สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาคขยายเสียงประสิทธิภาพสูง

(High Efficiency Power Amplifier)

T042672

นายพินัน พลับเจริญสุข

นายอลงกรณ์ กล่อมจิตเจริญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42672
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ภาคขยายเสียงประสิทธิภาพสูง
	(High Efficiency Power Amplifier)
นักศึกษา	นายพินัน พลับเจริญสุข เลขประจำตัว 41013306
	นายอลงกรณ์ กล่อมจิตเจริญ เลขประจำตัว 41013320
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

.....กรรมการ
(.....)

.....กรรมการ
(.....)

.....กรรมการ
(.....)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ ขอนำเสนอเครื่องขยายเสียงที่มีลักษณะการจัดวงจรขยายแบบคลาส-จี โดยอาศัยคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังสูงเพื่อลดทอนกำลังสูญเสีย, ตอบสนองต่อย่านความถี่ตั้งแต่ 10 – 20,000 เฮิร์ท และขจัดปัญหาการเกิดออสซิลเลทได้

โครงการนี้ได้ศึกษาการทำงานของวงจรขยายเสียงคลาส-จี โดยใช้อุปกรณ์มอสเฟทชนิดเอ็น-แชนแนล เบอร์ 2SK1530 ทำงานร่วมกับมอสเฟทชนิดพี-แชนแนล เบอร์ 2SJ201 เพื่อควบคุมแรงดันไฟเลี้ยง 2 ระดับ ตามหลักการของวงจรขยายแบบคลาส-จีทำให้เครื่องขยายเสียงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เครื่องขยายเสียง ประสิทธิภาพสูงนี้ สามารถจ่ายกำลังได้ 378 Wrms ที่ความต้านทานโหลด 8 โอห์ม และมีความไวในการรับสัญญาณอินพุท 3.6 Vrms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This thesis propose power amplifier CLASS G circuit with property of power electronic device to reduce power loss, response frequency range 10 – 20,000 Hz and get rid of oscillatory problem.

This project studied characteristic of power amplifier CLASS G by using TOSHIBA MOSFET silicon N channel type number 2SK1530 and MOSFET silicon P Channel type number 2SJ201 to control 2 level voltage source following CLASS G rule and power amplifier have more efficiency.

This high efficiency power amplifier give power output 378 Wrms at resistant load 8 ohm and have input sensitivity 3.6 Vrms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี ก็ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหา และคำแนะนำในการทดลองและที่ขาดเสียมิได้ ก็คือ พระคุณของบิดามารดาที่ส่งเสียให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และเรียนจนจบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ไดอะแกรมและหน้าที่การทำงาน	4
บทที่ 3 ทฤษฎีเครื่องเสียง	6
3.1 ทรานซิสเตอร์	6
3.1.1 การจ่ายไบอัสให้วงจรขยายของทรานซิสเตอร์	7
3.2 รูปลักษณ์ของวงจรทรานซิสเตอร์	12
3.2.1 วงจรขยายคอมมอนเบส	12
3.2.2 วงจรขยายคอมมอนคอลเลคเตอร์	14
3.2.3 วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	15
3.3 คลาสต่างๆของวงจรขยายเสียง	17
3.3.1 กราฟและเส้นโหลดของวงจรขยาย	17
3.3.2 วงจรขยายคลาส-เอ	21
3.3.3 วงจรขยายคลาส-บี	23
3.3.4 วงจรขยายคลาสเอ-บี	26
3.3.5 วงจรขยายคลาส-ซี	29
3.3.6 วงจรขยายคลาส-จี	32
3.3.7 วงจรขยายคลาส-เอซ	36
3.4 ภาคขยายกำลังของเครื่องขยายเสียง	37
3.4.1 วงจรขยายเสียงแบบพุช-พูล	37
3.4.2 วงจรขยายเสียงแบบคอมพลีเมนตารี่	38
3.4.3 ชนิดของเครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่	41
3.4.3.1 เครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL	41
3.4.3.2 เครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OCL	45
3.4.4 วงจรไบอัสอัตโนมัติ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.4.1 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้เทอร์มิสเตอร์ 48

3.4.4.2 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดตัวเดียว 49

3.4.3 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดสองตัว 50

3.4.4 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ทรานซิสเตอร์ 51

3.4.5 วงจรดาร์ลิงตัน 52

3.4.6 ชนิดของวงจรคอมพลีเมนตารี่ 54

3.4.6.1 วงจรเพียวคอมพลีเมนตารี่ 54

3.4.6.2 วงจรควอซิหรือเซมิคอมพลีเมนตารี่ 55

3.5 ชนิดและโครงสร้างของเฟท 57

3.5.1 เจ-เฟท 57

3.5.2 มอส-เฟท 60

3.5.3 การจัดวงจรไบอัสให้เจ-เฟท 67

3.5.3.1 ไบอัสคงที่ 67

3.5.3.2 ไบอัสช่วย 68

3.5.3.3 ไบอัสแบบแบ่งแรงดัน 69

3.5.4 การจัดวงจรไบอัสให้มอส-เฟท 71

3.5.5 เพาเวอร์มอส-เฟท 73

3.6 ลำโพง 76

3.6.1 ลำโพงชนิดขดลวดเคลื่อนที่ 76

3.6.2 ลำโพงฮอร์น 78

3.6.3 ระบบลำโพงแบบให้เสียงครบทุกย่านความถี่ 79

3.6.3.1 ลำโพงระบบ 2 ทาง 79

3.6.3.2 ลำโพงระบบ 3 ทาง 80

บทที่ 4 ผลการทดลอง 82

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

จุดประสงค์ของการทดลอง 82

ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณทางเอาท์พุทที่โหลด 8 โอห์ม 83

ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณทางเอาท์พุทที่โหลด 4 โอห์ม 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณทางเอาท์พุทที่โหลด 2 โอห์ม	86
ขั้นตอนการทดลองวัดช่วงการตอบสนองความถี่ที่โหลด 8โอห์ม	87
ขั้นตอนการทดลองวัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกที่โหลด 8 โอห์ม	88
วงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส-จี	93
การทำงานของวงจร	94
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
ภาคผนวก	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อคไดอะแกรมพื้นฐานเครื่องขยายเสียง	4
รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างทรานซิสเตอร์	7
รูปที่ 3.2 วงจรไบอัสคงที่	8
รูปที่ 3.3 วงจรไบอัสช่วย	9
รูปที่ 3.4 วงจรไบอัสกระแสป้อนกลับ	10
รูปที่ 3.5 วงจรไบอัสผสม	11
รูปที่ 3.6 วงจรเบสร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	13
รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญาณแบบพื้นฐานคอมมอนเบส	13
รูปที่ 3.8 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	14
รูปที่ 3.9 วงจรขยายสัญญาณพื้นฐานชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม	14
รูปที่ 3.10 วงจรอิมิตเตอร์ร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	15
รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณพื้นฐานชนิดอิมิตเตอร์ร่วม	16
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วม	18
รูปที่ 3.13 วงจรอิมิตเตอร์ร่วมเขียนเฉพาะวงจรทางเอาท์พุท	19
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงสัญญาณกระแส ที่ป้อนเข้ามาทางอินพุท	21
รูปที่ 3.15 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาสเอ	22
รูปที่ 3.16 วงจรขยายแบบคลาสเอ	22
รูปที่ 3.17 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส-บี	23
รูปที่ 3.18 วงจรขยายพุช-พูล แบบคลาส-บี	24
รูปที่ 3.19 แสดงความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อคลาส-บี	25
รูปที่ 3.20 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาสเอ-บี	26
รูปที่ 3.21 วงจรขยายพุช-พูลแบบคลาส-เอบี	27
รูปที่ 3.22 สัญญาณที่ถูกขยายไบอัสแบบคลาส-เอบีจะไม่เกิดความเพี้ยน	28
รูปที่ 3.33 วงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารี่	29
รูปที่ 3.24 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส-ซี	30
รูปที่ 3.25 วงจรขยายคลาส-ซี	33
รูปที่ 3.27 แสดงผลลัพธ์ของการใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 ระดับ	33
รูปที่ 3.28 แสดงปริมาณความร้อนสูญเสียที่อัตราส่วน V_I/V_{cc} ต่างกัน	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.29 แสดงความเพี้ยนที่เกิดจากการขยายคลาส-จีอย่างง่าย 34

รูปที่ 3.30 ประสิทธิภาพของวงจรขยายขึ้นกับอัตราส่วนของ V_1 และ V_{CC} 34

รูปที่ 3.31 แสดงวงจรขยายคลาส-จีแบบพุช-พูล 35

รูปที่ 3.32 แสดงวงจรอย่างง่ายของวงจรขยายคลาส-เอซ 36

รูปที่ 3.33 ภาคไดรเวอร์และภาคเพาเวอร์แอมป์ของวงจรขยายพุช-พูล 37

รูปที่ 3.34 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบพื้นฐานคลาส-บี 39

รูปที่ 3.35 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบคลาส-เอบี 40

รูปที่ 3.36 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL 41

รูปที่ 3.37 วงจรใช้งานของวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ OTL 43

รูปที่ 3.38 การปรับแต่ง V_{R2} ให้วงจรทำงานสมดุลย์กัน 44

รูปที่ 3.39 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OCL 45

รูปที่ 3.40 การต่อดีซีโวลท์ เพื่อตรวจสภาพการทำงาน 47

รูปที่ 3.41 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้เทอร์มีสเตอร์ 48

รูปที่ 3.42 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดตัวเดียว 49

รูปที่ 3.43 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดสองตัว 50

รูปที่ 3.44 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ทรานซิสเตอร์ 51

รูปที่ 3.45 วงจรดาร์ลิงตันเบื้องต้นแบบต่างๆ 52

รูปที่ 3.46 การต่อวงจรระหว่างภาคไดรเวอร์และภาคเพาเวอร์แอมป์ 53

รูปที่ 3.47 วงจรเพียวคอมพลีเมนตารี่ 54

รูปที่ 3.48 วงจรควอซิ หรือ เซมิ คอมพลีเมนตารี่ 55

รูปที่ 3.49 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ J-FET 58

รูปที่ 3.50 เป็นวงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้เจ-เฟท 59

รูปที่ 3.51 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด Nและ P-Channal 61

รูปที่ 3.52 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้ดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด N-Channal 62

รูปที่ 3.53 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้ดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด P-Channal 63

รูปที่ 3.54 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N และ P 64

รูปที่ 3.55 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N 65

รูปที่ 3.56 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด P 66

รูปที่ 3.57 วงจรไบอัสคงที่ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.58 วงจรไบอัสช่วย 68

รูปที่ 3.59 วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน 70

รูปที่ 3.60 วงจรไบอัสให้ดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด N-Channal 71

รูปที่ 3.61 วงจรไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N-Channal 72

รูปที่ 3.62 โครงสร้างของเพาเวอร์มอส-เฟท ชนิด Vmos และ Dmos 74

รูปที่ 3.63 แสดงภาพตัดขวางของลำโพงชนิดขดลวดเคลื่อนที่ 77

รูปที่ 3.64 แสดงภาพของลำโพงไดนามิกขนาดต่างๆที่ใช้โดยทั่วไป 77

รูปที่ 3.65 ลักษณะโครงสร้างของลำโพงฮอร์น 78

รูปที่ 3.66 แสดงลักษณะลำโพงแบบโดมทวีตเตอร์ 79

รูปที่ 3.67 แสดงลักษณะรูปร่างของลำโพงระบบ 2 ทาง และ 3ทาง 80

รูปที่ 3.68 แสดงรูปแบบต่าง ๆ ของลำโพงที่มีคุณภาพ 81

รูปที่ 4.1 แสดงระดับสัญญาณทางอินพุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม 83

รูปที่ 4.2 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม 84

รูปที่ 4.3 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 4 โอห์ม 85

รูปที่ 4.4 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 2 โอห์ม 86

รูปที่ 4.5 แสดงช่วงของการตอบสนองความถี่ตั้งแต่ 10-20,000 Hz 87

รูปที่ 4.6 แสดงช่วงของการตอบสนองความถี่ตั้งแต่ 10-20,000 Hz 88

รูปที่ 4.7 แสดงความเพี้ยนฮาร์มอนิกตั้งแต่ความถี่ 10-20,000 Hz แบบ FULL SCALE 89

รูปที่ 4.8 แสดงความเพี้ยนฮาร์มอนิกตั้งแต่ความถี่ 10-20,000 Hz แบบ ZOOM SCALE 89

รูปที่ 4.9 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ด้านหน้า 90

รูปที่ 4.10 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ด้านหลัง 90

รูปที่ 4.11 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ด้านบน 91

รูปที่ 4.12 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ทางด้านซ้าย 91

รูปที่ 4.13 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ทางด้านขวา 92

รูปที่ 4.14 แผ่นปริ้นท์วงจรขยายเสียง 92

วงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส-จี 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เพื่อศึกษาการสร้างวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยงแบบสองระดับ ไฟบวกสูงและไฟลบต่ำให้สามารถใช้งานได้จริงและเป็นการพัฒนาปรับปรุงวงจรเครื่องขยายแบบเดิมที่ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวที่ ยังมีการสูญเสียกำลังงานมากทางภาคเอาท์พุท วงจรที่ทำการศึกษาและพัฒนาปรับปรุงเป็นการนำเอาหลักแนวความคิด วงจรขยายที่มีลักษณะการจัดวงจรขยายแบคลาส G ที่ใช้ไฟเลี้ยงสองระดับ มาเพิ่มประสิทธิภาพและลดกำลังงานสูญเสียทางภาคเอาท์พุท

ในปัจจุบันงานทางด้านการขยายเสียงที่มีใช้กันอยู่ในวงการเครื่องเสียง และงานทางภาคสนาม จะใช้เครื่องขยายเสียงที่มีลักษณะการจัดวงจรขยายแบบคลาสดั้งเดิม เช่น Class A,B,AB และคลาส C เป็นต้นผู้ผลิตเครื่องขยายเสียงส่วนใหญ่ในบ้านเรายังผลิตเครื่องขยายเสียงที่มีลักษณะการจัดวงจรขยายแบบ Class AB เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งให้กำลังงานสูงแต่มิได้คำนึงถึงกำลังสูญเสียและสัญญาณรบกวนที่ภาคเอาท์พุทแต่วงการเครื่องขยายเสียง ในเวลานี้ได้พัฒนาและมีการออกแบบลักษณะการจัดวงจรขยายแบบใหม่ถึง 2 คลาส คือ คลาส G และ คลาส H ซึ่งลักษณะการจัดวงจรขยายแบบใหม่นี้ผู้ผลิตเครื่องขยายเสียงทั่วไปในประเทศไทยยังมิได้ทำการผลิตเครื่องขยายเสียงที่มีลักษณะการจัดวงจรขยายแบบทั้งสองคลาสนี้ อาจยังอยู่ในช่วงของการทดลองแต่ยังมิได้มีการผลิตเพื่อจำหน่าย

เครื่องขยายเสียงในปัจจุบันมีมากมายหลายรูปแบบ หลากหลายราคาและคุณภาพก็แตกต่างกันออกไปตามราคา การที่เราจะจัดหาหรือมีเครื่องขยายเสียงที่มีคุณภาพดีๆ สักชุดนั้นจำเป็นจะต้องใช้งบประมาณมาก โดยเฉพาะในหน่วยงานของรัฐ และเอกชน และผู้ที่สนใจระบบเสียงที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากการประมาณการที่จำกัด จึงมีการจัดทำโครงงานภาคขยายเสียงประสิทธิภาพสูงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาพัฒนาวงจรขยายเสียงให้ทำงานเต็มประสิทธิภาพ และ ราคาประหยัด

การศึกษาและหลักการทำงานและคุณสมบัติของวงจรขยายเสียงโดยได้นำหลักการและนำแนวความคิดลักษณะของการจัดวงจรขยายแบบคลาสดังกล่าวมาเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวงจร โดยได้ทำการศึกษาวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยง 2 ระดับ ไฟสูง และ ไฟต่ำ ซึ่งวงจรนี้จะทำงานตามสัญญาณเอาท์พุททำให้ลดกำลังงานสูญเสีย ลดความผิดเพี้ยนได้จริงเป็นผลให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้นเหนือกว่าการทำงานของวงจรขยายที่มีลักษณะการจัดวงจรขยายแบบคลาสดั้งเดิมของเครื่องขยายเสียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวความคิดและที่มาของโครงงาน

เนื่องจากเครื่องขยายเสียง (Power Amplifier) ในปัจจุบันวงการเครื่องเสียงในบ้านเราส่วนใหญ่ ที่ใช้งานกันอยู่ทั่วๆ ไปยังเป็นการจัดลักษณะวงจรขยายแบบคลาสดั้งเดิม และระบบป้องกันทางภาคเอาท์พุทยังมีการสูญเสียกำลังสูง

โครงงานนี้จึงได้นำหลักการของลักษณะการจัดวงจรขยายแบบคลาส G มาศึกษาวงจรควบคุมขนาดของสัญญาณเอาท์พุทให้เหมาะสมกับขนาดของแรงดันไฟเลี้ยงเพื่อเป็นการลดกำลังงานสูญเสียทางภาคเอาท์พุทของเครื่องขยายเสียงได้จริง

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.เพื่อประหยัดกำลังงานโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์กำลังสูงและตัวอุปกรณ์มีค่าความผิดพลาดน้อย

2.ผลิตกำลังวัตต์สูง วงจรทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดกำลังสูญเสียทางภาคเอาท์พุท

3.พยายามปรับปรุงให้วงจรเครื่องขยายเสียงกินไฟน้อยที่สุดและมีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด

4.เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความร้อนภายในเครื่อง โดยการเปลี่ยนขนาดแรงดันของแหล่งจ่ายไฟให้เหมาะสมกับขนาดของสัญญาณอินพุท

ขอบเขตของโครงงานและผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.ศึกษาวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยง 2 ระดับ ไฟสูงและไฟต่ำ

2.อัตราการขยายของวงจรมีกำลังสูง ให้สัญญาณรบกวนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของเนื้อหาในปริญญานิพนธ์ประกอบด้วยกัน 5 บท

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ไดอะแกรมพื้นฐานการทำงานของเครื่องขยายเสียง

บทที่ 3 ทฤษฎีเครื่องเสียงที่นำมาใช้เกี่ยวกับความรู้ทั่วไปที่ใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง AUDIO ANALYZER

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

ส่วนของภาคผนวก

. ประกอบด้วยรายละเอียดของอุปกรณ์

. ลายวงจร PCB ลายการวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้นท์

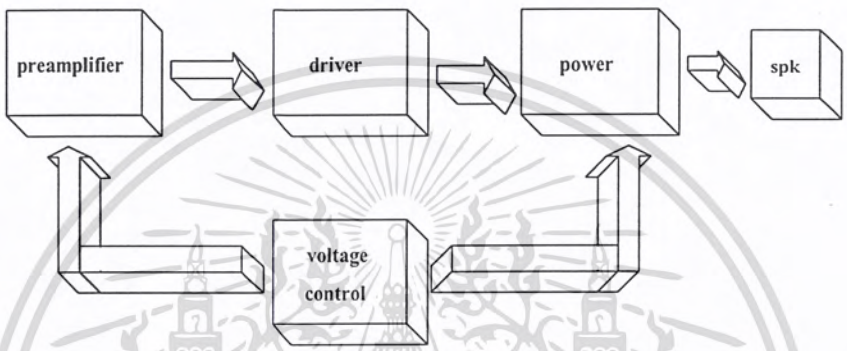
. DATA SHEET ของอุปกรณ์ตัวที่สำคัญในวงจร

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ไดอะแกรมและหน้าที่การทำงาน

2.1 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องขยายเสียง



รูปที่ 2.1 บล็อคไดอะแกรมพื้นฐานเครื่องขยายเสียง

2.1.1 ภาคปรีแอมป์ (Pre-Amplifier)

เป็นวงจรที่ใช้ขยายสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจากรูปหนึ่งไปเป็นสัญญาณอีกรูปหนึ่ง เช่น ไมโครโฟน หัวเทป หัวเข็มของเครื่องเล่นแผ่นเสียง เป็นต้น สัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์จะเป็นสัญญาณที่มีขนาดเล็กมากและมีการตอบสนองความถี่ไม่ดี (ไม่ราบเรียบ) ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากข้อจำกัดต่าง ๆ ในการเล่นกลับดังนั้นหน้าที่หลักของภาคปรีแอมป์ก็ คือ ทำการขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและทำการอิควอไลซ์ (ชดเชยสัญญาณ)

2.1.2 ภาคไดรเวอร์ (Driver)

เป็นภาคที่ต่อระหว่างภาคปรีแอมป์ซึ่งเป็นภาคแรก ๆ กับภาคเพาเวอร์เอาท์พุทจะเรียกภาคนี้ว่าเป็นภาคเพาเวอร์ขนาดกลางก็ได้ โวลท์เตจจะต่ำมากแต่เคอร์เร็นท์จะสูงขึ้นภาคนี้จะรับสัญญาณจากปรีแอมป์แล้วก็ยกระดับสัญญาณขึ้นให้อยู่ในระดับที่จะขับภาคเพาเวอร์ให้ได้กำลังเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ภาคเพาเวอร์ (Power)

เป็นภาคที่รับสัญญาณจากภาคไดรเวอร์ทำหน้าที่ขยายกระแสมากกว่าโวลท์เพราะถ้ากระแสไม่พอก็ไม่สามารถขับลำโพงขนาดใหญ่ให้กระพือได้

2.1.4 ภาคโวลท์เตจครอนโทรล (Voltage Control)

เป็นภาคที่ควบคุมแรงดันไฟเลี้ยงและปรับขนาดแรงดันไฟสูงและไฟต่ำให้เหมาะสมกับขนาดของสัญญาณอินพุท วงจรควบคุมแรงดันนี้จะทำหน้าที่คอยตรวจสอบสัญญาณเอาท์พุท ถ้าขนาดของสัญญาณทางด้านเอาท์พุทมีขนาดโตขึ้นใกล้กับแรงดันไฟเลี้ยงวงจรก็จะสั่งงานให้แรงดันไฟสูงให้นำกระแสมากขึ้นเพื่อให้มีไฟเลี้ยงมาเพิ่มให้ภาคเพาเวอร์วงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยงนี้จะเพิ่มแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่ภาคเพาเวอร์ได้ก่อนหน้าความต้องการจริง ดังนั้นสัญญาณเอาท์พุทจึงไม่ผิดเพี้ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
ทฤษฎีเครื่องเสียง

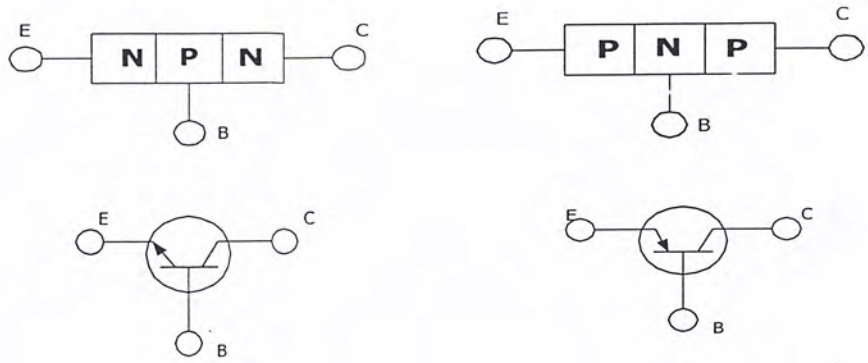
3.1 ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N เราจึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ทรานซิสเตอร์รอยต่อไบโพล่าร์ [Bipolar Junction Transistor] ความหมายของคำว่า ไบโพล่าร์ มาจากคำภาษาอังกฤษ ไบ แปลว่า สอง ส่วนโพล่าร์ แปลว่า ขั้ว ซึ่งความหมายรวมก็คือ อุปกรณ์ที่มีสองขั้ว คือ ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (–)นั่นเอง
ในกรณีทรานซิสเตอร์ เราทราบอยู่แล้วว่ามี 3 ขา คือ ขาเบส (B) , ขาอิมิตเตอร์ (E) และขาคอลเล็คเตอร์ (C)

การแบ่งทรานซิสเตอร์ออกเป็นชนิดย่อย ๆ ย่อมแล้วแต่ผู้ที่จะแบ่งว่าจะแบ่งออกในรูปลักษณะอย่างไร เช่น ถ้าแบ่งในรูปของการใช้งาน ก็อาจแบ่งได้ เช่น ทรานซิสเตอร์กำลัง ทรานซิสเตอร์ความถี่สูง ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า ทรานซิสเตอร์รอยต่อเดียว ฯลฯ

การแบ่งประเภทอีกอย่างหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดีอีกแบบหนึ่ง คือ แบ่งตามตัวโครงสร้างของทรานซิสเตอร์ หรือจากเนื้อสารที่ใช้ทำตัวทรานซิสเตอร์ที่เรียกว่า สารกึ่งตัวนำ หรือ เซมิคอนดัคเตอร์ ถ้าคุณสมบัติของเนื้อสารสามารถให้อิเล็คตรอนไปถึงอะตอม หรือเนื้อสารอื่นได้ ก็เรียกเนื้อสารนั้นว่าชนิด N และทำนองกลับกันถ้าเนื้อสารสามารถรับอิเล็กตรอนได้ ก็เรียกเนื้อสารนั้นว่าชนิด P สารกึ่งตัวนำที่ใช้กันมากเป็นพวกซิลิกอนและเยอรมันเนียม ซึ่งแร่ทั้งสองนี้สามารถนำมาทำให้เป็นสารกึ่งตัวนำได้ทั้งชนิด N และชนิด P การเรียกชนิดของทรานซิสเตอร์ ถ้าตัวทรานซิสเตอร์ที่มีสารชนิด P อยู่สองหัวท้ายและชนิด N อยู่ตรงกลางก็เรียกว่าทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ในทำนองกลับกันถ้ามีสารชนิด P อยู่บริเวณกลาง และมีสารชนิด N อยู่หัวท้ายก็เรียกว่าชนิด NPN รอยต่อจากเนื้อสารทั้ง 3 นี้ มีจุดต่อเป็นขาของทรานซิสเตอร์ เมื่อใช้เชื่อมโยงหรือบัดกรีกับอุปกรณ์อื่น ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงมี 3 ขา มีชื่อเรียกว่า เบส (Base) ใช้สัญลักษณ์ B อิมิตเตอร์ (Emitter) ใช้สัญลักษณ์ E และ คอลเล็คเตอร์ (Collector) ใช้สัญลักษณ์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN และชนิด PNP

การที่จะบอกว่าทรานซิสเตอร์ตัวใดเป็น NPN และ PNP นั้น โดยทั่วไปผู้ผลิตจะบอกมาในหนังสือคู่มือ หรือข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตอยู่แล้ว ในบางครั้งผู้ผลิตอาจสร้างสัญลักษณ์ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างง่าย ๆ เป็นตัวบ่งบอกว่าทรานซิสเตอร์เบอร์ใดเป็นชนิด NPN หรือชนิด PNP เช่น ทรานซิสเตอร์ของบริษัทผู้ผลิตญี่ปุ่น จะกำหนดเบอร์ของทรานซิสเตอร์เป็นกลุ่มตัวเลขของตัวอักษรเหล่านี้คือ 2SA, 2SB, 2SC, 2SD สัญลักษณ์ที่เป็นตัวอักษรคือ SA, SB, SC, SD จะเป็นตัวบอกว่าทรานซิสเตอร์นั้นเป็นทรานซิสเตอร์ชนิดอะไรเช่น 2SC และ 2SD เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ทรานซิสเตอร์ 2SA และ 2SBเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เป็นต้น อย่างไรก็ตาม จะยึดถือเป็นมาตราฐานมากนักก็ไม่ได้ เพราะปัจจุบันทรานซิสเตอร์ที่ขึ้นต้นเบอร์ด้วย 2SA บางตัวอาจเป็นชนิด NPN ก็ได้ เราจะทราบว่าเป็นชนิดอะไรนั้นจึงต้องอ่านจากหนังสือคู่มือทรานซิสเตอร์ หรือทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัด

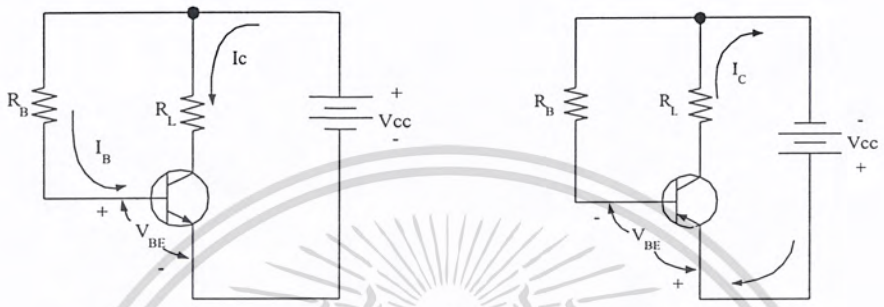
3.1.1 การจ่ายไบอัสให้วงจรขยายของทรานซิสเตอร์

การจัดวงจรขยายของทรานซิสเตอร์แบบพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งถ้าจะนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานจริง ๆ นั้น จะต้องคำนึงถึงการจ่ายไบอัสที่ถูกต้องให้กับตัวทรานซิสเตอร์ด้วย เพราะทรานซิสเตอร์จะมีการทำงานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิในตัวทรานซิสเตอร์ ถ้าการจ่ายไบอัสให้กับตัวทรานซิสเตอร์ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมแล้ว โอกาสที่ทรานซิสเตอร์เสื่อมหรือเสียจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ทรานซิสเตอร์จะทำงานได้หรือมีกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) ไหลได้ จะต้องมีกระแสเบส (I_B) ไหลก่อน กระแสเบส (I_B) จะไหลได้ก็ต้องจ่ายศักย์ไบอัสตรงให้กับขา B เทียบกับขา E หรือต้องมีแรงดัน V_{BE} ที่เป็นไบอัสตรงให้ขา B เทียบกับขา E เสียก่อน จึงจะมีกระแส I_B ไหลและทำให้กระแส I_C เกิดการทำงานในตัวทรานซิสเตอร์ วิธีการจ่ายไบอัสตรง ให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ทำได้ 4 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 ไบอัสคงที่ (Fixed Bias)

ไบอัสคงที่ ก็คือการจ่ายไบอัสให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์คงที่ตลอดเวลา โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ทำได้โดยใช้ความต้านทานคงที่ค่าหนึ่งรับแรงดันจากแหล่งจ่ายมาป้อนเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์



ก.ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ข.ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รูปที่ 3.2 วงจรไบอัสคงที่

อธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้ ความต้านทาน R_B เป็นความต้านทานกำหนดกระแส I_B ไหล โดยมีแรงดัน V_{BE} จ่ายไบอัสตรงให้ขา B เทียบกับขา E เมื่อ I_B ไหลจะทำให้ I_C ไหลด้วย ทรานซิสเตอร์เมื่อนำกระแสจะเกิดความร้อน ทำให้ความต้านทานระหว่างรอยต่อขา C และขา E ลดลง กระแส I_C จะไหลมากขึ้น ซึ่งถ้ายังคงจ่าย V_{BE} เท่าเดิมกระแส I_B จะไหลมากขึ้น นั่นหมายถึงไบอัสที่จ่ายให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์มากเกินไป R_B ถูกกำหนดไบอัสให้ขา B คงที่ปรับเปลี่ยนไม่ได้ ทำให้ไบอัสถูกจ่ายเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์มากขึ้นตลอดเวลากระแส I_C ก็จะไหลมากขึ้นตลอดเวลา ทรานซิสเตอร์จะร้อนมากขึ้นทุกขณะจนทนไม่ไหวช้อตชำรุดเสียหาย

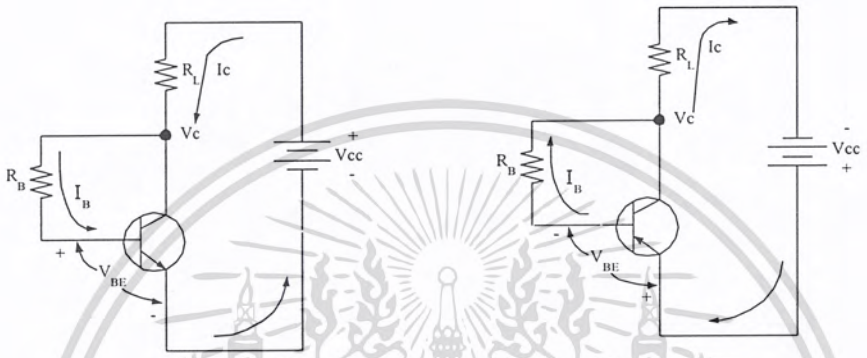
ข้อดีของวงจรไบอัสแบบนี้คือใช้อุปกรณ์น้อย

ข้อเสียของวงจรไบอัสแบบนี้คือ ไม่คงที่ต่ออุณหภูมิ ไม่สามารถนำไปใช้งานแบบต่อเนื่องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 ไบอัสช่วย (Self Bias)

ไบอัสแบบช่วย คือการจ่ายไบอัสให้ขา B ของทรานซิสเตอร์แบบปรับเปลี่ยนค่าได้ โดยใช้ความต้านทานคงที่ค่าหนึ่ง ขาหนึ่งต่อรับแรงดันจากขา C ของทรานซิสเตอร์ อีกขาหนึ่งของความต้านทานต่อเข้าขา B ของทรานซิสเตอร์



ก. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ข. ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รูปที่ 3.3 วงจรไบอัสช่วย

อธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้ R_B เป็นความต้านทานกำหนดกระแส I_B ไหล ขาบนของ R_B ต่อรับแรงดันจากขา C ของทรานซิสเตอร์ ขาล่างของ R_B ต่อเข้าขา B ของทรานซิสเตอร์ เกิดแรงดัน V_{BE} จ่ายเป็นแรงดันไบอัส เมื่อกระแส I_B ไหลก็จะทำให้เกิดกระแส I_C ไหล ทรานซิสเตอร์จะเกิดความร้อนขึ้นในตัว ค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์ลดลงทำให้กระแส I_C ไหลมากขึ้น เมื่อความต้านทานของตัวทรานซิสเตอร์ลดลง จุด V_C ก็จะมีแรงดันลดลงด้วย แรงดันที่ถูกจ่ายมาให้ขา B ก็ลดลง แรงดัน V_{BE} จะลดลงทำให้ I_B ไหลน้อยลง ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงานลดลงเข้าสู่สภาวะปกติ

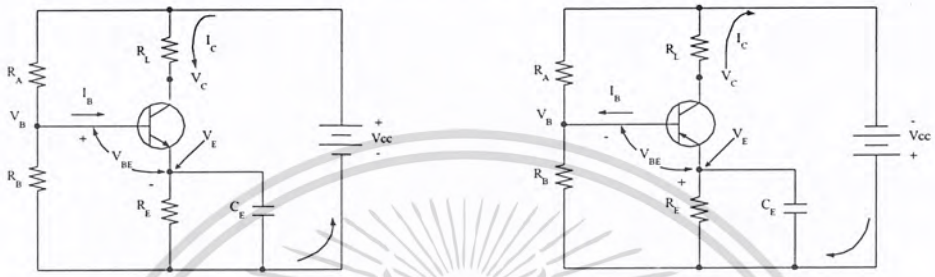
ข้อดีของวงจรไบอัสแบบนี้คือ มีความคงที่ต่ออุณหภูมิดี และสัญญาณที่ขยายออกเอาท์พุทมีความผิดเพี้ยนต่ำ

ข้อเสียของวงจรแแบบนี้คือมีอัตราการขยายต่ำเพราะสัญญาณที่ส่งออกเอาท์พุท มีบางส่วนถูกป้อนกลับมาทางอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 ไบอัสกระแสป้อนกลับ (Current Feedback Bias)

ไบอัสกระแสป้อนกลับหรือไบอัสปรับให้คงที่ (Stability Bias) คือการจ่ายแรงดันไบอัสที่ขา B ของทรานซิสเตอร์เป็นแบบไบอัสคงที่ โดยถูกจัดเป็นวงจรแบ่งแรงดัน การปรับให้คงที่โดยใส่ความต้านทานที่ขา E ที่เรียกว่าความต้านทานสเตบิไลซ์ (Stabilize Resistor) เป็นตัวช่วยปรับการจ่ายไบอัสให้ขา B ของทรานซิสเตอร์จ่ายพอเหมาะกับที่ทรานซิสเตอร์ต้องการ



ก. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ข. ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รูปที่ 3.4 วงจรไบอัสกระแสป้อนกลับ

อธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้ R_A ,R_B ถูกจัดเป็นวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) R_A เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่านไป R_B มากหรือน้อย R_B เป็นตัวจ่ายไบอัสตรงให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ได้แรงดันที่ขา B คือ V_B R_E เป็นความต้านทานสเตบิไลซ์ที่ช่วยปรับแรงดัน V_{BE} ที่จ่ายให้ทรานซิสเตอร์พอเหมาะกับทรานซิสเตอร์ต้องการ C_E เป็นตัวจำกัดสัญญาณที่ถูกส่งออกมาที่ขา E ทิ้งลงกราวด์เพื่อทำให้แรงดัน V_E ที่ขา E ของทรานซิสเตอร์มีเฉพาะแรงดันไฟ Dc เท่านั้น เมื่อจ่ายแรงดัน V_{BE} ให้วงจรถูกต้องทำให้เกิดกระแส I_B ไหล กระแส I_C ก็ไหลตามไปด้วย ทรานซิสเตอร์จะเกิดความร้อนขึ้น รอยต่อ C,E ของทรานซิสเตอร์จะลดค่าความต้านทานลงกระแส I_C จะไหลมากขึ้น มีกระแสไหลผ่าน R_E มากขึ้นเกิดศักย์ตกคร่อม R_E มากขึ้นคือ V_E มีศักย์มากขึ้นทรานซิสเตอร์ NPN ที่ V_E มีบวกมากขึ้นทรานซิสเตอร์ PNP ที่ V_E มีศักย์ลบมากขึ้น ส่วนที่ขา B หรือแรงดัน V_B, V_E จะหักล้างกันเหลือเป็นแรงดัน V_{BE} ซึ่งแรงดัน V_{BE} จะลดลงทำให้กระแส I_B ไหลลดลง ทรานซิสเตอร์ทำงานน้อยลง กระแส I_C ไหลน้อยลง ทรานซิสเตอร์ทำงานเข้าสู่สภาวะปกติ

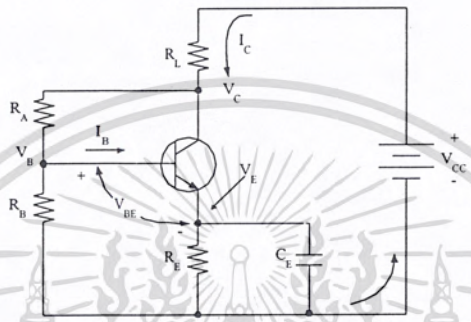
ข้อดีของวงจรไบอัสแบบนี้คือ มีความคงที่ต่ออุณหภูมิดีมาก R_E ที่เพิ่มขึ้นมาทำให้กระแส I_C ไหลคงที่

ข้อเสียของวงจรไบอัสแบบนี้คือใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรมากค่าใช้จ่ายก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

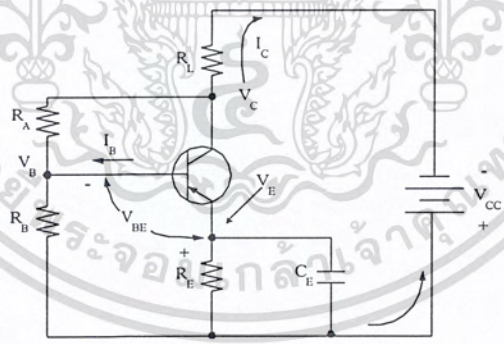
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.4 ไบอัสผสม (Mixed Bias)

ไบอัสผสม คือการจัดแรงดันไบอัสให้ขาเบส ของทรานซิสเตอร์เป็นแบบผสม ระหว่างไบอัสช่วยกับไบอัสกระแสป้อนกลับ ทำให้การทำงานของทรานซิสเตอร์มีความคงที่ต่ออุณหภูมิมากที่สุด



ก. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



ข. ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รูปที่ 3.5 วงจรไบอัสผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายหลักการทำงานของวงจรไบอัสผสมได้ดังนี้ R_A, R_B เป็นวงจรแบ่งแรงดัน R_A เป็นตัวจำกัดกระแส R_B เป็นตัวจ่ายไบอัสให้ขา B คือแรงดัน V_B ขาบน R_A รับแรงดันจากขา C ของทรานซิสเตอร์ R_E เป็นความต้านทานสเตบิไลซ์ ปรับแรงดัน V_{BE} ให้พอเหมาะเมื่อจ่าย V_{BE} ถูกต้องให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ กระแส I_B ไหลทำให้กระแส I_C ไหลด้วย ทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดความร้อน ทำให้ I_C ไหลมากขึ้น มีศักย์ตกคร่อม R_E มากขึ้น แรงดัน V_E มีศักย์มากขึ้น ทรานซิสเตอร์เมื่อนำกระแสมากขึ้นความต้านทานรอยต่อ C , E ลดลง แรงดัน I_C จะลดลงด้วยทำให้แรงดัน V_B ลดลงตาม จากที่แรงดัน V_B ลดลง แรงดัน V_E เพิ่มขึ้นนี้ ทำให้แรงดัน V_{BE} เปลี่ยนค่าเปลี่ยนแปลงลดลง ไบอัสที่จ่ายให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ลดลง กระแส I_B จะไหลลดลงควบคุมให้กระแส I_C ไหลลดลง ทรานซิสเตอร์ทำงานเข้าสู่สภาวะปกติ

ข้อดีของวงจรไบอัสแบบนี้คือวงจรทำงานมีความคงที่ต่ออุณหภูมิดีที่สุดและมีความผิดเพี้ยนน้อย

ข้อเสียของวงจรไบอัสแบบนี้คือ อัตราการขยายสัญญาณต่ำ เพราะมีการป้อนกลับสัญญาณเอาท์พุทมาเข้าอินพุท และใช้อุปกรณ์มากในการต่อวงจร ทำให้ค่าใช้จ่ายมากขึ้นตามไปด้วย

3.2 รูปลักษณ์ของวงจรทรานซิสเตอร์

จัดเป็นวงจรพื้นฐานได้ 3 แบบ คือ

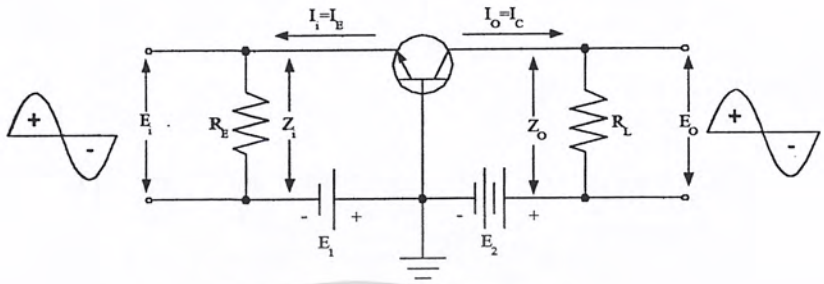
1. วงจรขยายเบสร่วมหรือคอมมอนเบส (Common Base)
2. วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วมหรือคอมมอนคอลเลคเตอร์ (Common Collector) มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ (Emitter Follower)
3. วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมหรือคอมมอนอิมิตเตอร์ (Common Emitter)

3.2.1 วงจรขยายคอมมอนเบส (Common Base)

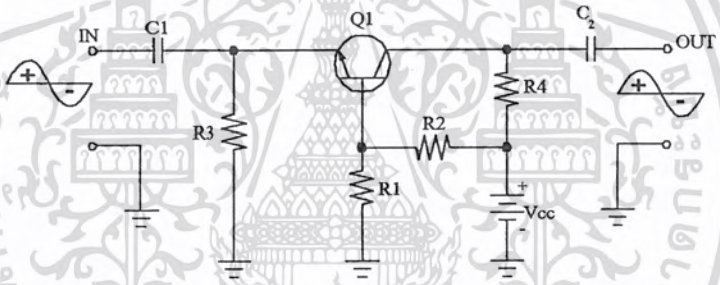
วงจรขยายเบสร่วม จะเอาขา B เป็นขาร่วมระหว่างอินพุทกับเอาท์พุทโดยขาอินพุทจะถูกป้อนเข้าที่ขา E และขาเอาท์พุทจะถูกส่งออกที่ขา C ในการป้อนสัญญาณอินพุทเข้าที่ขา E จะทำให้กระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ไหลเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเป็นผลให้กระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) ไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การป้อนสัญญาณอินพุทเข้ามา จะทำให้ระดับแรงดันอินพุท (E_i) เปลี่ยนแปลงเป็นผลให้ระดับแรงดันเอาท์พุท (E_o) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ผลสภาวะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้เกิดการขยายสัญญาณขึ้น ในวงจรขยายเบสร่วมอัตราการขยายทางกระแสเรียกว่า แอลฟา หาได้ จาก I_C / I_E จะมีอัตราการขยายกระแสน้อยกว่าหนึ่งเท่า ส่วนกระแสในวงจรทรานซิสเตอร์จะมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้คือ $I_E = I_B + I_C$ แต่เนื่องจากกระแสเบสเป็นกระแสส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย บางครั้งจะให้กระแสคอลเลคเตอร์เท่ากับกระแสอิมิตเตอร์ ในการคำนวณค่าโดยประมาณจึงเห็นได้ว่าคลาสอัตราการขยายแอลฟามีค่าอยู่ระหว่าง 0.98-0.99 ซึ่งจะได้อัตราการขยายไม่เกิน 1 เท่า



รูปที่ 3.6 วงจรเบสร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญานแบบพื้นฐานชนิดคอมมอนเบส

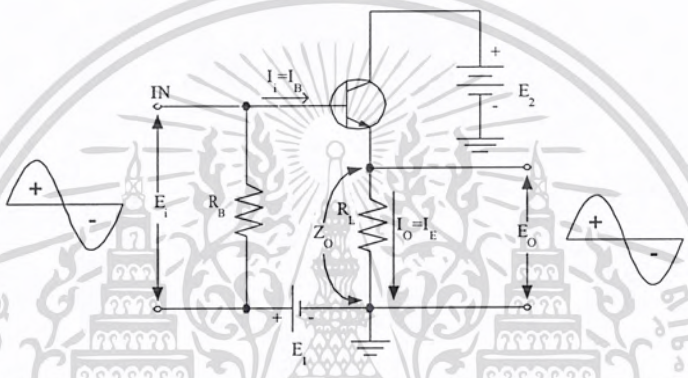
อธิบายจากรูปเป็นวงจรขยายแบบที่ใช้งานจริงชนิดเบสร่วมโดยใช้แบตเตอรี่ V_{CC} ชุดเดียวมี R_1 ,R_2 ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) R_1 เป็นตัวจ่ายไบอัสตรงไฟบวกให้กับขา B ของ Q_1 R_2 เป็นตัวจำกัดกระแสในวงจรแบ่งแรงดัน R_3 ต่อลงกราวด์ ทำให้ขา E ของ Q_1 ได้รับศักย์ลบสูงสุดเมื่อเทียบกับขา C ของ Q_1 ซึ่งได้รับศักย์บวกสูงสุด R_3 เป็นตัวรับสัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้ามาตกคร่อม R_3 เพื่อส่งไปขยายสัญญาณที่ Q_1 R_4 เป็นโหลดที่จะรับสัญญาณที่ถูกขยายแล้วจาก Q_1 มาตกคร่อม R_4 เพื่อส่งต่อออกเอาท์พุท

การนำไปใช้งานของวงจรเบสร่วม นำไปใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) วงจรขยายแรงดัน (Voltage Amplifier) วงจรแมทชิ่ง (Matching)

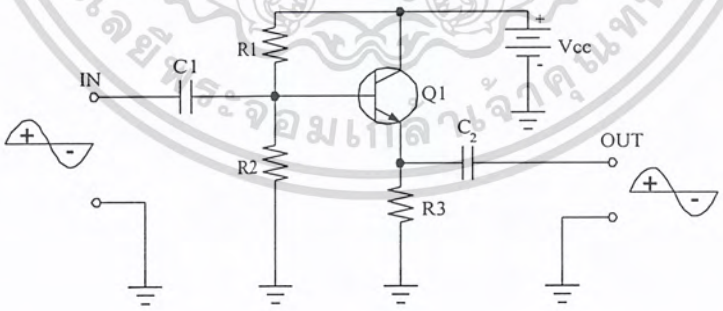
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรขยายคอมมอนคอลเลคเตอร์ (Common Collector)

วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมจะมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ (Emitter Follower) จะเป็นวงจรที่เอาขา C เป็นขาร่วมระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท โดยขาอินพุทถูกป้อนเข้าที่ขา B และขาเอาท์พุทถูกส่งออกขา E ในการป้อนสัญญาณอินพุทเข้าที่ขา B จะทำให้กระแสเบส (I_B) ไหลเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่ป้อนเข้ามา เป็นผลให้กระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากผลของการป้อนสัญญาณเข้าอินพุททำให้ระดับแรงดันเอาท์พุท (E_O) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วยผลของการเปลี่ยนแรงดันและกระแสทำให้เกิดการขยายสัญญาณขึ้น



รูปที่ 3.8 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



รูปที่ 3.9 วงจรขยายสัญญาณพื้นฐานชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม

เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบที่ใช้งานจริงชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม ใช้แหล่งจ่าย V_{cc} ชุดเดียว สัญญาณอินพุทถูกป้อนเข้าที่ขา B ของ Q_1 และสัญญาณเอาท์พุทถูกส่งออกที่ขา E ของ Q_1 โดยที่ขา C ไม่ได้เป็นทั้งขาป้อนสัญญาณเข้าและขารับสัญญาณออกจึงเป็นขาร่วม R_1, R_2 จัดวงจรเป็นวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) จ่ายไบอัสให้กับขา B ของ Q_1 R_2 จะเป็นตัวจ่าย ไบอัสให้ขา B R_1

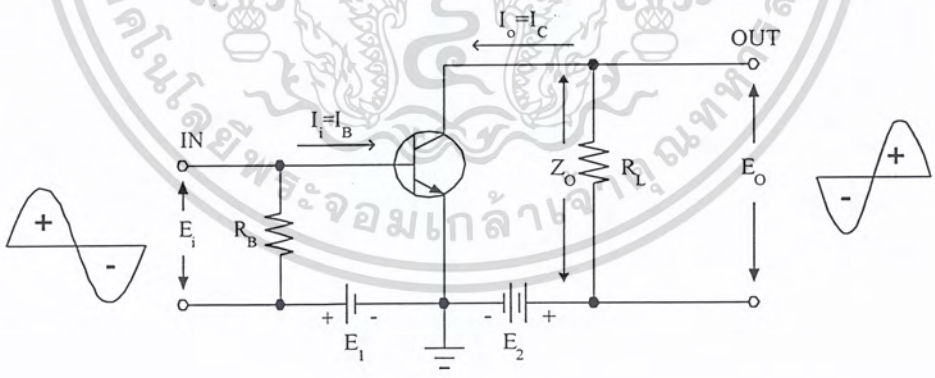
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน R_2 เพื่อควบคุมแรงดันที่จะตกคร่อม R_2 ให้พอเหมาะ R_3 เป็นโหลดที่รับสัญญาณที่ขยายจาก Q_1 แล้ว ส่งมาตกคร่อม R_3 เพื่อส่งต่อสัญญาณนั้นออก เอาท์พุท

การนำไปใช้งานของวงจรคอลเลคเตอร์ร่วมนำไปใช้เป็น วงจรแมทชิ่ง วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) วงจรบัฟเฟอร์คือ วงจรที่ใช้ขั้นกลางระหว่างวงจร 2 วงจร ที่ต้องทำงานร่วมกันแต่ไม่ต้องการให้เกิดการรบกวนกัน เช่น ใช้เป็นตัวขั้นกลางระหว่างวงจรกำเนิดความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ต้องการความถี่แน่นอนกับวงจรมิกเซอร์ โดยวงจรกำเนิดความถี่สามารถที่จะส่งความถี่ผ่าน วงจรบัฟเฟอร์ไปยังวงจรมิกเซอร์ได้ แต่วงจรมิกเซอร์ไม่สามารถส่งสัญญาณ ซึ่งอาจประกอบด้วยความถี่หลายความถี่ย้อนกลับมาเข้าวงจรกำเนิดความถี่ได้

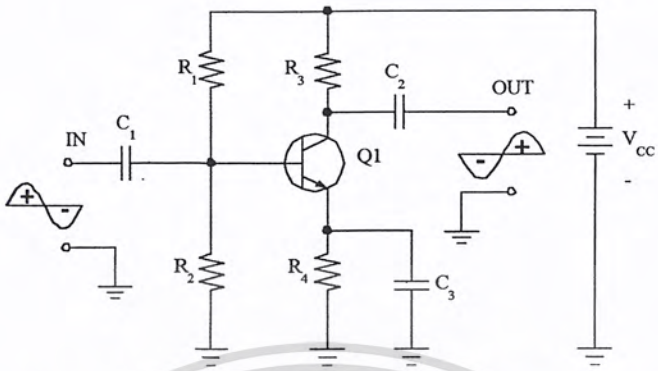
3.2.3 วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์ (Common Emitter)

วงจรอิมิตเตอร์ร่วมเป็นวงจรที่เอาขา E ของทรานซิสเตอร์เป็นขาร่วมระหว่างอินพุทกับเอาท์พุทขา B เป็นขาอินพุทของวงจรขา C เป็นขาเอาท์พุทของวงจรเมื่อเราป้อนสัญญาณเข้าที่ขา B กับขา E ทำให้เกิดแรงดัน E_i เปลี่ยนแปลงมีผลทำให้กระแส I_i เปลี่ยนแปลงด้วย สัญญาณจะถูกทรานซิสเตอร์ขยายส่งออกเอาท์พุทขา C กับ E ได้แรงดัน E_o เปลี่ยนแปลงและมีผลทำให้กระแส I_o เปลี่ยนแปลงตามไปด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้ก็คือ อัตราการขยายสัญญาณนั่นเอง



รูปที่ 3.10 วงจรอิมิตเตอร์ร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณแบบพื้นฐานชนิดอิมิตเตอร์ร่วม

