

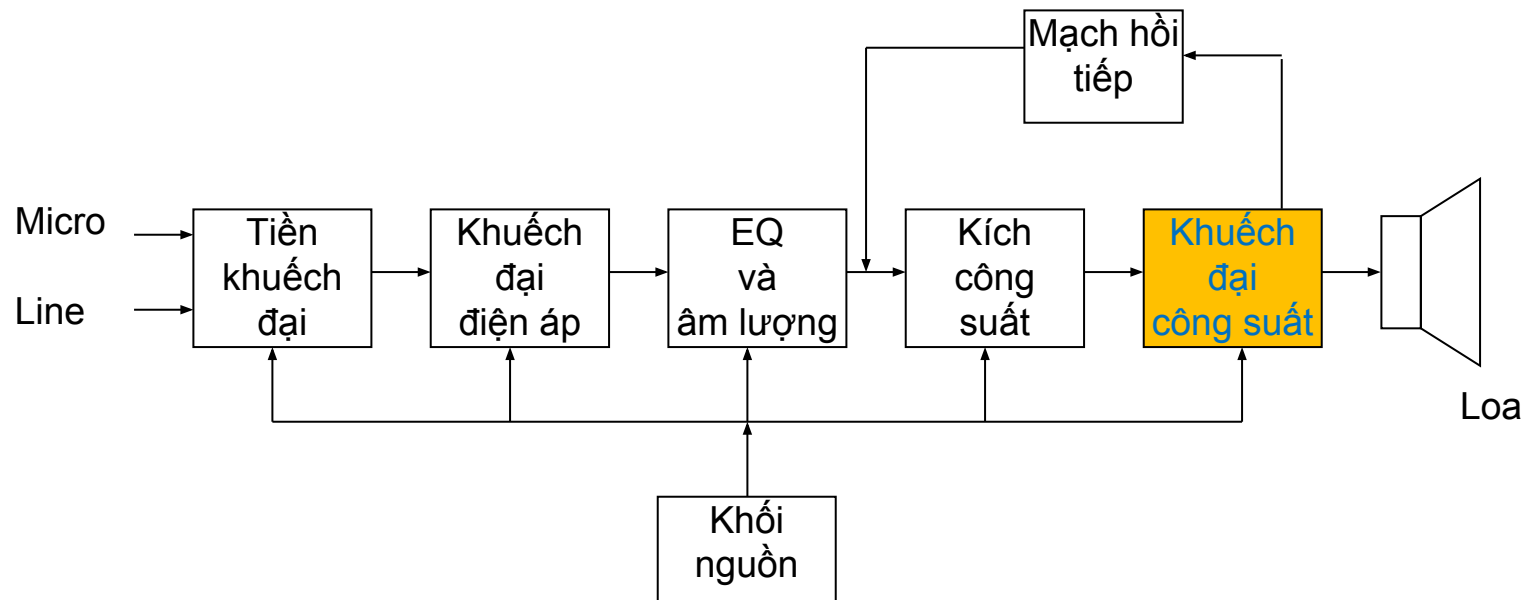
## Phần 2: ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

### Bài 11: KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

# **1. Khái niệm khuếch đại công suất**

# 1. Khái niệm khuếch đại công suất

Mạch khuếch đại công suất có nhiệm vụ tạo ra một công suất đủ lớn để kích thích tải. Công suất ra có thể từ vài trăm miliwatt đến vài trăm watt. Như vậy mạch công suất làm việc với biên độ tín hiệu lớn ở ngõ vào: do đó chúng ta không thể dùng mạch tương đương tín hiệu nhỏ để khảo sát như trước mà thường dùng phương pháp đồ thị.



# 1. Khái niệm khuếch đại công suất

Thông số để đánh giá mạch khuếch đại công suất là hiệu suất, được định nghĩa như sau:

$$\eta\% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \cdot 100\%$$

$P_{i(DC)}$  : Công suất cung cấp (công suất vào) cho mạch.

$P_{o(AC)}$  : Công suất tín hiệu ngõ ra lấy trên tải.

Một mạch khuếch đại công suất lý tưởng khi hiệu suất bằng 100%, có nghĩa là toàn bộ năng lượng nguồn cung cấp cho mạch được chuyển đổi thành năng lượng tín hiệu ra tải. Tuy nhiên, trên thực tế do năng lượng một phần bị tiêu tán trên các linh kiện hoạt động trong mạch nên hiệu suất của mạch luôn nhỏ hơn 100%.

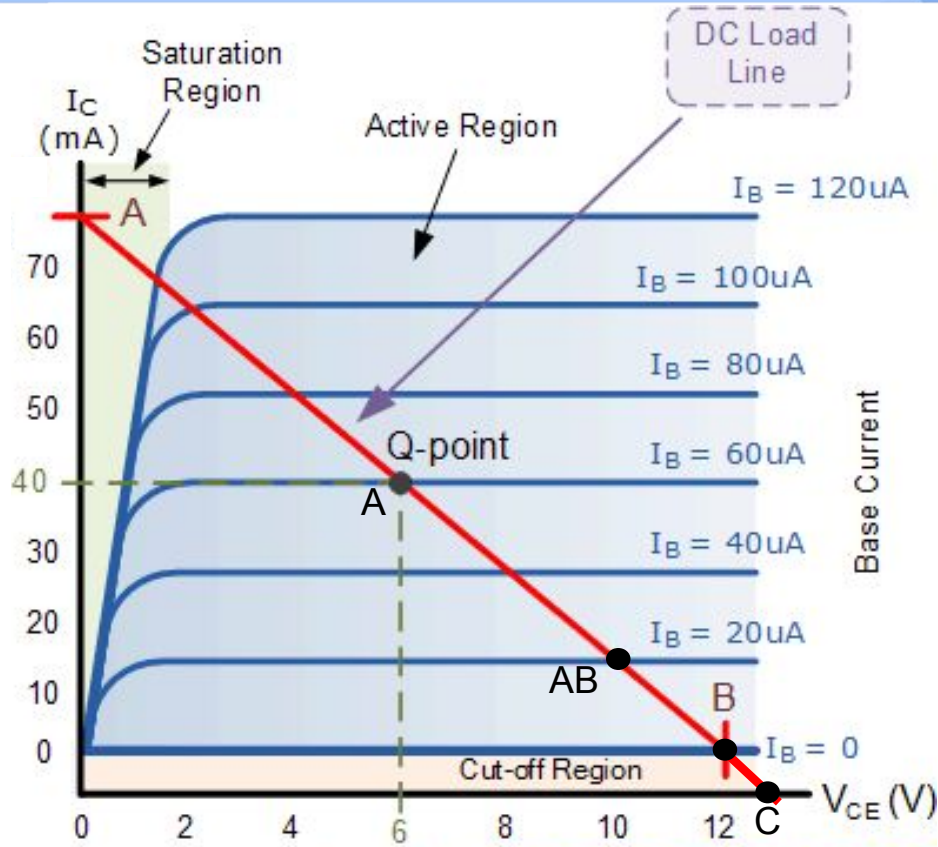
Công suất tiêu tán trên Transistor:  $P_T = P_{i(DC)} - P_{o(AC)}$

# 1. Khái niệm khuếch đại công suất

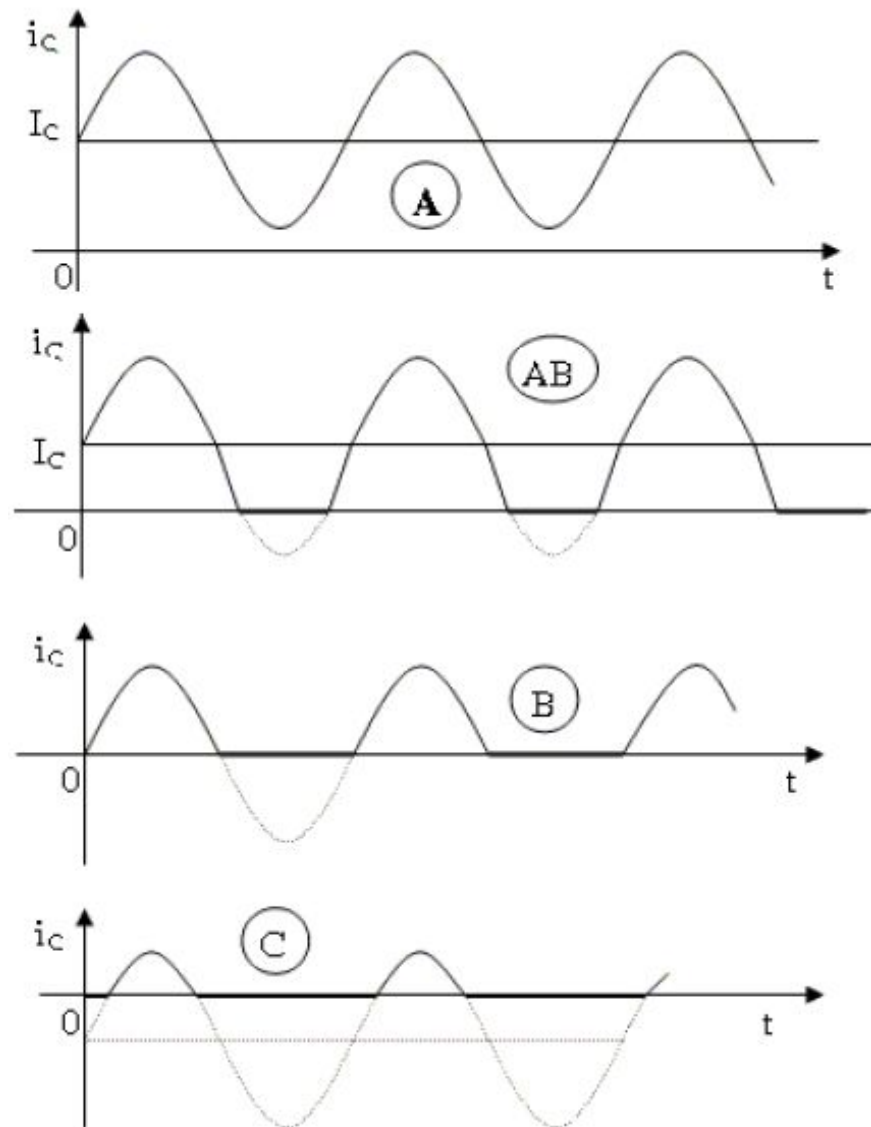
Tùy theo chế độ làm việc của transistor, người ta thường phân mạch khuếch đại công suất ra thành các loại chính như sau:

- **Khuếch đại công suất loại A:** Điểm Q nằm ở vùng khuếch đại và ở giữa đường tải tĩnh, do đó transistor dẫn trong toàn chu kỳ của tín hiệu ngõ vào. Mạch này có thể khuếch đại tín hiệu xoay chiều và có hiệu suất thấp từ 25%.
- **Khuếch đại công suất loại AB:** Điểm Q nằm trong vùng khuếch đại gần vùng ngưng do đó transistor dẫn nhiều hơn một bán kỳ và ít hơn một chu kỳ của tín hiệu ngõ vào. Hiệu suất cao ( $> 50\%$ ), méo ít hơn 50%.
- **Khuếch đại công suất loại B:** Điểm Q nằm trong vùng ngưng do đó transistor chỉ dẫn trong một bán kỳ của tín hiệu ngõ vào. Mạch này có hiệu suất từ 50% đến 70%, bị méo tín hiệu ra 50%.
- **Khuếch đại công suất loại C:** Điểm Q phân cực nằm sâu trong vùng ngưng để chỉ một phần nhỏ hơn nửa chu kỳ của tín hiệu ngõ vào được khuếch đại. Mạch này thường được dùng khuếch đại công suất ở tần số cao với tải cộng hưởng và trong các ứng dụng đặc biệt.

# 1. Khái niệm khuếch đại công suất

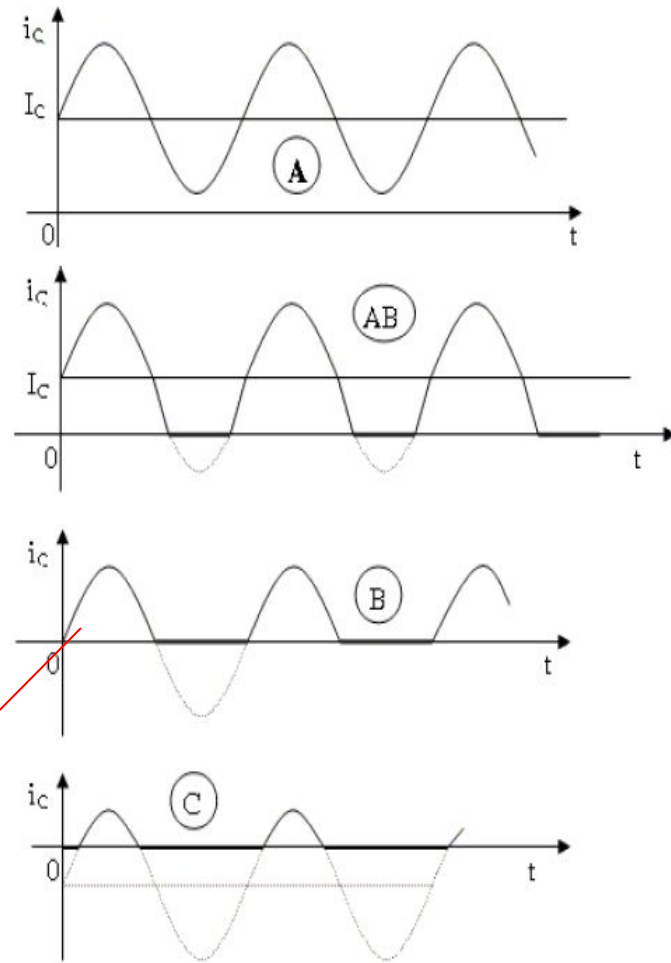
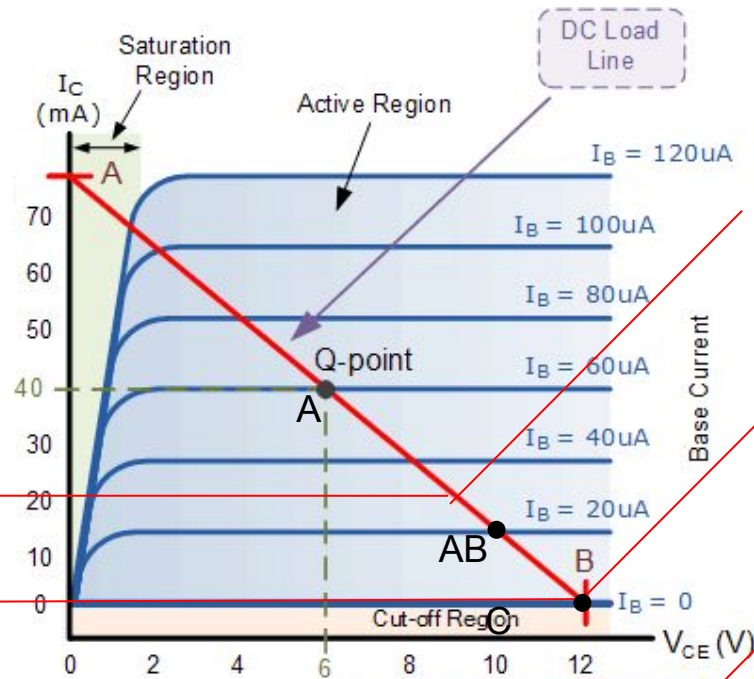


Các loại khuếch đại công suất



Tín hiệu ra của các loại khuếch đại công suất

# 1. Khái niệm khuếch đại công suất



Tín hiệu ra của các loại khuếch đại công suất

## **2. Tính toán giá trị RMS đối với dạng sóng Sine**



## 2. Tính toán giá trị RMS đối với dạng sóng Sine

Trong các thiết bị đo điện có nhiều cách lấy giá trị như:

- Giá trị thực (True RMS - Root mean square)
- Giá trị trung bình (avg)
- Giá trị đỉnh (peak)
- Giá trị đỉnh-đỉnh (peak-peak)

Trong đó giá trị thực là một tham số để tính toán, so sánh, đánh giá của một tín hiệu xoay chiều. Với mỗi dạng tín hiệu khác nhau tính toán tham số RMS khác nhau. Nhiều thiết bị đo lường tính toán RMS thông qua giá trị trung bình, giá trị đỉnh, giá trị đỉnh-đỉnh nhưng chỉ chính xác đối với tín hiệu có hình Sine.

