

CHƯƠNG 8: KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

GV: Phạm Nguyễn Thanh Loan

Hanoi, November 2013

Khuếch đại công suất



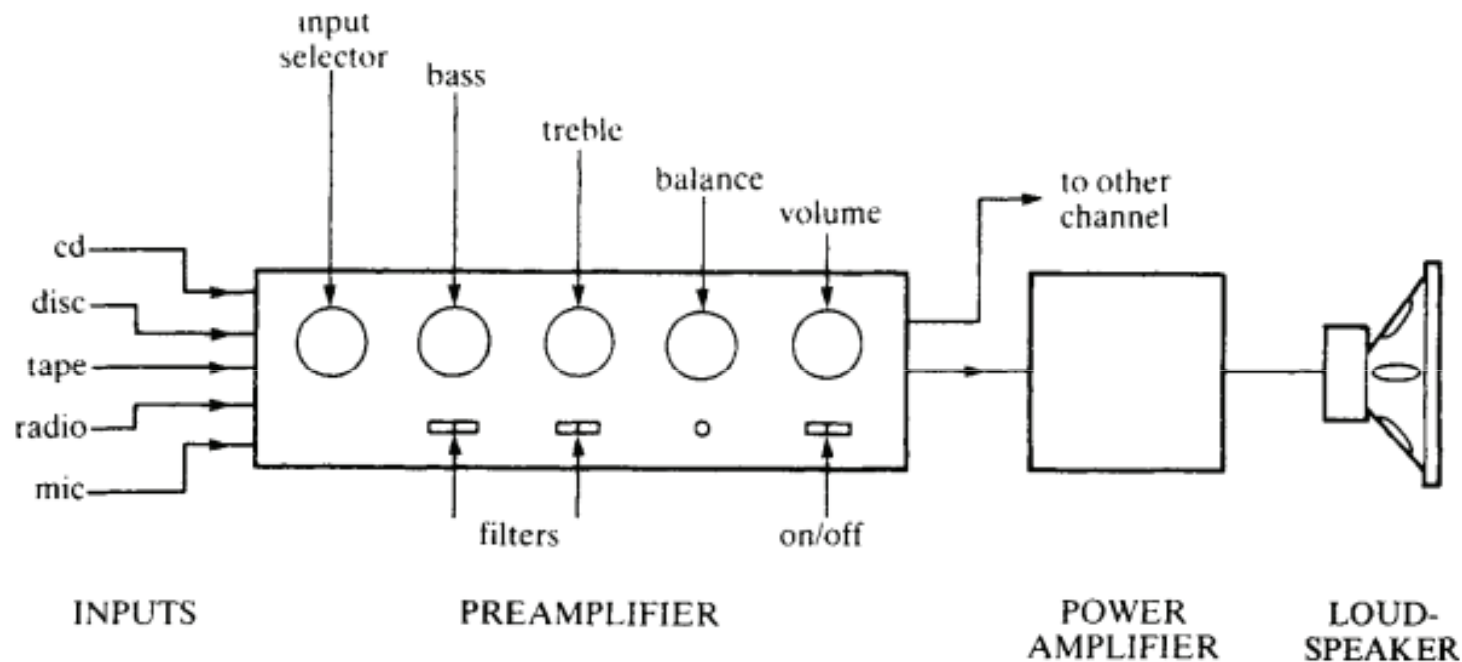
- Giới thiệu
- Link kiện công suất và đặc tính
- Các chế độ hoạt động của tầng KĐCS
- Kiến trúc tầng KĐCS
- Khuếch đại công suất ghép biến áp, AC & DC
- Nhiều trong KĐCS

Giới thiệu



- Tầng KĐCS mục đích để hoạt động tải, với dòng qua tải lên đến vài ampre \Rightarrow không phải là KĐ công suất thấp (tín hiệu nhỏ) như đã tìm hiểu trong các chương trước
- Hướng đến hệ thống âm thanh trong nhà (VD: đài, âm ly)

Giới thiệu



Hệ thống âm thanh Hi-fi (High fidelity): khuếch đại tín hiệu âm thanh từ nhiều nguồn khác nhau (đĩa CD, radio, micro) đưa ra một loa (mono) hoặc 2 hay nhiều hơn (stereo)

Giới thiệu

- Đầu vào: nhiều mức điện áp vào và trở kháng khác nhau
VD: microphone – 0,5mV và 600Ω
đĩa CD – 2V và 100Ω
- Đầu ra: có nhiều loại loa với mức công suất rất khác nhau (từ vài W đến vài trăm W). Trở kháng loa cũng có nhiều mức khác nhau, trong đó các giá trị 4, 8 và 16Ω tương đối phổ biến

Giới thiệu



- Tầng tiền khuếch đại (preamplifier): khuếch đại tín hiệu vào đạt mức như nhau với đáp ứng tần số phẳng trong khoảng âm tần (20Hz đến 20kHz). Ngoài ra, có thêm bộ khuếch đại có chọn lọc (equalizer) để tăng/giảm phần tần thấp (bass), phần tần cao (treble)
- Tầng khuếch đại công suất (power amplifier): khuếch đại điện áp và dòng điện với đáp ứng tần số phẳng trong vùng âm tần

Giới thiệu

- Tầng cuối, cung cấp công suất ra tải
 - ▣ Dải công suất: 1W - 100W
- Tham số quan trọng:
 - ▣ Khả năng chịu công suất
 - ▣ Hiệu suất
 - ▣ Nhiễu
 - ▣ Tản nhiệt
- Không hoạt động ở chế độ tuyến tính
- Chế độ hoạt động: A, B, AB, C, D

Linh kiện công suất & đặc tính



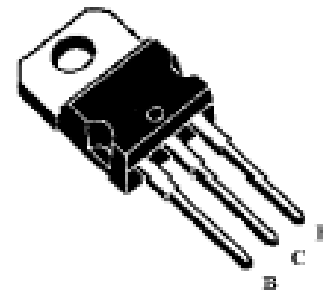
- Điốt
- BJT công suất
- MOSFET công suất
- Thyristor (SCR-silicon controlled rectifier)
- Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT)
- Gate Turn-Off Thyristors
- MOS-Controlled Thyristor (MCT)

Linh kiện công suất & đặc tính

- Điốt công suất: khả năng chịu dòng thuận lớn ($\geq 100\text{ A}$)
- BJT công suất : $P \leq 100\text{ W}$ – $f \leq 10\text{ KHz}$, npn
 \Rightarrow Transistor Darlington công suất: dòng bazơ nhỏ
- MOSFET công suất : điều khiển bằng điện áp vào (chuyển mạch)

Linh kiện công suất & đặc tính

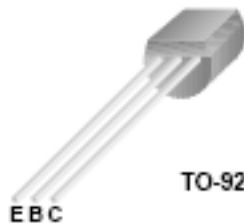
- 65 W at 25°C Case Temperature
- 6A Continuous Collector Current
- 10A Peak Collector Current
- 100V Collector-Emitter Voltage
- Isolated transistor package available on request
- Custom selections possible



TO-220

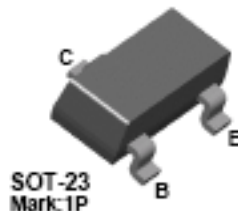
Note : Collector is connected to the mounting base

PN2222A



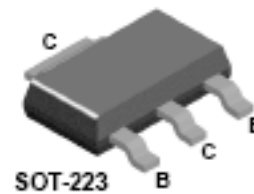
TO-92

MMBT2222A



SOT-23
Mark:1P

PZT2222A



SOT-223

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.

