

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถสำรวจ  
Explorer Car



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 55786 .....  
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

6.ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
.....

รถสำรวจ  
Explorer Car



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตร ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง รถสำรวจ

ผู้จัดทำ นาย กฤษณพงษ์ ปุณณารักษ์ 44015184

นาย ณรงค์ ตระกูลคูสัตพร 44015191

นาย เพิ่มสุกร์ คู่มวัน 44015248



..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อ. อธิภูมิ บุญฤทิศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถสำรวจ

Explorer Car

นาย กฤษณพงษ์ ปุณณารักษ์ 44015184

นาย ณรงค์ ตระกูลคูสัตพร 44015191

นาย เพิ่มสุกร์ คุ่มวัน 44015248

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการตรวจสอบได้



อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รตสำรวจ

นายกฤษฎพงษ์ ปุณณารักษ์  
นายณรงค์ ตระกูลคูสัตพร  
นายเพิ่มสุกร์ กุ่มวัน

อาจารย์ที่ปรึกษา  
อาจารย์ อธิธิภูมิ บุญพิคำ  
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างรตสำรวจ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะทำให้รตสำรวจสามารถที่จะ บังคับเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา ได้โดยการบังคับของจอยสติ๊ก โดยการนำเอาวิธีการ เข้ารหัสสัญญาณแบบ TDM มาประยุกต์ใช้ในการส่งสัญญาณ ไปควบคุมตัวรต ข้อมูลที่ตัวรตได้รับ นั้นจะถูกถอดรหัสแล้วนำไปควบคุมส่วนต่างๆในตัวรตสำรวจ โดยที่รตสำรวจจะมี DC มอเตอร์ 2 ตัว ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อน และนอกเหนือจากการขับเคลื่อนตัวรตสำรวจแล้วยังรวมถึงการวัด อุณหภูมิและค่าความเร็วลมและภาพวีดีโอ ณ ตำแหน่งที่ตัวรตอยู่โดยนำเอาข้อมูลต่างๆมาถอด คูลเทชันกับสัญญาณวิทยุแล้วส่งกลับมายังฐานควบคุมรต สัญญาณที่ส่งกลับมายจะถูกถอดรหัสและ นำค่าที่ได้มาแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Explorer car

Mr. Kitsanapong Punnaluk

Mr. Narong Trakulduisitporn

Mr. Permsook Koomwan

Mr. Ittibhom boonpikum(Advisor)

### Abstract

This project was presents the basic of building the explorer car. By the purpose was to make the car move in the direction of forward backward left and right by the used of joystick control. The Time Division Multiplex (TDM) was apply to be in used of sending the control signal , and the data will recejyed by the car receiver which will decode into the control signal for control all the part of the car. The movement of the explorer car was made by two DC motors and the option included of the temperature & wind speed measurement which will shown by 7-segment at the receiver , and the web cam will show the data where the car was pass through the computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
<b>บทที่1 บทนำ</b>	
-บทนำ	1
<b>บทที่2 ระบบการสื่อสาร</b>	
-รูปแบบสื่อสารตามหลักใหญ่ๆ	3
-หลักการระบบสื่อสาร	3
-ชนิดของสัญญาณและผลต่างที่ต้องคำนึงถึง	4
-ทำไมต้องมีการมอดูเลชัน	5
-การมอดูเลชันแบบความสูง	6
-เปอร์เซ็นต์การมอดูเลชัน	9
-ไซด์แบนAM	12
-แบนวิทท์ของสัญญาณAM	15
<b>บทที่3 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง</b>	
-โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง	16
-วงจรขับและวงจรป้องกัน	19
<b>บทที่4 การผลิตเฟล็กซ์และการชิ่งโครไนซ์</b>	
-บิทชิ่งโครไนซ์เซชัน	22
-เฟรมชิ่งโครไนซ์เซชัน	24
-เฟรมอะไลน์เมนท์	25
-การค้นหาเฟรมอะไลน์เมนท์	27
<b>บทที่5 ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51</b>	
-โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	29
-คุณสมบัติของ MCS-51	30
-การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	31
-ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	34
<b>บทที่6 การออกแบบและการสร้าง</b>	
-การออกแบบฮาร์ดแวร์ตัวตรวจการณ์	42
-กล่าวนำภาคสร้างรหัส	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ภาคส่งสัญญาณวิทยุ	50
-ภาครับสัญญาณวิทยุ	51
-วงจรภาครับ	52
-ภาคอินเตอร์เฟส	53
-ภาคถอดรหัส	54
-ภาคขับรีเลย์	55
-ภาคควบคุมทิศทางมอเตอร์และความเร็วมอเตอร์	57
<b>บทที่ 7 การทดลองและผลการทดลอง</b>	
-วงจรสร้างรหัส	63
-การทดลองรับส่งสัญญาณผ่านเครื่องรับส่งคลื่นวิทยุ	67
-วงจรอินเตอร์เฟส	71
-วงจรถอดรหัส	74
-วงจรขับรีเลย์	77
-วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์	80
<b>บทที่ 8 สรุปและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากโครงงาน</b>	
-สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากจากโครงงาน	81



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันได้มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์มีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างมาก ก่อให้เกิดการสำรวจพื้นที่และทรัพยากรใหม่ๆ ซึ่งการสำรวจในบางพื้นที่นั้นไม่สามารถที่จะส่งมนุษย์เข้าไปทำการสำรวจได้ หรือมีอัตราความเสี่ยงสูงที่จะนำมนุษย์เข้าไปทำการสำรวจในพื้นที่นั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้ทรัพยากรมนุษย์ ดังนั้นการสำรวจที่มีความเสี่ยงสูงจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ เข้าไปทำการสำรวจแทนมนุษย์ ด้วยแนวคิดนี้จึงก่อให้เกิดการทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อสามารถนำไปประยุกต์และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในอนาคตต่อไป

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาถึงขั้นตอนการสื่อสารต่างๆ เช่น การรับส่งข้อมูล
- เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างการสื่อสารแบบหลายช่องสัญญาณ โดยใช้การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex)
- สามารถนำสัญญาณ Digital ไปควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซี โดยใช้ความกว้างของพัลส์ในการควบคุม
- สามารถส่งข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ณ ตำแหน่งที่สำรวจ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม และสัญญาณภาพกลับมายังฐานได้ ในลักษณะ real time

#### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- ทางด้านเครื่องส่งจะใช้ระบบ AM ในการส่งสัญญาณ ซึ่งจะมอดูเลชันกับสัญญาณพัลส์ที่มัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา
- สามารถทำการสื่อสารแบบไร้สายได้
- รถสำรวจสามารถเคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังได้ตามการบังคับของ Joy Stick
- รถสำรวจสามารถส่งข้อมูลทางกายภาพ (ค่าความเร็วลมและอุณหภูมิ) กลับมายังฐานได้
- รถสำรวจสามารถส่งสัญญาณภาพกลับมาได้

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นพื้นฐานเพื่อที่จะสามารถพัฒนาความสามารถของรถสำรวจให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- สามารถนำไปประยุกต์เพื่อให้อุปกรณ์ได้ในระยะไกล

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ข้อกำหนดของโครงการ

- ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในท้องตลาด
- สามารถทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนด
- วงจรที่ใช้มีความง่ายไม่ซับซ้อน

### 1.6 ข้อดีของการใช้ระบบมัลติเพล็กซ์

- สามารถรับส่งข้อมูลหลายๆช่องสัญญาณ ไปในการมอดูเลชั่นเพียงความถี่เดียว
- มีความง่ายและเป็นไปได้ง่ายในการนำไปใช้งานในการรับส่งข้อมูลหลายๆช่องสัญญาณในช่วงเวลาเดียวกัน
- มีโอกาสผิดพลาดของข้อมูลน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ระบบการสื่อสาร

#### 2.1 รูปแบบการสื่อสารตามหลักใหญ่ๆ

ระบบการสื่อสารในปัจจุบันมีด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถแยกรูปแบบตามหลักใหญ่ๆคือ

การสื่อสารระหว่างคนกับคน เป็นกสรสื่อสารโดยใช้ระบบไฟฟ้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อติดต่อระหว่างคนกับคน มีใช้กันมานานและมีความสำคัญยิ่งตราบเท่าทุกวันนี้ ตัวอย่างได้แก่ โทรศัพท์ และวิทยุ เป็นต้น

การสื่อสารระหว่างคนกับเครื่อง การสื่อสารนี้มีความจำเป็นมากสำหรับสังคมที่ทันสมัยที่ต้องการความรวดเร็วในการได้มาซึ่งข้อมูลในการตัดสินใจของนักธุรกิจ และในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีคนเป็นผู้ออกคำสั่ง

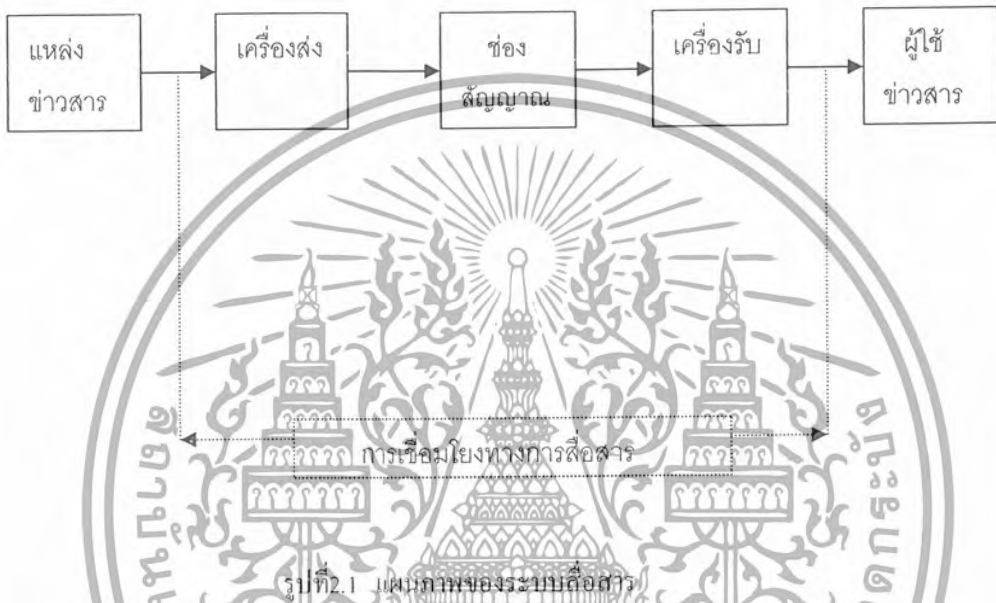
การสื่อสารระหว่างเครื่องกับเครื่อง เป็นการสื่อสารย้ายข้อมูลหรือเพิ่มข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งที่ต้องการความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง วัตถุประสงค์ของการสื่อสารนี้คือ มุ่งใช้ทรัพยากรร่วมกัน ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของศูนย์คอมพิวเตอร์ต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.2 หลักการระบบสื่อสาร

ระบบสื่อสารข้างต้นสามารถอธิบายการทำงานได้ตามรูปที่ 2.1 ดังนี้ ข่าวสารจากแหล่งข้อมูลข่าวสารจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่าสัญญาณมอดูเลตติ้ง(modulating signal) สัญญาณมอดูเลตติ้งนี้จะแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสตามวิธีการสื่อสารแบบดิจิตอลหรือส่งตรงเข้าเครื่องส่งตามวิธีการสื่อสารแบบอนาล็อกก็ได้ ในเครื่องส่งจะมีเครื่องมอดูเลท(modulation) ทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณข้อมูลเข้ากับสัญญาณพาหะ(carrier)ตัวพาหะนี้มีกำลังส่งสูงพอที่จะพาสัญญาณมอดูเลตติ้งไปที่ไกลๆได้ด้วยความถี่สูงตามกระบวนการมอดูเลชัน จากนั้นสัญญาณจะถูกขับไปถึงออกอากาศหรือส่งตามสายส่ง สัญญาณที่ผ่านช่องสัญญาณ(channel)ซึ่งไม่ว่าจะเป็นในอากาศหรือสายส่งก็ตามจะถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวน(noise) หรือสัญญาณแทรกไม่พึงปรารถนา(undesired interference) เมื่อสัญญาณไปถึงเครื่องรับของผู้ใช้ปลายทาง เสาอากาศของเครื่องรับจะแปลสัญญาณที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ถ้าส่งตามสายเครื่องส่งจะรับสัญญาณ ในรูปของกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเครื่องดีมอดูเลเตอร์(demodulator) ในเครื่องรับจะแปลงสัญญาณที่มีความถี่สูงให้มีความถี่ต่ำลงและแยกสัญญาณข้อมูลออกจากสัญญาณพาหะตามกระบวนการมอดูเลชัน(modulation)และ ถูกลอทรหัส(decode)กลับเป็นสัญญาณอนาล็อกตามเดิมตามวิธีการสื่อสารแบบดิจิทัล



### 2.3 ชนิดของสัญญาณและผลต่างที่ต้องคำนึงถึง

สัญญาณที่ใช้ในการส่งข่าวสาร มีตั้งแต่คลื่นไซน์บริสุทธิ์เพียงความถี่เดียวสัญญาณคอสโมเพล็กซ์ที่ประกอบด้วยรูปคลื่นไซน์หลายความถี่มารวมกันจนเป็นรูปพัลส์ เป็นต้น ในบางกรณีอาจมีการจัดรูปพัลส์ให้อยู่ในรูปที่จะลดความผิดเพี้ยน(distortion)ต่างๆที่เกิดขึ้นในวงจรสื่อสารเมื่อการตอบสนอง(response)ของวงจรไม่คม

การเลือกสัญญาณที่มีความถี่ใดหรือรูปร่างใดนั้นสามารถทำได้โดยให้ผ่านเครื่องกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัญญาณตามต้องการได้ สัญญาณที่มีค่าของขนาด(amplitude) เป็นค่าต่อเนื่องเราเรียกว่าสัญญาณอนาล็อก ส่วนสัญญาณที่มีค่าเป็นตัวเลขลงตัวเรียกว่าสัญญาณดิจิทัล

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในระบบสื่อสารคือ ช่วงกว้างของความถี่(bandwidth) ช่วงกว้างความถี่นี้จะเกี่ยวข้องกับลักษณะการ ใช้งานเริ่มตั้งแต่ประมาณ 100Hzซึ่งใช้ในระบบโทรเลขจนถึงหลายๆ เมกะเฮิร์ต(MHz)ในระบบโทรทัศน์ กล่าวโดยสรุปเราจะต้องออกแบบให้ระบบสื่อสารเรามีความ

กว้างของแบนด์วิดท์แคบที่สุดโดยที่จะต้องให้ข้อมูลที่มีความสำคัญอยู่ครบถ้วนนั่นเอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือ กำลัง (power) เครื่องส่งวิทยุอาจมีกำลังส่งเป็นร้อยกิโลวัตต์ ในขณะที่กำลังส่งในสายส่งมีแค่มีลิวต์ต์ในกรณีที่กำลังของสัญญาณมีขนาดอ่อนมากเท่านั้น การออกแบบวงจรก็จะยุ่งยากขึ้น โดยเฉพาะการถ่ายเทกำลังงานจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งเพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุดนั้น การทำให้อิมพีแดนซ์ระหว่างวงจรหนึ่งต่อวงจรหนึ่งแมทช์(match)จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ การลดทอน(attenuation)หรือการสูญเสีย(loss)ในวงจรก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบวงจร อีกทั้งอัตราส่วนระหว่างสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนด้วยวิธีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

## 2.4 ทำไมต้องมีมอดูเลชัน

มอดูเลชันจะให้ประโยชน์ต่างๆดังต่อไปนี้

- ทำให้สัญญาณมีกำลังสูงทำให้สามารถเดินทางหรือแพร่กระจายไปที่ไกลๆได้
- ทำให้สัญญาณมีความถี่สูงขึ้น ซึ่งเหมาะกับการรับส่งมากขึ้นเพราะใช้เสาอากาศที่สั้นลงได้
- สามารถแบ่งความถี่ให้หลายๆสัญญาณส่งพร้อมกันภายใต้ความพาหะเดียวกันได้เรียกว่า การมัลติเพล็กซ์
- ทำให้สัญญาณมีความต้านทานการรบกวนของสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น

## 2.5 การมอดูเลชันแบบความสูง

ในทางปฏิบัติจะยากมากในการสร้างสายอากาศสำหรับใช้ในบางความถี่ จึงต้องเอาความถี่นี้ไปรวมกับความถี่สูง(ความยาวคลื่นสั้น)เรียกว่าความถี่พาหะ(carrier wave) โดยปกติคลื่นพาหะเป็นคลื่นรูปไซน์ซึ่ง โวลท์เตจจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาตามสมการ

$$e_c = E_{c \max} \sin(\omega_c t + \theta)$$

พารามิเตอร์ของคลื่นที่จะมอดูเลตคือ

1.  $E_{c \max}$  ใช้สำหรับการมอดูเลตแบบความสูง(Amplitude Modulation)
2.  $\omega_c = 2\pi f_c$  ใช้สำหรับการมอดูเลชันแบบความถี่(Frequency Modulation)
3.  $\theta$  ใช้สำหรับการมอดูเลชันแบบเฟส(Phase Modulation)

การมอดูเลชันแบบเฟสและความถี่เรียกรวมกันว่า การมอดูเลชันเชิงมุม(angle Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาการมอดูเลตแบบความสูงนี้สามารถใช้สัญญาณไซน์แทนสัญญาณที่ต้องการส่งได้จากสมการ

$$\begin{aligned}\omega_m &= 2\pi f_m \\ e_m &= E_{m\max} \sin \omega_m t \quad 2.2.6\end{aligned}$$

เมื่อกลิ้นพาหะถูกมอดูเลตแบบความสูงกับสัญญาณที่จะส่ง โวลเตจของกลืนพาหะก็จะถูกเปลี่ยนไปตามสัญญาณที่ส่งดังนั้น

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

โดย  $e$  คือ โวลเตจของสัญญาณมอดูเลต  $E_{c\max}$  คือ ความสูงของกลืนพาหะที่ยังไม่ได้มอดูเลต และ  $E_m$  คือ โวลเตจที่เข้าไปมอดูเลต โดยสมมติสัญญาณทั้งสองเป็นคลื่นรูปไซน์ จุดยอด (Peak) ทั้งหมดของกลืนพาหะอาจเขียนเป็น envelope ได้จากสมการ

$$e_{env} = E_{c\max} + e_m \quad 2.6.4$$

แทนค่า  $e_m$  จากสมการ 2.6.2 ในสมการ 2.6.4 จะได้โวลเตจมอดูเลต คือ

$$\begin{aligned}e &= e_{env} \sin \omega_c t \\ &= (E_{c\max} + E_{m\max} \sin \omega_m t) \sin \omega_c t \quad 2.6.5\end{aligned}$$

การวัดที่มีประโยชน์คือ การวัดองศาของการมอดูเลตซึ่งเรียกว่าตัวชี้การมอดูเลต (Modulation Index) นั่นคือ

$$m = (E_{m\max} / E_{c\max}) \quad 2.6.6$$

ดังได้จากสมการ 2.6.5 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$c = E_{cmax} (1 + m \sin \omega_m t) \quad 2.6.7$$

ถ้าไม่มีการสูญเสียเลย กำหนดให้ความสูงของคลื่นพาหะเท่ากับ 1 โวลต์ นั่นคือจากสมการ 2.6.7 จะได้

$$c = (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t \quad 2.6.8$$

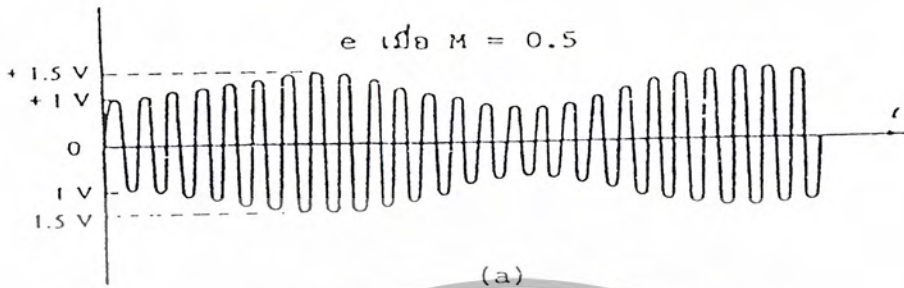
สมการ 2.6.8 สามารถเขียนเป็นรูปคลื่นที่มีค่าตัวชี้การมอดูเลตตามรูปที่ 6.2

จะเห็นได้ว่าถ้าตัวชี้การมอดูเลตมากกว่าหนึ่งค่าสูงสุดของการเอนวิโลปจะถูกตัดออกไป และคลื่นพาหะจะหายไปด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเพี้ยน ในการมอดูเลตค่าต่ำสุดของตัวชี้การมอดูเลต จะต้องเท่ากับศูนย์ ดังนั้น ในทางปฏิบัติตัวชี้การมอดูเลตควรมีค่าอยู่ระหว่าง ศูนย์ถึง หนึ่ง สเปคตรัมความถี่

จากสมการ 2.6.8 นี้สามารถกระจายออกไปได้อีกคือ

$$\begin{aligned} c &= (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t \\ &= \sin \omega_c t + m \sin \omega_m t \sin \omega_c t \\ &= \sin \omega_c t (m/2) [\cos(\omega_c - \omega_m) - \cos(\omega_c + \omega_m)] \end{aligned} \quad 2.6.9$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นมอดดูเลตเมื่อ (a)  $m=0.5$  (undermodulated) (b)  $m = 1$  (fully modulated)  
(c)  $m > 1$  (overmodulated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

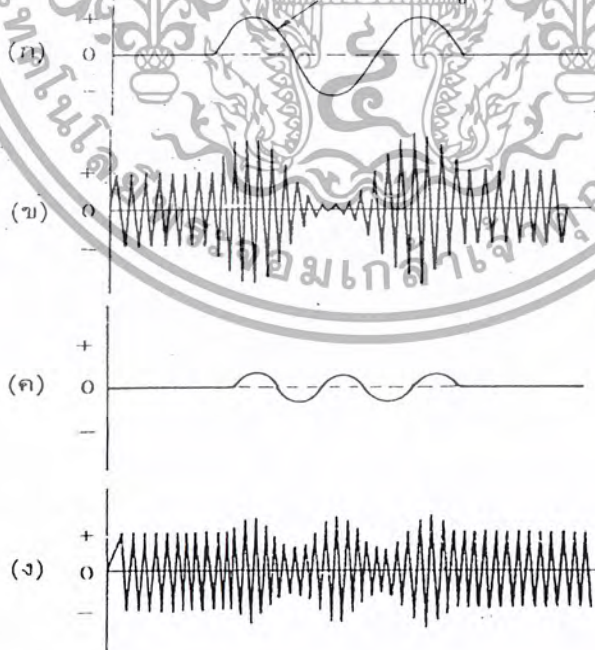
## 2.6 เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต

ในรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าปริมาณการมอดูเลตของสัญญาณเสียงลงบนพาหะไม่เท่ากัน สังเกตได้ว่าแอมพลิจูดของพาหะเปลี่ยนแปลงมากในรูปที่ 2.3 (ข) และเปลี่ยนแปลงน้อยในรูป 2.3 (ง) ปริมาณการมอดูเลตมักวัดเป็นเปอร์เซ็นต์(บางที่เรียกว่าแฟกต์เตอร์การมอดูเลต มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1) รูปที่ 2.4 พาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลตเรียกว่ามีเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตเท่ากับ 0 ในรูปที่ 2.4 (ก) สมมติว่าพาหะมีแอมพลิจูดจากยอดบวกถึงยอดลบเท่ากับ  $40\text{ V}_{p-p}$

ในรูปที่ 2.4 (ข) พาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงเต็มที 100 เปอร์เซ็นต์ แอมพลิจูดของพาหะจะตกลงมาถึงศูนย์ และแอมพลิจูดยอดบวกถึงยอดลบของพาหะจะให้ได้สูงสุด  $80\text{ V}_{p-p}$  อย่างไรก็ตามค่าแอมพลิจูดโดยเฉลี่ยของพาหะยังคงเป็น  $40\text{ V}_{p-p}$  เท่าเดิม

ในรูปที่ 2.4 (ค) พาหะถูกมอดูเลตขั้นเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะสูงสุด  $60\text{ V}_{p-p}$  และต่ำสุด  $20\text{ V}_{p-p}$  แอมพลิจูดของพาหะเท่ากับ  $40\text{ V}_{p-p}$  ( จาก  $(60+20)/2 = 40\text{ V}_{p-p}$  ) เราสามารถใช้สูตรคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

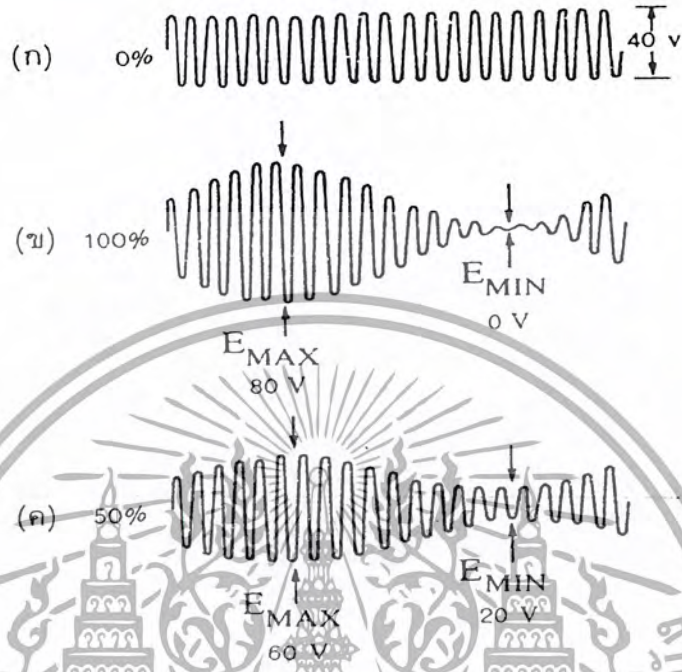
$$\text{เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต} = (E_{\text{max}} - E_{\text{min}}) / (E_{\text{max}} + E_{\text{min}}) \times 100\%$$



รูปที่ 2.3 การใช้สัญญาณเสียงที่มีขนาดมากและน้อยเพื่อมอดูเลตบนคลื่นพาหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำวีดิทัศน์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



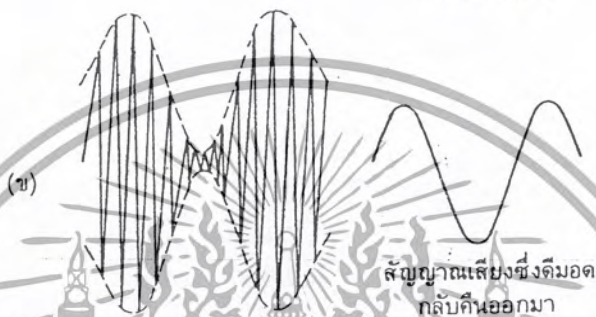
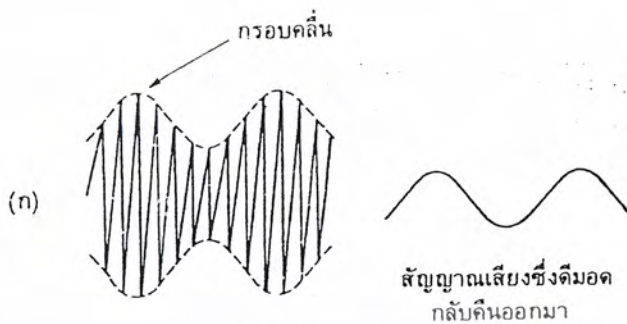
รูปที่ 2.4 การวัดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต

ปกติเราให้เปอร์เซ็นต์การมอดูเลชันมีค่าสูงสุดเพื่อว่าสัญญาณที่รับได้ที่เครื่องรับจะมีกำลังแรงดังรูปที่ 2.5 เนื่องจากเครื่องรับ AM จะเปลี่ยนคลื่น AM เป็นสัญญาณข้อมูล โดยการแยกเอาเฉพาะสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตกับคลื่นพาหะกลับคืนจากคลื่น AM ฉะนั้นสัญญาณเสียงที่ได้รับในกรณีที่ว่ามอดูเลตมาแรง(เปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมีค่าสูง) จะได้เสียงดังกว่า นั่นคือในที่นี้รูปที่ 2.5 (ข) จะให้สัญญาณเสียงที่ดังกว่ารูปที่ 2.5 (ก) เพราะเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมากกว่า

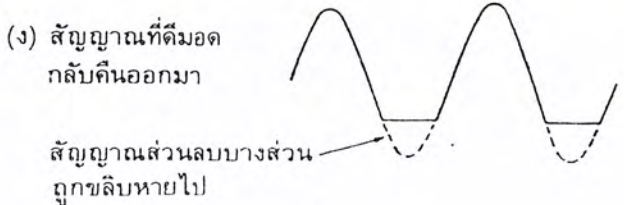
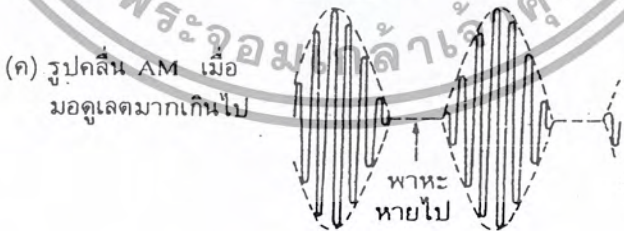
อย่างไรก็ตามการมอดูเลตชันต้องไม่สูงเกินไป (ไม่เกิน 100%) เพราะจะทำให้สัญญาณข้อมูลที่ได้มีความผิดเพี้ยน การมอดูเลตชันมากเกินไปนี้เราเรียกว่า overmodulation หรือเรียกย่อๆว่า โอเวอร์มอด จะเห็นว่าแอมพลิจูดสัญญาณ AM ลดลงได้ไม่ต่ำกว่าศูนย์ไม่ว่าจะมอดูเลตชันแรงเท่าใดก็ตาม ยิ่งสัญญาณมอดูเลตชันมีค่ามากคลื่นพาหะก็จะหายไป (cut off) บางส่วนเสียด้วยซ้ำ ดังนั้นกรอบคลื่นของสัญญาณ AM จึงมีรูปร่างเพี้ยนไปจากสัญญาณข้อมูลที่เข้ามามอดูเลต(คือสัญญาณเสียง) รูปที่ 2.6 (ข) เป็นพาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลตรูปที่ 2.6(ค) เป็นพาหะที่มอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความแรงมากเกินไปทำให้พาหะบางช่องหายไปเมื่อเครื่องรับดีมอดสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนพระปริยัติธรรม แผนกธรรมและบาลี กรุงเทพมหานคร นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



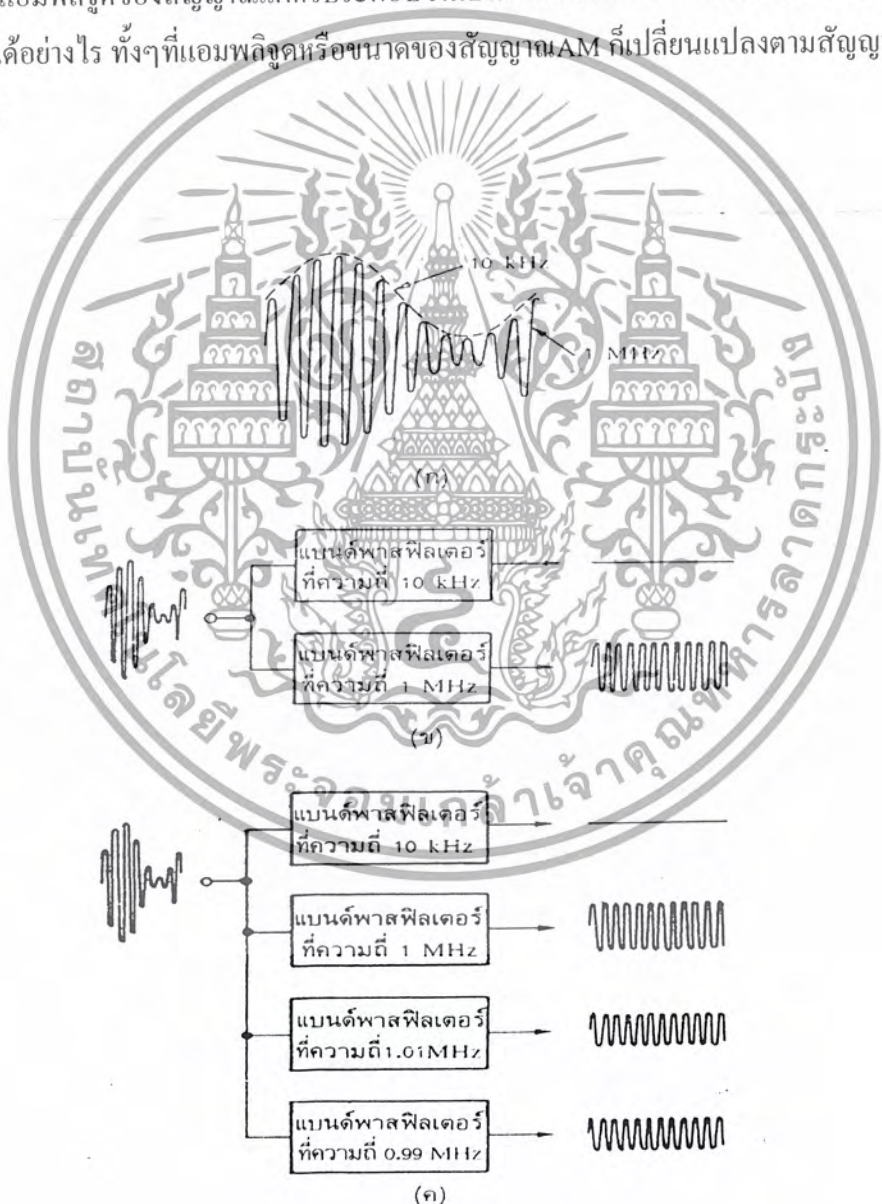
รูปที่ 2.5 แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่มอดกลับมาได้ที่เครื่องรับจะมีความแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของการมอดดูเลชั่น



รูปที่ 2.6 การโอเวอร์มอดจะทำให้ได้สัญญาณที่เครื่องรับเกิดความผิดเพี้ยน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7 ไซด์แบนด์ AM

คลื่น AM ประกอบด้วยคลื่นพาหะ และคลื่นไซด์แบนด์ 2 ข้างคือ USB กับ LSB ถ้าเราลองพิจารณาแอมพลิจูดจากฟิลเตอร์ต่างๆในรูปที่ 2.7 ค จะพบว่าแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะและไซด์แบนด์มีค่าคงที่ ซึ่งพาหะจะมีแอมพลิจูดคงเดิมเสมอจนกว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลต แต่แอมพลิจูดเฉลี่ยของพาหะยังมีค่าคงเดิมตลอดไปไม่ว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลตหรือไม่ก็ตาม อาจมีข้อสงสัยว่าแอมพลิจูดของสัญญาณแต่ตัวประกอบขึ้นเป็น AM คือคลื่นพาหะกับไซด์แบนด์นั้นมีแอมพลิจูดคงที่ได้อย่างไร ทั้งๆที่แอมพลิจูดหรือขนาดของสัญญาณ AM ก็เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต

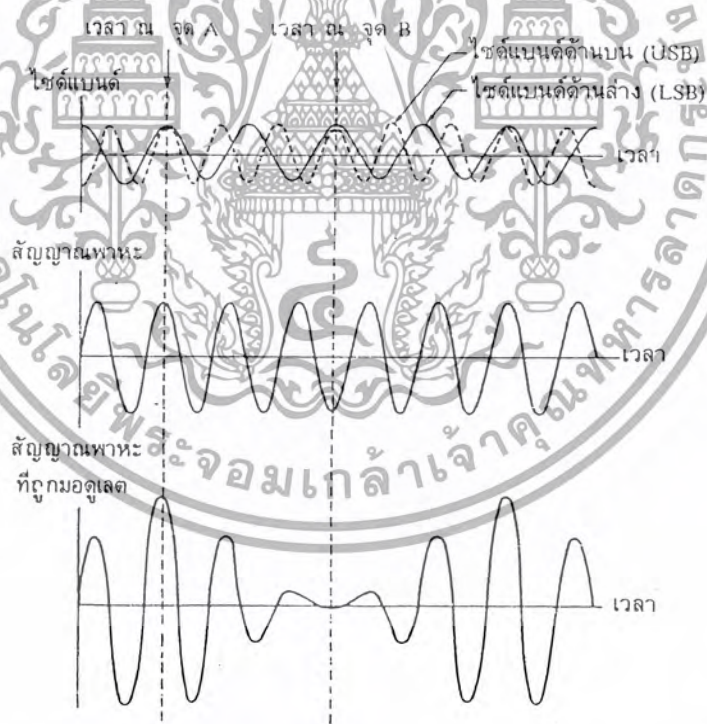


รูปที่ 2.7วิเคราะห์คลื่น AM ในเชิงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจากรูปที่ 2.8 ซึ่งแสดงให้เห็นคลื่นไซด์แบนทั้งคู่และคลื่นพาหะ สังเกตว่าพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ และไซด์แบนก็มีแอมพลิจูดเท่ากันทั้งคู่และลงที่ด้วย พิจารณาที่จุด A ซึ่งสัญญาณทั้ง 3 มีเฟสตรงกัน แต่ละสัญญาณอยู่ตรงขอบวงพอดี ทำให้ผลรวมได้แอมพลิจูดของสัญญาณ AM ค่าสูง พิจารณาที่จุด B ซึ่งไซด์แบนมีเฟสตรงกัน แต่พาหะมีเฟสต่างจากไซด์แบนด์ 180 องศา ผลรวมจะได้แอมพลิจูดค่าต่ำของสัญญาณ AM

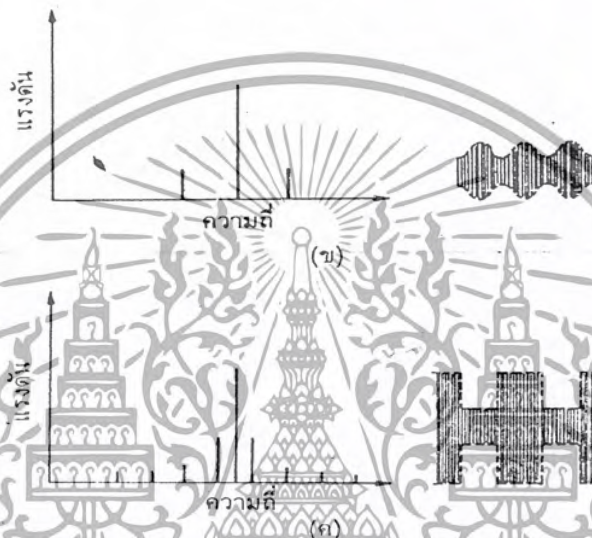
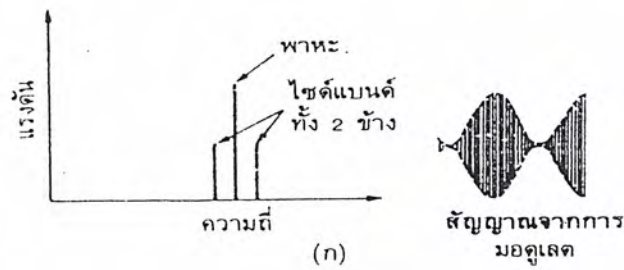
จากการวิเคราะห์ในรูป 2.8 สรุปได้ว่ารูปร่างของกรอปกคลื่น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณไซด์แบน แต่ความถี่ของสัญญาณไซด์แบนทั้งคู่จะเป็นตัวกำหนดเฟสของสัญญาณไซด์แบนว่าจะตรงเฟสหรือต่างเฟสกับสัญญาณพาหะ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณ AM หรือกรอปกคลื่น แอมพลิจูดไซด์แบนจะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของกรอปกคลื่น นั่นคือเป็นตัวกำหนดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ทั้งนี้ไซด์แบนอาจมาเสริมหรือหักล้างกับแอมพลิจูดพาหะก็ได้



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ทางเฟสระหว่างไซด์แบนกับพาหะ

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ AM เกิดจากสัญญาณข่าวสารเข้าไปมอดูเลตบนพาหะแล้วปรากฏเป็นสัญญาณไซด์แบนทั้งสองข้าง (คือ USB กับ LSB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบคลื่น AM ในเชิงความถี่และเวลา

ในรูปที่ 2.9 แสดงการวิเคราะห์สัญญาณ AM ซึ่งมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีคลื่นรูปซิมิลต่าง ๆ ถ้าตรวจสอบด้วยออสซิลโลสโคปจะเห็นว่าไซด์แบนด์จะผสมเสริมหรือหักล้างกับพหุทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเปลี่ยนแปลงสังเกตในรูปที่ 2.9 ก แอมพลิจูดของไซด์แบนด์จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของพหุสภาวะเช่นนี้จะเป็นสภาวะของการมอดูเลตเต็มที่หรือเปอร์เซ็นต์การมอดเท่ากับ 100% ฉะนั้นเมื่อสัญญาณทั้งพหุและไซด์แบนด์มีเฟสตรงกัน แอมพลิจูดของไซด์แบนด์รวมกับพหุจะได้ 2 เท่าของพหุและเมื่อสัญญาณไซด์แบนด์ทั้งคู่และพหุมีเฟสตรงกันข้ามแอมพลิจูดรวมจะได้เท่ากับศูนย์

ในรูปที่ 2.9 ข แสดงการมอดูเลตบนพหุดังกล่าวดลดลงเหลือ 50% สังเกตว่าแอมพลิจูดของพหุจะคงเดิม แต่ไซด์แบนด์มีแอมพลิจูดลดลง นอกจากนี้ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความถี่สูงขึ้น ความถี่ไซด์แบนด์ก็จะยิ่งห่างออกไปจากพหุมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.9 ค เราใช้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะ สังเกตว่าคราวนี้เกิดสัญญาณไซน์แบนขึ้นมากมาย เพราะว่าสัญญาณสี่เหลี่ยมประกอบด้วยความถี่พินคาเมนตัล และความถี่ฮาร์โมนิก จำนวนมาก ฉะนั้นไซน์แบนของสัญญาณก็จะมีไซน์แบน 1 คู่สำหรับพินคาเมนตัล ไซน์แบนอีก 1 คู่สำหรับฮาร์โมนิกที่ 3 อีก 1 คู่ สำหรับฮาร์โมนิกที่ 5, ..., ฯลฯ

## 2.8 แบนวิดของสัญญาณ AM

เราสังเกตจากรูปที่ 2.9 ได้ว่า การส่งสัญญาณ AM มิใช่การส่งสัญญาณความถี่พาหะเพียงความถี่เดียว แต่เป็นการส่งหลายๆความถี่หรือแถบความถี่ และความจริงข่าวสารก็มีได้อยู่ในคลื่นพาหะแต่ปนอยู่ในคลื่นทั้งสองข้าง ถ้าเราส่งแค่พาหะไปอย่างเดียวข่าวสารก็ไปไม่ถึงเครื่องรับ ฉะนั้นในระบบ AM พาหะและไซน์แบนจะถูกส่งไปยังเครื่องรับ

ช่วงความถี่หรือแถบความถี่ของสัญญาณ AM จะเริ่มจากความถี่ LSB ไปยัง USB ฉะนั้นแถบความถี่หรือแบนวิด ของสัญญาณ AM จะเท่ากับ 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณมอดูเลชัน



## บทที่ 3

### การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง(DC Motor Control)

สำหรับโครงการนี้จะใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนตัวรถเพราะมอเตอร์กระแสตรงสามารถควบคุมได้ง่ายให้แรงบิดสูง และสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด

#### 3.1 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง

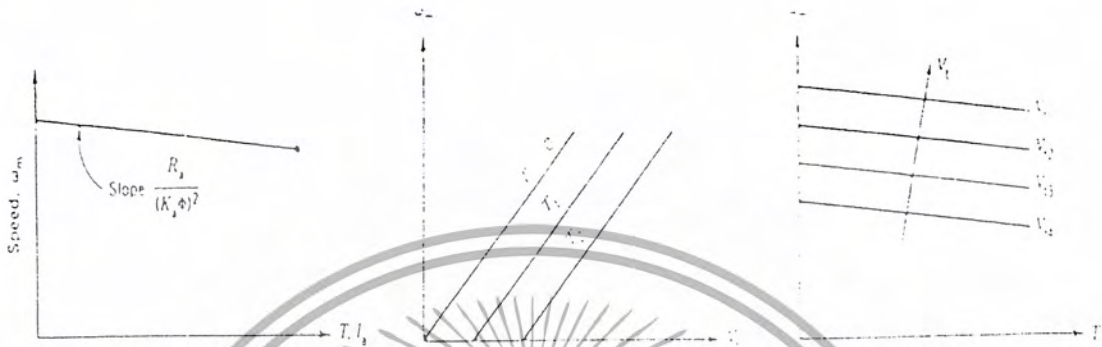
โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงโดยพื้นฐานจะประกอบด้วยขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กและขดลวดคอปเมเจอร์ โดยขดลวดสนามอยู่ที่ตัวสเตเตอร์และขดลวดคอปเมเจอร์จะอยู่ที่ตัวโรเตอร์ของมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง

แต่โครงสร้างของมอเตอร์ที่ใช้จริงในโครงการนี้ ขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนเป็นแม่เหล็กถาวร โดยจะสร้างสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นการควบคุมมอเตอร์นี้จึงสามารถควบคุมได้เพียงแค่ค่าแรงดันและกระแสเท่านั้น โดยความเร็วรอบสามารถควบคุมได้จากแรงดันของมอเตอร์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ  $\omega_m$  ค่าแรงดัน  $V_t$  กระแส  $I_a$  และแรงบิด  $T$  แสดงได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $\omega_m$ ,  $V_t$ ,  $I_a$  และ  $T$

ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\omega_m$ ,  $V_t$ ,  $I_a$  และ  $T$  สามารถเขียนได้คือ

$$E_a = K_a \phi \omega_m = V_t - I_a R_a$$

$$T = K_a \phi I_a$$

สมการความเร็วคือ

$$\omega_m = (V_t - I_a R_a) / (K_a \phi) = (V_t / (K_a \phi)) - (R_a / (K_a \phi)^2) T$$

โดยที่

$E_a$  คือค่าแรงดันเหนี่ยวนำย้อนกลับ

$K_a$  คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับารสร้างมอเตอร์แต่ละตัว

$\phi$  คือเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

$\omega_m$  คือความเร็วรอบของมอเตอร์

$I_a$  คือกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์

$V_t$  คือแรงดันที่ขั้วมอเตอร์

$R$  คือความต้านทานของขดลวดคอปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

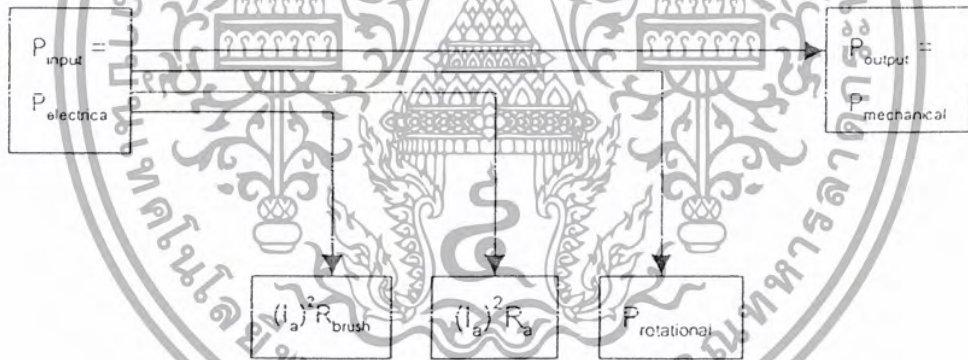
ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้าแรงดันที่ขั้วมอเตอร์เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นและถ้าหากโหลดเพิ่มขึ้น(แรงบิดเพิ่มขึ้น)มอเตอร์จะกินกระแสมากขึ้น ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้ สามารถวัดได้จากกำลังทางกลที่ได้รับ และกำลังของไฟฟ้าที่ให้โดย

$$\text{กำลังกลที่ได้รับ}(P_m) : P_m = T\omega_m$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าที่ให้}(P_e) : P_e = V_t I_a$$

การสูญเสียที่เกิดขึ้นจะเกิดที่ความต้านทานที่ขดลวดอะมีเจอร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $I_a^2 R_a$  การสูญเสียที่เกิดขึ้นจากแปรงถ่าน ซึ่งเท่ากับ  $I_a^2 R_{brush}$  และการสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทานที่ตัวแบร์ริง และสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กำลังงานสูญเสียในมอเตอร์กระแสตรง

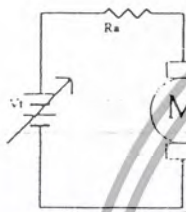
ประสิทธิภาพของมอเตอร์คือ

$$\begin{aligned} \text{Efficiency} &= (P_{out}/P_m) \times 100\% \\ &= (T\omega_m / V_t I_a) \times 100\% \\ &= ((V_t I_a - \text{Losses}) / V_t I_a) \times 100\% \end{aligned}$$

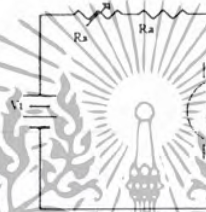
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 วงจรขับและวงจรป้องกัน( Drive and Protection Circuit )

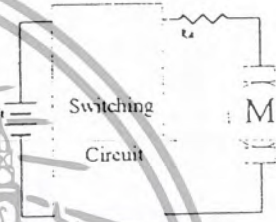
การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงสามารถทำได้โดยการปรับค่าระดับแรงดัน  $V_t$  ให้มีค่าต่างๆกันโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันที่ปรับค่าได้(รูปที่ 3.4 a) โดยเพิ่มค่า  $R_a$ (รูปที่ 3.4 b) หรือใช้วงจรสวิตซ์(รูปที่ 3.4 c) มาช่วยควบคุมค่าแรงดันเฉลี่ยของ  $V_t$  ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมาก ซึ่งการควบคุมโดยอาศัยวงจรสวิตซ์ จะใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาใช้ในการสวิตซ์



รูปที่ 3.4 (a)



รูปที่ 3.4 (b)

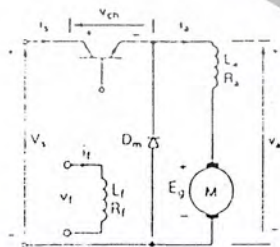


รูปที่ 3.4 (c)

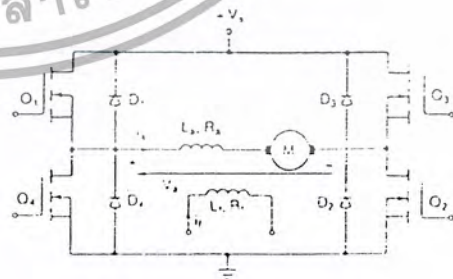
รูปที่ 3.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการใช้แหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ .

หลักการทำงานพื้นฐานก็คือถ้าหากสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มี duty Cycle ไม่เท่ากันจะทำให้ค่า Effective Value(rms) และค่าเฉลี่ยของสัญญาณ ไม่เท่ากันด้วย

วงจรสวิตซ์ ที่สามารถใช้ควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่หลากหลายมาก เช่น วงจรChopper วงจรinverter ดังรูปที่3.5



รูปที่3.5 (a)



รูปที่ 3.5 (b)

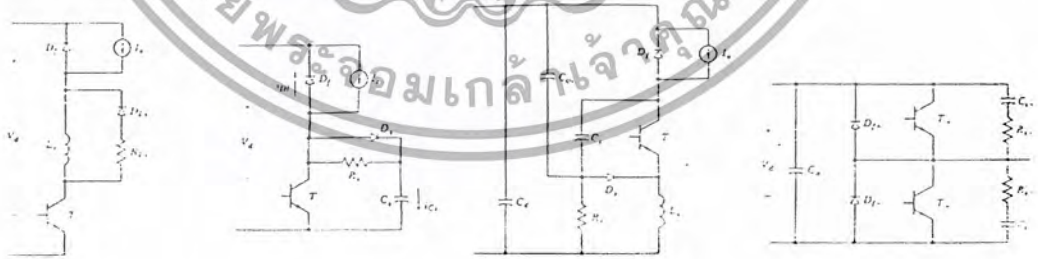
รูปที่ 3.5 วงจร DC-TO-DC CONVERTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรรูป 3.5a เป็นวงจรช้อปเปลอร์ ที่ทำการช้อปสัญญาณ DC ให้เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มี Duty Cycle ไม่เท่ากัน โดย การควบคุมการทำงานของสวิตช์ซึ่งก็คืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้ง TR SCR MOSFET ฯลฯ

การทำงานของวงจรจะเริ่มจากถ้าสวิตช์ปิด (ทรานซิสเตอร์ on) จะทำให้ไดโอดถูก reverse bias กระแสก็จะไหลผ่านมอเตอร์ แต่ถ้าหากสวิตช์เปิด (ทรานซิสเตอร์ off) จะทำให้มอเตอร์ที่มีคุณสมบัติสร้างเป็นตัวเหนี่ยวนำสร้าง back emf ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางเดิมโดยไหลผ่านไดโอดซึ่งขณะนี้จะถูก forward bias เนื่องจากผลของ back emf ซึ่งไดโอดนี้จะถูกเรียกว่า Freewheeling diode ซึ่งจะช่วยป้องกันอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งไม่ให้เสียหายเนื่องจากผลของ back emf

วงจรในรูป 3.5 b เป็นวงจร inverter แบบ full bridge การควบคุมการไหลของกระแสที่ผ่านโหลดและทิศทางที่พร้อมไหลสามารถทำได้ในทิศทางต่างๆกัน คือเป็น 4-Quadrant ซึ่งหากโหลดเป็นมอเตอร์กระแสตรงก็จะสามารถหมุนกลับทิศทางได้ โดยการควบคุมกระแสและแรงดันตกคร่อมที่ตัวมอเตอร์ซึ่งทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะทำงานพร้อมกัน กระแสและแรงดันจะมีทิศทางบวก แต่ถ้า Q3 และ Q4 ทำงานพร้อมกันกระแสและศักดาก็จะมีทิศทางลบ ส่วนไดโอด D1-D4 ทำหน้าที่เป็น Freewheeling Diode ซึ่งจะป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหายในขณะที่ Turn off



3.6(a)

3.6(b)

3.6(c)

3.6(d)

รูปที่ 3.6 วงจรป้องกันขนาด Turn on, Turn off, วงจรที่มีการปรับปรุงให้มีทั้ง Turn on และ Turn off และวงจรป้องกันแบบ Bridge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันความเสียหายของทรานซิสเตอร์ในขณะที่ Turn off และ Turn on นั้นมีหลายรูปแบบ ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งการใช้งานจริงอาจไม่จำเป็นต้องใช้การป้องกันมากนักถ้าหากใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์เล็กๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การมัลติเพล็กซ์และการซิงโครไนซ์

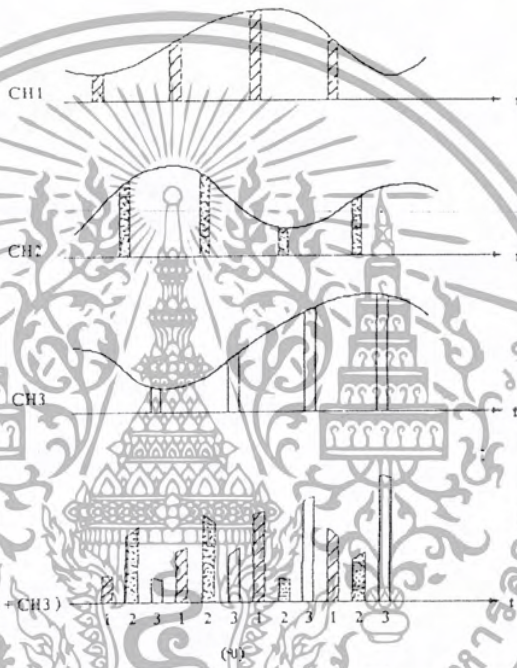
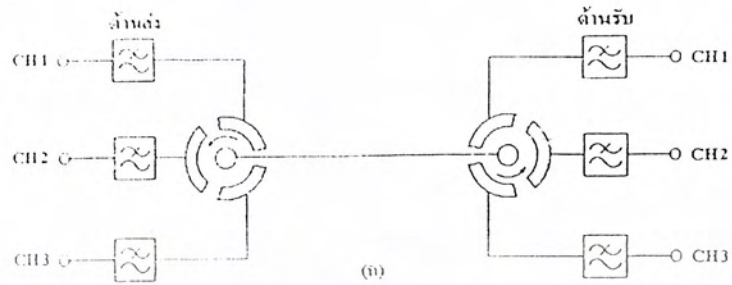
หลักการเบื้องต้นของระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา TDM ว่าเป็นอย่างไร ตามรูปที่ 4.1 ก ทางด้านส่งและด้านรับจะมีสวิตช์หมุนด้านละ 1 ตัวซึ่งหมุนไปเป็นจังหวะเท่าๆกัน ในช่วงเวลาหนึ่งของ สัญญาณที่ 1 ของทั้ง 2 ด้านก็จะต่อกันโดยสวิตช์หมุนอาศัยหลักการนี้แชนเนลลิงพัลส์ที่ส่งมาจากทุก ช่องสัญญาณทางด้านส่งก็สามารถส่งผ่านสายเพียงคู่เดียวและสามารถกระจายออกไปยังช่องสัญญาณที่ สอดคล้องกันที่ด้านรับได้

จากรูปที่ 4.1 ข แสดงพัลส์ที่มาจากทุกช่องสัญญาณซึ่งมีเฟสเคลื่อน ไปเล็กน้อยและนำมาแทรก กันไว้ระหว่างกันตามแนวแกนเวลาคล้ายคือแชนเนลลิงพัลส์ของช่องสัญญาณที่ 2 และช่องสัญญาณที่ 3 จะถูกใส่ ไว้ระหว่างกันตามแชนเนลลิงพัลส์ตัวแรกและตัวที่ 2 ของช่องสัญญาณที่ 1 โดยแบ่งตามช่วงเวลา ดังนั้นวิธีการนี้ จึงเรียกว่าระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา

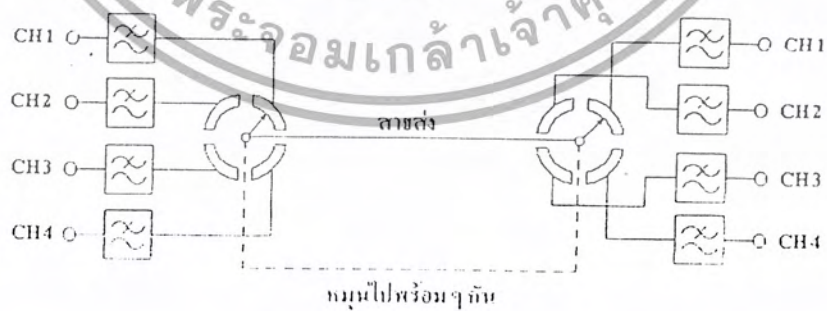
การสื่อสารระบบ TDM โดยเฉพาะระบบ PCM นั้นเป็นสิ่งที่แน่นอนว่าเมื่อทางรับ ได้รับสัญญาณ แล้วต้องทำให้แน่ใจว่าสัญญาณแต่ละบิตของช่องสัญญาณเดียวกันมีความถูกต้องและยังต้องแยก สัญญาณพัลส์แต่ละกลุ่มไปสู่ช่องสัญญาณที่สอดคล้องกันได้อย่างถูกต้อง ด้วยเหตุนี้จึงมีกระบวนการ หนึ่งที่จะทำให้สวิตช์หมุนทำงานได้ตามที่กล่าวมาแล้ว กระบวนการนี้เรียกว่าซิงโครไนซ์ (Synchronization) ตามรูปที่ 4.2

#### 4.1 บิตซิงโครไนซ์เซชัน

กระบวนการสุ่มตัวอย่างการเข้ารหัสและการเข้ามัลติเพล็กซ์ที่ด้านส่งตลอดทั้งการดีมัลติเพล็กซ์ และการถอดรหัสทางด้านรับ จะต้องมัลติเพล็กซ์เป็นตัวควบคุมให้สอดคล้องกันอย่างมิตต่อบิตตาม บล็อกไดอะแกรมอย่างกว้างๆ ในรูปที่ 4.3 และการที่บิตซิงโครไนซ์จะถูกต้องนั้น โดยทั่วไปทางด้านรับ จะมิงจรสร้างคล็อกพัลส์ขึ้นใหม่โดยอาศัยขบวนพัลส์ที่ได้รับ ดังนั้นจะทำให้กระบวนการระหว่าง ด้านส่งและด้านรับเป็นไปได้ด้วยความถูกต้องในเวลาเดียวกัน

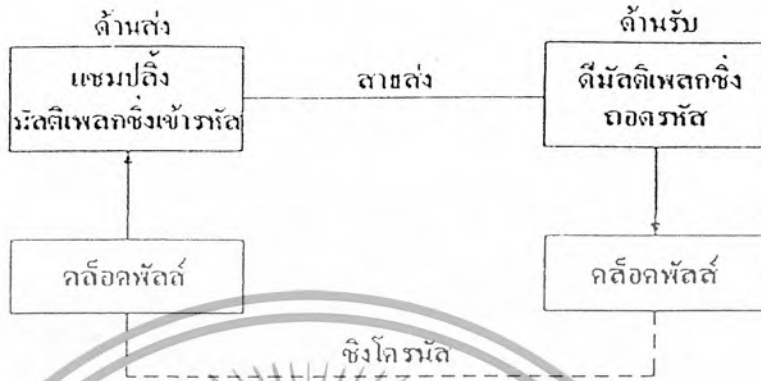


รูปที่ 4.1 หลักการเบื้องต้น TDM



รูปที่ 4.2 สวิตช์หมุนจะหมุนไปพร้อมกันเพื่อต่อสายให้ช่องสัญญาณด้านส่งและด้านรับตรงช่องกัน

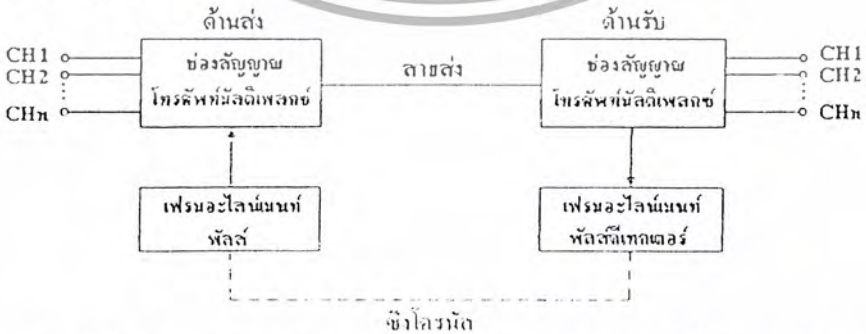
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 บิตชิงโครไนซ์เซชัน

### 4.2 เฟรมชิงโครไนซ์เซชัน

ทางด้านรับต้องกำหนดให้แน่ชัดว่าขบวนพัลส์ชุดใดจะเป็นของช่องสัญญาณใด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดเฟรมให้ได้ก่อน (เฟรมคือระยะเวลาที่สวิตช์หมุนไปครบรอบ) ก็คือต้องมีเฟรมชิงโครไนซ์ โดยมีหลักการตามรูปที่ 4.4 ทางด้านส่งจะส่งพัลส์ชุดเฉพาะเพื่อบอกให้ด้านรับรู้ว่าจุดเริ่มต้นที่เฟรมอยู่จุดใด การชิงโครไนซ์วิธีนี้เป็นการกระทำแบบเฟรมต่อเฟรม ถึงแม้ว่าจะมีบิตชิงโครไนซ์แล้วก็ตาม ถ้าหากไม่แยกรหัสของสัญญาณเสียงของแต่ละช่องสัญญาณมัลติเพลกซ์ได้อย่างถูกต้องแล้ว อาจเกิดการรบกวนเนื่องจากการแทรกซ้อนจากช่องสัญญาณอื่นซึ่งเรียกว่าครอสทอล์ค (CrossTalk) ได้ ส่วนทางด้านรับก็จะค้นหาพัลส์เฉพาะนี้และนำขบวนพัลส์ที่ตามมาแยกไปตามช่องสัญญาณต่างๆต่อไป



รูปที่ 4.4 เฟรมชิงโครไนซ์เซชันกระทำได้โดยใส่เฟรมอะไลน์เมนท์พัลส์เพื่อกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 เฟรมอะไลน์เมนต์

ในระบบTDMนั้น สัญญาณพัลส์ ของแต่ละช่องสัญญาณก็จะรวมกันเข้าเป็นมัดทีเพล็กซ์และในขณะที่เดียวกันในช่วงเวลาหนึ่งก็จะใส่พัลส์ 1 ลูก หรือพัลส์ที่มีแพลท์เทิลเฉพาะไว้ทุกๆรอบ ซึ่งรอบๆหนึ่งเรียกว่าเฟรม การใส่พัลส์เฉพาะนี้ลงไปเรียกว่าเฟรมอะไลน์เมนต์ ทางด้านรับจะตีเทคสัญญาณพัลส์เหล่านี้เพื่อกำหนดช่วงเวลา(TimeSlot) ให้แก่ช่องสัญญาณต่างๆตามรูปที่4.5 แสดงโครงสร้างของเฟรมในระบบ PCM-30 ใน 1เฟรมจะมีคาบเวลาเท่ากับ 125 us กล่าวคือใน 1เฟรมจะมีค่าแซมเปิ้ลของทุกช่องสัญญาณ จะเห็นได้ว่ามีทั้งหมด 32 Time Slot (TS) ซึ่ง 30 TS นี้จะใช้สำหรับ 30 ช่องสัญญาณ PCM ซึ่งเข้ารหัสด้วย 8 บิต อีก 2TS นั้นใช้สำหรับการส่งสัญญาณ(Signalling) 1TS และที่เหลืออีก 1TS ใช้ร่วมกันเป็นเฟรมอะไลน์เมนต์สลับกับการบำรุงรักษาและการควบคุมต่างๆ

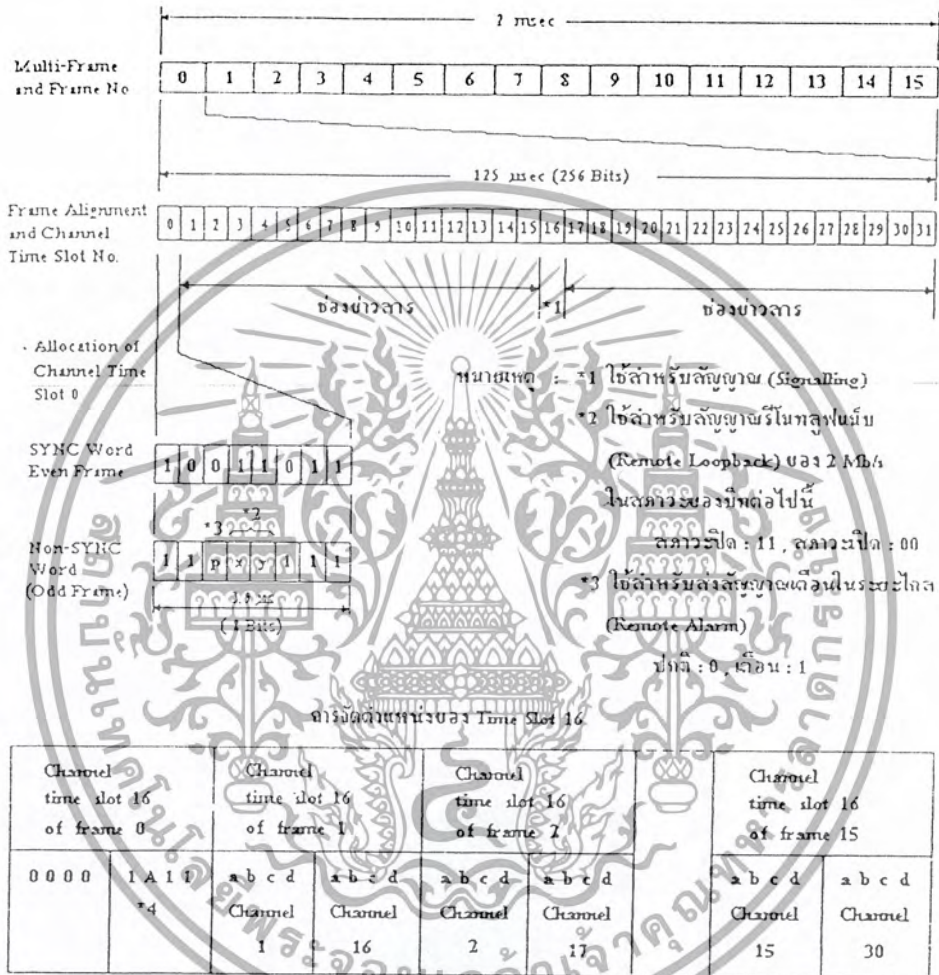
ในการส่งสัญญาณระบบPCM นั้นสิ่งที่บอกให้ทราบว่ามีการส่งช้าหรือเร็วเพียงใดนั้น จะใช้ค่าบิตเรทเป็นเครื่องวัด ซึ่งเป็นอัตราที่บอกให้เราทราบว่าใน 1วินาทีสามารถส่งสัญญาณได้กี่บิตคือแสดงเป็นหน่วย bit/sec ดังนั้นถ้าคำนวณบิตเรทของระบบดังกล่าวจะได้ดังนี้

เพราะว่าจำนวนบิตในเฟรมจะมี  $32 \times 8 = 256$  บิต

และใน 1 เฟรม จะใช้เวลา  $= 125$  us

ดังนั้น 1 วินาทีจะส่งได้  $= 2.048$  Mb

อนึ่งในทางปฏิบัตินั้นจะใส่พัลส์ซึ่งมีดีวีซีไซเคิล 50% ดังนั้นการคำนวณข้างต้นจะทราบว่า 1 บิตจะใช้เวลา  $125/256 = 0.466$  us และความกว้างของพัลส์ 1 ลูกจะเท่ากับ  $0.488 / 2 = 0.244$  us



หมายเหตุ : \*4 "A" เป็นบิตที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณเตือนในกรณีเมื่อไม่ได้รับสัญญาณรีโมทลูปแบค (ปกติ : 0, เดือน : 1)  
 \*5 a, b, c และ d เป็นบิตที่ใช้สำหรับสัญญาณ