## 2. Tính toán giá trị RMS đối với dạng sóng Sine

Xét một tín hiệu Sine như sau:

**V<sub>p</sub>**: điện áp tức thời lớn nhất được tính từ điểm gốc 0 đến biên độ dương +V<sub>p</sub>.

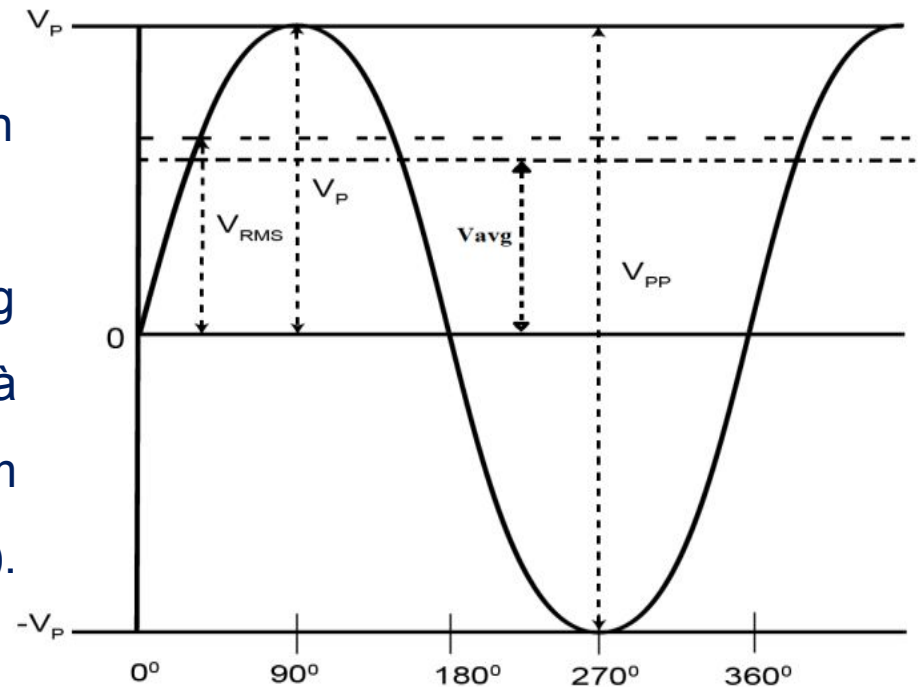
**V<sub>pp</sub>**: điện áp được tính giữa đỉnh dương và đỉnh âm của dạng sóng. V<sub>pp</sub> chính là tổng điện áp của hai mức dương và âm so với điểm 0.  $V_{pp} = (-V_p \rightarrow 0) + (0 \rightarrow +V_p)$ .

Nếu tín hiệu không có mức âm thì

$V_p = V_{pp}$ .

**V<sub>avg</sub>**: là mức điện áp trung bình của dạng sóng. Đây chính là mức điện áp được dàn đều trong một chu kỳ. Đối với sóng sin có hai miền âm dương thì điện áp trung bình ở miền dương bằng miền âm.

**V<sub>rms</sub>**: được gọi là giá trị hiệu dụng hay giá trị thực.



## 2. Tính toán giá trị RMS đối với dạng sóng Sine

Đối với dạng sóng hình sine ta xác định các giá trị thực ( $V_{rms}$ ,  $I_{rms}$ ) theo giá trị đỉnh ( $V_p$ ,  $I_p$ ), giá trị đỉnh-đỉnh ( $V_{pp}$ ,  $I_{pp}$ ), giá trị trung bình ( $V_{avg}$ ,  $I_{avg}$ ) như sau:

### ❖ Giá trị điện áp $V_{rms}$ :

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0,707 * V_p$$

$$V_{rms} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}} = 0,353 * V_{pp}$$

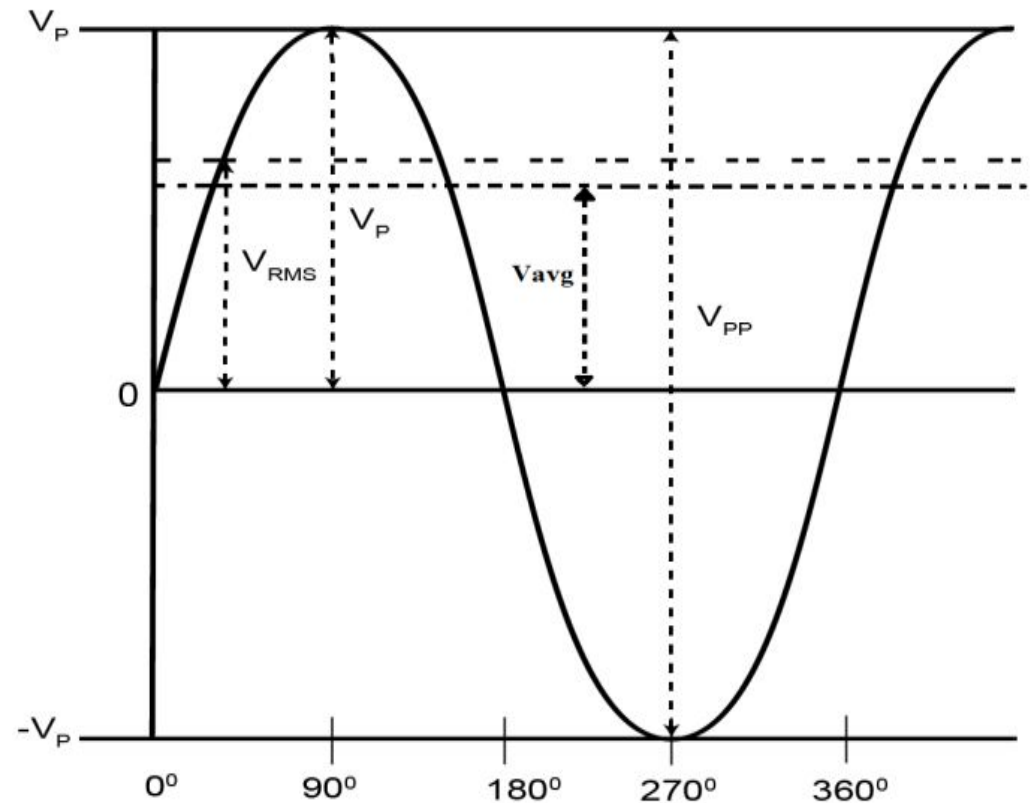
$$V_{rms} = \frac{\pi}{2} \frac{V_{avg}}{\sqrt{2}} = 1.110 * V_{avg}$$

### ❖ Giá trị dòng điện $I_{rms}$ :

$$I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = 0,707 * I_p$$

$$I_{rms} = \frac{I_{pp}}{2\sqrt{2}} = 0,353 * I_{pp}$$

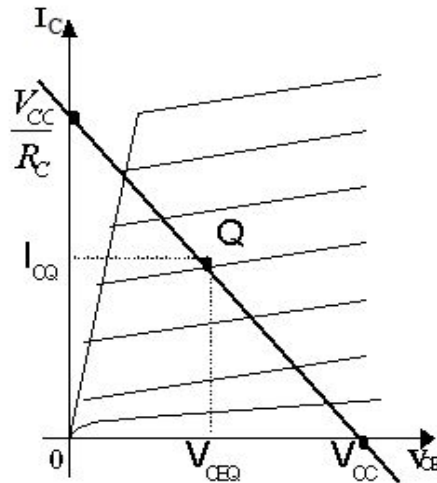
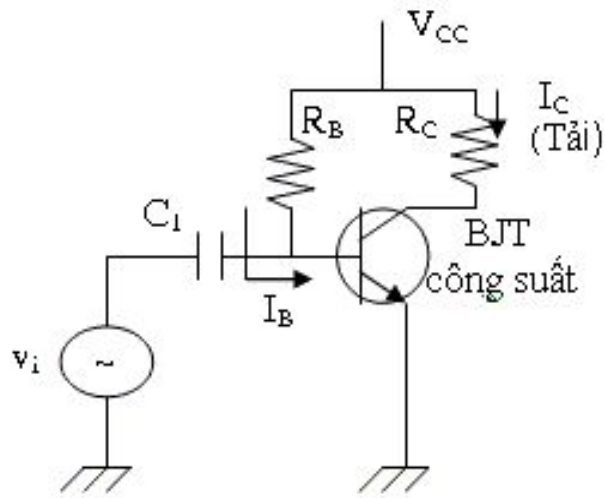
$$I_{rms} = \frac{\pi}{2} \frac{I_{avg}}{\sqrt{2}} = 1.110 * I_{avg}$$



### **3. Mạch khuếch đại công suất loại A**

### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

Khảo sát mạch khuếch đại công suất loại A đơn giản như sau:



a) Khảo sát phân cực

$$I_B = \frac{V_{CC} - 0,7V}{R_B}$$

$$I_C = \beta I_B, V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$$

Dòng  $I_C$  có giới hạn tối đa khi  $V_{CE}=0$ , suy ra:

$$I_{CSat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Do đó khi có tín hiệu vào, để dòng  $I_C$  có thể biến đổi lớn nhất và tốt nhất thì điểm tĩnh điều hành Q phải được phân cực sao cho:

$$I_{CQ} = \frac{I_{CSat}}{2} = \frac{V_{CC}}{2R_C}$$

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2}$$

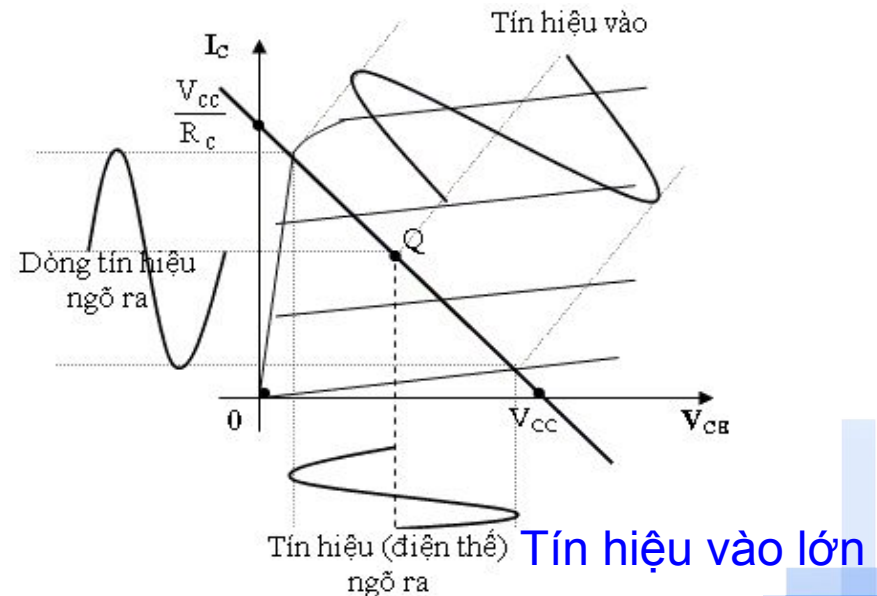
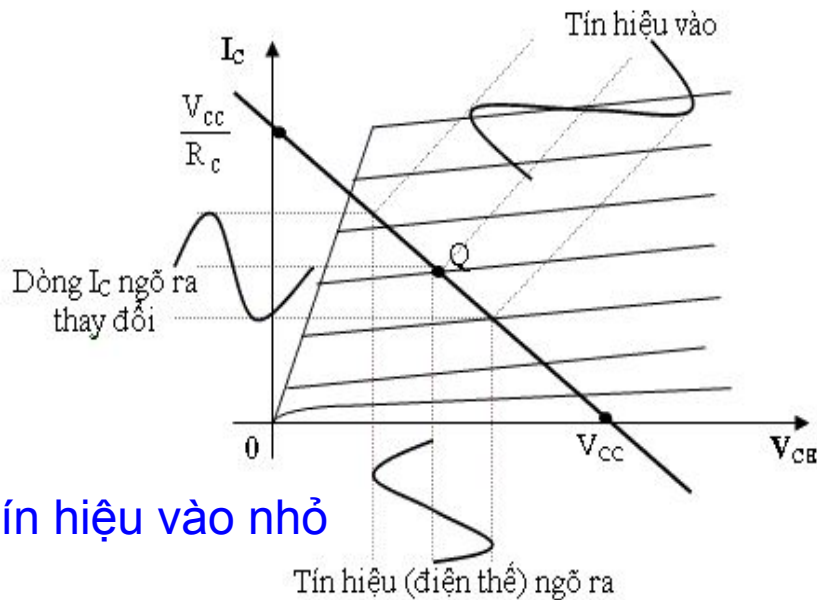
*Điểm khác nhau giữa mạch này với mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ là ngõ vào  $v_i$  có biên độ lớn (hàng trăm mV)*

### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### b) Khảo sát xoay chiều

Khi đưa tín hiệu  $v_i$  vào ngõ vào mạch khuếch đại công suất loại A dòng  $I_C$  và điện áp  $V_{CE}$  (tín hiệu ra) sẽ thay đổi quanh điểm điều hành Q.

- Khi tín hiệu ngõ vào nhỏ (vì dòng điện cực nền thay đổi rất ít): nên dòng điện  $I_C$  và điện áp  $V_{CE}$  ở ngõ ra cũng thay đổi ít quanh điểm điều hành.
- Khi tín hiệu ngõ vào lớn: ngõ ra sẽ thay đổi rất lớn quanh điểm tĩnh điều hành Q. Dòng  $I_C$  sẽ thay đổi quanh giới hạn từ 0mA đến  $V_{CC}/R_C$ . Điện áp  $V_{CE}$  thay đổi giữa hai giới hạn 0V và nguồn  $V_{CC}$



### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### c) Khảo sát công suất

Công suất cung cấp được định nghĩa:

$$P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot I_{CQ} \quad (11.1)$$

Công suất ngõ ra lấy trên tải, trong trường hợp này là  $R_C$ , được định nghĩa:

$$P_{o(AC)} = V_{CE(rms)} \cdot I_{C(rms)} \quad (11.2)$$

Ta có:

$$V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2} \quad \text{và} \quad V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

Suy ra:

$$V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2} = \frac{R_C I_C + V_{CE}}{2}, \text{ rút gọn ta được: } V_{CE} = R_C I_C, \text{ hay } I_C = V_{CE}/R_C, \text{ lần}$$

lượt thay vào (11.2) ta được:

$$P_{o(AC)} = R_C I_{C(rms)}^2 \quad (11.3)$$

Hay:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{CE(rms)}^2}{R_C} \quad (11.4)$$

### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### c) Khảo sát công suất

*\* Nếu tính theo điện áp đỉnh và dòng điện đỉnh:*

Ta có:

$$I_{C(ms)} = \frac{I_{C(p)}}{\sqrt{2}} \text{ và } V_{CE(ms)} = \frac{V_{CE(p)}}{\sqrt{2}} \quad (11.5)$$

Thay (11.5) vào (11.3) và (11.4) ta được:

$$P_{o(AC)} = \left( \frac{I_{C(p)}}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot R_C = \frac{I_{C(p)}^2}{2} \cdot R_C = \frac{1}{2} (I_{C(p)} \cdot R_C) \cdot I_{C(p)} \quad (11.6)$$

Hay:

$$P_{o(AC)} = \left[ \frac{V_{CE(p)}}{\sqrt{2}} \right]^2 \cdot \frac{1}{R_C} = \frac{V_{CE(p)}^2}{2R_C} \quad (11.7)$$

Hoặc:

$$P_{o(AC)} = V_{CE(ms)} \cdot I_{C(ms)} = \frac{V_{CE(p)}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{C(p)}}{\sqrt{2}} = \frac{V_{CE(p)} \cdot I_{C(p)}}{2} \quad (11.8)$$



### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### c) Khảo sát công suất

*\* Nếu tính theo điện áp và dòng điện đỉnh đối đỉnh:*

Ta có:

$$I_{C(p)} = \frac{I_{C(p-p)}}{2} \text{ và } V_{CE(p)} = \frac{V_{CE(p-p)}}{2} \quad (11.9)$$

