
ET3230 Điện tử tương tự I

Bài giảng: Khuếch đại công suất

Nội dung

- 10.1 Giới thiệu
- 10.2 Khuếch đại chế độ A
- 10.3 Khuếch đại chế độ B
- 10.4 Khuếch đại chế độ C, D
- 10.5 Các thiết bị và mạch công suất thực tế

10.1 Giới thiệu

- 10.1.1 Đặc điểm chung
- 10.1.2 Các chế độ làm việc của mạch KĐCS
- 10.1.3 Hiệu suất

10.1.1 Đặc điểm chung

- KĐCS
 - Tầng KĐ cuối, có tín hiệu vào lớn, làm việc trong miền không tuyến tính
 - Cung cấp tín hiệu ra đủ lớn đáp ứng yêu cầu của tải, với độ méo cho phép
 - Đảm bảo hiệu suất cao
- Không dùng sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ mà dùng đồ thị để nghiên cứu

10.1.2 Các chế độ làm việc của mạch KĐCS

- Tùy vào chế độ công tác của transistor, tầng KĐCS có thể làm việc ở các chế độ A, B, AB, C, D.
 - Chế độ A: KĐ cả tín hiệu vào, hiệu suất thấp, méo phi tuyến nhỏ
 - Chế độ B: KĐ một nửa tín hiệu vào, có hiệu suất lớn, có méo xuyên tâm
 - Chế độ AB: có tính chất chuyển tiếp giữa chế độ A và B, giảm méo khi tín hiệu vào có biên độ nhỏ
 - Chế độ C: KĐ tín hiệu ra bé hơn nửa hình sin, hiệu suất cao, méo lớn, dùng trong các mạch KĐ cao tần
 - Chế độ D: transistor làm việc như 1 khóa điện tử đóng mở

10.1.3 Hiệu suất

- Hiệu suất

= công suất xoay chiều trên tải/ công suất cung cấp từ nguồn DC

$$\eta = \frac{P_o(ac)}{P_i(dc)} \times 100\%$$

- So sánh giữa các chế độ

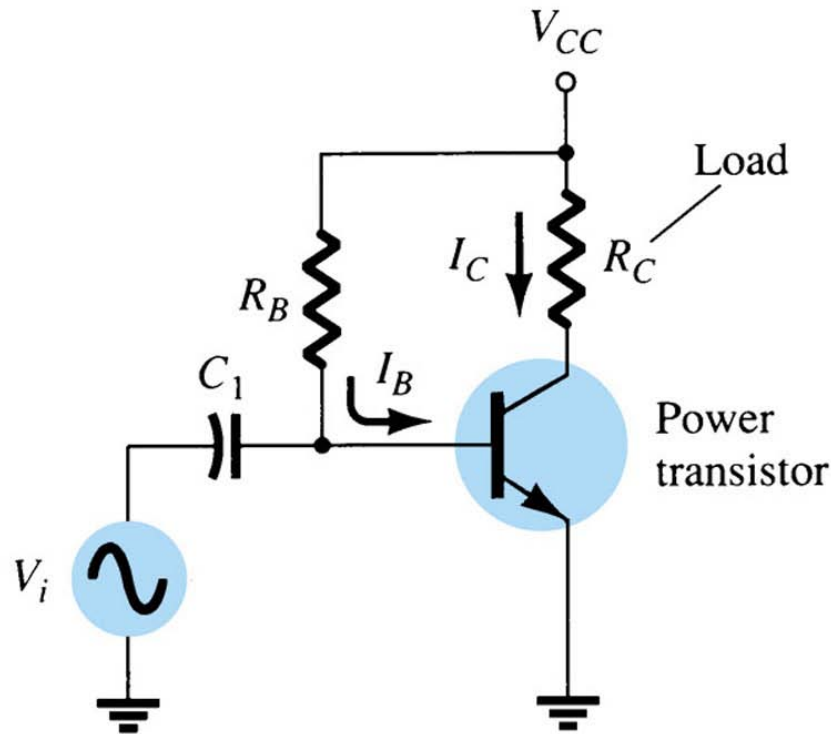
	A	AB	B	C	D
Chu kỳ hoạt động	360 ⁰	180 ⁰ - 360 ⁰	180 ⁰	<180 ⁰	Pulse
Hiệu suất	25% - 50%	25(50%) - 78.5%	<78.5%		Typ >90%

10.2 KĐCS chế độ A

- 10.2.1 KĐCS đơn chế độ A sử dụng tải điện trở
- 10.2.2 KĐCS đơn chế độ A tải ghép biến áp