จากรูปที่ 3.11 เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบที่ใช้งานจริงชนิดอิมิตเตอร์ร่วมใช้แหล่งจ่าย V_{cc} ชุดเดียว สัญญาณอินพุทถูกป้อนเข้า B ของ Q_1 เทียบกับกราวด์สัญญาณถูกส่งออกที่ขา C, ของ Q_1 เทียบกับกราวด์ R_1, R_2 ต่อวงจรเป็นวงจรแบ่งแรงดันมี R_2 เป็นตัวจ่ายไบอัสให้ขา B ของ Q_1 R_1 เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน R_2 R_3 เป็นความต้านทานโหลดเพื่อจ่ายสัญญาณที่ถูกขยายมาจาก Q_1 ออกเอาท์พุท R_4 เป็นตัวควบคุมไบอัสที่จ่ายให้ Q_1 ทำให้ Q_1 ทำงานคงที่ต่ออุณหภูมิ C_3 กำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการทิ้งทำให้ขา E ของ Q_1 มีแรงไฟคงที่ สัญญาณขยายของวงจรนี้จะกลับเฟส 180 องศา

การนำไปใช้งานของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม วงจรขยายชนิดนี้เป็นวงจรขยายที่นิยมใช้งานมากที่สุด เพราะให้อัตราขยายสัญญาณดีทั้งอัตราขยายแรงดันและอัตราขยายกระแส นิยมนำไปใช้เป็นวงจรขยายเสียง ขยายสัญญาณต่าง ๆ ขยายกำลัง และใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่รูปซายน์

จากการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นเป็นการจัดวงจรขยายแบบพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งการนำไปใช้งานจริง ๆ นั้นต้องคำนึงถึงการจ่ายไบอัสด้วย

การที่ทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ หรือมีกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) ไหลได้จะต้องมีกระแสเบส (I_B) ไหลก่อน กระแสเบส (I_B) จะไหลได้ก็ต้องจ่ายศักย์ไบอัสตรงให้กับขา B เทียบกับขา E หรือต้องมีแรงดัน V_{BE} ที่เป็นไบอัสตรงให้ขา B เทียบกับขา E เสียก่อน จึงจะมีกระแส I_B ไหล และทำให้ I_C ไหลเกิดการทำงานในตัวทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 คลาสต่าง ๆ ของวงจรขยายเสียง

การขยายเสียงให้มีความดังมากขึ้น ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญในวงจรขยายเสียงและจะต้องนำไปใช้ในการขยายสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างกัน ต้องการความดังของสัญญาณต่างกันทำให้การจัดวงจรขยายสัญญาณเสียง หรือวัดคลาสของการขยายต่อกัน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน และทำให้สัญญาณเสียงที่ได้ออกมีความชัดเจนไม่ผิดเพี้ยนหรือมีความดังตามต้องการ การจัดคลาสการขยายจัดได้ตามการกำหนดจุดทำงาน (Operating Point) ของวงจรขยายแบ่งออกเป็น 4 แบบและปัจจุบันมีการเพิ่มและพัฒนาการจัดวงจรขยายเพิ่มเติมอีก 2 แบบ

1. คลาส-เอ (Class- A)
2. คลาส-บี (Class- B)
3. คลาส-เอบี (Classs- AB)
4. คลาส-ซี (Class- C)
5. คลาส-จี (Class- G)
6. คลาส-เอช (Class- H)

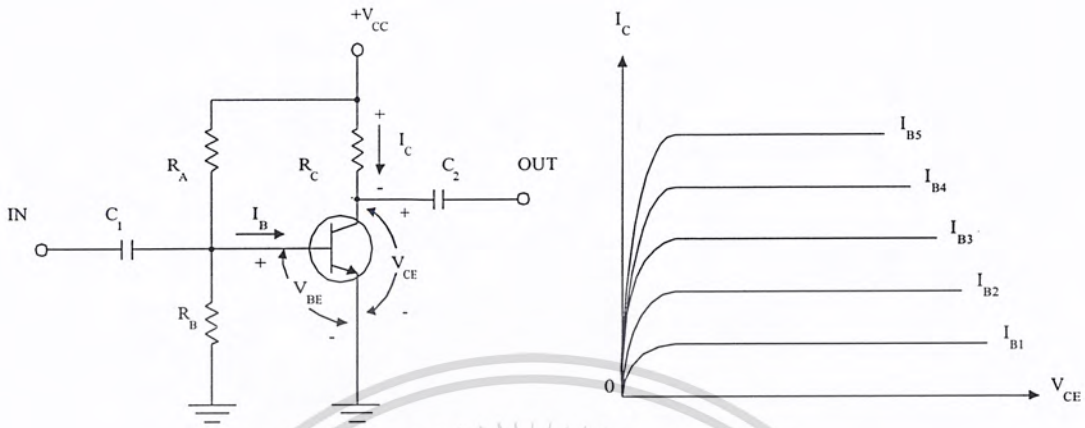
การจัดวงจรขยายแต่ละคลาสมีจุดทำงานต่างกัน มีลักษณะการทำงานต่างกันการใช้งานจะต้องเลือกคลาสการขยายให้เหมาะสมถูกต้อง จึงจะทำให้การขยายสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพสูง ก่อนที่จะกล่าวถึงคลาส การขยายจะต้องทำความเข้าใจถึงจุดทำงานของวงจรขยายเสียก่อนโดยต้องทราบและเข้าใจถึงกราฟและเส้นโหลด (LOAD LINE) เสียก่อน

3.3.1 กราฟและเส้นโหลดของวงจรขยาย

วงจรขยายที่นำมาใช้งานสามารถจัดวงจรร่วม (Common) ได้หลายแบบ เช่น เบสร่วม คอลเลคเตอร์ร่วม อิมิตเตอร์ร่วม แต่การกล่าวถึงกราฟและเส้นโหลดของวงจรขยายนี้ ขอกล่าวถึงเพียงวงจรเดียวคืออิมิตเตอร์ร่วมเพื่อให้เป็นแนวทางในการทำความเข้าใจในเรื่องกราฟและเส้นโหลดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42672

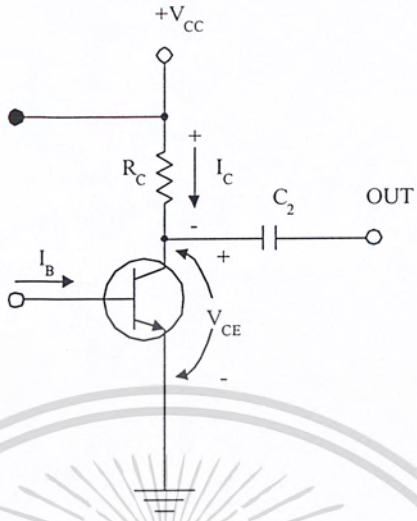


(ก) (ข)

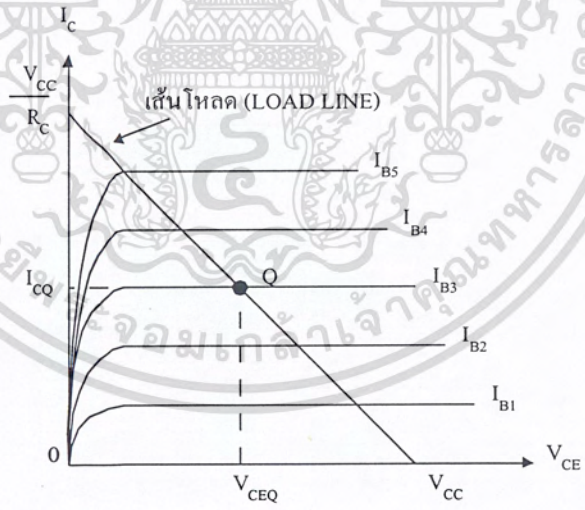
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วมพร้อมคุณสมบัติของวงจร

จากรูปที่ 3.12 ก. แสดงวงจรขยายแบบอิมิเตอร์ร่วม รูป (ข) แสดงกราฟคุณสมบัติของวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วม รูป (ก) เส้นกราฟแนวนอนแสดงแรงดันที่ตกคร่อมขา C และขา E (V_{CE}) ของทรานซิสเตอร์ จะมีศักย์ตกคร่อมขา C ขา E ของทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงไปตามการนำกระแสของตัวทรานซิสเตอร์คือทรานซิสเตอร์จะนำกระแสมาก V_{CE} จะต่ำ ทรานซิสเตอร์นำกระแสน้อย V_{CE} จะสูง เส้นกราฟแนวตั้งแสดงค่ากระแส I_C ที่ไหลในวงจรทรานซิสเตอร์ และจะเกี่ยวข้องกับแรงดัน V_{CE} ถ้ากระแส I_C ไหลมาก แสดงว่าทรานซิสเตอร์ทำงานมาก V_{CE} จะต่ำและถ้ากระแส I_C ไหลน้อย แสดงว่าทรานซิสเตอร์ทำงานน้อย V_{CE} จะสูง ส่วนกราฟแนวนอนอีกเส้นหนึ่งที่เลื่อนขึ้นเป็นลำดับคือกราฟแสดงการไหลของกระแส I_B ในวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับกระแส I_C และแรงดัน V_{CE} คือถ้ากระแส I_B ไหลน้อยทรานซิสเตอร์ทำงานน้อย กระแส I_C จะไหลน้อยไปด้วย แรงดัน V_{CE} จะตกคร่อมมาก ถ้ากระแส I_B ไหลมาก ทรานซิสเตอร์ทำงานมากกระแส I_C จะไหลมาก แรงดัน V_{CE} จะตกคร่อมน้อย กระแส I_{B1} จะมีค่าน้อยกราฟจะต่ำ กระแส I_{B5} มีค่ากระแสมากกราฟจะสูงตามรูป (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมเขียนเฉพาะวงจรเอาท์พุท



ข. กราฟคุณสมบัติของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม พร้อมเส้นโหลดและจุดทำงาน

รูปที่ 3.13 วงจรอิมิตเตอร์ร่วมเขียนเฉพาะวงจรเอาท์พุท พร้อมกราฟคุณสมบัติและเส้นโหลดในการหาจุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.13 (ก) จะสามารถเขียนสมการแรงดันทางเอาท์พุทของวงจรได้ดังนี้

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

ในการหาเส้นโหลด (Load Line) ของวงจรจะต้องกำหนดจุดทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์ 2 สภาวะคือ สภาวะนำกระแสของทรานซิสเตอร์ถึงจุดอิ่มตัว (Saturation) และสภาวะหยุดนำกระแส (cut off) ของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์นำกระแสถึงจุดอิ่มตัว $V_{CE} = 0$

$\therefore V_{CC} = I_C R_C + O$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

ให้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส $I_C = O$

$\therefore V_{CC} = (O \times R_C) + V_{CE}$

$V_{CE} = V_{CC}$

นำค่า $I_C = \frac{V_{CE}}{R_C}$ และ $V_{CE} = V_{CC}$ ไปกำหนดจุดบนกราฟรูป (ข) แนวตั้งที่ตำแหน่ง $\frac{V_{CC}}{R_C}$ แนวนอนที่ตำแหน่ง V_{CC} จากเส้นตรงสัมผัสจุดทั้งสองจะได้เส้นโหลดออกมา

การหาจุดทำงานหรือจุด Q (Operating Point) ทำได้โดยเลือกจุดตัดระหว่างเส้นโหลดกับเส้นกระแส I_B ที่ค่าต่าง ๆ ซึ่งเมื่อทราบ I_B ก็สามารถหา I_{CQ} และ V_{CEQ} ได้

I_{CQ} = กระแสที่ไหลผ่านวงจรในสภาวะทำงานจริงของทรานซิสเตอร์ที่จุดทำงาน

V_{CEQ} = คือแรงดันตกคร่อมขา C และ E ของทรานซิสเตอร์ในสภาวะทำงานจริงที่จุดทำงาน

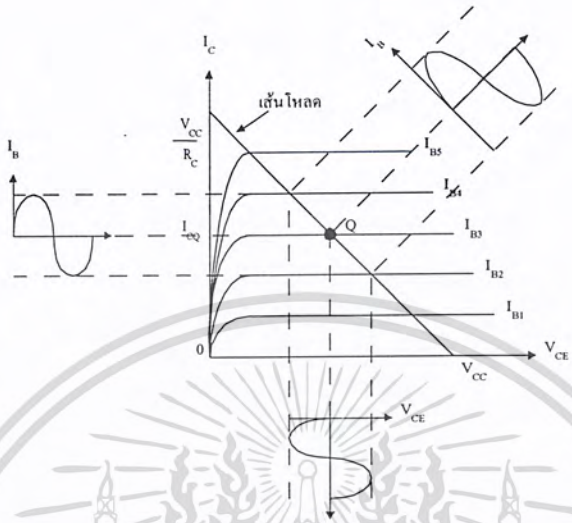
การหาค่ากระแส IB สามารถหาได้จากการเขียนสมการของวงจรอินพุทรูป 3.12 (ก)

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_B}$$

จากกราฟรูป (ข) ได้จุด Q ที่จุดตัดระหว่างเส้นโหลดกับกระแส I_{B3} กระแส I_{B3} คือ กระแส I_B ที่ไหลเข้าขาเบส ของทรานซิสเตอร์ในสภาวะทำงานจริงของทรานซิสเตอร์ในขณะที่ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุทป้อนเข้ามา เมื่อมีสัญญาณไฟสลับป้อนเข้ามาที่อินพุท จะไปทำให้กระแส I_B เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะทำให้กระแส I_C และแรงดัน V_{CE} เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย ดังรูปที่ 3.14



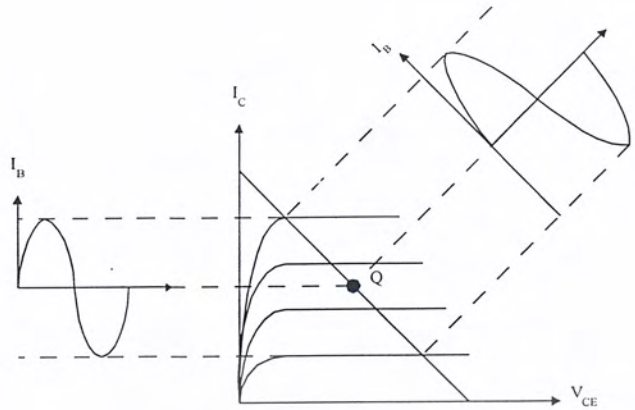
รูปที่ 3.14 แสดงสัญญาณไฟสลับของกระแส I_C,I_B และแรงดัน V_{CE} ที่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณไฟสลับที่ป้อนเข้ามาทางอินพุท

จากรูปที่ 3.14 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณไฟสลับที่เกิดขึ้นเนื่องจากการป้อนสัญญาณไฟสลับเข้าทางอินพุท ทำให้กระแส I_C ไหลเปลี่ยนแปลงไปผ่านความต้านทาน R_C (คือ ความต้านทานโหลดที่จะทำให้เกิดศักย์ตกคร่อมป้อนเป็นสัญญาณเอาท์พุท) เกิดแรงดันตกคร่อม R_C เปลี่ยนแปลงได้เป็นสัญญาณไฟสลับที่จะป้อนออกเอาท์พุทสัญญาณไฟสลับที่ได้ออกมาก็คือสัญญาณที่ถูกขยายจากวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมนั่นเอง

3.3.2 วงจรขยายคลาส – เอ [Class – A Amplifier]

วงจรของคลาส – เอ เป็นวงจรขยายที่มีจุดทำงานอยู่ในช่วงที่เรียกว่า แอกทีฟ (Active) คือ ช่วงการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่เป็นลิเนียร์ (Linear) ย่าน ลิเนียร์ คือ ย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำงานเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับกระแส I_B ที่เปลี่ยนแปลงอย่างสอดคล้องและสัมพันธ์กันหรือกล่าวแบบง่าย ๆ คือ วงจรขยายคลาส-เอ จะมีจุดทำงานอยู่ที่จุดกึ่งกลางของเส้นโหลด (Load Line) การทำงานของวงจรขยายคลาส-เอ ถึงแม้จะไม่มีสัญญาณไฟสลับป้อนเข้ามาทางอินพุท ก็จะมีกระแส I_B ไหลตลอดเวลา ทำให้เกิดกระแส I_C ไหลตลอดเวลาเช่นเดียวกัน วงจรขยายแบบนี้จะขยายสัญญาณทั้งช่วงบวกและช่วงลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



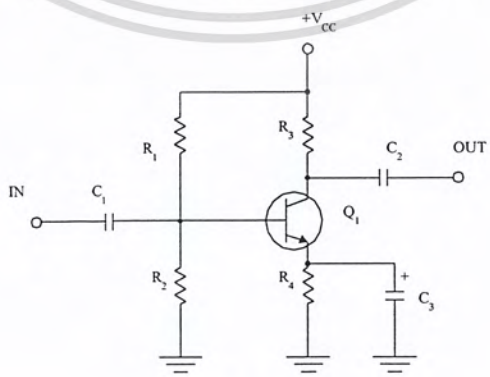
รูปที่ 3.15 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาสเอ

จากรูปที่ 3.15 เป็นรูปกราฟแสดงจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส-เอ จะทำงานที่กึ่งกลางย่านลิเนียร์ หรือกึ่งกลางเส้นโหลด สัญญาณอินพุทจะถูกขยายทั้งช่วงบวกและช่วงลบเท่า ๆ กัน โดยมีอัตราขยายสัญญาณของวงจรไม่สูงมาก ถ้าให้อัตราขยายสัญญาณสูงเกินไปจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนและจุดประสงค์ของ คลาส-เอ จะต้องขยายสัญญาณแบบไม่ผิดเพี้ยน

การนำไปใช้งาน นิยมใช้ในวงจรขยายสัญญาณทั่วไปที่ไม่ต้องการอัตราขยายสูงมากนัก เช่น ภาคขยายความถี่วิทยุ (ขยาย RF) ทั้งวิทยุและโทรทัศน์ ภาคขยาย IF ภาคขยายวิดีโอเอาท์พุท และภาคปรีแอมป์ เป็นต้น

ข้อดี ของวงจรขยายคลาส – เอ คือรูปสัญญาณออกเอาท์พุทจะเหมือนกับสัญญาณอินพุทโดยไม่ผิดเพี้ยน

ข้อเสีย ของวงจรขยายคลาส - เอ คือ สิ้นเปลืองกระแส ทรานซิสเตอร์ทำงานตลอดและอัตราขยายสัญญาณต่ำ

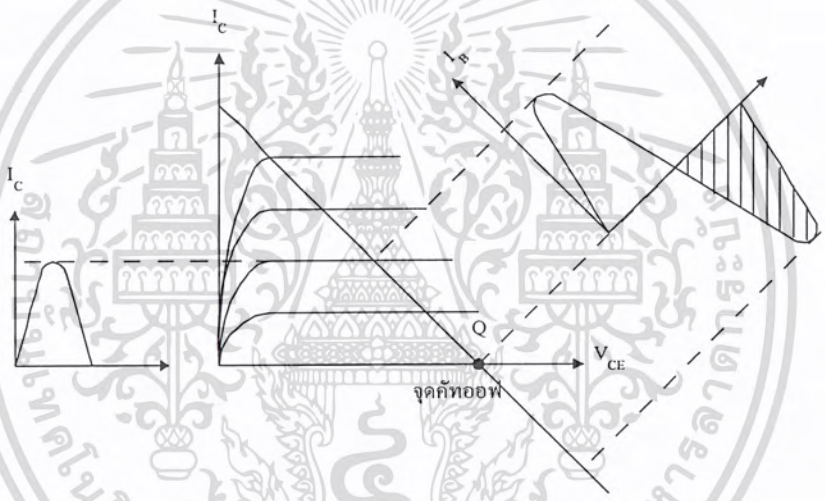


รูปที่ 3.16 วงจรขยายสัญญาณแบบคลาส-เอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วงจรขยายคลาส-บี (Class-B Amplifier)

วงจรขยายคลาส-บี เป็นวงจรขยายที่กำหนดจุดทำงาน (Q Point) อยู่ตรงตำแหน่งคัทออฟ (Cut Off) พอดี หมายถึงทรานซิสเตอร์ในการจ่ายไบอัสที่ขา B มีไบอัสเป็น 0 โวลท์ หรืองดจ่ายไบอัสให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ ส่วนขา C ขา E ยังคงจ่ายไบอัสเป็นปกติ ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแสในกรณีที่ไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามา ถ้าต้องการให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส จะต้องป้อนสัญญาณอินพุทเข้ามา และต้องเป็นสัญญาณอินพุทที่ทำให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัสตรง ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ต้องจ่ายสัญญาณอินพุทเป็นลบ ทรานซิสเตอร์ถึงจะนำกระแส ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ต้องจ่ายสัญญาณอินพุทเป็นบวก ทรานซิสเตอร์ถึงจะนำกระแสการขยาย



รูปที่ 3.17 แสดงจุดการทำงานของวงจรขยายคลาส-บี

วงจรขยายคลาส-บี จะขยายสัญญาณเพียงซีกใดซีกหนึ่งเท่านั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะขยายเฉพาะสัญญาณช่วงบวก ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP จะขยายเฉพาะสัญญาณช่วงลบ

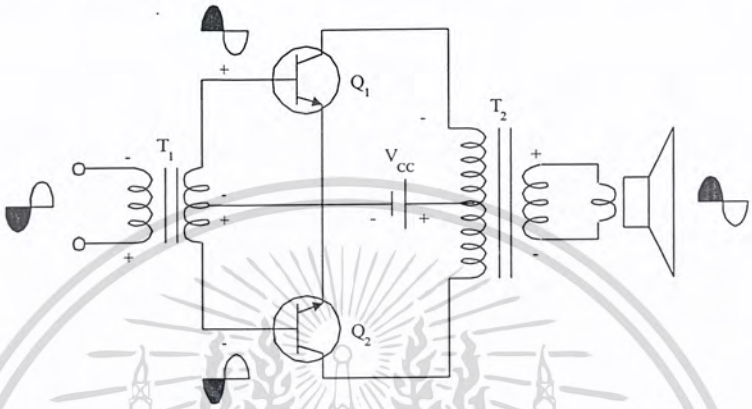
จากรูปที่ 3.17 เป็นกราฟแสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส-บี จะทำงานที่จุดคัทออฟคือจุดต่ำสุดของเส้นโหลด (จุดตัดระหว่างเส้นโหลดกับเส้นแรงดัน V_{CE}) มีผลให้สัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้ามาจะถูกขยายสัญญาณเพียงซีกเดียว ขึ้นอยู่กับชนิดของทรานซิสเตอร์ กระแส I_B ก็จะไหลเพียงซีกเดียวซีกใดซีกหนึ่ง ทำให้กระแส I_C ที่ไหลผ่านโหลดมีกระแสไหลเพียงซีกเดียวเช่นกัน เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแส I_C ไหลเพียงซีกเดียวโหลดก็จะมีสัญญาณที่ถูกขยายมาตกคร่อมเพียงซีกเดียวซีกใดซีกหนึ่งส่งออกเอาท์พุท เกิดการผิดเพี้ยนในการขยายสัญญาณ

ข้อดี ของวงจรขยายคลาส-บี คือไม่สิ้นเปลืองกระแส ขณะไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามา

ข้อเสีย ของวงจรขยายคลาส-บี คือรูปสัญญาณที่ถูกขยายเกิดความผิดเพี้ยน (Distortion) ถึงแม้จะนำไปต่อวงจรขยายแบบพุช-พูล หรือคอมพลีเมนตารี่ก็ตาม



รูปที่ 3.18 วงจรขยายพุช-พูล แบบคลาส-บี

จากรูปที่ 3.18 เป็นวงจรขยายคลาส-บี จัดวงจรแบบพุช-พูล การจัดไบอัสให้วงจรขยายสัญญาณแบบคลาส-บี คืองดจ่ายไบอัสให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจากวงจรจะเห็นว่าขา B ของ Q_1, Q_2 จะไม่มีไบอัสจ่ายให้ มีแต่ขดเซคกันดารี่ของหม้อแปลง T_1 ต่อให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 เทียบกับกราวด์ (ขา E) ซึ่งไม่ใช่ตัวจ่ายไบอัสเป็นเพียงตัวปรับอิมพีแดนซ์ของวงจรอินพุทที่ต่อเข้ามา และจัดเฟสสัญญาณอินพุทให้ถูกต้องกับที่ขา B ของ Q_1, Q_2 ต้องการ ดังนั้นในขณะที่ยังไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามา จะไม่มีไบอัสจ่ายให้ขา B ของ Q_1, Q_2 จนกว่าจะมีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามา

ถ้าอินพุทป้อนเข้ามาที่ขดเซคกันดารี่ของ T_1 ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบสัญญาณช่วงบวกจะจ่ายเป็นไบอัสตรงให้ขา B ของ Q_1, Q_2 นำกระแสมีกระแส I_C ไหลผ่านจาก V_{CC} ไปขดไพรมารี่ครึ่งบนของ T_2 ครบวงจรที่ Q_1 ได้ศักย์ตกคร่อมขดไพรมารี่ครึ่งบนของ T_2 บนลบล่างบวก เหนี่ยวนำมายังขดเซคกันดารี่ของ T_2 ได้สัญญาณช่วงบวกออกลำโพง

ในทางตรง**ข้าม**ถ้าสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาที่ขดเซคกันดารี่ของ T_1 ด้านบนลบด้านล่างบวกสัญญาณช่วงบวกจะจ่ายเป็นไบอัสตรงให้ขา B ของ Q_2, Q_2 นำกระแสมีกระแส I_C ไหลผ่านจาก V_{CC} ไปขดไพรมารี่ครึ่งล่างของ T_2 ครบวงจรที่ Q_2 ได้ศักย์ตกคร่อมขดไพรมารี่ครึ่งล่างบนบวกล่างลบเหนี่ยวนำมายังขดเซคกันดารี่ของ T_2 ได้สัญญาณช่วงลบออกลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวงจรขยายคลาส-บี แบบพุช-พูล ช่วยแก้ปัญหาการทำงานของวงจรคลาส-บี ให้ทำการขยายสัญญาณทั้ง 2 ซีกได้ก็ตาม แต่ก็ยังเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นอีก ซึ่งเรียกว่าความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อ (Crossover Distortion) เกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติของตัวทรานซิสเตอร์เอง เพราะตัวทรานซิสเตอร์ระหว่างรอยต่อ PN จะมีแบตเตอรี่สมมติ หรือดีพลีชั่นริจิน (Depletion Region) เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 0.2 V ถึง 0.4V ในทรานซิสเตอร์ที่ผลิตมาจากสารเจอรมันเนียม และมีค่าประมาณ 0.5V ถึง 0.8V ในทรานซิสเตอร์ที่ผลิตมาจากสารซิลิคอน ค่าแบตเตอรี่สมมตินี้จะมีขั้วแรงดันจ่ายเป็นไบอัสกลับให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ เมื่อมีสัญญาณอินพุทเป็นไบอัสตรงเข้ามาจะเกิดการหักล้างกับแรงดันดังกล่าว ทำให้ทรานซิสเตอร์จะยังไม่นำกระแสในช่วงสัญญาณอินพุทค่าต่ำเข้ามา สัญญาณที่ขยายออกจึงเกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อขึ้น

รูปที่ 3.19 สัญญาณที่ถูกขยายของวงจรขยายพุช-พูลจัดไบอัสแบบคลาส-บี จะเกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อ

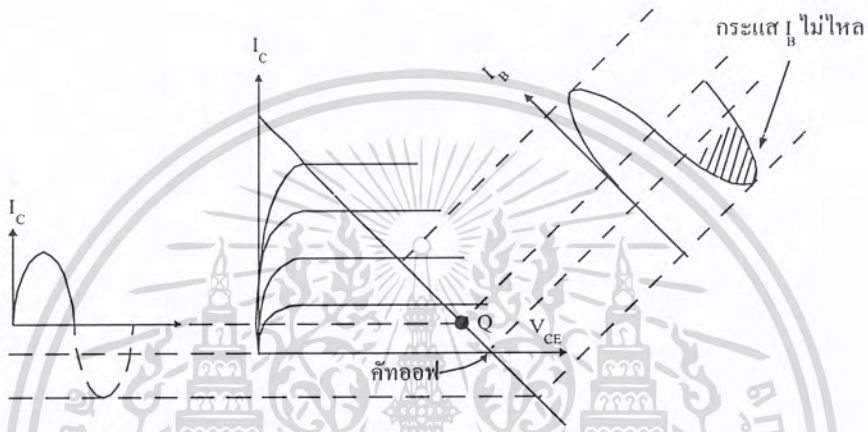
จากรูปที่ 3.19 สัญญาณที่ถูกขยายออกเอาท์พุท ด้วยวงจรขยายคลาส-บี จัดวงจรขยายแบบพุช-พูล เกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อขึ้น ยังไม่สามารถนำวงจรขยายดังกล่าวไปใช้งาน จะต้องมีการจัดวงจรไบอัสให้ใหม่เป็นแบบวงจรขยายคลาส-เอบี

การนำไปใช้งานของวงจรขยายคลาส-บี สามารถนำไปใช้งานเป็นวงจรขยายสัญญาณขนาดใหญ่โดยต่อวงจรแบบพุช-พูล หรือคอมพลีเมนตารี่ แต่มีข้อเสียคือเกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อ นำไปใช้เป็นวงจรสวิทชิ่งค์โดยป้อนสัญญาณพัลซ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรขยายคลาส เอ-บี (Class-AB Amplifier)

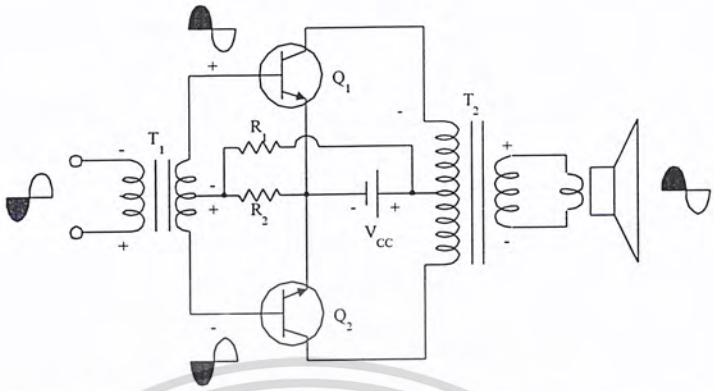
วงจรขยายคลาส เอ-บี จัดขึ้นมาเพื่อแก้ข้อเสียของวงจรขยายคลาส-บี ที่เกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อ การจัดไบอัสคลาส-เอบี คือ จัดไบอัสให้สูงกว่าจุดคัทออฟเล็กน้อยคือจ่ายไบอัสตรงให้ขา B ของทรานซิสเตอร์เพียงเล็กน้อย เพื่อหักล้างแรงดันแบตเตอรี่สมมุติระหว่างรอยต่อ PN ที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ให้หมดไปทำให้ทรานซิสเตอร์พร้อมจะนำกระแสตลอดเวลา



รูปที่ 3.20 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส-เอบี

จากรูปที่ 3.20 เป็นกราฟแสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส-เอบี มีจุดการทำงานสูงกว่าจุดคัทออฟเล็กน้อย ทำให้การทำงานของทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณอินพุท ซีกใดซีกหนึ่งทั้งซีกและซีกที่เหลือขยายบางส่วน ทรานซิสเตอร์ PNP จะขยายสัญญาณอินพุทช่วงลบทั้งหมดและขยายสัญญาณอินพุทช่วงบวกบางส่วน ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะขยายสัญญาณอินพุทช่วงบวกทั้งช่วงและขยายสัญญาณอินพุทช่วงลบบางส่วน ในการใช้งานก็ต้องนำไปต่อเป็นวงจรขยายเป็นพุช-พูลหรือ คอมพลีเมนตารี่ เช่น เดียวกับวงจรคลาสบีกระแส I_B ส่วนที่ขีดเส้นทะแยงไว้ เป็นส่วนที่กระแส I_B ไม่ไหลเพราะทรานซิสเตอร์ทำงานต่ำกว่าจุดคัทออฟ ทำให้กระแส I_B ไหลผ่านโหลดในช่วงที่ทรานซิสเตอร์ออฟไม่นำกระแสเช่นกัน สัญญาณขยายออกเอาท์พุทผิดเพี้ยน ต้องนำมาต่อวงจรแบบพุช-พูลหรือคอมพลีเมนตารี่จะช่วยแก้ความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อของคลาส-บีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 วงจรขยายพุช-พูลแบบคลาส-เอบี

จากรูปที่ 3.21 วงจรขยายคลาส-เอบี จัดวงจรขยายแบบพุช-พูล การจ่ายไบอัสให้วงจรทำงานสูงกว่าจุดคัทออฟเล็กน้อยโดยจ่ายไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 เป็นไบอัสตรงเล็กน้อยมี R_1, R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดัน R_2 เป็นตัวจ่ายไบอัสตรงให้ขา B ของ Q_1, Q_2 ทำให้มีกระแส I_B ไหลเล็กน้อย Q_1, Q_2 นำกระแสมีกระแส I_C ไหลเล็กน้อยในช่วงที่ไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาเป็นการเตรียมพร้อมในการทำงาน

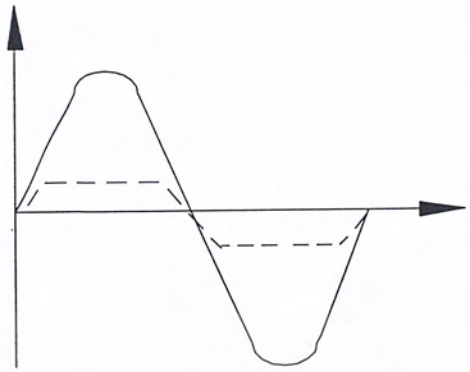
เมื่อมีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามา ตามรูปที่ 3.21 ให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 เป็นสัญญาณช่วงบวก ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 เป็นสัญญาณช่วงลบทำให้ Q_1 ได้รับไบอัสตรงเพิ่มขึ้น Q_1 จะนำกระแสมากขึ้น ส่วน Q_2 ได้รับสัญญาณช่วงลบจะไปหักล้างกับไฟบวกที่เป็นไบอัสให้ขา B ของ Q_2 ทำให้ Q_2 นำกระแสลดลงจนคัทออฟได้สัญญาณช่วงบวกทั้งช่วงและได้สัญญาณช่วงลบเล็กน้อยออกเอาท์พุท

สัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 เป็นลบ และเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 เป็นบวกทำให้ Q_2 ได้รับไบอัสตรงเพิ่มขึ้น Q_2 นำกระแสมากขึ้นส่วน Q_1 ได้รับสัญญาณช่วงลบจะไปหักล้างกับไฟบวกที่เป็นไบอัสให้ขา B ของ Q_1 ทำให้ Q_1 นำกระแสลดลงจนคัทออฟได้สัญญาณช่วงลบทั้งช่วง และได้สัญญาณช่วงบวกเล็กน้อยออกเอาท์พุท

ถ้าสัญญาณอินพุทป้อนเข้าขา B. ของ Q_1 เป็นลบ และเข้าขา B. ของ Q_2 เป็นบวกทำให้ Q_2 ได้รับไบอัสตรงเพิ่มขึ้น Q_2 นำกระแสมากขึ้น ส่วน Q_1 ได้รับสัญญาณช่วงลบจะไปหักล้างกับไฟบวกที่เป็นไบอัสให้ขา B. ของ Q_1 ทำให้ Q_1 นำกระแสลดลงจนคัทออฟ ได้สัญญาณช่วงลบทั้งช่วงและได้สัญญาณช่วงบวกเล็กน้อยออกเอาท์พุท

จากการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ดังกล่าว ทำให้การขยายสัญญาณทั้งช่วงลบและช่วงบวกออกเอาท์พุทโดยไม่ผิดเพี้ยน

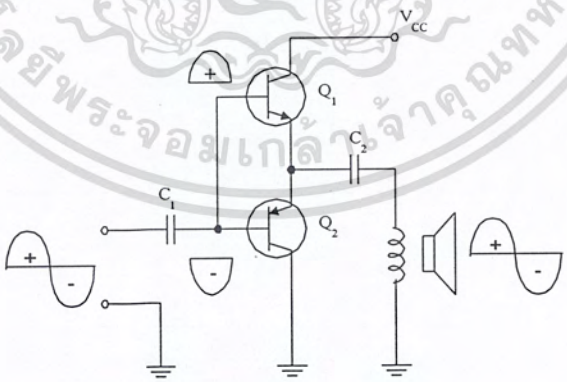
เอกสารนี้ได้รับการอนุญาตให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 สัญญาณที่ถูกขยายของวงจรพุช-พูลจัดไบอัสแบบคลาส-เอบีจะไม่เกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อ

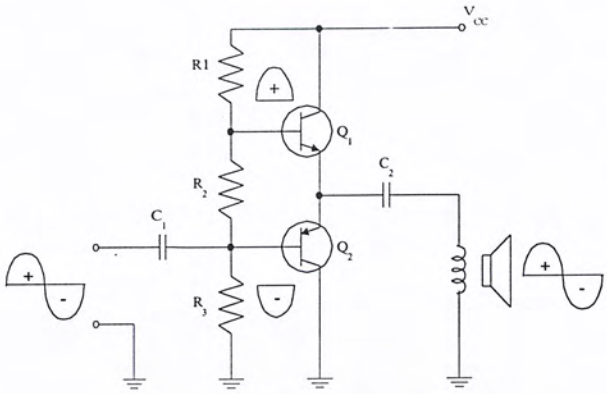
จากรูปที่ 3.22 จะเห็นได้ว่าการจัดไบอัสให้วงจรขยายแบบคลาส –เอบี โดยต่อวงจรขยายแบบพุช-พูล หรือคอมพลีเมนตารี่ จะช่วยแก้ความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อได้ ดังนั้นในวงจรขยายเสียงที่ต้องการอัตราขยายของสัญญาณสูงมาก ๆ มักนิยมต่อวงจรแบบพุช-พูล หรือคอมพลีเมนตารี่ โดยจัดไบอัสแบบคลาส – เอบีดังกล่าว

การนำไปใช้งาน ใช้เป็นวงจรขยายเสียงในภาคเพาเวอร์แอมป์ หรือภาคขยายกำลัง และยังนำไปใช้ในวงจรขยายสัญญาณต่าง ๆ ที่ต้องการอัตราขยายสูง ๆ



ก. วงจรขยายคลาส – บี ต่อวงจรแบบคอมพลีเมนตารี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. วงจรขยายคลาสเอ-บี ต่อวงจรแบบคอมพลีเมนตารี่

รูปที่ 3.23 วงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารี่

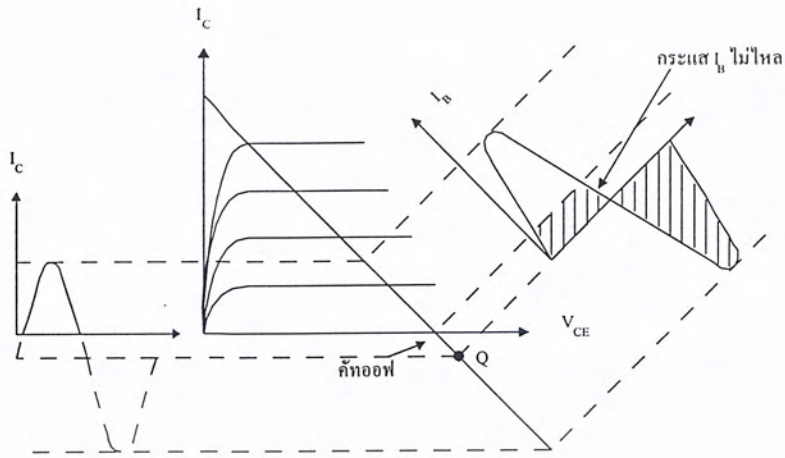
จากรูปที่ 3.23 เป็นการจัดวงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารี่ รูปที่ 3.23 (ก) เป็นการจัดไบอัสแบบคลาส–บี ซึ่งขยายสัญญาณออกเอาท์พุท เกิดความผิดเพี้ยนระหว่างรอยต่อ (Crossover Distion)

จากรูปที่ 3.23 (ข) เป็นการจัดไบอัสแบบคลาส –เอบี มี R_1, R_2, R_3 เป็นวงจรแบ่งแรงดันจ่ายไบอัสตรงบางส่วนให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ทำให้การขยายสัญญาณออกเอาท์พุทไม่ผิดเพี้ยน

3.3.5 วงจรขยายคลาส- ซี (Class-C Amplifier)

วงจรขยายคลาส-ซี จุดทำงานจะอยู่ต่ำกว่าจุดคัทออฟ คือจ่ายไบอัสให้ขาB.ของทรานซิสเตอร์เป็นไบอัสกลับค่าหนึ่ง ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสทรานซิสเตอร์จะนำกระแสก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาเป็น ไบอัสตรงให้กับขา B. ของทรานซิสเตอร์ และต้องไปหักล้างกับไบอัสกลับไฟตรงที่จ่ายอยู่เดิม จนทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัสตรงที่ขา B. ต้องการทรานซิสเตอร์จึงจะนำกระแส ขยายสัญญาณอินพุทส่วนนั้นออกเอาท์พุท เกิดความผิดเพี้ยนในการขยายสัญญาณมากที่สุดไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวงจรขยายเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 แสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส-ซี

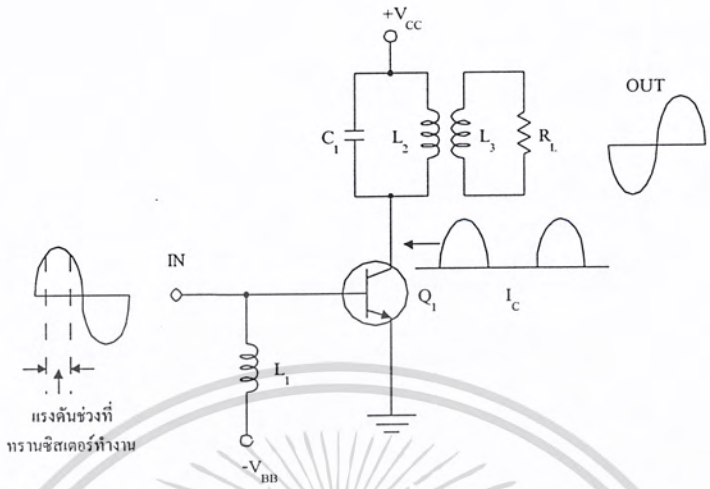
จากรูปที่ 3.24 เป็นกราฟแสดงจุดทำงานของวงจรขยายคลาส – ซี จุดทำงานของวงจรจะต่ำกว่าจุดคัทออฟ คือแทนที่จะจ่ายไบอัสตรงให้ขา B. ก็จ่ายไบอัสกลับให้ขา B. แทนทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส และยังมีแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นไบอัสกลับจ่ายค้างไว้ด้วย แหล่งจ่ายไฟตรงไบอัสกลับให้ขา B. ทรานซิสเตอร์ถึงนำกระแส ขยายสัญญาณส่วนนั้นออกเอาท์พุท ดังนั้นกระแส I_B จะไหลเพียงบางส่วน และกระแส I_C ก็ไหลเพียงบางส่วนในการขยายสัญญาณดังกล่าวจะเกิดความผิดเพี้ยนมาก

ข้อดี ของวงจรขยายคลาส – ซี คือไม่สิ้นเปลืองกระแส และให้ประสิทธิภาพการทำงานด้านขยายกำลังสูงสุดในเครื่องส่ง

ข้อเสีย ของวงจรขยายคลาส – ซี ขยายสัญญาณมีความผิดเพี้ยนมาก ไม่เหมาะในการนำไปใช้กับวงจรขยายเสียง

การนำไปใช้งาน นิยมใช้งานกับวงจรที่ใช้สัญญาณที่มีความถี่คงที่ เช่น พวกวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่สูง ภาคขยายกำลังในเครื่องวิทยุ และวงจรแยกซิงค์ในเครื่องรับโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 วงจรขยายคลาส-ซี

จากรูปที่ 3.25 เป็นวงจรขยายสัญญาณ จัดวงจรไบอัสแบบคลาส – ซี มี L_1 เป็นขดลวด RF ต่อรับแรงดันไฟตรงลบ V_{BB} (- V_{BB}) L_1 กันความถี่อื่น ๆ ไม่ให้เข้ามาให้เฉพาะไฟ DC จากลบ V_{BB} เท่านั้นผ่านเข้ามาเป็นการจ่ายไบอัสกลับให้ขา B. ของ Q_1 ถึงแม้มีบวก V_{CC} จ่ายให้ขา C และขา E. ลงกราวด์ เป็นการจ่ายไบอัสถูกต้องตามขา C. และขา E. ที่ทรานซิสเตอร์ต้องการแต่ทรานซิสเตอร์ก็ไม่นำกระแส

การป้อนสัญญาณอินพุทเข้ามา ก็จะมีเฉพาะสัญญาณช่วงบวกเพียงส่วนเดียวเท่านั้นที่ทำให้ขา B. ของ Q_1 ได้รับไบอัสตรง Q_1 จะนำกระแสในช่วงนี้ มีกระแส I_C ไหลเป็นจังหวะตามค่าการทำงานของ Q_1 มีกระแส I_C ไหลผ่านขดลวด L_2 ไปประจุที่ C_1 C_1 มีการประจุและคลายประจุ C_1 L_2 ต่อเป็นวงจรแทงค์ (Tank Circuit) เกิดการกำเนิดความถี่ขึ้นมา เหนี่ยวนำไปยังขดลวด L_3 และตกคร่อมที่โหลด R_L เป็นสัญญาณไฟสลับ วงจรตามรูปที่ 3.25 ก็คือวงจรกำเนิดความถี่นั่นเอง

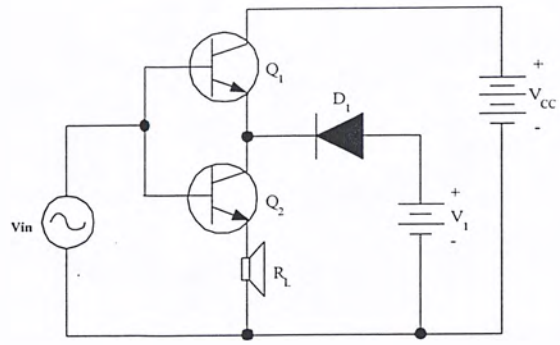
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 วงจรขยายคลาส G (Class –G Amplifier)

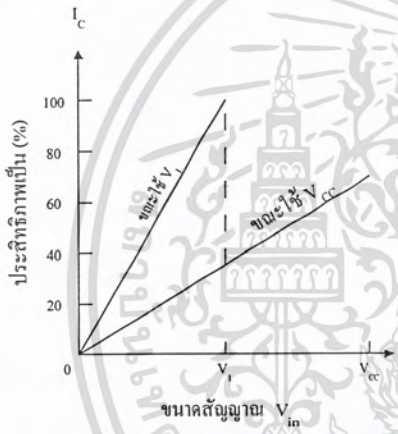
แนวความคิดเริ่มต้นมาจากข้อเสียของวงจรขยายคลาส B ที่ว่าลักษณะการจัดวงจรดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 70% ถึง 80 % ที่ความดังสูงสุดเท่านั้นที่ความดังอื่น ๆ ซึ่งน้อยกว่านั้น ประสิทธิภาพก็จะลดลงไป เคยมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ให้ข้อสรุปว่าในสภาวะการขยายเสียงดนตรีที่ความดังค่อนข้างสม่ำเสมอ ตามปกติแล้วเครื่องขยายคลาส B จะมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยเพียงประมาณ 20% เท่านั้น สาเหตุใหญ่ที่ทำให้ประสิทธิภาพของคลาส B ไม่ค่อยดีเช่นนั้นก็สูงเพื่อเตรียมรับมือกับขนาดของสัญญาณอินพุทจะต่ำ ขณะที่แรงดันไฟเลี้ยงเครื่องขยายค่อนข้างสูงเพื่อเตรียมรับมือกับขนาดของสัญญาณอินพุทใหญ่ ๆ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้นจึงคล้าย ๆ กับว่าใช้แรงดันไฟเลี้ยงสูงเกินกว่าที่จำเป็นมาก ในระยะเวลาทำงานส่วนใหญ่ประสิทธิภาพจึงแย่

ในวงจรขยายคลาส G จึงแก้ไขปัญหานี้โดยใช้ภาคเอาท์พุท 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นภาคเอาท์พุทกำลังต่ำ ซึ่งใช้แรงดันไฟเลี้ยงต่ำ อีกชุดหนึ่งเป็นภาคเอาท์พุทกำลังสูงซึ่งใช้แรงดันไฟเลี้ยงสูง ถ้าช่วงเวลาใดที่สัญญาณอินพุทมีขนาดต่ำ ภาคเอาท์พุทกำลังสูง ก็จะเข้ามาทำหน้าที่ขยายแทน การแบ่งแรงดันไฟเลี้ยงเป็น 2 ระดับ เช่นนี้ ทำให้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของวงจรขยายที่กำลังออกต่ำ ๆ ได้ดีกว่าคลาส B มากมาย ในรูปที่ 3.26 แสดงวงจรอย่างง่ายตามแนวความคิดคลาส G สัญญาณ Vin คือสัญญาณที่ถูกขยายซึ่งผ่านภาคไดรเวอร์มาแล้ว V_1 เป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำที่ป้อนไฟเลี้ยงให้แก่ Q_1 ซึ่งเป็นเอาท์พุททรานซิสเตอร์กำลังต่ำ ส่วน Vcc เป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงที่ป้อนไฟเลี้ยงให้แก่ Q_2 ซึ่งเป็นเอาท์พุททรานซิสเตอร์กำลังสูง ถ้าสัญญาณ Vin มีขนาดน้อยกว่า V_1 แล้ว ขาเบสและอีมิตเตอร์ของ Q_2 จะถูกไบแอสกลับ ดังนั้น Q_2 ก็ไม่สามารถนำกระแสได้หน้าที่การขยายจึงเป็นของ Q_1 ซึ่งได้รับไฟเลี้ยงมาจาก V_1 ผ่านทาง D_1 ทีนี้ถ้า Vin มีขนาดมากกว่า V_1(แต่น้อยกว่า Vcc) ทรานซิสเตอร์ Q_2 จะถูกไบอัสตรงและนำกระแสได้ ส่วน Q_1 จะนำกระแสอิ่มตัวยอมให้กระแสจาก Vcc ผ่าน Q_2 ส่งผ่านไปถึงลำโพงได้ D_1 มีไว้เพื่อทำหน้าที่ป้องกันมิให้กระแสจาก Vcc ไหลสวนเข้าไปในตัว V_1

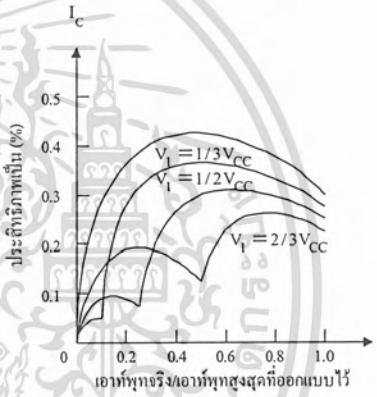
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 วงจรขยายคลาส-จี อย่างง่าย



รูปที่ 3.27 แสดงผลลัพธ์ของการใช้แรงดันแหล่งจ่ายไฟ 2 ระดับมาปรับปรุงประสิทธิภาพในวงจรขยายคลาส-จี



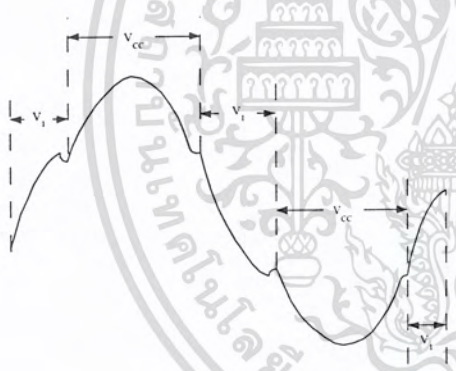
รูปที่ 3.28 แสดงปริมาณความร้อนสูญเสียที่อัตราส่วน V_1/V_{cc} ต่างกัน

ในรูปที่ 3.27 ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของวงจรที่ขนาดของสัญญาณ V_{in} ต่าง ๆ กัน จะมีเส้นแสดงระดับประสิทธิภาพอยู่ 2 เส้น คือ ขณะที่ V_1 จ่ายกระแสเส้นหนึ่ง และขณะที่ V_{cc} จ่ายกระแสอีกเส้นหนึ่ง ส่วนเส้นประที่อยู่ในแนวดิ่ง เกิดขึ้นมาขณะที่มีการเปลี่ยนไฟเลี้ยงจึงเห็นได้ว่าประสิทธิภาพที่ขนาดต่ำ ๆ ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นมาก และปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ก็จะลดน้อยลงไปมากหรือเทียบกับวงจรขยายคลาส B อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพจริง ๆ ของวงจรขยายคลาส G ขึ้นกับผู้ออกแบบว่าจะเลือกใช้ค่า V_1 เป็นอัตราส่วนเท่าไรของ V_{cc} อย่างในรูปที่ 3.29 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่กำลังเอาท์พุทต่าง ๆ กัน (โดยแสดงเทียบกับค่าเอาท์พุทสูงสุดตามที่ออกแบบไว้) สำหรับอัตราส่วน V_1/V_{cc} สองอย่างมาเทียบกับประสิทธิ

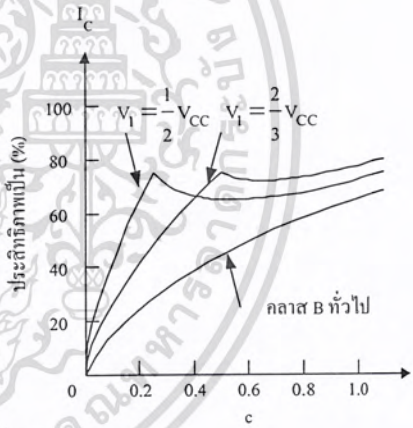
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพของวงจรขยายคลาส B ทั่วไปจะเห็นได้ว่าที่กำลังเอาท์พุทต่ำ ๆ ซึ่งเป็นการใช้งานส่วนใหญ่ของเราประสิทธิภาพของวงจรขยายคลาส G จะดีกว่าคลาส B มากส่วนในรูปที่ 3.28 แสดงผลลัพธ์ในการลดความร้อนสูญเสียที่เกิดขึ้นในตัวเอาท์พุททรานซิสเตอร์ ซึ่งก็เห็นได้ชัดเจนเช่นเดียวกันว่าความร้อนในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ลดต่ำลงกว่าคลาส B