Thay (11.9) vào (11.8) ta được:

$$P_{o(AC)} = \frac{\left[ V_{CE(p-p)} / 2 \right] \left[ I_{C(p-p)} / 2 \right]}{2} = \frac{V_{CE(p-p)} \cdot I_{C(p-p)}}{8} \quad (11.10)$$

Thay (11.9) vào (11.6) và (11.7) ta được:

$$P_{o(AC)} = \frac{I_{C(p-p)}^2}{8} \cdot R_C \quad (11.11)$$

Hoặc:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{CE(p-p)}^2}{8R_C} \quad (11.12)$$

### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### c) Khảo sát công suất

\* *Hiệu suất của mạch khuếch đại công suất:*

- Hiệu suất của mạch khuếch đại công suất được định nghĩa như sau:

$$\eta\% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \cdot 100\% \quad (11.13)$$

Công suất tiêu tán trên Transistor:  $P_T = P_{i(DC)} - P_{o(AC)}$

### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### c) Khảo sát công suất

- Hiệu suất tối đa:

Ta thấy trong mạch khuếch đại công suất loại A:

.  $V_{CE}$  có thể thay đổi tối đa là  $V_{CE(p-p)max} = V_{CC}$

.  $I_C$  có thể thay đổi tối đa là  $I_{C(p-p)max} = V_{CC}/R_C$

Thay (11.14) và (11.15) vào (11.10) ta được công suất tối đa là:

$$P_{o(AC)max} = \frac{V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}}{R_C}}{8} = \frac{V_{CC}^2}{8R_C} \quad (11.16)$$

Công suất cung cấp tối đa:

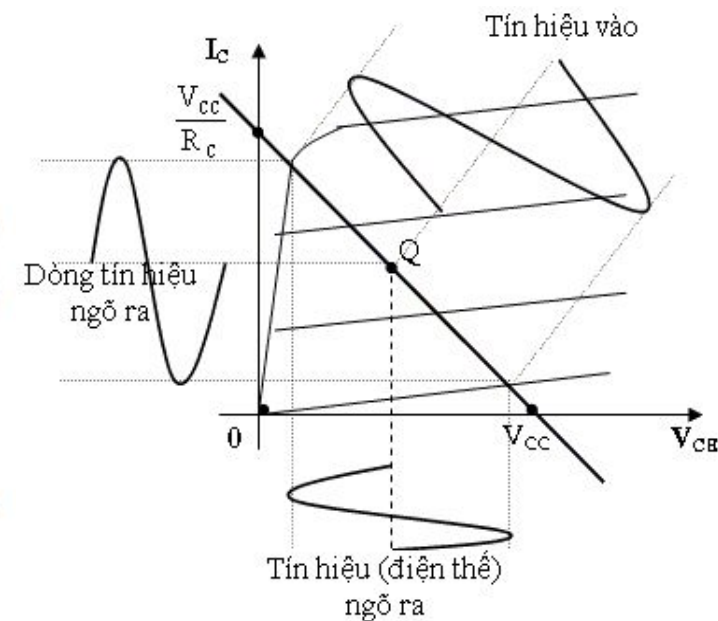
$$P_{i(DC)max} = V_{CC} \cdot I_{CQmax} \quad (11.17)$$

Mà ta có:  $I_{CQmax} = \frac{V_{CC}}{2R_C}$  thay vào (11.17) ta được:

$$P_{i(DC)max} = V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}}{2R_C} = \frac{V_{CC}^2}{2R_C} \quad (11.18)$$

Suy ra hiệu suất tối đa của mạch là:

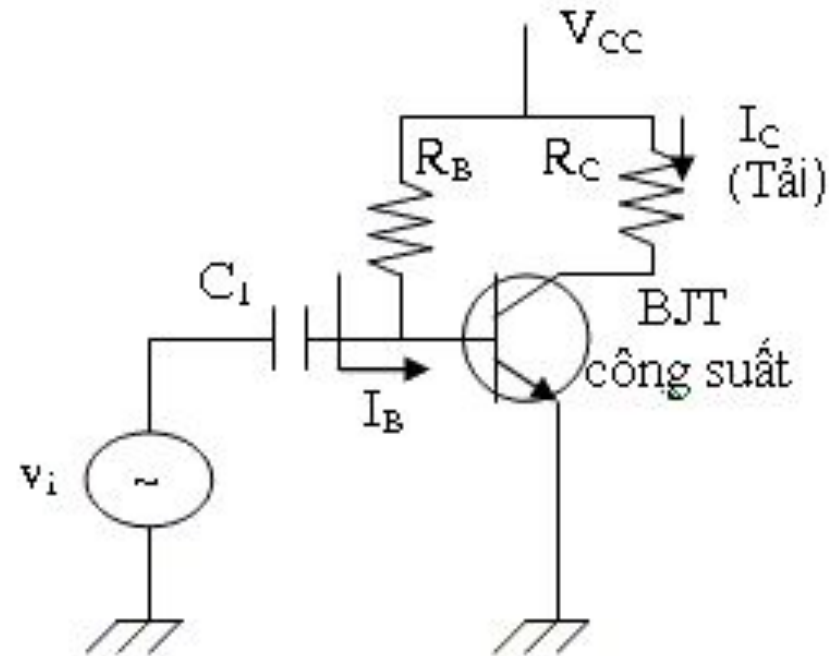
$$\eta\% = \frac{P_{o(AC)max}}{P_{i(DC)max}} \cdot 100\% = \frac{V_{CC}^2 / 8R_C}{V_{CC}^2 / 2R_C} \cdot 100\% = 25\% \quad (11.19)$$



### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

**Ví dụ 1:** Cho mạch khuếch đại công suất như hình sau, với  $V_{CC}=20V$ ,  $R_B=1k\Omega$ ,  $R_C=20\Omega$ . Sử dụng transistor loại Si có  $\beta = 25$ . Tín hiệu ngõ vào tạo ra dòng điện tại cực B bằng 10mA đỉnh ( $I_{B(p)}=10mA$ ).

- Xác định điểm tĩnh điều hành Q và đường tải một chiều, xoay chiều.
- Xác định dòng điện đỉnh ngõ ra tại cực C ( $I_{C(p)}$ ).
- Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.
- Công suất tiêu tán của Transistor



### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### Ví dụ 1(tt):

a) - Xác định điểm tĩnh điều hành Q:

$$\text{Ta có: } I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20V - 0,7V}{1k\Omega} = 19,3mA = I_{BQ}$$

$$\text{Mà ta có: } I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 25 \times 19,3mA = 482,5mA \approx 0,48A$$

$$\text{Ta có: } V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 20V - 0,48A \cdot 20\Omega = 10,4V$$

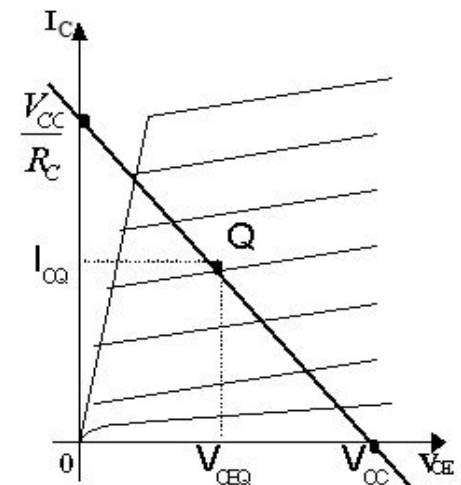
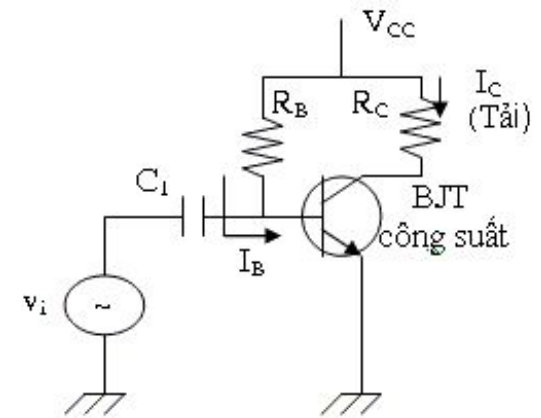
Suy ra điểm tĩnh điều hành Q có tọa độ là (10,4V; 0,48A)

- Xác định đường tải một chiều, xoay chiều: trong trường hợp này vì  $R_L = R_C$  nên đường tải một chiều (DC) và xoay chiều (AC) trùng với nhau.

Ta có phương trình đường tải DC như sau:  $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$$\text{- Khi } V_{CE} = 0, \text{ suy ra: } I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20V}{20\Omega} = 1A = 1000mA$$

$$\text{- Khi } I_C = 0, \text{ suy ra: } V_{CE} = V_{CC} = 20V$$





### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### Ví dụ 1(tt):

b) Sự biến thiên của tín hiệu AC ngõ ra có thể xác định được bằng hình vẽ dùng đồ thị đường tải DC. Khi dòng điện AC ngõ vào cực B tăng so với điểm phân cực DC thì dòng điện tại cực C tăng lên một lượng như sau:

$$I_{C(p)} = \beta I_{B(p)} = 25 \times 10 \text{mA} = 250 \text{mA}$$

c) Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.

- Công suất ngõ ra lấy trên tải (công suất AC ngõ ra):

$$P_{o(AC)} = \frac{I_{C(p)}^2}{2} \cdot R_C = \frac{(250 \times 10^{-3})^2}{2} \times 20 = 0,625 \text{W}$$

- Công suất cung cấp (công suất DC ngõ vào):

$$P_{i(DC)} = V_{CC} I_{CQ} = 20 \text{V} \times 0,48 \text{A} = 9,6 \text{W}$$

Hiệu suất của mạch là:

$$\eta \% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \times 100 \% = \frac{0,625 \text{W}}{9,6 \text{W}} \times 100 \% = 6,5 \%$$

d) Công suất tiêu tán của Transistor:  $P_T = P_{i(DC)} - P_{o(AC)} = 9,60 \text{W} - 0,63 \text{W} = 8,97 \text{W}$

### 3. Mạch khuếch đại công suất loại A

#### Nhận xét:

- Ưu điểm: méo phi tuyến ít do chọn được đặc tuyến làm việc của transistor.
- Nhược điểm: công suất tín hiệu ra nhỏ do mạch chỉ làm việc với tín hiệu tương đối nhỏ và hiệu suất thấp do phải phân cực DC trước cho transistor điều này gây tiêu tán không mong muốn.

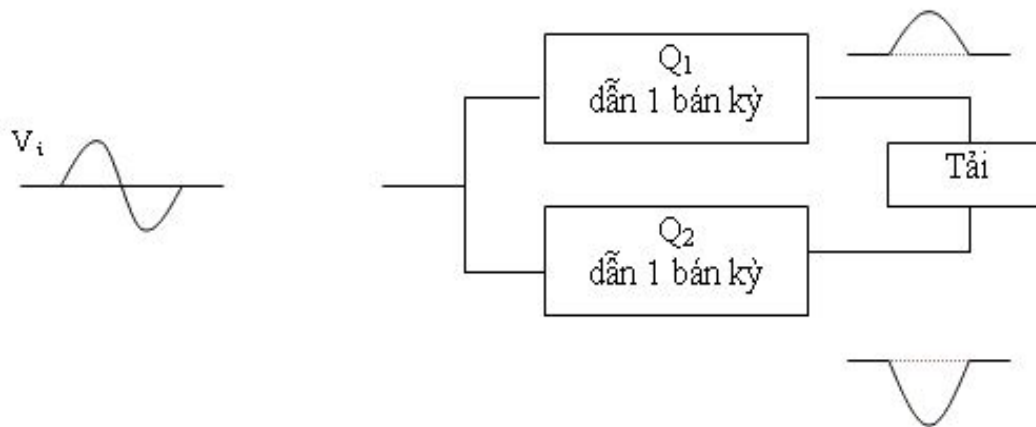
## **4. Mạch khuếch đại công suất loại B**



## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

Mạch khuếch đại công suất loại B có đặc điểm là transistor có điểm làm việc nằm trong vùng ngưng nên bình thường transistor không dẫn điện và chỉ dẫn điện khi có tín hiệu đủ lớn đưa vào. Do đó transistor chỉ dẫn điện được ở một bán kỳ của tín hiệu (bán kỳ dương hay âm tùy thuộc vào transistor NPN hay PNP), trong một bán kỳ này điện áp tín hiệu vào sẽ phân cực cho transistor. **Vì vậy muốn nhận được toàn chu kỳ (gồm bán kỳ dương và bán kỳ âm) của tín hiệu ở ngõ ra thì phải dùng 2 transistor, mỗi transistor dẫn điện ở một bán kỳ của tín hiệu.**

Khi đó, một transistor có nhiệm vụ đẩy (push) tín hiệu lên cao trong bán kỳ đầu và transistor còn lại có nhiệm vụ kéo (pull) tín hiệu xuống thấp trong bán kỳ còn lại, kết quả ta thu được tín hiệu toàn chu kỳ ở ngõ ra. Mạch này gọi là mạch khuếch đại công suất đẩy kéo (push-pull).



## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

### a) Công suất cung cấp (công suất vào)

Ta có:  $P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot I_{DC}$

Trong đó  $I_{DC}$  là dòng điện trung bình cung cấp cho mạch. Do dòng tải có đủ cả hai bán kỳ nên nếu gọi  $I_{(p)}$  là dòng đỉnh qua tải ta có:

$$I_{DC} = \frac{2}{\pi} I_{(p)}$$

Suy ra:

$$P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot \left[ \frac{2}{\pi} I_{(p)} \right]$$

$$\text{Vì ta có : } I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

$$I_{rms} = \frac{\pi I_{avg}}{2 \sqrt{2}}$$

$$\text{Suy ra: } \frac{I_p}{\sqrt{2}} = \frac{\pi I_{avg}}{2 \sqrt{2}}$$

$$I_{avg} = I_{DC} = \frac{2}{\pi} I_p$$

## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

### b) Công suất ra

Công suất ra lấy trên tải  $R_L$  có thể được tính:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{L(rms)}^2}{R_L} \quad (\text{Áp dụng công thức 11.4 với tải } R_L = R_C \text{ và } v_{L(rms)} = V_{CE(rms)})$$

Tính theo điện áp đỉnh:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{L(p)}^2}{2R_L} \quad (\text{Áp dụng công thức 11.7 với tải } R_L = R_C \text{ và } v_{L(p)} = V_{CE(p)})$$

Tính theo điện áp đỉnh-đỉnh:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{L(p-p)}^2}{8R_L} \quad (\text{Áp dụng công thức 11.12 với tải } R_L = R_C \text{ và } v_{L(p-p)} = V_{CE(p-p)})$$

## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

### c) Hiệu suất

$$\eta\% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \cdot 100\% = \frac{v_{L(p)}^2 / 2R_L}{V_{CC} \left[ \frac{2}{\pi} \cdot I_{(p)} \right]} \cdot 100\%$$

$$\text{Vì: } I_{(p)} = \frac{V_{L(p)}}{R_L}$$

$$\text{Nên: } \eta\% = \frac{\pi}{4} \frac{V_{L(p)}}{V_{CC}} \cdot 100\% \quad (11.21)$$

Hiệu suất tối đa của mạch công suất loại B:

Từ công thức tính hiệu suất của mạch (11.21), với trị tối đa của  $v_{L(p)}$  là  $V_{CC}$  nên hiệu suất tối đa là:

$$\eta\% = \frac{\pi}{4} \cdot 100\% = 78,54\% \quad (11.22)$$

## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

### c) Hiệu suất

Hoặc có thể tính hiệu suất tối đa của mạch công suất loại B như sau:

Công suất ra sẽ tối đa khi  $v_{L(p)} = V_{CC}$

$$\text{Suy ra: } P_{o(AC)\max} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

$$\text{Ngoài ra ta có: } I_{(p)} = \frac{v_{L(p)}}{R_L} \text{ suy ra } I_{(p)} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

$$\text{Từ đó suy ra trị tối đa của dòng trung bình là: } I_{(DC)\max} = \frac{2}{\pi} I_{(p)} = \frac{2}{\pi} \frac{V_{CC}}{R_L}$$

$$\text{Trị tối đa của công suất ngõ vào: } P_{i(DC)\max} = V_{CC} \cdot I_{(DC)\max}$$

$$\text{Suy ra: } P_{i(DC)\max} = V_{CC} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{2V_{CC}^2}{\pi R_L}$$

