

## Chương 5 MẠCH TẠO SÓNG HÌNH SIN

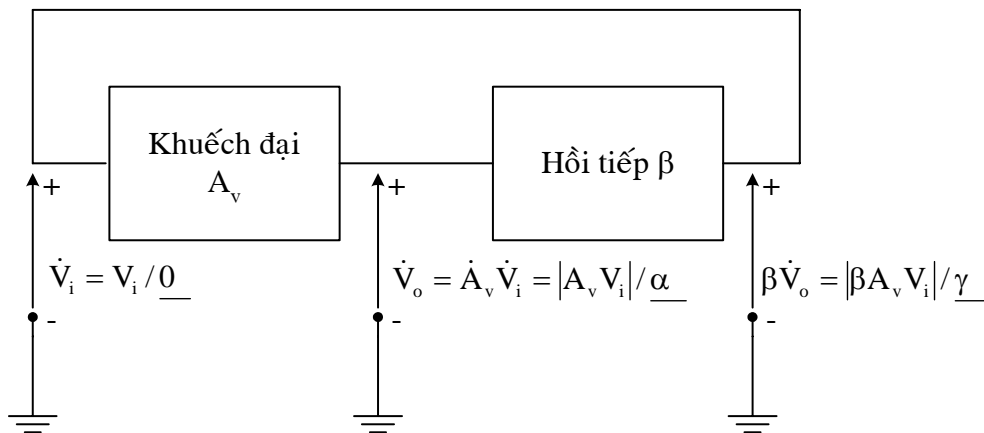
Mạch tạo sóng hình sin tạo ra tín hiệu sin chuẩn về biên độ và tần số, thường dùng làm nguồn tín hiệu để kiểm tra đặc tính của các linh kiện, các mạch khuếch đại và các thiết bị điện tử khác. Tín hiệu hình sin còn dùng làm sóng mang, sóng điều chế trong kỹ thuật thu phát vô tuyến điện ...

Dựa theo đặc tuyến về linh kiện và tần số dao động, ta có thể phân loại các dạng tạo sóng hình sin như sau:

- Dao động RC: linh kiện quyết định tần số dao động là RC, tần số làm việc từ dưới 1 Hz đến 1 KHz, gồm mạch dao động dời pha, dao động cầu Wien, dao động cầu T đôi ...
- Dao động LC: linh kiện quyết định tần số dao động là LC, tần số làm việc từ 100 KHz đến hàng GHz, gồm mạch dao động điều hợp LC, dao động ColpiHz, Hartley, dao động dùng tính thể áp điện ...

### 6.1. NGUYÊN LÝ TẠO DAO ĐỘNG VÀ DUY TRÌ DAO ĐỘNG

Hãy khảo sát lại nguyên lý hồi tiếp trong sơ đồ khối mạch khuếch đại như hình 6.1.1.



Hình 6.1.1. Hồi tiếp dương tạo dao động

Khi mới cấp điện cho mạch, do sự biến thiên nguồn điện, sẽ cho một biến thiên điện áp ngõ vào  $V_i$ . Qua mạch khuếch đại sẽ tạo áp ngõ ra  $V_o = A_v V_i$  với góc lệch pha  $\alpha$  so với áp ngõ vào. Điện áp ngõ ra  $V_o$  lại qua mạch hồi tiếp cho tín hiệu vào. Nếu là hồi tiếp âm, tín hiệu hồi tiếp về sẽ ngược pha với tín hiệu ban đầu ở ngõ vào và làm suy giảm biên độ tín hiệu vào, do đó biên độ tín hiệu ngõ ra của mạch khuếch đại cũng bị giảm theo ... Kết quả là khi nguồn điện ổn định, sự biến thiên tín hiệu vào bị triệt tiêu và biến thiên tín hiệu ở ngõ ra cũng bị triệt tiêu, mạch sẽ ổn định ở mức phân cực DC. Nếu là hồi tiếp dương, tín hiệu hồi tiếp về sẽ đồng pha với tín hiệu ban đầu ở ngõ vào và làm tăng biên độ tín hiệu vào. Biên độ tín hiệu ngõ ra của mạch khuếch đại cũng tăng theo. Kết quả là ở ngõ ra của mạch luôn xuất hiện tín hiệu AC (gọi là tín hiệu dao động) trong khi ở ngõ vào không cần tín hiệu kích thích đưa từ bên ngoài vào. Tín hiệu vào có được do mạch hồi tiếp cung cấp từ ngõ ra trở về.

Khối hồi tiếp dương đóng vai trò quyết định trong việc tạo tín hiệu dao động. Khối khuếch đại khuếch đại tín hiệu dao động đã bị suy giảm sau khi truyền qua khối hồi tiếp, duy trì biên độ dao động ổn định ở ngõ ra. Nếu khối hồi tiếp  $\beta$  không có tính chọn lọc tần số, mạch sẽ tạo tín hiệu xung vuông ở ngõ ra. Nếu  $\beta$  có tính chọn lọc tần số, chẳng hạn  $\beta$  là mạch cộng hưởng ở tần số  $f_0$ , thì chỉ có tín hiệu tần số  $f_0$  được chọn lọc đưa vào mạch khuếch đại, và ở ngõ ra của mạch chỉ xuất hiện tín hiệu dao động hình sin tần số  $f_0$ .

Hãy tìm điều kiện tổng quát để xuất hiện dao động.

Từ hình 6.1.1, để có tín hiệu dao động ở ngõ ra, điện áp hồi tiếp tiếp trở về phải có biên độ và pha trùng với biên độ và pha của điện áp ngõ vào:

$$\dot{V} = \beta \dot{V}_o = \beta A_v \dot{V}_i$$

suy ra:  $|\beta A_v| = 1$  (6.1.1)

là điều kiện về biên độ

$$\text{và: } \arg(\beta \cdot A_v) = 0$$
 (6.1.2)

là điều kiện về pha.

