

Bài 11: KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

11.1 Tổng quan mạch 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 ta không thể dùng mạch tương đương tín hiệu nhỏ để khảo sát như trong chương trước mà thường dùng phương pháp đồ thị. Thông số để đánh giá mạch khuếch đại công suất là hiệu suất, được định nghĩa như sau:

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

η : Hiệu suất

$P_{i(DC)}$: 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%.

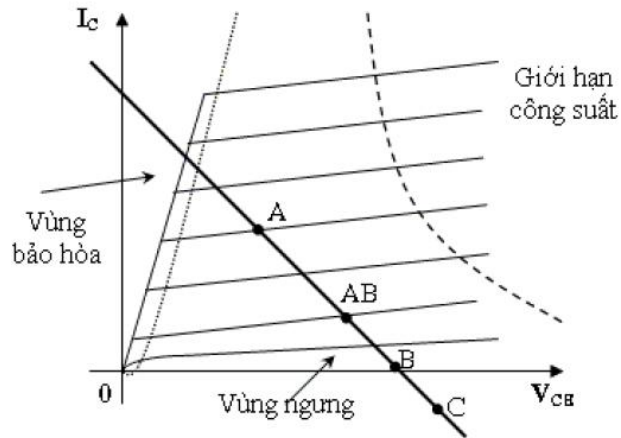
Tùy theo chế độ làm việc của transistor, người ta thường phân mạch khuếch đại công suất ra thành các loại chính như sau:

- *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 $\eta = 25\%$ đến 50% .

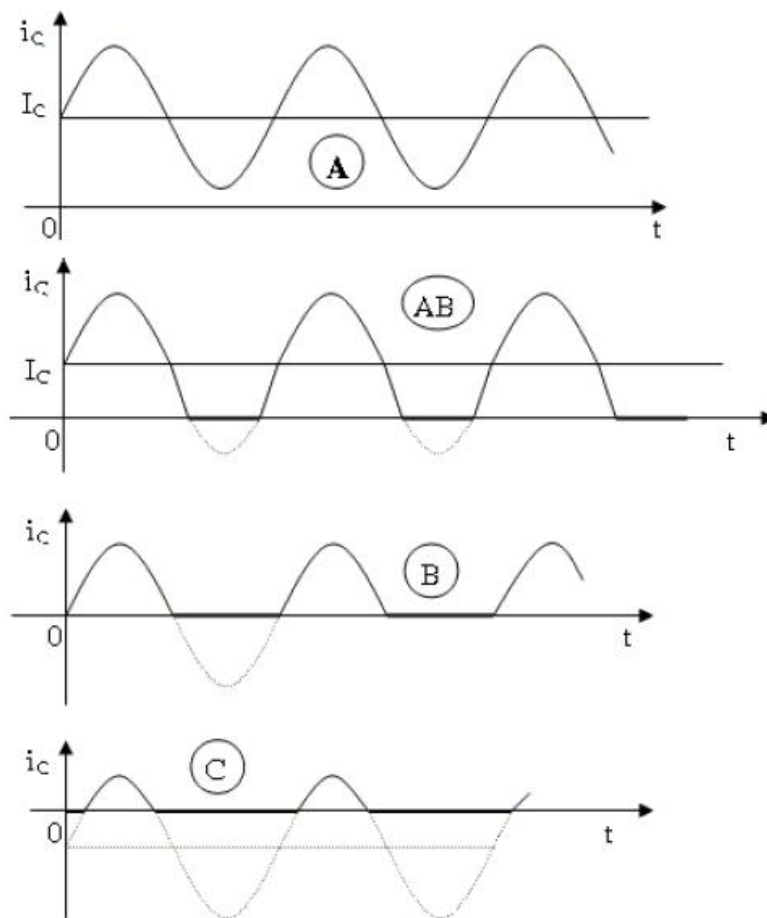
- *Khuếch đại công suất loại AB*: Điểm làm việc Q nằm trong vùng khuếch đại gần vùng ngưng do đó transistor dẫn nhiều hơn một bán kỳ và ít hơn một chu kỳ của tín hiệu ngõ vào. Hiệu suất cao lớn hơn 50% , méo ít hơn 50% .

- *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 nữa 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.



Hình 11.1: Các loại khuếch đại công suất.

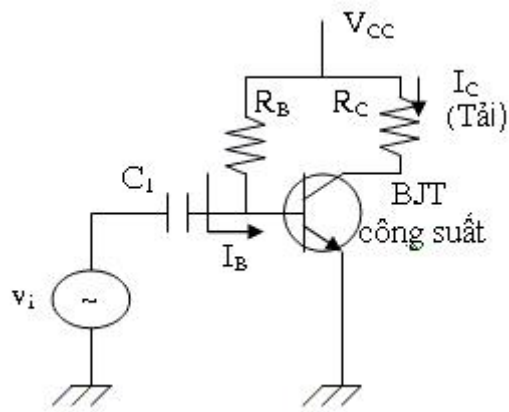


Hình 11.2: Tín hiệu ra của các loại khuếch đại công suất.

11.2 Mạch khuếch đại công suất loại A

Trong mạch khuếch đại công suất loại A, transistor làm việc trong cả chu kỳ của tín hiệu ngõ vào, phải phân cực DC trước cho transistor nằm trong vùng khuếch đại.

Khảo sát mạch khuếch đại công suất loại A đơn giản được trình bày trong hình sau:



Hình 11.3: Mạch khuếch đại công suất loại A

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). Mạch công suất loại A ít được sử dụng do có hiệu suất kém. Chú ý hệ số β của các transistor công suất thường nhỏ hơn 100.

a) Khảo sát phân cực

Ta có:

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

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

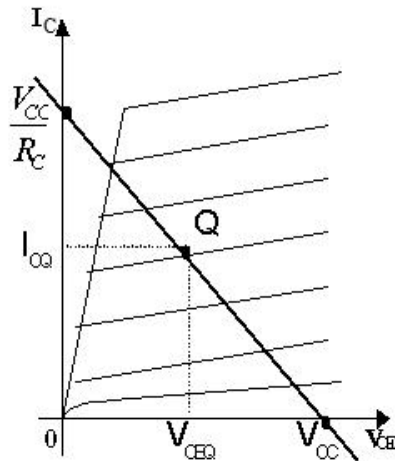
Dòng I_C có giới hạn tối đa là bằng $I_{CSat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$

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

Đây là điểm phân cực để mạch cho hiệu suất lớn nhất.

Hình 11.4 trình bày điểm tĩnh điều hành Q.

