

Các mạch khuếch đại âm tần sử dụng BJTs (thời gian 2 ngày)

Định nghĩa:

Mạch khuếch đại âm tần là các mạch hoạt động với các tín hiệu hình sin và không sin, có dải tần nằm trong khoảng tai người có thể nghe được. Thông thường, tai của một người có sức khỏe tốt, có thể nghe được các âm thanh từ 20 Hz đến 20 kHz.

Giải thích về một số từ ngữ có liên quan đến tín hiệu âm tần:

Sóng âm thanh có nguồn gốc từ những dao động cơ học lan truyền trong không khí đến tai ta. Người ta có thể ghi nhận lại sóng âm thanh, biến đổi nó thành tín hiệu điện, hoặc biến đổi ngược lại từ tín hiệu điện thành sóng âm thanh.

Tín hiệu âm tần là các tín hiệu điện được biến đổi từ sóng âm thanh thành.

Tần số: liên quan đến độ trầm bổng của âm thanh. Âm thanh bổng có tần số cao, âm thanh trầm có tần số thấp.

Biên độ: liên quan đến độ lớn mạnh của âm thanh. Âm thanh càng lớn biên độ càng cao.

Âm sắc: liên quan đến độ phức tạp của sóng âm. Âm sắc càng phức tạp càng nhiều họa tần. Có những họa tần làm cho âm thanh nghe mượt mà hơn, nhưng cũng có những họa tần làm cho âm thanh nghe chói tai hơn.

Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Khái niệm về tín hiệu một chiều và tín hiệu xoay chiều.

Trong điện tử, người ta thường phải làm việc với những tín hiệu điện phức tạp, trong đó có các thành phần một chiều

xen lẫn với thành phần xoay chiều. Chúng ta cần phân biệt các thành phần này

Thành phần một chiều trong tín hiệu.

Điện một chiều là nguồn điện có chiều và trị số không đổi theo thời gian. Tuy nhiên tín hiệu trong mạch điện tử thường thay đổi theo thời gian, nên không còn đơn giản là điện một chiều nữa. Người ta định nghĩa thành phần một chiều là trị số trung bình của tín hiệu trong một thời gian nào đó.

Thành phần xoay chiều trong tín hiệu

Khi tín hiệu có sự thay đổi theo thời gian, thì những thay đổi đó so với giá trị trung bình được gọi là thành phần xoay chiều của tín hiệu.

Như vậy các giá trị đo được trong mạch điện tử luôn bao gồm 2 thành phần: thành phần một chiều và thành phần xoay chiều.

Thành phần một chiều ảnh hưởng đến chế độ làm việc của mạch. Nó được xác định bằng việc định thiên cho transistor. Nó làm nền tảng cho mạch hoạt động ổn định và lâu dài. Tuy nhiên, nó không có tác dụng để biến đổi từ sóng điện thành sóng âm thanh.

Thành phần xoay chiều chính là bản chất của tín hiệu âm tần. Nó là thành phần do tín hiệu âm thanh biến đổi thành điện, và là thành phần sẽ được biến đổi từ điện thành âm thanh.

Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Khái niệm về chọn lọc tín hiệu một chiều và tín hiệu xoay chiều.

Tín hiệu hữu ích của âm tần là tín hiệu xoay chiều, trong khi thành phần một chiều lại quyết định chế độ làm việc của

mạch. Vì thế chúng ta cần phải ổn định thành phần một chiều, nhưng cần tách riêng thành phần xoay chiều để xử lý nó.

Trong mạch khuếch đại âm tần thường một tầng khuếch đại không đủ để khuếch đại đến mức mong muốn, nên chúng ta phải dùng nhiều tầng khuếch đại. Tín hiệu sau khi được khuếch đại ở tầng này sẽ được đưa đến tầng kế tiếp để khuếch đại thêm. Vì thế ta cần kết nối các tầng khuếch đại với nhau.

Cách kết nối giữa các tầng trong mạch khuếch đại âm tần.

Giữa nguồn và đầu vào mạch khuếch đại tín hiệu, giữa đầu ra của mạch khuếch đại tín hiệu với tải, hoặc giữa đầu ra của mạch khuếch đại này với đầu vào của mạch khuếch đại khác, thường có sự chênh lệch về điện thế một chiều.

Nếu chúng ta nối chúng với nhau, thì điện thế một chiều của mạch này sẽ ảnh hưởng đến mạch khác và ngược lại. Điều này làm phá vỡ sự ổn định của các mạch.

Vì vậy chúng ta phải có biện pháp kết nối sao cho:

- Thành phần một chiều của các mạch không ảnh hưởng đến nhau.
- Thành phần xoay chiều thông qua được từ mạch này sang mạch kia.

Có nhiều cách kết nối: kết nối trực tiếp, kết nối bằng biến áp, kết nối bằng tụ điện.

Hiện nay người ta chuộng cách kết nối trực tiếp và cách kết nối bằng tụ điện.

Cách kết nối bằng tụ điện.

Cách kết nối bằng tụ điện đơn giản, dễ thực hiện. Đối với một chiều, tụ điện là vật cách điện. Đối với thành phần xoay chiều, tụ điện có một trở kháng $X_C = 1/2\pi fC$. Nếu chọn C đủ lớn thì X_C sẽ đủ nhỏ để không ảnh hưởng đến mạch.