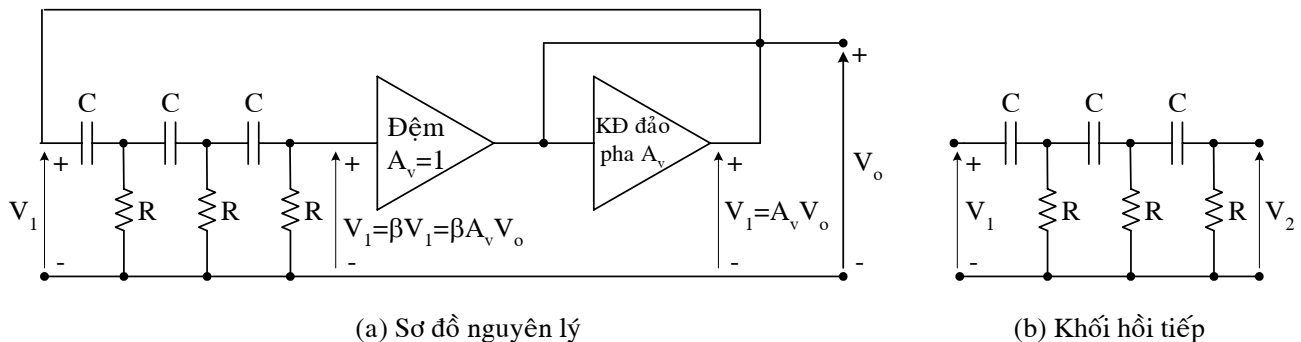
(6.1.1) và (6.1.2) là các điều kiện tổng quát để tạo vào duy trì dao động.

Trong thực tế, điều kiện  $|\beta \cdot A_v| = 1$  rất khó đạt, người ta thường cho  $|\beta \cdot A_v|$  hơi lớn hơn 1 để dễ dao động và thực hiện ổn định biên độ tín hiệu dao động ngõ ra bằng cách thêm mạch hồi tiếp âm vào bộ khuếch đại. Khi đó đại lượng  $A_v$  trong (6.1.1), phải hiểu là hệ khuếch đại của mạch có hồi tiếp âm.

## 6.2. MẠCH TẠO SÓNG RC

### 6.2.1 Mạch dao động dời pha

Hình 6.2.1 a là sơ đồ nguyên lý của mạch dao động dời pha. Khối hồi tiếp gồm 3 mạch RC tạo ra sự lệch pha giữa áp ngõ ra và áp ngõ vào là  $180^\circ$ , qua tầng đệm có tổng trở nhập cao để tránh ảnh hưởng đến đặc tính khối hồi tiếp. Tín hiệu sau đó được đưa qua mạch khuếch đại đảo pha có hệ khuếch đại  $A_v$  và đưa trở về ngõ vào khối hồi tiếp.



Hình 6.2.1. Mạch dao động dời pha

Để tính toán định lượng (xác định tần số dao động và giá trị tối thiểu cần có của hệ số khuếch đại  $A_v$ ) ta xét sơ đồ của mạch hồi tiếp (h. 6.2.1 b), viết các phương trình dòng điện vòng rồi tìm ra giá trị hệ số hồi tiếp  $\beta = \frac{V_2}{V_1}$ . Kết quả có:

$$\beta = \frac{V_2}{V_1} = \frac{-j(\omega RC)^3}{1 - 6(\omega RC)^2 + j\omega RC[5 - (\omega RC)^2]} \quad (6.2.1)$$

từ đó ta có:

$$\beta A_v = \frac{-j(\omega RC)^3 \times A_v}{1 - 6(\omega RC)^2 + j\omega RC[5 - (\omega RC)^2]} \quad (6.2.2)$$

Để thỏa mãn điều kiện về pha (6.1.2), góc pha của biểu thức (6.2.2) phải bằng không. Suy ra:

$$1 - 6(\omega RC)^2 = 0$$

Tần số thỏa mãn hệ thức này chính là tần số dao động:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{6RC}} \text{ hay } f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}} \quad (6.2.3)$$

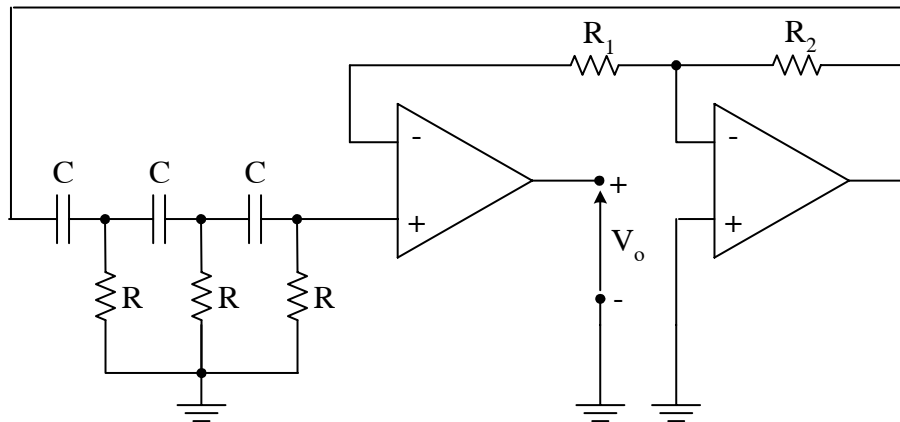
Tương tự, để thỏa mãn điều kiện về biên độ (6.1.1), modul của biểu thức (6.2.2) phải bằng 1. Suy ra:

$$\begin{aligned} \rightarrow |A_v| &= \left| \frac{1}{\beta(\omega_o)} \right| = \frac{\sqrt{[1 - 6(\omega_o RC)^2]^2 + (\omega_o RC)^2 [5 - (\omega_o RC)^2]^2}}{(\omega_o RC)^3} \\ \rightarrow |A_v| &= \frac{\sqrt{\frac{1}{6} \left(5 - \frac{1}{6}\right)^2}}{\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)^3} = 29 \end{aligned} \quad (6.2.4)$$

Đây là giá trị tối thiểu của  $A_v$  để đảm bảo duy trì dao động.