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับวงจรขยายคลาส G อย่างง่ายตามที่แสดงในรูปที่ 3.26 ก็คือ ความเพี้ยนเพราะ Q_2 จะยังไม่เริ่มนำกระแส จนกว่าสัญญาณอินพุทจะมีขนาดสูงกว่าแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q_1 อยู่ประมาณเท่ากับแรงดัน V_{BE} ของ Q_2 ดังนั้นในช่วงที่สัญญาณอินพุทอยู่ระหว่างค่า V_1 และ $V_1 + V_{BE}$ นั้น Q_1 จะอิ่มตัวไปเสียก่อนที่ Q_2 จะเริ่มนำกระแส ช่วงขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายไฟนี้แหละที่ทำให้เกิดความเพี้ยนดังแสดงในรูปที่ 3.28 นอกจากนั้นแล้วผลของการที่ทรานซิสเตอร์ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งกว่าจะนำกระแสและหยุดนำกระแส ก็ทำให้มีความเพี้ยนเพิ่มเติมขึ้นซึ่งความเพี้ยนแบบหลังนี้จะปรากฏผลชัดเจนขึ้นที่ความถี่สูง ๆ (เช่นสูงตั้งแต่ 20 kHz เป็นต้นไป)

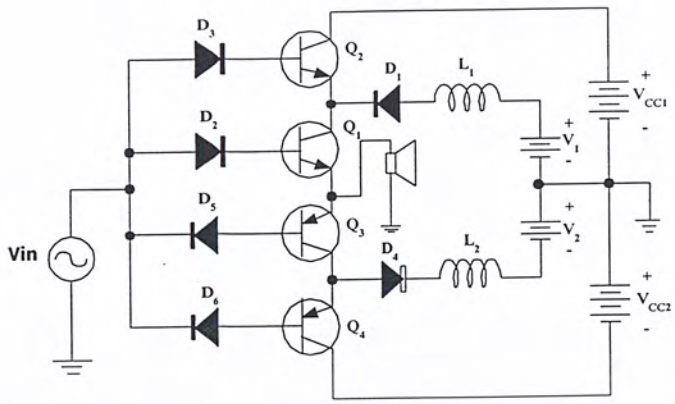


รูปที่ 3.29 แสดงความเพี้ยนที่เกิดจากการขยายคลาส G อย่างง่าย



รูปที่ 3.30 ประสิทธิภาพของวงจรขยายขึ้นกับอัตราส่วนของ V_1 และ V_{cc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



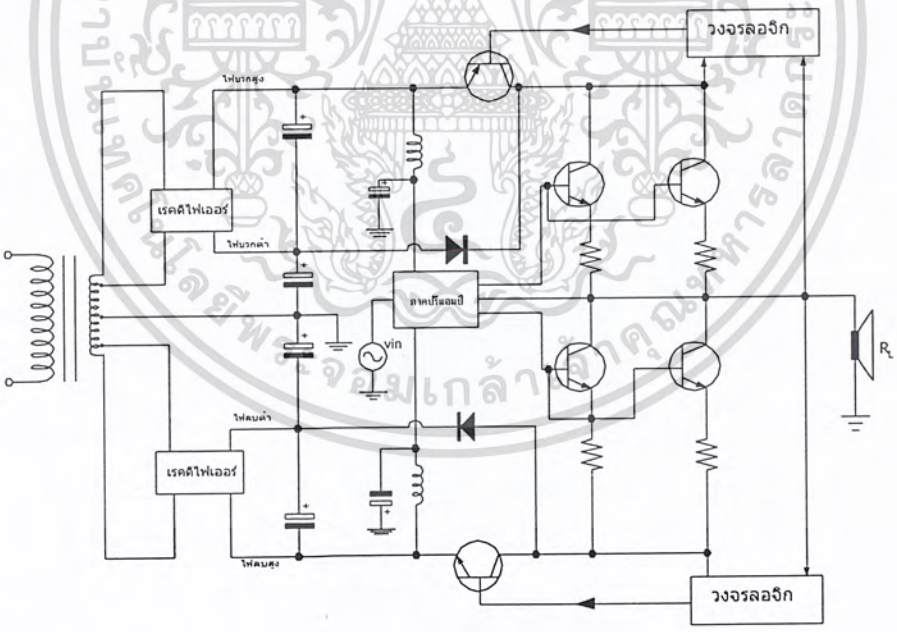
รูปที่ 3.31 แสดงวงจรขยายคลาส-จี แบบพุช-พูลที่ได้เพิ่มอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไปเพื่อช่วยลดความเพี้ยนของสัญญาณเอาท์พุท

ดังนั้นวงจรขยายคลาส-จีจึงได้รับการปรับปรุงขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ 3.31 ซึ่งในรูปนี้แสดงให้เห็นวงจรพุช-พูล (วงจรในรูปที่ 3.26 แสดงเฉพาะส่วนที่ขยายสัญญาณซีกบวกเท่านั้น) กล่าวคือ ซีกบนใช้ขยายสัญญาณซีกบวก ซีกล่างใช้ขยายสัญญาณซีกลบ เนื่องจากทั้งซีกบวก และซีกลบทำงานในลักษณะเดียวกัน ในที่นี้จึงอธิบายเฉพาะเพียงซีกบวกเท่านั้น D_2 ใส่ไว้เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 เริ่มนำกระแสได้ ก่อนที่ Q_1 จะอิ่มตัว เป็นการลดความเพี้ยนอย่างแรก (ในทางปฏิบัติอาจแทน D_2 ด้วยตัวต้านทาน ซีเนอร์ไดโอดก็ได้) ส่วน L_1 ใส่ไว้เพื่อลดความเพี้ยนอย่างที่สองโดยพยายามควบคุมให้กระแสที่ออกจาก V_1 ในขณะที่มีการเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟให้มีความราบเรียบมากขึ้น สำหรับ D_3 ใส่ไว้เพื่อป้องกันกระแสไหลย้อนกลับจากขาอิมิตเตอร์ไปยังขาเบสของ Q_2 ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อแรงดันอินพุท มีค่าน้อยกว่า V_1 อยู่นั้น แรงดันที่ขาอิมิตเตอร์ของ Q_2 จะมีค่าสูงกว่าขาเบส แต่ทรานซิสเตอร์ส่วนใหญ่จะทนแรงดันย้อนกลับได้เพียงไม่กี่โวลท์ จึงต้องใส่ไดโอดเข้าไปเพื่อช่วยเพิ่มการทนแรงดันย้อนกลับให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 วงจรขยายคลาส H (Class– H Amplifier)

โดยหลักการใหญ่ ๆ แล้ว วงจรขยายคลาส -H ก็คล้ายกับคลาส -G ตรงที่เพิ่มประสิทธิภาพและลดความร้อนภายในเครื่องโดยการเปลี่ยนขนาดแรงดันของแหล่งจ่ายไฟให้เหมาะสมกับขนาดสัญญาณอินพุท ข้อแตกต่างอยู่ตรงที่ว่า ในวงจรขยายคลาส G นั้น ใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 ระดับ และใช้ภาคเอาท์พุท 2 ชุด ส่วนในวงจรขยายคลาส H ใช้ภาคเอาท์พุทเพียงชุดเดียว และมีวงจรลอจิกมาปรับขนาดแรงดันไฟเลี้ยงที่ป้อนให้ภาคเอาท์พุทให้เหมาะสมกับขนาดสัญญาณอินพุทอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจุดที่น่าสนใจของคลาส H จึงอยู่ที่แหล่งจ่ายไฟ และเนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพเกิดขึ้นภายในแหล่งจ่ายไฟเท่านั้น ไม่มีการสวิทช์ไปมาในภาคเอาท์พุท และไม่มีการเปลี่ยนเส้นทางการไหลของกระแสที่ให้แก่ลำโพง การปรับปรุงนี้จึงไม่มีผลไปถึงความเพี้ยน เสถียรภาพหรือการขยายสัญญาณความถี่สูง ๆ ของวงจรขยายพื้นฐานแต่อย่างใด และทำให้คลาส H มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าคลาส G นอกจากผู้ผลิตจะตั้งชื่อลักษณะการจัดวงจรเช่นนี้ว่าคลาส H แล้วยังมีชื่อเรียกเพื่อขยายความให้ชัดเจนขึ้นอีกว่าวงจรขยายระบบวาริปรอปอชั่นนัล (Variproportional Amplifier) ซึ่งหมายความถึงว่าแรงดันของไฟเลี้ยงสามารถเปลี่ยนไปได้เป็นอัตราส่วนกับสัญญาณเอาท์พุท



รูปที่ 3.32 แสดงวงจรอย่างง่ายของวงจรขยายคลาส-เอซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ภาคขยายกำลังของเครื่องขยายเสียง

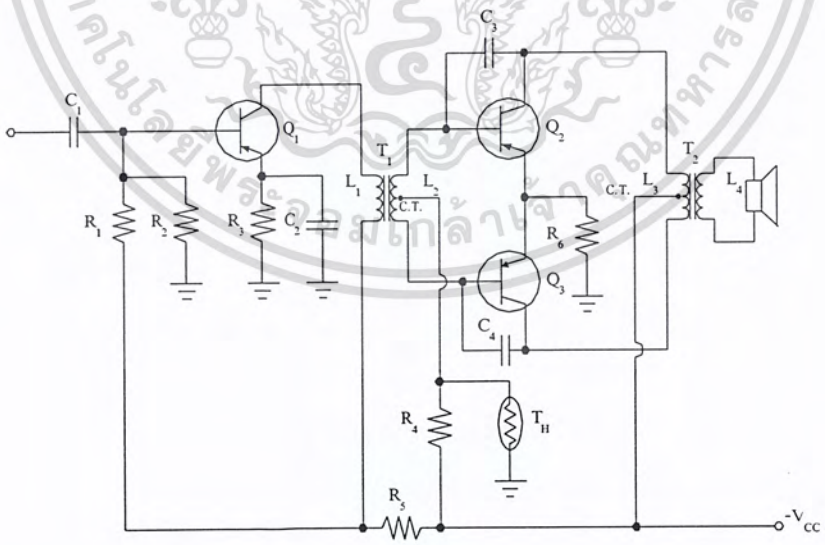
ภาคขยายกำลังของเครื่องขยายเสียงเป็นภาคขยายเสียงภาคสุดท้ายที่จะต้องเพิ่มอัตราขยายสัญญาณเสียงให้แรงมากขึ้นเท่าที่จะทำได้แบบไม่ผิดเพี้ยน ส่วนประกอบหลักในภาคขยายกำลัง จะประกอบด้วยภาคไดรเวอร์ และ ภาคเพาเวอร์แอมป์โดยทั้งสองภาคทำงานร่วมกัน และเกี่ยวข้องกันจนแยกกันไม่ออก จึงเรียกรวมกันว่าภาคขยายกำลัง

ภาคขยายกำลังที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบพุช-พูล (Push-Pull)
2. แบบคอมพลีเมนตารี่ (Complementary)

3.4.1 วงจรขยายเสียงแบบพุช-พูล (Push-Pull Amplifier)

วงจรขยายเสียงแบบพุช-พูล เป็นวงจรขยายเสียงที่มีหม้อแปลงต่อร่วมในวงจร เพื่อทำหน้าที่ช่วยจัดเฟสของสัญญาณเสียงที่จะส่งเข้ามาขยายถูกต้องตามต้องการ และจัดเฟสของสัญญาณเสียงที่จะถูกส่งต่อไปยังลำโพง ให้มีการทำงานทั้งช่วงบวกและช่วงลบของสัญญาณเสียง ทำให้วงจรขยายเสียงทำงานได้สมบูรณ์



รูปที่ 3.33 ภาคไดรเวอร์และภาคเพาเวอร์แอมป์ของวงจรขยายพุช-พูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.33 เป็นวงจรขยายเสียงภาคไดรเวอร์และภาคเพาเวอร์แอมป์แบบพุช-พูล โดย Q_1 เป็นภาคไดรเวอร์ถูกจัดไบอัสแบบคลาส A ขยายสัญญาณเสียงที่ป้อนเข้ามาทั้งช่วงบวกและช่วงลบ ส่งออกที่ขา C ของ Q_1 ไปเข้าหม้อแปลง T_1 ที่ขด L_1 มีกระแสไหลผ่าน L_1 L_1 เกิดสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำสัญญาณเสียงไปที่ขด L_2 มีศักย์ตกคร่อมขด L_2 จ่ายเป็นอินพุทให้ภาคเพาเวอร์แอมป์ Q_2 Q_3 สัญญาณที่ตกคร่อม L_2 จะมีเฟสตรงข้ามกันระหว่างขั้วบนและขั้วล่าง เช่น ขั้วบน L_2 เป็นบวกขั้วล่างจะเป็นลบและ ถ้าขั้วบน L_2 เป็นลบ ขั้วล่างจะเป็นบวก

ถ้าสัญญาณเสียงที่ตกคร่อม L_2 ด้านบนลบ ด้านล่างบวก จ่ายให้ขา B. ของ Q_2 , Q_3 Q_2 ได้รับไบอัสตรงมากขึ้นจะนำกระแส Q_3 ได้รับไบอัสกลับจะคัทออฟเมื่อ Q_2 นำกระแส มีกระแสไหลจากกราวด์ไป R_6, Q_2 ผ่าน T_2 ที่ขด L_3 ครึ่งบน ไปจุด CT ครบวงจรที่ $-V_{CC}$ เกิดศักย์ตกคร่อม L_3 บนบวกล่างลบ เหนี่ยวนำไปขด L_4 บนลบล่างบวก จ่ายให้ลำโพง ลำโพงเคลื่อนที่ไปทิศทางหนึ่ง

ถ้าสัญญาณเสียงตกคร่อม L_2 ด้านบนบวก ด้านล่างลบ จ่ายให้ขา B. ของ Q_2, Q_3 Q_2 ได้รับไบอัสกลับจะคัทออฟ Q_3 ได้รับไบอัสตรงมากขึ้นจะนำกระแส มีกระแสไหลจากกราวด์ไป R_6, Q_3, ผ่าน T_2 ที่ขด L_3 ครึ่งล่าง ไปจุด CT ครบวงจรที่ $-V_{CC}$ เกิดศักย์ตกคร่อม L_3 บนลบล่างบวก เหนี่ยวนำไปขด L_4 บนบวกล่างลบจ่ายให้ลำโพง ลำโพงเคลื่อนที่ไปอีกทิศทางหนึ่งตรงข้ามกับครั้งแรก

TH คือเทอร์มีสเตอร์ทำหน้าที่เป็นวงจรไบอัสอัตโนมัติ ควบคุมไบอัสที่จ่ายให้ Q_2, Q_3 ทำงานคงที่ต่ออุณหภูมิ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.4.4 C_3, C_4 ทำหน้าที่ลดอัตราขยายความถี่สูงลง เพื่อหยุดการเกิดออสซิลเลทของเครื่องขยายเสียง

เครื่องขยายเสียงแบบพุช-พูลที่ใช้หม้อแปลง จะไม่นิยมใช้กับเครื่องขยายเสียงทั่วไป เพราะมีปัญหาคือเสียงแหลมลดลง เกิดการฮัม และน้ำหนักมาก จะนำไปใช้งานเฉพาะเช่นใช้ในระบบส่งเสียงตามสาย (PA) หรืองานที่ต้องมีการปรับอิมพีแดนซ์ของลำโพง

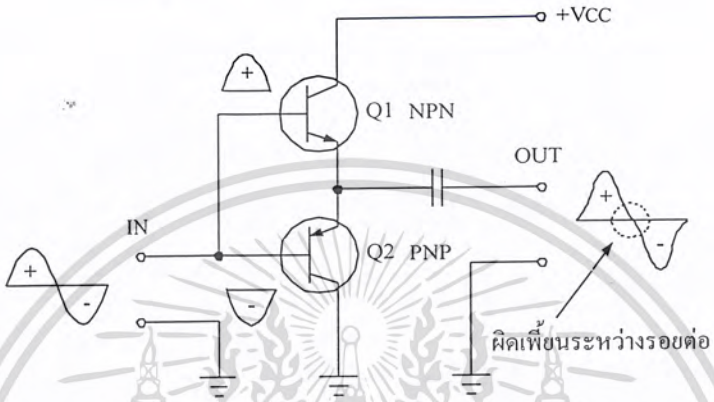
3.4.2 วงจรขยายเสียงแบบคอมพลีเมนตารี่ (Complementary Amplifier)

วงจรขยายเสียงแบบคอมพลีเมนตารี่ เป็นวงจรขยายเสียงที่พัฒนามาจากวงจรขยายเสียงแบบพุช-พูล ที่การทำงานของวงจรต้องใช้หม้อแปลงทำให้คุณภาพของเสียงแหลมลดลง เกิดปัญหาการฮัมของสัญญาณเสียงและหม้อแปลงมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ไม่สะดวกในการใช้งาน การพัฒนาของวงจรขยายเสียงแบบคอมพลีเมนตารี่ คือ วงจรขยายที่ตัดหม้อแปลงทิ้งไปทั้งหมดในการทำงานของวงจรขยายไม่มีหม้อแปลงเข้ามาเกี่ยวข้องเลย ทำให้สามารถจัดวงจรขยายให้ตอบสนองความถี่เสียงได้ดีตลอดย่าน และวงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารี่ นับเป็นวงจรขยายที่ให้คุณภาพเสียงดีที่สุด จึงเป็นวงจรขยายที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

วงจรพื้นฐานของเครื่องขยายเสียงแบบคอมพลีเมนตารี่ จะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันสองตัวคือชนิด PNP กับ NPN ต่อร่วมกัน หรืออาจเป็นเฟทต่างชนิดกันสองตัวคือชนิด P-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

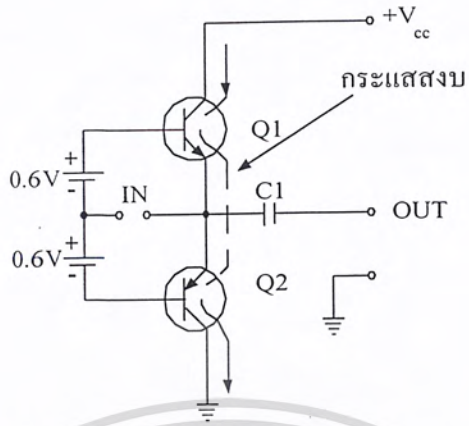
Channal กับ N-Channal ก็ได้ โดยเอาขา E. ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวหรือขา C. ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวต่อกันเป็นจุดออกเอาท์พุทของวงจรถ้าเป็นเฟทก็อาจเอาขา S. ของเฟททั้งสองตัวหรือขา D. ของเฟททั้งสองตัวต่อกันเป็นจุดออกเอาท์พุทของวงจร ขา C. ของทรานซิสเตอร์ PNP รับแรงไฟลบ (-) ขา C. ของทรานซิสเตอร์ NPN รับแรงไฟบวก (+)



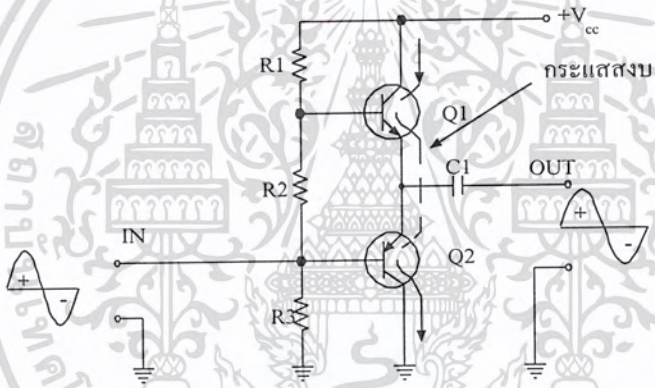
รูปที่ 3.34 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบพื้นฐาน คลาส B.

จากรูปที่ 3.34 เป็นวงจรคอมพลีเมนตารี่แบบพื้นฐาน โดยจัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 เป็นแบบคลาส B. คืองดจ่ายไบอัสให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ในขณะไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาเมื่อมีสัญญาณเสียงป้อนเข้ามาที่อินพุท สัญญาณเสียงดังกล่าวจะป้อนเป็นไบอัสให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ขณะสัญญาณอินพุทเป็นบวกเข้ามา ขา B. ของ Q_1 ได้รับไบอัสตรง Q_1 นำกระแสขยายสัญญาณเสียงช่วงบวกออกเอาท์พุท ถ้าสัญญาณอินพุทเป็นลบป้อนเข้ามา ขา B. ของ Q_2 จะได้รับไบอัสตรง Q_2 นำกระแสขยายสัญญาณเสียงช่วงลบออกเอาท์พุท แต่สัญญาณเสียงที่ได้ออกเอาท์พุทจะเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นระหว่างรอยต่อที่เรียกว่าครอสโอเวอร์ดีสทรอชั่น (Crossover Distrotion) จึงต้องจัดวงจรไบอัสให้กับวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ใหม่เป็นแบบคลาส AB. โดยจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้ที่ขา B. ของ Q_1, Q_2 จำนวนเล็กน้อย พอที่จะทำให้ Q_1, Q_2 นำกระแสอยู่จำนวนหนึ่ง พ้นความผิดเพี้ยนที่จะเกิดขึ้นการจัดวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบคลาส AB แสดงดังรูปที่ 3.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรพื้นฐาน



(ข) วงจรใช้งาน

รูปที่ 3.35 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบคลาส AB.

จากรูปที่ 3.35 เป็นวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่พื้นฐาน ถูกจัดไบอัสแบบคลาส AB. โดยจ่ายไบอัสตรงจำนวนหนึ่งให้ขา B. ของทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ทำให้ Q_1,Q_2 นำกระแสอยู่จำนวนหนึ่ง เรียกกระแสนี้ว่ากระแสสงบหรือกระแสเฉื่อย (Idle Current) ซึ่งเป็นกระแสที่ไหลผ่าน Q_1, Q_2 ในขณะที่ไม่มีสัญญาณเสียงป้อนเข้ามาที่อินพุท ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 จะนำกระแสอยู่ตลอดเวลา

เมื่อมีสัญญาณเสียงป้อนเข้ามาที่อินพุท สัญญาณเสียงช่วงบวกจะไปทำให้ Q_1 นำกระแสมากขึ้น Q_2 จะคัทออฟ Q_1 ขยายสัญญาณเสียงช่วงบวกออกเอาท์พุท สัญญาณเสียงช่วงลบจะไปทำให้ Q_2 นำกระแสมากขึ้น Q_1 จะคัทออฟ Q_2 ขยายสัญญาณเสียงช่วงลบออกเอาท์พุท ได้สัญญาณเสียงที่ถูกขยายแล้วออกเอาท์พุทโดยไม่ผิดเพี้ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

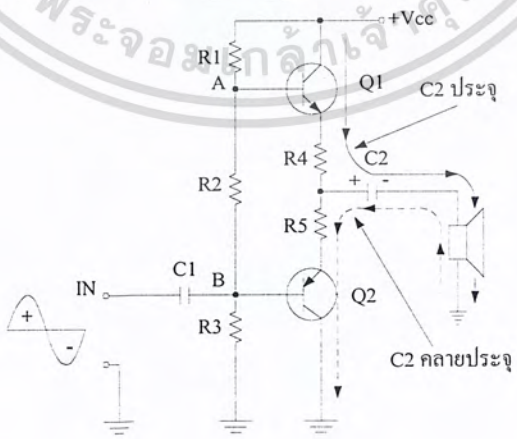
จากรูปที่ 3.35 (ข) การจ่ายไบอัสแบบคลาส AB ของวงจรใช้งาน จะใช้ตัวต้านทาน R_1, R_2, R_3 ต่อวงจรเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) แบ่งแรงดันป้อนให้กับขา B. ของ Q_1, Q_2 เป็น ไบอัสตรง มี R_2 เป็นตัวจ่ายไบอัสให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 มี R_1, R_3 เป็นตัวจำกัดกระแสให้มีกระแสไหลผ่าน R_2 มากหรือน้อย ทำให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ได้รับไบอัสตรงมากหรือน้อย มีกระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 มากหรือน้อย จะต้องจัดค่าให้พอเหมาะเพื่อจะทำให้การทำงาน ของวงจรขยายสมบูรณ์ผ่าน Q_1 Q_2 มากหรือน้อย จะต้องจัดค่าให้พอเหมาะเพื่อจะทำให้การทำงานของวงจรขยายสมบูรณ์ที่สุด และ R_1 R_3 ยังเป็นตัวกำหนดแรงดันที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ทำงานเท่ากัน หรือสมดุลย์กัน เพื่อที่จะทำให้การขยายสัญญาณเสียงออกเอาท์พุทเท่ากันทั้งช่วงบวก และช่วงลบ

3.4.3 ชนิดของเครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่

เครื่องขยายแบบคอมพลีเมนตารี่ คือเครื่องขยายที่ไม่มีหม้อแปลงเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำงาน ดังนั้นจะใช้หลักการของหม้อแปลงช่วยในการจัดเฟสของสัญญาณเสียงให้ถูกต้องก่อนนำไปขยายในวงจรขยายเสียง หรือใช้หม้อแปลงช่วยกลับเฟสสัญญาณเสียงออกเอาท์พุทให้ถูกต้องไม่ได้แล้วจึงต้องจัดวงจรขยายใหม่แบบคอมพลีเมนตารี่ให้ทำงานได้สมบูรณ์และถูกต้อง สามารถจัดได้ 2 แบบคือ

1. แบบ OTL (Output Transformer Less)
2. แบบ OCL (Output Capacitor Less)

3.4.3.1 เครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL



รูปที่ 3.36 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.36 เป็นวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL คำว่า OTL มาจากคำเต็มว่า Output Transformer Less แปลว่าไม่มีหม้อแปลงต่อที่เอาท์พุท คือไม่ใช้หม้อแปลงในการทำงานของวงจร ดังนั้นจึงต้องใส่คาปาซิเตอร์ C_2 เข้าไปในวงจร โดยต่อระหว่างเอาท์พุทของวงจรขยายกับลำโพง เพื่อทำให้วงจรขยายสามารถทำการขยายสัญญาณได้ทั้งช่วงบวกและช่วงลบ C_2 ที่นำมาใช้งานจะต้องมีค่าความจุสูง เป็นแบบอิเล็กโทรไลท์ ค่าความจุที่นิยมใช้มีค่าประมาณ 1,000 μF, 2,288 μF, 4,700 μF หรือ มากกว่า

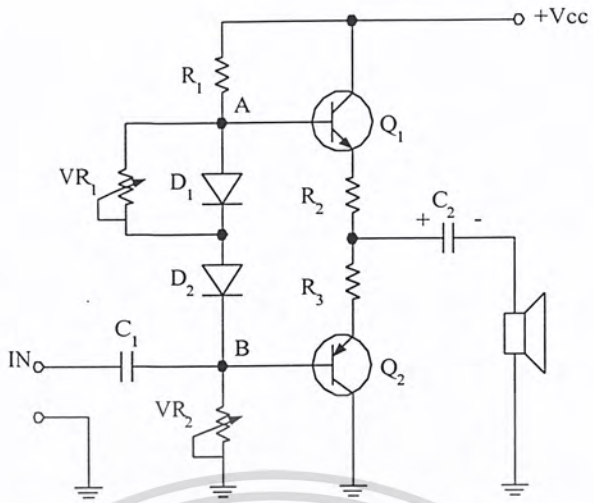
การทำงานของวงจรตามรูปที่ 3.36 อธิบายได้ดังนี้

เมื่อมีสัญญาณเสียงช่วงบวกป้อนเข้ามาที่อินพุท ทำให้จุด B. มีศักย์เป็นบวกมากขึ้น ส่งผลให้จุด A. มีศักย์เป็นบวกมากขึ้นเช่นกัน สัญญาณเสียงช่วงบวกนี้จะทำให้ขา B. ของ Q_1 ได้รับไบอัสตรงมากขึ้นนำกระแสมากขึ้น ส่วนขา B. ของ Q_2 ได้รับไบอัสกลับจะคัทออฟ มีกระแสไหลจาก $+V_{CC}$ ไป Q_1, R_4, C_2, ผ่านลำโพงลงกราวด์ C_2 จะประจุไฟไว้เท่ากับ $+V_{CC}$ มีศักย์ตกคร่อมด้านซ้ายบวกด้านขวาลบ กระแสไหลผ่านลำโพงในครั้งนี้ทำให้ลำโพงเคลื่อนที่ไปในทิศทางหนึ่ง

เมื่อมีสัญญาณเสียงช่วงลบป้อนเข้ามาที่อินพุท ทำให้จุด B. มีศักย์เป็นบวกน้อยลง คือมีศักย์ลบมากขึ้น ส่งผลให้จุด A. มีศักย์เป็นลบมากขึ้นเช่นกัน สัญญาณเสียงช่วงลบนี้จะทำให้ขา B. ของ Q_1 ได้รับไบอัสกลับจะคัทออฟ ส่วนขา B. ของ Q_2 ได้รับไบอัสตรงมากขึ้นนำกระแสมากขึ้น ทำให้ C_2 คายประจุจากขั้วบวกซ้ายมือผ่าน R_5, Q_2 ลงกราวด์, ขึ้นไปลำโพง ครบวงจรที่ขั้วลบของ C_2 กระแสเนื่องจาก C_2 คายประจุครั้งนี้ ทำให้ลำโพงเคลื่อนที่ไปอีกทิศทางหนึ่งตรงข้ามกับครั้งแรก ได้สัญญาณเสียงออกลำโพงทั้งช่วงบวก และช่วงลบ

ตัวต้านทาน R_1, R_2, R_3 ต่อวงจรเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดันเพื่อจ่ายไบอัสให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 R_4, R_5 เป็นตัวต้านทานสเตบิไลซ์ (Stabilizing Resistor) ช่วยควบคุมกระแส I_C ที่ไหลผ่าน Q_1, Q_2 ให้ไหลคงที่ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ทำงานคงที่ต่ออุณหภูมิ และมีเสถียรภาพในการทำงานมากขึ้นค่าความต้านทานที่จะนำมาใช้งานต้องมีค่าต่ำไม่ควรเกิน 1 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 วงจรใช้งานของวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ OTL

จากรูปที่ 3.37 เป็นวงจรใช้งานของวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ แบบ OTL จะแตกต่างกับวงจรตามรูปแบบที่ 3.36 ตรงวงจรแบ่งแรงดัน R_1, R_2 , R_3 ส่วนในรูปที่ 3.37 ใช้ R_1, VR_1, VR_2, D_1, D_2, แทนช่วยทำให้การทำงานของวงจรสมบูรณ์มากขึ้น

ไดโอด D_1, D_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรไบอัสอัตโนมัติ หรือออโตเมติกไบอัส (Automatic Bias) ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

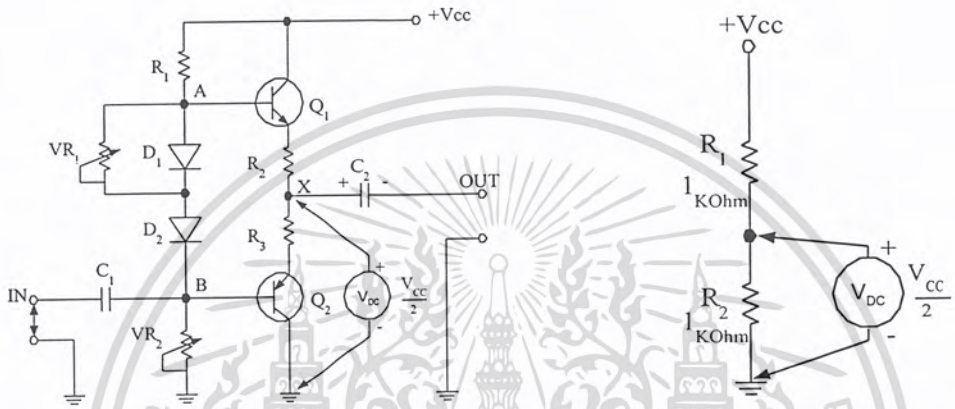
VR_1 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้า ทำหน้าที่ปรับเสริมไบอัสร่วมกับ D_1, D_2 ทำให้มีกระแสสงบหรือกระแสเฉื่อยที่ผ่าน Q_1, Q_2 พอเหมาะและถูกต้อง ถ้าปรับ VR_1 มีค่ามาก แรงดันไบอัสที่ตกคร่อมจุด A, B จะสูงขึ้น ทำให้มีกระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 มากขึ้น Q_1, Q_2 จะทำงานมากจะเกิดความร้อนขึ้นในตัว Q_1, Q_2 อัตราการขยายของ Q_1, Q_2 ลดลง ถ้าปรับ VR_1 มีค่าน้อย แรงดันไบอัสที่ตกคร่อมจุด A, B จะน้อยลง กระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 น้อยลง Q_1, Q_2 ทำงานน้อยอาจทำให้ Q_1, Q_2 ขยายสัญญาณเกิดความผิดเพี้ยนได้ ดังนั้นจึงต้องปรับให้ได้ค่าพอเหมาะ ค่าพอเหมาะคือเท่าไรจะอธิบายต่อไป

VR_2 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้าเช่นเดียวกัน ทำหน้าที่ปรับความสมดุลย์ของไบอัสที่จ่ายให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ทำให้ Q_1, Q_2 มีการทำงานที่เท่ากัน คือ นำกระแสเท่ากันมีค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อขา C,E เท่ากัน เพื่อที่จะให้การขยายสัญญาณเสียงทั้งช่วงบวก และช่วงลบถูกขยายออกเอาท์พุทเท่ากัน ถ้าปรับ VR_2 มีค่ามากเกินไป ไบอัสไฟบวกจะจ่ายให้จุด A, B มากขึ้นทำให้ Q_1 นำกระแสมากกว่า Q_2 เมื่อนำไปใช้ในการขยายสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงช่วงบวกจะถูกขยายออกเอาท์พุทมากกว่าสัญญาณเสียงช่วงลบ ถ้าปรับ VR_2 มีค่าน้อยเกินไป ไบอัสไฟบวกจะจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้จุด A, B น้อยลง ทำให้ Q_2 นำกระแสมากกว่า Q_1 เมื่อนำไปใช้ในการขยายสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงช่วงลบจะถูกขยายออกเอาท์พุทมากกว่าสัญญาณเสียงช่วงบวก ทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ในวงจรขยายเสียง

การปรับ VR_2 ที่ถูกต้องจะต้องปรับให้ Q_1, Q_2 ทำงานเท่ากัน เพื่อให้สัญญาณเสียงถูกขยายออกเอาท์พุทเท่ากัน การตรวจเช็คสภาวะการทำงานของ Q_1, Q_2 ของวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL ทำได้โดยวัดไฟตกคร่อมจุดกึ่งกลางเอาท์พุทของเครื่องขยายเทียบกับกราวด์ ดังรูปที่ 3.38



ก. การต่อวงจรเพื่อปรับแต่ง VR_2 ข. วงจรเปรียบเทียบ

รูปที่ 3.38 การปรับแต่ง VR_2 ให้วงจรขยายทำงานสมดุลย์กัน

จากรูปที่ 3.38 ก. เป็นการต่อวงจรเพื่อปรับแต่ง VR_2 โดยช้อตอินพุทลงกราวด์ เพื่อกันสัญญาณรบกวนแทรกเข้ามา ส่วนที่เอาท์พุทตรงจุด X ให้ใช้ดีซีโวลท์มิเตอร์ (V_{DC}) วัดคร่อมจุด X เทียบกับกราวด์โดยใส่ขั้วบวกของโวลท์มิเตอร์เข้าที่จุด X ขั้วลบลงกราวด์ หรืออาจจะวัดคร่อมจุด X เทียบกับแหล่งจ่าย $+V_{CC}$ ก็ได้ ที่ขั้วเอาท์พุทจะต่อลำโพงหรือไม่ต่อก็ได้

การปรับแต่ง VR_2 ให้สังเกตแรงดันที่ดีซีโวลท์วัดได้ ปรับ VR_2 จนกระทั่งอ่านแรงดันที่ดีซีโวลท์ได้เท่ากับครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายคือ $\frac{V_{CC}}{2}$ นั่นหมายถึงทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงานเท่ากับ Q_2 จะเปรียบได้กับวงจรตามรูป 3.38 ข. ถ้าความต้านทานของ $R_1 = R_2$ แล้วแรงดันที่ตกคร่อม R_1 ต้องเท่ากับแรงดันที่ตกคร่อม R_2 เมื่อเอาดีซีโวลท์มิเตอร์วัดคร่อมตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่ง ย่อมได้ค่าแรงดันเท่ากับ $\frac{V_{CC}}{2}$ เสมอก่อนการใช้วงจรขยายเสียงคอมพลีเมนตารี่แบบ OTL ทุกครั้ง จะต้องมีการตรวจเช็ค และมีการปรับแต่งเสียก่อน จึงสามารถเอาวงจรขยายไปใช้งานได้

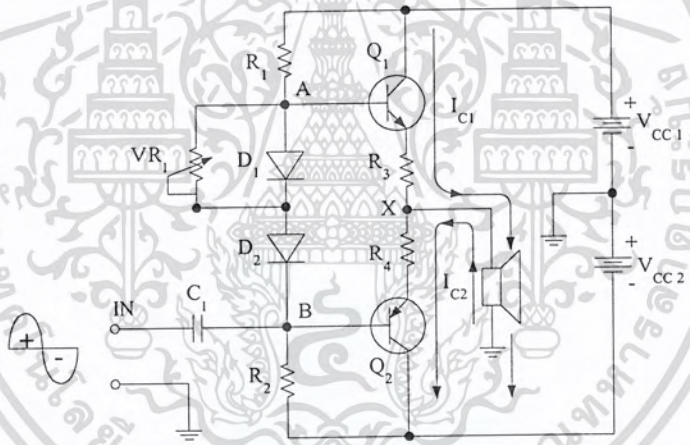
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของวงจร OTL เมื่อทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ตัวใดตัวหนึ่งช้อต จะไม่ทำให้ลำโพงเกิดความเสียหาย เพราะไม่มีกระแสไหลผ่านลำโพง เนื่องจาก C_2 ช่วยกั้นแรงดันไฟตรงไม่ให้จ่ายไปที่ลำโพง

ข้อเสียของวงจร OTL มี C_2 ต้านความถี่ต่ำให้ผ่านออกลำโพงได้น้อย ทำให้สัญญาณเสียงความถี่ต่ำ หรือเสียงทุ้มในวงจรน้อยลง คือตอบสนองความถี่ต่ำไม่ค่อยดี

3.4.3.2 เครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OCL

จากข้อเสียของเครื่องขยายแบบ OTL ที่มี C. ต้านความถี่ต่ำให้ออกเอาท์พุทน้อยดังกล่าวจึงได้มีการดัดแปลงวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ใหม่จากแบบ OTL มาเป็นแบบ OCL คำว่า OCL มาจากคำว่า Output Capacitor Less แปลว่าไม่มีตัวเก็บประจุต่อที่เอาท์พุท โดยตัด C. ตัวที่ต่ออันดับกับลำโพงทิ้ง และต่อลำโพงเข้ากับเอาท์พุทของวงจรโดยตรง



รูปที่ 3.39 วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OCL

จากรูปที่ 3.39 เป็นวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ แบบ OCL โดยตัด C. ที่ต่ออันดับกับลำโพงทิ้งและต่อลำโพงเข้าที่เอาท์พุทของวงจรหรือจุด X. โดยตรง ดังนั้นการทำงานของวงจรที่ใช้ C. ประจุและคลายประจุใช้ไม่ได้แล้ว ถ้ายังคงจ่ายแหล่งจ่ายแรงดัน V_{CC} ให้วงจร OCL เหมือนกับวงจร OTL คือจ่ายแรงดัน V_{CC} ชุดเดียว วงจรจะไม่สามารถขยายสัญญาณเสียงได้ครบทั้งสัญญาณ จึงต้องมีการดัดแปลงแหล่งจ่ายแรงดัน V_{CC} ให้วงจร OCL เป็น 2 ชุด ชุดแรกจ่ายบวก V_{CC1} เข้าขา C. ของ Q_1 ขั้วลบ V_{CC1} ลงกราวด์ ชุดที่สองจ่ายลบ V_{CC2} เข้าขา C ของ Q_2 ขั้วบวก V_{CC2} ลงกราวด์ ดังนั้นขั้วกราวด์จะมีทั้งขั้วบวกและขั้วลบ กราวด์จะเป็นลบเมื่อเทียบกับบวก V_{CC1} และกราวด์จะเป็นบวกเมื่อเทียบกับลบ V_{CC2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด D_1, D_2 เป็นวงจรออโตเมติกไบอัส จะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป R_1, R_2 เป็นตัวจำกัดกระแสให้มีกระแสผ่าน D_1, D_2 มากหรือน้อย ทำให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ได้รับไบอัส ตรงมากหรือน้อย ควบคุมให้กระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 มากหรือน้อยและยังเป็นตัวกำหนดแรงดันที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ทำงานเท่ากัน VR_1 ทำหน้าที่ปรับเสริมไบอัสกับ D_1, D_2 ทำให้กระแสสงบที่ผ่าน Q_1, Q_2 มีค่าพอเหมาะและถูกต้อง

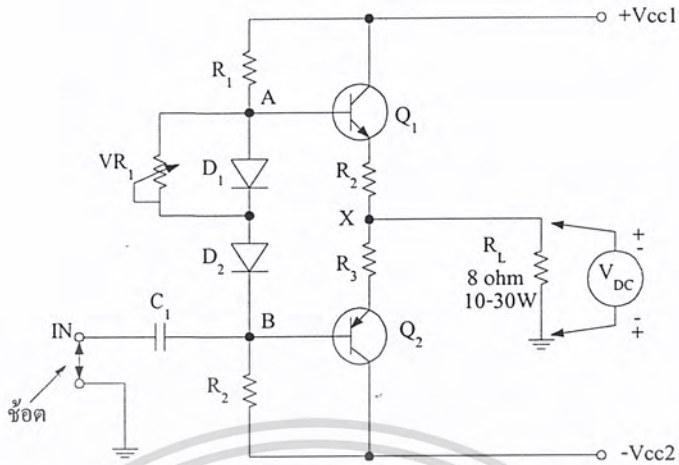
การทำงานของวงจรตามรูปที่ 3.39 อธิบายได้ดังนี้

เมื่อมีสัญญาณเสียงช่วงบวกป้อนเข้ามาที่อินพุท จุด B. จะมีศักย์เป็นบวกมากขึ้น ส่งผลให้จุด A. มีศักย์เป็นบวกมากขึ้นเช่นกันสัญญาณเสียงช่วงบวกนี้จะทำให้ขา B. ของ Q_1 ได้รับไบอัสตรงมากขึ้นนำกระแสมากขึ้น ส่วนขา B. ของ Q_2 ได้รับไบอัสกลับจะคัทออฟ มีกระแส I_{C1} ไหลจาก $+V_{CC1}$ ไป Q_1, R_3, ผ่านลำโพงลงกราวด์ ลำโพงเคลื่อนที่ไปในทิศทางหนึ่ง

เมื่อมีสัญญาณเสียงช่วงลบป้อนเข้ามาที่อินพุท ทำให้จุด B. มีศักย์เป็นบวกน้อยลงคือมีศักย์ลบมากขึ้น ส่งผลให้จุด A. มีศักย์เป็นลบมากขึ้นเช่นกัน สัญญาณเสียงช่วงลบนี้จะทำให้ขา B. ของ Q_1 ได้รับไบอัสกลับจะคัทออฟ ส่วนขา B. ของ Q_2 ได้รับไบอัสตรงมากขึ้น นำกระแสมากขึ้น มีกระแส I_{C2} ไหลจากกราวด์ไปลำโพง, R_4, Q_2, ครบวงจรที่ $-V_{CC2}$ มีกระแสไหลผ่านลำโพงในอีกทิศทางหนึ่ง ลำโพงเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามกับครั้งแรก ได้สัญญาณเสียงออกลำโพงทั้งช่วงบวกและช่วงลบ

วงจรขยาย OCL นี้จะไม่นิยมใส่ตัวต้านทานปรับค่า VR_2 ระหว่างขา B. และขา C. ของ Q_2 จะนิยมใส่เป็นตัวต้านทานค่าคงที่ เพราะถ้าใส่เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ หากปรับแต่งวงจรไม่ถูกต้องจะมีผลทำให้วงจรเสียหาย และส่งผลถึงลำโพงเสียหายไปด้วย เครื่องขยาย OCL นี้หาก Q_1, Q_2 ทำงานผิดปกติ จะส่งผลให้ลำโพงชำรุดเสียหายทันที ดังนั้นก่อนการนำวงจรขยายคอมพลีเมนตารี่แบบ OCL ไปใช้งานทุกครั้ง ต้องมีการตรวจสอบสภาพการทำงานของวงจรเสียก่อน โดยใช้ดีซีโวลท์มิเตอร์ตั้งย่านโวลท์ต่ำ วัดคร่อมจุด X ของเอาท์พุทเทียบกับกราวด์ขั้วของดีซีโวลท์มิเตอร์จะใส่ขั้วบวกที่จุด X ขั้วลบลงกราวด์ หรือใส่ขั้วลบที่จุด X. ขั้วบวกลงกราวด์ อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ จะต่ออย่างไรให้สังเกตจากเข็มมิเตอร์ชี้ไปทางด้านที่อ่านค่าแรงดันได้ ถ้าต่อแล้วเข็มมิเตอร์ชี้ต่ำกว่า OV. ก็ให้กลับสายวัดของมิเตอร์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 การต่อดีซีโวลท์มิเตอร์เพื่อตรวจสภาพการทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.40 เป็นวงจรการต่อดีซีโวลท์มิเตอร์ เพื่อตรวจเช็ควงจรขยาย OCL ก่อนการต่อลำโพง โดยใช้ตัวต้านทานโหลด R_L ค่าความต้านทาน 8Ω มีค่าทนกำลังไฟได้ประมาณ 10W ถึง 30W. ต่อคร่อมแทนลำโพง ต่อดีซีโวลท์มิเตอร์คร่อม R_L และขั้วอินพุทของวงจรช้อตลงกราวด์ ถ้าทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ทำงานเท่ากันจะวัดแรงดันไฟตรงที่จุดนี้ได้ OV. หรืออย่างมากจะไม่ควรเกิน 0.2V ถึง 0.3V ถือว่าวงจรขยาย OCL นี้ ปกติ ถ้าวัดแรงดันได้เกินกว่าค่านี้ถือว่าวงจรขยาย OCL ผิดปกติไม่ควรนำวงจรไปใช้งาน จะต้องตรวจเช็คและแก้ไขเสียก่อน

ข้อดีของวงจร สัญญาณเสียงทุกความถี่ สามารถผ่านออกลำโพงได้โดยตรง ทำให้เครื่องขยายประเภทนี้ มีคุณภาพเสียงดีกว่าเครื่องขยายแบบอื่น ๆ

ข้อเสียของวงจร OCL เมื่อเกิดช้อตที่ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้เกิดกระแสไฟตรงจำนวนมากไหลผ่านลำโพง ลำโพงจะชำรุดเสียหายทันทีการแก้ไขข้อเสียดังกล่าวทำได้โดยต่อเพิ่มวงจรป้องกันลำโพงเข้าไป

3.4.4 วงจรไบอัสอัตโนมัติ (Automatic Bias Circuit)

วงจรไบอัสอัตโนมัติของเครื่องขยายเสียงคอมพลีเมนตารี่ คือวงจรที่ควบคุมการจ่ายไบอัสให้วงจรขยายคอมพลีเมนตารี่ทำงานมีความคงที่ต่ออุณหภูมิการทำงานของเครื่องขยายคอมพลีเมนตารี่จะเกิดความร้อนขึ้นที่ทรานซิสเตอร์ภาคขยาย ความร้อนนี้จะสะสมมากขึ้นทุกขณะ ถึงแม้ว่าจะใส่แผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) เข้าไปช่วยระบายความร้อน ความร้อนก็ยังสะสมเพิ่มขึ้นตลอดเวลาเช่นเดิม ทำให้อัตราขยายของวงจรลดลง การแก้ไขข้อเสียดังกล่าวจึงต้องใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรไบอัสอัตโนมัติควบคู่กับแผ่นระบายความร้อนเพิ่มเข้าไป จะทำให้ความร้อนถูกควบคุมให้คงที่ตลอดเวลา วงจรไบอัสอัตโนมัติมีด้วยกันหลายชนิด ดังนี้

1. ใช้เทอร์มีสเตอร์
2. ใช้ไดโอดตัวเดียว
3. ใช้ไดโอดสองตัวหรือมากกว่า
4. ใช้ทรานซิสเตอร์

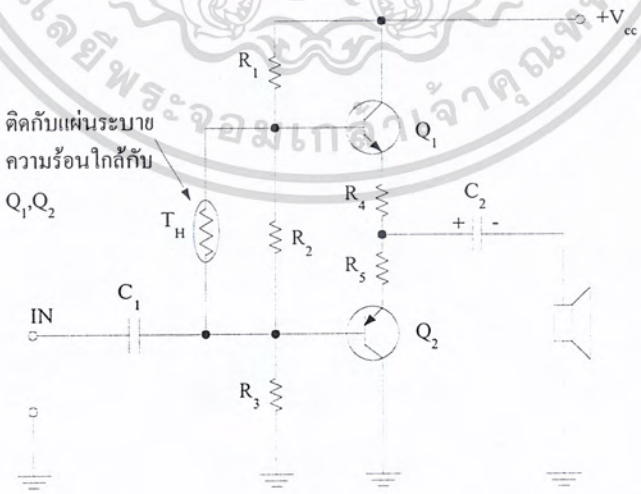
3.4.4.1 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้เทอร์มีสเตอร์

เทอร์มีสเตอร์ (Thermistor) ก็คือตัวต้านทานที่จะเปลี่ยนค่าความต้านทานตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

ก. โพสทีฟ เทอร์มีสเตอร์ (Positive Thermistor) คุณสมบัติของเทอร์มีสเตอร์แบบนี้ คือ เมื่ออุณหภูมิต่ำความต้านทานของตัวเทอร์มีสเตอร์ก็ต่ำ และเมื่ออุณหภูมิสูง ความต้านทานของตัวเทอร์มีสเตอร์ก็สูง

ข. เนกกาทีฟ เทอร์มีสเตอร์ (Negative Thermistor) คุณสมบัติของเทอร์มีสเตอร์แบบนี้คือ เมื่ออุณหภูมิต่ำความต้านทานของตัวเทอร์มีสเตอร์จะสูงและเมื่ออุณหภูมิสูงความต้านทานของตัวเทอร์มีสเตอร์จะต่ำ

เทอร์มีสเตอร์ที่นำมาใช้ในวงจรขยายเสียงคอมพลีเมนตารี่เป็นชนิดเนกกาทีฟ เทอร์มีสเตอร์หรือเทอร์มีสเตอร์แบบลบ



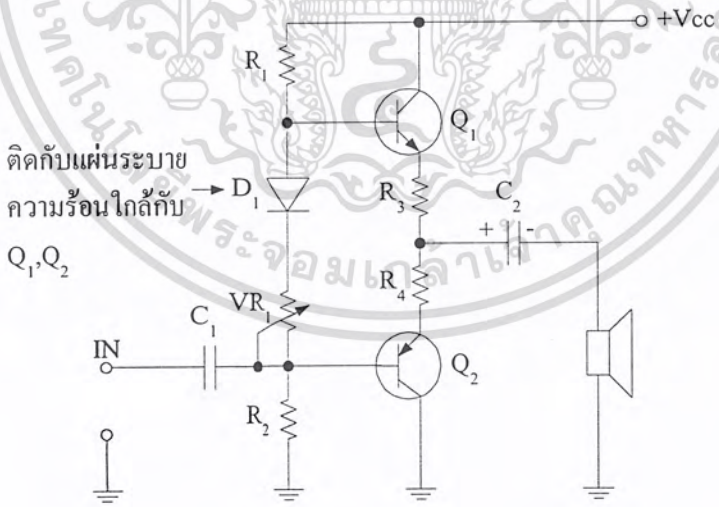
รูปที่ 3.41 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้เทอร์มีสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.41 เป็นวงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้เทอร์มีสเตอร์ชนิด เนกกาทีฟ โดยติดร่วมกับแผ่นระบายความร้อนใกล้กับ Q_1, Q_2 ตัวเทอร์มีสเตอร์ (TH) ต่อขนานกับ R_2รวมกันเป็นตัวจ่ายไบอัสให้กับขา B. ของ Q_1, Q_2 ขณะ TH เย็นจะมีค่าความต้านทานสูง เมื่อต่อขนานกับ R_2 จะได้ค่าความต้านทานรวมสูง จะมีไบอัสจ่ายให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 มาก Q_1, Q_2 มีกระแสสงบไหลมากเมื่อทรานซิสเตอร์ Q_1,Q_2 ร้อนทำให้ TH ร้อนตามไปด้วย ความต้านทานของ TH จะลดลง รวมกับความต้านทาน R_2 ได้ค่าความต้านทานรวมลดลง จะไม่มีไบอัสจ่ายให้ขา B. ของ Q_1,Q_2 น้อยลง Q_1,Q_2 มีกระแสสงบไหลน้อยลง ปรับสภาพการทำงานของวงจรให้ทำงานเป็นปกติมีอัตราขยายคงที่ ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 จะร้อนคงที่ตลอดการทำงาน

3.4.4.2 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดตัวเดียว

วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบนี้จะใช้ไดโอดติดกับแผ่นระบายความร้อนใกล้กับทรานซิสเตอร์ภาคเพาเวอร์แอมป์ หรืออาจใช้ทรานซิสเตอร์ที่สามารถยึดติดแผ่นระบายความร้อนได้ นำมาตัดขา C. หรือขา E. ขาใดขาหนึ่งออกให้เหลือเป็นไดโอดใช้เป็นไบอัสอัตโนมัติก็ได้ คุณสมบัติของไดโอดจะเหมือนกับเทอร์มีสเตอร์แบบเนกกาทีฟ คือขณะอุณหภูมิต่ำ ความต้านทานในตัวไดโอดจะสูงและขณะอุณหภูมิสูง ความต้านทานในตัวไดโอดจะต่ำ



