วใช้คำสั่ง View Code เพื่อดูรายละเอียดภายในของไฟล์ INPOUT32.BAS
3. สำหรับไฟล์ INPOUT32.BAS จะไปกำหนดคำสั่ง INP และ OUT ให้กับ Visual BASIC โดยจะต้องมีไฟล์ Inpout32.dll บรรจุอยู่ในไดเรกตอรี่ SYSTEM อยู่ก่อนแล้ว
4. เมื่อถึงขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานสามารถใช้คำสั่ง INP และ OUT ในโปรแกรมเพื่อรับและส่งค่ากับพอร์ตขนานได้แล้ว

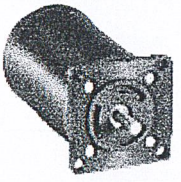
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	LPT1	LPT1	LPT1
DATA	378H	3BCH	378H
STATUS	379H	3BDH	379H
CONTROL	37AH	3BEH	37AH

ตารางแสดงรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

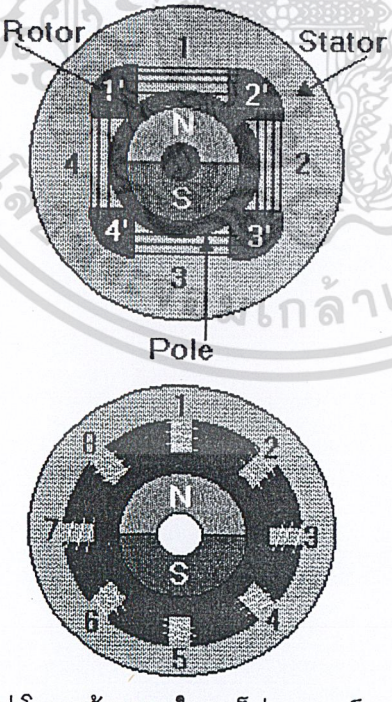
การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



ด้วยพอร์ตขนาน

Step Moter เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อเราป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อย ตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่าง จากมอเตอร์ ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า ข้อดีของสเต็ปมอเตอร์ สามารถกำหนด ตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข(องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดย ใช้คอมพิวเตอร์หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น เครื่องกำหนดและจัดเก็บตัวเลข

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละซี่นั้นจะมีคอยล์(ขดลวด)พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่ เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic) ดูดังรูปด้านล่างนี้ จะแสดงถึงองค์ประกอบที่กล่าวมา



รูป โครงสร้างภายในสเต็ปมอเตอร์

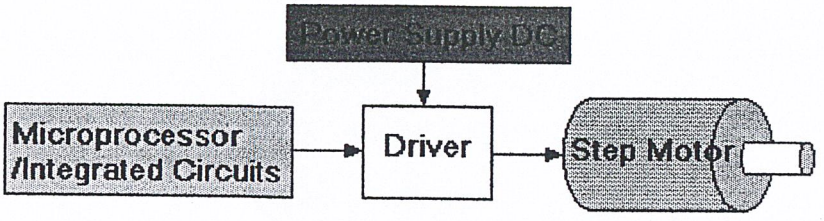
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ซึ่งถ้าเราเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามด้วย ลองดูตามรูปด้านบน

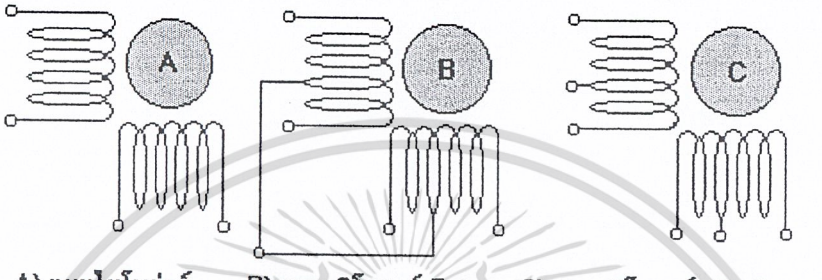
ลักษณะการนำไปใช้งาน สเต็ปมอเตอร์ ใช้งานลักษณะ Open Loop System แปลเป็นภาษาไทย ระบบเปิด คือ สเต็ปมอเตอร์สามาทำงานได้โดยไม่ต้องมีการ ป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนนั้นล่ะ จะต้องการป้อนกลับไปยังระบบและตัวบอกตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดผลาดให้รับทราบ

ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปมอเตอร์ คือเรานำลิมิทสวิตช์ ติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ เมื่อสเต็ปมอเตอร์ เริ่มหมุนแล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณ สวิตช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบ ซึ่งก็จะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปมอเตอร์ตลอด ตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิง ไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

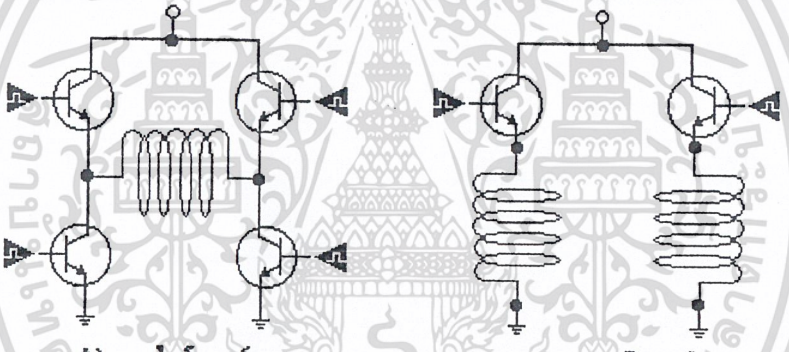


การควบคุมระบบสเต็ปมอเตอร์



A) แบบไบโพล่าร์ B)แบบยูนิโพลาร์ 5 สาย C)แบบยูนิโพลาร์ชนิด 6 สาย

การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์



A) แบบไบโพลาร์ B) แบบยูนิโพลาร์

คือ ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟหรือจากพอร์ตพีซีเพื่อทริกทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน

วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

โดยแนวทางสเต็ปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกรุ๊ปของไบนารี่โวลท์เตทเป็นอินพุตและการเคลื่อนที่ แบบเชิงมุมเป็นเอาท์พุต หรือว่าหมุนทีละสเต็ปซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1 - 30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ โดยตามสัญญาณ พัลซ์ที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงผลักแก่โรเตอร์หมุนไป สเต็ปมอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่า Phase (เฟส) ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็น Sequence(ซีเควน) ลักษณะของBinary(ไบนารี่) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจร Driver(ไดรเวอร์) ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะ ทำให้โรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง ที่กล่าวมาสามารถดูได้จากรูปด้านบนชื่อ การควบคุมสเต็ปมอเตอร์ครับ

คราวนี้ให้ดูที่รูปชื่อการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ จะเห็นว่าการพันมีด้วยกัน 2 วิธี คือ แบบ Bipolar(ไบโพล่าร์กับ แบบ Unipolar(ยูนิโพล่าร์)

แบบ Bipolar

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด(จะกี่รอบก็แล้วแต่ สเป็กใช้งานนะครับ)ในแต่ขั้วแม่เหล็กของสแตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียง การกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทชิ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า

แบบ Unipolar

แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม เช่นกันครับการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิทชิ่งให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทนกันแค่ล่ะครับ

พื้นฐานการสวิทชิ่งดูรูปด้านบนที่ชื่อวงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์ครับ ท่านคงจะถามในใจแล้วว่าการพันขดลวดทั้ง 2 แบบที่กล่าวมา มันต่างกันอย่างไร สั้นๆครับ แบบยูนิโพล่าร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพล่าร์ แล้วก็จะต้องมีคำถามตามมาอีกว่าแล้วถ้าไปซื้อหรือหามาใช้งานจะรู้ได้จากตรงไหน ก็สังเกตุจาก สายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปมอเตอร์ซึ่งแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย ส่วนเป็นแบบยูนิโพล่าร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย ครับ

การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน ไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวด ในแต่ละขอบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่า ซีเควนเวียล ในลูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะแบบ ได้เป็น 3 รูปแบ คือ แบบเวฟ(wave) แบบ 2 เฟส(2 phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ทั้ง 3 แบบนี้ก็จะมีข้อดีและข้อเสียต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเวฟ (wave)

จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆเรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1 , 2 , 3 , 4 ,1, 2 , 3 , 4 เป็นลำดับอย่างนี้ หรือ ขด 1 , 4 , 3 , 2 , 1 , 4 , 3 , 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า ดังในรูปของวงจรการจ่ายไฟ ที่อยู่ด้านบนนั้น

เราสามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

Step No	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

แบบ 2 เฟส(2 Phase)

แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่ แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันใน เวลาเดียวกัน และจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟครับ จะยกตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ ซีเควนให้เดูดังนี้ 12,23,34.41,12,23,34,41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14,43,32,21,14,43,32,21 เรียงกันไปเรื่อยๆเช่นกัน ถ้าจะมากล่าวถึงข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส แล้วมีดังนี้

ข้อดี การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบเต็มๆแรงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

ข้อเสีย แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ ก็เป็นไปตามธรรมชาติ ได้อย่างก็ต้องเสียอย่าง นั้นล่ะครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ได้ดังในตารางต่อไปนี้

Step No	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

แบบครึ่งสเต็ป

แบบนี้แบบรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่าง แบบเวฟ กับ แบบ 2 เฟส เพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปให้ มากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆเป็นลำดับ ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้ 1,12,2,23,3,34,4,41,1,12,2,23,3,34,4,41,1 เป็นลำดับอยู่อย่างนี้เรื่อยไปครับ ถ้าเราจะกลับทิศทางการหมุนก็จะได้เป็นดังนี้ครับ 1,41,4,43,3,32,2,21,1,41,4,43,3,32,2,21,1 เป็นลำดับ กันไปเราจะมาพูดกันถึงข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ปกัน

ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลงอีกประการหนึ่งแต่ละ สเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

ข้อเสีย ก็คงจะเช่นเดียวกับแบบ 2 เฟสล่ะครับ ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2เฟส นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเราสามารถนำลำดับการทำงานของ แบบครึ่งเฟส ในรูปของตารางได้ดังนี้

Step No	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

ทั้งหมดนี้ก็เป็นพื้นฐานของความรู้ด้านสเต็ปมอเตอร์เพื่อที่จะนำให้สามารถนำไปประกอบกับการใช้ทำโครงงานต่างๆในงานอินเทอร์เฟสโดยการเขียนโปรแกรมไปควบคุมสเต็ปมอเตอร์ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 51 แบบแฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 51 มีหน่วยความจำแบบแฟลช (flash memory) ของ Atmel Corporation มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้ใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
2. ต้นทุนในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม
3. บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์และมีความสามารถแตกต่างกัน
4. ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำได้เป็นอย่างดี
5. ในบ้างเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถทำงานโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำได้โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่หรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจรหรือ ในระบบ(In- system programming) ทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุง ตลอดจนการปรับปรุงหรือการอัปเกรดข้อมูลในหน่วยความจำโปแกรมทำได้อย่างสะดวก ภายใต้งบประมาณไม่สูงนัก
6. ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่น

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อนุกรม AT89XX

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
2. ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนได้พันครั้ง
3. หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
4. ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทางสามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟลูดูเพล็กซ์
6. ไทเมอร์/เคาร์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
8. สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
10. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
11. มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

ในรูปที่ 2-1 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกลู MCS-51 พื้นฐาน หากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบเฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว

สำหรับในรูป 2-2 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของอนุกรม AT89Sxx จะเห็นได้ว่า มีส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89Sxx อยู่หลายส่วน อาทิ วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำอนุกรมโดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกหนึ่งตัวเป็นไทเมอร์ 2 และวงจรวอตช์ด็อกที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู

ในตารางที่ 2-1 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกลู MCS-51 แต่ละเบอร์ที่ Atmel ผลิตขึ้น และมีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

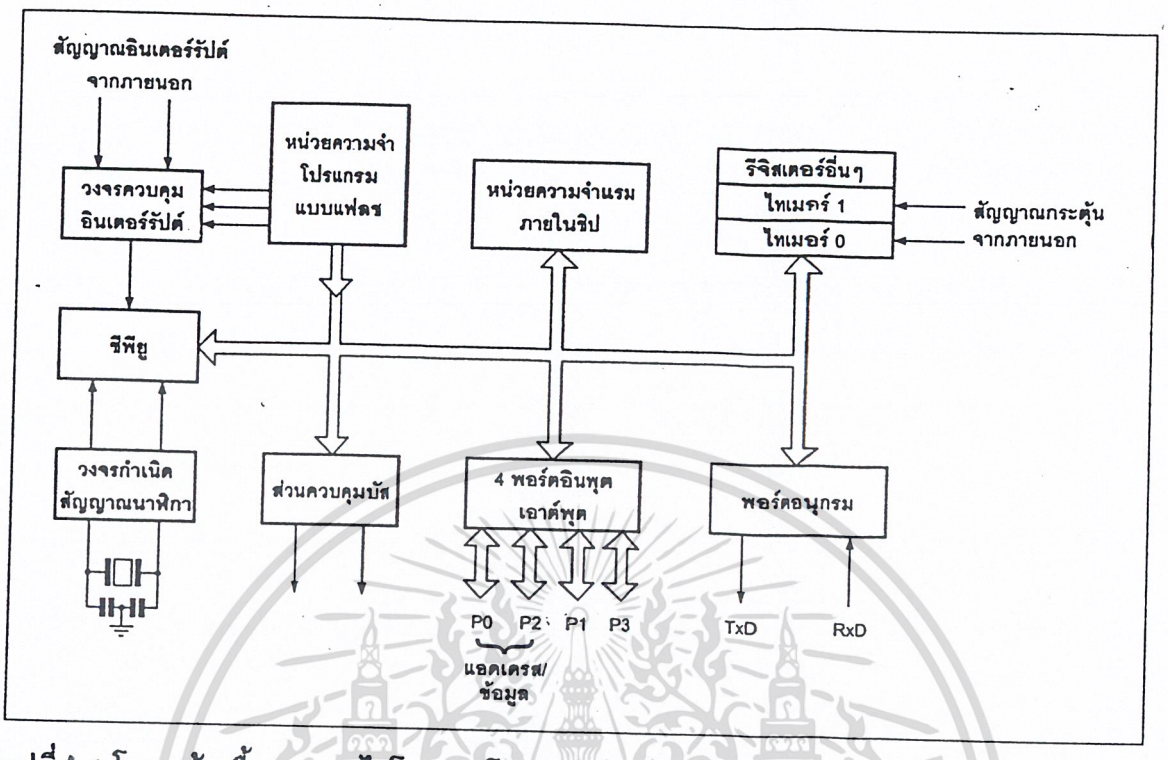
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูป 2-3และ2-4 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

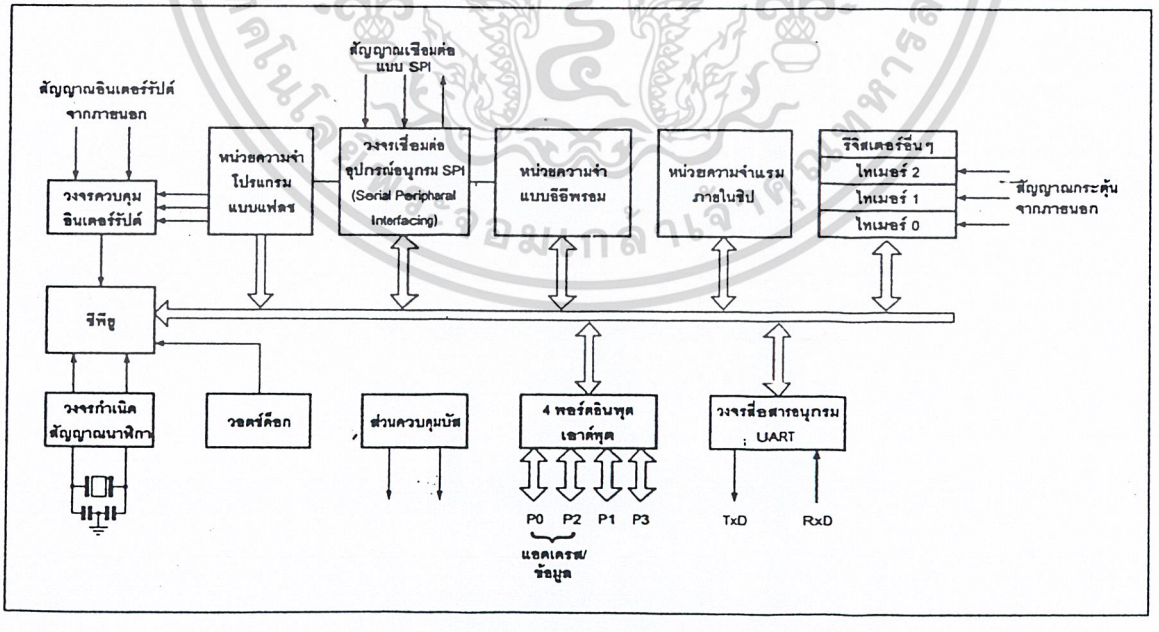
ขาGND สำหรับต่อกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี8ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขานั้นปล่อยลอยจึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาอินพุตยังถูกใช้งานติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอกและขาข้อมูลโดยใช้การมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับกันทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4-1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx



รูปที่4-2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต1 (P1.0-P31.7) มี8ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตใช้สำหรับงานทั่วไปหากต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการติดต่อด้วยนอกจากนั้นในอนุกรม AT98SXX จะใช้ขาP1.0เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และP1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต2 (P2.0-P2.7) มี8ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตใช้สำหรับงานทั่วไปหากต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขานั้นปล่อยลอยจึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก

ขาพอร์ต3 (P3.0-P3.7) มี8ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตใช้สำหรับงานทั่วไปหากต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขานั้นปล่อยลอยจึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้นอกจากนั้นขาพอร์ต 3ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้งานเป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RXD

P3.1 ใช้งานเป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TXD

P3.2 ใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

ตารางที่ 1-1 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ Atmel ผลิตขึ้นและใช้ในการอ้างอิงในหนังสือเล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.4 ใช้งานเป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้งานเป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้งานเป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อความจำภายนอก

P3.7 ใช้งานเป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อความจำภายนอก

สัญญาณเพื่อการรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในสถานะอย่างน้อย2 แมทซีนไซเกิลโดยที่วงจรกำหนดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

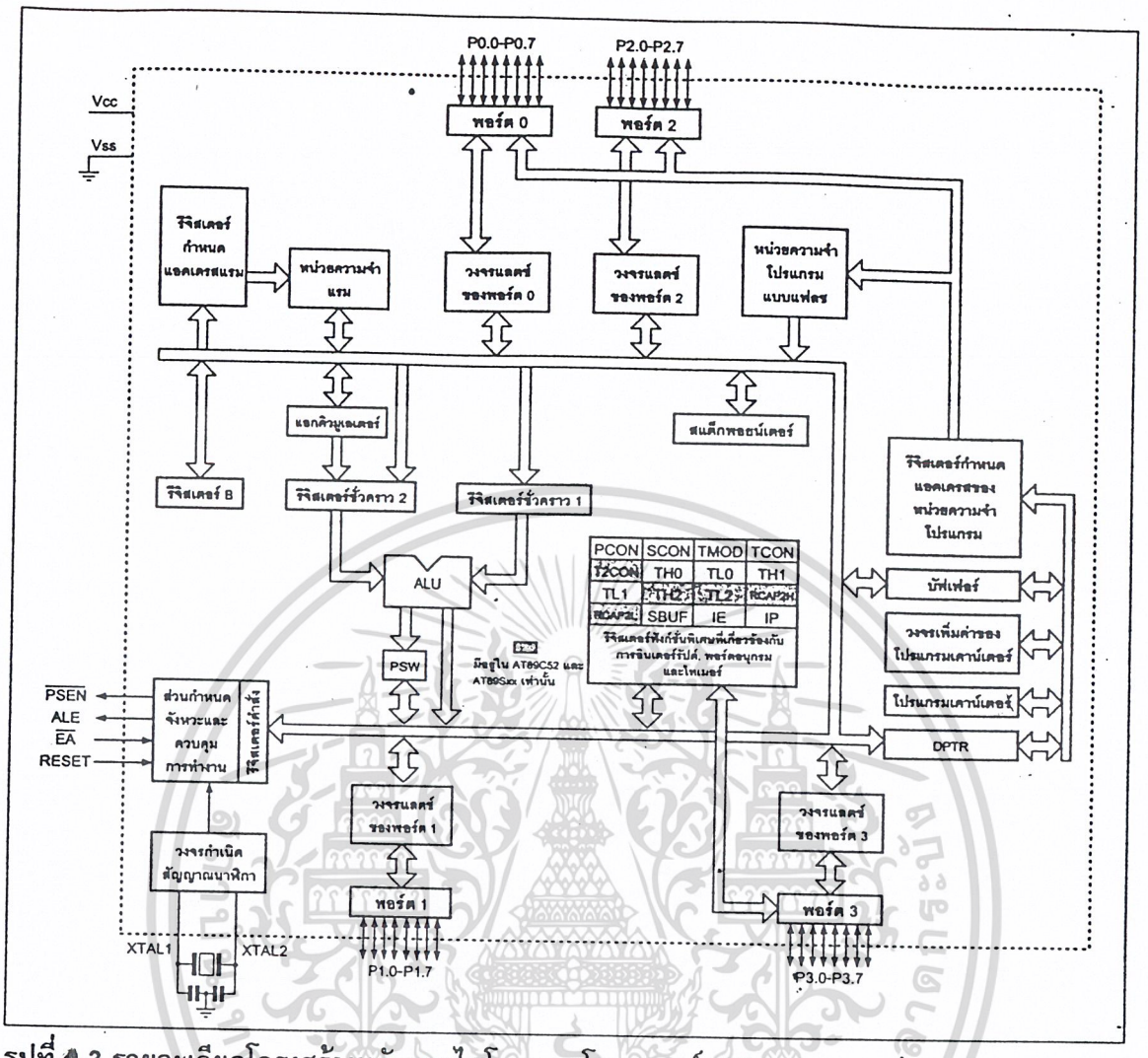
ขา ALE/PROG(Address Latch Enabel/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้หน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ในรุนนี้มีหน่วยความจำเป็นแบบอีพรอม

ขา RSEN(Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลคามจำจากโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณมาที่ขานี้2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

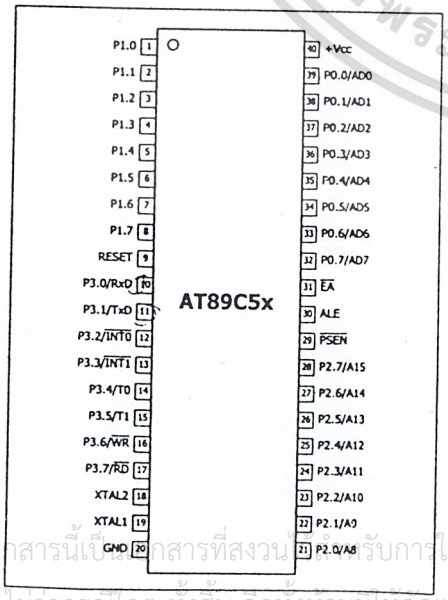
ขาEA/Vpp (External Accessenabel/Programming voltage input) ใช้เลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าหากขานี้เป็น 0 เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น 1 เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขาXTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับการต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-3 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel



รูปที่ 4-4 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานได้ทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีช่วงแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 2-3

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นทั้งพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปและใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขานอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้วยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีกขึ้อยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด ดังสรุปได้ในตารางที่ 2-2

ในรูปที่ 2-5 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 2-5 (ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิฟลอฟนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากงวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมาจากขา CLK ของดีฟลิฟลอฟในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในสู่ขา D ของดีฟลิฟลอฟ

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นพอร์ตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายในหากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 2-5(ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่วงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน สำหรับรายละเอียดของวงจรพูลอัปแสดงในรูปที่ 2-6

ในรูปที่ 2-5(ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายพอร์ต 0 มากต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเติมเข้ามาส่วนในรูปที่ 2-5(ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายพอร์ต 01 มีการเพิ่มวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังชั่นพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถทำงานในฟังชั่นพิเศษได้ทุกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจกากำหนดการทำงานของพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดเป็นพอร์ตอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล 1 มาแต่ละบิตที่ต้องใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น 1 สามารถรับสัญญาณลอจิก 0 จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่ายสัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสถานะลอจิก 0 จะดีและสะดวกที่สุด

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขา
P1.1	AT89C52/AT89Sxx	และควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.4	AT89Sxx	ขา $\overline{SS}$ (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอน-โทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output, Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO (Master data input, Slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI

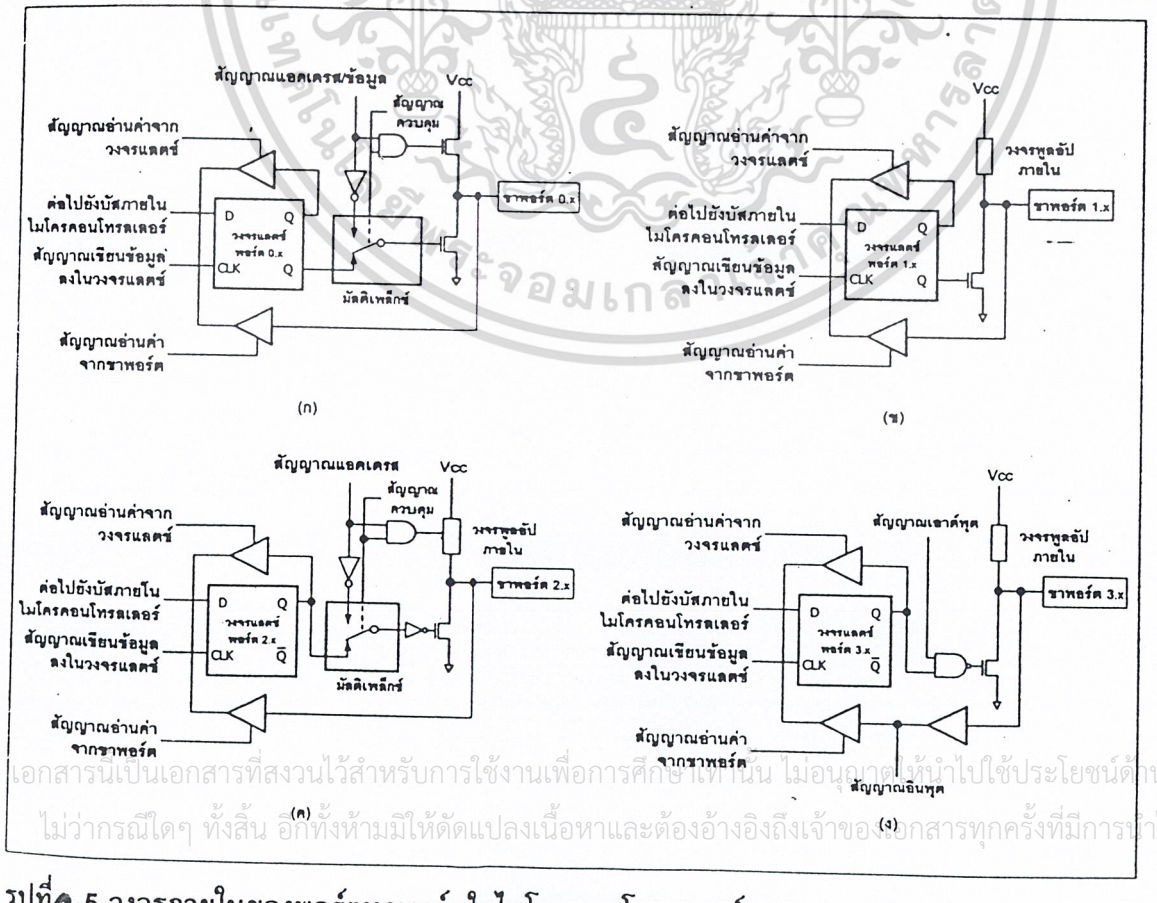
ตารางที่ 2-2 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

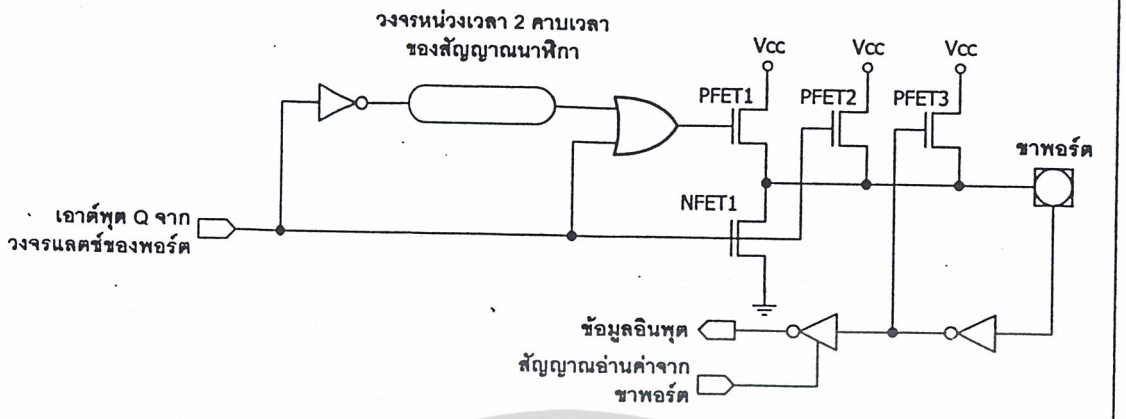
โดยปกติขาพอร์ตจะถูกกำหนดให้เป็นเอาต์พุตอยู่แล้วดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปอย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล 0 ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล 0 ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งจะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก 0 ขึ้นในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล 1 ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล 1 ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก 1 ที่ขาพอร์ตนั้นซึ่งคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่ขบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะส่งสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตแต่ละขาของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์สได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ตสูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ15 mA สำหรับพอร์ต1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญญาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-5 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช



วงจรพูลอัปประกอบด้วยเฟตชนิดพีแชนเนล 3 ตัวคือ PFET1-PFET3 โดย NFET1 จะทำงานเมื่อได้รับลอจิก "1" จากขา Q และหยุดทำงานเมื่อได้รับลอจิก "0" วงจรพูลอัปจะเริ่มต้นทำงานเมื่อ NFET1 ได้รับลอจิก "1" PFET1 จะทำงานนานประมาณ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาภายใน หลังจากที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" ในขณะที่ PFET1 ทำงาน จะทำให้ PFET3 ทำงานตามไปด้วย ทำให้เกิดการพูลอัปขาพอร์ต

รูปที่4-6 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

การอ่านค่าลอจิกทางพอร์ต

ในไมโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถค่าลอจิกทางพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรงและอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

ในกรณีที่ขาของพอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล 1 ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์จะทำงานที่สถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น 0 เนื่องจากทรานซิสเตอร์ทำงานจะเหมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมาแต่ถ้าหากทำการอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ทำการส่งจริงดังนั้น ในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