10.2.1 KĐCS đơn chế độ A s/dg tải điện trở

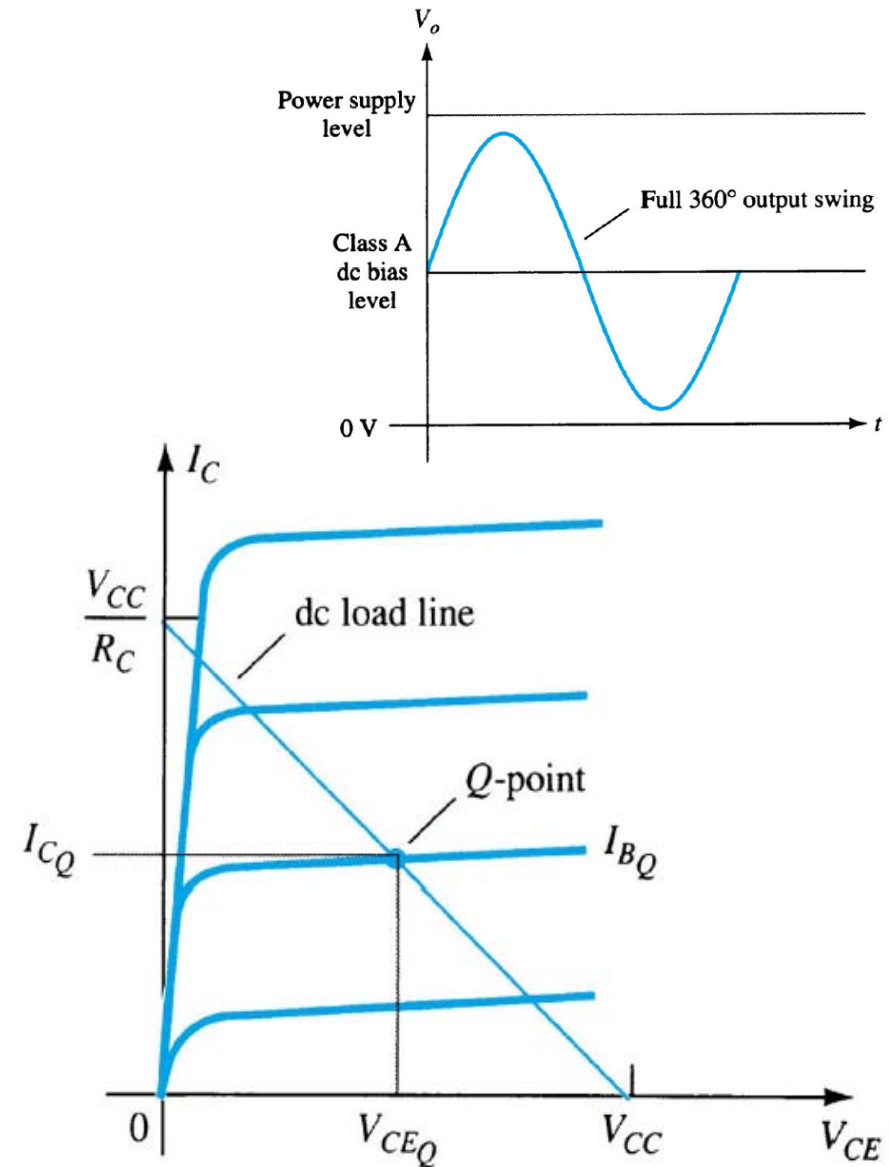
- DC



$$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7V}{R_B}$$

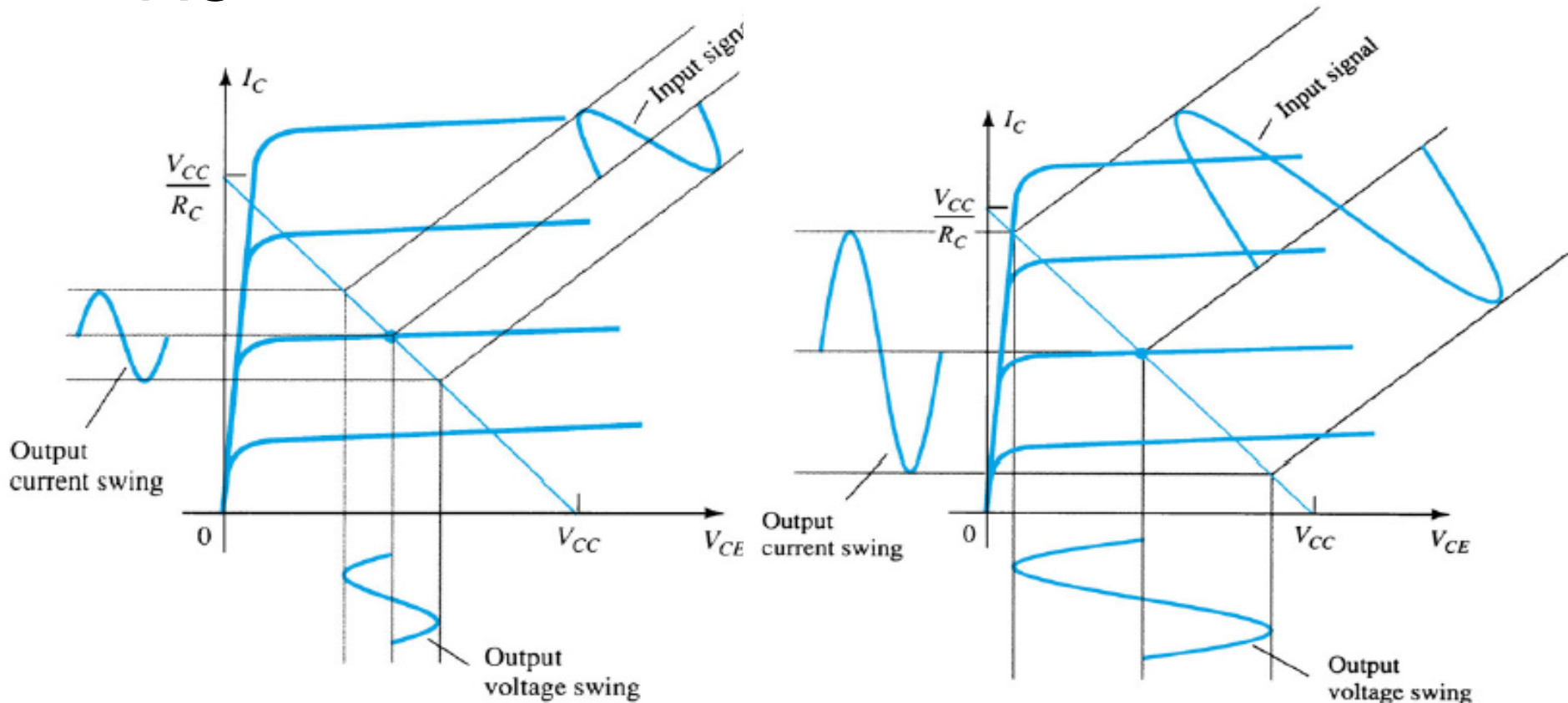
$$I_C = \beta I_B$$

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



10.2.1 KĐCS đơn chế độ A s/dg tải điện trở

- AC



Dòng điện I_C : $0 \rightarrow V_{CC}/R_C$

Điện áp V_{CE} : $0 \rightarrow V_{CC}$

10.2.1 KĐCS đơn chế độ A s/dg tải điện trở

- Công suất vào

- công suất 1 chiều $P_i(dc) = V_{CC}I_{C_Q}$

- Công suất ra

- công suất xoay chiều trên tải

$$P_o(ac) = V_{CE}(rms)I_C(rms) = I_C^2(rms)R_C = \frac{V_{CE}^2(rms)}{R_C}$$

$$P_o(ac) = \frac{V_{CE}(p)I_C(p)}{2} = \frac{I_C^2(p)}{2}R_C = \frac{V_{CE}^2(p)}{2R_C}$$

$$P_o(ac) = \frac{V_{CE}(p-p)I_C(p-p)}{8} = \frac{I_C^2(p-p)}{8}R_C = \frac{V_{CE}^2(p-p)}{8R_C}$$

- Hiệu suất

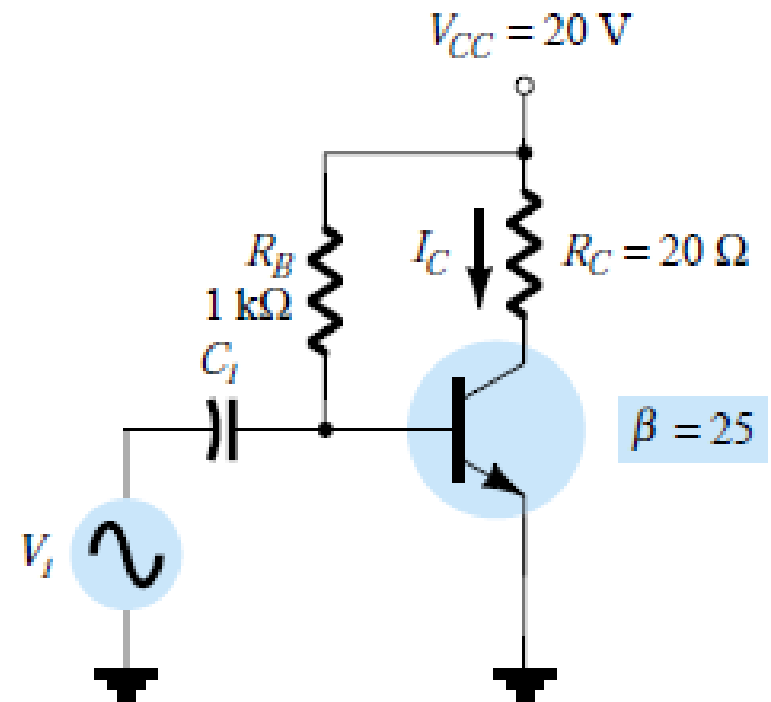
$$\eta = \frac{P_o(ac)}{P_i(dc)} \times 100\%$$

- Hiệu suất cực đại

$$\eta_{\max} = \frac{P_{o\max}(ac)}{P_{i\max}(dc)} \times 100\% = \frac{V_{CC}^2/8R_C}{V_{CC}^2/2R_C} \times 100\% = 25\%$$

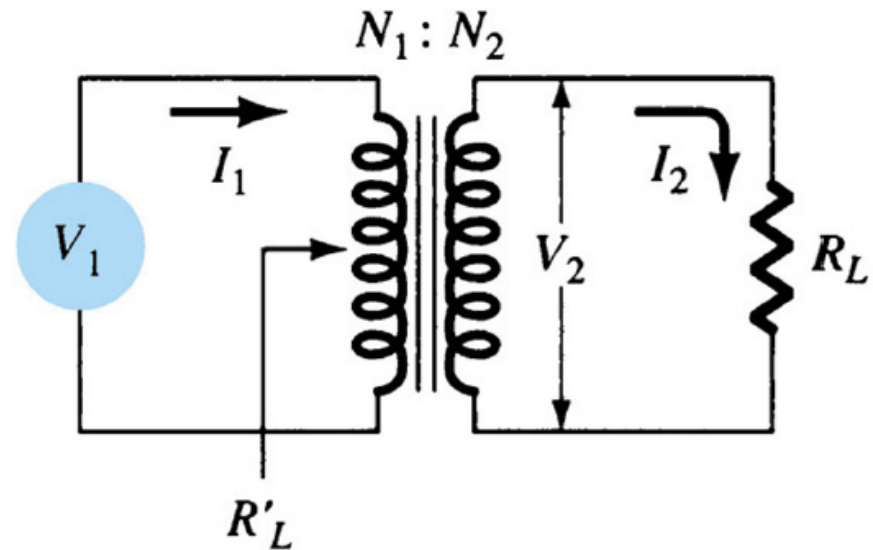
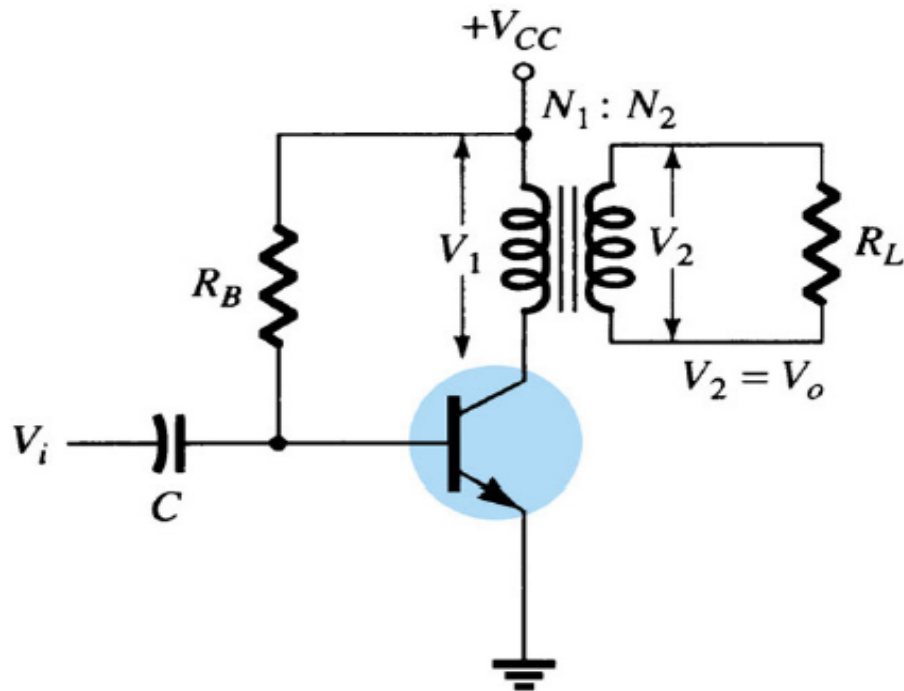
10.2.1 KĐCS đơn chế độ A s/dg tải điện trở