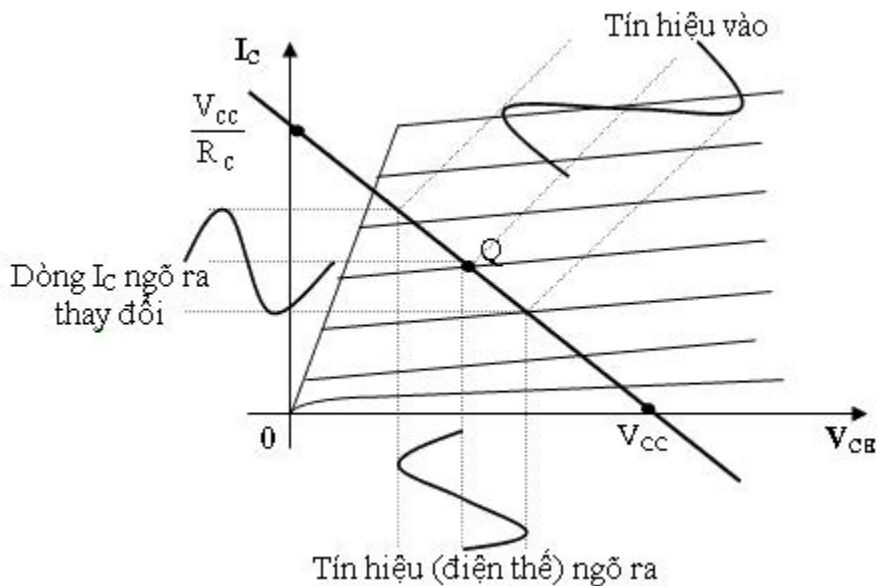


Hình 11.4: Điểm tĩnh điều hành Q

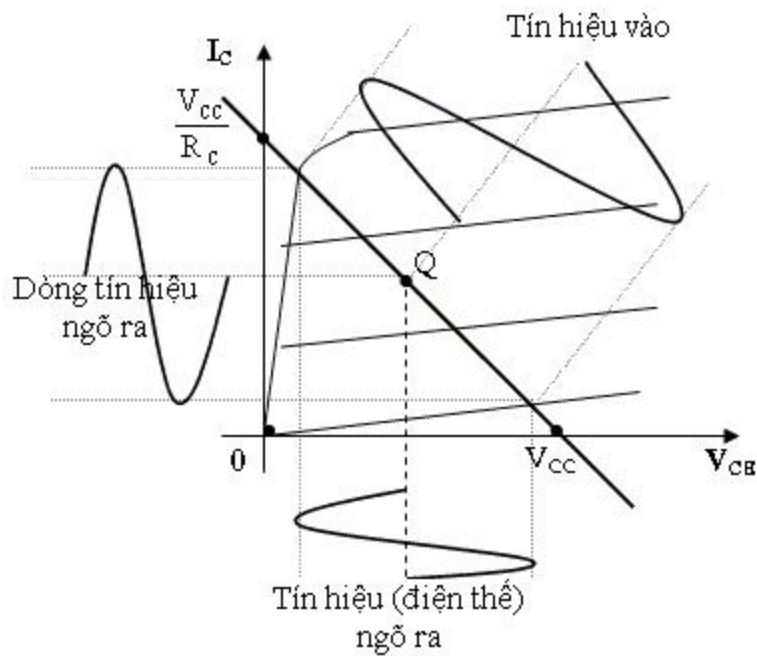
b) Khảo sát xoay chiều

Khi đưa tín hiệu v_i vào ngõ vào mạch khuếch đại công suất loại A (hình 11.3), dòng I_C và điện áp V_{CE} (tín hiệu ra) sẽ thay đổi quanh điểm điều hành Q. Với tín hiệu ngõ vào nhỏ (hình 11.5), 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. 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} (hình 11.6).



Hình 11.5: Tín hiệu nhỏ



Hình 11.5: Tín hiệu lớn

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:

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

Hay:

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

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

Ta có:

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

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

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

Hay:

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

Hoặc:

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

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

Ta có:

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

Thay (11.9) vào (11.8) ta được:

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

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

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

Hoặc:

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

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

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

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

- Hiệu suất tối đa:

Ta thấy trong mạch khuếch đại công suất loại A:

$$\cdot V_{CE} \text{ có thể thay đổi tối đa là } V_{CE(p-p)\max} = V_{CC} \quad (11.14)$$

$$\cdot I_C \text{ có thể thay đổi tối đa là } I_{C(p-p)\max} = V_{CC}/R_C \quad (11.15)$$

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:

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

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

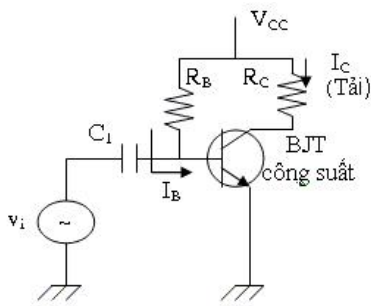
$$P_{i(DC)\max} = V_{CC} \cdot \frac{V_{CC}}{2R_C} = \frac{V_{CC}^2}{2R_C} \quad (11.18)$$

Suy ra hiệu suất tối đa của mạch là:

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

Kết luận: Hiệu suất cực đại của mạch khuếch đại công suất loại A ghép trực tiếp chỉ đạt được tối đa là 25%.

Ví dụ: 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 ($I_{B(p)}=10mA$).

a) Xác định điểm tĩnh điều hành Q và đường tải một chiều, xoay chiều.

b) Xác định dòng điện đỉnh ngõ ra tại cực C ($I_{C(p)}$).

c) Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.

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

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

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

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

c) Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.

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

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

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

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

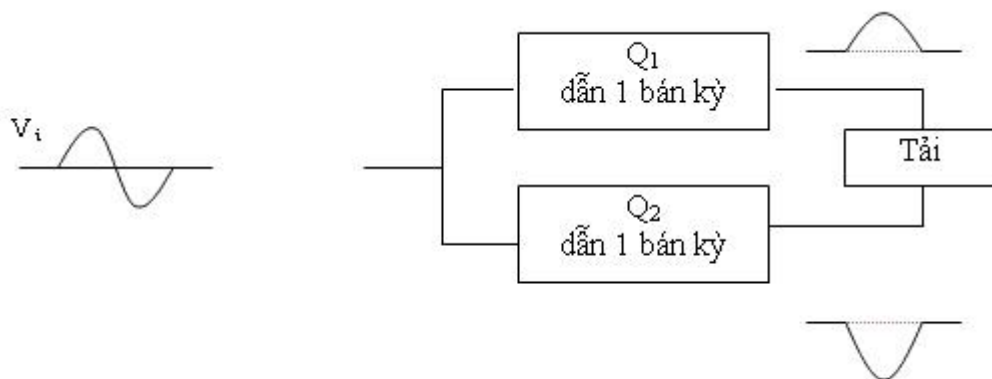
$$\text{- Suy ra hiệu suất của mạch: } \eta\% = \frac{P_{o(AC)}}{P_{i(DC)}} \times 100\% = \frac{0,625W}{9,6W} \times 100\% = 6,5\%$$

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.

11.3 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 phân cực như thế nên 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 cả chu kỳ của tín hiệu ở ngõ ra người ta 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).