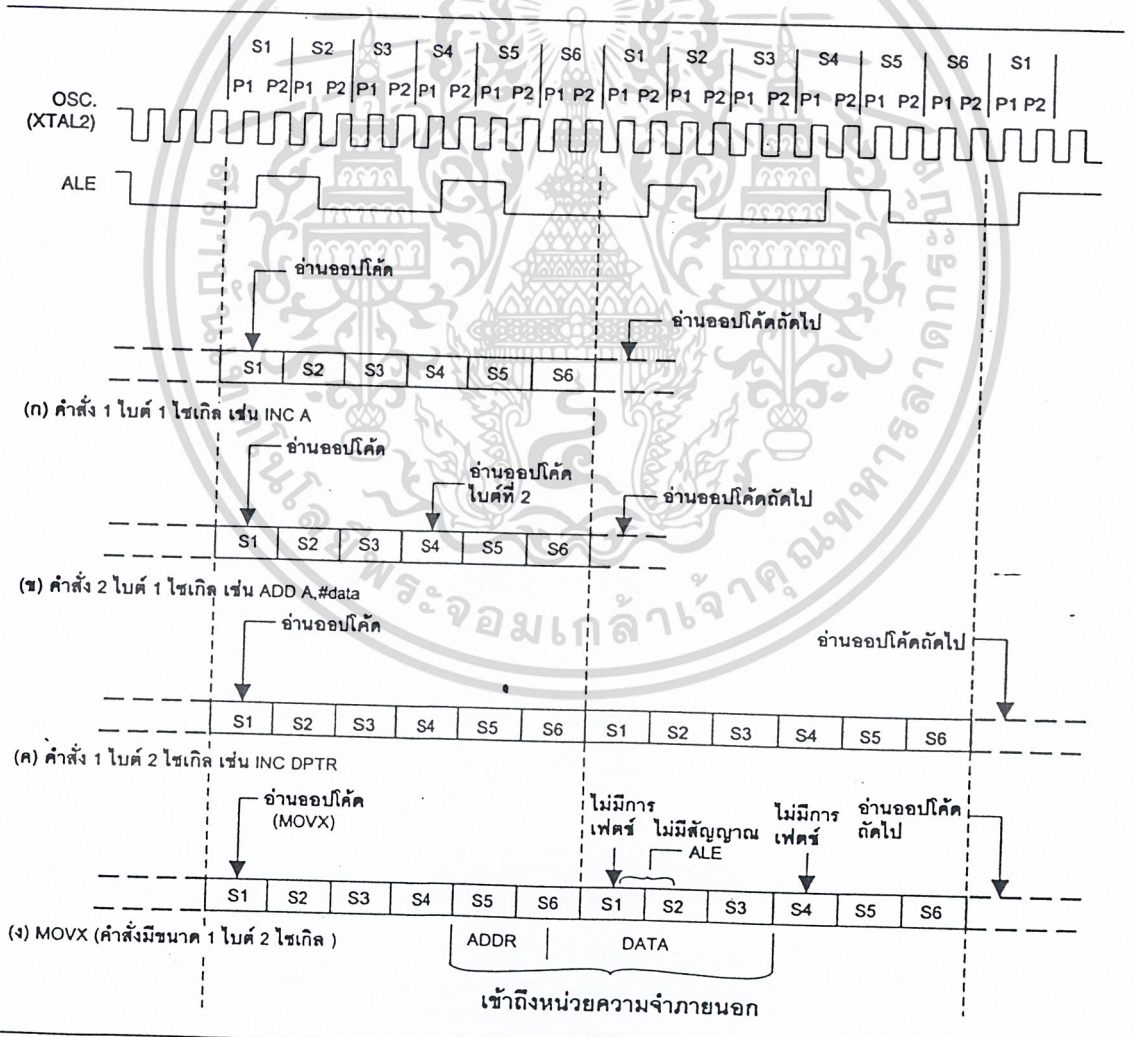
จังหวะการทำงานของไมโทรลเลอร์ MCS-51

ในการใช้งานไมโทรลเลอร์ MCS-51จะต้องทำความเข้าใจจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่งในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการเฟตช์ เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือ กระบวนการเอ็กซิคิวต์ เป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้วก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตในลักษณะที่เรียกว่าเพาเวอร์ออนรีเซตซีพียูเริ่มทำงานที่แอดเดรส 000H ของหน่วยความจำโปรแกรมจังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิล ในรูปที่ 2-7 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต กำหนดชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลา ของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12MHZ จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่าเฟส1 และ เฟส2



ปที่4-7 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2-7 (ก)และ(ข) จะเป็นการเอ็กซิคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไวเกิล เริ่มต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้รีจิสเตอร์คำสั่ง การแฟตช์ครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่สเตต 4ภายในแมทชีนไซเกิลเดียวกันจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเกิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตตที่ 6 ของแมทชีนไซเกิลเดี่ยวกัน

ในกรณีคำสั่งใช้ 2 ไซเกิลการทำงานของคำสั่งจะสิ้นสุดลงในสเตต 6 ของแมทชีนไซเกิลที่สองดังในไดอะแกรมรูปที่ 2-7 (ค) สำหรับในการทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเกิลจะไม่มีการเฟตต์เกิดขึ้นในไซเกิลที่สองของคำสั่ง MOVX นี้ เนื่องจาก ซีพียูจะไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 2-7 (ง) จะเห็นได้ว่าเวลาในการเอ็กซิคิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก

ในรูปที่ 2-8 แสดงสัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

โดยในรูปที่2-8 (ก) เป็นนอกไดอะแกรมเวลาในขณะที่ยังไม่มีการทำคำสั่ง MOVX สัญญาณที่ขา ALE และ PSEN จะเกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมทชีนไซเกิล ในทุกครั้งที่ ALE เกิดการแอกตีฟที่พอร์ต 0 (P0) จะมีค่าของรีจิสเตอร์ของ PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่ พอร์ต 2 (P2) ก็จะมีค่าของ PC ในไบต์สูงเพื่อชี้ไปยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องไปดำเนินการ สำหรับขา PSEN ก็จะการแอกตีฟเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ในกรณีที่กระทำคำสั่ง MOVX เพื่อเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ที่ขา PSEN จะไม่เกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมทชีนไซเกิล เนื่องจากบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลจะถูกใช้ในการติดต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ ALE ยังคง แอกตีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

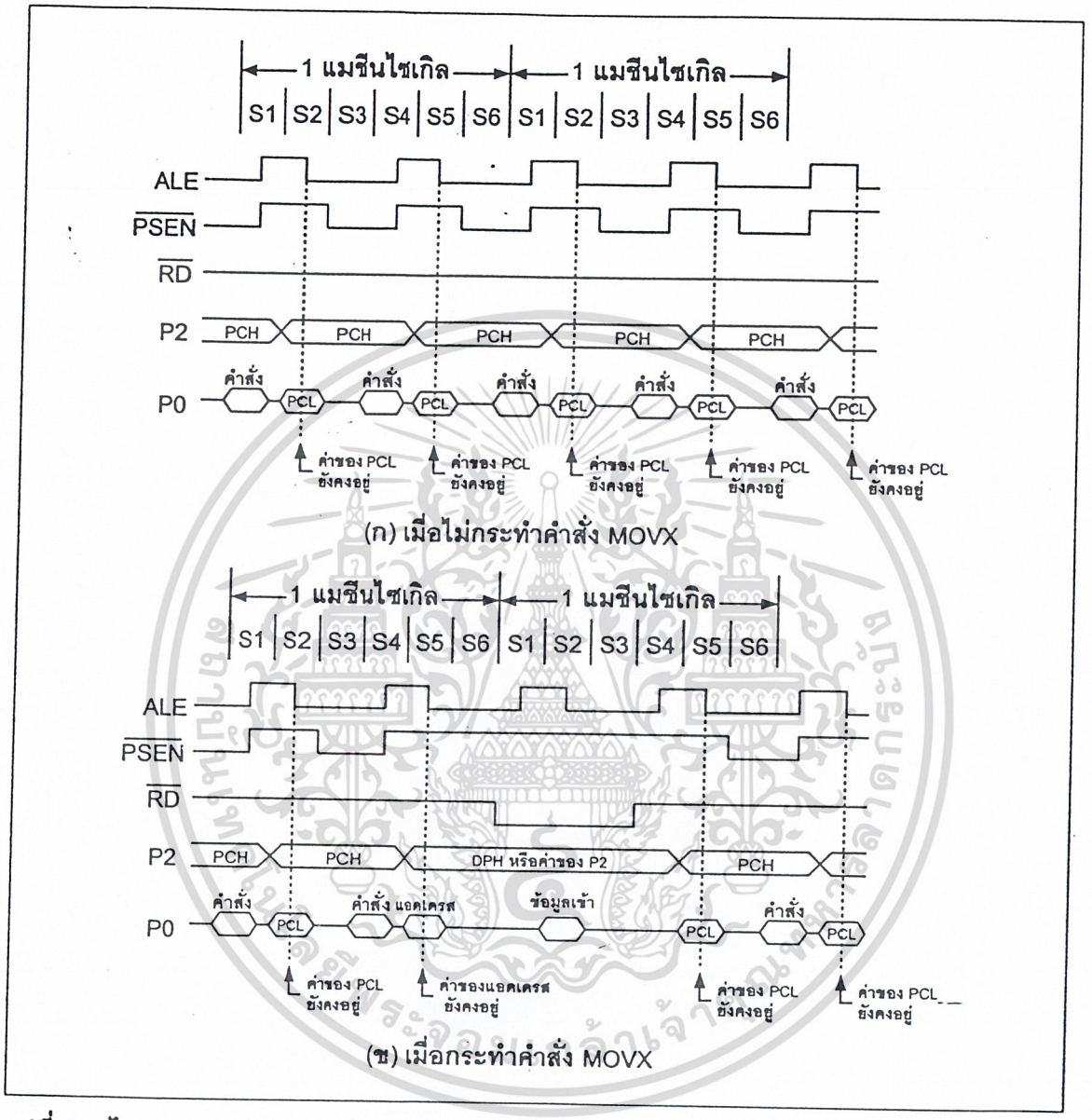
จากไดอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบ หรือ 1 แมทชีนไซเกิลซีพียูในไมโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 แมทชีนไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHZ ในกรีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHZ ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วในการทำงานของไมโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จากค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมทชีนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็ว ในการทำงานภายในของไมโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถสรุปเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเร็วของการทำงานภายในของไมโทรลเลอร์ MCS-51เท่ากับ

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา(ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2) /12

เวลา 1 แมทชีนไซเกิล = 1/ ความเร็วในการทำงานภายในของไมโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

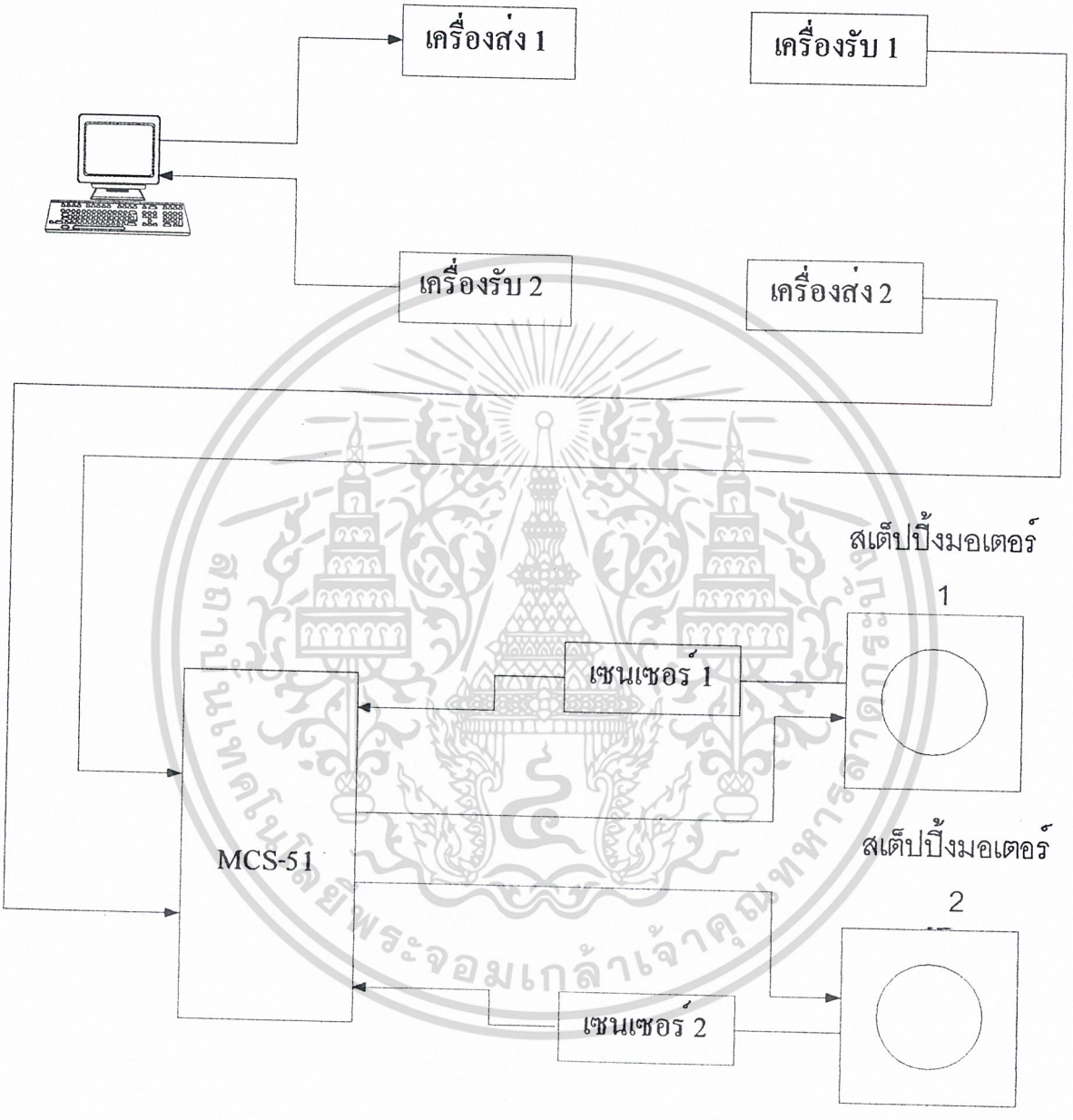
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์

5.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร

ในรูปเป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรทั้งชุดของเครื่องส่งและเครื่องรับ การทำงานของเครื่องส่งหัวใจการทำงานคือ ไอซีเบอร์ TX- 2 ซึ่งจะรับคำสั่งควบคุมจากโปรแกรม ไม่ว่าจะเป็นเดินหน้าถอยหลัง เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา สัญญาณควบคุมการทำงานที่กกำเนิดจากไอซีจะถูกป้อนสู่วงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งเป็นวงจรกำเนิดความถี่ของผลึกแร่คริสตอลสัญญาณควบคุมที่ผสมกับคลื่นพาหะที่ได้จากแร่คริสตอลขนาดน้อยๆจะถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณอาร์เอฟแอมป์เพื่อเพิ่มขนาดสัญญาณให้แรงขึ้น ก่อนที่ถูกส่งไปให้ยังไอซี RX-2 ซ่งถือเป็นหัวใจของภาครับไอซี RX-2จะทำการถอดรหัสควบคุมที่ส่งมาจากไอซีเบอร์ TX- 2ขับออกชุดมอเตอร์ทั้งสอง คือ ทั้งมอเตอร์เดินหน้าถอยหลังและมอเตอร์เลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางเครื่องส่งเดินหน้าถอยหลังและมอเตอร์เลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางเครื่องส่งเลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางเครื่องส่งไ ด้จากทางเครื่องส่งเดินหน้าถอยหลังและมอเตอร์เลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางเครื่องส่งเลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางด้จากทางเครื่องส่งเดินหน้าถอยหลังและมอเตอร์เลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางเครื่องส่งเลี้ยวตามคำสั่งที่ได้จากทางเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

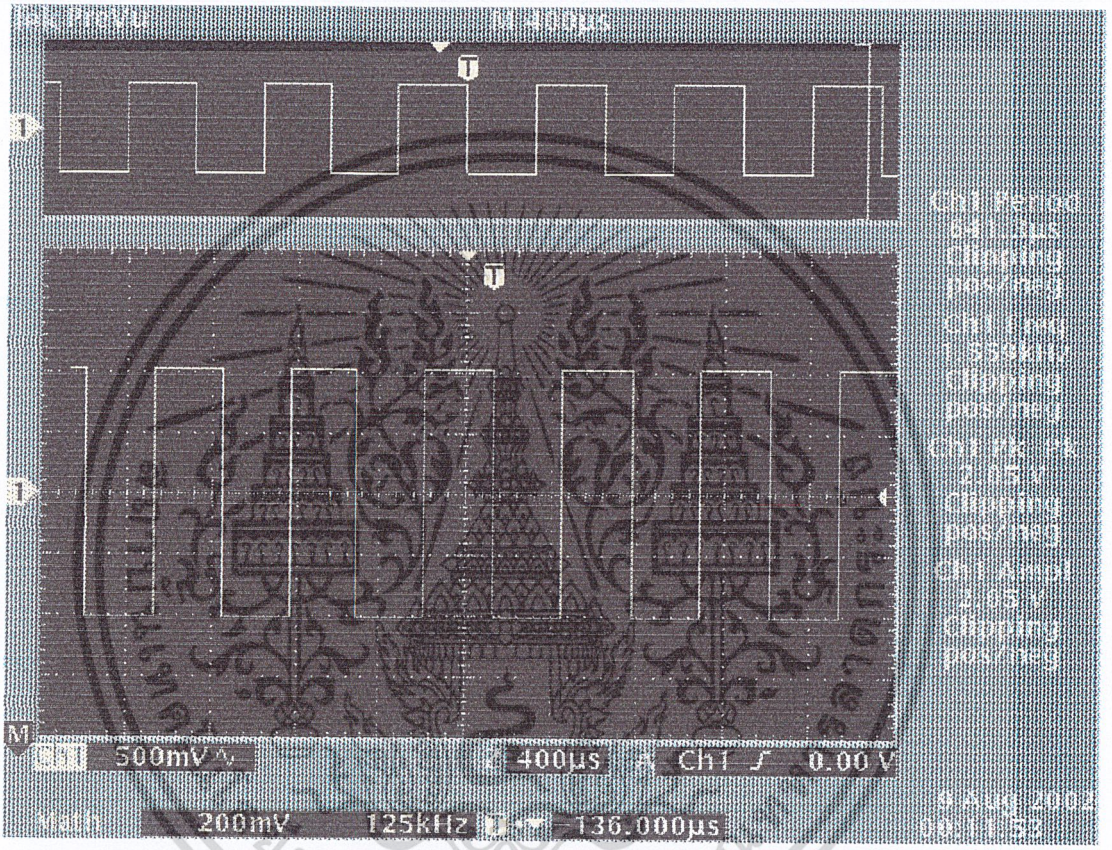


รูป 5.1 บล็อกไดอะแกรมรถบังคับวิทยุ ควบคุมด้วย Visual basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 รูปคลื่นของภาครับและภาคส่ง

รูปคลื่นของภาคส่ง

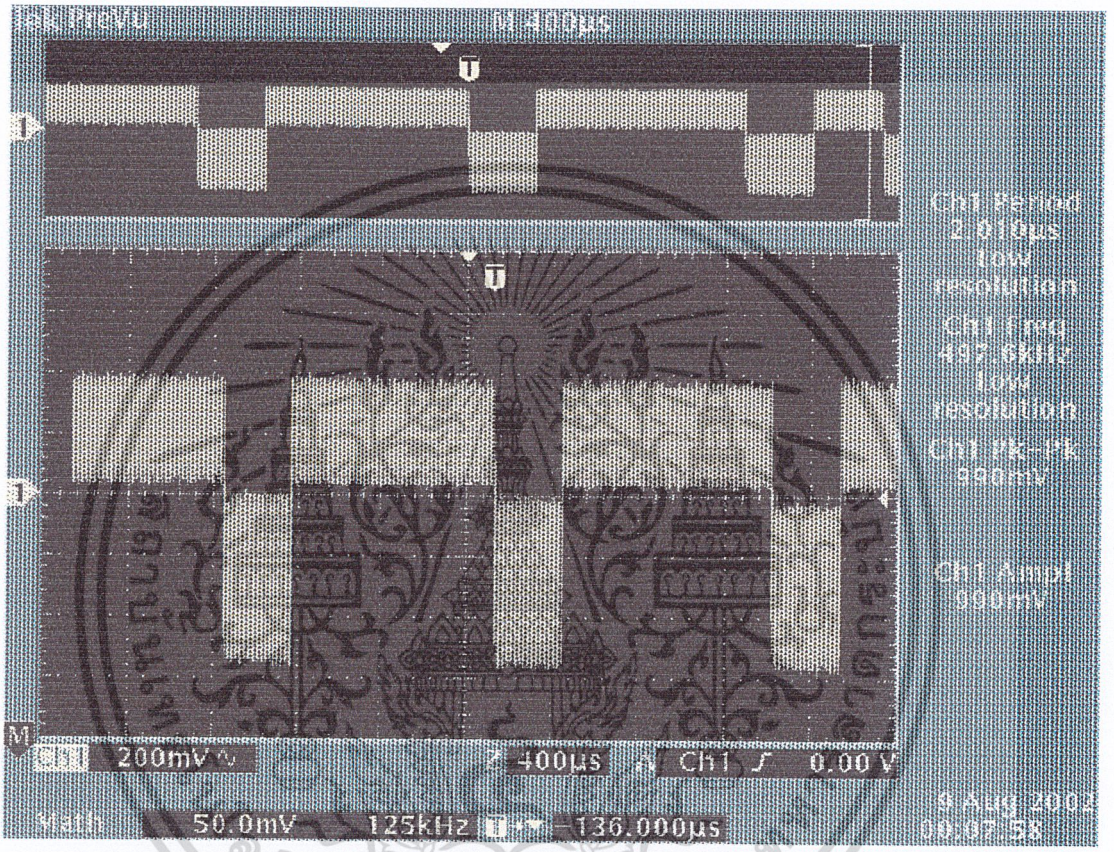


รูป 5.2 รูปสัญญาณเอาต์พุทของสัญญาณที่เอนโค้ดแล้ว ของไอซี PT8A977P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

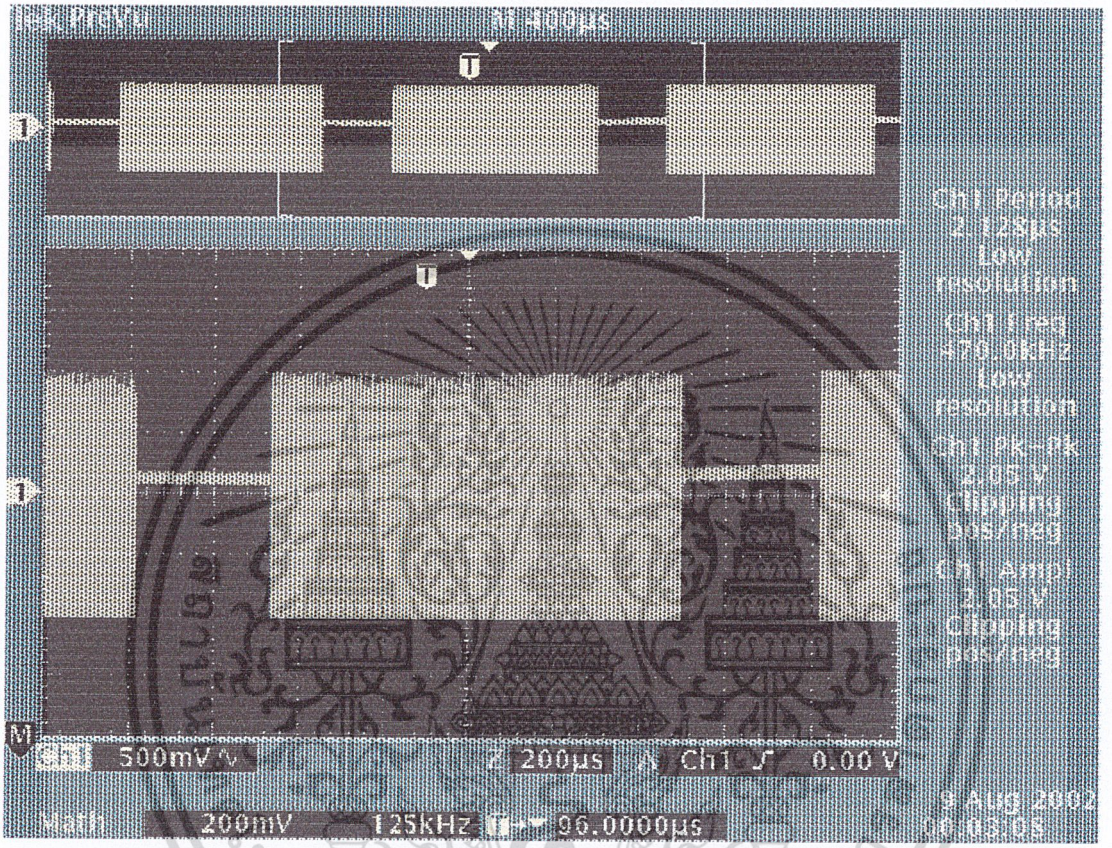
รูป 5.3 รูปคลื่นสัญญาณพาหะ (X-TAL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



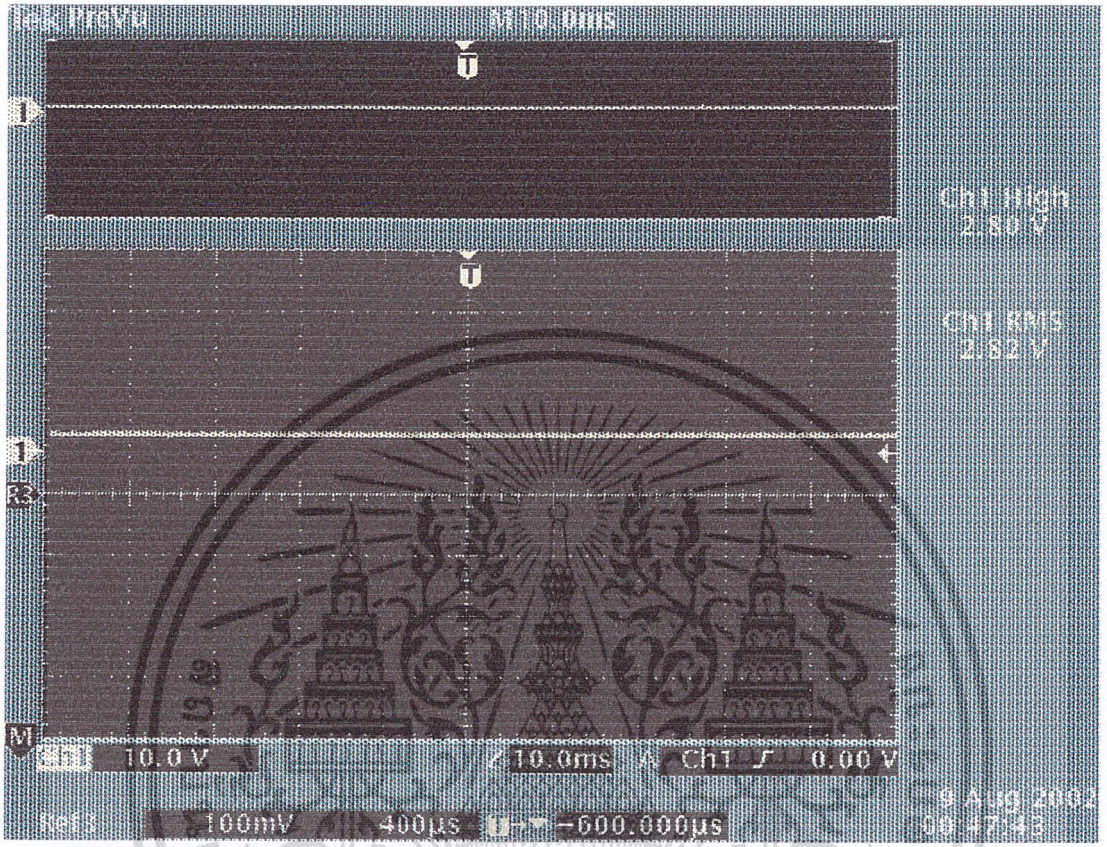
รูป 5.4 รูปสัญญาณข่าวสาร (SO) ผสมกับ สัญญาณพาหะ (X-TAL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



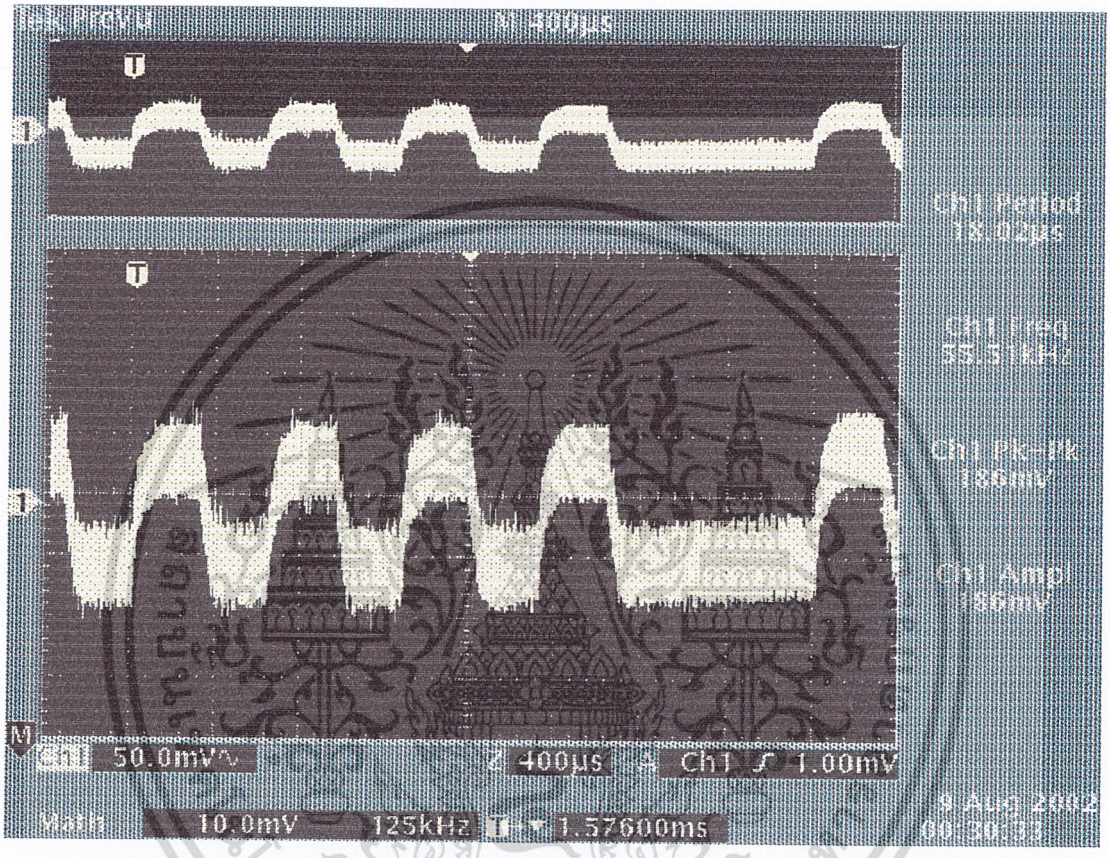
รูป 5.5 รูปสัญญาณที่ทำการส่งอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