- Ví dụ
 - Tính công suất vào, công suất ra, và hiệu suất khi $I_B(p) = 10mA$



10.2.2 KĐCS đơn chế độ A tải ghép b/áp

- Dùng ghép biến áp
 - Tăng hiệu suất
 - Hỗ trợ việc phối hợp trở kháng



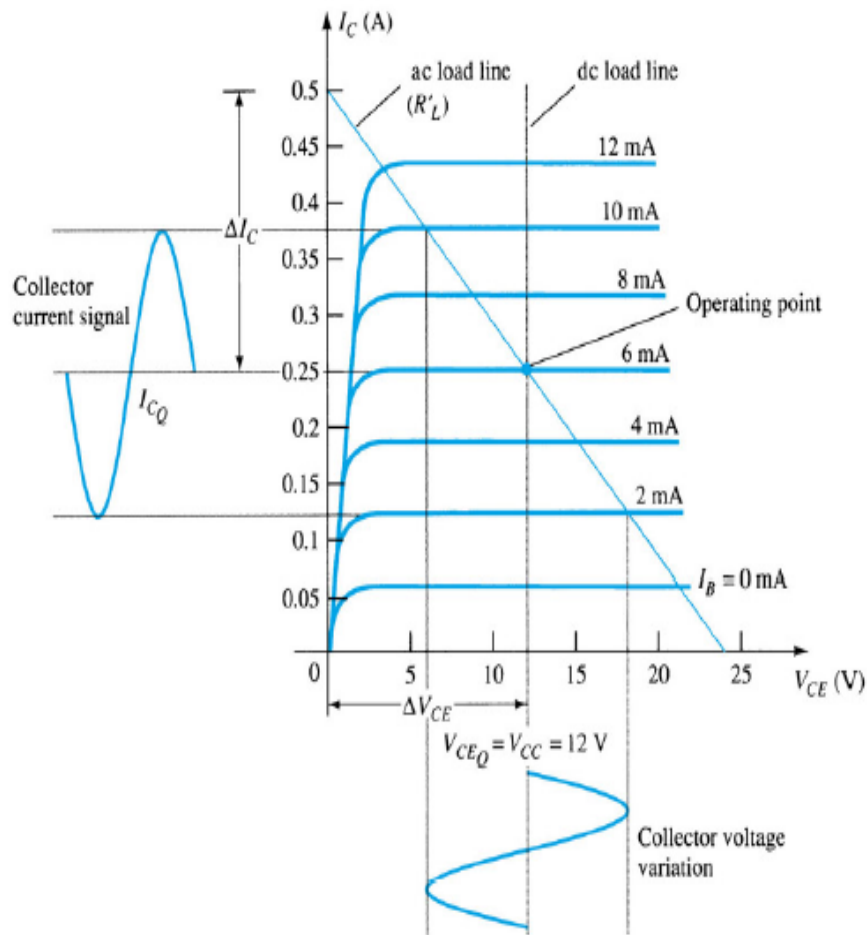
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{R'_L}{R_L} = \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = a^2$$

10.2.2 KĐCS đơn chế độ A tải ghép b/áp

- Dùng ghép biến áp



* Đường tải 1 chiều song song với trục tung

$$P_o(ac) = \frac{(V_{CE_{\max}} - V_{CE_{\min}})(I_{C_{\max}} - I_{C_{\min}})}{8}$$

$$P_i(dc) = V_{CC} I_{CQ}$$

=> Hiệu suất cực đại là 50%

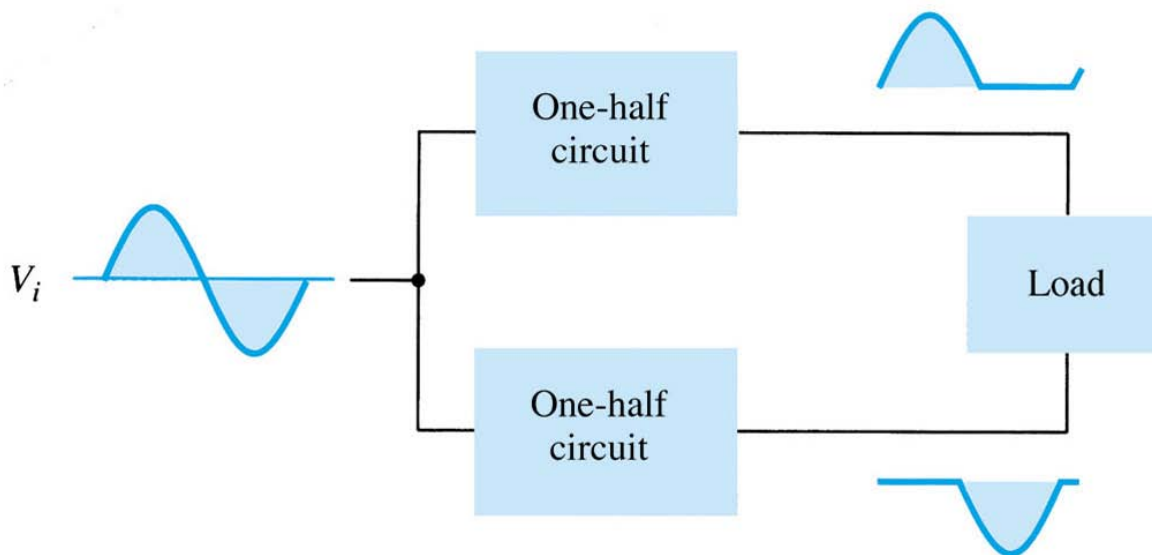
$$\eta = 50 \left(\frac{V_{CE_{\max}} - V_{CE_{\min}}}{V_{CE_{\max}} + V_{CE_{\min}}} \right) \%$$

10.3 Khuếch đại chế độ B

- 10.3.1 Những vấn đề chung
- 10.3.2 Mạch KĐCS đẩy kéo ghép biến áp
- 10.3.3 Mạch KĐCS bù đối xứng
- 10.3.4 Mạch đẩy kéo giả bù

10.3.1 Những vấn đề chung

- Để thu được cả chu kỳ tín hiệu đầu ra cần sử dụng 2 transistor, mỗi transistor được sử dụng ở mỗi nửa chu kỳ khác nhau của tín hiệu
- 1 phần của mạch đẩy tín hiệu lên cao trong $\frac{1}{2}$ chu kỳ, 1 phần khác của mạch kéo tín hiệu xuống thấp trong $\frac{1}{2}$ chu kỳ còn lại => mạch “đẩy kéo”



10.3.1 Những vấn đề chung

- Công suất nguồn cung cấp

$$P_i(dc) = V_{CC} I_{dc} = V_{CC} \left(\frac{2}{\pi} I(p) \right)$$

- Công suất đầu ra xoay chiều

$$P(ac) = \frac{V_L^2(p)}{2R_L} \quad P(ac) = \frac{V_L^2(rms)}{R_L} = \frac{V_L^2(p-p)}{8R_L}$$