รูปที่ 3.42 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดตัวเดียว

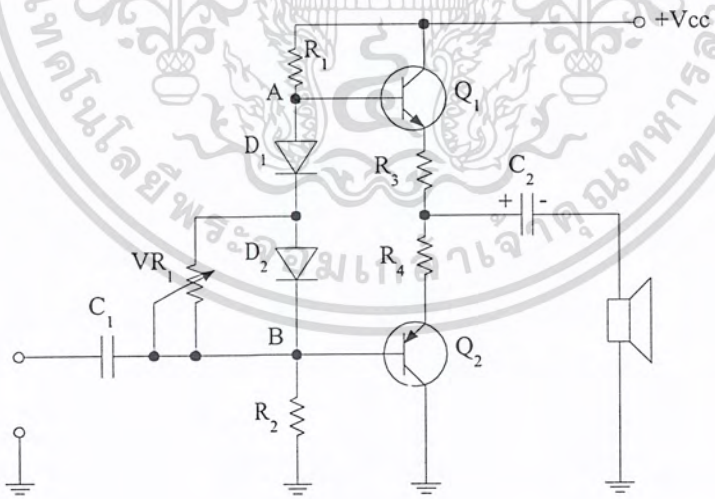
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.42 เป็นวงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอด D_1 ติดกับแผ่นระบายความร้อนใกล้กับ Q_1, Q_2 ขณะทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ยังไม่ร้อน ไดโอด D_1 มีความต้านทานสูง ต่ออันดับกับ VR_1 รวมกันเป็นวงจรจ่ายไบอัสให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 Q_1,Q_2 จะนำกระแสมีกระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 ค่าหนึ่งเมื่อ Q_1, Q_2 นำกระแสเกิดความร้อนขึ้นค่าความต้านทานในตัว Q_1, Q_2 ลดลง มีกระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 มากขึ้น D_1 จะได้รับความร้อนด้วยทำให้ค่าความต้านทานของตัว D_1 ลดลง ร่วมกับ VR_1 ทำให้ค่าความต้านทานรวมลดลง ไบอัสที่จ่ายให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 ก็จะลดลงด้วย Q_1, Q_2 มีกระแสสงบไหลลดลง ปรับสภาวะการนำกระแสสงบของ Q_1, Q_2 เข้าสู่สภาวะปกติ วงจรขยายจะมีอัตราขยายคงที่

VR_1 เป็นตัวปรับให้มีกระแสสงบไหลผ่าน Q_1, Q_2 มีค่ามากน้อยตามต้องการ

3.4.4.3 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดสองตัวหรือมากกว่า

วงจรไบอัสแบบนี้ไดโอดไม่ได้ติดร่วมกับแผ่นระบายความร้อนแต่ต้องอยู่ในวงจรร่วมกับอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ของวงจรขยาย ดังนั้นจะใช้หลักการของความร้อนเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวไดโอดไม่ได้ จึงต้องใช้หลักการของศักย์ตกคร่อมเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวไดโอด ไดโอดที่นำมาใช้อาจจะมีสองตัวหรือมากกว่าก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจร



รูปที่ 3.43 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดสองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

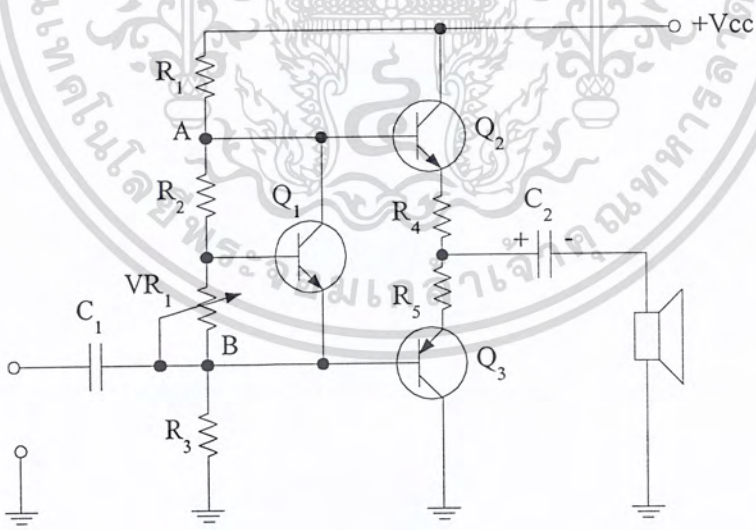
จากรูปที่ 3.43 เป็นวงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ไดโอดสองตัว D_1, D_2 ต่อร่วมกับ VR_1 และต่ออยู่ในวงจรบนแผ่นปริ้นท์รวมกับอุปกรณ์อื่น ๆ การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้

เมื่อ Q_1, Q_2 นำกระแสยังไม่เกิดความร้อน จะมีศักย์ตกคร่อม D_1, D_2 ที่จุด A, B ค่าหนึ่งคงที่ จ่ายเป็นไบอัสให้ Q_1, Q_2 นำกระแสมีกระแสสงบไหลค่าหนึ่ง Q_1, Q_2 เมื่อนำกระแสจะเกิดความร้อน ทำให้ค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์ลดลง กระแสสงบจะไหลผ่าน Q_1, Q_2 มากขึ้น ผลจาก Q_1, Q_2 นำกระแสมากขึ้น จะทำให้จุด A. มีศักย์เป็นบวกมากขึ้น จุด B. มีศักย์เป็นลบมากขึ้น จ่ายเป็นไบอัสตรงให้ D_1, D_2 มากขึ้น D_1, D_2 นำกระแสมากขึ้น ความต้านทานในตัว D_1, D_2 ลดลง ศักย์ตกคร่อมจุด A,B ต่ำลงจ่ายไบอัสให้ขา B. ของ Q_1, Q_2 น้อยลง กระแสสงบที่ไหลผ่าน Q_1, Q_2 ลดลง ปรับสภาวะการทำงานเข้าสู่สภาวะปกติ

VR_1 ปรับกระแสสงบให้ไหลผ่าน Q_1, Q_2 มากน้อยตามต้องการ

3.4.4.4 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ทรานซิสเตอร์

วงจรไบอัสแบบนี้ใช้ทรานซิสเตอร์ควบคุมไบอัสโดยอัตโนมัติ จะใช้หลักการของความร้อนเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์ก็ได้ หรือใช้หลักการของศักย์ตกคร่อมเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์ก็ได้



รูปที่ 3.44 วงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ทรานซิสเตอร์

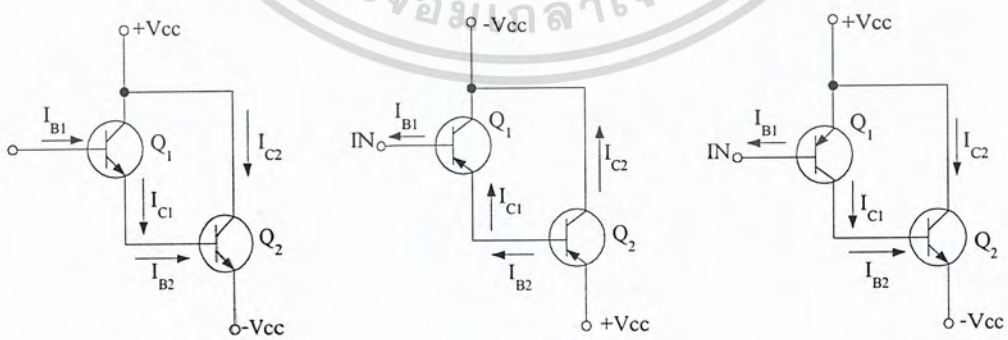
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.44 เป็นวงจรไบอัสอัตโนมัติแบบใช้ทรานซิสเตอร์ Q_1 เป็นตัวควบคุมไบอัสโดยอัตโนมัติ จะต่อลงในแผ่นปริ้นท์รวมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ก็ได้ การทำงานอธิบายได้ดังนี้

เมื่อจ่ายไฟเข้าวงจรจะมีศักย์ตกคร่อมจุด A,B ค่าหนึ่งจ่ายเป็นไบอัสให้ขา B. ของ Q_1,Q_3 นำกระแส มีกระแสสงบไหลค่าหนึ่ง ทรานซิสเตอร์ Q_2,Q_3 นำกระแสจะเกิดความร้อนขึ้น ความต้านทานในตัว Q_2, Q_3 ลดลง กระแสสงบจะไหลมากขึ้น จากการที่ความต้านทานของ Q_2, Q_3 ลดลง ทำให้จุด A. มีศักย์เป็นบวกมากขึ้น จุด B. มีศักย์เป็นลบมากขึ้น ไบอัสที่จ่ายให้ขา B. ของ Q_1 จะมากขึ้น Q_1 นำกระแสมากขึ้น ความต้านทานระหว่างรอยต่อ C, E ของ Q_1 ลดลง มีศักย์ตกคร่อม Q_1 ลดลง ไบอัสที่จ่ายให้ขา B. ของ Q_2, Q_3 ลดลงไปควบคุมให้ Q_2, Q_3 นำกระแสมีกระแสสงบไหลน้อยลง ปรับสภาพการทำงานเข้าสู่สภาวะปกติ

3.4.5 วงจรดาร์ลิงตัน (Darlington)

วงจรดาร์ลิงตัน คือ วงจรขยายสัญญาณ ที่มีการขยายสัญญาณสองภาคต่อเนื่องกัน ช่วยเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณให้กับวงจรมากขึ้น ในการส่งผ่านสัญญาณของเครื่องขยายเสียงจากภาคไดร์เวอร์ไปภาคเพาเวอร์แอมป์นิยมต่อวงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน การต่อวงจรแบบดาร์ลิงตันโดยขา B. ของทรานซิสเตอร์ตัวแรกเป็นอินพุทรับสัญญาณเข้า ขา C. หรือขา E. ของทรานซิสเตอร์ตัวแรกต่อเข้าขา B. ของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง ขา E. ของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง รับแรงไฟบวกหรือแรงไฟลบแล้วแต่ชนิดของทรานซิสเตอร์ ขา C. หรือขา E. ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองที่เหลือต่อร่วมกัน รับแรงไฟบวก หรือแรงไฟลบแล้วแต่ชนิดทรานซิสเตอร์ วงจรดาร์ลิงตันสามารถต่อวงจรได้เป็น 3 แบบ ดังนี้ NPN-NPN ดาร์ลิงตัน, PNP-PNP ดาร์ลิงตัน, PNP-NPN ดาร์ลิงตัน

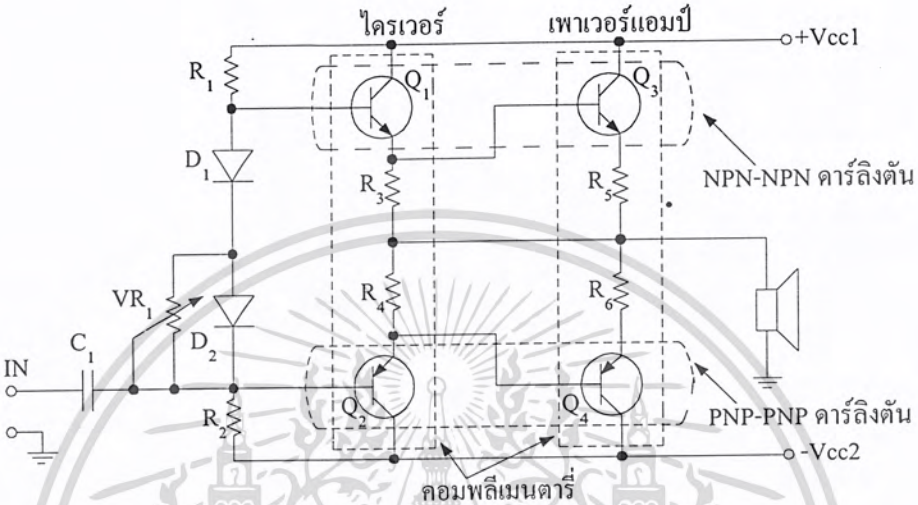


ก. NPN-NPN ดาร์ลิงตัน ข. PNP-PNP ดาร์ลิงตัน ค. PNP-NPN ดาร์ลิงตัน

รูปที่ 3.45 วงจรดาร์ลิงตันเบื้องต้นแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.45 เป็นวงจรดาร์ลิงตันเบื้องต้น 3 แบบ บางแบบใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกัน ทั้งสองตัวบางแบบใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกัน แต่จะอย่างไรก็ตาม การต่อวงจร การทำงาน และการขยายสัญญาณเหมือนกัน โดยทรานซิสเตอร์ Q_1 รับสัญญาณเข้ามาที่ขา B. ขยายสัญญาณแล้วส่งต่อไปให้ขา B. ของ Q_2 ขยายสัญญาณอีกต่อหนึ่ง แล้วจึงส่งออกเอาท์พุท



รูปที่ 3.46 การต่อวงจรระหว่างภาคไดรเวอร์และภาคเพาเวอร์แอมป์

จากรูปที่ 3.46 เป็นการต่อวงจรขยายเสียงระหว่างภาคไดรเวอร์กับภาคเพาเวอร์แอมป์ โดยภาคไดรเวอร์ Q_1, Q_2 ต่อวงจรเป็นแบบคอมพลีเมนตารี่ และภาคเพาเวอร์แอมป์ Q_3, Q_4 ก็ต่อวงจรเป็นแบบคอมพลีเมนตารี่เช่นกัน การส่งผ่านสัญญาณจาก Q_1 ไป Q_3 ต่อวงจรเป็นแบบ NPN-NPN ดาร์ลิงตัน การส่งผ่านสัญญาณจาก Q_2 ไป Q_4 ก็ต่อวงจรเป็นแบบ PNP-PNP ดาร์ลิงตัน

ภาคไดรเวอร์ Q_1, Q_2 ทำหน้าที่เพิ่มความแรงของสัญญาณให้มากขึ้น และจัดเฟสของสัญญาณให้ถูกต้องก่อนส่งต่อไปภาคเพาเวอร์แอมป์

ภาคเพาเวอร์แอมป์ Q_3, Q_4 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเป็นภาคสุดท้ายให้มีความแรงมากที่สุด และไม่ผิดเพี้ยน ไปขับดันลำโพงให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

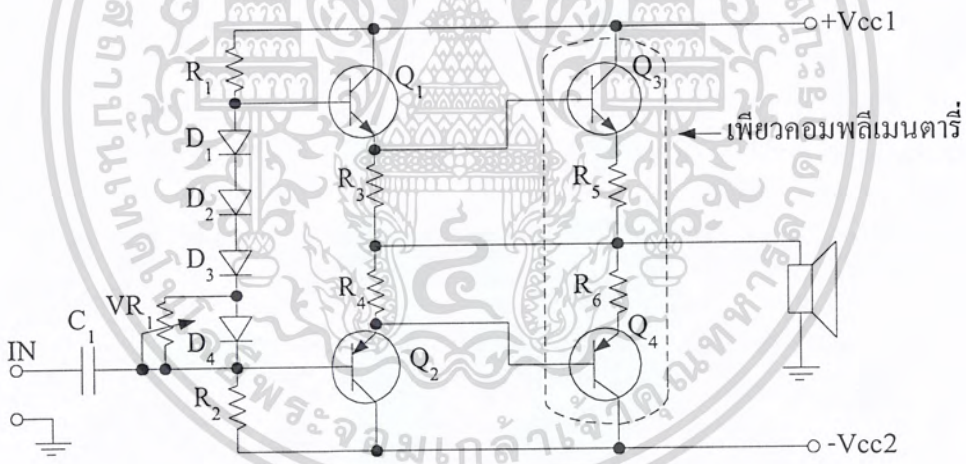
3.4.6 ชนิดของวงจรคอมพลีเมนตารี่

การจัดวงจรขยายกำลังแบบคอมพลีเมนตารี่ จะต้องมีการส่งผ่านสัญญาณเสียงจากภาคไดรเวอร์ไปภาคเพาเวอร์แอมป์ และในแต่ละภาควงจรขยายก็ถูกต่อวงจรเป็นแบบคอมพลีเมนตารี่ ในส่วนของวงจรคอมพลีเมนตารี่จะมีการจัดวงจรแตกต่างกันแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. เพียวคอมพลีเมนตารี่ (Pure Complementary)
2. ควอซิ หรือเซมิ คอมพลีเมนตารี่ (Quasi Or Semi Complementary)

3.4.6.1 วงจรเพียวคอมพลีเมนตารี่

วงจรเพียวคอมพลีเมนตารี่ คือวงจรคอมพลีเมนตารี่ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันมาต่อวงจรขยายสัญญาณการสังเกตชนิดของเพียวคอมพลีเมนตารี่ให้สังเกตที่ภาคขยายเพาเวอร์แอมป์เป็นหลัก



รูปที่ 3.47 วงจรเพียวคอมพลีเมนตารี่

จากรูปที่ 3.47 เป็นวงจรขยายเสียงชนิดเพียวคอมพลีเมนตารี่ โดยสังเกตที่ทรานซิสเตอร์ภาคเพาเวอร์แอมป์ Q_3, Q_4 จะเป็นทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกัน Q_3 จะขยายสัญญาณเสียงช่วงบวก Q_4 จะขยายสัญญาณเสียงช่วงลบ โดยทำการขยายสัญญาณได้ตามสภาวะของสัญญาณเสียงปกติ และเป็นแบบที่ใช้งานกันแพร่หลาย

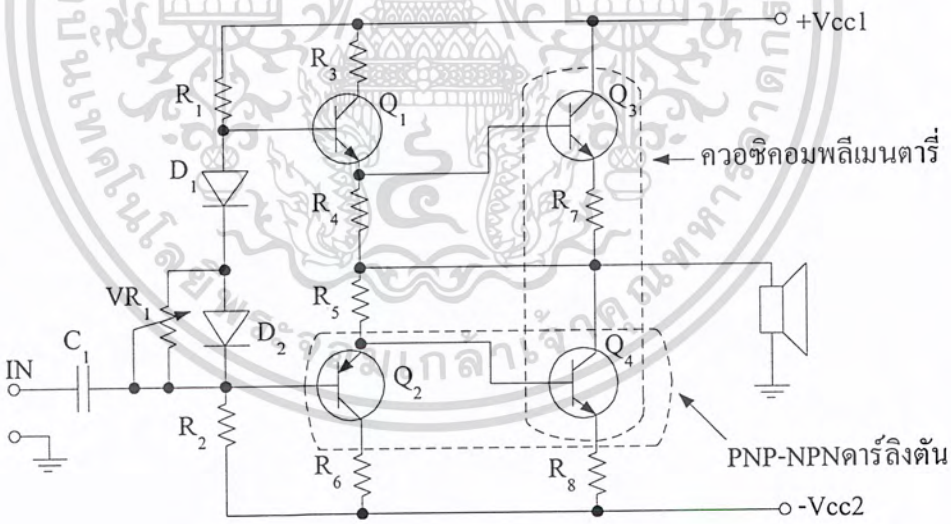
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของวงจร กระแสที่ไหลผ่านลำโพงทั้งช่วงบวกที่ผ่านจาก Q_3 และช่วงลบที่ผ่านจาก Q_4 ของสัญญาณเสียงเป็นกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ทั้งคู่ ทำให้สัญญาณเสียงที่ออกลำโพงสมดุลย์ และเท่ากันทั้งช่วงบวกและช่วงลบ

ข้อเสียของวงจร หาทรานซิสเตอร์ภาคเพาเวอร์แอมป์ที่มีกำลังขยายสูง ๆ ต่างชนิดกันกับ NPN ที่มีคุณสมบัติในการทำงานเหมือนกัน (Match Pair) มาจับคู่ได้ยาก ถ้ามีก็มีขีดจำกัดในการจับคู่ใช้งาน

3.4.6.2 วงจรควอซิ หรือเซมิคอมพลีเมนตารี่

จากข้อเสียของวงจรเพียวคอมพลีเมนตารี่ ในเรื่องทรานซิสเตอร์ภาคเพาเวอร์ แอมป์ ใช้ต่างชนิดกัน มีขีดจำกัดในการจับคู่ทรานซิสเตอร์ใช้งานจึงได้ดัดแปลงวงจรขยายมาเป็นแบบควอซิ หรือเซมิคอมพลีเมนตารี่โดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกัน จะเป็น PNP ทั้งคู่ หรือ NPN ทั้งคู่ก็ได้ต่อวงจรเป็นภาคเพาเวอร์แอมป์ ช่วยทำให้การจับคู่เหมาะสมมาใช้งานทำได้ง่าย และใช้งานได้อย่างแพร่หลายทั่วไป



รูปที่ 3.48 วงจรควอซิ หรือเซมิ คอมพลีเมนตารี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.48 เป็นวงจรควอซิ หรือเซมิ คอมพลีเมนตารี่ โดยสังเกตที่ทรานซิสเตอร์ภาคเพาเวอร์แอมป์ Q_3, Q_4 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกัน หรือเบอร์เดียวกันนั่นเอง ส่วนภาคไดรเวอร์ Q_1, Q_2 ยังคงต่อวงจรแบบเพียวคอมพลีเมนตารี่เหมือนเดิม เพราะต้องทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามาขยายในตัวทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ตัวละครึ่งไซเกิล ซึ่งต้องใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกัน นอกจากนั้นยังต้องจัดเฟสสัญญาณให้ถูกต้องก่อนส่งไปให้ภาคเพาเวอร์แอมป์ทรานซิสเตอร์ Q_2, Q_4 ต่อวงจรกันแบบ PNP-NPN ดาร์ลิงตัน

ข้อดีของวงจร ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์เดียวกัน ช่วยลดความยุ่งยากในการหาคู่เหมาะสมมาใช้งานลงได้

ข้อเสียของวงจร สัญญาณเสียงช่วงบวก และช่วงลบที่ผ่านออกลำโพงจะไม่เท่ากันนัก เพราะกระแสที่ไหลผ่านลำโพงจาก Q_3 เป็นกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ส่วนกระแสที่ไหลผ่านลำโพงจาก Q_4 เป็นกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชนิดและโครงสร้างของเฟท

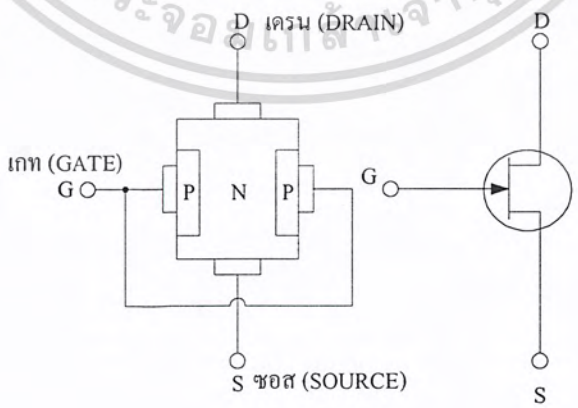
เฟทเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอีกแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในวงจรขยายสัญญาณ เพราะเฟทมีคุณสมบัติหลายประการดีกว่าทรานซิสเตอร์ คือ มีอิมพีแดนซ์ทางอินพุทสูง ต่อขยายสัญญาณแบบหลาย ๆ ภาคได้ดี มีอัตราการขยายสูง สัญญาณรบกวนต่ำ อุณหภูมิมีผลต่อเฟทน้อย โครงสร้างของเฟทใช้ผลิต IC. ได้ จากข้อดีหลายประการดังกล่าว ทำให้เฟทมีบทบาทในการพัฒนาอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ชนิดของเฟทแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. จังชั่น ฟิลด์ เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ (Junction Field Effect Transistor) มีชื่อย่อว่า เจ-เฟท (J-FET)

2. มิทอล ออกไซด์ เซมิคอนดักเตอร์ ฟิลด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) มีชื่อย่อว่ามอส-เฟท (MOS-FET) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อินซูเลเตด เกท ฟิลด์ เอฟเฟค ทรานซิสเตอร์ (Insulated Gate Field Effect Transistor) มีชื่อย่อว่า อิก-เฟท (IG-FET)

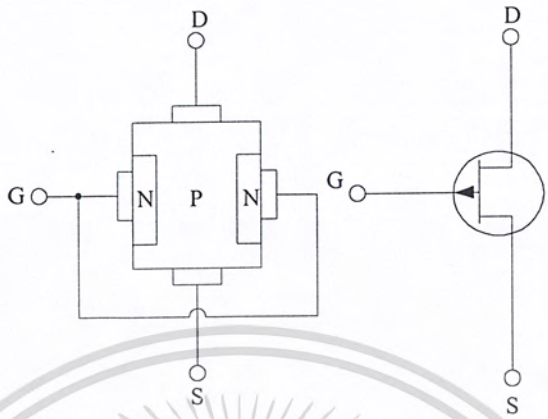
3.5.1 เจ-เฟท (J-FET) แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- เอน-แชนแนล (N-Channal)
- พี- แชนแนล (P-Channal)



ก. โครงสร้าง N-Channal ข. สัญลักษณ์ N-Channal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

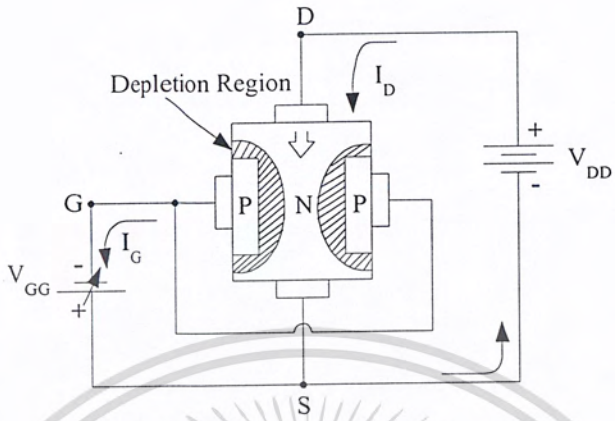


ค. โครงสร้าง P-Channal ง. สัญลักษณ์ P-Channal

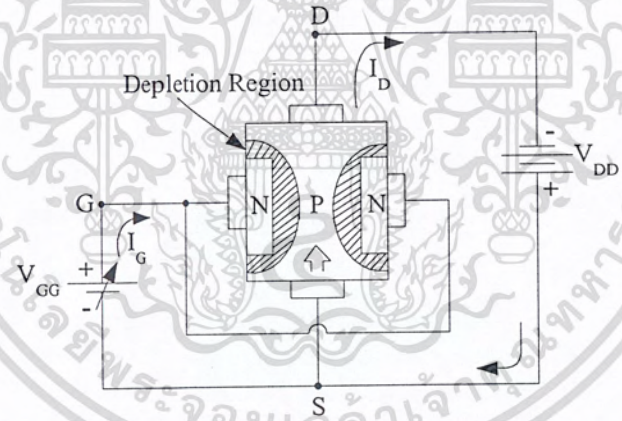
รูปที่ 3.49 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ J-FET

โครงสร้างของเจ-เฟทจะแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ ทำให้การทำงานและการจ่ายไบอัสต่างกัน แต่สามารถนำไปใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณได้เหมือนกัน การจ่ายไบอัสให้ เจ-เฟท เพื่อให้สามารถทำงานได้จะต้องจ่ายไบอัสดังนี้ จ่ายไบอัสตรง (Forward Bias) ให้ขา S. จ่ายไบอัสกลับ (Reverse Bias) ให้ขา D. และขา G. (เทียบกับขา S.) การจ่ายไบอัสดังกล่าวจะทำให้ เจ-เฟทสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. การจ่ายไบอัสชนิด N-Channal



ข. การจ่ายไบอัสชนิด P-Channal

รูปที่ 3.50 เป็นวงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้เจ-เฟท ทำงาน

จากรูปที่ 3.50 เป็นการจ่ายไบอัสให้เจ-เฟทแบบถูกต้องที่เจ-เฟทต้องการ ทำให้สามารถควบคุมการทำงานของเจ-เฟทได้ รูป ก. เป็น เจ-เฟทชนิด N-Channal จะต้องจ่ายแรงดันบวกให้ขา D. จ่ายแรงดันลบให้ขา S. โดยใช้แหล่งจ่าย V_{DD} และจ่ายแรงดันลบให้ขา G เทียบกับขา S. โดยใช้แหล่งจ่าย V_{GG}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ข. เป็นเจ-เฟทชนิด P-Channal จะต้องจ่ายแรงดันลบให้ขา D. จ่ายแรงดันบวกให้ขา S. โดยใช้แหล่งจ่าย V_{DD} และจ่ายแรงดันบวกให้ขา G เทียบกับขา S. โดยใช้แหล่งจ่าย V_{GG} ถ้าจ่ายไบอัสกลับให้ขา D. จ่ายไบอัสตรงให้ขา S. โดยยังไม่จ่ายไบอัสขา G. จะมีกระแสไหลผ่านระหว่างขา D. กับขา S. สูงมากค่าหนึ่ง และไหลคงที่ตลอดเวลา

เมื่อจ่ายแรงดันไบอัสกลับให้ขา G. เทียบกับขา S. เสมือนเป็นการจ่ายไบอัสกลับให้ไดโอด ทำให้เกิดแบตเตอรี่สมมติหรือดีพลีชั่นริจินขึ้นระหว่างรอยต่อ P, N ดีพลีชั่นริจินนี้จะไปขัดขวางการไหลของกระแสที่ไหลระหว่างขา S. กับขา D. ให้ไหลได้น้อยลง ยิ่งจ่ายไบอัสกลับให้ขา G. มากขึ้น ดีพลีชั่นริจินระหว่างรอยต่อ P,N จะยิ่งกว้างขึ้น กระแสที่ไหลระหว่างขา S. กับขา D. จะยิ่งน้อยลง นั่นคือความต้านทานระหว่างขา S. กับขา D. สูงขึ้น ทำให้กระแสเดรน (I_D) ไหลเปลี่ยนแปลงมากขึ้นหรือน้อยลง กระแส I_D จะถูกควบคุมให้ไหลมากไหลน้อยได้ด้วยแรงดัน V_{GG} ที่จ่ายให้ขา G.

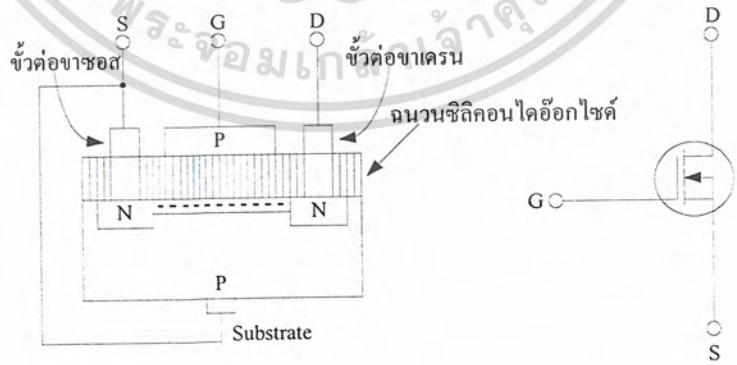
3.5.2 มอส-เฟท (Mos-fet) ยังแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ

ก. ดีพลีชั่น (Depletion) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- N-Channal
- P-Channal

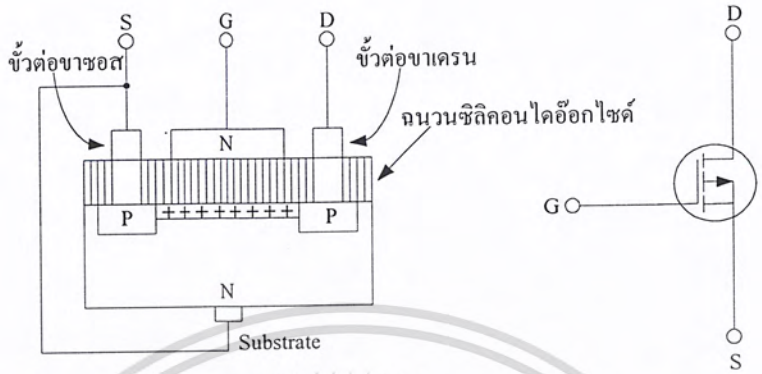
ข. เอนฮานซ์เมนท์ (Enhancement) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- N-Channal
- P-Channal



ก.โครงสร้างชนิด N-Channal ข.สัญลักษณ์ N-Channal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

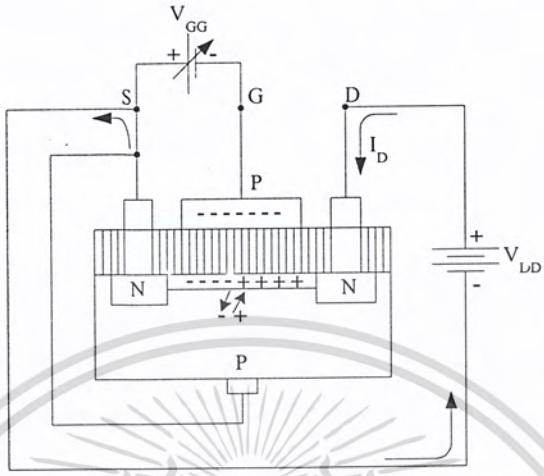


ค. โครงสร้างชนิด P-Channal ง. สัญลักษณ์ชนิด P-Channal

รูปที่ 3.51 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด N และ P-Channal

จากรูปที่ 3.51 เป็นโครงสร้างของดีพลีชั่นมอส-เฟท ซึ่งจะแตกต่างจากเจ-เฟทโดยสิ้นเชิง จากรูปจะเห็นได้ว่าสารที่ทำเป็นเกท (G) จะถูกแยกออกไปอย่างอิสระ โดยมีฉนวนซิลิคอนไดอ๊อกไซด์ (SiO_2) ขั้นกลาง สารที่ทำเป็นซอส (S) และเดรน (D) ถูกสร้างขึ้นบนฐานหรือซับสเตรท (Sub) มอสเฟทชนิด N-Channal ซับสเตรทจะเป็นสารชนิด P ส่วนมอส-เฟทชนิด P-Channal ซับสเตรทจะเป็นสารชนิด N. สารที่อยู่ตอนกลางระหว่างซอส (S) และเดรน (D) สร้างขึ้นให้มีคุณสมบัติของสารเหมือนกับซอส (S) และเดรน (D) คือถ้าเป็นชนิด N-Channal ระหว่างรอยต่อซอส (S) และเดรน (D) จะมีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าปกติ ถ้าเป็นชนิด P-Channal ระหว่างรอยต่อซอส (S) และเดรน (D) จะมีโฮลมากกว่าปกติ ขาซับสเตรท (Sub) จะถูกต่อไว้กับขา S.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



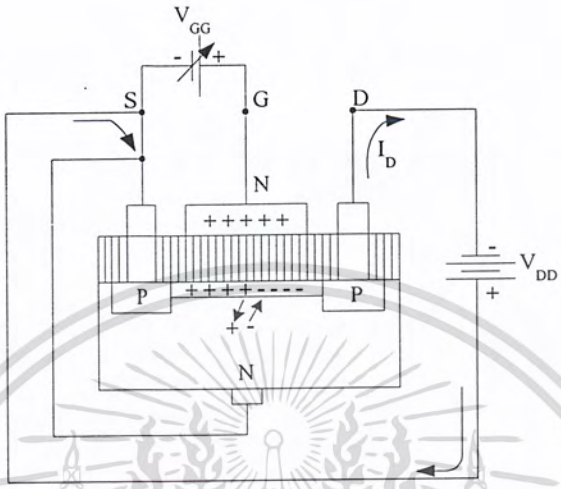
รูปที่ 3.52 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้ดีพลีชั่นมอส-เฟท ชนิด N-Channal ทำงาน

การจ่ายไบอัสให้มอส-เฟทชนิดดีพลีชั่นจะจ่ายไบอัสเหมือนเจ-เฟททุกประการ คือ ขา D. จะได้รับไบอัสกลับ ขา S. จะได้รับไบอัสตรง ขา G. จะได้รับไบอัสกลับเทียบกับขา S. การจ่ายไบอัสดังกล่าวมอส-เฟทชนิดนี้จึงจะทำงานได้

จากรูปที่ 3.52 สามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ ถ้าจ่ายบวกให้ขา D. จ่ายลบให้ขา S. โดยแหล่งจ่าย V_{DD} ขา G. ยังไม่จ่ายไบอัสให้ จะมีกระแส I_D ไหลผ่านระหว่างขา S. และขา D. สูงมากค่าหนึ่งและไหลคงที่ตลอดเวลา

เมื่อจ่ายแรงดันไบอัสกลับให้ขา G. คือจ่ายศักย์ลบให้ขา G. เทียบกับขา S. ศักย์ลบที่ขา G. จะผลักให้อิเล็กตรอนอิสระระหว่างรอยต่อ S. และ D. เคลื่อนที่ออกมา และดึงโฮลเข้าไปแทนที่ ทำให้สารกึ่งตัวนำระหว่างรอยต่อ S,D นี้ เปลี่ยนสภาพเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P. เหมือนซับสเตรท ต้านการไหลของกระแส I_D ที่ไหลจากขา D ไปขา S. ถ้าจ่ายไบอัสกลับที่ขา G. มาก ศักย์ลบที่ขา G. จะผลักอิเล็กตรอนอิสระออก ไปจากสารระหว่างรอยต่อ S, D มาก กระแส I_D จะไหลน้อย ถ้าจ่ายไบอัสกลับที่ขา G. น้อยศักย์ลบที่ขา G. จะผลักอิเล็กตรอนอิสระออกไปจากสารระหว่างรอยต่อ S,D น้อยกระแส I_D จะไหลมาก สามารถควบคุมการทำงานของดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด N-Channal ได้ การทำงานจะเหมือนเจ-เฟทชนิด N-Channal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



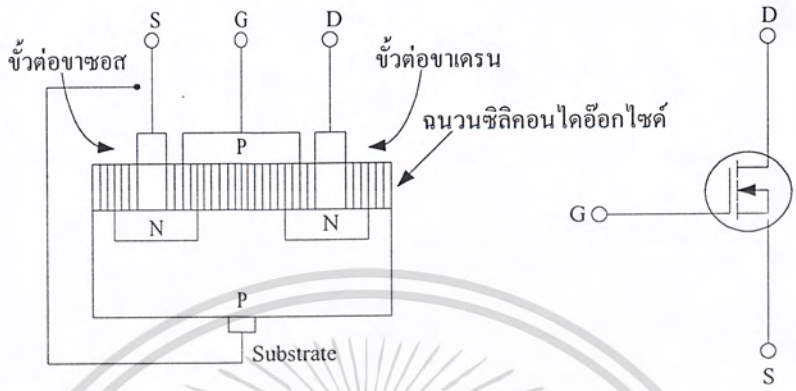
รูปที่ 3.53 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้ดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด P-Channal ทำงาน

จากรูปที่ 3.53 สามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ ถ้าจ่ายลบให้ขา D. จ่ายบวกให้ขา S. โดยยังไม่จ่ายไบอัสให้ขา G. จะมีกระแส I_D ไหลผ่านระหว่างขา S. และขา D. สูงมากค่าหนึ่งและไหลคงที่ตลอดเวลา

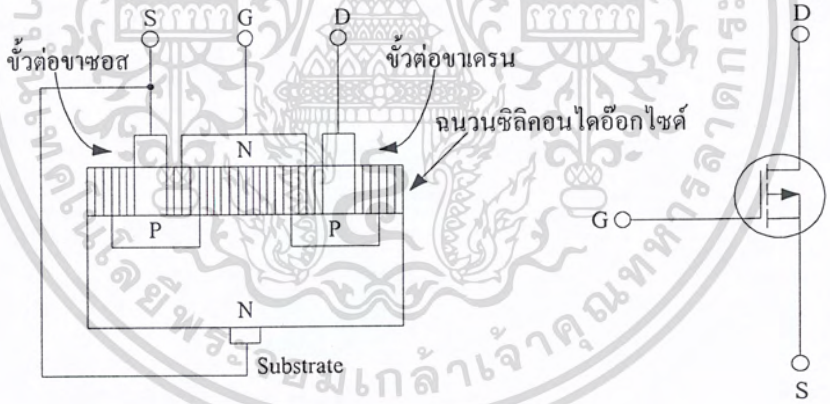
เมื่อจ่ายแรงดันไบอัสกลับให้ขา G. คือจ่ายศักย์บวกให้ขา G. เทียบกับขา S. ศักย์บวกที่ขา G. จะผลักโฮลระหว่างรอยต่อ S. และ D. เคลื่อนที่ออกมา และดึงอิเล็กตรอนอิสระเข้าไปแทนที่ทำให้สารกึ่งตัวนำระหว่างรอยต่อ S, D เปลี่ยนสภาพเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N. เหมือนซับสเตรท ต้านการไหลของกระแส I_D ที่ไหลจากขา S. ไปขา D. ถ้าจ่ายไบอัสกลับที่ขา G. มาก ศักย์บวกที่ขา G. จะผลักโฮลออกจากสารระหว่างรอยต่อ S, D มาก กระแส I_D จะไหลน้อย ถ้าจ่ายไบอัสกลับที่ขา G. น้อย ศักย์บวกที่ขา G. จะผลักโฮลออกจากสารระหว่างรอยต่อ S, D น้อย กระแส I_D จะไหลมาก สามารถควบคุมการทำงานของดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด P-Channal ได้ การทำงานจะเหมือนเจ-เฟทชนิด P-Channal

เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟท จะมีโครงสร้างเหมือนกับชนิดดีพลีชั่น มอส-เฟท คือขา G. ถูกแยกเป็นอิสระโดยมีฉนวนซิลิคอนไดอ๊อกไซด์ขั้นกลางเหมือนกัน มีซับสเตรทเป็นฐานรองเหมือนกันแต่มีส่วนแตกต่างกันคือ สารระหว่างรอยต่อ S. และ D. เป็นสารชนิดเดียวกับซับสเตรท ทำให้ขา S. และขา D. ถูกแยกออกจากกันโดยมีซับสเตรทขั้นกลาง การจ่ายไบอัสและการนำกระแสก็ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. โครงสร้างชนิด N-Channal ข. สัญลักษณ์ชนิด N-Channal



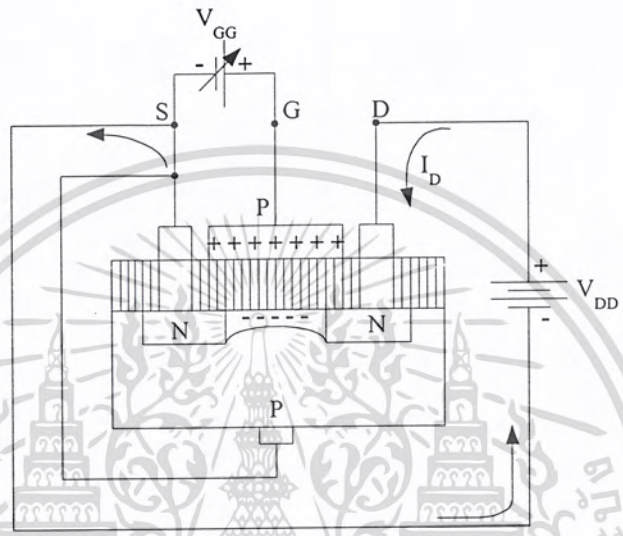
ค. โครงสร้างชนิด P-Channal ข. สัญลักษณ์ชนิด P-Channal

รูปที่ 3.54 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N และ P-Channal

จากรูปที่ 3.54 เป็นโครงสร้างของเอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟท เกือบจะเหมือนกับชนิดดีพลีชั่นมอส-เฟททุกประการ แตกต่างเพียงระหว่างรอยต่อสารของ S และ D. เป็นสารต่างชนิดกับสาร S และ D. เท่านั้น สัญลักษณ์ก็ต่างกันตรงระหว่างรอยต่อขา S. และขา D. ถูกแยกออกเป็นเส้นประแทนที่จะเป็นเส้นตรงยาวตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจ่ายไบอัสให้มอส-เฟทชนิดเอนฮานซ์เมนท์ จะจ่ายไบอัสกลับให้ขา D จ่ายไบอัสตรงให้ขา S. และขา G. จะได้รับไบอัสตรงเทียบกับขา S. การจ่ายไบอัสดังกล่าวมอส-เฟทชนิดนี้จึงจะทำงานได้

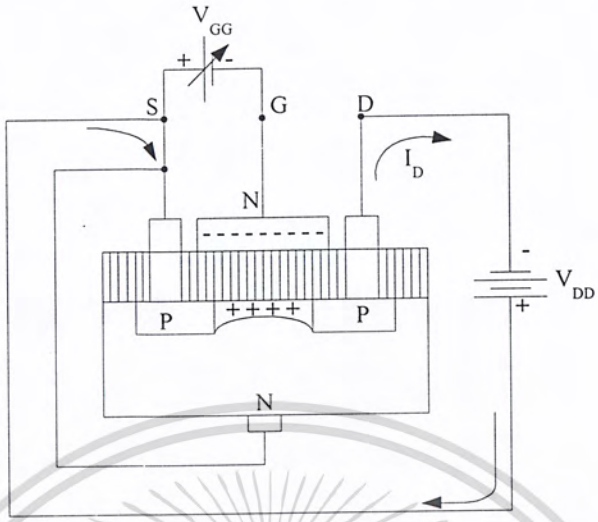


รูปที่ 3.55 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N-Channalทำงาน

จากรูปที่ 3.55 เป็นวงจรการจ่ายไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N-Channal สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ ถ้าจ่ายบวกให้ขา D. จ่ายลบให้ขา S. โดยที่ขา G. ยังไม่จ่ายไบอัสให้ จะยังไม่มีกระแส I_D ไหลจากขา D. ไปขา S. เพราะสารที่อยู่ระหว่างรอยต่อ S. และ D. เป็นสารต่างชนิดกับ S. และ D.

เมื่อจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้ขา G. เทียบกับ S. คือจ่ายแรงดันบวกให้ขา G. จ่ายลบให้ขา S. ศักย์บวกที่ขา G. จะไปชักนำสารกึ่งตัวนำชนิด P ที่เชื่อมต่ออยู่ระหว่าง S. และ D. ให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N เป็นชนิดเดียวกับ S. และ D. กระแส I_D จะไหล กระแส I_D จะไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการจ่ายไบอัสตรงที่ขา G. ถ้าจ่ายศักย์บวกให้ขา G. มากก็จะเกิดอิเล็กตรอนหนาแน่นมากตรงสารระหว่างรอยต่อ S. และ D. กระแส I_D จะไหลผ่านได้มาก ถ้าจ่ายศักย์บวกให้ขา G น้อยก็จะเกิดอิเล็กตรอนไม่ค่อยหนาแน่นตรงสารระหว่างรอยต่อ S. และ D. กระแส I_D จะไหลผ่านได้น้อย การทำงานจะเหมือนกับทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.56 วงจรเบื้องต้นของการจ่ายไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด P-Channalทำงาน

จากรูปที่ 3.56 เป็นวงจรการจ่ายไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด P-Channal สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ ถ้าจ่ายลบให้ขา D. จ่ายบวกให้ขา S. โดยที่ขา G. ยังไม่จ่ายไบอัสให้ จะยังไม่มีกระแส I_D ไหลในเฟทจากขา S. ไปขา D. เพราะสารที่ขั้นระหว่างรอยต่อ S. และ D. เป็นสารต่างชนิดกับ S. และ D.