- **Ví dụ 6.1:** Mạch dao động dời pha dùng KĐTT như hình 6.2.2.

tính các giá trị  $R$ ,  $C$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  sao cho tín hiệu dao động ở ngõ ra có tần số  $f_o = 1 \text{ KHz}$ . Cho KĐTT có  $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_o \approx 0$ .



Hình 6.2.2

**Giải**

Từ (6.2.3) ta tìm được

$$RC = \frac{1}{2\pi f_o \sqrt{6}} = \frac{1}{2\pi \times 10^3 \sqrt{6}} = 6,5 \times 10^{-5} \text{ s}$$

Chọn  $R = 10 \text{ K}$ , tìm được  $C$ :

$$C = \frac{6,5 \times 10^{-5}}{R} = \frac{6,5 \times 10^{-5}}{10^4} = 6,5 \times 10^{-9} \text{ F}$$

Chọn  $C = 0,0068 \mu\text{F}$ , từ (6.2.4), ta có:

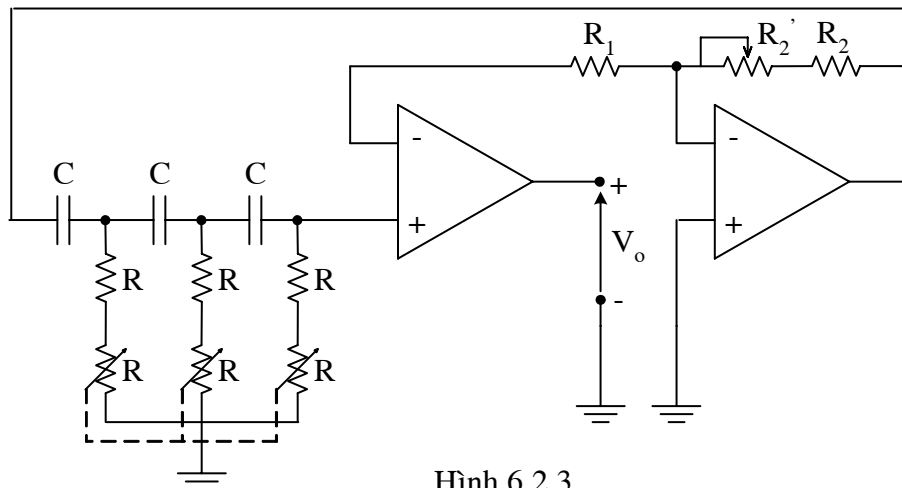
$$\frac{R_2}{R_1} = 29 \rightarrow R_2 = 29R_1$$

Chọn  $R_1 \ll R_i$  để tránh ảnh hưởng của tổng trở vào bộ KĐTT lên hệ thức tính hệ số khuếch đại.

Ta chọn  $R_1 = 10 \text{ K}$

$$R_2 = 29 \times 10 = 290 \text{ K}$$

Trong thực tế,  $R_2$  là 1 biến trở nối tiếp với một điện trở để cân chỉnh sao cho  $|A_v| = 29$ , lúc đó dạng sóng ngõ ra sẽ hoàn toàn sin (không bị méo). Ngoài ra, để điều chỉnh được tần số dao động, ta thay ba điện trở  $R$  bằng ba biến trở đồng trục như hình 6.2.3

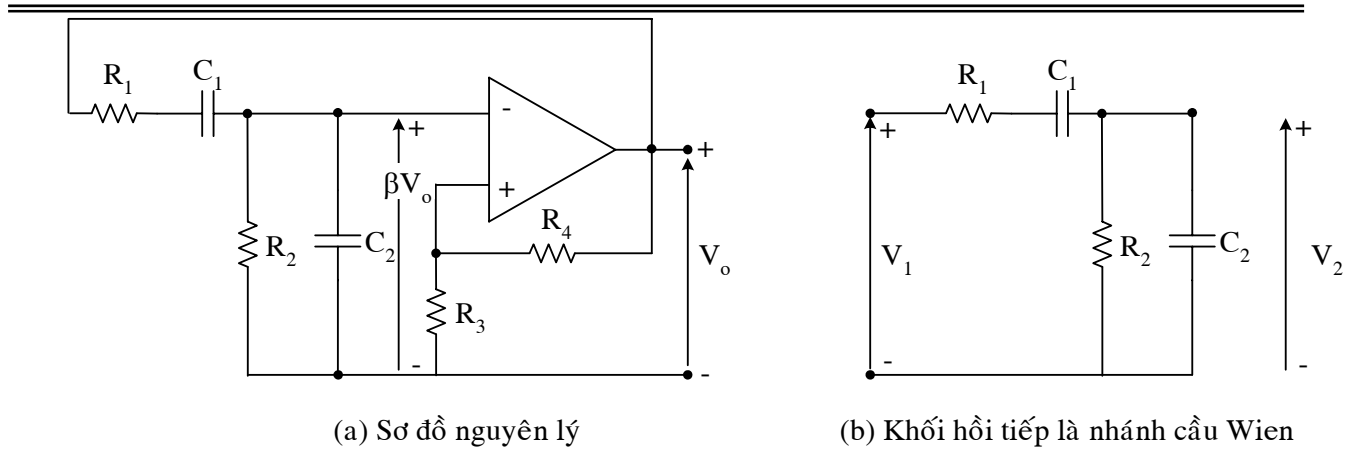


Hình 6.2.3

### 6.2.2. Mạch dao động cầu Wien

Ta khảo sát mạch dao động cầu Wien như hình 6.2.4:

Nhánh cầu Wien  $R_1C_1R_2C_2$  tạo thành khối tiếp dương, còn  $R_3 R_4$  là nhánh hồi tiếp âm để ổn định biên độ tín hiệu dao động ở ngõ ra.



Hình 6.2.4. Mạch dao động cầu Wien

Hãy xác định hàm truyền khối hồi tiếp dương (hình 6.2.4 b)

$$\beta = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\left( R_2 // \frac{1}{j\omega C_2} \right)}{\left( R_2 // \frac{1}{j\omega C_2} \right) + R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_2 / (1 + j\omega R_2 C_2)}{R_2 / (1 + j\omega R_2 C_2) + R_1 (1 + 1/(j\omega R_1 C_1))}$$

Sau vài biến đổi đơn giản sẽ có:

$$\beta = \frac{1}{\left( 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \right) + j \left( \omega R_2 C_2 - \frac{1}{\omega R_1 C_1} \right)} \quad (6.2.5)$$

Mạch khuếch đại không đảo có:

$$A_V = 1 + \frac{R_4}{R_3} \quad (6.2.6)$$

Từ đó xác định được tích  $\beta A_V$

Để thỏa mãn điều kiện về pha phải có

$$\omega R_2 C_2 - \frac{1}{\omega R_1 C_1} = 0 \rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

hay: 
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (6.2.7)$$

Tương tự, để thỏa mãn điều kiện về biên độ phải có  $|A_V| = \frac{1}{|\beta|}$  Suy ra:

$$1 + \frac{R_4}{R_3} = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \quad (6.2.8)$$

Thực tế, để đơn giản, ta thường chọn:  $R_1 = R_2 = R, C_1 = C_2 = C$

Từ (6.2.7) và (6.2.8) suy ra:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (6.2.9)$$

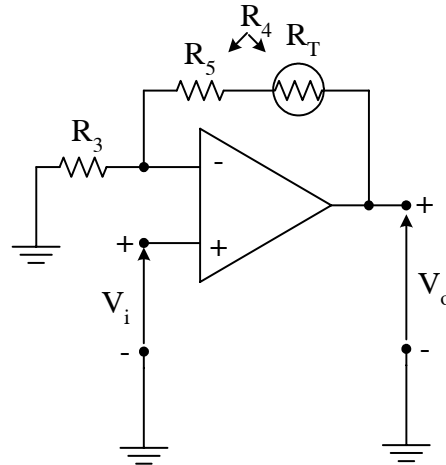
và  $R_4 = 2R_3$  (6.2.10)

Để điều chỉnh tần số dao động, ta dùng biến trở kép thay cho  $R_1R_2$ , còn điều chỉnh hệ số khuếch đại, ta thay  $R_4$  bằng biến trở như ở mạch dao động dời pha.

Một phương pháp khác tự động ổn định biên độ tín hiệu ra qua việc điều chỉnh hệ số khuếch đại, bằng cách thêm linh kiện phi tuyến vào nhánh hồi tiếp âm  $R_3, R_4$ . Chẳng hạn như hình 6.2.5, ta thêm điện trở nhiệt (thermistor) vào nhánh hồi tiếp âm.

Theo (6.2.10), để mạch dao động, ta phải có:

$$\begin{aligned} R_4 &= 2R_3 \\ R_5 &= R_T = 2R_3 \\ R_T + 2R_3 - R_5 & \\ A_v &= 1 + \frac{R_5 + R_T}{R_3} \end{aligned} \quad (6.2.11)$$



Hình 6.2.5. Ổn định biên độ dao động bằng linh kiện phi tuyến

Khi biên độ tín hiệu ra tăng, thì dòng qua  $R_T$  tăng làm  $R_T$  nóng lên. Kết quả là  $R_T$  giảm, kéo theo  $A_v$  giảm và biên độ ngõ ra giảm trở lại. Tương tự khi  $V_o$  giảm,  $R_T$  tăng làm  $A_v$  tăng,  $V_o$  tăng trở lại. Đương nhiên, hệ số nhiệt của  $R_T$  phải được chọn thích hợp mới ổn định được biên độ tín hiệu dao động ngõ ra.

### 6.3. MẠCH TẠO SÓNG LC

#### 6.3.1 Mạch dao động điều hợp LC

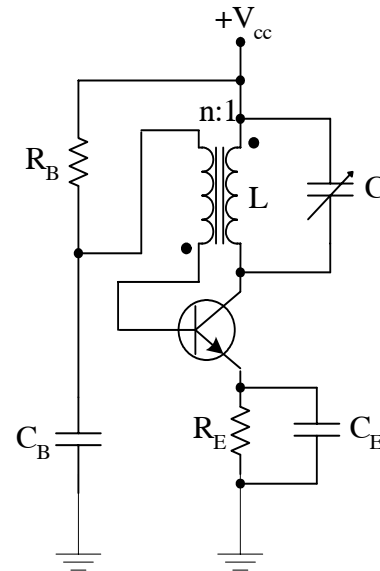
Hình 6.3.1. là một dạng mạch dao động điều hợp LC. Q đóng vai trò mạch khuếch đại E.C. khung cộng hưởng LC quyết định tần số dao động và tạo hồi tiếp dương qua biến áp đưa tín hiệu về cực B. Cực tính hay chiều quấn các cuộn dây phải được chọn thích hợp (thể hiện qua các dấu chấm trên hình vẽ) mới có hồi tiếp dương.