- Hiệu suất

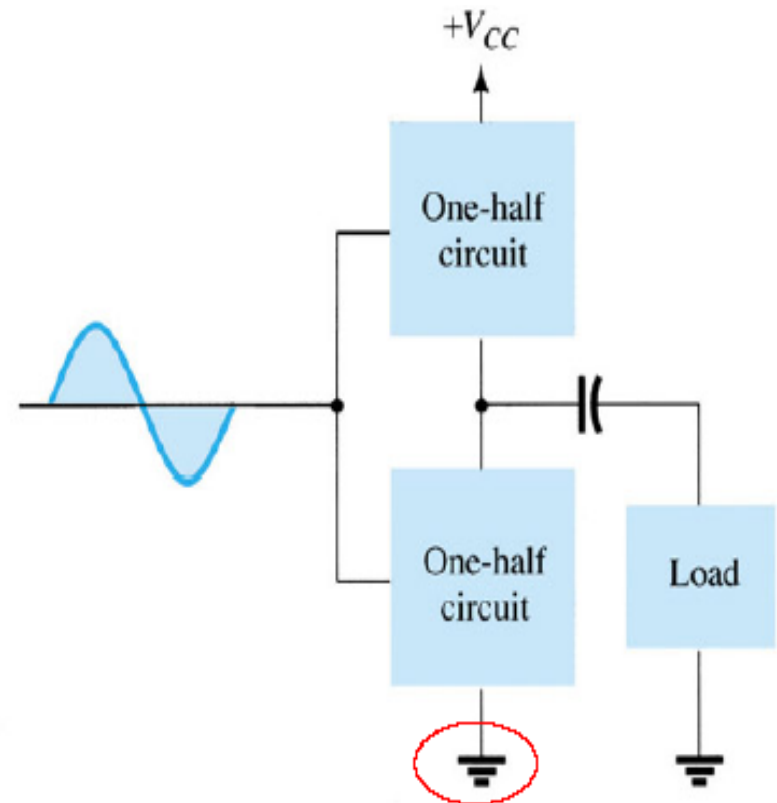
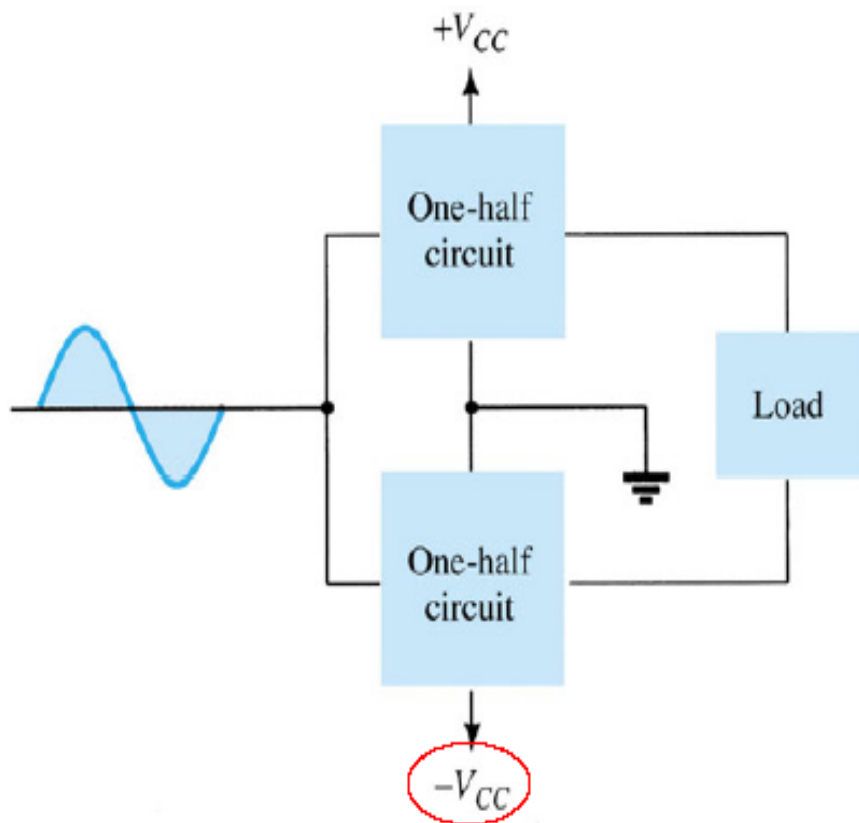
$$\eta = \frac{P_o(ac)}{P_i(dc)} \times 100\% = \frac{\pi}{4} \frac{V_L(p)}{V_{CC}} \times 100\% \quad \eta_{\max} = \frac{\pi}{4} \times 100\% = 78,5\%$$

- Công suất tổn hao trên transistor

$$P_{2Q} = P_i(dc) - P_o(ac) \quad P_Q = P_{2Q}/2$$

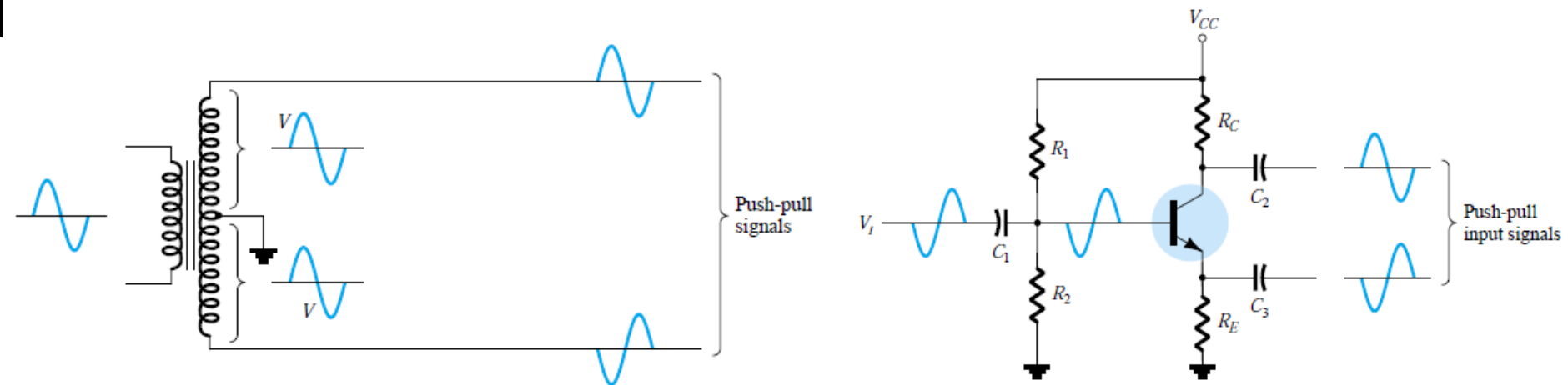
10.3.1 Những vấn đề chung

- Mạch bộ KĐ đẩy kéo với tải sử dụng
 - 2 nguồn cung cấp DC
 - 1 nguồn cung cấp DC

