



ระบบชุดประชุม  
conference system

โดย  
นายชาติ คัมภีระ  
นายสิริโรจน์ เพชรวิรุฆังค์

-1. ตุลาคม 2561  
วัน เดือน ปี.....  
เลขทะเบียน..... 038333  
เลขเรียกหนังสือ..... T. 31.954. 2561

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี 0383339

## หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบชุดประชุม

โดย

นายชาติรี กัมภีระ เลขประจำตัว 38012008

นายสิริโรจน์ เพชรวีรชวงศ์ เลขประจำตัว 38012034

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2539

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

.....กรรมการ

( )

ลิขสิทธิ์ของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบชุดประชุม conference system

โดย นาย ธาตรี คัมภีระ  
นาย สิริโรจน์ เพชรวีรชวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

### บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้ได้ออกแบบสร้างระบบชุดประชุม ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนภาคควบคุมการทำงาน โดยดีฟลิปฟลอปควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด ส่วนภาคปริโมค ใช้โอปแอมป์สัญญาณรบกวนต่ำ เอทท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ โดยค่าคาปาซิทีฟโหลดคิงไม่มีผลต่อสัญญาณ ส่วนภาคขยายเป็นแบบสัญญาณรบกวนต่ำ ภาคจ่ายไฟจ่ายแรงดัน ไฟตรงสองระดับคือ +5 โวลท์ และ +12 โวลท์

อย่างไรก็ตาม โครงการนี้ยังเป็นเพียงพื้นฐานที่ต้องนำไปปรับปรุง และพัฒนาวิธีการเพื่อเป็นประโยชน์สูงสุดในการใช้งานจริง

### ABSTRACT

This thesis describe the conferece system.This system is consist by 4 parts. The first part uses D F/F for controlling this system.The pre-microphone uses low noise amplifier, low impedance and capacitive loading does not effective to input signal.The part of amplifier is the low noise amplifier.This project uses the two level DC power supply.Those are +5 V and +12 V,respectively

However this project is basically aimed at the improvement and development method for the advantage in real working

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้ผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณ อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ ซึ่งท่านเป็นที่ปรึกษาผู้ให้คำแนะนำแนวความคิด ช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการค้าเนินการจัดทำปริญญาานิพนธ์ จนสามารถตามเป้าหมายที่วางไว้ ขอขอบคุณเพื่อนและน้อง ๆ ที่เป็นกำลังใจในการทำโครงการ สำหรับความสำเร็จของปริญญาานิพนธ์ ผู้เขียนขอยกให้กับบุพพการี ยาย ป้า พ่อและแม่ ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ที่กล่าวมา

ผู้จัดทำ



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นทั่วไป	2
บทที่ 3 ไมโครโฟนและลำโพง	
3.1 การเลือกซื้อและการใช้งาน : ไมโครโฟน	15
3.1.1 หลักการทำงานอย่างง่าย	15
3.1.2 การนำไปใช้งาน	17
3.1.3 อิมพีแดนซ์	20
3.1.4 ความไวต่อการรับเสียง	21
3.1.5 ผลตอบต่อความถี่	22
3.2 ลำโพง	23
3.2.1 การต่อลำโพงขยาย	26
3.2.2 สายลำโพง	29
บทที่ 4 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์	
4.1 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์ในอุดมคติ	32
4.2 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์ตามความเป็นจริง	34
4.3 ช่วงเวลาการสวิทช์	37
4.4 ช่วงเวลาการสวิทช์	39
4.5 การใช้ฟิลต์ออฟเฟกทรานซิสเตอร์เป็นสวิทช์	41
4.6 การใช้มอสเฟตเป็นสวิทช์	43
4.7 การใช้งานวงจรทรานซิสเตอร์ที่เป็นสวิทช์	43
บทที่ 5 โครงสร้างของวงจรโดยรวม	47
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	49
บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาโครงการ	64
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในการจัดหา CONFERENCE SYSTEM หรือระบบชุดประชุมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาใช้งานนั้นจะต้องเสียบค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง มีปัญหาในการติดตั้งและปัญหาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงจึงได้จัดทำโครงการนี้ขึ้น โดยเน้นเพื่อการศึกษาและนำมาใช้งานในภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

#### วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาระบบชุดประชุมที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ในห้องประชุม
2. เพื่อนำความรู้ที่ได้ศึกษาระบบชุดประชุมมาใช้ให้เกิดประโยชน์จริง
3. เพื่อให้เกิดประโยชน์ใช้งานจริง ในงานของภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
4. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อระบบชุดประชุมซึ่งมีราคาสูงมาก

#### ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้ระบบชุดประชุมที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ในห้องประชุม
2. นำความรู้ที่ได้ศึกษาระบบชุดประชุมมาใช้ให้เกิดประโยชน์จริง
3. ทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานจริง ในภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
4. ช่วยลดต้นทุนในการจัดซื้อและติดตั้งระบบ Conference System

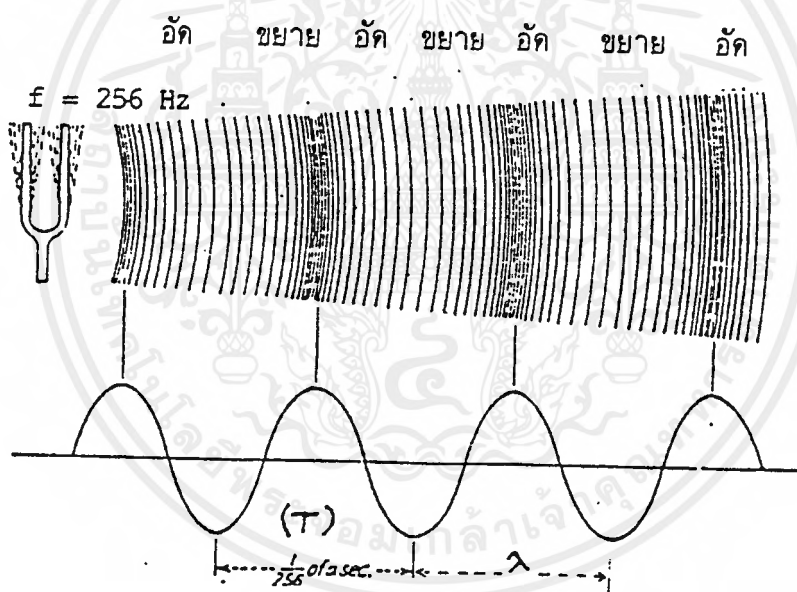
## บทที่ 2

### คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นทั่วไป

#### คลื่น (Wave)

คลื่นเกิดจากการแกว่งหรือสั่น (Oscillated) ของวัตถุ ซึ่งจะเกิดเป็นพลังงานและถ่ายเทออกจากแหล่งกำเนิดไปยังบริเวณโดยรอบ โดยคลื่นทั่วไปสามารถตามความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลาง กับทิศทางการเคลื่อนที่ได้ 2 ชนิด คือ

1. คลื่นตามขวาง (Longitudinal Wave) คือ คลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นเสียง เป็นต้น ซึ่งแสดงลักษณะของคลื่นตามยาวได้ดังรูปที่ 2.1

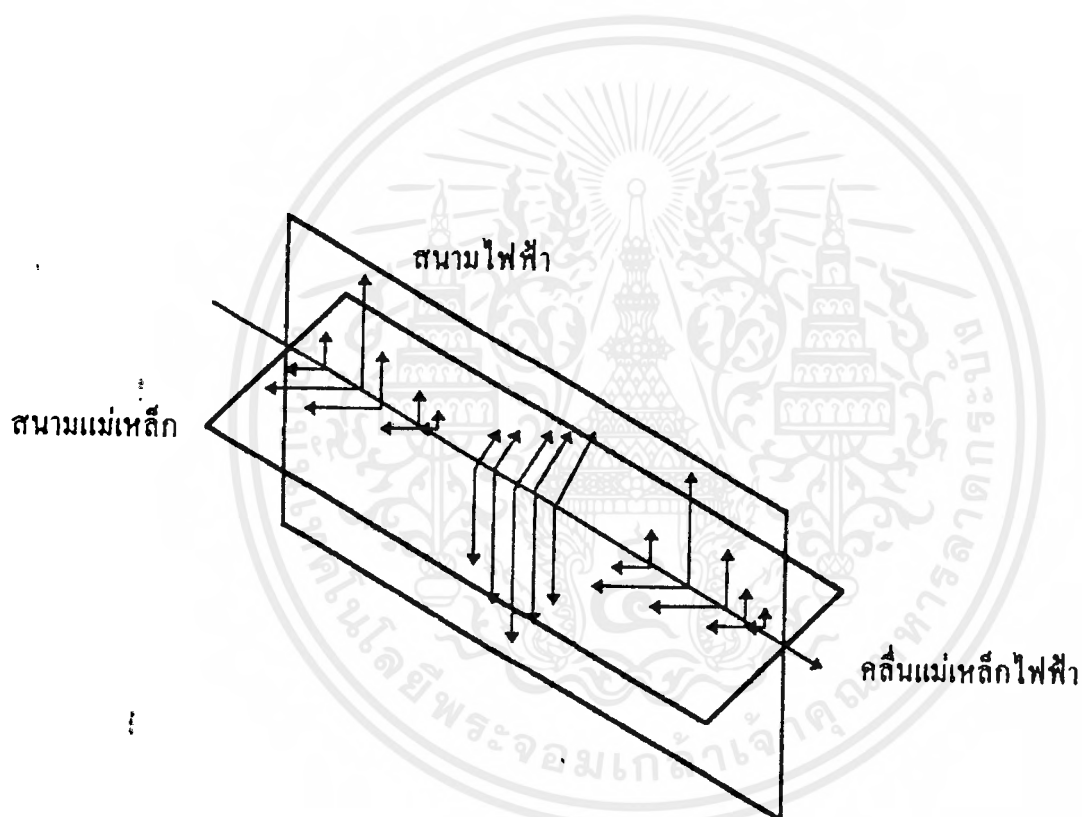


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูป จะเห็นว่ามีส่วนที่เป็นคลื่นอัด (Compression) คลื่นช่วงที่อนุภาคของตัวกลางมีความชันสูง และคลื่นขยาย (Rarefaction) คือ คลื่นช่วงที่อนุภาคของตัวกลางมีความชันต่ำ เมื่อนำค่าของความดัน (P) ที่เปลี่ยนไปตามระยะทางมาเขียนกราฟ จะได้เป็นรูป Sine Wave ยอดคลื่นจะตรงกับส่วนอัด ห้องคลื่นจะตรงกับส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือ ส่วนขยาย คือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเวลาเป็น T ซึ่งมีคาบเวลาเป็น T : ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1/f$  โดยจุดที่เป็นเส้นแกนนั้นมีค่าความดัน 1 บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, คลื่นน้ำเป็นต้น โดยรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงถึงลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากสนามแม่เหล็ก (Magnetic field) และสนามไฟฟ้า (Electric field) มีการเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นนั่นเอง



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แต่จาก  $PV = RT$  โดยที่  $v$  คือค่าคงที่ของก๊าซ และ  $\gamma$  คืออุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซ

ดังนั้น

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$$

สำหรับค่า  $\gamma, M$  และ  $R$  นั้น เป็นค่าคงที่ของก๊าซ โดยจะเปลี่ยนแปลงความเร็วของเสียงในก๊าซ ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ ค่าของ  $R/M$  ที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน เราจึงสามารถหาความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิต่างๆ ในตัวกลางที่เป็นก๊าซ

ดังนั้น สมการจึงเป็น

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

โดยที่  $V_1$  คือ ความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ  $T_1$  (m/s)

$T_1$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ 1 ( $^{\circ}\text{K}$ )

$V_2$  คือ ความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ  $T_2$  (m/s)

$T_2$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ 2 ( $^{\circ}\text{K}$ )

ซึ่งเราอาจจะหาความเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  หรือ  $298^{\circ}\text{K}$  ได้ โดยที่ความเร็วของเสียงในอากาศที่  $0^{\circ}\text{C}$  หรือ  $273^{\circ}\text{K}$  คือ  $337.5 \text{ m/s}$  จะได้

$$V_{298} = V_{273} \sqrt{(298 / 273)}$$

$$V_{298} = 331.5 \sqrt{1.091575} = 346.35 \text{ m/s}$$

กรณีอุณหภูมิกิลเดเบร C จะได้สมการคือ

$$v = v_0 \sqrt{(1 + t/273)}$$

โดยที่  $v$  คือ ความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิใด ๆ (m/s)

$v_0$  คือ ความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ  $T_0$  (m/s)

$t$  คือ อุณหภูมิในหน่วย องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง

คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง จะแสดงได้ 4 แบบ คือ

1. การแทรกสอดของคลื่นเสียง (Interference) เกิดจากการรวมกันของคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลาง (medium) เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะเช่น การบีตส์ (Beats) ของคลื่นเสียง เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมกันของคลื่นที่มีความถี่ต่างกัน หรือต่างเฟสกันเคลื่อนที่ไปในตัวกลางเดียวกันแล้วรวมเป็นคลื่นใหม่ ซึ่งทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนไป ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และสมการของคลื่นมีดังนี้

$$Y_1 = A_1 \sin (\omega + \Delta\omega)t$$

$$Y_2 = A_2 \sin (\omega - \Delta\omega)t$$

$$Y = Y_1 + Y_2$$

$$= A_1 \sin (\omega + \Delta\omega)t + A_2 \sin (\omega - \Delta\omega)t$$

$$\left\{ (\sin A \pm \sin B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B \right\}$$

$$= A_1 \sin\omega t \cos\Delta\omega t + A_1 \cos\omega t \sin\Delta\omega t +$$

$$= A_2 \sin\omega t \cos\Delta\omega t - A_2 \cos\omega t \sin\Delta\omega t$$

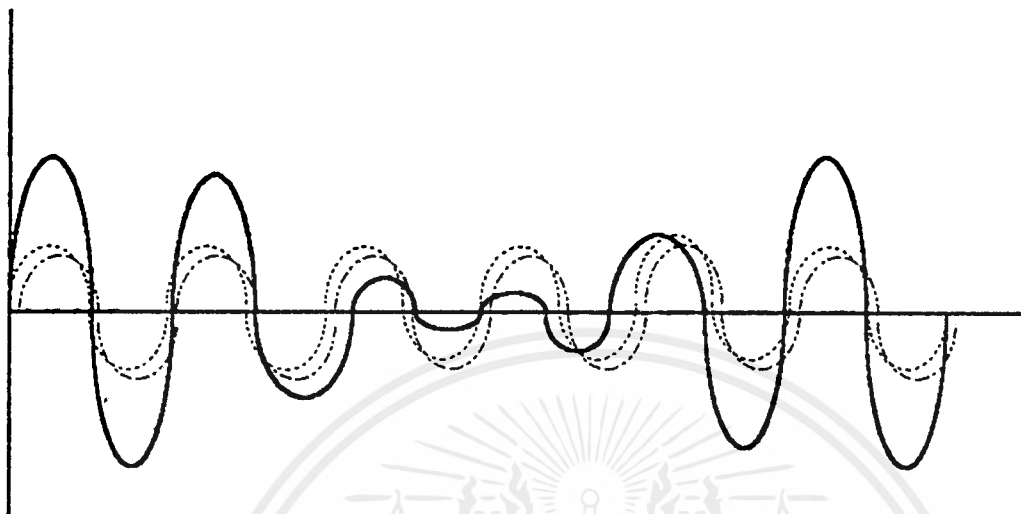
$$= (A_1 + A_2)\sin\omega t \cos\Delta\omega t + (A_1 - A_2) \cos\omega t \sin\Delta\omega t$$

$$A \sin\theta = (A_1 - A_2) \sin\Delta\omega t$$

$$A \cos\theta = (A_1 + A_2) \cos\Delta\omega t$$

$$Y = A \sin\omega t \cos\theta + A \sin\omega t \sin\theta$$

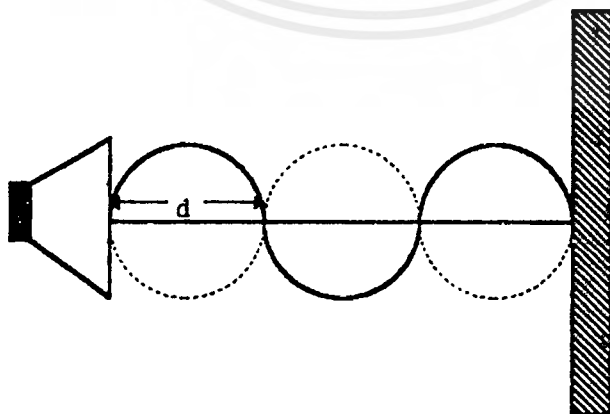
$$= A \sin (\omega t + \theta)$$



รูปที่ 2.3

จากรูป เป็นการแสดงการบัพต์ของคลื่นเสียง 2 คลื่น ซึ่งได้คลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนไป ซึ่งประโยชน์ของการบัพต์ของคลื่นนั้น จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่น ให้แสดงผลออกมาในลักษณะของแอมพลิจูดที่แตกต่างกันนี้

การเกิดคลื่นนิ่ง (Standing Waves) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นซูดที่มีแอมพลิจูดเท่ากันและความถี่เท่ากัน แต่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงข้ามหรือมีเฟสตรงข้ามกัน ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง ดังรูปที่ 2.4

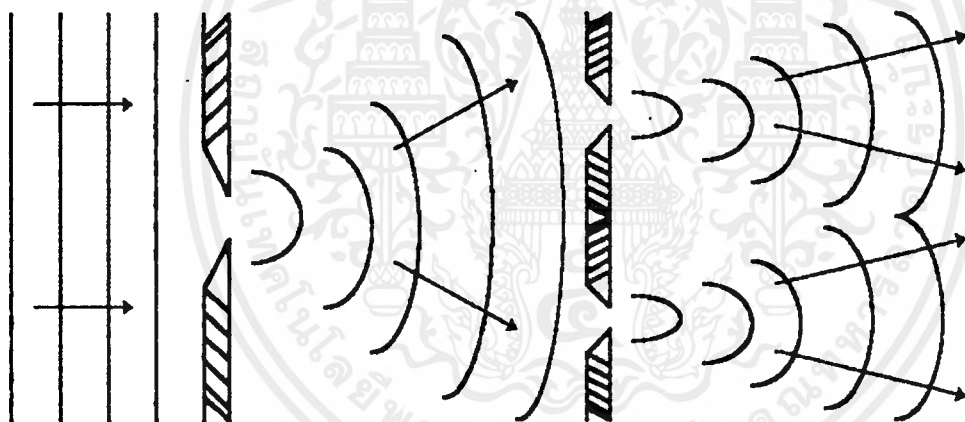


รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของการเกิดคลื่นนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

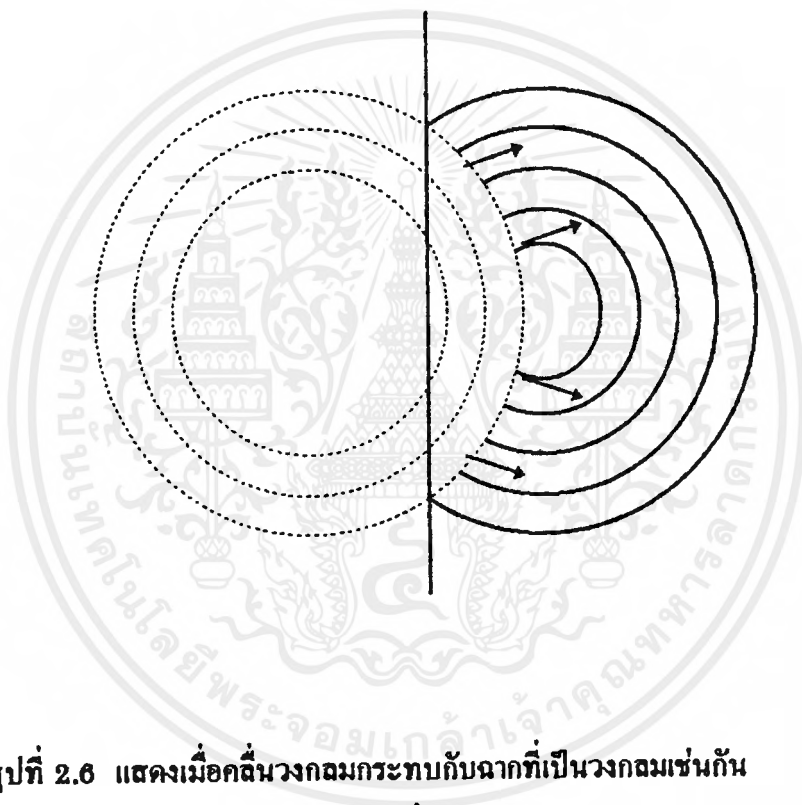
เสียงจะมีความเข้มสูงสุดที่ตำแหน่ง ก. และเบาที่สุดที่ตำแหน่ง ข. ซึ่งระยะระหว่างขั้วทั้ง 2 เท่ากับ  $d = \lambda / 2$  หรือ  $1 = n (\lambda / 2)$  ;  $n = 1, 2, 3$

2. การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (Diffraction) คลื่นเสียงจะเลี้ยวเบนอ้อมสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะเป็นมุมหรือช่องแคบ ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้พบในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา เช่น ในกรณีที่เราได้ยินเสียงแตรรถที่แล่นอยู่คนละถนนของมุมตึก หรือการได้ยินเสียงที่ลอดผ่านช่องเล็ก ๆ จากอีกห้องหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.5



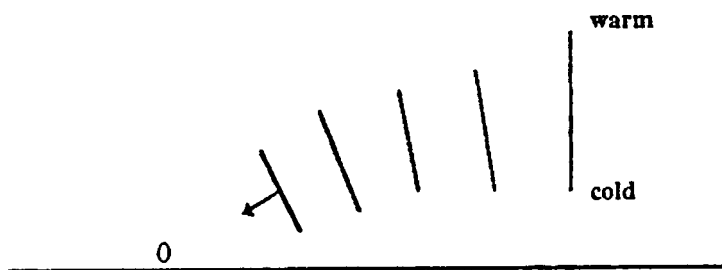
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบ ๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดตัวใหม่

3. การสะท้อนของคลื่นเสียง (Reflection) คลื่นเสียงสามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลาง โดยที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และจะทำให้เกิดเสียงก้อง (echo) ซึ่งเสียงก้องที่สะท้อนกลับมาในเวลาที่มากกว่า 50 ms จะทำให้เราได้ยินเสียงนั้นเป็นครั้งที่สอง



รูปที่ 2.6 แสดงเมื่อคลื่นวงกลมกระทบกับฉากที่เป็นวงกลมเช่นกัน  
คลื่นที่สะท้อนกลับมาจะมีคลื่นเป็นวงกลมเช่นกัน

4. การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction) คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน จะเกิดการหักเหของคลื่น ซึ่งทำให้ความเร็วของคลื่นเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ยังคงที่อยู่!



รูปที่ 2.7 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน

### ความเข้มของเสียง

ของคลื่นเสียง

คืออัตราที่พลังงานเสียงตกกระทบพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ในแนวตั้งฉากกับเส้นรังสี

$$I = P/A \quad (\text{W/m}^2)$$

โดยที่ P คือ กำลังของเสียง (W) หรือ (J/S)

A คือ พื้นที่ตั้งฉากกับคลื่นเสียง ( $\text{m}^2$ )

I คือ ความเข้มของเสียง

เนื่องจากหน้าคลื่นเป็นรูปทรงกลม ดังนั้น ค่าพื้นที่  $A = r^2$

$$I = P/4\pi r^2$$

เมื่อให้ P และ  $4\pi$  เป็นค่าคงที่

$$I \propto 1/r^2$$

### ระดับความเข้มของเสียง

เราสามารถวัดระดับความเข้มของเสียงได้ในหน่วยของเดซิเบล (Decibel) โดยวัดเทียบกับความเข้มเสียงที่เบาที่สุดที่หูของมนุษย์ได้ยิน ( $I_0$ )

$$\text{dB} = 10 \log I/I_0$$

โดย dB คือ ระดับความเข้มของเสียงเป็น เดซิเบล

I คือ ความเข้มของเสียงใด ๆ

$I_0$  คือ ความเข้มเสียงใดที่เบาที่สุดที่หูของมนุษย์ได้ยิน ( $= 10^{-12} \text{ W/m}^2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

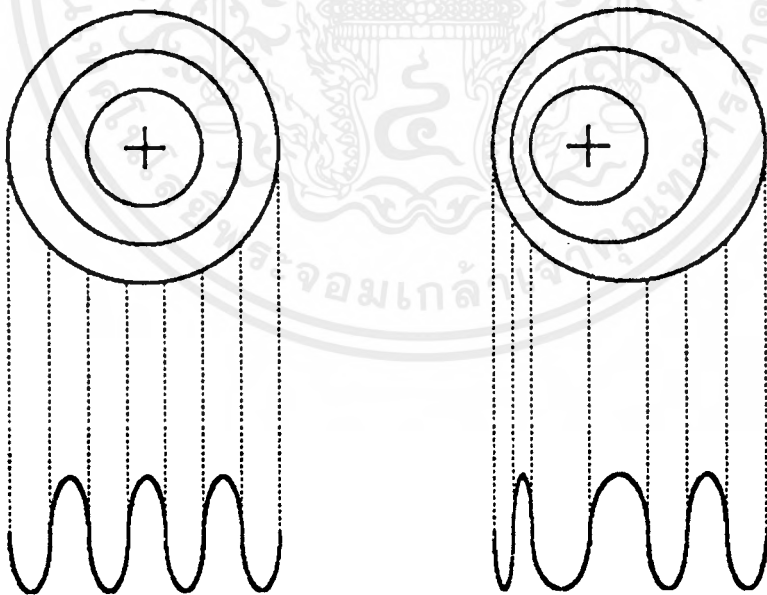
### ระดับเสียง (Pitch)

ระดับเสียงขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นเสียง ถ้าความถี่ต่ำเสียงจะต่ำหรือทุ้ม แต่  
ถ้าความถี่สูงขึ้นเสียงก็จะแหลม เช่น ระดับเสียงของเครื่องดนตรี ฯลฯ

### ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler effect)

คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนความถี่ของเสียงหรือระดับเสียง เนื่องจากการ  
เคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟัง จึงทำให้ระดับเสียงเปลี่ยนแปลงคือ

1. ถ้าเคลื่อนที่เข้าหากัน ทำให้ความถี่สูงขึ้นยังผลให้ระดับเสียงสูงขึ้นหรือแหลม  
ขึ้น
2. ถ้าเคลื่อนที่แยกจากกัน ทำให้ความถี่ต่ำลงยังผลให้ระดับเสียงต่ำลงหรือเสียง  
ทุ้มขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ ซึ่งทำให้ความถี่คลื่นเปลี่ยนแปลงไป

การเปลี่ยนแปลงระดับเสียง หรือความถี่ซึ่งในกรณีนี้แหล่งกำเนิดเสียงหรือผู้ฟัง  
เคลื่อนที่นี้ ทำให้ความถี่ที่ปรากฏเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ 5 กรณีคือไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กรณีแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาและผู้สังเกตอยู่กับที่ โดยแหล่งกำเนิด  $S$  ผลิตความถี่  $f$  เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $V_s$  ผู้สังเกต

$f'$  และ  $\lambda'$  และความถี่และความยาวคลื่นที่ปรากฏแก่ผู้สังเกต ซึ่งความยาวคลื่นขณะเคลื่อนที่เข้าหา คือ

$$\lambda' = (V - V_s) / f, \lambda_0 = V / f$$

$$\text{แต่ความเร็วคลื่นเสียง } f' = V / \lambda'$$

$$= Vf / (V - V_s)$$

2. กรณีแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ออกและผู้สังเกตอยู่กับที่ กำหนด  $f'$  และ  $\lambda'$  เป็นความถี่และความยาวคลื่นที่ปรากฏแก่ผู้สังเกตเมื่อแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ออก ความยาวคลื่นขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต  $\lambda' = (V + V_s) / f$   
ความถี่ที่ปรากฏ  $f' = V / \lambda'$

โดยที่

- $f'$  คือ ความถี่ที่ปรากฏ
- $V$  คือ ความเร็วของคลื่นเสียง
- $V_s$  คือ ความเร็วของแหล่งกำเนิดเสียง
- $V_0$  คือ ความเร็วของผู้สังเกต
- $f$  คือ ความถี่ของแหล่งกำเนิด
- $\lambda'$  คือ ความยาวคลื่นที่ปรากฏ
- $V'$  คือ ความเร็วคลื่นที่ปรากฏ

3. เมื่อแหล่งกำเนิดอยู่กับที่ และผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงด้วยความเร็ว  $V_0$