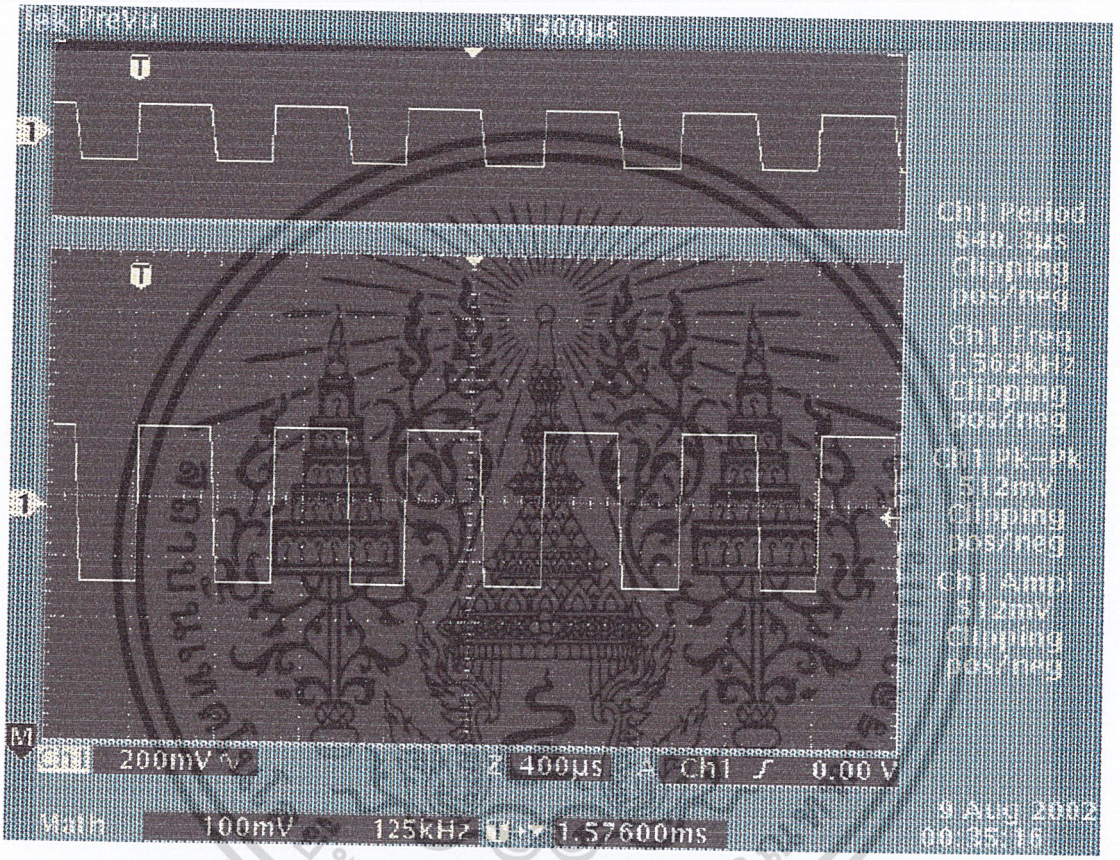
รูป 5.6 รูปสัญญาณที่รับได้จากเสาอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.7 รูปสัญญาณที่ผ่านวงจรแบบซูเปอร์รีเจเนอเรตีฟแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.8 รูปสัญญาณที่ทำการดีโค้ดสัญญาณพาหะออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวคิดในการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

เดินหน้า ขับสเต็ปมอเตอร์ซ้ายให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนสเต็ปมอเตอร์ขวาหมุนตามเข็มนาฬิกา

ถอยหลัง ขับสเต็ปมอเตอร์ซ้ายให้หมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนสเต็ปมอเตอร์ขวาหมุนทวนเข็มสเต็ป

เลี้ยวซ้าย ขับสเต็ปมอเตอร์ขวาให้หมุนตามทวนนาฬิกา ส่วนขับสเต็ปมอเตอร์ซ้ายหยุดหมุน

เลี้ยวขวา ขับสเต็ปมอเตอร์ซ้ายให้หมุนตามทวนนาฬิกา ส่วนขับสเต็ปมอเตอร์ขวาหยุดหมุน

5.3 การทำงานของวงจรเครื่องส่ง

การทำงานของวงจรเครื่องส่งเริ่มจากถ้าหากว่ามีการกดปุ่มควบคุมปุ่มใดปุ่มหนึ่ง จากปุ่มบนจอคอมจะทำให้ไดโอด D1 นั้นจะต่ออยู่กับเบสของทรานซิสเตอร์ Q3 เมื่อ D1 ลงกราวด์จะทำให้มีกระแสไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q3 ทำงานสวิทช์ ON ต่อไฟให้วงจรทั้งหมดทั้งไอซีและวงจรออสซิเลเตอร์ทำงานขึ้นมารวมทั้ง LED1 ก็จะติดสว่างเนื่องจากกระแสที่ไหลผ่าน R5 ขณะที่ไดโอด D1 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดวงจรทั้งหมดนั้น ไดโอด D5 ก็จะต่อลงกราวด์ทำอีกหน้าที่หนึ่งคือ ควบคุมให้ไอซีส่งคำสั่ง เดินหน้า ไปยังวงจรออสซิเลเตอร์ให้ส่งออกอากาศไปในส่วนการควบคุมคำสั่งที่เหลือก็จะมีลักณะคล้ายกัน

ในส่วนวงจรออสซิเลเตอร์ทำงานโดย ทรานซิสเตอร์ Q1 และ C1 , L1,X'TAL(TX) โดยมี R2ทำหน้าที่ไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ความถี่ของการออสซิเลตจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของคลิสตอล(X'TAL) สัญญาณที่ได้จะถูกคัปปลิ้งผ่าตัวเก็บประจุ C3 ไปยังภาคขยายอาร์เอฟแอมป์ Q2ออกไปทาง C6 โดยมี C7,L3 และ C8ทำหน้าที่กรองฮาร์มอนิคส์ออกไปชั้นหนึ่งไม่ให้ไปรบกวนย่านการสื่อสารอื่นๆ ก่อนที่จะส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ

การทำงานของเครื่องรับ

เริ่มจากสัญญาณจากชุดเครื่องส่งจะถูกเหนี่ยวนำเข้ามาทางสายอากาศผ่าน L1 ,C1 มาเข้าสู่วงจรจูนซึ่งประกอบไปด้วย L2 และ C2 จัดวงจรแบบซูเปอร์รีเจเนอเรตีฟ เป็นวงจรเครื่องรับวิทยุที่มีความไวในการรับสูงเพราะขยายได้ทั้งสัญญาณวิทยุและสัญญาณเสียงได้พร้อมกันแต่วงจรชนิดนี้มีความสามารถในการแยกแยะคลื่นได้ต่ำคลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงกันสามารถเข้ามารบกวนกันได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เครื่องรับวิทยุที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้จะเป็นแบบซูปเปอร์เฮเทอโรไดร์จะเปลี่ยนความถี่เป็นความถี่กลางก่อนที่จะนำมาขยายเรียกว่าไอเอฟ ทำให้แยกแย่คลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงได้ดีกว่า)สัญญาณที่ผ่านการขยายโดยทรานซิสเตอร์ Q1แล้วจะให้เอาต์พุตผ่านR4 และC7 ป้อนเข้าสู่ไอซีRX-2โดยมี C6 ทำหน้าที่กรองความถี่วิทยุทิ้งไปไอซี RX-2จะทำหน้าที่ถอดรหัสคำสั่งจากไอซี TX-2ที่ส่งมาเป็นเอาต์พุตส่งไปยังวงจรขับมอเตอร์เดินหน้าถอยหลังและเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5.1

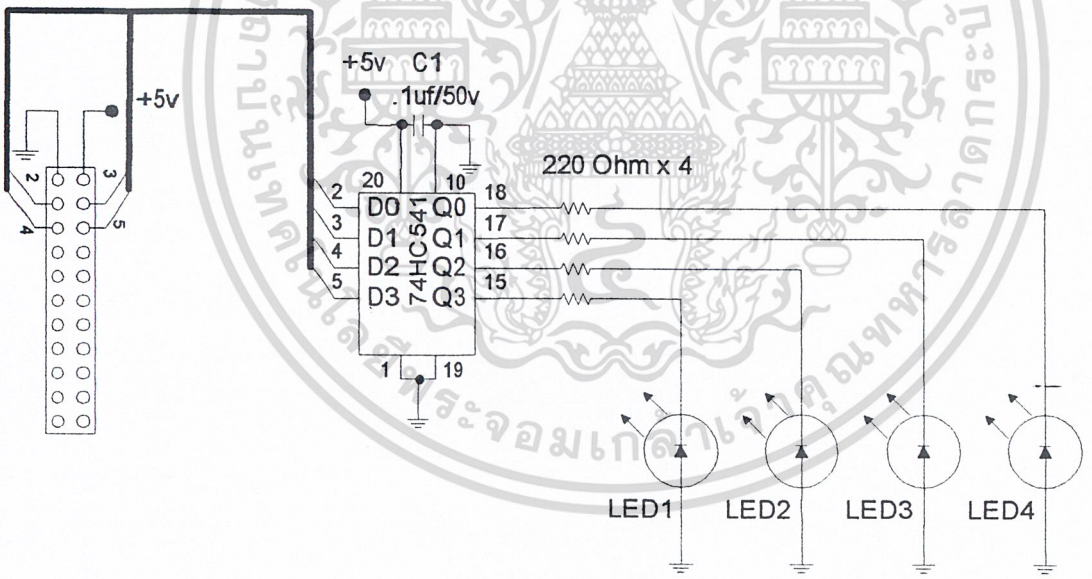
การตรวจสอบการสั่งงานผ่านพอร์ตขนานโดยใช้โปรแกรม Visual Basic

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเข้าใจการทำงานส่งค่าผ่านพอร์ตขนาน
2. เพื่อเข้าใจการเขียน Visual Basic สั่งงานผ่านพอร์ตขนาน

วิธีทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.9
2. เขียนโปรแกรมการสั่งงาน Visual Basic ผ่านพอร์ตขนาน(ในภาคผนวก)
3. ทำการบันทึกผลการทดลอง



รูป 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

Click	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4
เดินหน้า	1	0	0	0
ถอยหลัง	0	1	0	0
เลี้ยวขวา	0	0	1	0
เลี้ยวซ้าย	0	0	0	1

1 แทน ติด

0 แทน ดับ

สรุปผลการทดลอง

ได้ตามผลที่สมมติฐานเอาไว้ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานจริง โดยนำไปต่อในวงจรเครื่องรับ-ส่งของรถกระป๋องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

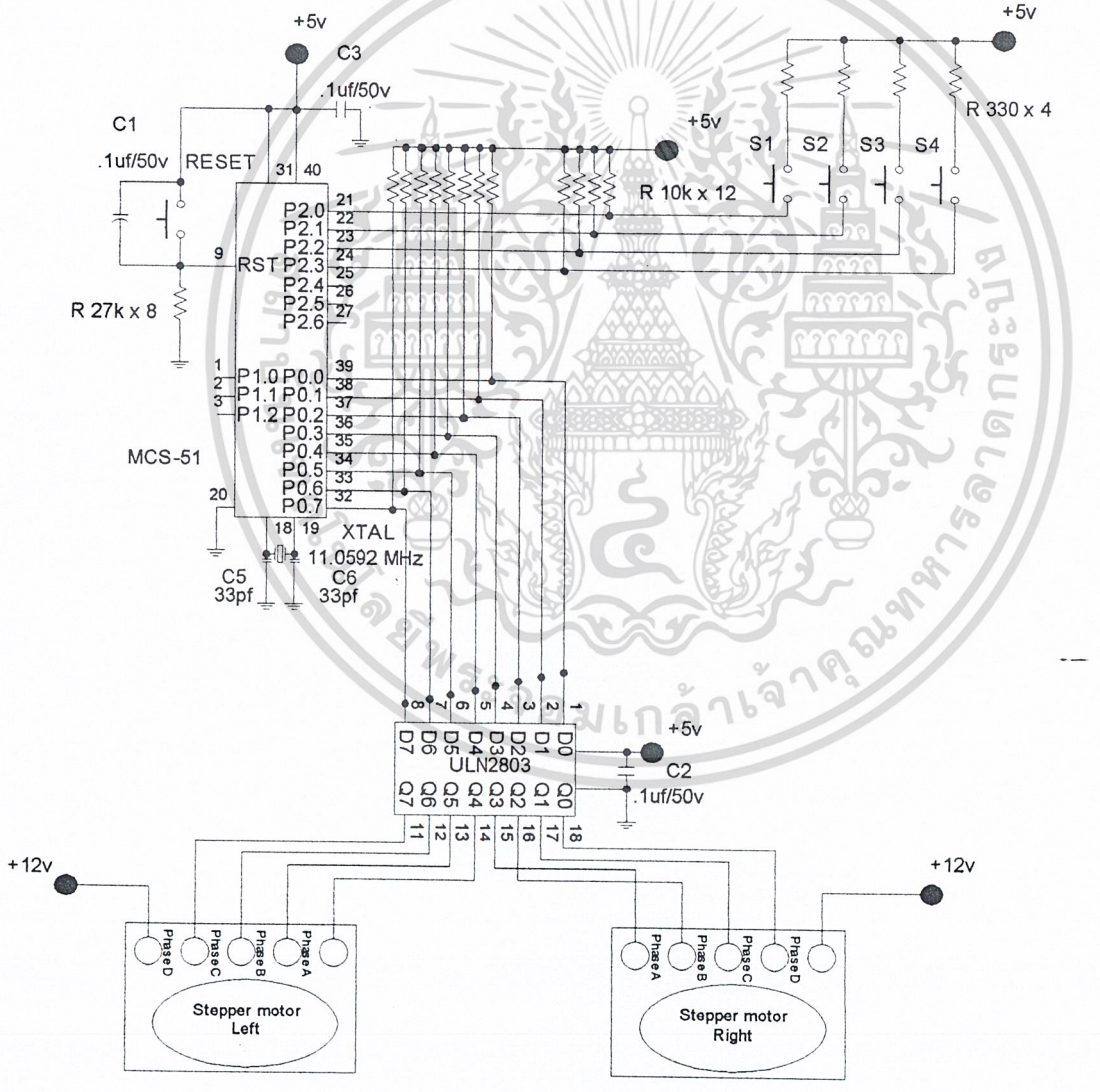
การทดลองที่ 2
การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

วัตถุประสงค์

เพื่อเข้าใจการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

วิธีทดลอง

4. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.10
5. เขียนโปรแกรมใส่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ในภาคผนวก)
6. ทำการบันทึกผลการทดลอง



รูป 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การกดสวิทช์	สเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้านขวา	สเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้านซ้าย	สถานะ
S1	ทวนเข็ม	ตามเข็ม	เดินหน้า
S2	ตามเข็ม	ทวนเข็ม	ถอยหลัง
S3	ทวนเข็ม	-	เลี้ยวขวา
S4	-	ตามเข็ม	เลี้ยวซ้าย

สรุปผลการทดลอง

ได้ตามผลที่สมมติฐานเอาไว้ ซึ่งสามารถให้ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ หมุนแบบ ฟูลสเต็ป 1 เฟส, ฟูลสเต็ป 2 เฟส และฮาร์ฟสเต็ป ในการทดลองนี้จะใช้แบบ ฟูลสเต็ป 1 เฟส ถ้าจะใช้งานแบบอื่นๆ ต้องไปแก้ไขที่โปรแกรมสั่งงานที่ P0 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเหมาะสมในการใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

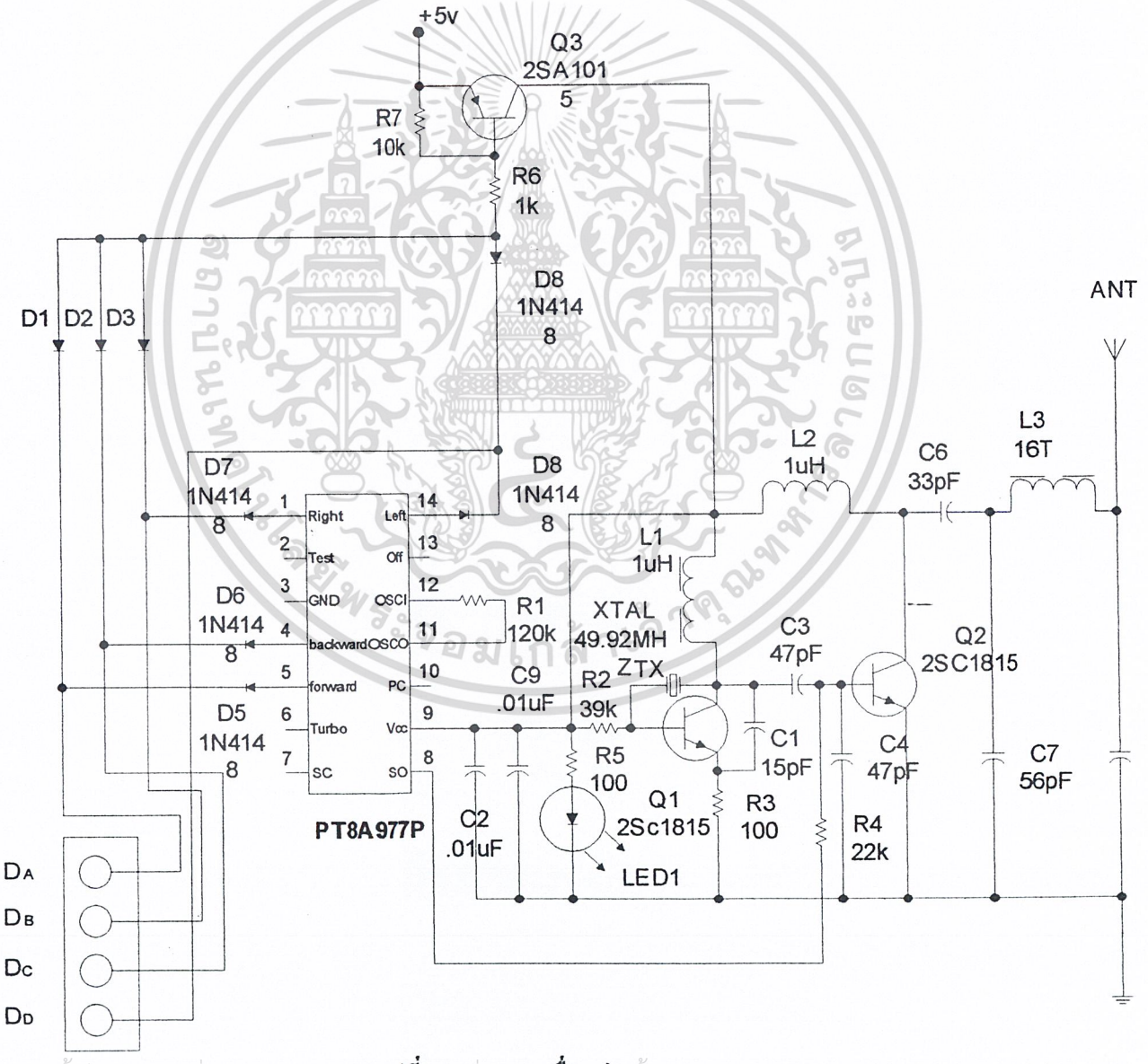
รถวิทยุบังคับควบคุมด้วยโปรแกรม Visual Basic

วัตถุประสงค์

สามารถประยุกต์ใช้งานเครื่องรับ-ส่งวิทยุ AM มาใช้ในการควบคุมแบบไร้สายได้ และเข้าใจการสั่งงานผ่านทางพอร์ตขนาน

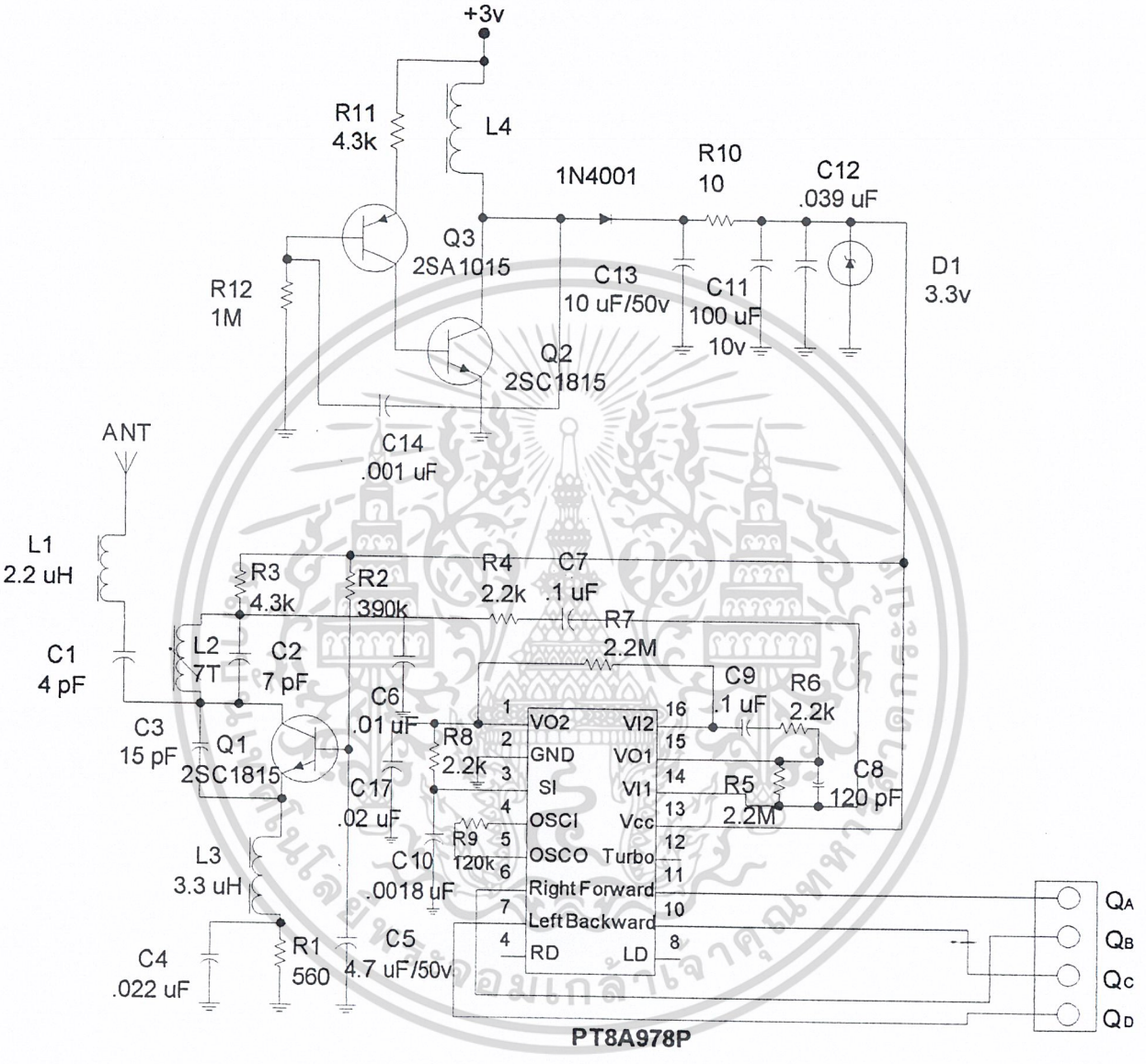
วิธีทดลอง

7. ต่อวงจรตามรูปที่ 3
8. เขียนโปรแกรมสั่งงานใน โปรแกรม Visual Basic (ในภาคผนวก)
9. ทำการบันทึกผลการทดลอง



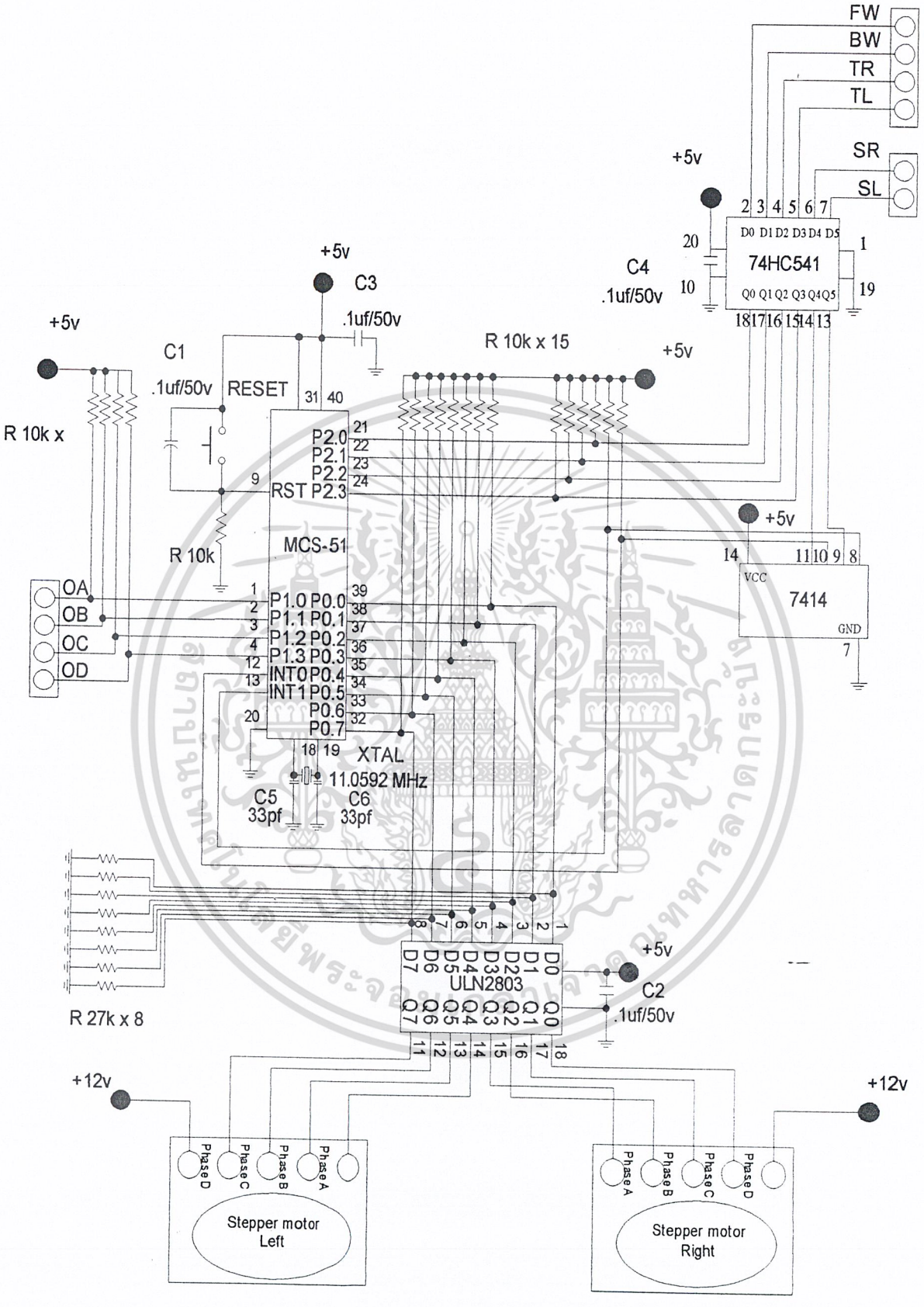
รูปที่ 5.11 วงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



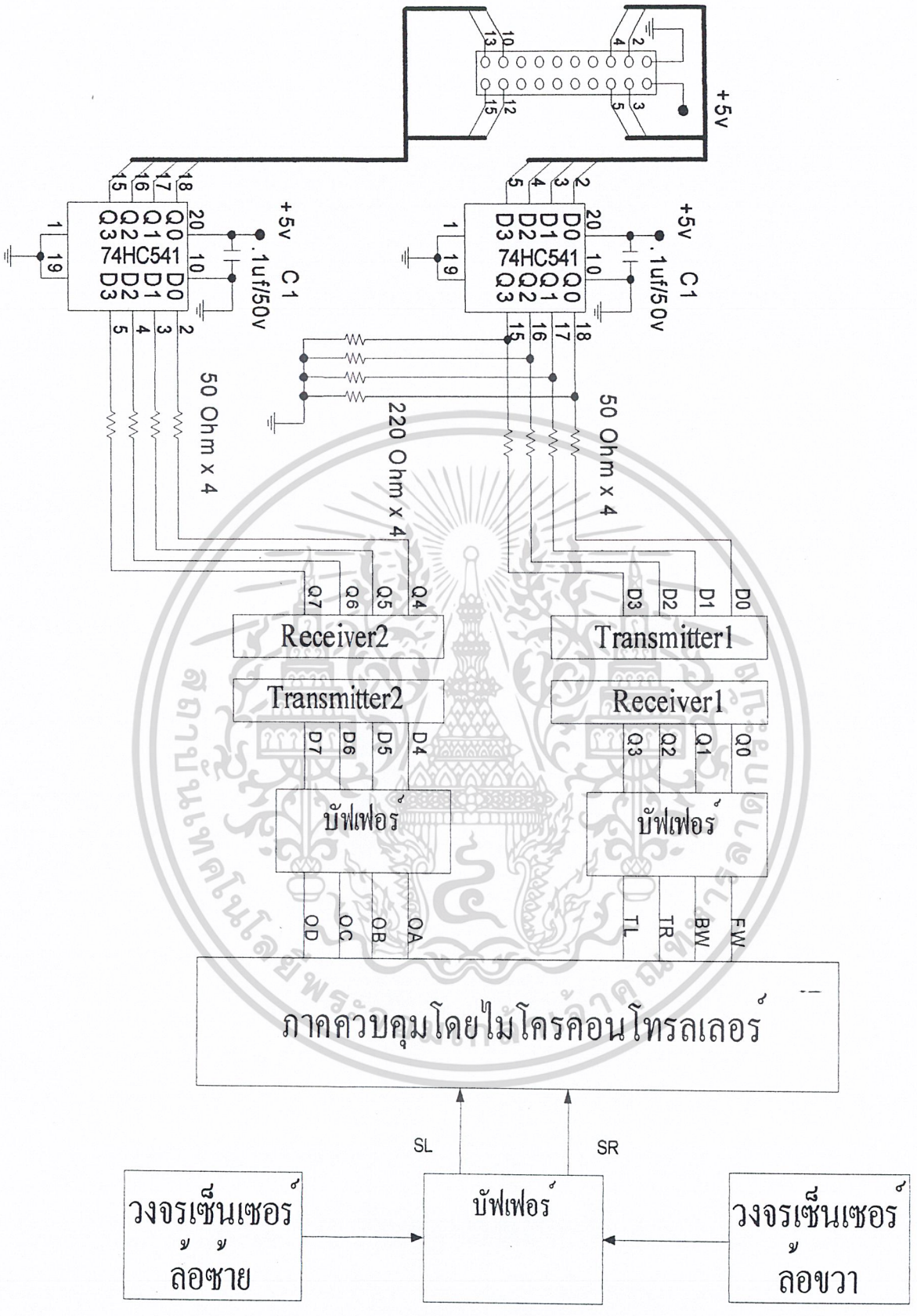
รูปที่ 5.12 วงจรเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