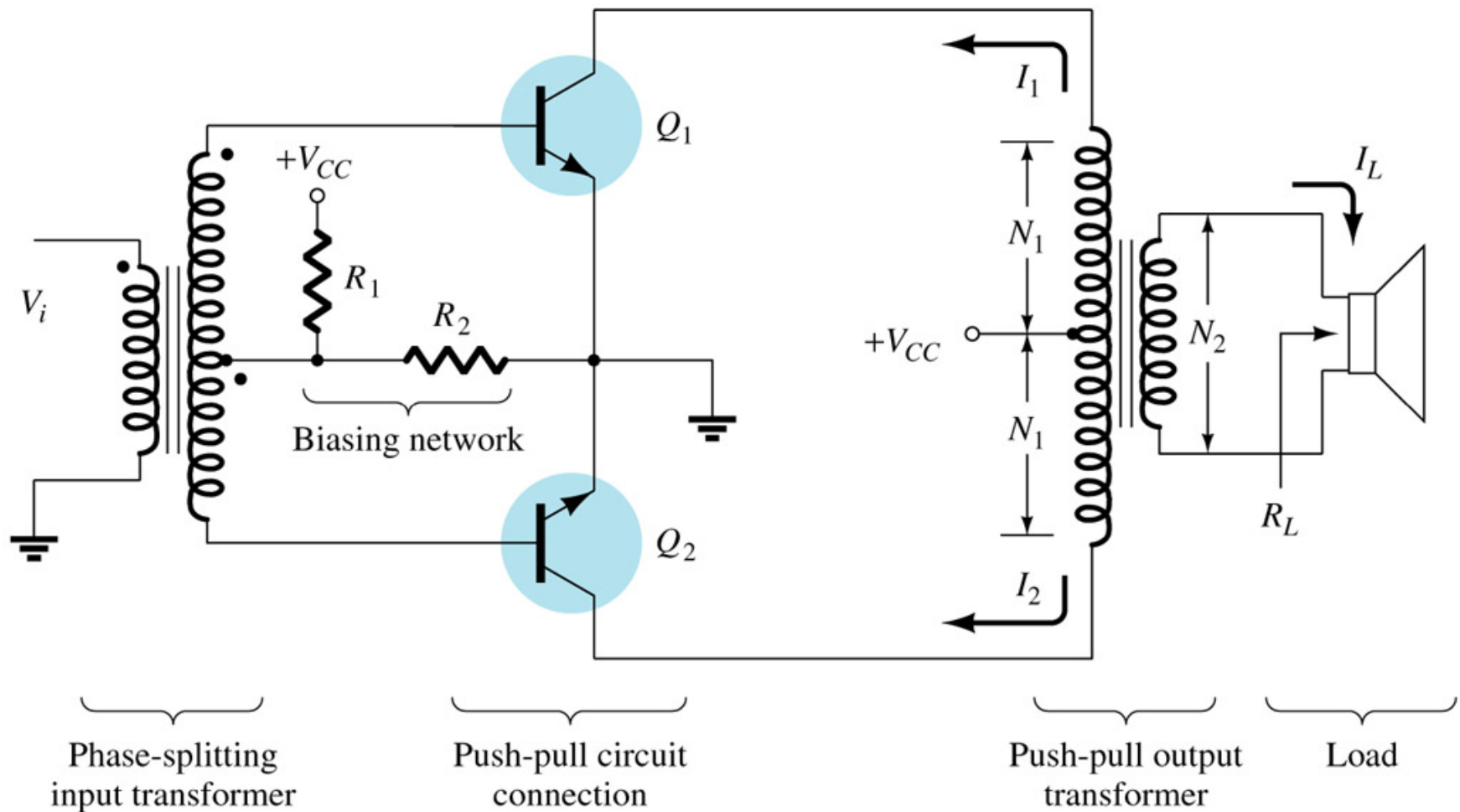


10.3.1 Những vấn đề chung

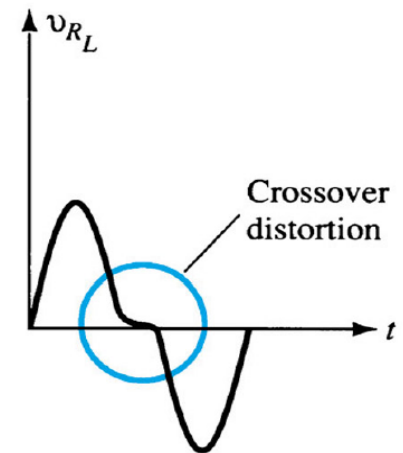
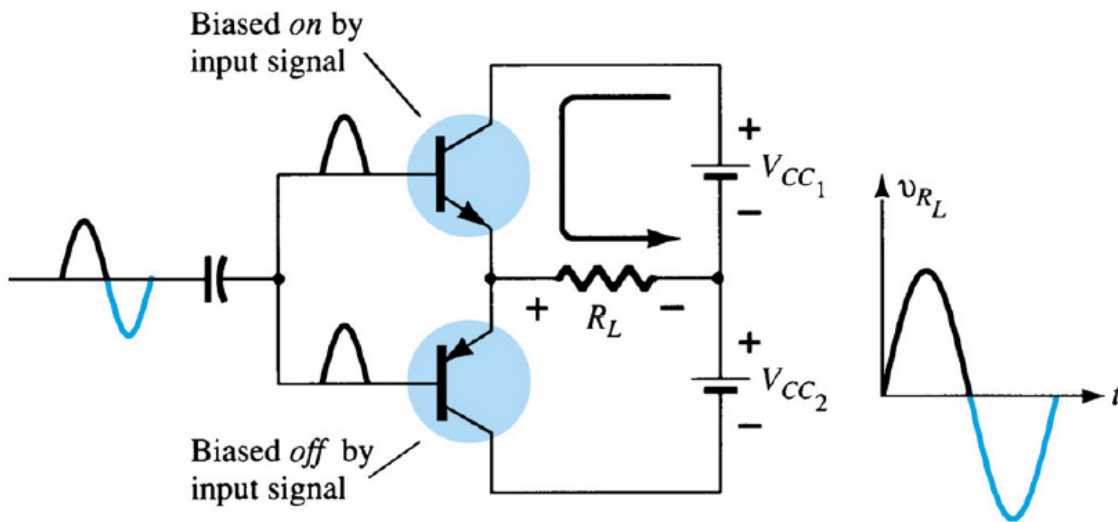
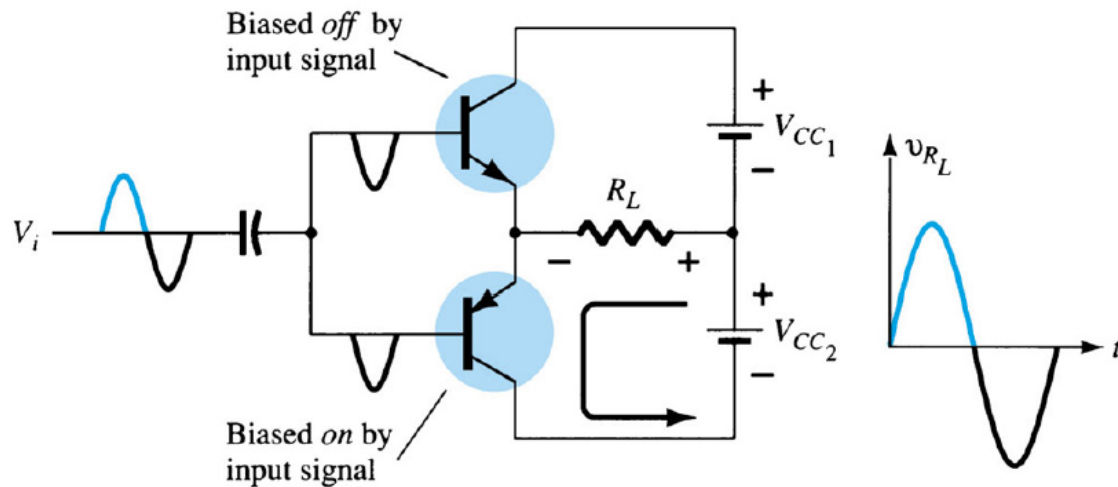
- Mạch KĐ chế độ B phải dùng ít nhất 2 transistor cùng loại hoặc khác loại
- Khi cần tăng c/suất ra, thường dùng 2 transistor ở mỗi vế mắc kiểu Darlington
- Khi tầng KĐCS dùng 2 transistor cùng loại thì tầng kích phải là tầng đảo pha để cấp 2 tín hiệu ngược pha