ความเร็วเสียงปรากฏ  $V + V_0$

ความถี่ที่ผู้สังเกตจะได้ยิน  $f' = f(V + V_0) / V$

4. เมื่อแหล่งกำเนิดอยู่กับที่ และผู้สังเกตเคลื่อนที่ออก ความเร็วคลื่นที่ปรากฏ  
 $v + v_0$

$$\text{ความถี่ที่ผู้สังเกตจะได้ยิน } f' = f(v + v_0) / v$$

5. เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกตต่างเคลื่อนที่

- 5.1 ถ้าเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกัน

$$v' = v - v_0$$

$$\lambda' = (v - v_0) / f$$

$$f' = v' / \lambda' = (v - v_0) f / (v - v_0)$$

- 5.3 ถ้าเคลื่อนที่เข้าหากัน

$$v' = v + v_0$$

$$\lambda' = (v - v_0) / f$$

$$f' = v' / \lambda' = (v + v_0) f / (v - v_0)$$

## บทที่ 8

### ไมโครโฟนและลำโพง

#### 8.1 การเลือกซื้อและการใช้งาน : ไมโครโฟน

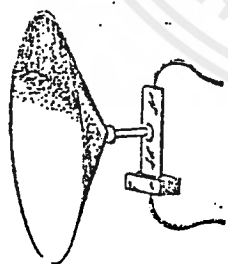
##### ชนิดของไมโครโฟน

ไมโครโฟนจำแนกออกเป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ แบบว่าริบบ้อนไมโครโฟนและไดนามิกไมโครโฟน,แบบคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน และแบบคริสตอลและเซรามิกไมโครโฟน

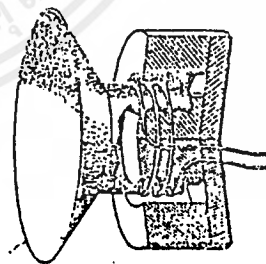
##### 8.1.1 หลักการทำงานอย่างง่าย

รูปที่ 1 ก. เป็นไมโครโฟนที่มีแผ่นไดอะแฟรมต่อกับพีโซ-อิเล็กทริก เซรามิก หรือผลึก ความกดดันของเสียงทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่นสะเทือนไปกดผลึกทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความดังและความถี่ของเสียง

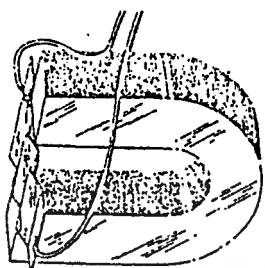
รูปที่ 1 ข. เป็นไมโครโฟนแบบขดลวดเคลื่อนที่ อันมีคุณสมบัติคล้ายกันกับลำโพง โดยที่เมื่อเสียงกระทบแผ่นไดอะแฟรม ไดอะแฟรมจะเคลื่อนเข้า-ออกตรงท่ายไดอะแฟรมที่มีขดลวดติดอยู่ ขดลวดนี้จะเคลื่อนติดกับเส้นแรงแม่เหล็กถาวรทรงกระบอก (ในรูปคือ ส่วนที่ถูกตัดขวาง) กระแสเหนี่ยวนำในขดลวดจะเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทาง ความเร็ว และความแรงของการเคลื่อนของ ไดอะแฟรม



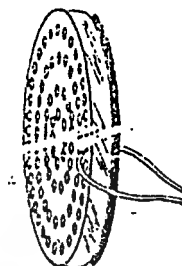
ก.ไมโครโฟนชนิดเซรามิกหรือผลึก



ข.ไมโครโฟนชนิดขดลวดเคลื่อนที่



ก. ไมโครโฟนชนิดริบบ้อน



ง. ไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์

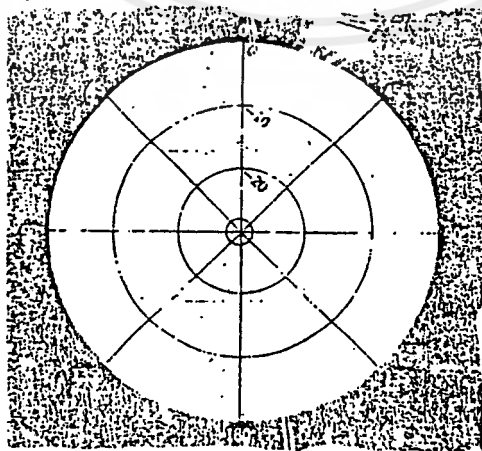
รูปที่ 1 ก. เป็นไมโครโฟนแบบริบบ้อน มีการทำงานคล้ายแบบขดลวดที่เพียงแต่ว่าแผ่นลูกฟูกบางๆทำหน้าที่เป็นทั้งแผ่นไดอะแฟรม และขดลวดไปในตัว

รูปที่ 1 ง. เป็นคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ซึ่งมีการทำงานแตกต่างจาก 3 ชนิดแรก (โดยสิ้นเชิง) โดยที่ไม่ได้จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมา แต่จะมอดดูเลทหรือทำให้แรงเคลื่อนของแหล่งจ่ายไฟภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งประกอบด้วยแผ่นเจาะเคลื่อนที่ไม่ได้ กับแผ่นอีกแผ่นหนึ่งซึ่งเคลื่อนที่ได้ตามแรงกระทบของเสียง โดยที่แผ่นทั้งสองถูกไบอัสด้วยแรงดันไฟตรง 60 โวลต์ (หรือขนาดอื่นตามแต่ผู้ผลิตจะทำขึ้น) การเคลื่อนที่ของแผ่นรับเสียง ทำให้ระยะห่างระหว่างแผ่นทั้งสองเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าจึงเปลี่ยนไปด้วย การเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้านี้ ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ไบอัสเปลี่ยนแล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณเอาท์พุท ไมโครโฟนชนิดนี้รุ่นหลังๆไม่ต้องการการไบอัสแต่จะใช้แผ่นอิเล็กเตรท (electret) แทน แผ่นนี้มีคุณสมบัติเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าสถิตอย่างถาวร คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนบางชนิดเอาการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าไปเปลี่ยนความถี่ของวงจรกำเนิดเคลื่อนความถี่วิทยุเคลื่อนที่ถูกมอดดูเลททาง ความถี่จะถูกถอดรหัสเป็นสัญญาณเสียง วงจรทั้งหมดที่กล่าวนี้บรรจุอยู่ในไมโครโฟนนั่นเอง เนื่องจากคำเดิมของคาปาซิเตอร์คือ คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ดังนั้นจึงเรียกไมโครโฟนชนิดนี้ว่า คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

### 3.1.2 การนำไปใช้งาน

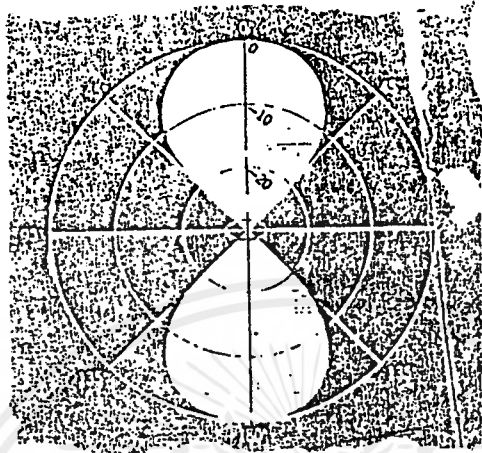
เซรามิกไมโครโฟนและคริสตอลไมโครโฟน มีคุณภาพไม่ดีนักเนื่องจากต้องใช้สายยาว และอินพุตอิมพีแดนซ์สูงใช้ได้กันในย่านความถี่ต่ำๆ ส่วนไมโครโฟนคอนเดนเซอร์มีราคาแพง แต่ผลตอบสนองเชิงควาถี่เรียบมากให้ความเที่ยงของสัญญาณน้อยในย่านความถี่สูง ไมโครโฟนไดนามิกมีราคาถูก คุณภาพดี ใช้ได้ในหลายแบบงาน แต่ทะอะทะไปหน่อย ไมโครโฟนรีบบ้อนมีขายไม่มากนัก จึงมีราคาแพง เนื่องจากบอบบางมากต้องใช้ภายในอาคารที่ไม่มิลมแรง ซึ่งจะทำให้เกิดเสียงรบกวนได้หรืออาจเกิดความเสียหายแก่ไมโครโฟน นิยมใช้ในห้องบันทึกเสียงเนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นแบบรับเสียงสองทิศทางอยู่แล้วโดยไม่ต้องดัดแปลงเลย แต่บางชนิดเป็นแบบรับเสียงทิศทางเดียวก็มี

คุณสมบัติอื่นๆของไมโครโฟนที่ควรทราบก็คือ คุณสมบัติทิศทาง การรับเสียง หมายถึง ความไวต่อการรับพลังงานเสียงในทิศทางต่างๆกันได้ไม่เท่ากัน(รูปที่ 2 ประกอบ) ไมโครโฟนแบบไม่มีทิศทางรับเสียง หมายถึง ไมโครโฟนที่ไม่มีทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยเฉพาะสำหรับรับเสียง คือสามารถรับเสียงได้เท่ากันทุกทิศทาง (รูปที่ 2 ก.) แบบรับเสียงสองทิศทาง จะรับเสียงได้ดีหรือรับสัญญาณได้แรงในทิศทางตรงกันข้ามของแกนอันหนึ่ง (รูปที่ 2 ข.) และแบบรับเสียงทิศทางเดียว จะรับเสียงได้ดีในทิศทางตรงหน้าไมโครโฟนเท่านั้น (รูปที่ 2 ค.) ไมโครโฟนชนิดนี้มักเรียกว่า แบบคาร์ดิออยด์ (cardioid type มาจากภาษากรีกเรียกว่า "Kardia" = หัวใจ) เนื่องจากว่ารูปกราฟของผลตอบสนองเชิงทิศทางเขียนในระบบโพลามีรูปลักษณ์หัวใจ หรือบ่อยครั้งที่เรียกไมโครโฟนชนิดนี้ว่า แบบทิศทางเฉยๆ และแบบนี้ยังสามารถง่าแนกออกไปได้อีกเป็นแบบซูเปอร์คาร์ดิออยด์ คือมีมุมการรับเสียงแคบกว่าคาร์ดิออยด์

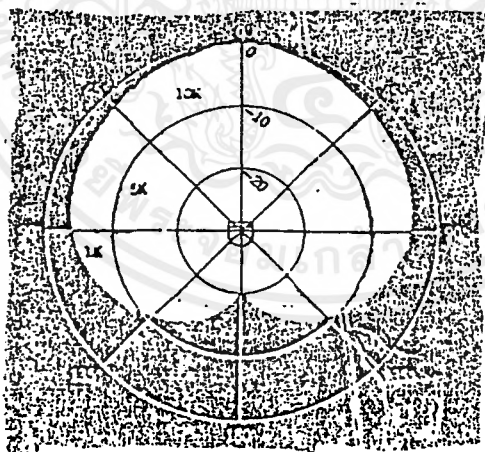


ก. ผลตอบต่อทิศทางของไมโครโฟนแบบไม่มีทิศทางการรับเสียง ตัวไมโครโฟนจะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับซึ่งมีความไวต่อการรับเสียงได้เท่า ๆ กันทุกทิศทางนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. ผลตอบต่อทิศทางของไมโครโฟนแบบรับสองทิศทาง มีความไวต่อการรับเสียงทางด้านหน้าหรือทางด้านหลัง ส่วนทางด้านข้างจะไม่มีควมไวเลย วงกลมล้อมรอบแสดงถึงการปรับระดับสัญญาณเอาท์พุท



ค. ผลตอบต่อทิศทางของไมโครโฟนแบบรับเสียงทิศทางเดียว ในบางชนิดมีมุมการรับเสียงแคบลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น



มีอีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้ไมโครโฟนมีคุณภาพดีราคาแพงก็คือ จะต้องมียุทธศาสตร์การรับเสียง สม่ำเสมอในช่วงความถี่กว้างๆเมื่อต้องการบันทึกเสียงสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของเสียง และสามารถแยกเสียงที่ไม่ต้องการออกไปได้ ไมโครโฟนแบบไม่มียุทธศาสตร์การรับเสียงใช้ได้ดีพอๆ กับชนิดอื่นๆและสะดวกกว่าเมื่อบันทึกเสียงดนตรีทั้งวง ถ้าฉากหลังเป็นเสียงที่ไม่ต้องการ เช่น เสียงพูดคุย เสียงตบมือจากผู้ชม จำเป็นต้องใช้ไมโครโฟนชนิดรับทิศทางเดียว

ถ้าเสียงรบกวนมาจากด้านข้าง(90 องศา) ควรใช้ไมโครโฟนชนิดสองทิศทาง ซึ่งทำงานได้ดีสำหรับกำจัดเสียงจากแหล่งเสียงซึ่งหันหน้าชนกัน เช่น อัดเสียงประชุมของผู้บรรยายที่นั่งตรงกันข้าม

ถ้าเสียงรบกวนมาจากด้านหลัง(180 องศา) ควรใช้ไมโครโฟนชนิดรับทิศทางเดียว ส่วนแบบซูเปอร์คาร์ดิอยด์ และแบบไฮเปอร์คาร์ดิอยด์ สามารถกำจัดเสียงรบกวนได้ตั้งแต่มุม 130 - 140 องศาโดยมีมุมรับเสียงด้านหน้าไมโครโฟน( 0 องศา)แคบอีกด้วยและเอาท์พุทไม่ลดลงอย่างกระทันหัน เมื่อแหล่งเสียง ไม่อยู่ตรงหน้าไมโครโฟนชนิดคาร์ดิอยด์เช่น การบันทึกเสียงนักร้องที่ชอบเดินไปมา หรือบันทึกเสียงผู้บรรยายสองคนด้วยไมโครโฟนตัวเดียว จึงต้องเคลื่อนไมโครโฟนไปทางโน้นบ้างมาทางนี้บ้างตลอดเวลา

การตั้ง ไมโครโฟนชนิดระบุทิศทางควรให้ห่างผนังสะท้อนเสียงขนาดใหญ่ เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการจับเสียงสะท้อนซึ่งทางแกนความไวการรับเสียง ในกรณีนี้นักร้องยืนหันหลังให้ผนังห้อง และด้านหน้ามีเสียงผู้ชม ซึ่งจะสะท้อนผนังเข้ามาทิศเดียวกับเสียงร้อง เพื่อลดเสียงที่ไม่ต้องการออก ให้นักร้องเข้าใกล้ไมโครโฟน อย่างไรก็ตามก็การเข้าใกล้ไมโครโฟนเกินกว่า 10 นิ้ว จะทำให้เกิดเสียงฮัม และเสียงลมหายใจ ดังนั้นเมื่อใช้ไมโครโฟนชนิดนี้ ไม่ควรเข้าใกล้เกินกว่า 1 ฟุต เป็นดี เสียงก้องของห้องทำให้การบันทึกเสียงเป็นธรรมชาติมาก ในขณะที่เสียงก้องของห้องที่เท่ากัน ไมโครโฟนชนิดไม่มีทิศทางรับเสียงวางใกล้แหล่งกำเนิดเสียงมากกว่าชนิดรับเสียงทิศทางเดียว และถ้าต้องการแยกเสียงให้ได้เป็นอย่างดี เช่น แยกเสียงร้องออกจากเสียงดนตรี ควรเลือกใช้ไมโครโฟนชนิดคาร์ดิอยด์ 1 คู่ นอกจากคุณสมบัติทิศทางการรับเสียงแล้ว ผู้ซื้อยังจำเป็นต้องรู้สิ่งอื่นประกอบอีกคือ อิมพีแดนซ์ ความไวต่อการรับเสียง (sensitivity) และผลตอบสนองเชิงความถี่ (frequency response)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 อิมพีแดนซ์

คือ ความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า ต่างจากความต้านทานตรงที่ค่าเปลี่ยนเมื่อความถี่เปลี่ยน พอสรุปได้ดังนี้

1) ถ้าเอาท์พุทจากไมโครโฟนมีสัญญาณสูญเสียในย่านความถี่เสียงอินพุท อิมพีแดนซ์ของวงจรขยายเสียงภาคต้น สำหรับไมโครโฟนของเครื่องบันทึกเสียงต้องมีขนาดพอเหมาะกับความต้องการของไมโครโฟนนั้น ๆ

2) วงจรที่มีอินพุท- เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำให้เสียงอัมและเสียงรบกวนน้อยกว่าพวกที่มีอิมพีแดนซ์สูง

เนื่องจากอินพุทอิมพีแดนซ์ของเครื่องบันทึกเสียงเป็นค่าความต้านทานแท้ ๆ (ค่าความต้านทานที่ไม่ขึ้นกับความถี่ของสัญญาณ) กระแสไฟฟ้าจากไมโครโฟนทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมอิมพีแดนซ์ภายในของไมโครโฟน เพื่อลดการสูญเสียค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ ของเครื่องบันทึกเสียงต้องสูงมากกว่า 3 เท่า ของเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของไมโครโฟน ถ้าเป็นไมโครโฟนเซรามิกหรือผลึกแห่งมีการทำงานคล้ายกับเป็นแหล่งจ่ายแรงดันต่ออนุกรมต่อกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ค่าน้อย ๆ ทำให้เกิดการสูญเสียทางเสียงหุ้ม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลตอบสนองทางความถี่ต่ำ อิมพีแดนซ์อิมพีแดนซ์ต้องมีขนาด  $1 \times 10^6$  โอห์มหรือมากกว่า ส่วนเครื่องบันทึกเสียงโซลิดสเตท มีอินพุทอิมพีแดนซ์สูงอยู่แล้วไมโครโฟนนอกเหนือที่กล่าวมีทั้งอิมพีแดนซ์สูงและต่ำ ส่วนใหญ่ที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ 50 - 250 โอห์ม ซึ่งใช้ทั่วไปตามสถานีวิทยุและการบันทึกเสียงที่ต้องการคุณภาพสูง เพราะจะใช้ได้กับสายยาวเป็น ร้อย ๆ ฟุต โดยไม่มีการสูญเสียในย่านความถี่สูงมากนักและปราศจากเสียงอัมด้วย

สายชนิดที่ใช้กับไมโครโฟนคล้ายกับว่าเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า มาต่อขนานคร่อมไมโครโฟน ความยาวของสายและเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ทำให้มีการสูญเสียในย่านความถี่สูง ถ้าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ไมโครโฟนต่ำ (น้อยกว่า 600 โอห์ม) ยาว 200-300 ฟุต ให้การสูญเสียในย่านความถี่สูงน้อยมาก ถ้าอิมพีแดนซ์สูง (มากกว่า 20,000 โอห์ม) สายต้องจำกัดลงเหลือ 15-20 ฟุต เท่านั้น ในการบันทึกเสียงดนตรี การใช้สายที่ถูกชนิดจะหลีกเลี่ยงการรบกวนทางไฟฟ้าได้ เสียงอัมเกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น จากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หรือสายจ่ายไฟ ส่วนเสียงหึ่งสูง ๆ เกิดจากไฟฟ้าสถิตในธรรมชาติ และเกิดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ค่อยเป็นปัญหามากนัก สำหรับไมโครโฟนอิมพีแดนซ์สูงและสายชนิดอย่างคี่ที่มีสายฝอยถักเปียหุ้ม อยู่ชั้นนอกช่วยกำจัดสัญญาณจากไฟฟ้าสถิตได้ เมื่อต้องการใช้สายยาวกับไมโครโฟนอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียในย่านความถี่สูง เสียงอัมจากแม่เหล็กไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น เพื่อแก้ปัญหานี้ต้องใช้สายชนิด balanced line จะมีควมนำตัวเดียวเท่านั้น ซึ่งใช้กับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโฟนอิมพีแดนซ์สูง ในการนำไมโครโฟนอิมพีแดนซ์ต่ำต่อกับเครื่องบันทึกเสียง ต้องต่อผ่านหม้อแปลงเข้าชุด (matching transformer) อันให้ข้อดีสองอย่างคือ เพื่อกำจัดเสียงฮัมเนื่องจากสาย และเพื่อยกระดับสัญญาณจากไมโครโฟนด้วย ถ้าเป็นเครื่องบันทึกเสียงที่มีหม้อแปลงเข้าชุดอยู่แล้วก็สามารถต่อสายได้โดยตรง

ไมโครโฟนไดนามิกอิมพีแดนซ์สูง 20,000 - 50,000 โอห์ม ต่อได้โดยตรงกับเครื่องบันทึกเสียงหรือเครื่องบันทึกเสียง ที่ไม่บอกให้ใช้กับเครื่องอิมพีแดนซ์ต่ำได้เลย พวกโซลิดสเตทอิมพีแดนซ์ต่ำ ต้องใช้กับไมโครโฟนอิมพีแดนซ์ 1,000 - 10,000 โอห์ม อันจำกัดอยู่กับพวกอิมพีแดนซ์ขนาดกลาง ซึ่งราคาถูก สามารถนำไปใช้แทนพวกอิมพีแดนซ์สูงได้ และใช้กับสายได้ยาวถึง 30 ฟุต โดยปราศจากการสูญเสียในย่านความถี่สูงและปราศจากเสียงฮัมและไม่จำเป็นต้องใช้กับ balanced line แต่ให้คุณภาพเสียงไม่ดีมากเท่าไรนัก

### 3.1.4 ความไวต่อการรับเสียง

การกำหนดความไวต่อการรับ ต้องกำหนดสิ่งอื่นประกอบด้วยคือ

(1) ความกดดันของเสียง (2)ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือพลังงานเอาท์พุท (3) เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของไมโครโฟน หน่วยของความกดดันเสียงวัดเป็นไมโครบาร์ (microbar) โดยกำหนดว่า 1 ไมโครบาร์ คือ ความกดดันเสียงมีค่า 74 dB เหนือระดับการได้ยิน (0 dB) ประมาณเท่ากับ ความดังของเสียงพูดกันตามปกติ ห่างกัน 1 ฟุต โดยเฉลี่ยแล้วไมโครโฟนอิมพีแดนซ์สูงมีความไวของแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรปิดเป็น -60 dB re 1 โวลท์/ ไมโครบาร์ สำหรับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ 20,000 โอห์ม ส่วนไมโครโฟนอิมพีแดนซ์ต่ำมีความไวเป็น -80dB สำหรับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ 200 โอห์ม ซึ่งตัวอย่างดังกล่าว แสดงความไวแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรเปิดของ ไมโครโฟนอิมพีแดนซ์สูง จะสูงกว่าไมโครโฟนอิมพีแดนซ์ต่ำ (ยังมีค่า dB เป็นลบมาก ยังมีความดันต่ำ เช่น -65 dB มีความไวต่ำกว่า -60 dB เป็นต้น) ความไวไม่มีส่วนสัมพันธ์กับคุณภาพเสียงเลย เพียงเพื่อบอกให้ทราบถึงขนาดที่ใช้กับเครื่องบันทึกเสียงนั้นๆ ได้เหมาะสมหรือไม่ ระดับสัญญาณในการบันทึกเสียงขีดจำกัดบนถูกจำกัดด้วยเครื่องบันทึกเสียงเอง และเสียงรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ ถ้าความไวต่ำเกินไปจำเป็นต้องปรับปุ่มควบคุมระดับสัญญาณบันทึกของเครื่องบันทึกเสียงมากที่สุด ทำให้เกิดเสียงซ่าและเสียงฮัมจากวงจรขยายภาคต้น ถ้าความไวสูงเกินไป วงจรขยายภาคต้นของเครื่องบันทึกเสียงต้องทนต่อโหลดสูงเกินไปเมื่อไมโครโฟนรับเสียงดัง ๆ หรือเสียงใกล้ไมโครโฟนมาก ๆ และไม่สามารถลดสัญญาณโดยการปรับ ปุ่มควบคุมได้ เนื่องจากส่วนควบคุมอยู่หลังวงจรขยายภาคต้น มีวิธีเดียวที่ทำได้คือ ต่อตัวบั่นทอน (attenuator) เข้ากับสายไมโครโฟน ซึ่งสามารถลดสัญญาณได้ 10-15 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5 ผลต่อความถี่

ในการบันทึกคำปราศรัยและเสียงดนตรี ควรมีผลตอบเชิงความถี่ได้ราบเรียบในช่วง 100-10,000 Hz + 2 dB การตกลงของกราฟผลตอบต่อความถี่ในย่านความถี่ต่ำ 100 เฮิรตซ์จะช่วยให้การลดเสียงรบกวนความถี่ต่ำที่เกิดขึ้นภายในห้องบันทึกเสียงจากเครื่องบันทึกเสียง จากเสียงเครื่องปรับอากาศ หรือเสียงการจราจรคับคั่ง ไมโครโฟนหลาย รุ่นที่เคียวที่มีผลตอบสูงถึง 3-5 dB ในย่านความถี่ต่ำ 1,000 เฮิรตซ์ เพื่อเป็นการเน้นการบันทึกเสียงคำปราศรัยและเสียงดนตรี เพื่อชดเชยการเพิ่มขึ้นของผลตอบต่อความถี่ต่ำ อันเกิดจากไมโครโฟนใกล้แหล่งกำเนิดเสียง จึงมีสวิทช์ voice/music สำหรับใช้เพื่อตัดเสียงทุ้ม

ยังมีองค์ประกอบอีก 3 สิ่งที่ทำให้การบันทึกขาดคุณภาพดีเยี่ยมก็คือ เสียงลมหายใจ เสียงลม และเสียงจากการสั่นสะเทือน เสียงลมหายใจลดทอนด้วยการใช้โฟนครอบหัว ไมโครโฟน และใช้ฉากกันลมเพื่อลดทอนเสียงลม ส่วนการลดทอนการสั่นสะเทือนให้แยกขาตั้ง ไมโครโฟนไว้ต่างหากจากพื้นเวที หรือแขวนไว้บนขาตั้งแบบบูม (boom) บางบริษัทผู้ผลิตมีตัวกรองเสียงต่ำไว้ภายในสายไมโครโฟนเพื่อลดทอนเสียงลมและเสียงจากการสั่นสะเทือน ในขณะที่บันทึกวงหลักเสียงต่อการเปลี่ยนระดับเสียงอย่างกะทันหัน โดยยอมให้มีการเพี้ยนในช่วงสูงของสัญญาณ ยังดีเสียกว่ามีการเปลี่ยนระดับสัญญาณโดยกะทันหัน

แนวทางในการเลือกซื้อไมโครโฟน โดยมีข้อจำกัดดังนี้

- รายละเอียดของช่วงความถี่นำมาเปรียบเทียบกันได้เฉพาะไมโครโฟนต่างรุ่น แต่ผลจากบริษัทเดียวกัน ส่วนผลตอบความถี่จะบ่งชี้จำกัด dB ไว้ด้วย ต้องมีค่า dB ที่เท่ากันจึงนำมาเปรียบเทียบกันได้

- ระดับเอทท์ทุกเฉลี่ย -57 dBm (เทียบกับเอทท์ทุก มิลลิวัตต์ ที่ความกดดันเสียง 10 ไมโครบาร์) เป็นไมโครโฟนชนิดดี, -53 เป็นชนิดดีเยี่ยม และ -63 เป็นชนิดไม่ค่อยดีนักหรือต่ำเกินไปสำหรับใช้กับเครื่องบันทึกเสียงราคาสูง

- เอทท์ทุกอิมพีแดนซ์ 100-300 โอห์มถือว่าเป็นอิมพีแดนซ์ต่ำ 400-5,000 โอห์มเป็นขนาดกลาง และ 10,000 โอห์มขึ้นไปถือว่าเป็นอิมพีแดนซ์สูง

- พวกอิมพีแดนซ์ต่ำให้อาตท์ทุกที่สมดุลย์

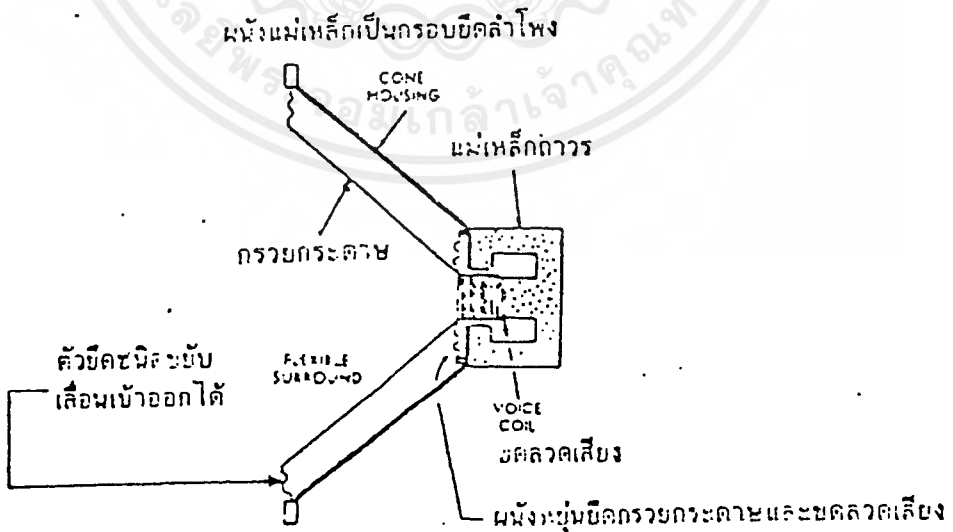
- ตัวลดเสียงทุ้ม ในทางชนิดของไมโครโฟนช่วยลดทอนเสียงบูมจากการพูดใกล้ ไมโครโฟน คำพูดหรือคำปราศรัยซึ่งลดเสียงทุ้ม และเน้นในช่วงความถี่ 3,000 เฮิรตซ์ช่วยให้คุณภาพเสียงดีขึ้น