- BJT công suất:
 $P = nW - n * 100$
KW, $f = 10\text{KHz}$,
npn
- Transistor
Darlington công
suất: dòng bazo
nhỏ

Tản nhiệt trong transistor công suất

- Công suất lớn nhất phụ thuộc:
 - ▣ Công suất tiêu hao: $P_D = V_{CE} I_C$
 - ▣ Nhiệt độ của lớp tiếp giáp (Si: 150-200⁰, Ge: 100-110⁰)
- $P_{D(T1)} = P_{D(T0)} - (T1 - T0)(\text{hệ số suy giảm})$
- => Sử dụng tản nhiệt để tăng công suất cực đại
- Sử dụng không khí (<60W) hoặc chất lỏng (>100W)

Chế độ hoạt động của KĐCS

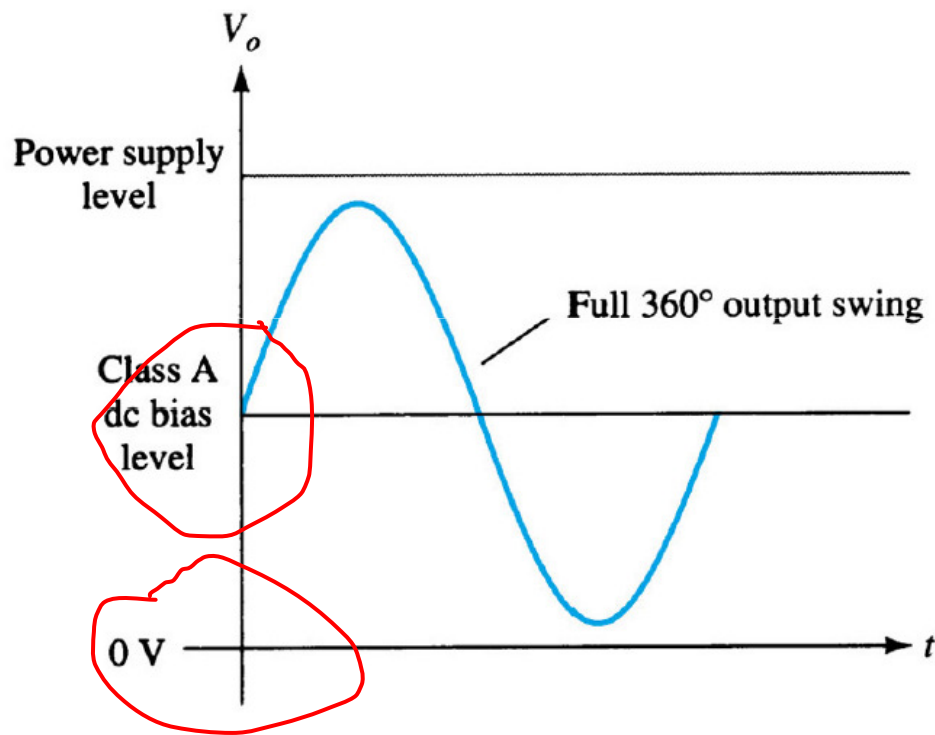
- Chế độ A – dòng điện chạy liên tục trong mạch => tránh tính không tuyến tính do mạch chuyển đổi chế độ on và off
- Chế độ B – rất phổ biến (chế độ AB)
- Chế độ C – linh kiện dẫn trong khoảng dưới 50% thời gian, thường dùng trong mạch radio kết hợp với mạch cộng hưởng LC

Chế độ hoạt động của KĐCS

- Chế độ D – chuyển mạch giữa mức cao (on trong khoảng thời gian ngắn) và mức thấp (off trong khoảng dài) liên tục với tần số siêu âm, hiệu suất biến đổi năng lượng rất cao
- Chế độ E – điện áp hoặc dòng điện qua transistor nhỏ => công suất tiêu hao thấp, sử dụng trong vô tuyến
- Chế độ G – lợi dụng đặc tính của tín hiệu có một vài giá trị đỉnh lớn nhưng giá trị trung bình không lớn, để chuyển mạch mức nguồn sử dụng thích hợp => giảm tiêu hao năng lượng

Chế độ hoạt động

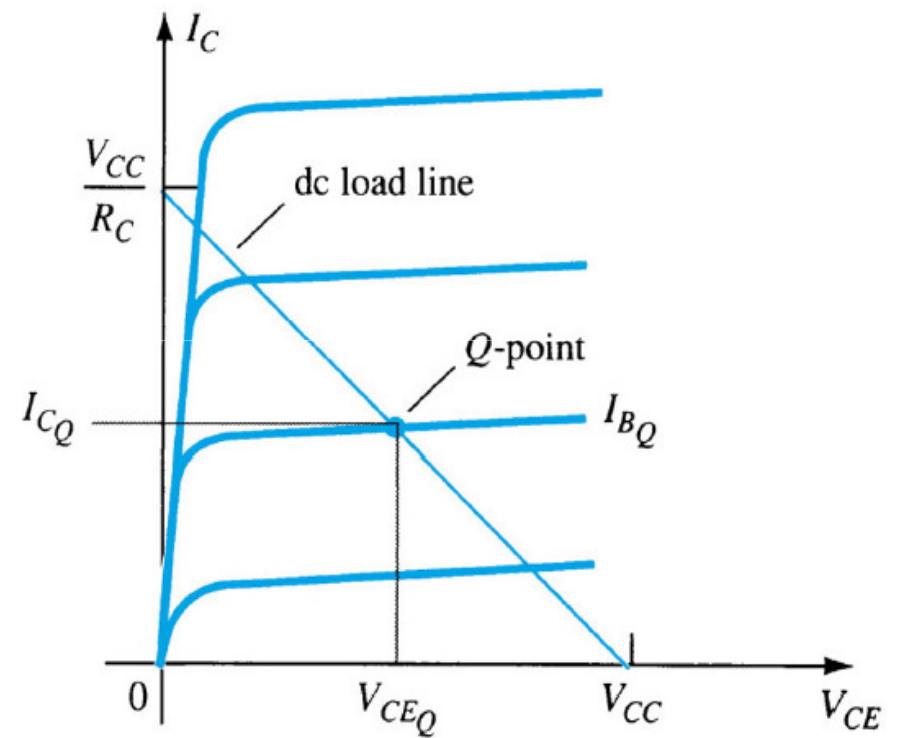
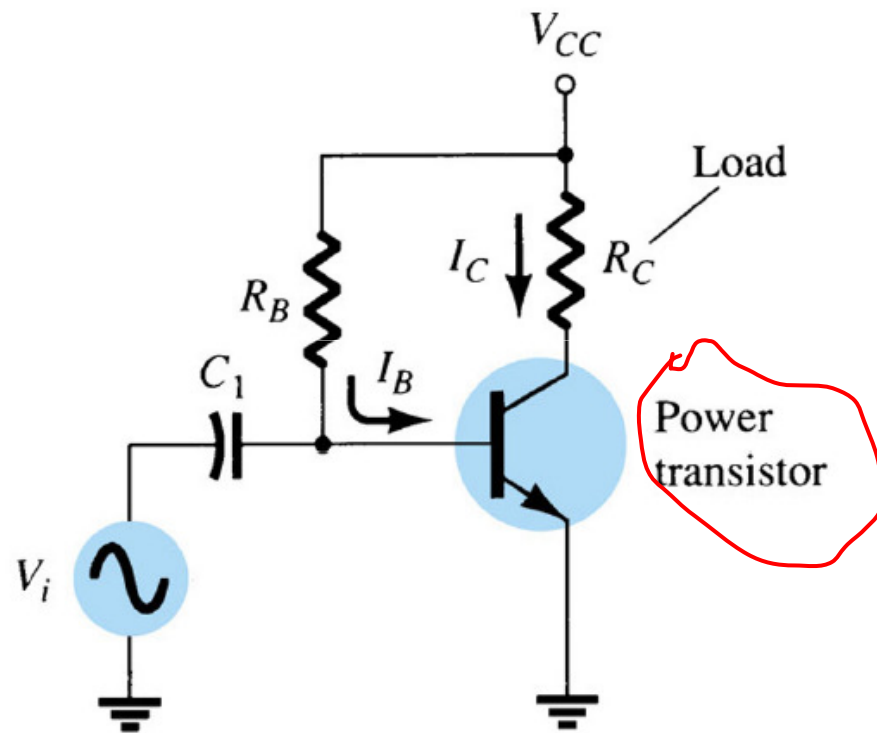
- Chế độ A