10.3.2 Mạch KĐCS đẩy kéo ghép biến áp



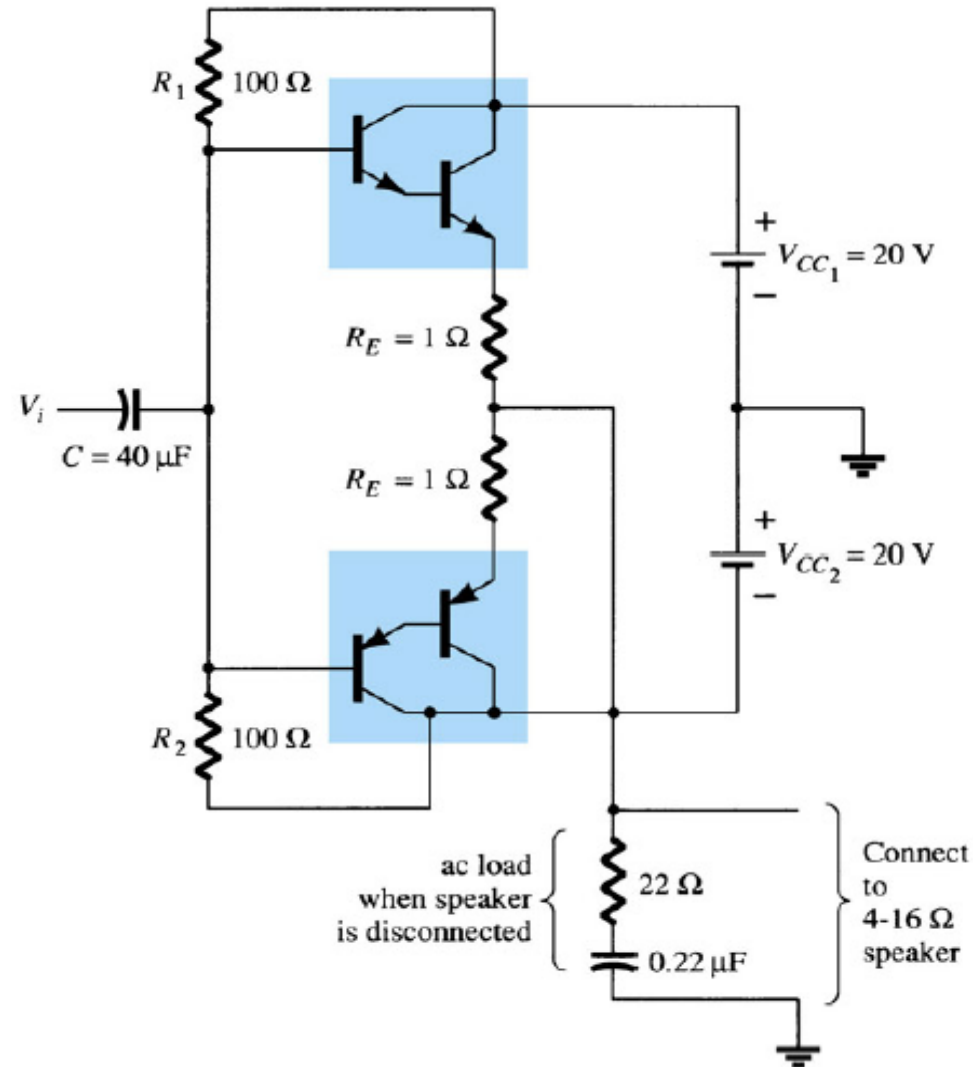
10.3.3 Mạch KĐCS bù đối xứng



Méo xuyên tâm

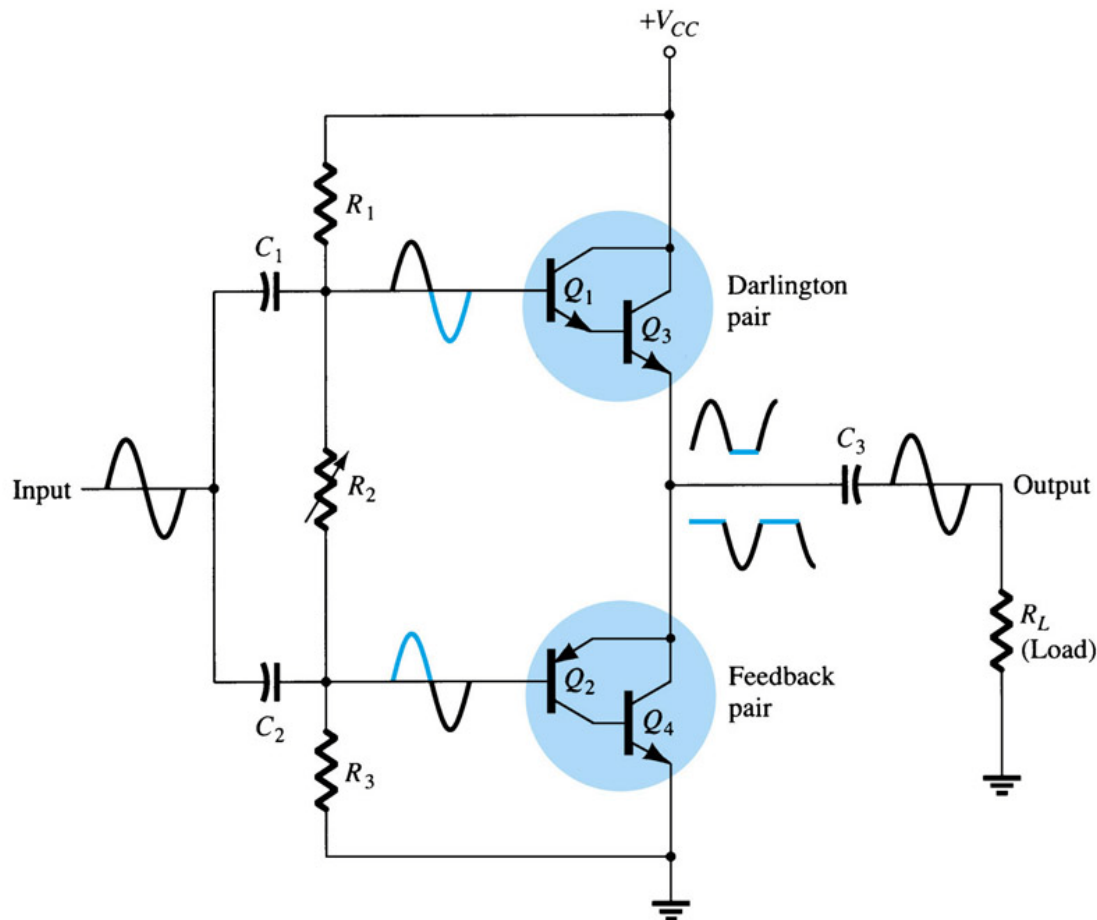
10.3.3 Mạch KĐCS bù đối xứng

- Dùng các transistor Darlington
 - Dòng điện đầu ra cao hơn
 - Trở kháng ra thấp hơn