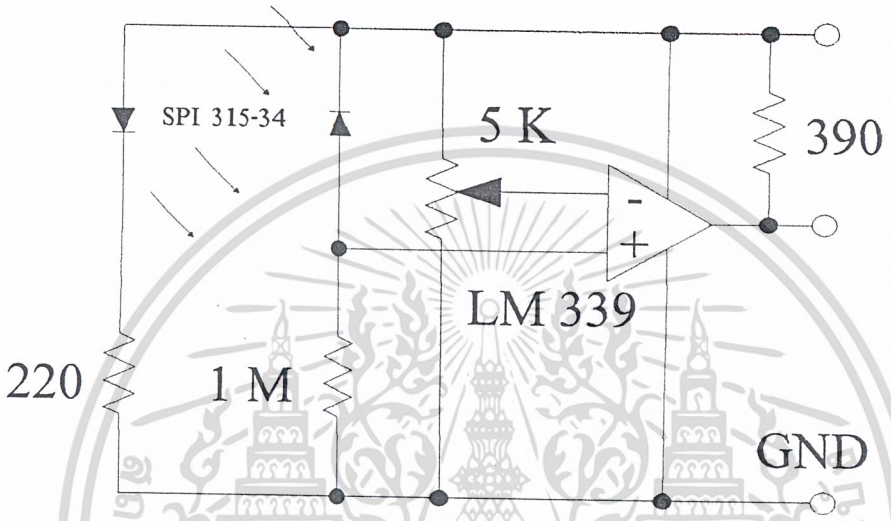
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.13 วงจรภาคไมโครคอนโทรลเลอร์



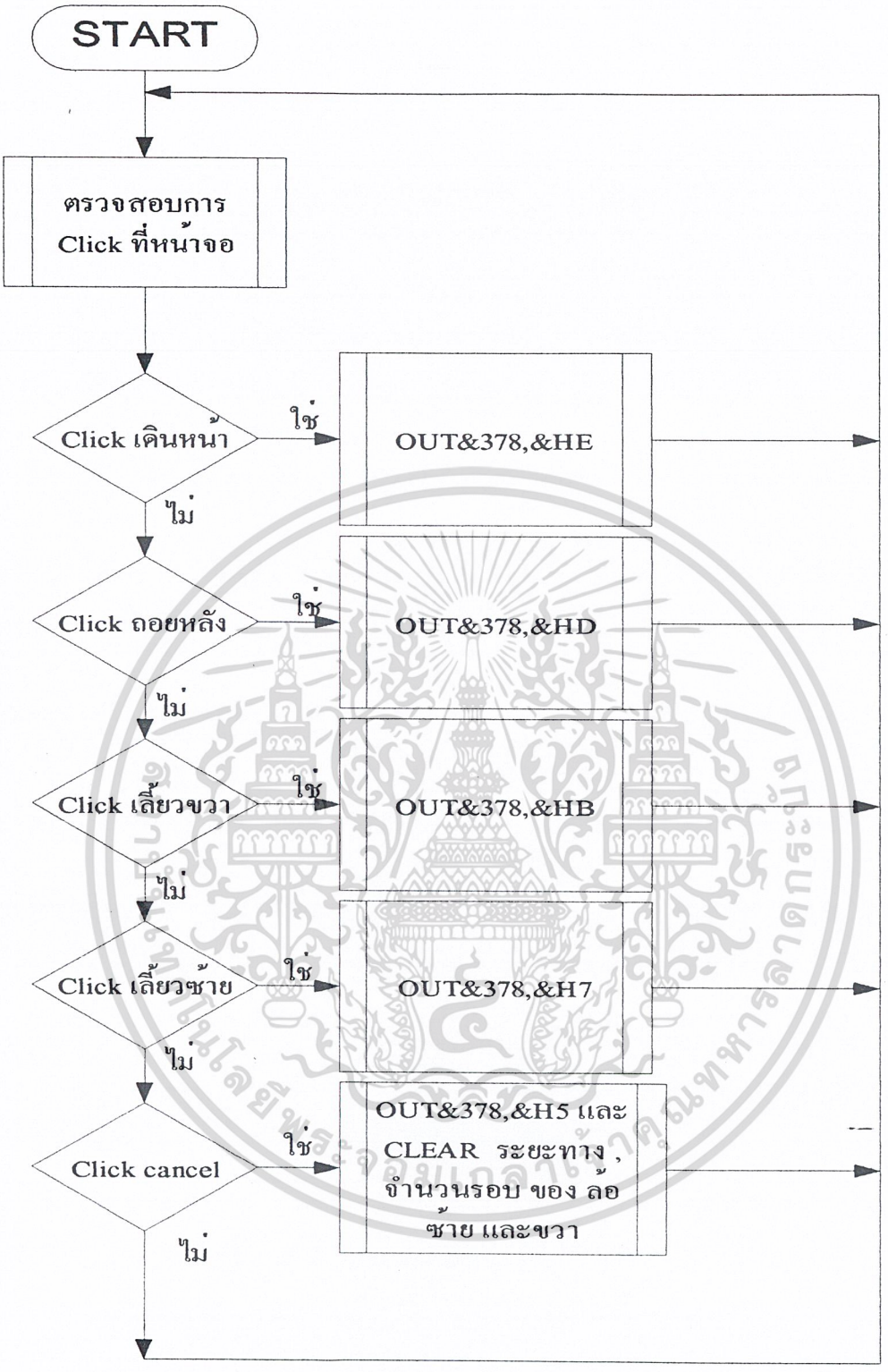
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.14 วงจรรวมรถวิทยุบังคับควมคุมด้วย Visual Basic



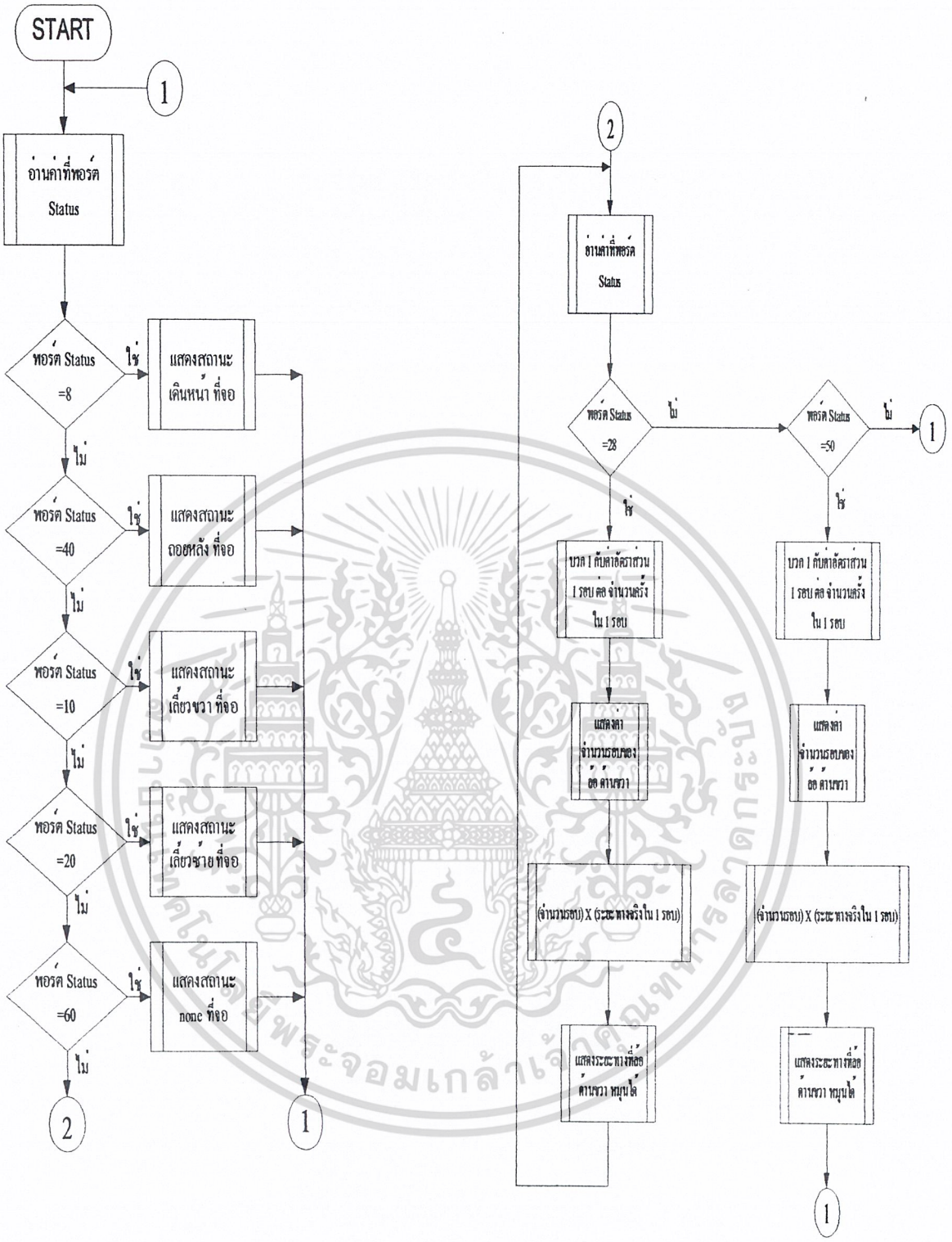
รูปที่ 5.15 วงจรเซนเซอร์ใช้นับจำนวนรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



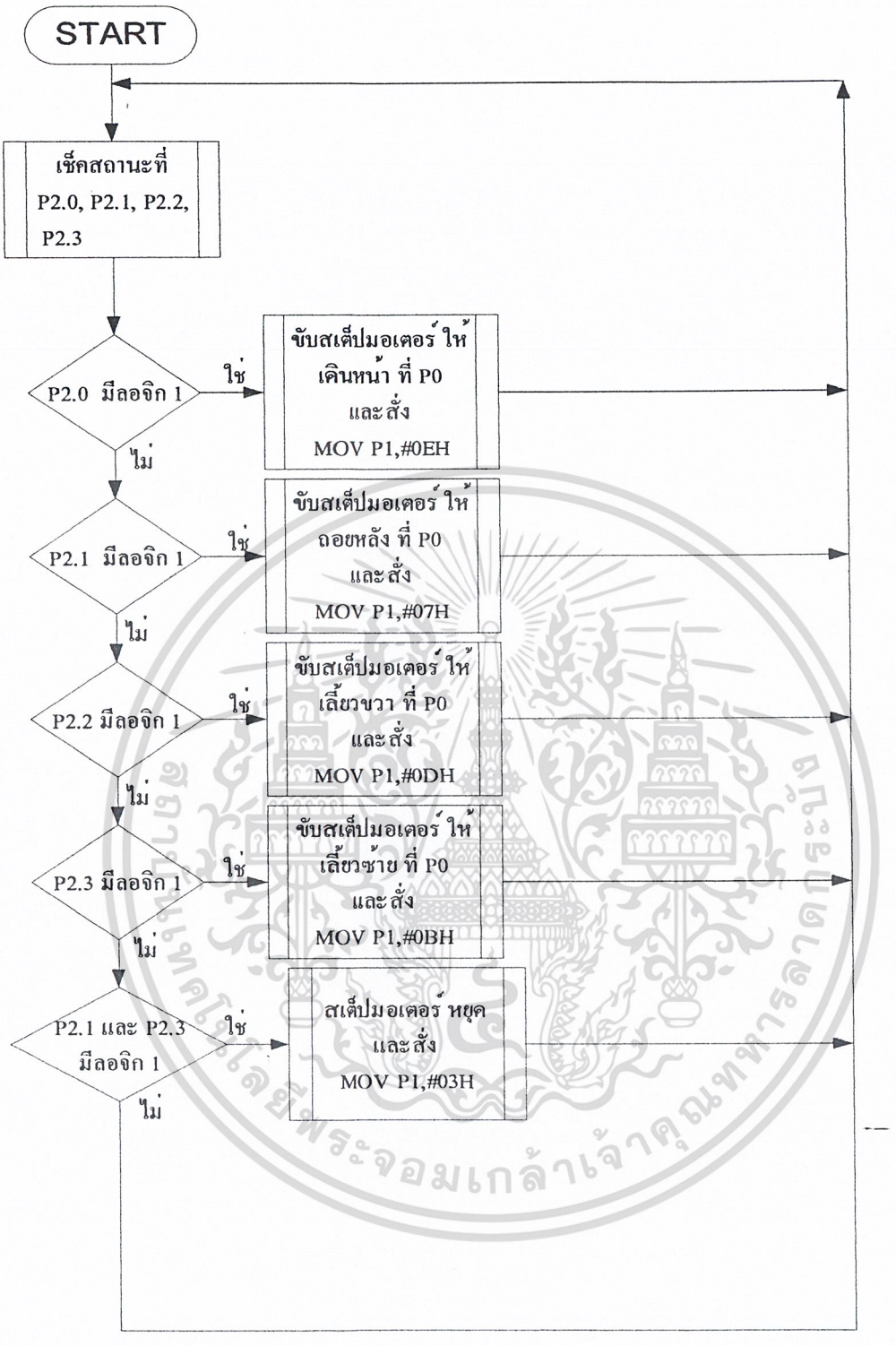
รูปที่ 5.16 โฟลวชาร์ตโปรแกรมสั่งงานด้วย Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



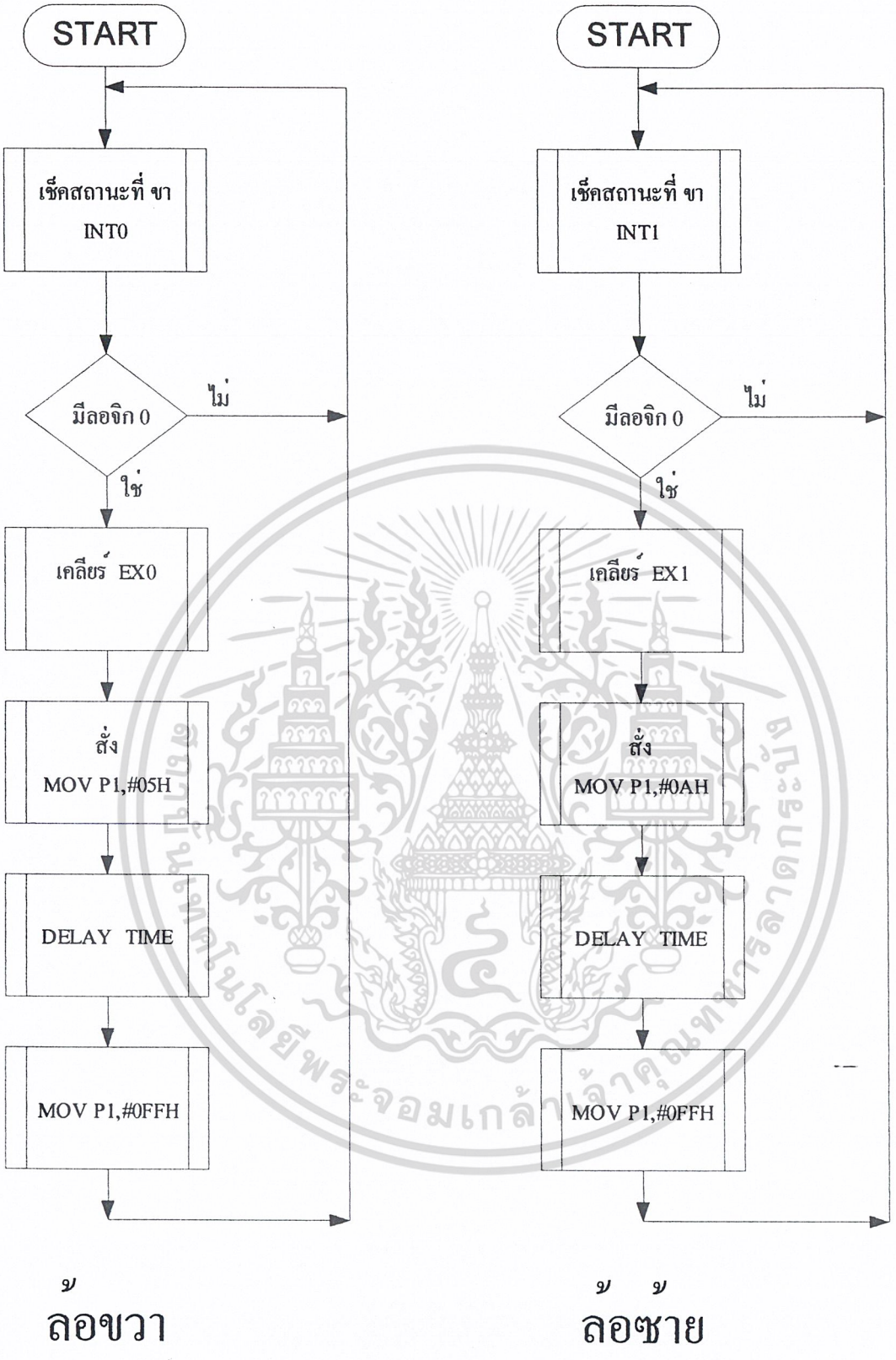
รูปที่ 5.17 โฟลวชาร์ตโปรแกรมรับค่าด้วย Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการทำงานหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 โฟลวชาร์ตโปรแกรมอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จำนวนรอบ	ระยะทางที่ได้ (cm)											
	สั่งงานเดินหน้า			สั่งงานถอยหลัง			สั่งงานเลี้ยวขวา			สั่งงานเลี้ยวซ้าย		
	ของจริง	หน้าจอ	% error	ของจริง	หน้าจอ	% error	ของจริง	หน้าจอ	% error	ของจริง	หน้าจอ	% error
1	17.2	17.8	0.6	17.0	17.8	0.8	17.4	17.8	0.4	17.3	17.8	0.5
2	34.4	35.6	1.2	34.0	35.6	1.6	34.8	35.6	0.8	34.5	35.6	1.1
3	51.6	53.4	1.8	51.0	53.4	2.4	52.2	53.4	1.2	51.9	53.4	1.5
4	68.8	71.2	2.4	68.0	71.2	3.2	69.6	71.2	1.6	69.2	71.2	2.0
5	86.0	89.0	3.0	85.0	89.0	4.0	87.0	89.0	2.0	86.5	89.0	2.5
6	103.2	106.8	3.6	102.0	106.8	4.8	104.4	106.8	2.4	103.8	106.8	3.0
7	120.4	124.6	4.2	119.0	124.6	5.6	121.8	124.6	2.8	121.1	124.6	3.5
8	137.6	142.4	4.8	136.0	142.4	6.4	139.2	142.4	3.2	138.4	142.4	4.0
9	154.8	160.2	5.4	153.0	160.2	7.2	156.6	160.2	3.6	155.7	160.2	4.5
10	172.0	178.0	6.0	170.0	178.0	8.0	174.0	178.0	4.0	173.0	178.0	5.0
11	189.2	195.8	6.6	187.0	195.8	8.8	191.4	195.8	4.4	190.3	195.8	5.8
12	206.4	213.6	7.2	204.0	213.6	9.6	208.8	213.6	4.8	207.6	213.6	6.0
13	223.6	231.4	7.8	221.0	231.4	10.4	226.2	231.4	5.2	224.9	231.4	6.5
14	240.8	249.2	8.4	238.0	249.2	11.2	243.6	249.2	5.6	242.2	249.2	7.0
15	258.0	267.0	9.0	255.0	267.0	12.0	261.0	267.0	6.0	259.5	267.0	7.5
16	275.2	284.4	9.2	272.0	284.4	12.4	278.4	284.4	6.0	276.8	284.4	7.6
17	292.4	302.6	10.2	289.0	302.6	13.6	295.8	302.6	6.8	294.1	302.6	8.5
18	309.6	320.4	10.5	306.0	320.4	14.4	313.2	320.4	7.2	311.4	320.4	9.0

สรุปผลการทดลอง

ได้ตามผลที่สมมติฐานเอาไว้ คือ เมื่อสั่งงานผ่านทาง โปรแกรม Visual Basic ตัวรถมีการตอบสนองเป็นอย่างดี ในการเดินหน้า, ถอยหลัง, เลี้ยวขวา และเลี้ยวซ้าย และส่งค่ากับเป็นจำนวนรอบของแต่ละล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า , ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

โครงงานนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงขบวนการ ทำงานของการสร้างรถบังคับวิทยุโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการควบคุม ในโคงงานนี้จะมุ่งเน้นการควบคุมรถบังคับให้มีความสามารถในการเป็น หุ่นยนต์(robot)สำรวจต่อไปในอนาคต สิ่งที่เป็นหัวใจของ robot คือ robot จะสามารถทำงานได้โดยการโปรแกรม(programming) และต้องทำงานได้ถายใต้เงื่อนไขของโปรแกรมที่กำหนดขึ้น

นอกจากนั้นในโครงงานนี้ยังมีการใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมการบังคับการขับเคลื่อนรถด้วยสเต็ปมอเตอร์ให้เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการและที่สำคัญยังต้องใช้ความรู้ทางทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารเบื่องต้นมาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้เกี่ยวกับภาครับภาคส่งของรถบังคับวิทยุได้ และยังทำการศึกษาการทำงานของเซนเซอร์ ซึ่งจะนำมาใช้ในการตรวจสอบการนับจำนวนรอบของตัวสเต็ปมอเตอร์และที่สำคัญยังศึกษาถึงเรื่องช่องทางการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสารอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1 กฤษดา ใจเย็น , “เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตขนาน” , บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

2 สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร , “คู่มือการสร้างแอพพริเคชั่นด้วย Visual Basic 6.0 ฉบับสมบูรณ์” , สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส , พิมพ์ครั้งที่ 1 นนทบุรี 2542

3 ประกิจ ตังติสานนท์ , “วิศวกรรมการสื่อสาร (ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์)” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพ 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

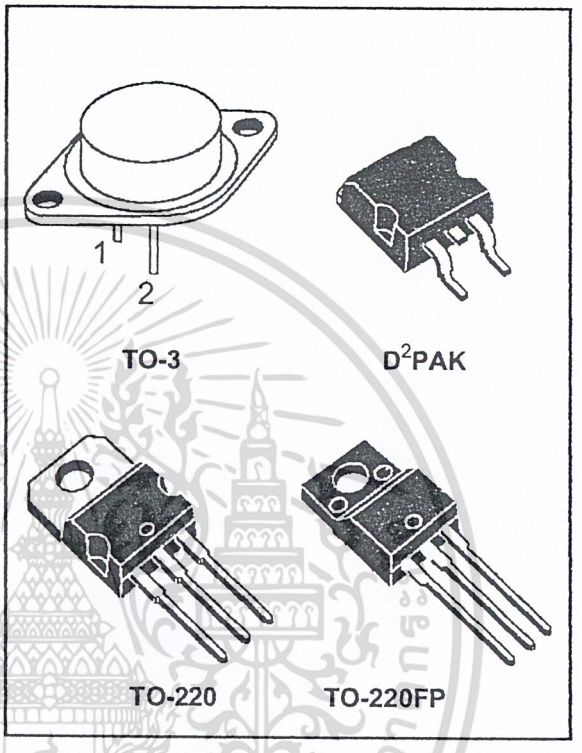
ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L7800 SERIES

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

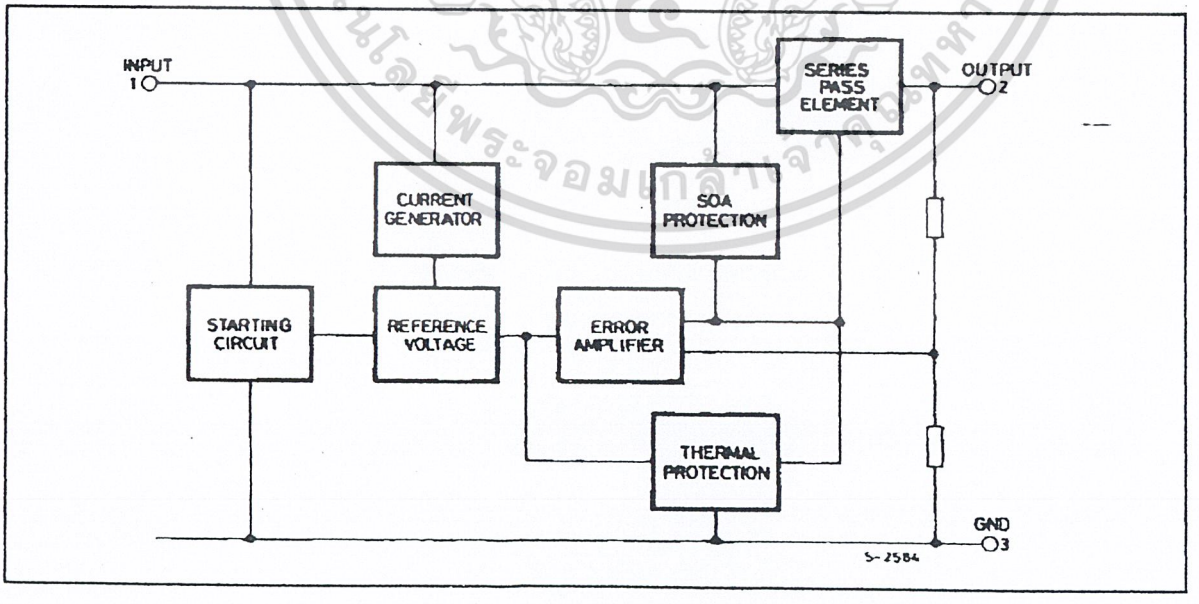
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION



DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 TO-220FP TO-3 and D^2PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage (for V_O = 5 to 18V) (for V_O = 20, 24V)	35 40	V V
I_o	Output Current	Internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature Range (for **L7800**) (for **L7800C**)	-55 to 150 0 to 150	°C °C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		D^2PAK	TO-220	TO-220FP	TO-3	Unit
$R_{thj\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3	3	5	4	°C/W
$R_{thj\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)

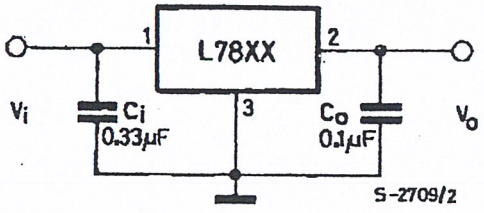
TO-220 & TO-220FP | D^2PAK | TO-3

Type	TO-220	D^2PAK (*)	TO-220FP	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

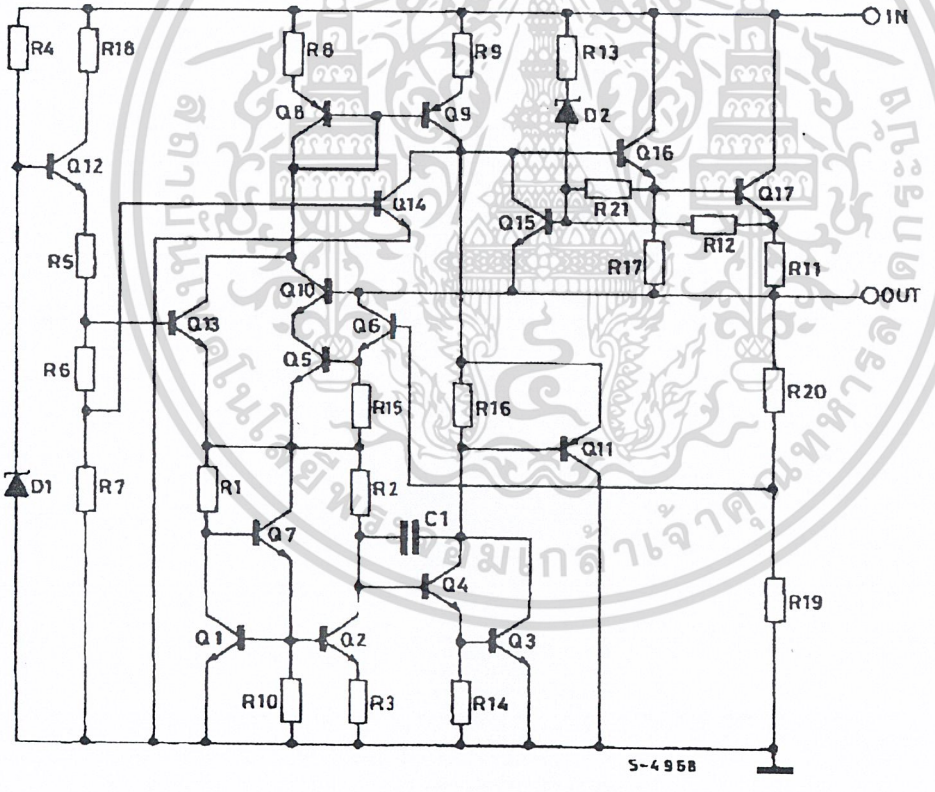
(*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH "-TR" SUFFIX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION CIRCUIT



SCHEMATIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

Figure 1 : DC Parameter

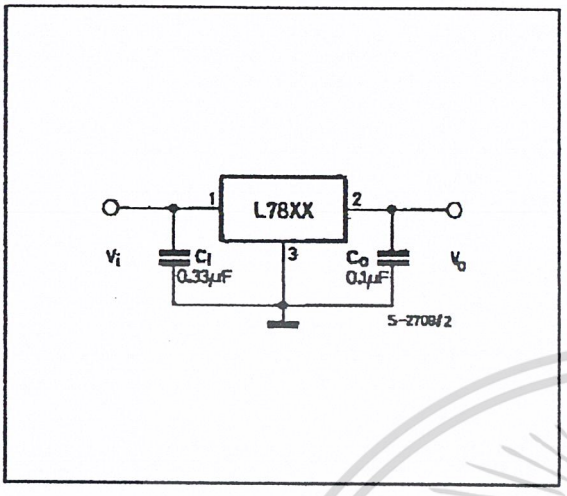


Figure 2 : Load Regulation.

