

Phần 2: ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

Bài 12: MẠCH DAO ĐỘNG

1. Khái niệm mạch dao động

1. Khái niệm mạch dao động

- Mạch dao động là mạch có khả năng chuyển đổi năng lượng một chiều (DC) sang dạng xoay chiều (AC). Mạch dao động không có tín hiệu ngõ vào AC, nhưng lại cung cấp tín hiệu ngõ ra với một tần số xác định. Ngõ vào duy nhất của bộ dao động chỉ là nguồn áp cung cấp để phân cực cho linh kiện tích cực hoặc các linh kiện được sử dụng trong mạch dao động.
- Có nhiều loại mạch dao động tạo ra các dạng sóng tín hiệu khác nhau như: sóng sin, sóng vuông, sóng tam giác, ... Trong đó, mạch dao động tạo sóng sin được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống thông tin, trong đo lường, kiểm tra, điều khiển, chuyển đổi tần số, ... Các mạch dao động tạo sóng vuông, tam giác, xung gai thì thường được dùng trong các bộ chuyển mạch, điều khiển, ...
- Chất lượng của mạch dao động phụ thuộc vào sự ổn định của tần số ngõ ra.

2. Mạch tạo dao động sóng sin

2. Mạch tạo dao động sóng sin

Nguyên lý tạo dao động sóng sin dựa trên cấu trúc của mạch khuếch đại **hồi tiếp dương** được trình bày trong hình sau:

- Tín hiệu ngõ vào của mạch khuếch đại khi có hồi tiếp dương:

$$V_i = V_S + V_f$$

- Độ lợi vòng hở của mạch:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

- Hệ số hồi tiếp:

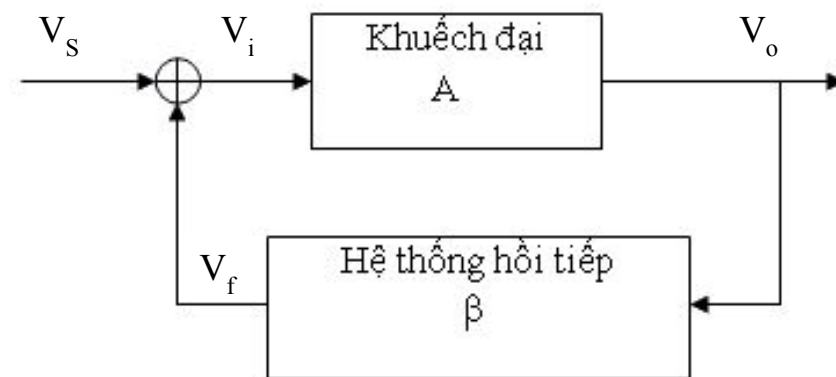
$$\beta = \frac{V_f}{V_o}$$

- Độ lợi vòng kín của mạch khuếch đại

khi có hồi tiếp:

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{V_o}{V_S} = \frac{V_o}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_S} = A_v \cdot \frac{V_S + V_f}{V_S} \\ &= A_v \left(1 + \frac{V_f}{V_S} \right) = A_v \left(1 + \frac{V_f}{V_o} \cdot \frac{V_o}{V_S} \right) = A_v \left(1 + \frac{\beta V_o}{V_S} \right) \\ &= A_v (1 + \beta A_f) = A_v + \beta A_v A_f \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra: } A_f = \frac{A_v}{1 - \beta A_v}$$

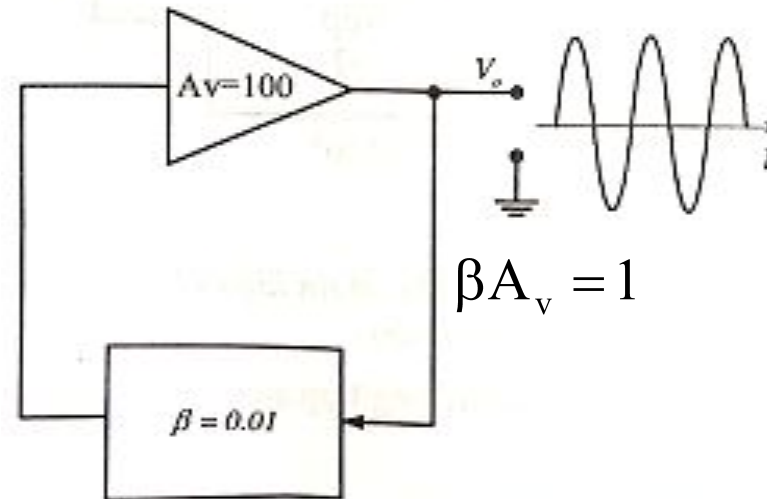


Hồi tiếp dương: tín hiệu hồi tiếp cùng pha với tín hiệu vào nên làm tăng tín hiệu ngõ vào của mạch.