Hiệu suất tối đa của mạch công suất loại B là:

$$\eta\% = \frac{P_{o(AC)\max}}{P_{i(DC)\max}} \cdot 100\% = \frac{V_{CC}^2 / 2R_L}{2V_{CC}^2 / \pi R_L} \cdot 100\% = \frac{\pi}{4} \cdot 100\% = 78,54\% \quad (11.23)$$

## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

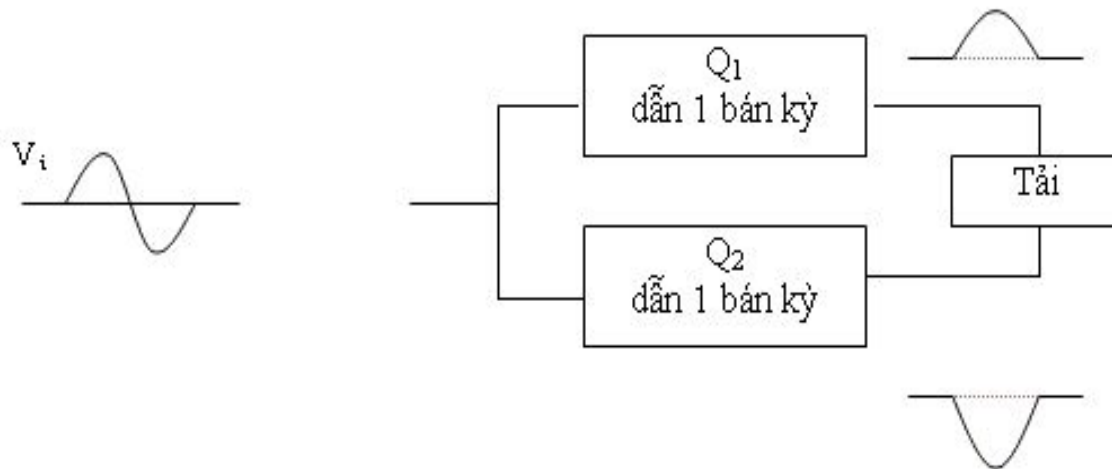
### d) Công suất tiêu tán trong transistor công suất

Công suất tiêu tán trong 2 transistor:

$$P_{2Q} = P_{i(DC)} - P_{o(AC)}$$

Vậy công suất tiêu tán trong mỗi transistor công suất:

$$P_Q = \frac{P_{2Q}}{2}$$



## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

**Ví dụ 2:** Cho mạch khuếch đại công suất loại B, với biên độ điện áp đỉnh trên tải  $v_{L(p)}=20V$ , điện trở tải  $R_L=16\Omega$ ,  $V_{CC}=30V$ .

- a) Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.
- b) Công suất tiêu tán trên mỗi transistor

## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

### Ví dụ 2 (tt):

a) Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.

Ta có biên độ điện áp đỉnh trên tải  $v_{L(p)}=20V$  và điện trở tải  $R_L=16\Omega$ , từ đây ta tính được

$$\text{biên độ dòng tải là: } I_{(p)} = \frac{v_{L(p)}}{R_L} = \frac{20V}{16\Omega} = 1,25A$$

$$\text{Dòng điện tiêu thụ trung bình là: } I_{DC} = \frac{2}{\pi} I_{(p)} = \frac{2}{\pi} \times 1,25A = 0,796A$$

$$\text{Công suất tiêu thụ từ nguồn cung cấp: } P_{i(DC)} = V_{CC} I_{DC} = 30V \times 0,796A = 23,9W$$

$$\text{Công suất ra tải: } P_{o(AC)} = \frac{v_{L(p)}^2}{2R_L} = \frac{(20V)^2}{2 \times 16\Omega} = 12,5W$$

$$\text{Suy ra hiệu suất của mạch: } \eta\% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \cdot 100\% = \frac{12,5W}{23,9W} \cdot 100\% = 52,3\%$$

b) Công suất tiêu tán trên mỗi transistor

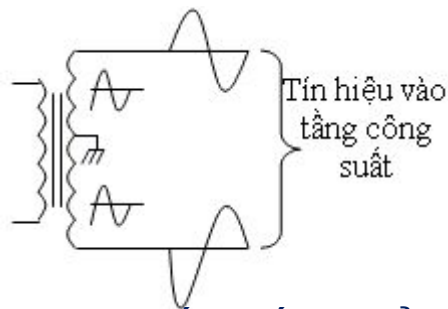
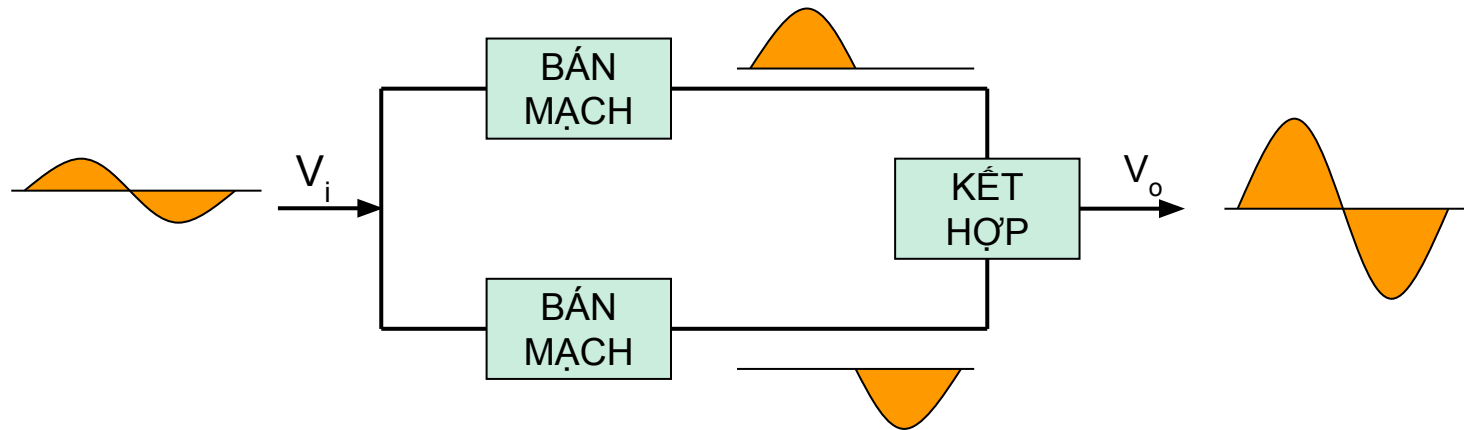
$$P_{2Q} = P_{i(DC)} - P_{o(AC)} = 23,9W - 12,5W = 11,4W$$

$$\text{Suy ra: } P_Q = \frac{P_{2Q}}{2} = \frac{11,4W}{2} = 5,7W$$

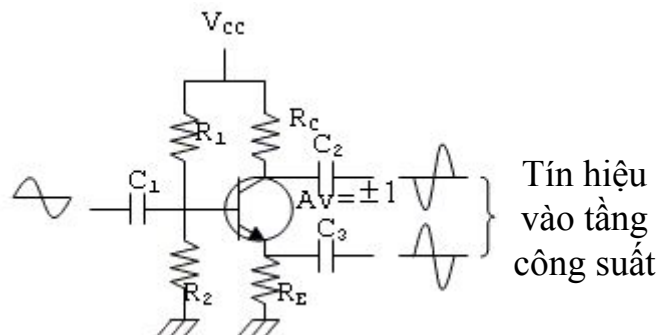


## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

Trong mạch khuếch đại công suất loại B, transistor sẽ điều khiển dòng điện ở mỗi nửa chu kỳ của tín hiệu. Để thu được toàn chu kỳ tín hiệu ra, thì cần sử dụng 2 transistor, mỗi transistor được sử dụng ở mỗi nửa chu kỳ khác nhau của tín hiệu, sự vận hành kết hợp sẽ cho ra chu kỳ đầy đủ của tín hiệu và mạch điện trên được gọi là mạch khuếch đại công suất đẩy kéo.



(a) Dùng biến thế có điểm giữa



(b) Dùng transistor mắc thành mạch khuếch đại

## 4. Mạch khuếch đại công suất loại B

### Dạng mạch công suất loại B:

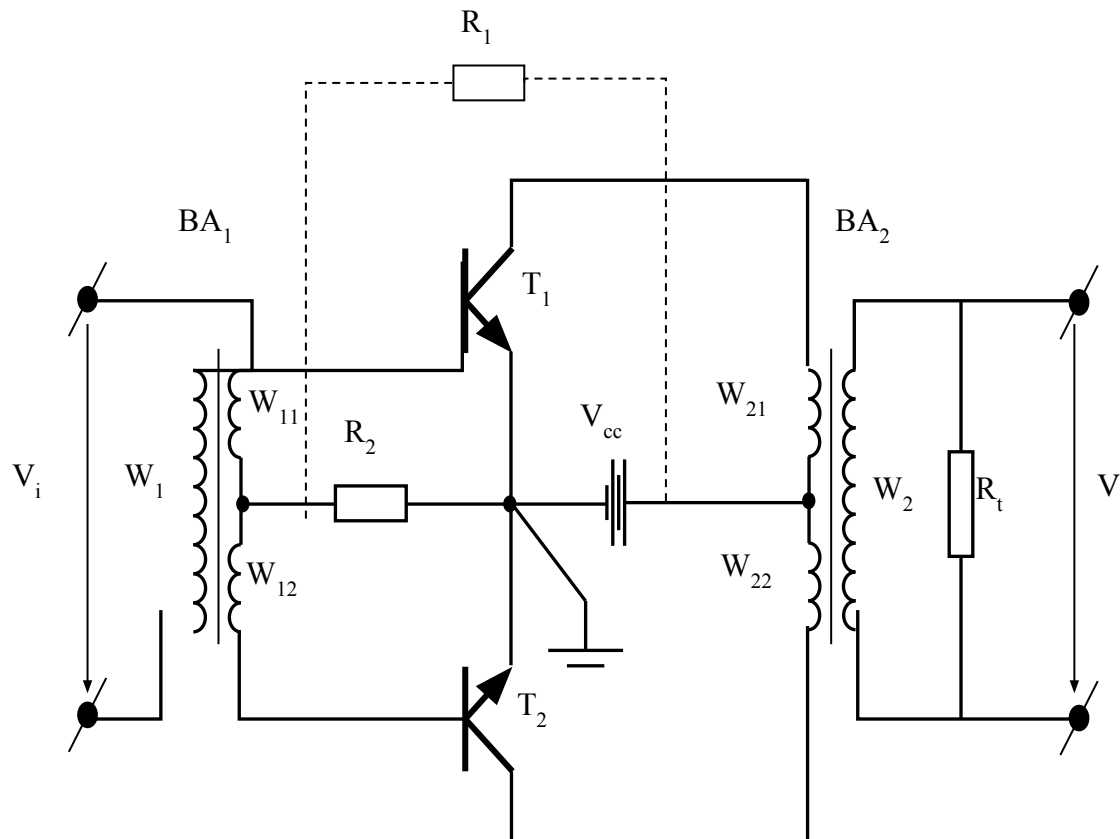
1. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp
2. Mạch khuếch đại công suất kiểu đối xứng-bổ túc

## **5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp**

## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

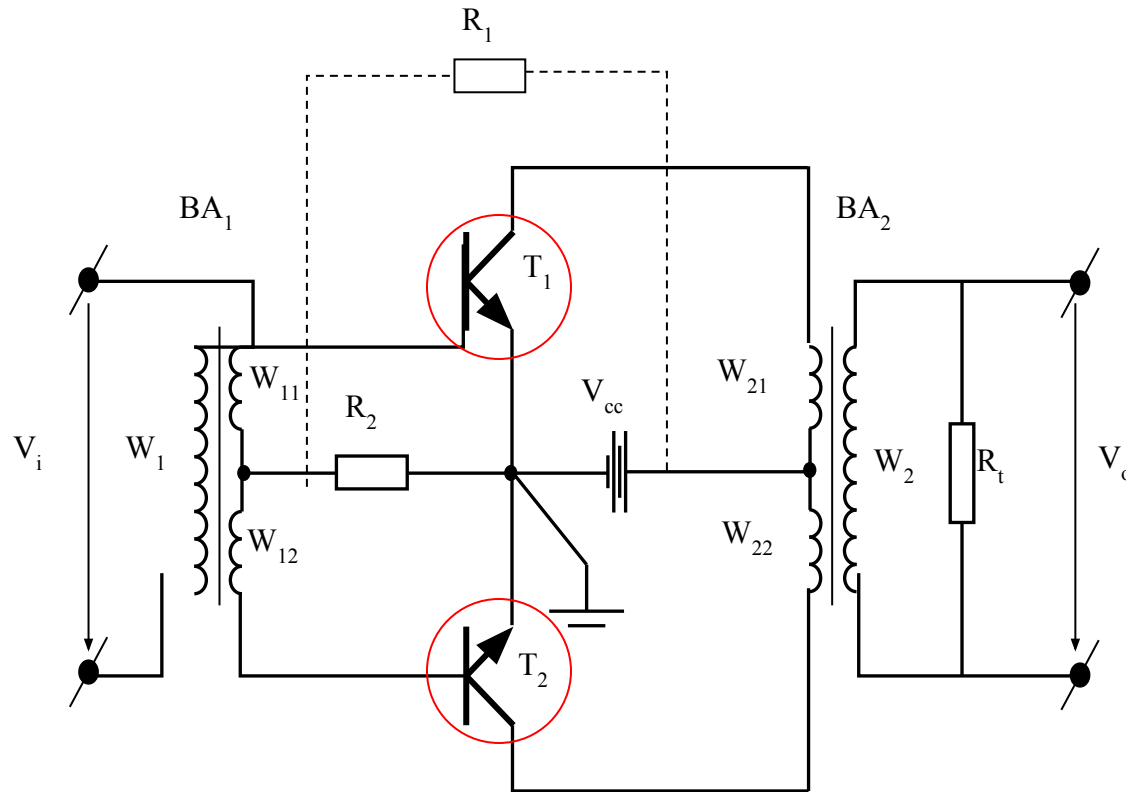
### a) Sơ đồ mạch điện

Mạch điện gồm có: 2 transisstor  $T_1$  và  $T_2$ , 2 biến áp  $BA_1$  và  $BA_2$ , các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_t$  và nguồn cung cấp  $V_{cc}$ .



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

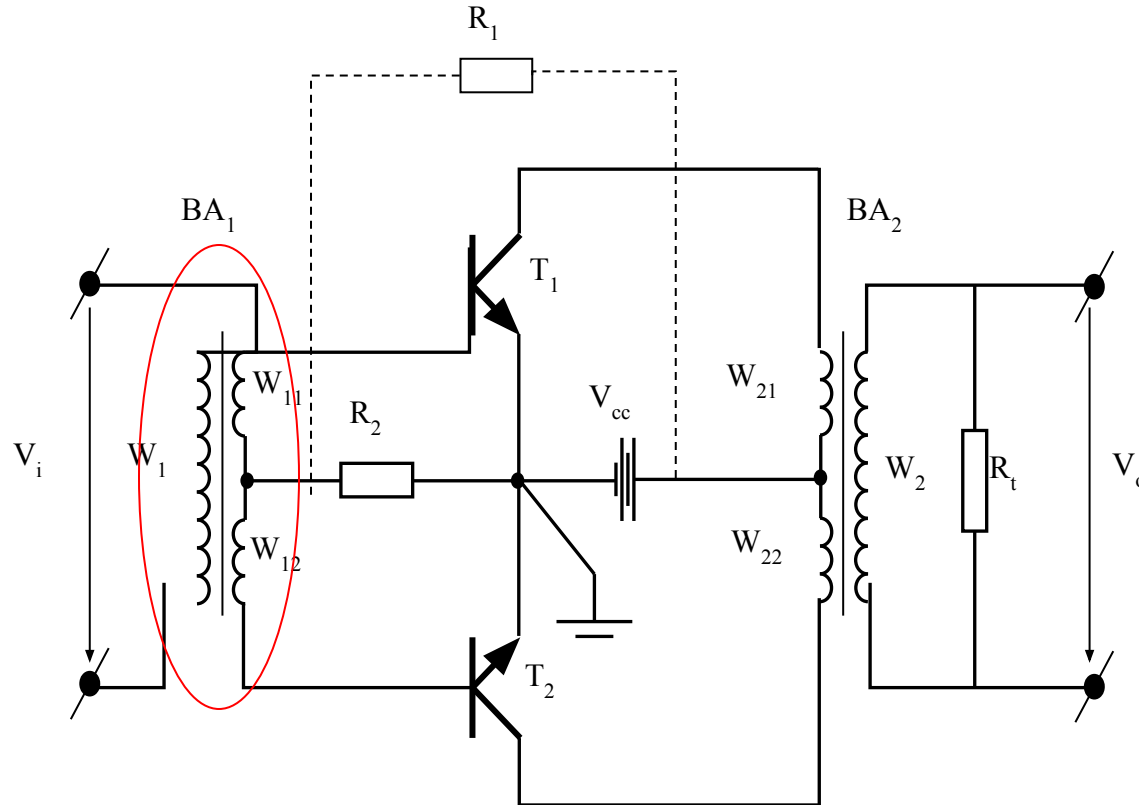
### b) Tác dụng của linh kiện



$T_1$  và  $T_2$ : là hai BJT cùng loại NPN có tham số giống hệt nhau ( $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ) là thành phần tích cực trong mạch, làm nhiệm vụ khuếch đại.

## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

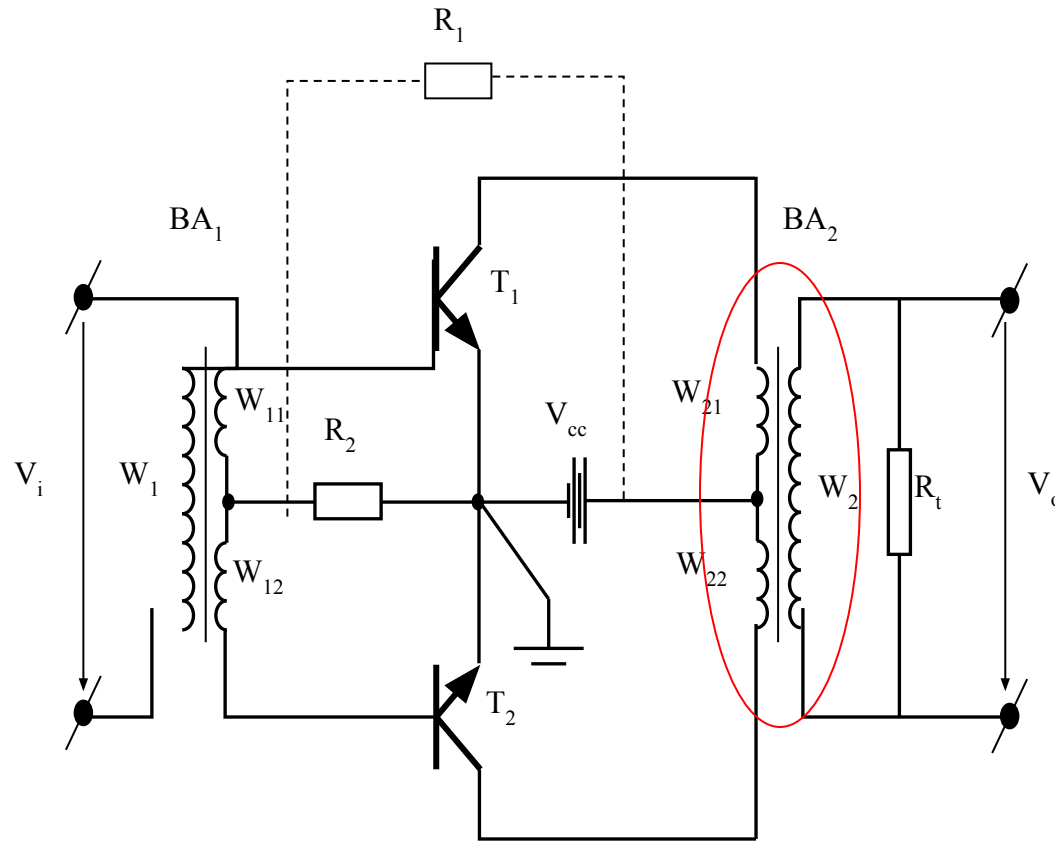
### b) Tác dụng của linh kiện (tt)



Biến áp  $BA_1$ : có hai nửa cuộn thứ cấp  $W_{11}$  và  $W_{12}$  bằng nhau, có nhiệm vụ tạo ra hai điện áp ngược pha để kích thích cho  $T_1$  và  $T_2$

## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

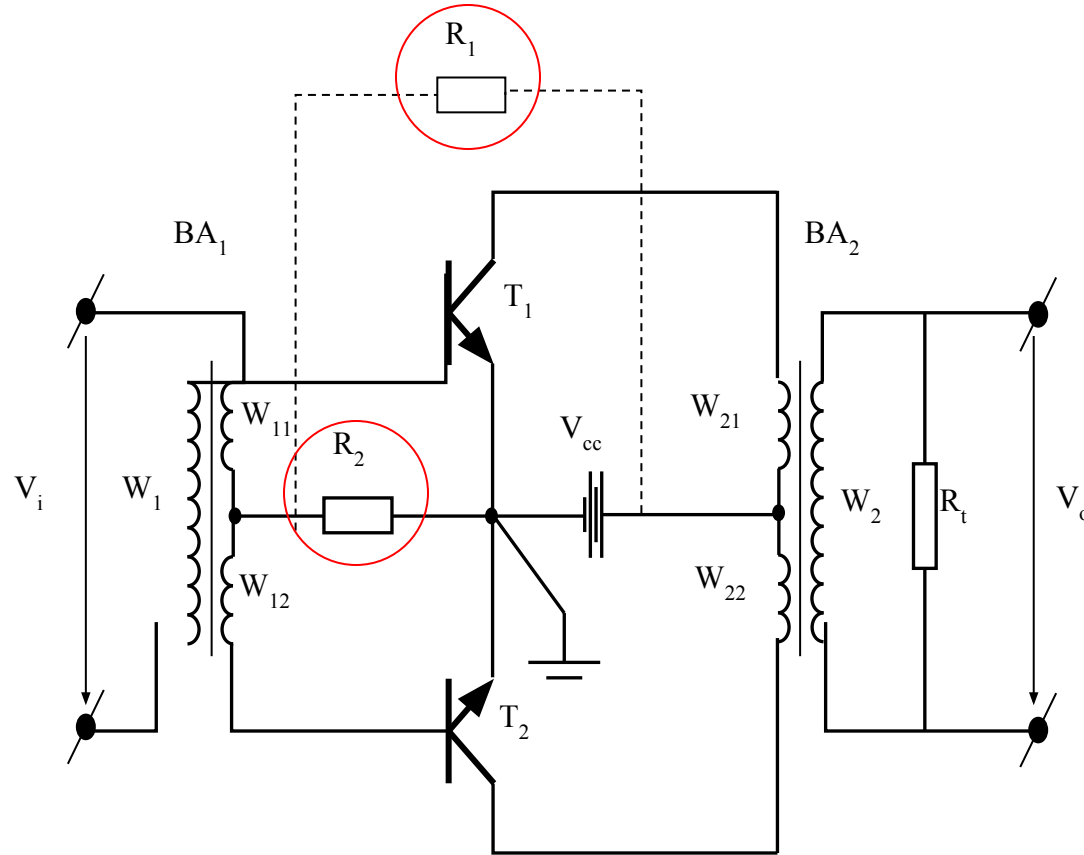
### b) Tác dụng của linh kiện (tt)



Biến áp  $BA_2$ : có hai nửa cuộn sơ cấp  $W_{21}$  và  $W_{22}$  bằng nhau để lấy ra trên  $W_2$  điện áp ở cả 2 nửa chu kỳ.

## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### b) Tác dụng của linh kiện (tt)

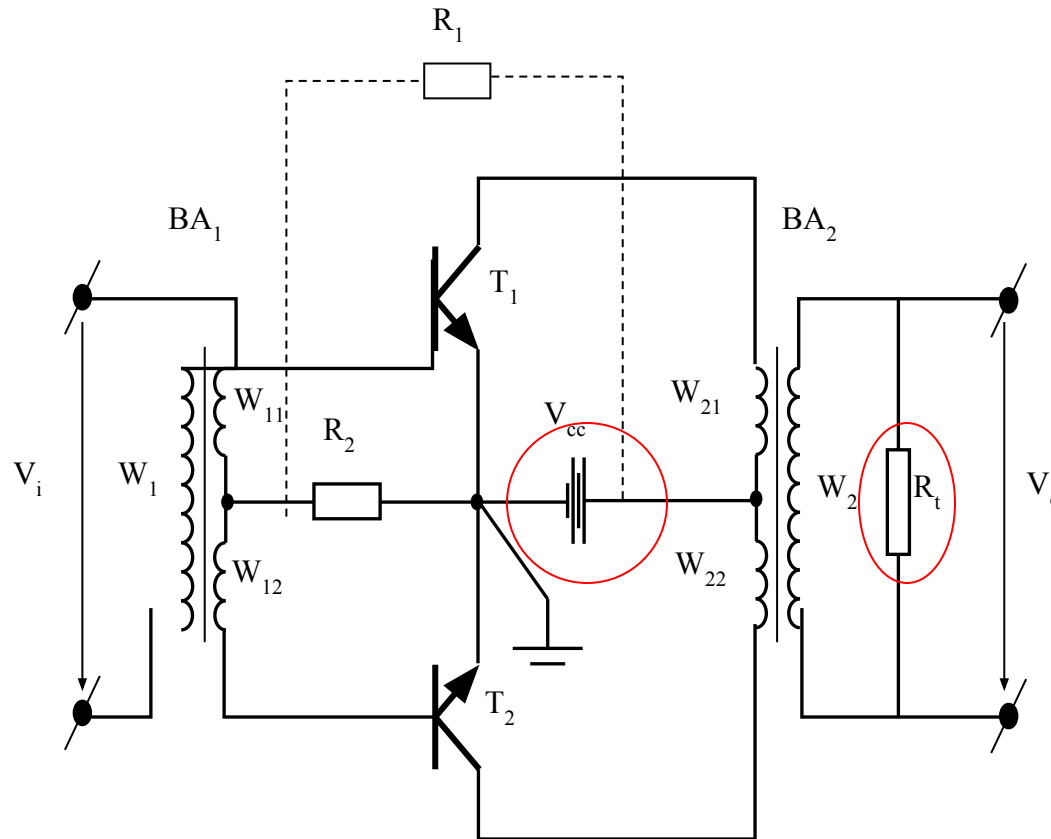


$R_1$  và  $R_2$ : là hai điện trở phân cực cho  $T_1$  và  $T_2$ , nếu mạch làm việc ở chế độ B thì chỉ cần mắc  $R_2$



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### b) Tác dụng của linh kiện (tt)



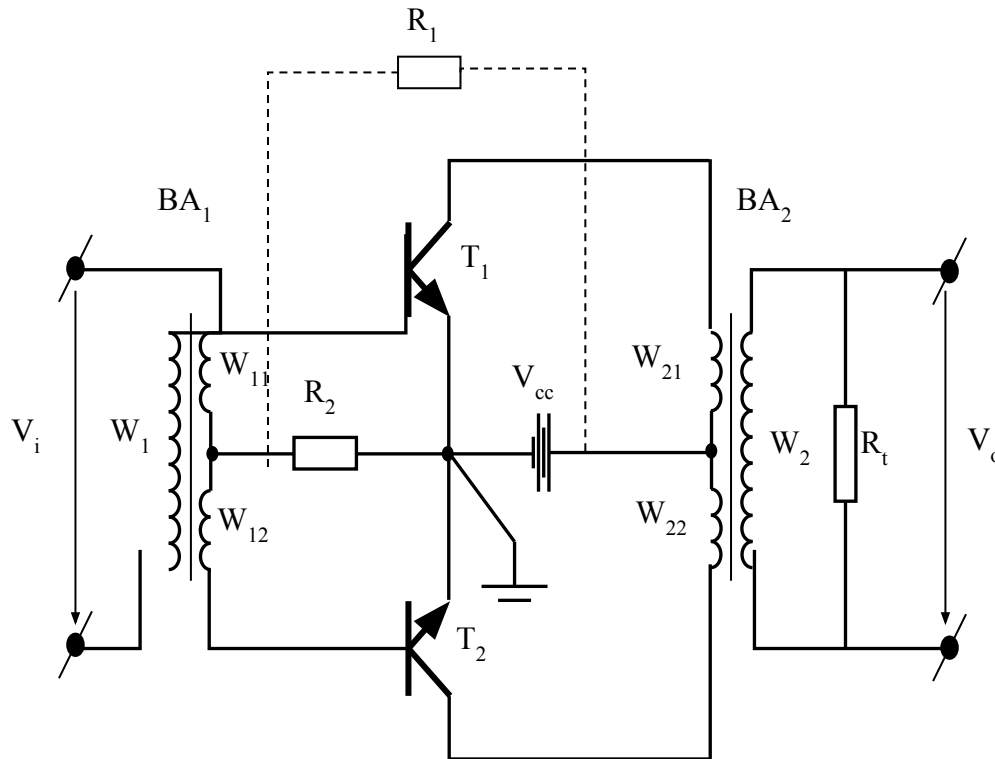
$R_t$ : là điện trở tải, điện áp lấy ra chính là điện áp trên  $R_t$

$V_{cc}$ : là nguồn điện cung cấp cho mạch

## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động

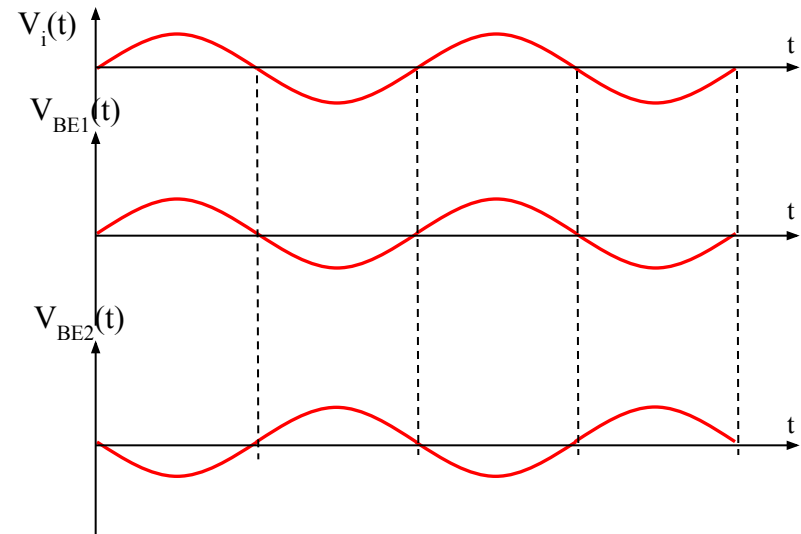
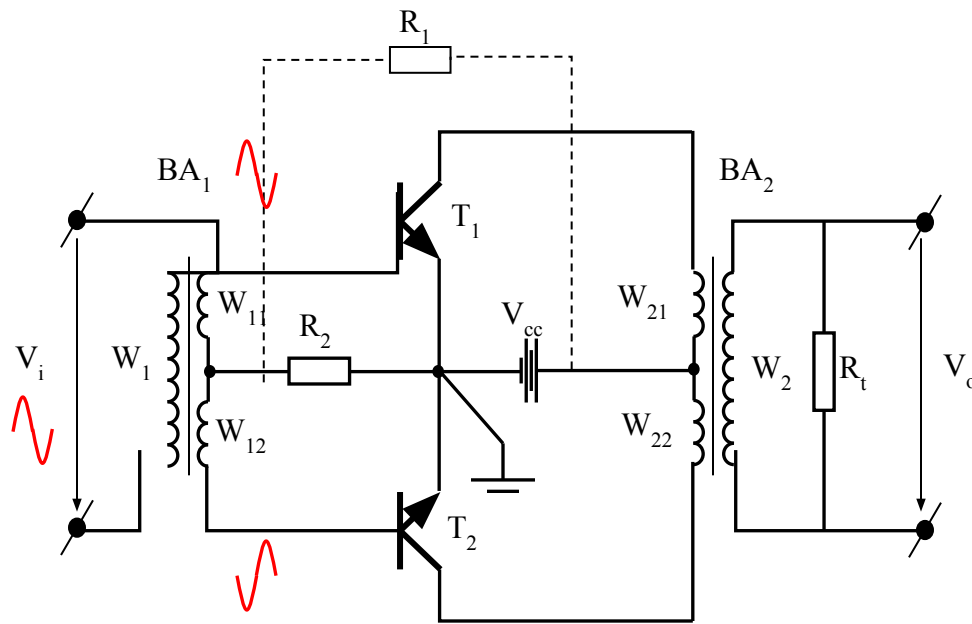
Khi không có tín hiệu vào, điện áp trên cực B của  $T_1, T_2$  so với cực E của chúng đều bằng không ( $V_{BE1}$  và  $V_{BE2}$ ), điện áp ra tải bằng không.