10.3.4 Mạch đẩy kéo giả bù

- Tăng c/suất ra; thông dụng nhất

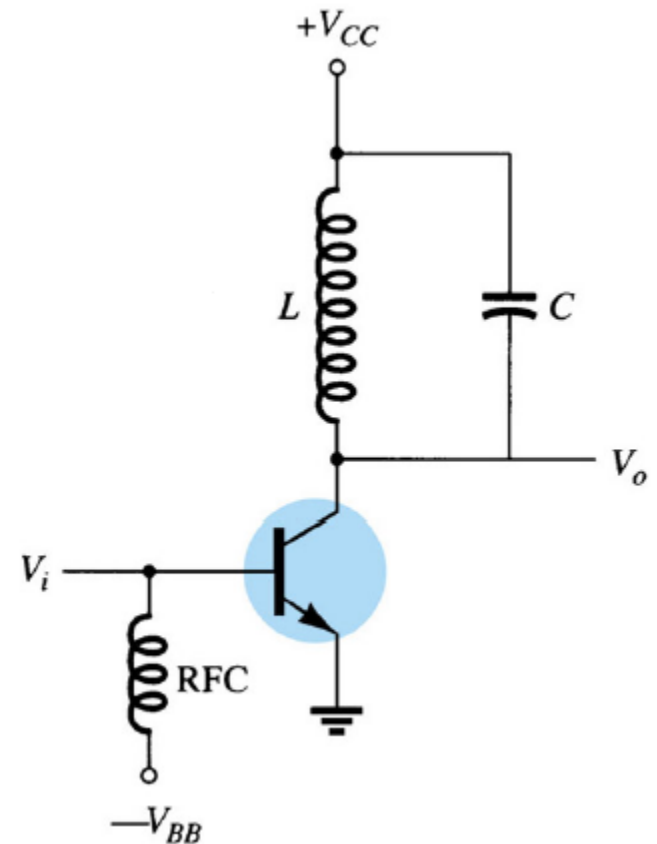


10.4 Khuếch đại CS chế độ C và D

- 10.4.1 Khuếch đại CS chế độ C
- 10.4.2 Khuếch đại CS chế độ D

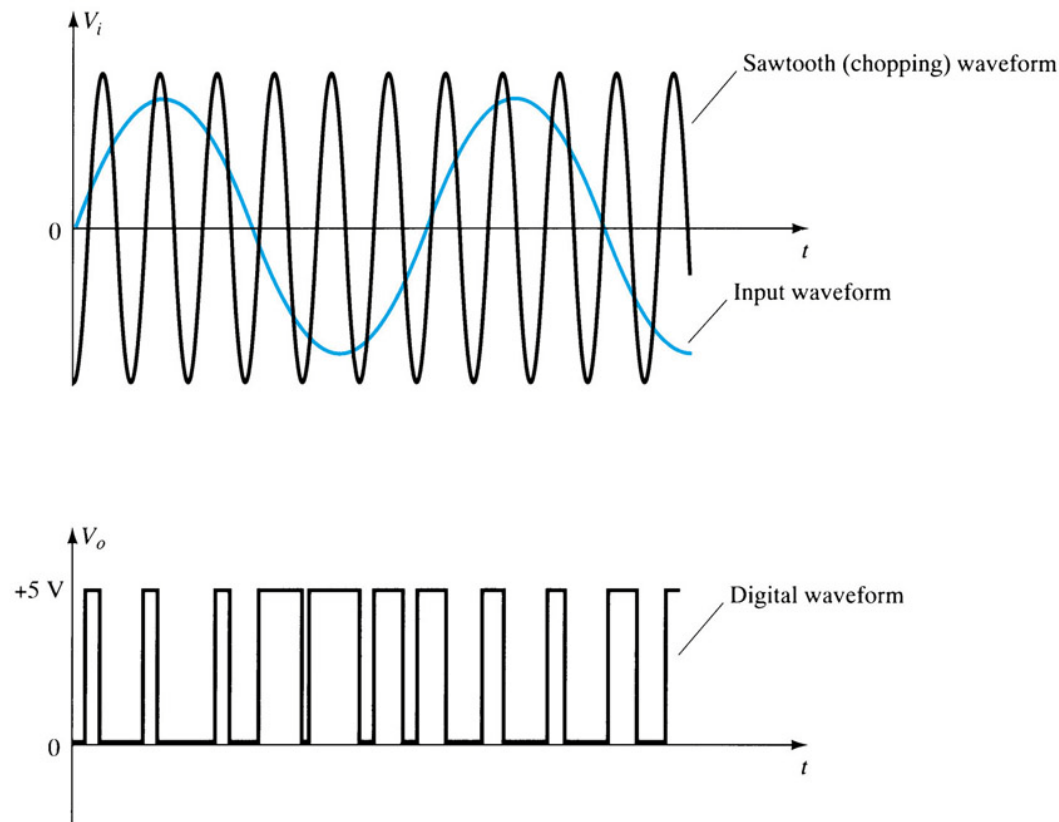
10.4.1 Khuếch đại chế độ C

- Hoạt động trong khoảng dưới $\frac{1}{2}$ chu kỳ tín hiệu
- Hiệu suất lớn
- Thường được sử dụng trong mạch thông tin vô tuyến, ví dụ như ở tầng trộn tần



10.4.2 Khuếch đại chế độ D

- Được thiết kế để làm việc với tín hiệu xung hoặc số
- Hiệu suất trên 90%



Méo trong tầng KĐ

- Méo
 - Méo phi tuyến hay méo biên độ
 - Méo tần số
- Méo hài bậc n

$$\% D_n = \frac{|A_n|}{|A_1|} \times 100\%$$

$|A_n|$ Biên độ của hài bậc n

$|A_1|$ Biên độ của thành phần tần số cơ bản

- Méo hài tổng

$$\% \text{THD} = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2} \times 100\%$$

10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

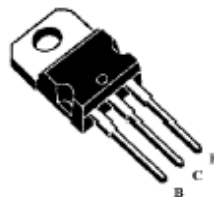
- Linh kiện công suất
 - Điốt
 - BJT công suất
 - MOSFET công suất
 - Thyristor (SCR-silicon controlled rectifier)
 - Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT)
 - Gate Turn-Off Thyristors
 - MOS-Controlled Thyristor (MCT)

10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

- Đặc tính

- Diốt công suất: khả năng chịu dòng thuận lớn (n100 A)
- BJT công suất : $P = nW - n \cdot 100 \text{ KW}$, $f = 10\text{KHz}$, npn
=> Transistor Darlington công suất: dòng bazơ nhỏ
- MOSFET công suất : điều khiển bằng điện áp vào (chuyển mạch)

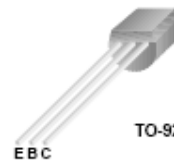
- 65 W at 25°C Case Temperature
- 6A Continuous Collector Current
- 10A Peak Collector Current
- 100V Collector-Emitter Voltage
- Isolated transistor package available on request
- Custom selections possible



TO-220

Note : Collector is connected to the mounting base

PN2222A

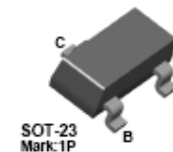


TO-92

NPN General Purpose Amplifier

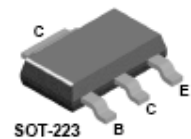
- This device is for use as a medium power amplifier and switch requiring collector currents up to 500mA.
- Sourced from process 19.

MMBT2222A



SOT-23
Mark:1P

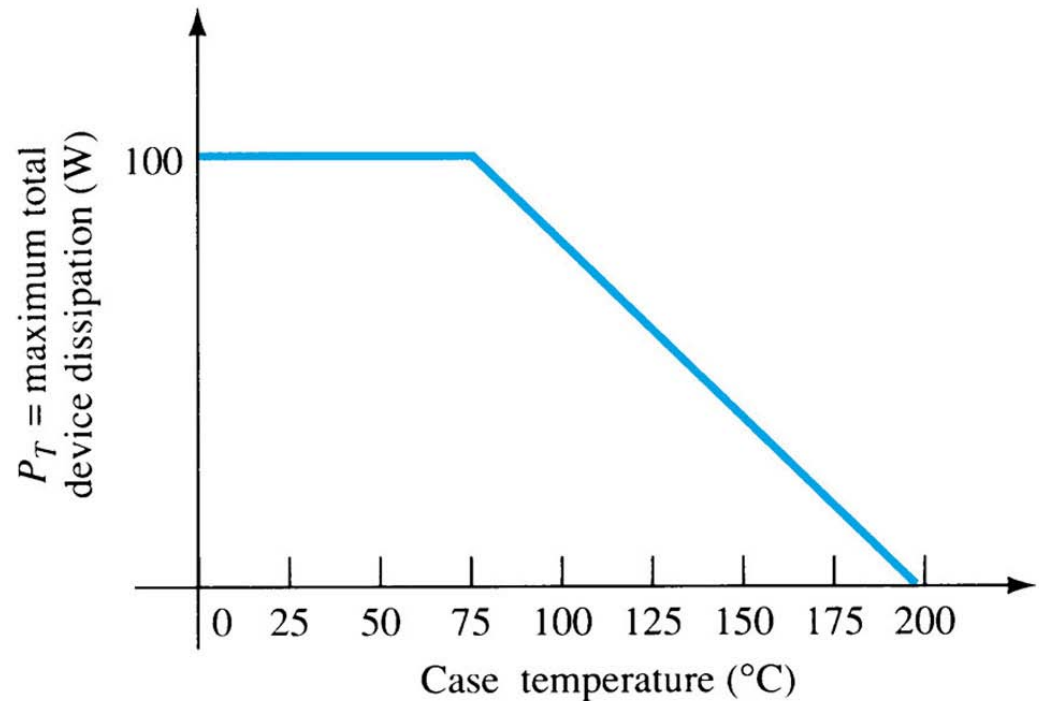
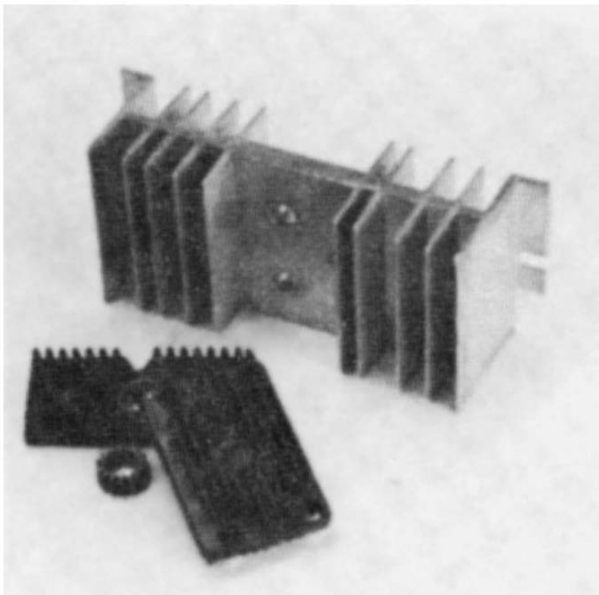
PZT2222A



SOT-223

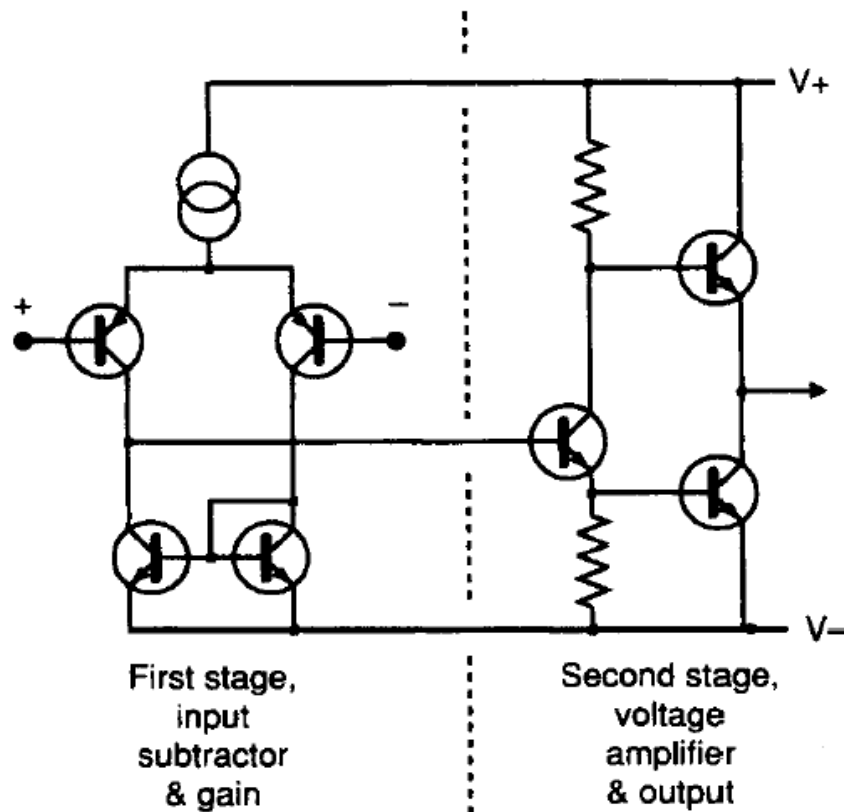
10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