Hình 11.6: Mạch công suất đẩy kéo

a) Công suất cung cấp (công suất vào)

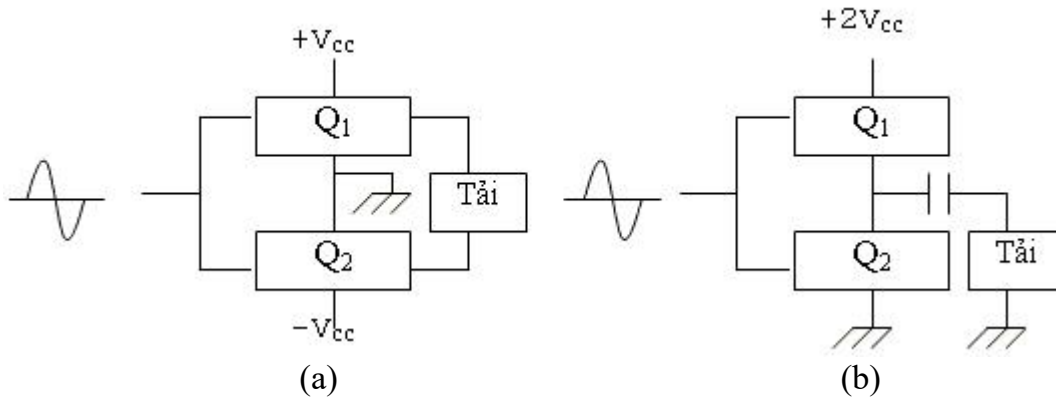
Ta có: $P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot I_{DC}$

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:

$$P_{i(DC)} = V_{CC} \cdot \left[\frac{2}{\pi} \cdot I_{(p)} \right] \quad (11.20)$$



Hình 11.7: Mạch công suất đẩy kéo (a) dùng nguồn đôi (b) dùng nguồn đơn

b) Công suất ra

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

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{L(rms)}^2}{R_L}$$

Tính theo điện áp đỉnh:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{L(p)}^2}{2R_L}$$

Tính theo điện áp đỉnh-đỉnh:

$$P_{o(AC)} = \frac{V_{L(p-p)}^2}{8R_L}$$

c) 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:

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

d) Hiệu suất

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

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

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

- 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

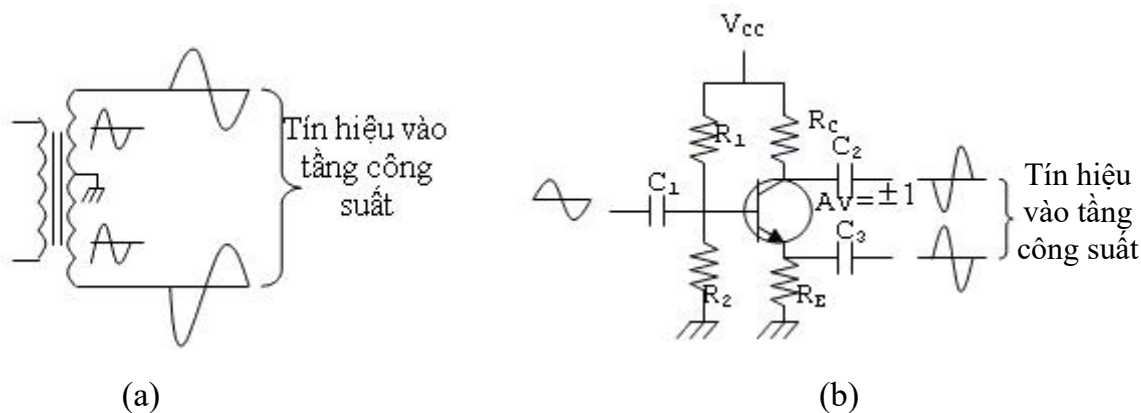
Nhận xét: ta thấy rằng hiệu suất tối đa của mạch công suất loại B (78,54%) lớn hơn so với hiệu suất tối đa của mạch công suất loại A (25%).

11.4 Dạng mạch công suất loại B

Trong phần này ta khảo sát một số dạng mạch công suất loại B thông dụng.

Tín hiệu vào có dạng hình sin sẽ cung cấp cho 2 tầng công suất khác nhau. Nếu tín hiệu vào là hai tín hiệu sin ngược pha, 2 tầng công suất giống hệt nhau được dùng, mỗi tầng hoạt động ở một bán kỳ của tín hiệu. Nếu tín hiệu vào chỉ có một tín hiệu sin, phải dùng 2 transistor công suất khác loại: một NPN hoạt động ở bán kỳ dương và một PNP hoạt động ở bán kỳ âm.

Để tạo được 2 tín hiệu ngược pha ở ngõ vào (nhưng cùng biên độ) có thể dùng biến thế có điểm giữa (biên thế đảo pha), hoặc dùng transistor mắc thành mạch khuếch đại có độ lợi điện áp bằng 1 như sơ đồ sau:



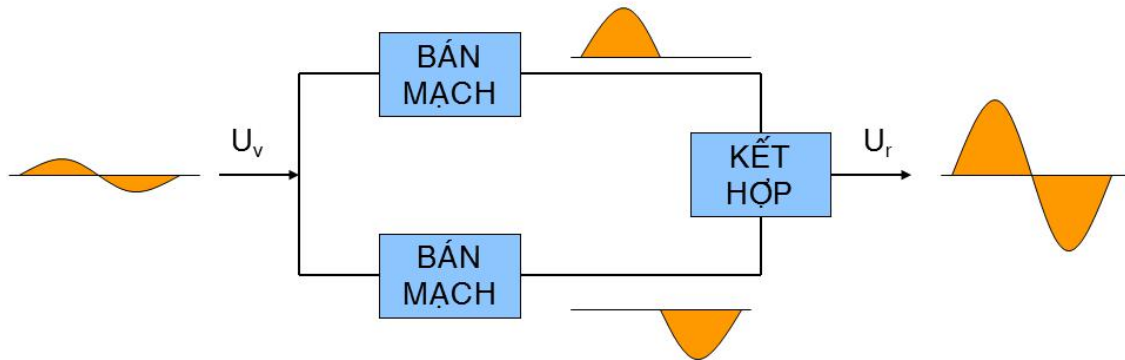
Hình 11.8: Mạch tạo 2 tín hiệu ngược pha

(a) Dùng biến thế có điểm giữa (b) dùng transistor mắc thành mạch khuếch đại

11.4.1 Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo liên lạc bằng biến áp

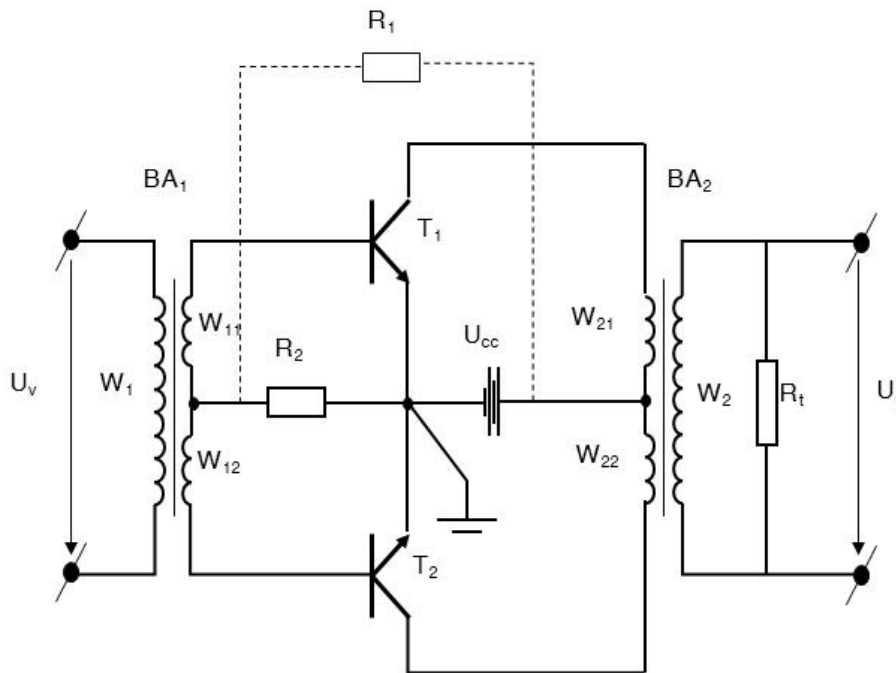
Trong mạch khuếch đại công suất loại B, transistor sẽ điều khiển dòng điện ở mỗi nửa chu kỳ của tín hiệu. Để thu được cả chu kỳ tín hiệu ra, thì cần sử dụng 2 transistor, mỗi transistor được sử dụng ở mỗi nửa chu kỳ khác nhau của tín hiệu, sự vận hành kết hợp sẽ cho ra chu kỳ đầy đủ của tín hiệu và mạch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