2. Mạch tạo dao động sóng sin

Ta có: $A_f = \frac{A_v}{1 - \beta A_v}$

Nếu $\beta A_v = 1$ (được gọi là chuẩn cứ Barkhausen - Barkhausen criteria) lúc này A_f trở nên vô hạn, nghĩa là khi không có tín hiệu nguồn v_s mà vẫn có tín hiệu ra v_o . Như vậy khi điều kiện này được thoả thì khi không có tín hiệu vào mạch vẫn có tín hiệu ở ngõ ra, lúc đó được gọi là mạch dao động.

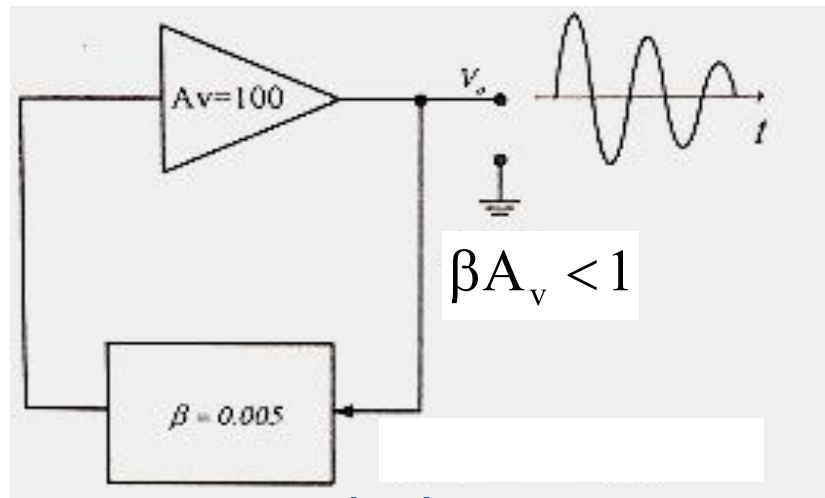


2. Mạch tạo dao động sóng sin

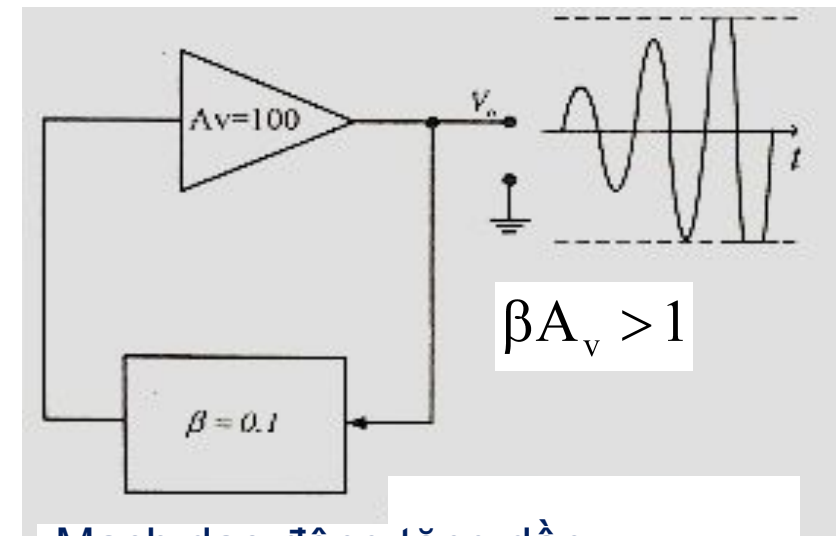
Ta có:

$$A_f = \frac{A_v}{1 - \beta A_v}$$

Nếu $\beta A_v \neq 1$ thì sẽ xảy ra hai trường hợp sau:



Mạch dao động tắt dần



Mạch dao động tăng dần

2. Mạch tạo dao động sóng sin

Mạch dao động sóng sin là mạch khuếch đại có hồi tiếp dương và có các phần tử tích cực để nạp xả năng lượng và mạch phải thỏa mãn điều kiện cần và đủ của Barkhausen như sau:

- Điều kiện cân bằng biên độ: $|\beta A_v| = 1$
- Điều kiện cân bằng pha: $\varphi_{|\beta A_v|} = 0$ (hoặc lệch pha 360°)

Để phân giải mạch ta thực hiện theo 4 bước:

- *Bước 1:* Viết phương trình tính hệ số hồi tiếp β
- *Bước 2:* Rút gọn β đưa về dạng số phức: $a + jb$ (với $j^2 = -1$)
- *Bước 3:* Cho $b = 0$ để xác định tần số dao động ω_0
- *Bước 4:* Thay ω_0 vào phương trình của Bước 2 để xác định giá trị của β tại ω_0

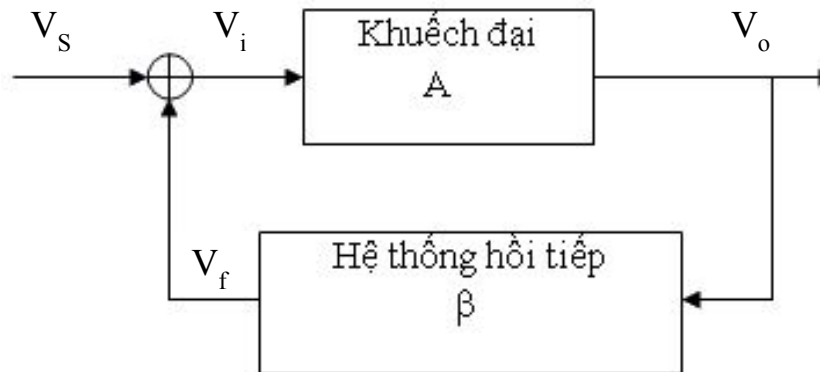
2. Mạch tạo dao động sóng sin

Chất lượng của mạch dao động phụ thuộc vào các điều kiện sau:

- Sự ổn định của nguồn cung cấp
- Thông số ổn định nhiệt của mạch (dùng điện trở R_E)
- Tại tần số dao động của mạch không có sự ảnh hưởng của điện dung ký sinh bên trong của transistor.

Nguyên tắc hoạt động của các mạch tạo dao động sóng sin:

- Khối A đóng vai trò khuếch đại để duy trì dao động (biên độ dao động)
- Khối β là khối chọn lọc tần số dao động (tần số dao động)



2. Mạch tạo dao động sóng sin

Dựa vào các đặc tính linh kiện và tần số dao động, có thể phân loại mạch tạo dao động sóng sin thành hai loại:

- **Mạch dao động RC:** trong đó tần số dao động của mạch phụ thuộc vào thông số của các phần tử R và C, được sử dụng trong mạch dao động tần số thấp.
- **Mạch dao động LC:** trong đó tần số dao động của mạch phụ thuộc vào thông số của các phần tử L và C, được sử dụng trong mạch dao động tần số cao.
- **Mạch dao động thạch anh:** Do tính chất của tinh thể thạch anh có thể cho ra những tần số dao động chuẩn không phụ thuộc vào điều kiện của môi trường. Đặc tính của thạch anh hoạt động như mạch cộng hưởng của tinh thể áp điện.