รูปที่ 4.5 เฟรมอะไลน์เมนท์ของระบบ PCM-30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การค้นหาเฟรมอะไลน์เมนต์

ถ้าทางด้านรับค้นหาเฟรมไม่พบ ก็จะไม่สามารถเข้าขบวนการถอดรหัสได้ ดังนั้นต้องมีวิธีการค้นหาเฟรมอะไลน์เมนต์ตามแสดงในรูป 4.6



สมมติว่าเฟรมอะไลน์เมนต์ที่ผิดพลาดที่สุดกำหนดให้มี 4 ซึ่งเป็นรหัส "1001" ทุกๆเฟรมตามรูปที่ 4.7 และถ้าอินพุตพัลส์จากตำแหน่ง a-i มีรหัสตามรูป (ข) ในการค้นหานั่นตอนแรกรหัสในตำแหน่ง a-d จะถูกตรวจก่อน ถ้ารหัสที่ b เป็น "1" พัลส์กลุ่มนี้จะไม่เป็นอะไลน์เมนต์พัลส์ จากนั้นเคลื่อนไป 1 บิต ถึงตำแหน่ง c แล้วทำการตรวจรหัสจาก b-c ตามตัวอย่างก็จะทราบว่าไม่ใช่อะไลน์เมนต์พัลส์เช่นเดียวกัน ในทำนองเดียวกันเมื่อทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆจะเห็นว่ารหัสจากตำแหน่ง c-f, d-g และ e-h ก็จะไม่ใช่อะไลน์เมนต์พัลส์อีกผลสุดท้ายก็จะพบว่าระหว่าง f-i จะเป็นอะไลน์เมนต์พัลส์ แต่อย่างไรก็ตามอาจเป็นการบังเอิญก็ได้ เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นอะไลน์เมนต์พัลส์จริง จึงจำเป็นต้องตรวจที่ตำแหน่งเดียวกันในเฟรม ถัดมาด้วยว่ามีหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เวลาในการค้นหาเฟรมนั้นสั้นเข้าอาจกระทำได้โดยเพิ่มจำนวนอะไลน์เมนท์พัลส์ในเฟรมหรือทำให้เฟรมสั้นลงพร้อมทั้งเพิ่มจำนวนอะไลน์เมนท์พัลส์ โดยให้สัมพันธ์กับพัลส์ข้อมูล(Data Pulse) ก็ได้ อย่างไรก็ตามการทำโดยวิธีดังกล่าวอาจทำให้ประสิทธิภาพในการส่งลดลงได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาให้มีสภาพที่เหมาะสมด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

#### 5.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip) ก้าวหน้าไปกว่าเดิมมาก คือ ในไอซีเบอร์ 80C51/80C52 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถโปรแกรมเก็บเอาไว้ในตัวได้เลย แต่การโปรแกรมนั้นต้องอาศัยเครื่องมือในการเขียนจากโรงงานผลิตซึ่งไม่เหมาะสำหรับการพัฒนาทั่วไป ทางผู้ผลิตจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบการโปรแกรมไอซีเป็นแบบ EPROM แต่ก็มีปัญหาในเรื่องการลบข้อมูลในตัวไอซี เพราะจะต้องอาศัยเครื่องลบที่ใช้แสง UV ในการลบ

หลังจากนั้นก็เลยมีผู้ผลิตไอซีที่สามารถโปรแกรมและลบได้ด้วยการใช้กระแสไฟฟ้า ทำให้ต้นทุนในการเขียนและลบข้อมูลในตัวไอซีถูกลงมากทำให้มีผู้ใช้นิยมที่จะเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเขียน และลบข้อมูลด้วยสัญญาณทางไฟฟ้ากันมากขึ้น หนึ่งในหลายๆ บริษัทที่ออกแบบไอซีลักษณะนี้คือ บริษัท Atmel ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ บริษัท Atmel ผลิตได้แก่ ไอซีเบอร์ AT89C51, AT89C52, AT89C1051, AT89C4051, AT89S8252, AT89C55 ฯลฯ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ของ บริษัท Atmel นั้นจะใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) ทำให้สามารถเขียนและลบได้กว่า 1,000 ครั้ง และสามารถเก็บโปรแกรมได้นับ 10 ปี และโดยเฉพาะรุ่น AT89Sxxxx นั้น จะสามารถลบและเขียนโปรแกรมได้โดยไม่ต้องนับตัว Chip ไปโปรแกรม ทั้งนี้เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้ถูกออกแบบให้สามารถทำการโปรแกรมไอซีด้วยระบบ In-System Reprogrammable โดยอาศัยวงจร SPI (Serial Peripheral Interface) ในการเขียนและลบ

จากความง่ายในการเขียนข้อมูลและการลบข้อมูลออกจากตัวไอซี จึงมีผู้พัฒนาระบบมากมายเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ จากฝั่งไดอะแกรมจะเห็นได้ว่าปกติในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะมีหน่วยความจำประเภทรอมหรือแฟลชในตัว แต่อย่างไรก็ตามยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นที่ไม่มีหน่วยความจำนี้ อันได้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C31 80C32 เป็นต้น แต่คุณสมบัติอื่นๆ ก็ยังเหมือนเดิมกับเบอร์อื่นๆ ทุกประการ

MCS-51 นั้น เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลที่ได้รับความนิยมมาช้านาน และได้รับการตอบรับอย่างดีจากผู้ผลิตไอซี ซึ่งจะสังเกตได้จากการที่โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ตระกูลนี้ยังคงเหมือนเดิมได้ โปรแกรมเดิมนั้นยังคงนำมาใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่กว่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

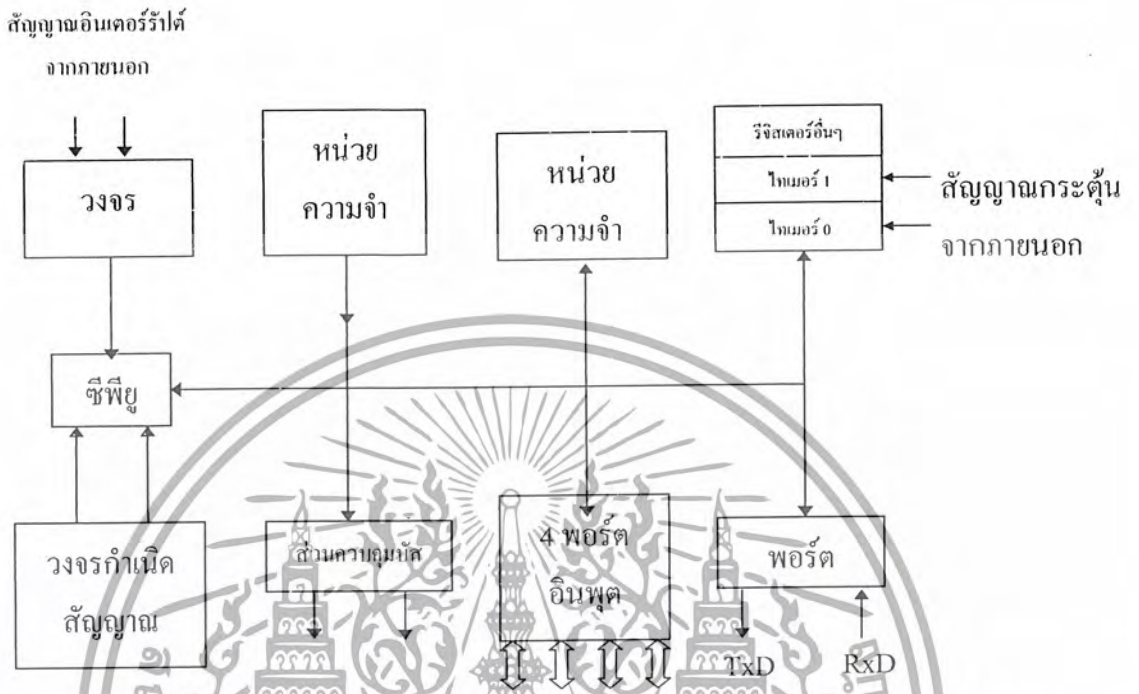
ที่ออกสู่ท้องตลาด ทั้งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ ๆ ที่ออกมานั้นมีประสิทธิภาพ และความเร็วสูงกว่าเดิมมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นคุณสมบัติต่างๆ จากหัวข้อนี้จึงเป็นพื้นฐานที่ดีสำหรับการนำไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ ๆ ในปัจจุบันซึ่งคุณสมบัติของ MCS-51 แบบคร่าวๆ เป็นดังนี้

## 5.2 คุณสมบัติของ MCS-51

- 5.2.1 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานแบบ 8 บิต
- 5.2.2 มีแอดเดรสบัสกว้าง 16 บิต
- 5.2.3 รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จำนวน 34 ตัว
- 5.2.4 รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว
- 5.2.5 หน่วยความจำแบบแอสติก มีขนาด 128 ไบต์
- 5.2.6 มีหน่วยความจำแรม(RAM) ภายใน 128 ไบต์ (8051/8031) หรือ 256 ไบต์ (8052/8032)
- 5.2.7 อ้างอิงหน่วยความจำภายนอกสูงสุด 128KB (ข้อมูล 64 KB, โปรแกรม 64 KB)
- 5.2.8 มีแฟล็กเก็บสถานะการทำงาน 4 ตัว
- 5.2.9 มีไทม์เมอร์ 2 ตัว (ใน 8051/8031) และอีก 3 ตัว (ใน 8052/8032)
- 5.2.10 มีพอร์ตเมมขนาน 4 พอร์ต
- 5.2.11 มีพอร์ตแบบอนุกรม 1 พอร์ต ทำงานแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- 5.2.12 บางรุ่นมีหน่วยความจำ ROM , EPROM , Flash ROM , EEROM ในตัวเอง
- 5.2.13 มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O Port) จำนวน 32 บิต
- 5.2.14 มีวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- 5.2.15 มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพท์ (Interrupt) 5 แหล่ง (ใน 8051/8031) และ 6 แหล่ง (ใน 8052/8032)
- 5.2.16 มีคำสั่งคำนวณทางคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ (Boolean Processer)

นอกจากนี้คุณสมบัติพื้นฐานดังที่กล่าวมานี้ ในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์บางเบอร์จะมีความสามารถที่สูงกว่าที่กำหนดไว้หลายอย่าง ซึ่งก็แล้วแต่ผู้ผลิต ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ออกแบมเอาไว้อย่างไร ดังนั้นการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะทำให้ผู้พัฒนาสามารถนำไปใช้กับไอซีรุ่นอื่นๆ ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

### 5.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรม และขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

5.3.1 ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

5.3.2 ขา GND เป็นขากราวด์ของระบบ

5.3.3 ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุตสำหรับการใช้งานทั่วไปแล้วนั้น ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
---------------------------	--------------------	-------------------	---------------------------------

AT 89C1051	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 EEPROM 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ Atmel ผลิตขึ้น

5.3.4 ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา โดยแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่อินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนี้ในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทม์เมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทม์เมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

5.3.5 ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นที่อินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วย ความจำภายนอก (A8-A15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.6 ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และ เอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะ ปลอ์ลอย (Float) จึงมีอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณ ไทม์อ์จกภายนอกช่อง 1 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

5.3.7 ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการ ป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับปริชต์อย่างน้อย 2 แมกซิมัซเกิล โดยที่วงจร กำหนดสัญญาณนาฬิกาข้างค้งทำงานต่อเนื่องไปอย่างป็นปกติ

5.3.8 ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program Pulse Input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลทซ์ของขาพอร์ต C เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยัง ใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการ โปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มี หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM

5.3.9 ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอการ ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขา นี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมกซิมัซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการ ส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

5.3.10 ขา EA/Vpp (External Access Enable/Programming Voltage Input) ใช้ สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม จากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำ

ภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วย ความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปประโยชน์ชนวนการคา ภายใต้วไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนั้นที่ขาบัซซิงใช้ป็นอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับไมวารกณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรมหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ต้องการแรงดันสำหรับการ โปรแกรม +12 V

5.3.11 ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับติดต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

9	RST	P0.0	39
19	XTAL1	P0.1	38
18	XTAL2	P0.2	37
		P0.3	36
1		P0.4	35
2	P1.0	P0.5	34
3	P1.1	P0.6	33
4	P1.2	P0.7	32
5	P1.3		
6	P1.4		
7	P1.5	P2.0	21
8	P1.6	P2.1	22
	P1.7	P2.2	23
		P2.3	24
10	P3.0	P2.4	25
11	P3.1	P2.5	26
12	P3.2	P2.6	27
13	P3.3	P2.7	28
14	P3.4		
15	P3.5	PSEN	29
16	P3.6	ALE	30
17	P3.7	EA	31

AT89C52

รูปที่ 5.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

### 5.4 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งนำมาแสดงไว้ในตารางของชุดคำสั่งต่าง ๆ สามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ ตามลักษณะและหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาทำความเข้าใจและใช้งาน ดังนี้

#### 5.4.1 กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล

กลุ่มคำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ในการ โอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำแรม โดยมีรายละเอียดในตารางที่ 5.2 ดังนี้

ชุดคำสั่งในการถ่ายเทหน่วยความจำแรมภายใน แสดงดังตารางที่ 5.2 ซึ่งหน่วยเวลาที่ใช้ในหนึ่งคำสั่งนั้นจะเป็นเวลา เมื่อขณะที่ความถี่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางที่มีความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์ และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MOV** : จะทำงานในลักษณะเป็นการถ่ายเทข้อมูลที่มีขนาดเป็น ไบต์หรือบิต จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิล์ดโอเปอร์เรนด์

**PUSH** : จะทำงานโดยเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP ก่อนแล้วจึงทำการถ่ายเทข้อมูล 1 ไบต์ จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณสแต็คตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด

**POP** : การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์จากบริเวณตามตำแหน่งที่ รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์เรนด์ กำหนดและหลังจากนั้นรีจิสเตอร์SP จะลดค่าลง

**XCH** : คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์เรนด์กับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งในการแลกเปลี่ยนขนาด นิบเบิลทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิดของโอเปอร์เรนด์กับนิบเบิลอันดับต่ำของแอกคิวมูลเตอ์

ตัวอย่างเช่น ทำการเลื่อนข้อมูลไป 2 ไบต์ ทางขวาจะมี 2 วิธี คือ ใช้คำสั่ง MOV หรือใช้คำสั่ง XCH รายละเอียดการใช้คำสั่งทั้งสองแบบ แสดงดังตารางที่ 5.2

#### 5.4.2 กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์

กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์เช่น การบวก ลบ คูณและหาร ข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงาน ของแต่ละคำสั่งนั้นจะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ยกเว้น INC DPTR ใช้เวลา 2 ไมโครวินาที โดยคำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ไมโครวินาที โดยรายละเอียดการใช้คำสั่งตารางที่ 5.3 มีดังนี้

**INC** : เป็นการบวกหนึ่งกับโอเปอร์เรนด์และใส่ค่าใหม่กลับเข้าไปที่โอเปอร์เรนด์

**DEC** : เป็นการลบออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์เรนด์และจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ที่ตัวโอเปอร์เรนด์นั้น

**ADD** : เป็นการบวกในแอกคิวมูลเตอ์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์เรนด์

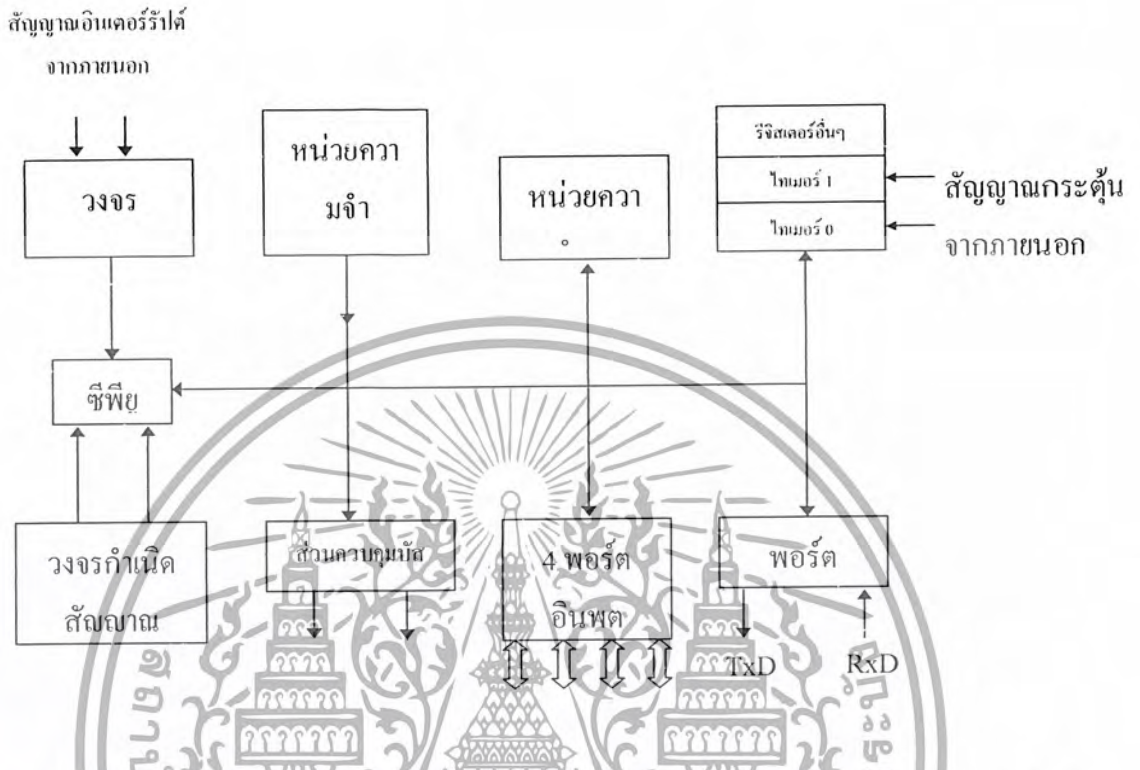
**ADDC** : การบวกค่าต่างๆ ในแอกคิวมูลเตอ์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์เรนด์ และบวกกับบิตทดด้วย

**SUBB** : เป็นการนำเลขที่แหล่งกำเนิดโอเปอร์เรนด์ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวทศมาลบออกอีกและผลลัพธ์ที่ได้นำมาใส่ลงในแอกคิวมูลเตอ์ A

**MUL** : เป็นการคูณแบบไม่คิดเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ในแอกคิวมูลเตอ์กับเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์ นำมาเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำส่วน B จะรับอันดับสูง

**DIV** : เป็นคำสั่งในการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแอกคิวมูลเตอ์ แล้วหาร

ตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในแอกคิวมูลเตอ์และเศษของการหารตัวเลขจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

### 5.3 การจัดการของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรม และขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.3.1 ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง + 5 V

5.3.2 ขา GND เป็นขากราวด์ของระบบ

5.3.3 ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุตสำหรับการใช้งานทั่วไปแล้วนั้น ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
---------------------------	--------------------	-------------------	---------------------------------

**DA** : สำหรับการบวกกันทางตัวเลข BCD เป็นการปรับค่ารวม เป็นผลมาจากการบวกทางไบนารีของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลัก สองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวม โดยใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แอกคิวมูเลเตอร์

นี้โมนิก	การกระทำ	โหมดตำแหน่งที่อยู่				เวลาการ คำนวณ
		Dir	Ind	Reg	Imm	
MOV A, <SRC>	A = <SRC>	X	X	X	X	1
MOV <DEST>,A	<DEST> = A	X	X	X		1
MOV <DEST>,<SRC>	<DEST> = <SRC>	X	X	X	X	2
MOV <DPRT #DATA16	DRPT = 6 BIT IMMEDIATE CONSTANT				X	2
PUSH <SRC>	INC SP; MOV "@SP", <SRC>	X				2
POP <DEST>	MOV <DEST>,"@SP"; DEC SP	X				2
XCHA <BYTE>	ACC AND <BYTE> EXCHANGE DATA	X	X	X		1
XCHD A,@R1	ACC AND @@ R1 EXCHANGE LOW NIBBLES		X			1

ตารางที่ 5.2 ชุดคำสั่งการถ่ายเทข้อมูลในหน่วยความจำแรมภายใน

นี้โมนิก	การกระทำ	โหมดตำแหน่งที่อยู่				เวลาการ คำนวณ
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A, <byte>	A = A + <byte>	X	X	X	X	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADD A , <byte>	$A = A + \langle \text{byte} \rangle + C$	X	X	X	X	1
SUBB A , <byte>	$A = A - \langle \text{byte} \rangle - C$	X	X	X	X	1
INC A	$A = A + 1$	เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์				1
INC <byte>	$\langle \text{byte} \rangle = \langle \text{byte} \rangle + 1$	X	X	X		1
INC DPTR	$DPTR = DPTR + 1$	เฉพาะรีจิสเตอร์ตัวชี้ข้อมูล				2
DEC A	$A = A - 1$	เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์				1
DEC <byte>	$\langle \text{byte} \rangle = \langle \text{byte} \rangle - 1$	X	X	X		1
MUL AB	$B : A = B \times A$	ACC กับรีจิสเตอร์ B เท่านั้น				4
DIV AB	$A = \text{Int} [A/B]$ $B = \text{Mod} [A/B]$	ACC กับรีจิสเตอร์ B เท่านั้น				4
DA A	Decimal Adjust	เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์				1

ตารางที่ 5.3 ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

5.4.3 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์หรือแบบลอจิก

ทำหน้าที่ประมวลผลแบบลอจิกต่างๆ มีการใช้คำสั่งในตารางที่ 5.4 ดังนี้

**CPL :** เป็นการใช้นำคำสั่งกลับค่าหรือคอมพลิเมนต์ ข้อมูลในแอกคิวมูลเตอร์ไม่มีผลใดๆ ต่อค่าของแฟล็กในรีจิสเตอร์ PSW หรือการอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสนั้นตามบิตนั้นๆ

**ANL :** เป็นการบวกทางตรรกศาสตร์ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานในรูปแบบของตรรกศาสตร์ทางข้อมูลขนาดเป็นไบนารีหรือบิต

**รีจิสเตอร์ RL RLC RR RRC SWAP :** การใช้นำคำสั่งของชุดคำสั่งทางตรรกศาสตร์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

นิยาม	การกระทำ	โหมดตำแหน่งที่อยู่				เวลาการคำนวณ
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A, <byte>	$A \wedge A \wedge \langle \text{byte} \rangle$	X	X	X	X	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่าในกรณีใดๆ ก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ANL <byte> , A	<byte> = <byte> AND A	X				1
ANL <byte> , #Data	<byte> = <byte> AND#Data	X				2
ORL A , <byte>	A = A OR <byte>	X	X	X	X	1
ORL <byte> , A	<byte> = <byte> OR A	X				1
ORL <byte> , #Data	<byte> = <byte> OR#Data	X				2
XRL A , <byte>	A = A XOR <byte>	X	X	X	X	1
XRL <byte> , A	<byte> = <byte> XOR A	X				1
XRL <byte> , #Data	<byte> = <byte> XOR A	X				2
CLR A	A = 00H					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์
CPL A	A = NOT A					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์
RL A	Rotate ACC Left 1 bit					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์
RLC A	Rotate Left Through Carry					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์
RR A	Rotate ACC Right 1 bit					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์
RRC A	Rotate Right Through Carry					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์
SWAP A	Swap Nipples in A					เฉพาะรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์

ตารางที่ 5.4 ชุดคำสั่งของกลุ่มตรรกศาสตร์

#### 5.4.4 กลุ่มคำสั่งแบบหมุนหรือแบบบิต

เป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรงทุกคำสั่งเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดยใช้บิตแอดเดรสตั้งแต่ 00H – 7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำข้อมูลภายในและบิตตำแหน่งที่อยู่ 80H – FFH บริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR) โดยรายละเอียดการใช้คำสั่งแสดงดังตารางที่ 5.5

นิโมติก	การกระทำ	เวลาดำเนินการ
ANL C, bit	C = C AND bit	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANL C ,/bit	$C = C \text{ AND } (\text{NOT bit})$	2
ORL C , bit	$C = C \text{ OR bit}$	2
ORL C ,/bit	$C = C \text{ OR } (\text{NOT bit})$	2
MOV C , bit	$C = \text{bit}$	1
MOV bit , C	$\text{Bit} = C$	2
CLR C	$C = 0$	1
CLR bit	Bit 01	1
SETB C	$C = 1$	1

#### ตารางที่ 5.5 ชุดคำสั่งของบิต

##### 5.4.5 กลุ่มคำสั่งกระโดด

ใช้กระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆ ภายในโปรแกรม ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของการประมวลผลภายในโปรแกรม ไปยังส่วนต่างๆ แทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับต่อเนื่อง โดยที่คำสั่ง JMP จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ SJMP LJMP AJMP โดยการใช้งานของคำสั่งดังตารางที่ 5.6 ต่อไปนี้

**SJMP** : จะเป็นการกระโดดแบบการย้ายตำแหน่งที่อยู่ตำแหน่งเดิม ซึ่งจะสามารถกระโดด -128 ถึง +127 ไบต์

**AJMP** : ลักษณะแบบนี้จะสามารถ กระโดดได้ไกลสุดประมาณ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์ เท่านั้น ในการกำหนด

**LJMP** : ลักษณะแบบนี้จะสามารถ กระโดดได้ไกลสุดประมาณ 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 3 ไบต์ เท่านั้น ในการกำหนด

**JMP @ A+DPTR** : เป็นการควบคุมการกระโดดไปยังโปรแกรมที่ต้องการ เฉพาะภายในส่วนต่างๆ โดยแสดงรายละเอียดการใช้คำสั่งตารางที่ 5.8

นิยาม	การกระทำ	เวลาดำเนินการ
SETB bit	Bit = 1	1
CPL C	$C = \text{NOT } C$	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะสิ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPL bit	Bit = NOT bit	1
JC Rel	Jump if C = 1	2
JNC Rel	Jump if C = 0	2
JB bit , Rel	Jump if C = 1	2
JNB , Rel	Jump if C = 0	2
JBC bit , Rel	Jump if C = 1 ; CLR bit	2

ตารางที่ 5.6 ชุดคำสั่งในการกระโดด

นิโมติก	การกระทำ	โหมดตำแหน่งที่อยู่				เวลาการ กำหนด
		Dir	Ind	Reg	Imm	
J rel	Jump if A = 0	เฉพาะรีจิสเตอร์แอดเดรส				2
JNZ rel	Jump if A ≠ 0	เฉพาะรีจิสเตอร์แอดเดรส				2
DJNZ <byte>,rel	Decrement and jump if not zero	X		X		2
CJNZ A,<byte>,rel	Jump if A ≠ <byte>	X			X	2
CJNZ <byte>,#Data,rel	Jump if A = #Data		X	X		2

ตารางที่ 5.7 ชุดคำสั่งกระโดดโดยมีชื่อแมินไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

นิโมติก	การกระทำ	เวลาคำนวณ
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A+DPTR	Jump to A + DPTR	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RET 1	Return from interrupt	2
NOP	No operation	1

ตารางที่ 5.8 ชุดคำสั่งกระโดดโดยไม่มีชื่อแม่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



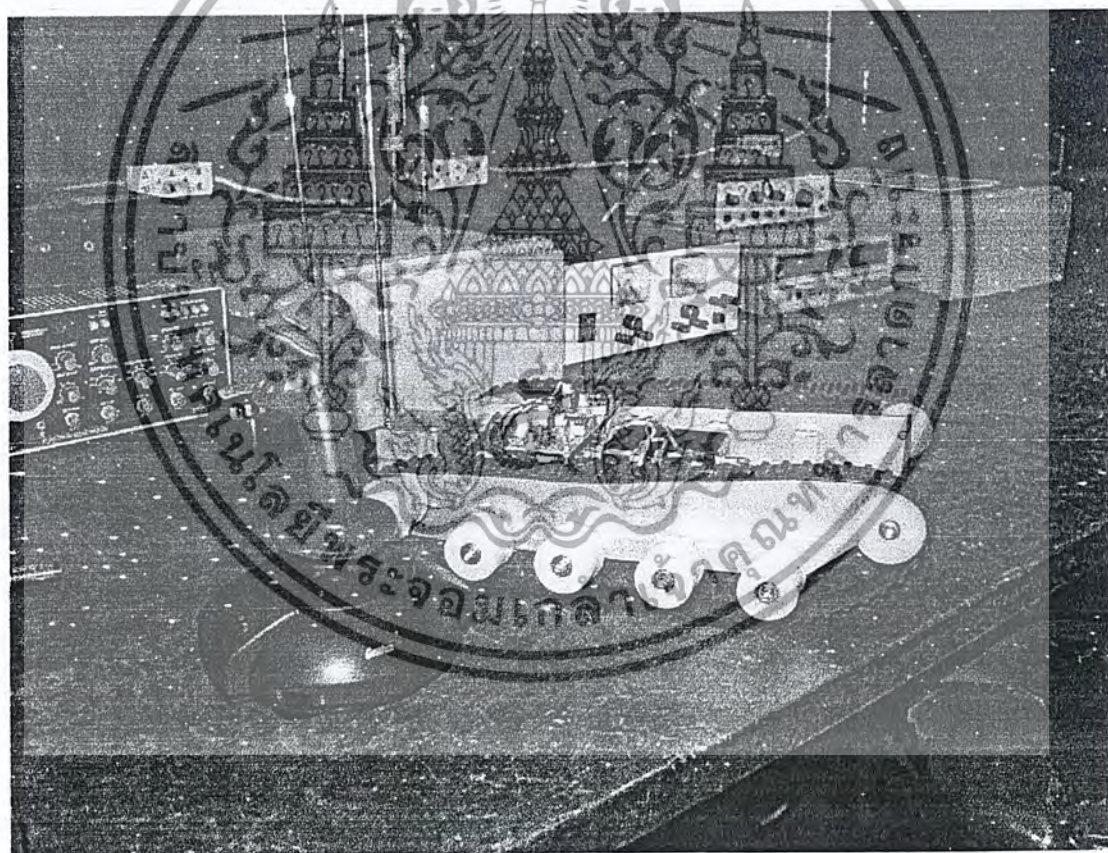
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### การออกแบบและการสร้าง

#### 6.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ตัวรถตรวจการณ์

ในส่วนของตัวรถนั้น ได้ทำการออกแบบโดยใช้พลาสติกหนา 6 mm ทำการตัดให้ได้ตามแบบที่ต้องการแล้วประกอบกันเป็นตัวรถ ในที่นี้ได้ทำตัวรถโดยใช้จำลองมาจากรถถัง (Battle) ใช้ล้อสายพานแบบตีนตะขาบซึ่งมีส่วนช่วยในการเคลื่อนที่ของตัวรถ โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงสองตัว แต่ละตัวทำหน้าที่ขับเคลื่อนสายพานแต่ละข้างโดยอิสระต่อกัน ดังแสดงผังรูปที่ 6.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ระบุว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบบรอดสำรวนี้ จะเน้นหนักไปในเรื่องการส่งข้อมูลไปควบคุมตัวรถเพื่อให้รถปฏิบัติตามคำสั่ง และส่งค่าข้อมูล อุณหภูมิ ความเร็วลม กลับมายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล ดังแสดงรูปที่ 6.2



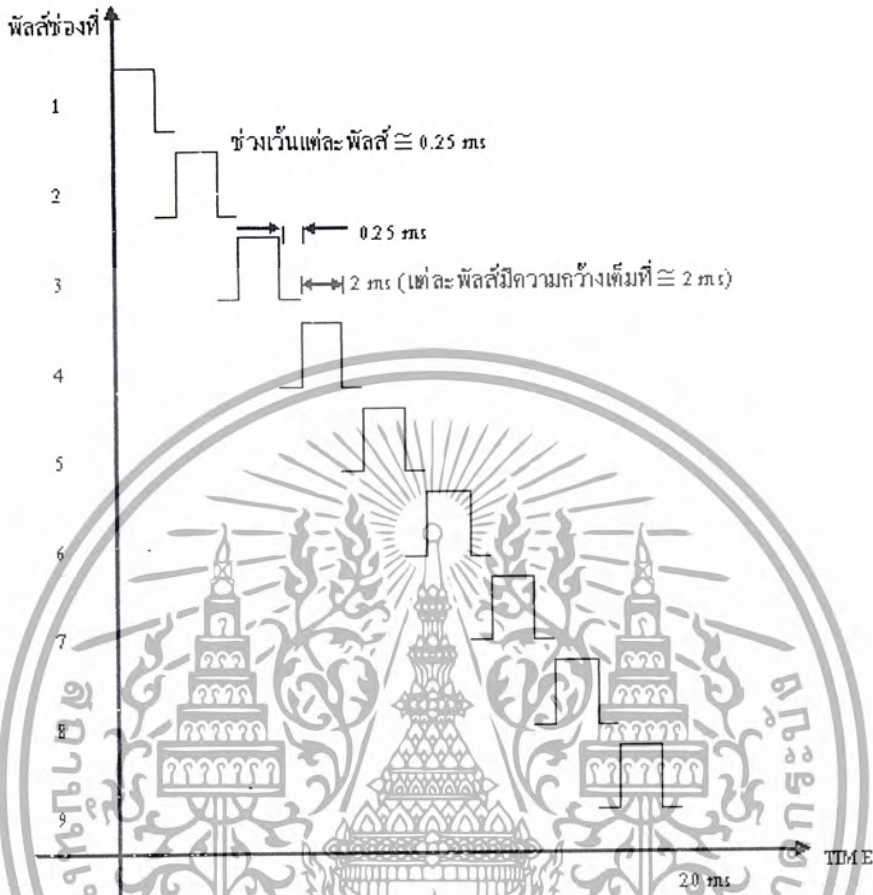
รูปที่ 6.2 แสดงองค์ประกอบของบล็อกการทำงานทั้งหมด

### 6.2 ภาคสร้างรหัส (Encoder)

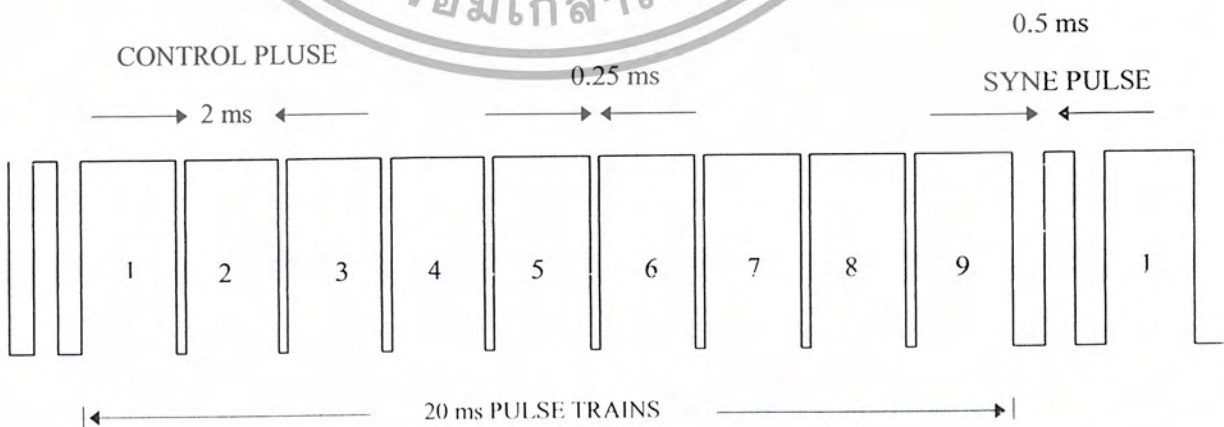
การสร้างภาคสร้างรหัส จะใช้หลักการปรับความกว้างของพัลส์แต่ละช่องได้โดยอิสระไม่ขึ้นต่อกัน โดยจะมีช่องบังคับทั้งหมด 9 ช่อง