Khi kết nối bằng tụ điện, người ta có thể tính toán định thiên cho từng transistor riêng lẻ. Sau đó tính toán kết nối các mạch với nhau sao cho tín hiệu xoay chiều có thể đi thông suốt.

Tụ điện dùng để kết nối các mạch với nhau, thường là tụ hóa, có cực tính. Khi ráp mạch phải đặt cực tính cho phù hợp.

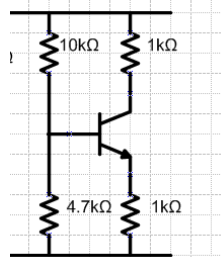
Tụ kết nối còn gọi là tụ liên lạc.

Cách kết nối trực tiếp.

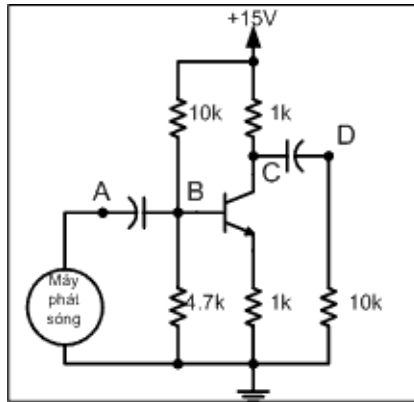
Kết nối trực tiếp khó khăn hơn, vì người ta phải tính toán sao cho giữa các mạch với nhau không có chênh lệch về điện áp DC. Hay chính xác hơn là phải thiết kế DC cho toàn khối, chứ không thiết kế riêng lẻ từng tầng.

Bài tập thực hành 1:

Sử dụng mạch điện đã lắp ráp từ bài 1 dưới đây.



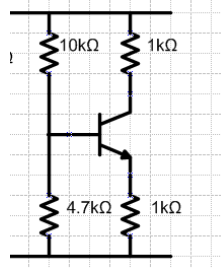
- Lắp thêm các dây ra từ cực B và cực C. Nối thêm các tụ điện, điện trở và máy phát sóng như hình vẽ dưới đây.



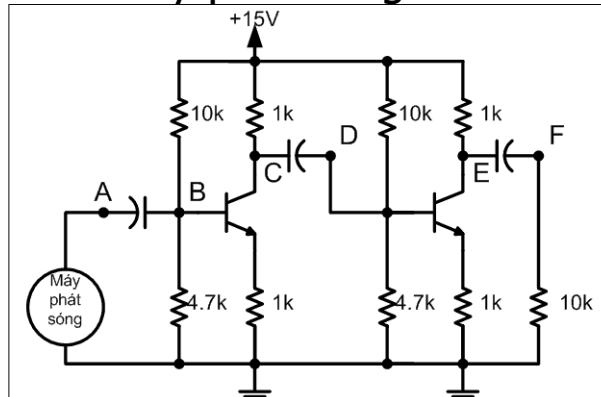
- Cấp điện 15VDC cho mạch.
- Đo điện áp tại các điểm A, B, C, D bằng VOM ở thang đo một chiều. Ghi nhận trị số.
- Đo điện áp tại các điểm A, B, C, D bằng VOM ở thang đo xoay chiều. Ghi nhận trị số.
- Dùng máy hiện sóng quan sát dạng sóng tại các điểm trên.
- Phát tín hiệu 400 Hz, 0,2V bằng máy phát sóng.
- Đo lại điện áp DC tại các điểm A, B, C, D.
- Đo lại điện áp AC tại các điểm A, B, C, D.
- Dùng máy hiện sóng quan sát dạng sóng tại các điểm trên.
- Ghi nhận lại các thông số và nhận xét.
-

Bài tập thực hành 2:

Sử dụng 2 mạch điện đã lắp ráp từ bài 1 dưới đây.



- Lắp thêm các dây ra từ cực B và cực C. Nối thêm các tụ điện, điện trở và máy phát sóng như hình vẽ dưới đây.



- Phát tín hiệu 400 Hz, 0,2V bằng máy phát sóng.
- Đo lại điện áp DC tại các điểm A, B, C, D, E, F.
- Đo lại điện áp AC tại các điểm A, B, C, D, E, F.
- Dùng máy hiện sóng quan sát dạng sóng tại các điểm trên.
- Ghi nhận lại các thông số và nhận xét.
- Phát tín hiệu 400 Hz, 0,02V bằng máy phát sóng.
- Lắp thêm các tụ điện vào giữa cực E của transistor và masse.
 - Đo lại điện áp DC tại các điểm A, B, C, D, E, F.
 - Đo lại điện áp AC tại các điểm A, B, C, D, E, F.
 - Dùng máy hiện sóng quan sát dạng sóng tại các điểm trên.
- Ghi nhận lại các thông số và nhận xét.
-

Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Đặc tuyến tĩnh và đặc tuyến động.

Đặc tuyến tĩnh.

Đặc tuyến tĩnh của một transistor là tập hợp các điểm mà transistor sẽ có thể có làm việc trên hệ tọa độ U / I . Đặc

tuyến tính này phụ thuộc chủ yếu vào điện trở R_C , R_E và V_{CC} .

Cách vẽ đặc tuyến tính trên hệ tọa độ U/I .