Hình 6.3.2 a là mạch tương đương của hình 6.3.1. Để đơn giản, ta bỏ qua  $1/h_{oE}$ , điện dung vào và ra của Q, điện cảm rò và điện dung ký sinh của biến áp. Hình 6.3.2 b là mạch tương đương phản ánh  $h_{iE}$  về sơ đồ cấp biến áp.

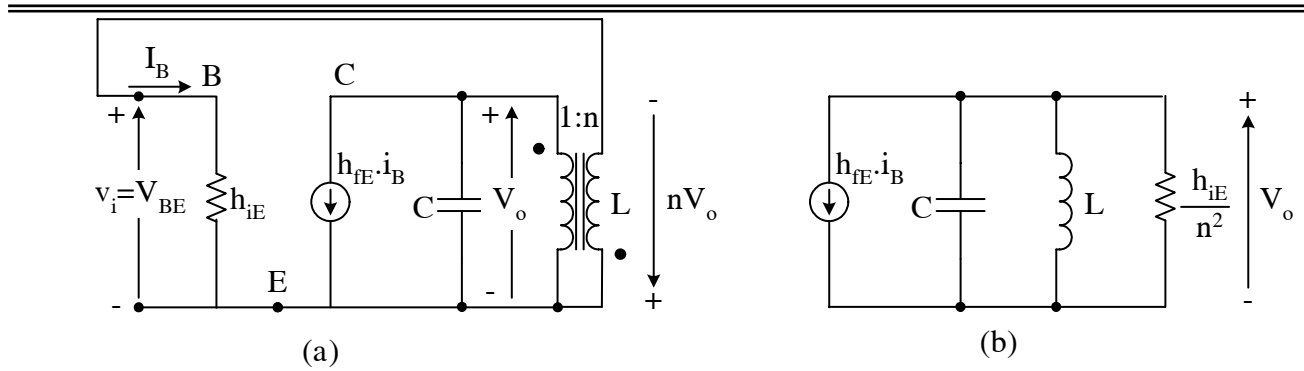
Từ hình 6.3.2 a, ta tính được hệ số hồi tiếp:  $\beta = -n$

Từ hình 6.3.2 b, ta có:

$$V_o = -h_{iE} I_B \times \left( \frac{h_{iE}}{n^2} // j\omega L // 1 / j\omega C \right)$$



Hình 6.3.1. Mạch dao động điều hợp LC



Hình 6.3.2. Mạch tương đương h.6.3.1 (a) Mạch tương đương phản ánh  $h_{iE}$  về sơ cấp biến áp (b)

Sau vài biến đổi đơn giản sẽ đi đến:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{be}} = -h_{fe} \frac{1/n^2}{1 + j \frac{h_{iE}}{n^2} \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)}$$

Để thỏa mãn điều kiện dao động:  $\arg(A_V \beta) = 0 \rightarrow \omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

(6.3.1)

$$|A_V \beta| = 1 \rightarrow \frac{h_{fe}}{n} = 1$$

$$n = h_{fe} \quad (6.3.2)$$

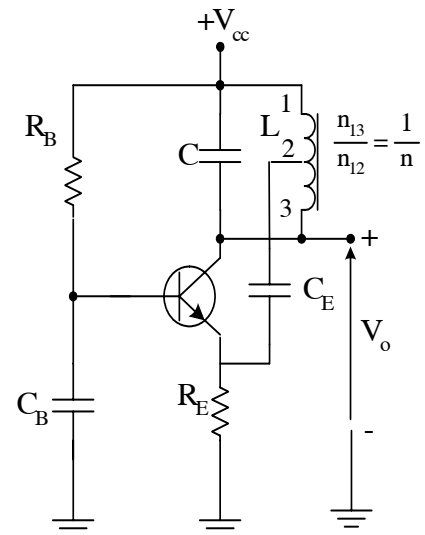
Trong thực tế, do ảnh hưởng của điện dung ngõ vào và ngõ ra của mạch khuếch đại, tần số dao động  $f_0$  sẽ bị thay đổi chút ít. Để điều chỉnh  $f_0$ , ta có thể chỉnh C, hoặc chỉnh lõi cuộn dây để thay đổi L.

### 6.3.2. Mạch dao động Hartley

Dao động Hartley còn gọi là dao động ba điểm điện cảm, dạng mạch tương tự như dao động điều hợp LC, chỉ có điểm khác biệt là biến áp hồi tiếp dương được thay bằng biến áp tự ngẫu, lấy từ cuộn dây dao động L.