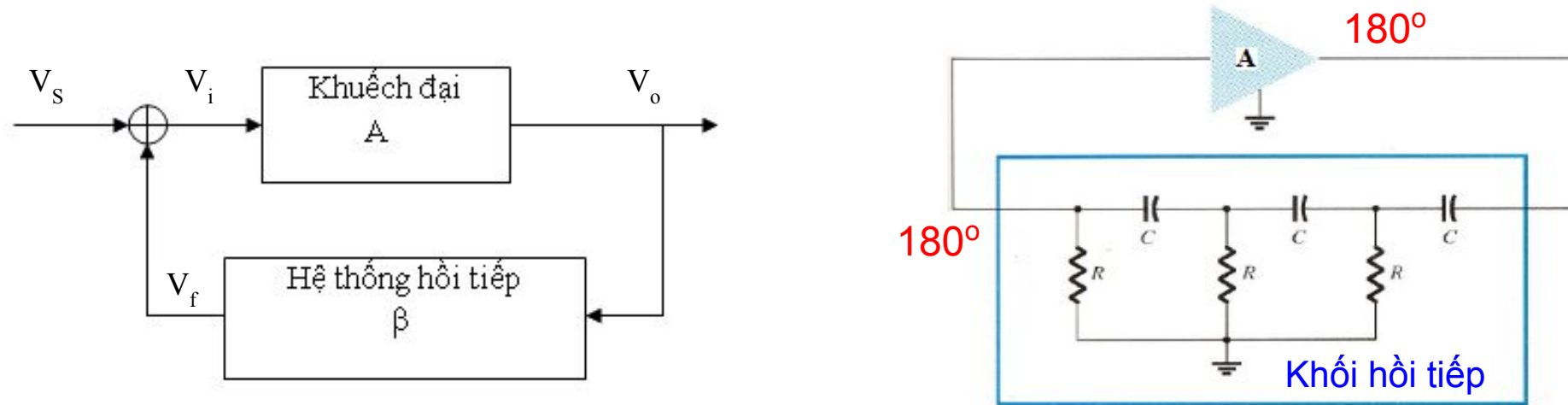
3. Mạch tạo dao động sóng sin

Mạch dao động RC

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp

Sơ đồ khối mạch dao động dịch pha được trình bày trong hình sau:



Khối A là mạch khuếch đại đảo (ngõ ra đảo pha 180°) và được nối với 3 bộ lọc RC, nên được gọi là mạch dao động dịch pha.

Các mạch lọc RC dùng để dịch pha tín hiệu ở ngõ ra của khối A đi 180° tạo tín hiệu hồi tiếp dương ở ngõ vào. Như vậy số mạch lọc RC phải thỏa mãn sao cho khi tín hiệu đi qua sẽ tạo được tín hiệu hồi tiếp dương ở ngõ vào của khối khuếch đại A hay tổng góc lệch pha của tín hiệu sau khi đi qua khối hồi tiếp là 180° , vậy trong trường hợp sử dụng 3 mạch lọc RC như hình trên thì mạch sẽ dao động tại tần số tín hiệu có góc lệch pha 60° sau khi đi qua một mạch lọc RC.

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

Khởi hồi tiếp của mạch dao động dịch pha:

Ta có: $v_f = I_3 R$ (a)

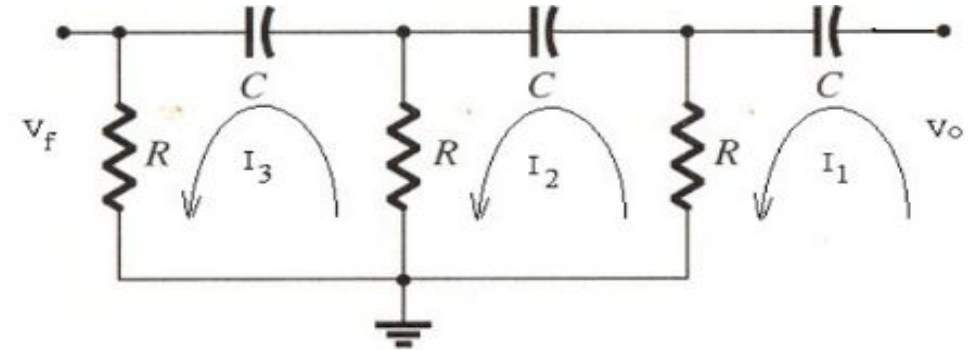
Trong mạch vòng 1: $v_o = I_1(X_C + R) - I_2 R$ (b)

Trong mạch vòng 2:
$$\begin{aligned} I_2 R + I_2 X_C + I_2 R - I_1 R - I_3 R &= 0 \\ \Leftrightarrow 2I_2 R + I_2 X_C - R(I_1 + I_3) &= 0 \\ \Leftrightarrow I_2(2R + X_C) - R(I_1 + I_3) &= 0 \end{aligned}$$
 (c)

Trong mạch vòng 3:
$$\begin{aligned} I_3 R + I_3 X_C + I_3 R - I_2 R &= 0 \\ \Leftrightarrow 2I_3 R + I_3 X_C - I_2 R &= 0 \\ \Leftrightarrow I_3(2R + X_C) - I_2 R &= 0 \end{aligned}$$
 (d)

Bước 1: Giải hệ phương trình (a), (b), (c), (d) ta tìm được β như sau :

$$\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R^3}{R^3 + 5RX_C^2 + 6R^2X_C + X_C^3} = \frac{1}{1 + 5\frac{X_C^2}{R^2} + 6\frac{X_C}{R} + \frac{X_C^3}{R^3}}$$



3. Mạch tạo dao động sóng sin - **Mạch dao động RC**

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

$$\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R^3}{R^3 + 5RX_C^2 + 6R^2X_C + X_C^3} = \frac{1}{1 + 5\frac{X_C^2}{R^2} + 6\frac{X_C}{R} + \frac{X_C^3}{R^3}}$$