Đặc tuyến tính của transistor được biểu thị bằng hàm số bậc nhất :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E)$$

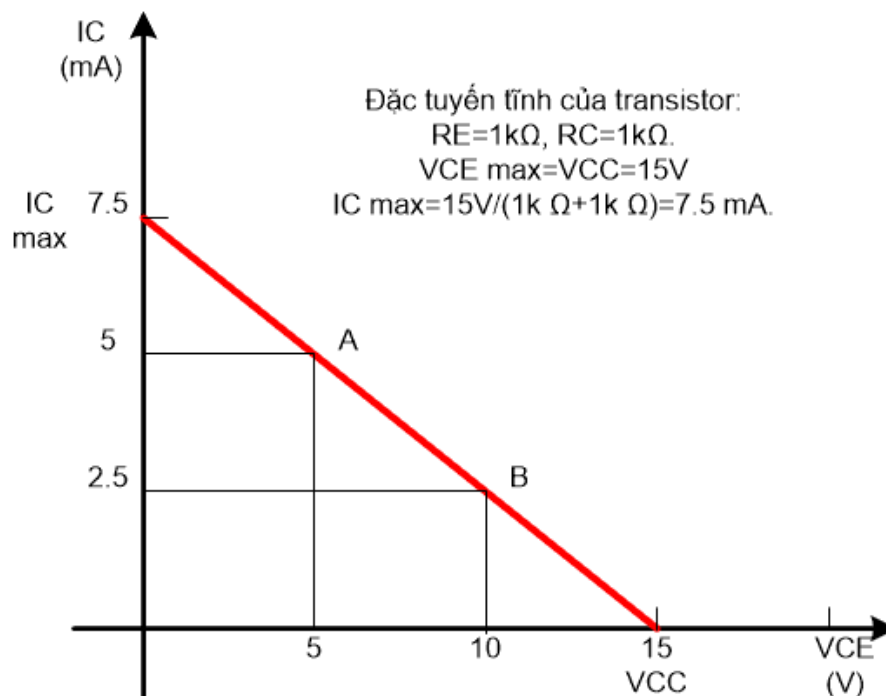
Như vậy đặc tuyến tính của 1 transistor là một đường thẳng đi qua 2 điểm:

Điểm không dẫn:

$$I = 0; V_{CE} = V_{CEmax} = V_{CC}$$

Điểm dẫn tối đa:

$$V_{CC} = 0; I_C = I_{Cmax} = V_{CC} / (R_E + R_C)$$



Thí dụ trên trong đặc tuyến trên, nếu chúng ta thiết kế cho transistor làm việc ở 5mA thì điện áp trên hai đầu C và E sẽ là:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E) = 15 - 0.005 \cdot (1000 + 1000) = 5V$$

(Điểm A trên đặc tuyến)

Nhưng nếu chúng ta thiết kế cho mạch làm việc ở 2,5 mA thì điện áp trên hai đầu C và E sẽ là:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C * (R_C + R_E) = 15 - 0.0025 * (1000 + 1000) = 10V$$

(Điểm B trên đặc tuyến).

Cách vẽ đặc tuyến tĩnh trên oscillo scope.

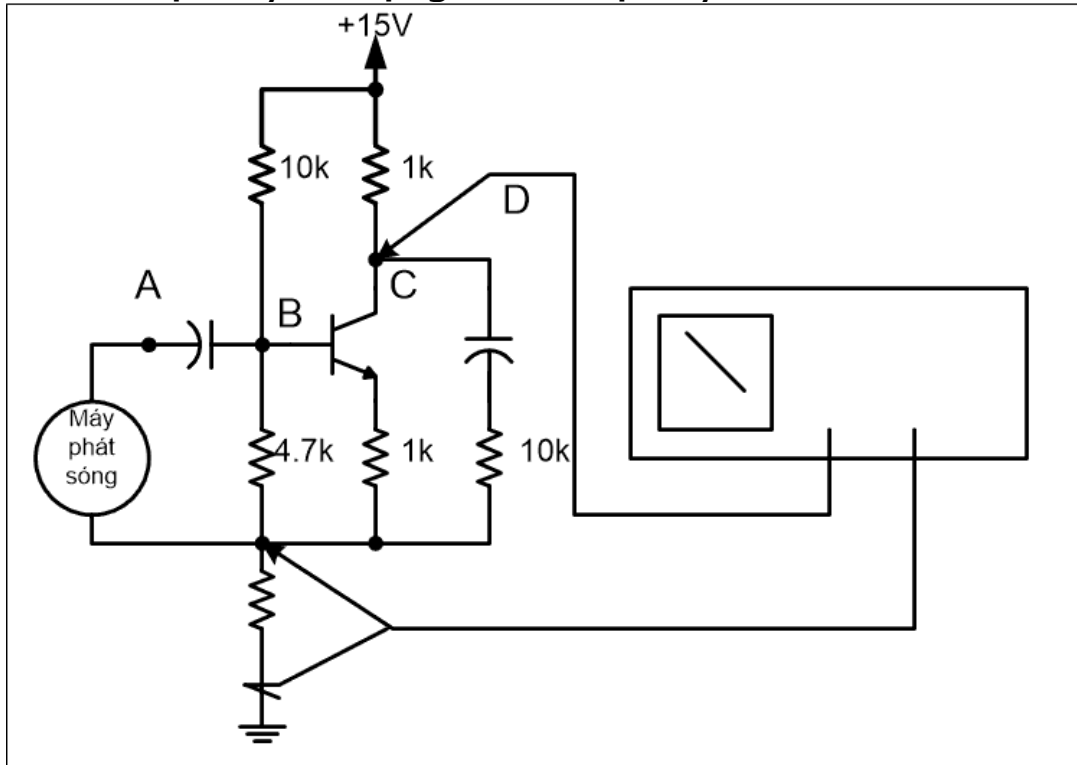
Mạch điện đã ráp, nối vào nguồn như hình vẽ.