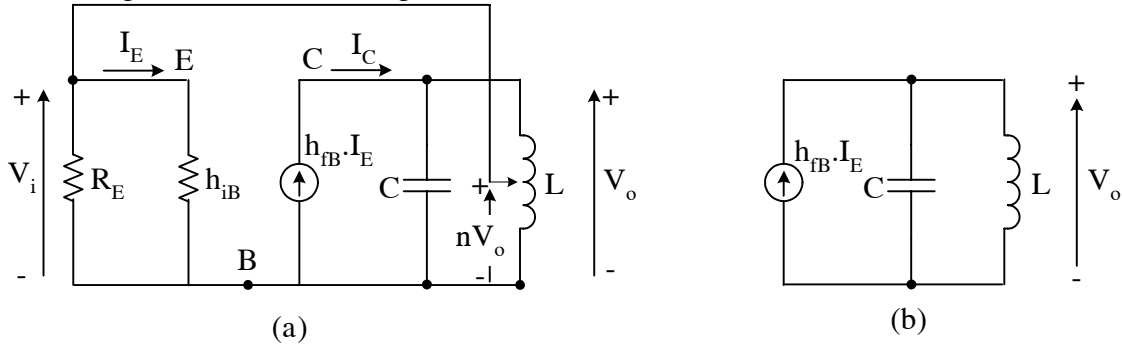
Hình 6.3.3. là dạng mạch dao động Hartley trong đó tầng khuếch đại mắc B chung. Tụ  $C_B$  nối cực B xuống masse về mặt AC, tạo cách ghép B chung (tín hiệu vào ở cực E, tín hiệu ra ở cực C). Mạch cộng hưởng LC mắc ở ngõ ra. Cuộn L có 3 đầu ra, hình thành biến áp tự ngẫu:

Cuộn 31 tham gia vào mạch cộng hưởng, cuộn 21 tạo tín hiệu hồi tiếp đưa về ngõ vào cực E. Do phân bố điện thế trên cuộn L, điện thế điểm 2 (so với đất) luôn luôn



Hình 6.3.3. Mạch dao động Hartley

cùng pha với điện thế điểm 3 (tức ngõ ra), nghĩa là hồi tiếp thuộc loại hồi tiếp dương. Như vậy tụ  $C_E$  dẫn tín hiệu hồi tiếp đồng thời ngăn DC giữa mạch C và E. Giá trị  $C_E$  được chọn đủ lớn hơn C để không ảnh hưởng đến tần số dao động.



Hình 6.3.4. Mạch tương đương h.6.3.3 (a) Mạch tương đương phản ánh  $h_{iB}/R_E$  về sơ cấp biến áp (b)

Để tính  $A_V$ , ta phản ánh  $(R_E // h_{iB})$  về sơ cấp biến áp như hình 6.3.4b

Từ đó:

$$V_o = h_{iB} I_E \times \frac{(h_{iB} // R_E) / n^2}{1 + j \frac{(h_{iB} // R_E)}{n^2}} \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)$$

Mà  $I_E = \frac{V_i}{h_{iB}}$

Thay  $I_E$  vào biểu thức trên, ta tìm được:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{h_{iB}}{h_{iB}} \times \frac{(h_{iB} // R_E) n^2}{1 + j \frac{(h_{iB} // R_E)}{n^2}} \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)$$

Mặt khác, từ hình (6.3.3 a), ta có hệ số hồi tiếp  $\beta = n$

Do đó  $A_V \beta = \frac{h_{iB}}{h_{iB}} \times \frac{(h_{iB} // R_E)}{1 + j \frac{(h_{iB} // R_E)}{n^2}} \left( \omega C - \frac{1}{\omega L} \right)$

để thỏa điều kiện dao động:

$$\arg(A_V \beta) = 0 \rightarrow \omega C - \frac{1}{\omega L} = 0 \rightarrow f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6.3.3)$$

$$|A_V \beta| = 1 \rightarrow \frac{h_{iB}}{h_{iB}} \times \frac{(h_{iB} // R_E)}{n} = 1$$

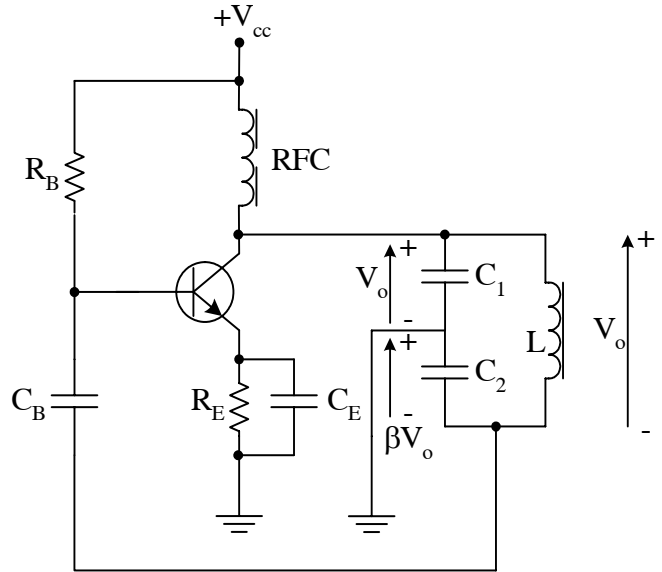
$$n = \frac{h_{iB} \cdot R_E}{R_E + h_{iB}} \quad (6.3.4)$$



**6.3.4. Mạch dao động Colpitts**

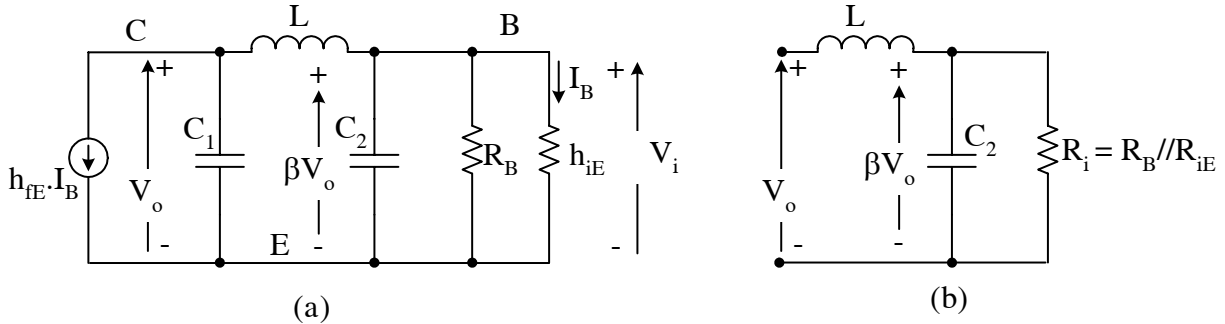
Dao động Colpitts còn gọi là dao động ba điểm điện dung. Mạch hồi tiếp dương được tạo bởi 2 tụ điện nối tiếp trong khung cộng hưởng, hình thành 2 điện áp đảo pha nhau trên hai tụ điện.