### 3.2 ลำโพง(Loudspeakers)

ลำโพงเป็นอุปกรณ์อินคัคแดนซ์ชนิดที่สำคัญก็คือ “ลำโพง” จัดเป็นทรานสดิวเซอร์(Transducer) เป็นเปลี่ยนกำลัง ไฟฟ้าหรือสัญญาณไฟฟ้าเป็นพลังงานเสียง รูปด้านต่างแสดงถึง โครงสร้างของลำโพงแบบกรวยกระดาษ ซึ่งลำโพงชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป สามารถแบ่งโครงสร้างออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

1. โครงลำโพง (Cone Housing)
2. กรวยกระดาษ (Cone)
3. ขดลวดเสียง (Voice Coil)
4. แม่เหล็กถาวร (Magnet)

รูปร่างโดยทั่วไปเริ่มจากโครงลำโพงซึ่งทำด้วยโลหะ โครงลำโพงชนิดนี้จะป้องกันการกระทบกระแทกจากภายนอกและยึดกระดาษกรวยลำโพง และยังเป็นตัวรักษารูปร่างของกรวยกระดาษด้วย ลำโพงแบบนี้จะมีรูปร่างเป็นรูปวงกลม และรูปร่างที่เราใช้กันอยู่ทั่วไป กรวยกระดาษที่ปลายข้างหนึ่งติดให้แน่นกับโครงเหล็กส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะมาติดเข้ากับขดลวดเสียง ซึ่งขดลวดเสียงจะเป็นขดลวดที่พันรอบกระดาษทรงกระบอกและสวมลงแกนกลางแม่เหล็กถาวรได้พอดี เมื่อสัญญาณเสียงในรูปพลังงานไฟฟ้าเข้ามาปรากฏที่ขดลวดเสียงก็จะเกิดมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขดลวดเสียง และกระดาษเกิดการเคลื่อนที่เข้าออกแต่ถ้าเราดูด้วยตาแล้วจะเห็นแต่ว่ากระดาษสั่น จากการสั่นของกระดาษนี้จะทำให้เกิดการเสียงขึ้นซึ่งหูเราสามารถรับฟังได้ที่ความถี่ 20-20,000 ครั้งต่อนาที



รูป ก. โครงสร้างของลำโพงกระดาษ

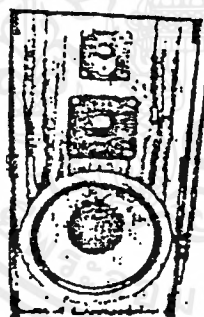
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป ข. เป็นตู้ลำโพง แต่ลำโพงตัวเดียวไม่สามารถที่จะให้สัญญาณความถี่เสียง 20-20,000 Hz ได้ ดังนั้นจึงต้องเอาลำโพงหลายตัวมาต่อกันลงในตู้ ซึ่งประกอบด้วยลำโพงเสียงต่ำ (Woofer) ลำโพงเสียงกลาง (Midrange) ลำโพงเสียงแหลม (Tweeter) ภายในตู้ลำโพงจะมี Network ซึ่งจะช่วยในการจัดสัญญาณความถี่เสียงเหล่านี้เข้าไปในลำโพงต่าง ๆ ในตู้ลำโพง ถ้าความถี่ต่ำก็เข้าลำโพงเสียงต่ำซึ่งเป็นตัวโตสุด ความถี่ปานกลางก็เข้าลำโพงเสียงกลาง ซึ่งมีขนาดกลางและอยู่ตรงกลาง ความถี่สูงก็เข้าลำโพงเสียงแหลมซึ่งอยู่บนสุด

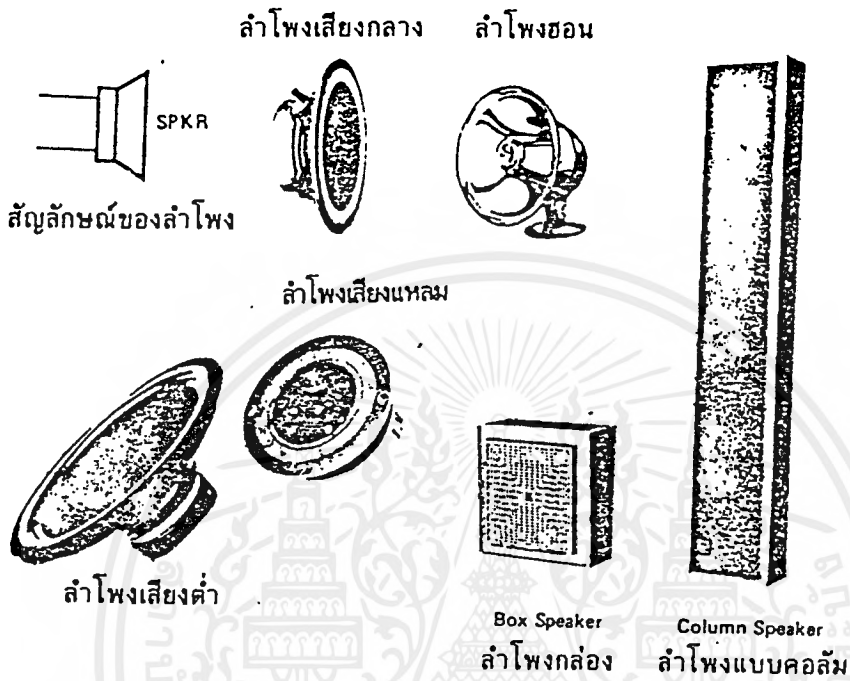
### ลักษณะลำโพงที่ดี

ลำโพงที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. สามารถตอบสนองความถี่กว้างจาก 20-20,000 เฮิรตซ์
2. ให้เสียงธรรมชาติเหมือนจริง (Hi-fidelity)
3. ต้องไม่ทำให้เกิดเสียงสะท้อนหรือเกิดเสียงผิดเพี้ยน



รูป ข. ลักษณะของตู้ลำโพงและชนิดของลำโพงที่ใช้ต่อยรวมกันเพื่อให้ได้เสียงแหลม, เสียงทุ้ม และเสียงกลางตามต้องการ

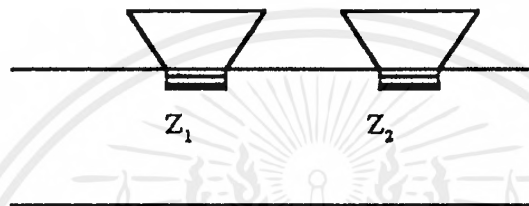


รูป ค. รูปร่างของลำโพงแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันในปัจจุบัน

### 3.2.1 การต่อลำโพงขยาย

#### - ลำโพงขยาย 2 ตัว แบบอนุกรม (Two speakers in Series)

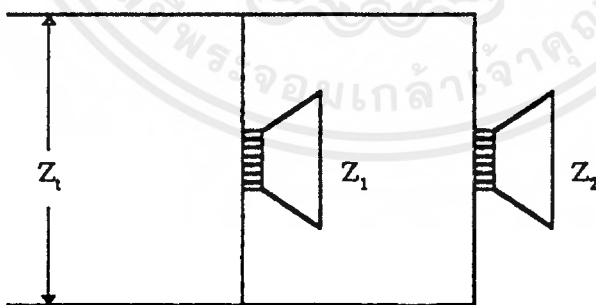
1. ใช้สำหรับในห้องเล็กๆ อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น วิทยุ โทรทัศน์
2. ต่อเพื่อหาอิมพีแดนซ์รวม( $Z_t$ )



$$Z_t = Z_1 + Z_2$$

#### - ลำโพงขยาย 2 ตัว แบบขนาน (Two speakers in Parallel)

1. ใช้สำหรับในห้องเล็กๆ อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น วิทยุ โทรทัศน์
2. ต่อเพื่อหาอิมพีแดนซ์รวม( $Z_t$ )

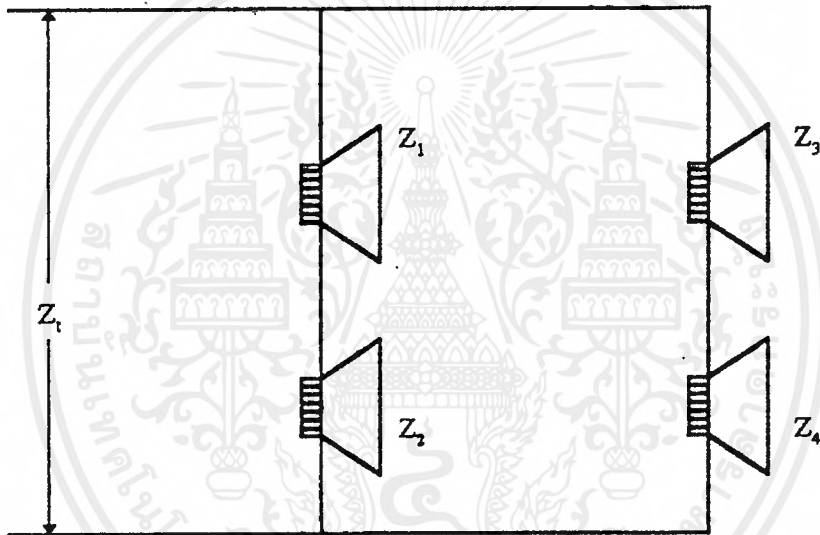


$$Z_t = 1 / [(1/Z_1) + (1/Z_2)]$$

#### 4.1.3 ต่อลำโพงขยาย 4 ตัว แบบผสม (Four Speakers in Series and Parallel)

วัตถุประสงค์

1. ใช้ต่อภายในห้องที่ไม่ใหญ่มาก เช่น ต่อบินเตอร์คอม วิทยุ โทรทัศน์ งานขยายเสียง
2. ต่อเพื่อหาอิมพีแดนซ์รวม( $Z_t$ ) -

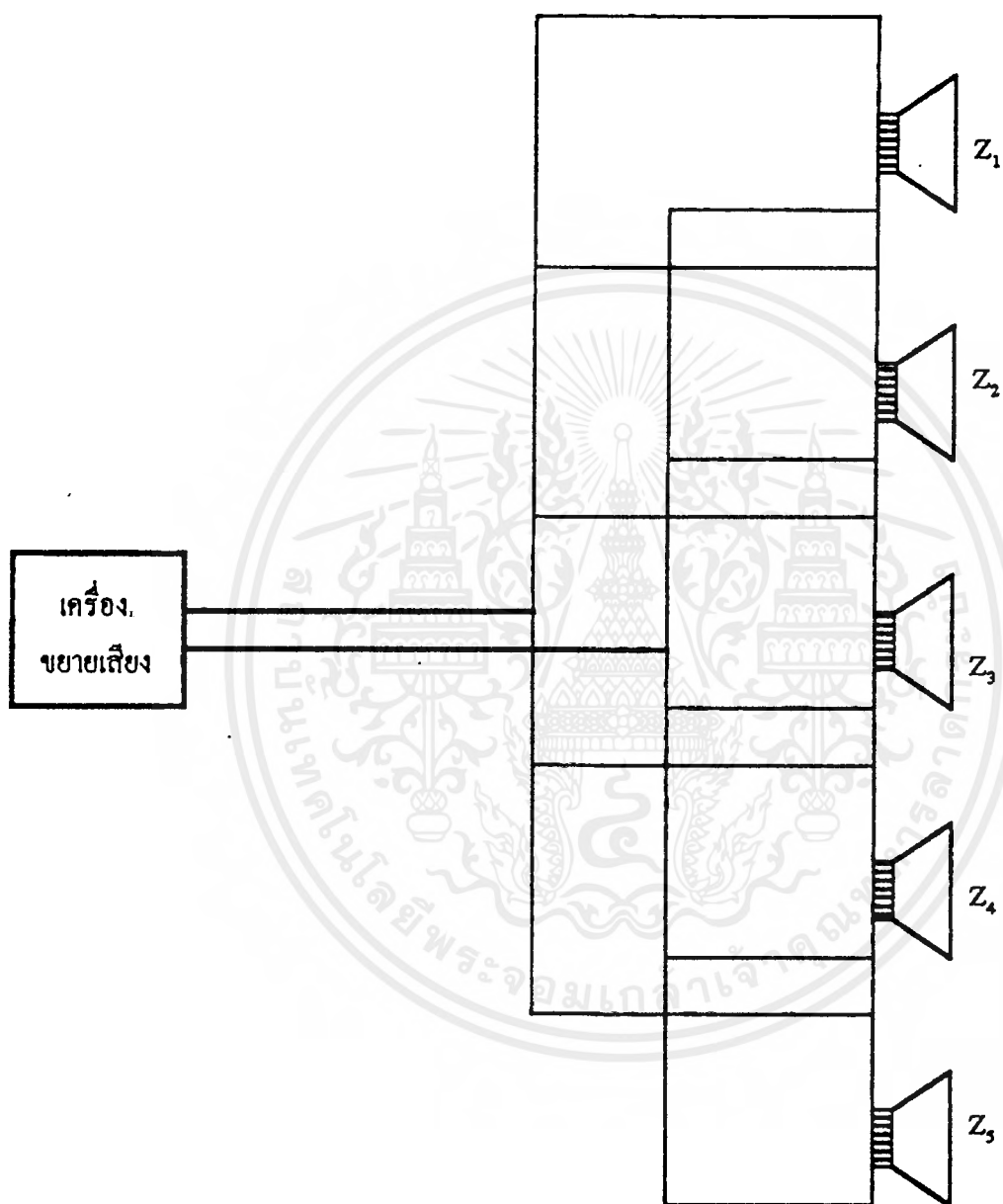


$$Z_x = Z_1 + Z_2$$

$$Z_y = Z_3 + Z_4$$

$$Z_t = [Z_x \times Z_y] / [Z_x + Z_y]$$

- ต่อสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม(Speakers in Industrial Installation



$$Z_i = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_5}}$$

$$P_i = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 สายลำโพง

เมื่อต่อเครื่องขยายเสียงเข้ากับลำโพง หรือกลุ่มของลำโพงขยาย จำเป็นต้องเลือกสายลำโพงให้มีขนาดถูกต้อง การเลือกจะสัมพันธ์กับสิ่งต่อไปนี้

1. กำลังไฟฟ้าของลำโพงขยาย และการเฉลี่ยของลำโพงขยายแต่ละตัว
2. ความยาวของสายเคเบิล
3. แรงดันทางออก
4. แรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมในสาย
5. ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายสูงสุด
6. ความแข็งแรงทางเมคคานิคของสายเคเบิล

การคำนวณเกี่ยวกับขนาดต่าง ๆ ของสายลำโพงได้ดังนี้

1. แรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมในสายเคเบิล (แรงดันที่ตกคร่อมในสายโดยทั่ว ๆ ไป จะมีค่าประมาณ 10% ของแรงทางออกของเครื่องขยายเสียง)

2. พื้นที่หน้าตัดของสายลำโพง จะหาได้จากสูตรนี้

$$A = \frac{0.035(100 - n) \times L \times n}{n \times U^2} \dots \dots \dots \text{mm}^2$$

เมื่อ  $A$  = พื้นที่หน้าตัดของสายลำโพง(ทองแดง) เป็น  $\text{mm}^2$

$L$  = ความยาวของสายลำโพงที่ต่อระหว่างเครื่องขยายเสียงกับลำโพงขยายเป็น  $\text{mm}^2$

$N$  = กำลังไฟฟ้ารวมของลำโพงขยายที่ใช้เป็น วัตต์

$U$  = แรงดันทางออก ของเครื่องขยายเสียงเป็น โวลท์

$n$  = แรงดันตกคร่อมในสายคิดเป็น % ของค่า แรงดันทางออกของเครื่องขยายเสียง

#### ตัวอย่าง

กำหนดให้ ความยาวของสายลำโพง  $L$  200 เมตร

กำลังไฟฟ้ารวมของลำโพงขยาย  $N$  100 วัตต์

แรงดันทางออกของเครื่องขยายเสียง  $U$  100 โวลท์

(ที่ระดับ 1 dB)  $n = 10\%$

$$A = \frac{0.035 \times 90 \times 200 \times 100}{10 \times 100^2} = 0.63 \text{mm}^2$$

ในกรณีนี้จะใช้สายลำโพง 2x0.75 mm<sup>2</sup> ซึ่งเป็นสายที่มีพื้นที่หน้าตัดและความสามารถทางแม่คานิกเหมาะสม

3. กระแสที่ไหลภายใน (Id) จะหาได้ จากสูตร

$$I_d = \frac{100 \times N}{A(100 - n) \times U} \dots\dots\dots \left(\frac{A}{mm^2}\right)$$

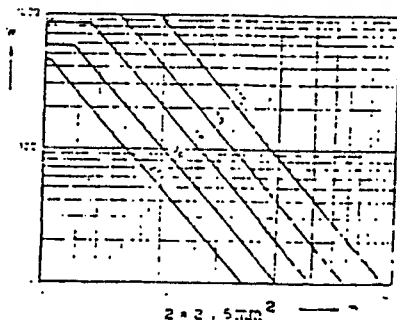
ความสัมพันธ์ของสายลำโพง จะเกี่ยวข้องกับฉนวนที่หุ้มสาย และพื้นที่หน้าตัดของสายซึ่งจะยอมให้กระแสไหลผ่าน ในทางปฏิบัติจะมีค่าสูงสุด ประมาณ 5-10 A/mm<sup>2</sup> สายเคเบิลยังมีพื้นที่หน้าตัดมากยิ่งขึ้นจนกระแสได้สูง

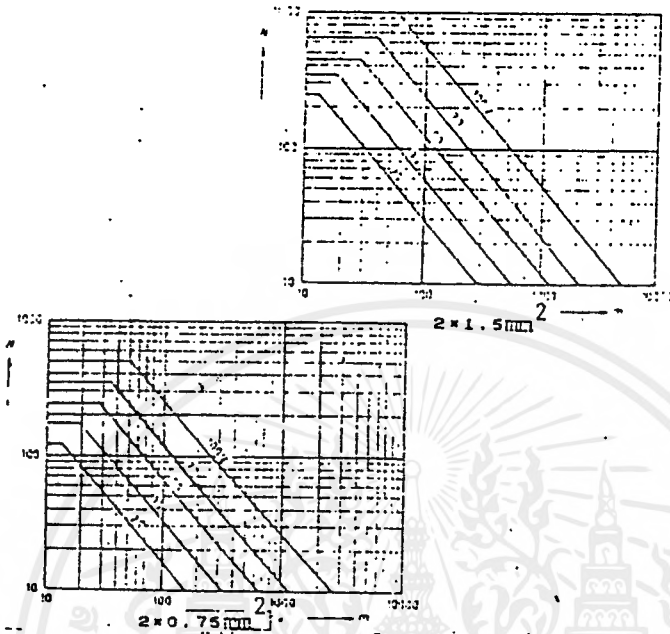
ถ้านำเอาค่าไหลคที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมาคิดเกี่ยวกับความยาวของสายเคเบิลค่าแรงดันตกคร่อมในสายจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของค่าที่ใช้คำนวณ ค่าเฉลี่ย ยอมให้เป็นครึ่งหนึ่งของค่าที่ใช้คำนวณ

ถ้าไม่นำเอาค่าไหลคมาเกี่ยวข้องกับความยาวของสายเคเบิล ค่าแรงดันตกคร่อมจะมีค่าประมาณ 3/4 ของค่าที่ใช้คำนวณ

ในทางปฏิบัติ สายเคเบิลโดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้เป็นสายลำโพง จะมีขนาด 2x0.75 mm<sup>2</sup> 2x1.5 mm<sup>2</sup> และ 2x2.5 mm<sup>2</sup>

ในรูปกราฟข้างล่าง แสดงค่าสูงสุดของความยาวสายเคเบิล สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าและแรงดันทางออกของเครื่องขยายเสียงที่กำหนดให้ คำนี้อจะเหมาะสมกับกำลังไฟฟ้ารวมของลำโพงขยายและแรงดันตกคร่อมในสาย 10 %





รูปที่ 4.2: แสดงความสัมพันธ์ของค่ากำลังสูงสุดของลำโพงขยายกับความยาวของสายลำโพงเมื่อมีพื้นที่หน้าตัดต่าง ๆ กัน

## บทที่ 4

### การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

ทรานซิสเตอร์มีลักษณะสมบัติการทำงานได้สามสถานะ คือ แอ็กทีฟ คัทออฟ และอิ่มตัว การใช้งานทรานซิสเตอร์ ในสถานะแอ็กทีฟเราพอทราบมาบ้างแล้ว ในบทนี้ เราจะให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในสถานะคัทออฟและอิ่มตัว นั่นก็คือต้องการให้ทรานซิสเตอร์มีคุณสมบัติเป็นสวิตช์ ในขณะที่ทรานซิสเตอร์คัทออฟจะมีกระแสไหลเพียงเล็กน้อยจนเสมือนไม่มีกระแสไหลผ่านหรือเป็นสวิตช์ในสถานะเปิดวงจร(off) และเมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะอิ่มตัว จะมีกระแสไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ได้มากเหมือนกับว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะอนปิดวงจร(on)

#### 4.1 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ในอุดมคติ

ในรูป ก. เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ชนิดอิมิตเตอร์ร่วมทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยตัวทรานซิสเตอร์เสมือนเป็นสวิตช์ให้กับโหลด  $R_L$  ที่ต่อระหว่าง  $V_{CC}$  กับขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ส่วนขาอิมิตเตอร์ต่อลงกราวด์ ทรานซิสเตอร์จะกระทำตัวคล้ายเป็นสวิตช์ซึ่งจะสวิตช์ปิด-เปิดระหว่างขาคอลเลกเตอร์กับอิมิตเตอร์ ส่วนของแรงดันอินพุตที่ป้อนเข้าที่เบสทำตัวเป็นส่วนควบคุมการทำงานของสวิตช์ ถ้าพิจารณาตามกฎของเกย์ชโฮฟเราจะพบว่าส่วนของแรงดัน  $V_{CB}$  สามารถหาได้จาก

$$V_{CB} = V_{CC} - I_C R_L$$

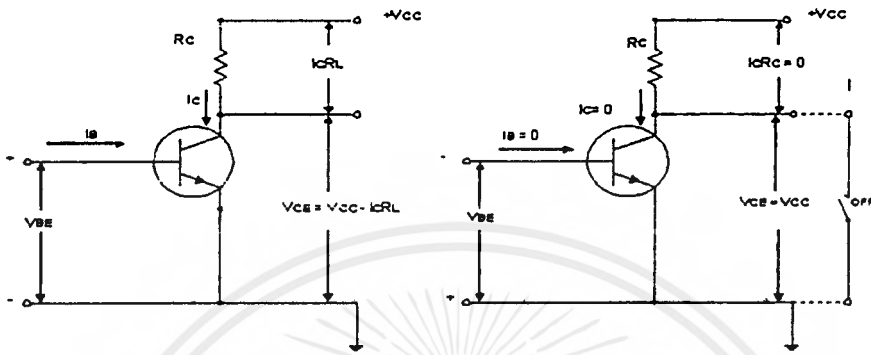
เมื่อแรงดันที่เบส-อิมิตเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ หรือ โป้ตกลับที่ขั้วอิมิตเตอร์ ส่วนของกระแส  $I_B$  จะมีค่าเป็นศูนย์ด้วย กระแสคอลเลกเตอร์จะพลอยมีค่าประมาณเท่ากับศูนย์ด้วย ในสถานะเช่นนี้ ทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะคัทออฟ นั่นคือแรงดันที่ตกคร่อมโหลดจะมีค่าเป็นศูนย์ (เพราะกระแส  $I_C = 0$ )

แรงดันตกคร่อม  $V_{CB}$  หาได้จาก

$$V_{CB} = V_{CC} - (0 \times R_L)$$

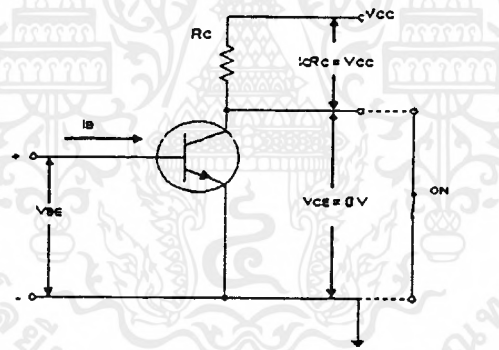
$$= V_{CC}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

(ข) กรณีที่สวิทช์ออฟ



(ค) กรณีที่สวิทช์ออน

รูปที่ 4.1

นั่นคือเมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะกัทออฟ แรงดันที่คอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะมีค่าประมาณเท่ากับแรงดัน  $V_{CC}$

ครั้นเมื่อทำให้แรงดันที่เบสเป็นบวก หรือป้อนกระแส  $I_B$  จนทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว จะทำให้มีกระแสคอลเลกเตอร์  $I_C$  ไหลได้เป็นจำนวนมากมาย คั้งนั้นแรงดันตกคร่อมโหลดจะมีค่าเป็น  $I_C R_L$  ซึ่งมีค่าประมาณได้เท่ากับแรงดัน  $V_{CC}$  และจากสมการเดิมเราสามารถหา  $V_{CE}$  ได้เป็น

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{CC}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
= 0 โวลต์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือกล่าวได้ว่าทรานซิสเตอร์อิ่มตัวหรืออนเป็นผลทำให้  $V_{CB}$  มีค่าประมาณเท่ากับศูนย์

จากลักษณะสมบัติทางอุดมคตินี้เองทำให้เราเห็นว่ากำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์พลอยมีค่าเป็นศูนย์ด้วยทั้งนี้เพราะ

$$P_D = I_C \times V_{CB}$$

เมื่อคิดว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ  $I_C = 0$

$$P_D = 0 \times V_{CB} = 0$$

เมื่อคิดว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว  $V_{CB} = 0$

$$P_D = I_C \times 0 = 0$$

## 4.2 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ตามความเป็นจริง

เพื่อให้เข้าใจลักษณะการใช้งานจริง ๆ ของทรานซิสเตอร์ เราจะต้องมาพิจารณาดูว่าการทำงานของมันแตกต่างจากคุณสมบัติในทางอุดมคติเพียงไร และสิ่งที่จะทำให้เห็นได้ชัดคือกราฟลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ จากสมการเดิม เมื่อ  $I_C = 0$ ,  $V_{CB} = V_{CC} - 0$  ซึ่งค่า  $V_{CB}$  จะมีค่าเท่ากับ  $V_{CC} = 10$  โวลต์ (ดูรูป 4.1) ร่วงจุด A ลงบนกราฟลักษณะสมบัติ  $I_C = 0$  และ  $V_{CB} = 10$  โวลต์ แต่เมื่อ  $V_{CB} = 10$  โวลต์ เราหาค่า  $I_C$  ได้ดังนี้

$$0 = V_{CC} - I_C R_L$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{10V}{1k\Omega} = 10mA$$

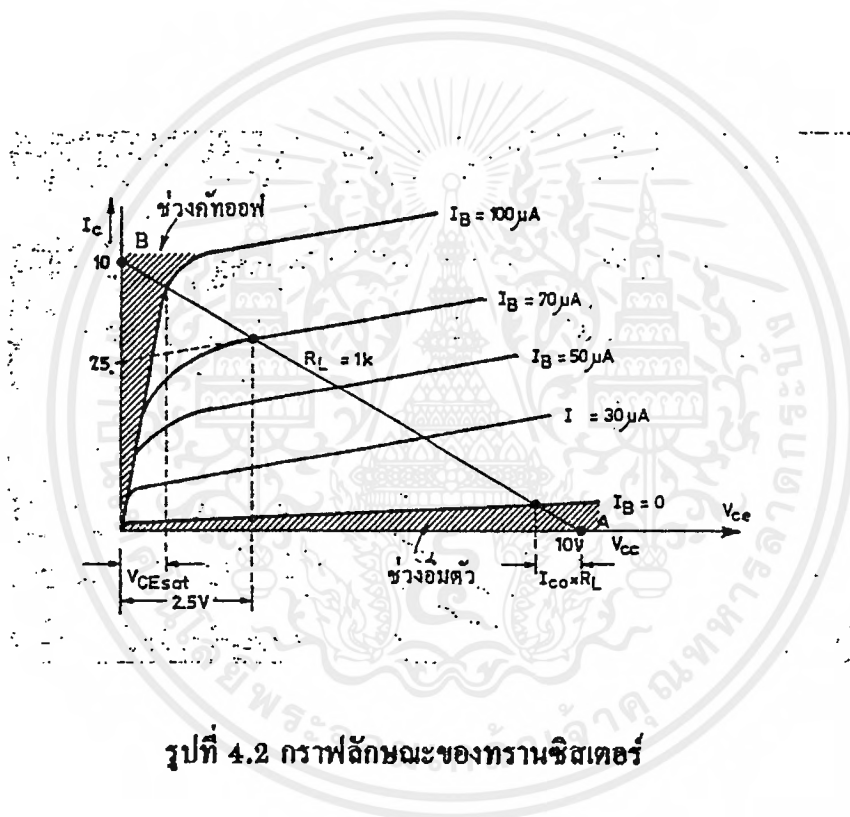
ร่วงจุด B ลงบนกราฟลักษณะสมบัติที่  $V_{CB} = 0$  และ  $I_C = 0$  ลากสมการโหนดซึ่งเป็นเส้นเชื่อมต่อบริเวณที่แรเงาจะเป็นส่วนที่เรียกว่าอิ่มตัวและคัทออฟ (ดูรูปที่ 4.2)