Oscillo scope kênh 1 để đo điện áp cực C. Kênh 2 để đo dòng bằng cách đo điện áp rơi trên điện trở.

Chế độ đo của Oscillo scope đặt chế độ đo XY.

Muốn đo đặc tuyến tĩnh thì gỡ tụ nối từ trans vào tải.

Muốn đo đặc tuyến động thì để tụ này.



Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Đặc tuyến tĩnh và đặc tuyến động.

Đặc tuyến động.

Đặc tuyến động của một transistor là tập hợp các điểm mà transistor sẽ có thể có làm việc trên hệ tọa độ U / I dưới điều kiện mang tải và có kết nối AC. Đặc tuyến động này phụ thuộc chủ yếu vào điểm làm việc tĩnh trên đặc tuyến tĩnh và độ dốc của đặc tuyến động.

Độ dốc của đặc tuyến động.

Độ dốc của đặc tuyến là tỉ số $\Delta I / \Delta U$. Đối với đặc tuyến tĩnh, thì độ dốc này là $1 / (R_E + R_C)$. Nhưng khi xét về mạch xoay chiều, R_E bị ngắn mạch bởi C_E , và $R_{t\grave{a}i}$ xem như song song với R_C . Vậy độ dốc của đặc tuyến động sẽ là $1 / (R_C // R_{t\grave{a}i})$.

Cách vẽ đặc tuyến động trên hệ tọa độ U/I .

Xác định điểm làm việc của Transistor trên đặc tuyến tĩnh, bằng cách tính toán định thiên như trong bài 1.

Vẽ đường thẳng nối liền hai điểm:

Điểm không dẫn:

$$I=0; V_{CE} = V_{CEmax} = V_{CC}$$

Điểm dẫn tối đa:

$$V_{CC}=0; I_C = I_{Cmax} = V_{CC} / (R_C // R_{t\grave{a}i})$$

Từ điểm tĩnh trên đặc tuyến tĩnh, vẽ đường thẳng song song với đường thẳng trên.

Thí dụ trong trường hợp dưới đây, $R_C = R_E = 1k\Omega$. $R_{t\grave{a}i} = 10k\Omega$.

Đặc tuyến tĩnh đi qua 2 điểm:

Điểm không dẫn:

$$I=0; V_{CE} = V_{CEmax} = V_{CC} = 15V$$

Điểm dẫn tối đa:

$$V_{CC}=0; I_C = I_{Cmax} = V_{CC} / (R_C + R_e) = 7,5mA$$

Chọn điểm làm việc:

$$U = 5V, I = 5mA.$$

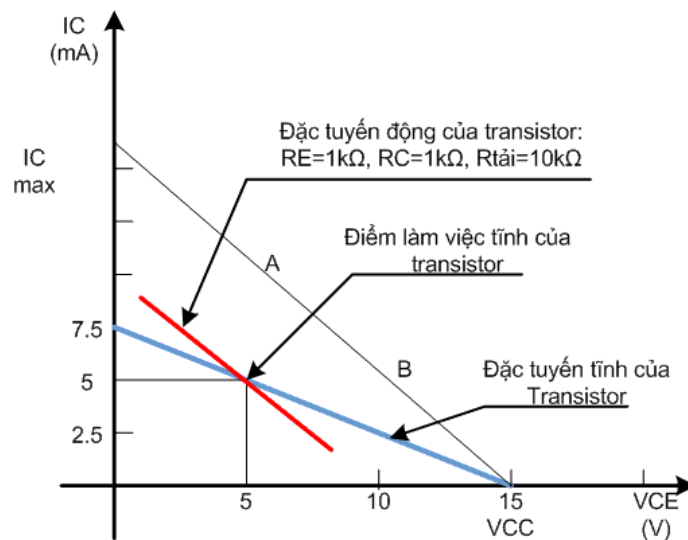
Vẽ đường mô phỏng đặc tuyến động đi qua 2 điểm:
Điểm không dẫn:

$$I=0; V_{CE} = V_{CEmax} = V_{CC} = 15V$$

Điểm dẫn tối đa:

$$V_{CC}=0; I_C = I_{Cmax} = V_{CC} / (R_C // R_{tải}) = 16.6mA$$

Đặc tuyến động của transistor là đường đi qua điểm tĩnh 5V, 5mA và song song với đường thẳng trên



Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Các kiểu lắp đặt transistor.

Tùy theo cách đưa tín hiệu vào và lấy tín hiệu ra, một transistor có thể được sử dụng ở các kiểu lắp khác nhau.

Transistor lắp kiểu cực phát chung (CE: Common Emitter).

Với một transistor được định thiên như hình bên cạnh, nếu ta đưa tín hiệu vào giữa cực B với đất, lấy tín hiệu ra giữa cực C với đất. Cực E xem như được nối masse qua điện trở R_E (hoặc

ngắn mạch qua tụ điện C_E). Mạch này có cực E chung cho cả ngõ vào và ngõ ra chung, nên gọi là mạch CE.