- Công suất ra nhỏ (vài watt)
- Tín hiệu ra biến đổi trong 360°
- Điểm làm việc Q thích hợp
- Hiệu suất thấp (<50% khi có hoặc <25% khi không có ghép biến áp)

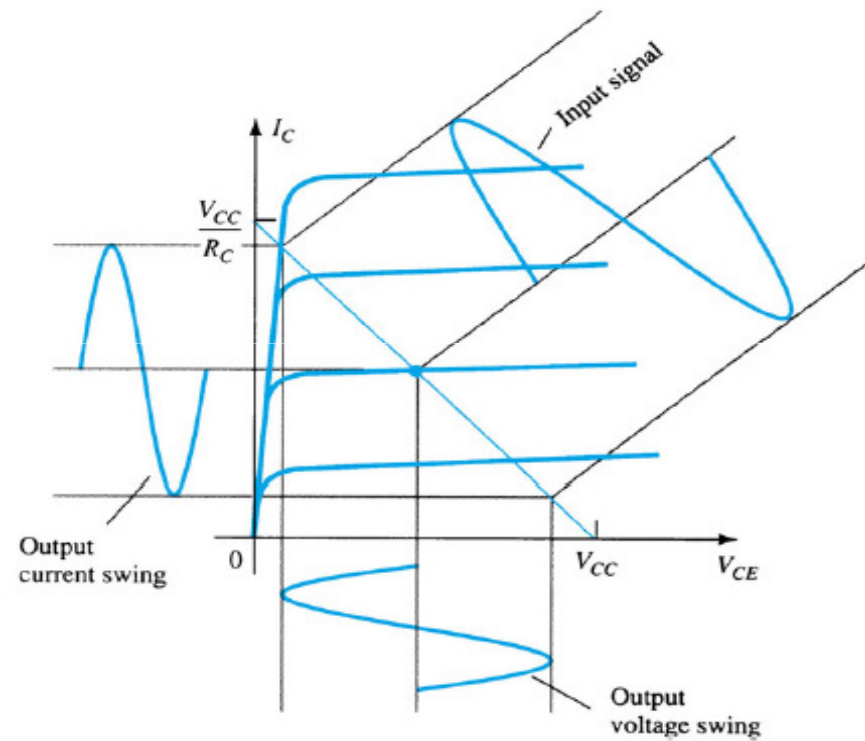
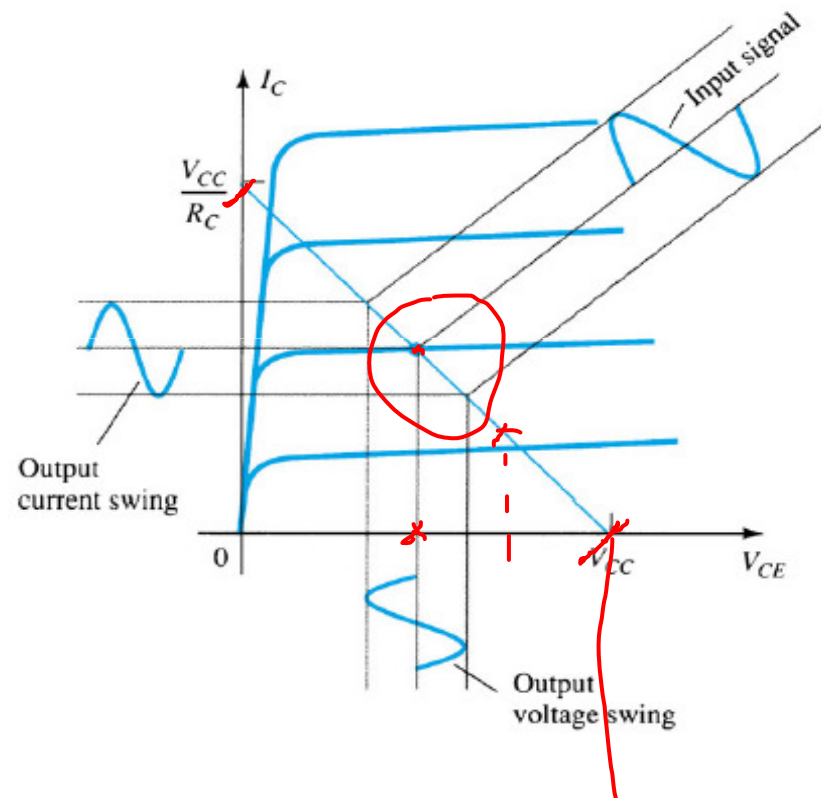
Chế độ hoạt động

- Chế độ A



Chế độ hoạt động

- Chế độ A



Chế độ hoạt động

- Chế độ A

Hiệu suất biến đổi công suất

$$\eta = P_o / P_i * 100\%$$

- Công suất ra: công suất xoay chiều trên tải
- Công suất vào: công suất tạo ra do nguồn cung cấp

Chế độ A – Hiệu suất

Công suất vào

$$P_i = V_{CC} I_{CQ}$$

Công suất ra

$$\begin{aligned} P_o(ac) &= V_{CE(rms)} I_{C(rms)} = I_{c(rms)} R_c = V_c^2(rms) / R_c \\ &= (1/2) * V_{CE(p)} I_{C(p)} = (1/2) * I_{C(p)}^2 R_c = (1/2) * V_c^2(p) / R_c \\ &= (1/8) V_{CE(p-p)} I_{C(p-p)} = (1/8) * I_{C(p-p)}^2 R_c = (1/8) * V_c^2(p-p) / R_c \end{aligned}$$