ในเครื่องส่งวิทยุบังคับเราใช้คลื่นวิทยุในการส่งสัญญาณออกอากาศไปเพียงความถี่เดียวเท่านั้น ฉะนั้นในการส่งสัญญาณรูปคลื่นพัลส์สี่เหลี่ยมทั้ง 9 ลูกคลื่นไปยังเครื่องรับจึงต้องใช้หลักการมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) หลายสัญญาณไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน โดยได้ใช้การ

มัลติเพล็กซ์ทางการแบ่งเวลา (Time Division Multiplex) ดังแสดงดังรูปที่ 6.3 และ รูปที่ 6.4 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 การมอดิเฟอิกซ์ทางารแบ่งเวลา



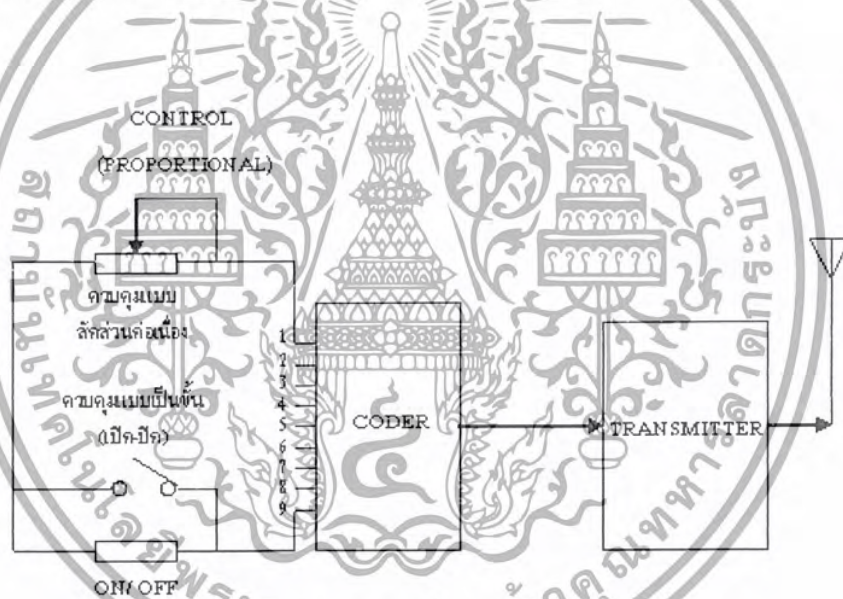
รูปที่ 6.4 ขาวนรูปคลื่นตามลำดับเวลา ก่อนหลังตามลำดับช่องบังคับ เริ่มตั้งแต่ช่องที่ 1 ถึงช่องที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ TDM พัลส์ของแต่ละช่องจะทำงานเรียงกันไปตามลำดับ เริ่มจากช่องที่ 1-9 โดยมีช่องเว้นว่างของพัลส์ แต่ละช่องประมาณ 0.25 ms ความกว้างของชุดข้อมูลทั้งหมด 9 ช่อง รวมเวลาประมาณ 20 ms

สัญญาณพัลส์ควบคุมสี่เหลี่ยมทั้ง 9 ลูกคลื่นนี้ จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นรูปคลื่นก่อนหลัง ตามลำดับช่องบังคับ โดยจะมีสัญญาณซิงค์พัลส์ (Sync Pulse) ที่มีขนาดความกว้างประมาณ 0.5 ms สอดแทรกเข้าไปอีก 1 ลูกคลื่น สัญญาณซิงค์พัลส์จะคั่นอยู่ระหว่างชุดสัญญาณควบคุม ทุก ๆ คาบเวลา 1 ชุดข้อมูล

สัญญาณพัลส์ควบคุมที่ถูกมัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันเป็นขบวนรูปคลื่นนี้ จะถูกส่งไปมอดูเลตตั้ง (Modulating) เพื่อส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับต่อไป ดังรูปที่ 6.5



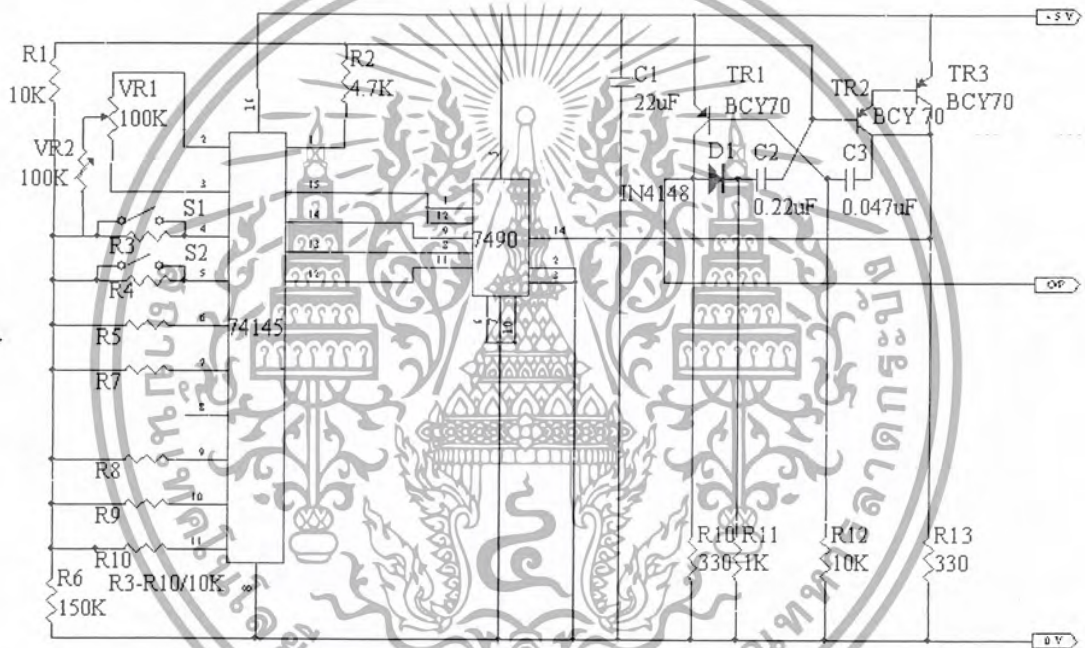
รูปที่ 6.5 Block Diagram ของเครื่องส่งวิทยุควบคุม 9 ช่อง

เครื่องส่งวิทยุ 9 ช่อง ประกอบด้วยวงจรสร้างรหัส (Coder) และวงจรภาคส่งวิทยุ (Transmitter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 ภาครสร้างรหัส (Encoder)

ที่วงจรสร้างรหัสจะมีค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ต่ออยู่ด้วยสำหรับใช้ปรับค่าความกว้างของพัลส์แต่ละช่อง ส่วนสวิทช์เปิดเปิดที่ต่อคร่อมตัวต้านทานค่าคงที่นั้นใช้สำหรับการบังคับแบบเป็นขั้นตอน (แบบการเปิด - ปิด) สัญญาณจากภาครสร้างรหัสจะส่งเข้าไปมอดคูเลทตรงกับคลื่นพาห้ในภาคส่งเพื่อส่งสัญญาณออกอากาศไปยังเครื่องรับ



รูปที่ 6.6 วงจรสร้างรหัส(Encoder)

ตามรูปที่ 6.6 เป็นวงจรภาครสร้างรหัส (Encoder) มีทรานซิสเตอร์ TR1 , TR2 , TR3 และอุปกรณ์ประกอบกันขึ้นเป็นวงจรอะสเตบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) สำหรับทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

สัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมที่ได้จากขาคอลเลกเตอร์ ของ TR2 , TR3 จะถูกส่งเข้าไป กระตุ้นที่ขา 14 ของ IC2 (74LS90) ไอซีเบอร์ 7490 จะทำหน้าที่เป็นตัวสร้างรหัส BCD (นับ

เลข 0-9 เป็นรหัสเลขฐานสอง) ตามนี้จะพัลส์รูปสี่เหลี่ยมที่เข้ามากระตุ้นทางขา 14 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มจากเมื่อมีสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมมุมแรกส่งเข้ามาที่ขา 14 ไอซี 7490 จะสร้างรหัส BCD “0000” เป็นสัญญาณเอาต์พุตออกทางขา 11(D) , ขา 8 (C) ,ขา 9 (B) ,ขา 12 (A) และจะสร้างรหัสเรียงตามลำดับไปตามจังหวะรูปคลื่นรูปสี่เหลี่ยมที่เข้ามากระตุ้นต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงรหัส “1001” ก็จะมารีเริ่มนับใหม่ที่รหัส “0000” วนเวียนแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ดังแสดงในตารางที่ 6.1 และ

ตารางที่ 6.2 สัญญาณ BCD ที่ได้จากขาเอาต์พุตของ IC2 จะถูกส่งเข้าไปยังอินพุตของ IC1 ทางขา 12 (D) ,13 (C) ,14 (B) ,15 (A)

IC1 เป็นเบอร์ 74LS145 ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงรหัส BCD ให้เป็นรหัสเดซิมาล (Decimal) กล่าวคือที่ขาเอาต์พุตของ IC1 (74145) เหล่านี้จะมีระดับสัญญาณอยู่รอสภาวะ L เกิดขึ้นเรียงกันไปตามลำดับ ตามรหัส BCD ที่ส่งมาจาก IC2 (7490) ดังรูปที่ 6.6

เมื่อพิจารณาจากวงจรถะเสถียรเบ็ดเตล็ดไมโครโปรเซสเซอร์จะเห็นว่าที่ขาเบส ของทรานซิสเตอร์ TR2 จะมีตัวต้านทาน R2 ต่อไปเข้าขา 1 ของ IC1

เมื่อมีพัลส์รูปสี่เหลี่ยมมุมแรกเกิดขึ้นที่ขาคอลเลคเตอร์ ของ TR2 ,TR3 ไอซี 2 (7490) จะสร้างรหัส BCD “0000” เป็นผลให้ขา 1 ของ IC1 (74145) อยู่ในสภาวะ L ในขณะที่ขาเอาต์พุตอื่น ๆ ของ IC1 เป็น H หมด หรือก็คือ R2 เปรียบเสมือนถูกต่อลงกราวด์โดยผ่านทางขา 1 ของ IC1 นั่นเอง

ที่สำคัญก็คือค่าของตัวต้านทานใด ๆ ที่ต่อกับขาเบส ของ TR2 จะมีผลต่อคาบเวลาในการเก็บประจุ ภายประจุของ C2 ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมที่ปรากฏทางขาคอลเลคเตอร์ของ TR2 , TR3 ในวงจรนี้ R2 มีค่าคงที่ 4.7 K โอห์ม เป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาให้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมแรกมีค่าความกว้างขนาด 0.5 ms ซึ่งก็หมายถึงสัญญาณซิงค์พัลส์

ในจังหวะสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมที่ 2 ไอซี 2 (7490) จะสร้างรหัส “0001” สภาวะ L ที่เอาต์พุตของ IC1 (74145) จะเปลี่ยนจากขา 1 มาเป็นที่ขา 2 แทน จึงมีผลให้ขาของ VR1 ที่ต่อกับไอซีเปรียบเสมือนถูกต่อลงกราวด์โดยผ่านไอซี 74145 โดยที่ค่าความต้านทานของ VR จะมีผลต่อความกว้างของพัลส์ พัลส์ควบคุมของช่องบังคับต่าง ๆ เรียงลำดับกันจนครบทั้ง 9 ช่อง

ส่วน R912 และ C3 ในวงจรจะเป็นตัวกำหนดค่าความกว้างของช่วงเวลาสั้น ๆ ขนาด 0.25 ms ซึ่งเป็นช่วงเว้นระยะห่างระหว่างพัลส์ของสัญญาณควบคุมแต่ละช่อง

สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสร้างรหัส ซึ่งเป็นพัลส์สัญญาณควบคุมครบชุด จะส่งเข้าไปมอดดูเลทตรงกับสัญญาณคลื่นพาห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 ตรรกของไอซี 7490

COUNT	OUTPUT				หมายเลขขา ไอซี อักษรตำแหน่งรหัส
	11 D	8 C	9 B	12 A	
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	0 = L = LOW
5	0	1	0	1	1 = H = HIGH
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ตรรกะของไอซี 74145

NO.	INPUT				OUTPUT									
	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
4	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

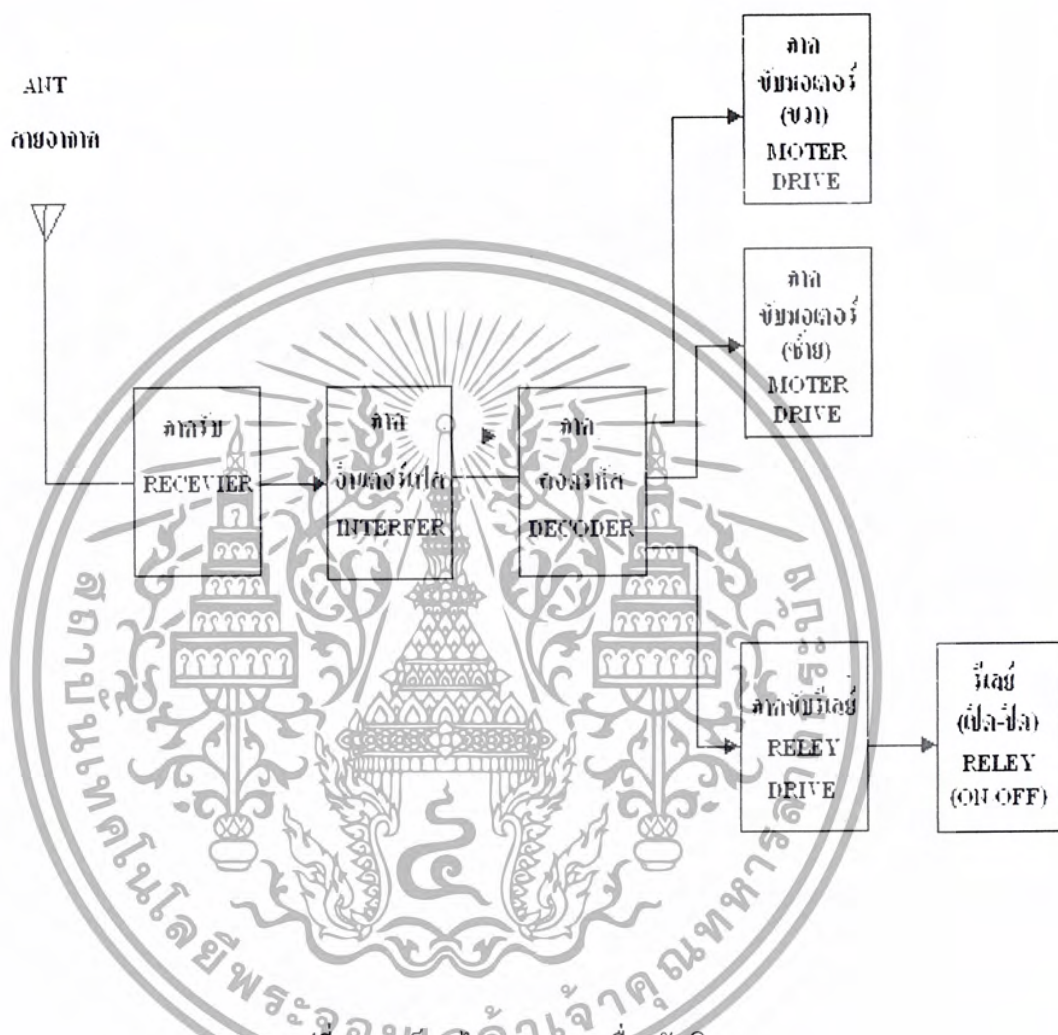
## 6.4 ภาคส่งสัญญาณวิทยุ (Transmitter)



รูปที่ 6.7 วงจรภาคส่งสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

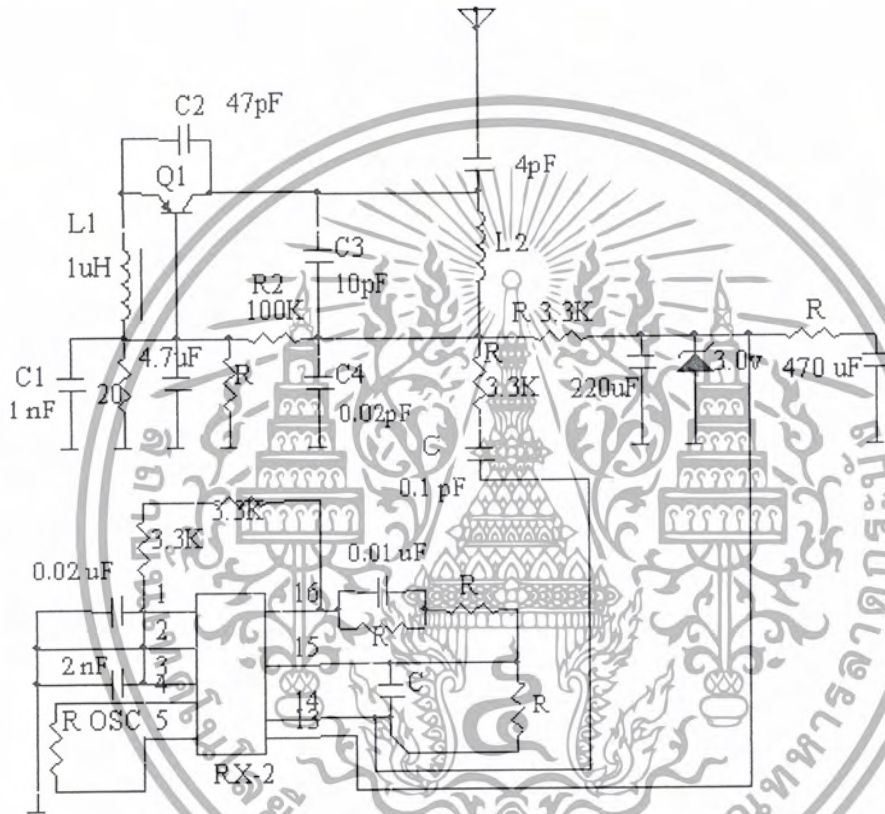
## 6.5 ภาครับสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 6.8 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.6 ภาครับ(Receiver)



รูปที่ 6.9 วงจรภาครับของรถกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.7 ภาคอินเทอร์เฟส (Interface)



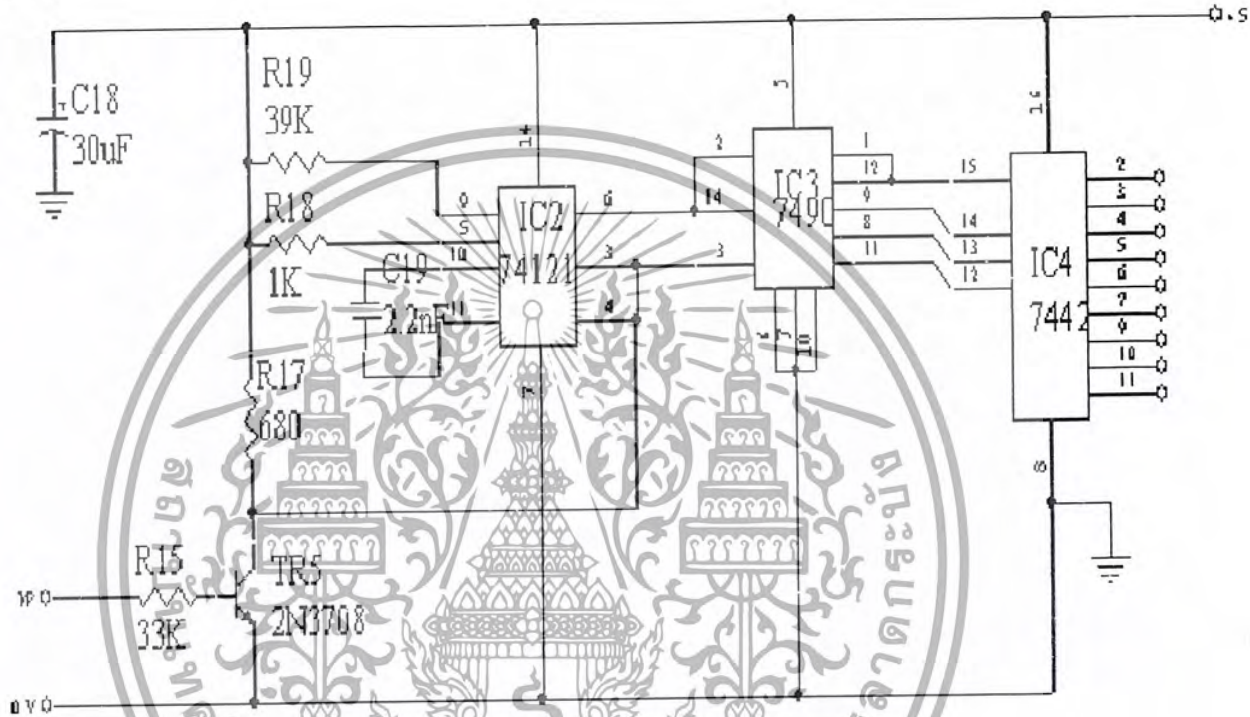
รูปที่ 6.10 วงจรอินเทอร์เฟส

การทำงานของวงจร Comparator ไอซี LM324 จะทำการเปรียบเทียบระดับแรงดันอินพุตกับค่าแรงดันอ้างอิง โดยแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ  $V_{cc}$  เมื่อแรงดันอินพุตมากกว่าแรงดันอ้างอิง และแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 0 เมื่อแรงดันอินพุตน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.8 ภาคถอดรหัส (Decoder)

วงจรถอดรหัสตามรูปที่ 6.11 จะทำหน้าที่ในการถอดแยกสัญญาณบ่งกับควบคุมช่องต่าง ๆ ที่ส่งรวมกันมาเป็นขบวนสัญญาณอย่างต่อเนื่องให้แยกออกเป็นสัญญาณควบคุมของแต่ละช่องตั้งแต่ 1 - 9



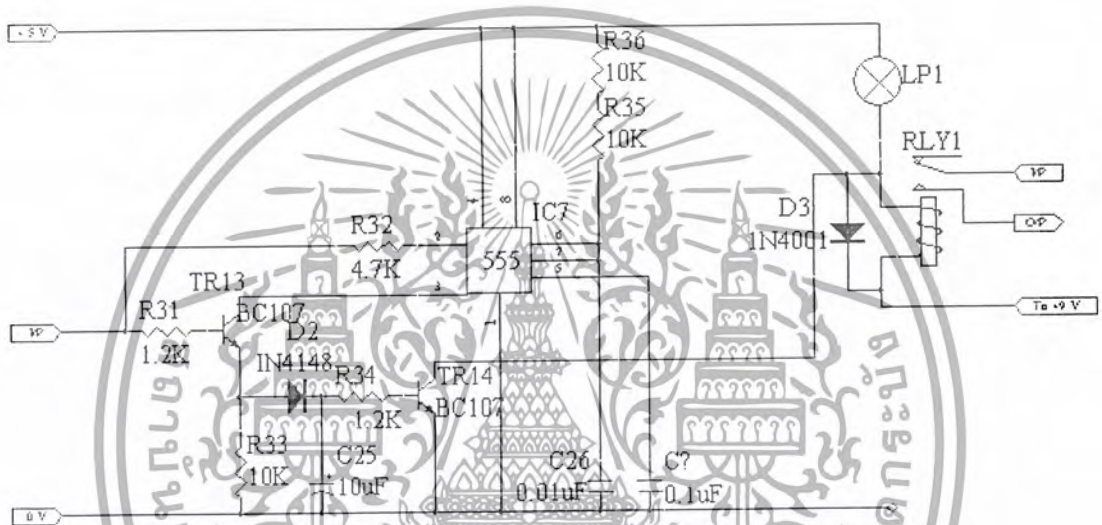
รูปที่ 6.11 วงจรภาคถอดรหัส

การทำงานของวงจร สัญญาณที่ออกจากรวมจรอินเตอร์เฟสจะเข้ามาเป็นอินพุทของวงจรถอดรหัสโดยผ่านทาง R15 เข้าไปที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ TR5 และจะปรากฏเป็นสัญญาณเอาต์พุทกลับเฟสออกทางขาคอลเลกเตอร์ของ TR5 เข้าเป็นอินพุทของ IC2 ที่ขา 3,4 และในเวลาเดียวกันก็ส่งสัญญาณนี้เข้าไปกระตุ้นที่ขา 3 ของ IC3 ด้วย IC2 เบอร์ 74LS121 เป็นไอซีโมโนสเตเบิลหรือวงจรสร้างสัญญาณพัลส์เมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอกโดยมีสัญญาณเอาต์พุทออกที่ขา 6 ในที่นี้ IC2 ทำหน้าที่เป็นตัวแยกสัญญาณเชิงคี่ออกจากขบวนสัญญาณควบคุม IC3 ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างรหัส BCD ตามจังหวะสัญญาณที่เข้ามาทางขาอินพุท ส่วน IC4 จะทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนรหัส BCD ที่ได้จาก IC3 ให้เป็นรหัสเดซิโมด เป็นการกระจายคาบเวลาของแต่ละรหัส BCD ออกไปปรากฏเป็นเอาต์พุทที่ขา 2 - 11 (ยกเว้นขา 8 ซึ่งเป็นกราวด์) เรียงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.9 ภาคขับรีเลย์ (Relay Drive)

ภาคนี้มีไว้สำหรับให้เลือกใช้ในกรณีที่ต้องการบังคับควบคุมเป็นขั้นตอนแบบ เปิด - ปิด สวิตช์ มีหลักการทำงานของวงจรโดยการนำพัลส์ควบคุมจากภาคดีโค๊ดเดอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รีเลย์ แล้วนำคอนแทรก (Contract) ไปต่อกับมอเตอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้สามารถเดินหน้าและถอยหลังได้ รูปที่ 6.12

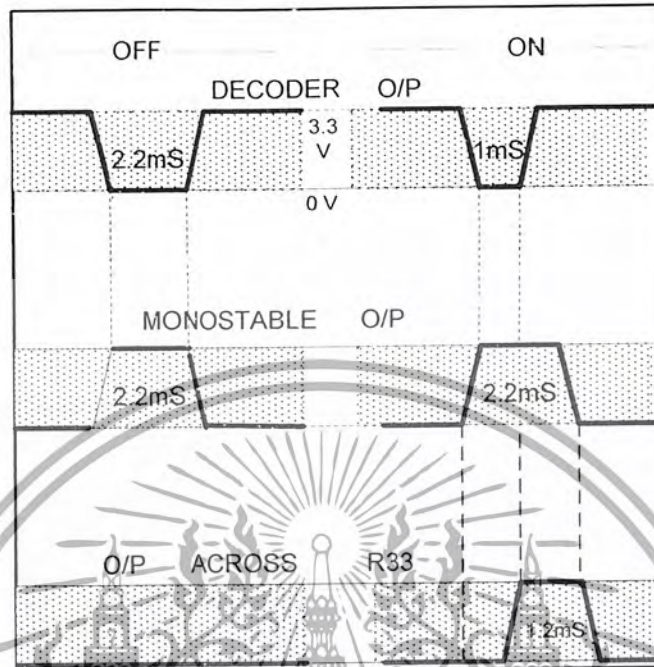


รูปที่ 6.12 วงจรภาคขับรีเลย์

การทำงานของวงจร วงจรขับรีเลย์ รูปที่ 6.12 ไอซี 555 จะถูกต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล ซึ่งสามารถกำหนดค่าความกว้างของพัลส์ทางเอาต์พุตได้ด้วยการจัดค่าของ R36 ,R35 และ C27 ค่าความกว้างของพัลส์โมโนสเตเบิลสามารถคำนวณได้ด้วยสูตร  $t = 1.1 (RC)$  จากค่า R ค่า C ตามวงจรในที่นี้จะได้ค่าความกว้างของพัลส์ประมาณ 2.2 ms

วงจรโมโนสเตเบิลจะถูกทริกเข้าทางขา 2 ของไอซี 555 ด้วยสัญญาณเนกาทีฟพัลส์ (Negative Pulse) ที่มาจากช่องสัญญาณเอาต์พุตของภาคดีโค๊ดเดอร์โดยสัญญาณจะผ่านทาง R32 เข้ามายังไอซีและขณะเดียวกันสัญญาณจะผ่านมาทาง R31 เข้ามายังขาเบสของ TR13 ด้วย ส่วน TR13 จะถูกต่อในวงจรในลักษณะอิมิตเตอร์ตาม (Emitter Follower) โดยขาขาคอลเลคเตอร์จะต่อเข้ากับขา 3 ซึ่งเป็นขาสัญญาณออกของไอซี 555 ส่วนขาอิมิตเตอร์จะต่อผ่าน R33 ไปยังกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



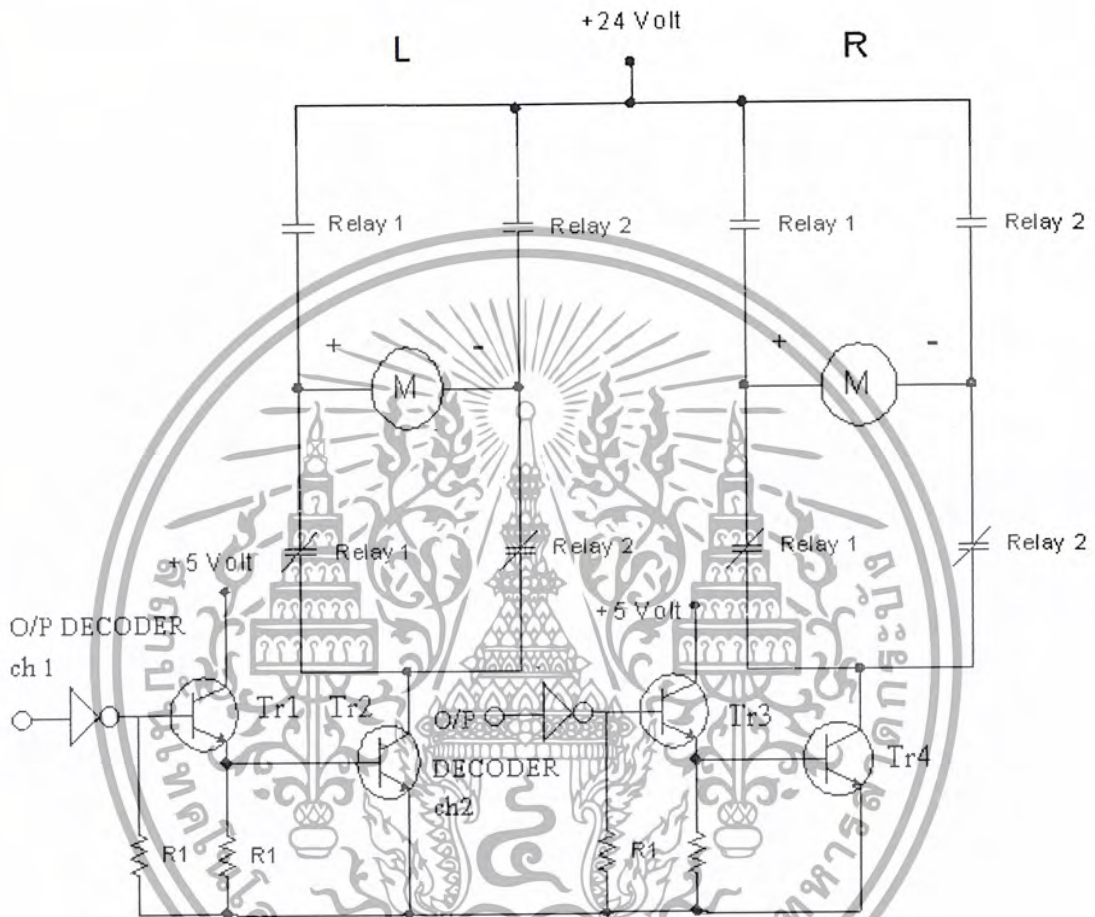
รูปที่ 6.13 รูปคลื่นแสดงการทำงานของภาครีเลย์

ถ้าดูจากรูปคลื่นสัญญาณตามจุดต่าง ๆ ในขณะที่ยังจerkำลังทำงานตามรูปที่ 6.13 จะเห็นว่า ถ้าทราบใดที่ความกว้างของพัลส์ทางสัญญาณจากภาคดี ไดคเตอร์ยังมีค่าเท่ากับความกว้างของพัลส์ ทางด้านเอาต์พุทของ โม โนสเตเบิลซึ่งมีรูปร่างสัญญาณเป็นส่วนกับกับพัลส์จากภาคดี ไดคเตอร์ ทรานนั้นจะยังคง ไม่มีสัญญาณเอาต์พุทที่ R33

เมื่อมีการกดสวิทซ์ทางภาคสร้างรหัสของเครื่องส่งวิทยุให้ส่งพัลส์ควบคุมในขนาดที่แคบลง มากก็จะทำให้เกิดเป็นสัญญาณเอาต์พุทที่ R33 และสัญญาณนี้จะถูกส่งไปทำให้ TR14 ทำงานควบคุมการสวิทซ์ของรีเลย์ D2 และ C25 ในวงจรนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาสัญญาณที่ ครอบล้อม R33 ให้คงอยู่ตลอดช่วงคาบเวลาประมาณ 20 ms ซึ่งเป็นคาบเวลาที่ใช้ในขบวนการส่ง สัญญาณควบคุมแต่ละรอบ ส่วน D3 ที่ต่อครอบล้อมรีเลย์จะช่วยป้องกันแรงดันย้อนกลับ จากขดลวดรีเลย์ไม่ให้สร้างความเสียหายแก่ทรานซิสเตอร์ TR14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.10 ภาควควบคุมทิศทางมอเตอร์และความเร็วมอเตอร์