Bước 2: Thay $X_C = -j\frac{1}{\omega C}$ (và với $j^2 = -1$) vào biểu thức β trên ta được:

$$\beta = \frac{1}{1 + 5\frac{(-j)^2}{(\omega C)^2} \cdot \frac{1}{R^2} + 6\frac{-j}{\omega C} \cdot \frac{1}{R} + \frac{(-j)^3}{(\omega C)^3} \cdot \frac{1}{R^3}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 + 5\frac{(-1)^2 \cdot j^2}{(\omega C)^2} \cdot \frac{1}{R^2} + 6\frac{-j}{\omega C} \cdot \frac{1}{R} + \frac{-j \cdot j^2}{(\omega C)^3} \cdot \frac{1}{R^3}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 - 5\frac{1}{(\omega RC)^2} - 6\frac{j}{\omega RC} + \frac{j}{(\omega RC)^3}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 - 5\frac{1}{(\omega RC)^2} - j(6\frac{1}{\omega RC} - \frac{1}{(\omega RC)^3})}$$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - **Mạch dao động RC**

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

Bước 3: Cho $b = 0$ để xác định tần số dao động ω_0

Ta có:
$$\beta = \frac{1}{1 - 5\frac{1}{(\omega RC)^2} - j(6\frac{1}{\omega RC} - \frac{1}{(\omega RC)^3})} \Rightarrow b_1 = 6\frac{1}{\omega RC} - \frac{1}{(\omega RC)^3}$$

Để mạch dao động thì phải thỏa mãn điều kiện cân bằng về pha, nên ta cho

$$b_1 = 6\frac{1}{\omega RC} - \frac{1}{(\omega RC)^3} = 0$$

$$\Leftrightarrow 6\frac{1}{\omega RC} = \frac{1}{(\omega RC)^3}$$

$$\Leftrightarrow (\omega RC)^2 = \frac{1}{6}$$

$$\Leftrightarrow \omega = \frac{1}{RC\sqrt{6}}$$

Vậy mạch sẽ dao động tại tần số:

$$\omega_0 = \frac{1}{RC\sqrt{6}} \quad \text{hay} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - **Mạch dao động RC**

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

Bước 4: Thay giá trị tần số tín hiệu dao động của mạch $\omega_0 = \frac{1}{RC\sqrt{6}}$ vào công thức β ta được:

$$\beta = \frac{1}{1 - 5 \frac{(RC)^2 \cdot 6}{(RC)^2} - j(6 \frac{RC\sqrt{6}}{RC} - \frac{(RC)^3 \cdot 6\sqrt{6}}{(RC)^3})}$$
$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 - 30} = -\frac{1}{29}$$

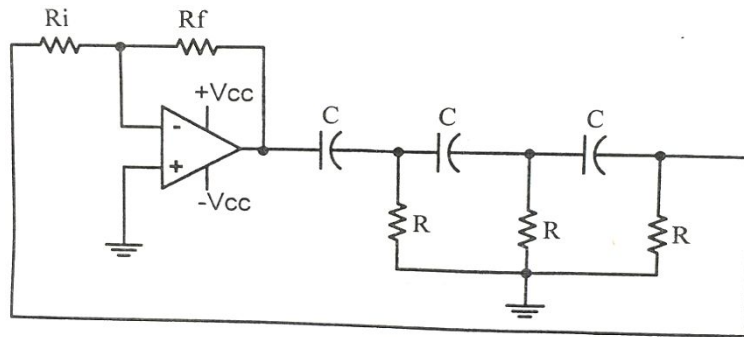
Thoả điều kiện về cân bằng biên độ thì: $\beta A_v = 1 \Rightarrow A_v = \frac{1}{\beta} = -29$

Vậy để mạch duy trì dao động, mạch khuếch đại A phải có hệ số khuếch đại: $A_v = -29$ (mạch khuếch đại đảo).