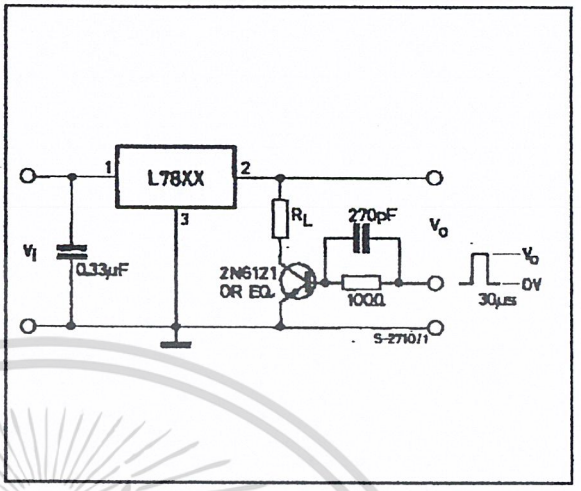
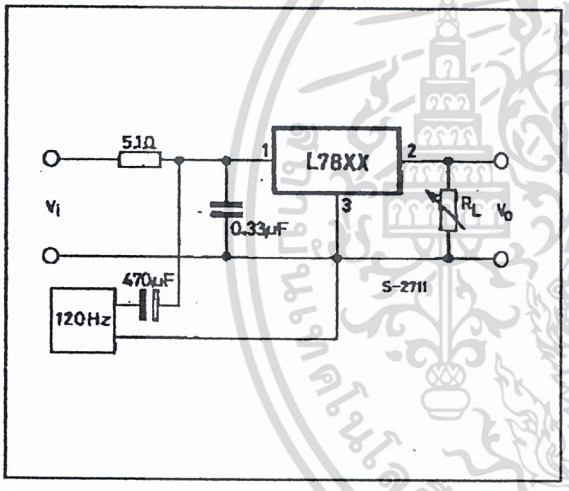


Figure 3 : Ripple Rejection.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 10V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 8 to 20 V	4.65	5	5.35	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 7 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 8 to 12 V T_j = 25 °C		3 1	50 25	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 25	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 8 to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		0.6		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 8 to 18 V f = 120 Hz	68			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		17		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 15V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 9 to 21 V	5.65	6	6.35	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 8 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 9 to 13 V T_j = 25 °C			60 30	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 30	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 9 to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		0.7		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 9 to 19 V f = 120 Hz	65			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		19		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 14V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 11.5 to 23 V	7.6	8	8.4	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 10.5 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 11 to 17 V T_j = 25 °C			80 40	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 40	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 11.5 to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 11.5 to 21.5 V f = 120 Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		16		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 19V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 15.5 to 27 V	11.4	12	12.6	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 14.5 to 30 V T_j = 25 °C V_i = 16 to 22 V T_j = 25 °C			120 60	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 60	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 15 to 30 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		1.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 15 to 25 V f = 120 Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		18		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7815 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 23V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	14.4	15	15.6	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 18.5 to 30 V	14.25	15	15.75	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 17.5 to 30 V T_j = 25 °C V_i = 20 to 26 V T_j = 25 °C			150 75	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			150 75	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 18.5 to 30 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		1.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 18.5 to 28.5 V f = 120 Hz	60			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		19		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7818 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 26V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	17.3	18	18.7	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 22 to 33 V	17.1	18	18.9	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 21 to 33 V T_j = 25 °C V_i = 24 to 30 V T_j = 25 °C			180 90	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			180 90	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 22 to 33 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		2.3		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 22 to 32 V f = 120 Hz	59			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		22		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7820 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 28V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	19.2	20	20.8	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 24 to 35 V	19	20	21	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 22.5 to 35 V T_j = 25 °C V_i = 26 to 32 V T_j = 25 °C			200 100	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			200 100	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 24 to 35 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		2.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 24 to 35 V f = 120 Hz	58			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		24		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7824 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 33V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	23	24	25	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 28 to 38 V	22.8	24	25.2	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 27 to 38 V T_j = 25 °C V_i = 30 to 36 V T_j = 25 °C			240 120	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			240 120	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 28 to 38 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		3		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 28 to 38 V f = 120 Hz	56			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		28		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 10V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 7 to 20 V	4.75	5	5.25	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 7 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 8 to 12 V T_j = 25 °C		3 1	100 50	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 50	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 7 to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1.1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		40		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 8 to 18 V f = 120 Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		17		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7852C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 10V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	5.0	5.2	5.4	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 8 to 20 V	4.95	5.2	5.45	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 7 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 8 to 12 V T_j = 25 °C		3 1	105 52	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			105 52	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 7 to 25 V			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1.0		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		42		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 8 to 18 V f = 120 Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		17		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 11V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 8 to 21 V	5.7	6	6.3	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 8 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 9 to 13 V T_j = 25 °C			120 60	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			120 60	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 8 to 25 V			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-0.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		45		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 9 to 19 V f = 120 Hz	59			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		19		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		550		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 14V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 10.5 to 25 V	7.6	8	8.4	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 10.5 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 11 to 17 V T_j = 25 °C			160 80	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			160 80	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 10.5 to 25 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-0.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		52		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 11.5 to 21.5 V f = 120 Hz	56			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		16		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		450		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7885C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 14.5V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	8.2	8.5	8.8	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 11 to 26 V	8.1	8.5	8.9	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 11 to 27 V T_j = 25 °C V_i = 11.5 to 17.5 V T_j = 25 °C			160 80	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			160 80	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 11 to 27 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-0.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		55		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 12 to 22 V f = 120 Hz	56			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		16		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		450		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7809C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 15V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	8.65	9	9.35	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 11.5 to 26 V	8.55	9	9.45	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 11.5 to 26 V T_j = 25 °C V_i = 12 to 18 V T_j = 25 °C			180 90	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			180 90	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 11.5 to 26 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1.0		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		70		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 12 to 23 V f = 120 Hz	55			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		17		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		400		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 19V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 14.5 to 27 V	11.4	12	12.6	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 14.5 to 30 V T_j = 25 °C V_i = 16 to 22 V T_j = 25 °C			240 120	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			240 120	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 14.5 to 30 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		75		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 15 to 25 V f = 120 Hz	55			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		18		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		350		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7815C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 23V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	14.4	15	15.6	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 17.5 to 30 V	14.25	15	15.75	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 17.5 to 30 V T_j = 25 °C V_i = 20 to 26 V T_j = 25 °C			300 150	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			300 150	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 17.5 to 30 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		90		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 18.5 to 28.5 V f = 120 Hz	54			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		19		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		230		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7818C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 26V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	17.3	18	18.7	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 21 to 33 V	17.1	18	18.9	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 21 to 33 V T_j = 25 °C V_i = 24 to 30 V T_j = 25 °C			360 180	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			360 180	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 21 to 33 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		110		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 22 to 32 V f = 120 Hz	53			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		22		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		200		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.1		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7820C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 28V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	19.2	20	20.8	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 23 to 35 V	19	20	21	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 22.5 to 35 V T_j = 25 °C V_i = 26 to 32 V T_j = 25 °C			400 200	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			400 200	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 23 to 35 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		150		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 24 to 35 V f = 120 Hz	52			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		24		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		180		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7824C (refer to the test circuits, T_j = 0 to 125 °C, V_i = 33V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	23	24	25	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 27 to 38 V	22.8	24	25.2	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 27 to 38 V T_j = 25 °C V_i = 30 to 36 V T_j = 25 °C			480 240	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			480 240	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 27 to 38 V			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		-1.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C		170		µV
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 28 to 38 V f = 120 Hz	50			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2		V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		28		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		150		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulce testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4 : Dropout Voltage vs. Junction Temperature.

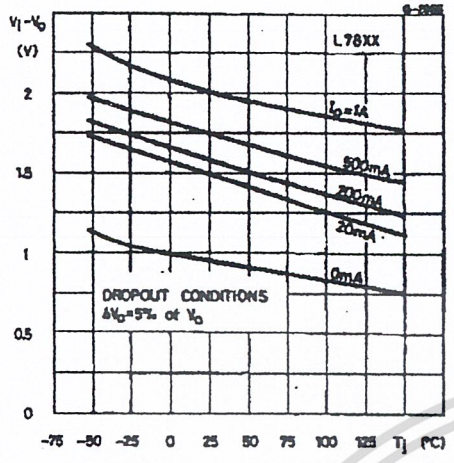


Figure 5 : Peak Output Current vs. Input/output Differential Voltage.

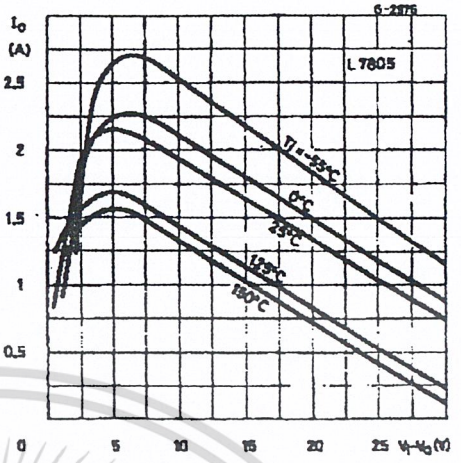


Figure 6 : Supply Voltage Rejection vs. Frequency.

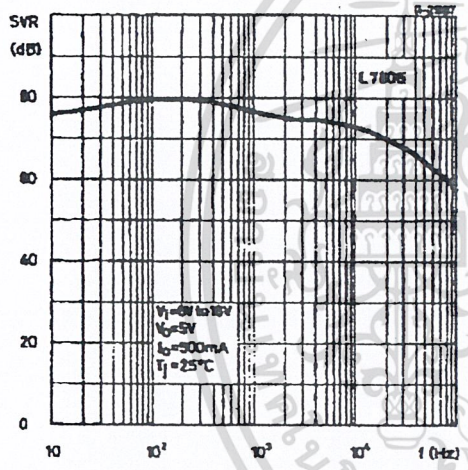


Figure 7 : Output Voltage vs. Junction Temperature.

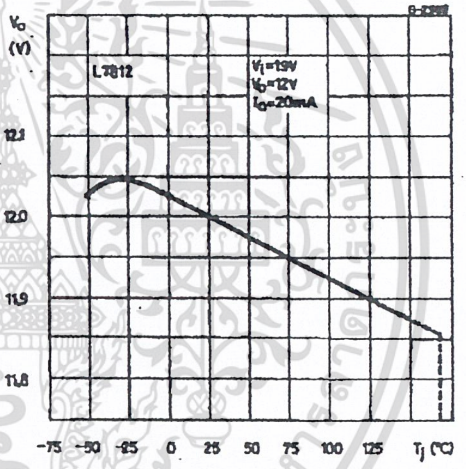


Figure 8 : Output Impedance vs. Frequency.

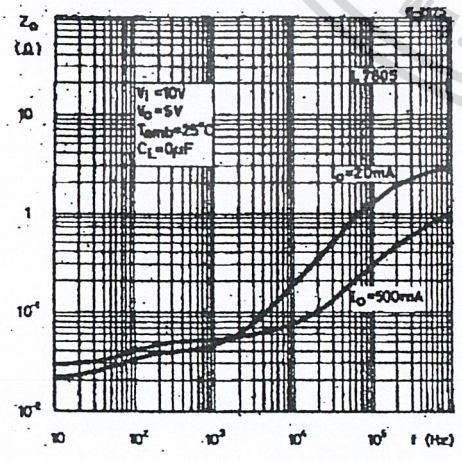
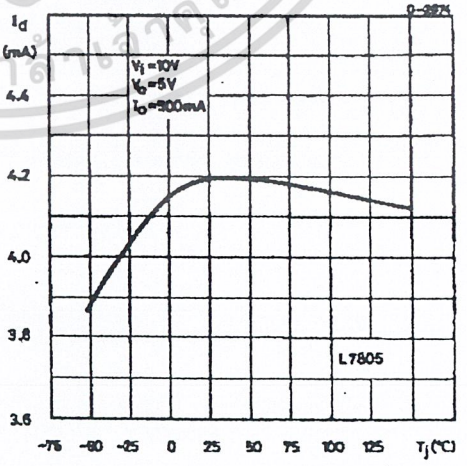


Figure 9 : Quiescent Current vs. Junction Temperature.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10 : Load Transient Response.

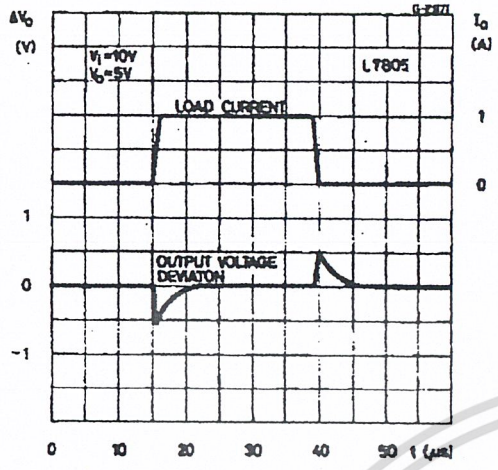


Figure 11 : Line Transient Response.

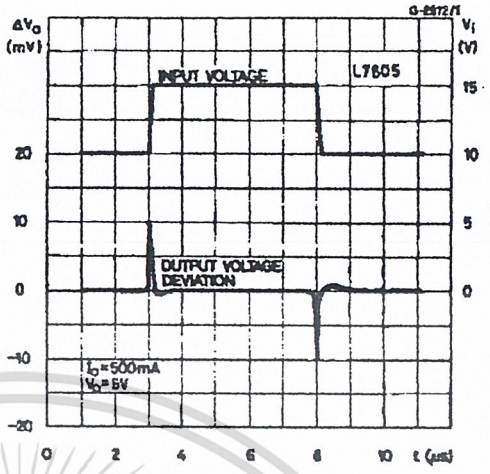


Figure 12 : Quiescent Current vs. Input Voltage.

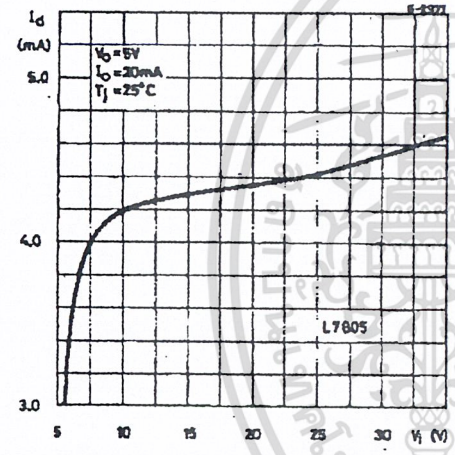


Figure 13 : Fixed Output Regulator.

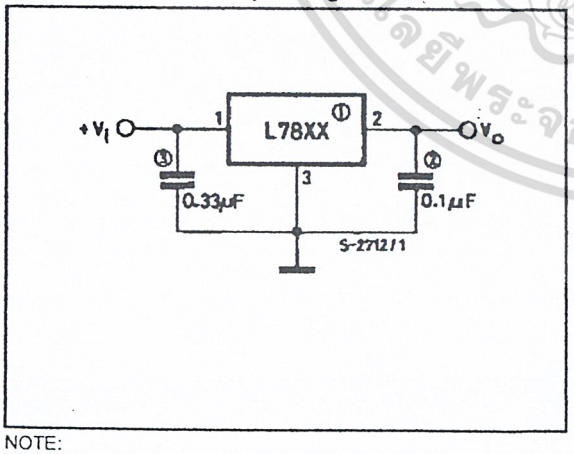
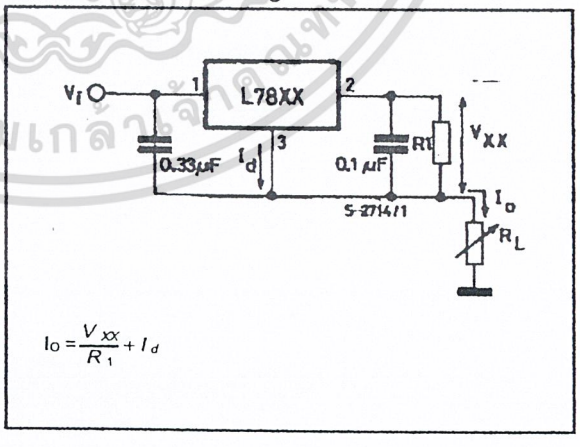


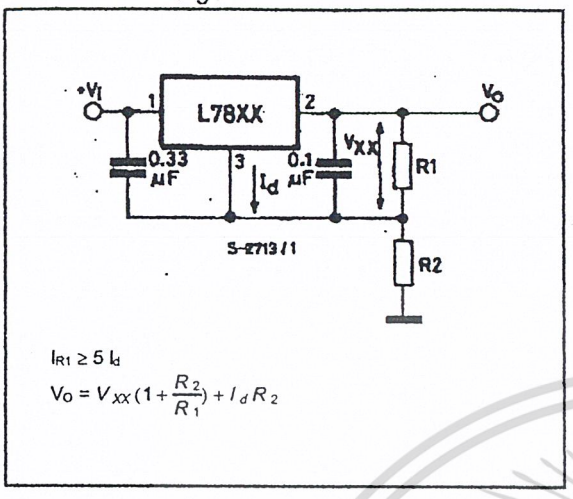
Figure 14 : Current Regulator.



NOTE:
1. To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".
2. Although no output capacitor is need for stability, it does improve transient response.
3. Required if creguiator is locate an appreciable distance from power supply filter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 15 : Circuit for Increasing Output Voltage.



$I_{R1} \geq 5\ I_d$

$V_O = V_{XX}(1+\frac{R_2}{R_1}) + I_d R_2$

Figure 16 : Adjustable Output Regulator (7 to 30V).

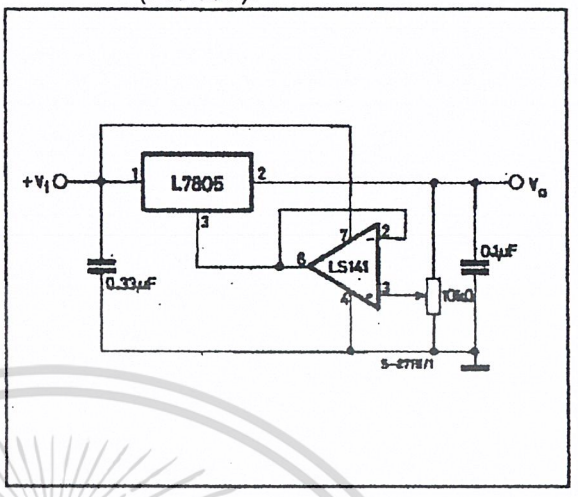
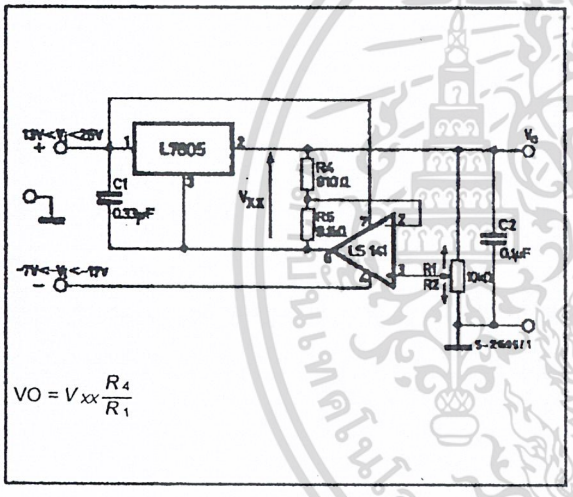
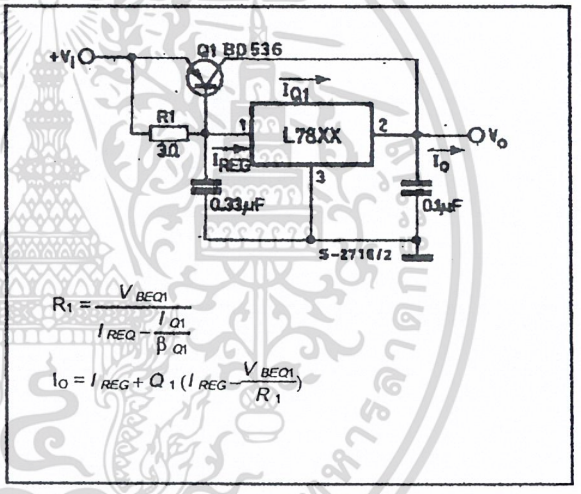


Figure 17 : 0.5 to 10V Regulator.



$VO = V_{XX}\frac{R_4}{R_1}$

Figure 18 : High Current Voltage Regulator.

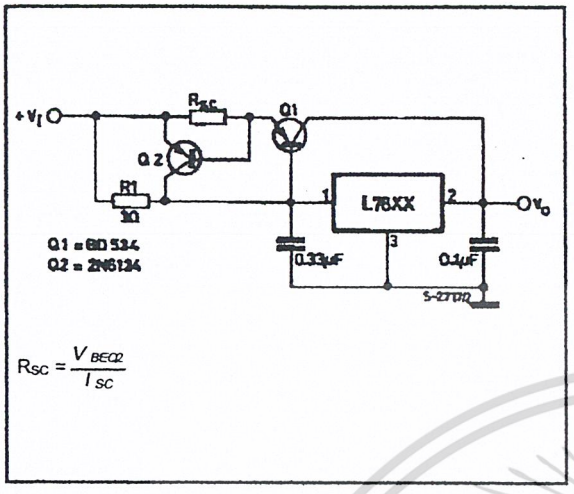


$R_1 = \frac{V_{BEQ1}}{I_{REG} - \frac{I_{Q1}}{\beta_{Q1}}}$

$I_O = I_{REG} + Q_1(I_{REG} - \frac{V_{BEQ1}}{R_1})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 19 : High Output Current with Short Circuit Protection.



$$R_{SC} = \frac{V_{BEQ2}}{I_{SC}}$$

Figure 20 : Tracking Voltage Regulator.

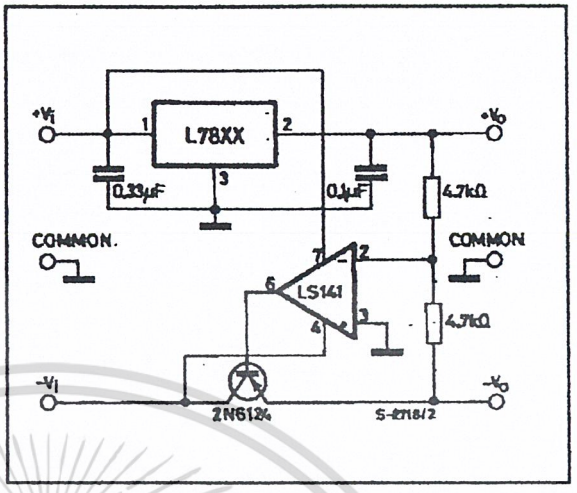
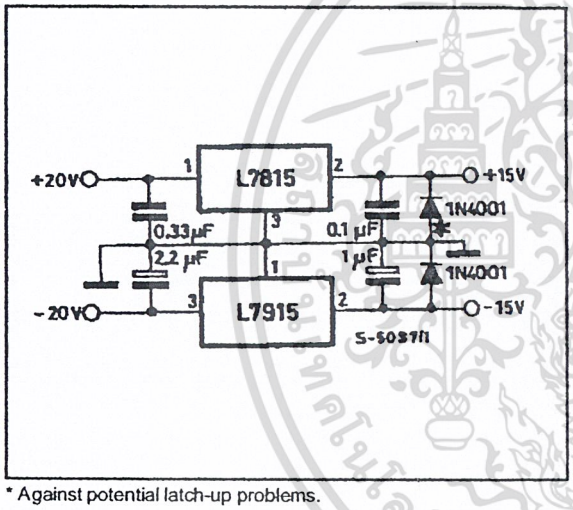


Figure 21 : Split Power Supply (± 15V – 1A).



* Against potential latch-up problems.

Figure 22 : Negative Output Voltage Circuit.

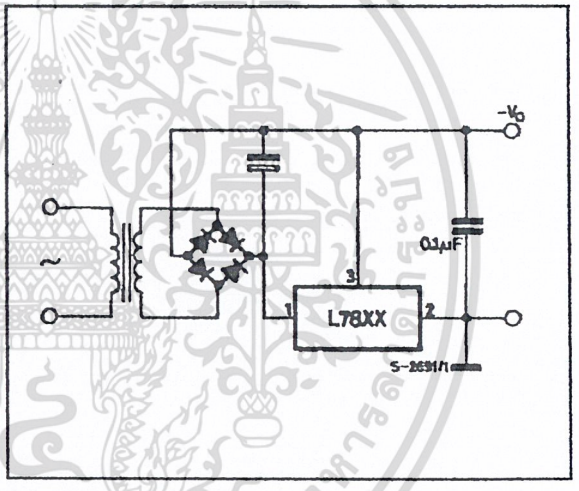


Figure 23 : Switching Regulator.

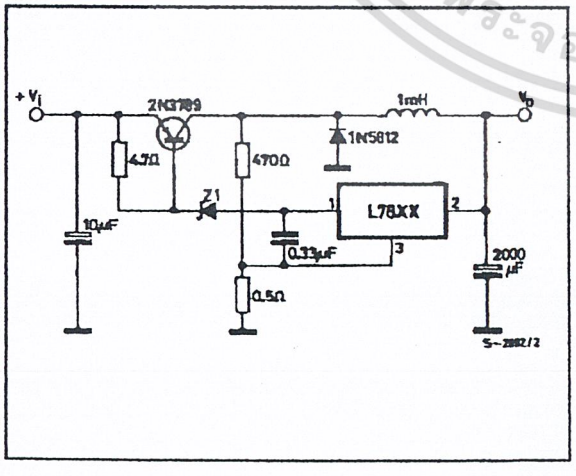
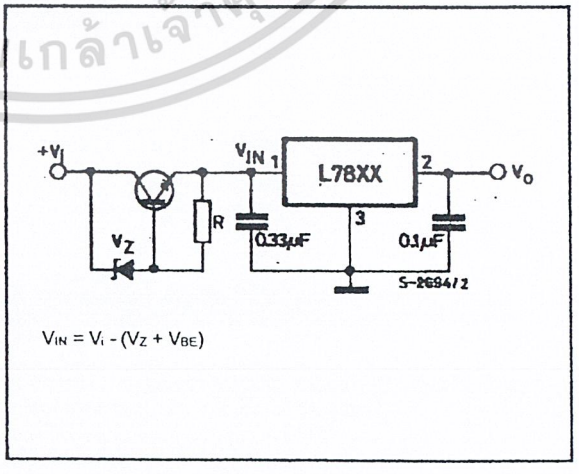


Figure 24 : High Input Voltage Circuit.



$V_{IN} = V_I - (V_Z + V_{BE})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 25 : High Input Voltage Circuit.

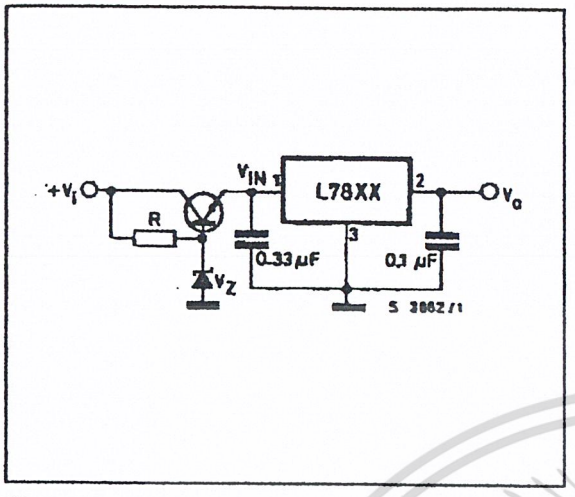


Figure 26 : High Output Voltage Regulator.

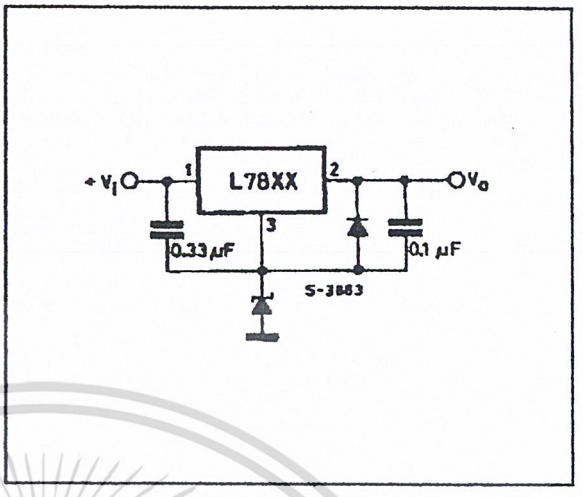


Figure 27 : High Input and Output Voltage.

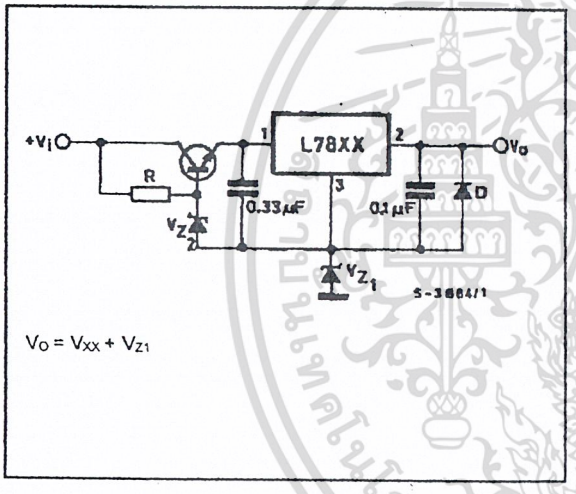


Figure 28 : Reducing Power Dissipation with Dr opping Resistor.

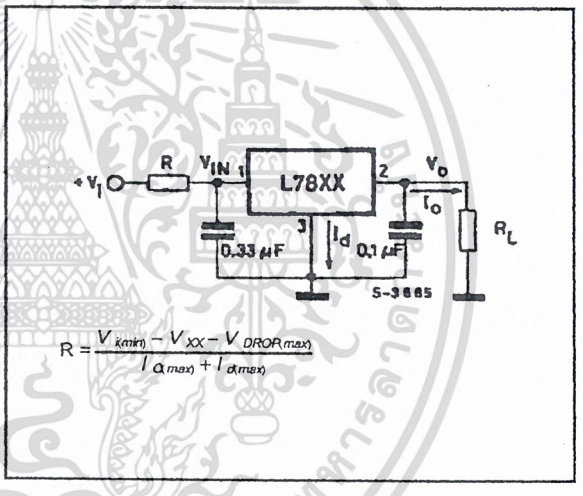
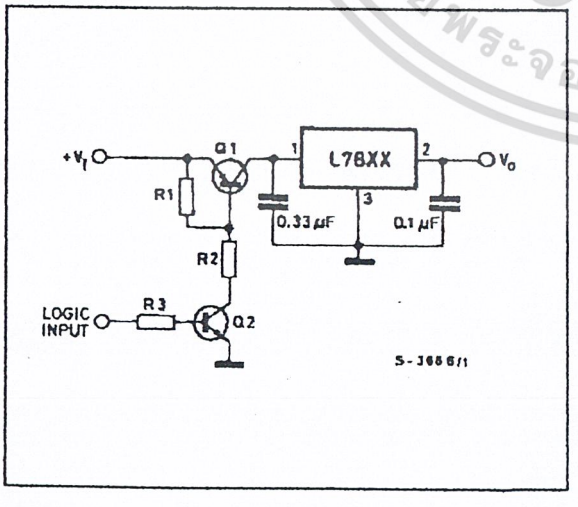
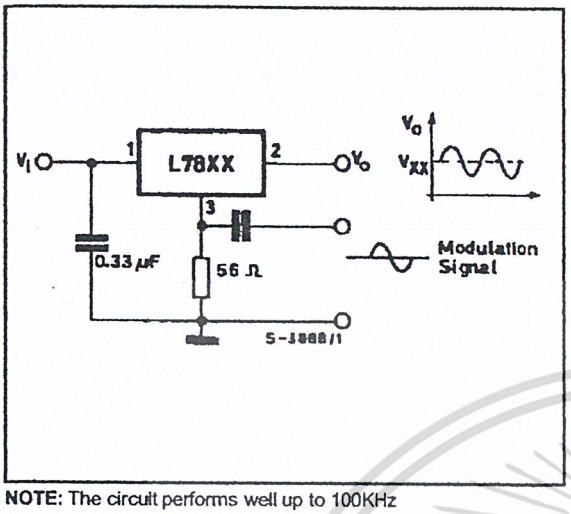


Figure 29 : Remote Shutdown.