เมื่อจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้ขา G. เทียบกับขา S. คือจ่ายลบให้ขา G. จ่ายบวกให้ขา S. ศักย์ลบที่ขา G. จะไปชักนำสารกึ่งตัวนำชนิด N. ที่เชื่อมต่ออยู่ระหว่าง S. และ D. ให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P. ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับ S. และ D. กระแส I_D จะไหล กระแส I_D จะไหล มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการจ่ายไบอัสตรงที่ขา G. ถ้าจ่ายศักย์ลบที่ขา G. มาก ก็จะเกิดโฮลหนาแน่นมาก ตรงสารระหว่างรอยต่อ S. และ D. กระแส I_D ก็จะไหลผ่านได้มาก ถ้าจ่ายศักย์ลบที่ขา G. น้อยก็จะเกิดโฮลไม่ค่อยหนาแน่น ตรงสารระหว่างรอยต่อ S. และ D. กระแส I_D จะไหลผ่านได้น้อยการทำงานจะเหมือนกับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

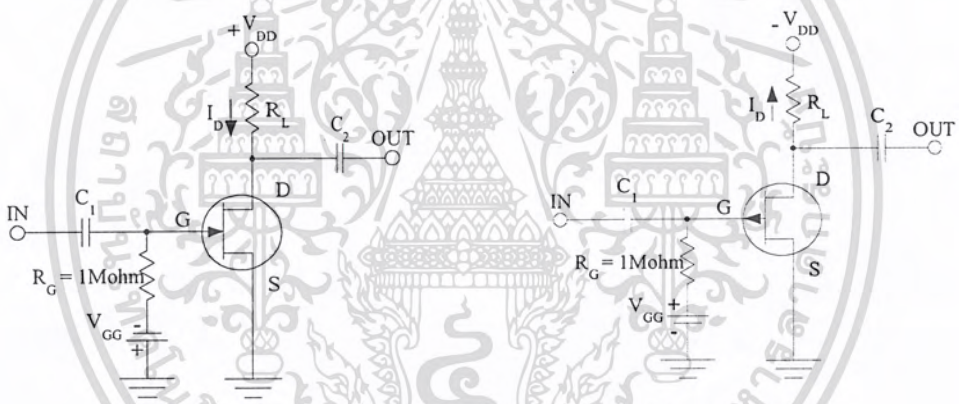
3.5.3 การจัดวงจรไบอัสให้เจ-เฟท

การจัดไบอัสให้เจ-เฟททำงานก็มีหลักการจ่ายไบอัสเช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งการจัดไบอัสออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. ไบอัสคงที่ (Fixed Bias)
2. ไบอัสช่วย (Self Bias)
3. ไบอัสแบบแบ่งแรงดัน (Voltage Divider Bias)

การจัดวงจรไบอัสแต่ละแบบก็มีการจัดวงจรคล้ายกับวงจรไบอัสแต่ละแบบของทรานซิสเตอร์สามารถอธิบายรายละเอียดของการจัดไบอัสแต่ละแบบได้ดังนี้

3.5.3.1 ไบอัสคงที่ (Fixed Bias)



ก. เจ-เฟท ชนิด N-Channal ข. เจ-เฟท ชนิด P-Channal

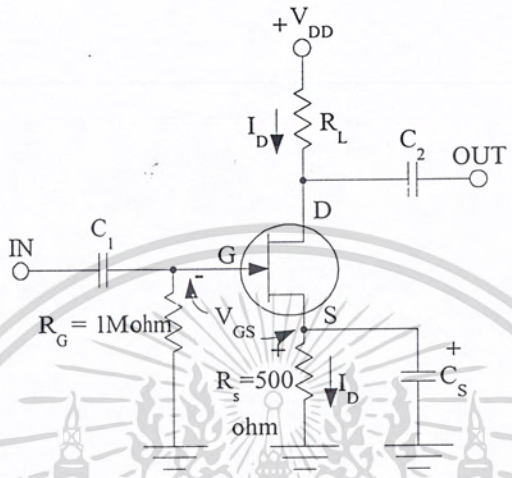
รูปที่ 3.57 วงจรไบอัสคงที่

จากรูปที่ 3.57 เป็นการจัดวงจรไบอัสคงที่ให้กับเจ-เฟท ทั้งชนิด N-Channal และ P-Channal จากรูปจะเห็นมี V_{GG} จ่ายเป็นไบอัสกลับให้ขา G. โดยผ่าน R_G เป็นตัวจำกัดกระแส แรงดัน V_{GG} นี้จะจ่ายคงที่ให้ขา G ของ เฟทตลอดเวลา ทำให้กระแส I_D ไหลคงที่ตลอดเวลาจนกว่าจะมีสัญญาณกระแสสลับป้อนเข้ามาที่ขา G. ทำให้ระดับไฟ DC. ของแรงดัน V_{GG} เปลี่ยนแปลง แรงดันที่ขา G. เปลี่ยนแปลง ทำให้กระแส I_D ไหลเปลี่ยนแปลง สัญญาณส่งออกเอาท์พุทที่ขา D. การจ่าย

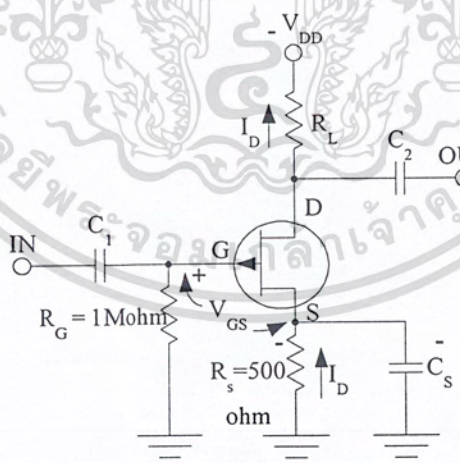
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบอัสคงที่นี้จะไม่นิยมใช้ เพราะจะต้องมีแหล่งจ่าย V_{GG} ออกต่างหากจากแหล่งจ่าย V_{DD} ไม่สะดวกในการใช้งาน

3.5.3.2 ไบอัสช่วย (Self Bias)



ก. เจ-เฟท ชนิด N-Channal



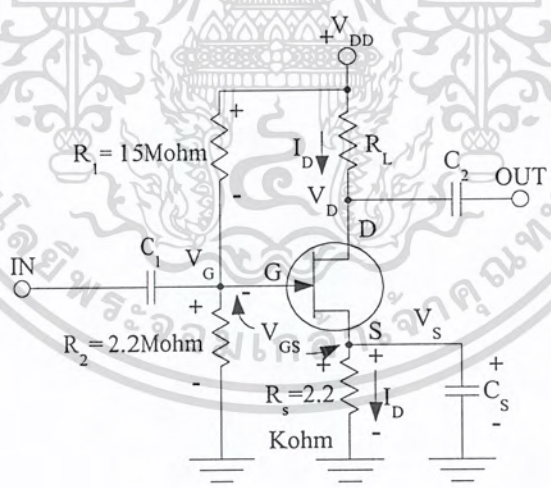
ข. เจเฟท ชนิด P-Channal

รูปที่ 3.58 วงจรไบอัสช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

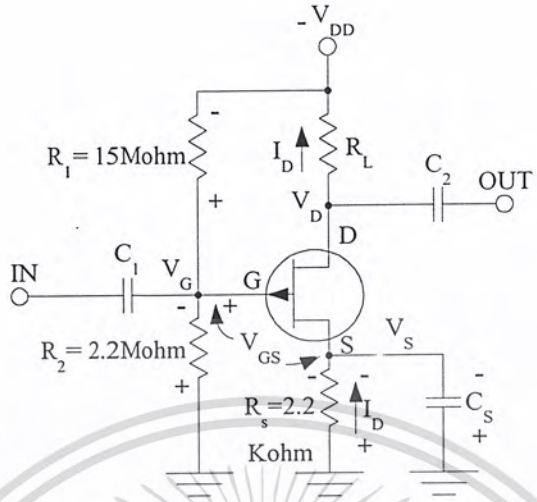
จากรูปที่ 3.58 เป็นการจัดวงจรไบอัสช่วยให้เจ-เฟท ทั้งชนิด P และ N-Channal ในวงจรจะใช้แหล่งจ่าย V_{DD} ชุดเดียวจ่ายไบอัสให้ทั้งขา D, ขา S. และขา G. ใช้ $R_{G.}$ มีค่าความต้านทานสูงต่อกับขา G. และกราวด์ เพื่อให้ไบอัสที่จ่ายให้ขา G. มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับขา S. ส่วนขา S. มีความต้านทาน R_S ต่อระหว่างขา S. กับกราวด์ มีค่าความต้านทานต่ำ มีศักย์ตกคร่อม R_S ค่าหนึ่งเมื่อเทียบศักย์ระหว่างขา G. กับขา S. จะทำให้ขา G. ได้ศักย์เป็นไบอัสกลับ เจ-เฟทชนิด N-Channal ขา G. จะได้แรงดันเป็นลบเทียบขา S. เจ-เฟทชนิด P-Channal ขา G. จะได้แรงดันเป็นบวกเทียบกับขา S. แรงดัน V_{GS} ที่ตกคร่อมขา G. กับขา S. จะจ่ายไบอัสกลับให้เจ-เฟทค่าหนึ่ง ทำให้เกิดกระแส I_D ไหลในวงจรเมื่อมีสัญญาณกระแสสลับป้อนเข้ามาที่อินพุทเข้าขา G. ทำให้ระดับแรงดัน V_{GS} เปลี่ยนแปลงควบคุมให้กระแส I_D ไหลเปลี่ยนแปลง เกิดศักย์ตกคร่อม R_L เป็นสัญญาณออกเอาท์พุทกระแส I_D จะไหลผ่าน R_S ทำให้ศักย์ตกคร่อม R_S เพิ่ม เกิดการป้อนกลับสัญญาณมาที่ขา G. ทำให้อัตราขยายของวงจรลดลง การใส่ $C_{S.}$ เพื่อทำให้ระดับแรงดันที่ขา S. คงที่ ทำให้อัตราขยายสัญญาณของวงจรเพิ่มขึ้น เพราะจะทำให้กระแสที่ผ่านขา S. คงที่ อัตราขยายสัญญาณของวงจรก็คงที่มากขึ้น หลักการเหมือนกับวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วมของวงจรขยายทรานซิสเตอร์

3.5.3.3 ไบอัสแบบแบ่งแรงดัน (Voltage Divider Bias)



ก. เจ-เฟท ชนิด N-แชนแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. เจ-เฟท ชนิด P-แชนแนล

รูปที่ 3.59 วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน

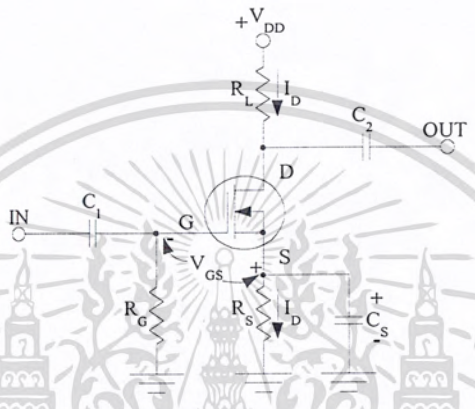
จากรูปที่ 3.59 เป็นวงจรการจัดไบอัสแบบแบ่งแรงดันให้เจ-เฟททั้ง N และ P-channal มี R_1, R_2 ถูกจัดวงจรเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน R_1 จะเป็นตัวจ่ายไบอัสกลับให้ขา G R_2 เป็นตัวกำจัดกระแสที่จะผ่านวงจร ทำให้เกิดศักย์ตกคร่อมขา G. เทียบกับกราวด์ (V_G) มีศักย์เป็นบวกค่าหนึ่งสำหรับ เจ-เฟทชนิด N-Channal และมีศักย์เป็นลบค่าหนึ่งสำหรับเจ-เฟทชนิด P-Channal เฟทนำกระแสมีกระแส I_D ไหลผ่าน R_S เกิดศักย์ตกคร่อม R_S. มีศักย์บวกที่มากกว่า V_G สำหรับ เจ-เฟท ชนิด N-Channal และมีศักย์ลบที่มากกว่า V_G สำหรับ เจ-เฟท ชนิด P-Channal เมื่อเปรียบเทียบศักย์ระหว่าง V_G และ V_S. ได้แรงดัน V_{GS} ออกมา เจ-เฟทชนิด N-Channal แรงดัน V_{GS} ขา G เป็นลบเมื่อเทียบกับขา S. เจ-เฟท ชนิด P-Channal แรงดัน V_{GS} ขา G เป็นบวกเมื่อเทียบกับขา S. จะได้แรงดันไบอัสกลับ V_{GS} จ่ายให้ขา G เทียบกับขา S. R_L เป็นโหลดรับสัญญาณตกคร่อม และส่งต่อออกเอาท์พุท C_S ควบคุมระดับแรงดันที่ขา S. ของ เฟทให้คงที่ ทำให้อัตราขยายของวงจรคงที่

จากที่กล่าวมาเป็นการจัดไบอัสให้เจ-เฟท ซึ่งหลักการจัดไบอัสจะคล้ายกับของทรานซิสเตอร์ความแตกต่างก็เพียงการกำหนดค่าความต้านทานที่จะนำมาใช้งานจะต้องจัดให้ถูกต้องและเหมาะสมจึงจะทำให้ไบอัสที่จ่ายให้เจ-เฟท ถูกต้องตามต้องการ นอกจากเจ-เฟทที่กล่าวมาแล้ว มอส-เฟทก็มีหลักการจ่ายไบอัสคล้ายเจ-เฟท หรือคล้ายทรานซิสเตอร์เช่นกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของมอสเฟทที่นำมาใช้งาน

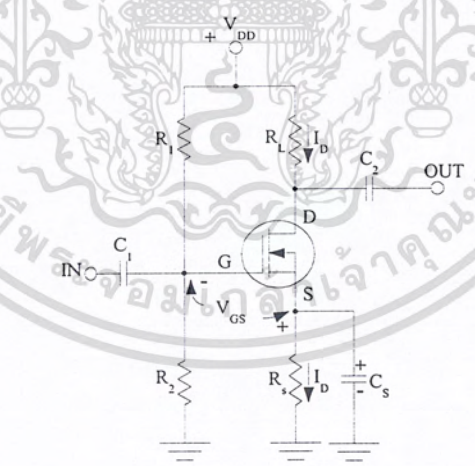
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การจัดวงจรไบอัสให้มอส-เฟท

การจัดวงจรไบอัสให้มอส-เฟท มีหลักการจ่ายไบอัสคล้ายกับเจ-เฟท และทรานซิสเตอร์ ขึ้นอยู่กับชนิดของมอส-เฟท ถ้าเป็นดีพลีชั่นมอส-เฟท จะจัดไบอัสเหมือนเจ-เฟท ถ้าเป็นเอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟท จะจัดไบอัสเหมือนทรานซิสเตอร์



ก. วงจรไบอัสช่วย



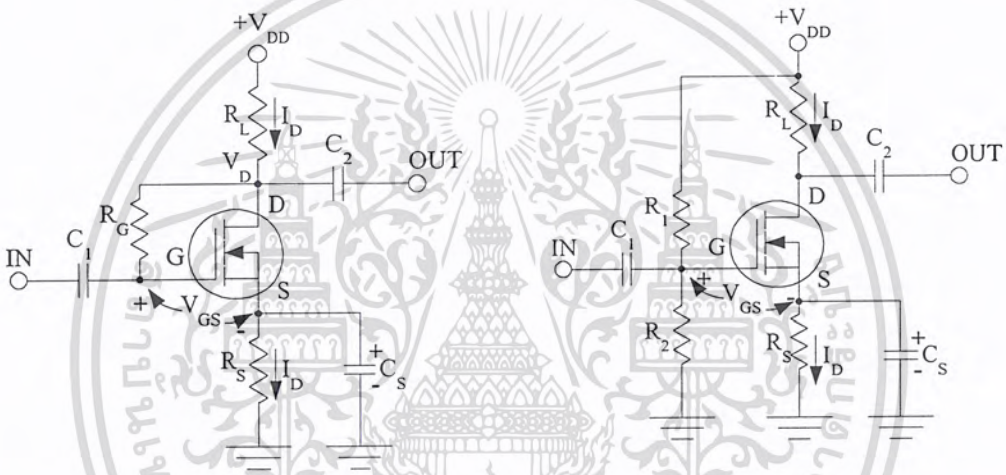
ข. วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน

รูปที่ 3.60 วงจรไบอัสให้ดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด N-Channal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.60 ก. เป็นการจัดวงจรไบอัสช่วยให้ดีพลีชั่นมอส-เฟทชนิด N-Channal โดยกำหนดค่าความต้านทาน R_G และ R_S ให้เหมาะสม ทำให้เกิดแรงดัน V_{GS} จ่ายเป็นไบอัสกลับให้ขา G เทียบกับขา S. คือขา G. มีศักย์เป็นลบ ขา S. มีศักย์เป็นบวก ทำให้เกิด I_D ไหลเปลี่ยนแปลงตามการควบคุมของแรงดัน V_{GS} สามารถเอาดีพลีชั่นมอส-เฟท ไปใช้ในวงจรขยายได้

จากรูปที่ 3.60 ข. เป็นการจัดวงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน ให้ดีพลีชั่นมอส-เฟท ชนิด N-Channal มี R_1, R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดัน มีศักย์ตกคร่อม R_2 ค่าหนึ่ง เมื่อเทียบกับศักย์ที่ตกคร่อม R_S ศักย์ที่ตกคร่อม R_S จะมีค่าสูงกว่าที่ R_2 เกิดแรงดัน V_{GS} ที่ขา G. มีศักย์เป็นลบเทียบกับขา S. ขา G. ได้รับการจ่ายไบอัสกลับ สามารถควบคุมการทำงานของดีพลีชั่นมอส-เฟทนี้ได้



ก. วงจรไบอัสช่วย ข. วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน

รูปที่ 3.61 วงจรไบอัสให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทชนิด N-Channal

จากรูปที่ 3.61 ก. เป็นการจัดวงจรไบอัสช่วยให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟท ชนิด N-Channal ซึ่งจะมีหลักการจัดไบอัสเหมือนทรานซิสเตอร์ทุกประการ มี R_G ต่อรับแรงดันที่ขา D. (V_D) มาจ่ายเป็นไบอัสตรงให้ขา G คือจ่ายศักย์บวกให้ขา G เทียบกับขา S. เกิดแรงดัน V_{GS} ขา G. เป็นบวกขา S. เป็นลบ R_S เป็นตัวควบคุมระดับแรงดัน V_{GS} ให้คงที่ร่วมกับ C_S ทำให้อัตราขยายวงจรคงที่มากขึ้น

จากรูปที่ 3.61 ข. เป็นการจัดวงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดันให้เอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟท ชนิด N-Channal R_1, R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดัน มีศักย์ตกคร่อม R_2 ค่าหนึ่งเมื่อเทียบกับศักย์ที่ตกคร่อม R_S ศักย์ที่ตกคร่อม R_2 มีค่าสูงกว่าศักย์ที่ตกคร่อม R_S เกิดแรงดัน V_{GS} จ่ายเป็นไบอัสตรงให้ขา G เทียบ

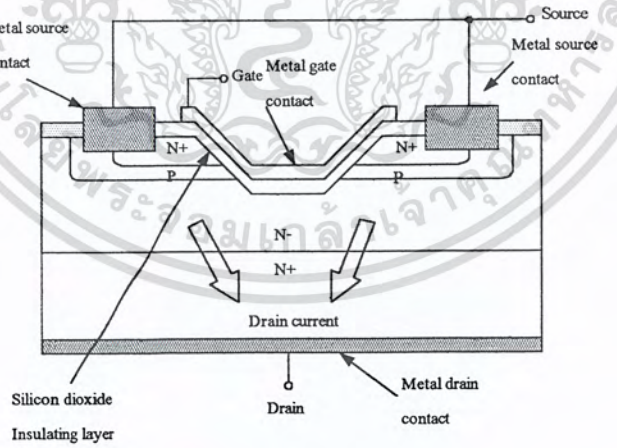
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับขา S. ขา G. มีศักย์เป็นบวกขา S. มีศักย์เป็นลบ การทำงานของเอนฮานซ์เมนท์มอส-เฟทจะทำงานเหมือนทรานซิสเตอร์ทุกประการ

3.5.5 เพาเวอร์มอส-เฟท (Power mos-fet)

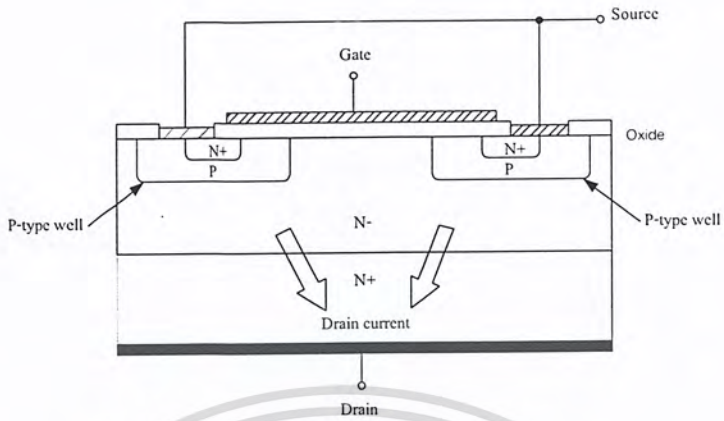
เฟทจัดเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีข้อดีหลายประการ ที่ดีกว่าทรานซิสเตอร์ เช่นมีเสียงรบกวนต่ำ มีอินพุทอินพีแดนซ์สูงเหมือนหลอดสูญญากาศ ผลกระทบทางเอาท์พุทไม่มีผลต่ออินพุท และอีกหลายประการดังกล่าวมาแล้ว ในระยะแรกของเฟทจะนำมาใช้งานได้กับการขยายกำลังต่ำ ๆ ในภาคปรีแอมป์ ภาคขยายต้น ๆ หรือภาคโทนคอนโทรลเท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้กับการขยายกำลังสูงได้

มีบริษัทยามาฮ่า บริษัทฮิตาชิ และบริษัทเอ็นอีซี ของประเทศญี่ปุ่นได้ทำการค้นคว้าวิจัยและพยายามสร้างเพาเวอร์มอสเฟทขึ้น ในสมัยแรก ๆ ไม่ประสบความสำเร็จนัก เพราะประสบปัญหาเรื่องความทนทาน ความไว้ใจในอุปกรณ์ที่จะทำงานจนในปัจจุบันทั้งบริษัทผู้ผลิตรายใหญ่ ๆ ในญี่ปุ่นและซิลิโคนิกส์ได้ประสบความสำเร็จในการผลิตโดยสร้างมอส-เฟท ชนิดวีมอส (Vmos) และชนิดดีมอส (Dmos) ขึ้นมาใช้งาน สามารถนำมาใช้งานได้ทั้งไฟสูงและกำลังวัตต์สูง สามารถใช้กำลังวัตต์สูงถึง 100 วัตต์ สำหรับคู่เพาเวอร์มอส-เฟทที่นิยมใช้งานคือ 2SK134 และ 2SJ49



ก. โครงสร้างของ วีมอสเพาเวอร์เฟท (Vmos Power Fet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. โครงสร้างของดีมอสเพาเวอร์เฟท (Dmos Power Fet)

รูปที่ 3.62 โครงสร้างของเพาเวอร์มอส-เฟท ชนิด Vmos และ Dmos

จากรูปที่ 3.62 ก. เป็นโครงสร้างของวีมอสเพาเวอร์ เฟท Vmos มาจากคำว่าเวอร์ทิคอล มิทอล อ๊อกไซด์ เซมิคอนดักเตอร์ (Vertical Metal Oxide Semiconductor) สร้างขึ้นมาใช้กับการขยายที่มีกำลังขยายสูง ๆ สามารถเขียนสัญลักษณ์ได้เหมือนกับมอส-เฟทชนิด เอนฮานซ์เมนท์ พื้นที่ขา G ของวีมอสเฟทจะมากกว่ามอสเฟทชนิดอื่น ๆ นั่นก็คือแรงดันที่ขา G สามารถควบคุมกระแสหรือให้กำลังวัตต์ได้มากขึ้น แรงดันที่เกทถ้าเป็นบวกมากจะทำให้สารชนิด P ที่ ขั้นระหว่างขา S กับ (N-) และ (N+) ที่ขา D. เปลี่ยนสภาพเป็นสารชนิด N. โดยการเหนี่ยวนำประจุบวก ซึ่งจะดูดอิเล็กตรอนอิสระที่เป็นส่วนน้อยในสารชนิด P ให้เข้าไปออกันแน่นที่บริเวณขา G และผลักโฮลให้ออกห่างมากขึ้นผลก็คือยิ่งมีบวกมากที่ขา G. กระแสที่ไหลจากขา S. ไปขา D. ก็จะไหลมากตามไปด้วย

จากรูปที่ 3.62 ข. เป็น โครงสร้างของดีมอสเพาเวอร์ เฟท Dmos มาจากคำว่าดับเบิล ดิฟฟิวส์ มิทอล อ๊อกไซด์ เซมิคอนดักเตอร์ (Double-Diffused Metal Oxide Semiconductor) ซึ่งเป็นเพาเวอร์มอส-เฟทที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับไฟสูงได้สามารถเขียนสัญลักษณ์ได้เหมือนกับมอส-เฟทชนิดเอนฮานซ์เมนท์ เช่นเดียวกัน การทำงานของดีมอส เฟท สามารถจะอธิบายได้เช่นเดียวกับแบบวีมอสเฟท คือถ้าที่ขา G. เป็นบวกมาก จะเกิดการเหนี่ยวนำให้สาร P. ที่ติดกับขา G. เปลี่ยนสภาพเป็นสาร N. มาก ก็จะเกิดกระแสไหลจากขา S. ไปขา D. ได้มาก

ข้อเสียของเพาเวอร์มอส-เฟทที่ยังเป็นปัญหาคือ การให้ไบอัสกับเพาเวอร์มอส-เฟท จะต้องใช้วงจรการปรับไบอัสแบบอัตโนมัติ (Autobiasing) ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือการเกิดสัญญาณรบกวนแบบแอกกิ้ง (Aging) ซึ่งยังไม่สามารถชี้ชัดออกมาได้ว่าเกิดจากอะไร นอกจากนั้นยังเกี่ยวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้แรงดันไบอัสและสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิ ซึ่งยังมีค่าสูง และไม่สามารถชี้ชัดลงไปได้ว่ามีมากน้อยเท่าไร

สรุปแล้วเพาเวอร์มอส-เฟทจะดีกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เฉพาะเสียงแหลมเท่านั้น ส่วนเสียงทุ้มยังสู้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ไม่ได้ ซึ่งในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตก็ได้แก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ ยังคงเป็นเทคนิคและความลับของบริษัทผู้ผลิตแต่ละแห่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ลำโพง

ลำโพงจัดเป็นตัวแปลง (Transducer) ชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง แล้วแผ่กระจายพลังงานเสียงภายในห้องหรือในอากาศโดยรอบ นับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ทางเสียงที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง หากสังเกตจากการฟังเสียงที่ออกจากลำโพง ไม่ว่าจะเป็นเสียงพูดหรือเสียงดนตรีก็ตาม กรณีที่ใช้ลำโพงคุณภาพต่ำ ราคาถูก ลักษณะคุณสมบัติไม่ดี การติดตั้งผิดวิธี รวมไปถึงการออกแบบที่ไม่ถูกต้องด้วยแล้ว เสียงที่ออกมาย่อมไม่ไพเราะและไม่น่าฟัง แม้ว่าเครื่องขยายเสียงจะมีคุณภาพสูงก็ตาม จากเหตุผลที่กล่าวจึงจำเป็นต้องศึกษาในรายละเอียดโครงสร้าง ส่วนประกอบ ชนิดของลำโพง และการต่อลำโพงไปใช้งานอย่างถูกวิธี ทั้งนี้เพื่อให้เสียงที่เปล่งออกมามีคุณภาพเสียงที่ดีน่าฟัง

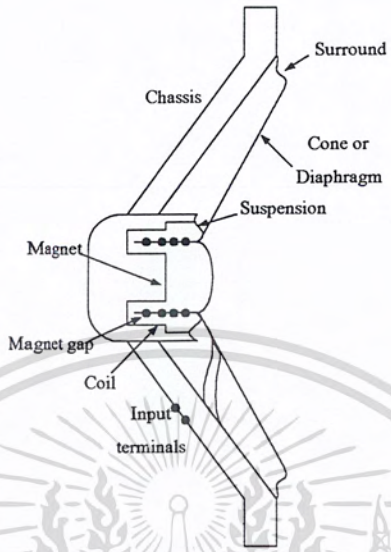
3.6.1 ลำโพงชนิดขดลวดเคลื่อนที่

หลักการที่ใช้ขดลวดเคลื่อนที่ เป็นหลักการที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากมาย เช่น ใช้เป็นลำโพงในเครื่องรับวิทยุทรานซิสเตอร์ระบบกระจายเสียงในที่สาธารณะ (Public Address) หรือเรียกว่าระบบพีเอ (PA- System) เป็นระบบเสียงที่เน้นหนักในด้านการกระจายเสียงพูด นอกจากนี้ยังใช้เป็นลำโพงมอนิเตอร์ในห้องส่งวิทยุกระจายเสียง มีโครงสร้างดังรูป 3.63 เป็นการแสดงภาพตัดของลำโพงชนิดขดลวดเคลื่อนที่ มีหลักการคล้ายกับไมโครโฟนชนิดขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งในบางครั้งอาจใช้แทนกันได้ โดยโครงสร้างของลำโพงประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร โดยยึดติดกับกรวยลำโพง (หรือไดอะแฟรม) ซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ลักษณะย่นตรงขอบนอก ปกติกรวยลำโพงมักทำจากกระดาษ และมีขอบลำโพงที่ทำจากยางอยู่รอบนอกกรวยลำโพงอีกชั้น เพื่อป้องกันแรงสั่นอันเกิดจากกรวย

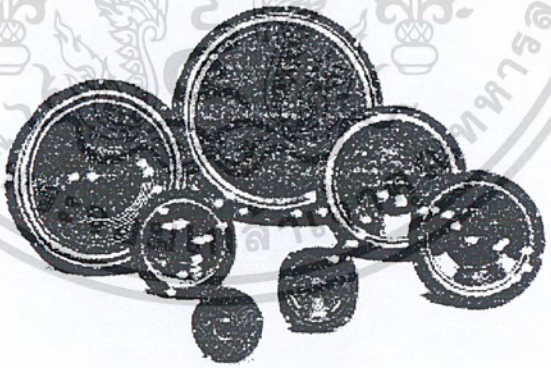
ปกติโครงลำโพงจะประกอบด้วยเหล็กชุบ หรือเหล็กหล่อ กรวยลำโพงจะทำจากกระดาษที่มีความละเอียด (ใช้กันแพร่หลายดังเช่น กรวยลำโพง PA ที่มีน้ำหนักเบาจะให้ประสิทธิภาพที่ดีมาก)

ในรูปที่ 3.63 จะเห็นว่าขดลวดลอยตัวอยู่ในสนามแม่เหล็ก ถ้าหากสัญญาณเสียงที่ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งผ่านวงจรขยายเสียงมายังขั้วต่อสายลำโพงแล้วตรงไปที่ขดลวด จะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปเสริม และผลักดันกับสนามแม่เหล็กถาวรที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดการสั่นขึ้น เนื่องจากขดลวดติดกับกรวยลำโพง จึงเป็นผลทำให้กรวยของลำโพงสั่นตามคลื่นความถี่เสียงจึงเกิดการได้ยินเสียงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.63 แสดงภาพตัดขวางของลำโพงชนิดขดลวดเคลื่อนที่



รูปที่ 3.64 แสดงภาพของลำโพงไดนามิกขนาดต่าง ๆ ที่ใช้โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ลำโพงฮอร์น

ฮอร์น (Horn loudspeaker) จัดเป็นหม้อแปลงทางเสียง กล่าวคือ มีส่วนในการเข้าชุดกัน (Match) ของอิมพีแดนซ์อากาศที่คอ (Throat) ของฮอร์นกับอิมพีแดนซ์อากาศที่ปากฮอร์นทำให้ประสิทธิภาพของเสียงที่ได้รับดีขึ้น โดยสัญญาณไฟฟ้าทางอินพุทสามารถเพิ่มเอาท์พุทเสียงได้ถึง 10 dB หรือมากกว่า หากเปรียบเทียบกับการขับของลำโพงที่ประกอบอยู่ในตู้ลำโพงทั่วไป ลักษณะโครงสร้างของลำโพงฮอร์น ดังรูปที่ 3.65 มีลักษณะเป็นส่วนโค้งของรูปโลหะชนิดหนึ่งที่มีความโค้งเหมือนแตร ทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนแรงกดดันของอากาศที่เกิดจากการสั่นของแผ่นไดอะแฟรมที่มีแรงกดดันต่ำให้มีแรงกดดันสูง โดยให้แรงกดดันของอากาศผ่านช่องแคบเล็ก ๆ ของฮอร์น ซึ่งเรียกว่าคอฮอร์น การกระทำเช่นนี้เป็นหลักการในการเพิ่มแรงดันโดยทั่วไป กล่าวคือ การสร้างแรงกดดันนี้อาจกระทำได้หลาย ๆ ครั้งในลำโพงฮอร์น หากความถี่เสียงมีแรงกดดันต่ออากาศมากจะส่งผลให้อากาศสั่นสะเทือนไปได้ไกล หมายถึงการแพร่กระจายของเสียงไปได้ไกลนั่นเอง

รูปที่ 3.65 ลักษณะโครงสร้างของลำโพงฮอร์น

ดังนั้นขณะที่แผ่นไดอะแฟรมสั่นจะก่อให้เกิดแรงกดดันของอากาศภายในส่วนหลังของฮอร์น (Rear Chamber) แรงกดดันนี้จะผ่านส่วนคอของฮอร์นไปสู่ส่วนที่เป็นฮอร์น ก่อให้เกิดแรงกดดันของอากาศจำนวนมากขึ้นที่คอฮอร์น แล้วพุ่งไปข้างหน้าด้วยความเร็วสูง จึงทำให้ลำโพงฮอร์นสามารถกระจายเสียงไปได้ไกลกว่าลำโพงแบบธรรมดาทั่วไป อีกทั้งครอบคลุมพื้นที่ได้มากและประสิทธิภาพสูง ณ ความดังเท่ากัน ลำโพงฮอร์นจะใช้กำลังน้อยกว่าลำโพงปากกรวยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 ระบบลำโพงแบบให้เสียงครบย่านความถี่

โดยปกติลำโพงจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ลำโพงวูฟเฟอร์ มิดเรนจ์ และทวีตเตอร์ ความถี่การทำงานของลำโพงแต่ละตัวจะมีช่วงความถี่คาบเกี่ยวกัน เพื่อให้การตอบสนองได้ตลอดย่านความถี่เสียงอยู่ในลำโพงตัวเดียวกัน จึงมีการออกแบบลำโพงขึ้นมาใหม่ ดังนี้

3.6.3.1 ลำโพงระบบ 2 ทาง

ลำโพงในระบบนี้จะประกอบด้วยวูฟเฟอร์และมิดเรนจ์ หรือมิดเรนจ์กับทวีตเตอร์รวมเป็นชุดเดียวกันเรียกว่า ระบบลำโพง 2 ทาง มีคุณภาพเสียงดีกว่าลำโพงแบบฟูลเรนจ์ โดยเฉพาะเมื่อใช้ในห้องขนาดเล็กหรือใช้ในรถยนต์ ดังรูปที่ 3.66 แสดงภาพตัดของลำโพงทวีตเตอร์ขนาดเล็ก 1 นิ้ว

รูปที่ 3.66 แสดงลักษณะลำโพงแบบโดมทวีตเตอร์และภาพตัดขวางของลำโพงแบบโดมทวีตเตอร์

ลักษณะของลำโพงจะทำเป็นรูปโค้งหรือโดม กรวยอาจทำจากกระดาษ หรือผ้า โดยมีฝาครอบเป็นพลาสติกหรือเหล็ก บางชนิดทำจากสารไพอีโซอิเล็กตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.2 ลำโพงระบบ 3 ทาง

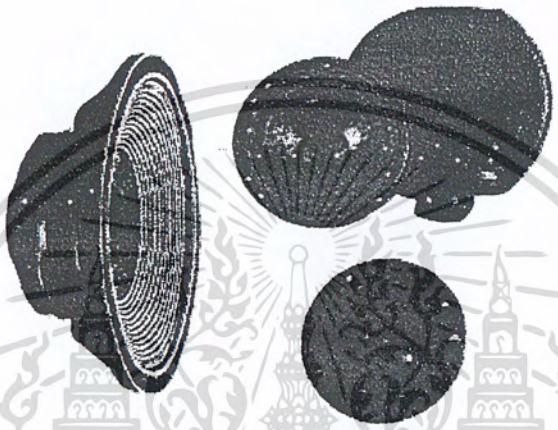
ลำโพงระบบ 3 ทางมีใช้กันมากมายในปัจจุบัน เป็นการรวมลำโพงวูฟเฟอร์ มิดเรนจ์และทวีตเตอร์เข้าด้วยกัน โดยมีกรวยและขดลวดหลาย ๆ ชุดวางไว้ล้อมรอบแท่งแม่เหล็กขนาดใหญ่ส่งผลให้คุณภาพของเสียงดี ทั้งนี้ลำโพงระบบ 2 ทาง และ 3 ทางจะต้องใช้งานร่วมกันกับวงจรข่ายตัดข้าม (Crossover network) เพื่อแยกความถี่เสียงส่งไปเป็นอินพุทของลำโพงที่มีความถี่ตรงตามต้องการ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

รูปที่ 3.67 แสดงลักษณะรูปร่างของลำโพงระบบ 2 ทาง และ 3 ทาง

ปัจจุบันมีชุดคิทลำโพงเพื่อประกอบเอง ทั้งระบบ 2 ทาง และ 3 ทางพร้อมเน็ตเวิร์ก จึงสะดวกสำหรับท่านที่ต้องการศึกษาเรื่องลำโพงโดยตรงจากรูปที่ 3.67 แสดงตัวอย่างของลำโพงระบบ 2 ทาง และ 3 ทาง โดยลำโพงระบบ 3 ทางจะมีขนาดใหญ่ 6 x 9 นิ้ว โครงสร้างลำโพงแข็งแกร่งเพื่อรองรับแรงสั่นสะเทือนของเสียงย่านความถี่ต่ำให้ออกมาหนักหน่วง อีกทั้งกรวยใช้วัตถุดิบชนิดไททาเนียมผสมโพลีเมอร์ ทำให้การยืดหยุ่นของตัวกรวยแน่นอนสม่ำเสมอ สำหรับตัวขับเสียงความถี่กลางจะเป็นมิดเรนจ์แบบบาลานซ์โดมขนาด 1-1/2 นิ้ว และสุดยอดทวีตเตอร์จะติดอยู่ด้านขอบของลำโพงขนาด 3/4 นิ้ว ให้ความคมชัดของเสียงแหลมได้เป็นอย่างดี สามารถตอบสนองความถี่ได้ 25 เฮิรตซ์ ถึง 22 กิโลเฮิรตซ์ ความไว 92 dB รับกำลังขับได้ตั้งแต่ 5-250 วัตต์ นับเป็นลำโพงระบบ 3 ทางรุ่นล่าสุดที่ประสบความสำเร็จในการสร้างสรรค์ลำโพงคุณภาพในยุคก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสมัยใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนลำโพงขนาด 6 x 9 นิ้ว 3 ทางอีกชนิดหนึ่ง จะตอบสนองความถี่ 35-22,000 เฮิรตซ์ ความต้านทาน 4 โอห์ม รับกำลังขับสูงถึง 300 วัตต์ มีความไว 94 dB มิดเรนจ์และทวีตเตอร์เป็นแบบไททาเนียม สำหรับลำโพงระบบ 2 ทางตัวเล็ก จะรับกำลังขับได้ต่ำสุด 5 วัตต์ และสูงสุด 100 วัตต์ ความไว 91 dB ตอบสนองความถี่ได้ 55 เฮิรตซ์ ค่าความต้านทาน 4 โอห์ม



รูปที่ 3.68 แสดงรูปแบบต่าง ๆ ของลำโพงที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

1.เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (FUNCTION GENERATOR)

2.เครื่องสตอเหรดออสซิลโลสโคป (STORERATE OSCILLOSCOPE)

3.เครื่องออดิโออนาไลเซอร์ (AUDIO ANALYZER)

4.เครื่องมัลติมิเตอร์ (MULTIMETER)

5.โหลดความต้านทาน 8โอห์ม, 4โอห์ม, 2โอห์ม (RESISTANT LOAD 8ohm, 4ohm, 2ohm)

จุดประสงค์ของการทดลอง

1.กำลังทางเอาท์พุทที่โหลดความต้านทาน 8 โอห์ม, 4 โอห์ม, 2 โอห์ม

โดยปกติแล้วเราจะวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคปออกมาในรูปของแรงดัน Vpeak แต่ค่าแรงดัน Vpeak นั้นยังไม่สามารถนำมาคำนวณกำลังทางเอาท์พุทได้ต้องนำมาแปลงจากแรงดัน Vpeak ให้เป็นแรงดัน Vrms ก่อนจากสูตร $\mathbf{Vrms} = \frac{\mathbf{Vpeak}}{\sqrt{2}}$ หลังจากที่ได้แรงดัน Vrms แล้วก็จะสามารถนำมาคำนวณกำลังทางเอาท์พุทได้จากสูตร $\mathbf{Pout} = \frac{(\mathbf{Vrms})^2}{\mathbf{Resistance}}$

2.ค่าความไวทางอินพุท (INPUT SENSITIVITY)

เป็นค่าระดับสัญญาณทางอินพุทต่ำสุดที่สามารถทำให้สัญญาณทางเอาท์พุทเริ่มคลิปขณะป้อนโหลดความต้านทานค่าหนึ่งที่เอาท์พุทโดยส่วนมากแล้วจะใช้ค่าโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม และในส่วนนี้ถ้าต่ำมากเท่าใดก็ยิ่งมีความไวทางอินพุทมากเท่านั้น

3.ช่วงของการตอบสนองความถี่ (FREQUENCY RESPONSE)

เป็นกราฟที่บอกช่วงของการตอบสนองความถี่ของเครื่องขยายโดยช่วงของการตอบสนองความถี่นั้นเราจะคิดแค่ช่วงที่ต่ำลงมาจากจุดสูงสุดของกราฟ –3 dB เท่านั้นและส่วนใหญ่ก็จะกว้างกว่าช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยินคือ 20 – 20,000 Hz

4.ความเพี้ยนฮาร์มอนิกโดยรวม (TOTAL HARMONIC DISTORTION)

เป็นความเพี้ยนที่เกิดขึ้นต่อสัญญาณหลักเนื่องจากสัญญาณหลักเมื่อผ่านเข้ามาในวงจรขยายแล้วออกนั้นจะมีสัญญาณความถี่ข้างเคียงเกิดขึ้นที่เราเรียกว่าฮาร์มอนิกเมื่อฮาร์มอนิกนั้นได้รวมเข้ากับสัญญาณหลักแล้วทำให้สัญญาณหลักนั้นผิดเพี้ยนและความเพี้ยนที่เกิดขึ้นโดยรวมทั้งหมดเราเรียกว่า TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD) โดยจะคิดกันเป็นเปอร์เซ็นต์

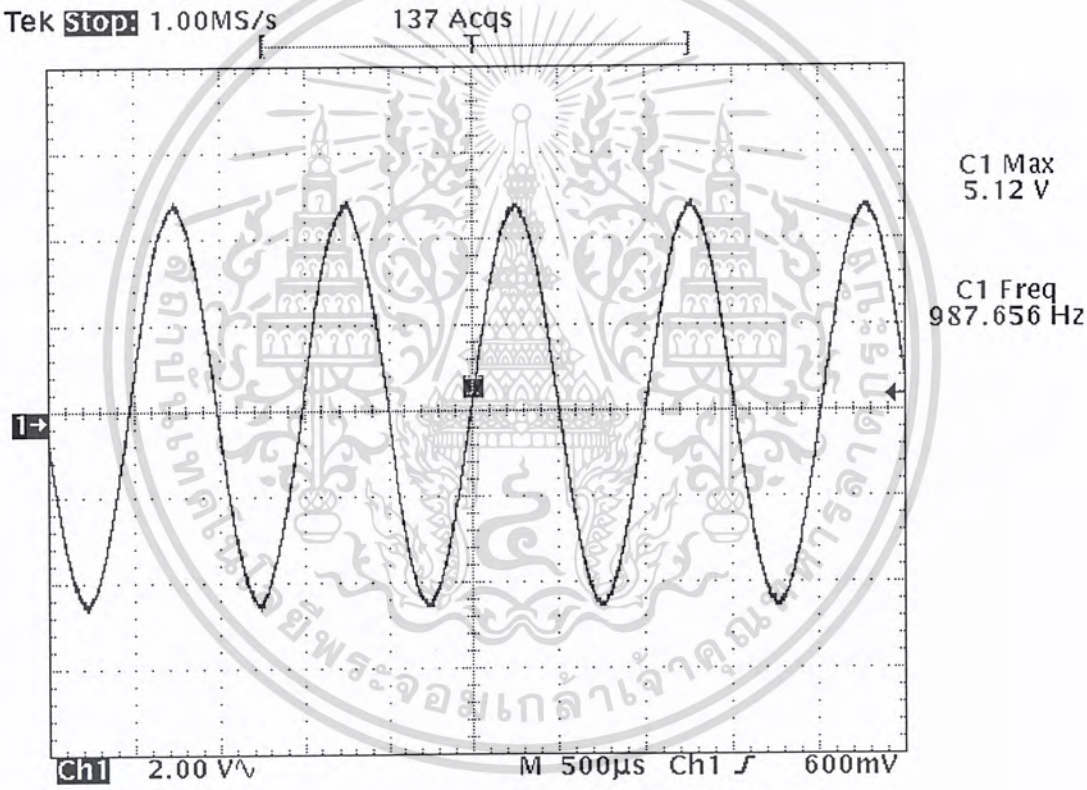
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>วัดระดับสัญญาณทางเอาท์พุทของแอมป์ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม

1.ต่อโหลดความต้านทาน 8 โอห์มที่เอาท์พุทของแอมป์

2.ต่อออนาล็อกเอาท์พุทของเครื่องกำเนิดความถี่เสียง (FUNCTION GENERATOR) เข้าที่อินพุทของแอมป์กำเนิดระดับสัญญาณความถี่เสียง 1 kHz จนกระทั่งระดับสัญญาณทางเอาท์พุทของแอมป์เริ่มคลิป

3.ต่ออินพุทของเครื่องสตอเรดออสซิลโลสโคป (STORERATE OSCILLOSCOPE) เข้าที่อินพุทของแอมป์เพื่อบันทึกระดับสัญญาณทางอินพุทดังรูปที่ 4.1 เพื่อแสดงค่าความไวทางอินพุท (INPUT SENSITIVITY) ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม



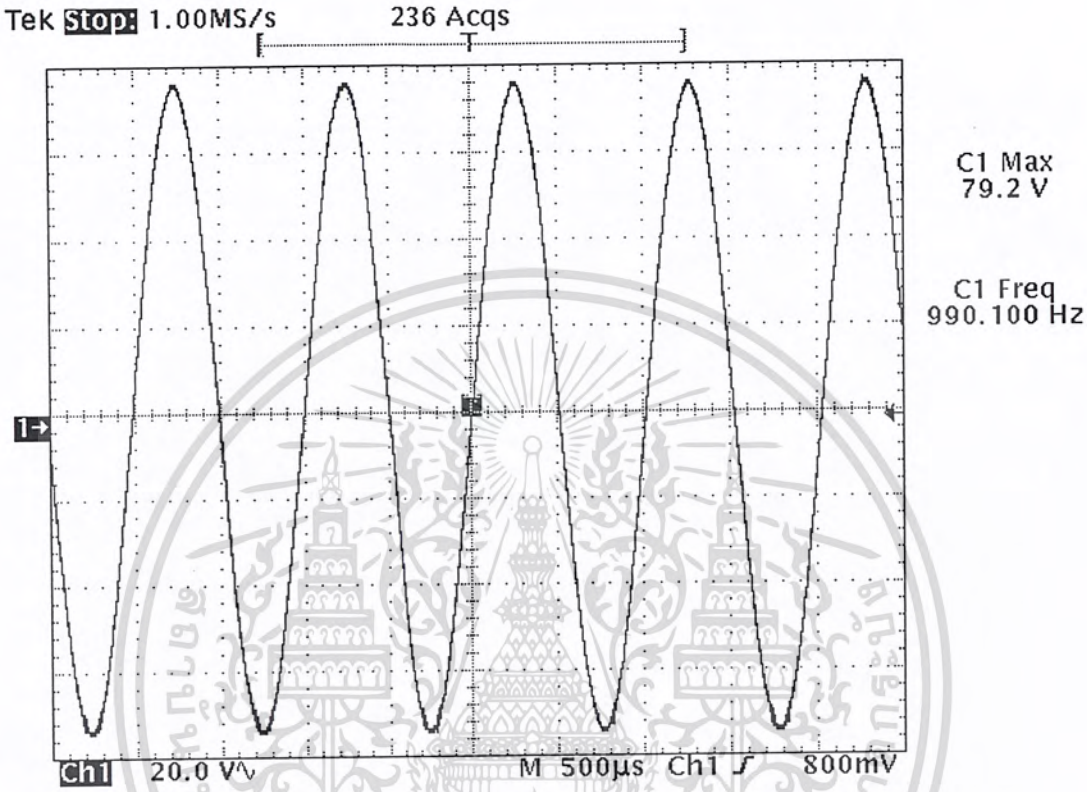
รูปที่ 4.1 แสดงระดับสัญญาณทางอินพุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม

จากรูปที่ 4.1 แสดงระดับสัญญาณทางอินพุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์มมีขนาด 5.12 Vpeak สามารถคำนวนเป็น $\mathbf{Vrms} = \frac{\mathbf{Vpeak}}{\sqrt{2}} = \frac{\mathbf{5.12Vpeak}}{\sqrt{2}} = \mathbf{3.6\,Vrms}$

ดังนั้นค่าระดับสัญญาณทางอินพุทต่ำสุดที่สามารถทำให้สัญญาณทางเอาท์พุทเริ่มคลิปขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม หรือค่าความไวทางอินพุท (INPUT SENSTIVITY) ขณะป้อนโหลด 8 โอห์มมีค่าเท่ากับ 5.12 Vpeak หรือ 3.6 Vrms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ต่ออินพุทของเครื่องสตอเหรดออสซิลโลสโคป (STORERATE OSCILLOSCOPE) เข้าที่เอาท์พุทของแอมป์เพื่อบันทึกระดับสัญญาณทางเอาท์พุทดังรูปที่ 4.2 เพื่อแสดงค่ากำลังทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม



รูปที่ 4.2 แสดงระดับสัญญาณเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม

จากรูปที่ 4.2 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์มมีขนาด 79.2 Vpeak สามารถคำนวนเป็น $\mathbf{Vrms} = \frac{\mathbf{Vpeak}}{\sqrt{2}} = \frac{\mathbf{79.2\,Vpeak}}{\sqrt{2}} = \mathbf{56.01\,Vrms}$

และสามารถคำนวนกำลังทางเอาท์พุท $\mathbf{Pout} = \frac{(\mathbf{Vrms})^2}{\mathbf{Resistance}} = \frac{(\mathbf{56.01\,Vrms})^2}{\mathbf{8ohm}} = \mathbf{392\,Wrms}$

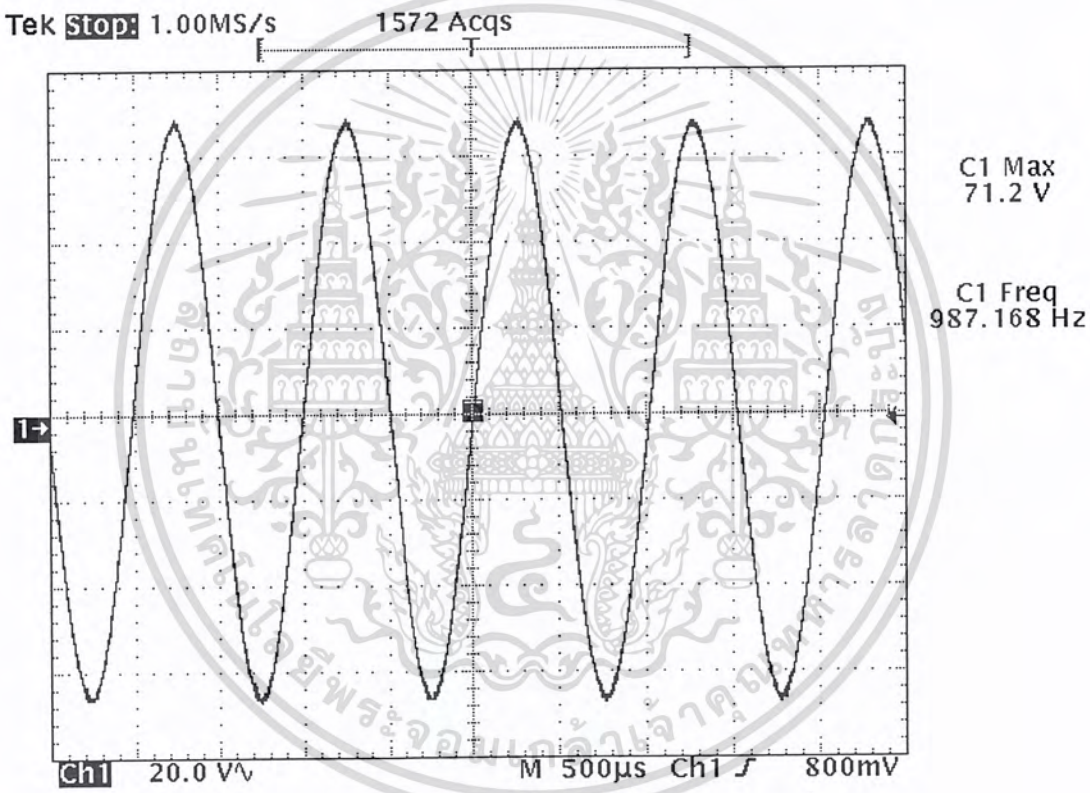
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>**วัดระดับสัญญาณทางเอาท์พุทของแอมป์ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 4 โอห์ม**

1.ต่อโหลดความต้านทาน 4 โอห์มที่เอาท์พุทของแอมป์

2.ต่ออนาล็อกเอาท์พุทของเครื่องกำเนิดความถี่เสียง (FUNCTION GENERATOR) เข้าที่อินพุทของแอมป์กำเนิดระดับสัญญาณความถี่เสียง 1 kHz จนกระทั่งระดับสัญญาณทางเอาท์พุทของแอมป์เริ่มคลิป

3.ต่ออินพุทของเครื่องสตอเรดออสซิลโลสโคป (STORERATE OSCILLOSCOPE) เข้าที่เอาท์พุทของแอมป์เพื่อบันทึกระดับสัญญาณทางเอาท์พุทดังรูปที่ 4.3 เพื่อแสดงค่ากำลังทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 4 โอห์ม



รูปที่ 4.3 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 4 โอห์ม

จากรูปที่ 4.3 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 4 โอห์มมีขนาด 71.2 Vpeak สามารถคำนวนเป็น $\mathbf{Vrms} = \dfrac{\mathbf{Vpeak}}{\sqrt{2}} = \dfrac{\mathbf{71.2\,Vpeak}}{\sqrt{2}} = \mathbf{50.35\,Vrms}$

และสามารถคำนวณกำลังทางเอาท์พุท $\mathbf{Pout} = \dfrac{(\mathbf{Vrms})^2}{\mathbf{Resistance}} = \dfrac{(\mathbf{50.35\,Vrms})^2}{\mathbf{8\,ohm}} = \mathbf{634\,Wrms}$

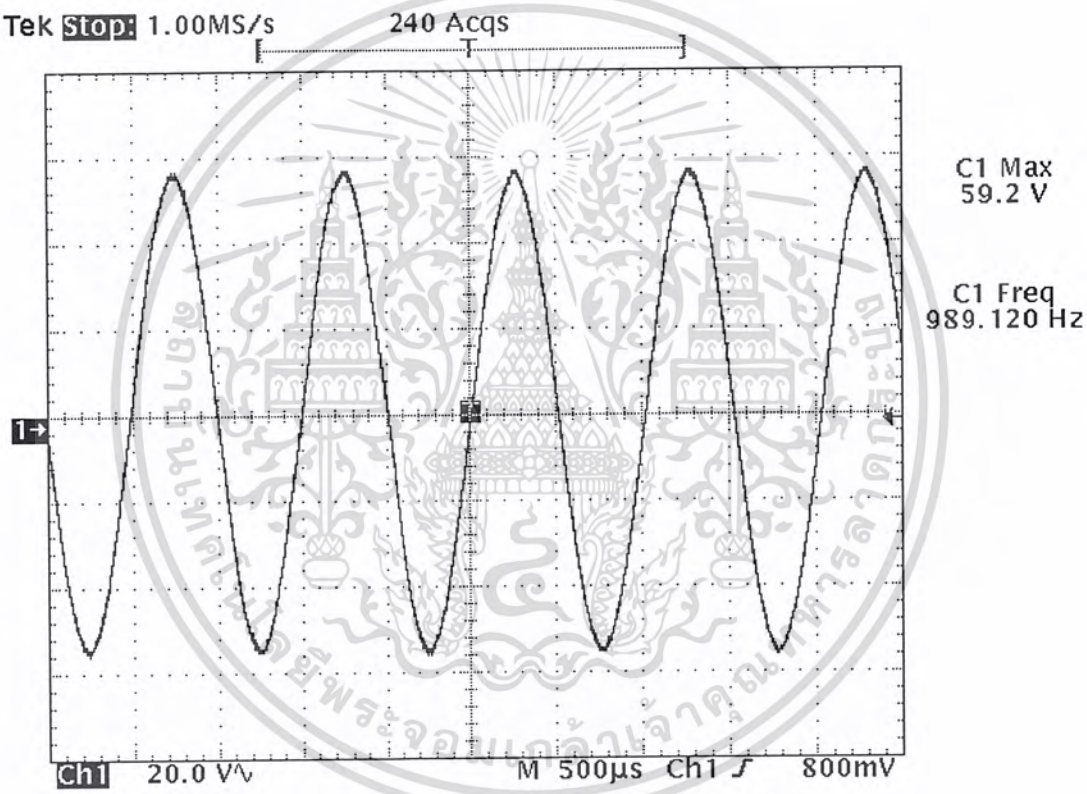
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>วัดระดับสัญญาณทางเอาท์พุทของแอมป์ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 2 โอห์ม

1.ต่อโหลดความต้านทาน 2 โอห์มที่เอาท์พุทของแอมป์

2.ต่ออนาล็อกเอาท์พุทของเครื่องกำเนิดความถี่เสียง (FUNCTION GENERATOR) เข้าที่อินพุทของแอมป์กำเนิดระดับสัญญาณความถี่เสียง 1 kHz จนกระทั่งระดับสัญญาณทางเอาท์พุทของแอมป์เริ่มคลิป

3.ต่ออินพุทของเครื่องสตอเรดออสซิลโลสโคป (STORERATE OSCILLOSCOPE) เข้าที่เอาท์พุทของแอมป์เพื่อบันทึกระดับสัญญาณทางเอาท์พุทดังรูปที่ 4.4 เพื่อแสดงค่ากำลังทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 2 โอห์ม



รูปที่ 4.4 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 2 โอห์ม

จากรูปที่ 4.4 แสดงระดับสัญญาณทางเอาท์พุทขณะป้อนโหลดความต้านทาน 2 โอห์มมีขนาด 59.2 Vpeak สามารถคำนวนเป็น $\mathbf{Vrms} = \dfrac{\mathbf{Vpeak}}{\sqrt{2}} = \dfrac{\mathbf{59.2\,Vpeak}}{\sqrt{2}} = \mathbf{41.87\,Vrms}$