Hiệu suất lớn nhất 25%

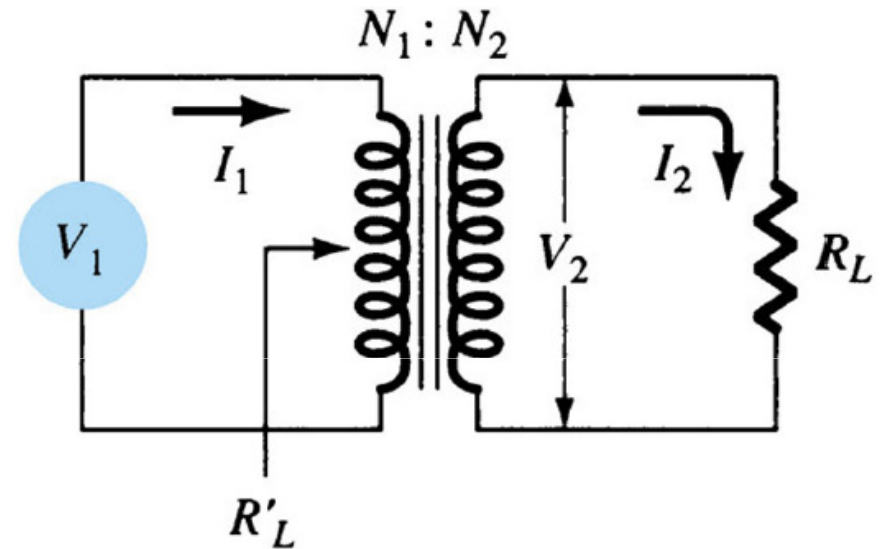
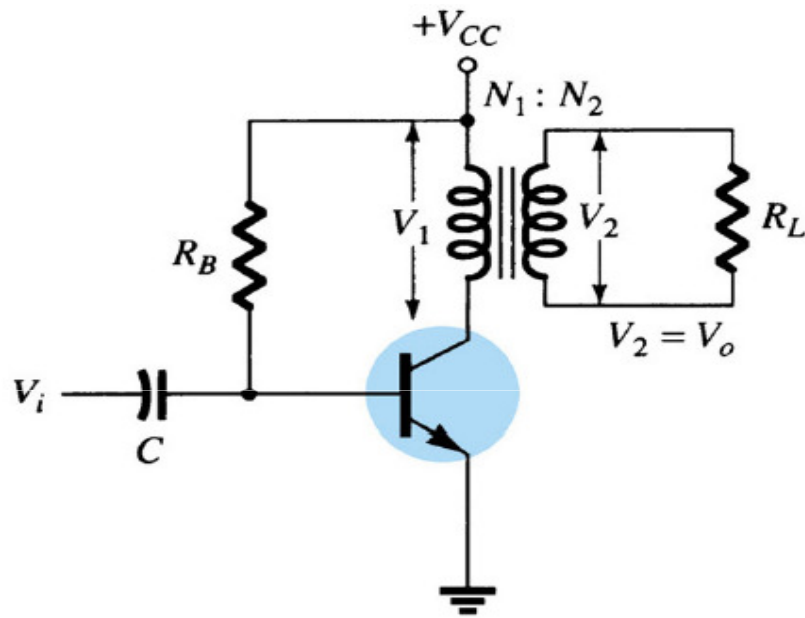
Chế độ A – Hiệu suất



Công suất tiêu hao trên transistor

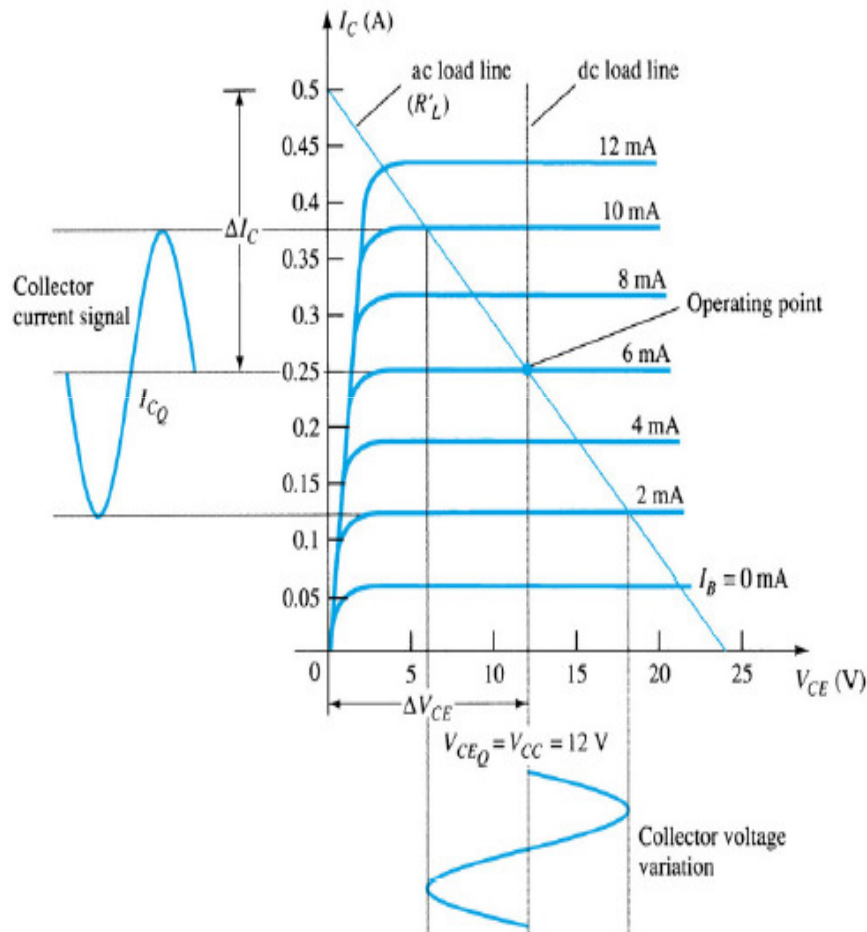
$$P^* = P_i - P_o$$

Chế độ A – ghép biến áp



- $V_2/V_1 = N_2/N_1$
- $I_2/I_1 = N_1/N_2$

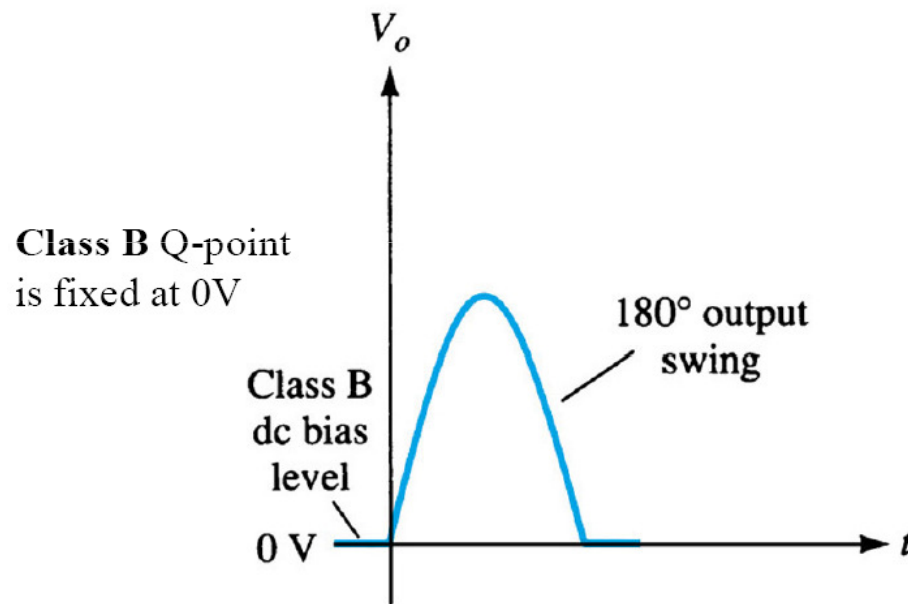
Chế độ A – ghép biến áp



- Số vòng dây của biến áp sẽ xác định đường tải tĩnh
- Trở kháng cuộn cảm:
lý thuyết: 0 ohm
thực tế: vài ohm
- $P_o(ac) = (V_{CEmax} - V_{CEmin})(I_{Cmax} - I_{Cmin})/8$
- $P_i(dc) = V_{cc} I_{Cq}$
 \Rightarrow Hiệu suất đại cực đại là 50%