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

Khảo sát mạch dao động dịch pha RC sử dụng Op-Amp có sơ đồ như sau:



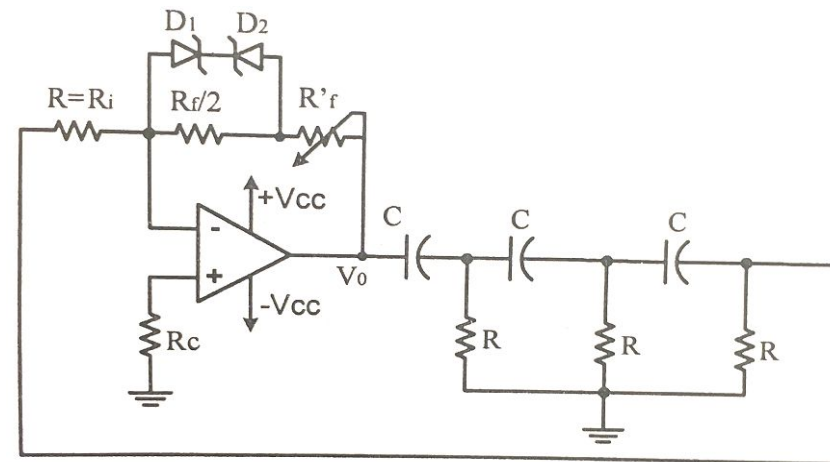
Do mạch khuếch đại đảo nên ta có:

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} = -29$$
$$\Leftrightarrow R_f = 29R_i$$

Lưu ý: Giá trị của R_i , vì ngõ vào $V_- = V_+ = 0V$ nên $R_i // R$ của tầng RC cuối cùng sẽ gây sai số lệch pha. Để kết quả trùng với tính toán thì $R_i \gg R$ và $R_i // R$, do đó R_i được thay bằng R . Mạch dao động thực tế được trình bày trong hình sau:

Trong đó:

- Biến trở R'_f nhằm ổn định chống tạp âm
- D_1 và D_2 đóng vai trò ổn định dao động với tần số ω_0



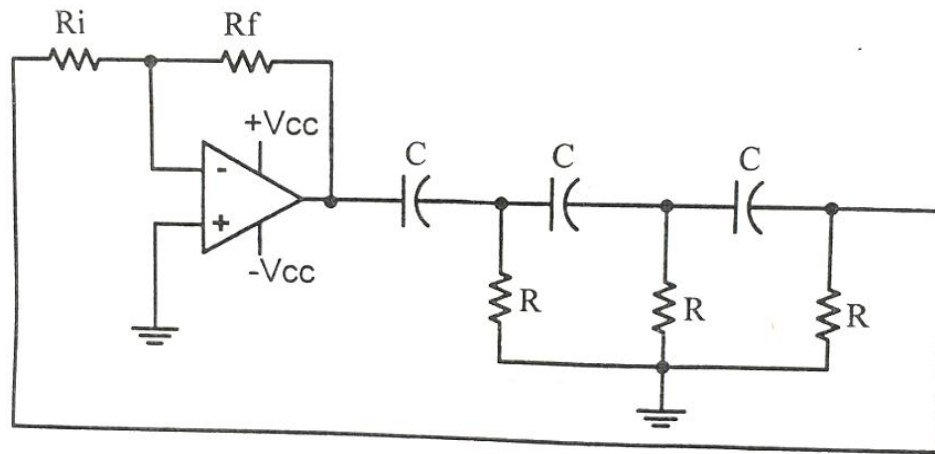
3. Mạch tạo dao động sóng sin - **Mạch dao động RC**

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

Ví dụ 1: Cho mạch dao động dịch pha RC (3 mạch lọc RC) sử dụng Op-Amp (khuếch đại đảo) như hình sau. Biết $R_1=R=10k_{\Omega}$, $C=0,01\mu F$.

a) Xác định tần số dao động của mạch

b) Tính giá trị của R_f



3. Mạch tạo dao động sóng sin - **Mạch dao động RC**

a) Mạch dao động dịch pha sử dụng Op-amp (tt)

Ví dụ 1 (tt):

a) Xác định tần số dao động của mạch

Ta có tần số dao động của mạch dao động dịch pha RC sử dụng Op-amp: $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$

thay giá R và C vào ta tính được tần số $f_0 = 650,2\text{Hz}$

b) Tính giá trị của R_f

Để mạch dao động phải đảm bảo điều kiện về cân bằng biên độ:

$$\beta A_v = 1 \text{ suy ra: } A_v = \frac{1}{\beta} = -29$$

Vậy để mạch duy trì dao động, mạch khuếch đại phải có hệ số khuếch đại:

$A_v = -29$ (mạch khuếch đại đảo). Do sử dụng mạch khuếch đại đảo nên ta có:

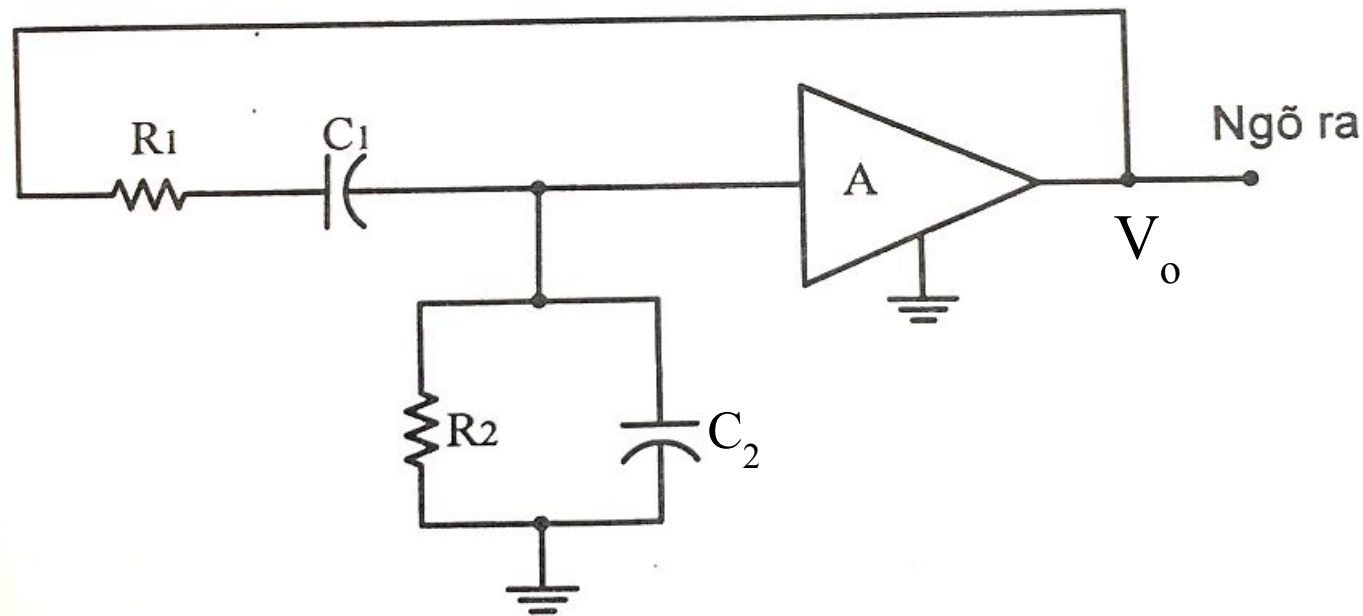
$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} = -29 \Leftrightarrow R_f = 29R_i$$

Suy ra: $R_f = 29 \times 10\text{k}\Omega = 290\text{k}\Omega$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien

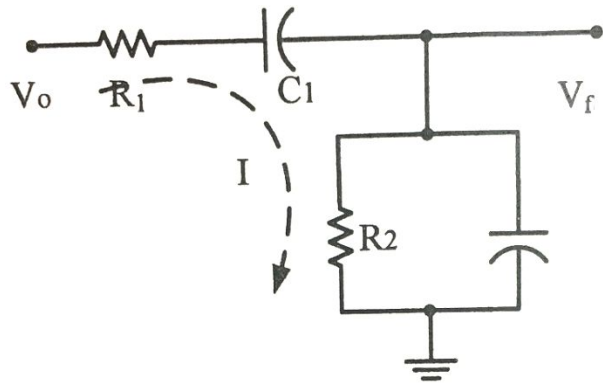
Mạch dao động cầu Wien là một dạng dao động dịch pha, thường dùng mạch khuếch đại thuật toán ráp theo kiểu **khuếch đại không đảo** và **mạch cầu RC** với tần số dao động được xác định bởi R và C (gồm RC nối tiếp và RC mắc song song).