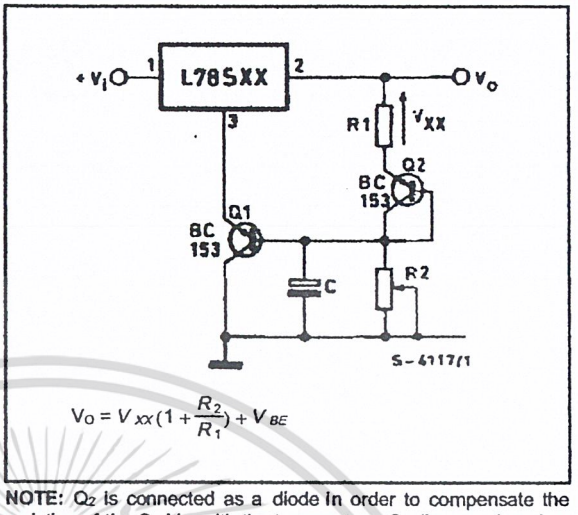
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 30 : Power AM Modulator (unity voltage gain, I_o < 1A).



NOTE: The circuit performs well up to 100KHz

Figure 31 : Adjustable Output Voltage with Temperature Compensation.



$$V_O = V_{XX}(1 + \frac{R_2}{R_1}) + V_{BE}$$

NOTE: Q_2 is connected as a diode in order to compensate the variation of the Q_1 V_{BE} with the temperature. C allows a slow rise-time of the V_o

Figure 32 : Light Controllers ($V_{o\,min} = V_{XX} + V_{BE}$).

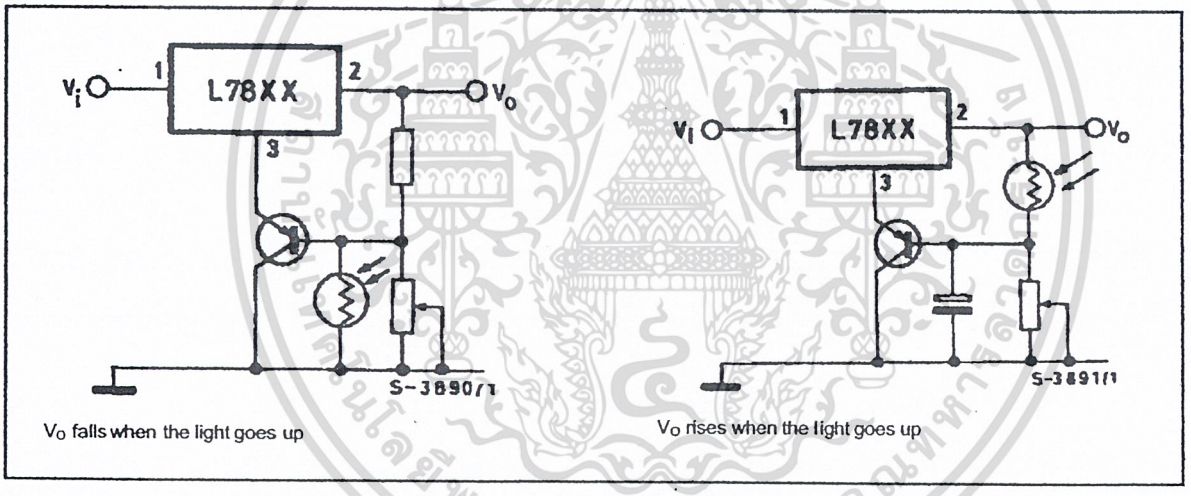
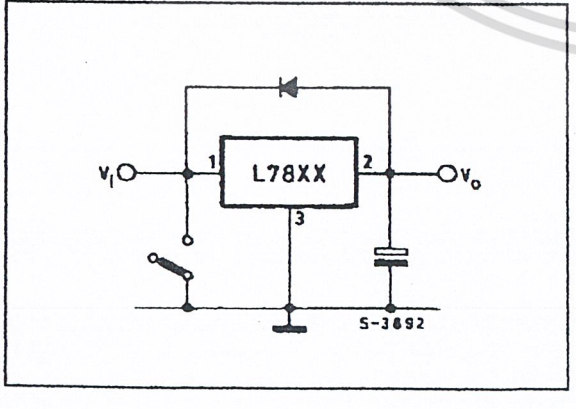


Figure 33 : Protection against Input Short-circuit with High Capacitance Loads.

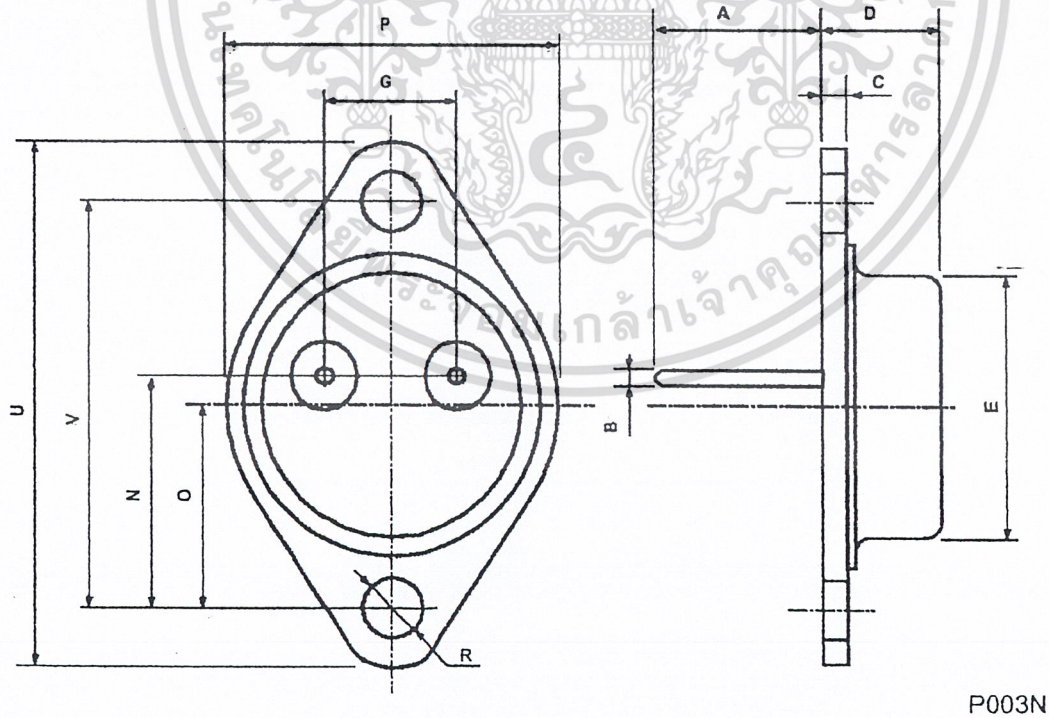


Application with high capacitance loads and an output voltage greater than 6 volts need an external diode (see fig. 33) to protect the deviceagainst input short circuit. In this case the input voltage falls rapidly while the output voltage decrease slowly. The capacitance dischrges by means of the Base-Emitter junction of the series pass transistor in the regulator. If the energy is sufficently high, the transistor may be destroyed. The external diode by-passes the current from the IC to ground.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO-3 (R) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		11.7			0.460	
B	0.96		1.10	0.037		0.043
C			1.70			0.066
D			8.7			0.342
E			20.0			0.787
G		10.9			0.429	
N		16.9			0.665	
P			26.2			1.031
R	3.88		4.09	0.152		0.161
U			39.50			1.555
V		30.10			1.185	

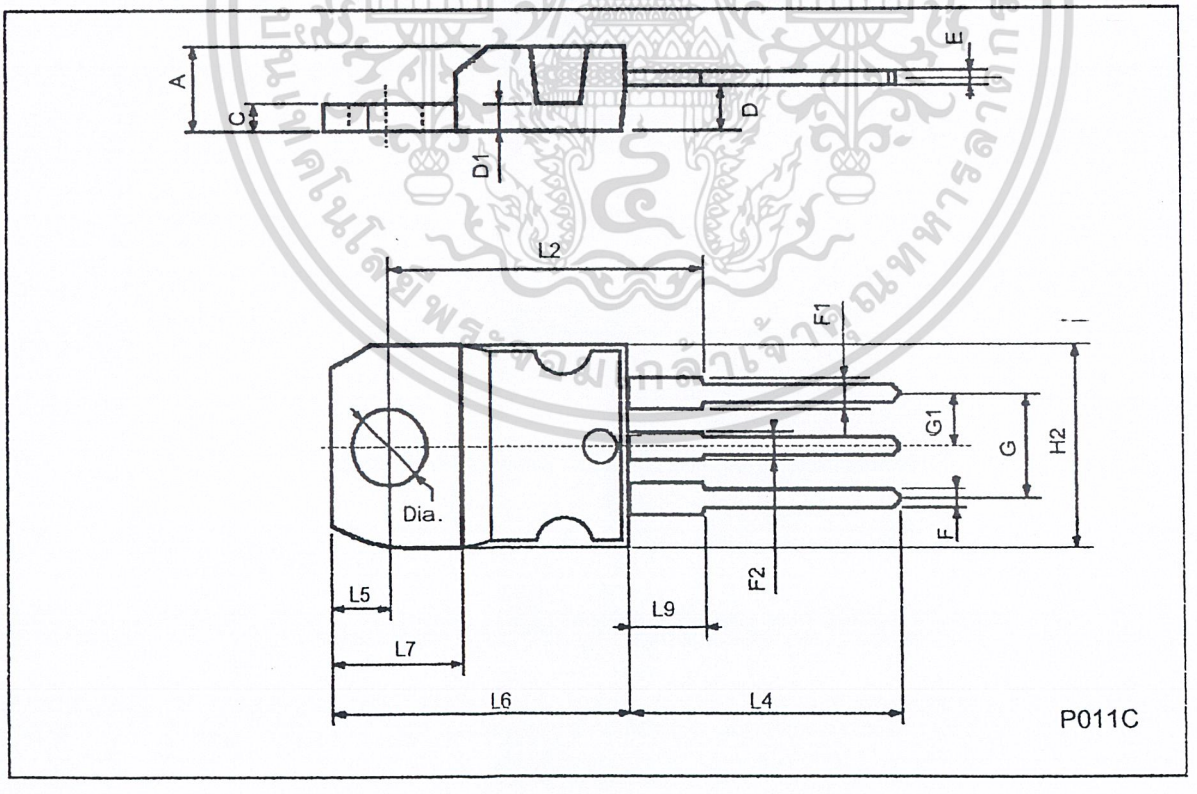


P003N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO-220 MECHANICAL DATA

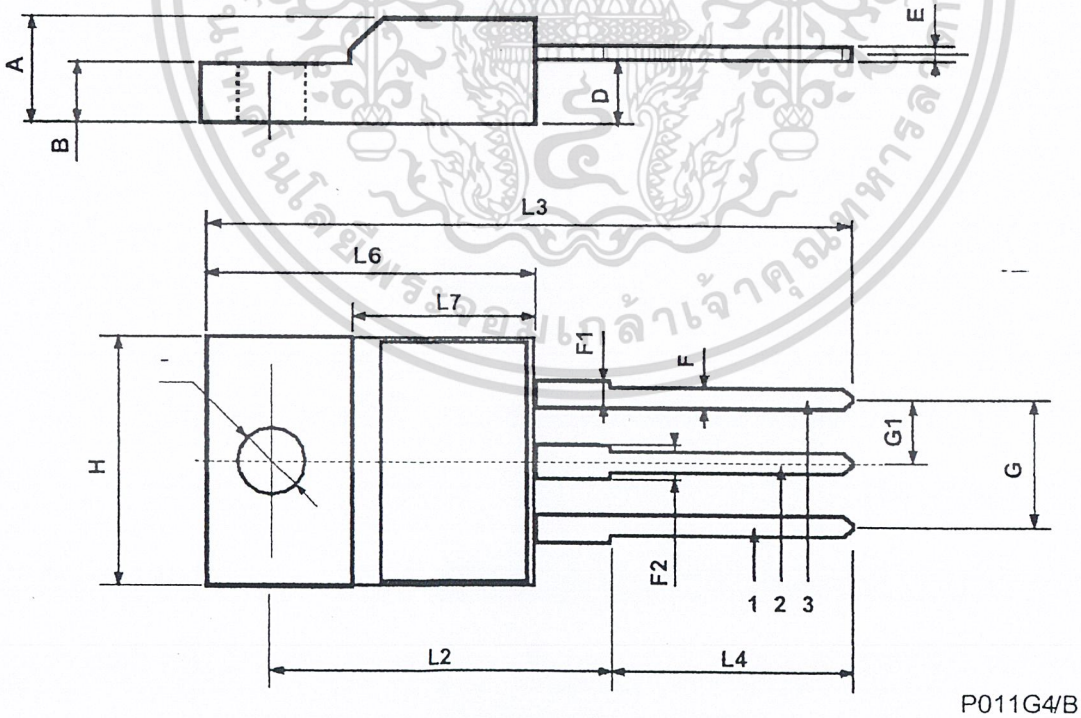
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO-220FP MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.45		0.7	0.017		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126

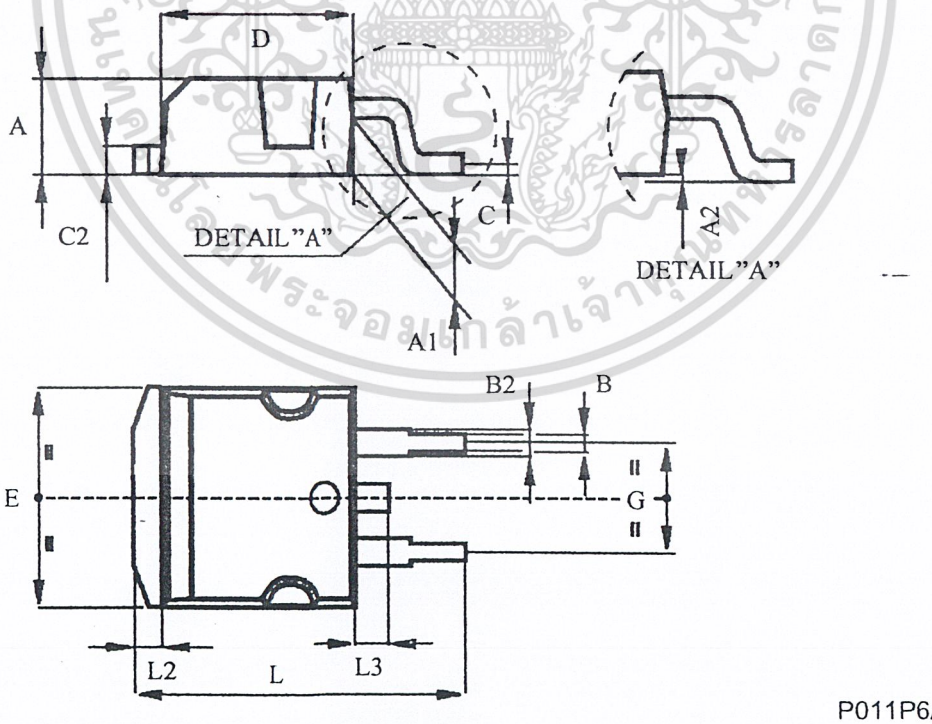


P011G4/B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO-263 (D^2PAK) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
A1	2.49		2.69	0.098		0.106
B	0.7		0.93	0.027		0.036
B2	1.14		1.7	0.044		0.067
C	0.45		0.6	0.017		0.023
C2	1.23		1.36	0.048		0.053
D	8.95		9.35	0.352		0.368
E	10		10.4	0.393		0.409
G	4.88		5.28	0.192		0.208
L	15		15.85	0.590		0.624
L2	1.27		1.4	0.050		0.055
L3	1.4		1.75	0.055		0.068



P011P6/F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by LM317/D

MOTOROLA

LM317

Three-Terminal Adjustable Output Positive Voltage Regulator

THREE–TERMINAL ADJUSTABLE POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

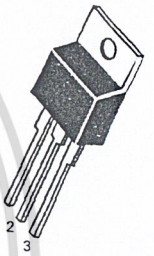
The LM317 is an adjustable 3–terminal positive voltage regulator capable of supplying in excess of 1.5 A over an output voltage range of 1.2 V to 37 V. This voltage regulator is exceptionally easy to use and requires only two external resistors to set the output voltage. Further, it employs internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making it essentially blow–out proof.

The LM317 serves a wide variety of applications including local, on card regulation. This device can also be used to make a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the LM317 can be used as a precision current regulator.

- Output Current in Excess of 1.5 A
- Output Adjustable between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting Constant with Temperature
- Output Transistor Safe–Area Compensation
- Floating Operation for High Voltage Applications
- Available in Surface Mount D^2PAK, and Standard 3–Lead Transistor Package
- Eliminates Stocking many Fixed Voltages

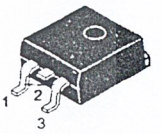
T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A

Heatsink surface connected to Pin 2.



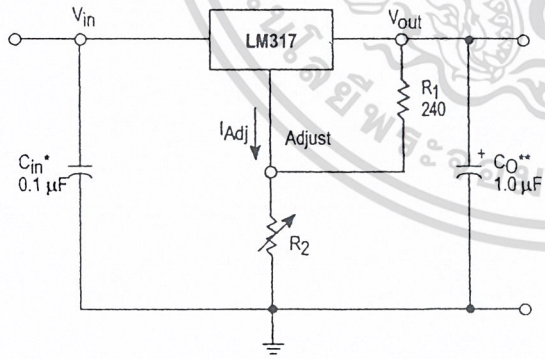
Pin 1. Adjust
2. V_{out}
3. V_{in}

D2T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 936
(D^2PAK)



Heatsink surface (shown as terminal 4 in case outline drawing) is connected to Pin 2.

Standard Application



* C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
** C_O is not needed for stability, however, it does improve transient response.

$$V_{out} = 1.25\ V\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{Adj}\ R_2$$

Since I_{Adj} is controlled to less than 100 µA, the error associated with this term is negligible in most applications.

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM317BD2T	T_J = –40° to +125°C	Surface Mount
LM317BT		Insertion Mount
LM317D2T	T_J = 0° to +125°C	Surface Mount
LM317T		Insertion Mount

© Motorola, Inc. 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Input–Output Voltage Differential	$V_I–V_O$	40	Vdc
Power Dissipation			
Case 221A			
T_A = +25°C	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction–to–Ambient	θ_{JA}	65	°C/W
Thermal Resistance, Junction–to–Case	θ_{JC}	5.0	°C/W
Case 936 (D^2PAK)			
T_A = +25°C	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction–to–Ambient	θ_{JA}	70	°C/W
Thermal Resistance, Junction–to–Case	θ_{JC}	5.0	°C/W
Operating Junction Temperature Range	T_J	–40 to +125	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–65 to +150	°C

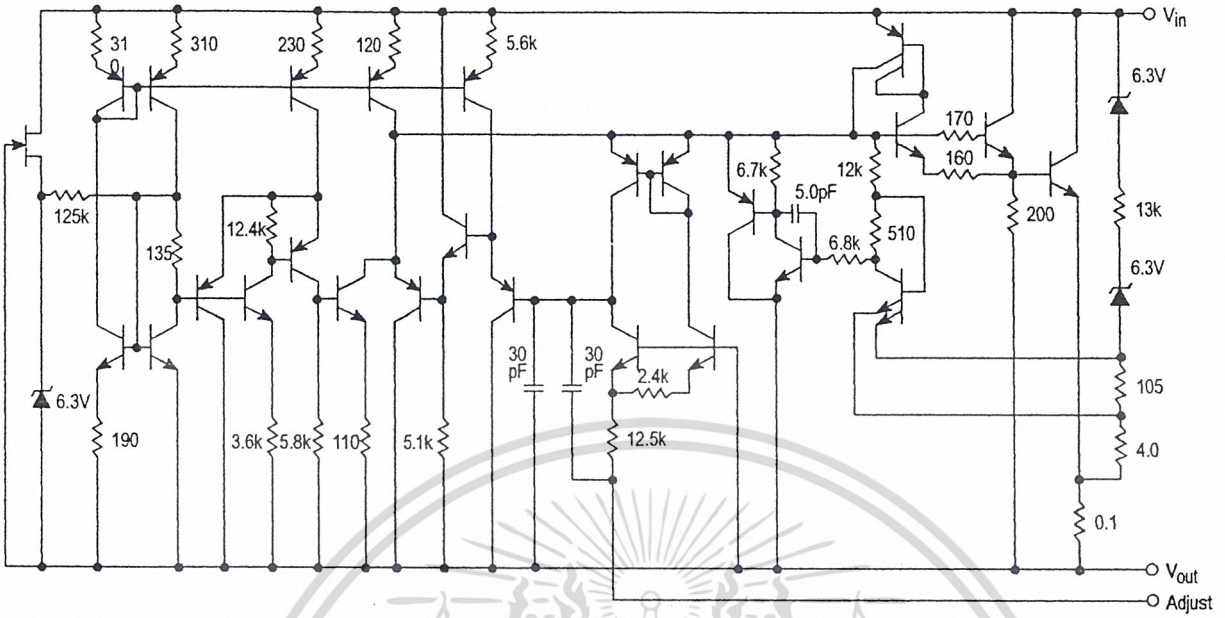
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_I–V_O$ = 5.0 V; I_O = 0.5 A for D2T and T packages; $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1]; I_{max} and P_{max} [Note 2]; unless otherwise noted.)

Characteristics	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Line Regulation (Note 3), T_A = +25°C, 3.0 V ≤ $V_I–V_O$ ≤ 40 V	1	Reg_{line}	–	0.01	0.04	%/V
Load Regulation (Note 3), T_A = +25°C, 10 mA ≤ I_O ≤ I_{max}	2	Reg_{load}				
V_O ≤ 5.0 V			–	5.0	25	mV
V_O ≥ 5.0 V			–	0.1	0.5	% V_O
Thermal Regulation, T_A = +25°C (Note 6), 20 ms Pulse		Reg_{therm}	–	0.03	0.07	% V_O/W
Adjustment Pin Current	3	I_{Adj}	–	50	100	µA
Adjustment Pin Current Change, 2.5 V ≤ $V_I–V_O$ ≤ 40 V, 10 mA ≤ I_L ≤ I_{max}, P_D ≤ P_{max}	1, 2	ΔI_{Adj}	–	0.2	5.0	µA
Reference Voltage, 3.0 V ≤ $V_I–V_O$ ≤ 40 V, 10 mA ≤ I_O ≤ I_{max}, P_D ≤ P_{max}	3	V_{ref}	1.2	1.25	1.3	V
Line Regulation (Note 3), 3.0 V ≤ $V_I–V_O$ ≤ 40 V	1	Reg_{line}	–	0.02	0.07	% V
Load Regulation (Note 3), 10 mA ≤ I_O ≤ I_{max}	2	Reg_{load}				
V_O ≤ 5.0 V			–	20	70	mV
V_O ≥ 5.0 V			–	0.3	1.5	% V_O
Temperature Stability (T_{low} ≤ T_J ≤ T_{high})	3	T_S	–	0.7	–	% V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation ($V_I–V_O$ = 40 V)	3	I_{Lmin}	–	3.5	10	mA
Maximum Output Current	3	I_{max}				A
$V_I–V_O$ ≤ 15 V, P_D ≤ P_{max}, T Package			1.5	2.2	–	
$V_I–V_O$ = 40 V, P_D ≤ P_{max}, T_A = +25°C, T Package			0.15	0.4	–	
RMS Noise, % of V_O, T_A = +25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		N	–	0.003	–	% V_O
Ripple Rejection, V_O = 10 V, f = 120 Hz (Note 4)	4	RR				dB
Without C_{Adj}			–	65	–	
C_{Adj} = 10 µF			66	80	–	
Long–Term Stability, $T_J = T_{high}$ (Note 5), T_A = +25°C for Endpoint Measurements	3	S	–	0.3	1.0	%/1.0 k Hrs.
Thermal Resistance Junction to Case, T Package		$R_{\theta JC}$	–	5.0	–	°C/W

NOTES: 1. T_{low} to T_{high} = 0° to +125°C, for LM317T, D2T. T_{low} to T_{high} = –40° to +125°C, for LM317BT, BD2T.
2. I_{max} = 1.5 A, P_{max} = 20 W
3. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.
4. C_{Adj}, when used, is connected between the adjustment pin and ground.
5. Since Long–Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.
6. Power dissipation within an IC voltage regulator produces a temperature gradient on the die, affecting individual IC components on the die. These effects can be minimized by proper integrated circuit design and layout techniques. Thermal Regulation is the effect of these temperature gradients on the output voltage and is expressed in percentage of output change per watt of power change in a specified time.

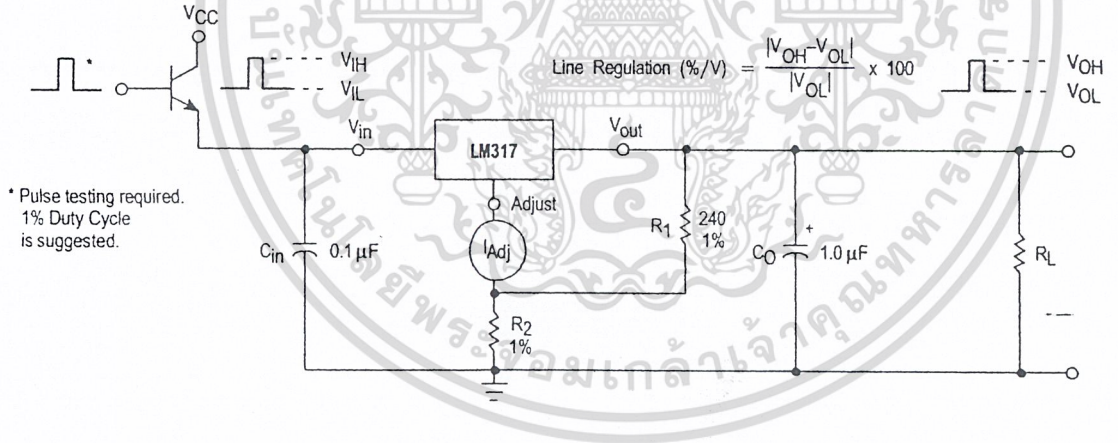
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Representative Schematic Diagram



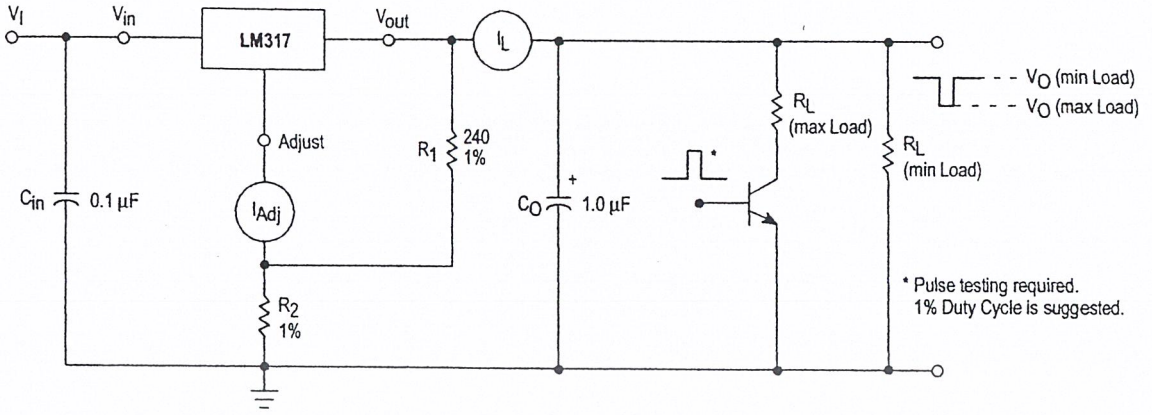
This device contains 29 active transistors.