Chế độ hoạt động

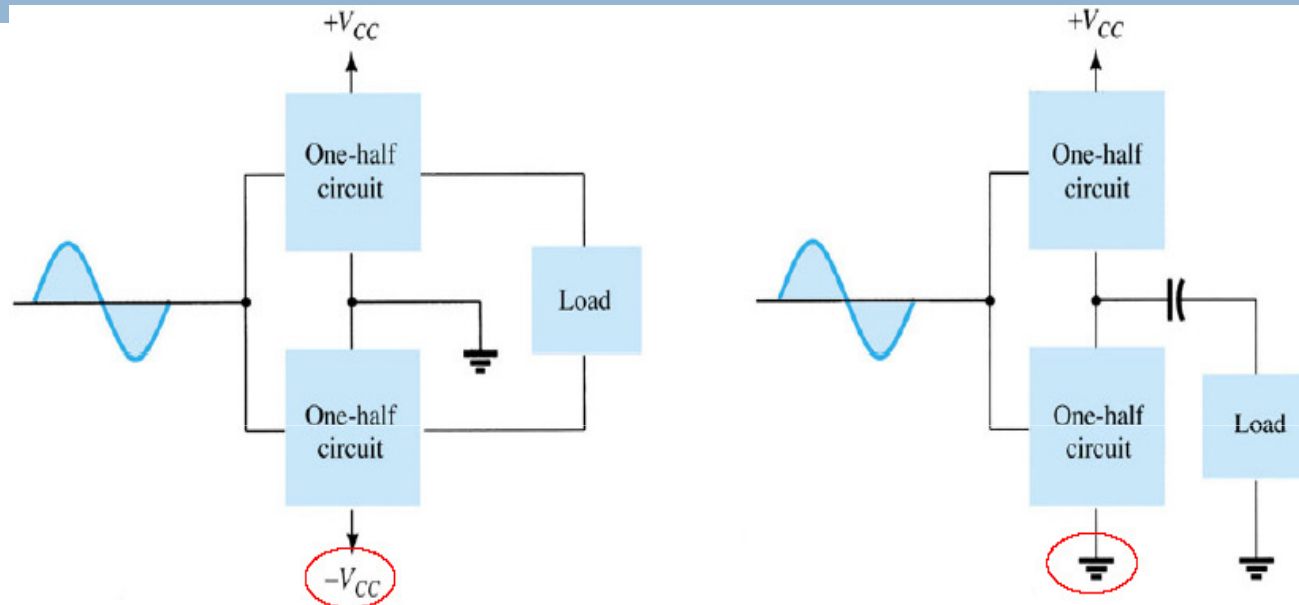
- Chế độ B



- Tín hiệu ra biến đổi trong 180°
- Phân cực 1c xấp xỉ mức 0V
- Ghép đẩy-kéo: kết hợp 2 tầng tương tự nhau, mỗi tầng dẫn trong một nửa chu kỳ
- Nhiều xuyên mức rất lớn
- Hiệu suất $< 78.5\%$