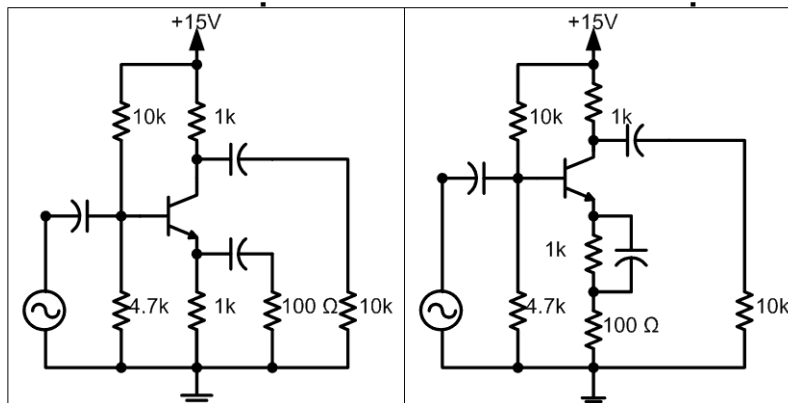
Mạch CE là mạch thông dụng nhất, có tổng trở đầu vào lớn trung bình, tổng trở đầu ra lớn trung bình, hệ số khuếch đại khá lớn. Người ta có thể điều chỉnh hệ số khuếch đại bằng cách điều chỉnh điện trở nối đất R_E .

Hệ số khuếch đại:

$$k_U = (R_C // R_{t\grave{a}i}) / (R_E + R_e)$$

Trong đó R_E là điện trở nối từ E xuống masse xét về mặt xoay chiều. R_e là điện trở trong tương đương của cực E, khoảng vài chục đến vài trăm Ω .

Dưới đây là 2 cách để định $R_E = 100 \Omega$ về mặt xoay chiều:

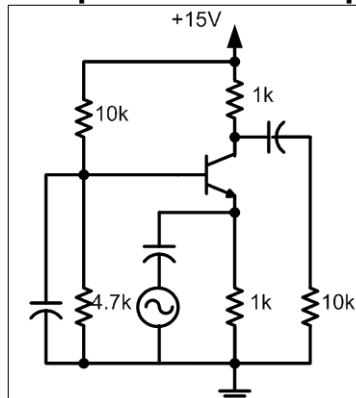


Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Các kiểu lắp đặt transistor.

Transistor lắp kiểu cực nền chung (CB: Common Base).

Với một transistor được định thiên như hình bên cạnh, nếu ta đưa tín hiệu vào giữa cực E với đất, lấy tín hiệu ra giữa cực C với đất. Cực B xem như được nối masse qua điện trở tụ điện C_B . Mạch này có cực B chung cho cả ngõ vào và ngõ ra chung, nên gọi là mạch CB.

Mạch CB là mạch ít thông dụng nhất, có tổng trở đầu vào rất nhỏ, tổng trở đầu ra rất lớn, hệ số khuếch đại khá lớn. Mạch CB thường dùng để ghép nối với những mạch tín hiệu vào có tổng trở rất thấp. Thí dụ như mạch khuếch đại microphone tổng trở thấp hoặc các mạch khuếch đại cao tần.



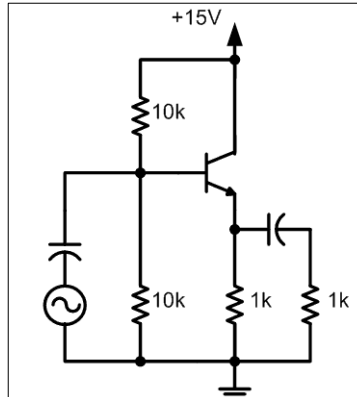
Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Các kiểu lắp đặt transistor.

Transistor lắp kiểu cực thu chung (CC: Common Collector).

Với một transistor được định thiên như hình bên cạnh, nếu ta đưa tín hiệu vào giữa cực B với đất, lấy tín hiệu ra giữa cực E với đất. Cực C xem như được nối masse qua điện trở nguồn. Mạch này có cực C chung cho cả ngõ vào và ngõ ra chung, nên gọi là mạch CC.

Mạch CC là mạch tương đối thông dụng, thường dùng làm mạch đệm vì có tổng trở đầu vào rất lớn, tổng trở đầu ra khá nhỏ, hệ số khuếch đại điện áp gần bằng 1. Hệ số khuếch đại dòng gần bằng β của transistor.

Mạch CC được ứng dụng nhiều ở các tầng công suất, các bộ ổn áp, các bộ đệm để phối hợp tổng trở...



Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Các kiểu lắp đặt phối hợp hai hay nhiều transistor.

Transistor lắp kiểu Cascode.

Kiểu cascode là kiểu lắp phối hợp giữa CB và CE.

Ngõ ra của CE khá lớn bị ngắn mạch bởi ngõ vào CB khá nhỏ. Vì thế hệ số khuếch đại của toàn mạch chỉ tương đương với mạch CE thôi. Tuy nhiên kiểu lắp đặt này có tác dụng làm tăng đáng kể dải tần, do loại bỏ được hiệu ứng hồi tiếp âm nội bộ tần số cao của CE, và đặc tính tần số cao khá tốt của CB.

Transistor lắp kiểu vi sai.