Figure 1. Line Regulation and ΔI_{Adj}/Line Test Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Load Regulation and ΔI_{Adj}/Load Test Circuit



Load Regulation (mV) = V_O (min Load) – V_O (max Load)

Load Regulation (% V_O) = $\frac{V_O \text{ (min Load)} - V_O \text{ (max Load)}}{V_O \text{ (min Load)}}$ x 100

Figure 3. Standard Test Circuit

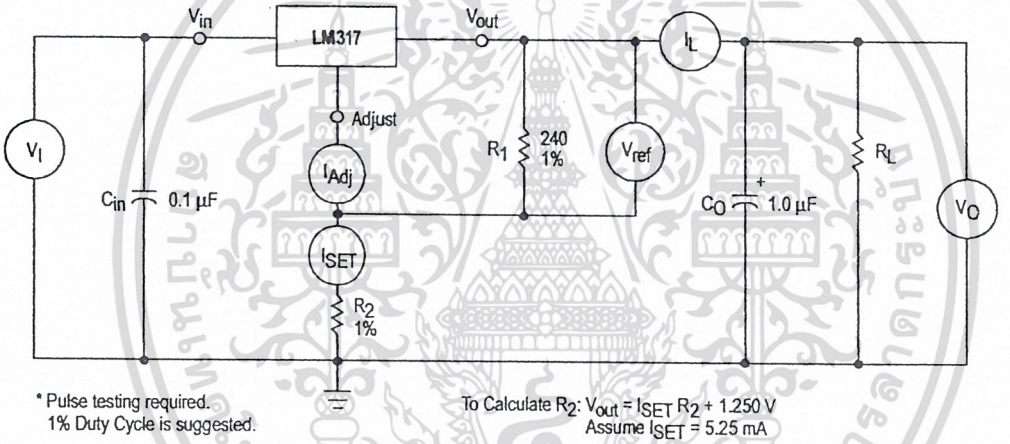
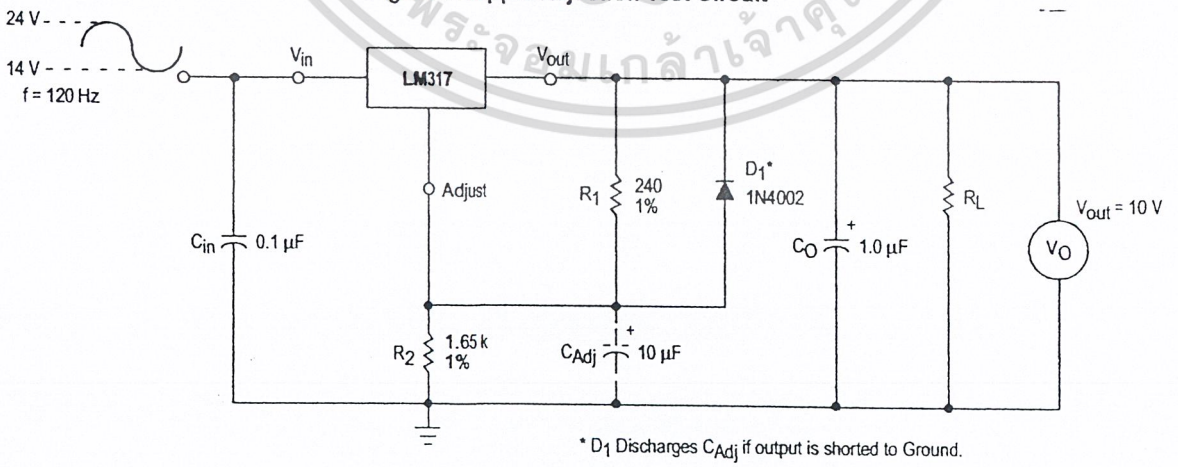


Figure 4. Ripple Rejection Test Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5. Load Regulation

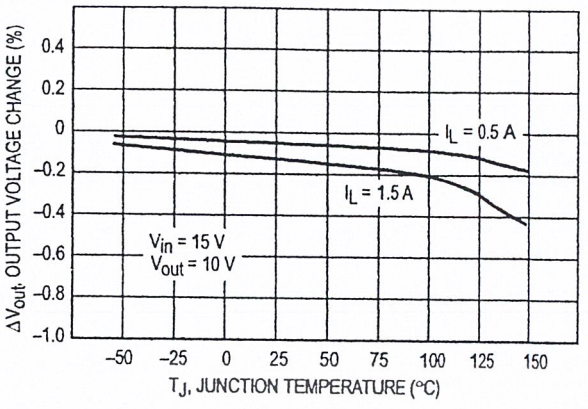


Figure 6. Current Limit

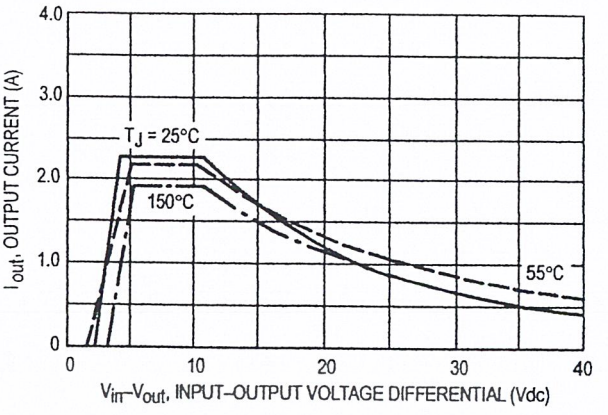


Figure 7. Adjustment Pin Current

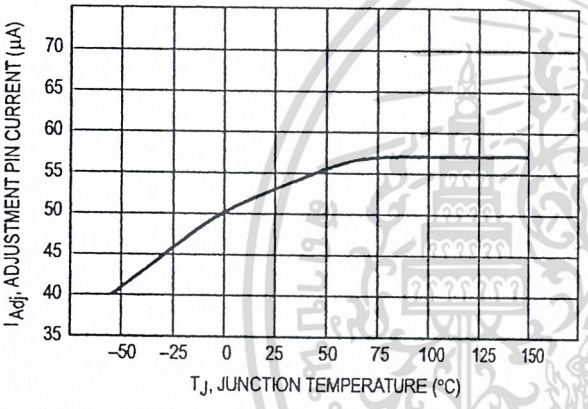


Figure 8. Dropout Voltage

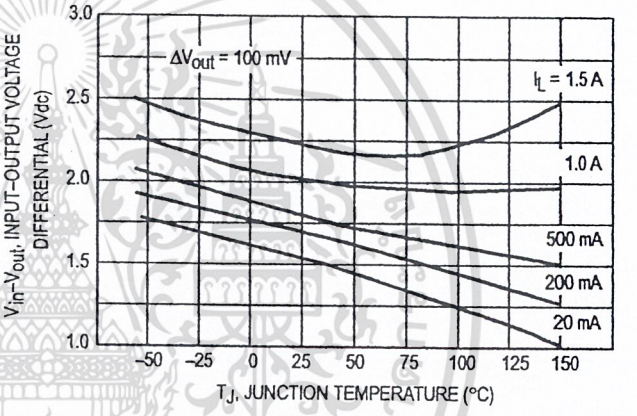


Figure 9. Temperature Stability

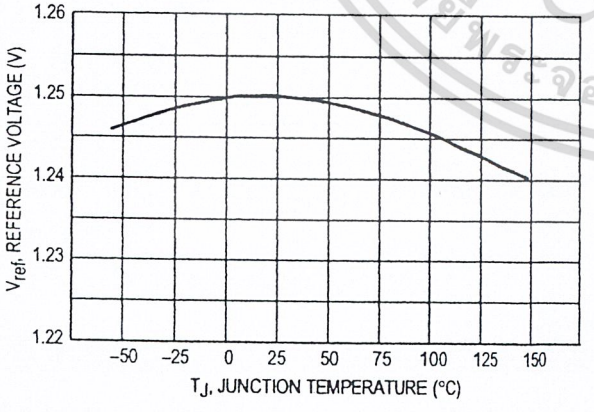
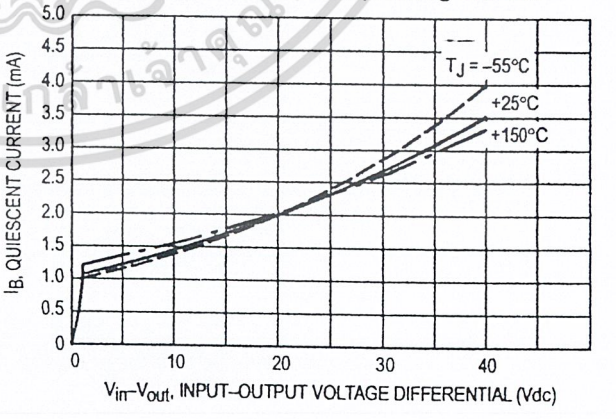


Figure 10. Minimum Operating Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 11. Ripple Rejection versus Output Voltage

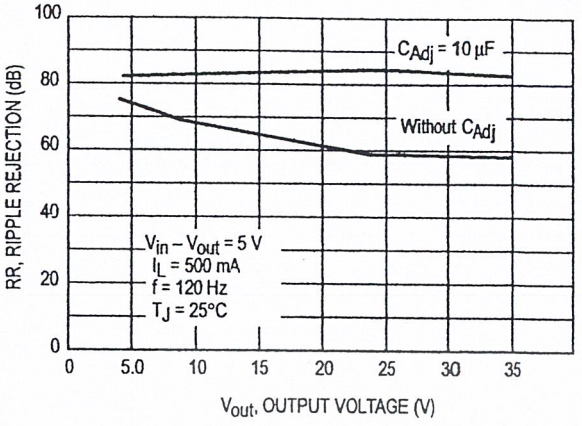


Figure 12. Ripple Rejection versus Output Current

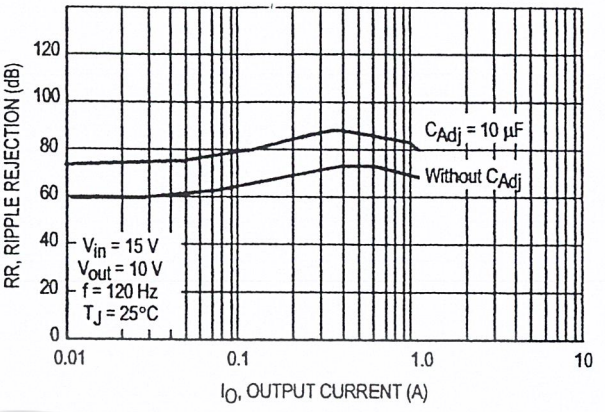


Figure 13. Ripple Rejection versus Frequency

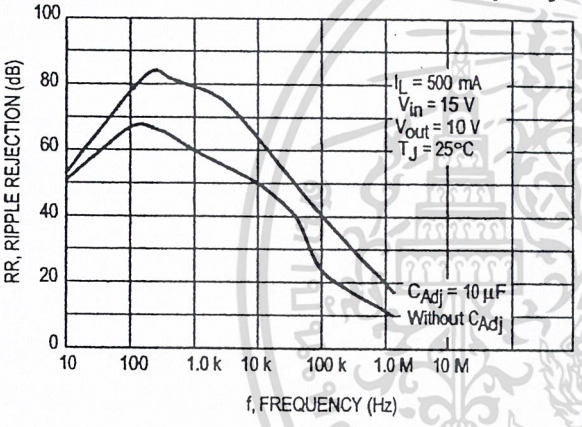


Figure 14. Output Impedance

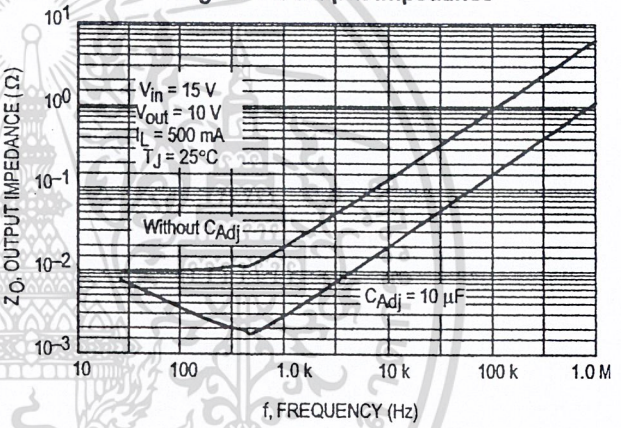


Figure 15. Line Transient Response

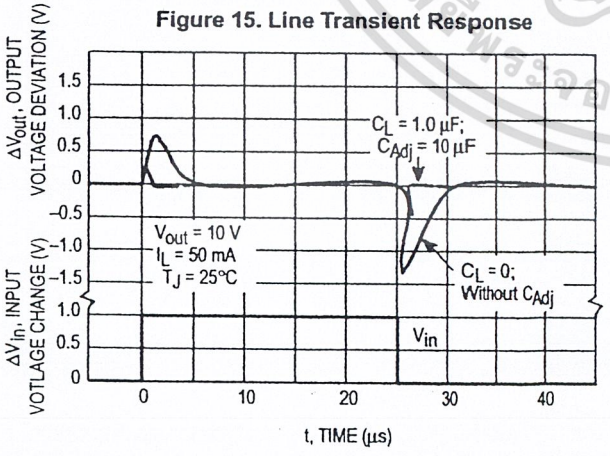
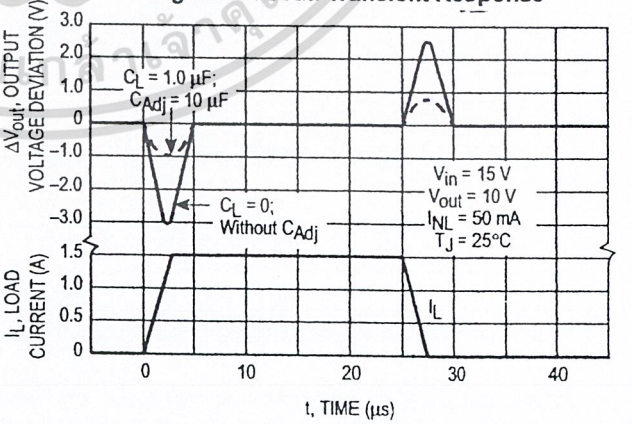


Figure 16. Load Transient Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

Basic Circuit Operation

The LM317 is a 3–terminal floating regulator. In operation, the LM317 develops and maintains a nominal 1.25 V reference (V_{ref}) between its output and adjustment terminals. This reference voltage is converted to a programming current (I_{PROG}) by R_1 (see Figure 17), and this constant current flows through R_2 to ground.

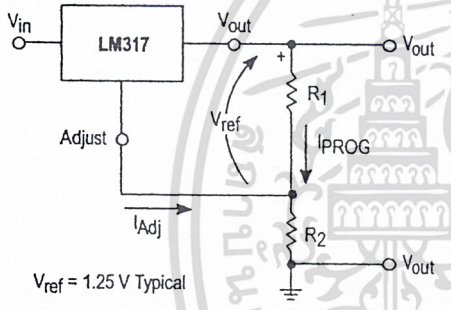
The regulated output voltage is given by:

$$V_{out} = V_{ref}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{Adj}R_2$$

Since the current from the adjustment terminal (I_{Adj}) represents an error term in the equation, the LM317 was designed to control I_{Adj} to less than 100 μA and keep it constant. To do this, all quiescent operating current is returned to the output terminal. This imposes the requirement for a minimum load current. If the load current is less than this minimum, the output voltage will rise.

Since the LM317 is a floating regulator, it is only the voltage differential across the circuit which is important to performance, and operation at high voltages with respect to ground is possible.

Figure 17. Basic Circuit Configuration



Load Regulation

The LM317 is capable of providing extremely good load regulation, but a few precautions are needed to obtain maximum performance. For best performance, the programming resistor (R_1) should be connected as close to the regulator as possible to minimize line drops which effectively appear in series with the reference, thereby degrading regulation. The ground end of R_2 can be returned near the load ground to provide remote ground sensing and improve load regulation.

External Capacitors

A 0.1 μF disc or 1.0 μF tantalum input bypass capacitor (C_{in}) is recommended to reduce the sensitivity to input line impedance.

The adjustment terminal may be bypassed to ground to improve ripple rejection. This capacitor (C_{Adj}) prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. A 10 μF capacitor should improve ripple rejection about 15 dB at 120 Hz in a 10 V application.

Although the LM317 is stable with no output capacitance, like any feedback circuit, certain values of external capacitance can cause excessive ringing. An output capacitance (C_O) in the form of a 1.0 μF tantalum or 25 μF aluminum electrolytic capacitor on the output swamps this effect and insures stability.

Protection Diodes

When external capacitors are used with any IC regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator.

Figure 18 shows the LM317 with the recommended protection diodes for output voltages in excess of 25 V or high capacitance values (C_O > 25 μF, C_{Adj} > 10 μF). Diode D_1 prevents C_O from discharging thru the IC during an input short circuit. Diode D_2 protects against capacitor C_{Adj} discharging through the IC during an output short circuit. The combination of diodes D_1 and D_2 prevents C_{Adj} from discharging through the IC during an input short circuit.

Figure 18. Voltage Regulator with Protection Diodes

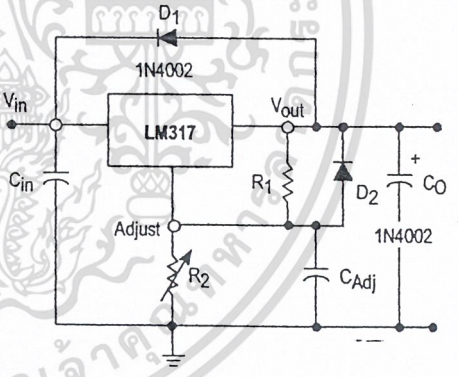
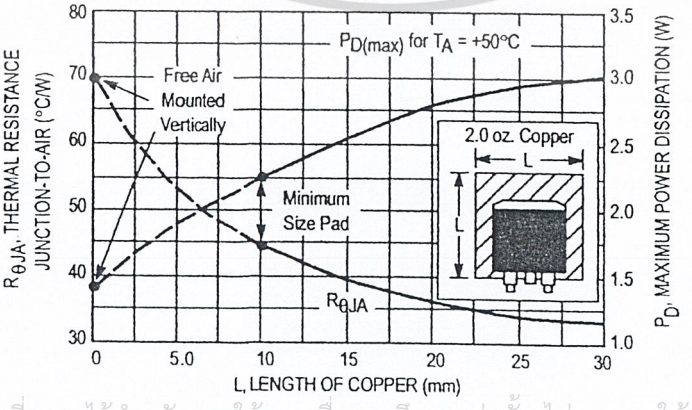


Figure 19. D²PAK Thermal Resistance and Maximum Power Dissipation versus P.C.B. Copper Length



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 20. "Laboratory" Power Supply with Adjustable Current Limit and Output Voltage

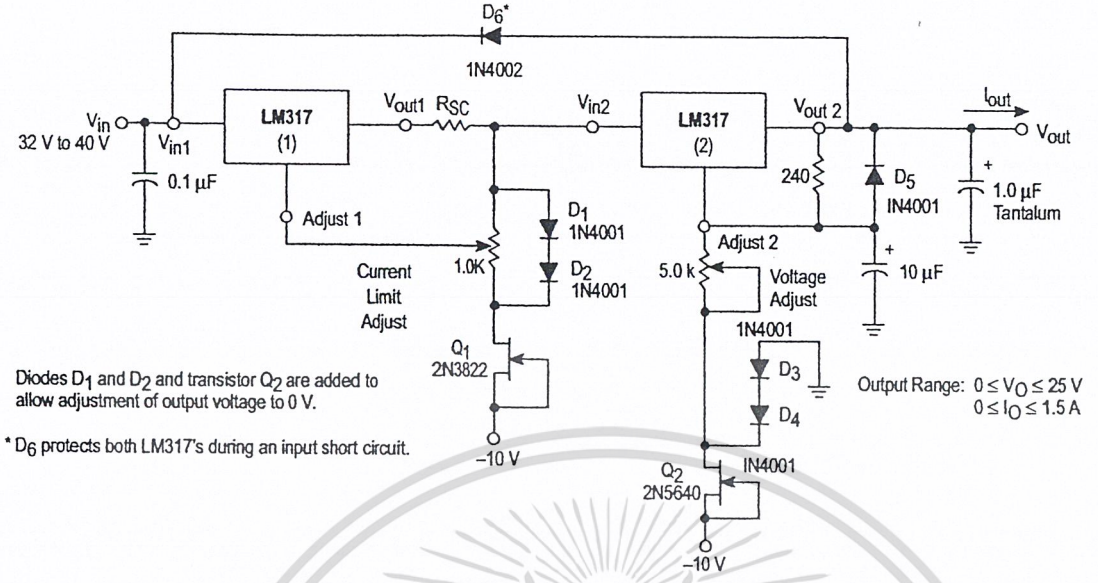


Figure 21. Adjustable Current Limiter

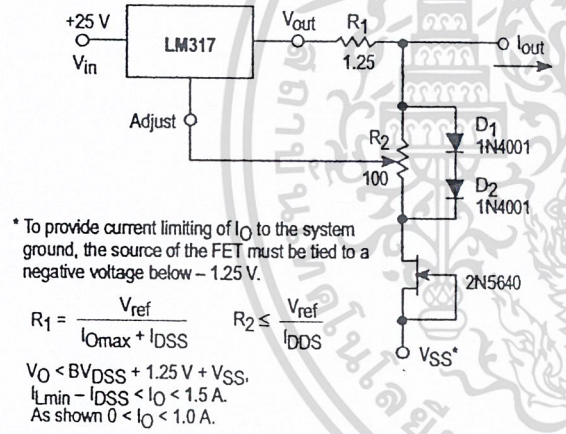


Figure 22. 5.0 V Electronic Shutdown Regulator

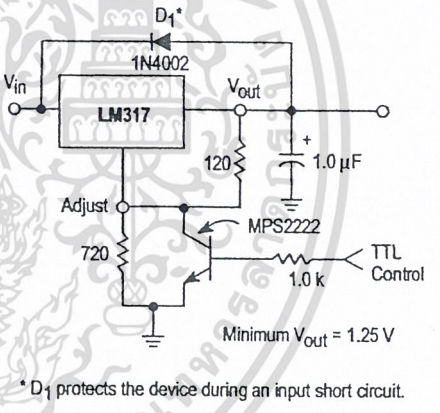


Figure 23. Slow Turn–On Regulator

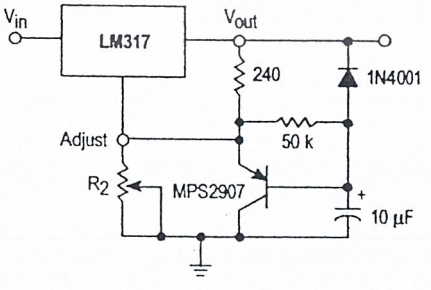
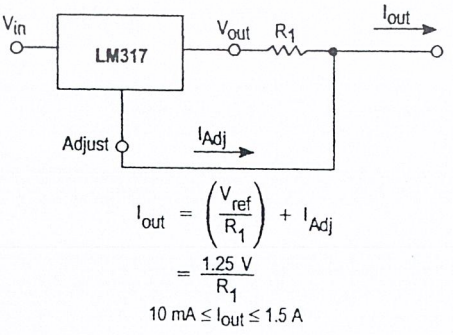


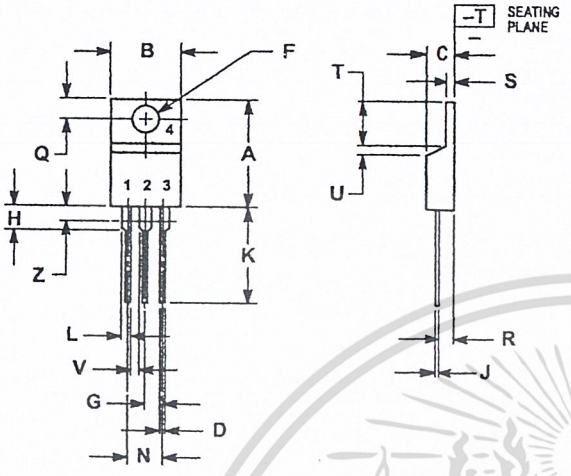
Figure 24. Current Regulator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

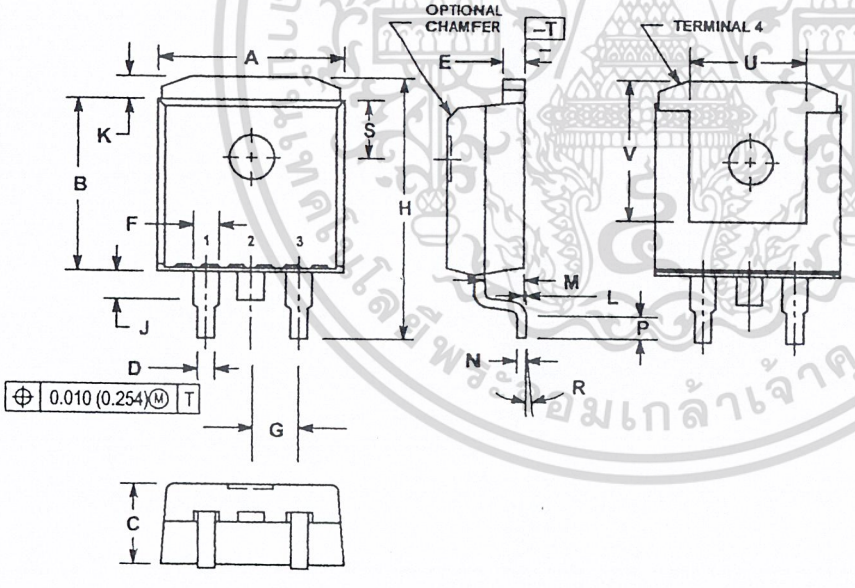
T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A–06
ISSUE Y



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIM Z DEFINES A ZONE WHERE ALL BODY AND LEAD IRREGULARITIES ARE ALLOWED.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.570	0.620	14.48	15.75
B	0.380	0.405	9.66	10.28
C	0.160	0.190	4.07	4.82
D	0.025	0.035	0.64	0.88
F	0.142	0.147	3.61	3.73
G	0.095	0.105	2.42	2.66
H	0.110	0.155	2.80	3.93
J	0.018	0.025	0.46	0.64
K	0.500	0.562	12.70	14.27
L	0.045	0.060	1.15	1.52
N	0.190	0.210	4.83	5.33
Q	0.100	0.120	2.54	3.04
R	0.080	0.110	2.04	2.79
S	0.045	0.055	1.15	1.39
T	0.235	0.255	5.97	6.47
U	0.000	0.050	0.00	1.27
V	0.045	–	1.15	–
Z	–	0.080	–	2.04

D2T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 936–03
(D^2PAK)
ISSUE B



NOTES:
1 DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2 CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3 TAB CONTOUR OPTIONAL WITHIN DIMENSIONS A AND K.
4 DIMENSIONS U AND V ESTABLISH A MINIMUM MOUNTING SURFACE FOR TERMINAL 4.
5 DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR GATE PROTRUSIONS. MOLD FLASH AND GATE PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 0.025 (0.635) MAXIMUM.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.386	0.403	9.804	10.236
B	0.356	0.368	9.042	9.347
C	0.170	0.180	4.318	4.572
D	0.026	0.036	0.660	0.914
E	0.045	0.055	1.143	1.397
F	0.051 REF		1.295 REF	
G	0.100 BSC		2.540 BSC	
H	0.539	0.579	13.691	14.707
J	0.125 MAX		3.175 MAX	
K	0.050 REF		1.270 REF	
L	0.000	0.010	0.000	0.254
M	0.088	0.102	2.235	2.591
N	0.018	0.026	0.457	0.660
P	0.058	0.078	1.473	1.981
R	5° REF		5° REF	
S	0.116 REF		2.946 REF	
U	0.200 MIN		5.080 MIN	
V	0.250 MIN		6.350 MIN	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- PT8A977P/977W works as encoder and PT8A978P/978LW works as decoder
- Five pins for five control functions
- Operating power-supply voltage: 2.5V to 5.0V (977P, 977W, 978P), 2.0V to 5.0V (978LW)
- Auto-power-off if no press on any button in 8s or continuously press on any button over 4 minues
- Press on any button as wake up (977P, 977W)
- Manual-power-off with OFF button
- One output pin used for external power control (977P, 977W)
- On-chip oscillator with an external resistor
- On-chip reversing amplifiers (978P, 978LW)
- Low operating current
- Few external components needed
- Package: 14-pin DIP, 14-pin SOIC, 16-pin DIP and 16-pin SOIC

Ordering Information

Part No.	Package
PT8A977P	14-pin DIP
PT8A977W	14-pin SOIC
PT8A978P	16-pin DIP
PT8A978LW	16-pin SOIC

General Description

The PTA977P (or 977W) and PT8A978P (or 978LW) provide a complete control functions to the remote-controlled toy. The PT8A977P/977W has five input pins corresponding with the five function buttons i.e, forward, backward, rightward, leftward and turbo. The encoding circuit in the PT8A977P/977W sends digital codes to the two output pins SO and SC. The digital codes correspond to the definite function buttons or their combinations. The SO and SC outputs are used in wireless and infra-red applications respectively.

The PT8A978P (or 978LW) has five output pins corresponding with the five actions. The received signals are amplified by the three-stage amplifier, and then the appropriate amplified signals are sampled, fault-tolerantly checked and decoded to control the actions of the remote-controlled toy.

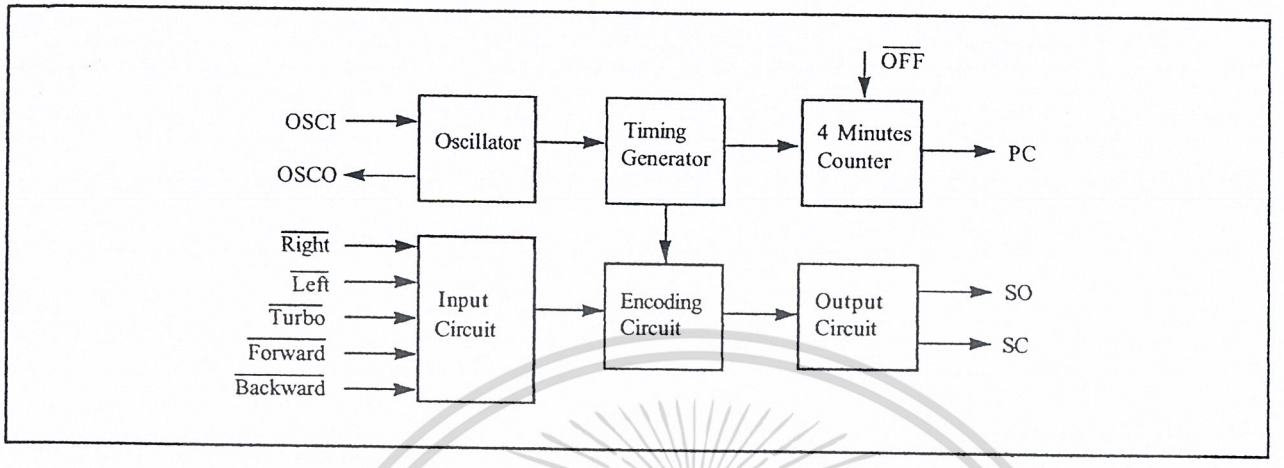
There is an internal oscillator in the PT8A977P/977W and 978P/978LW respectively. By adding an external resistor conveniently, the oscillator will be constructed. The oscillator frequency can be adjusted by the external resistor. The relative error between the frequencies of the two on-chip oscillators in the PT8A977P/977W and PT8A978P/978LW must be less than ±25%.

The auto-power-off function is achieved by an internal counter. The PC output is used to control on/off state of the external power supply. Pressing OFF button can also shut down the power supply. Press on any function button will wake up the chip promptly.

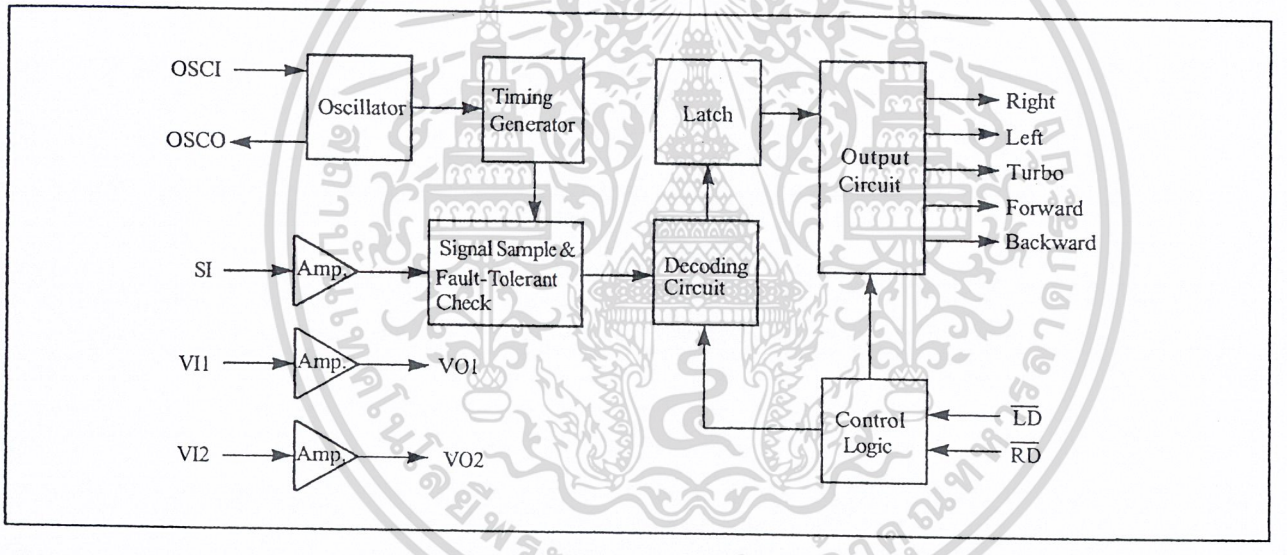
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

Block Diagram of 977P/977W

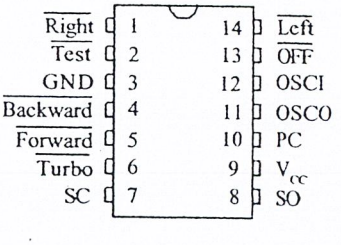


Block Diagram of 978P/978LW

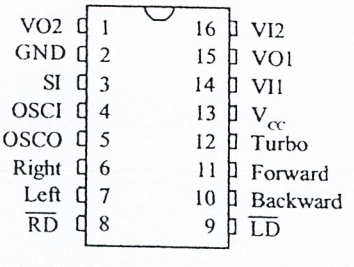


Pin Configuration

PT8A977P/977W
14-Pin DIP/14-Pin SOIC



PT8A978P/978LW
16-Pin DIP/16-pin SOIC



Top View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

Pin Description of 977P/977W

Pin No.	Pin Name	Description
1	$\overline{\text{Right}}$	With Pull-up resistor, rightward function selected if this pin connected to GND.
2	$\overline{\text{Test}}$	With Pull-up resistor, this pin is used for testing mode.
3	GND	Negative power supply
4	$\overline{\text{Backward}}$	With Pull-up resistor, backward function selected if this pin connected to GND.
5	$\overline{\text{Forward}}$	With Pull-up resistor, forward function selected if this pin connected to GND.
6	$\overline{\text{Turbo}}$	With Pull-up resistor, turbo function selected if this pin connected to GND.
7	SC	Output pin of the encoding signal with carrier frequency
8	SO	Output pin of the encoding signal without carrier frequency
9	V_{cc}	Positive power supply
10	PC	Power control output pin
11	OSCO	Oscillator output pin
12	OSCI	Oscillator input pin
13	$\overline{\text{OFF}}$	With Pull-up resistor, this pin is used to shut down the external power supply.
14	$\overline{\text{Left}}$	With Pull-up resistor, leftward function selected if this pin connected to GND.