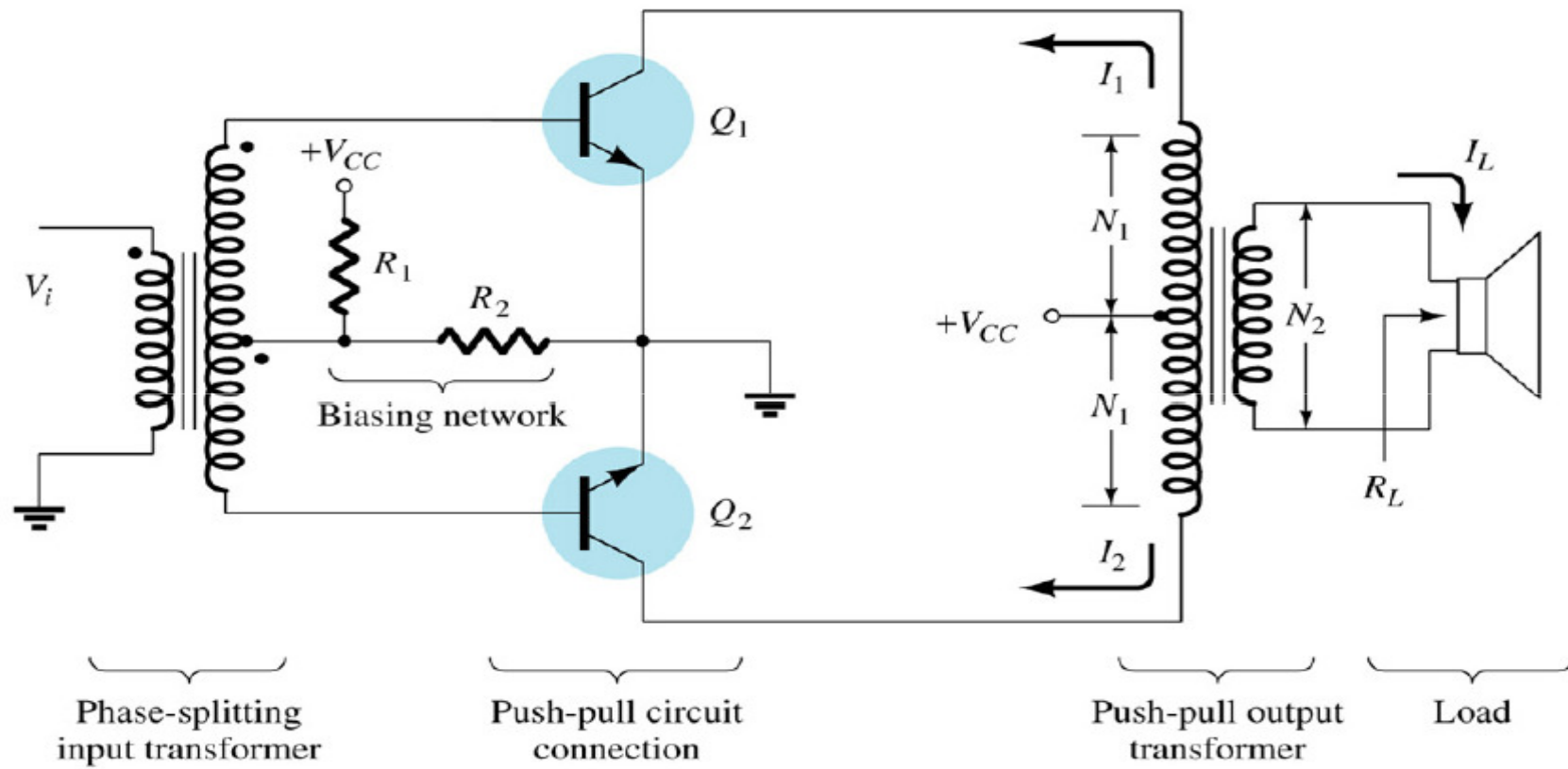
Chế độ hoạt động

- Chế độ B

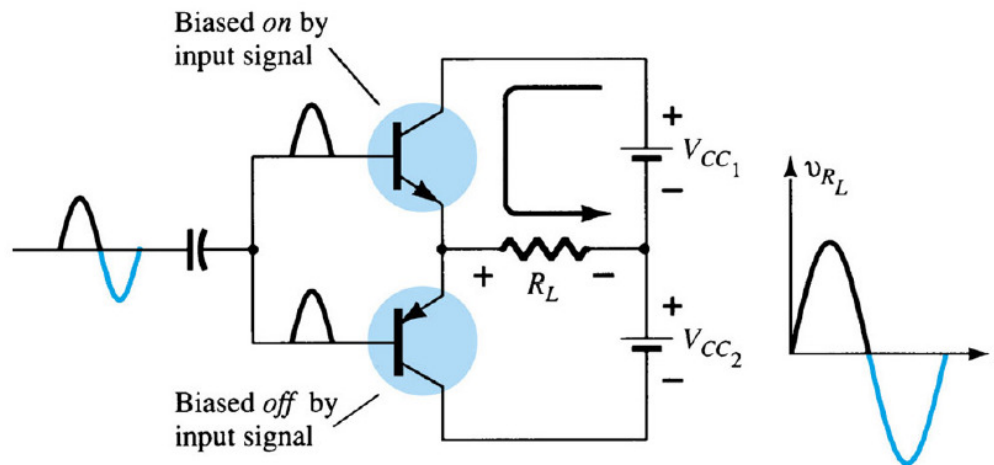
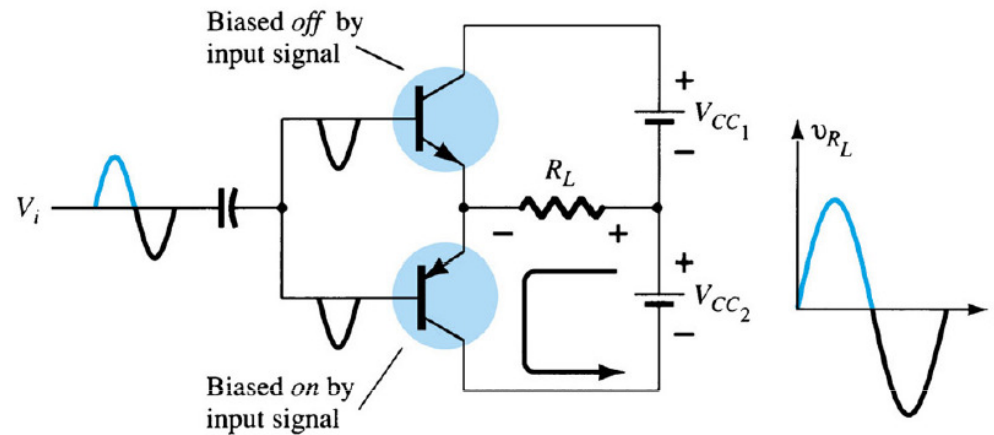


- $P_i(\text{dc}) = V_{cc} I_{dc} = V_{cc} (2/\pi) I_{L(p)}$
- $P_o(\text{ac}) = V_L^2(\text{rms})/R_L = V_L^2(p)/(2R_L)$
- $\eta = P_o(\text{ac})/P_i(\text{dc}) = (\pi/4) * (V_{L(p)}/V_{cc}) * 100\% < \pi/4 * 100\% = 78.5\%$