công suất đẩy kéo. Sơ đồ khối của mạch khuếch đại công suất đẩy kéo được trình bày trong hình sau:



Hình 11.9: Sơ đồ khối mạch khuếch đại công suất đẩy kéo

Sơ đồ mạch khuếch đại công suất đẩy kéo song song dùng biến áp được trình bày trong hình sau. Mạch điện gồm có: 2 transistor 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 U_{cc} .



Hình 11.10: Sơ đồ mạch khuếch đại công suất đẩy kéo

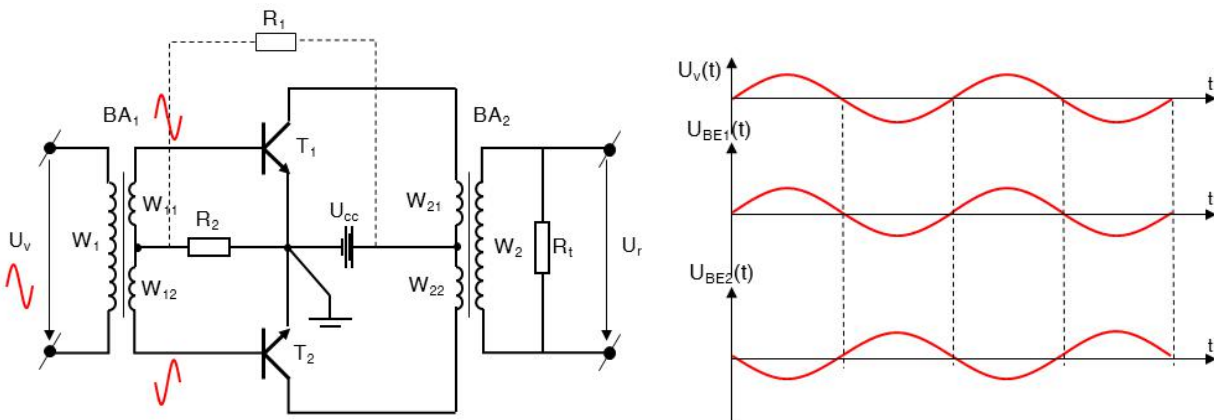
Trong đó:

- 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.

- Biến áp BA_1 : có hai nửa cuộn thứ cấp bằng nhau, có nhiệm vụ tạo ra hai điện áp ngược pha để kích thích cho T_1 và T_2
- 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.
- R_1 và R_2 : là hai điện trở định thiên cho T_1 và T_2 , nếu mạch làm việc ở chế độ B thì chỉ cần mắc R_2
- R_t : là điện trở tải, điện áp lấy ra chính là sụt áp trên R_t
- U_{cc} : là nguồn điện cung cấp cho mạch làm việc

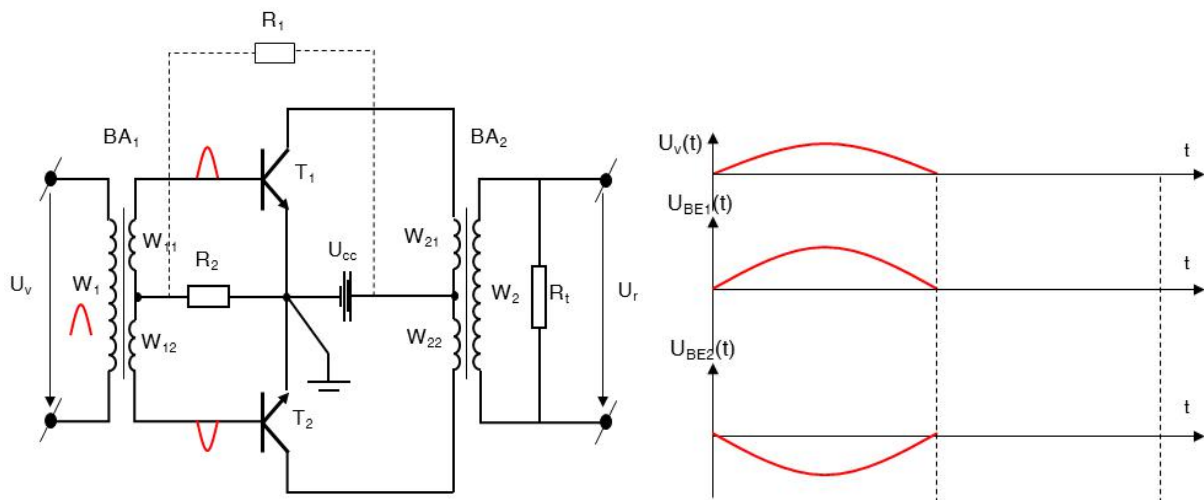
a) Nguyên lý hoạt động của mạch khuếch đại công suất đẩy kéo:

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 (U_{BE1} và U_{BE2}), điện áp ra tải bằng không. 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.