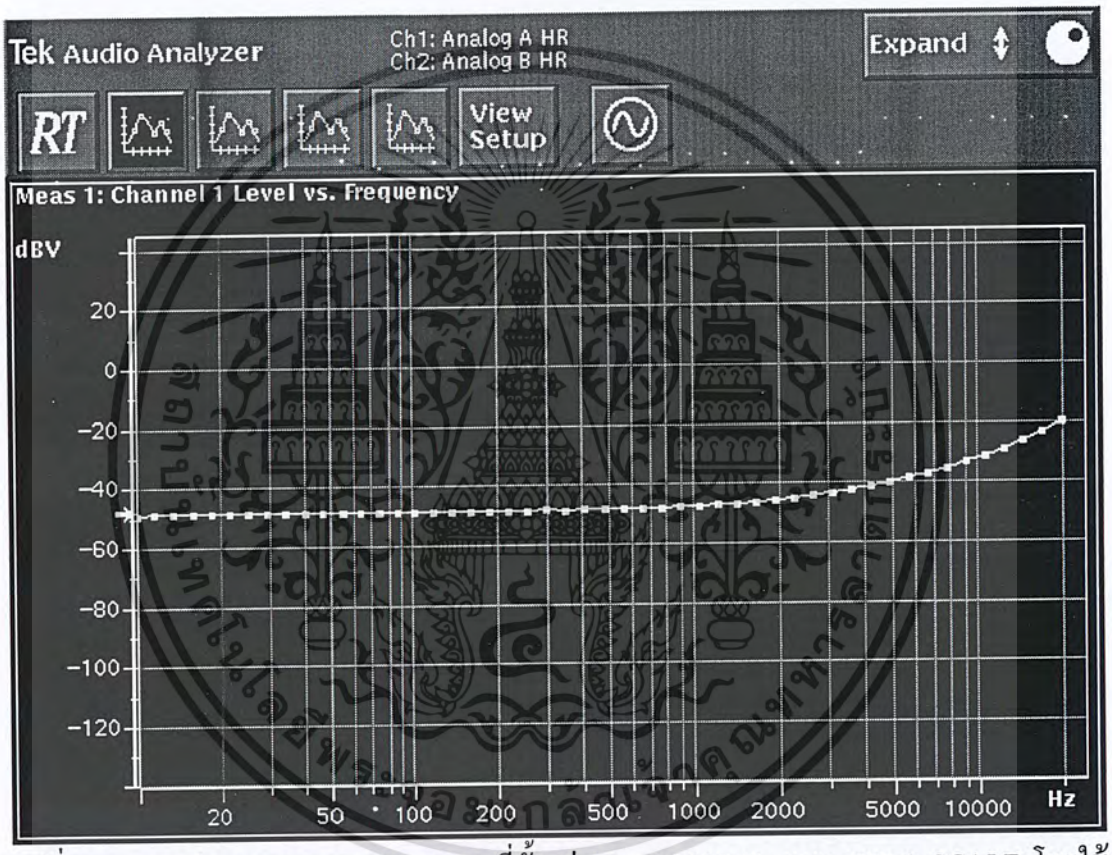
และสามารถคำนวนกำลังทางเอาท์พุท $\mathbf{Pout} = \dfrac{(\mathbf{Vrms})^2}{\mathbf{Resistance}} = \dfrac{(\mathbf{41.87\,Vrms})^2}{\mathbf{8\,ohm}} = \mathbf{876\,Wrms}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>วัดช่วงของการตอบสนองความถี่ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม

1.ต่อโหลดความต้านทาน 8 โอห์มที่เอาท์พุทของแอมป์

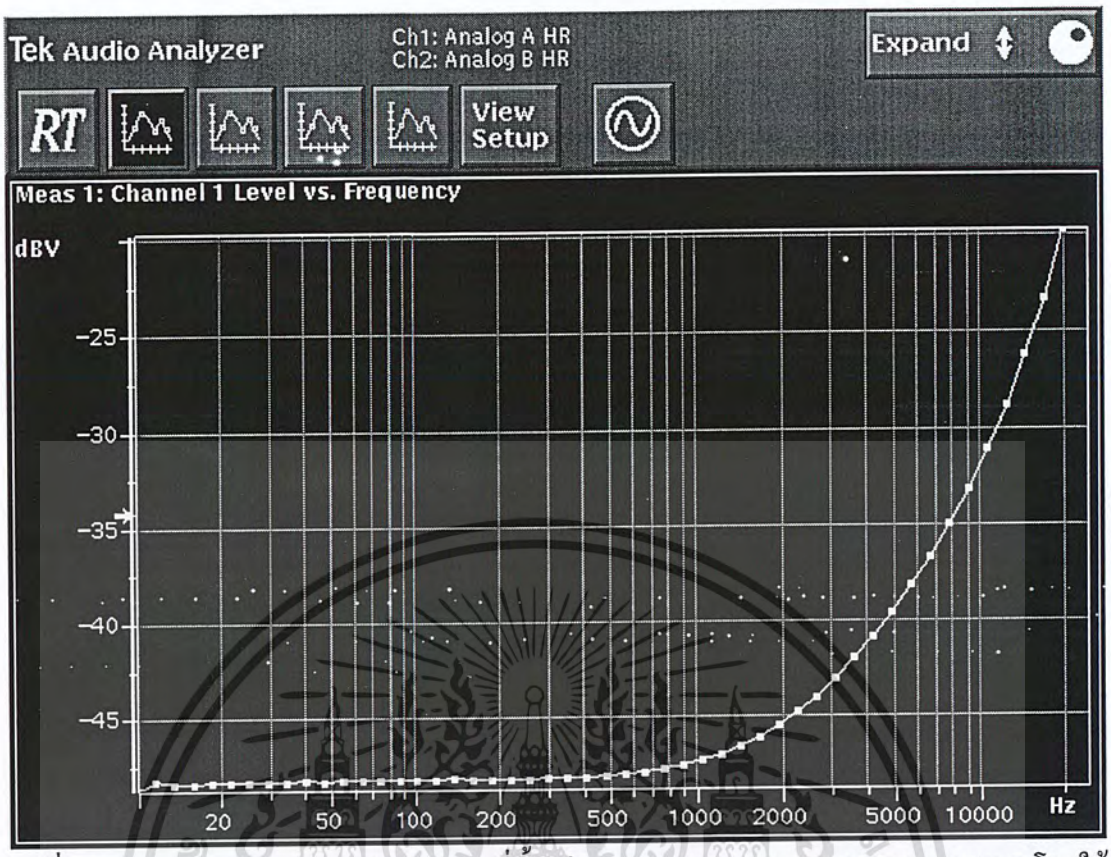
2.ต่ออนาล็อกเอาท์พุทของเครื่องออดิโออนาไลเซอร์ (AUDIO ANALYZER) เข้าที่อินพุทของแอมป์เพื่อกำเนิดระดับสัญญาณความถี่เสียงแบบกวาดตั้งแต่ 10 – 20,000 Hz ที่ 1 Vpeak และต่ออนาล็อกอินพุทของเครื่องออดิโออนาไลเซอร์ (AUDIO ANALYZER) เข้าที่เอาท์พุทของแอมป์เพื่อบันทึกระดับสัญญาณทางเอาท์พุทดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 เพื่อแสดงช่วงของการตอบสนองความถี่ (FREQUENCY RESPONSE) ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม



รูปที่ 4.5 แสดงช่วงของการตอบสนองความถี่ตั้งแต่ 10 – 20,000 Hz แบบ FULL SCALE โดยใช้สายโพรบลดทอนสัญญาณ 10 เท่า

จากรูปที่ 4.5 ช่วงของการตอบสนองความถี่เป็นแบบหงายเพราะการป้อนระดับสัญญาณทางอินพุทต่ำถ้าต้องการให้จุดสูงสุด –5 dBV มาอยู่ที่ 0 dBV หรือเป็นรูปคว่ำ ก็ต้องป้อนระดับสัญญาณอินพุทเพิ่มมากขึ้น เพราะแอมป์มีค่าความไวทางอินพุทต่ำจากการทดลองที่ผ่านมาดังรูปที่ 4.1 แต่ถึงรูปที่ออกมาจะหงายหรือคว่ำช่วงของการตอบสนองความถี่ก็มีค่าใกล้เคียงกัน เพราะว่าเวลาเพิ่มระดับสัญญาณอินพุทจุดกราฟแนวนอน ณ.ตำแหน่ง 20,000 Hz นั้นก็ยังคงที่อยู่ที่ –2 dBV เช่นเดิม ดังนั้นเวลาดูรูปที่หงายช่วงของการตอบสนองความถี่ก็จะอยู่สูงจากจุดต่ำสุด 3 dBV แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงช่วงของการตอบสนองความถี่ตั้งแต่ 10 – 20,000 Hz แบบ ZOOM SCALE โดยใช้สายโพรบลดทอนสัญญาณ 10 เท่า

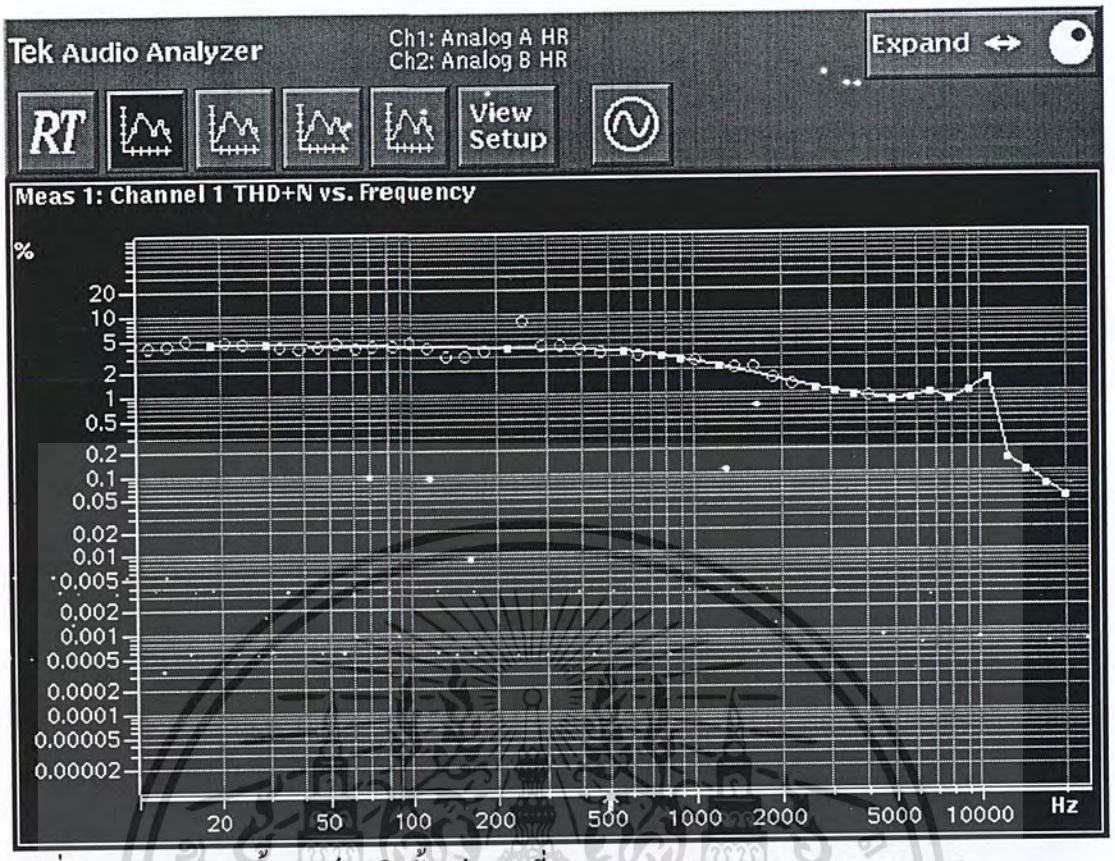
จากรูปที่ 4.6 จุดที่ต่ำสุดของกราฟอยู่ที่ –5 dBV หรือที่ความถี่ 10 Hz ดังนั้นช่วงของการตอบสนองความถี่ก็จะอยู่สูงจากจุดต่ำสุด 3 dBV คือ 10 - 20,000 Hz หรือจุดตัดกราฟที่ –2 dBV

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>วัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม

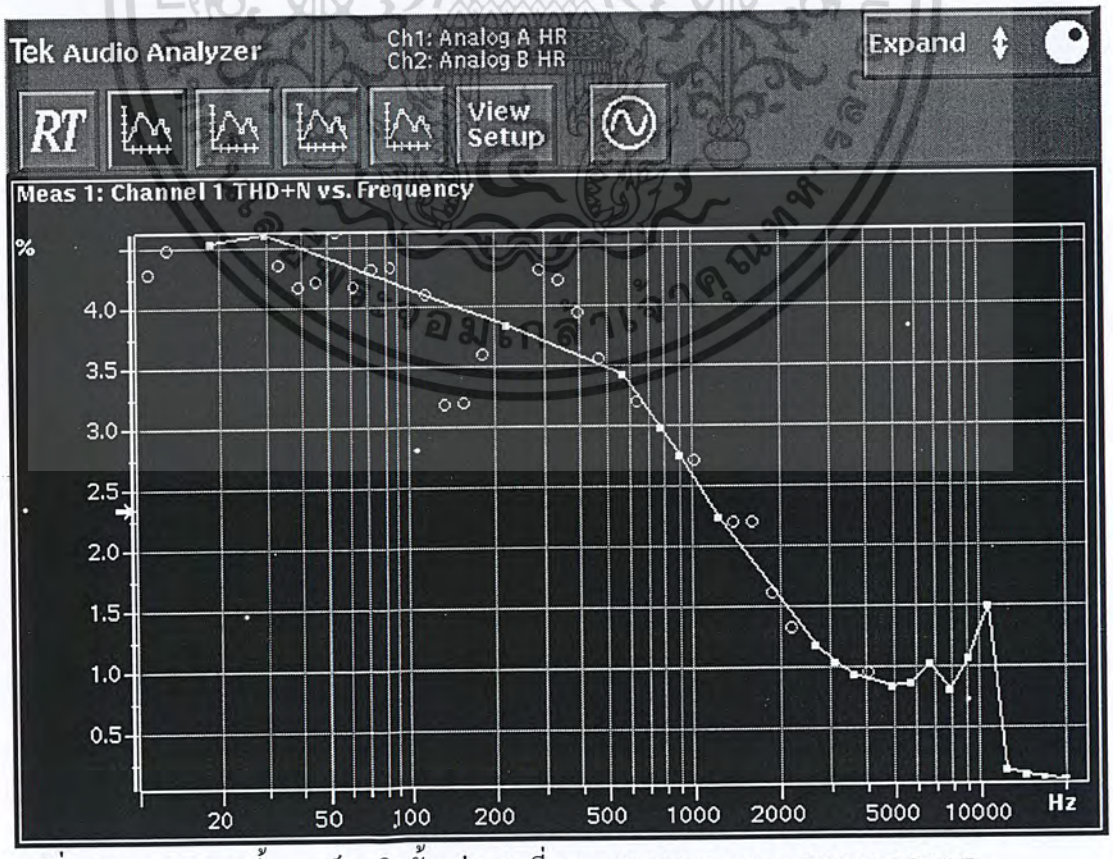
1.ต่อโหลดความต้านทาน 8 โอห์มที่เอาท์พุทของแอมป์

2.ต่ออนาล็อกเอาท์พุทของเครื่องออดิโออนาไลเซอร์ (AUDIO ANALYZER) เข้าที่อินพุทของแอมป์เพื่อกำเนิดระดับสัญญาณความถี่เสียงแบบกวาดตั้งแต่ 10 – 20,000 Hz ที่ 1 Vpeak และต่ออนาล็อกอินพุทของเครื่องออดิโออนาไลเซอร์ (AUDIO ANALYZER) เข้าที่เอาท์พุทของแอมป์เพื่อบันทึกระดับสัญญาณทางเอาท์พุทดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 เพื่อแสดงความเพี้ยนฮาร์มอนิกโดยรวม (TOTAL HARMONIC DISTORTION) ขณะป้อนโหลดความต้านทาน 8 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

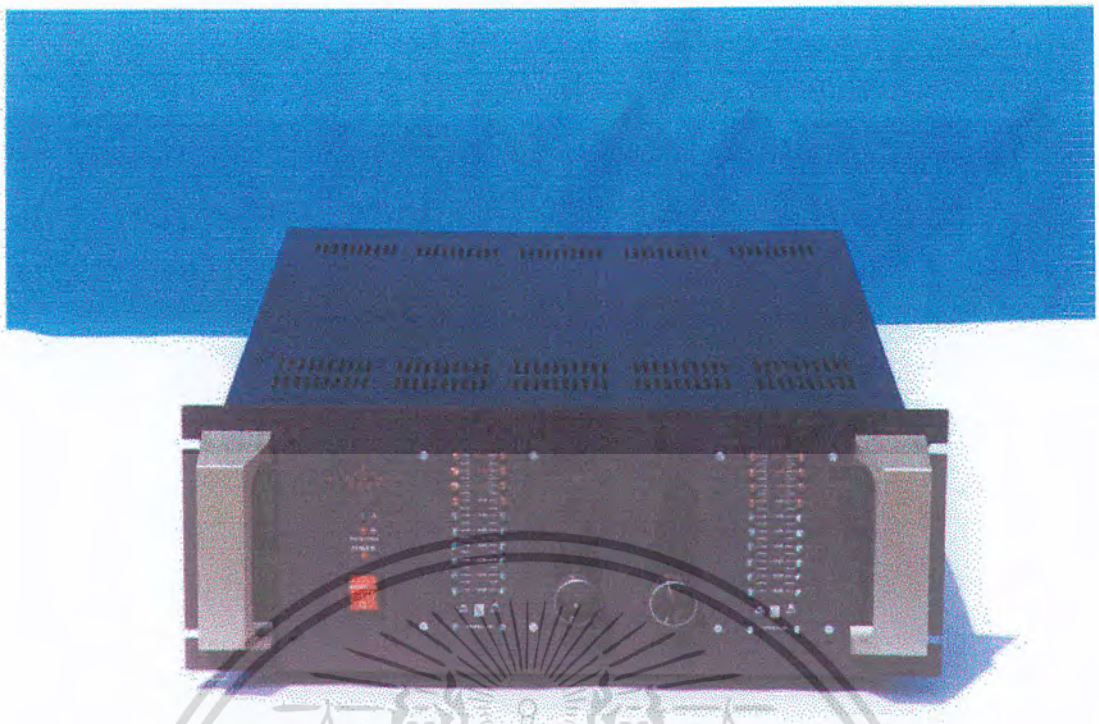


รูปที่ 4.7 แสดงความเพี้ยนฮาร์มอนิกตั้งแต่ความถี่ 10 – 20,000 Hz แบบ FULL SCALE

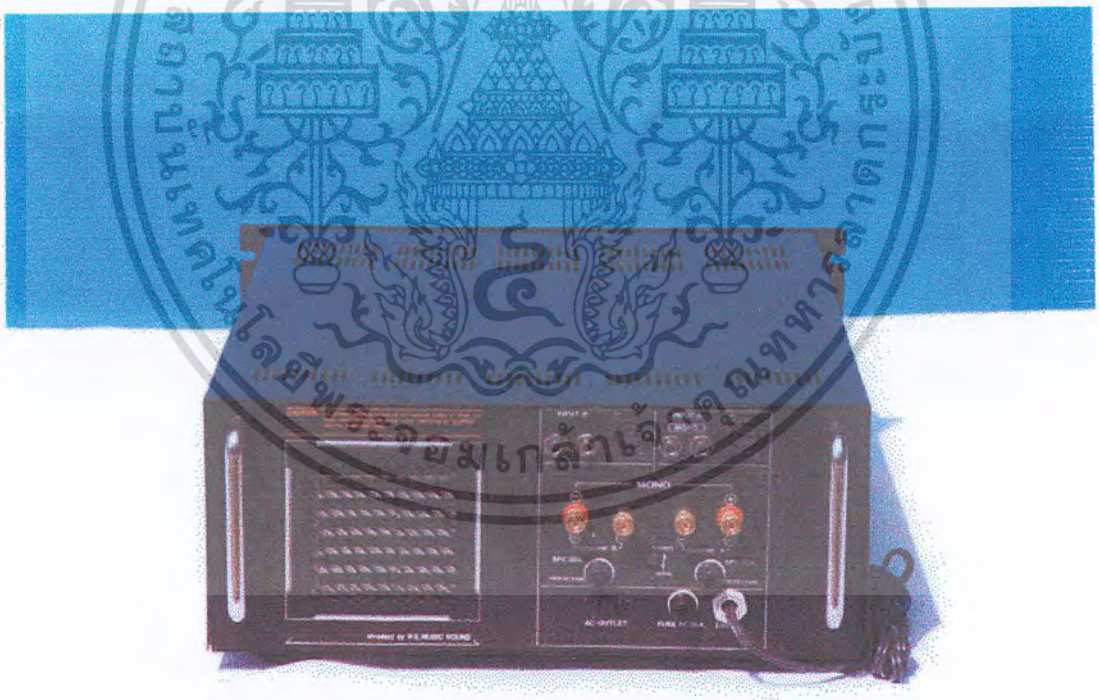


รูปที่ 4.8 แสดงความเพี้ยนฮาร์มอนิกตั้งแต่ความถี่ 10 – 20,000 Hz แบบ ZOOM SCALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

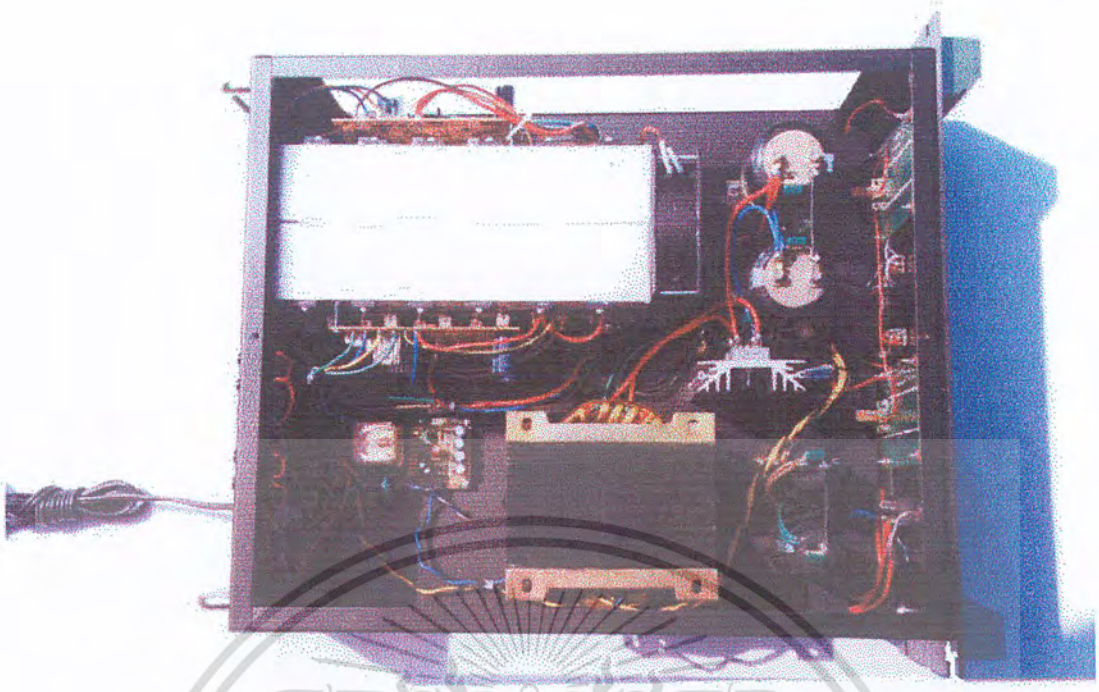


รูปที่ 4.9 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ด้านหน้า

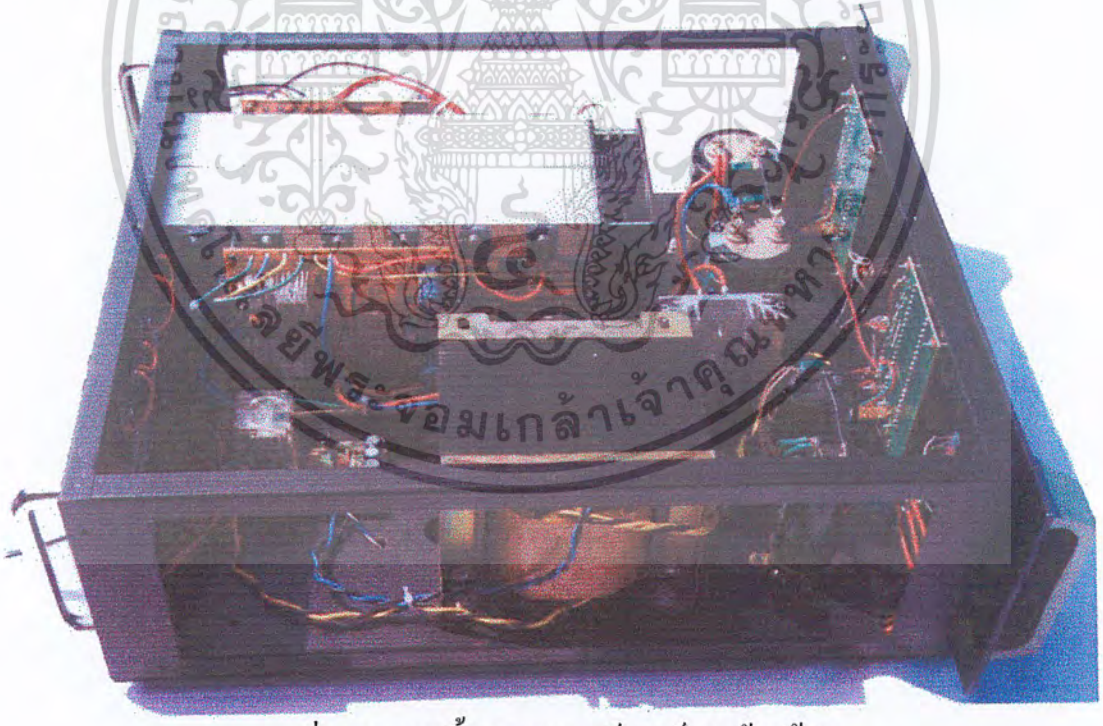


รูปที่ 4.10 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

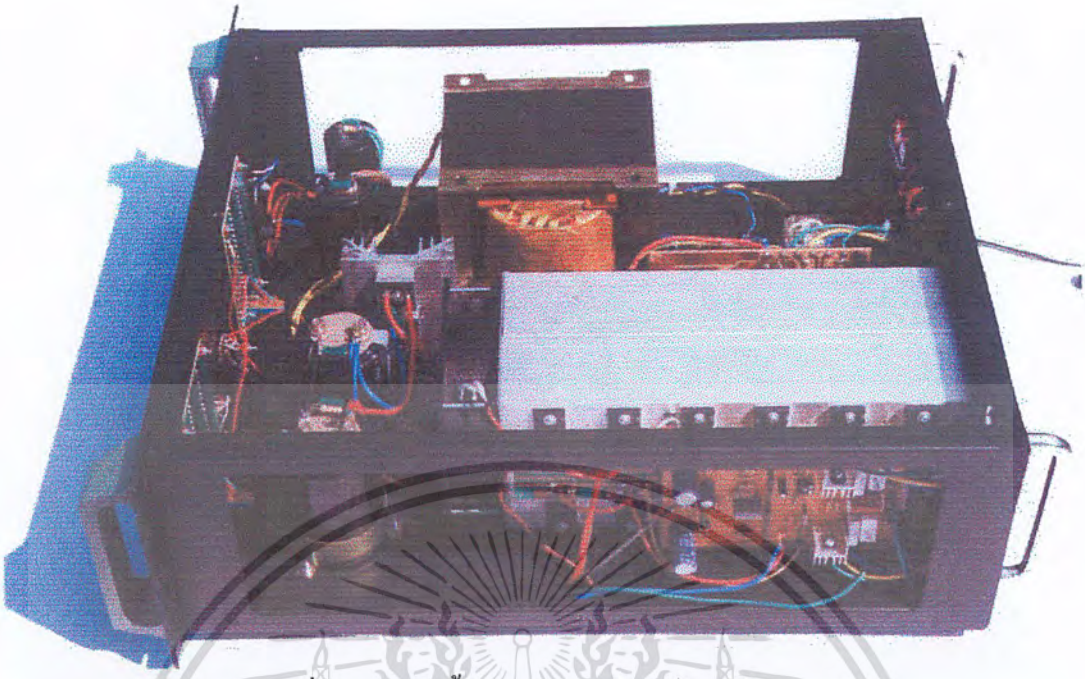


รูปที่ 4.11 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ด้านบน

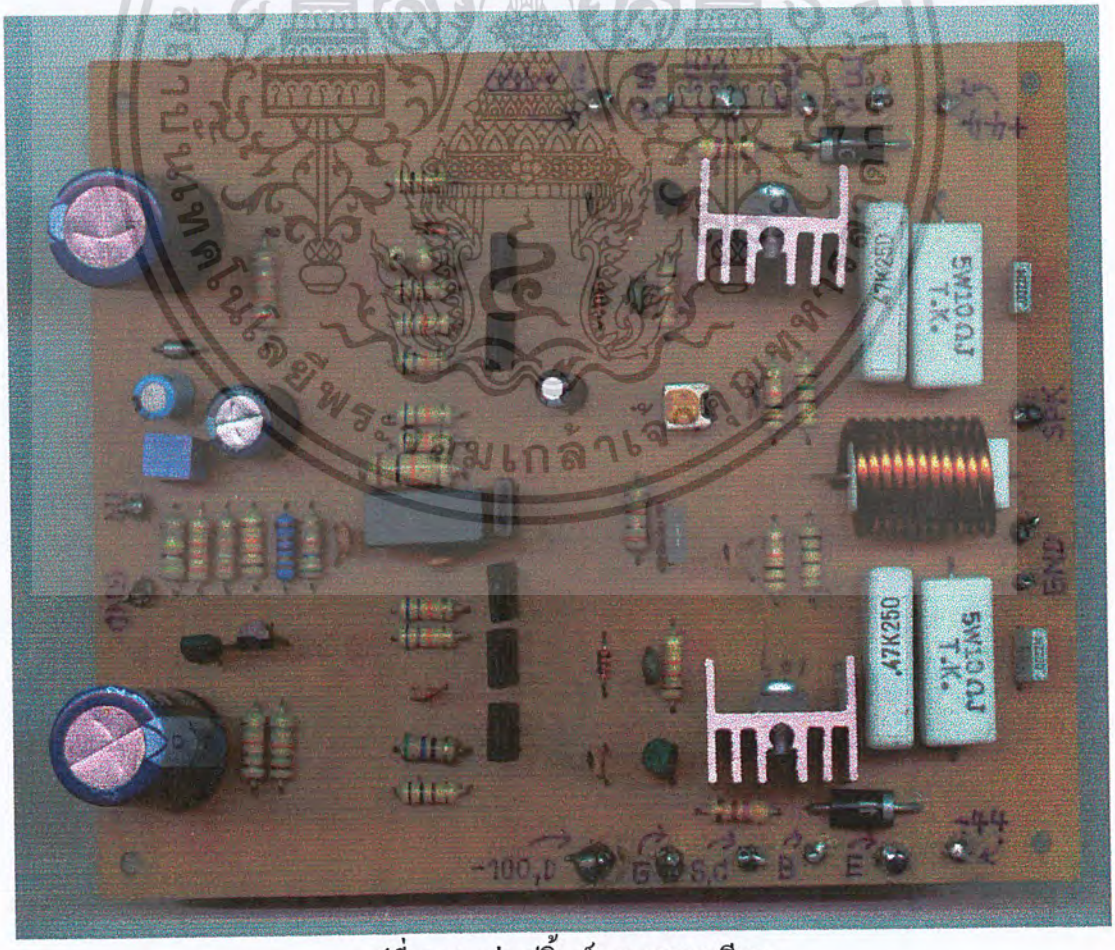


รูปที่ 4.12 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ทางด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

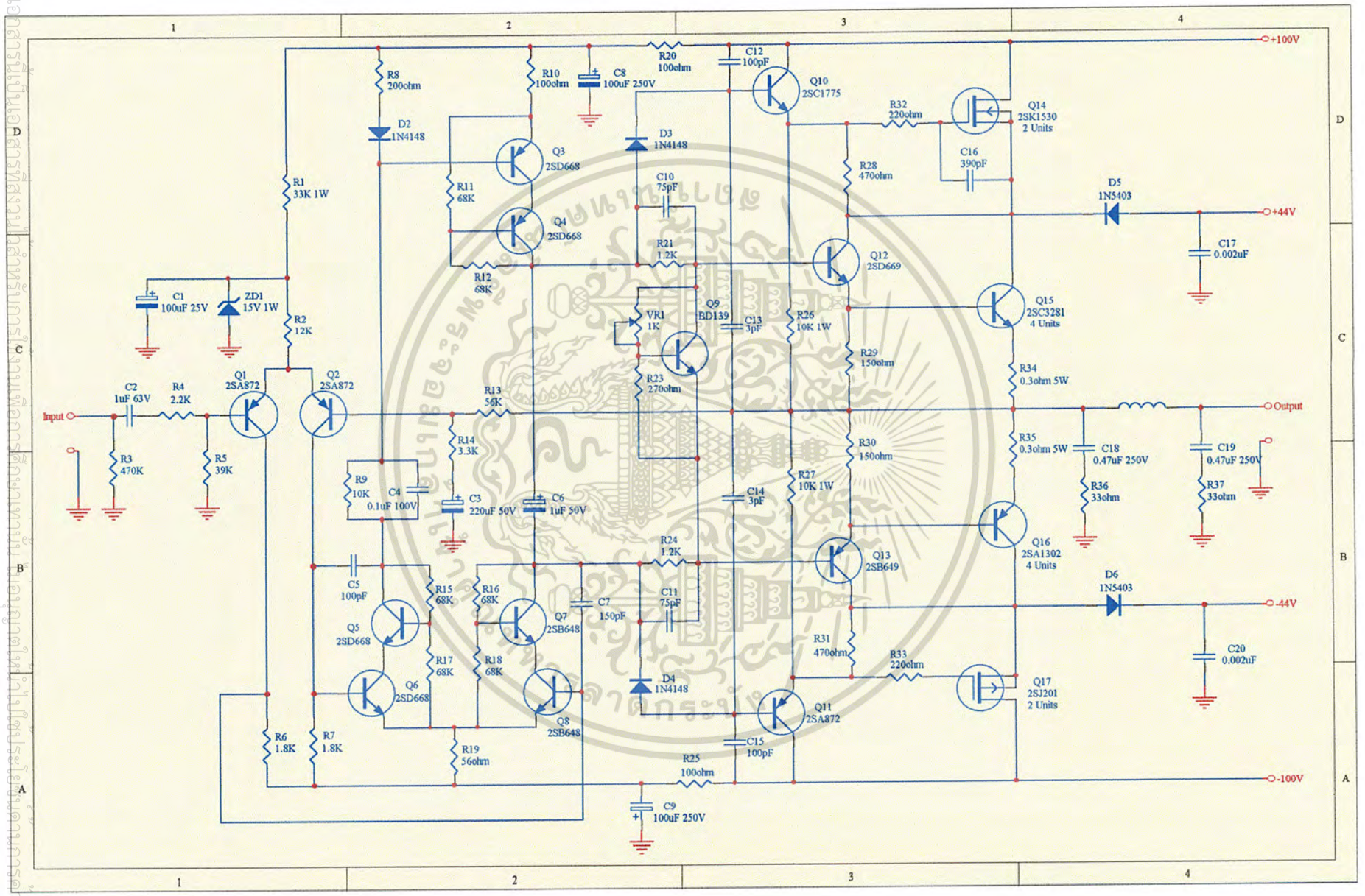


รูปที่ 4.13 แสดงชิ้นงานเพาเวอร์แอมป์ทางด้านขวา



รูปที่ 4.14 แผ่นปริ้นท์วงจรขยายเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส-จี

การทำงานของวงจร

สัญญาณอินพุทจะต้องผ่านภาคแรกซึ่งเป็นภาค BUFFER ของวงจรก่อนประกอบด้วย R3, C2, R4, R5 และจะถูกส่งต่อไปยังภาคที่2 เป็นภาคดิฟเฟอร์เรนเชียลโดยผ่านขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งทำงานร่วมกับทรานซิสเตอร์ Q2 เปรียบเทียบสัญญาณที่ส่งต่อมาจากภาคแรกกับสัญญาณเอาท์พุท โดยสัญญาณที่ได้นั้นจะถูกส่งต่อไปยังภาคที่3 เป็นภาคขยายแรงดันประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q3, Q4 ทำหน้าที่ขยายแรงดันเพื่อให้มีระดับสัญญาณที่มีแรงพอที่ภาคที่4 ต้องการ โดยภาคที่4 นั้นเป็นภาคไดร์ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q12, Q13 ทำหน้าที่ขับกระแสให้แก่ภาคสุดท้าย และภาคสุดท้ายนั้นเป็นภาคขยายกำลังประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q15, Q16 ทำหน้าที่ขยายกระแสเพื่อให้ได้กำลังออกไปยังลำโพง

ในช่วงสัญญาณอินพุทที่มีความแรงไม่มากพอจนทำให้สัญญาณเอาท์พุทส่วนยอดถูกคลิบนั้นทรานซิสเตอร์ Q10, Q11 และเพาเวอร์มอสเฟต Q14, Q17 ยังคงไม่ทำงานและภาคไดร์กับภาคขยายกำลังยังคงใช้แรงดันไฟต่ำที่ 48 โวลท์ แต่เมื่อช่วงที่สัญญาณจากภาคที่2 ที่ทำให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทที่ส่วนยอดเริ่มจะถูกคลิป สัญญาณจากภาคที่2 ดังกล่าวนั้นจะถูกป้อนผ่านไดโอด D3, D4 ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q10, Q11 ทำงานและส่งผลให้เพาเวอร์มอสเฟต Q14, Q17 ทำงานซึ่งเป็นการเพิ่มระดับแรงดันไฟต่ำให้สูงขึ้นและทำให้สัญญาณเอาท์พุทส่วนยอดดังกล่าวที่เริ่มจะถูกคลิปนั้นไม่ถูกคลิปเช่นวงจรทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของ บทผลการทดลอง ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องขยายเสียงประสิทธิภาพสูงซึ่งใช้หลักการของเครื่องขยายเสียง คลาสจีที่เราศึกษานั้นสามารถ

- ตอบสนองสัญญาณในช่วงความถี่เสียงได้ตั้งแต่ 10 Hzถึง 20,000 Hz
- ความไวในการรับสัญญาณอินพุท 3.6 Vrmsขณะจ่ายกำลัง 392 Wrmsที่ความต้านทานโหลด 8 โอห์ม
- จ่ายกำลังได้ 392 Wrmsที่ความต้านทานโหลด 8 โอห์ม
- จ่ายกำลังได้ 634 Wrmsที่ความต้านทานโหลด 4 โอห์ม
- จ่ายกำลังได้ 876 Wrmsที่ความต้านทานโหลด 2 โอห์ม

และที่สำคัญที่สุดคือเครื่องขยายเสียง คลาสจีนั้นสามารถ

- ลดการสูญเสียพลังงานและความร้อนที่เกิดแก่ทรานซิสเตอร์เอ้าพุท

โดยขณะทำการขยายเสียงออกที่ลำโพงโหลด 8 โอห์มนานพอสมควรนั้นที่พื้นผิวของทรานซิสเตอร์เอ้าพุทของเครื่องขยายเสียง คลาสจียังคงเย็นอยู่เมื่อเทียบกับเครื่องขยายเสียงทั่วๆไปแล้วจะต้องอุ่นๆ แสดงว่าหลักการของเครื่องขยายเสียง คลาสจีที่ใช้แรงดันไฟ 2 ระดับนั้นสามารถลดการสูญเสียพลังงานและความร้อนที่เกิดแก่ทรานซิสเตอร์เอ้าพุทได้จริง

<u>**ข้อเสีย**</u> ของเครื่องขยายเสียง คลาสจี

- จะต้องเสียเงินค่าแหล่งจ่ายไฟเพิ่มอีกหนึ่งชุดเป็น 2 ชุด
- การออกแบบวงจรขยาย คลาสจีจะมีปัญหากราวด์ลอยของวงจรในช่วงแรงดันไฟต่ำกับแรงดันไฟสูงทำให้การออกแบบในช่วงเพิ่มไฟนั้นผู้ออกแบบจะต้องมีความชำนาญในเรื่องกราวด์มากพอสมควร

<u>**ปัญหา**</u> ในการศึกษาเครื่องขยายเสียง คลาสจี

- วงจรที่ศึกษานั้นมีแรงดันไฟสูงที่สูงมากถึง 100 Vdcทำให้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเสียหายได้ง่ายจากการทดลอง
- ค่าความต้านทานในส่วนปรับกระแสค่อนข้างตายตัวเพราะการเปลี่ยนแปลงมีผลให้วงจรตั้งแต่ส่วนปรับกระแสจนถึงส่วนเอ้าพุทเสียหายได้ง่าย
- การเพิ่มจำนวนทรานซิสเตอร์เอ้าพุทมีผลทำให้เกิดการออสซิลเลตในวงจรเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์

TRANSISTOR

Q1 , Q2 ; 2SA872

Q3 , Q4 , Q5 , Q6 ;2SD668

Q7 ,Q8 ;2SB648

Q9 ; BD139

Q10 ; 2SC1775

Q11 ; 2SA872

Q12 ; 2SD669

Q13 ; 2SB649

Q15 ; 2SC3281

Q16 ; 2SA1302

MOSFET

Q14 ; 2SK1530

Q15 ; 2SJ201

RESISTOR

33 K	**1**	**ตัว**
12 K	**1**	**;**
470 K	**1**	**;**
2.2 K	**1**	**;**
39 K	**1**	**;**
1.8 K	**2**	**;**
200	**2**	**;**
10 K	**1**	**;**
100	**1**	**;**
68 K	**6**	**;**
56 K	**1**	**;**
2.7 K	**1**	**;**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

56	1	ตัว
1.2 K	2	;
100	1	;
10 K 1 W	2	;
470	2	;
150	2	;
220	2	;
0.3 5 W	2	;
33	2	;
270	1	;
VR 1 K	1	;

CAPASITOR

100 UF 25 V	1	ตัว
1 UF 63 V	1	;
220 UF 50 V	1	;
0.1 UF 100 V	1	;
100 PF	2	;
1 UF 50 V	1	;
150 PF	1	;
75 PF	2	;
100 UF 250 V	2	;
1 PF	1	;
3 PF	2	;
390 PF	1	;
0.002 UF	2	;
0.47 UF 250 V	2	;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

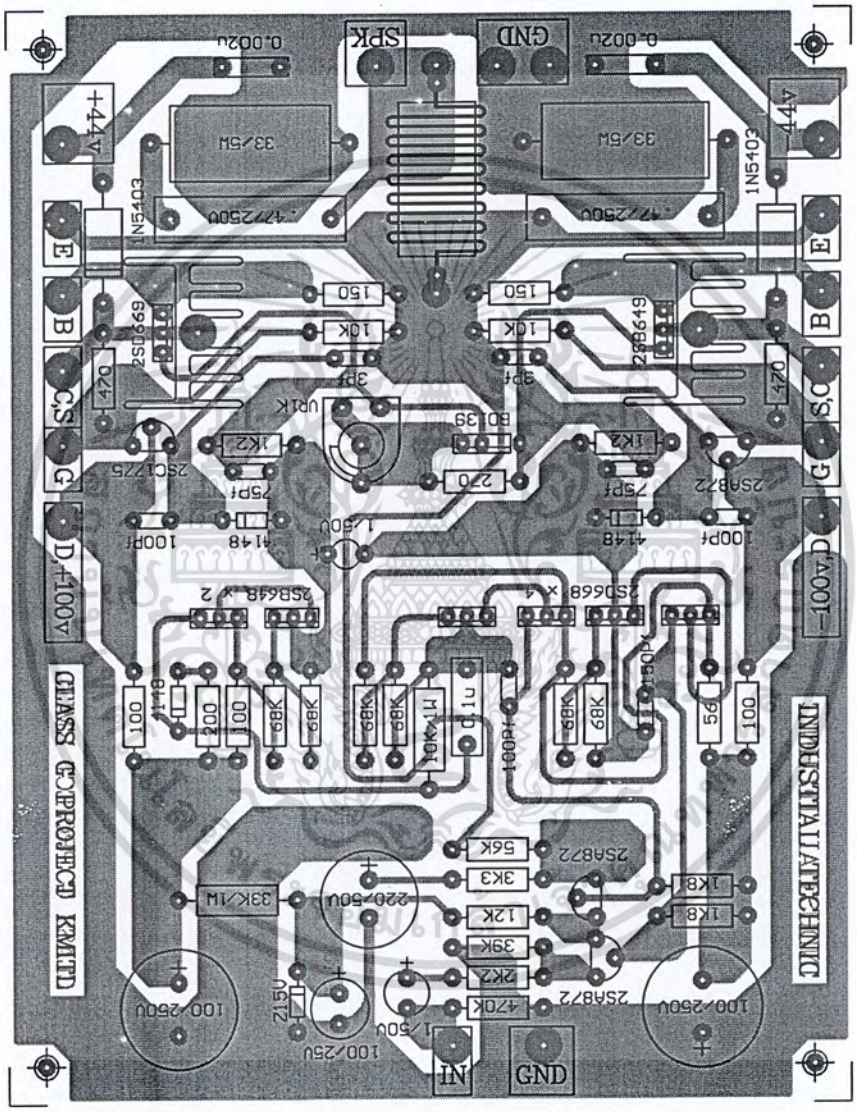
ZENER DIODE

15 V 1 W	**1**	ตัว

DIODE

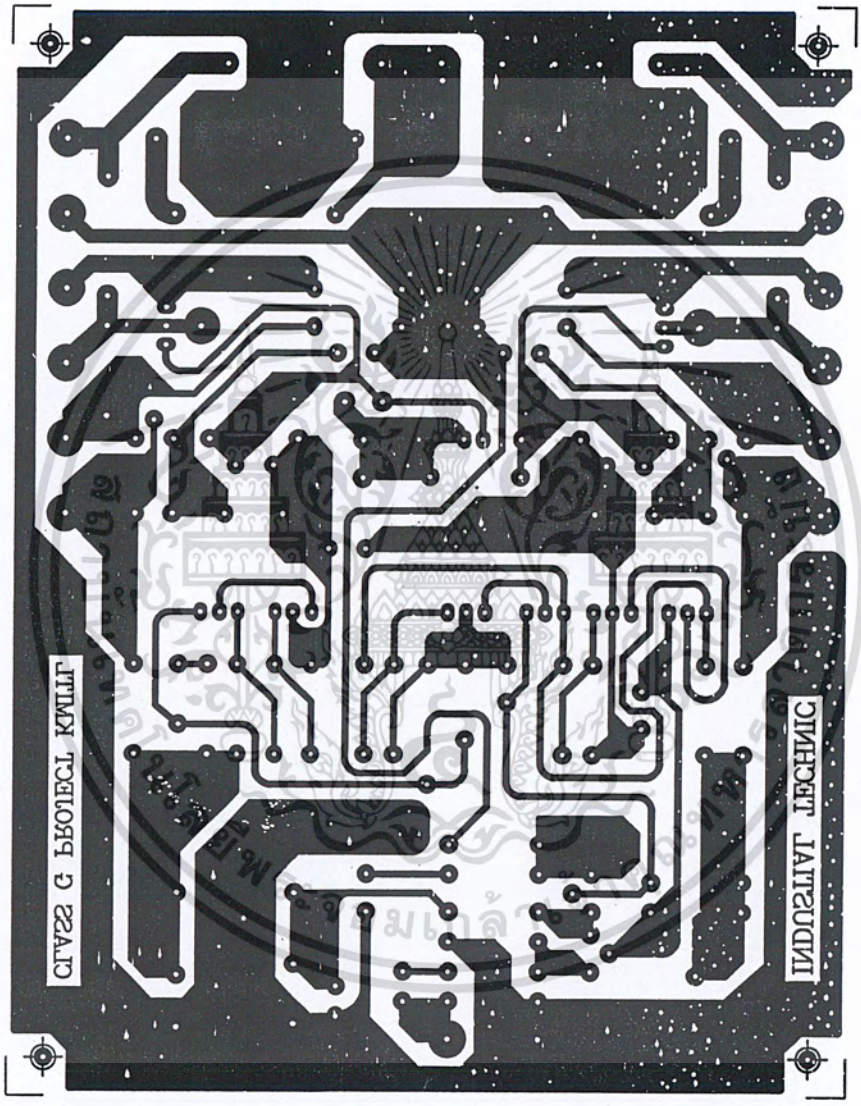
1N4148	**3**	ตัว
1N5403	**2**	;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



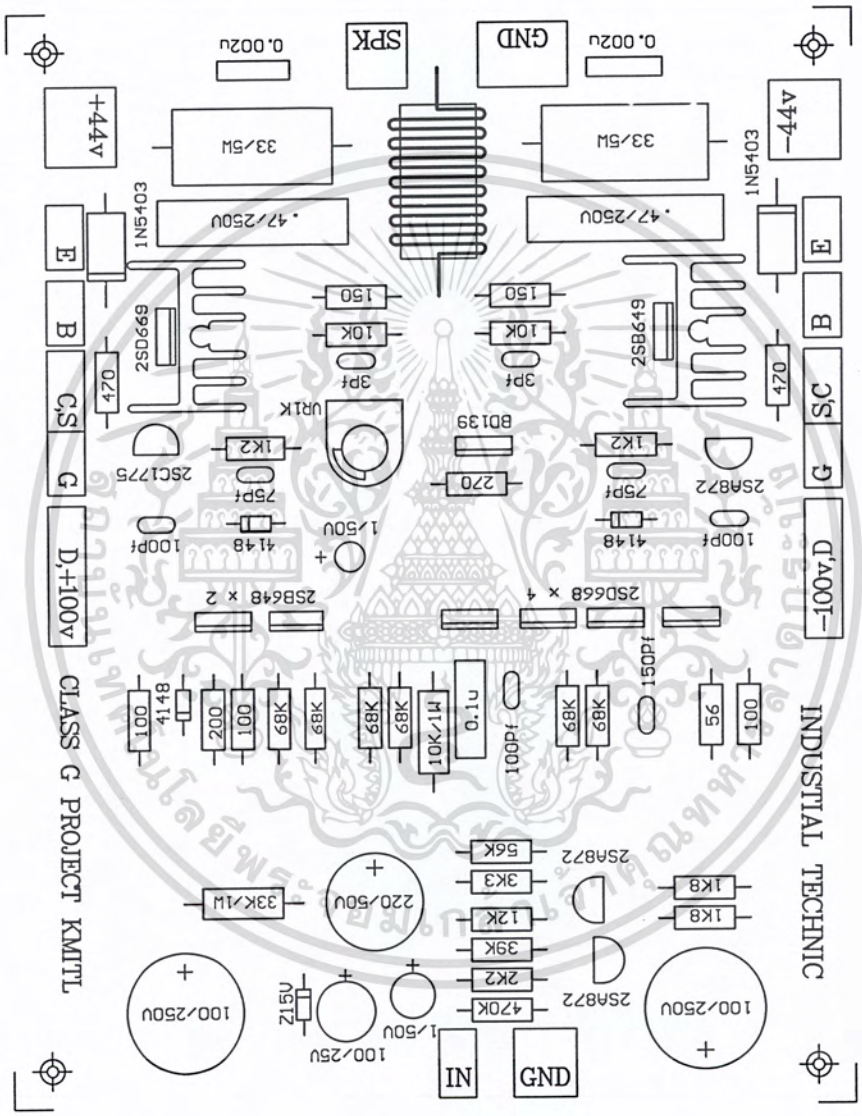
วงจร PCB วงจรขยายเสียงคลาส-จี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายทองแดง วงจรขยายเสียงคลาส-จี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจร PCB แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

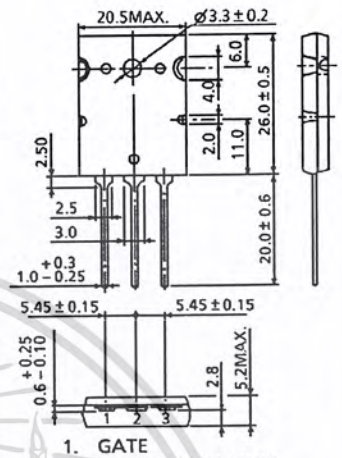
TOSHIBA FIELD EFFECT TRANSISTOR SILICON N CHANNEL MOS TYPE

2SK1530

HIGH POWER AMPLIFIER APPLICATION

- High Breakdown Voltage : V_{DSS}=200V
- High Forward Transfer Admittance : $|Y_{fs}|$=5.0S (Typ.)
- Complementary to 2SJ201

Unit in mm



1. GATE
2. DRAIN (HEAT SINK)
3. SOURCE

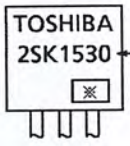
JEDEC	—
EIAJ	—
TOSHIBA	2-21F1B

Weight : 9.75g

MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Drain-Source Voltage	V_{DSS}	200	V
Gate-Source Voltage	V_{GSS}	±20	V
Drain Current	I_D	12	A
Drain Power Dissipation (Tc=25°C)	P_D	150	W
Channel Temperature	T_c	150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55~150	°C

MARKING



← TYPE

※ Lot Number

— Month (Starting from Alphabet A)

— Year (Last Number of the Christian Era)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Drain Cut-off Current	I_{DSS}	V_{DS}=200V, V_{GS}=0	—	—	1.0	mA
Gate Leakage Current	I_{GSS}	V_{DS}=0V, V_{GS}=±20V	—	—	±0.5	μA
Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{(BR)DSS}$	I_D=10mA, V_{GS}=0	200	—	—	V
Drain-Source Satruation Voltage	$V_{DS(ON)}$	I_D=8A, V_{GS}=10V	—	2.5	5.0	V
Gate-Source Cut-off Voltage (Note)	$V_{GS(OFF)}$	V_{DS}=10V, I_D=0.1A	0.8	—	2.8	V
Forward Transfer Admittance	$\|Y_{fs}\|$	V_{DS}=10V, I_D=5A	—	5.0	—	S
Input Capacitance	C_{iss}	V_{DS}=30V, V_{GS}=0, f=1MHz	—	900	—	pF
Output Capacitance	C_{oss}	V_{DS}=30V, V_{GS}=0, f=1MHz	—	180	—	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}	V_{DS}=30V, V_{GS}=0, f=1MHz	—	100	—	pF

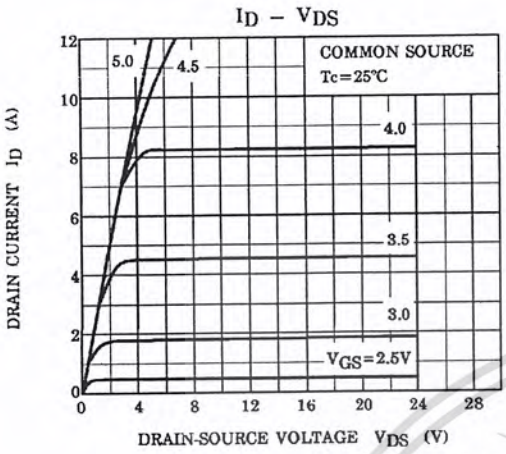
(Note) $V_{GS(OFF)}$ Classification 0 : 0.8~1.6 Y : 1.4~2.8

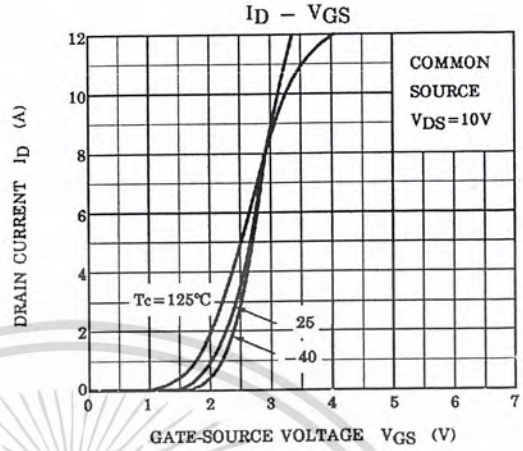
This transistor is an electrostatic sensitive devide.
Please handle with caution.