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

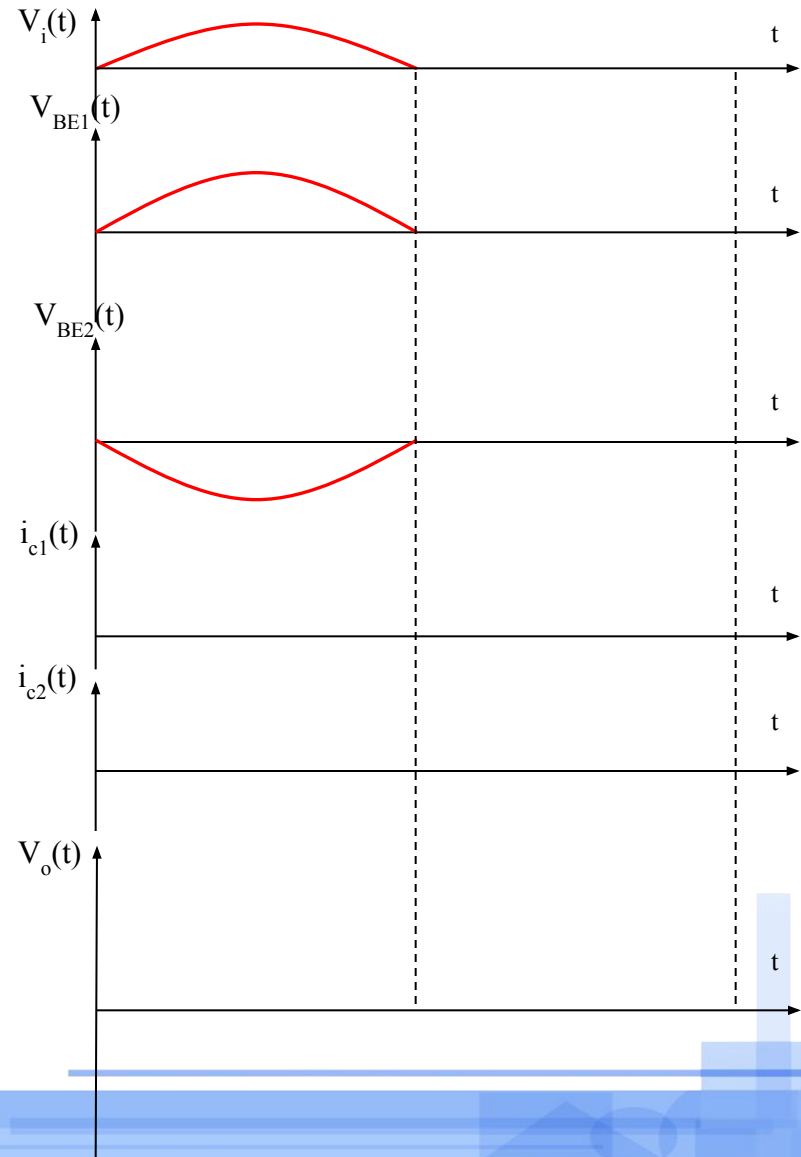
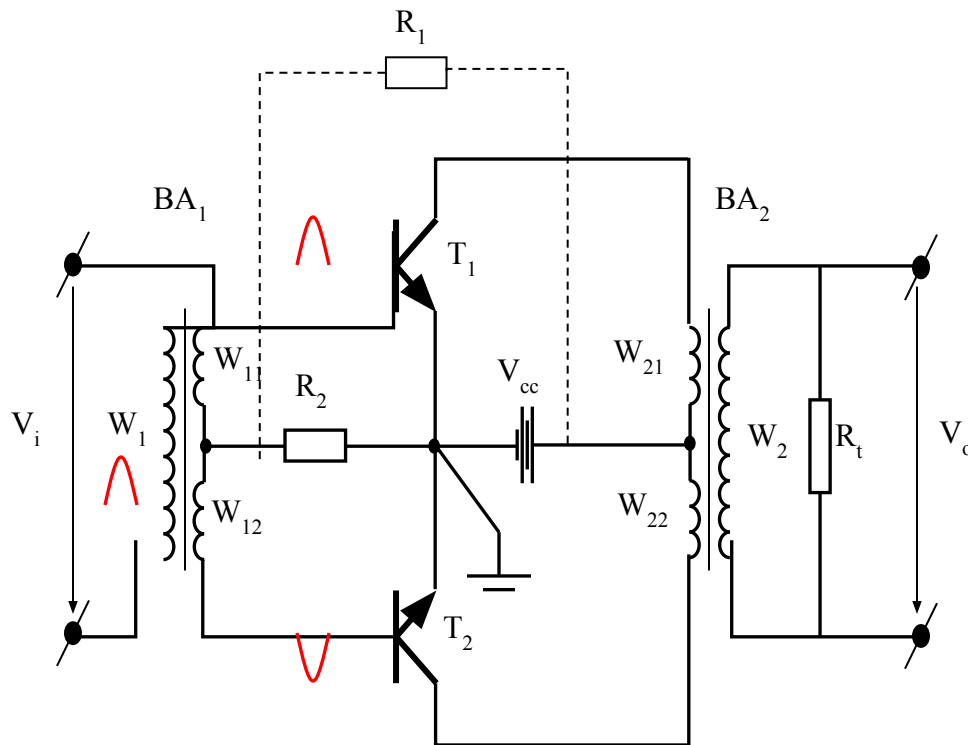
Khi có tín hiệu vào, giả thiết tín hiệu vào có dạng hình sin, do cách cấu tạo của biến áp  $BA_1$  nên ở 2 cuộn thứ cấp của nó sẽ có hai nửa điện áp có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha nhau.



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

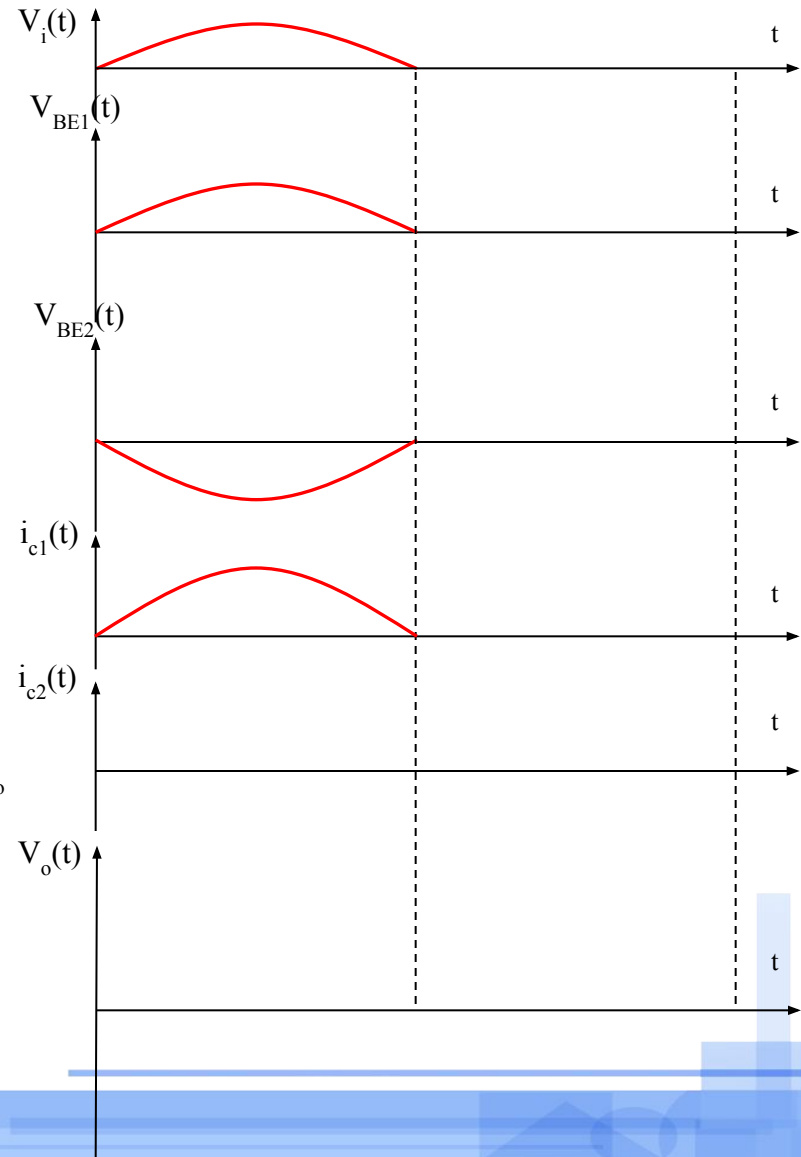
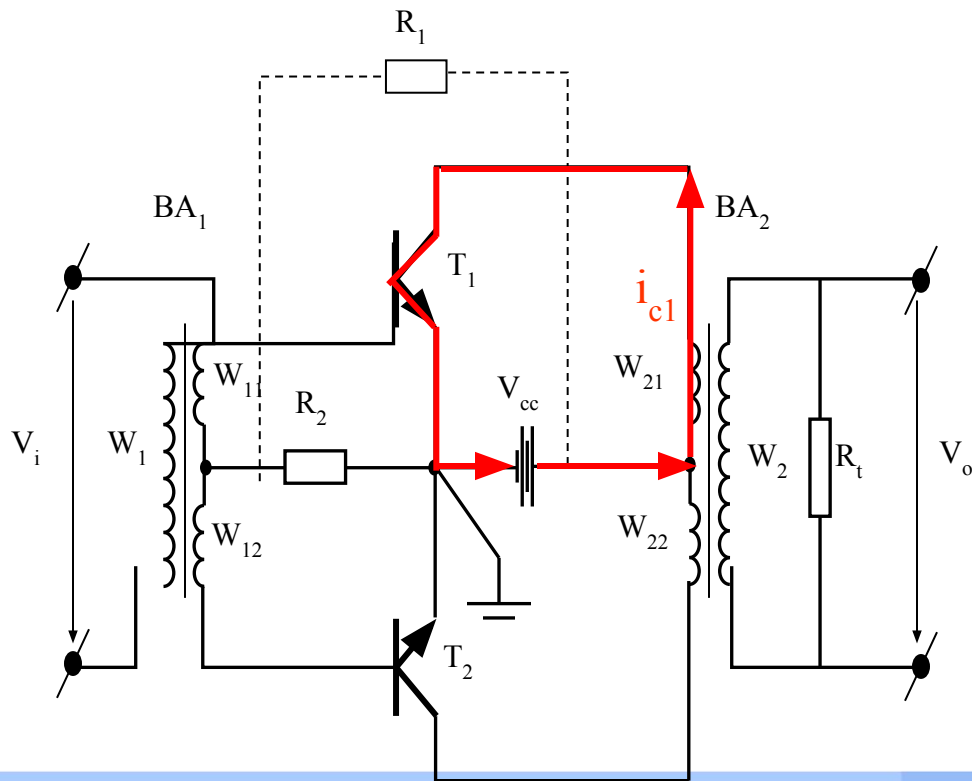
Ở nửa chu kỳ dương của tín hiệu, 2 cuộn thứ cấp của  $BA_1$  sẽ có hai nửa điện áp có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha nhau đặt vào cực B của  $T_1$  và  $T_2$  lúc này làm cho  $T_1$  dẫn,  $T_2$  ngưng.



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

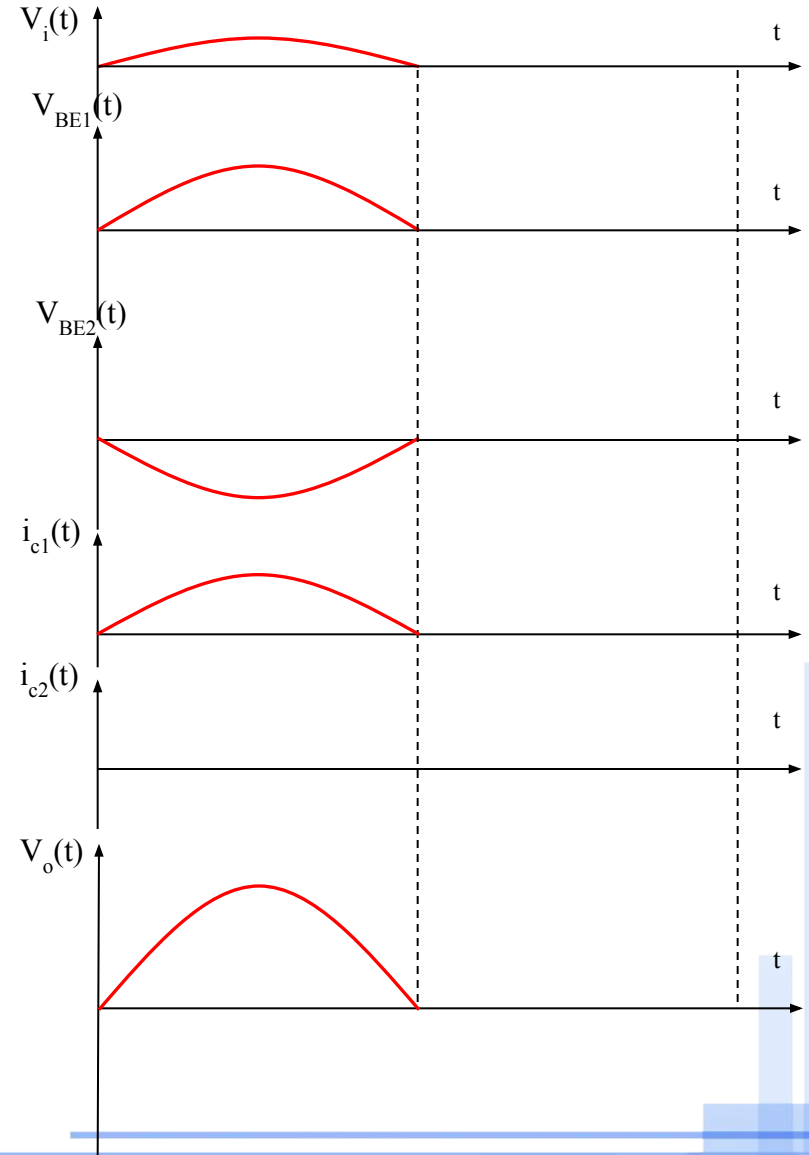
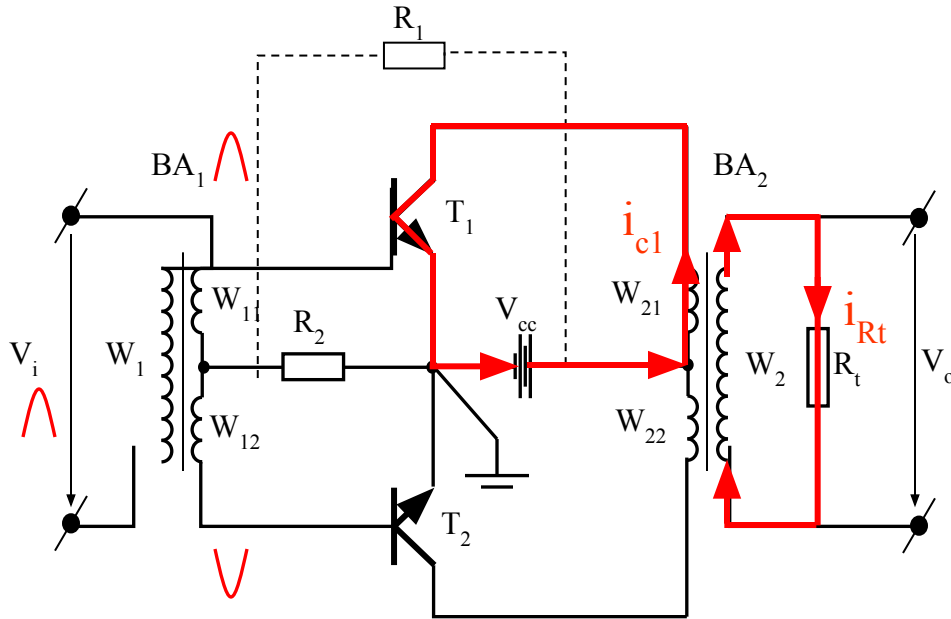
$T_1$  thực hiện KĐCS, trong mạch cực thu của  $T_1$  có dòng xoay chiều  $i_{c1}$  chạy từ :  
 $+V_{cc} \rightarrow W_{21} \rightarrow CE$  của  $T_1 \rightarrow -V_{cc}$