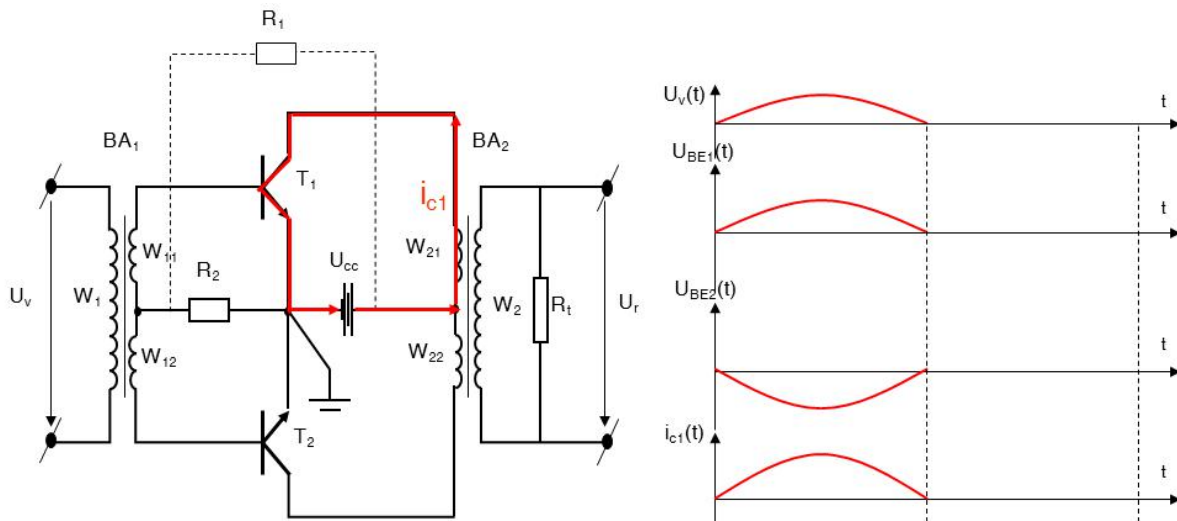
Hình 11.11

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



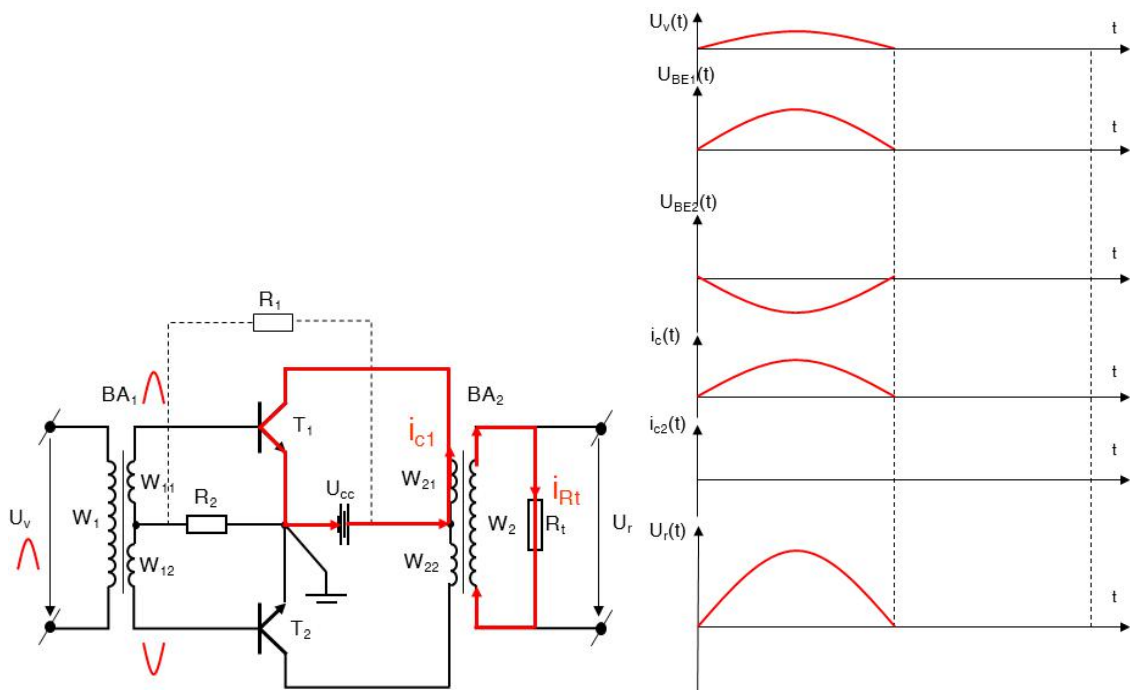
Hình 11.12

T_1 thực hiện khuếch đại công suất, trong mạch cực thu của T_1 có dòng xoay chiều I_{C1} chạy từ : $+U_{CC} \rightarrow W_{21} \rightarrow CE$ của $T_1 \rightarrow -U_{CC}$



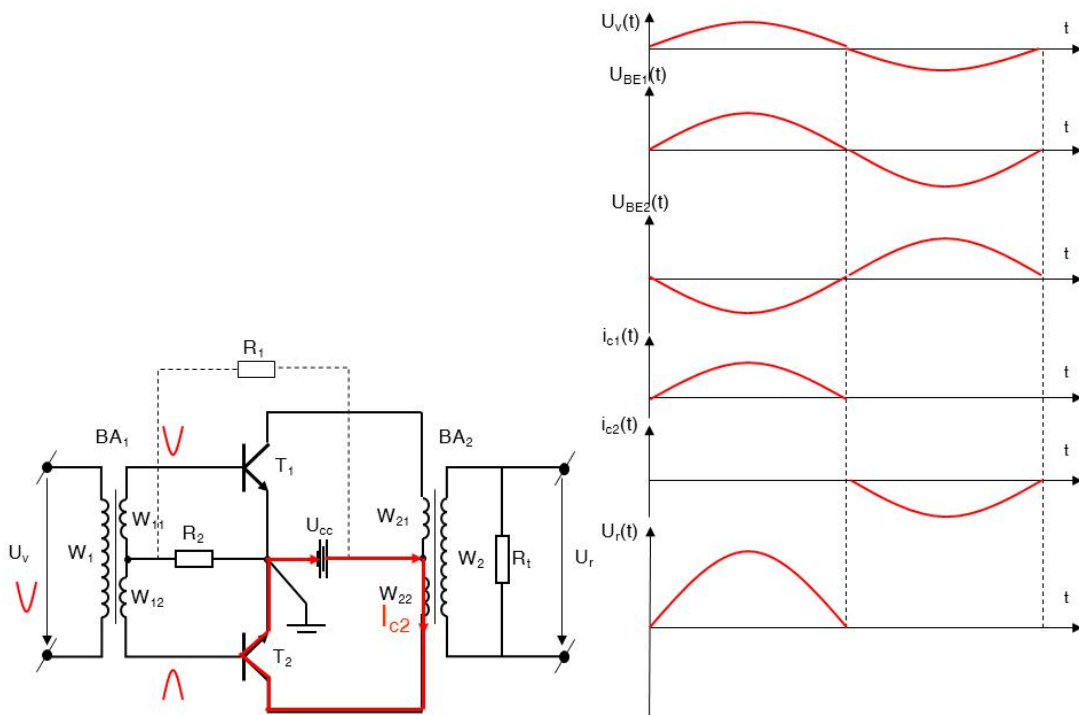
Hình 11.13

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.