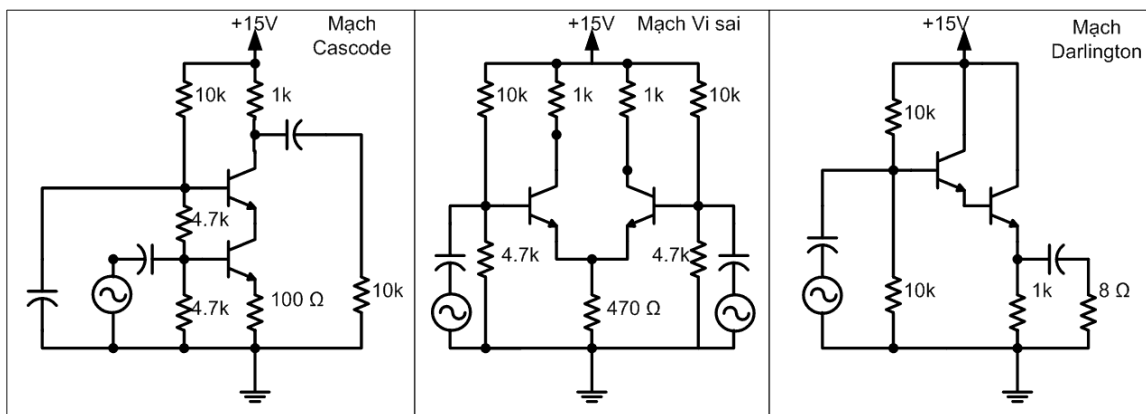
Kiểu cascode là kiểu lắp phối hợp giữa hai mạch CE, trong đó hai cực E được nối chung với nhau.

Mạch này thường dùng làm mạch so sánh tín hiệu. Tín hiệu ra lấy từ 2 cực C, và tỷ lệ với hiệu số 2 tín hiệu vào.

Transistor lắp kiểu Darlington.

Kiểu cascode là kiểu lắp phối hợp giữa 2 mạch CC. Kiểu này tăng cường hệ số khuếch đại dòng $k_I = \beta_1 * \beta_2$.

Nhờ hệ số khuếch đại dòng cao, nên tổng trở ra rất thấp. Thường được sử dụng trong các mạch công suất âm thanh.



Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Mạch khuếch đại công suất.

Mạch khuếch đại công suất trong hệ thống âm thanh là mạch khuếch đại để đưa tín hiệu ra loa.

Do loa nghe nhạc đa số có hiệu suất tương đối thấp, và ta cần một công suất âm thanh khá lớn để nghe, nên mạch công suất cần cung cấp một công suất đủ lớn để kích hoạt loa.

Thông thường loa hiện nay có tổng trở khá thấp (16Ω, 8Ω, 4Ω, 3,2Ω, hoặc 2Ω). Do đó, tổng trở ngõ ra của mạch công suất cũng cần phải rất nhỏ.

Các mạch khuếch đại công suất bằng đèn chân không và transistor nối kiểu CE có tổng trở rất lớn, do đó không phù hợp được với tổng trở nhỏ của loa. Tín hiệu ra loa sẽ bị suy giảm rất mạnh. Vì thế trong các trường hợp trên, người ta phải dùng máy biến áp xuất âm.

Máy biến áp xuất âm có nhiệm vụ phối hợp tổng trở, thay đổi mức điện áp cho phù hợp và cách ly mạch loa với mạch khuếch đại.

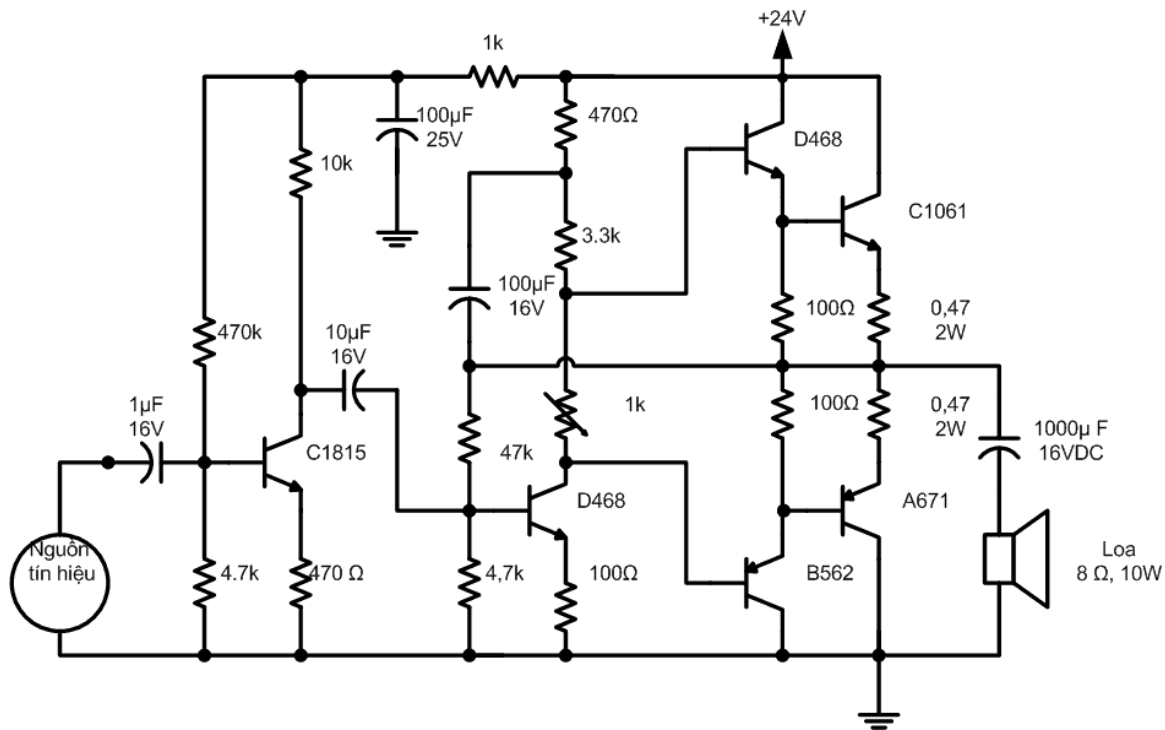
Hiện nay với kỹ thuật bán dẫn tiến triển hơn trước, người ta thường chuyển sang mạch công suất có ngõ ra không biến thế xuất âm (OTL: output transformer-less). Mạch này khá đơn giản, dùng nguồn đơn, điện áp ra có trị số DC bằng $\frac{1}{2}$ điện áp nguồn, nên nối ra loa phải liên lạc bằng tụ điện.