- Tản nhiệt trong transistor công suất



10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

- Kiến trúc tầng KĐCS

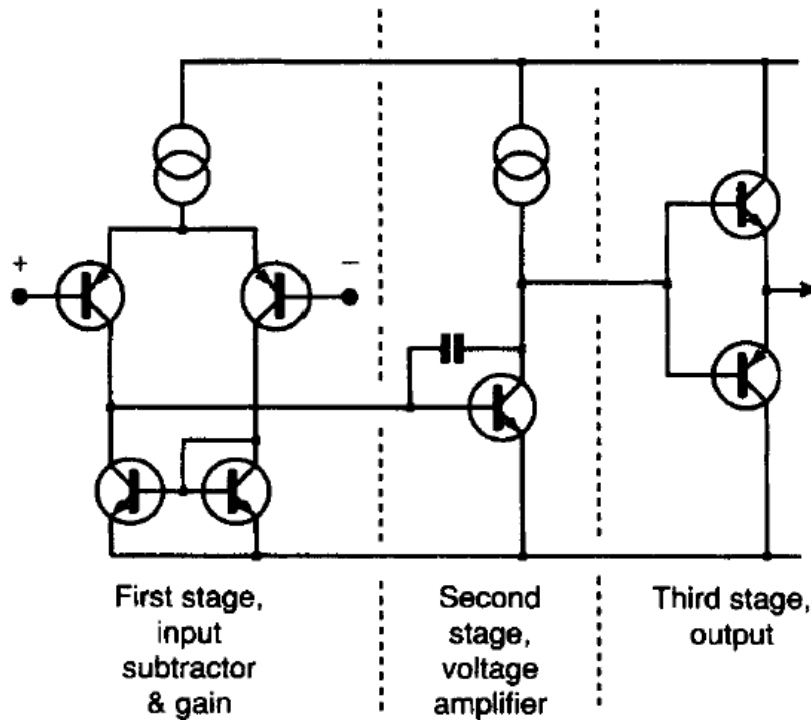


Loại 2 tầng

- Tầng “transconductance”
- Tầng 2: kết hợp tầng khuếch đại điện áp và đệm ra

10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

- Kiến trúc tầng KĐCS



Loại 3 tầng:

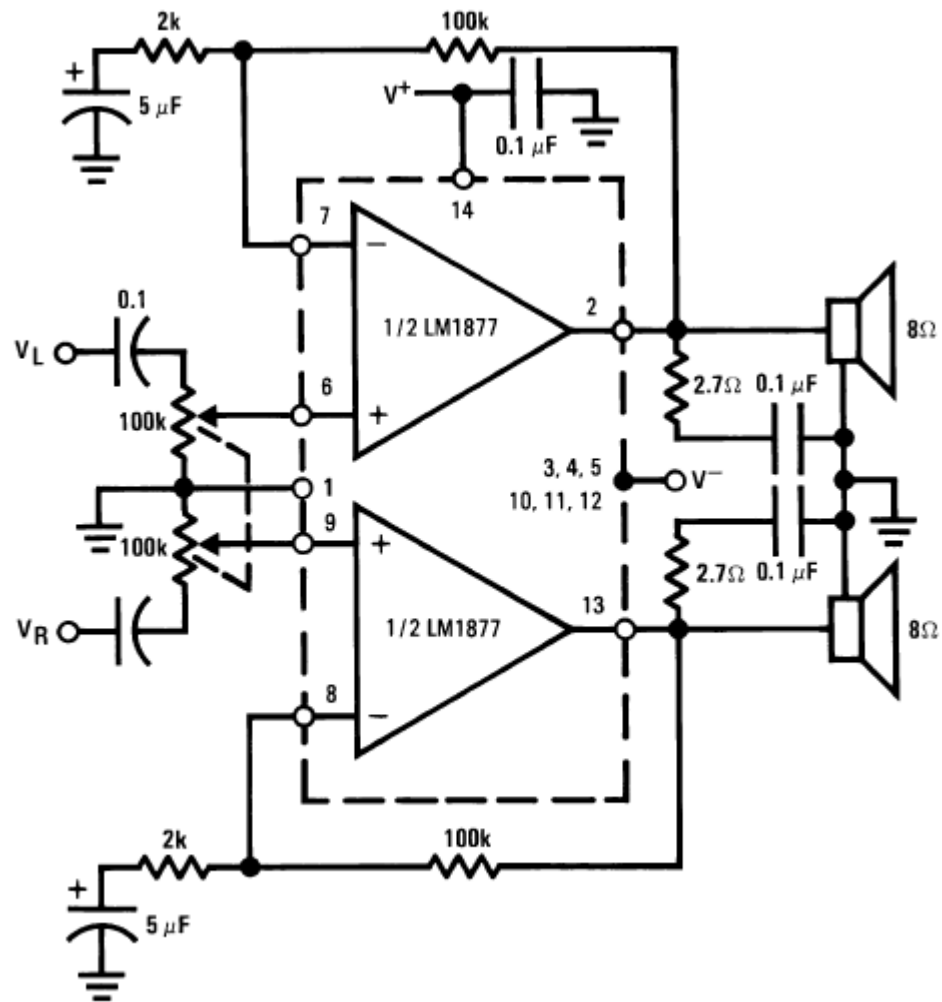
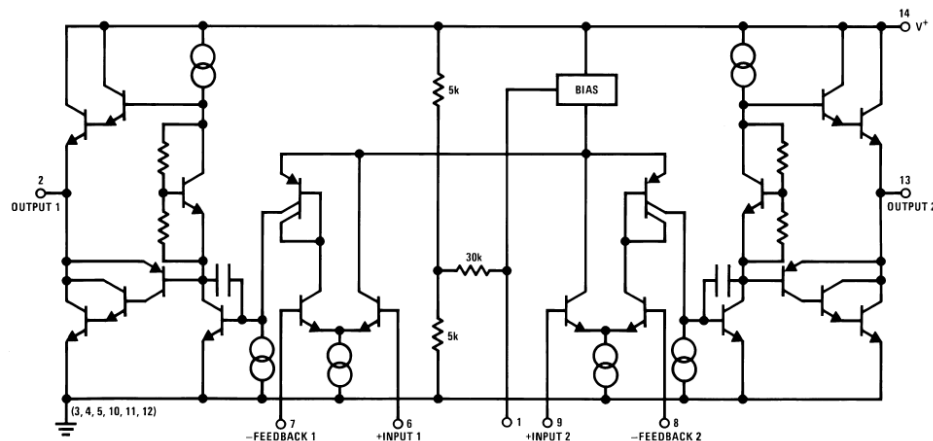
- Tầng “Transconductance”: điện áp vào, dòng điện ra
- Tầng “transimpedance”: dòng điện vào, điện áp ra, tầng khuếch đại điện áp
- Tầng ra: tầng đệm, hệ số khuếch đại điện áp bằng 1

10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

- IC công suất
 - Nhỏ gọn, dễ lắp ráp, cân chỉnh đơn giản và độ tin cậy cao
 - Tính năng đặc trưng:
 - Nguồn nuôi nhỏ
 - Hệ số KĐ rất lớn
 - Tổng trở vào lớn
 - Tổng trở ra nhỏ
 - Độ trôi nhiệt nhỏ
 - Hiệu suất cao

10.5 Thiết bị và mạch CS thực tế

- LM1877 Dual Audio Power Amplifier



Tóm tắt

- Các chế độ làm việc của mạch KĐCS: A, B, AB, C, D
- Các mạch KĐCS

Bài tập

- Đọc chương 14, 15 (Các bộ KĐ thuật toán và ứng dụng [1])
- Bài tập [1]:
 - Chương 16: 1, 3, 4, 5, 12, 16, 18, 23