Hình 6.3.5 là dạng mạch dao động colpitts mắc E chung. Mạch cộng hưởng gồm L, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> mắc ở ngõ ra (cực collector). Theo sự phân bố điện thế trên cuộn L, điện áp trên tụ C<sub>2</sub> (cũng chính là điện áp hồi tiếp về cực B thông qua tụ C<sub>B</sub>) ngược pha với điện áp trên tụ C<sub>1</sub> (cũng là điện áp ra V<sub>o</sub>) tầng khuếch đại E.C vốn có V<sub>i</sub> ngược pha với V<sub>i</sub>, vì vậy hồi tiếp ở đây là hồi tiếp dương. Cuộn RFC tại cực C là cuộn cản cao tần (radio frequency choke), có điện cảm rất lớn trong vùng tần số dao động. Vì vậy, về mặt AC, xem như cuộn RFC hở mạch.



Hình 6.3.5. Mạch dao động Colpitts

Hình 6.3.6 a là mạch tương đương của h. 6.3.5. và hình 6.3.6 b là phần mạch tương đương để tính hệ số hồi tiếp



Hình 6.3.6. Mạch tương đương h.6.3.5 (a) Mạch tương đương tính  $\beta_f$  (b)

Hệ số khuếch đại của tầng xác định bởi:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{I_B} \times \frac{I_B}{V_{BE}}$$

Theo h. 6.3.6 a:

$$\frac{V_o}{I_B} = -h_{fe} \times \frac{R_i(1 - \omega^2 LC_2) + j\omega L}{1 - \omega^2 LC_1 + j\omega R_i(C_1 + C_2 - \omega^2 LC_1 C_2)}$$

với  $R_i = (h_{ie} // R_B)$

Mặt khác 
$$\frac{I_b}{V_{BE}} = \frac{1}{h_{ie}}$$

Vậy 
$$A_V = -\frac{h_{FE}}{h_{iE}} \times \frac{R_i(1 - \omega^2 LC_2) + j\omega L}{1 - \omega^2 LC_1 + j\omega R_i(C_1 + C_2 - \omega^2 LC_1 C_2)}$$

Từ hình 6.3.6 b, ta tính được hệ số hồi tiếp

$$\beta = \frac{R_i}{R_i(1 - \omega^2 LC_2) + j\omega L}$$

như vậy: 
$$A_V \beta = \frac{-R_i}{1 - \omega^2 LC_1 + j\omega R_i(C_1 + C_2 - \omega^2 LC_1 C_2)}$$

để thỏa mãn điều kiện dao động:  $\arg(A_V \beta) = 0$  phải có

$$C_1 + C_2 - \omega^2 LC_1 C_2 = 0 \rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

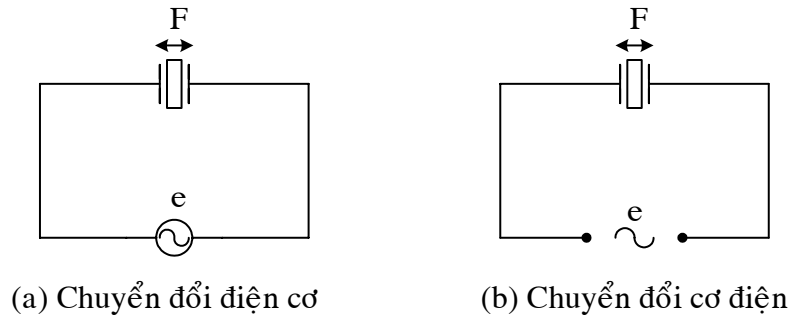
Hay 
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}} \tag{6.3.5}$$

Tương tự, muốn cho  $|A_V \beta| = 1$  phải có:  $1 - \omega_0^2 LC_1 = -R_i$

Hay 
$$\frac{C_1}{C_2} = R_i = (h_{iE} // R_B) \tag{6.3.6}$$

### 6.3.4. Mạch tạo sóng dùng tinh thể thạch anh

Các mạch dao động LC ở trên có nhược điểm là tần số dao động không ổn định do các giá trị L và C biến thiên theo nhiệt độ, và phải cân chỉnh L hoặc C mới đạt tần số yêu cầu. Để có được tần số dao động chính xác, ổn định do các giá trị L và C mới đạt tần số yêu cầu. Để có được tần số dao động chính xác, ổn định, không phải cân chỉnh, người ta thay thế khung cộng hưởng LC bằng tinh thể áp điện, như thạch anh (quartz) chẳng hạn.