Sau này, khi các mạch khuếch đại thuật toán được sử dụng rộng rãi, người ta bắt đầu áp dụng các nguyên lý của mạch này vào mạch công suất dùng BJT. Nguồn cung cấp sẽ là nguồn đôi. Ngõ ra có mức DC = 0, nên không cần sử dụng tụ liên lạc, mà nối trực tiếp ra loa, nên gọi là mạch công suất không có tụ điện ngõ ra. (OCL: output capacitor-less).

Chúng ta bắt đầu phân tích một số mạch công suất đơn giản:

Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Mạch khuếch đại công suất không biến áp xuất âm (OTL).

Chúng ta xem xét mạch công suất đơn giản dưới đây:



Tầng khuếch đại đầu vào.

Tầng khuếch đại đầu vào là tầng khuếch đại cơ bản kiểu CE.

Tầng khuếch đại tiền công suất.

Tầng khuếch đại tiền công suất vào là tầng khuếch đại kiểu CE có hồi tiếp điện áp. Tầng này được thiết kế với dòng điện lớn hơn đủ để kích tầng công suất

Tầng khuếch đại công suất.

Tầng khuếch đại công suất là tầng khuếch đại kiểu CC. Bao gồm 2 cặp Darlington bổ phụ, khuếch đại đẩy kéo nối tiếp. Độ lợi điện áp của tầng này gần bằng 1.

Tầng này được thiết kế lớp AB, có dòng tĩnh rất nhỏ, cỡ 10 mA. Khi có tín hiệu, nhiệm vụ của tầng này như sau:

- Cặp Darlington D468 và C1061 sẽ khuếch đại nửa chu kỳ dương. Ở nửa chu kỳ âm, cặp này sẽ cắt.
- Cặp Darlington A671 và B562 sẽ khuếch đại nửa chu kỳ âm. Ở nửa chu kỳ dương, cặp này sẽ cắt.

Mạch tinh chỉnh dòng tĩnh.

Biến trở $1k\Omega$ ở cực C của tầng tiền công suất được tinh chỉnh sao cho dòng điện đi qua tầng công suất khi không có tín hiệu trong khoảng từ 10 đến 20 mA. Trong trường hợp không cần tinh chỉnh chính xác dòng tĩnh, người ta thường thay biến trở này bằng 3 diode công suất nhỏ nối tiếp với nhau, hoặc bằng 1 đèn LED đỏ.

Mạch liên lạc ngõ ra.

Do ngõ ra có điện thế DC xấp xỉ bằng $\frac{1}{2}$ điện áp nguồn, nên muốn xuất ra loa, cần phải liên lạc bằng tụ. Tụ này được chọn tùy thuộc vào tổng trở loa và tần số làm việc của loa. Ở tần số cắt, tổng trở của tụ có giá trị bằng tổng trở loa. Với loa 8Ω , tụ $100\mu F$ thì tần số cắt sẽ là:

$$X_c = 1 / (2 \pi f C)$$
$$8 \text{ Ohm} = 1 / (2 * 3,14 * f * 1000 * 10^{-6})$$
$$f = 1 / (2 * 3,14 * 1000 * 10^{-6} * 8)$$
$$f = 20\text{Hz}.$$

Mạch hồi tiếp âm.