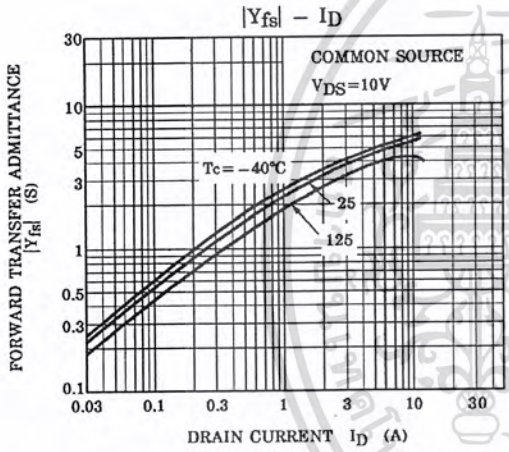
961001EAA2

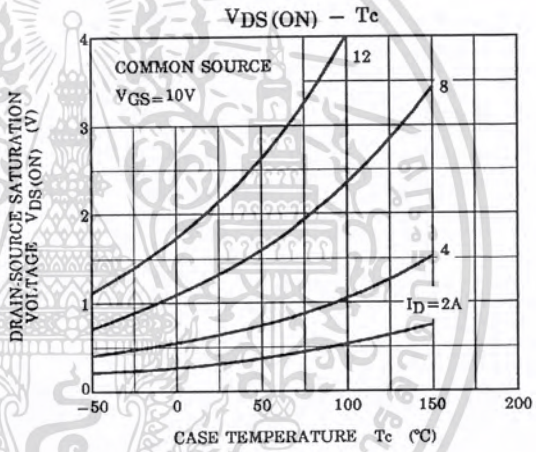
● TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

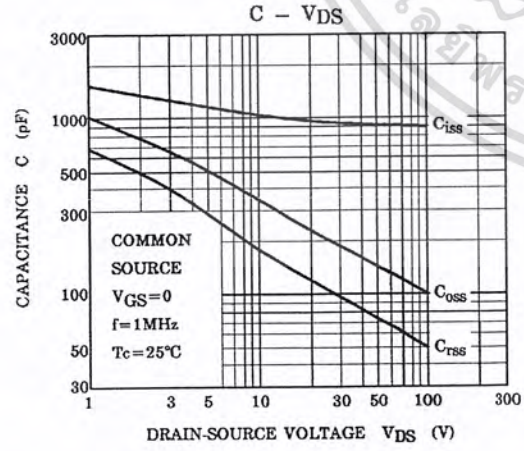
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

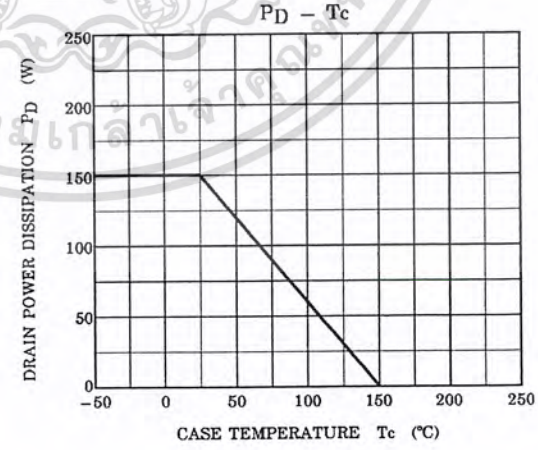










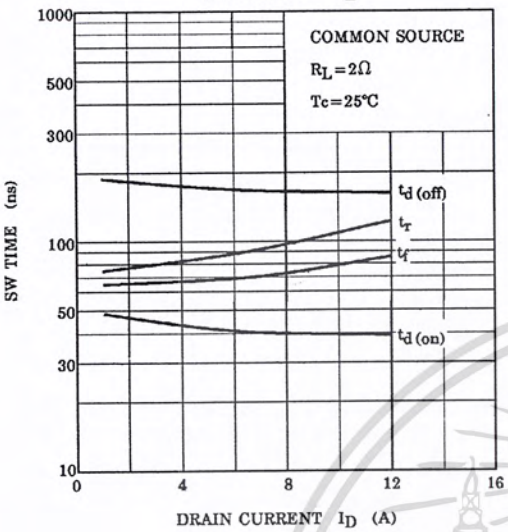


961001EAA2'

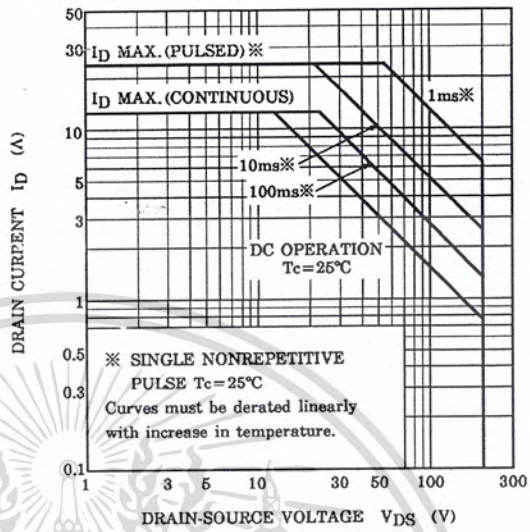
● The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

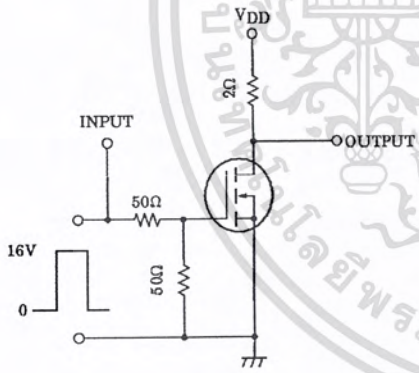
SW TIME – I_D



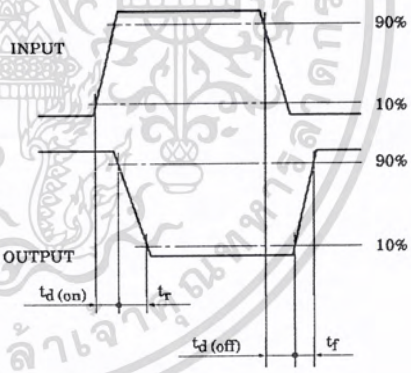
SAFE OPERATING AREA



SWITCHING TIME TEST CIRCUIT



WAVEFORMS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

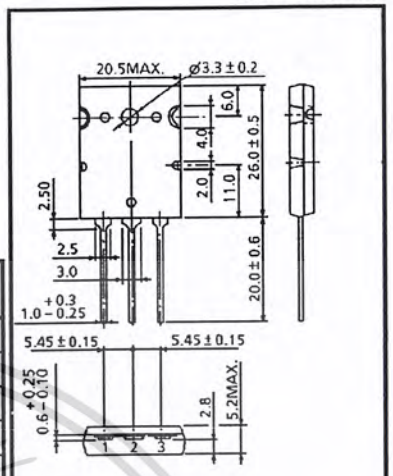
TOSHIBA FIELD EFFECT TRANSISTOR SILICON P CHANNEL MOS TYPE

2SJ201

HIGH POWER AMPLIFIER APPLICATION

- High Breakdown Voltage : $V_{DSS} = -200V$
- High Forward Transfer Admittance : $|Y_{fs}| = 5.0S$ (Typ.)
- Complementary to 2SK1530

Unit in mm



1. GATE
2. DRAIN (HEAT SINK)
3. SOURCE

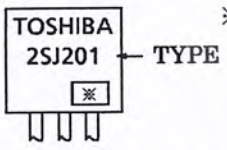
JEDEC	—
EIAJ	—
TOSHIBA	2-21F1B

Weight : 9.75g

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Drain-Source Voltage	V_{DSS}	−200	V
Gate-Source Voltage	V_{GSS}	±20	V
Drain Current	I_D	−12	A
Drain Power Dissipation (Tc=25°C)	P_D	150	W
Channel Temperature	T_{ch}	150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55~150	°C

MARKING



※ Lot Number

Month (Starting from Alphabet A)

Year (Last Number of the Christian Era)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Drain Cut-Off Current	I_{DSS}	$V_{DS} = -200V$, $V_{GS} = 0$	—	—	−1.0	mA
Gate Leakage Current	I_{GSS}	$V_{DS} = 0$, $V_{GS} = \pm 20V$	—	—	±0.5	μA
Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{(BR)DSS}$	$I_D = -10mA$, $V_{GS} = 0$	−200	—	—	V
Gate-Source Cut-Off Voltage	$V_{GS(OFF)}$ (Note)	$V_{DS} = -10V$, $I_D = -0.1A$	−0.8	—	−2.8	V
Drain-Source Saturation Voltage	$V_{DS(ON)}$	$I_D = -8A$, $V_{GS} = -10V$	—	−2.0	−5.0	V
Forward Transfer Admittance	$\|Y_{fs}\|$	$V_{DS} = -10V$, $I_D = -5A$	—	5.0	—	S
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{DS} = -30V$, $V_{GS} = 0$, f=1MHz	—	1500	—	pF
Output Capacitance	C_{oss}	$V_{DS} = -30V$, $V_{GS} = 0$, f=1MHz	—	430	—	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}	$V_{DS} = -30V$, $V_{GS} = 0$, f=1MHz	—	230	—	pF

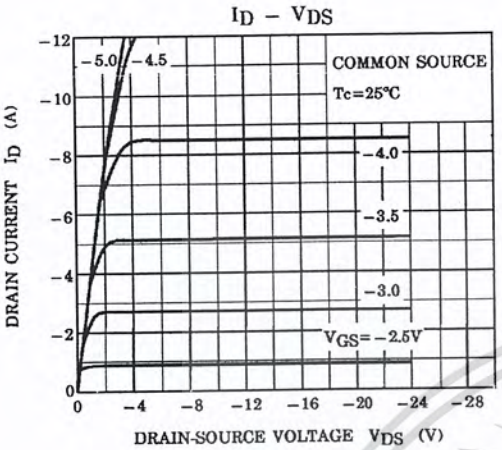
(Note) $V_{GS(OFF)}$ Classification O : −0.8~−1.6, Y : −1.4~−2.8

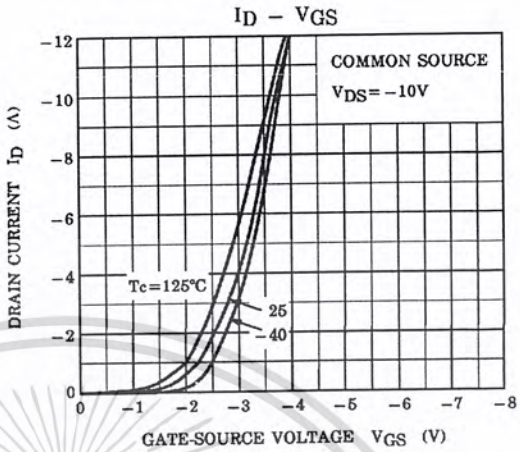
This transistor is an electrostatic sensitive device.
Please handle with caution.

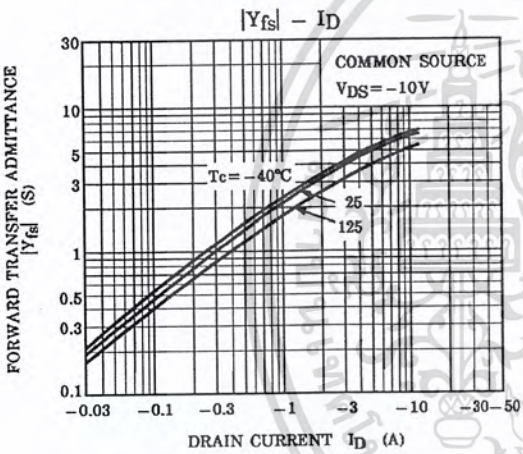
961001EAA2

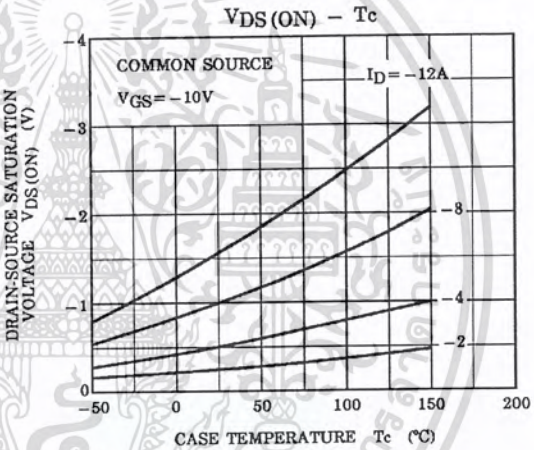
● TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

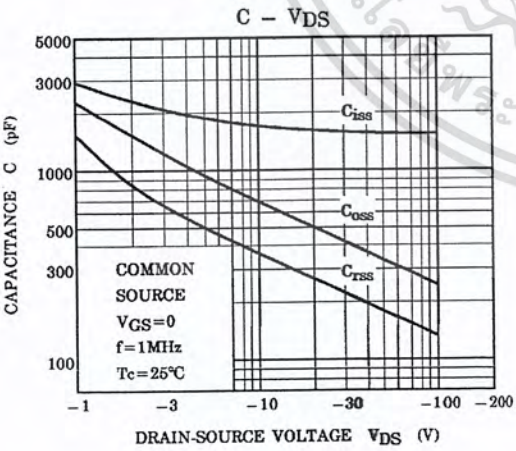
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

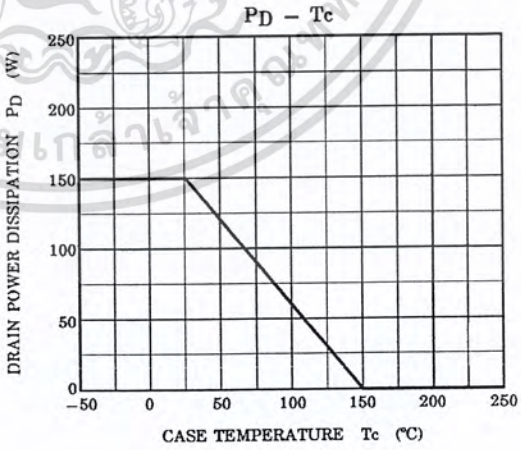










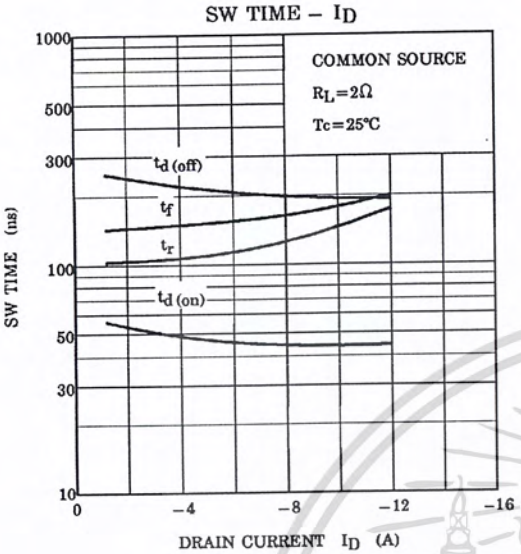


961001EAA2'

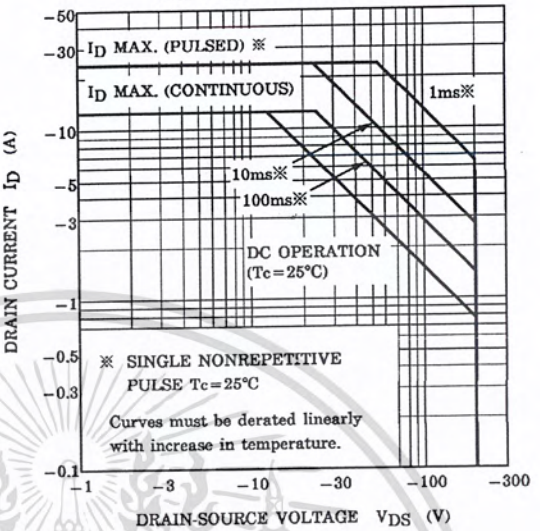
● The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

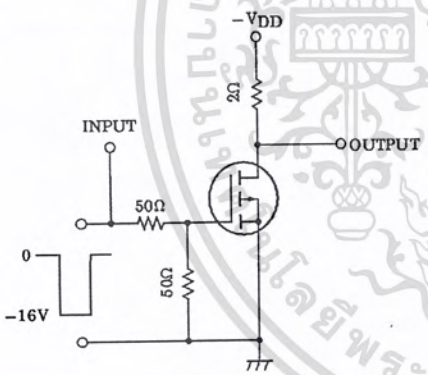
SW TIME – I_D



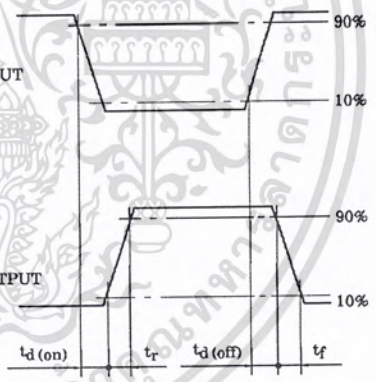
SAFE OPERATING AREA



SWITCHING TIME TEST CIRCUIT



WAVEFORMS



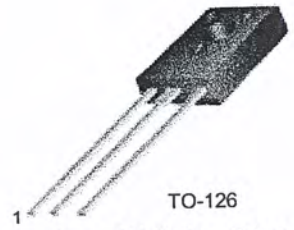
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

BD135/137/139

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively



TO-126

1. Emitter 2.Collector 3.Base

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter		Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	: BD135	45	V
		: BD137	60	V
		: BD139	80	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	: BD135	45	V
		: BD137	60	V
		: BD139	80	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage		5	V
I_C	Collector Current (DC)		1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)		3.0	A
I_B	Base Current		0.5	A
P_C	Collector Dissipation (T_C=25°C)		12.5	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)		1.25	W
T_J	Junction Temperature		150	°C
T_{STG}	Storage Temperature		- 55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter		Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
V_{CEO}(sus)	Collector-Emitter Sustaining Voltage		I_C = 30mA, I_B = 0				
		: BD135		45			V
		: BD137		60			V
		: BD139		80			V
I_{CBO}	Collector Cut-off Current		V_{CB} = 30V, I_E = 0			0.1	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current		V_{EB} = 5V, I_C = 0			10	μA
h_{FE1}	DC Current Gain	: ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 5mA	25			
h_{FE2}		: ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A	25			
h_{FE3}		: BD135	V_{CE} = 2V, I_C = 150mA	40		250	
		: BD137, BD139		40		160	
V_{CE}(sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage		I_C = 500mA, I_B = 50mA			0.5	V
V_{BE}(on)	Base-Emitter ON Voltage		V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A			1	V

h_{FE} Classification

Classification	6	10	16
h_{FE3}	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

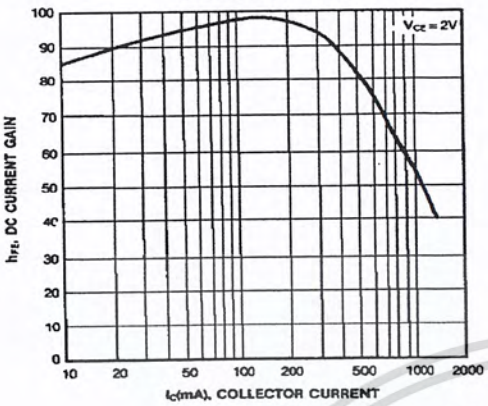
Rev. A, February 2000

©2000 Fairchild Semiconductor International

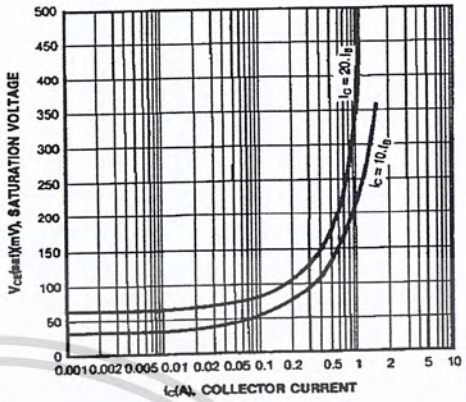
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

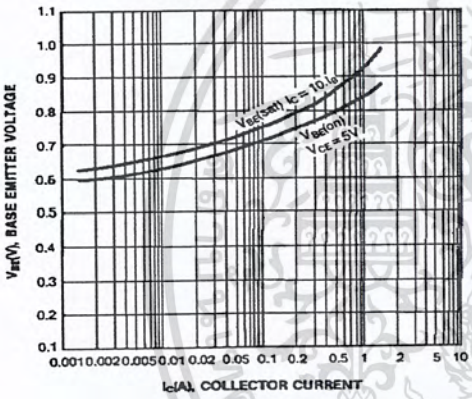
DC CURRENT GAIN



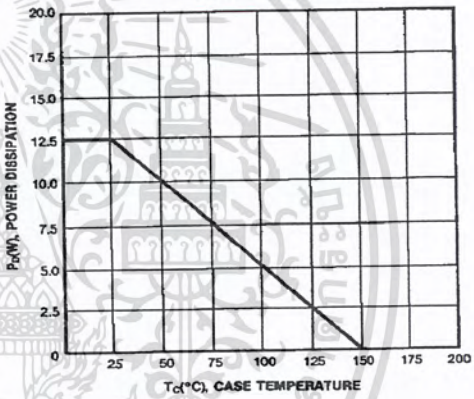
COLLECTOR EMITTER SATURATION VOLTAGE



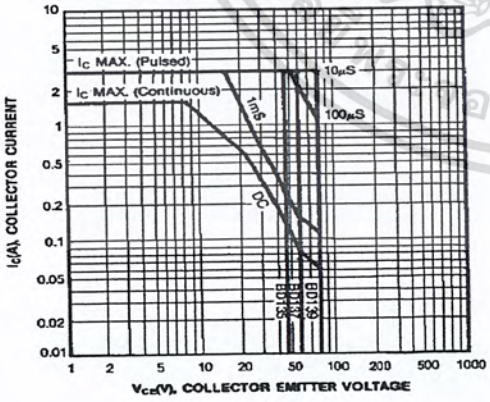
BASE EMITTER VOLTAGE



POWER DERATING



SAFE OPERATING AREA

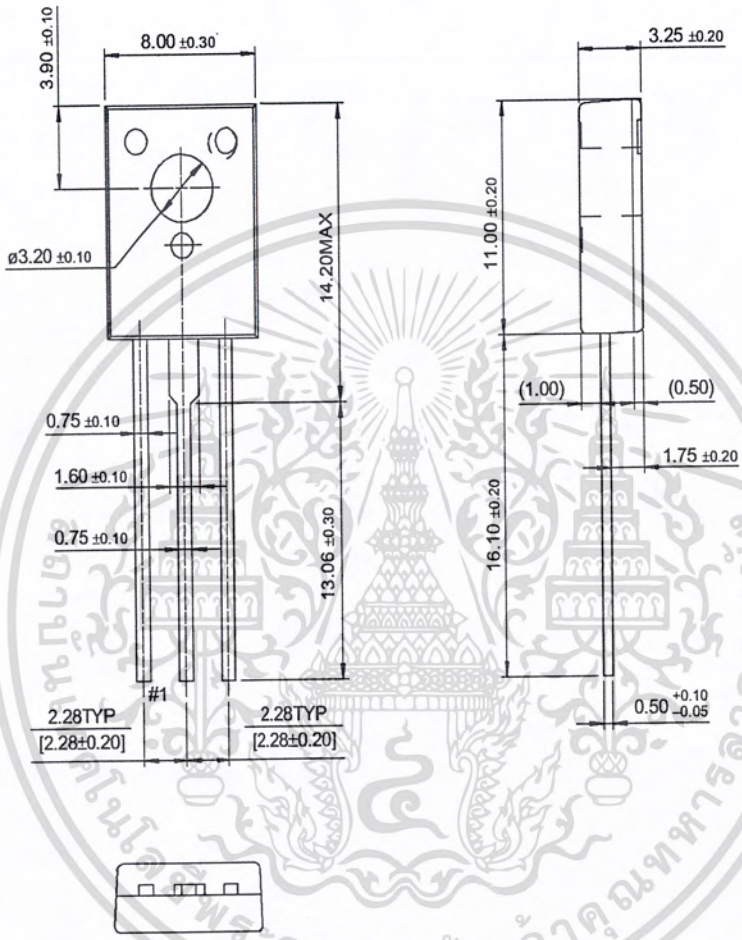


©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TO-126

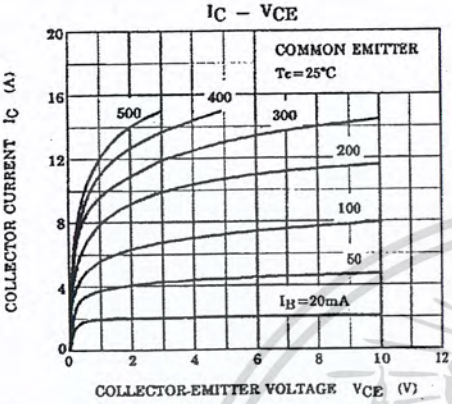


©2000 Fairchild Semiconductor International

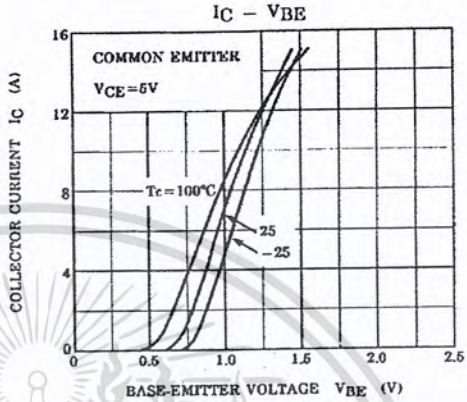
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2SC3281)

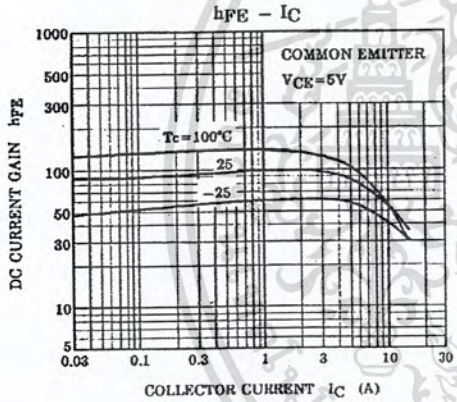
$I_C - V_{CE}$



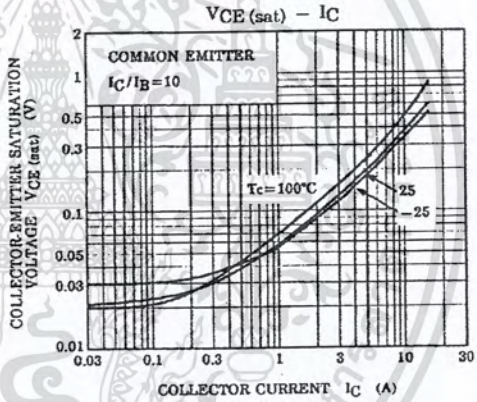
$I_C - V_{BE}$



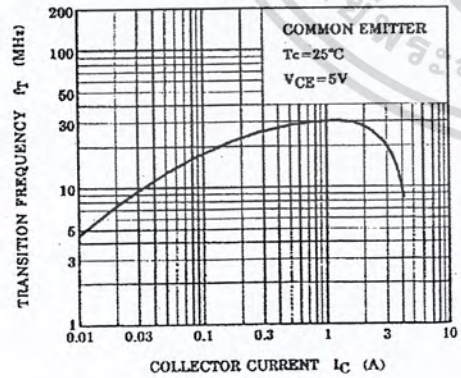
$h_{FE} - I_C$



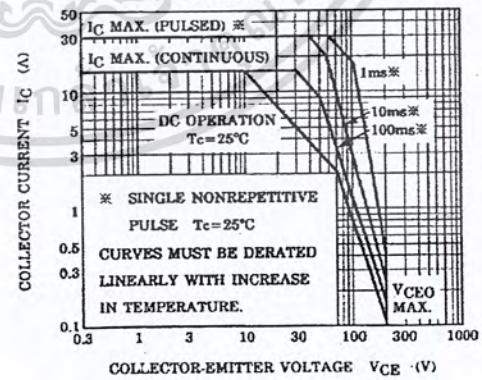
$V_{CE(sat)} - I_C$



$f_T - I_C$



SAFE OPERATING AREA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

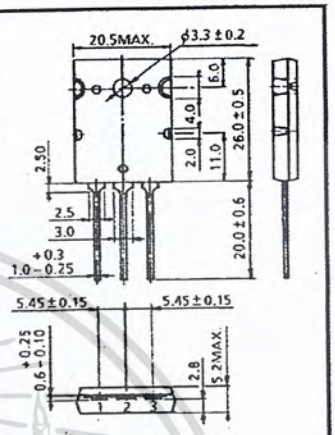
SEMICONDUCTOR
TOSHIBA
TECHNICAL DATA

TOSHIBA TRANSISTOR
2SC3281
SILICON NPN TRIPLE DIFFUSED TYPE

(2SC3281)
POWER AMPLIFIER APPLICATIONS.

- Complementary to 2SA1302
- Recommend for 100W High Fidelity Audio Frequency Amplifier Output Stage.

Unit in mm



1. BASE
2. COLLECTOR (HEAT SINK)
3. EMITTER

JEDEC	—
EIAJ	—
TOSHIBA	2-21F1A

Weight : 9.75g

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	200	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	200	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5	V
Collector Current	I_C	15	A
Base Current	I_B	1.5	A
Collector Power Dissipation (Tc = 25°C)	P_C	150	W
Junction Temperature	T_j	150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55~150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

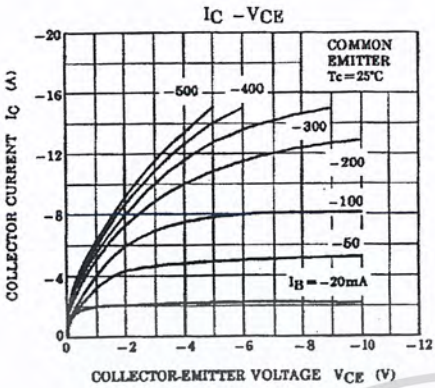
CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	V_{CB} = 200V, I_E = 0	—	—	5.0	μA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	V_{EB} = 5V, I_C = 0	—	—	5.0	μA
Collector-Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	I_C = 50mA, I_B = 0	200	—	—	V
DC Current Gain	h_{FE} (1) (Note)	V_{CE} = 5V, I_C = 1A	55	—	160	
	h_{FE} (2)	V_{CE} = 5V, I_C = 8A	35	60	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	I_C = 10A, I_B = 1A	—	0.4	3.0	V
Base-Emitter Voltage	V_{BE}	V_{CE} = 5V, I_C = 8A	—	1.0	1.5	V
Transition Frequency	f_T	V_{CE} = 5V, I_C = 1A	—	30	—	MHz
Collector Output Capacitance	C_{ob}	V_{CB} = 10V, I_E = 0, f = 1MHz	—	270	—	pF

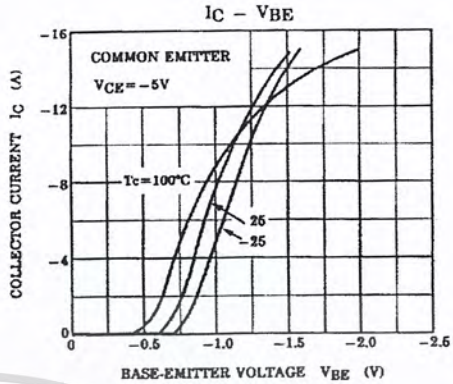
Note : $h_{FE(1)}$ Classification R : 55~110, O : 80~160

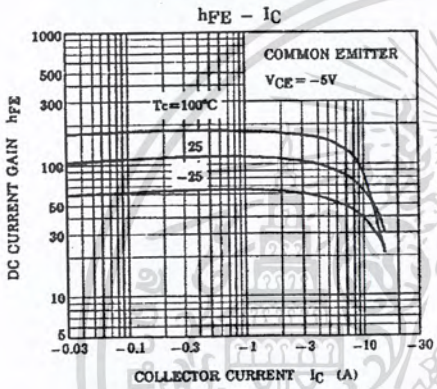
◎ The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
◎ These TOSHIBA products are intended for use in general commercial applications (office equipment, communication equipment, measuring equipment, domestic appliances, etc.). please make sure that you consult with us before you use these TOSHIBA products in equipment which requires extraordinarily high quality and/or reliability, and in equipment which may involve life threatening or critical application, including but not limited to such uses as atomic energy control, airplane or spaceship instrumentation, traffic signals, medical instrumentation, combustion control, all types of safety devices, etc. TOSHIBA cannot accept and hereby disclaims liability for any damage which may occur in case the TOSHIBA products are used in such equipment or applications without prior consultation with TOSHIBA.

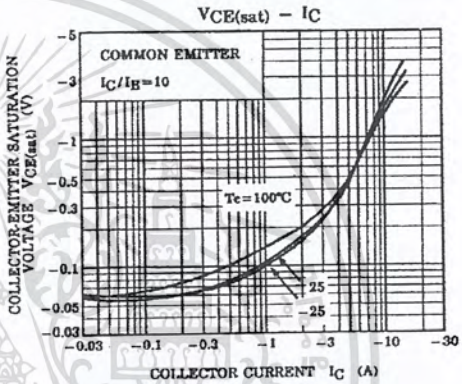
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

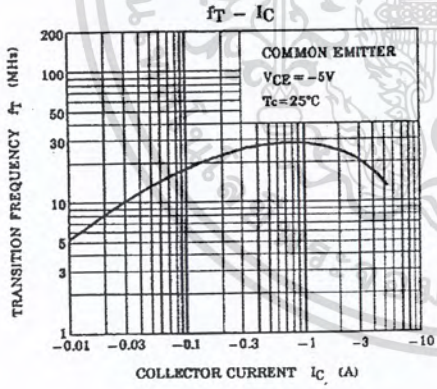
(2SA1302)

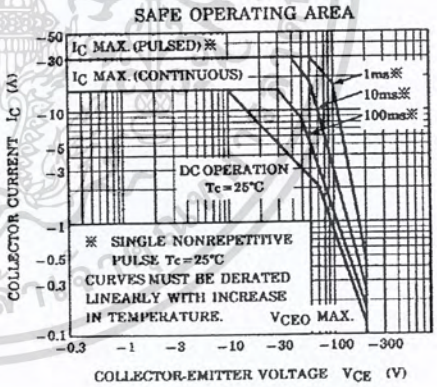












เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

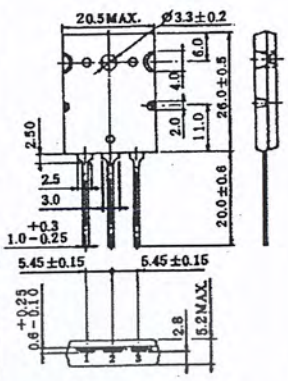
SEMICONDUCTOR
TOSHIBA
TECHNICAL DATA

TOSHIBA TRANSISTOR
2SA1302
SILICON PNP TRIPLE DIFFUSED TYPE

(2SA1302)
POWER AMPLIFIER APPLICATIONS.

- Complementary to 2SC3281
- Recommend for 100W High Fidelity Audio Frequency Amplifier Output Stage.

Unit in mm



1. BASE
2. COLLECTOR (HEAT SINK)
3. EMITTER

JEDEC	—
EIAJ	—
TOSHIBA	2-21F1A

Weight : 9.75g

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	−200	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	−200	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	−5	V
Collector Current	I_C	−15	A
Base Current	I_B	−1.5	A
Collector Power Dissipation (Tc=25°C)	P_C	150	W
Junction Temperature	T_j	150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55~150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

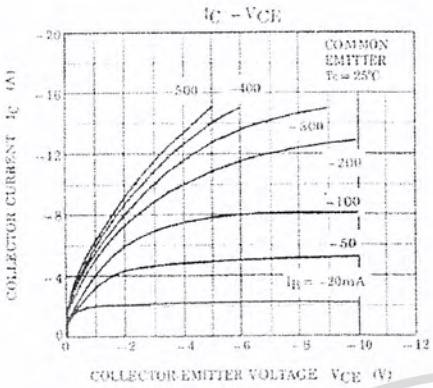
CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	$V_{CB}=-200V$, $I_E=0$	—	—	−5.0	μA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	$V_{EB}=-5V$, $I_C=0$	—	—	−5.0	μA
Collector-Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C=-50mA$, $I_B=0$	−200	—	—	V
DC Current Gain	$h_{FE(1)}$ (Note)	$V_{CE}=-5V$, $I_C=-1A$	55	—	160	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE}=-5V$, $I_C=-8A$	35	60	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C=-10A$, $I_B=-1A$	—	−1.5	−3.0	V
Base-Emitter Voltage	V_{BE}	$V_{CE}=-5V$, $I_C=-8A$	—	−1.0	−1.5	V
Transition Frequency	f_T	$V_{CE}=-5V$, $I_C=-1A$	—	25	—	MHz
Collector Output Capacitance	C_{ob}	$V_{CB}=-10V$, $I_E=0$, f=1MHz	—	470	—	pF

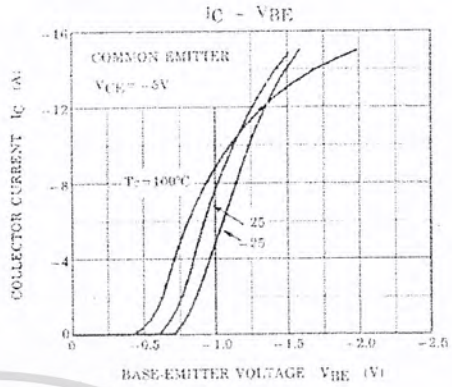
Note : $h_{FE(1)}$ Classification R : 55~110, O : 80~160

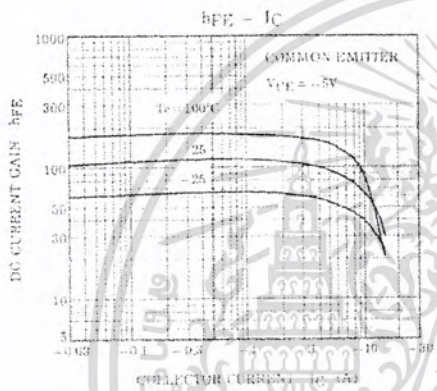
The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
These TOSHIBA products are intended for use in general commercial applications (office equipment, communication equipment, measuring equipment, domestic appliances, etc.). please make sure that you consult with us before you use these TOSHIBA products in equipment which requires extraordinarily high quality and/or reliability, and in equipment which may involve life threatening or critical application, including but not limited to such uses as atomic energy control, airplane or spaceship instrumentation, traffic signals, medical instrumentation, combustion control, all types of safety devices, etc. TOSHIBA cannot accept and hereby disclaims liability for any damage which may occur in case the TOSHIBA products are used in such equipment or applications without prior consultation with TOSHIBA.

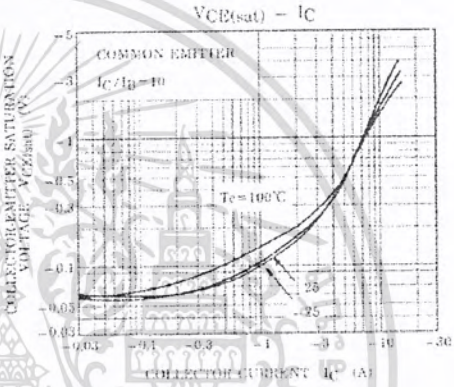
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

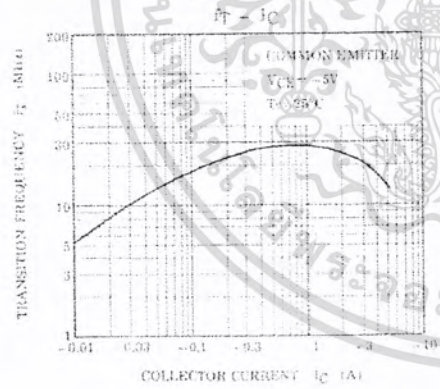
(2SA1302)

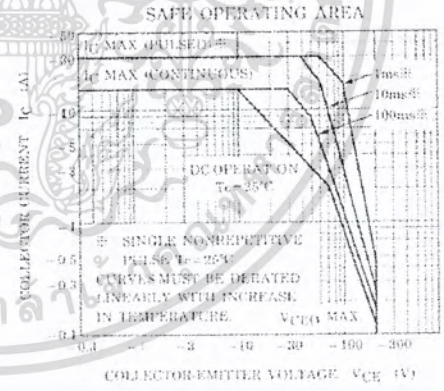












เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEMICONDUCTOR
TOSHIBA
TECHNICAL DATA

TOSHIBA TRANSISTOR

2SA1302

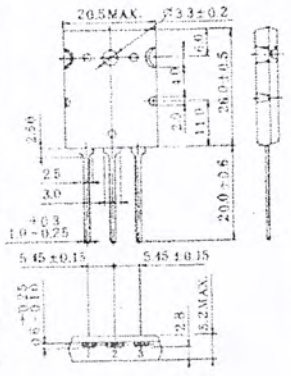
SILICON PNP TRIPLE DIFFUSED TYPE

(2SA1302)

POWER AMPLIFIER APPLICATIONS.

- Complementary to 2SC3281
- Recommend for 100W High Fidelity Audio Frequency Amplifier Output Stage.

Unit in mm



1. BASE
2. COLLECTOR(HEAT SINK)
3. EMITTER

JEDEC	—
EIAJ	—
TOSHIBA	2-21F1A

Weight : 9.75g

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	−200	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	−200	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	−5	V
Collector Current	I_C	−15	A
Base Current	I_B	−1.5	A
Collector Power Dissipation (Tc = 25°C)	P_C	150	W
Junction Temperature	T_j	150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55~150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	V_{CB} = −200V, I_E = 0	—	—	−5.0	μA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	V_{EB} = −5V, I_C = 0	—	—	−5.0	μA
Collector-Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	I_C = −50mA, I_B = 0	−200	—	—	V
DC Current Gain	$h_{FE(1)}$ (Note)	V_{CE} = −5V, I_C = −1A	55	—	160	
	$h_{FE(2)}$	V_{CE} = −5V, I_C = −8A	35	60	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	I_C = −10A, I_B = −1A	—	−1.5	−3.0	V
Base-Emitter Voltage	V_{BE}	V_{CE} = −5V, I_C = −8A	—	−1.0	−1.5	V
Transition Frequency	f_T	V_{CE} = −5V, I_C = −1A	—	25	—	MHz
Collector Output Capacitance	C_{ob}	V_{CB} = −10V, I_E = 0, f = 1MHz	—	470	—	pF

Note : $h_{FE(1)}$ Classification R : 55~110, O : 80~160

The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
These TOSHIBA products are intended for use in general commercial applications (office equipment, communication equipment, measuring equipment, domestic appliances, etc.). Please make sure that you consult with us before you use these TOSHIBA products in other applications which may require extraordinarily high quality and/or reliability, and in applications which may involve risk to human life, such as but not limited to such uses as atomic energy control, airplane or spaceship instrumentation, traffic signal instrumentation, combustion control, all types of safety devices, etc. TOSHIBA cannot accept any liability to any damage which may occur in case these TOSHIBA products are used in such equipment or applications without prior consultation with TOSHIBA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2SA872, 2SA872A

Silicon PNP Epitaxial

HITACHI

Application

- Low frequency low noise amplifier
- Complementary pair with 2SC1775/A

Outline

TO-92 (1)

1. Emitter
2. Collector
3. Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Item	Symbol	2SA872	2SA872A	Unit
Collector to base voltage	V_{CBO}	–90	–120	V
Collector to emitter voltage	V_{CEO}	–90	–120	V
Emitter to base voltage	V_{EBO}	–5	–5	V
Collector current	I_C	–50	–50	mA
Collector power dissipation	P_C	300	300	mW
Junction temperature	Tj	150	150	°C
Storage temperature	Tstg	–55 to +150	–50 to +150	°C

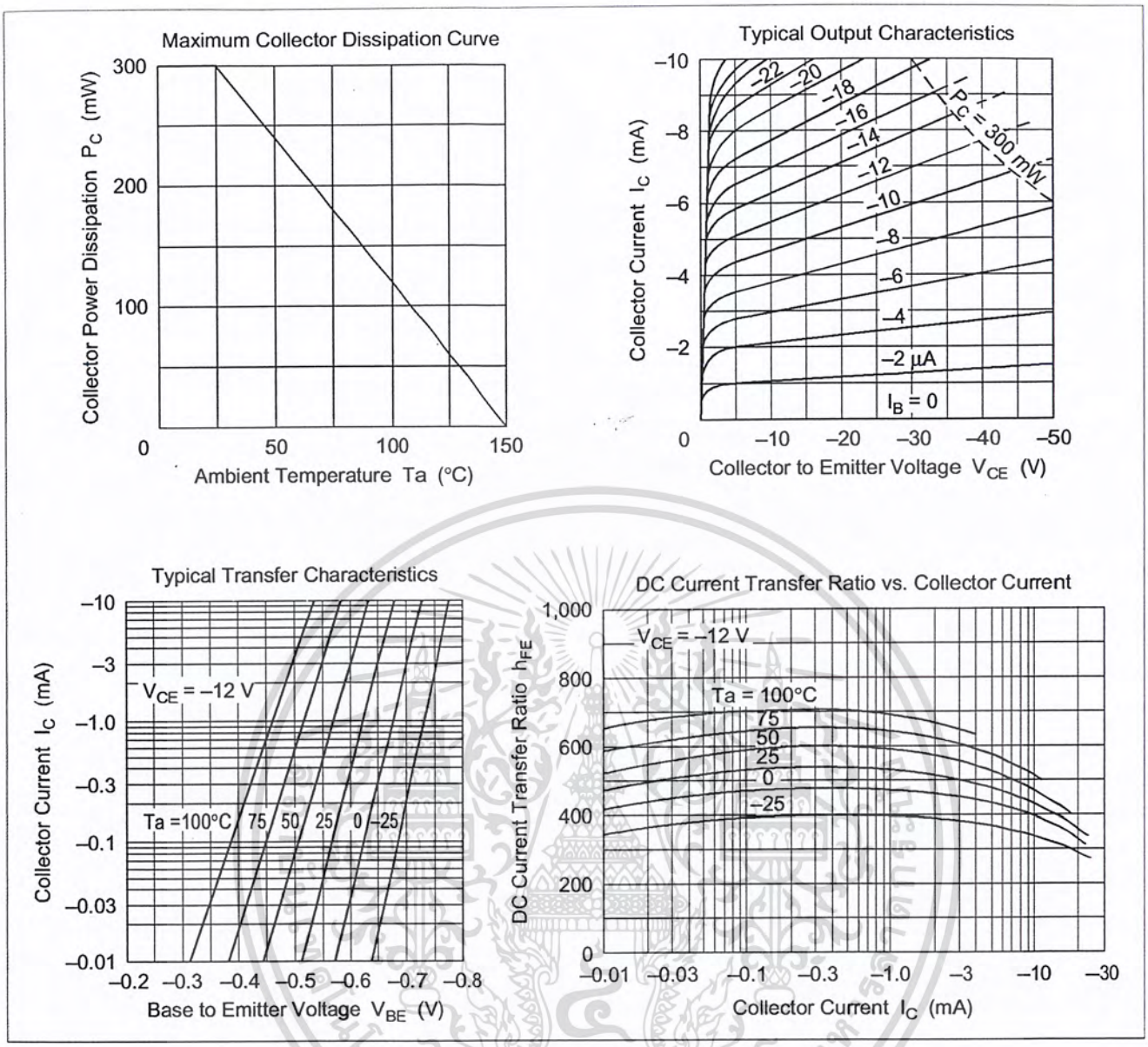
Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

		2SA872			2SA872A				
Item	Symbol	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Unit	Test conditions
Collector to emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	–90	—	—	–120	—	—	V	I_C = –1 mA, R_{BE} = ∞
Collector cutoff current	I_{CBO}	—	—	–0.5	—	—	—	μA	V_{CB} = –75 V, I_E = 0
		—	—	—	—	—	–0.5	μA	V_{CE} = –100 V, I_E = 0
DC current tarnsfer ratio	h_{FE1} *1	250	—	800	250	—	800		V_{CE} = –12 V, I_C = –2 mA
	h_{FE2}	160	—	—	160	—	—		V_{CE} = –12 V, I_C = –0.1 mA
Base to emitter voltage	V_{BE}	—	—	–0.75	—	—	–0.75	V	V_{CE} = –12 V, I_C = –2 mA
Collector to emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	—	—	–0.5	—	—	–0.5	V	I_C = –10 mA, I_B = –1 mA
Gain bandwidth product	f_T	—	120	—	—	120	—	MHz	V_{CE} = –12 V, I_C = –2 mA
Collector output capacitance	Cob	—	1.8	—	—	1.8	—	pF	V_{CB} = –25 V, I_E = 0, f = 1 MHz
Noise figure	NF	—	—	5.0	—	—	5.0	dB	V_{CE} = –6 V, I_C = –50 μA, R_g = 50 kΩ, f = 10 Hz
		—	—	1.5	—	—	1.5	dB	f = 1 kHz

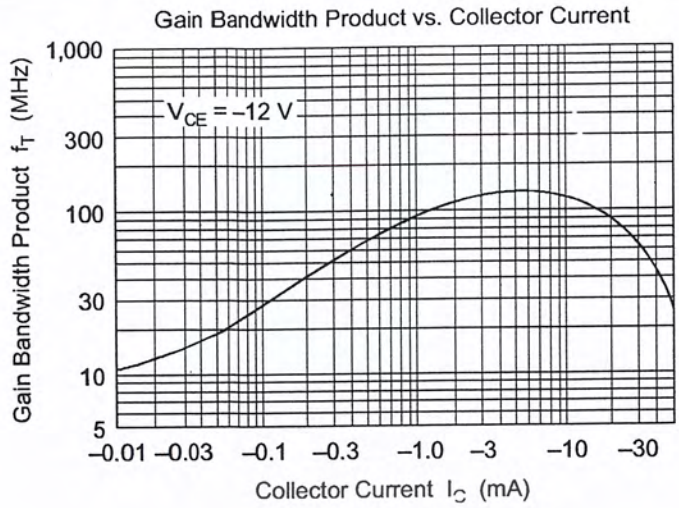
Note: 1. The 2SA872/A is grouped by h_{FE1} as follows.