เส้นสมการโหนดนี้จะบ่งบอกค่าความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดัน นั่นคือที่จุดค่ากระแส  $I_C$  มีค่าต่างๆ แรงดัน  $V_{CB}$  ก็พลอยมีค่าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย พื้นที่ของกราฟในบริเวณที่แรเงาจะเป็นส่วนที่เรียกว่าอิ่มตัวและคัทออฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำให้ทรานซิสเตอร์ตัดออฟหรือให้ค่ากระแส  $I_B = 0$  ถ้าเราดูจากกราฟจะเห็นว่าค่าแรงดัน  $V_{CB}$  ที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า  $V_{CC}$  นั่นคือจะต้องมีกระแสบางส่วนไหลผ่านทรานซิสเตอร์บ้าง กระแสส่วนนี้เราเรียกว่า กระแสรั่วไหล ( $I_{CBO}$ ) ดังนั้นค่าแรงดัน  $V_{CB}$  จริงๆ สามารถคำนวณได้จาก

$$V_{CB} = V_{CC} - I_{CBO} \cdot R_L$$



รูปที่ 4.2 กราฟลักษณะของทรานซิสเตอร์

เมื่อ  $V_{CC} = 10$  โวลต์  $R_L = 1 \text{ k}\Omega$  และ  $I_{CBO} = 1 \mu\text{A}$

$$V_{CB} = 10 \text{ V} - (1 \mu\text{A} \times 1 \text{ k}\Omega)$$

$$= 9.999 \text{ โวลต์}$$

$$\approx V_{CC}$$

กรณีเมื่อเราพิจารณาทางด้านอิมิตัวบ้าง เราจะเห็นว่า เมื่อทรานซิสเตอร์เข้าสู่ภาวะอิมิตัวแรงดัน  $V_{CB}$  ที่เกิดขึ้นยังไม่มีค่าเป็นศูนย์จะมีค่าประมาณเท่ากับ  $V_{CB \text{ sat}}$  (ประมาณ 0.2 โวลต์) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เงื่อนไขของการทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว

เราอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัวได้ด้วยเงื่อนไขดังนี้

1. ถ้าเราทำการออกแบบหรือคำนวณค่า  $I_B$  และ  $I_C$  ได้จากวงจรค่าที่ปรากฏเมื่อ  $I_B > I_C / (h_{FE})$  จะทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว
2. ทรานซิสเตอร์จะอิ่มตัวเมื่อทำการไบอัสแรงดันระหว่างอิมิตเตอร์ชนิดไบอัสตรง

### เงื่อนไขของการทำให้ทรานซิสเตอร์ออฟหรือคัทออฟ

1. รอยต่อระหว่างเบสและอิมิตเตอร์จะอยู่ในลักษณะไบอัสกลับหรือแรงดัน  $V_{CB}$  มีค่าเป็นศูนย์
2. กระแสเบสมีค่าเป็นศูนย์

สิ่งหนึ่งที่จะช่วยเราในการออกแบบการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์คือการกำหนดค่า  $h_{FEmin}$  หรือ  $h_{FE}$  ที่ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ ทรานซิสเตอร์จะอิ่มตัวเมื่อกำหนดอัตราส่วนของกระแส  $I_C / I_B = h_{FE}$  ดังตัวอย่างเช่น

เมื่อต้องการออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นสวิตช์ โดยที่  $I_B = 0.2 \text{ mA}$  จงคำนวณหาค่า  $h_{FEmin}$  โดยสมมติวงจรที่ใช้เป็นวงจรรูปที่ 4.1 กรณีอิ่มตัวค่า  $I_C$  หาได้จาก

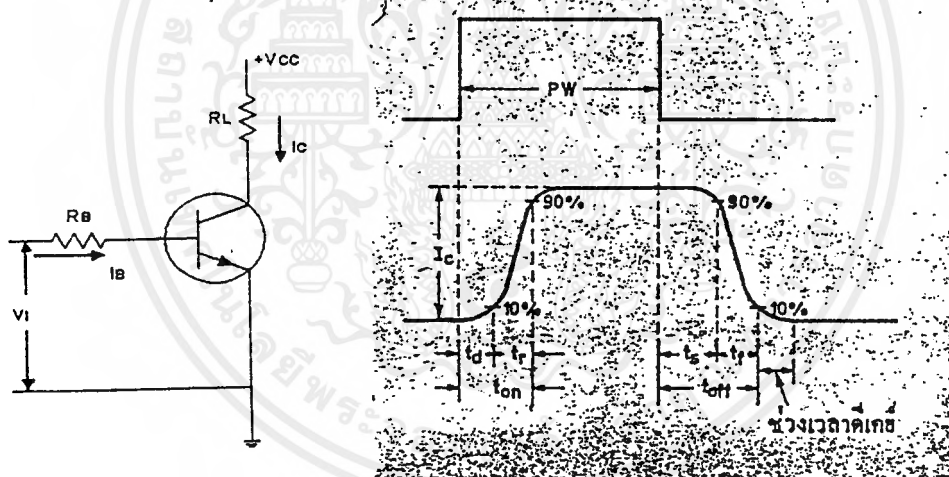
$$\begin{aligned} I_C &= V_{CC} / R_L \\ &= 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } h_{FEmin} = 10 \text{ mA} / 0.2 \text{ mA} = 50$$

นั่นหมายความว่าเราใช้ทรานซิสเตอร์อะไรก็ได้ที่มีอัตราขยาย  $h_{FE} > 50$  จะทำให้มันอยู่ในสถานะอิ่มตัวได้

### 4.3 ช่วงเวลาการสวิตช์

ช่วงเวลาการสวิตช์เป็นสิ่งที่สำคัญมากประการหนึ่งในการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่สูง ถ้าพิจารณาการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 4.1 ซึ่งให้ความสัมพันธ์ของกระแสเบสกับกระแสคอลเลกเตอร์เมื่อป้อนกระแสเบสในทันทีทันใด ทรานซิสเตอร์ไม่สามารถอยู่ในสถานะอิ่มตัวได้ทันที ช่วงเวลาความแตกต่างระหว่างกระแสเบสในทันทีทันใด ทรานซิสเตอร์ไม่สามารถมาอยู่ในสถานะอิ่มตัวได้ทันที ช่วงเวลาความแตกต่างระหว่างกระแสคอลเลกเตอร์กับกระแสเบสในขณะเริ่มสวิตช์นี้เราเรียก ช่วงเวลาหน่วง (delay time)  $t_d$  ช่วงเวลานี้เรานิยามได้โดยเป็นระยะเวลาห่างจากจุดเริ่มต้นของการสวิตช์ จนถึงกระแสคอลเลกเตอร์ เพิ่มขึ้น เป็น 10% ของกระแสคอลเลกเตอร์อิ่มตัว นอกจากนี้ช่วงเวลายาวขึ้น ยังปรากฏที่กระแสเอาต์พุตด้วย ช่วงเวลาหน่วงและช่วงเวลายาวขึ้น รวมเรียกว่า ช่วงเวลาออน (on time)



รูปที่ 4.3 A ความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตในวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

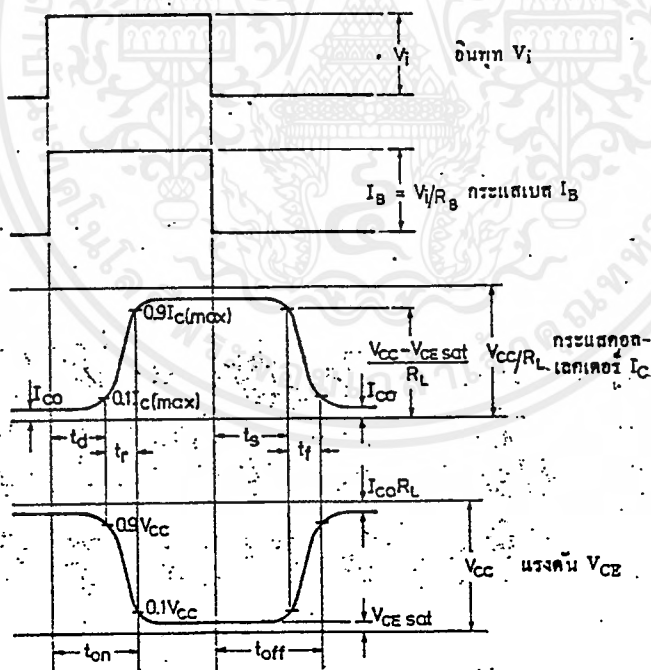
ในทำนองเดียวกันทรานซิสเตอร์ก็ไม่สามารถที่จะคัทออฟได้ทันทีทันใด ช่วงเวลาคัทออฟประกอบด้วย ช่วงเวลาสะสม (storage time)  $t_s$  และช่วงเวลายาลง (fall time)  $t_f$  ช่วงเวลาสะสมเป็นผลมาจากการสะสมประจุเมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะอิ่มตัวส่วนของประจุสะสมที่บริเวณรอยต่อ ครั้นเมื่อทำให้ทรานซิสเตอร์คัทออฟ ประจุส่วนนี้ยังหลงเหลืออีกเล็กน้อย ช่วงเวลาสะสมนี้เป็นช่วงเวลานับตั้งแต่การเริ่มทำให้ทรานซิสเตอร์คัทออฟ จนถึงเวลาที่กระแสคอลเลกเตอร์ลดลงเหลือ 90% ของค่ากระแสอิ่มตัว ส่วนในช่วงเวลายาลงนั้นจะนับต่อมาจนกระทั่งกระแสเอาต์พุตลดลงมาเหลือ 10% ของค่ากระแสอิ่มตัว โดยปกติตามคู่มือผู้ผลิตจะบอกมาเป็นช่วงการคำนวณการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาออนและออฟ แต่ทรานซิสเตอร์บางตัวผู้ผลิตจะให้ข้อมูลทั้งหมดคือ  $t_d, t_r, t_s, t_f$  ซึ่งสรุปช่วงเวลาออนและออฟได้ดังนี้

$$\text{ช่วงเวลาออน} = t_d + t_r$$

$$\text{ช่วงเวลาออฟ} = t_s + t_f$$

รูปที่ 4.3 B เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ของแรงดัน  $V_i$  และกระแสเบส  $I_B$  กระแสคอลเลกเตอร์และแรงดันคอลเลกเตอร์ - อิมิตเตอร์ ค่าทั้งหมดนี้เป็นการแสดงภาพตามความเป็นจริง คือในขณะที่ทรานซิสเตอร์อิมิตต์เราจะนำค่า  $V_{CEsat}$  มาคิดด้วย นั่นคือกระแสคอลเลกเตอร์ขณะอิมิตต์จะมีค่าเป็น  $(V_{CC} - V_{CEsat}) / R_L$  และในทำนองเดียวกันเมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ ก็จะมีกระแสรั่วไหล  $I_{CBO}$  เกิดขึ้น ค่ากระแสส่วนนี้จะทำให้แรงดันคอลเลกเตอร์ อิมิตเตอร์ไม่เท่ากับ  $V_{CC}$  แต่จะมีค่าเป็น  $V_{CC} - I_{CBO}R_L$  โดยปกติ  $I_{CBO}$  มีค่าน้อยมากจนบางครั้งการออกแบบวงจรเราจะละเลยส่วนของกระแสนี้ได้

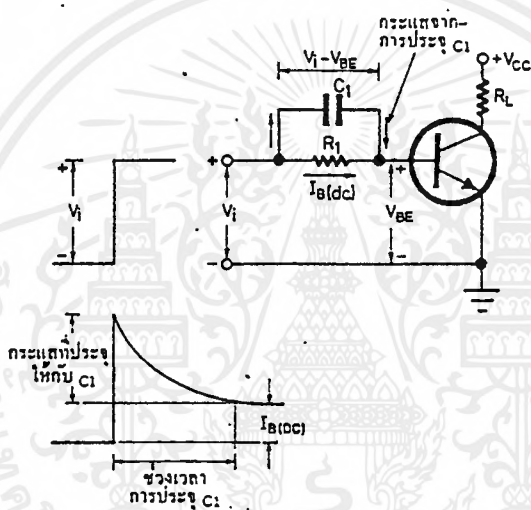


รูปที่ 4.3 B แสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

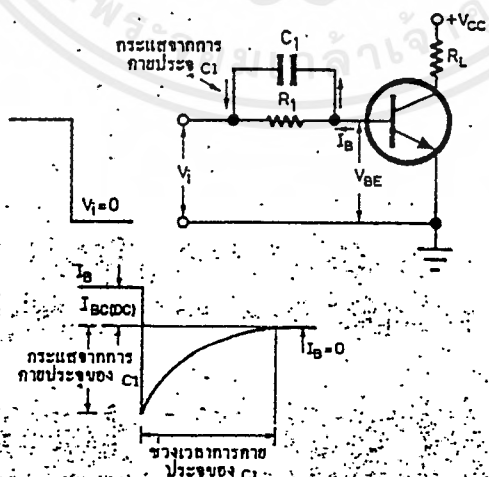
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์

การสวิตช์จะยิ่งช้าลง ถ้าหากว่าแรงดันที่เบสอิมิตเตอร์อยู่ในสภาวะไบอัสกลับ ก่อนการสวิตช์ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าตัวเก็บประจุที่บริเวณรอยต่อได้รับการไบอัสกลับมีประจุเก็บไว้ ก่อน ครั้นเมื่อต้องการสวิตช์ ประจุเหล่านี้จะต้องคายออกเพื่อให้แรงดัน  $V_{BE}$  เป็นบวก คงนั้นถ้าเรา ต้องการให้ช่วงเวลาการสวิตช์เร็วขึ้น แรงดัน  $V_{BE}$  ควรจะมีค่าเป็นศูนย์หรือไบอัสกลับให้น้อยที่สุด และในการลดช่วงเวลาขาขึ้น กระแส  $I_B$  ควรจะป้อนให้มีค่ามากกว่าปกติที่เพียงพอทำให้ ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว การกระทำดังกล่าวจะเป็นการลดช่วงเวลาอนได



(ก) ผลของ  $C_1$  ต่อการสวิตช์ออน



(ข) ผลของ  $C_1$  ต่อการสวิตช์ออฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **รูปที่ 4.4 การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์** กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่เราป้อนกระแสเบสด้วยค่ามากๆ ก็มีข้อเสียคือ จะไปเพิ่มช่วงเวลาสะสม ทั้งนี้เพราะการสะสมประจุของรอยต่อทรานซิสเตอร์ในขณะที่อิมิตเตอร์ก็เพิ่มไปได้มาก วิธีทางหนึ่งที่จะทำให้ช่วงเวลาออฟชั่นลงก็คือการทำให้แรงดันไบอัสที่เบสเป็นการไบอัสกลับด้วยค่ามากกว่าปกติเพื่อเร่งการออฟให้เร็วขึ้น ซึ่งก็จะเป็นผลต่อช่วงเวลาขณะออนด้วย จะเห็นได้ว่าถ้าเพิ่มความเร็วขณะออนก็มีผลกระทบต่อขณะออฟ ถ้าเพิ่มความเร็วขณะออฟก็มีผลต่อขณะออน

ในทางอุดมคติสำหรับการสวิทช์ให้เร็วขึ้นทั้งขณะออฟและออน เราทำได้ด้วยการให้แรงดัน  $V_{BB}$  เริ่มต้นที่ศูนย์โวลต์ และค่ากระแส  $I_B$  ในขณะที่เริ่มสวิทช์ออนมีค่ามากกว่าปกติ แล้วกลับมาด้วยค่ากระแสเบสพอเพียงที่ทำให้ทรานซิสเตอร์อิมิตเตอร์ได้เท่านั้น และในทำนองเดียวกันเมื่อต้องการทำให้ทรานซิสเตอร์ออฟเราก็ทำการไอ้กลับ  $V_{BB}$  ด้วยช่วงแรงดันมากกว่าปกติ แล้วลดลงแรงดันมาที่ศูนย์ การกระทำเช่นนี้สามารถทำได้โดยไม่ยากนัก ด้วยการเพิ่มค่าตัวเก็บประจุขนานกับตัวต้านทาน  $R_B$  ตัวเก็บประจุตัวนี้เรียกว่า ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว (speed up capacitor) ลักษณะของวงจรแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.4

การใส่ตัวเก็บประจุ  $C_1$  จะมีประโยชน์คือ เมื่อแรงดัน  $V_1$  เปลี่ยนระดับจาก 0 ไปเป็นบวกพอที่จะสวิทช์ทรานซิสเตอร์ได้ กระแสเบสของทรานซิสเตอร์คือกระแสผลรวมของกระแสผ่าน  $R_1$  กับกระแสที่ประจุให้  $C_1$  กระแสที่ไหลผ่าน  $C_1$  จะเริ่มมีค่ามากเพื่อประจุให้กับ  $C$  จนแรงดันคร่อม  $C$  ค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น ค่ากระแสผ่าน  $C$  ก็จะลดลง จนแรงดันคร่อม  $C$  มีค่าเท่ากับแรงดัน  $R$  แล้วกระแสผ่าน  $C$  ก็จะเป็นศูนย์ ค่าของตัวเก็บประจุ  $C$  ต้องเลือกค่าให้พอเหมาะ โดยปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 30 - 100 pF ทั้งนี้เพราะเราต้องการกระแสเป็นพัลส์ในช่วงเวลาสั้น ๆ ในทำนองเดียวกันเมื่อทำให้ทรานซิสเตอร์คัทออฟ หรือเปลี่ยนค่าระดับแรงดันจาก  $+V_1$  มาเป็น 0 โวลต์ ตัวเก็บประจุ  $C$  จะคายประจุ ทิศทางการคายประจุจะช่วยดึงกระแสเบสทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในภาวะไบอัสกลับได้เร็วขึ้น และหลังจากการคายสิ้นสุดลงแล้วแรงดันเบส-อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ก็จะมีค่าเป็นศูนย์โวลต์

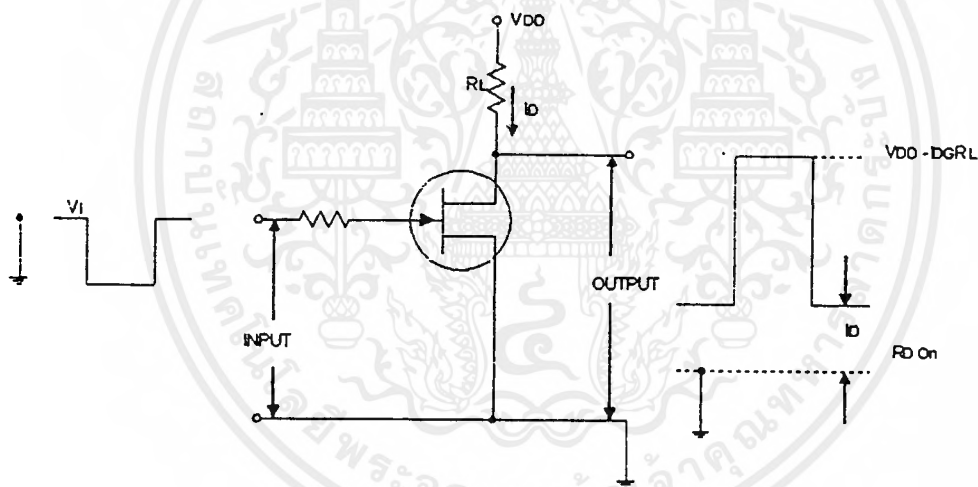
#### 4.5 การใช้ฟิลด์เอฟเฟกทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

การใช้ฟิลด์เอฟเฟกทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ก็เหมือนกับการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ ขอให้พิจารณาจากรูปที่ 4.5 A แรงดันเอาต์พุตของวงจรสามารถเขียนสมการตามกฎของเกิซโฮฟได้เป็น

$$V_o = V_{DD} - I_D R_L$$

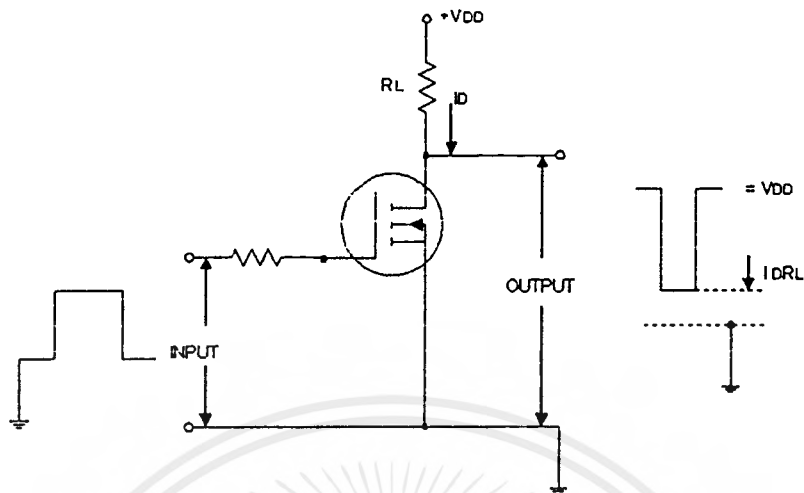
ในการวิเคราะห์วงจรเมื่อวงจรอยู่ในอุดมคติ ในกรณีที่ฟิลด์เอฟเฟกทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ  $V_o = 0$  และเมื่ออยู่ในสภาวะออน  $V_o = V_{DD}$

ในการทำให้ฟิลด์เอฟเฟกทรานซิสเตอร์กระแสหรืออิมิต์วั้น เราเพียงแต่ทำให้แรงดันที่เกตของฟิลด์เอฟเฟกมีค่าเท่ากับศูนย์เท่านั้น และถ้าต้องการให้คัทออฟเราก็ให้แรงดันที่เกตมีค่าเป็นลบจนถึงค่าแรงดันเกตคัทออฟ

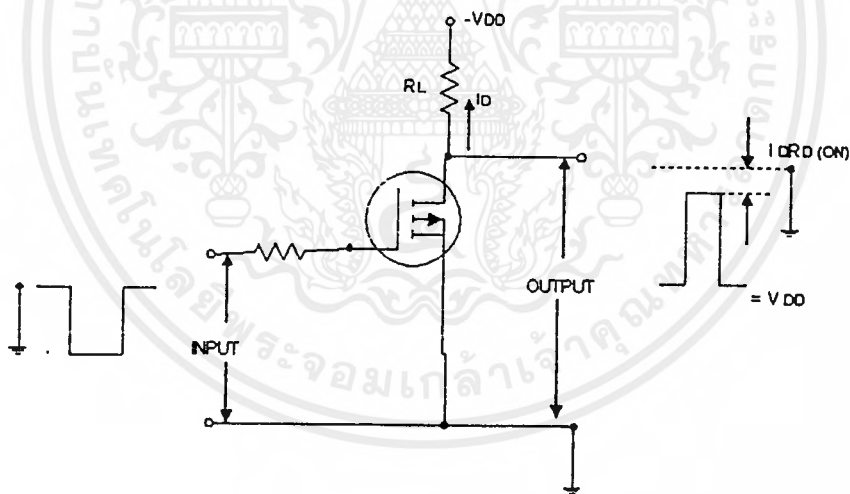


รูปที่ 4.5 A การใช้ฟิลด์เอฟเฟกเป็นสวิตช์

แต่ในขณะที่ใช้งานจริงค่าแรงดันเอาต์พุตจะแตกต่างจากอุดมคติในทางอุดมคติอยู่บ้าง เช่น ในขณะที่ฟิลด์เอฟเฟกอิมิต์ว ค่าแรงดันเอาต์พุตจะไม่มีค่าเป็นศูนย์ แต่จะมีค่าเท่ากับ  $I_D R_{D(on)}$  โดยปกติจะมีค่าค่อนข้างต่ำประมาณ 0.1 - 0.2 โวลต์ และเมื่อฟิลด์เอฟเฟกทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ ค่าแรงดันเอาต์พุต  $V_{DS}$  จะมีค่าประมาณเท่ากับ  $V_{DD} - I_D \text{ or } R_L$



(ก) การใช้เอ็นมอสเป็นสวิตช์



(ข) การใช้พีมอสเป็นสวิตช์

4.5B การใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

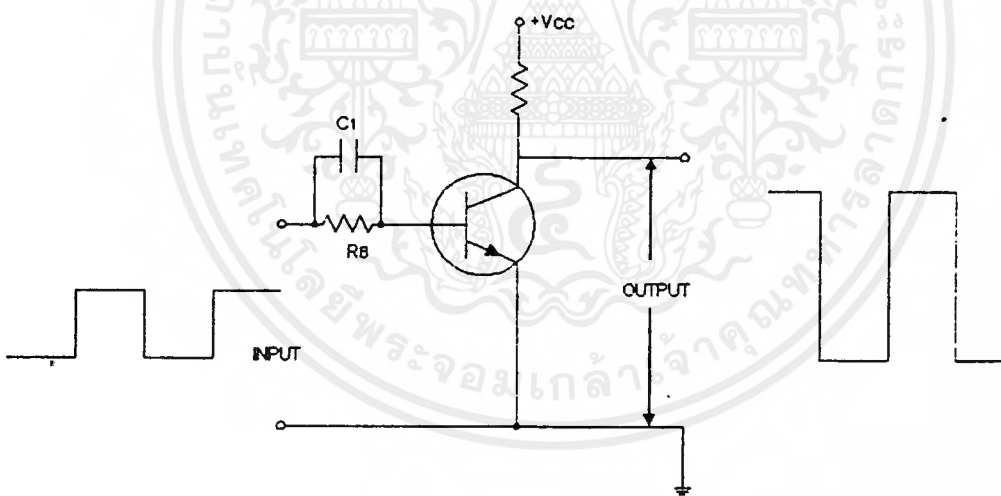
#### 4.6 การใช้มอสเฟทเป็นสวิตช์

มอสเฟทก็มีคุณสมบัติเหมือนฟิลด์เอฟเฟกทรานซิสเตอร์นั่นเอง ซึ่งนอกจากจะใช้คุณสมบัติในช่วงแอกทีฟได้แล้วเรายังสามารถใช้งานในช่วงคัทออฟและอิ่มตัวได้ ข้อดีของมอสเฟทอยู่ที่มีอิมพัลส์ที่แคบสูงมาก ๆ การทำงานอาศัยแรงดันที่เกทในการควบคุมการสวิตช์เป็นสิ่งสำคัญ เราแบ่งมอสเฟทออกเป็นสองประเภทเช่นกันคือ ชนิดพีมอส และเอ็นมอส

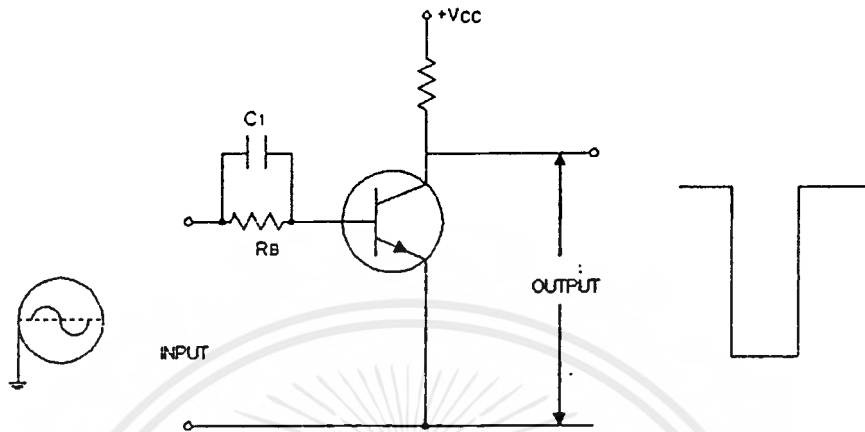
นอกจากนี้เรายังสามารถนำเอาเอ็นมอสกับพีมอสมารวมกันเป็นสวิตช์ และเรียกว่า ซีมอส (CMOS - complementary metal oxide semiconductor)