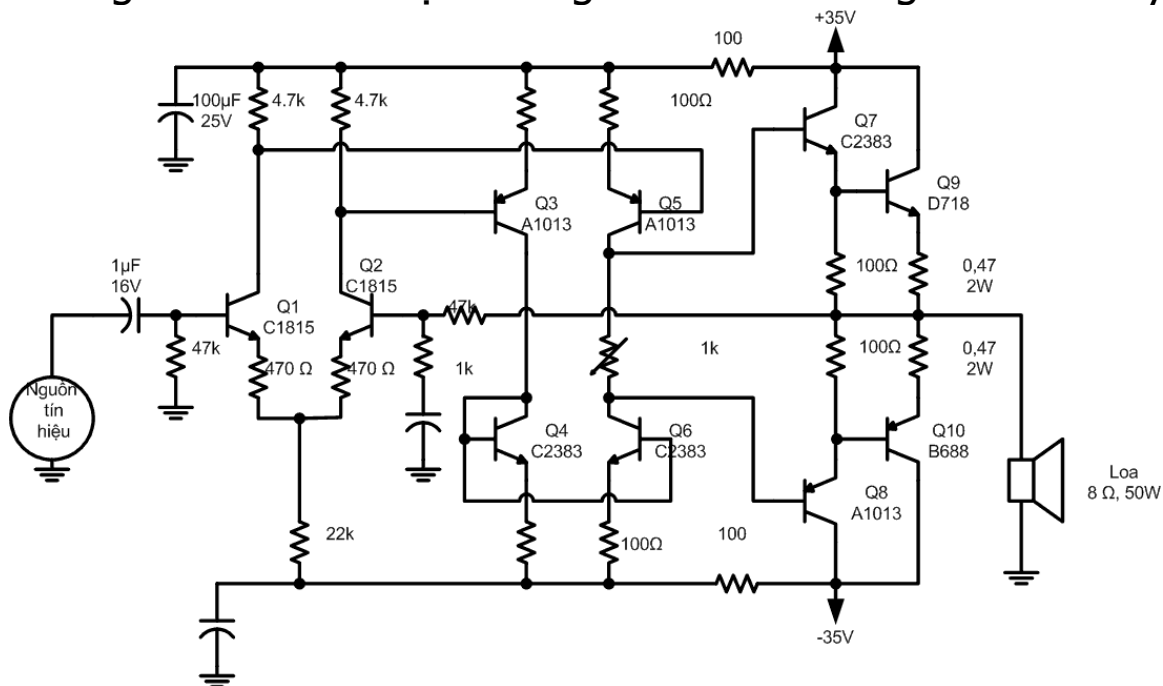
Điện áp ngõ ra của tầng công suất được đưa về hồi tiếp cho tầng tiền công suất qua 2 điện trở $47k$ và $4.7k$. Như vậy $1/10$ điện áp ra sẽ được so sánh với điện áp ngõ vào. Giả sử hệ số khuếch đại của transistor đủ lớn, thì độ lợi của cả mạch tiền công suất + công suất sẽ xấp xỉ $=10$.

Mạch Bootstrap.

Điện áp ngõ ra của mạch công suất sẽ được đưa vào điểm nối giữa 2 điện trở cực C của tầng tiền công suất. Tụ này cho phép điện thế điểm này chạy theo điện thế ngõ ra của tầng tiền công suất với chênh lệch điện thế là 1 trị số cố định. Như vậy ở nửa chu kỳ dương, điện thế điểm này có thể cao hơn điện áp nguồn, tránh cho đầu ra không bị suy giảm công suất ra do giảm dòng qua R_C .

Các mạch âm tần sử dụng BJTs – Mạch khuếch đại công suất không tụ ra loa (OCL).

Chúng ta xem xét mạch công suất OCL đơn giản dưới đây:



Tầng khuếch đại đầu vào (Q1, Q2).

Tầng khuếch đại đầu vào là tầng khuếch đại vi sai.

Tầng khuếch đại tiền công suất (Q3, Q5).

Tầng khuếch đại tiền công suất vào là tầng khuếch đại điện thể kiểu CE. Tầng này được thiết kế với dòng điện lớn hơn đủ để kích tầng công suất.

Dòng điện qua Q3 được đưa qua Q4 và sau đó đưa sang Q6. Như vậy tín hiệu vi sai của Q1 và Q2 đã được chuyển thành tín hiệu đơn để đưa đến tầng công suất.

Tầng khuếch đại công suất.

Tầng khuếch đại công suất là tầng khuếch đại kiểu CC. Bao gồm 2 cặp Darlington bổ phụ, khuếch đại đẩy kéo nối tiếp. Độ lợi điện áp của tầng này gần bằng 1.

Tầng này được thiết kế lớp AB, có dòng tĩnh rất nhỏ, cỡ 10 mA. Khi có tín hiệu, nhiệm vụ của tầng này như sau:

- Cặp Darlington Q7 và Q9 sẽ khuếch đại nửa chu kỳ dương. Ở nửa chu kỳ âm, cặp này sẽ cắt.
- Cặp Darlington Q8 và Q10 sẽ khuếch đại nửa chu kỳ âm. Ở nửa chu kỳ dương, cặp này sẽ cắt.

Mạch tinh chỉnh dòng tĩnh.

Biến trở $1k\Omega$ ở cực C của tầng tiền công suất được tinh chỉnh sao cho dòng điện đi qua tầng công suất khi không có tín hiệu trong khoảng từ 10 đến 20 mA. Trong trường hợp không cần tinh chỉnh chính xác dòng tĩnh, người ta thường thay biến trở này bằng 3 diode công suất nhỏ nối tiếp với nhau, hoặc bằng 1 đèn LED đỏ.

Mạch liên lạc ngõ ra.

Do ngõ ra có điện thế DC xấp xỉ bằng 0V, nên có thể xuất trực tiếp ra loa mà không cần thông qua tụ.

Mạch hồi tiếp âm.

Điện áp ngõ ra của tầng công suất được đưa về hồi tiếp cho tầng tiền công suất qua 2 điện trở 47k và 1k.

Đối với DC xem như toàn bộ điện áp ngõ ra được đưa về so sánh với điện áp ngõ vào. Do đó độ lợi của toàn mạch sẽ xấp xỉ $=1$. Vì ngõ vào được nối đất qua điện trở 47k, nên xem như $=0$. Do đó ngõ ra cũng $=0V$.

Đối với AC: tụ điện xem như ngắn mạch, nối điện trở 1k xuống đất. Như vậy $1/47$ điện áp ra sẽ được so sánh với điện áp ngõ vào. Giả sử hệ số khuếch đại của transistor đủ lớn, thì độ lợi của toàn mạch sẽ xấp xỉ $=47$.

Nguồn: PQT