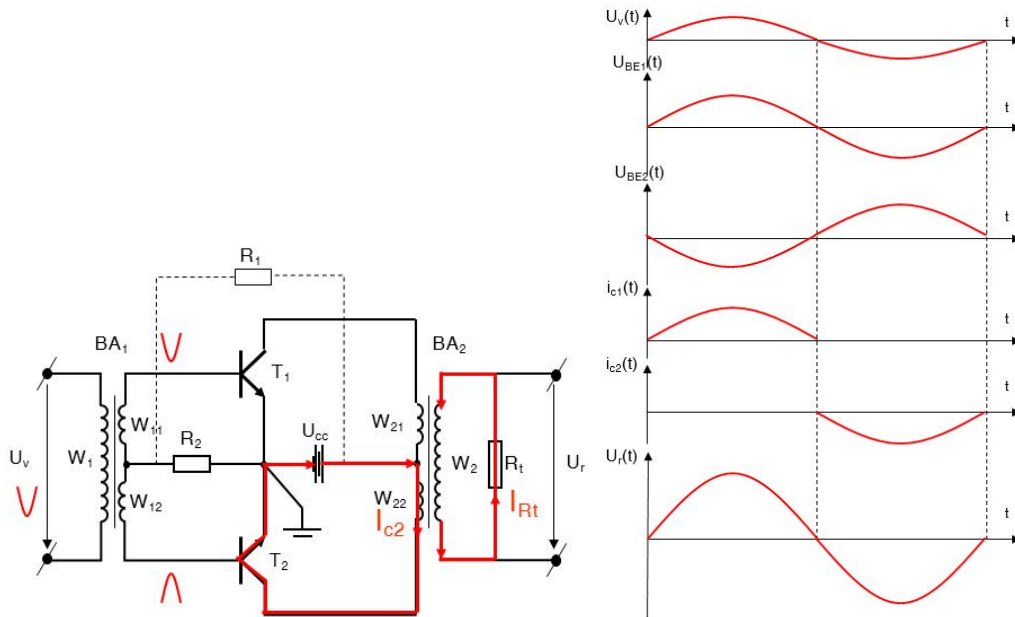
Hình 11.14

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 khuếch đại công suất, trong mạch cực thu của T_2 có dòng xoay chiều I_{c2} chạy từ : $+U_{CC} \rightarrow W_{22} \rightarrow CE$ của $T_2 \rightarrow -U_{CC}$



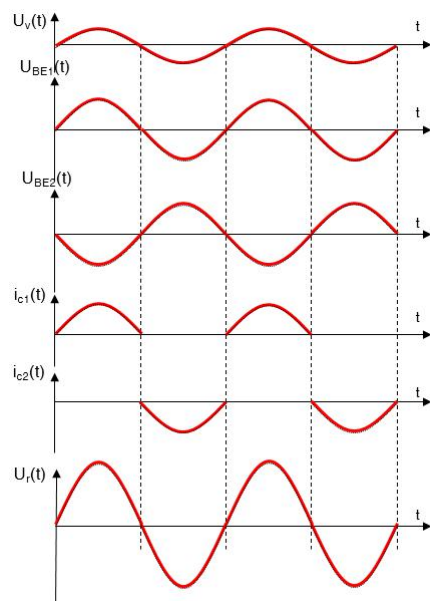
Hình 11.15

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 chảy qua, đầu ra ta nhận được một điện áp ở bán chu kỳ âm. Trên tải ta có nửa sóng điện áp âm.



Hình 11.16

Như vậy quá trình khuếch đại 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 khuếch đại lên K lần.



Hình 11.17

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.

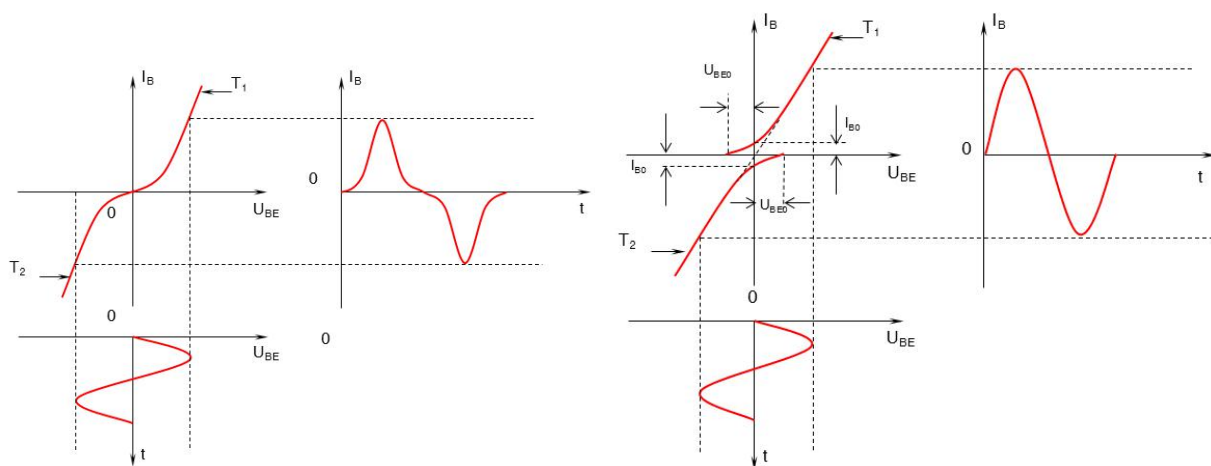
+ Hiệu suất của mạch cao ($\approx 78,5\%$), do mỗi transistor làm việc ở một bán kỳ tín hiệu vào nên mạch có thể hoạt động với tín hiệu có biên độ lớn, công suất trên tải của mạch lớn.

- Khuyết điểm:

+ Biến áp công kênh, yêu cầu tính đối xứng cao, giá thành cao

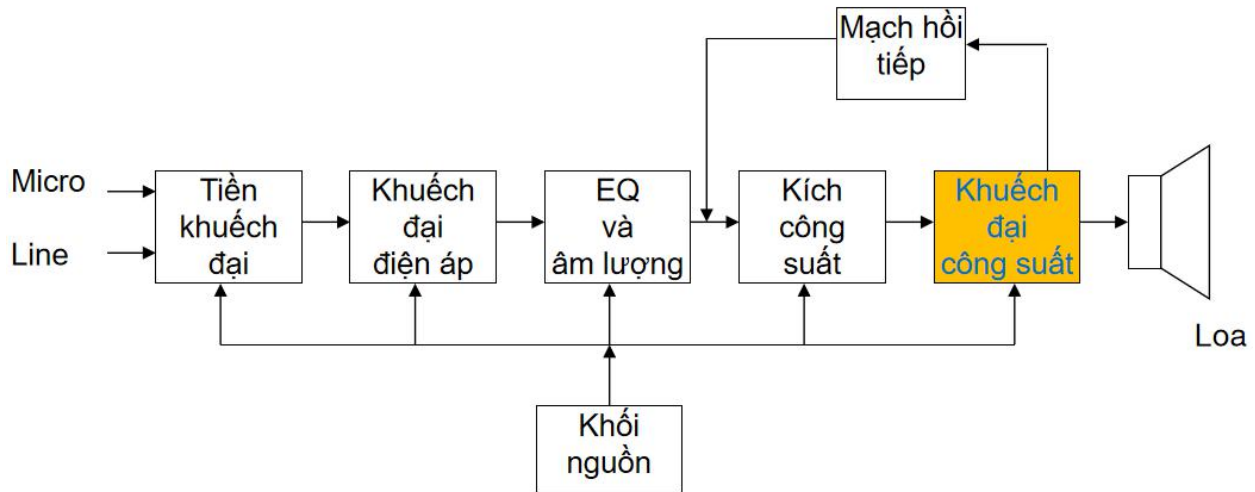
+ Méo xuyên tâm lớn khi tín hiệu vào nhỏ

Mặc dù 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 khắc phục hiện tượng méo này thường mắc vào cực của V_{BE} của hai transistor các Diode để dời dòng vào I_{B2} sang 1,4V (như trong hình sau). Vì vậy khuếch đại công suất loại B chỉ được sử dụng trong những mạch khuếch đại công suất không cần các thông tin ở vùng kề cận tâm.