#### 4.7 การใช้งานวงจรถานซิสเตอร์ที่เป็นสวิตช์

วงจรถานซิสเตอร์ วงจรถานซิสเตอร์เป็นวงจรที่รู้จักกันแพร่หลายและมีที่ใช้กันมากที่สุด ลักษณะของวงจรถานซิสเตอร์ก็คือวงจรถานซิสเตอร์สัญญาณ หรือกลับเฟสของสัญญาณไป  $180^\circ$  นั่นเอง การใช้งานของวงจรถานซิสเตอร์ให้พิจารณาจากวงจรในรูปที่ 4.7 A



ก. วงจรถานซิสเตอร์เมื่อมีสัญญาณพัลส์เป็นสัญญาณอินพุท

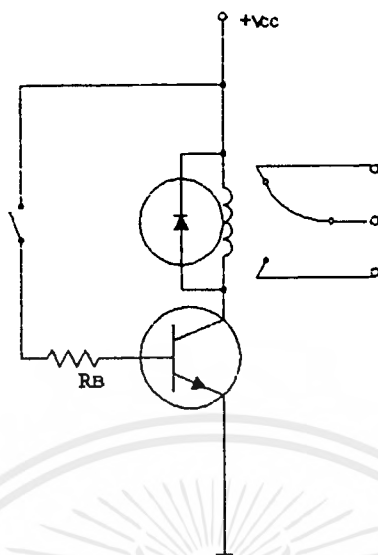


### ข. วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีสัญญาณรูปขายนเป็นอินพุท

รูปที่ 4.7 A

สำหรับวงจรในรูปที่ 4.7 A เป็นวงจรที่มีประโยชน์มากในวงจรทางด้านดิจิทัล และลอจิก เพราะเป็นการเปลี่ยนสัญญาณหรือสลับสัญญาณนั่นเอง นอกจากนี้ยังใช้ในลักษณะของการอินเตอร์เฟส ดังตัวอย่าง เช่น เอาท์พุทของวงจรจําพวกไอซีอาจจะมีขนาดเอาท์พุทไม่พอเพียงที่จะขับโหลดได้ เราจึงต้องอาศัยวงจรอินเวอร์เตอร์นี้เป็นวงจรบัฟเฟอร์ (กันชน) ซึ่งโหลด  $R_L$  อาจจะเป็นหลอดไฟ ภาคแสดงผล ฯลฯ ก็ได้ที่ต้องการกระแสสูง ส่วนวงจรในรูปด้านล่าง เป็นหลักการง่าย ๆ ในการแปลงสัญญาณที่ปรากฏก็พออนุโลมให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมได้

วงจรขั้วรีเลย์ ในวงจรควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เราสามารถใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไปควบคุมอุปกรณ์ประเภทไฟฟ้ากำลังได้ แต่สิ่งหนึ่งที่เสมือนเป็นตัวกลางได้ก็คือรีเลย์ ขอให้พิจารณาทรานซิสเตอร์ที่มีโหลดเป็นรีเลย์ดังแสดงในรูปที่ 4.8 B



รูปที่ 4.8 B วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งที่มีโหลดเป็นรีเลย์

สมมติว่าในขณะที่ให้สวิตช์ออนเราจะป้อน  $V_1$  ด้วยระดับแรงดัน 12 โวลต์ โดยใช้รีเลย์ 12 โวลต์ 200 โอห์ม และ  $V_{CC} = 12$  โวลต์ด้วย เราสามารถคำนวณหาค่า  $R_B$  ได้ดังนี้  
ค่ากระแสไหลผ่านรีเลย์ขณะทรานซิสเตอร์อิ่มตัว โดยคิดว่าทรานซิสเตอร์เป็นทรานซิสเตอร์อุดมคติ

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{CC}}{R_L} \\ &= \frac{12}{200} \\ &= 60\text{mA} \end{aligned}$$

สมมติว่าทรานซิสเตอร์มีค่า  $h_{FE} = 50$  กระแสเบสที่ทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัวจะต้องมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{I_C}{h_{FE}} \\ &> 60/50 \\ &> 12\text{ mA} \end{aligned}$$

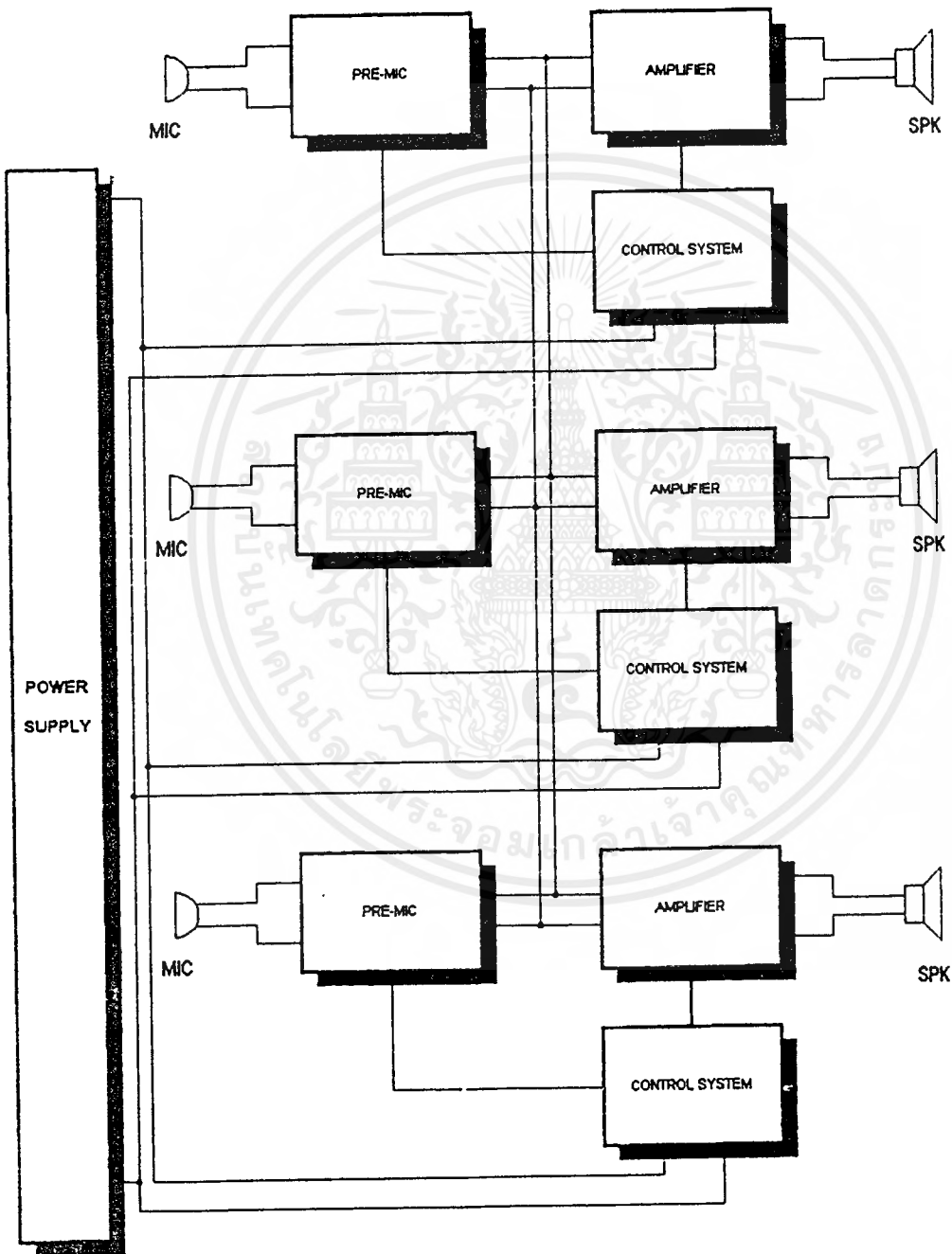
ดังนั้นค่าตัวต้านทานเบสสูงสุดที่เป็นได้คือ

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} \\
 &= \frac{12 - 0.7}{12} \\
 &= 9.4 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

การต่อไดโอดคร่อมโพลครีเลย์ก็เพื่อป้องกันการพังของทรานซิสเตอร์ ในกรณีที่ทรานซิสเตอร์จะเข้าสู่ภาวะออฟ พลังงานที่อยู่ในขดลวดครีเลย์อาจจะถ่ายมาทางทรานซิสเตอร์ทำให้พังได้ การต่อไดโอดเพื่อลัดวงจรการคายพลังงานจึงช่วยได้



บทที่ 5  
โครงสร้างของวงจรโดยรวม



รูปที่ 5.1 BLOCK DIAGRAM แสดงการทำงานโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 เบสล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานโดยรวมของวงจรทั้งหมดที่ใช้ในโครงการนี้ จะเห็นได้ว่าประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. วงจรภาคจ่ายไฟ (POWER SUPPLY)
2. วงจรภาคปรีไมค์ ( PRE-MIC)
3. วงจรภาคขยาย (AMPLIFIER)
4. วงจรภาคควบคุม(CONTROL SYSTEM)

วงจรภาค POWER SUPPLY เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรทั้งหมด โดยจะต่อไปยังวงจรภาค CONTROL SYSTEM ของแต่ละชุดซึ่งภาค CONTROL SYSTEM ก็จะต่อไปยังภาค PRE-MIC และภาค AMPLIFIER โดยเมื่อเริ่มต้นการทำงานสัญญาณจากไมโครโฟนจะถูกส่งผ่านไปขยายสัญญาณที่ PRE-MIC หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปขยายอีกครั้งหนึ่งที่ภาค AMPLIFIER โดยที่สัญญาณที่ออกมาจากวงจรภาค PRE-MIC จะต่อไปยัง AMPLIFIER เมื่อผ่านวงจรภาค AMPLIFIER แล้วเอาท์พุทที่ได้จะออกที่ลำโพงแต่ละตัว

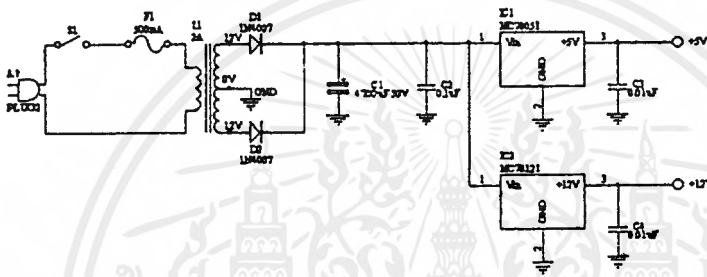
ในส่วนของภาค CONTROL SYSTEM นั้นจะควบคุมการทำงานของภาค PRE-MIC และภาค AMPLIFIER ด้วยการตัดต่อให้วงจรทั้งสองภาคทำงานสลับกัน ซึ่งในสภาวะปกติที่ภาค AMPLIFIER จะทำงานจนกระทั่งมีการกดสวิทซ์ทำให้ไมโครโฟนทำงาน ภาค PRE-MIC ทำงานภาค AMPLIFIER จะถูกตัดการทำงานเมื่อภาค AMPLIFIER ไม่ทำงานก็จะไม่มีเอาท์พุทออกมาที่ลำโพงของชุดตัวเอง แต่ภาค AMPLIFIER ของชุดอื่นยังทำงานอยู่ สัญญาณ จากภาค PRE-MIC จึงถูกส่งมาขยายที่ภาค AMPLIFIER ชุดอื่นๆ ทำให้มีเอาท์พุทออกมาที่ลำโพงตัวอื่นๆ แต่ไม่มีเอาท์พุทออกมาที่ลำโพงตัวมันเองจนกว่าจะมีการกดสวิทซ์อีกครั้งหนึ่ง

## บทที่ 6

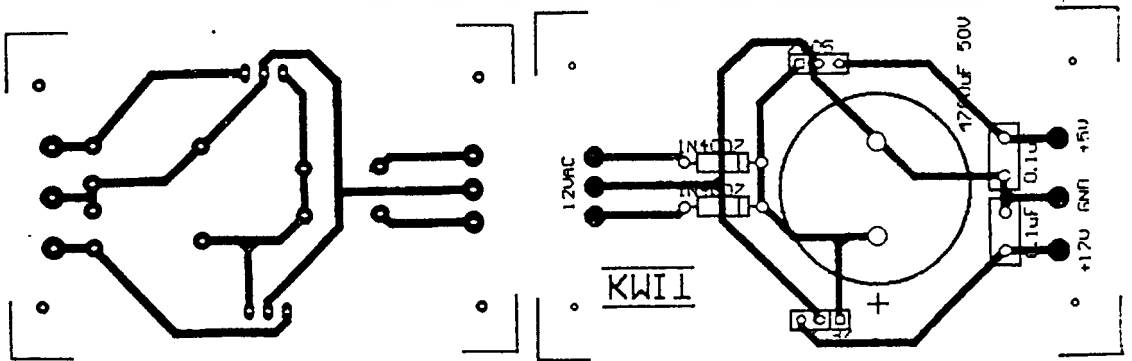
### การทดลองและผลการทดลอง

การทำงานในส่วนวงจรทั้งหมดที่ใช้ในการทำโครงงานชิ้นนี้ ประกอบด้วยส่วนวงจรต่างๆ หลายวงจร และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงได้แยกอธิบายการทำงานของวงจร เป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

#### 6.1 วงจรภาคจ่ายไฟ



จากรูปวงจรภาคจ่ายไฟจะจ่ายแรงดันไฟตรง 2 ระดับคือ +5 โวลท์และ +12 โวลท์ ดังนั้นจึงนำไอซีเรกูเลเตอร์ยี่ห้อเบอร์ 7805 และ 7812 มาใช้ ซึ่งหาได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป ส่วนหม้อแปลงใช้ขนาด 2 แอมแปร์ ไดโอด  $D_1$  และ  $D_2$  ทำหน้าที่เรกติไฟเออร์แบบฟูลเวฟและกรองให้เรียบด้วย  $C_1$  แรงดันที่ได้จากการเรกูเลเตอร์โดย  $IC_1$  และ  $IC_2$  ให้เหลือ +5 โวลท์และ +12 โวลท์ตามลำดับ  $C_2$  กรองสัญญาณ โดยเฉพาะความถี่สูงลงกราวด์อีกครั้งหนึ่ง เอาท์พุททั้งสองก็พร้อมที่จะทำงานให้กับวงจรในภาคต่างๆ ได้ทันที



ลายวงจรพิมพ์

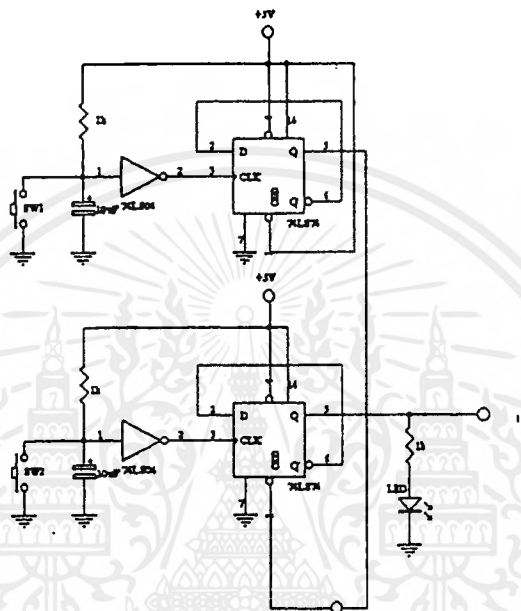
ตำแหน่งวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.2 วงจรภาคควบคุม

ในส่วนของวงจรควบคุมนั้น สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนของประธาน (CHAIR MAN) และส่วนของผู้เข้าร่วมประชุม (Delegate)

#### 6.2.1 ส่วนควบคุมการทำงานของประธาน(CHAIR MAN)

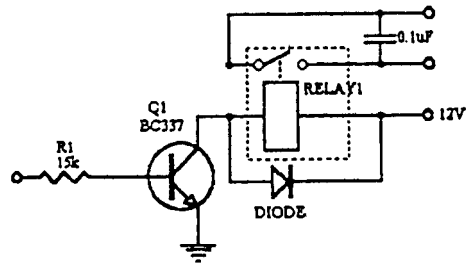


#### หลักการทํางาน

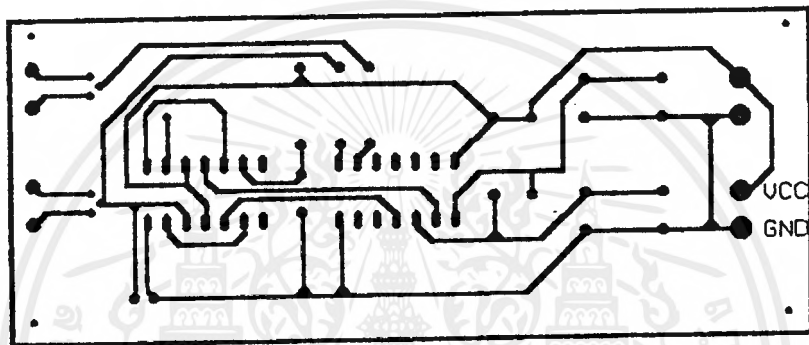
ส่วนควบคุมการทำงานของประธาน (CHAIR MAN) ประกอบด้วยสวิตช์กดคิด ปล่อยดับ 2 ตัว โดยแบ่งการเป็นสวิตช์มาสเตอร์ (SW master) และที่เหลือเป็นสวิตช์ควบคุมการตัดต่อของรีเลย์ เมื่อกดสวิตช์มาสเตอร์ ทำให้ฟลิปฟล็อปตัวแรกทำงานแสดงสถานะลอจิก “1” ออกมาที่ขา Q ซึ่งถูกออกแบบให้ทำงานแบบที่ออกเกิด สัญญาณนี้ทำให้ฟลิปฟล็อปของ Delegate พร้อมทั้งจะทำงานและเมื่อใดที่กดสวิตช์มาสเตอร์อีกครั้ง ฟลิปฟล็อปตัวแรกได้รับการกระตุ้นที่ขา คล็อกอีกครั้งทำให้เอาท์พุทแสดงสถานะ “0” ทำให้ฟลิปฟล็อปของ Delegate ได้รับลอจิก “0” ที่ขา  $\overline{CLR}$  เอาท์พุท Q ของทุกตัวกลับเป็น “0” หมดทำให้สวิตช์ควบคุมการทำงานของรีเลย์หยุดการทำงานด้วยในขณะนี้ ถ้าเรากดปุ่ม SW ของ Delegate จะไม่มีผลใดๆ ทั้งสิ้นจนกระทั่งมีการกดสวิตช์มาสเตอร์อีกครั้งหนึ่ง

ส่วนของฟลิปฟล็อปตัวที่ 2 จะทำงานเมื่อมีการลอจิก “1” เข้ามา โดยสวิตช์มาสเตอร์ไม่มีผลต่อการควบคุมการทำงานของประธาน เมื่อเรากด SW ของ CHAIR MAN ฟลิปฟล็อป ก็จะส่งลอจิก “1” ที่เอาท์พุทส่งผลให้รีเลย์ทำงาน MICROPHONE ของประธานก็จะทำงาน

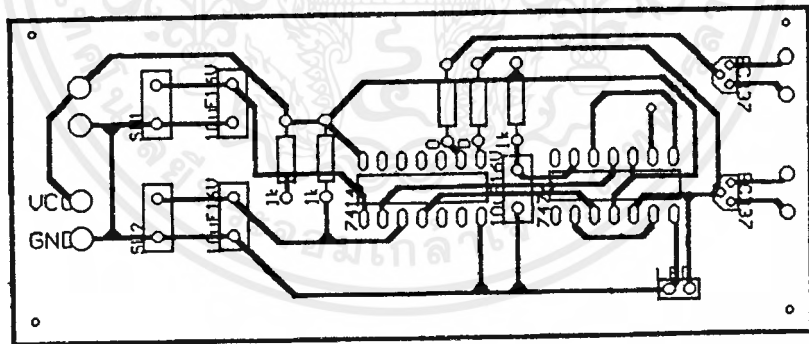
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การต่อใช้งานร่วมกับรีเลย์



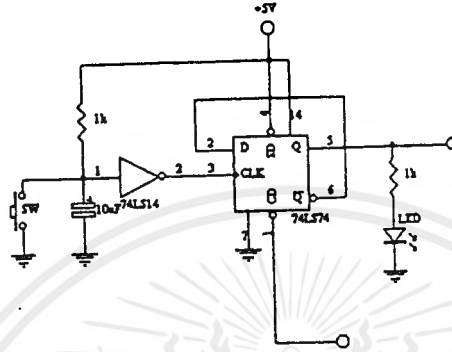
ลายวงจรพิมพ์



ตำแหน่งวางอุปกรณ์

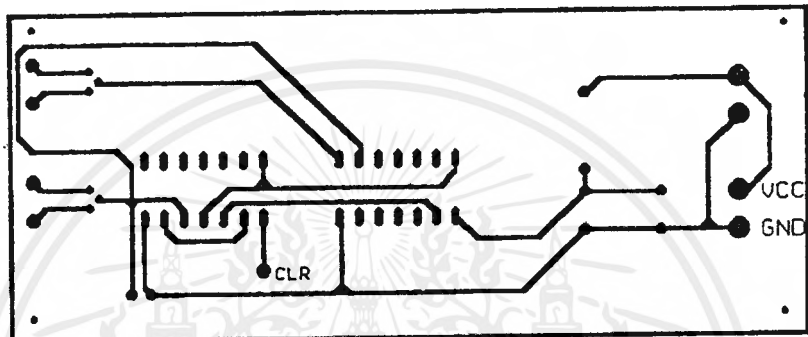
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.2.2 ส่วนควบคุมการทำงานของผู้เข้าร่วมประชุม (Delegate)

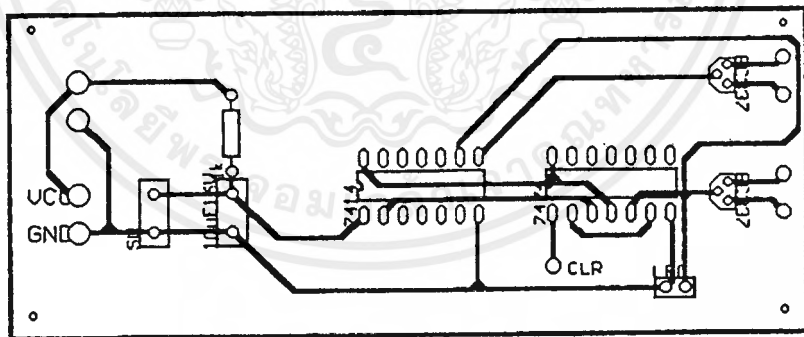


#### หลักการทํางาน

ในส่วนควบคุมการทำงานของผู้เข้าร่วมประชุมนี้จะมีลักษณะการทำงานสัมพันธ์กับส่วนของประธาน (CHAIR MAN) กล่าวคือขา CLR ของฟลิปฟล็อปจะถูกต่อเข้ากับขา Q ของฟลิปฟล็อปตัวแรกของประธาน (CHAIR MAN) ซึ่งจะควบคุมการทำงานของฟลิปฟล็อปใน Delegate อีกทีหนึ่ง คือเมื่อเรากดสวิตช์ ฟลิปฟล็อปตัวแรกที่ (CHAIR MAN) สัญญาณนี้ทำให้ฟลิปฟล็อปของ Delegate พร้อมที่ทำงานและเมื่อใดที่เรากดสวิตช์ตัวแรกหรือสวิตช์มาสเตอร์อีกครั้ง ทำให้ D ฟลิปฟล็อปของ Delegate ได้รับลอจิก "1" ที่ขา CLR ทำให้ฟลิปฟล็อปหยุดการทำงานและส่งผลให้ SW ของ Delegate หยุดการทำงาน จะไม่มีใดๆ จนกระทั่งมีการกดปุ่มมาสเตอร์อีกครั้ง



ลายวงจรพิมพ์



ตำแหน่งการวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 วงจรส่วนภาคปริโมค (แอกทีฟไมโครโฟน)

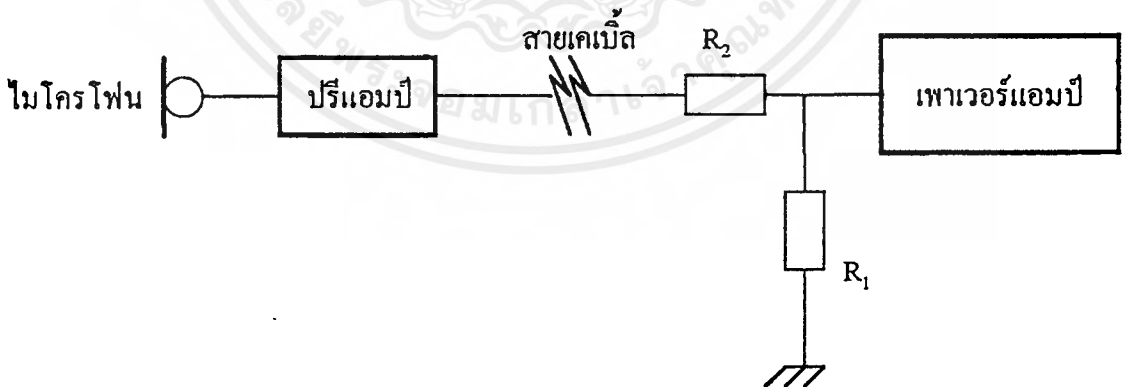
ส่วนภาคปริโมค (แอกทีฟไมโครโฟน) เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ปกติ สัญญาณที่ออกมาจากไมโครโฟนนั้นมีขนาดของสัญญาณที่ค่อนข้างต่ำเอามาก ๆ เพราะฉะนั้นการที่เราต่อสายเคเบิลจากไมโครโฟนไปยังเครื่องขยายเสียงจึงทำให้เกิดการรบกวน เนื่องจากการสูญเสียของสัญญาณ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ปริอัมป์สำหรับไมโครโฟนโดยเฉพาะ แต่เท่ากับว่าต้องขยายสัญญาณรบกวนไปด้วย ถ้าเป็นการใช้งานในระยะใกล้ ๆ มักไม่มีปัญหา แต่ถ้าสายเคเบิลนั้นยาว 2 เมตร หรือ 3 เมตรขึ้นไป สัญญาณรบกวนและการสูญเสียของสัญญาณจะมีมากขึ้น

วิธีการหนึ่งที่พอช่วยแก้ปัญหาได้คือการใช้ไมโครโฟนที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ แต่ถ้าสายเคเบิลนั้นยาวมาก ๆ วิธีนี้ก็ไม่ได้ผล จากหลักการนี้จะได้วิธีการแก้ปัญหาคือนำเอาวงจรเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำบรรจุไว้ในตัวไมโครโฟนแล้วจึงป้อนสัญญาณให้กับสายเคเบิลโดยที่สัญญาณรบกวนและคาปาซิทีฟโหลดคิง (Capacitive Loading) ไม่มีผลต่อสัญญาณเลย

จากรูปที่ 6.3.1 เมื่อสัญญาณผ่านการขยายแล้วจำเป็นต้องมีการลดขนาดของสัญญาณลง โดยใช้วงจรแบ่งแรงดันทางอินพุตของเครื่องขยายเสียง ซึ่งสามารถหาค่าของ  $R_1$  และ  $R_2$  ได้จาก

$$R_2 = 0.9AR_1$$

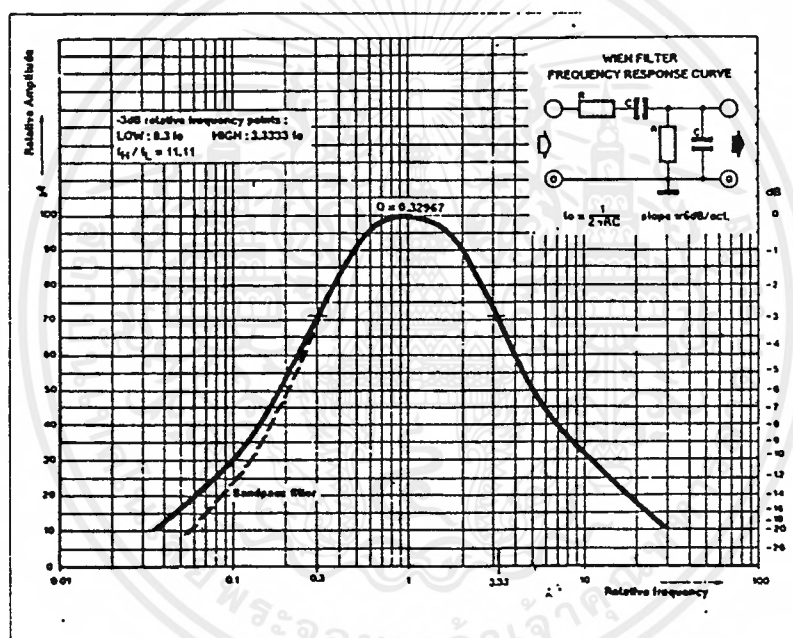
เมื่อ A เป็นอัตราขยายแรงดันของวงจร



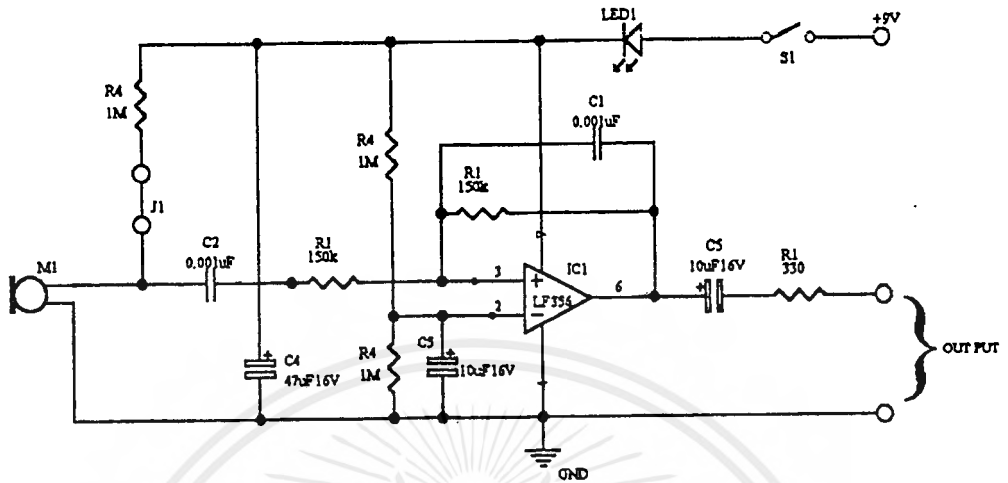
รูปที่ 6.3.1 บล็อกไดอะแกรมของแอกทีฟไมโครโฟน