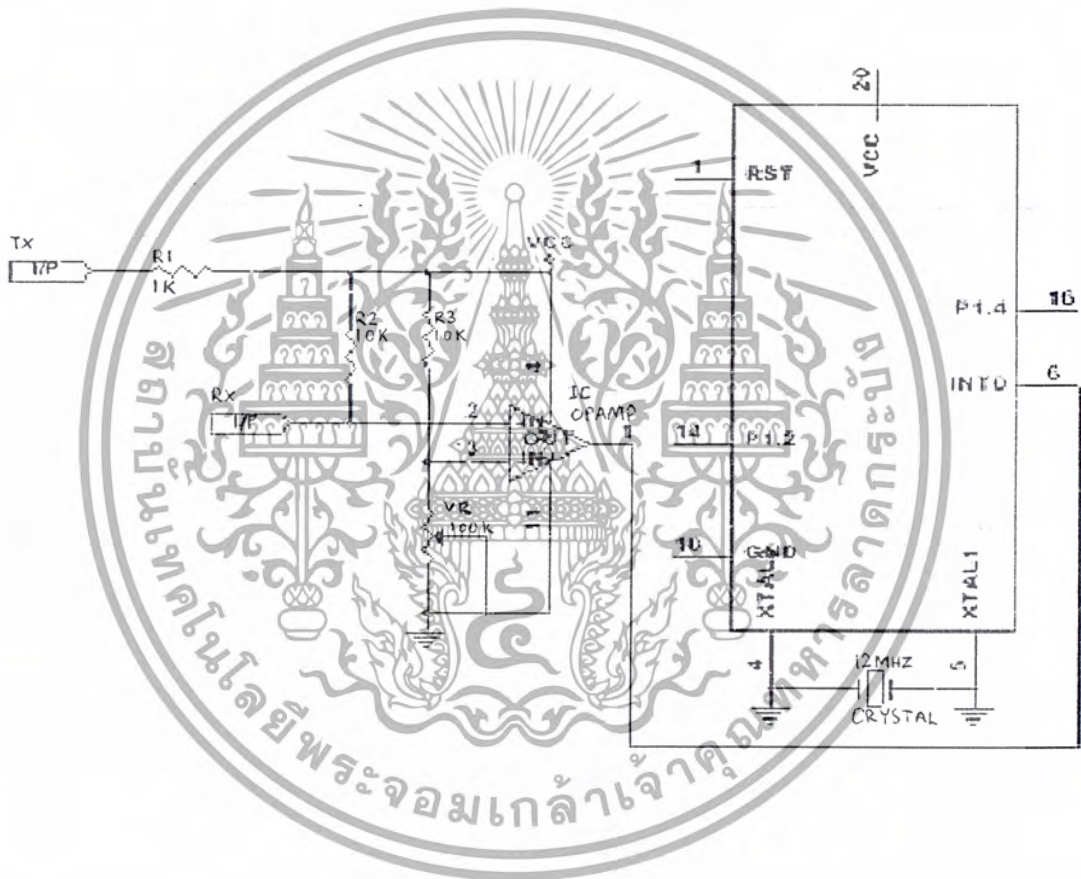


รูปที่ 6.13 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์และความเร็วมอเตอร์

การทำงานของวงจร ที่มอเตอร์จะมีคอนแทกกรีเลย์ 2 ชุดโดยจะสลับกันทำงาน มี สถานการณ์ทำงานคือคอนแทกกรีเลย์ 1 ด้านบนปิดและคอนแทกกรีเลย์ 2 ด้านล่างปิด จะทำให้มี กระแสไหลเข้ามอเตอร์ทำให้มอเตอร์ทำงาน และเมื่อสถานะการทำงานของคอนแทกกรีเลย์สลับกัน คือคอนแทกกรีเลย์ 1 ด้านล่างปิด และคอนแทกกรีเลย์ 2 ด้านบนปิด จะทำให้กระแสไหลเข้ามอเตอร์ ในทิศตรงกันข้ามกับครั้งแรกทำให้มอเตอร์หมุนกลับทาง

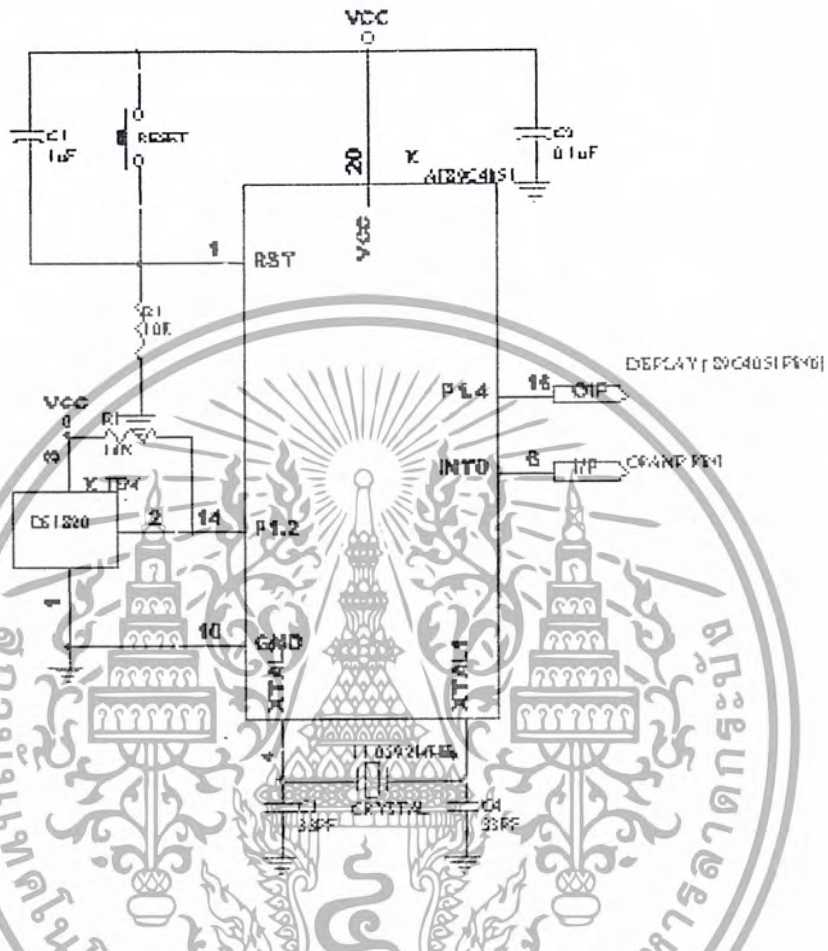
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.11 ภาควัดอุณหภูมิและความเร็วลม



รูปที่ 6.14 วงจรวัดความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.15 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของภาคไมโครคอนโทรลเลอร์และความเร็วของมันจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าอุณหภูมิและความเร็วลมจากเซ็นเซอร์แล้วทำการแปลงค่าที่ได้เป็นรหัสข้อมูลและสัญญาณซิงค์ขึ้นมา จากนั้นรหัสข้อมูลซึ่งมีสัญญาณซิงค์รวมอยู่ด้วยนั้นจะถูกส่งไปมอดูเลชันเพื่อส่งกลับมายังฐาน โดยขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นไปตามโฟลว์ชาร์ต ดังแสดงในรูปที่ 6.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.16 โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ภาควัดอุณหภูมิและความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.12 ภาคถอดรหัสและแสดงผลอุณหภูมิและความเร็วลม

เมื่อสัญญาณข้อมูลความเร็วลมและอุณหภูมิถูกคิมีอคูเลชันเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งมายังภาคถอดรหัสสัญญาณซึ่งที่ภาคนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวในการถอดรหัสสัญญาณ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแรกจะทำหน้าที่แยกสัญญาณซิงค์และแปลงข้อมูลที่เข้ามาซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมไปเป็นข้อมูลแบบขนาน จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่สองจะรับรหัสข้อมูลแบบขนานไปประมวลผลและแสดงผล ลักษณะการทำงานของคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 และตัวที่สองนั้นจะเป็นไปตามโฟลว์ชาร์ตดังรูปที่ 6.17



รูปที่ 6.17 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ภาคถอดรหัสและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 7

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 7.1 วงจรสร้างรหัส (Encoder)

##### จุดประสงค์

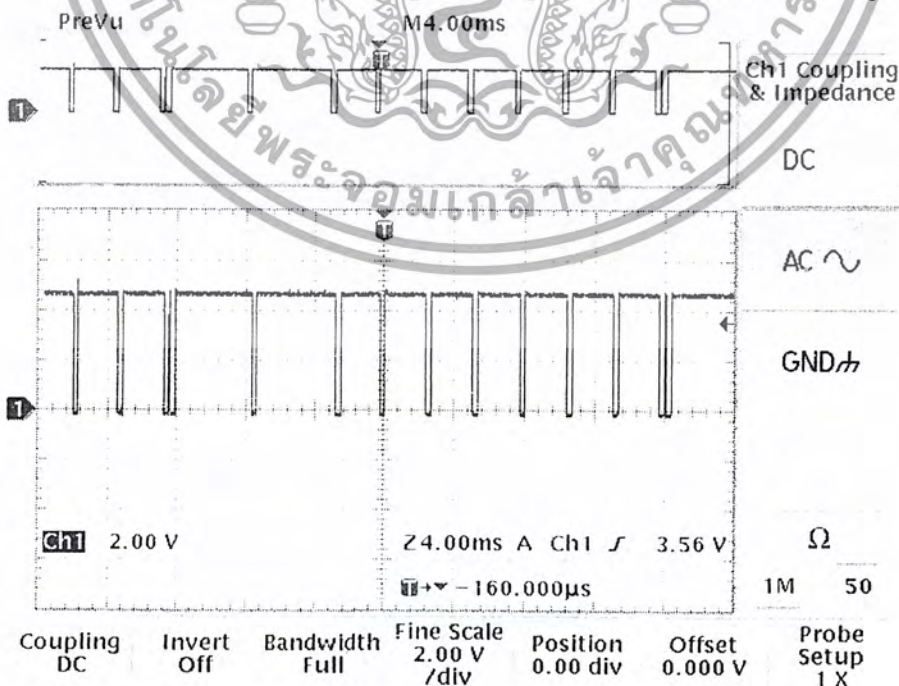
เพื่อทดสอบการทำงานและดูรายละเอียดของขบวนการพัลส์

##### อุปกรณ์การทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป
2. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
3. Joy Stick
4. วงจรสร้างรหัส (Encoder)

##### ขั้นตอนการทดลอง

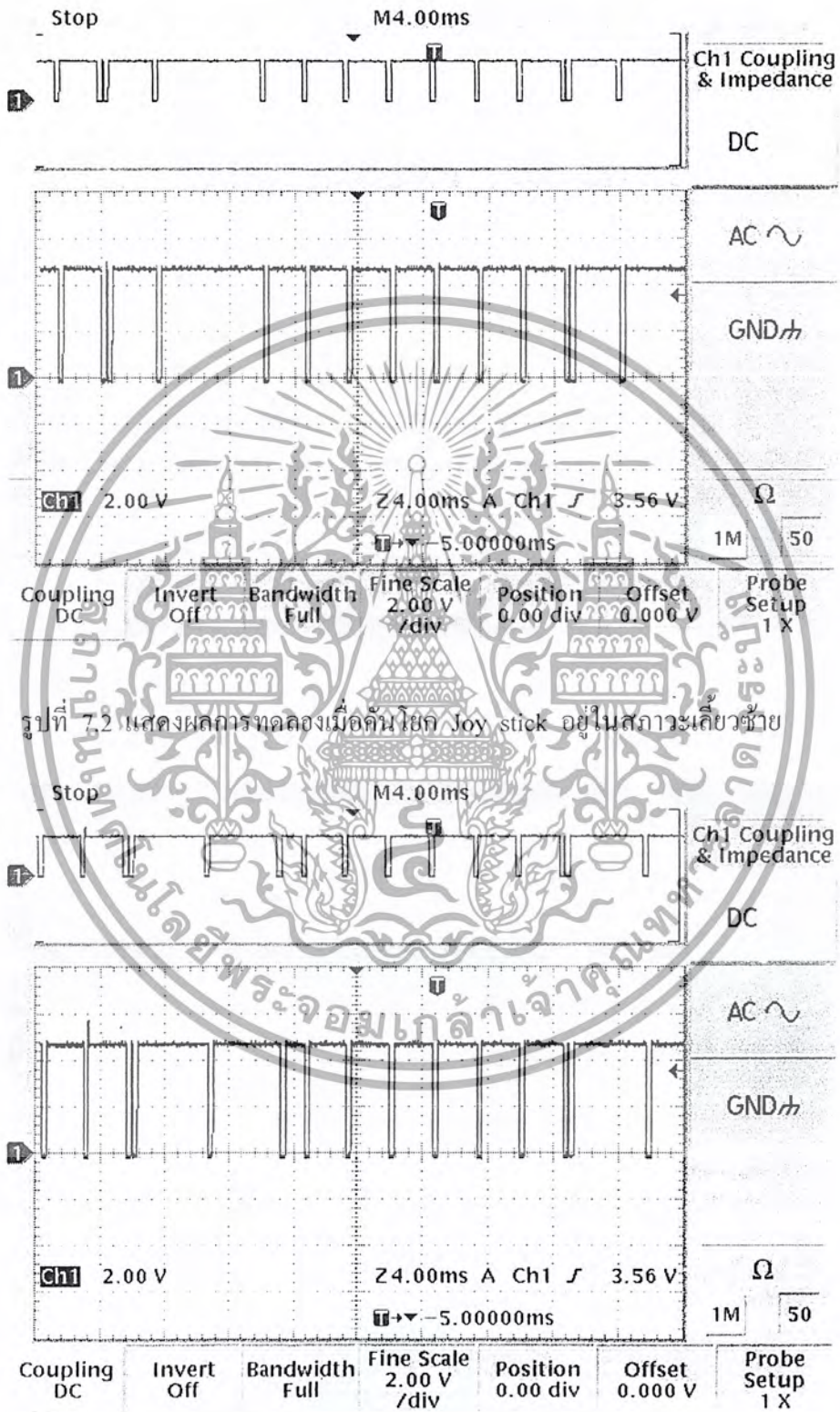
1. ต่ วงจรสร้างรหัส และจ่ายไฟให้วงจรขนาดแรงดัน 5 V
2. ต่อ Joy stick เข้ากับภาคสร้างรหัสดังรูป
3. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรสร้างรหัส
4. ทำการปรับคั่นโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูป



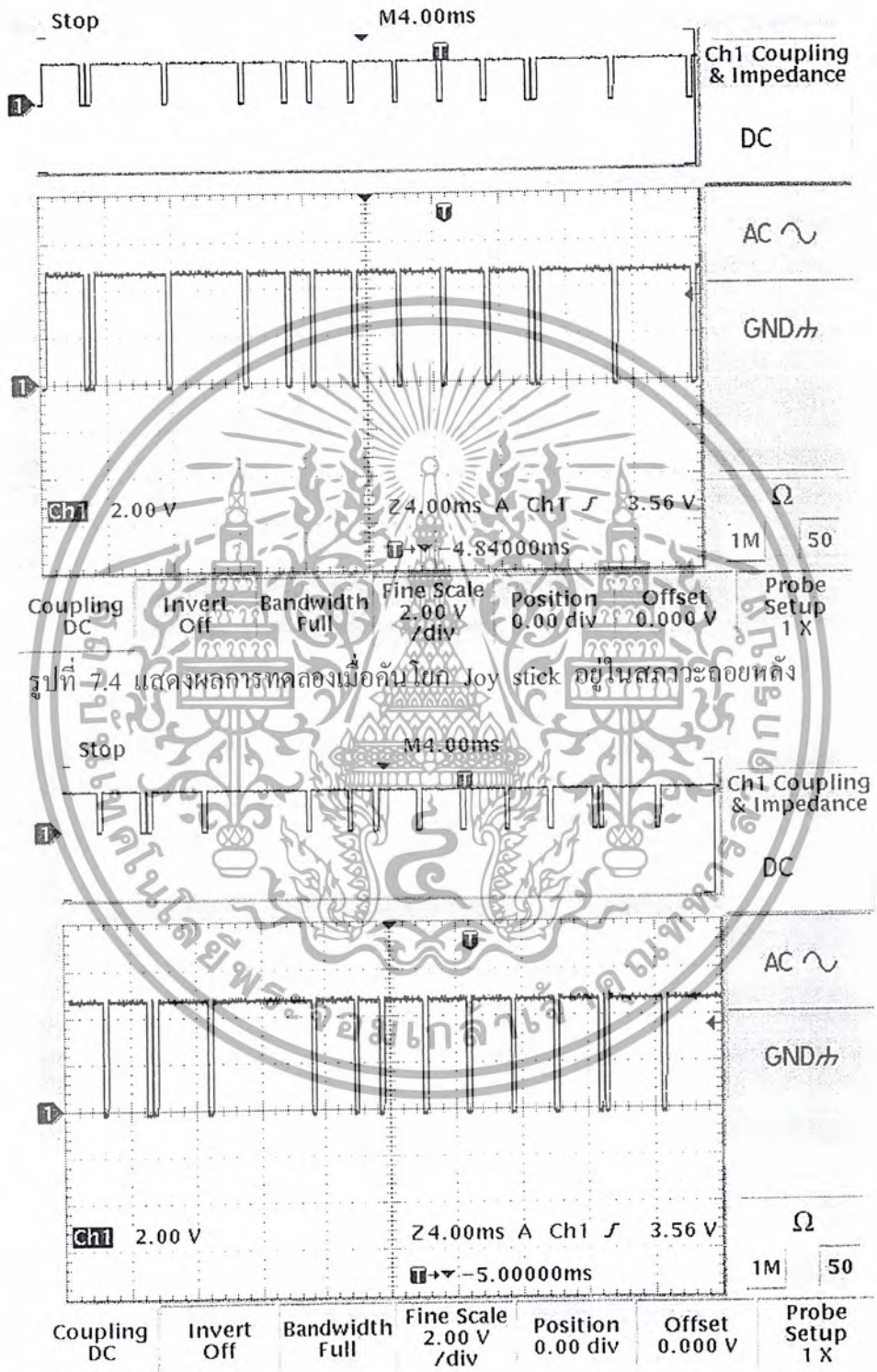
รูปที่ 7.1 แสดงผลการทดลองเมื่อคั่นโยก Joy stick อยู่ในสภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



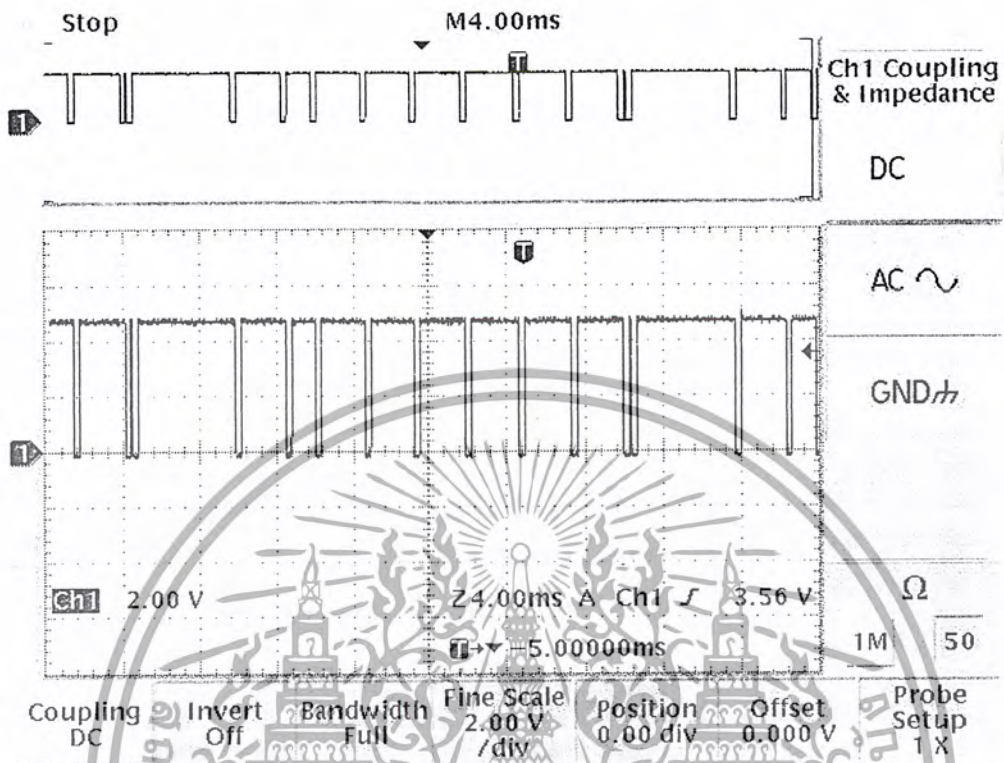
รูปที่ 7.3 แสดงผลการทดลองเมื่อคั่นโยก Joy stick อยู่ในสถานะเดินหน้า  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.4 แสดงผลการทดลองเมื่อกันโยก Joy stick อยู่ในสภาวะลอยหลัง

รูปที่ 7.5 แสดงผลการทดลองเมื่อกันโยก Joy stick อยู่ในสภาวะถอยหลัง-ซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.6 แสดงผลการทดลองเมื่อคันทโยก Joystick อยู่ในสถานะเดินหน้า-ขวา

### สรุปผลการทดลอง

เมื่อโยก Joystick ไปด้านซ้ายพัลส์ลูกแรกจะเล็กลูกที่สองจะใหญ่ขึ้น เมื่อโยก Joystick ไปด้านขวาพัลส์ลูกที่สองจะเล็กลูกแรกจะใหญ่ขึ้น เมื่อโยก Joystick ไปด้านบนขวาพัลส์ลูกแรกจะใหญ่ลูกสองและลูกที่สามจะเล็กลง เมื่อโยกจอยสติคไปทางด้านหลังขวาพัลส์ลูกแรกจะใหญ่พัลส์ลูกสองและลูกสี่จะเล็กลง เรานำเอากรณีความกว้างพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงนี้ไปควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.2 การทดลองรับส่งสัญญาณผ่านเครื่องรับส่งคลื่นวิทยุ

### จุดประสงค์

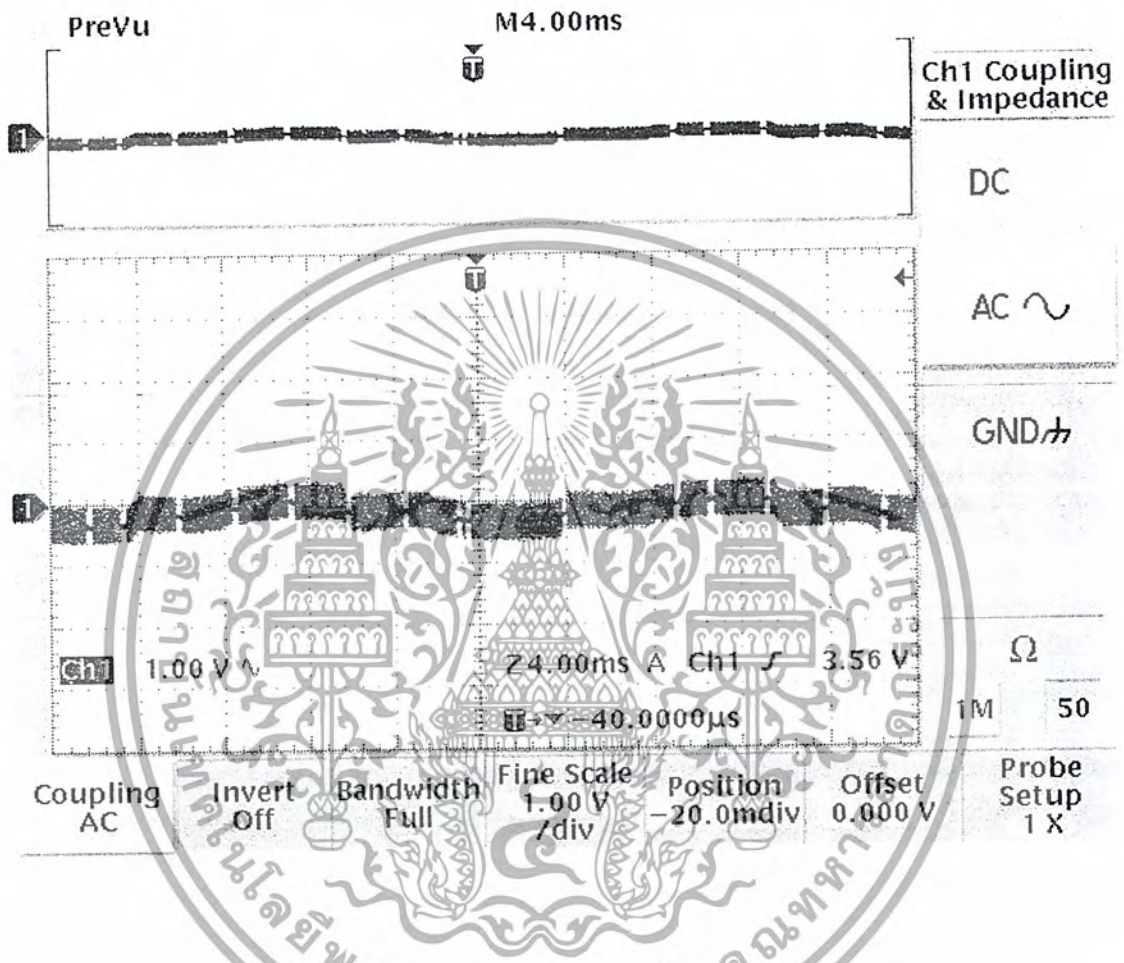
1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องส่งวิทยุ เมื่อข่าวสารที่ส่งคือขบวนพัลส์ที่ได้จาก Encoder
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องรับวิทยุ เมื่อข่าวสารที่รับคือขบวนพัลส์ชุดควบคุมทั้ง 9 ช่องสัญญาณ

### อุปกรณ์การทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป
2. วงจร Encoder
3. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
4. วงจรรับส่งคลื่นวิทยุ ย่านความถี่ 40 MHz
5. วงจร Filter

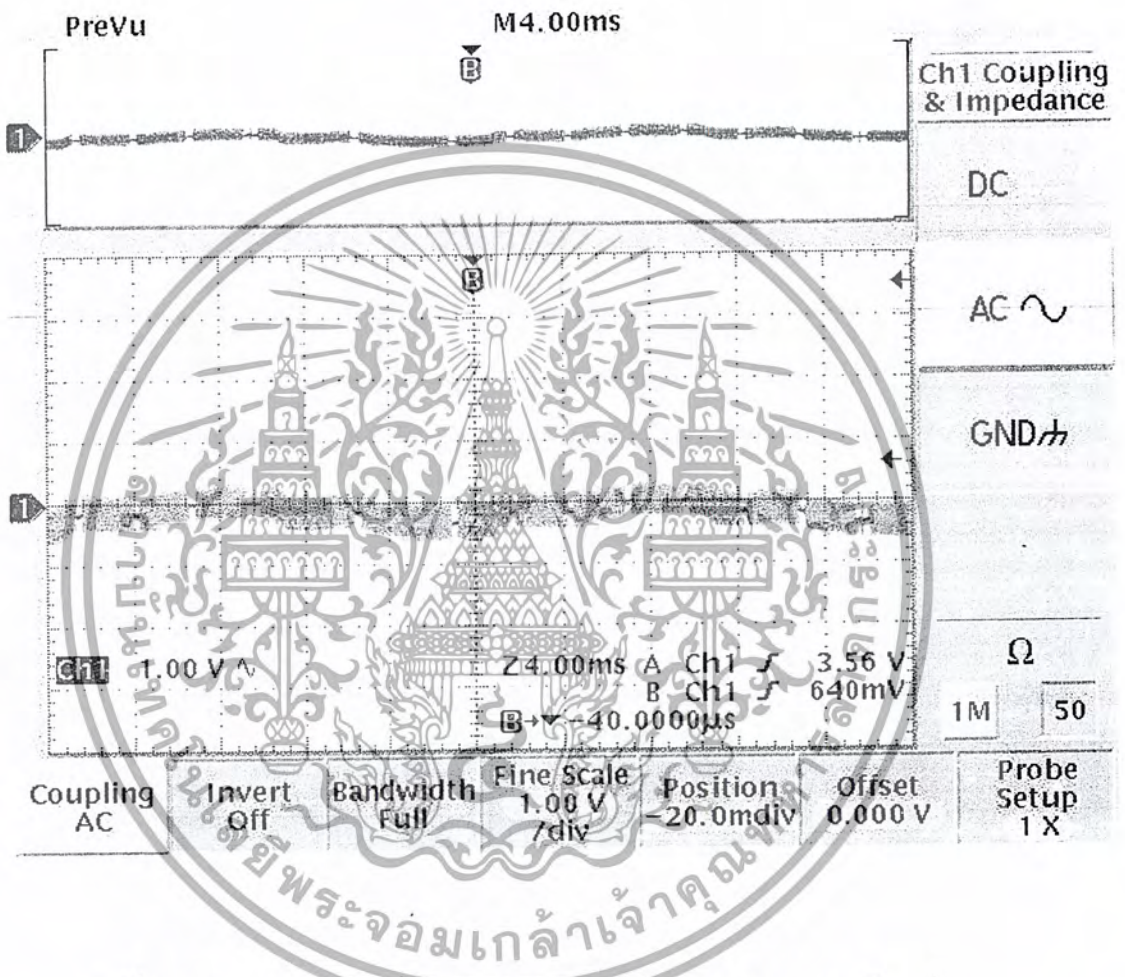
### ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจร Encoder และจ่ายไฟให้วงจรขนาดแรงดัน 5 V
2. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรคลื่นส่งวิทยุทำการปรับคันโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูปที่
3. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรถอดรหัสของเครื่องรับวิทยุทำการปรับคันโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูป



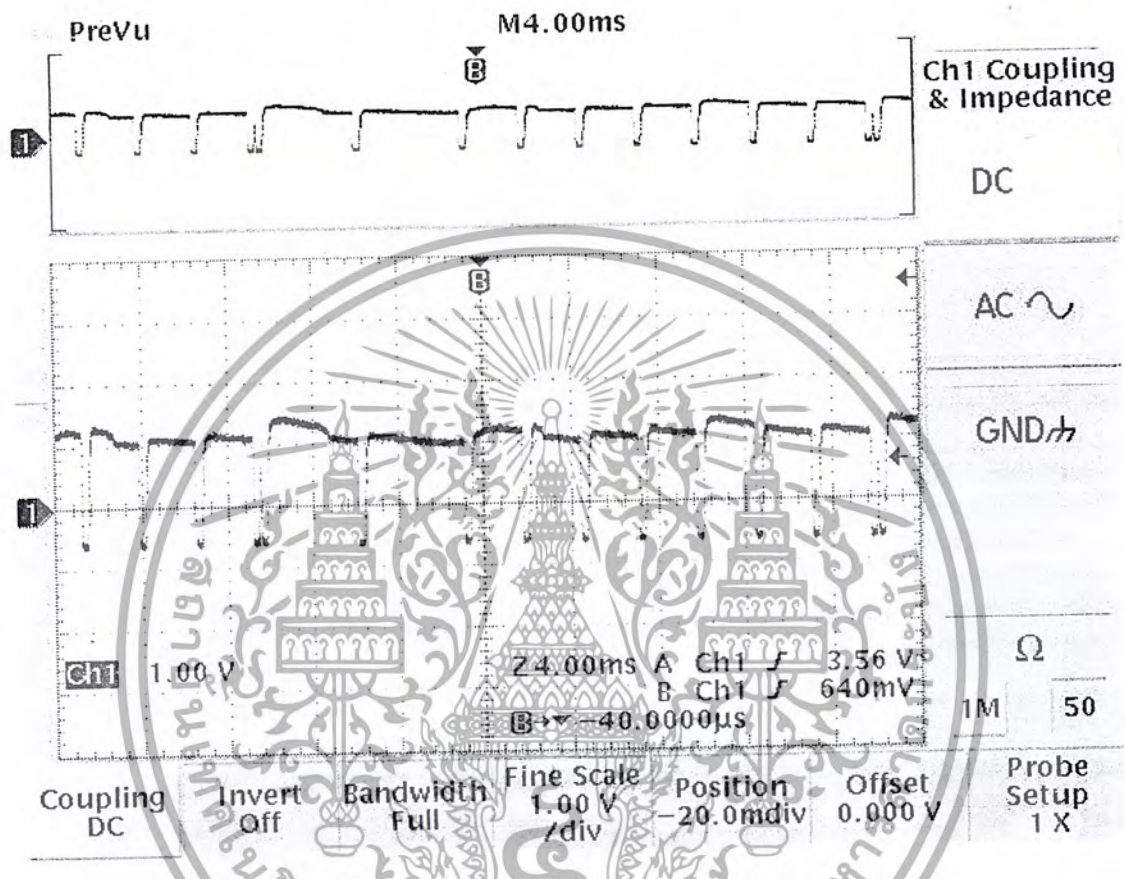
รูปที่ 7.7 สัญญาณ Encoder ที่ผ่านการมอดูเลชันแล้วในสภาวะ Joy stick ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.8 สัญญาณEncoder ที่ผ่านการมอดูเลตแล้วในสภาวะJoy stick เดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.9 สัญญาณที่ผ่านการคิมอดูเลต

### สรุปผลการทดลอง

เมื่อเราเปรียบเทียบสัญญาณสองสัญญาณระหว่างวงจรภาคสร้างรหัสกับสัญญาณที่คิมอดูเลชันแล้ว จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ผ่านการคิมอดูเลชันยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จึงต้องนำสัญญาณคิมอดูเลชัน มาอินเทอร์เฟสเพื่อให้ได้สัญญาณ TTL 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 7.3 วงจรอินเทอร์เฟส

#### จุดประสงค์

1. เพื่อที่จะได้ทราบถึงสัญญาณที่จะนำไปDecoder ว่ามีรูปสัญญาณเช่นไร
2. เพื่อที่จะได้ทราบถึงขนาดแรงดันว่าจะสามารถไปเชื่อมต่อกับ TTL ได้หรือไม่

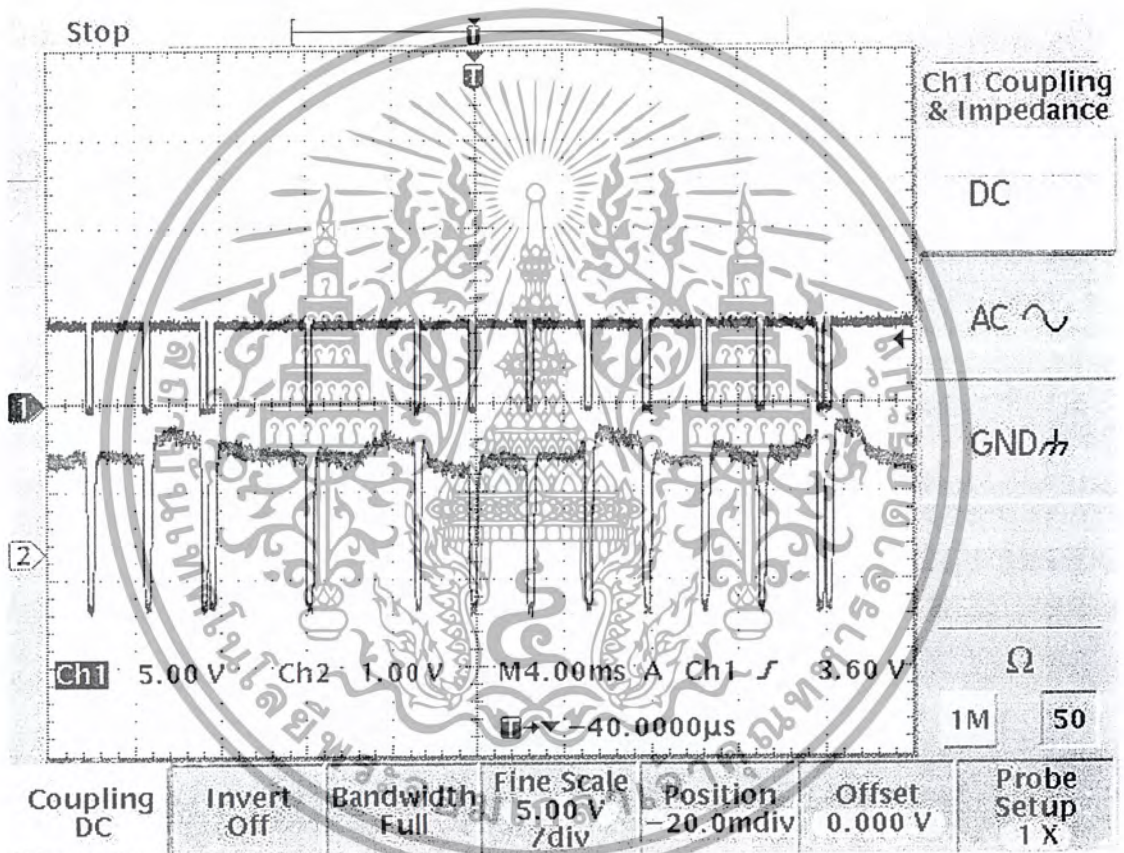
#### อุปกรณ์การทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป
2. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
3. วงจร Encoder
4. วงจร รับส่งวิทยุ ย่าน 40 MHz