Hình 11.18: Hiện tượng méo xuyên tâm

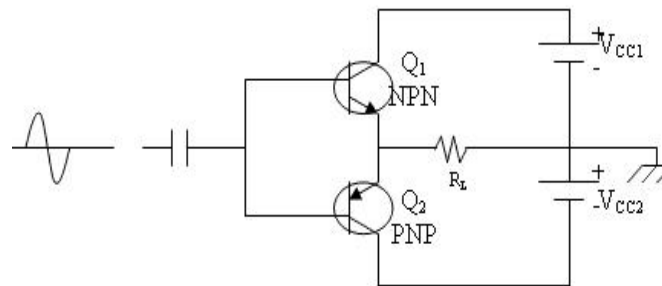
Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo ghép biến áp thường được sử dụng làm tầng khuếch đại cuối trước khi đưa tới tải là loa trong bộ khuếch đại âm thanh (dải tần công tác 20Hz – 20kHz).



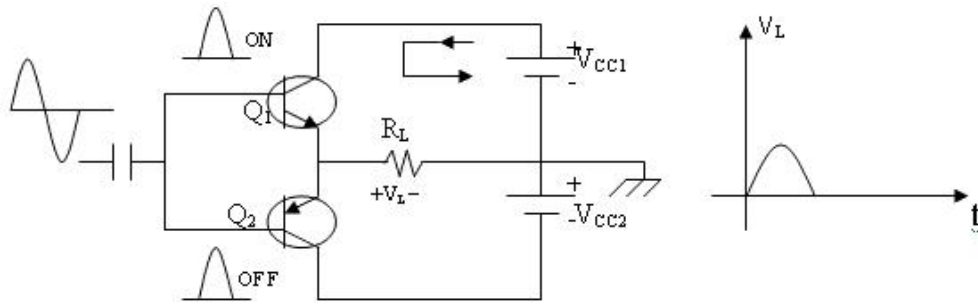
Hình 11.19: Ứng dụng mạch khuếch đại công suất đẩy kéo ghép biến áp

11.4.2 Mạch khuếch đại công suất kiểu đối xứng-bổ túc

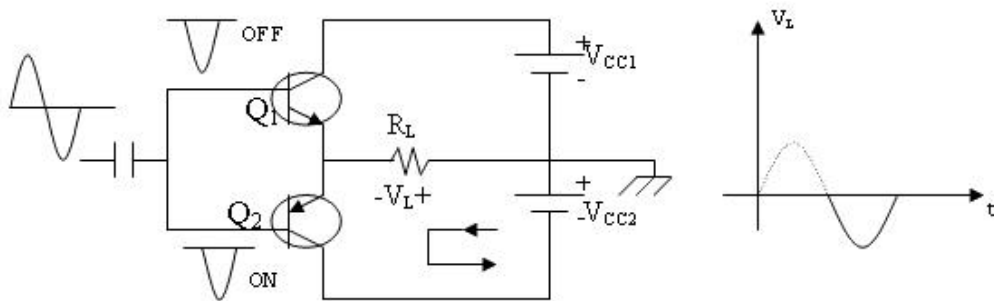
Mạch chỉ có một tín hiệu ở ngõ vào nên phải dùng hai transistor công suất khác loại: một NPN và một PNP. Khi tín hiệu áp vào cực nền của hai transistor, bán kỳ dương làm cho transistor NPN dẫn điện, bán kỳ âm làm cho transistor PNP dẫn điện. Tín hiệu nhận được trên tải là cả chu kỳ.



Hình 11.20: Mạch công suất kiểu đối xứng-bổ túc

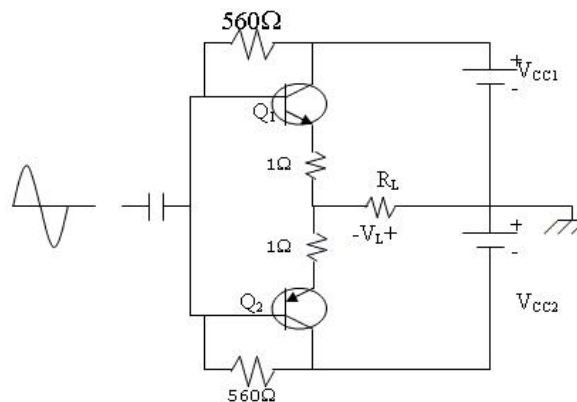


Hình 11.21: Bán kỳ dương – Q1 dẫn, Q2 ngưng



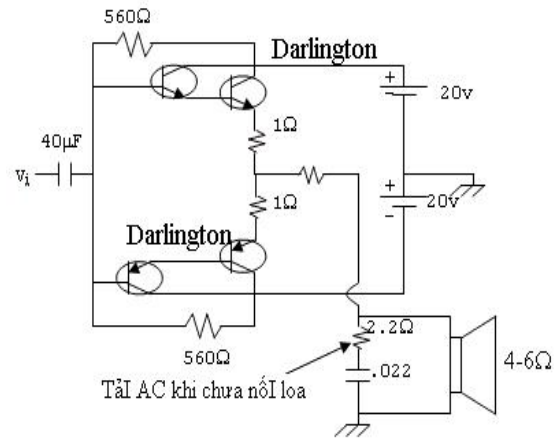
Hình 11.22: Bán kỳ âm – Q1 ngưng, Q2 dẫn

Cũng giống như mạch dùng biến thế, mạch công suất không dùng biến thế mắc như trên vấp 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.



Hình 11.23: Mạch đối xứng-bỏ tức loại AB

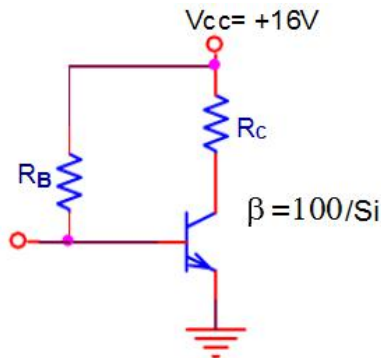
Trong thực tế, để tăng công suất của mạch, người ta thường dùng các cặp Darlington được mô tả ở hình sau.



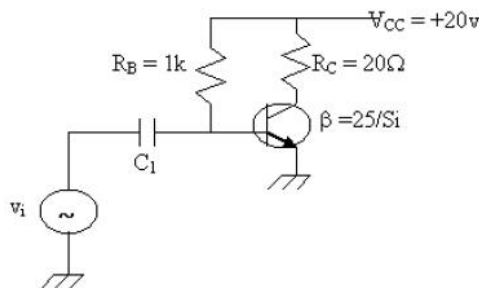
Hình 11.24: Mạch KĐCS dùng 2 cặp Darlington

Bài tập - Khuếch đại công suất

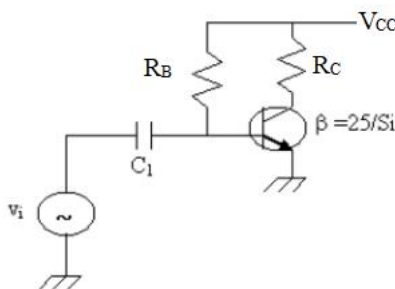
Câu 1: Cho mạch khuếch đại công suất loại A như hình bên dưới, biết rằng tín hiệu sóng sin đỉnh–đỉnh $V_{CE(p-p)} = 8V$, $R_B = 16K\Omega$, $R_C = 80\Omega$. Xác định công suất vào, công suất ra và hiệu suất của mạch.