ขอกล่าวถึงวงจรกรองความถี่สั้กเล็กน้อย เพื่อมีผู้สนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน ได้ ดังในรูปที่ 2 แสดงวงจรและกราฟตอบสนองความถี่ของ เวียนฟิลเตอร์(Wien filter) เมื่อ สัญญาณผ่านเข้ามาในวงจร เวียนฟิลเตอร์ สเปกตรัมของสัญญาณบางส่วนถูกกำจัดออกไป ทำให้ อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนค้ขึ้นด้วย ดังนั้นการนำไปใช้งานจึงเหมาะกับการบันทึก เสียงดนตรีที่มีเครื่องดนตรีหลาย ๆ ชิ้นซึ่งแต่ละชิ้นก็มีความถี่ต่างกัน หรือใช้กรองเสียงพูดโดย เฉพาะแล้วนำไปบันทึกก็ได้ การกำหนดความถี่ศูนย์กลางสามารถกำหนดได้จาก

$$f_0 = 1/(2\pi RC)$$



รูปที่ 8.8.2 กราฟตอบสนองความถี่และวงจรของวงจรกรองความถี่ผ่านแบบเวียนฟิลเตอร์



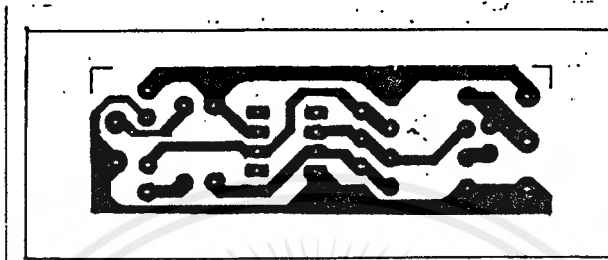
รูปที่ 6.3.3 วงจรสมบูรณของแอกทีฟไมโครโฟน

#### หลักการทำงาน

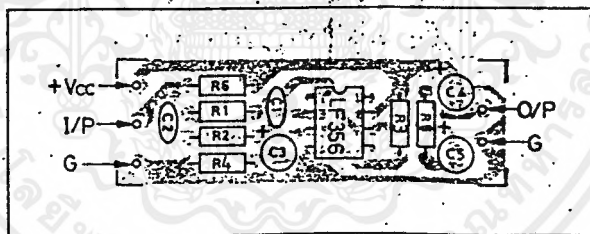
จากรูปที่ M<sub>1</sub> เป็นคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า เหตุที่เลือก M<sub>1</sub> เป็นคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเพราะมีการตอบสนองที่ความถี่กว้าง และมีขนาดเล็กกะทัดรัด IC<sub>1</sub> เบอร์ LF356 เป็นออปแอมป์แบบสัญญาณรบกวนต่ำ ที่ขาอินเวอร์ตติ้งอินพุตต่อเป็นวงจรเฟิลเตอร์ ความถี่ศูนย์กลางของวงจรถูกกำหนดด้วยค่า R<sub>1</sub> และ C<sub>1</sub> จาก  $f_0 = 159155 / (R_1 C_1)$  ซึ่ง วงจรนี้กำหนดไว้ที่ 1 KHz ที่ความถี่ศูนย์กลางนี้สามารถหาอัตราขยายได้จาก  $R_1 = 2AR_2$  หรือ  $C_1 = 2AC_2$  ซึ่งวงจรนี้กำหนดไว้ที่ 5 เท่า

C<sub>5</sub> และ R<sub>3</sub> เป็นวงจร บล็อกกิ้ง (blocking) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ไฟตรงจากวงจรออกไปทางเอาต์พุต นอกจากนี้ยังทำหน้าที่แยกค่าความจุของสายเคเบิลกับการป้อนกลับของตัว IC<sub>1</sub> ทำให้วงจรไม่เกิดการออสซิลเลตทางความถี่สูงค่าของ R<sub>3</sub> ควรมีค่าต่ำ ๆ เพื่อให้เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าต่ำ ถ้าใช้ IC<sub>1</sub> เป็นเบอร์ LM741 ไม่ต้องใส่ R<sub>3</sub> ก็ได้แต่การใช้ไอซีเบอร์นี้สัญญาณรบกวนมากกว่า

ตัวต้านทาน R<sub>3</sub> และ R<sub>4</sub> เป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อไบอัสให้กับขานอนอินเวอร์ตติ้งอินพุตแรงดัน ไบอัสนี้เท่ากับครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย



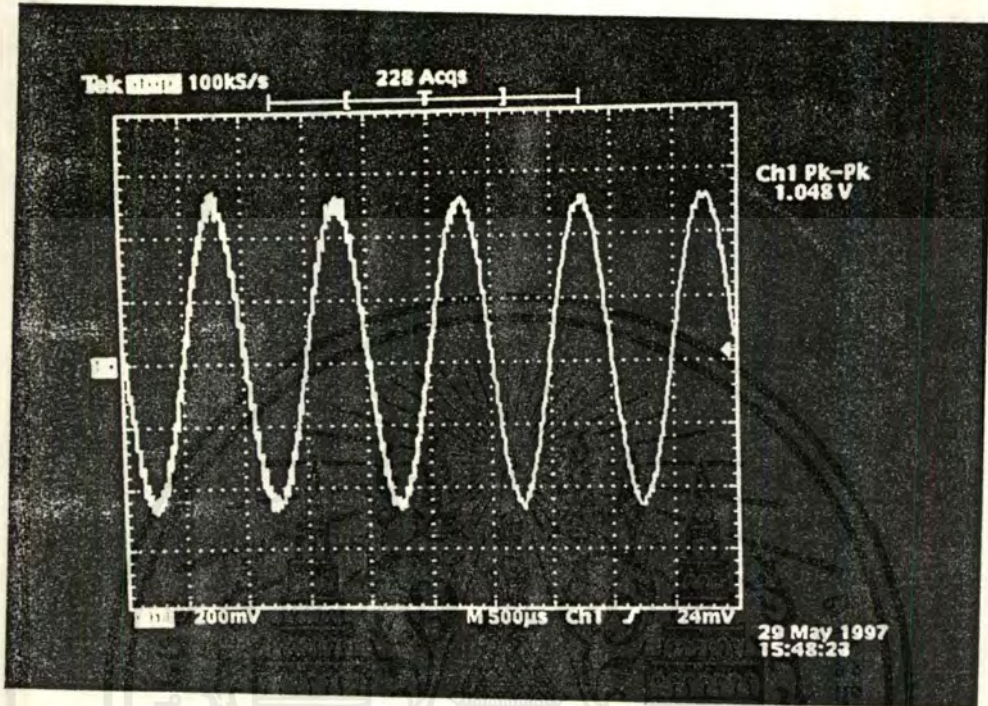
รูปที่ 6.3.4 แสดงลายวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง



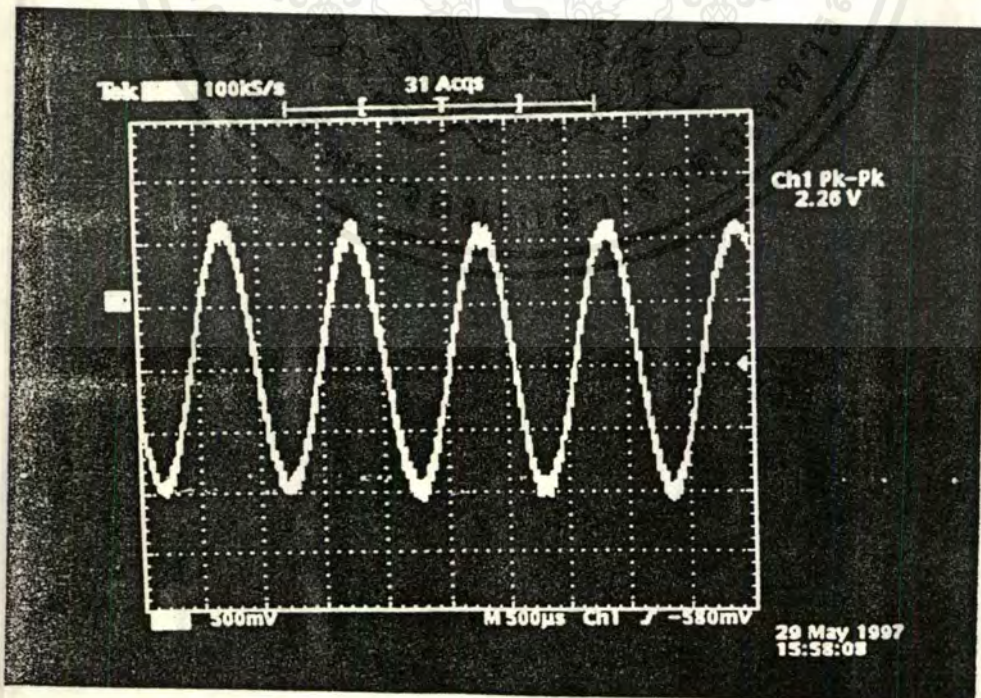
รูปที่ 6.3.5 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการป้อนสัญญาณอินพุตเข้าที่ความถี่ 1 KHz



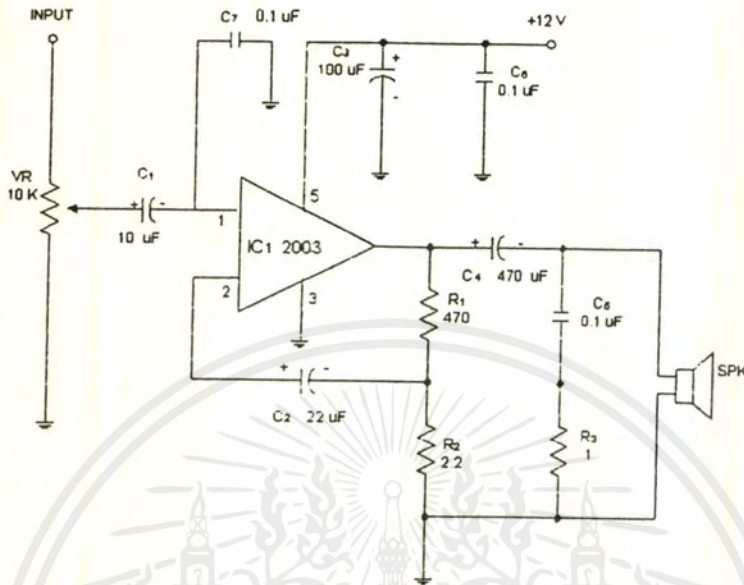
รูปที่ 6.3.6 แสดงสัญญาณอินพุต



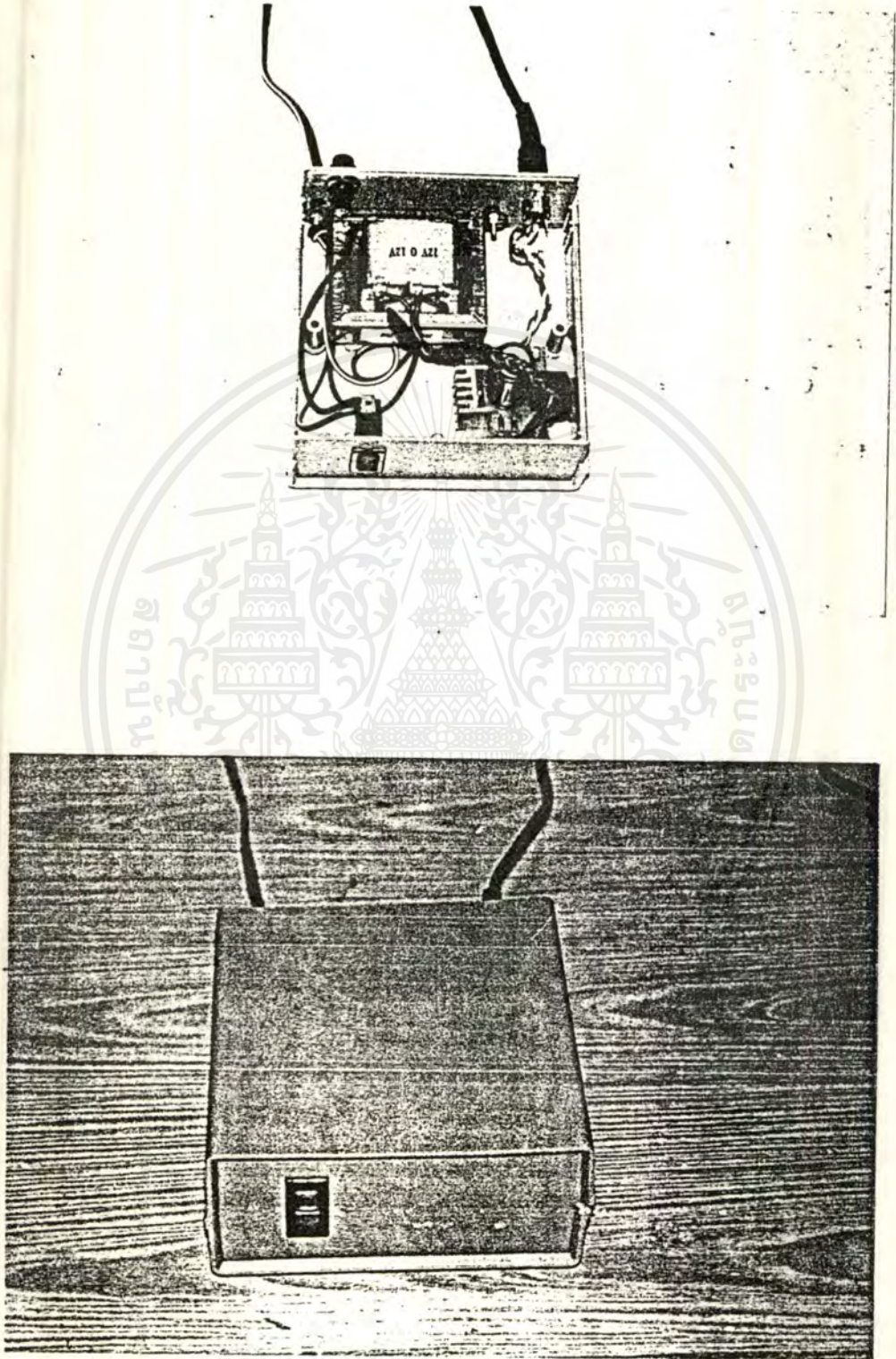
รูปที่ 6.3.7 แสดงสัญญาณเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.4 วงจรส่วนภาคเพาเวอร์แอมป์ (Power Amplifier)

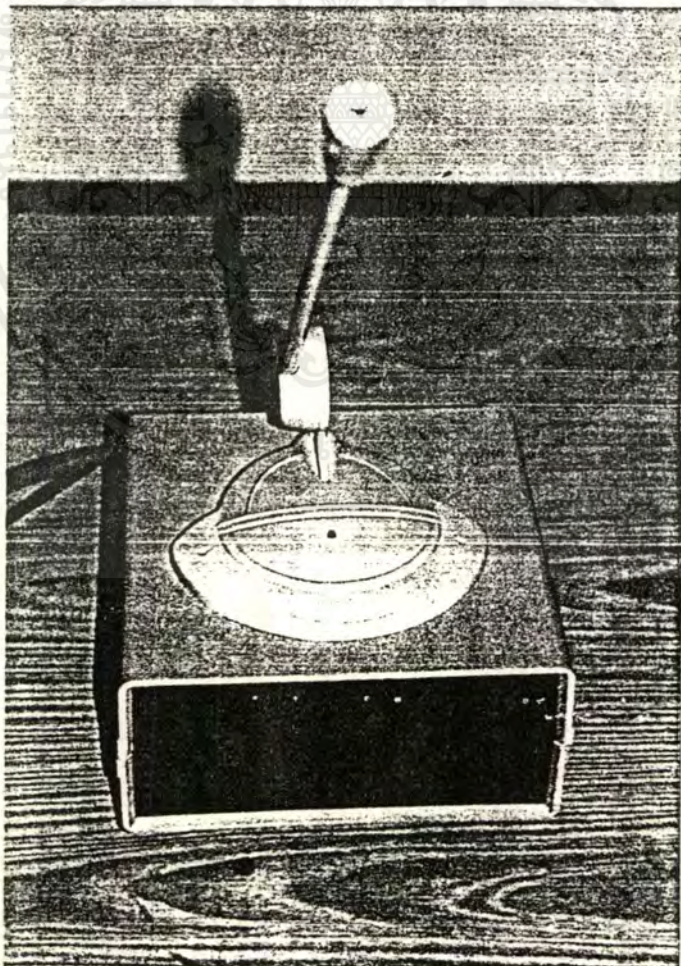
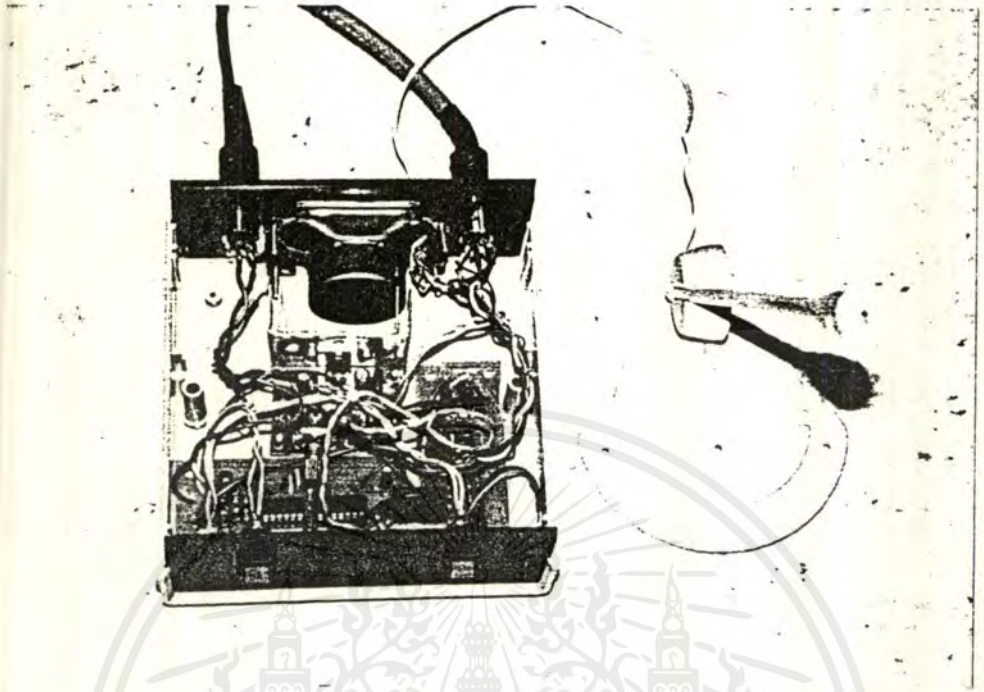


จากรูปวงจรเพาเวอร์แอมป์ (Power Amplifier) เป็นเพาเวอร์แอมป์ขนาด 8 วัตต์ ซึ่งหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป โดยสามารถนำมาใช้งานร่วมกับวงจรปริ๊ม์และวงจรควบคุม หากต้องการเพิ่มวัตต์ให้สูงขึ้นเป็น 10 วัตต์ก็เพียงแต่เปลี่ยน IC เท่านั้นคือจาก IC เดิมเบอร์ TDA 2002 เป็นเบอร์ TDA 2003 วัตต์ เป็น IC ที่ออกแบบไว้ใช้งานกับไฟตั้งแต่ 8 โวลท์ ถึง 18 โวลท์ โดยออกแบบให้ขยายแบบคลาสบี สามารถขับโหลดได้ต่ำมากถึง 1.6 โอห์มให้กระแสด้านขาออก 3.5 แอมป์โดยมีการเพี้ยนของสัญญาณต่ำมาก



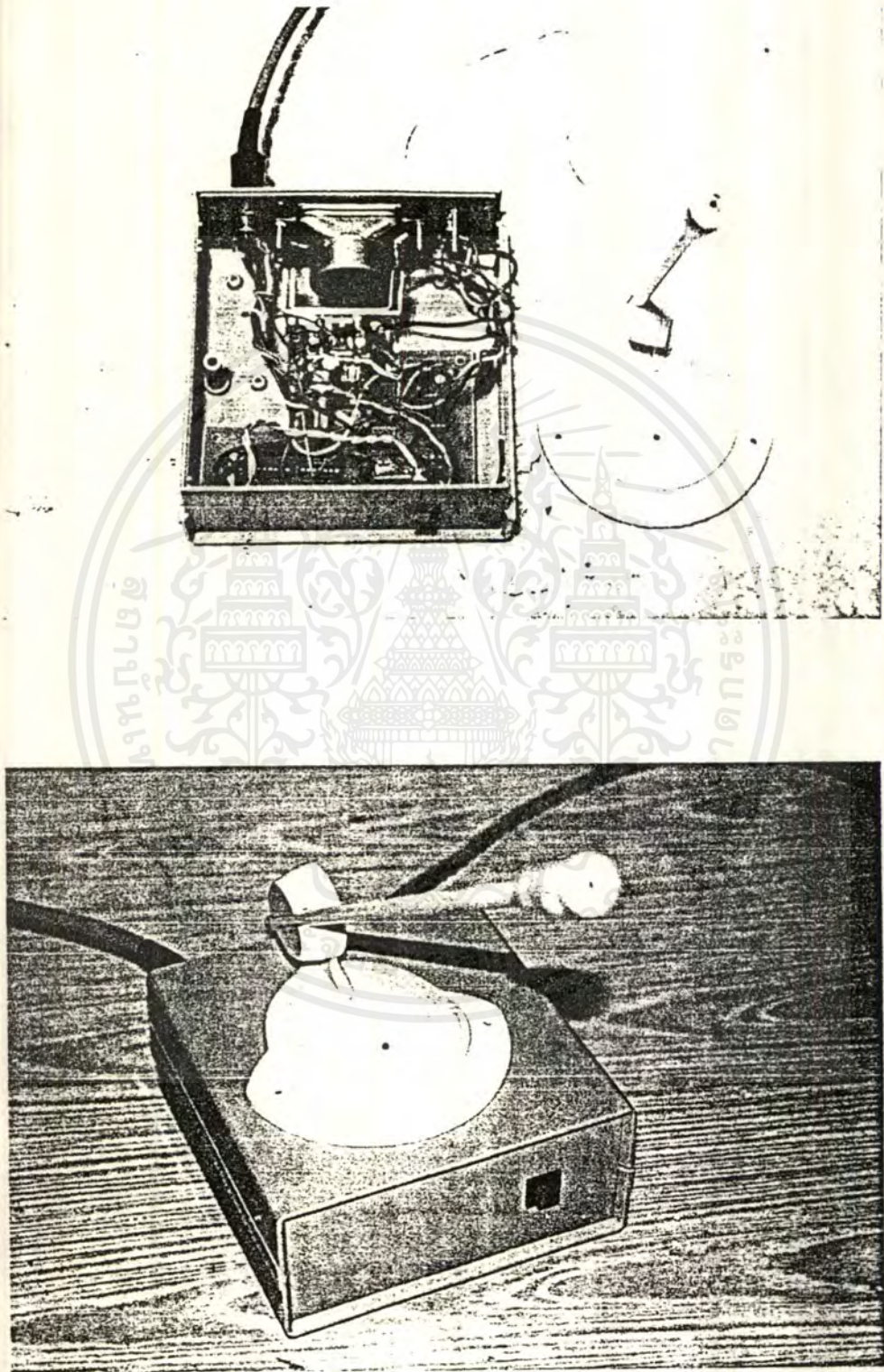
### รูปแสดงภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

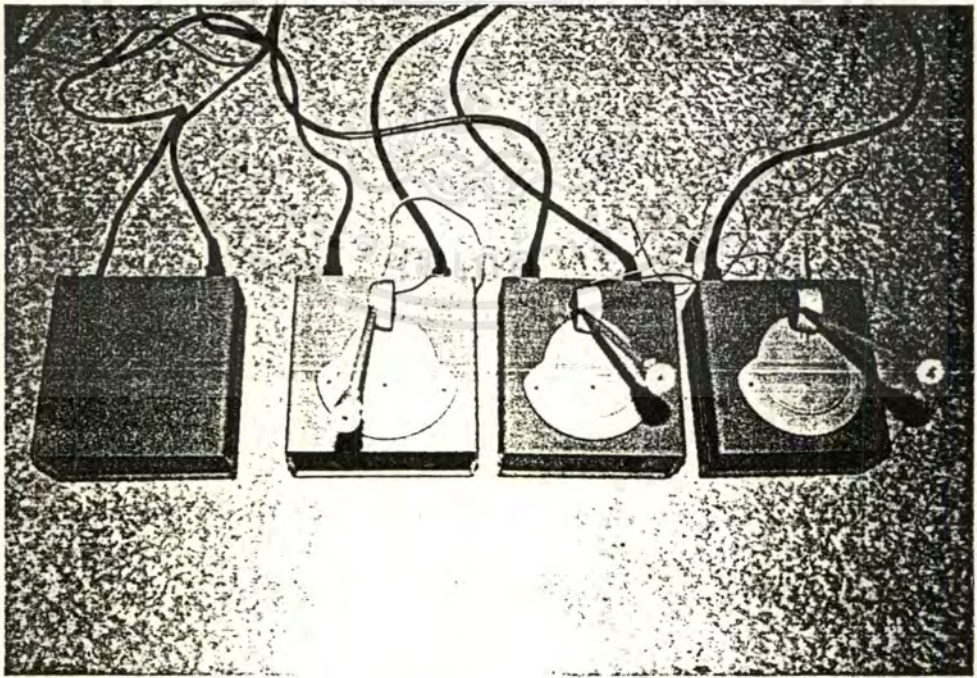
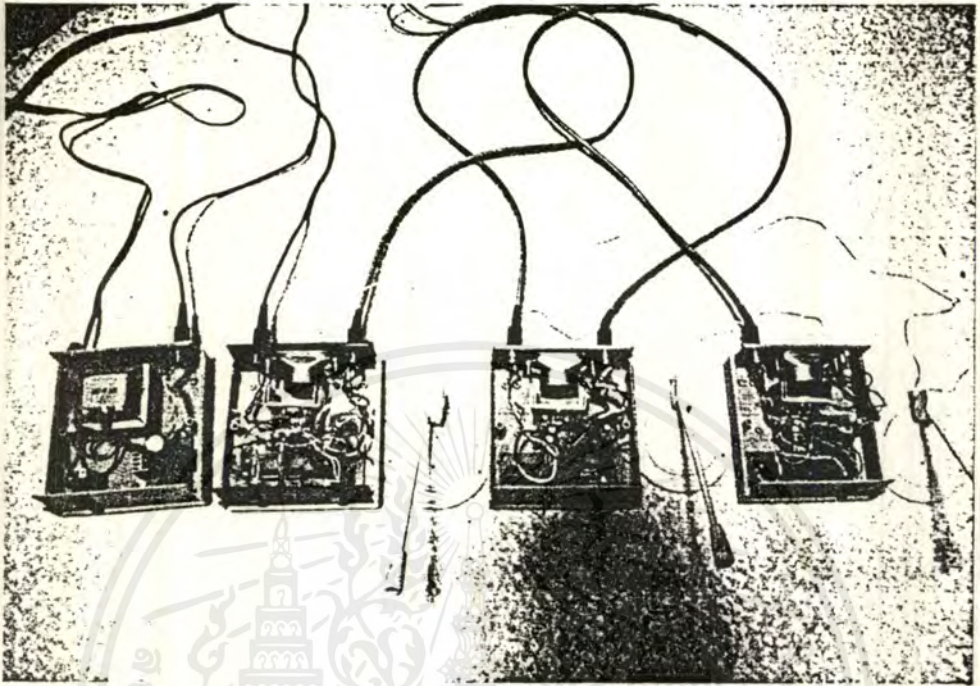