#### ขั้นตอนการทดลอง

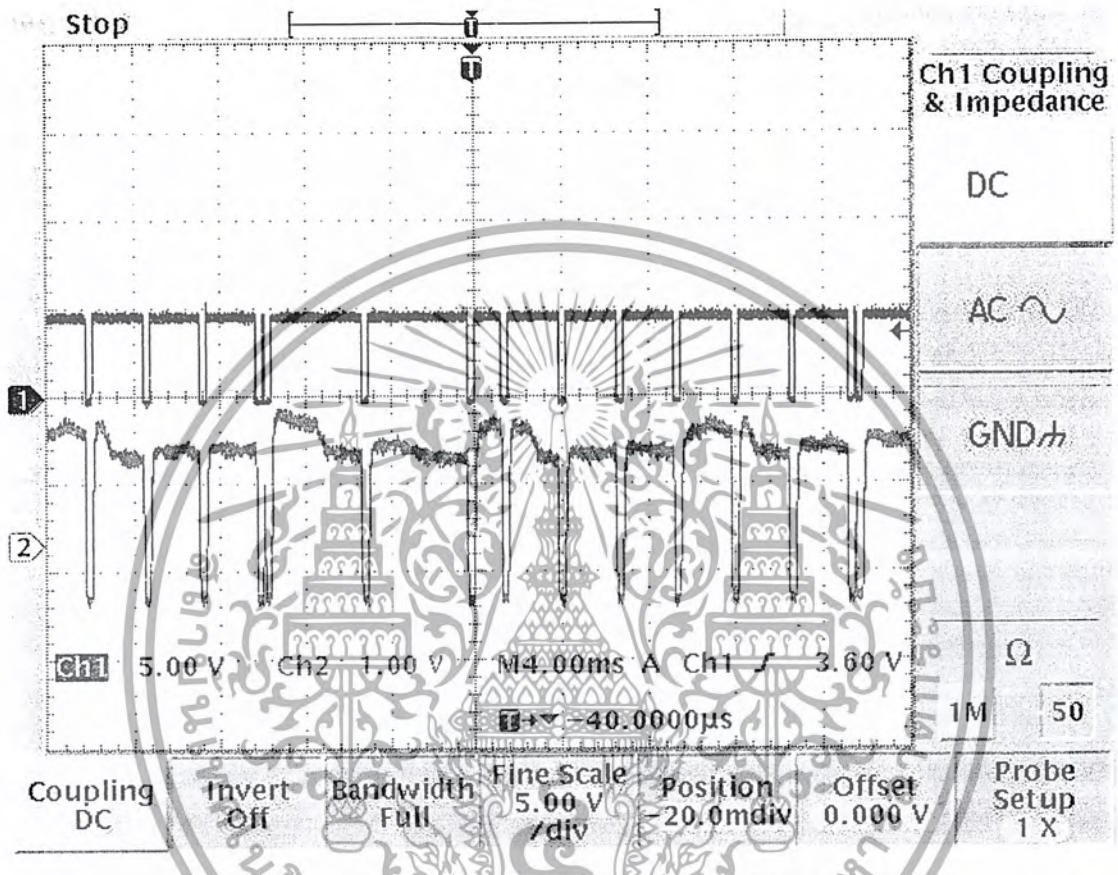
1. ต่อวงจรEncoder และจ่ายไฟให้วงจรมีขนาดแรงดัน 5 V
2. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรคิมอดของเครื่องรับวิทยุทำการปรับคันโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูปที่
3. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรอินเทอร์เฟส

#### ผลการทดลอง



รูปที่ 7.10 สัญญาณที่ผ่านการตีมอดูเลตแล้วทำการอินเทอร์เฟสโดยสภาวะJoystickปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.11 สัญญาณที่ผ่านการคิมอดูเลตแล้วทำการอินเทอร์เฟส โดยสภาวะJoystickคินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.4 วงจรถอดรหัส

### จุดประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างรหัสเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้จากการผ่านวงจรถอดรหัส

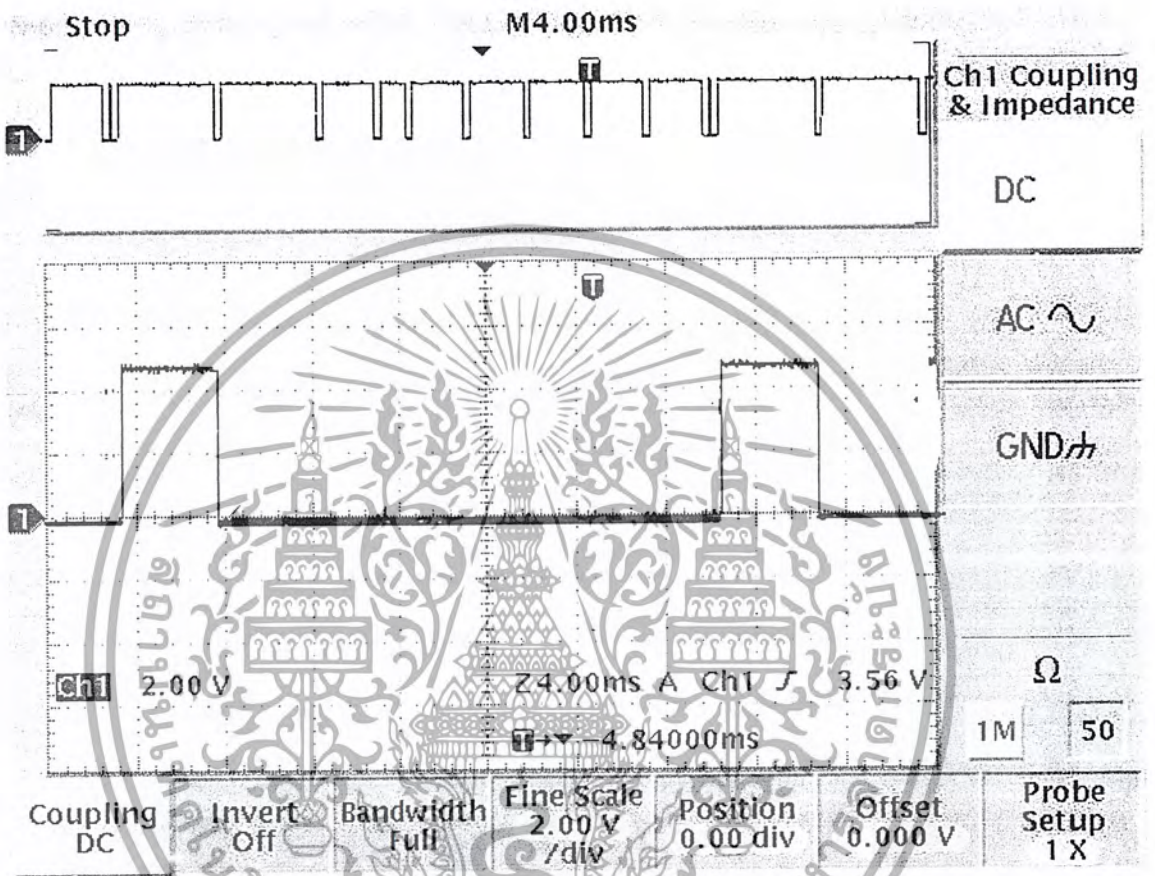
### อุปกรณ์การทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป
2. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
3. วงจร Encoder
4. วงจรรับส่งคลื่นวิทยุ ย่านความถี่ 40 MHz
5. วงจร filter
6. วงจร Interface
7. วงจร Decoder

### ขั้นตอนการทดลอง

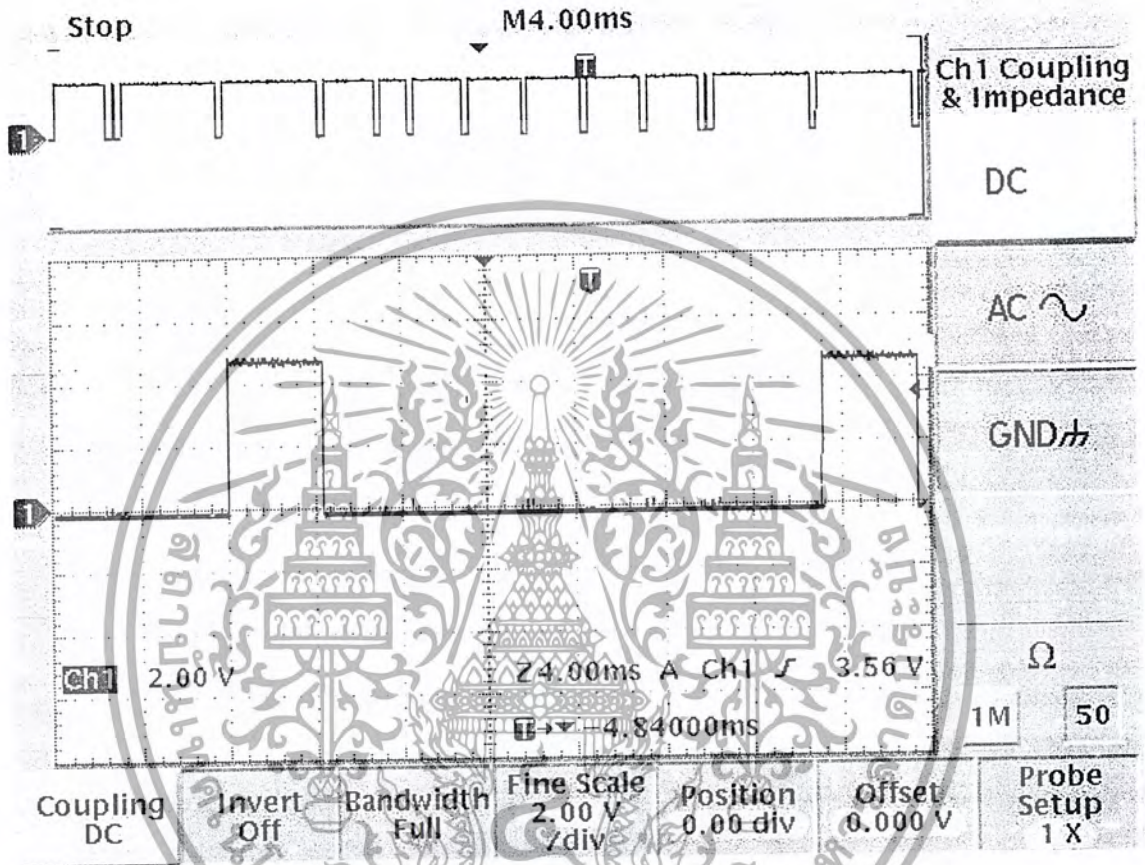
1. ต่อวงจรต่างๆและจ่ายไฟให้วงจรขนาดแรงดัน 5 V
2. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรสร้างรหัส  
ทำการปรับคั่นโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูป
3. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรถอดรหัส  
ทำการปรับคั่นโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.12 สัญญาณเอาต์พุตช่องที่ 1 ของภาคDecoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.13 สัญญาณเอาต์พุตช่องที่ 2 ของภาคDecoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.5 วงจรขับรีเลย์

### จุดประสงค์

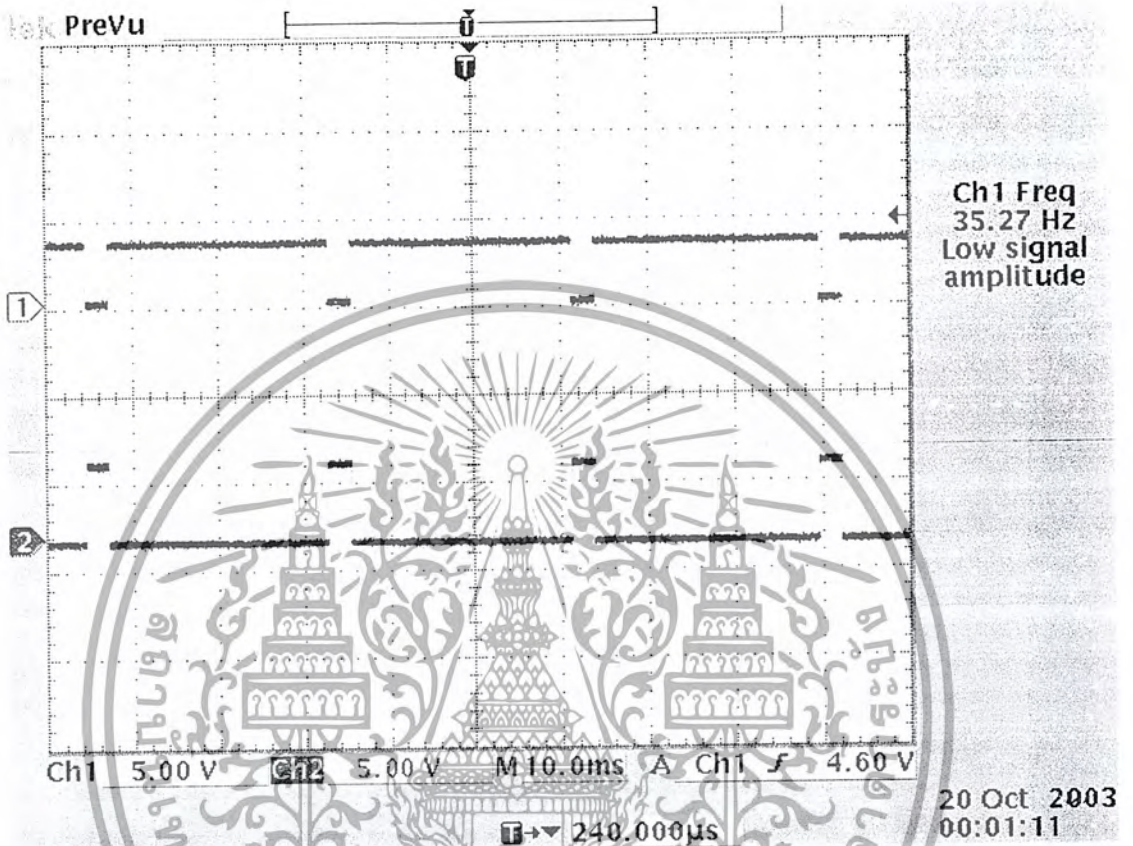
เพื่อทดสอบสัญญาณที่ได้จากวงจร Decoder เปรียบเทียบกับวงจรโมโนสเตเบิลที่สร้างจาก ไอซี 555

### อุปกรณ์การทดลอง

1. ออสซิลโลสโคป
2. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
3. วงจร Encoder
4. วงจรรับส่งคลื่นวิทยุย่านความถี่ 40 MHz
5. วงจร Filter
6. วงจร Interface
7. วงจร Decoder
8. วงจร Drive Relay

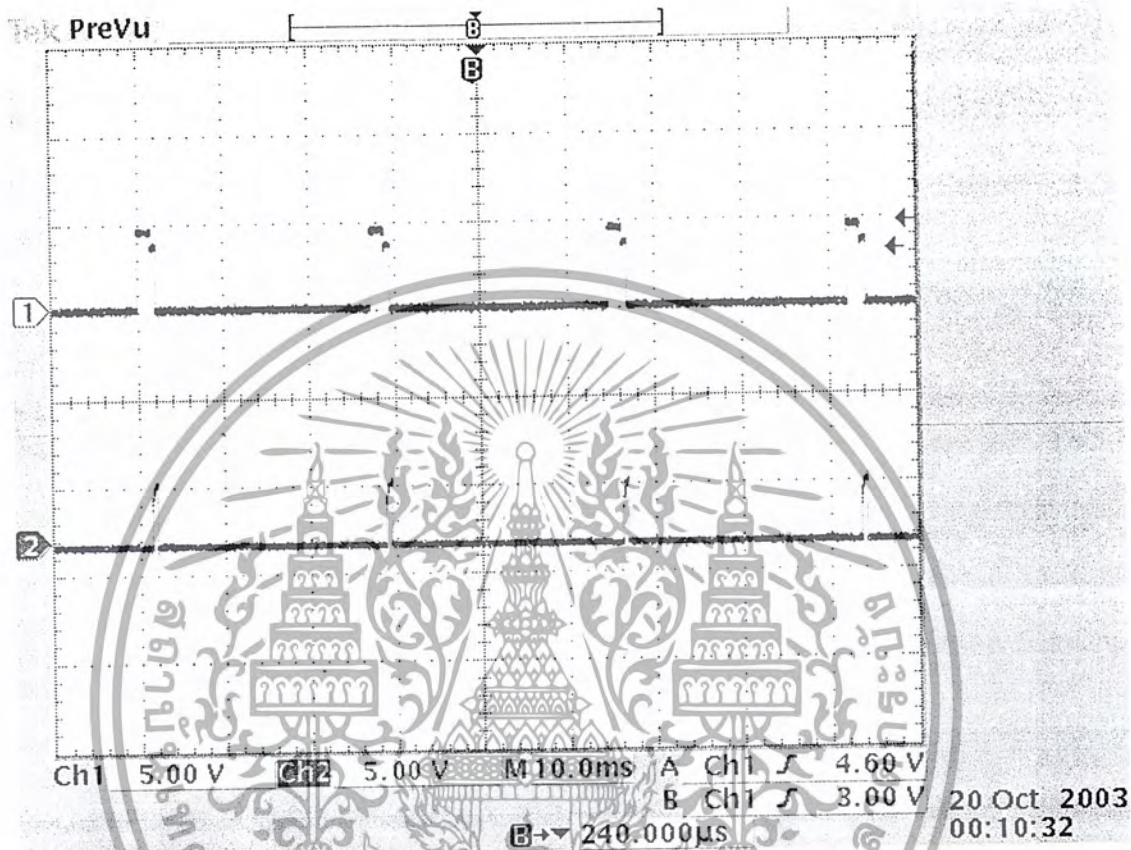
### ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรต่างๆ และจ่ายไฟให้วงจรขนาดแรงดัน 5 V
2. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจรถอดรหัสช่องที่ 3 ทำการปรับคันโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูปที่ 3
3. นำออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของวงจร โมโนสเตเบิลที่ขา 3 ทำการปรับคันโยก Joy stick ณ ตำแหน่งต่างแสดงผลการทดลองดังรูปที่ 3
4. นำออสซิลโลสโคปวัดที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ (TR 13)



รูปที่ 7.14 แสดงผลการวัดอินพุตของภาคขับเดี่ยวเทียบกับเอาต์พุตของโมโนสเตเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.15 แสดงรูปผลกรวัดที่เอาต์พุทของโมโนสเตเบิลเปรียบเทียบกับขาอิมิตเตอร์TR14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.6 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

### จุดประสงค์

เพื่อทดสอบว่าสามารถปรับความเร็วของดีซีมอเตอร์ว่าเป็นเช่นไร

### อุปกรณ์การทดลอง

1. DC. Motor
2. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 24V และ 5V
3. วงจร Encoder
4. วงจร Decoder
5. วงจรปรับความเร็วมอเตอร์

### ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจร และจ่ายแรงดัน 24V และ 5V ให้กับวงจร ในภาคต่างๆ
2. ปรับคันโยกของ Joystick ณ ตำแหน่งต่างๆ สังเกตความเร็วของมอเตอร์

### สรุปผลการทดลอง

โดยเมื่อโยก Joystick เติบโตขึ้นและถอยหลังมอเตอร์ทั้ง 2 จะหมุนด้วยความเร็วเท่ากัน เมื่อโยก Joystick ไปทางซ้าย มอเตอร์ด้านขวาจะหมุนช้ากว่าด้านซ้าย เมื่อโยก Joystick ไปทางขวา มอเตอร์ด้านซ้ายจะหมุนช้ากว่าด้านขวา

## หนังสืออ้างอิง

- 1 ประกิจ ตั้งศิลาพันธ์, “วิศวกรรมการสื่อสาร(ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์)”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่4 กรุงเทพฯ 2539
- 2 พ.ต.ท.สุชาติ กังวารจิตต์, “เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร”, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพฯ 2541
- 3 วรพจน์ ทรแก้ววัฒนกุล, “เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51”, Innovative Experiment Co.,Ltd.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

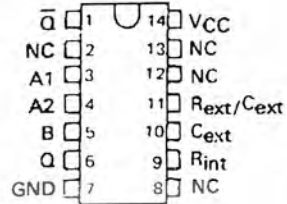


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54121, SN74121**  
**MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**  
**WITH SCHMITT-TRIGGER INPUTS**  
 MAY 1983 — REVISED MARCH 1988

- Programmable Output Pulse Width  
 With  $R_{int}$  . . . 35 ns Typ  
 With  $R_{ext}/C_{ext}$  . . . 40 ns to 28 Seconds
- Internal Compensation for Virtual Temperature Independence
- Jitter-Free Operation up to 90% Duty Cycle
- Inhibit Capability

SN54121 . . . J OR W PACKAGE  
 SN74121 . . . N PACKAGE  
 (TOP VIEW)

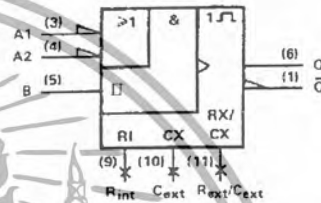


NC - No internal connection.

FUNCTION TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
A1	A2	B	Q	$\bar{Q}$
L	X	H	L	H
X	L	H	L†	H†
X	X	L	L†	H†
H	H	X	L†	H†
H	↓	H	[Pulse]	[Pulse]
↓	H	H	[Pulse]	[Pulse]
↓	↓	H	[Pulse]	[Pulse]
L	X	↑	[Pulse]	[Pulse]
X	L	↑	[Pulse]	[Pulse]

logic symbol†



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

For explanation of function table symbols, see page 1. These lines of the function table assume that the indicated steady-state conditions at the A and B inputs have been setup long enough to complete any pulse started before the setup.

**description**

These multivibrators feature dual negative-transition-triggered inputs and a single positive-transition-triggered input which can be used as an inhibit input. Complementary output pulses are provided.

Pulse triggering occurs at a particular voltage level and is not directly related to the transition time of the input pulse. Schmitt-trigger input circuitry (TTL hysteresis) for the B input allows jitter-free triggering from inputs with transition rates as slow as 1 volt/second, providing the circuit with an excellent noise immunity of typically 1.2 volts. A high immunity to VCC noise of typically 1.5 volts is also provided by internal latching circuitry.

Once fired, the outputs are independent of further transitions of the inputs and are a function only of the timing components. Input pulses may be of any duration relative to the output pulse. Output pulse length may be varied from 40 nanoseconds to 28 seconds by choosing appropriate timing components. With no external timing components (i.e.,  $R_{int}$  connected to VCC,  $C_{ext}$  and  $R_{ext}/C_{ext}$  open), an output pulse of typically 30 or 35 nanoseconds is achieved which may be used as a d-c triggered reset signal. Output rise and fall times are TTL compatible and independent of pulse length.

Pulse width stability is achieved through internal compensation and is virtually independent of VCC and temperature. In most applications, pulse stability will only be limited by the accuracy of external timing components.

Jitter-free operation is maintained over the full temperature and VCC ranges for more than six decades of timing capacitance (10 pF to 10 μF) and more than one decade of timing resistance (2 kΩ to 30 kΩ for the SN54121 and 2 kΩ to 40 kΩ for the SN74121). Throughout these ranges, pulse width is defined by the relationship  $t_{w(out)} = C_{ext}R_{Tln2} = 0.7 C_{ext}R_T$ . In circuits where pulse cutoff is not critical, timing capacitance up to 1000 μF and timing resistance as low as 1.4 kΩ may be used. Also, the range of jitter-free output pulse widths is extended if VCC is held to 5 volts and free-air temperature is 25°C. Duty cycles as high as 90% are achieved when using maximum recommended  $R_T$ . Higher duty cycles are available if a certain amount of pulse-width jitter is allowed.

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

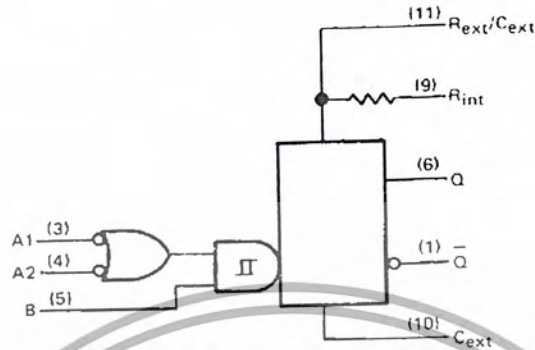


POST OFFICE BOX 655017 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54121, SN74121  
MONOSTABLE MULTIVIBRATORS  
WITH SCHMITT-TRIGGER INPUTS**

logic diagram (positive logic)

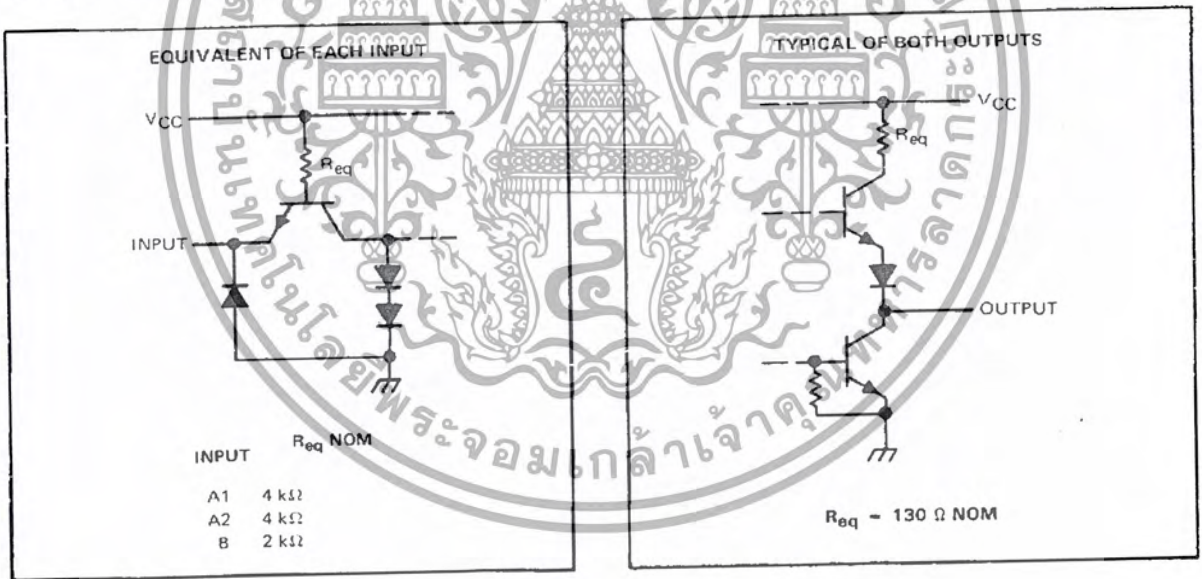


$R_{int} = 2 \text{ k}\Omega \text{ NOM}$

Pin numbers shown on logic notation are for J or N packages.

- NOTES: 1. An external capacitor may be connected between  $C_{ext}$  (positive) and  $R_{ext}/C_{ext}$ .  
2. To use the internal timing resistor, connect  $R_{int}$  to  $V_{CC}$ . For improved pulse width accuracy and redestability, connect an external resistor between  $R_{ext}/C_{ext}$  and  $V_{CC}$  with  $R_{int}$  open-circuited.

schematics of inputs and outputs



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54121, SN74121**  
**MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**  
**WITH SCHMITT-TRIGGER INPUTS**

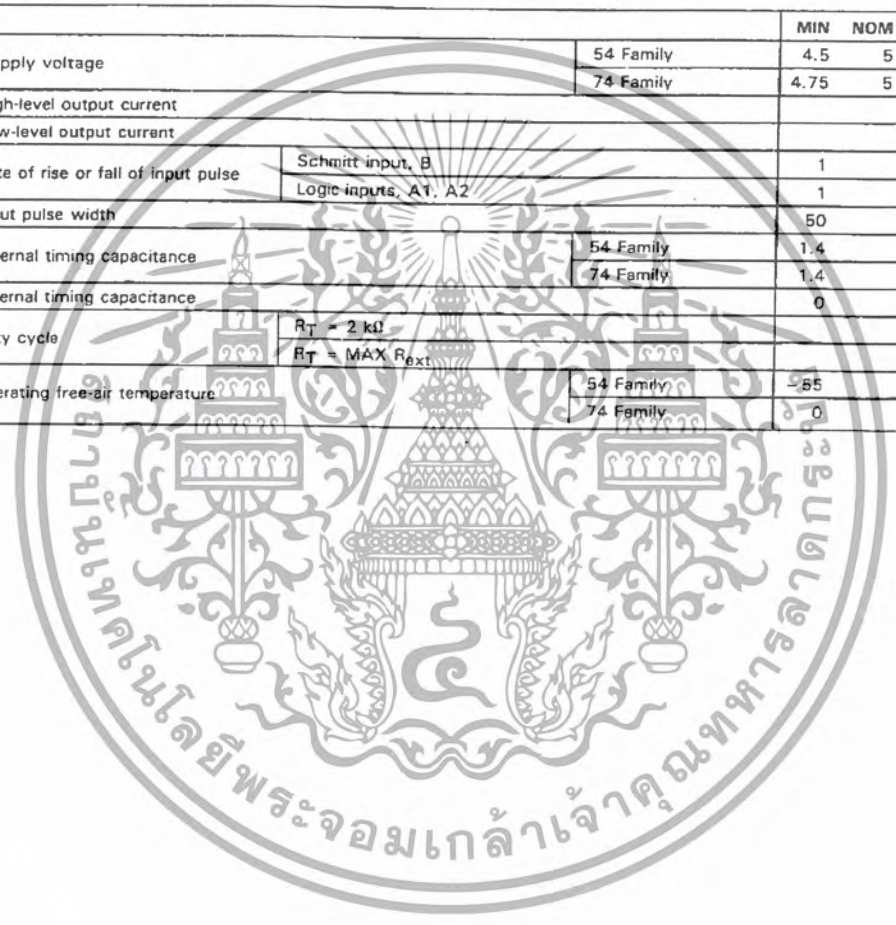
**absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)**

Supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 3) .....	7 V
Input voltage .....	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN54121 .....	-55°C to 125°C
SN74121 .....	0°C to 70°C
Storage temperature range .....	-65°C to 150°C

NOTE 3: Voltage values are with respect to network ground terminal.

**recommended operating conditions**

			MIN	NOM	MAX	UNIT
$V_{CC}$	Supply voltage	54 Family	4.5	5	5.5	V
		74 Family	4.75	5	5.25	
$I_{OH}$	High-level output current				-0.4	mA
$I_{OL}$	Low-level output current				16	mA
dv/dt	Rate of rise or fall of input pulse	Schmitt input, B	1			V/s
		Logic inputs, A1, A2	1			V/ $\mu$ s
$\tau_{w(in)}$	Input pulse width		50			ns
$R_{ext}$	External timing capacitance	54 Family	1.4		30	k $\Omega$
		74 Family	1.4		40	
$C_{ext}$	External timing capacitance		0		1000	$\mu$ F
	Duty cycle	$R_T = 2\text{ k}\Omega$			67	%
		$R_T = \text{MAX } R_{ext}$			90	
$T_A$	Operating free-air temperature	54 Family	-55		125	°C
		74 Family	0		70	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54121, SN74121**  
**MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**  
**WITH SCHMITT-TRIGGER INPUTS**

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

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>†</sup>	MIN	TYP <sup>‡</sup>	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage at B input	V <sub>CC</sub> = MIN	2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage at A input	V <sub>CC</sub> = MIN		0.8	V	
V <sub>T+</sub>	Positive-going threshold voltage at B input	V <sub>CC</sub> = MIN	1.55	2	V	
V <sub>T-</sub>	Negative-going threshold voltage at B input	V <sub>CC</sub> = MIN	0.8	1.35	V	
V <sub>IK</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -12 mA		-1.5	V	
I <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX	2.4	3.4	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OL</sub> = MAX		0.2	0.4	V
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 5.5 V			1	mA
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 2.4 V	A1 or A2		40	μA
			B		80	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 0.4 V	A1 or A2		-1.6	mA
			B		-3.2	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current <sup>§</sup>	V <sub>CC</sub> = MAX	54 Family	-20	-55	mA
			74 Family	-18	-55	
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX	Quiescent	.13	25	mA
			Triggered	23	40	

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

<sup>‡</sup>All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C.

<sup>§</sup>Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level Q output from either A input		45	70	ns	
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level Q output from B input		35	55	ns	
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level Q output from either A input	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 400 Ω, See Note 4	50	80	ns	
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level Q output from B input		40	55	ns	
t <sub>w(out)</sub>	Pulse width obtained using internal timing resistor	C <sub>ext</sub> = 80 pF, R <sub>int</sub> to V <sub>CC</sub>	70	110	150	ns
t <sub>w(out)</sub>	Pulse width obtained with zero timing capacitance	C <sub>ext</sub> = 0, R <sub>int</sub> to V <sub>CC</sub>	30	50	ns	
t <sub>w(out)</sub>	Pulse width obtained using external timing resistor	C <sub>ext</sub> = 100 pF, R <sub>T</sub> = 10 kΩ	600	700	800	ns
		C <sub>ext</sub> = 1 μF, R <sub>T</sub> = 10 kΩ	6	7	8	ms

NOTE 4: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

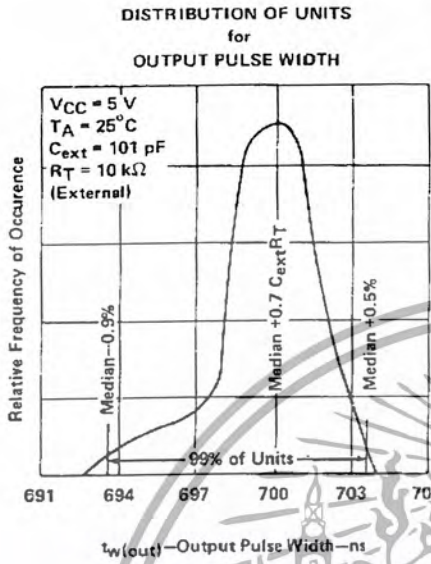
**TEXAS**  
**INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

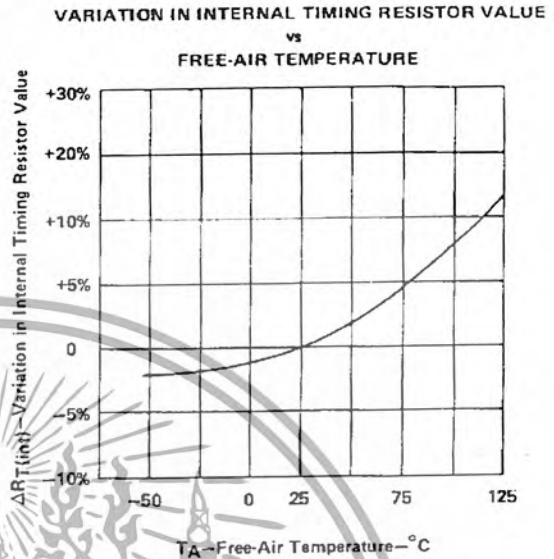
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54121, SN74121  
MONOSTABLE MULTIVIBRATORS  
WITH SCHMITT-TRIGGER INPUTS**

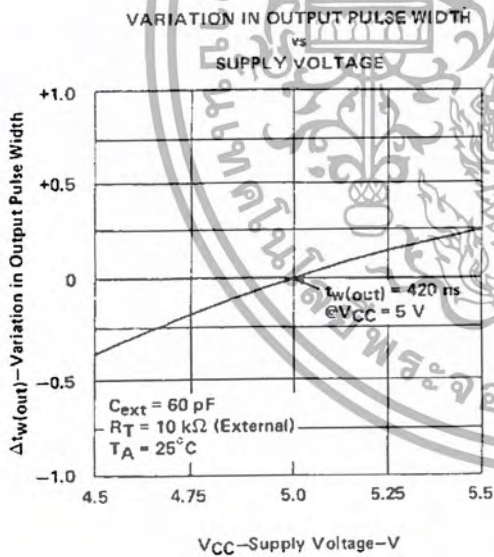
**TYPICAL CHARACTERISTICS†**



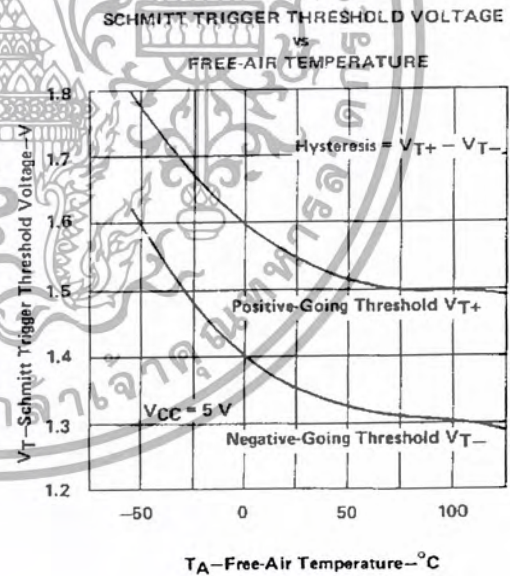
**FIGURE 1**



**FIGURE 2**



**FIGURE 3**



**FIGURE 4**

†Data for temperatures below  $0^\circ\text{C}$  and above  $70^\circ\text{C}$  are applicable for SN54121.