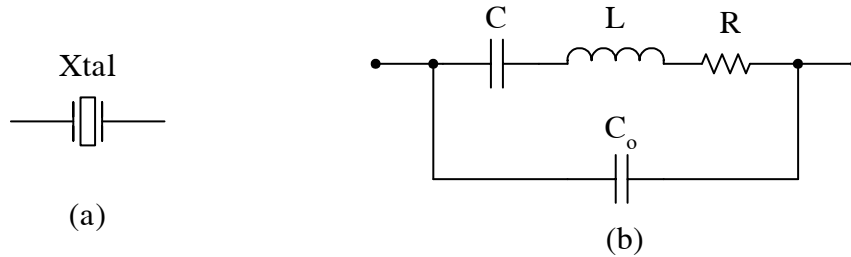


Hình 6.3.7. Đặc tính chuyển đổi năng lượng điện cơ của tinh thể điện áp

Đặc tính của tinh thể áp điện có thể tóm tắt như sau (hình 6.3.7): Khi ta áp lên bề mặt tinh thể một dao động điện, tinh thể sẽ rung và tạo dao động cơ học hoặc nếu tác động lên bề mặt tinh thể một áp lực, trên bề mặt sẽ xuất hiện một sức điện động. Tùy thuộc vào kích thước, bề dày, mất cắt (do nhà sản xuất chế tạo), mỗi phiến tinh thể áp điện có một tần số cộng hưởng cơ nhất định, từ đó

sinh ra một dao động điện, cộng hưởng ở tần số tương ứng. Điều cần lưu ý là tinh thể áp điện hoàn toàn cách điện, chỉ có dao động điện áp xuất hiện trên bề mặt của tinh thể

Do đặc tính hoạt động như mạch cộng hưởng của tinh thể áp điện, ta có thể mô phỏng “mạch điện tương đương” của tinh thể áp điện để dễ giải thích, như hình 6.3.8.



Hình 6.3.8. Ký hiệu tinh thể thạch anh (a) và mạch điện tương đương của nó (b)

C,L: Điện dung và điện cảm tương đương của tinh thể thạch anh, trị số phụ thuộc vào đặc tính cơ của nó; R: đặc trưng cho tổn tại hao năng lượng khi chuyển từ cơ sang điện hoặc ngược lại; C<sub>0</sub>: điện dung hình thành do bản cực và dây nối. Chẳng hạn, một tinh thể thạch anh có tần số cộng hưởng ở 4 MHz, có các tham số tương đương tiêu chuẩn như sau: L = 100mH, R = 100Ω, C = 0,015 pF, C<sub>0</sub> = 5 pF. Do đó hệ số phẩm chất của mạch cộng hưởng thạch anh có giá trị rất lớn:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = 26000$$

Từ hình 6.3.8 b ta tính được tổng trở tương đương của mạch:

$$Z_p = \frac{1}{\omega} \times \frac{\omega^2 LC - 1}{C_0 + C - \omega^2 CC_0} \quad (6.3.7)$$

Hệ thức (6.3.7) cho thấy có 2 tần số cộng hưởng đối với tinh thể thạch anh:

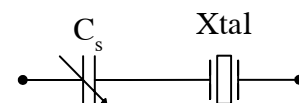
- Một tần số cộng hưởng làm cho Z<sub>q</sub> = 0, gọi là tần số cộng hưởng nối tiếp.

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6.3.8)$$

- Một tần số cộng hưởng làm cho Z<sub>q</sub> = ∞, gọi là tần số cộng hưởng nối song song:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 + \frac{C}{C_0}} \quad (6.3.9)$$

Tần số cộng hưởng nối tiếp hơi nhỏ hơn tần số cộng hưởng song song. Tần số cộng hưởng của tinh thể thạch anh có thể được điều chỉnh đôi chút bằng cách mắc thêm một tụ điện vi chỉnh C<sub>s</sub> nối tiếp (hình 6.3.9)

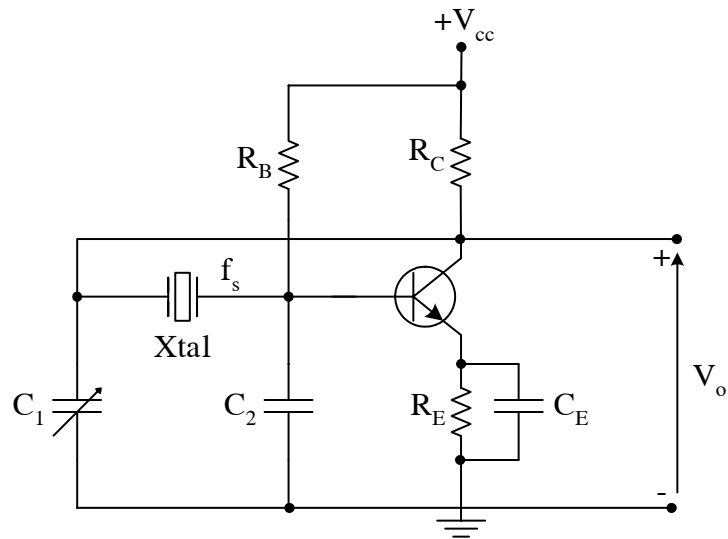


Hình 6.3.9. Điều chỉnh tần số cộng hưởng nối tiếp của tinh thể thạch anh

Cách mắc trên chỉ thay đổi được tần số cộng hưởng nối tiếp, không thay đổi được tần số cộng hưởng song song.

Hình 6.3.10 là một dạng mạch dao động dùng tinh thể áp điện ở tần số cơ bản. Đây là dạng dao động Colpitts, trong đó cuộn dây L được thay bằng thạch anh (Xtal). Mạch dao động ở tần số cộng hưởng nối tiếp của Xtal; ở tần số này tổng trở của Xtal cực tiểu, điện áp hồi tiếp dương đưa từ cực C về cực B đặt cực đại. Còn ở các tần số khác tổng

trở của Xtal rất lớn, tín hiệu hồi tiếp dương đưa về bị suy giảm rất nhiều nên mạch không thể dao động ở các tần số này được.



Hình 6.3.10. Mạch dao động dùng tinh thể thạch anh