รูปแสดงส่วนประธาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับแสดงส่วนผู้เข้าร่วมมีประชุม (Delegate) วัตถุประสงค์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### รูปแสดงการต่อใช้งานร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 7

### สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนาโครงการ

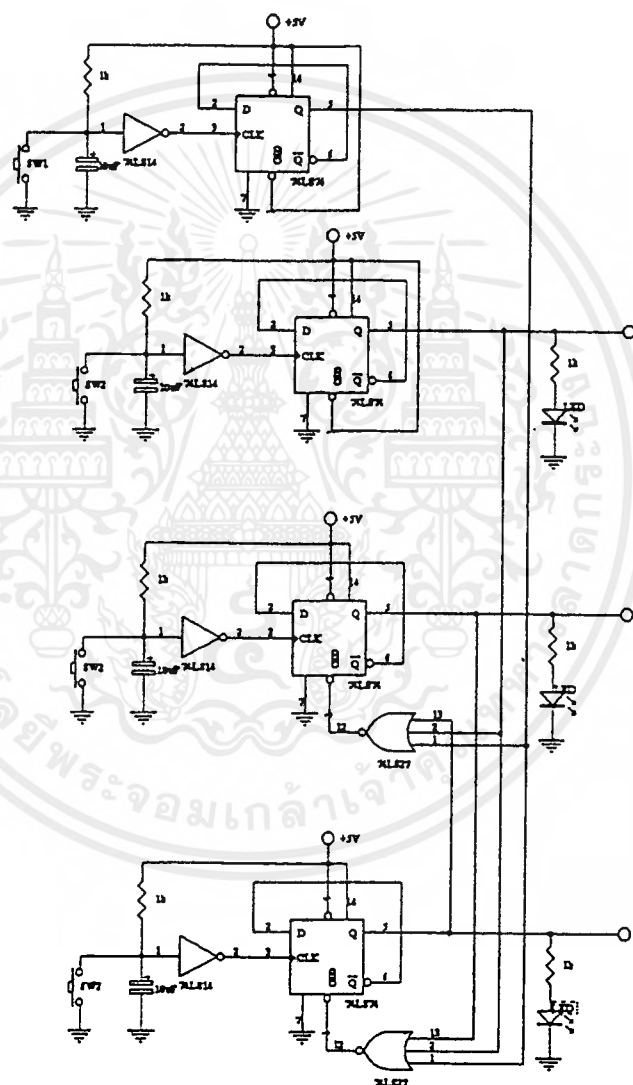
#### สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ของโครงการชิ้นนี้ได้ออกแบบสร้างระบบชุดประชุมขนาดเล็กซึ่งมีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวนไม่มากนัก เพื่อใช้งานในภาควิชาและเป็นแนวทางเพื่อนำไปศึกษาและพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานจริงให้ดียิ่งขึ้น โดยจะแบ่งการทำงานเป็น 4 ภาคใหญ่ๆ คือ 1.ภาคจ่ายไฟ(POWER SUPPLY) 2. ภาคควบคุมการทำงาน (CONTROL SYSTEM) 3.ภาคปริ๊ม์หรือแอกทีฟไมโครโฟน (PRE-MIC) 4.ภาคเพาเวอร์แอมป์ (POWER AMPLIFIER) โดยแบ่งการทดลองออกเป็นส่วนๆ แล้วจึงนำเอาแต่ละส่วนมาทดลองร่วมกันโดยไม่รวมภาคจ่ายไฟซึ่งจะแยกต่างหาก โดยภาคจ่ายไฟจะจ่ายแรงดันไฟตรง 2 ระดับคือ +5 โวลต์ และ +12 โวลต์ ดังนั้นจึงนำเอาไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ 7805 และ 7812 มาใช้งานซึ่งหาได้ง่ายตามท้องตลาด ส่วนภาคควบคุมการทำงาน CONTROL นี้ แบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วน ส่วนของประธาน(CHAIR MAN) และส่วนของผู้เข้าร่วม(DELEGATE) จากนั้นทำการออกแบบวงจรควบคุมเป็น 2 วงจร วงจรหนึ่งเป็นวงจรควบคุมในตัวผู้เข้าร่วม แล้วทำการทดลองวงจรโดยใช้ LED แสดงผลการทำงานเมื่อวงจรทำงานจะแสดงผลทาง LED ผลจากการทดลอง ผลออกมาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ คือสามารถควบคุม การทำงานของวงจรทั้งหมดได้ แต่ในการ ใช้งานตามความเป็นจริงนั้น ยังมีส่วนที่สำคัญที่ต้องต่อเพิ่มเติมอีกคือส่วนเช็คลำดับก่อน-หลัง (PRIORITY) ของการกดสวิทช์ของ DELEGATE แต่ละตัว แม้ในโครงการนี้จะไม่ได้สร้างส่วนนี้ไว้แต่จะขอกกล่าวไว้ในหัวข้อแนวทางการพัฒนาโครงการ สำหรับผู้สนใจทั่วไปที่จะนำไปพัฒนาเพื่อให้เกิดประโยชน์มากๆ ยิ่งขึ้น ส่วนของภาคปริ๊ม์นั้นเราใช้วงจรแอกทีฟไมโครโฟนซึ่งมีอินพุทอิมพีแดนซ์ต่ำ ช่วยลดปัญหาสัญญาณรบกวนและการสูญเสียของสัญญาณทำให้คาปาซิทีฟโหลดคิง(Capacitive Loading) ไม่มีผลต่อสัญญาณเลย เมื่อนำมาใช้งานในโครงการนี้แล้วผลการใช้งานอยู่ในระดับที่น่าพอใจ ส่วนของ POWER AMPLIFIER นั้น เราใช้วงจรสำเร็จรูปซึ่งสามารถนำมาต่อใช้งานร่วมกับส่วนอื่นได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แนวทางการพัฒนาโครงการงาน

แนวทางการพัฒนาของโครงการงานนี้คือส่วนเพิ่มเติมในการเช็ความสำคัญ (PRIORITY) ของการสวิตซ์ของ DELEGATE แต่ละตัว โดยจะทำงานได้เพียงตัวเดียว สามารถอธิบายได้ด้วยวงจรดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หลักการทํางาน

จากวงจรจะแบ่งออกเป็น 3 ภาค คือ ภาคควบคุมหลัก ( MAIN CONTROL ) , SUB CONTROL (ภาคควบคุมย่อย 1) และ SUB CONTROL (ภาคควบคุมย่อย 2) แต่ละภาคจะอยู่ใน  
 ก่อ่งคนละก่่งกัน ซึ่งหลักการทํางานในแต่ละภาคจะกล่าวดั่งนี้คือ

#### ภาคควบคุมหลัก (MAIN CONTROL)

จากวงจรในภาคนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ MASTER CONTROL และ SOUND CONTROL 1 ในชุด MASTER CONTROL เมื่อกดปุ่ม MASTER SWITCH จะทำให้ฟลิปฟลอปทํางานแสดงสถานะลอจิก “0” ออกมาที่ขา  $\overline{Q}$  ซึ่งฟลิปฟลอปออกกแบบให้ทํางานเป็นที่อกเกิดฟลิปฟลอป สัญญาณนี้ทำให้ฟลิปฟลอปอีก 2 ตัวที่เหลืพร้อมทํางาน คือขา  $\overline{CLR}$  ด้รับลอจิก “1”

ในชุด SOUND CONTROL 1 เมื่อกดปุ่ม SOUND CONTROL SWITCH 1 จะทำให้ฟลิปฟลอปทํางานแสดงสถานะลอจิก “1” ออกมาที่ขา “Q” สัญญาณนี้จะส่งออกไปควบคุม 2 ส่วนคือ RELAY CONTROL ซึ่งใช้ควบคุมให้ RELAY ทํางานควบคุมภาคอื่นต่อไป และอีกส่วนคือต่อไปยังขา  $\overline{CLR}$  ของฟลิปฟลอปอีก 2 ตัวที่เหลื ซึ่งจะมืผลให้ฟลิปฟลอปดั่งกล่าวอยู่ในสภาวะ CLEAR

#### ภาค SOUND SUB CONTROL 2,3 (ภาคควบคุมเสียง 2,3)

จากวงจรภาค SOUND SUB CONTROL 2 ฟลิปฟลอป จะพร้อมทํางานก็ต่อเมื่อ ขา  $\overline{CLR}$  ของฟลิปฟลอปด้รับลอจิก “1” ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อฟลิปฟลอปตัวอื่นแสดงสภาวะที่ Q เป็น “0” ส่วน SOUND SUB CONTROL 3 ก็จะทำงานในลักษณะเดียวกัน คือ ฟลิปฟลอป จะพร้อมทํางานก็ต่อเมื่อ ฟลิปฟลอป ตัวอื่นแสดงสภาวะที่ Q เป็น 0



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5414 7414 Hex Schmitt-Trigger Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL					
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package			
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF		
T.I.									SN54LS14	D				SN74LS14	D							
FAIRCHILD									74ALS14	D				74LS14	D							
MOTOROLA									SN74LS14	D				MC1414	D							
N.S.C.									DM54LS14	D				DM74LS14	D							
PHILIPS									74ALS14	D				74LS14	D							
SIGNETICS									74ALS14	A				74LS14	A							
SIEMENS																						
FUJITSU									74LS14	M												
HITACHI									HD74LS14	P				HD74LS14	P							
mitsubishi									74ALS14	P				74LS14	P							
NEC																						
TOSHIBA																						

**Electrical Characteristics SN54LS14 SN74LS14**  
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V <sub>CC</sub>	7V	Operating voltage range	SN54LS14	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	Temperature range	SN74LS14	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-55°C to 150°C

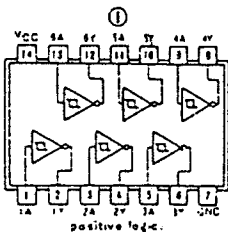
**recommended operating conditions**

	SN54LS14			SN74LS14			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
Maximum static output I <sub>OH</sub>			-400			-400	μA
Maximum static output I <sub>OL</sub>			4			4	mA
Operating free-air temperature T <sub>A</sub>	-55		125	0		70	°C

**electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range**

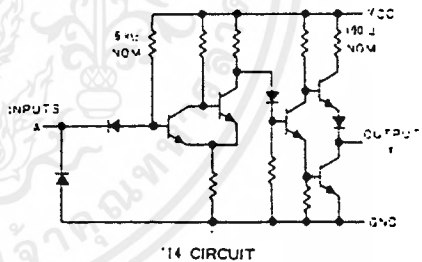
PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT	
V <sub>T+</sub>	Positive-going threshold voltage	V <sub>CC</sub> =5V	1.4	1.6	1.9	V
V <sub>T-</sub>	Negative-going threshold voltage	V <sub>CC</sub> =5V	0.5	0.8	1.1	V
	Hysteresis (V <sub>T+</sub> - V <sub>T-</sub> )	V <sub>CC</sub> =5V	0.4	0.8		V
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18 mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>I</sub> =V <sub>T-</sub> min, I <sub>OH</sub> =MAX	2.7	3.4		V
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>I</sub> =V <sub>T+</sub> max, I <sub>OL</sub> =4mA		0.25	0.4	V
I <sub>T+</sub>	Input current at positive-going threshold	V <sub>CC</sub> =5V, V <sub>I</sub> =V <sub>T+</sub>	-0.16			μA
I <sub>T-</sub>	Input current at negative-going threshold	V <sub>CC</sub> =5V, V <sub>I</sub> =V <sub>T-</sub>	-0.16			μA
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =7V			0.1	μA
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =2.7V			20	μA
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =0.4V			-0.4	μA
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current ††	V <sub>CC</sub> =MAX	-20		100	μA
I <sub>CC</sub>	Supply current	Total, output high		8.6	15	μA
		Total, output low		12	21	μA
		Average per gate	V <sub>CC</sub> =5V, 50% duty cycle		1.72	
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high level output	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C		15	22	nS
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low level output	C <sub>L</sub> =15PF, R <sub>L</sub> =20Ω		15	22	nS

Pin Assignment (Top View)

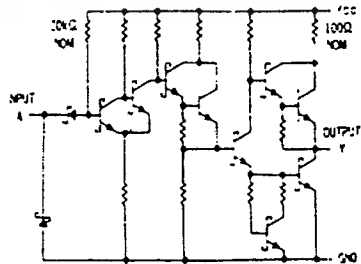


positive logic.  
V = 1

Schematics (each gate)



'14 CIRCUIT



'LS14 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in Ω's

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
‡ Typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>A</sub>=25°C.  
†† Not more than the output should be shorted to GND.

ไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5474/7474 Dual D-Type Positive-Edge-Triggered Flip-Flop with Preset and Clear

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL							
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package					
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF				
T.I.	SN54S74	JG		W2	SN5474	JG		W2	SN54LS74	JG		W2	SN5474	JG		W2	SN5474	JG		W2	SN5474	JG		W2
FAIRCHILD	SN74S74	JT	NC		SN7474	JT	NC		SN74LS74	JT	NC		SN7474	JT	NC		SN7474	JT	NC		SN7474	JT	NC	
MOTOROLA	MC54S74	DC	NC		MC5474	DC	NC		MC54LS74	DC	NC		MC5474	DC	NC		MC5474	DC	NC		MC5474	DC	NC	
NSC	DM74S74	NG			DM7474	NG			DM74LS74	NG			DM7474	NG			DM7474	NG			DM7474	NG		
PHILIPS	N74S74	T			QJ131/7474	T			N74LS74	T			FJ131/7474	T										
SIGNETICS	SS4S74	JT			SS474	JT			SN74LS74	JT			SS474	JT										
SIEMENS	N74S74	JT			N7474	JT			N74LS74	JT			N7474	JT										
FUJITSU									74LS74				MB420											
HITACHI	HC74S74	GP							HD74LS74	GP			HS7474/HD74S10	GP										
MITSUBISHI	M74S74	PT							M74LS74	PT			MS327/MS374	PT										
NEC	74S74	CT							74LS74	CT			74S74	CT										
TOSHIBA													TC3474A	PG										

Electrical Characteristics SN54LS74 SN74LS74

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

supply voltage V <sub>CC</sub>	TV	Operating temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
min. voltage	5 V		SN74LS	FC to 70°C
		Storage temperature range		-55°C to 150°C

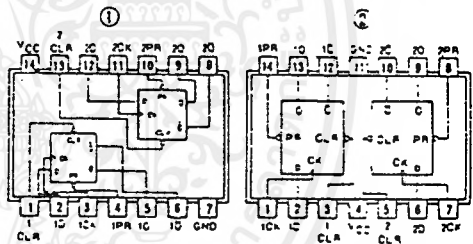
recommended operating conditions

	SN54LS74		SN74LS74		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
supply voltage V <sub>CC</sub>	4.5	5.5	4.75	5.25	V
minimum output current I <sub>OL</sub>	-400				μA
maximum output current I <sub>OH</sub>	4				mA
max. delay to	Data high		25	75	ns
	Preset or clear low		25	75	ns
max. delay from	High-to-low data		25	75	ns
	Low-to-high data		30	70	ns
max. t <sub>PLH</sub> and t <sub>PLL</sub>	5		5	5	ns
Storage temperature range T <sub>STG</sub>	-55		125	150	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>OL</sub> maximum output voltage		2		0.8	V
V <sub>OH</sub> minimum output voltage				1.5	V
V <sub>OL</sub> maximum output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OL</sub> = 4mA		2.7	3.4	V
V <sub>OH</sub> minimum output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = MAX		2.25	0.4	V
I <sub>OL</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OL</sub> = 0.4V			0.1	mA
I <sub>OH</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OH</sub> = 2.7V			0.2	mA
I <sub>OL</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OL</sub> = 0.4V			0.4	mA
I <sub>OH</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OH</sub> = 2.7V			0.4	mA
I <sub>OL</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX			-20	mA
I <sub>OH</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX			-20	mA
I <sub>OL</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = MAX, See Note 1		4	8	mA
I <sub>OH</sub> maximum output current	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15pF, R <sub>L</sub> = 2kΩ		25	33	MHz
t <sub>PLH</sub> propagation delay from clock to output			13	25	ns
t <sub>PLL</sub> propagation delay from clock to output			25	40	ns

Pin Assignments (Top View)

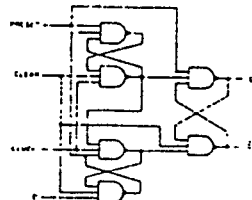


Functional Table

'74, 'H74, 'LS74, 'S74 (See Note 2)

INPUTS		OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	D	CLOCK
L	H	X	X
L	L	X	X
L	L	X	H
H	H	L	H
H	H	L	L
H	H	L	X

Functional Block Diagram



74, 'S74, 'H74, 'LS74, 'S74 (See Note 2)

- NOTES
1. With a 0-ohm load, I<sub>OL</sub> is measured with the clock and output high in turn. At the time of measurement, the clock input is 2V<sub>CC</sub>.
  2. H = high level (steady state), L = low level, X = input state is irrelevant or transition time is high level.

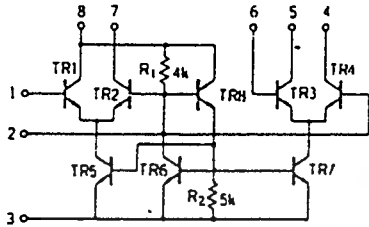
เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ในกรณีที่เอกสารนี้ถูกแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement		
TD62307P	2090	TDD1612	966	TE3397	199	TED1802K(CBE)	159	TG2SC1293D	233	ThyDF75A80-V1	5721	TJ395	160
TD62307PB	2090	TDD1612S	966	TE3398	199	TED1802L(CBE)	159	TG2SC1293D-A	233	ThyDF75A80-V2	5722	TJ396	160
TD62781AP	2021	TDD1615	968	TE3414	123A	TED1802M(CBE)	159	TG2SC1295	165	ThyDG75A40-V1	5721	TJ397	160
TD62782AP	2022	TDD1615S	968	TE3415	123A	TF1	124	TG2SC1295-0	165	ThyDG75A40-V2	5722	TJ398	160
TD81515	177	TDD1618	858	TE3416	128	TF20	116	TG2SC1295-0	389	ThyDG75A53-V1	5721	TJ399	160
TD20041A0	375	TDD1618S	858	TE3417	192	TF21	116	TG2SC1295-0-A	165	ThyDG75A53-V2	5722	TJ400	160
TD200401A1	375	TDD1624	972	TE3605	123A	TF22	116	TG2SC1520-1	198	ThyDG75A80-V1	5721	TJ401	160
TD60018-1M	177	TDD1624S	972	TE3605A	123A	TF23	116	TG2SC1756-C	198	ThyDG75A80-V2	5722	TJ402	160
TD2004710	293	T-E0137	358	TE3607	123A	TF30	102A	TG2SC1756-C-A	198	ThyDH75A53-V1	5721	TJ403	160
TD407410	941M	T-E0137	358	TE3702	193	TF-30	102A	TG2SC1756-CA	198	ThyDH75A53-V2	5722	TJ404	160
TD1060	1672	T-E010290	116	TE3703	193	TF34	177	TG2SC1756-D	198	ThyDH75A53-V1	5721	TJ405	160
TD1080A	1672	TE500	312	TE3704	123A	TF44	177	TG2SC1756-D-A	198	ThyDH75A53-V2	5722	TJ406	160
TD1093	1624	TE-500-E	312	TE3705	123A	TF4J	177	TG2SC1756-D-B	198	ThyDH75A53-V1	5721	TJ407	160
TD1170	1289	TE697	108	TE3707	108	TF49	102A	TG2SC1756-D-C	198	ThyDH75A53-V2	5722	TJ408	160
TD1190P	1231A	TE706	108	TE3708	108	TF50S6344G	5424	TG2SC1756-D-A	198	ThyDH75A53-V1	5721	TJ409	160
TD1190Z	1231	TE901	116	TE3709	108	TF65	102A	TG2SC1756-D-B	198	ThyDH75A53-V2	5722	TJ410	160
TD1200	747	TE1010	116	TE3710	108	TF65-D	102A	TG2SC1756-D-C	198	ThyF75A80-V	5720	TJ411	123A
TD1330P	749	TE1011	116	TE3711	108	TF65-30	102A	TG2SC1756-D-R	198	ThyF75A80-V	5720	TJ412	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3843	199	TF65M	158	TG2SC1756-E	198	ThyF75A80-V	5720	TJ413	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3844	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-A	198	ThyF75A80-V	5720	TJ414	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-B	198	ThyF75A80-V	5720	TJ415	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-C	319P	ThyF75A80-V	5720	TJ416	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-D	229	ThyF75A80-V	5720	TJ417	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-E	198	ThyF75A80-V	5720	TJ418	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-F	198	ThyF75A80-V	5720	TJ419	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-G	198	ThyF75A80-V	5720	TJ420	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-H	198	ThyF75A80-V	5720	TJ421	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-I	198	ThyF75A80-V	5720	TJ422	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-J	198	ThyF75A80-V	5720	TJ423	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-K	198	ThyF75A80-V	5720	TJ424	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-L	198	ThyF75A80-V	5720	TJ425	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-M	198	ThyF75A80-V	5720	TJ426	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-N	198	ThyF75A80-V	5720	TJ427	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-O	198	ThyF75A80-V	5720	TJ428	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-P	198	ThyF75A80-V	5720	TJ429	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-Q	198	ThyF75A80-V	5720	TJ430	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-R	198	ThyF75A80-V	5720	TJ431	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-S	198	ThyF75A80-V	5720	TJ432	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-T	198	ThyF75A80-V	5720	TJ433	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-U	198	ThyF75A80-V	5720	TJ434	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-V	198	ThyF75A80-V	5720	TJ435	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-W	198	ThyF75A80-V	5720	TJ436	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-X	198	ThyF75A80-V	5720	TJ437	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-Y	198	ThyF75A80-V	5720	TJ438	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-E-Z	198	ThyF75A80-V	5720	TJ439	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-F	198	ThyF75A80-V	5720	TJ440	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-G	198	ThyF75A80-V	5720	TJ441	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-H	198	ThyF75A80-V	5720	TJ442	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-I	198	ThyF75A80-V	5720	TJ443	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-J	198	ThyF75A80-V	5720	TJ444	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-K	198	ThyF75A80-V	5720	TJ445	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-L	198	ThyF75A80-V	5720	TJ446	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-M	198	ThyF75A80-V	5720	TJ447	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-N	198	ThyF75A80-V	5720	TJ448	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-O	198	ThyF75A80-V	5720	TJ449	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-P	198	ThyF75A80-V	5720	TJ450	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-Q	198	ThyF75A80-V	5720	TJ451	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-R	198	ThyF75A80-V	5720	TJ452	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-S	198	ThyF75A80-V	5720	TJ453	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-T	198	ThyF75A80-V	5720	TJ454	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-U	198	ThyF75A80-V	5720	TJ455	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-V	198	ThyF75A80-V	5720	TJ456	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-W	198	ThyF75A80-V	5720	TJ457	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-X	198	ThyF75A80-V	5720	TJ458	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-Y	198	ThyF75A80-V	5720	TJ459	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-Z	198	ThyF75A80-V	5720	TJ460	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AA	198	ThyF75A80-V	5720	TJ461	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AB	198	ThyF75A80-V	5720	TJ462	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AC	198	ThyF75A80-V	5720	TJ463	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AD	198	ThyF75A80-V	5720	TJ464	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AE	198	ThyF75A80-V	5720	TJ465	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AF	198	ThyF75A80-V	5720	TJ466	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AG	198	ThyF75A80-V	5720	TJ467	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AH	198	ThyF75A80-V	5720	TJ468	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AI	198	ThyF75A80-V	5720	TJ469	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AJ	198	ThyF75A80-V	5720	TJ470	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199	TF65M	158	TG2SC1756-AK	198	ThyF75A80-V	5720	TJ471	123A
TD1352P	749	TE1014	109	TE3845	199								

To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement	To Be Replaced	ECG Replacement		
BC318C	123AP	BC415AP(CBE)	159	BC490(CBE)	129P	BC550PCL(CBE)	234 *	BC1029-DF	74154	BCW63	159	BCX23	159
BC319	123AP	BC415B(CBE)	159	BC490-5	159	BC550PCLM(CBE)	234 *	BC1029-DH	74181	BCW63A	159	BCX24	159
BC319B	123AP	BC415B(CBE)	159	BC490-1B	159	BC560V1(CBE)	159	BC1029-DJ	74183	BCW63B	159	BCX26	159
BC319C	123AP	BC415B(CBE)	159	BC490A(CBE)	129P	BC582	123AP	BC1029-DL	74198	BCW63C	159	BCX30	159
BC320	159	BC416(CBE)	159	BC490A5(CBE)	129P	BC582A	123AP	BC1029-DM	7493A	BCW64A	159	BCX31	159
BC320A	234	BC416A(CBE)	159	BC490A18(CBE)	129P	BC582B	123AP	BC1029-ON	74150	BCW64B	159	BCX31(EBC)	159
BC320C	234	BC416A(CBE)	159	BC490B6	159	BC583	123A	BC1029-DP	74155	BCW65	159	BCX32	159
BC321	234	BC416B(CBE)	159	BC490B18	159	BC583A	123AP	BC1029-DR	74164	BCW65A	159	BCX33	159
BC321A	234	BC416B(CBE)	159	BC490L(CBE)	129P	BC583B	123AP	BC1029-DU	74165	BCW65B	159	BCX34	159
BC321B	234	BC416C(CBE)	234	BC490L5(CBE)	129P	BC584	123AP	BC1029-LB	917	BCW66	159	BCX35	159
BC321C	234	BC416C(CBE)	234	BC490L18(CBE)	129P	BC584B	123AP	BC1072	123A	BCW66F	159	BCX36	159
BC322	234	BC417	159	BC507A	123A	BC617(CBE)	48	BC1073	104	BCW66G	159	BCX45	159
BC322A	234	BC418	159	BC507B	123A	BC618(CBE)	48	BC1073A	104	BCW67	159	BCX46	159
BC322B	234	BC418	159	BC508	123A	BC633	382	BC1082	123A	BCW67A	159	BCX46(EBC)	159
BC322C	234	BC418	159	BC508A	123A	BC633-2	382	BC1086	123A	BCW67B	159	BCX47	159
BC323	262A	BC429V1	238	BC508B	123A	BC633-10	382	BC1096	123A	BCW67C	159	BCX49	159
BC323A	262A	BC429	184	BC508C	123A	BC635-16	383	BC1096A	123A	BCW68	159	BCX50	159
BC323B	262A	BC430	188	BC509B	123A	BC635-383	383-382(CP)	BC1096B	123A	BCW68A	159	BCX51	159
BC323C	262A	BC431	159	BC509C	123A	BC635-383	383	BC1274	104	BCW68B	159	BCX52	159
BC323D	262A	BC431-10	128	BC510	123A	BC635-6	383	BC1274A	104	BCW68C	159	BCX53	242A
BC323E	262A	BC431-16	128	BC510B	123AP	BC636-16	383	BC1274B	104	BCW69	159	BCX54	24
BC323F	262A	BC432	129	BC512	159	BC637	382	BC1478	123A	BCW70	159	BCX55	24
BC323G	262A	BC432-10	129	BC512A	159	BC637-10	383	BC1690	123A	BCW71	159	BCX56	242A
BC323H	262A	BC432-18	129	BC512B	159	BC647-10	382	BC3558	159	BCW72	159	BCX58	123A
BC323I	262A	BC440	159	BC514	159	BC647-10	382	BC3559	159	BCW73	159	BCX59	123A
BC323J	262A	BC441	282A	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW73-16	159	BCX66	24
BC323K	262A	BC441	282A	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX68	24
BC323L	262A	BC442	107	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX69	24
BC323M	262A	BC442	107	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX70	24
BC323N	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX71	24
BC323O	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX72	24
BC323P	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX73	24
BC323Q	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX74	24
BC323R	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX75	24
BC323S	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX76	24
BC323T	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX77	24
BC323U	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX78	24
BC323V	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX79	24
BC323W	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX80	24
BC323X	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX81	24
BC323Y	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX82	24
BC323Z	262A	BC443	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX83	24
BC324	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX84	24
BC324A	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX85	24
BC324B	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX86	24
BC324C	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX87	24
BC324D	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX88	24
BC324E	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX89	24
BC324F	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX90	24
BC324G	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX91	24
BC324H	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX92	24
BC324I	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX93	24
BC324J	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX94	24
BC324K	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX95	24
BC324L	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX96	24
BC324M	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX97	24
BC324N	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX98	24
BC324O	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX99	24
BC324P	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX100	24
BC324Q	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX101	24
BC324R	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX102	24
BC324S	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX103	24
BC324T	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX104	24
BC324U	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX105	24
BC324V	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX106	24
BC324W	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX107	24
BC324X	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX108	24
BC324Y	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX109	24
BC324Z	159	BC444	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX110	24
BC325	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX111	24
BC325A	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX112	24
BC325B	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX113	24
BC325C	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX114	24
BC325D	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX115	24
BC325E	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX116	24
BC325F	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX117	24
BC325G	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX118	24
BC325H	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX119	24
BC325I	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX120	24
BC325J	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10	159	BCX121	24
BC325K	234	BC445	159	BC514B	159	BC647-10	382	BC3560	108	BCW75-10			