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

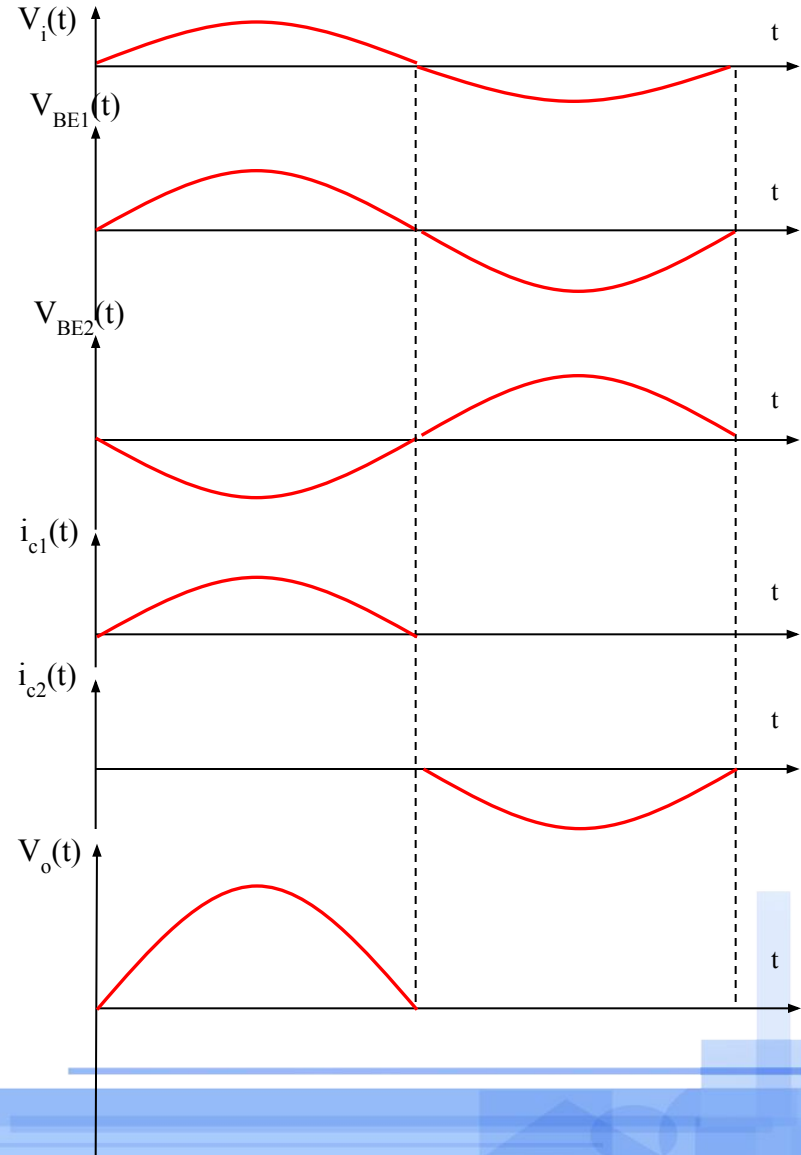
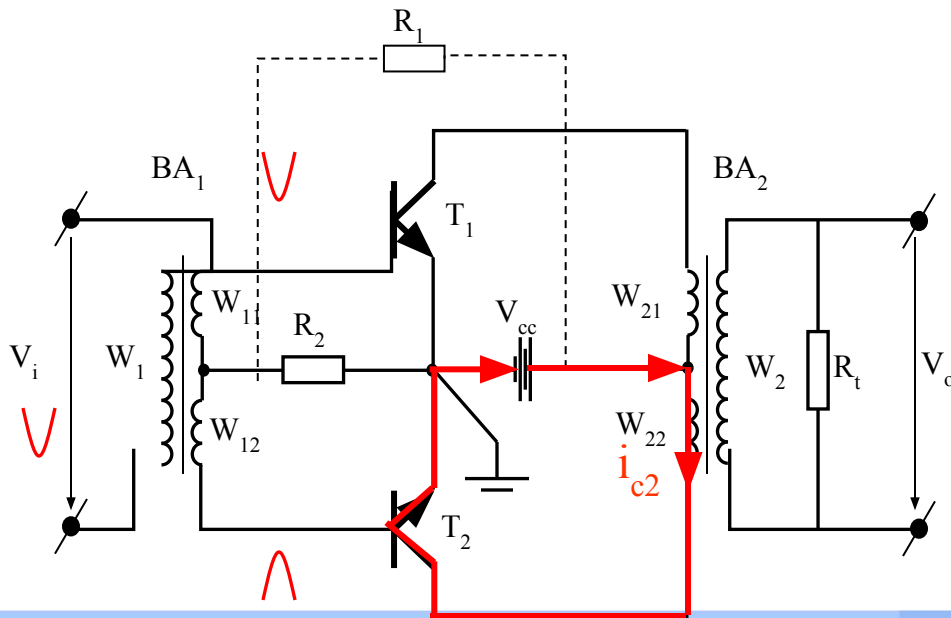
Do cấu tạo của biến áp  $BA_2$  nên  $i_{c1}$  cảm ứng sang  $W_2$  làm cho trên  $W_2$  sinh ra một suất điện động cảm ứng, trên  $R_t$  có dòng điện  $i_{Rt}$  chạy qua, đầu ra ta nhận được một điện áp ở bán chu kỳ dương. Trên tải ta có nửa sóng điện áp dương.



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

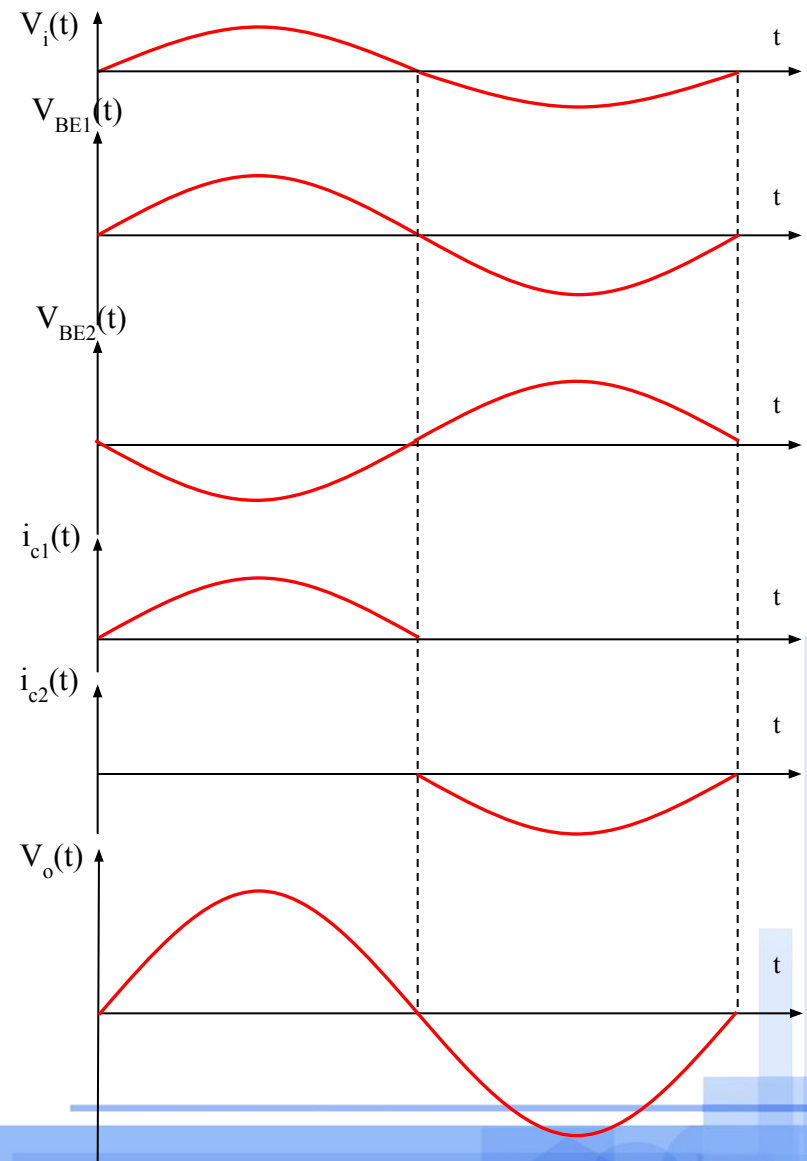
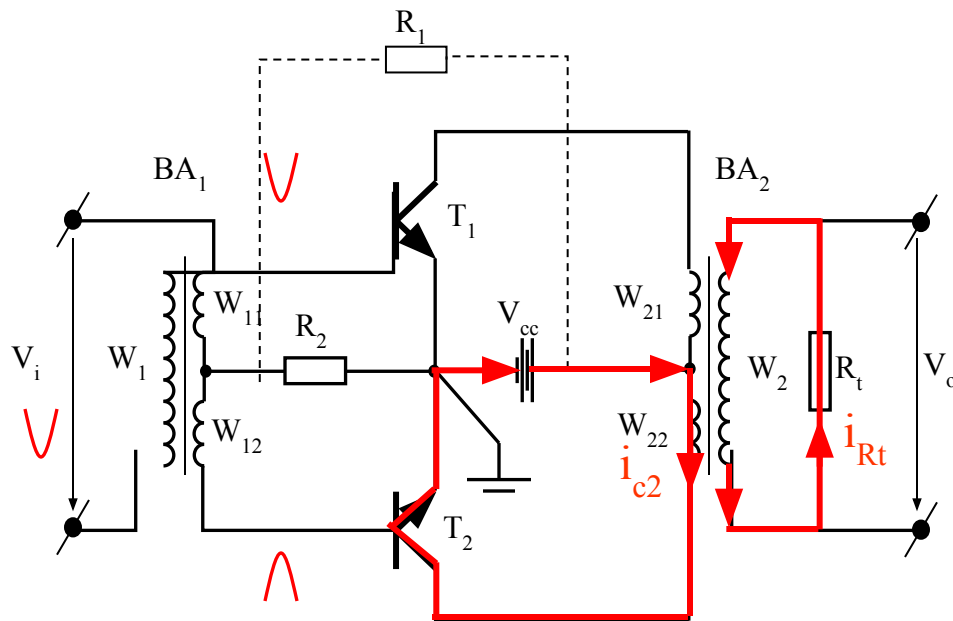
Khi tín hiệu vào ở nửa chu kỳ âm thì trên cuộn thứ cấp  $BA_1$  điện áp đổi dấu dẫn đến  $T_1$  ngưng  $T_2$  dẫn.  $T_2$  thực hiện KĐCS, trong mạch cực thu của  $T_2$  có dòng xoay chiều  $i_{c2}$  chạy từ:  $+V_{CC} \rightarrow W_{22} \rightarrow CE$  của  $T_2 \rightarrow -V_{CC}$



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

Do cấu tạo của biến áp  $BA_2$  nên  $i_{c2}$  cảm ứng sang  $W_2$  làm cho trên  $W_2$  sinh ra một suất điện động cảm ứng, trên  $R_t$  có dòng điện  $i_{Rt}$  chảy qua, đầu ra ta nhận được một điện áp ở bán chu kỳ âm. Trên tải ta có nửa sóng điện áp âm.

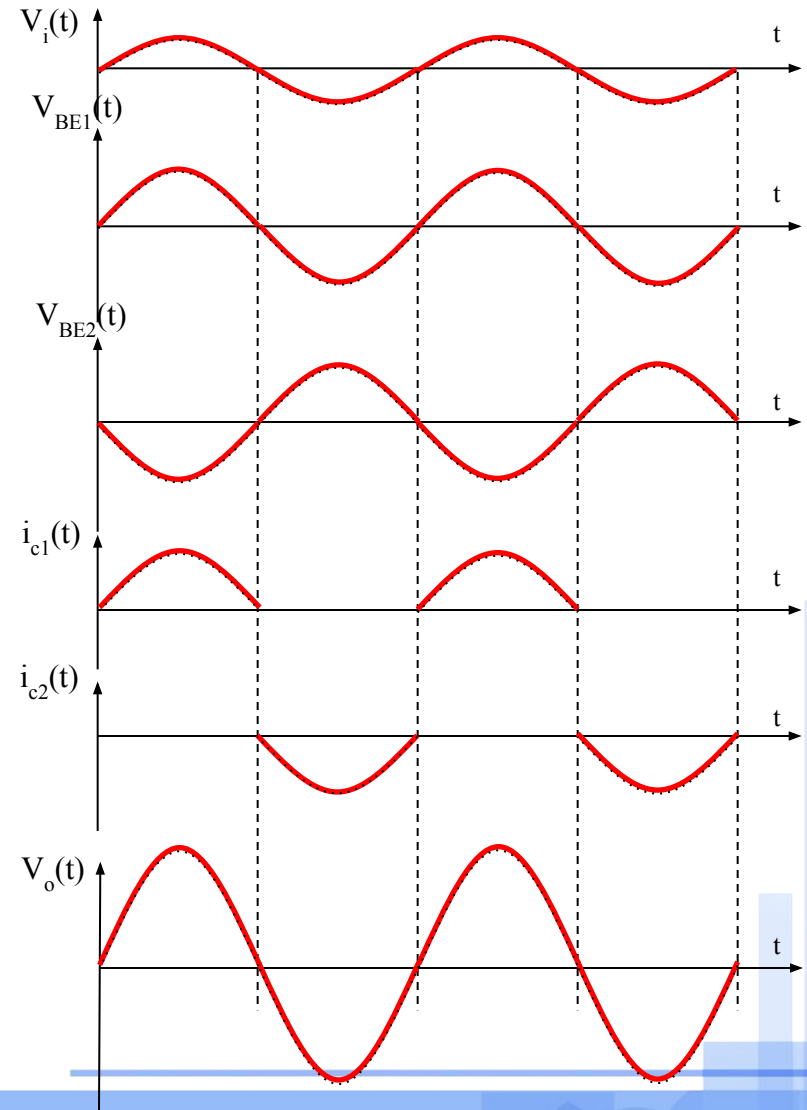




## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### c) Nguyên lý hoạt động (tt)

Như vậy quá trình KĐ được thực hiện theo hai nửa chu kỳ của tín hiệu vào, nửa chu kỳ đầu  $T_1$  làm việc, nửa chu kỳ sau  $T_2$  làm việc, cứ như vậy hai transistor thay nhau làm việc, trên tải ta nhận được tín hiệu có đủ chu kỳ và được KĐ lên K lần.



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### Nhận xét:

#### ■ **Ưu điểm:**

- Ở chế độ tĩnh (DC): các biến áp BA1 và BA2 cách ly nên các transistor T1, T2 không được phân cực DC trước, do đó tổn hao DC không đáng kể, dẫn đến không tiêu thụ dòng do nguồn cung cấp.
- Hiệu suất của mạch cao ( $\approx 78,5\%$ ), do mỗi transistor làm việc ở một bán kỳ tín hiệu vào nên mạch có thể hoạt động với tín hiệu có biên độ lớn, công suất trên tải của mạch lớn.