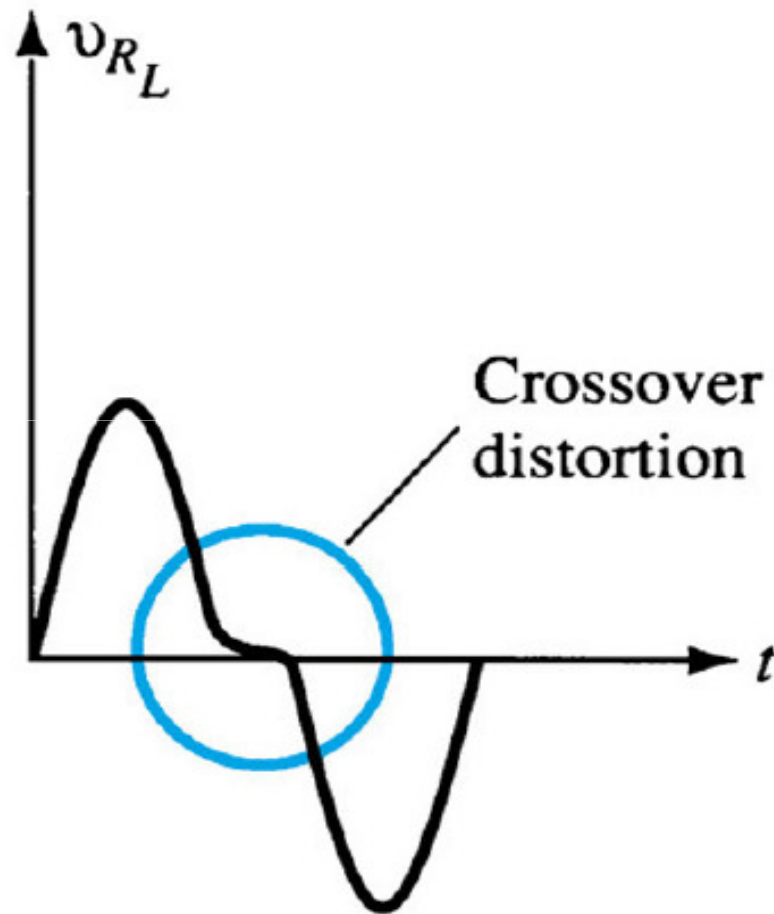
Chế độ B – Mạch đẩy-kéo



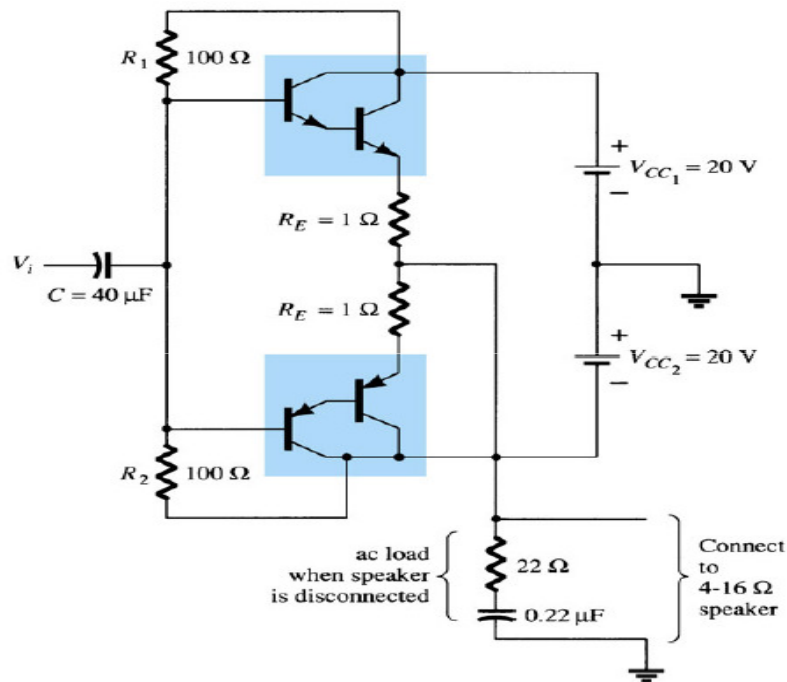
Chế độ B – Mạch đối xứng bù



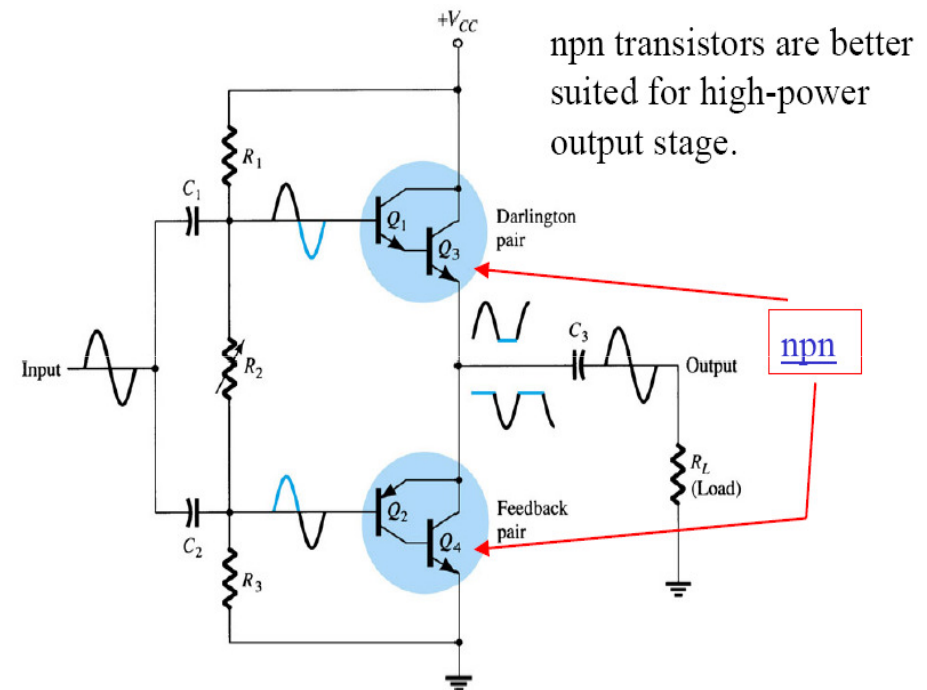
Chế độ B – Mạch đối xứng bù



Chế độ B – Mạch đối xứng bù



Complementary-symmetry
push-pull circuit



Quasi-complementary
push-pull circuit

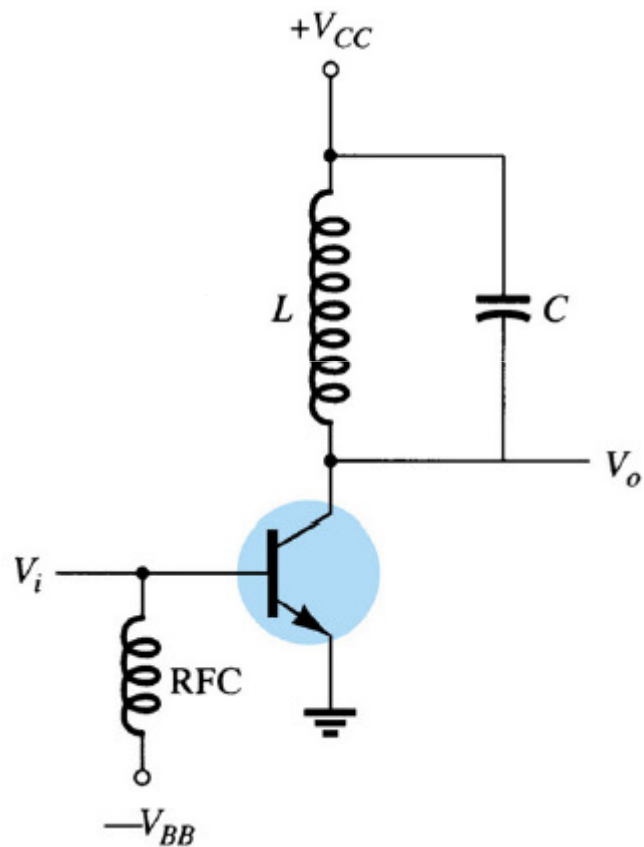
Chế độ hoạt động

- Chế độ AB

- Tương tự mạch đẩy-kéo chế độ B
- Mỗi transistor dẫn trong khoảng hơn nửa chu kỳ
- Để giảm nhiễu xuyên mức

Chế độ hoạt động

- Chế độ C



- Phân cực để dẫn ít hơn nửa chu kỳ, chỉ dẫn cả chu kỳ tại tần số cộng hưởng
- Sử dụng trong mạch cộng hưởng, trong thông tin vô tuyến
- Hiệu suất lớn – typically 75-80%
- Thường trong mạch yêu cầu công suất không quá cao

Chế độ hoạt động

- Chế độ D

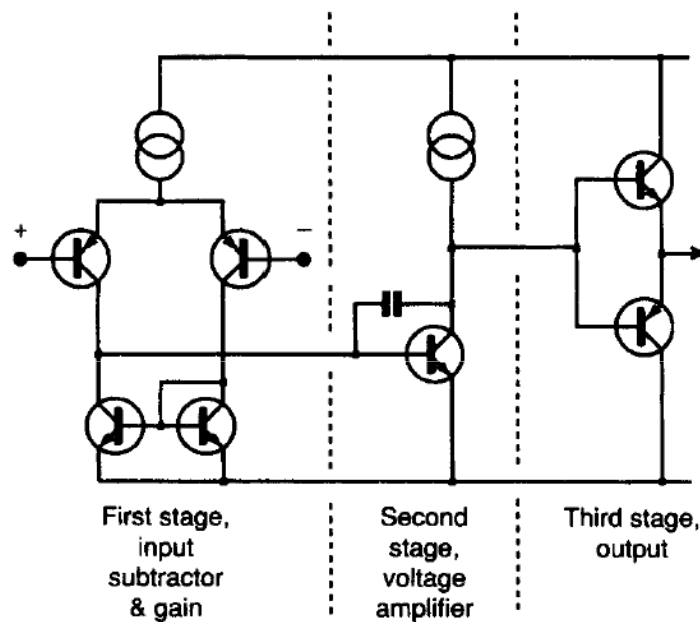
- Sử dụng với tín hiệu xung – on trong khoảng thời gian ngắn, và off trong khoảng thời gian dài
- Sử dụng trong mạch số, hoặc tivi
- Hiệu suất rất cao – thường trên 90%

Chế độ hoạt động

- So sánh

| | 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% | $<78.5\%$ | 75-80% | Typ $>90\%$ |