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54121, SN74121**  
**MONOSTABLE MULTIVIBRATORS**  
**WITH SCHMITT-TRIGGER INPUTS**

**TYPICAL CHARACTERISTICS† (continued)**

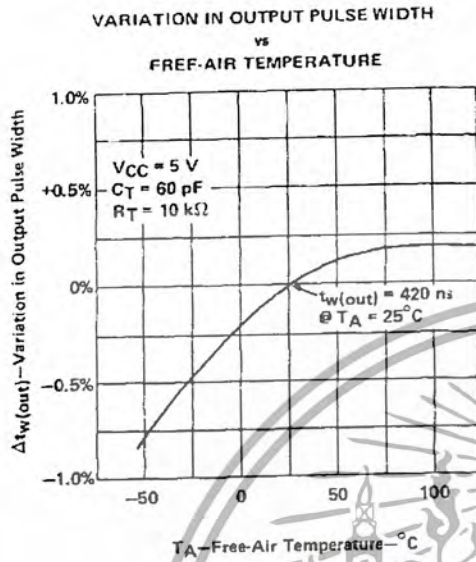


FIGURE 5

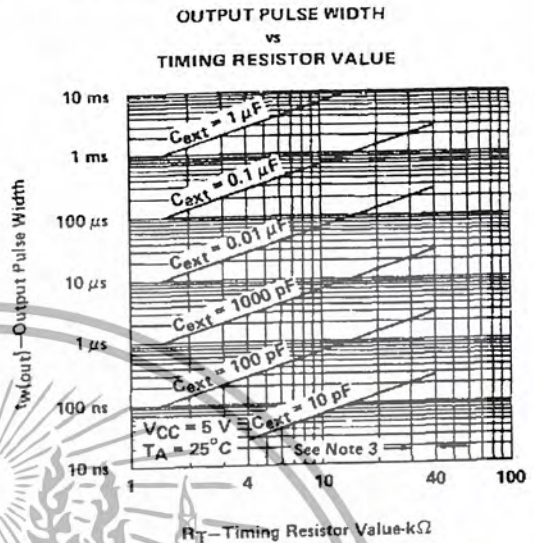


FIGURE 6

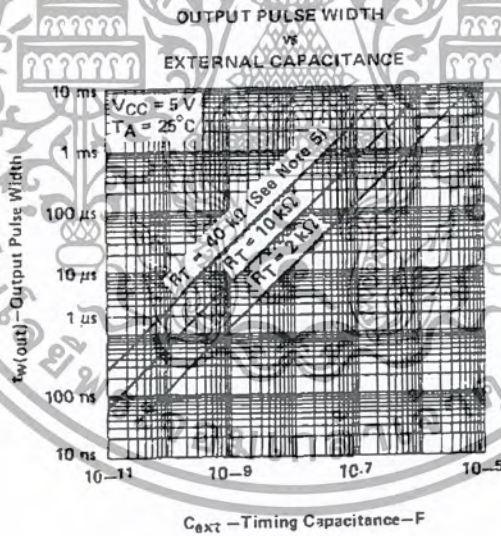


FIGURE 7

NOTE 5: These values of resistance exceed the maximum recommended use over the full temperature range of the SN54121.  
 †Data for temperatures below 0°C and above 70°C are applicable for SN54121.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

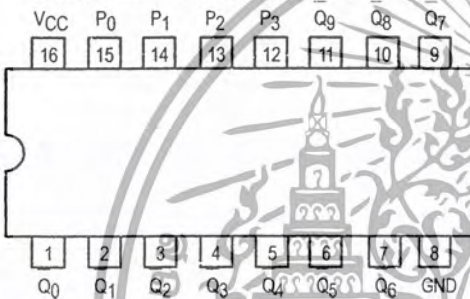


# 1-OF-10 DECODER/DRIVER OPEN-COLLECTOR

The SN54/74LS145, 1-of-10 Decoder/Driver, is designed to accept BCD inputs and provide appropriate outputs to drive 10-digit incandescent displays. All outputs remain off for all invalid binary input conditions. It is designed for use as indicator/relay drivers or as an open-collector logic circuit driver. Each of the high breakdown output transistors will sink up to 80 mA of current. Typical power dissipation is 35 mW. This device is fully compatible with all TTL families.

- Low Power Version of 54/74145
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

### CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



### PIN NAMES

$P_0, P_1, P_2, P_3$   
 $Q_0$  to  $Q_9$

BCD Inputs  
Outputs (Note b)

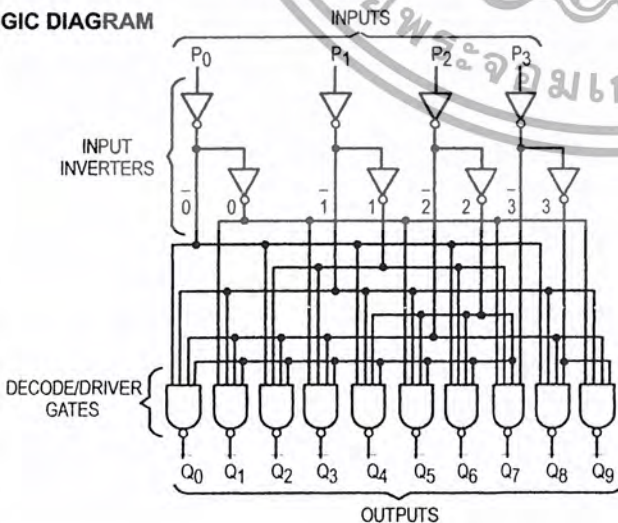
### LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
Inputs	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Open Collector Outputs		15 (7.5) U.L.

### NOTES:

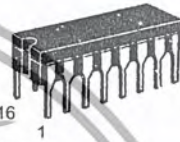
- a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40  $\mu$ A HIGH/1.6 mA LOW.  
 b) The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 15 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

### LOGIC DIAGRAM



## SN54/74LS145

### 1-OF-10 DECODER/DRIVER OPEN-COLLECTOR LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX  
CERAMIC  
CASE 620-09



N SUFFIX  
PLASTIC  
CASE 648-08

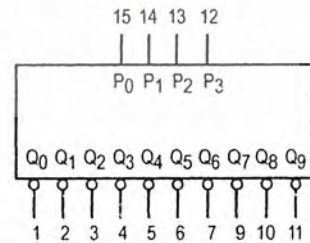


D SUFFIX  
SOIC  
CASE 751B-03

### ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic  
 SN74LSXXXN Plastic  
 SN74LSXXXD SOIC

### LOGIC SYMBOL



VCC = PIN 16  
 GND = PIN 8

### FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 5-11 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SN54/74LS145

TRUTH TABLE

INPUTS				OUTPUTS									
P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	Q <sub>0</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = HIGH Voltage Level  
L = LOW Voltage Level

## GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.25	
TA	Operating Ambient Temperature Range	54	25	125	°C
		74	0	70	
VOH	Output Voltage — High	54, 74		15	V
IOL	Output Current — Low	54		12	mA
		74		24	

## FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ 5-2 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SN54/74LS145

## DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions	
		Min	Typ	Max			
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74		0.8			
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA	
I <sub>OH</sub>	Output HIGH Current	54, 74		250	mA	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>OH</sub> = MAX	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	V <sub>CC</sub> = V <sub>CC</sub> MIN, V <sub>IN</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> per Truth Table	
		74	0.35	0.5	V		I <sub>OL</sub> = 24 mA
		54, 74	2.3	3.0	V		I <sub>OL</sub> = 80 mA
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V	
				0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V	
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.4	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V	
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			13	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = GND	

## AC CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay P <sub>n</sub> Input to Q <sub>n</sub> Output			50	ns	V <sub>CC</sub> = 5.0 V C <sub>L</sub> = 45 pF
t <sub>PLH</sub>				50		

### AC WAVEFORMS



Figure 1

Figure 2

## FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 5-3 รัศศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# NE555, NE555Y, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

SLFS022A – SEPTEMBER 1973 – REVISED SEPTEMBER 2000

- Timing From Microseconds to Hours
- Astable or Monostable Operation
- Adjustable Duty Cycle
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source up to 200 mA
- Designed To Be Interchangeable With Signetics NE555, SA555, SE555, and SE555C

**SE555C FROM TI IS NOT RECOMMENDED FOR NEW DESIGNS**

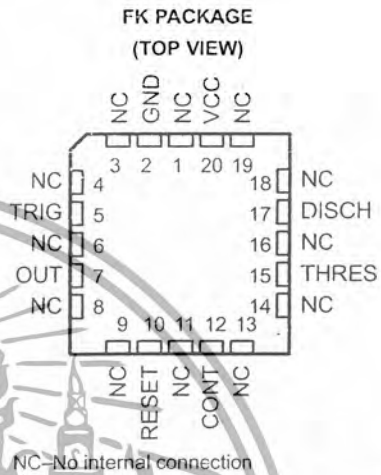
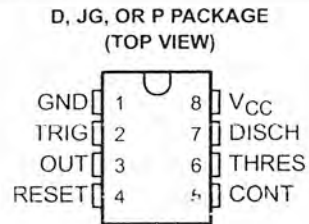
## description

These devices are precision monolithic timing circuits capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time-delay or monostable mode of operation, the timed interval is controlled by a single external resistor and capacitor network. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle can be controlled independently with two external resistors and a single external capacitor.

The threshold and trigger levels normally are two-thirds and one-third, respectively, of  $V_{CC}$ . These levels can be altered by use of the control-voltage terminal. When the trigger input falls below the trigger level, the flip-flop is set and the output goes high. If the trigger input is above the trigger level and the threshold input is above the threshold level, the flip-flop is reset and the output is low. RESET can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When RESET goes low, the flip-flop is reset and the output goes low. When the output is low, a low-impedance path is provided between DISCH and ground.

The output circuit is capable of sinking or sourcing current up to 200 mA. Operation is specified for supplies of 5 V to 15 V. With a 5-V supply, output levels are compatible with TTL inputs.

The NE555 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The SA555 is characterized for operation from -40°C to 85°C. The SE555 and SE555C are characterized for operation over the full military range of -55°C to 125°C.



## AVAILABLE OPTIONS

T <sub>A</sub>	PACKAGE					CHIP FORM (Y)
	V <sub>THRES</sub> MAX V <sub>CC</sub> = 15 V	SMALL OUTLINE (D)	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (P)	
0°C to 70°C	11.2 V	NE555D			NE555P	NE555Y
-40°C to 85°C	11.2 V	SA555D			SA555P	
-55°C to 125°C	10.6 V	SE555D	SE555FK	SE555JG	SE555P	
	11.2 V	SE555CD	SE555CFK	SE555CJG	SE555CP	

The D package also is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (e.g., NE555DR).

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



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2000, Texas Instruments Incorporated  
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# NE555, NE555Y, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

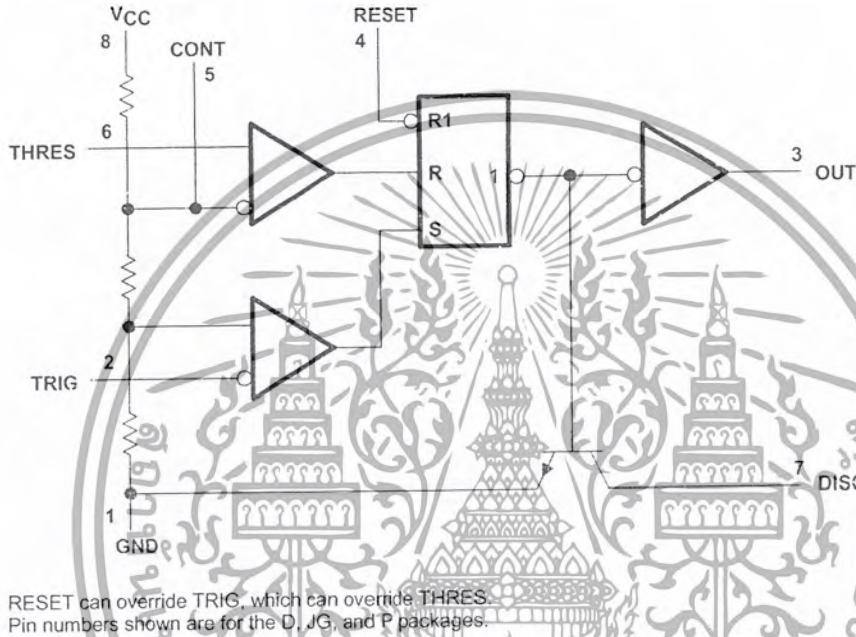
SLFS022A - SEPTEMBER 1973 - REVISED SEPTEMBER 2000

FUNCTION TABLE

RESET	TRIGGER VOLTAGE†	THRESHOLD VOLTAGE†	OUTPUT	DISCHARGE SWITCH
Low	Irrelevant	Irrelevant	Low	On
High	$<1/3 V_{DD}$	Irrelevant	High	Off
High	$>1/3 V_{DD}$	$>2/3 V_{DD}$	Low	On
High	$>1/3 V_{DD}$	$<2/3 V_{DD}$	As previously established	

† Voltage levels shown are nominal.

## functional block diagram



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

Supply voltage, $V_{CC}$ (See Note 1)	18 V
Input voltage (CONT, RESET, THRES, and TRIG)	$V_{CC}$
Output current	$\pm 225$ mA
Continuous total dissipation	See Dissipation Rating Table
Package thermal impedance, $\theta_{JA}$ (see Note 2): D package	97°C/W
P package	85°C/W
Case temperature for 60 seconds: FK package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D or P package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: JG package	300°C
Storage temperature range, $T_{stg}$	-65°C to 150°C

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to network ground terminal.  
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

 TEXAS  
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# NE555, NE555Y, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

SLFS022A – SEPTEMBER 1973 – REVISED SEPTEMBER 2000

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
FK	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
JG (SE555, SE555C)	1050 mW	8.4 mW/°C	672 mW	546 mW	210 mW
JG (SA555, NE555C)	825 mW	6.6 mW/°C	528 mW	429 mW	N/A

## recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage, $V_{CC}$	SA555, SE555C, NE555	4.5	16	V
	SE555	4.5	18	
Input voltage (CONT, RESET, THRES, and TRIG)			$V_{CC}$	V
Output current			$\pm 200$	mA
Operating free-air temperature, $T_A$	NE555	0	70	°C
	SA555	-40	85	
	SE555, SE555C	-55	125	



 **TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DM7490A

## Decade and Binary Counter

### General Description

The DM7490A monolithic counter contains four master-slave flip-flops and additional gating to provide a divide-by-two counter and a three-stage binary counter for which the count cycle length is divide-by-five.

The counter has a gated zero reset and also has gated set-to-nine inputs for use in BCD nine's complement applications.

To use the maximum count length (decade or four-bit binary), the B input is connected to the  $Q_A$  output. The input count pulses are applied to input A and the outputs

are as described in the appropriate truth table. A symmetrical divide-by-ten count can be obtained from the counters by connecting the  $Q_D$  output to the A input and applying the input count to the B input which gives a divide-by-ten square wave at output  $Q_A$ .

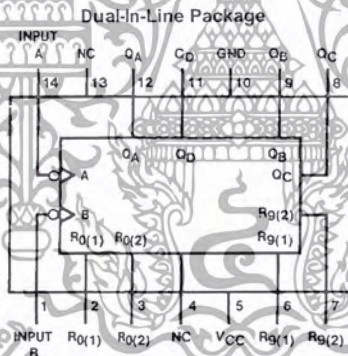
### Features

- Typical power dissipation — 90A 145 mW
- Count frequency 42 MHz

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM7490AN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package, JEDEC MS-001, 0.300" Wide

### Connection Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Function Tables** (Note 1)

BCD Count Sequence (Note 2)

Count	Outputs			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

BCD Bi-Quinary (5-2) (Note 3)

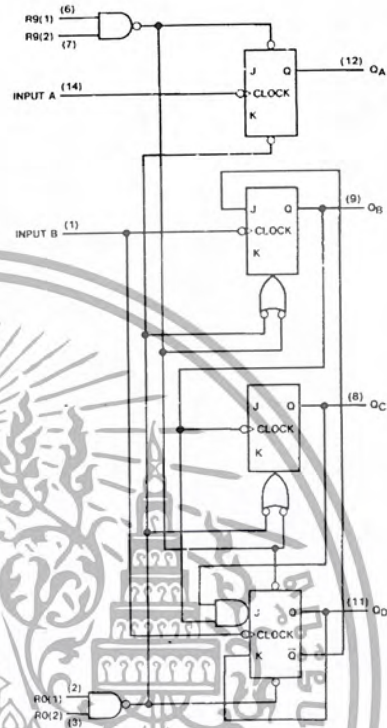
Count	Outputs			
	Q <sub>A</sub>	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	H	L	L	L
6	H	L	L	H
7	H	L	H	L
8	H	L	H	H
9	H	H	L	L

Reset/Count Function Table

Reset Inputs				Outputs			
R0(1)	R0(2)	R9(1)	R9(2)	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

- Note 1: H = High Level, L = Low Level, X = Don't Care.
- Note 2: Output Q<sub>A</sub> is connected to input B for BCD count.
- Note 3: Output Q<sub>D</sub> is connected to input A for bi-quinary count.

**Logic Diagram**



The J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings**(Note 4)

Supply Voltage	7V	Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Input Voltage	5.5V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

**Recommended Operating Conditions**

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage	2			V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage			0.8	V
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current			-0.8	mA
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current			16	mA
f <sub>CLK</sub>	Clock Frequency (Note 5)	A 0		32	MHz
t <sub>w</sub>	Pulse Width (Note 5)	A 15 B 30 Reset 15			ns
t <sub>REL</sub>	Reset Release Time (Note 5)	25			ns
T <sub>A</sub>	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

**Note 4:** The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

**Note 5:** T<sub>A</sub> = 25°C and V<sub>CC</sub> = 5V.

**DC Electrical Characteristics**

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 6)	Max	Units
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -12 mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OH</sub> = Max V <sub>IL</sub> = Max, V <sub>IH</sub> = Min	2.4	3.4		V
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = Max V <sub>IH</sub> = Min, V <sub>IL</sub> = Max (Note 7)		0.2	0.4	V
I <sub>I</sub>	Input Current @ Max Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 5.5V			1	mA
I <sub>IH</sub>	High Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max V <sub>I</sub> = 2.7V	A Reset B		80 40 120	μA
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max V <sub>I</sub> = 0.4V	A Reset B		-3.2 -1.6 -4.8	mA
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max (Note 8)	DM54 DM74	-20 -18	-57 -57	mA
I <sub>CC</sub>	Supply Current	V <sub>CC</sub> = Max (Note 9)		29	42	mA

**Note 6:** All typicals are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

**Note 7:** Q<sub>A</sub> outputs are tested at I<sub>OL</sub> = Max plus the limit value of I<sub>IL</sub> for the B input. This permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.

**Note 8:** Not more than one output should be shorted at a time.

**Note 9:** I<sub>CC</sub> is measured with all outputs open, both RO inputs grounded following momentary connection to 4.5V, and all other inputs grounded.

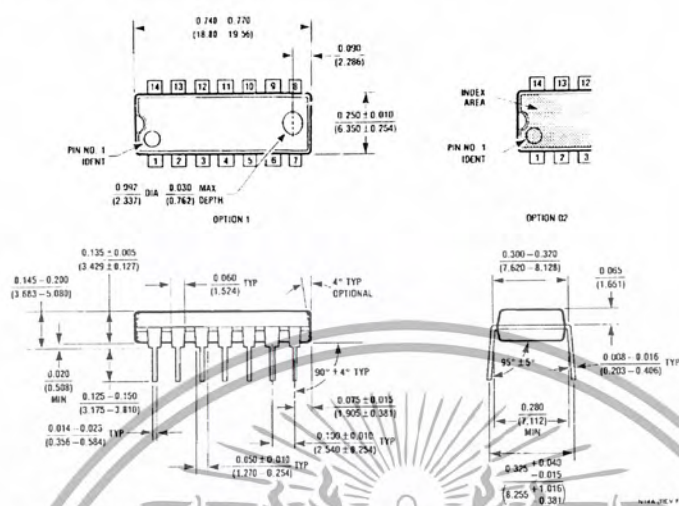
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	$R_L = 400\Omega$ $C_L = 15\text{ pF}$		Units
			Min	Max	
$f_{MAX}$	Maximum Clock Frequency	A to $Q_A$ B to $Q_B$	32 16		MHz
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	A to $Q_A$		16	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	A to $Q_A$		18	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	A to $Q_D$		48	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	A to $Q_D$		50	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	B to $Q_B$		16	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	B to $Q_B$		21	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	B to $Q_C$		32	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	B to $Q_C$		35	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	B to $Q_D$		32	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	B to $Q_D$		35	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time Low to High Level Output	SET-9 to $Q_A, Q_D$		30	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	SET-9 to $Q_B, Q_C$		40	ns
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time High to Low Level Output	SET-0 Any Q		40	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package, JEDEC MS-001, 0.300" Wide Package Number N14A

**LIFE SUPPORT POLICY**

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

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

[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# NE555, NE555Y, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

SLFS022A – SEPTEMBER 1973 – REVISED SEPTEMBER 2000

electrical characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V to }15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		SE555			NE555 SA555 SE555C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
THRES voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$		9.4	10	10.6	8.8	10	11.2	V
	$V_{CC} = 5\text{ V}$		2.7	3.3	4	2.4	3.3	4.2	
THRES current (see Note 3)			30	250		30	250	nA	
TRIG voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$		4.8	5	5.2	4.5	5	5.6	V
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	3		6				
	$V_{CC} = 5\text{ V}$		1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			1.9				
TRIG current	TRIG at 0 V			0.5	0.9		0.5	2	$\mu\text{A}$
RESET voltage level			0.3	0.7	1	0.3	0.7	1	V
	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$				1.1				
RESET current	RESET at $V_{CC}$			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
	RESET at 0 V			-0.4	-1		-0.4	-1.5	
DISCH switch off-state current				20	100		20	100	nA
CONT voltage (open circuit)	$V_{CC} = 15\text{ V}$		9.6	10	10.4	9	10	11	V
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	9.6		10.4				
	$V_{CC} = 5\text{ V}$		2.9	3.3	3.8	2.6	3.3	4	
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2.9		3.8				
Low-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $I_{OL} = 10\text{ mA}$		0.1	0.15		0.1	0.25	V	
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			0.2				
	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $I_{OL} = 50\text{ mA}$		0.4	0.5		0.4	0.75		
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			1				
	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $I_{OL} = 100\text{ mA}$		2	2.2		2	2.5		
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			2.7				
	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $I_{OL} = 200\text{ mA}$		2.5		2.5				
	$V_{CC} = 5\text{ V}$ , $I_{OL} = 3.5\text{ mA}$			0.35					
$V_{CC} = 5\text{ V}$ , $I_{OL} = 5\text{ mA}$		0.1	0.2		0.1	0.35			
$V_{CC} = 5\text{ V}$ , $I_{OL} = 8\text{ mA}$			0.15	0.25		0.15	0.4		
High-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $I_{OH} = -100\text{ mA}$		13	13.3		12.75	13.3	V	
		$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	12						
	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $I_{OH} = -200\text{ mA}$		12.5		12.5				
	$V_{CC} = 5\text{ V}$ , $I_{OH} = -100\text{ mA}$		3	3.3		2.75	3.3		
Supply current	Output low, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$		10	12		10	15	mA
		$V_{CC} = 5\text{ V}$		3	5		3	6	
	Output high, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$		9	10		9	13	
		$V_{CC} = 5\text{ V}$		2	4		2	5	

NOTE 3: This parameter influences the maximum value of the timing resistors  $R_A$  and  $R_B$  in the circuit of Figure 12. For example, when  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , the maximum value is  $R = R_A + R_B = 3.4\text{ M}\Omega$ , and for  $V_{CC} = 15\text{ V}$ , the maximum value is  $10\text{ M}\Omega$ .



# NE555, NE555Y, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

SLFS022A – SEPTEMBER 1973 – REVISED SEPTEMBER 2000

operating characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  and  $15\text{ V}$

PARAMETER		TEST CONDITIONS†	SE555			NE555 SA555 SE555C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Initial error of timing interval‡	Each timer, monostable§	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.5%	1.5%*		1%	3%		
	Each timer, astable¶		1.5%		2.25%				
Temperature coefficient of timing interval	Each timer, monostable§	$T_A = \text{MIN to MAX}$	30	100*		50		ppm/°C	
	Each timer, astable¶		90		150				
Supply-voltage sensitivity of timing interval	Each timer, monostable§	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.05	0.2*		0.1	0.5	%V	
	Each timer, astable¶		0.15		0.3				
Output-pulse rise time		$C_L = 15\text{ pF}$ ,	100	200*		100	300	ns	
Output-pulse fall time		$T_A = 25^\circ\text{C}$	100	200*		100	300		

\* On products compliant to MIL-PRF-38535, this parameter is not production tested.

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

‡ Timing interval error is defined as the difference between the measured value and the average value of a random sample from each process run.

§ Values specified are for a device in a monostable circuit similar to Figure 9, with the following component values:  $R_A = 2\text{ k}\Omega$  to  $100\text{ k}\Omega$ ,  $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ .

¶ Values specified are for a device in an astable circuit similar to Figure 12, with the following component values:  $R_A = 1\text{ k}\Omega$  to  $100\text{ k}\Omega$ ,  $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ .



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# NE555, NE555Y, SA555, SE555, SE555C PRECISION TIMERS

SLFS022A - SEPTEMBER 1973 - REVISED SEPTEMBER 2000

electrical characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V to }15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE555Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
THRES voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$	8.8	10	11.2	V
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	2.4	3.3	4.2	
THRES current (see Note 4)			30	250	nA
TRIG voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$	4.5	5	5.6	V
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	1.1	1.67	2.2	
TRIG current	TRIG at 0 V		0.5	2	$\mu\text{A}$
RESET voltage level		0.3	0.7	1	V
RESET current	RESET at $V_{CC}$		0.1	0.4	mA
	RESET at 0 V		-0.4	-1.5	
DISCH switch off-state current			20	100	nA
CONT voltage (open circuit)	$V_{CC} = 15\text{ V}$	9	10	11	V
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	2.6	3.3	4	
Low-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$	$I_{OL} = 10\text{ mA}$	0.1	0.25	V
		$I_{OL} = 50\text{ mA}$	0.4	0.75	
		$I_{OL} = 100\text{ mA}$	2	2.5	
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	$I_{OL} = 200\text{ mA}$	2.5		
		$I_{OL} = 5\text{ mA}$	0.1	0.35	
		$I_{OL} = 8\text{ mA}$	0.15	0.4	
High-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$	$I_{OH} = -100\text{ mA}$	12.75	13.3	V
		$I_{OH} = -200\text{ mA}$		12.5	
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	$I_{OH} = -100\text{ mA}$	2.75	3.3	
Supply current	Output low, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$	10	15	mA
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	3	6	
	Output high, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$	9	13	
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	2	5	

NOTES: 4. This parameter influences the maximum value of the timing resistors  $R_A$  and  $R_B$  in the circuit of Figure 12. For example, when  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , the maximum value is  $R = R_A + R_B = 3.4\text{ M}\Omega$ , and for  $V_{CC} = 15\text{ V}$ , the maximum value is  $10\text{ M}\Omega$ .

operating characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V and }15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE555Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
Initial error of timing interval†	Each timer, monostable‡		1%	3%	
	Each timer, astable§		2.25%		
Supply-voltage sensitivity of timing interval	Each timer, monostable‡		0.1	0.5	%V
	Each timer, astable§		0.3		
Output-pulse rise time	$C_L = 15\text{ pF}$		100	300	ns
Output-pulse fall time			100	300	

† Timing interval error is defined as the difference between the measured value and the average value of a random sample from each process run.

‡ Values specified are for a device in a monostable circuit similar to Figure 9, with the following component values:  $R_A = 2\text{ k}\Omega$  to  $100\text{ k}\Omega$ ,  $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ .

§ Values specified are for a device in an astable circuit similar to Figure 12, with the following component values:  $R_A = 1\text{ k}\Omega$  to  $100\text{ k}\Omega$ ,  $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ .



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PNP general purpose transistors

BCY70; BCY71

FEATURES

- Low current (max. 200 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

APPLICATIONS

- General purpose industrial applications.

DESCRIPTION

PNP transistor in a TO-18 metal package.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

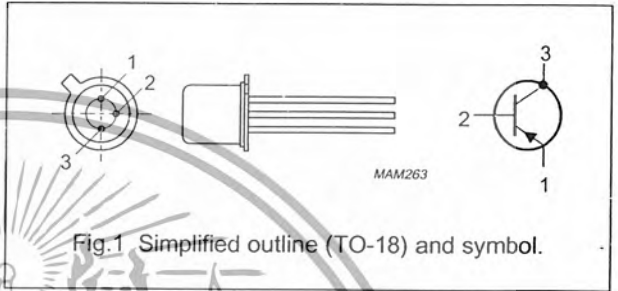


Fig.1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CBO}$	collector-base voltage	open emitter			
	BCY70		-	-50	V
	BCY71		-	-45	V
$V_{CEO}$	collector-emitter voltage	open base			
	BCY70		-	-40	V
	BCY71		-	-45	V
$I_{CM}$	peak collector current		-	-200	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	-	350	mW
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -1\text{ V}$	100	-	
$f_T$	transition frequency	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	-	MHz

## PNP general purpose transistors

BCY70; BCY71

## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V <sub>CBO</sub>	collector-base voltage	open emitter			
	BCY70		-	-50	V
	BCY71		-	-45	V
V <sub>CEO</sub>	collector-emitter voltage	open base			
	BCY70		-	-40	V
	BCY71		-	-45	V
V <sub>EBO</sub>	emitter-base voltage	open collector	-	-5	V
I <sub>C</sub>	collector current (DC)		-	-200	mA
I <sub>CM</sub>	peak collector current		-	-200	mA
I <sub>BM</sub>	peak base current		-	-100	mA
P <sub>tot</sub>	total power dissipation	T <sub>amb</sub> ≤ 25 °C	-	350	mW
T <sub>stg</sub>	storage temperature		-65	+150	°C
T <sub>j</sub>	junction temperature			200	°C
T <sub>amb</sub>	operating ambient temperature		-65	+150	°C

## THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R <sub>th j-a</sub>	thermal resistance from junction to ambient	in free air	500	K/W
R <sub>th j-c</sub>	thermal resistance from junction to case		150	K/W

## PNP general purpose transistors

BCY70; BCY71

## CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$I_{CBO}$	collector cut-off current BCY70	$I_E = 0; V_{CB} = -50\text{ V}$	-	-20	nA
$I_{CBO}$	collector cut-off current BCY71	$I_E = 0; V_{CB} = -50\text{ V}; T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$	-	-5	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = -4\text{ V}$	-	-5	$\mu\text{A}$
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 0; V_{EB} = -4\text{ V}; T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$	-	-10	nA
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 0; V_{EB} = -5\text{ V}$	-	-2	$\mu\text{A}$
$h_{FE}$	DC current gain	$V_{CE} = -1\text{ V}$	-	-500	nA
$h_{FE}$	DC current gain BCY70	$I_C = -10\text{ }\mu\text{A}$	60	-	
$h_{FE}$	DC current gain BCY71	$I_C = -0.1\text{ mA}$	80	-	
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = -1\text{ mA}$	100	-	
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = -50\text{ mA}$	45	-	
$h_{FE}$	DC current gain BCY70 BCY71	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -1\text{ V}$	100	-	
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -1\text{ mA}$	-	500	mV
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage	$I_C = -50\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$	-	-250	mV
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -1\text{ mA}$	-	-500	mV
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage	$I_C = -50\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$	-	-600	mV
$C_c$	collector capacitance	$I_E = I_C = 0; V_{CB} = -10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	-1.2	V
$C_e$	emitter capacitance	$I_C = I_E = 0; V_{EB} = -1\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	6	pF
$f_T$	transition frequency	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	-	MHz
F	noise figure BCY70	$I_C = -100\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = -5\text{ V}; R_S = 1\text{ k}\Omega;$ $f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$	-	6	dB
F	noise figure BCY71		-	2	dB
<b>Switching times (between 10% and 90% levels)</b>					
BCY70					
$t_{on}$	turn-on time	$I_{Con} = -10\text{ mA}; I_{Bon} = -1\text{ mA}; I_{Boff} = 1\text{ mA}$	-	65	ns
$t_d$	delay time		-	35	ns
$t_r$	rise time		-	35	ns
$t_{off}$	turn-off time		-	500	ns
$t_s$	storage time		-	420	ns
$t_f$	fall time		-	80	ns

**1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448**



DO-35



LL-34

THE PLACEMENT OF THE EXTENSION LEAD  
MAY BE RELATED TO THE LOCATION  
OF THE CATHODE TERMINAL.