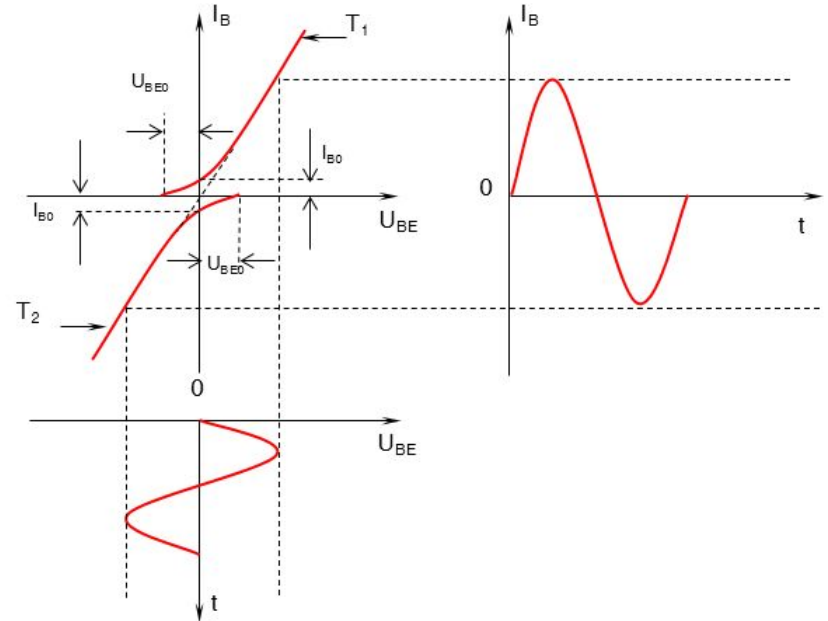
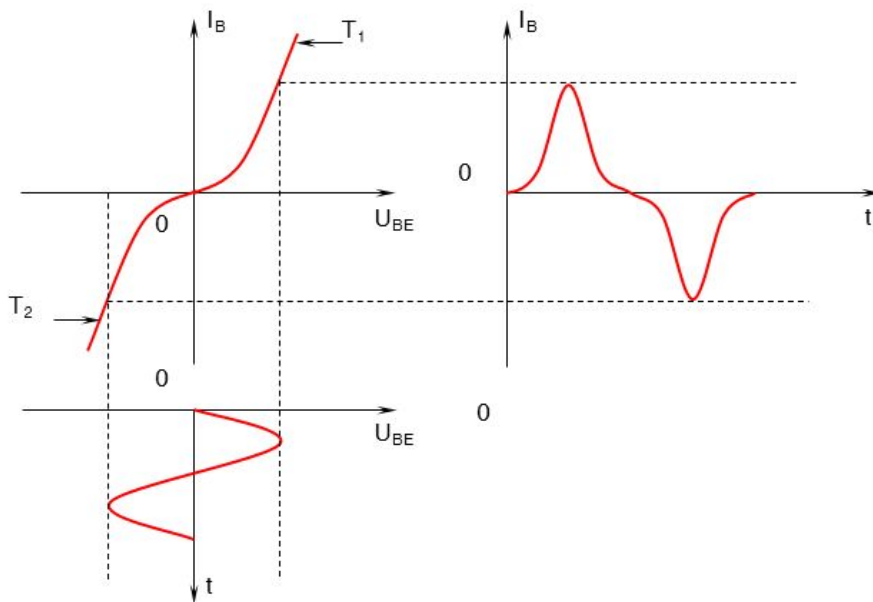
#### ■ **Khuyết điểm:**

- Mạch cồng kềnh do sử dụng biến áp, yêu cầu tính đối xứng cao, giá thành cao.
- Méo xuyên tâm lớn khi tín hiệu vào nhỏ.

## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### d) Nhận xét:

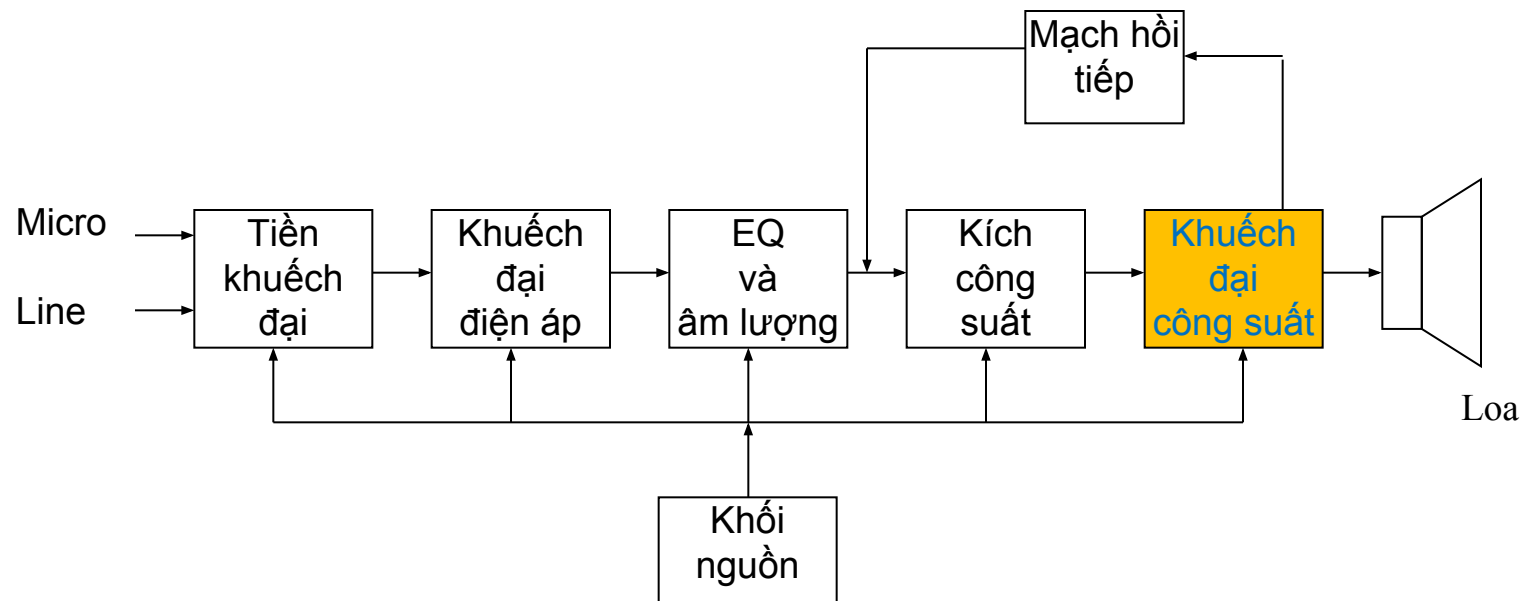
Mạch khuếch đại công suất loại B cho hiệu suất cao hơn nhiều mạch khuếch đại công suất loại A, nhưng tín hiệu ra bị méo, đặc biệt khi mức tín hiệu vào nhỏ tín hiệu ra sẽ bị méo xuyên tâm (crossover distortion). Hiện tượng méo xuyên tâm này do đặc tuyến ngõ vào  $I_{B1}$  và  $I_{B2}$  có vùng phi tuyến với giá trị điện áp từ 0 đến 0,7V (đối với transistor Silicon). Để giảm biến dạng xuyên tâm triệt để hơn, người ta cho mạch đẩy kéo làm việc ở chế độ AB với điện trở phân cực ban đầu được xác định bằng cặp R1, R2



## 5. Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp:

### e) Ứng dụng:

Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo ghép biến áp thường được sử dụng làm tầng khuếch đại cuối trước khi đưa tới tải là loa trong bộ khuếch đại âm thanh (dải tần công tác 20Hz – 20kHz).

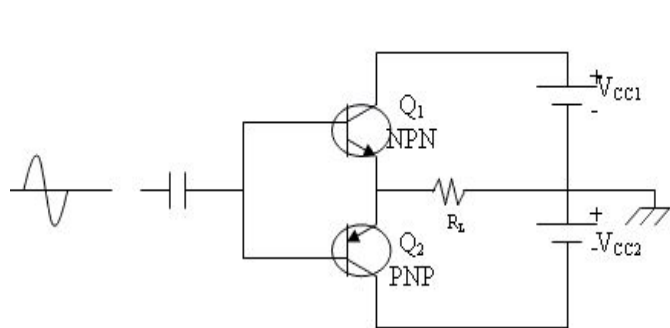


Vị trí của mạch KĐCS trong bộ khuếch đại âm thanh

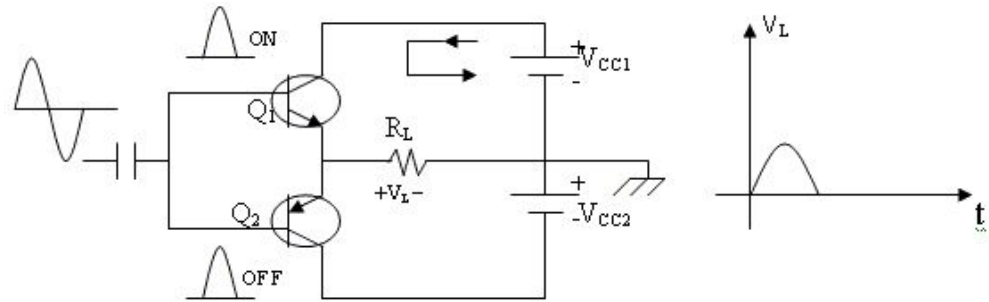
## **6. Mạch khuếch đại công suất kiểu đối xứng-bổ túc**

## 6. Mạch khuếch đại công suất kiểu đối xứng-bổ túc

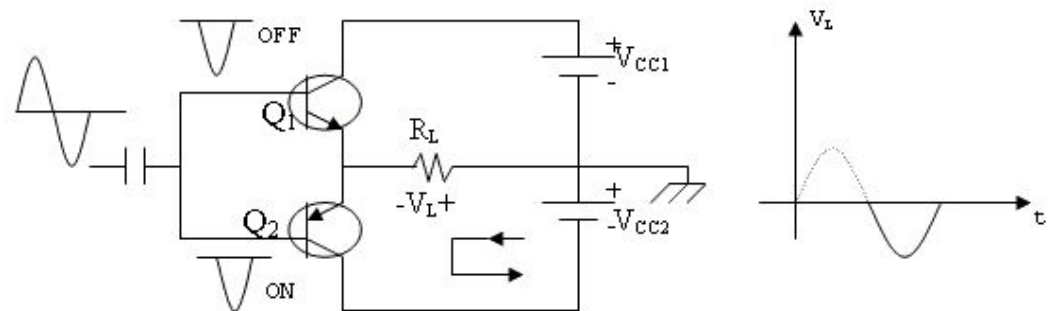
Mạch chỉ có một tín hiệu ở ngõ vào nên phải dùng hai transistor công suất khác loại: một NPN và một PNP. Khi tín hiệu áp vào cực nền của hai transistor, bán kỳ dương làm cho transistor NPN dẫn điện, bán kỳ âm làm cho transistor PNP dẫn điện. Tín hiệu nhận được trên tải là cả chu kỳ.



Mạch công suất kiểu đối xứng-bổ túc



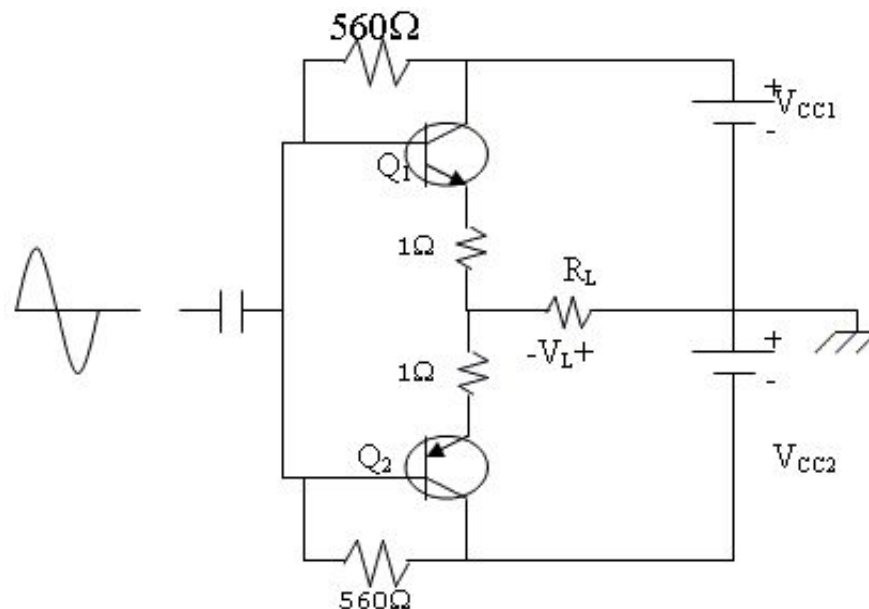
Bán kỳ dương: Q1 dẫn, Q2 ngưng



Bán kỳ âm: Q1 ngưng, Q2 dẫn

## 6. Mạch khuếch đại công suất kiểu đối xứng-bổ túc

Cũng giống như mạch dùng biến thế, mạch công suất không dùng biến thế mắc như trên vẫn phải sự biến dạng cross-over do phân cực chân B bằng 0V. Để khắc phục, người ta cũng phân cực mỗi cho các chân B một điện áp nhỏ (dương đối với transistor NPN và âm đối với transistor PNP). Để ổn định nhiệt, ở 2 chân E cũng được mắc thêm hai điện trở nhỏ.



Mạch đối xứng-bổ túc loại AB

## Ví dụ

Cho mạch khuếch đại công suất loại B, transistor ghép đẩy kéo dùng biến áp có dòng đỉnh qua tải là 4A và điện áp đỉnh ở ngõ ra mỗi transistor là 12V. Nguồn cung cấp là 24V, tỷ số vòng của biến áp 1:1. Giả sử bỏ qua các tổn hao dây quấn của các biến áp.

Hãy tìm:

- a) Công suất ra lấy trên tải tính theo điện áp đỉnh
- b) Công suất trung bình được cung cấp từ nguồn DC
- c) Công suất tiêu tán trên mỗi transistor
- d) Hiệu suất của mạch trong trường hợp này
- e) Giả sử điện trở tải  $R_L = 8\Omega$ , tính công suất ra tối đa lấy trên tải



## 7. Ví dụ

Ta có:  $v_{L(p)} = 12V$ ,  $I_{(p)} = 4A$ ,  $V_{CC} = 24V$

a) Công suất ra lấy trên tải tính theo điện áp đỉnh ta có:

$$P_{o(AC)} = \frac{v_{L(p)}^2}{2R_L} = \frac{1}{2} v_{L(p)} \cdot I_P = 24W$$

b) Công suất trung bình được cung cấp từ nguồn DC:

Ta có:  $P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot I_{DC}$

Trong đó  $I_{DC}$  là dòng điện trung bình cung cấp cho mạch. Do dòng tải có đủ cả hai bán kỳ nên nếu gọi  $I_{(p)}$  là dòng đỉnh qua tải ta có:

$$I_{DC} = \frac{2}{\pi} I_{(p)} = 0,636 I_{(p)}$$

Suy ra:  $P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot I_{DC} = V_{CC} (0,636 I_{(p)}) = 61,056W$

## 7. Ví dụ

c) Công suất tiêu tán trên mỗi transistor

Ta có công suất tiêu tán trên 2 transistor:

$$P_{2Q} = P_{i(DC)} - P_{o(AC)} = 61,056 - 24 = 37,056W$$

Vậy công suất tiêu tán trên mỗi transistor:

$$P_Q = \frac{P_{2Q}}{2} = \frac{37,056}{2} = 18.528W$$

d) Hiệu suất của mạch trong trường hợp này:

$$\eta\% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \cdot 100\% = \frac{24}{61,056} \cdot 100\% = 39,31\%$$

e) Giả sử điện trở tải  $R_L = 8\Omega$ , tính công suất ra tối đa lấy trên tải:

Công suất ra sẽ tối đa khi  $v_{L(p)} = V_{CC}$

$$P_{o(AC)\max} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} = 36W$$

# Tham khảo

- [1] Nhóm tác giả Bộ môn Vật lý Điện tử và Vật lý Tin Học, Khoa Vật lý-Vật lý Kỹ thuật, “Giáo trình Thực hành Điện tử cơ bản- Lưu hành nội bộ”, Khoa Vật lý-Vật lý Kỹ thuật, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia TP.HCM, 2014.
- [2] Trần Thu Hà, Trương Thị Bích Ngà, Nguyễn Thị Lưỡng, Bùi Thị Tuyết Đan, Phù Thị Ngọc Hiếu, Dương Thị Cẩm Tú, “Giáo trình Điện tử cơ bản”, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP.HCM, 2013.
- [3] Trương Văn Tám, “Giáo trình Mạch điện tử”, Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 2003.