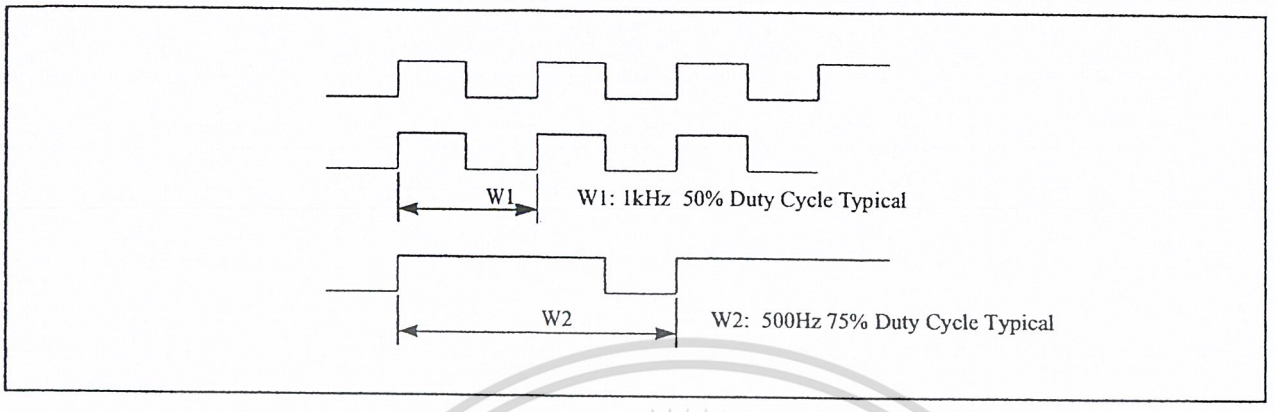
Pin Description of 978P/978LW

Pin No.	Pin Name	Description
1	VO2	Output pin for the amplifier 2
2	GND	Negative power supply
3	SI	Input pin of the encoding signal
4	OSCI	Oscillator input pin
5	OSCO	Oscillator output pin
6	Right	Rightward output pin
7	Left	Leftward output pin
8	$\overline{\text{RD}}$	With Pull-up resistor, rightward function disabled if this pin connected to GND.
9	$\overline{\text{LD}}$	With Pull-up resistor, leftward function disabled if this pin connected to GND.
10	Backward	Backward output pin
11	Forward	Forward output pin
12	Turbo	Turbo output pin
13	V_{cc}	Positive power supply
14	VI1	Input pin for the amplifier 1
15	VO1	Output pin for the amplifier 1
16	VI2	Input pin for the amplifier 2

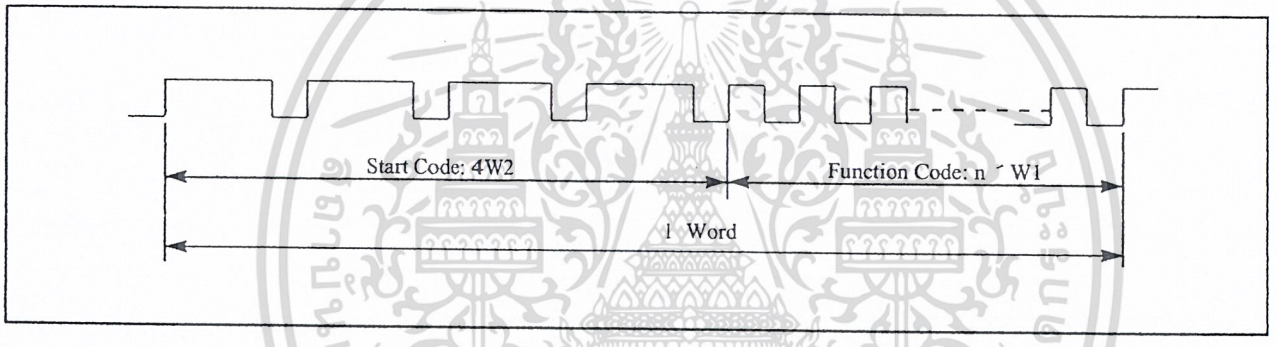
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code Format

(W1 is used for function codes, W2 for start codes)

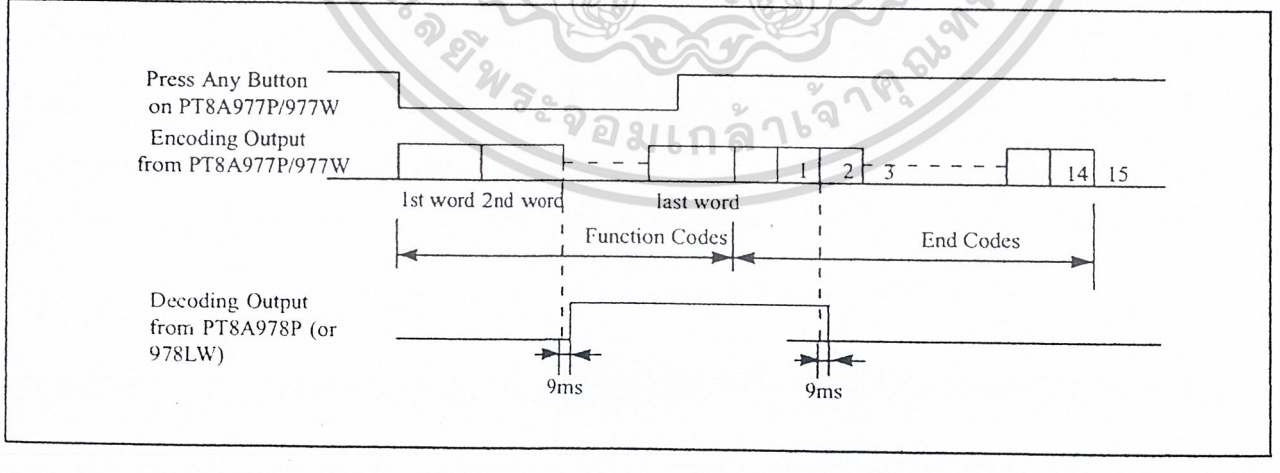


Word Format



Encoding and Decoding Timing

W2, W2, W2, W2, (n)xW1, W2, W2, W2, W2, (n)xW1, W2, W2, W2, W2, (n)xW1, W2, W2, W2, W2, (n)xW1,

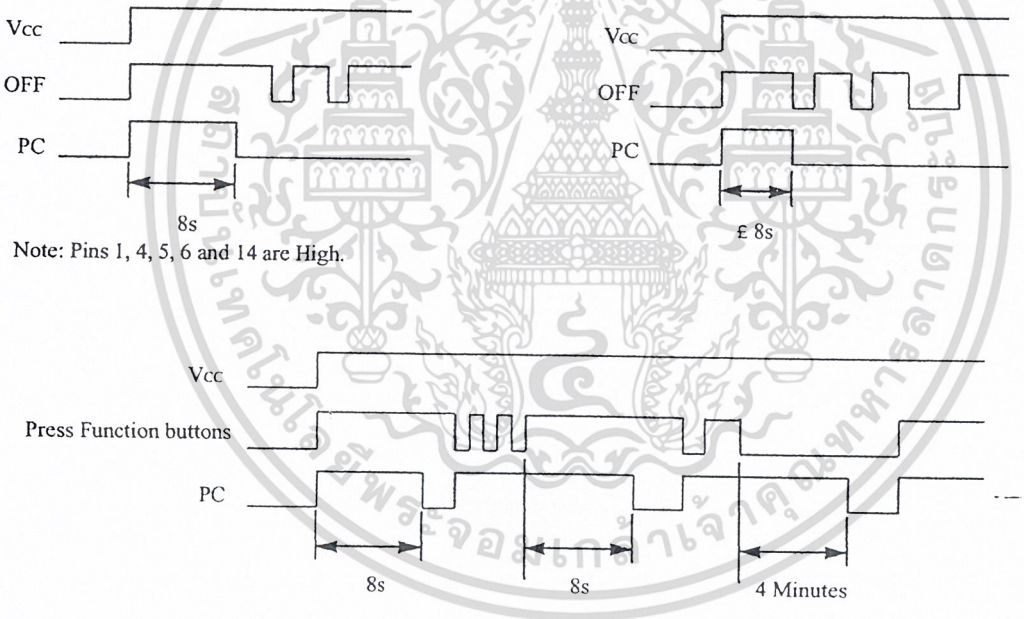


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encoding Input and Decoding Result

Number of Function Codes (n) W1	Decoding Results
4	End Code
10	Forward (Pulse)
16	Forward (High level)
22	Turbo
28	Forward (High level) & Left
34	Forward (High level) & Right
40	Backward
46	Backward & Right
52	Backward & Left
58	Left
64	Right

PC Output Timing of 977P/977W



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maximum Ratings

(Above which the useful life may be impaired. For user guidelines, not tested)

Storage Temperature	-25°C to +85°C
Ambient Temperature with Power Applied	-10°C to +40°C
Supply Voltage to Ground Potential (Inputs & V_{CC} Only)	-0.5 to +6.0V
Supply Voltage to Ground Potential (Outputs & D/O Only)	-0.5 to +6.0V
DC Input Voltage	-0.5 to +6.0V
DC Output Current	20mA
Power Dissipation	500mW

Note:
Stresses greater than those listed under MAXIMUM RATINGS may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

DC Electrical Charateristics

DC Electrical Charateristics of 977P/977W

Parameters	Description		Test Condition	Min.	Type	Max.	Units
V_{CC}	Operating Voltage			2.5	4.0	5.0	V
I_{CC}	Supply Current		Output unloaded			100	uA
I_{STB}	Stand-by Current		OFF State			5	uA
V_{IL}	Input Low Voltage		Guaranteed Logic LOW level			0.8	V
V_{IH}	Input High Voltage		Guaranteed Logic HIGH level	3.0			V
I_{IL}	Input Low Current	Pin 1, 4, 5, 6, 13, 14	V_{IL} = 0V, ON state			-60	uA
I_{IH}	Input High Current	Pin 1, 4, 5, 6, 13, 14	V_{IH} = 4V, ON state			10	uA
I_I	Input Current	Pin 12	V_{IH} = 0 ~ 4V, ON state			±10	uA
I_{OL}	Output Low Current		V_{OUT} = 0.5 V	150			uA
I_{OH}	Output High Current	Pin 7, 8, 10	V_{OUT} = 3.5 V	-1.0			mA
		Pin 11	V_{OUT} = 3.5 V	-200		- 800	uA

Note: Over the Operating Rating, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C, V_{CC} = 4V

DC Electrical Charateristics of 978P/978LW

Parameters	Description		Test Condition	Min.	Type	Max.	Units
V_{CC}	Operating Voltage - 978P			2.5	4.0	5.0	V
	Operating Voltage - 978LW			2.0		5.0	V
I_{CC}	Supply Current		Output unloaded			1	mA
I_{STB}	Stand-by Current		OFF State			10	uA
V_{IL}	Input Low Voltage		Guaranteed Logic LOW level			0.8	V
V_{IH}	Input High Voltage		Guaranteed Logic HIGH level	3.0			V
I_{IL}	Input Low Current	Pin 3, 8, 9	V_{IL} = 0V, ON state			-60	uA
I_{IH}	Input High Current	Pin 3	V_{IH} = 4V, ON state			60	uA
	Input High Current	Pin 8, 9	V_{IH} = 4V, ON state			10	uA
I_I	Input Current	Pin 14, 16	V_{IH} = 0 ~ 4V, ON state			±10	uA
I_{OL}	Output Low Current	Pin 1, 5, 15	V_{OUT} = 0.5 V	200		850	uA
		Pin 6, 7, 10, 11, 12	V_{OUT} = 0.5 V	2			mA
I_{OH}	Output High Current	Pin 1, 5, 15	V_{OUT} = 3.5 V	-200		- 850	uA
		Pin 6, 7, 10, 11, 12	V_{OUT} = 3.5 V	-500			uA

Note: Over the Operating Rating, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C, V_{CC} = 4V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics

AC Electrical Characteristics of 977P/977W

Parameters	Description	Test Condition	Min.	Type	Max.	Units
fosc	Oscillator Frequency *	TA= 25°C, R = 200 kW	102	128	154	kHz
f_{max}-f_{min}	Oscillator Frequency Fluctuation - 977P/977W	TA=25°C, V_{CC}= 2.5 ~ 5V			15	kHz
tFUN	Cycle Time of Function Code	fosc = 102 to 154 kHz	0.8	1	1.2	ms
tSTA	Cycle Time of Start Code	fosc = 102 to 154 kHz	1.6	2	2.4	ms
fcsc	Carrier Frequency of SC Pin	fosc = 102 to 154 kHz	51	64	77	kHz
tOFF	Time of Auto-Power-Off **	Pins 1, 4, 5, 6 and 14 are High.	6.4	8	9.6	s
		Any of pins 1, 4, 5, 6 or 14 is Low.	3.2	4	4.8	min.

Note: Over the Operating Rating, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C, V_{CC} = 4V

* The relative error between the frequencies of the two on-chip oscillators in the PT8A977P (or 977W) and PT8A978P (or 978LW) must be less than ±25%.

** When adjust the external oscillator resistor, the auto-power-off time will vary relevantly.

AC Electrical Characteristics of 978P/978LW

Parameters	Description	Test Condition	Min.	Type	Max.	Units
fosc	Oscillator Frequency *	TA= 25°C, R = 200 kW	102	128	154	kHz
f_{max}-f_{min}	Oscillator Frequency Fluctuation - 978P	TA=25°C, V_{CC}=2.5 ~ 5V			15	kHz
	Oscillator Frequency Fluctuation - 978LW	TA=25°C, V_{CC}=2.0 ~ 5V			10	kHz
VSI	SI Pin Receive Sensitivity (V_{PP})	Guaranteed Effective Decoding	300			mV
tFUN	Cycle Time of Function Code	fosc = 128 kHz	0.75	1	1.25	ms
tSTA	Cycle Time of Start Code	fosc = 128 kHz	1.5	2	2.5	ms

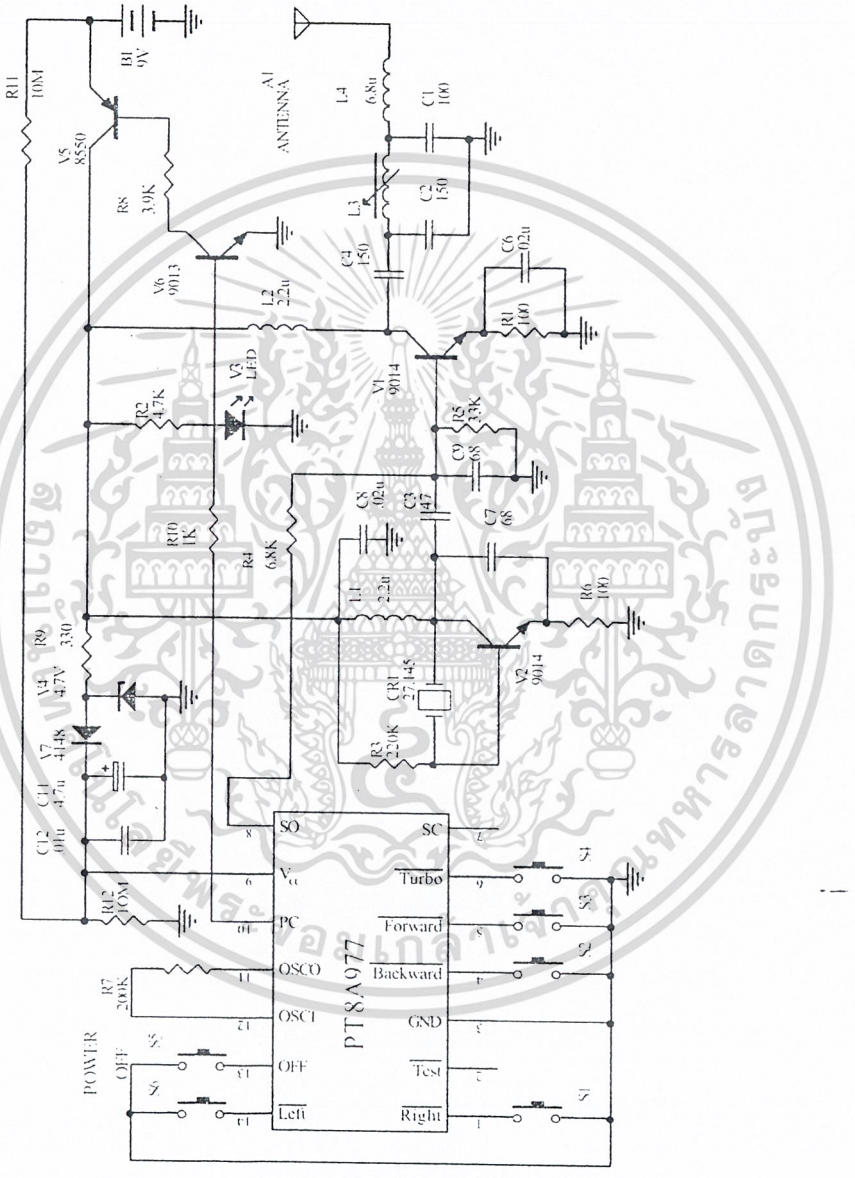
Note: Over the Operating Rating, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C, V_{CC} = 4V

* The relative error between the frequencies of the two on-chip oscillators in the PT8A977P (or 977W) and PT8A978P (or 978LW) must be less than ±25%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

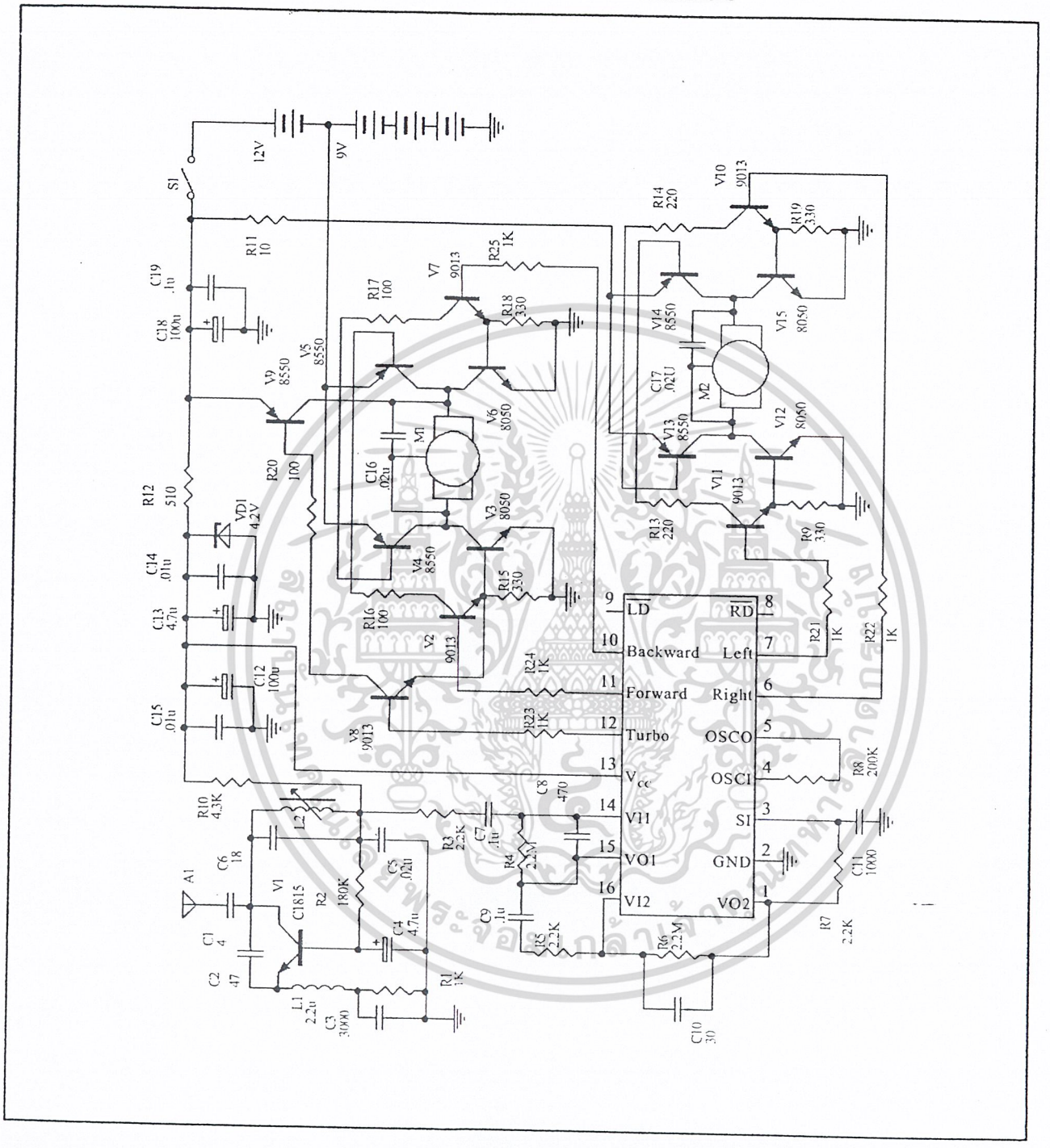
Application Circuits

Typical Application of PT8A977P/977W For Transmit Circuit With 9V Battery



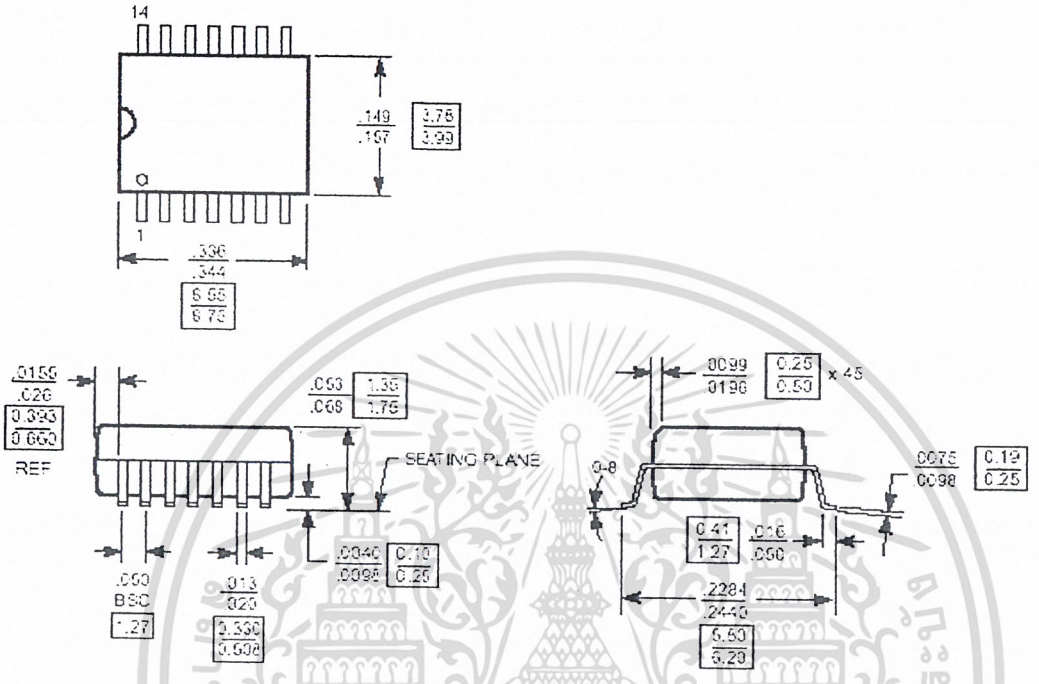
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application of PT8A978P/978LW For Receive Circuit With Five Functions



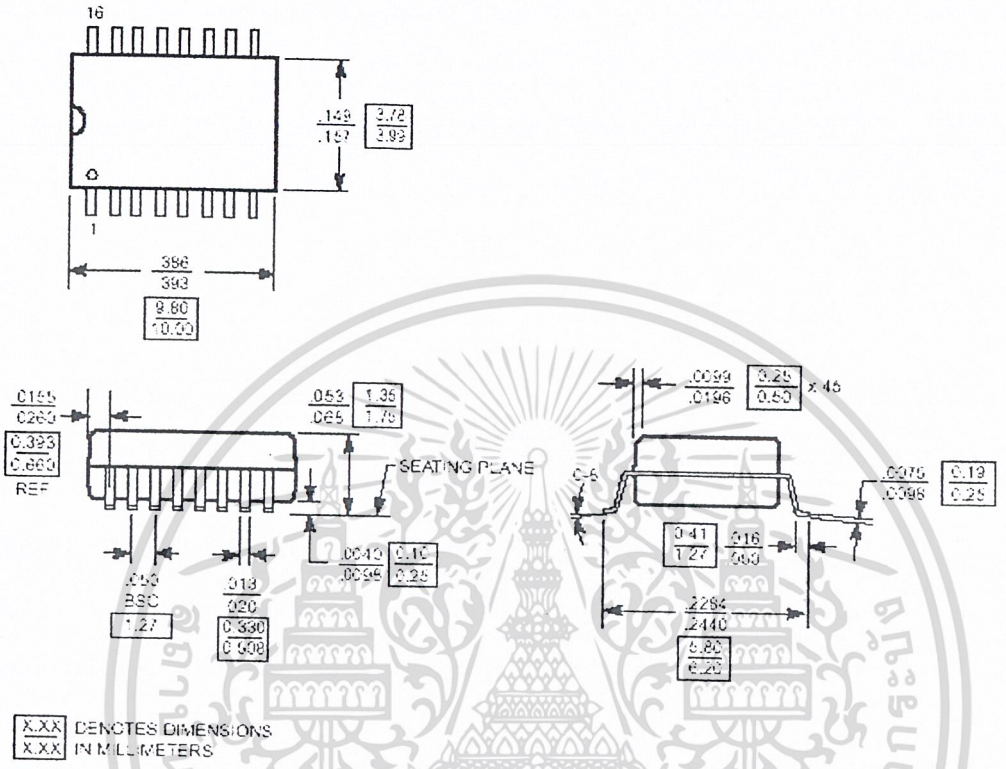
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Diagram of 14-pin SOIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น, อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Diagram of 16-pin SOIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
F_SW        BIT P2.0
B_SW        BIT P2.1
R_SW        BIT P2.2
L_SW        BIT P2.3
;*************************************************************************
                ORG         0000H
                LJMP        MAIN
                ORG         0003H
                LJMP        INT_R
                ORG         0013H
                LJMP        INT_L
INT_R:          CLR         EX0
                MOV         P1,#05H
                ACALL       DEL
                MOV         P1,#0FFH
                RETI
INT_L:          CLR         EX1
                MOV         P1,#0AH
                ACALL       DEL
                MOV         P1,#0FFH
                RETI
MAIN:           MOV         P0,#00000000B
                MOV         P1,#11111111B
                MOV         P2,#11000000B
                MOV         P3,#11111111B
                CLR         IT0
                CLR         IT1
;*************************************************************************
LOOP:           JB          F_SW,ROTATE_F
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JB      B_SW,ROTATE_B
                JB      R_SW,ROTATE_R
                JB      L_SW,ROTATE_L
                SJMP    LOOP
;*********************************************************************
ROTATE_F:       MOV     P1,#0EH
                MOV     IE,#85H
                MOV     P0,#9CH
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#36H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#63H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#0C9H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#00H
                CLR     EA
                LJMP    LOOP
;*********************************************************************
ROTATE_B:       JB      L_SW,ROTATE_C
                MOV     P1,#07H
                MOV     IE,#85H
                MOV     P0,#0C9H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#63H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#36H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#9CH
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     EA
                LJMP    LOOP
;*************************************************************************
ROTATE_R:       MOV     P1,#0DH
                MOV     IE,#85H
                MOV     P0,#90H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#30H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#60H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#0C0H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#00H
                CLR     EA
                LJMP    LOOP
;*************************************************************************
ROTATE_L:       JB      B_SW,ROTATE_C
                MOV     P1,#0BH
                MOV     IE,#85H
                MOV     P0,#0CH
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#06H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#03H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#09H
                ACALL   DELAY_100ms
                MOV     P0,#00H
                CLR     EA
                LJMP    LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************************
ROTATE_C:       MOV     P1,#03H
                LJMP    LOOP
;*************************************************************************
DELAY_100ms:    MOV     R7,#100
DELAY_100ms_1:  MOV     R6,#0E6H
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_100ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_100ms_1
                RET
DEL:            MOV     R2,#25
DEL1_13:        MOV     R1,#129
DEL1_12:        MOV     R0,#76
DEL1_11:        DJNZ    R0,DEL1_11
                DJNZ    R1,DEL1_12
                DJNZ    R2,DEL1_13
                RET
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command1_Click()
Out &H378, &H5
Text3.Text = 0
X = 0
Text1.Text = 0
y = 0
Text4.Text = 0
z = 0
Text5.Text = 0
w = 0
End Sub

Private Sub Command2_Click(Index As Integer)
Out &H378, &HE
Call Timer1_Timer
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Out &H378, &HD
Call Timer1_Timer
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Out &H378, &H7
Call Timer1_Timer
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command5_Click()
Out &H378, &HB
Call Timer1_Timer
End Sub

Private Sub Command6_Click()
Text1.Text = Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80)
End Sub

Private Sub Form_Load()
Call Timer1_Timer
Out &H378, &HF
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
If Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 50 Then
y = y + 1
Text3.Text = y * 4.45
z = (Text3.Text) / 17.8 - 0.45
Text1.Text = z
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 8 Then
u = "forward"
Text2.Text = u
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 40 Then
Text2.Text = "backward"
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 10 Then
Text2.Text = "right"
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 20 Then
Text2.Text = "left"
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 60 Then
Text2.Text = "none"
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 28 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
X = X + 1
Text5.Text = X * 4.45
w = (Text5.Text) / 17.8 - 0.45
Text4.Text = w
ElseIf Hex$(Inp(&H379) And &HF8 Xor &H80) = 18 Then
X = X + 1
y = y + 1
Text3.Text = X * 4.45
Text5.Text = y * 4.45
w = (Text3.Text) / 17.8 - 0.45
z = (Text5.Text) / 17.8 - 0.45
Text1.Text = w
Text4.Text = z
End If
End Sub
```

Addmodule เพื่อติดต่อกับพอร์ตขนาน

```
#If Win32 Then
'Declare Inp and Out for port I/O
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
#Else
Declare Function Inp Lib "InpOut.DLL" (ByVal Port%) As Integer
Declare Sub Out Lib "InpOut.DLL" (ByVal Port%, ByVal Value%)
#End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Addfile กำหนดชนิดตัวแปร

```
Global X As Currency
Global y As Currency
Global z As Long
Global w As Long
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้