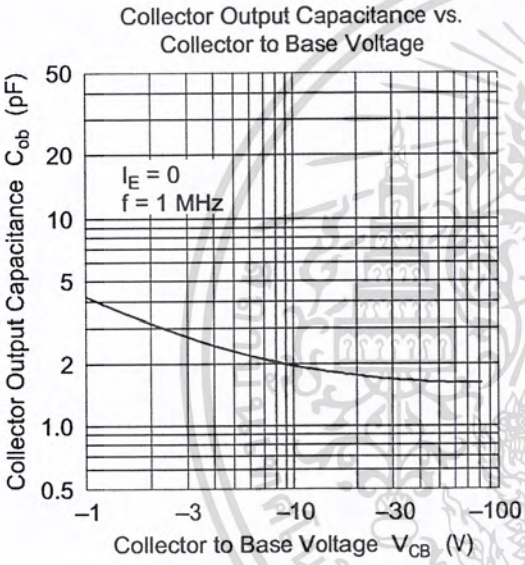
D	E
250 to 500	400 to 800

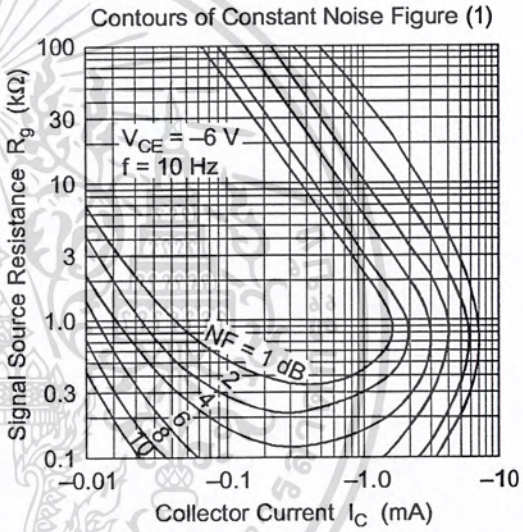
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



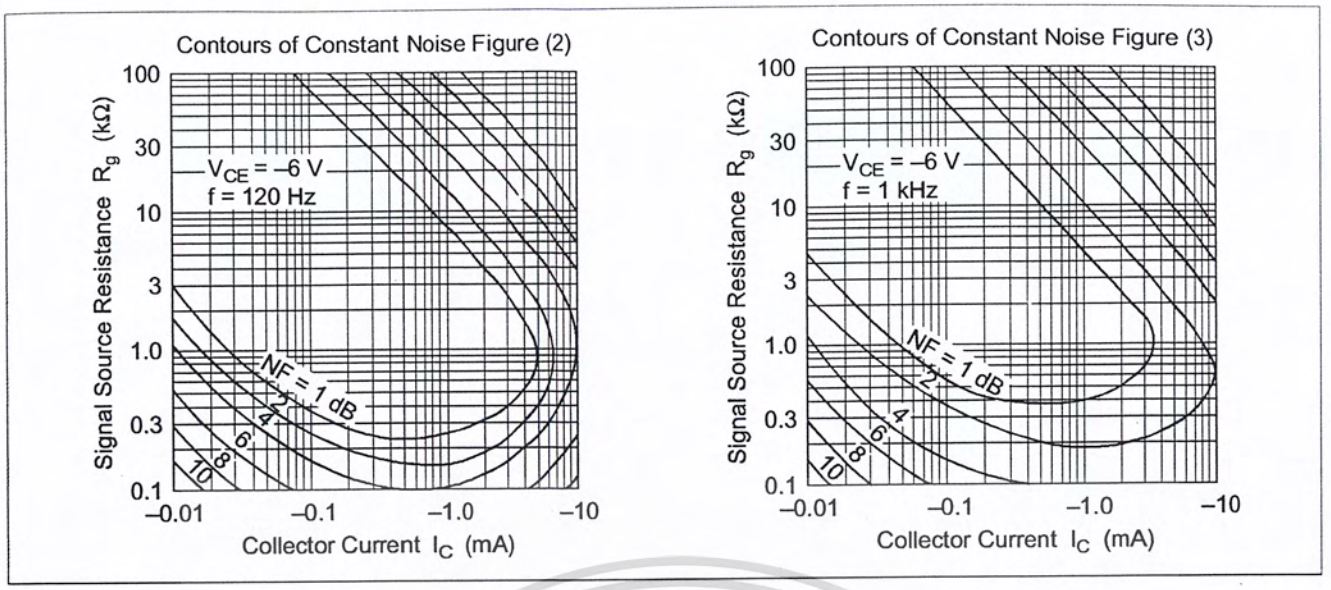
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





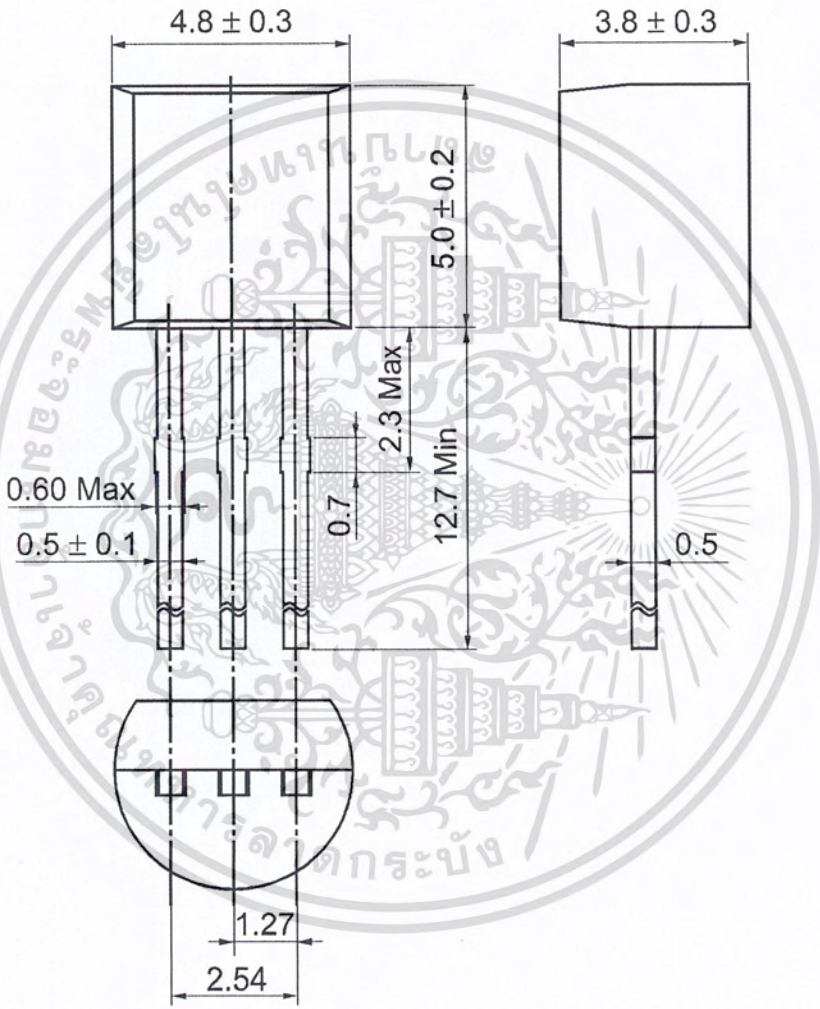


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HITACHI
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit: mm



Hitachi Code	TO-92 (1)
JEDEC	Conforms
EIAJ	Conforms

2SB649, 2SB649A

Silicon PNP Epitaxial

HITACHI

Application

Low frequency power amplifier complementary pair with 2SD669/A

Outline

TO-126 MOD

1. Emitter
2. Collector
3. Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hitachi semiconductor

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Item	Symbol	Ratings 2SB649	Ratings 2SB649A	Unit
Collector to base voltage	V_{CBO}	–180	–180	V
Collector to emitter voltage	V_{CEO}	–120	–160	V
Emitter to base voltage	V_{EBO}	–5	–5	V
Collector current	I_C	–1.5	–1.5	A
Collector peak current	$I_{C(peak)}$	–3	–3	A
Collector power dissipation	P_C	1	1	W
	P_C*1	20	20	W
Junction temperature	Tj	150	150	°C
Storage temperature	Tstg	–55 to +150	–55 to +150	°C

Note: 1. Value at T_C = 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

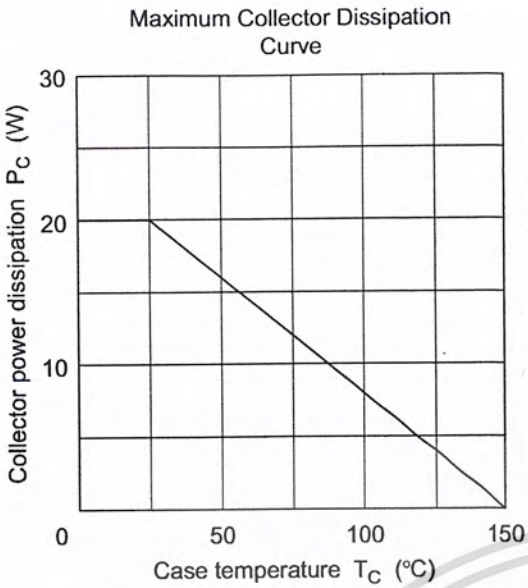
Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

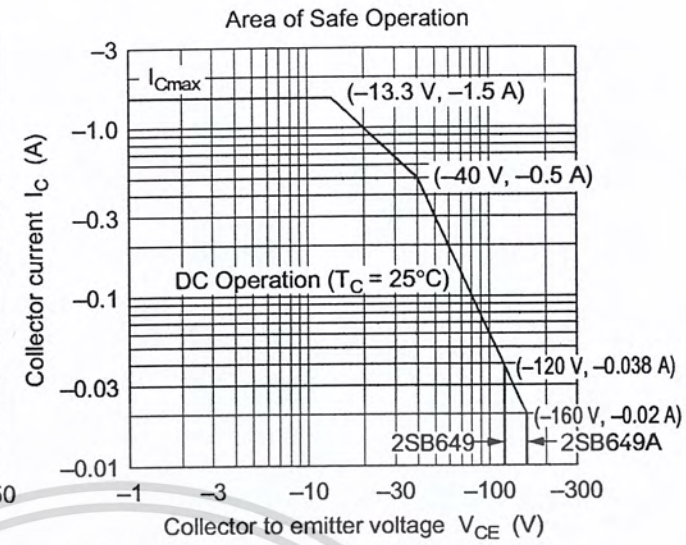
Item	Symbol	2SB649 Min	2SB649 Typ	2SB649 Max	2SB649A Min	2SB649A Typ	2SB649A Max	Unit	Test conditions
Collector to base breakdown voltage	$V_{(BR)CBO}$	–180	—	—	–180	—	—	V	I_C = –1 mA, I_E = 0
Collector to emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	–120	—	—	–160	—	—	V	I_C = –10 mA, R_{BE} = ∞
Emitter to base breakdown voltage	$V_{(BR)EBO}$	–5	—	—	–5	—	—	V	I_E = –1 mA, I_C = 0
Collector cutoff current	I_{CBO}	—	—	–10	—	—	–10	μA	V_{CB} = –160 V, I_E = 0
DC current transfer ratio	h_{FE1} *1	60	—	320	60	—	200		V_{CE} = –5 V, I_C = –150 mA
	h_{FE2}	30	—	—	30	—	—		V_{CE} = –5 V, I_C = –500 mA*2
Collector to emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	—	—	–1	—	—	–1	V	I_C = –500 mA, I_B = –50 mA
Base to emitter voltage	V_{BE}	—	—	–1.5	—	—	–1.5	V	V_{CE} = –5 V, I_C = –150 mA
Gain bandwidth product	f_T	—	140	—	—	140	—	MHz	V_{CE} = –5 V, I_C = –150 mA
Collector output capacitance	Cob	—	27	—	—	27	—	pF	V_{CB} = –10 V, I_E = 0, f = 1 MHz

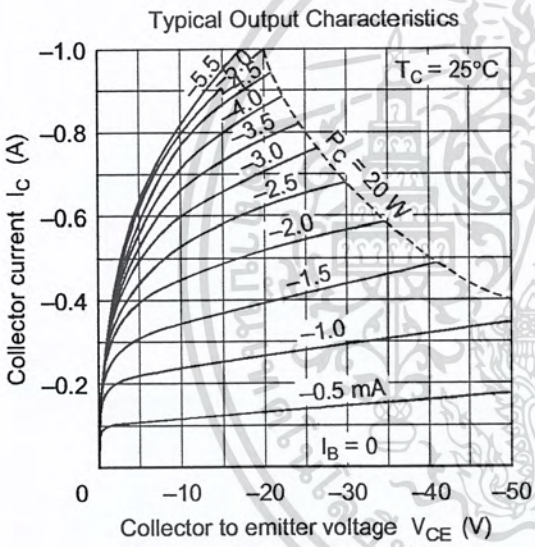
Notes: 1. The 2SB649 and 2SB649A are grouped by h_{FE1} as follows.
2. Pulse test

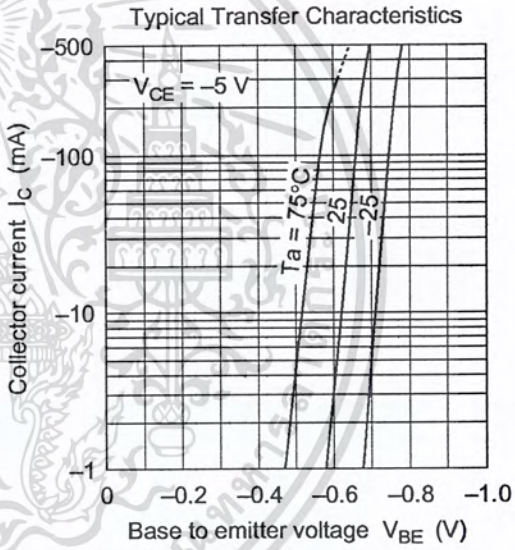
	B	C	D
2SB649	60 to 120	100 to 200	160 to 320
2SB649A	60 to 120	100 to 200	—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

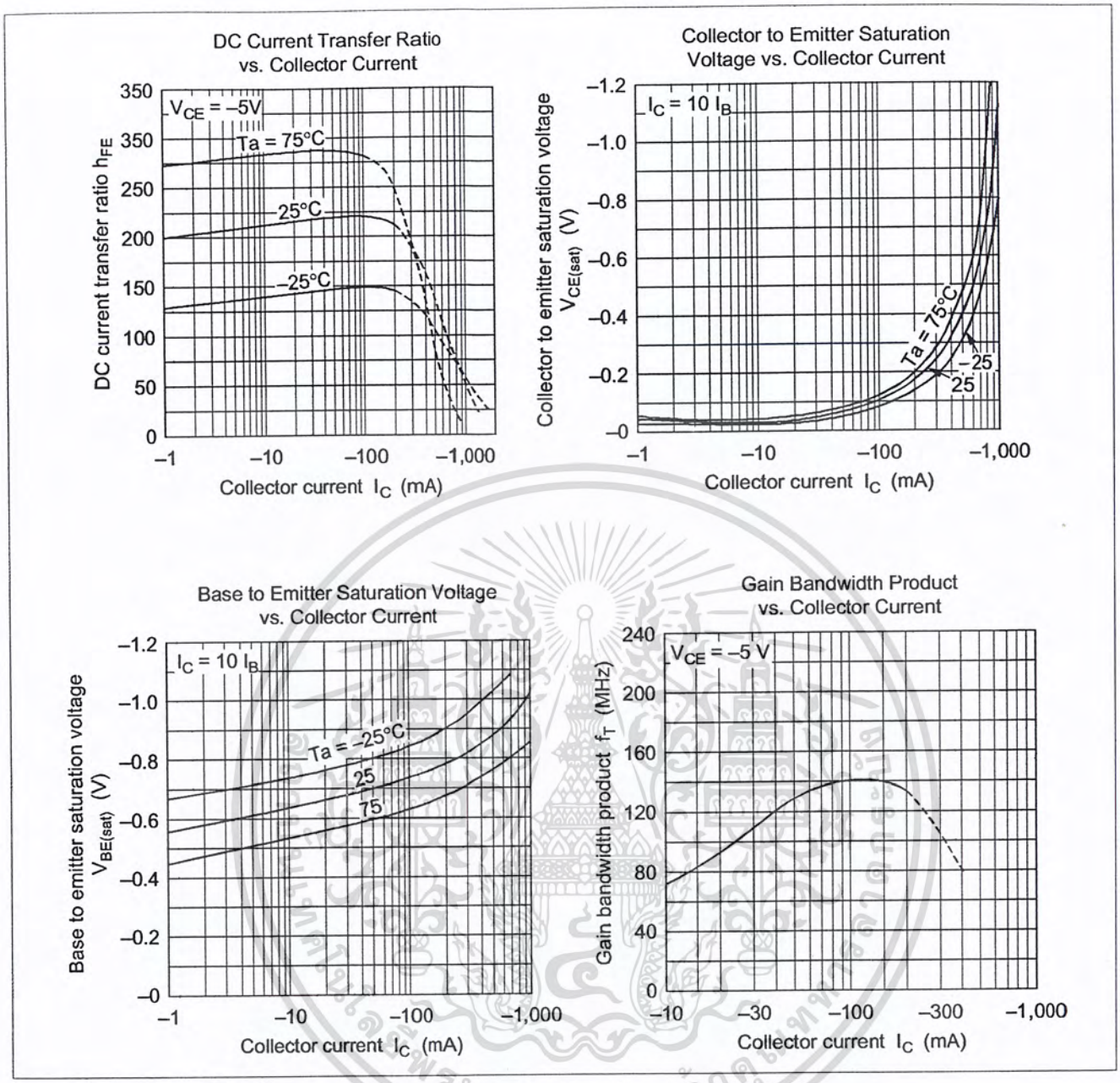




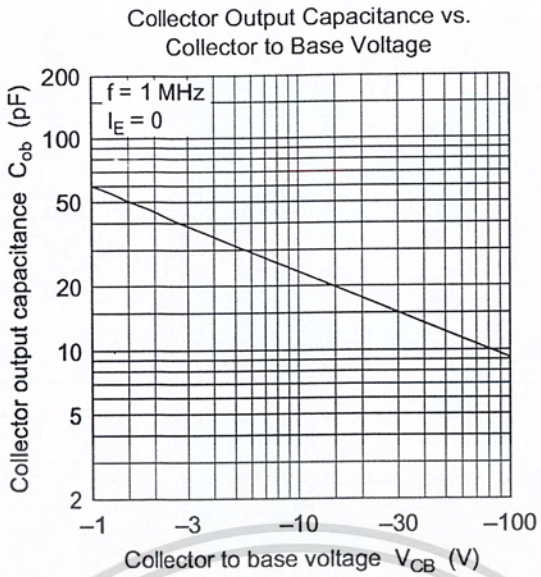




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

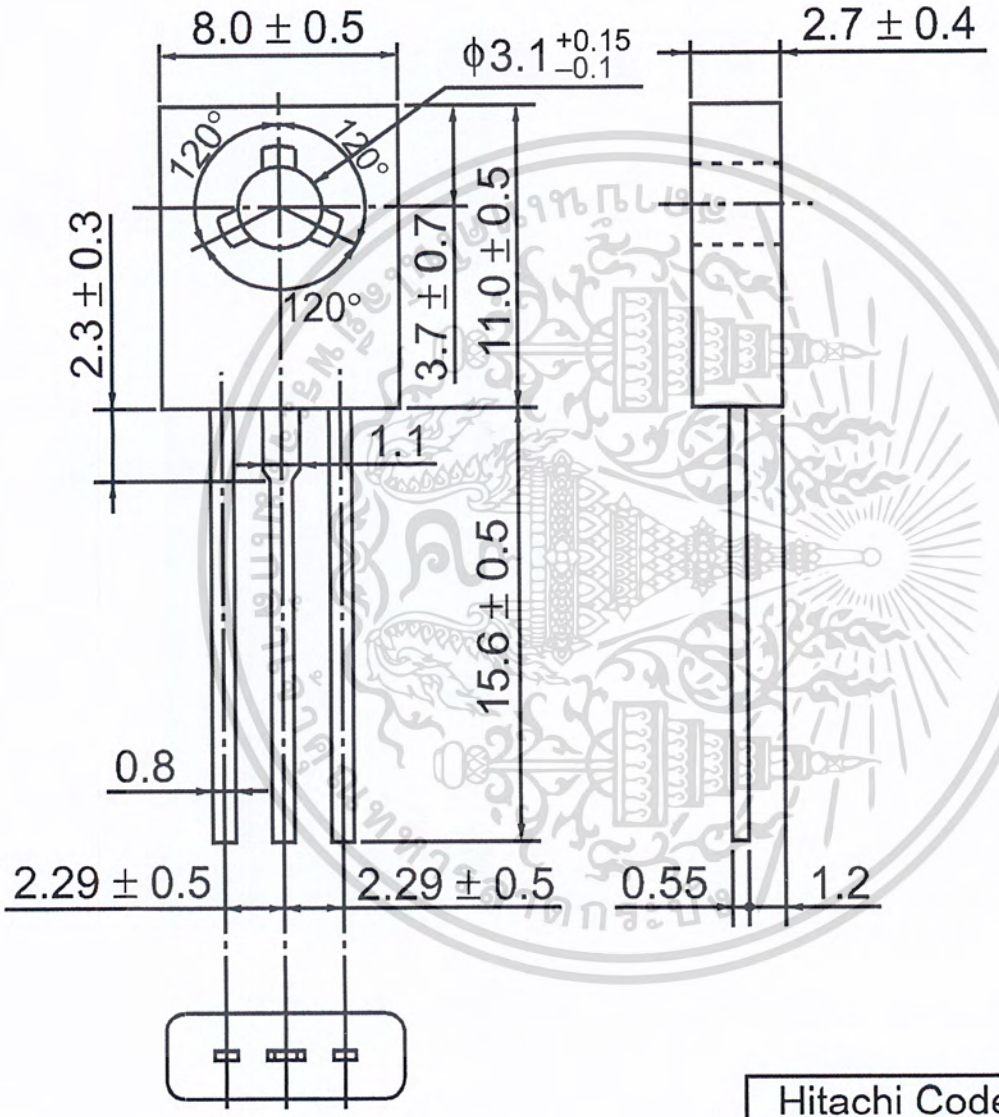


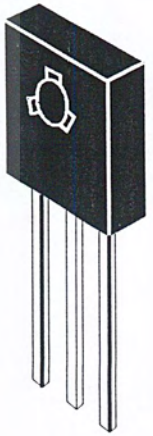
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit: mm





Hitachi Code	TO-126 Mod
JEDEC	—
EIAJ	—
Weight (reference value)	0.67 g

2SC1775, 2SC1775A

Silicon NPN Epitaxial

HITACHI

Application

- Low frequency low noise amplifier
- Complementary pair with 2SA872/A

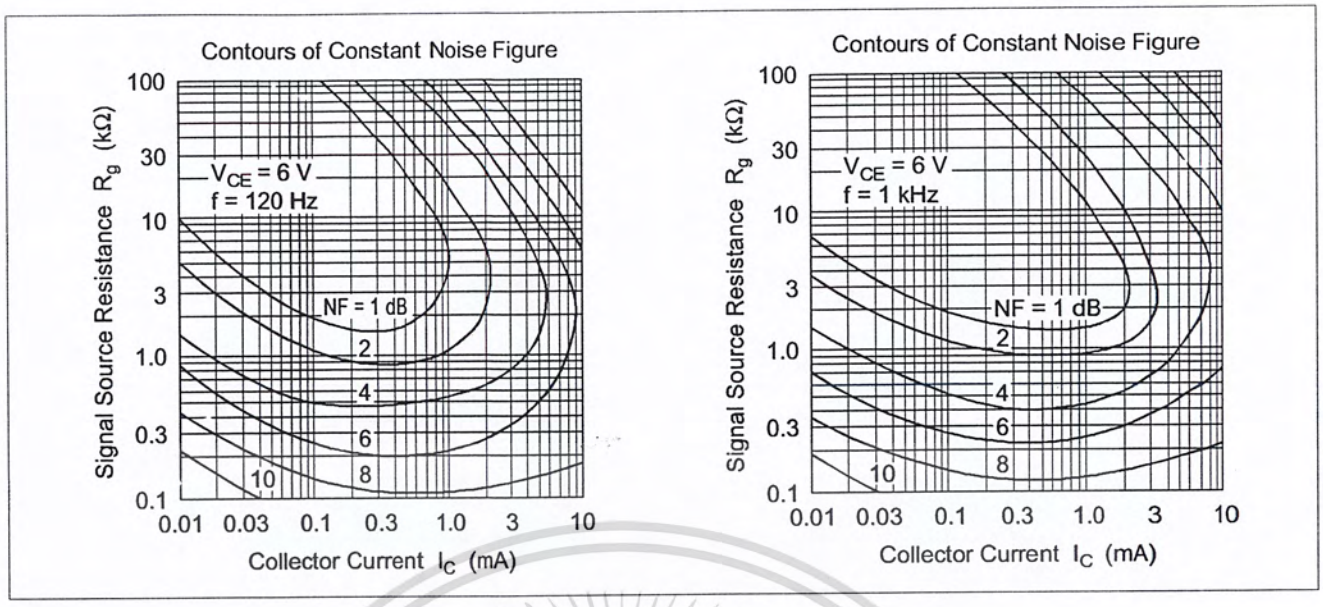
Outline

TO-92 (1)

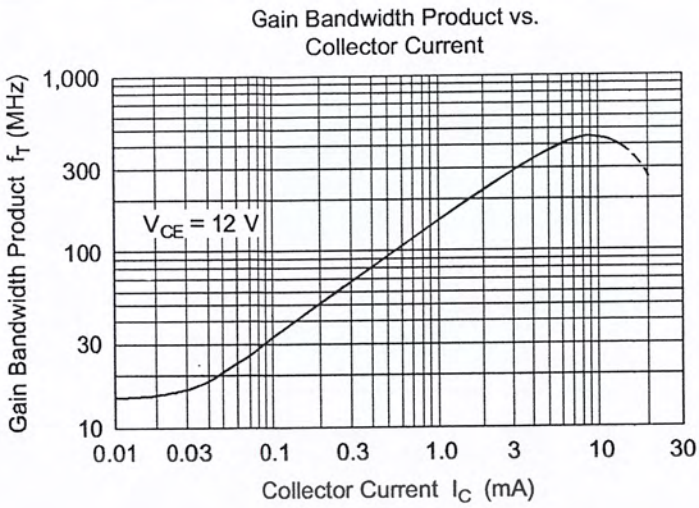
1. Emitter
2. Collector
3. Base

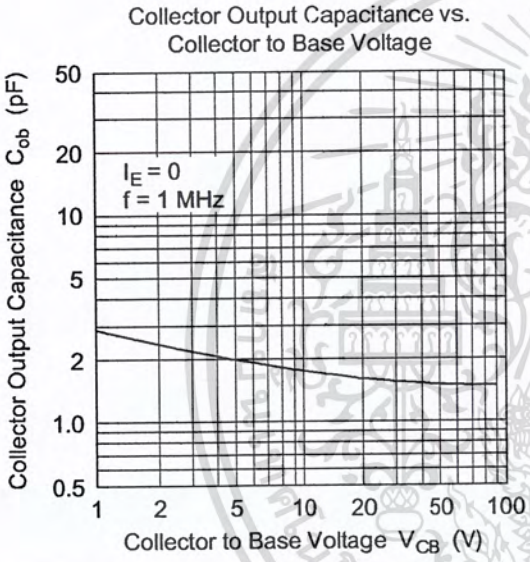
เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่า[illegible] อีกทั้ง[illegible]มิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

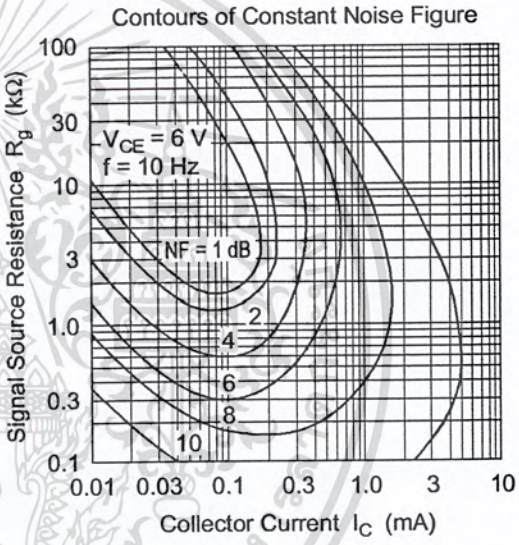
Hitachi semiconductor



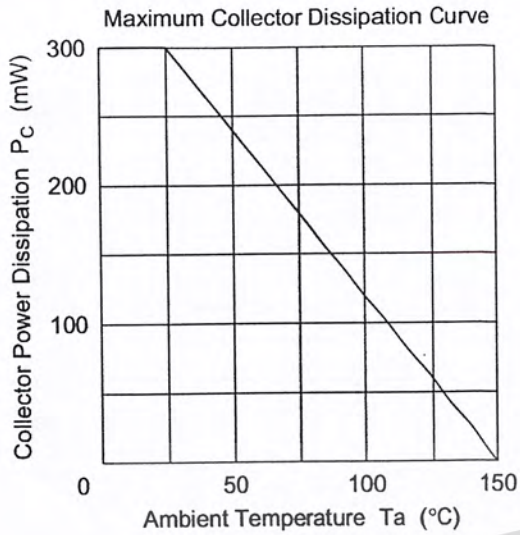
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

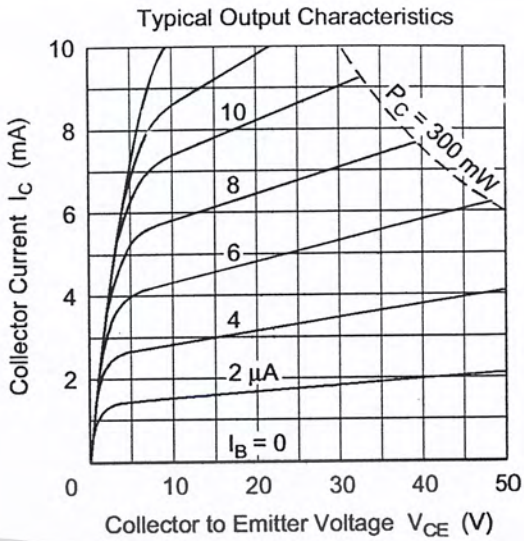


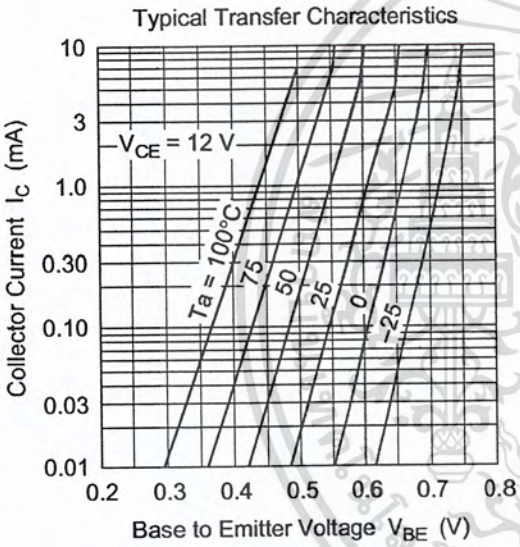


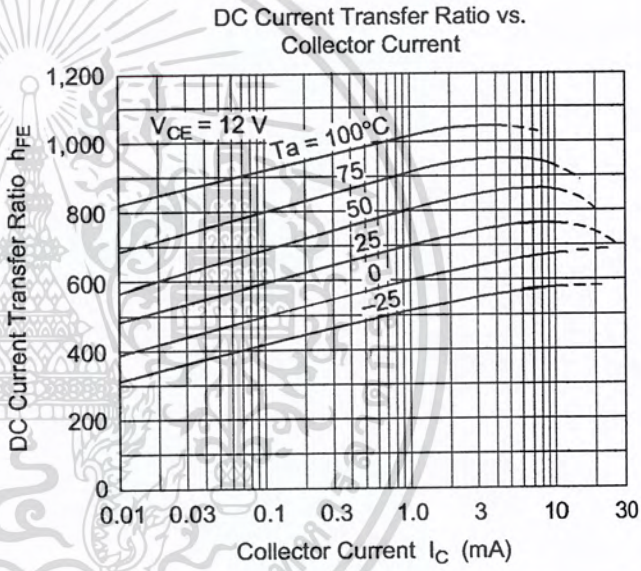


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Item	Symbol	2SC1775	2SC1775A	Unit
Collector to base voltage	V_{CBO}	90	120	V
Collector to emitter voltage	V_{CEO}	90	120	V
Emitter to base voltage	V_{EBO}	5	5	V
Collector current	I_C	50	50	mA
Collector power dissipation	P_C	300	300	mW
Junction temperature	Tj	150	150	°C
Storage temperature	Tstg	–55 to +150	–50 to +150	°C

Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

Item	Symbol	2SC1775 Min	2SC1775 Typ	2SC1775 Max	2SC1775A Min	2SC1775A Typ	2SC1775A Max	Unit	Test conditions	
Collector to emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	90	—	—	120	—	—	V	I_C = 1 mA, R_{BE} = ∞	
Collector cutoff current	I_{CBO}	—	—	0.5	—	—	—	μA	V_{CB} = 75 V, I_E = 0	
		—	—	—	—	—	0.5	μA	V_{CB} = 100 V, I_E = 0	
DC current transfer ratio	h_{FE1} *1	400	—	1200	400	—	1200		V_{CE} = 12 V, I_C = 2 mA	
	h_{FE2}	160	—	—	160	—	—		V_{CE} = 12 V, I_C = 0.1 mA	
Base to emitter voltage	V_{BE}	—	—	0.75	—	—	0.75	V	V_{CE} = 12 V, I_C = 2 mA	
Collector to emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	—	—	0.5	—	—	0.5	V	I_C = 10 mA, I_B = 1 mA	
Gain bandwidth product	f_T	—	200	—	—	200	—	MHz	V_{CE} = 12 V, I_C = 2 mA	
Collector output capacitance	Cob	—	1.6	—	—	1.6	—	pF	V_{CB} = 25 V, I_E = 0, f = 1 MHz	
Noise figure	NF	—	—	5.0	—	—	5.0	dB	V_{CE} = 6 V, I_C = 50 μA, R_g = 50 kΩ	f = 10 Hz
		—	—	1.5	—	—	1.5	dB		f = 1 kHz

Note: 1. The 2SC1775/A is grouped by h_{FE1} as follows.

E	F
400 to 800	600 to 1200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2SD669, 2SD669A

Silicon NPN Epitaxial

HITACHI

Application

Low frequency power amplifier complementary pair with 2SB649/A

Outline

TO-126 MOD

1. Emitter
2. Collector
3. Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hitachi semiconductor

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Item	Symbol	Ratings 2SD669	Ratings 2SD669A	Unit
Collector to base voltage	V_{CBO}	180	180	V
Collector to emitter voltage	V_{CEO}	120	160	V
Emitter to base voltage	V_{EBO}	5	5	V
Collector current	I_C	1.5	1.5	A
Collector peak current	$I_{C(peak)}$	3	3	A
Collector power dissipation	P_C	1	1	W
	P_C *1	20	20	W
Junction temperature	Tj	150	150	°C
Storage temperature	Tstg	–55 to +150	–55 to +150	°C

Note: 1. Value at T_C = 25°C.

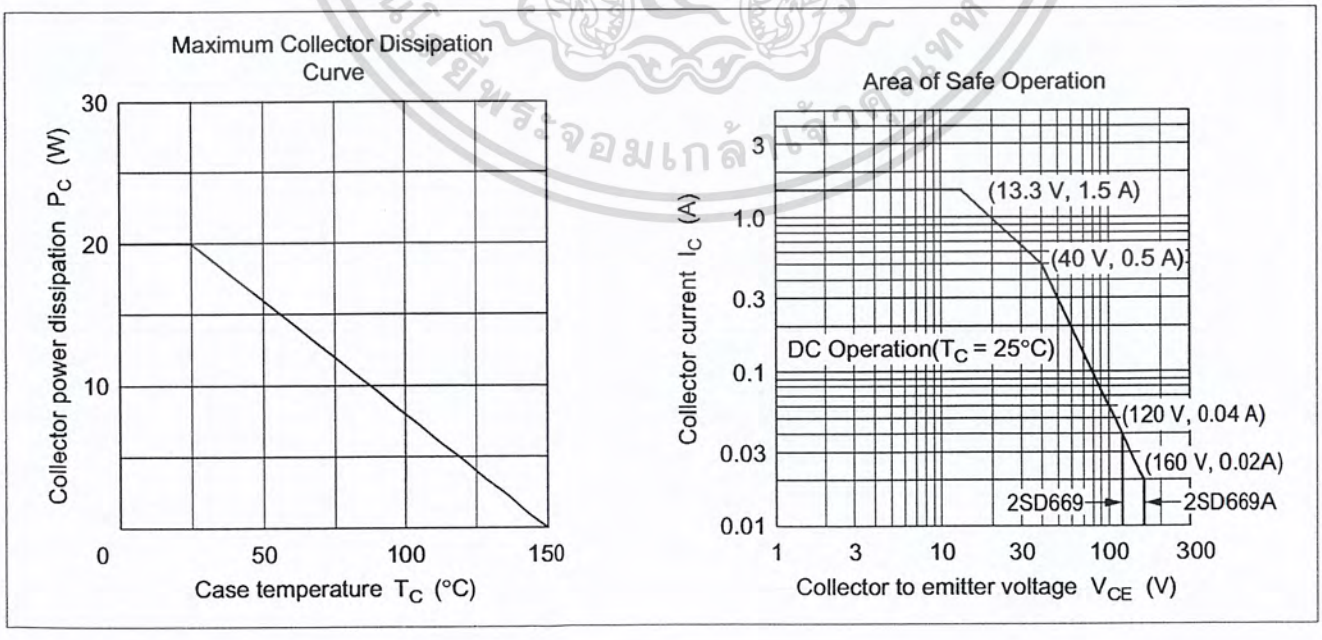
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

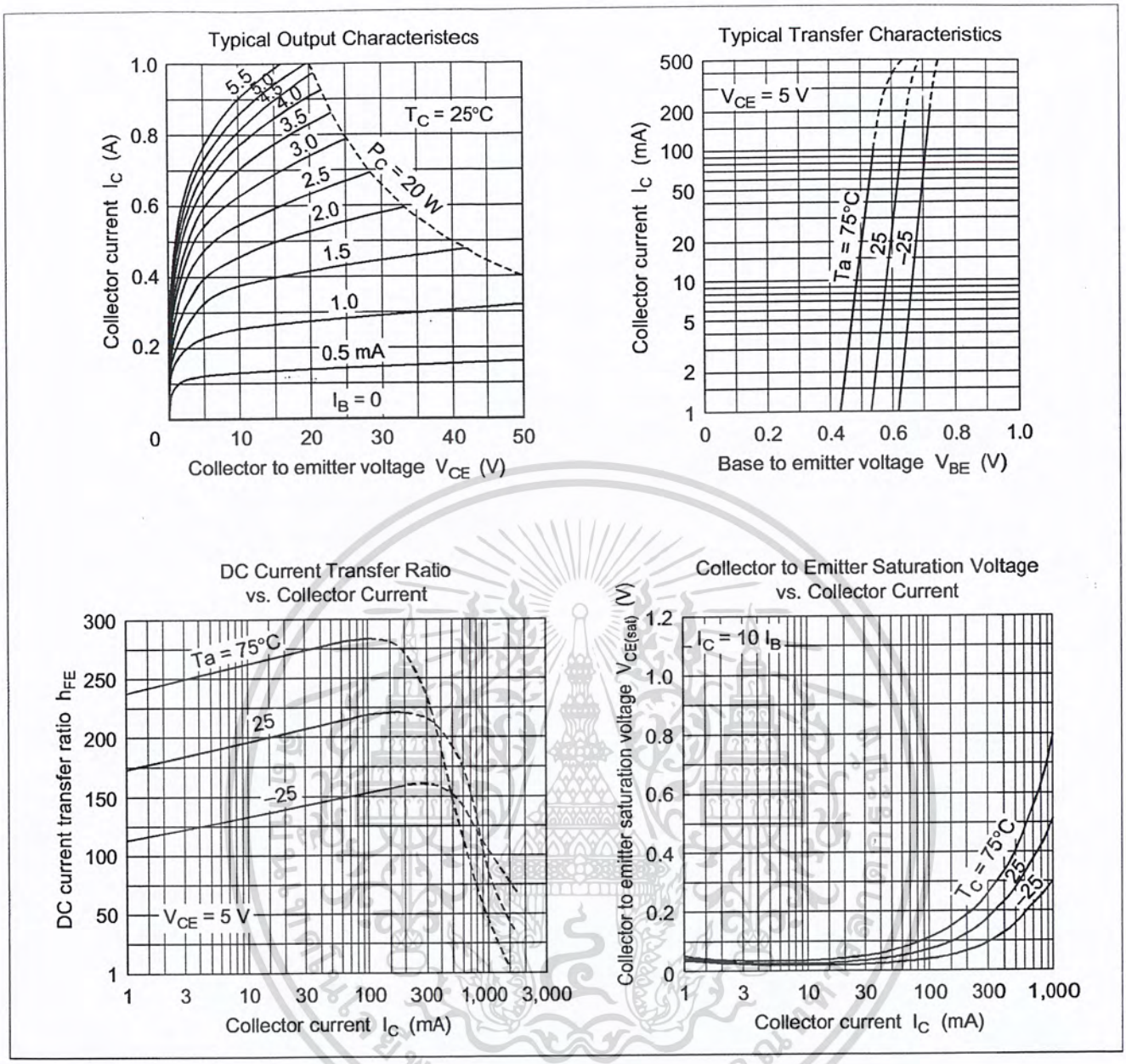
Item	Symbol	2SD669 Min	2SD669 Typ	2SD669 Max	2SD669A Min	2SD669A Typ	2SD669A Max	Unit	Test conditions
Collector to base breakdown voltage	$V_{(BR)CBO}$	180	—	—	180	—	—	V	I_C = 1 mA, I_E = 0
Collector to emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	120	—	—	160	—	—	V	I_C = 10 mA, R_{BE} = ∞
Emitter to base breakdown voltage	$V_{(BR)EBO}$	5	—	—	5	—	—	V	I_E = 1 mA, I_C = 0
Collector cutoff current	I_{CBO}	—	—	10	—	—	10	μA	V_{CB} = 160 V, I_E = 0
DC current transfer ratio	h_{FE1}*1	60	—	320	60	—	200		V_{CE} = 5 V, I_C = 150 mA*2
	h_{FE2}	30	—	—	30	—	—		V_{CE} = 5 V, I_C = 500 mA*2
Collector to emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	—	—	1	—	—	1	V	I_C = 500 mA, I_B = 50 mA*2
Base to emitter voltage	V_{BE}	—	—	1.5	—	—	1.5	V	V_{CE} = 5 V, I_C = 150 mA*2
Gain bandwidth product	f_T	—	140	—	—	140	—	MHz	V_{CE} = 5 V, I_C = 150 mA*2
Collector output capacitance	Cob	—	14	—	—	14	—	pF	V_{CB} = 10 V, I_E = 0, f = 1 MHz

Notes: 1. The 2SD669 and 2SD669A are grouped by h_{FE1} as follows.
2. Pulse test.

	B	C	D
2SD669	60 to 120	100 to 200	160 to 320
2SD669A	60 to 120	100 to 200	—

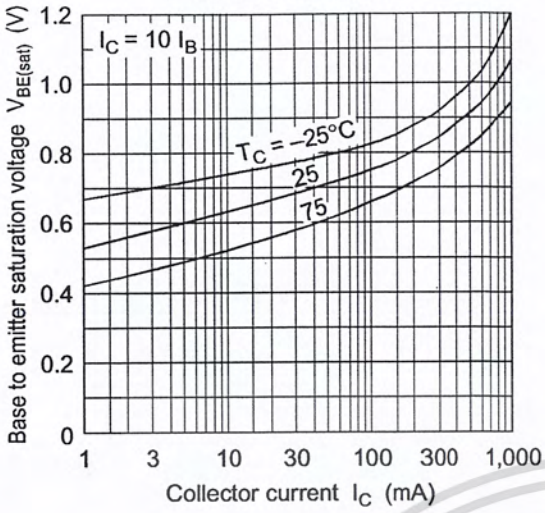


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

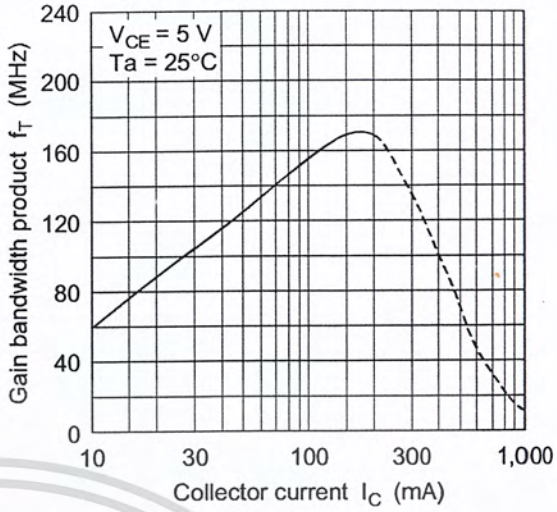


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

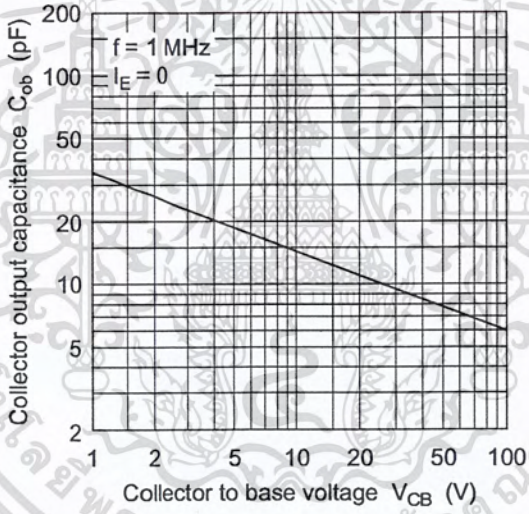
Base to Emitter Saturation Voltage
vs. Collector Current



Gain Bandwidth Product
vs. Collector Current

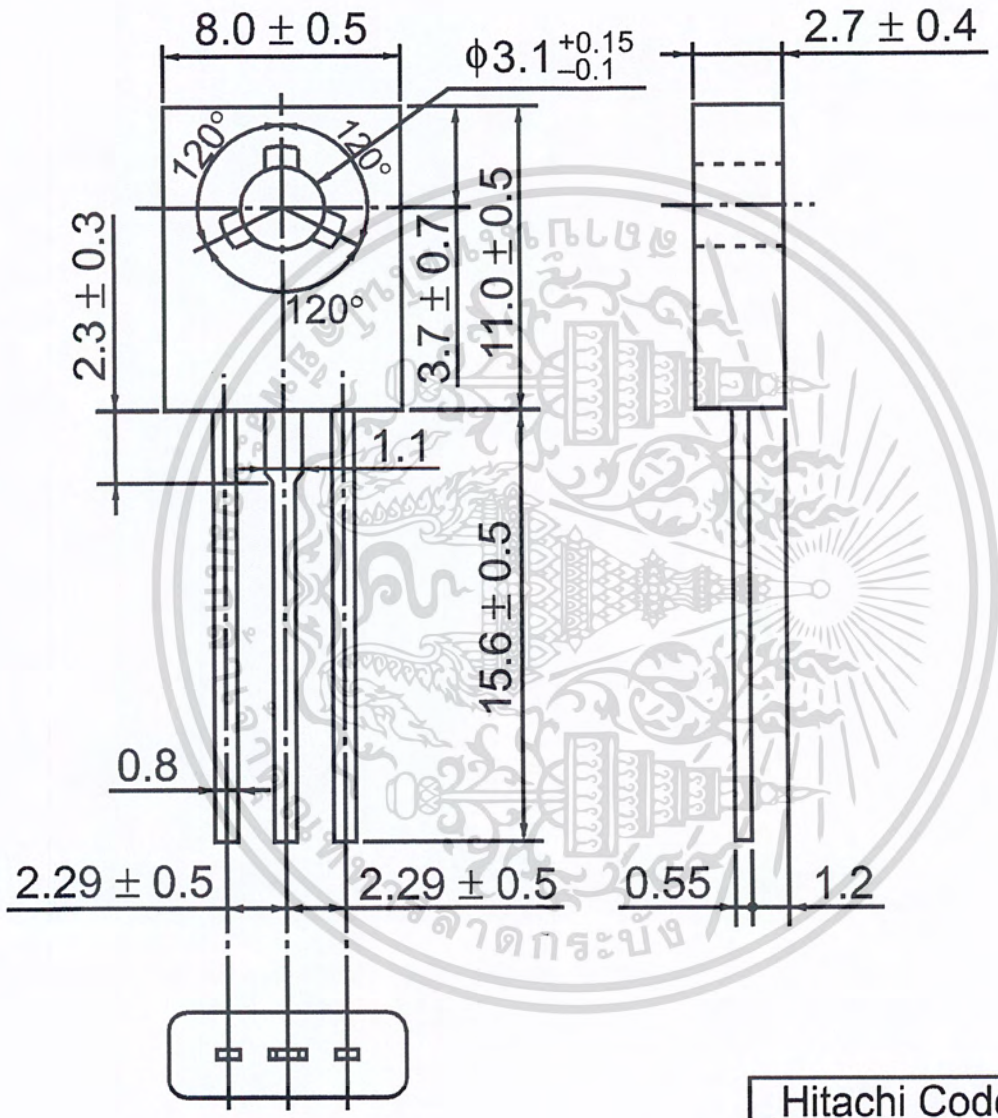


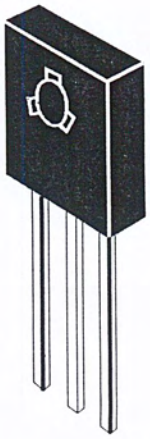
Collector Output Capacitance
vs. Collector to Base Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit: mm





Hitachi Code	TO-126 Mod
JEDEC	—
EIAJ	—
Weight (reference value)	0.67 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

1N5400 - 1N5408

Features

- 3.0 ampere operation at T_A = 75°C with no thermal runaway.
- High current capability.
- Low leakage.

DO-201AD
COLOR BAND DENOTES CATHODE

3.0 Ampere General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Current .375 " lead length @ T_A = 75°C	3.0	A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half-sine-wave Superimposed on rated load (JEDEC method)	200	A
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	6.25 50	W mW/°C
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	20	°C/W
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +150	°C

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

Electrical Characteristics

T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device									Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408	
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	V
V_{RMS}	Maximum RMS Voltage	35	70	140	210	280	350	420	560	700	V
V_R	DC Reverse Voltage (Rated V_R)	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	V
I_{RM}	Maximum Instantaneous Reverse Current @ rated V_R T_A = 25°C T_A = 100°C	5.0 500									µA µA
V_{FM}	Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 3.0 A	1.2									V
I_{rr}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle T_A = 105°C	0.5									mA
C	Typical Junction Capacitance V_R = 4.0 V, f = 1.0 MHz	30									pF

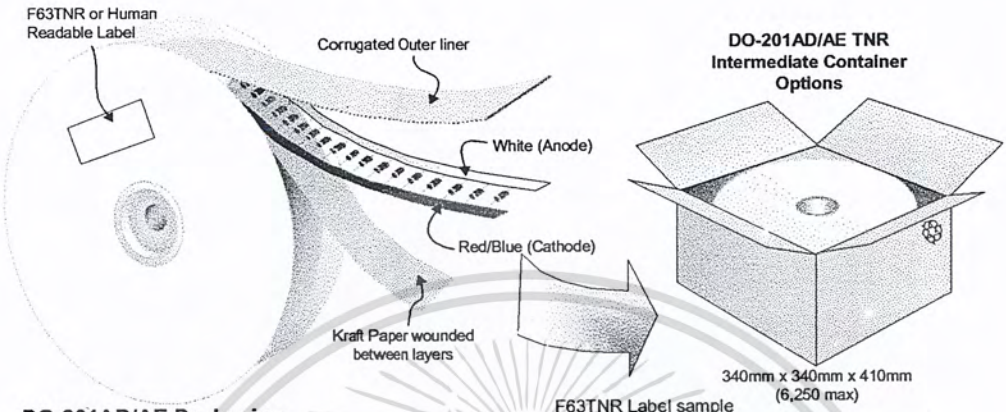
©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DO-201AD/AE Tape and Reel Data

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

DO-201AD/AE Packaging Configuration: Figure 1.0



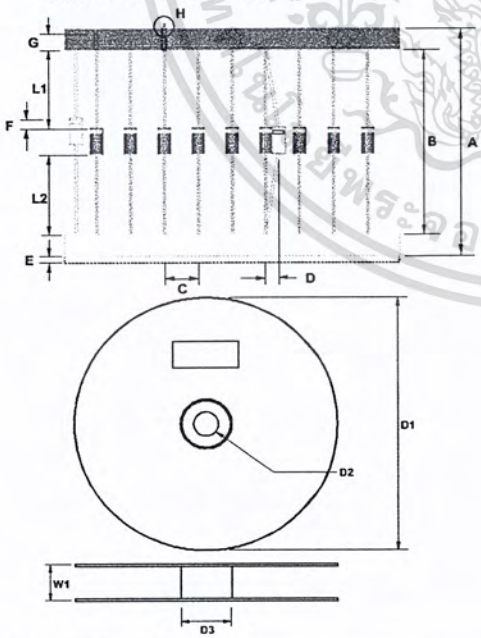
DO-201AD/AE Packaging Information Table : Figure 2.0

DO-201AD/AE Packaging Information	
Packaging Option	Under package code P3
Packaging type	TNR
Qty per Reel/Tube/Bag	1250
Reel Size (inch diameter)	13
Inside Tape Spacing (mm)	52
Int Box Dimension (mm)	340x340x410
Max qty per Box	6,250
Weight per unit (gm)	1.20 AD/1.10 AE
Weight per Reel (kg)	1.50 AD/1.20 AE
Note/Comments	

F63TNR Label sample

Human Readable Label sample

DO-201AD/AE Taping Dimension: Figure 5.0



TAPING DIMENSIONS

	INCH	MM	MILS	NOTES
A	2.520 +0.066/ -0.027	64.00 +1.69/ -0.69	2519 +66.5/ -27.0	Overall width
	1.496 +0.059/ -0.039	38.00 +1.5 -1.0	1496 +59 -39	
B	2.047±0.027	52 ±0.69	2047±27	Inside Tape Spacing
C	0.200 ±0.0157	10.08 ±0.40	394 ±15.7	Component Pitch
D	0.047(max)	1.2(max)	47(max)	Component Misalignment
E	0.022(max)	0.55(max)	22(max)	Tape Mismatch
F	0.027(max)	±0.69	±27	Units in line w/ one another
G	0.126(min)	3.2(min)	126(min)	Lead amount between tapes
H	0	0	0	Lead amount beyond tapes
L1-L2	±0.027	±0.69	±27	Delta between two leads

REEL DIMENSIONS

ITEM DESCRIPTION	SYMBOL	MINIMUM	MAXIMUM
Reel Diameter	D1	13.875	14.125
Arbor Hole Diameter (Standard)	D2	1.245	1.255
Core Diameter	D3	3.190	3.310
Flange to Flange Outer Width	W1		3.400

Note: All Dimensions are in inches

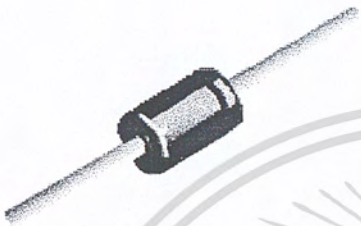
©2000 Fairchild Semiconductor International

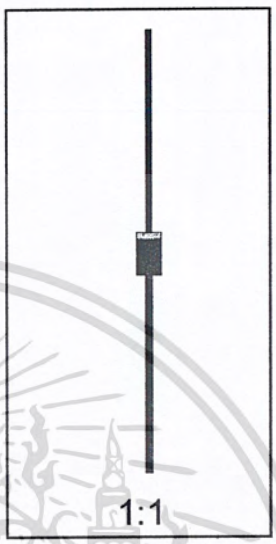
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DO-201AD Package Dimensions

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

DO-201AD (FS PKG Code P3)

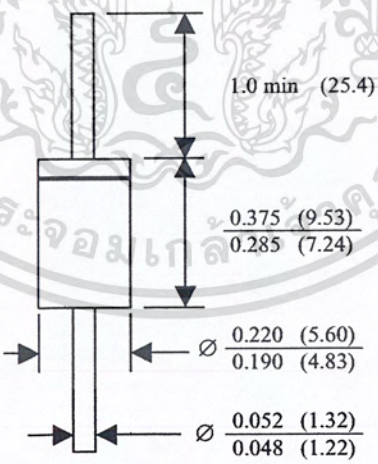




Scale 1:1 on letter size paper

Dimensions shown below are in:
inches [millimeters]

Part Weight per unit (gram): 1.1



©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
DOME™
E²CMOS™
EnSigna™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GlobalOptoisolator™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
OPTOLOGIC™
OPTOPLANAR™
PACMAN™
POP™
PowerTrench®
QFET™
QS™
QT Optoelectronics™
Quiet Series™
SILENT SWITCHER®
SMART START™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
SyncFET™
TinyLogic™
UHC™
VCX™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

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

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษดา วิศวธีรานนท์ : หลักการต่อวงจรเครื่องขยายเสียง
   บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด ,กทม.
2. สร้างและออกแบบแอมป์ไฮ-ไฟ
   บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด , กทม.
3. พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ : ทฤษฎีเครื่องเสียง
   สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, กทม.
4. ถาวร คำมณีจันทร์ : แม่ไม้เครื่องเสียง
   สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต, ปทุมธานี
5. High Performance Audio Power Amplifiers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้