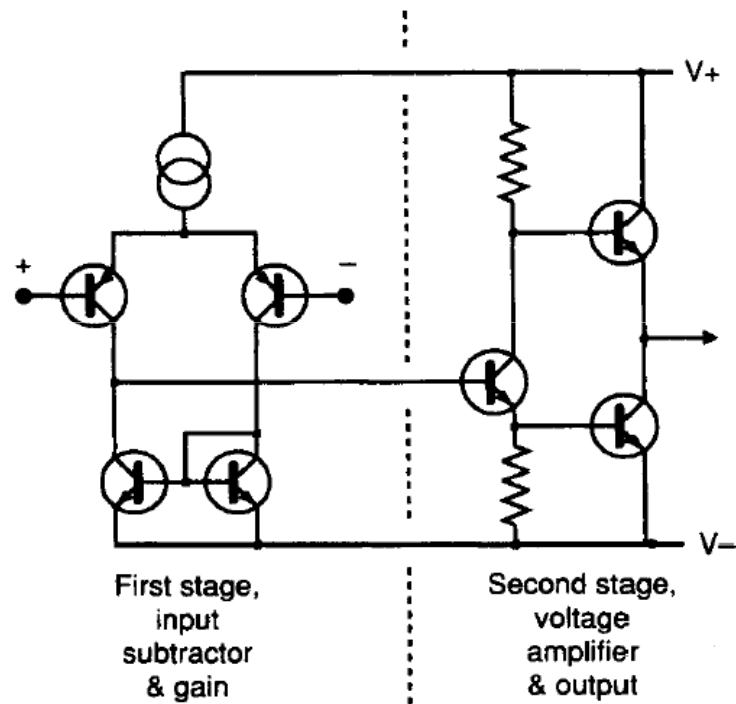
Kiến trúc tầng KĐCS



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

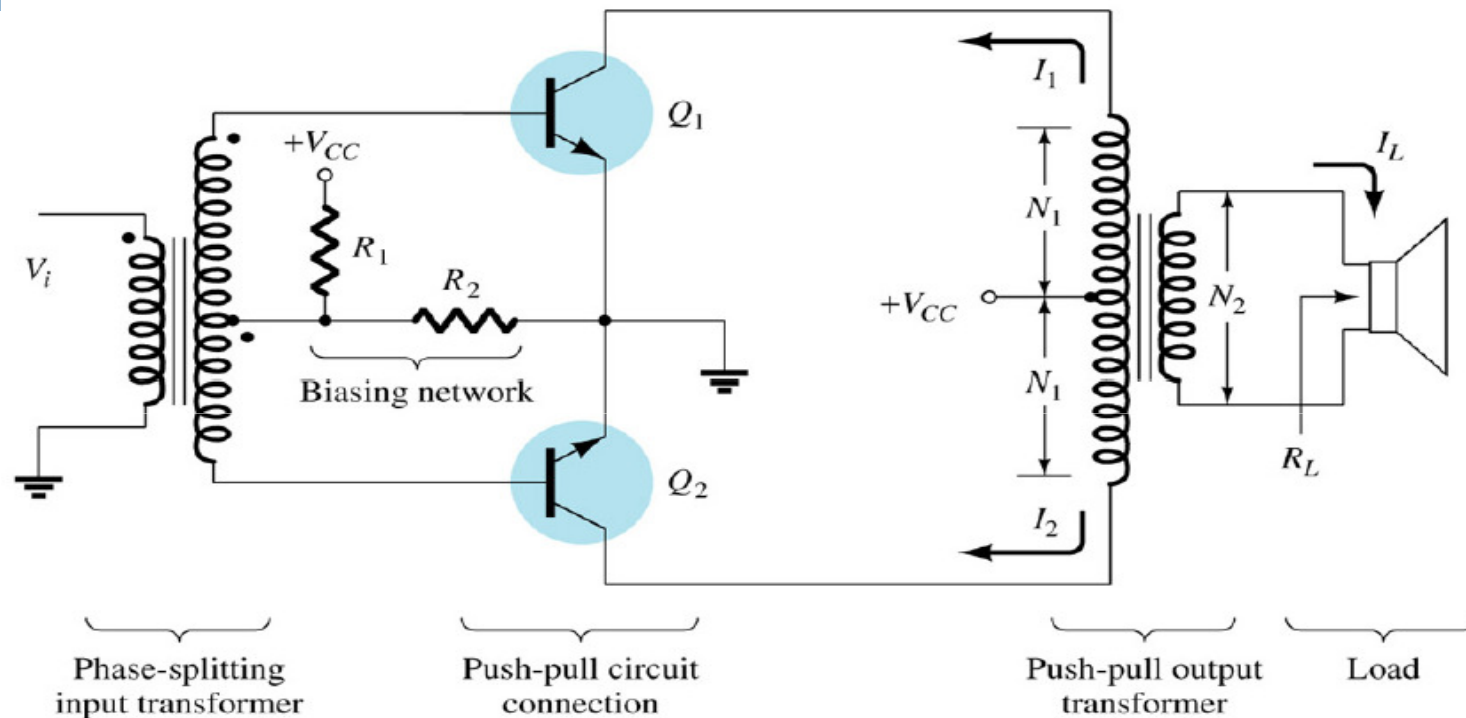
Kiến trúc tầng KĐCS



Loại 2 tầng

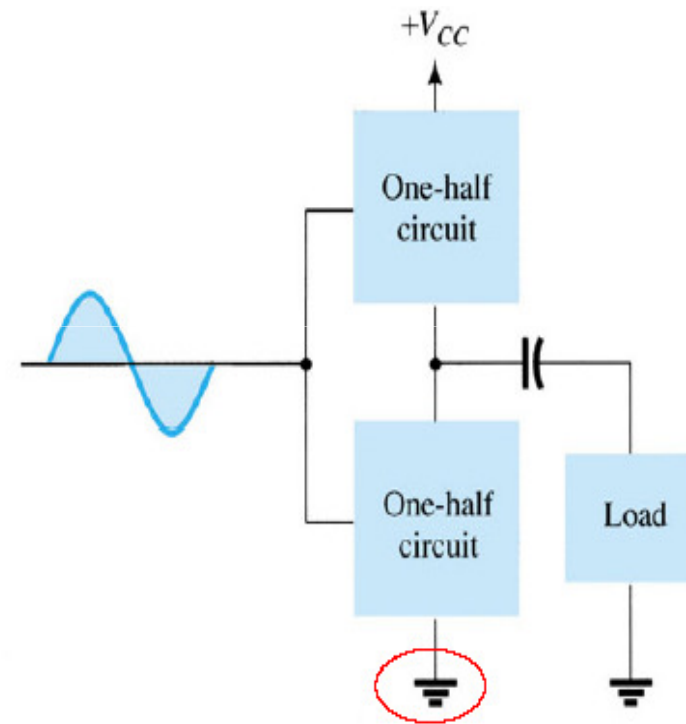
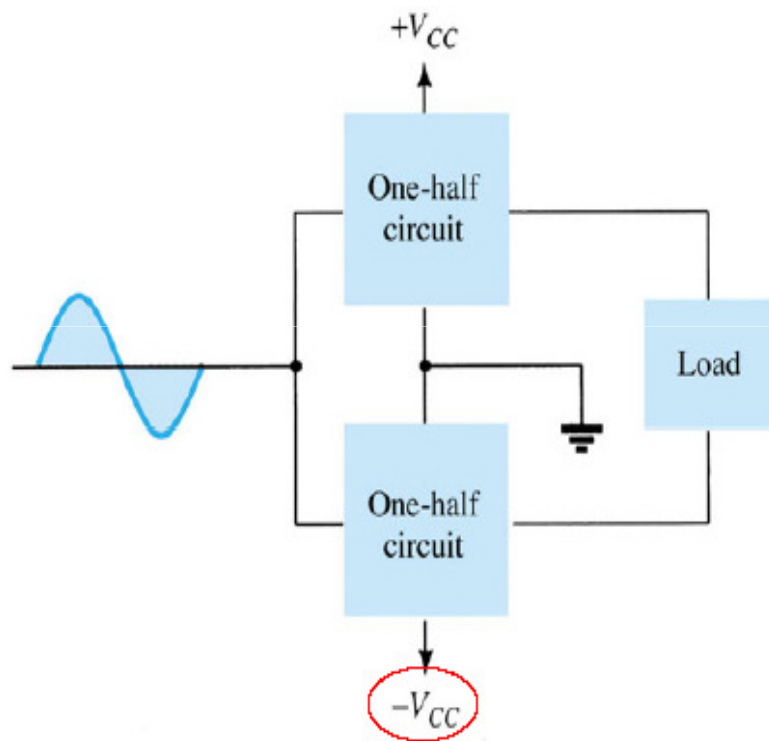
- Tầng “transconductance”
- Tầng 2: kết hợp tầng khuếch đại điện áp và đệm ra

KĐCS ghép biến áp



Sử dụng biến áp ở đầu vào và ra: Năng, công kênh, đắt tiền và không tuyến tính

KĐCS ghép AC & DC



KĐCS ghép AC & DC

Ghép DC:

- Hai nguồn cung cấp đối xứng
- Tín hiệu ra không có thành phần một chiều
- Không cần tụ ra ngăn thành phần một chiều

Ghép AC:

- Một nguồn cung cấp
- Điện áp ra có thành phần một chiều (khoảng $\frac{1}{2}$ mức nguồn cung cấp)
- Cần tụ lớn mắc nối tiếp với đầu ra

KĐCS ghép AC & DC – So sánh

Ghép DC:

- Không cần tụ lớn (đắt tiền)
- Tránh được nhiễu sinh ra do tụ
- No turn-on thump in principle

Ghép AC:

- Không bị trôi thành phần một chiều trong tín hiệu ra
- Không cần mạch bảo vệ chống lỗi một chiều
- Easily prevent turn-on thump

Nhiều

- Nguyên nhân: các linh kiện không hoàn toàn tuyến tính
- Ghép xuyên
- Use Fourier analysis
 - ▣ Harmonics
 - ▣ Fundamental frequency
- Harmonic distortion
 - ▣ $\%n^{\text{th}} \text{ harmonic distortion} = \%D_n = |A_n|/|A_1| * 100$

Bài tập



- Chapter 16: 1, 3, 4, 5, 12, 16, 18, 23