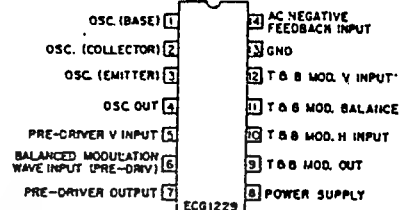
# Linear IC and Module Circuits (cont'd)

**ECG1227** 8-Pin DIP See Fig. L97  
FM IF Amp

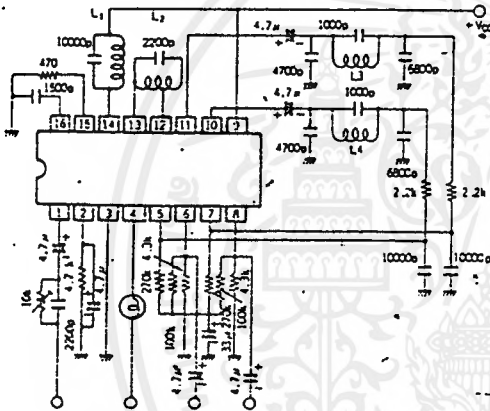


**ECG1228**  
See ECG1180  
Page 1-204

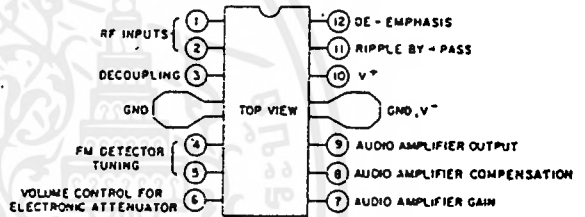
**ECG1229** 14-Pin DIP See Fig. L104  
TV Vert Defl and Pincushion Correction



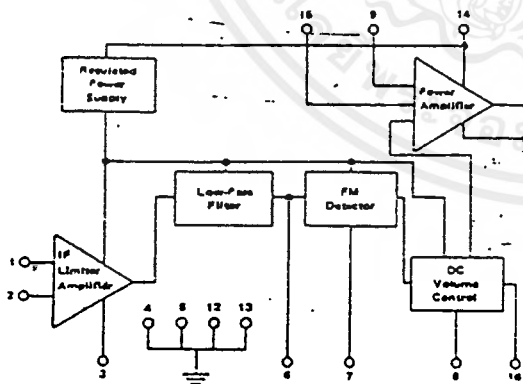
**ECG1230** 16-Pin DIP See Fig. L111  
FM Stereo Multiplex Demodulator



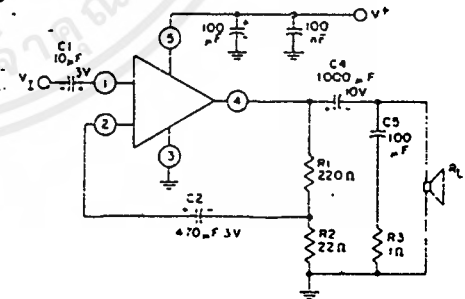
**ECG1231** 12-Pin DIP-QW See Fig. L131  
TV Sound IF and Audio Output



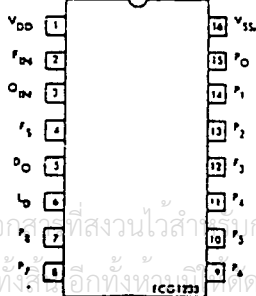
**ECG1231A** 16-Pin DIP See Fig. L111  
TV Sound IF and Audio Output



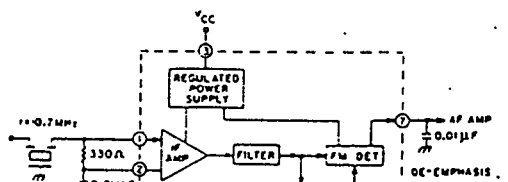
**ECG1232** TO-220, 5-Pin See Fig. L19  
AF Pwr Amp, 3 W  
**ECG1238**  
AF Pwr Amp, 10 W



**ECG1233** 16-Pin DIP See Fig. L111  
CB PLL Freq Synthesizer



**ECG1234** 7-Pin SIP See Fig. L24  
FM IF and TV Sound IF Amp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistor Outlines (cont'd)

Fig. T13-1

SP-92  
ECG  
1. EMITTER  
2. COLLECTOR  
3. BASE

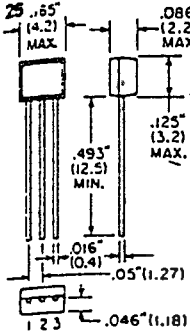


Fig. T13-2

SP-92  
ECG

- 2355
- 2356
- 2357
- 2358
- 2359
- 2360

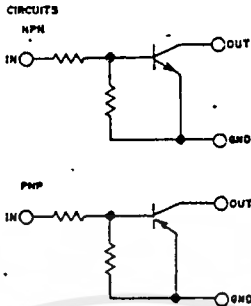
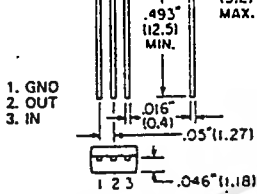


Fig. T14  
TO-98M  
ECG

• Alternate Fig. T16  
453

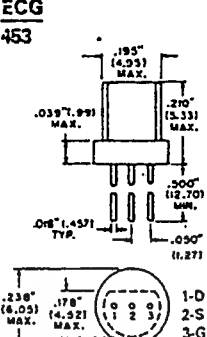


Fig. T15  
TO-38  
ECG

• Alternate Fig. T16  
172A  
199

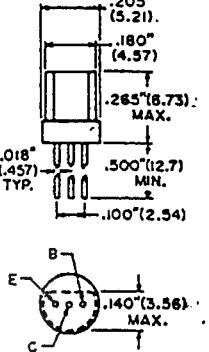
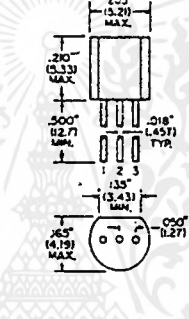


Fig. T16  
TO-92

ECG	1	2	3
10	B	E	C
11	E	C	B
12	E	C	B
23	B	E	C
46	E	B	C
47	E	B	C
69	B	E	C
85	E	C	B
107	E	C	B
168	E	B	C
123AP	E	B	C

ECG	1	2	3
159	E	B	C
172A	E	C	B
194	E	B	C
199	E	C	B
229	B	E	C
232	E	B	C
233	E	B	C
234	E	C	B
287	E	B	C
288	E	B	C
289A	E	C	B

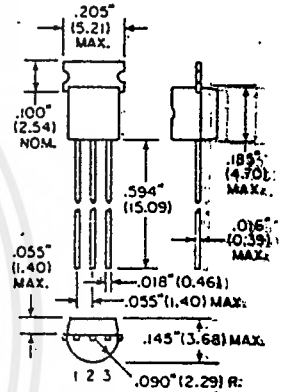
ECG	1	2	3
290A	E	C	B
312*	G	S	D
319P	B	E	C
326*	S	D	G
451	D	S	G
453*	D	S	G
457*	D	S	G
468	D	G	S
467	D	S	G
2341	E	C	B
2342	E	C	B



- Alternate Fig. T14
- Alternate Fig. T15
- D & S Interchangeable

Fig. T17  
TO-237  
ECG

24\*  
25\*  
128P  
129P  
216  
217  
227  
255



- 1. EMITTER
- 2. BASE
- 3. COLLECTOR

Fig. T18  
TO-52M

ECG	1	2	3
31	E	C	B
32	E	C	B
48	E	B	C
90	E	C	B
91	E	C	B
322	E	C	B
333	E	C	B

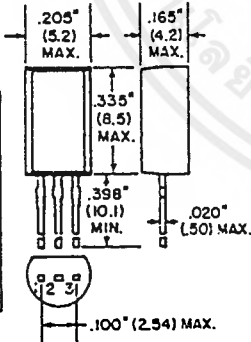


Fig. T19  
SC-51  
ECG

315

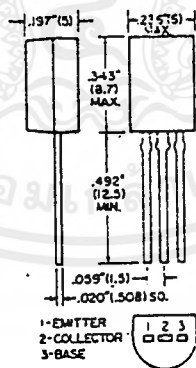


Fig. T20  
T-16  
ECG

293  
294  
297  
208  
340  
369

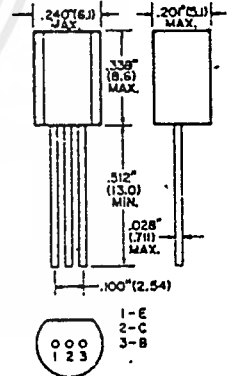


Fig. T20-1  
SIP-5

ECG	1	2	3	4	5
40	B	C	E	C	B
41	B	C	E	C	B
42	B	C	E	C	B
43	B	C	E	C	B
44	E	C	B	C	E
45	E	C	B	C	E

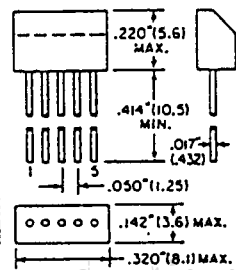


Fig. T20-2  
M-68  
ECG

14  
15

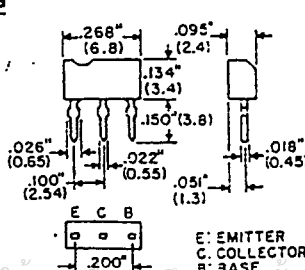
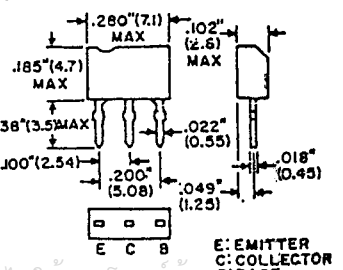


Fig. T20-3  
M-71  
ECG

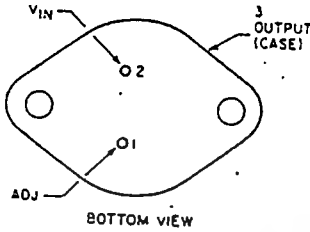
13  
18  
17  
18  
19  
20  
21  
22



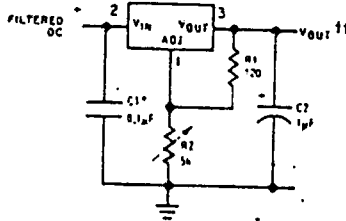
# Linear IC and Module Circuits (cont'd)

ECG935

3 Terminal Positive Adjustable Voltage Regulator; 1.2 to 32 V<sub>OUT</sub>, I<sub>O</sub> = 5 A, P<sub>D</sub> = 50 W, V<sub>IN</sub> M<sub>ax</sub> = 30 + V<sub>OUT</sub>, V<sub>IN</sub> M<sub>IN</sub> = 1.25 + V<sub>OUT</sub>



TO-3 See Fig. L11



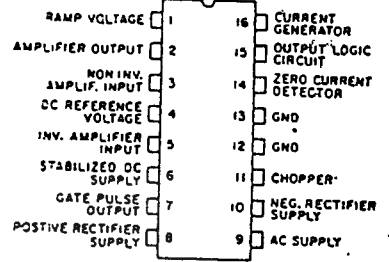
- \* Required if device is more than 4" from filter capacitor.
- † Regulator is stable with no load capacitor into resistive loads.

$$\dagger V_{OUT} = 1.25 V \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

ECG936

16-Pin DIP See Fig. L111

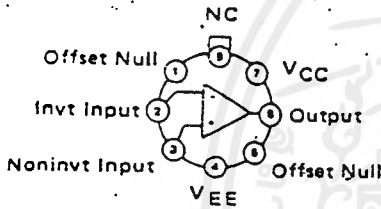
Phase Control for SCR or TRIAC



ECG937

8-Pin Can See Fig. L3

JFET Input Op Amp

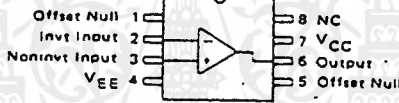


Top View

ECG937M

8-Pin DIP See Fig. L98

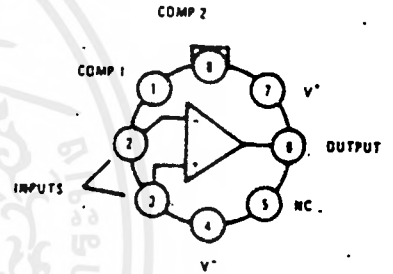
JFET Input Op Amp



ECG938

8-Pin Can See Fig. L3

Precision Op Amp

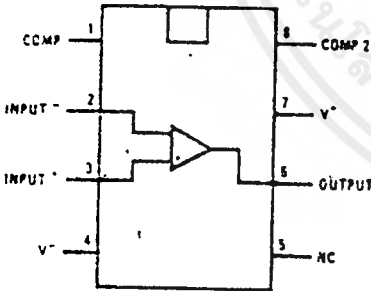


Note: Pin 4 connected to case.  
TOP VIEW

ECG938M

8-Pin DIP See Fig. L97

Precision Op Amp

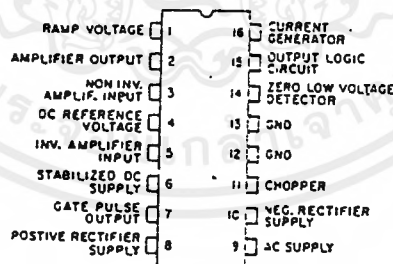


Top View

ECG939

16-Pin DIP See Fig. L111

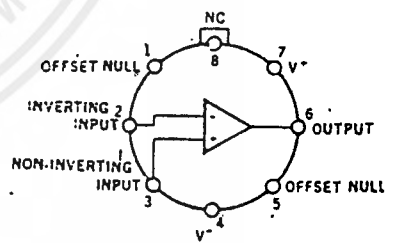
Burst Control for SCR or TRIAC



ECG941

8-Pin Can See Fig. L3

Freq-Compensated Op Amp

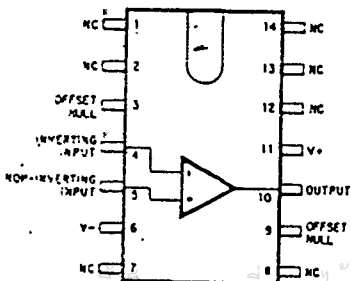


NOTE: PIN 4 CONNECTED TO CASE  
TOP VIEW

ECG941D

14-Pin DIP See Fig. L104

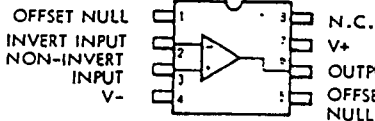
Freq-Compensated Op Amp



ECG941M

8-Pin DIP See Fig. L97

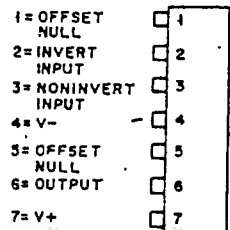
ECG941SM 8-Pin SOIC See Fig. L159  
Freq-Compensated Op Amp



ECG941S

7-Pin SIP See Fig. L24

Freq-Compensated Op Amp



# Product Index (cont'd)

ECG No.	Page No.	Fig. No.	Description
74S114	1-354	D6	IC-TTL Ultra-Hi Speed Dual J-K Negative Edge Triggered Flip-Flop with Common Clock and Common Clear and Individual J, K and Preset Inputs
74S124	1-354	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Dual Voltage Controlled Oscillator
74S133	1-355	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed 13-Input NAND Gate
74S134	1-355	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed 12-Input NAND Gate
74S138	1-355	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed 3-Line-to-8-Line Decoder/Demultiplexer
74S140	1-355	D6	IC-TTL Ultra-Hi Speed Dual 4-Input NAND Line Driver
74S151	1-356	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed 8-Input Data Selector/Multiplexer with Complementary Outputs
74S153	1-356	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Dual 4-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer
74S157	1-357	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Quad 2-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer with True Data Outputs
74S158	1-357	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Quad 2-Line-to-1-Line Selector/Multiplexer with Inverted Data Output
74S174	1-358	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Hex 'D Type' Flip-Flop with Clear
74S175	1-358	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Quad 'D Type' Flip-Flop with Clear
74S181	1-358	D15	IC-TTL Ultra-Hi Speed Arithmetic Logic Units/Function Generator
74S188	1-374	D8	IC-TTL Schottky 256 Bit PROM, Open Collector Output
74S194	1-359	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed 4-Bit Bidirectional Universal Shift Register
74S251	1-360	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed 1-of-8 Multiplexer
74S256	1-360	D8	IC-TTL Ultra-Hi Speed Quad 2-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer
74S287	1-374	D8	IC-TTL Schottky 1K PROM, 3-State Output
74S288	1-374	D8	IC-TTL Schottky 256 Bit PROM, 3-State Open Collector
74S387	1-374	D8	IC-TTL Schottky 1K PROM, Open Collector Output
74S454	1-374	D10	IC-TTL Schottky 8K PROM, 3-State Output
74S472	1-374	D12	IC-TTL Schottky 4K PROM, 3-State Output
74S473	1-374	D12	IC-TTL Schottky 4K PROM, Open Collector Output
74S474	1-374	C15	IC-TTL Schottky 4K PROM, 3-State Output
74S475	1-374	C15	IC-TTL Schottky 4K PROM, Open Collector Output
74S478	1-374	D15	IC-TTL Schottky 8K PROM, 3-State Output
74S479	1-374	D15	IC-TTL Schottky 8K PROM, Open Collector Output
74S570	1-374	C8	IC-TTL Schottky 2K PROM, Open Collector Output
74S571	1-375	C8	IC-TTL Schottky 2K PROM, 3-State Output
74S572	1-375	C10	IC-TTL Schottky 4K PROM, Open Collector Output
74S573	1-375	C10	IC-TTL Schottky 4K PROM, 3-State Output
75	1-39	T30	T-NPN, Si, Hi Pwr Amp, Sw
76	1-39	T50	T-NPN, Si, CATV Broadband Amp
76MP	1-39	T50	T-NPN, Si, Matched Pair of ECG76
77	1-39	T5	T-NPN, Si, CATV Broadband Amp
78	1-39	T39	T-NPN, Si, RF PO, CB, 27 MHz, 3 W
79	1-39	T39	T-NPN, Si, RF PO, 27 MHz, 9 W
80	1-39	T27	T-NPN, Si, HV Sw, Horiz Dr
80CS5	1-365	C3	IC-CMOS, Hex 3-State Buffer with Common Enable
80CS6	1-365	C3	IC-CMOS, Hex 3-State Inverter with Common Enable
80CS7	1-365	C8	IC-CMOS, Hex Non-Inverting Buffer
81	1-39	T12	T-NPN, Si, Dual VHF Amp, Sw
82	1-40	T12	T-NPN, Si, Dual VHF Amp, Sw
83	1-40	T13	T-NPN, Si, Dual Gen Purp Amp
84	1-40	T13	T-NPN, Si, Dual Gen Purp Amp - Discontinued
85	1-40	T16	T-NPN, Si, BE IE Audio Amp, Sw
86	1-40	T23	T-NPN, Si, Hi Gain Amp, DC Reg
87	1-40	T29	T-NPN, Si, Hi Pwr Audio Amp, Sw
87MP	1-40	T29	T-NPN, Si, Matched Pair of ECG87
88	1-40	T23	T-NPN, Si, Hi Pwr Audio Amp, Sw
88MP	1-40	T29	T-NPN, Si, Matched Pair of ECG88
88MCP	1-40	T23	T-Matched Compl Pair of ECG87 and ECG88
89	1-40	T29	T-NPN, Si, Horiz Output with Damper Diode
90	1-40	T13	T-NPN, Si, HV Hi Gain Amp
91	1-40	T13	T-NPN, Si, HV Hi Gain Amp
92	1-40	T11	T-NPN, Si, Hi Pwr AF PO
93	1-40	T11	T-NPN, Si, Hi Pwr AF PO
93LC8	1-368	D15	IC-TTL Lo Pwr Dual 4-Bit Latch
93LC15	1-368	C3	IC-TTL Lo Pwr Synchronous 4-Bit Binary Counter
93MCP	1-40	T11	T-Matched Compl Pair of ECG92 and ECG93
94	1-40	T29	T-NPN, Si, HV Gen Purp Amp
95	1-40	T27	T-NPN, Si, HV Amp, Sw, Isolated Stud
96	1-40	T27	T-NPN, Si, Pwr Amp, Isolated Stud
96L02	1-368	C3	IC-TTL Lo Pwr Dual Retriggerable/Resetable Monostable Multivibrator
96LS02	1-368	C6	IC-TTL Lo Pwr Schottky Dual Retriggerable/Resetable Monostable Multivibrator
96S02	1-368	C6	IC-TTL Schottky Dual Retriggerable/Resetable Monostable Multivibrator
97	1-40	T23	T-NPN, Si, Pwr Darl HV Amp, Fast Sw
98	1-40	T23	T-NPN, Si, Pwr Darl HV Amp, Fast Sw
99	1-40	T23	T-NPN, Si, Pwr Darl HV Amp, Fast Sw

ECG No.	Page No.	Fig. No.	Description
100	1-40	T5	T-PNP, Ge, RF IF Amp, Osc, Mxr, AM
101	1-40	T5	T-NPN, Ge, RF IF Amp, Osc, Mxr, AM
102	1-40	T5	T-PNP, Ge, AF Preamp, Dr, PO
102A	1-40	T1	T-PNP, Ge, AF Preamp, Dr, PO
103	1-40	T5	T-NPN, Ge, AF Preamp, Dr, PO
103A	1-40	T1	T-NPN, Ge, AF Preamp, Dr, PO
104	1-40	T28	T-PNP, Ge, AF PO
104MP	1-40	T28	T-PNP, Ge, Matched Pair of ECG104
105	1-40	T29	T-PNP, Ge, AF PO
106	1-40	T2	T-PNP, Si, RF/IF Amp, Osc, Mxr, AM/FM
107	1-41	T16	T-NPN, Si, RF/IF Amp, Osc, Mxr, UHF/VHF
108	1-41	T16	T-NPN, Si, RF/IF Vid Amp, Osc, Mxr, UHF/VHF
109	1-93	Z2	D-Ge, Gen Purp, 100 PRV
105	1-93	Z2	D-Ge, Gen Purp, 40 PRV
110A	1-93	Z2	D-Ge, Matched Pair
110MP	1-93	Z2	D-Ge, Matched Pair
112	1-93	Z4	D-Si, UHF TV, Mxr
113A	1-93	Z15	D-Dual, Si, Horiz AFC, Common Cathode
114	1-93	Z12	D-Dual, Se, Horiz AFC, Series Connected
115	1-93	Z12	D-Dual, Se, Horiz AFC, Common Anode
116	1-93	Z3	R-Si, 600 PRV, 1.0 Amp
117A	1-93	Z10	R-Si, 1000 PRV, 1.0 Amp
118	1-91	H38	R-Se, TV HV, Foc, 7.5 k PRV
119	1-91	H39	R-Se, TV Boost, 560 PRV
120	1-93	Z17	R-Se, TV Convergence, 18 PRV
121	1-41	T28	T-PNP, Ge, AF PO
121MP	1-41	T28	T-PNP, Ge, Matched Pair of ECG121
123	1-41	T6	T-NPN, Si, AF Preamp, Dr, Vid Amp, Sync Sep
123A	1-41	T2	T-NPN, Si, AF/RF Amp
123AP	1-41	T16	T-NPN, Si, AF/RF Amp, CB Dr
124	1-41	T25	T-NPN, Si, HV AF PO
125	1-93	Z3	R-Si, 1000 PRV, 2.5 A
126A	1-41	T2	T-PNP, Ge, RF/IF Amp, Osc, Mixer
127	1-41	T28	T-PNP, Ge, Defl Amp, AF PO
128	1-41	T6	T-NPN, Si, AF Preamp, Dr, Vid Amp
129P	1-41	T17	T-NPN, Si, Gen Purp Amp, Sw
129	1-41	T6	T-PNP, Si, AF Preamp, Dr, Vid Amp
129MCP	1-41	T6	T-Matched Compl Pair of ECG128 and ECG129
129P	1-41	T17	T-PNP, Si-Gen Purp Amp, Sw
130	1-41	T29	T-NPN, Si, AF PO
130MP	1-41	T28	T-NPN, Si, Matched Pair of ECG130
131	1-41	T27	T-PNP, Ge, AF PO
131MP	1-41	T27	T-PNP, Ge, Matched Pair of ECG131
134A	1-98	Z3A	ZD-3.6 V, 1 W (2/Pkg)
135A	1-98	Z3A	ZD-5.1 V, 1 W (2/Pkg)
136A	1-98	Z3A	ZD-5.6 V, 1 W (2/Pkg)
137A	1-98	Z3A	ZD-6.2 V, 1 W (2/Pkg)
138A	1-98	Z3A	ZD-7.5 V, 1 W (2/Pkg)
139A	1-98	Z3A	ZD-9.1 V, 1 W (2/Pkg)
140A	1-98	Z3A	ZD-10.0 V, 1 W (2/Pkg)
141A	1-98	Z3A	ZD-11.5 V, 1 W (2/Pkg)
142A	1-98	Z3A	ZD-12.0 V, 1 W (2/Pkg)
143A	1-98	Z3A	ZD-13.0 V, 1 W (2/Pkg)
144A	1-98	Z3A	ZD-14.0 V, 1 W (2/Pkg)
145A	1-98	Z3A	ZD-15.0 V, 1 W (2/Pkg)
146A	1-98	Z3A	ZD-27.0 V, 1 W (2/Pkg)
147A	1-98	Z3A	ZD-33.0 V, 1 W (2/Pkg)
148A	1-98	Z3A	ZD-55.0 V, 1 W (2/Pkg)
149A	1-98	Z3A	ZD-62.0 V, 1 W (2/Pkg)
150A	1-98	Z3A	ZD-82.0 V, 1 W (2/Pkg)
151A	1-98	Z3A	ZD-110.0 V, 1 W (2/Pkg)
152	1-41	T41	T-NPN, Si, AF PO
152MP	1-41	T41	T-NPN, Si, Matched Pair of ECG152
153	1-41	T41	T-PNP, Si, AF PO
153MCP	1-41	T41	T-Matched Compl Pair of ECG152 and ECG153
154	1-41	T6	T-NPN, Si, Vid Output
155	1-41	T27	T-NPN, Ge, AF PO
155	1-93	Z6	R-Si, 1000 PRV, 3 A
157	1-41	T45	T-NPN, Si, HV AF PO
158	1-41	T1	T-PNP, Ge, AF PO
159	1-41	T16	T-PNP, Si, AF Preamp, Dr
159MCP	1-41	T16	T-Matched Compl Pair of ECG123AP and ECG159
160	1-41	T4	T-PNP, Ge, RF/IF Amp, Osc, Mxr, AM/FM
161	1-41	T4	T-NPN, Si, Vid IF Amp
162	1-42	T28	T-NPN, Si, Vert Defl
162A	1-42	T28	T-NPN, Si, Horiz Defl
164	1-42	T28	T-NPN, Si, Vert Defl
165	1-42	T28	T-NPN, Si, Horiz Defl
166	1-99	Z23	R-Si, Bridge, 100 PRV, 2 A
167	1-99	Z23	R-Si, Bridge, 200 PRV, 2 A
168	1-99	Z23	R-Si, Bridge, 400 PRV, 2 A
169	1-99	Z23	R-Si, Bridge, 500 PRV, 2 A
170	1-99	Z23	R-Si, Bridge, 1000 PRV, 2 A
171	1-42	T38	T-NPN, Si, AF/IF Amp
172A	1-42	T16	T-NPN, Si, Darlington Amp, AF, Sw
173SP	1-93	Z16	D-Dual Silicon Damper, 500 PRV - Discontinued
175	1-42	Z25	T-NPN, Si, AF PO
176	1-42	T6	T-PNP, Ge, AF PO
177	1-93	Z4	R-Si, Gen Purp Cpt, 200 PRV
178MCP	1-93	Z5	D-Si, AFC, AFT, 50 PRV
179	1-42	T28	T-PNP, Ge, AF Amp