**COLOR BAND MARKING**

DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FDL1914	BLACK	BROWN
FDL1914A	BLACK	GRAY
FDL1914B	BROWN	BLACK
FDL1916	BLACK	RED
FDL1916A	BLACK	WHITE
FDL1916B	BROWN	BROWN
FDL1418	BLACK	BROWN
FDL1448	BROWN	BLACK

**Small Signal Diode**

**Absolute Maximum Ratings\***

*T<sub>J</sub> = 25°C unless otherwise noted*

Symbol	Parameter	Value	Units
V <sub>RRM</sub>	Maximum Repetitive Reverse Voltage	100	V
I <sub>F(AV)</sub>	Average Rectified Forward Current	200	mA
I <sub>FSM</sub>	Non-repetitive Peak Forward Surge Current	1.0	A
	Pulse Width = 1.0 second	4.0	A
T <sub>stg</sub>	Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
T <sub>J</sub>	Operating Junction Temperature	175	°C

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

**NOTES:**

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

**Thermal Characteristics**

Symbol	Characteristic	Max	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P <sub>D</sub>	Power Dissipation	500	mW
R <sub>thJA</sub>	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	°C/W

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Small Signal Diode (continued)

### Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
$V_R$	Breakdown Voltage	$I_R = 100 \mu\text{A}$ $I_R = 5.0 \mu\text{A}$	100 75		V V
$V_F$	Forward Voltage	<b>1N914B/4448</b> <b>1N916B</b> <b>1N914/916/4148</b> <b>1N914A/916A</b> <b>1N916B</b> <b>1N914B/4448</b>	620 630	720 730 1.0 1.0 1.0 1.0	mV mV V V V V
$I_R$	Reverse Current	$V_R = 20 \text{ V}$ $V_R = 20 \text{ V}, T_A = 150^\circ\text{C}$ $V_R = 75 \text{ V}$		25 50 5.0	nA $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$C_T$	Total Capacitance	<b>1N916A/B/4448</b> <b>1N914A/B/4148</b>		2.0	pF
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	$V_R = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$ $V_R = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$ $I_F = 10 \text{ mA}, V_R = 6.0 \text{ V (60mA)}$ $I_F = 1.0 \text{ mA}, R_L = 100\Omega$		4.0 4.0	pF ns

### Typical Characteristics

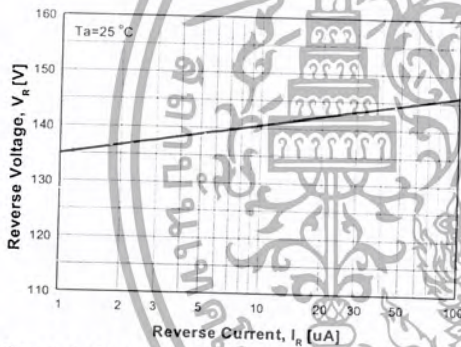


Figure 1. Reverse Voltage vs Reverse Current  
BV - 1.0 to 100  $\mu\text{A}$

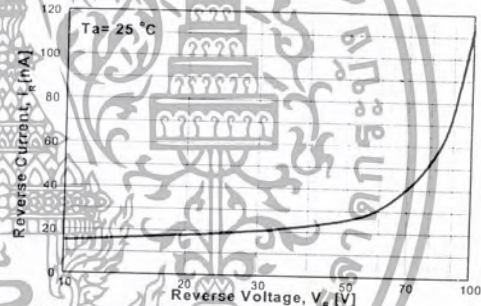


Figure 2. Reverse Current vs Reverse Voltage  
IR - 10 to 160 V

GENERAL RULE: The Reverse Current of a diode will approximately double for every ten (10) Degree C increase in Temperature

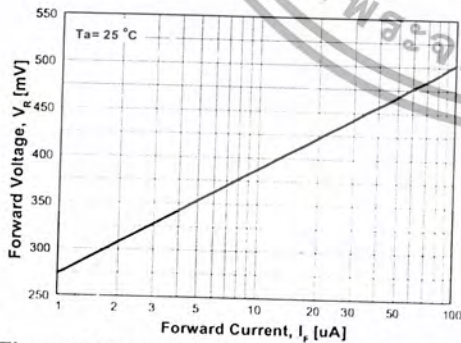


Figure 3. Forward Voltage vs Forward Current  
VF - 1 to 100  $\mu\text{A}$

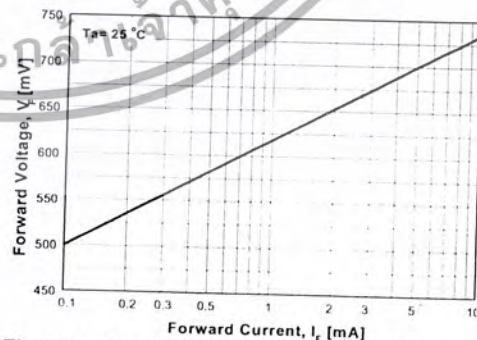


Figure 4. Forward Voltage vs Forward Current  
VF - 0.1 to 10 mA

1N/FD/L 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงผู้ค้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics (continued)

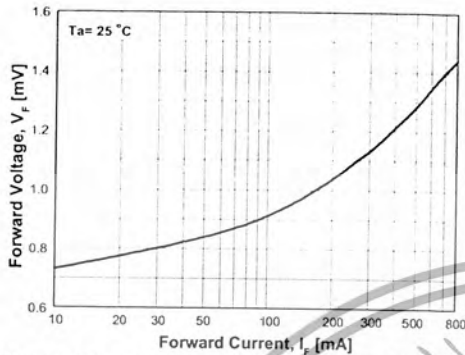


Figure 5. Forward Voltage vs Forward Current  
VF - 10 to 800 mA

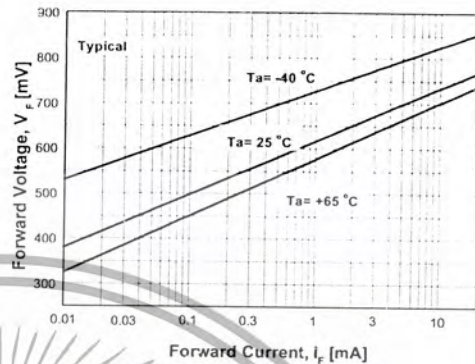


Figure 6. Forward Voltage  
vs Ambient Temperature  
VF - 0.01 - 20 mA (-40 to +65 Deg C)

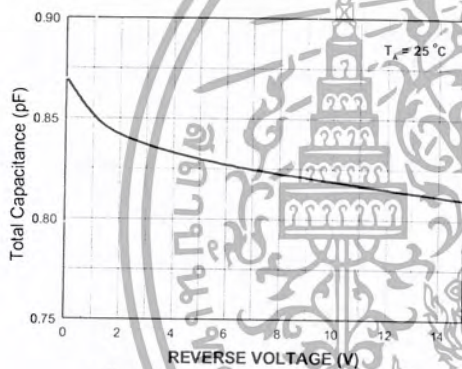


Figure 7. Total Capacitance

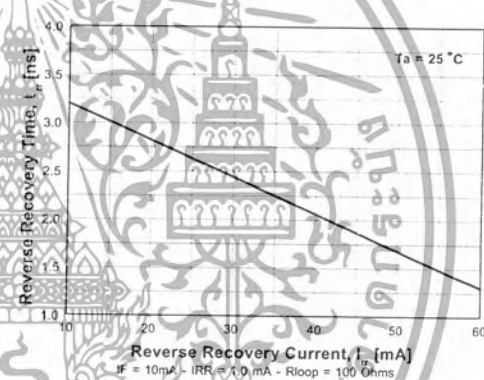


Figure 8. Reverse Recovery Time vs  
Reverse Recovery Current

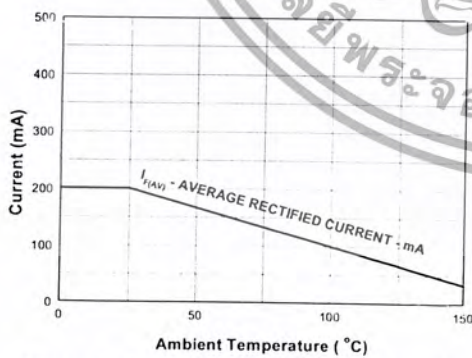


Figure 9. Average Rectified Current ( $I_{F(AV)}$ )  
versus Ambient Temperature ( $T_A$ )

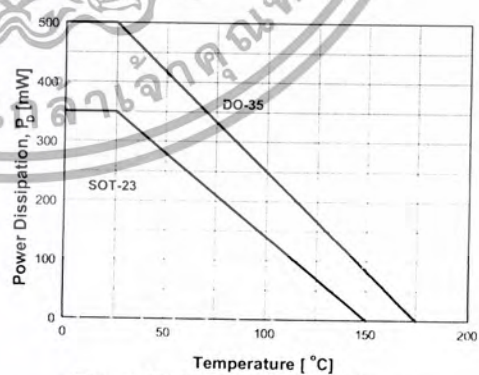


Figure 10. Power Derating Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 1N4001 - 1N4007

## Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41

COLOR BAND DENOTES CATHODE

## General Purpose Rectifiers

### Absolute Maximum Ratings\*

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
$V_{RRM}$	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
$I_{FSM}$	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
$T_J$	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

### Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
$P_D$	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$

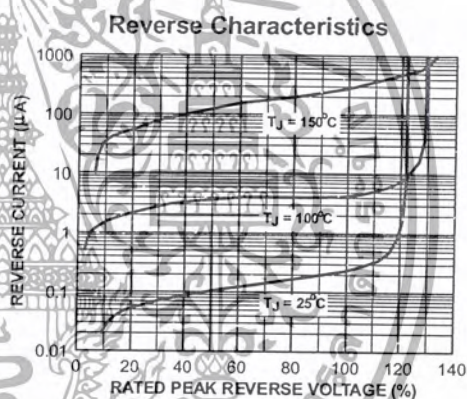
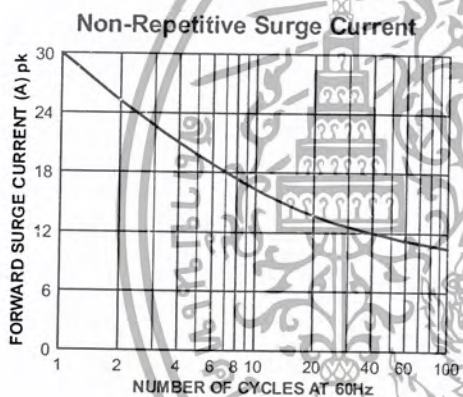
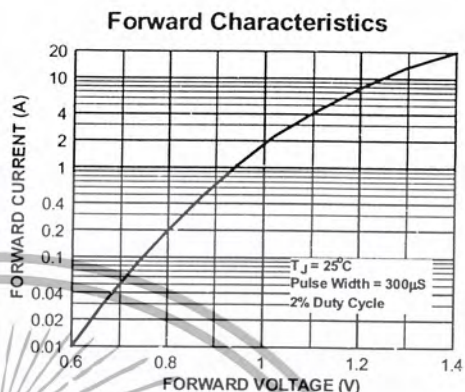
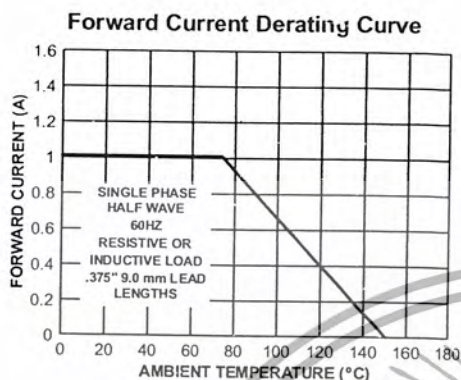
### Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
$V_F$	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
$I_r$	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30							$\mu\text{A}$
$I_R$	Reverse Current @ rated $V_R$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0							$\mu\text{A}$
		500							$\mu\text{A}$
$C_T$	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}$ , $f = 1.0\text{ MHz}$	15							pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Quad, 1MHz, Operational Amplifiers for Commercial, Industrial, and Military Applications**

The CA124, CA224, CA324, LM324, and LM2902 consist of four independent, high-gain operational amplifiers on a single monolithic substrate. An on-chip capacitor in each of the amplifiers provides frequency compensation for unity gain. These devices are designed specially to operate from either single or dual supplies, and the differential voltage range is equal to the power-supply voltage. Low power drain and an input common-mode voltage range from 0V to V+ -1.5V (single-supply operation) make these devices suitable for battery operation.

**Ordering Information**

PART NUMBER (BRAND)	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CA0124E	-55 to 125	14 Ld PDIP	E14.3
CA0124M (124)	-55 to 125	14 Ld SOIC	M14.15
CA0124M96 (124)	-55 to 125	14 Ld SOIC Tape and Reel	M14.15
CA0224E	-40 to 85	14 Ld PDIP	E14.3
CA0224M (224)	-40 to 85	14 Ld SOIC	M14.15
CA0324E	0 to 70	14 Ld PDIP	E14.3
CA0324M (324)	0 to 70	14 Ld SOIC	M14.15
CA0324M96 (324)	0 to 70	14 Ld SOIC Tape and Reel	M14.15
LM324N	0 to 70	14 Ld PDIP	E14.3
LM2902N	-40 to 85	14 Ld PDIP	E14.3
LM2902M (2902)	-40 to 85	14 Ld SOIC	M14.15
LM2902M96 (2902)	-40 to 85	14 Ld SOIC Tape and Reel	M14.15

**Features**

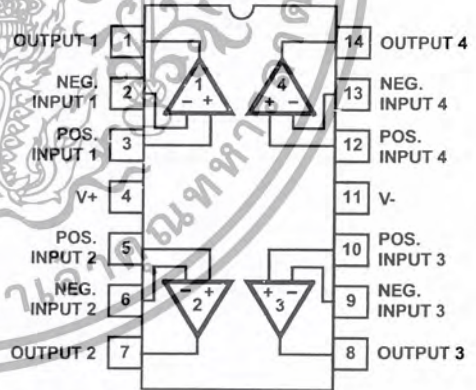
- Operation from Single or Dual Supplies
- Unity-Gain Bandwidth. . . . . 1MHz (Typ)
- DC Voltage Gain. . . . . 100dB (Typ)
- Input Bias Current . . . . . 45nA (Typ)
- Input Offset Voltage . . . . . 2mV (Typ)
- Input Offset Current
  - CA224, CA324, LM324, LM2902 . . . . . 5nA (Typ)
  - CA124. . . . . 3nA (Typ)
- Replacement for Industry Types 124, 224, 324

**Applications**

- Summing Amplifiers
- Multivibrators
- Oscillators
- Transducer Amplifiers
- DC Gain Blocks

**Pinout**

CA124, CA224, CA324, LM2902 (PDIP, SOIC)  
LM324 (PDIP)  
TOP VIEW



# CA124, CA224, CA324, LM324, LM2902

## Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	32V or $\pm 16V$
Differential Input Voltage	32V
Input Voltage	-0.3V to 32V
Input Current ( $V_I < -0.3V$ , Note 1)	50mA
Output Short Circuit Duration ( $V+ \leq 15V$ , Note 2)	Continuous

## Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 3)	$\theta_{JA}$ ( $^{\circ}C/W$ )
PDIP Package	95
SOIC Package	175
Maximum Junction Temperature (Die)	175 $^{\circ}C$
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150 $^{\circ}C$
Maximum Storage Temperature Range	-65 $^{\circ}C$ to 150 $^{\circ}C$
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300 $^{\circ}C$
(SOIC - Lead Tips Only)	

## Operating Conditions

Temperature Range	
CA124	-55 $^{\circ}C$ to 125 $^{\circ}C$
CA224, LM2902	-40 $^{\circ}C$ to 85 $^{\circ}C$
CA324, LM324	0 $^{\circ}C$ to 70 $^{\circ}C$

**CAUTION:** Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

## NOTES:

1. This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. This current is due to the collector base junction of the input p-n-p transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral n-p-n parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the amplifiers to go to the  $V+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This transistor action is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3V.
2. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of  $V+$ . Continuous short circuits at  $V+ > 15V$  can cause excessive power dissipation and eventual destruction. Short circuits from the output to  $V+$  can cause overheating and eventual destruction of the device.
3.  $\theta_{JA}$  is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

## Electrical Specifications

Values Apply for Each Operational Amplifier. Supply Voltage  $V+ = 5V$ ,  $V- = 0V$ , Unless Otherwise Specified

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TEMP. ( $^{\circ}C$ )	CA124			CA224, CA324, LM324			LM2902			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage (Note 6)		25	-	2	5	-	2	7	-	-	-	mV
		Full	-	-	7	-	-	9	-	-	10	mV
Average Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	Full	-	7	-	7	-	-	7	-	-	$\mu V/^{\circ}C$
Differential Input Voltage (Note 5)		Full	-	-	$V+$	-	-	$V+$	-	-	$V+$	V
Input Common Mode Voltage Range (Note 5)	$V+ = 30V$	25	0	-	$V+ - 1.5$	0	-	$V+ - 1.5$	-	-	-	V
	$V+ = 30V$	Full	0	-	$V+ - 2$	0	-	$V+ - 2$	-	-	-	V
	$V+ = 26V$	Full	-	-	-	-	-	-	0	-	$V+ - 2$	V
Common Mode Rejection Ratio	DC	25	70	85	-	65	70	-	-	-	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	DC	25	65	100	-	65	100	-	-	-	-	dB
Input Bias Current (Note 4)	$I_{I+}$ or $I_{I-}$	25	-	45	150	-	45	250	-	-	-	nA
	$I_{I+}$ or $I_{I-}$	Full	-	-	300	-	-	500	-	40	500	nA
Input Offset Current	$I_{I+} - I_{I-}$	25	-	3	30	-	5	50	-	-	-	nA
	$I_{I+} - I_{I-}$	Full	-	-	100	-	-	150	-	45	200	nA
Average Input Offset Current Drift		Full	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$pA/^{\circ}C$
Large Signal Voltage Gain	$R_L \geq 2k\Omega$ , $V+ = 15V$ (For Large $V_O$ Swing)	25	94	100	-	88	100	-	-	-	-	dB
	$R_L \geq 2k\Omega$ , $V+ = 15V$ (For Large $V_O$ Swing)	Full	88	-	-	83	-	-	83	-	-	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CA124, CA224, CA324, LM324, LM2902

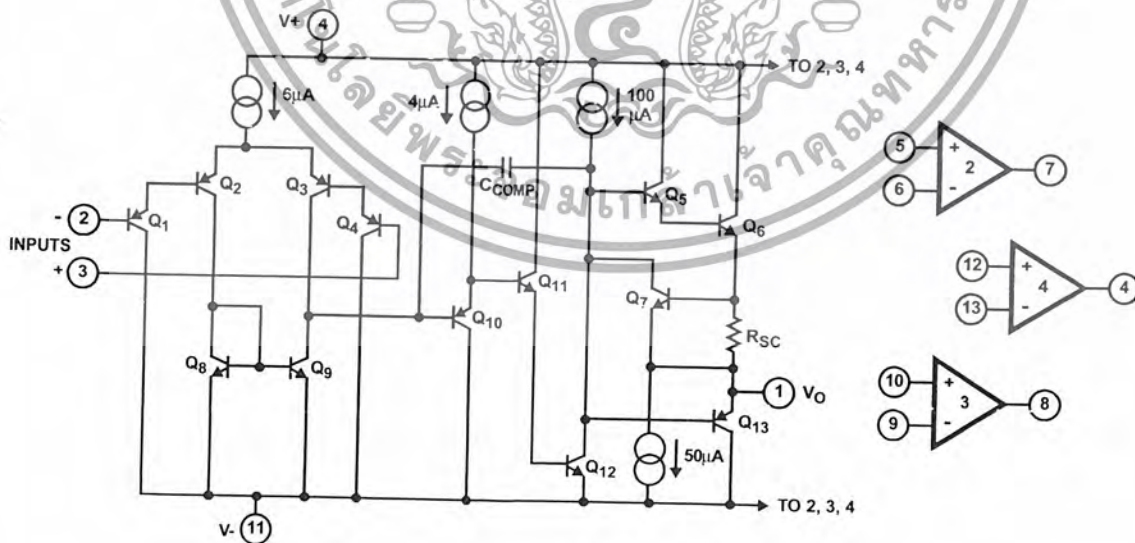
**Electrical Specifications** Values Apply for Each Operational Amplifier. Supply Voltage  $V_+ = 5V$ ,  $V_- = 0V$ , Unless Otherwise Specified **(Continued)**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TEMP. (°C)	CA124			CA224, CA324, LM324			LM2902			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output Voltage Swing	$R_L = 2k\Omega$	25	0	-	$V_+ - 1.5$	0	-	$V_+ - 1.5$	-	-	-	V
	High Level											
	$R_L = 2k\Omega, V_+ = 30V$	Full	26	-	-	26	-	-	-	-	-	V
	$R_L = 2k\Omega, V_+ = 26V$	Full	-	-	-	-	-	-	22	-	-	V
	$R_L = 10k\Omega, V_+ = 30V$	Full	27	28	-	27	28	-	23	28	-	V
Low Level												
$R_L = 10k\Omega$	Full	-	5	20	-	5	20	-	5	100	mV	
Output Current	Source											
	$V_{I+} = +1V, V_{I-} = 0V, V_+ = 15V$	25	20	40	-	20	40	-	-	-	-	mA
	$V_{I+} = 1V, V_{I-} = 0, V_+ = 15V$	Full	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
	Sink											
	$V_{I+} = 0V, V_{I-} = 1V, V_+ = 15V$	25	10	20	-	10	20	-	-	-	-	mA
$V_{I+} = 0V, V_{I-} = 1V, V_O = 200mV$	25	12	50	-	12	50	-	-	-	-	$\mu A$	
$V_{I-} = 1V, V_{I+} = 0, V_+ = 15V$	Full	5	8	-	5	8	-	5	8	-	mA	
Crosstalk	$f = 1$ to $20kHz$ (Input Referred)	25	-	-120	-	-	-120	-	-	-	-	dB
Total Supply Current	$R_L = \infty$	Full	-	0.8	2	-	0.8	2	-	0.7	1.2	mA
	$R_L = \infty, V_+ = 26V$	Full	-	-	-	-	-	-	-	1.5	3	mA

**NOTES:**

- Due to the PNP input stage the direction of the input current is out of the IC. No loading change exists on the input lines because the current is essentially constant, independent of the state of the output.
- The input signal voltage and the input common mode voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The positive limit of the common mode voltage range is  $V_+ - 1.5V$ , but either or both inputs can go to  $+32V$  without damage.
- $V_O = 1.4V, R_S = 0\Omega$  with  $V_+$  from 5V to 30V, and over the full input common mode voltage range (0V to  $V_+ - 1.5V$ ).

**Schematic Diagram** (One of Four Operational Amplifiers)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves

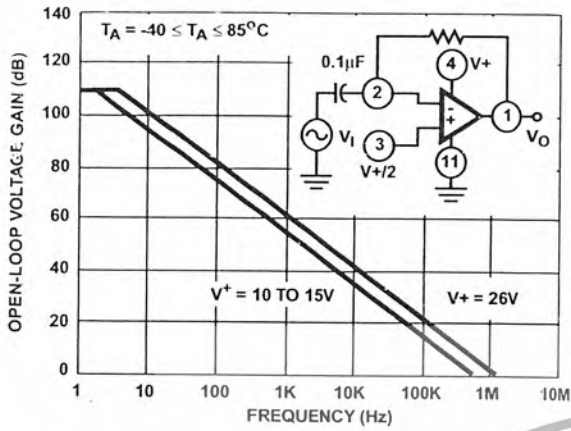


FIGURE 1. OPEN LOOP FREQUENCY RESPONSE

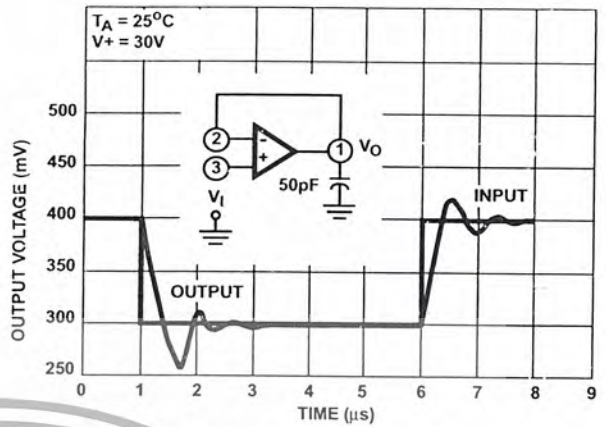


FIGURE 2. VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE (SMALL SIGNAL)

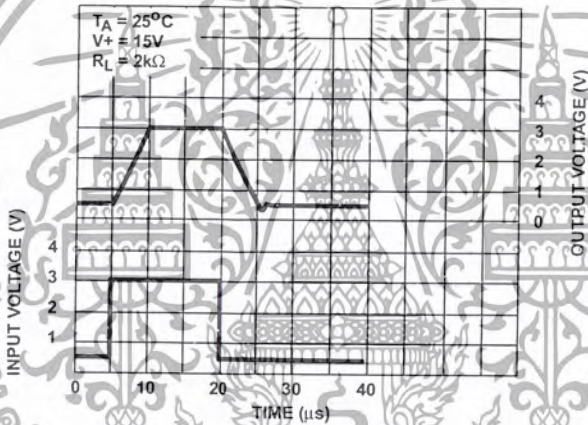


FIGURE 3. VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE (LARGE SIGNAL)

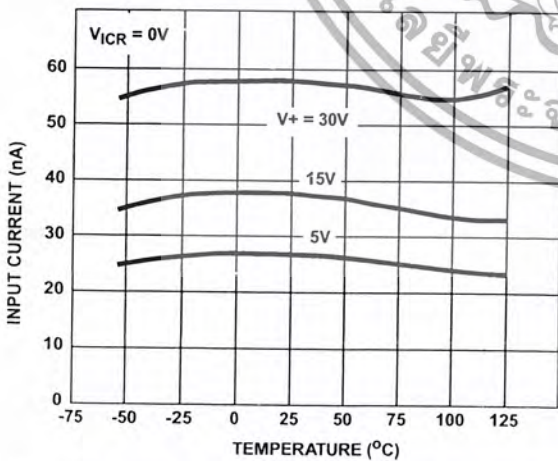


FIGURE 4. INPUT CURRENT vs AMBIENT TEMPERATURE

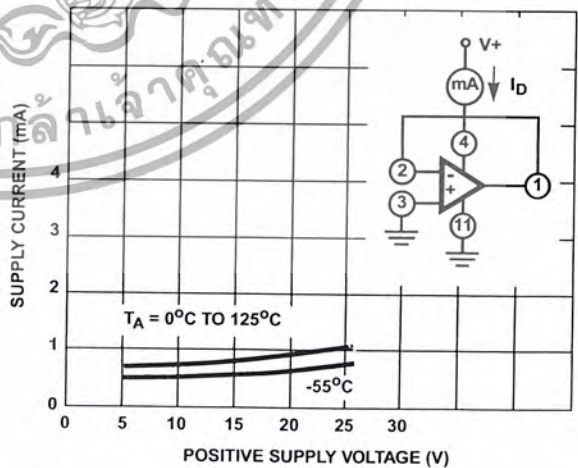


FIGURE 5. SUPPLY CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves (Continued)

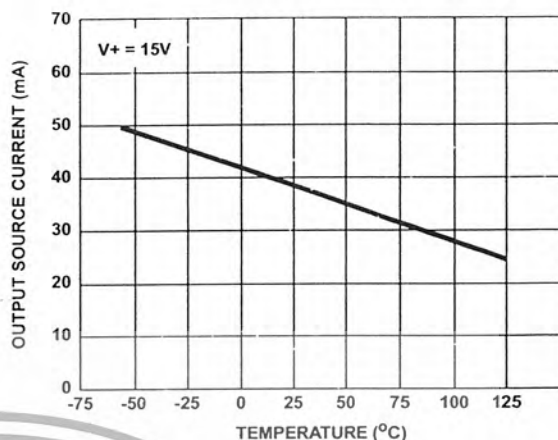
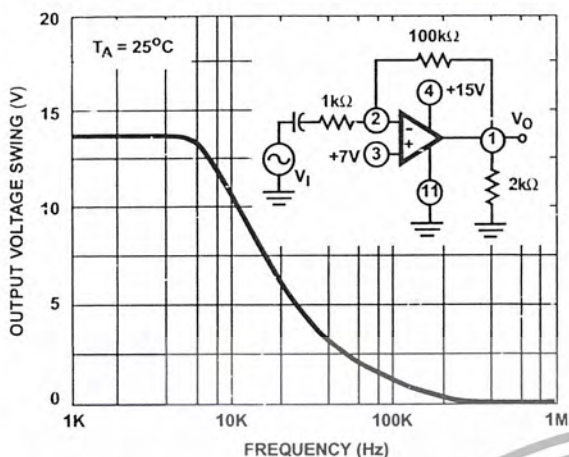


FIGURE 6. LARGE SIGNAL FREQUENCY RESPONSE

FIGURE 7. OUTPUT CURRENT vs AMBIENT TEMPERATURE

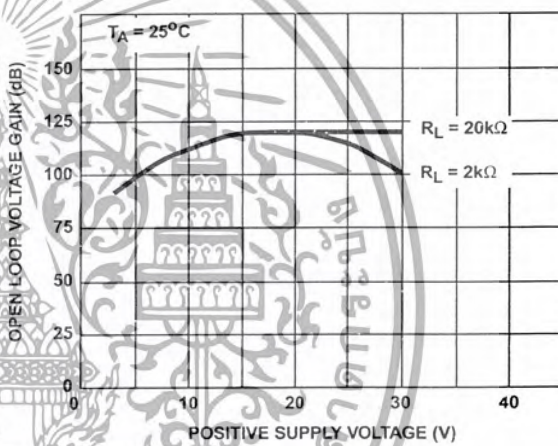
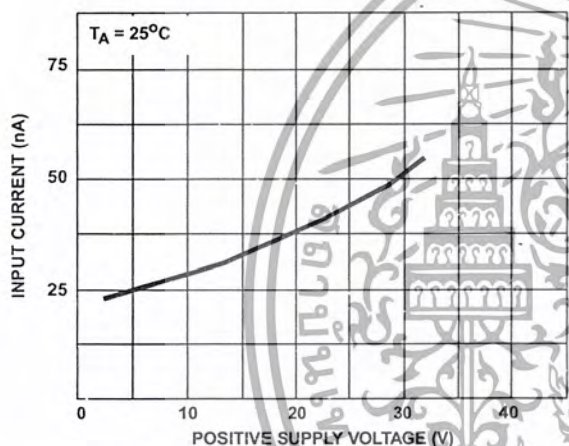
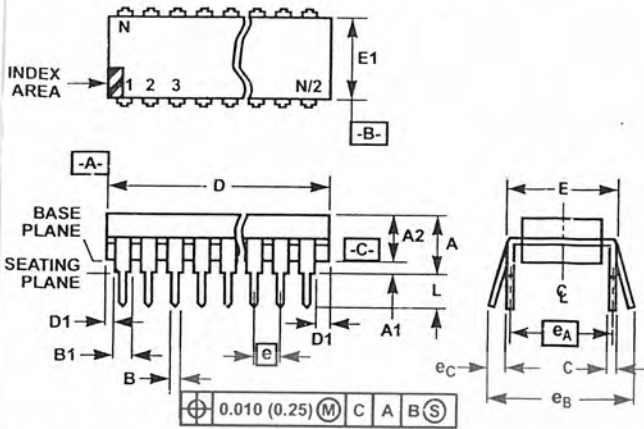


FIGURE 8. INPUT CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE

FIGURE 9. VOLTAGE GAIN vs SUPPLY VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E14.3 (JEDEC MS-001-AA ISSUE D)  
14 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

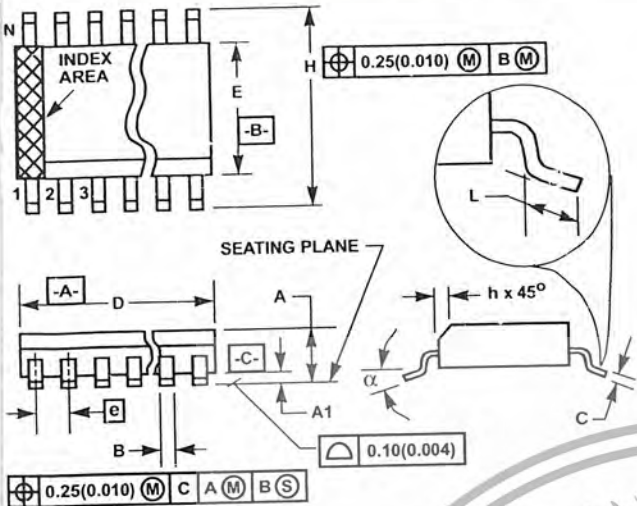
SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.210	-	5.33	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.115	0.195	2.93	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.045	0.070	1.15	1.77	8
C	0.008	0.014	0.204	0.355	-
D	0.735	0.775	18.66	19.68	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.300	0.325	7.62	8.25	6
E1	0.240	0.280	6.10	7.11	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
e <sub>A</sub>	0.300 BSC		7.62 BSC		6
e <sub>B</sub>	-	0.430	-	10.92	7
L	0.115	0.150	2.93	3.81	4
N	14		14		9

NOTES:

- Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
- Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
- Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
- Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
- D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- E and e<sub>A</sub> are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum [-C-].
- e<sub>B</sub> and e<sub>C</sub> are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e<sub>C</sub> must be zero or greater.
- B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- N is the maximum number of terminal positions.
- Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

Rev. 0 12/93

Small Outline Plastic Packages (SOIC)



M14.15 (JEDEC MS-012-AB ISSUE C)  
14 LEAD NARROW BODY SMALL OUTLINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	0.0532	0.0688	1.35	1.75	-
A1	0.0040	0.0098	0.10	0.25	-
B	0.013	0.020	0.33	0.51	9
C	0.0075	0.0098	0.19	0.25	-
D	0.3367	0.3444	8.55	8.75	3
E	0.1497	0.1574	3.80	4.00	4
e	0.050 BSC		1.27 BSC		-
H	0.2284	0.2440	5.80	6.20	-
h	0.0099	0.0196	0.25	0.50	5
L	0.016	0.050	0.40	1.27	6
N	14		14		7
$\alpha$	0°	-8°	0°	8°	-

- NOTES:
1. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication Number 95.
  2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
  3. Dimension "D" does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusion and gate burrs shall not exceed 0.15mm (0.006 inch) per side.
  4. Dimension "E" does not include interlead flash or protrusions. Interlead flash and protrusions shall not exceed 0.25mm (0.010 inch) per side.
  5. The chamfer on the body is optional. If it is not present, a visual index feature must be located within the crosshatched area.
  6. "L" is the length of terminal for soldering to a substrate.
  7. "N" is the number of terminal positions.
  8. Terminal numbers are shown for reference only.
  9. The lead width "B", as measured 0.36mm (0.014 inch) or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.61mm (0.024 inch).
  10. Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

Rev. 0 12/93



All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site [www.intersil.com](http://www.intersil.com)

Sales Office Headquarters

**NORTH AMERICA**  
Intersil Corporation  
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204  
Melbourne, FL 32902  
TEL: (321) 724-7000  
FAX: (321) 724-7240

**EUROPE**  
Intersil SA  
Mercure Center  
100, Rue de la Fusée  
1130 Brussels, Belgium  
TEL: (32) 2.724.2111  
FAX: (32) 2.724.22.05

**ASIA**  
Intersil (Taiwan) Ltd.  
7F-6, No. 101 Fu Hsing North Road  
Taipei, Taiwan  
Republic of China  
TEL: (886) 2 2716 9310  
FAX: (886) 2 2715 3029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้