Câu 2: Cho mạch khuếch đại công suất loại A như hình bên dưới, biết rằng khi có tín hiệu ở ngõ vào dòng I_B sẽ dao động với biên độ đỉnh là 10mA (hay $I_{B(p)}=10mA$). Tính công suất vào, công suất ra và hiệu suất của mạch.



Câu 3: Cho mạch khuếch đại công suất loại A như sau, với $V_{CC}=12V$, $R_B=2k\Omega$, $R_C=20\Omega$. Sử dụng transistor loại Si với $V_{BE}=0,7V$ và $\beta = 25$.



- Xác định điểm tĩnh điều hành Q và đường tải một chiều, xoay chiều.
- Tín hiệu AC ngõ vào tạo ra dòng điện tại cực B bằng 5mA đỉnh (hay $I_{B(p)}=5mA$). Xác định dòng điện đỉnh ngõ ra tại cực C (dòng điện $I_{C(p)}$).
- Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.

Câu 4: Cho mạch khuếch đại công suất tương tự như câu 3. Nếu giảm biên độ dòng tín hiệu vào còn 3mA.

- a) Tính hiệu suất của mạch khuếch đại.
- b) Nhận xét hiệu suất của mạch khi biên độ tín hiệu vào giảm.

Câu 5: 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

Câu 6: 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
- 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

Phụ lục

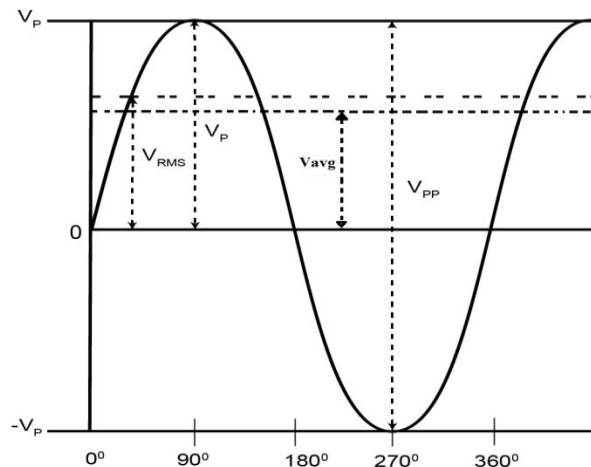
A. Tính toán giá trị RMS đối với dạng sóng Since

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 True RMS 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 tham số V_{avg} , V_{pp} , V_p nhưng chỉ chính xác đối với tín hiệu có hình Since.

Xét một tín hiệu Sin như sau :



Ta có:

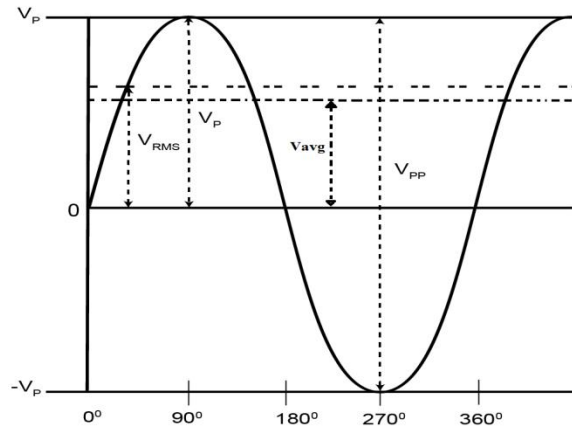
V_p : điện áp tức thời lớn nhất được tính từ điểm gốc 0 đến biên độ dương $+V_p$. Như hình trên thì là $0 \rightarrow +V_p$.

V_{pp} : là điện áp được tính giữa đỉnh dương và đỉnh âm của dạng sóng. Nó 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 sóng không có mức âm thì $V_p = V_{pp}$.

V_{avg} : 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_{rms} : Được viết tắt Root mean square tức là Căn bậc hai của trung bình các bình phương. Trong thực tế giá trị này được gọi là giá trị hiệu dụng hay giá trị thực.

a) Đối với dạng sóng hình sine



Giá trị điện áp True Rms được tính toán theo V_p, V_{pp}, V_{avg} như sau:

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

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

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

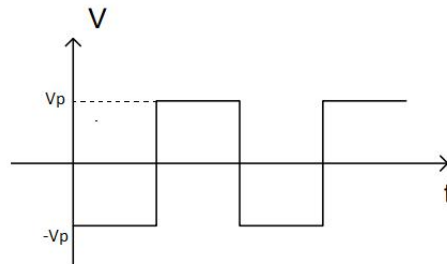
Giá trị dòng điện True Rms được tính toán theo dòng điện I_p, I_{pp}, I_{avg} (hay I_{DC}):

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

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

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

b) Đối với dạng sóng vuông có độ rộng 50%

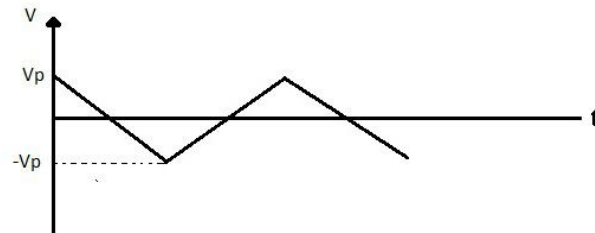


Trị số rms và avg được tính như sau :

$$V_{rms} = V_p$$

$$V_{avg} = V_p$$

c) Đối với dạng sóng tam giác, răng cưa.

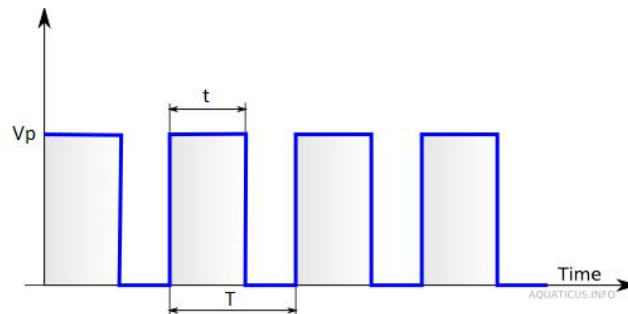


Trị số rms và avg được tính như sau :

$$V_{rms} = V_p / \sqrt{3} = 0.557 * V_p$$

$$V_{avg} = 0.5 * V_p$$

d) Đối với dạng sóng xung vuông biến đổi



Ta có độ rộng xung $D = t/T$, với t là thời gian của sườn dương, T là chu kỳ.

Trị số rms và avg được tính như sau :

$$V_{rms} = V_p * \sqrt{D}$$

$$V_{avg} = V_p * D$$