3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien (tt)

Bước 1: Với A là mạch khuếch đại thuật toán ráp theo kiểu khuếch đại không đảo. Sơ đồ mạch cầu Wien được trình bày như hình sau:



Áp dụng cầu phân áp, ta có:

$$V_f = \frac{R_2 // X_{C2}}{(R_1 + X_{C1}) + (R_2 // X_{C2})} \cdot V_o$$

Suy ra:

$$\begin{aligned} \beta = \frac{V_f}{V_o} &= \frac{R_2 // X_{C2}}{(R_1 + X_{C1}) + (R_2 // X_{C2})} = \frac{\frac{R_2 X_{C2}}{R_2 + X_{C2}}}{(R_1 + X_{C1}) + \frac{R_2 X_{C2}}{R_2 + X_{C2}}} \\ &= \frac{R_2 X_{C2}}{R_1 R_2 + R_1 X_{C2} + R_2 X_{C1} + X_{C1} X_{C2} + R_2 X_{C2}} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{X_{C1}}{X_{C2}} + \frac{R_1}{X_{C2}} + \frac{X_{C1}}{R_2}} \end{aligned}$$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien (tt)

Bước 2: Thay $X_{C1} = -j \frac{1}{\omega C_1}$ và $X_{C2} = -j \frac{1}{\omega C_2}$ (và với $j^2 = -1$) vào β và rút gọn, ta được:

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{-j}{\omega C_1} \cdot \frac{\omega C_2}{-j} + R_1 \cdot \frac{\omega C_2}{-j} + \frac{-j}{\omega C_1} \cdot \frac{1}{R_2}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + (-1) \frac{\omega C_2}{j} \cdot R_1 - \frac{j}{\omega C_1 R_2}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + j^2 \frac{\omega C_2}{j} \cdot R_1 - \frac{j}{\omega C_1 R_2}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + j\omega C_2 R_1 - \frac{j}{\omega C_1 R_2}}$$

$$\Leftrightarrow \beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + j(\omega C_2 R_1 - \frac{1}{\omega C_1 R_2})}$$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - **Mạch dao động RC**

b) Mạch dao động cầu Wien (tt)

Bước 3: Cho $b = 0$ để xác định tần số dao động ω_0

Ta có:
$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + j(\omega C_2 R_1 - \frac{1}{\omega C_1 R_2})} \Rightarrow b_1 = \omega C_2 R_1 - \frac{1}{\omega C_1 R_2}$$

Để mạch dao động thì phải thỏa mãn điều kiện cân bằng về pha, nên ta cho $b_1 = 0$.

$$b_1 = R_1 \omega C_2 - \frac{1}{\omega C_1 R_2} = 0$$

$$\Leftrightarrow R_1 \omega C_2 = \frac{1}{\omega C_1 R_2}$$

$$\Leftrightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Vậy mạch sẽ dao động tại tần số:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad \text{hay} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Nếu chọn giá trị linh kiện trong mạch là:
 $C_1 = C_2 = C$ và $R_1 = R_2 = R$ thì tần số dao động của mạch là:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien(tt)

Bước 4: Thay giá trị tần số tín hiệu dao động của mạch vào công thức β ta được:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

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

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



$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}}$$

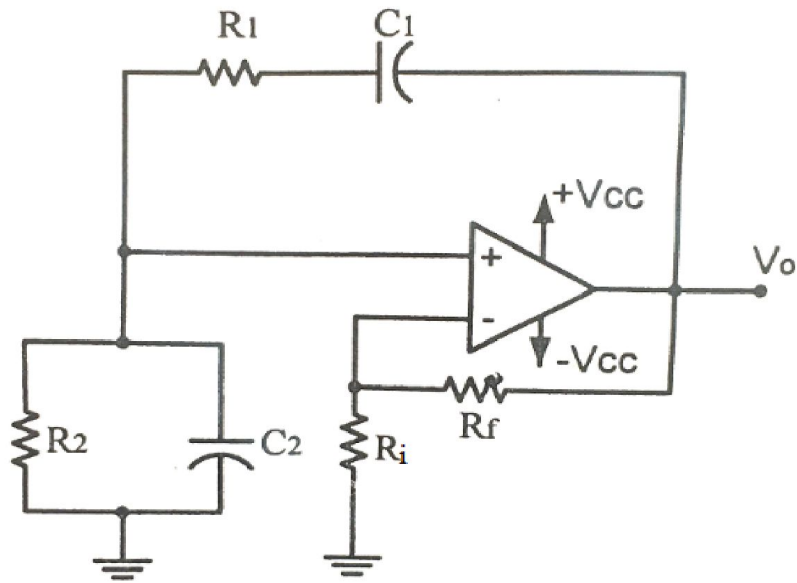
Điều kiện về cân bằng biên độ: $\beta A_v = 1 \Rightarrow A_v = 1/\beta \Rightarrow A_v = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$

Nếu chọn giá trị linh kiện trong mạch là: $C_1 = C_2 = C$ và $R_1 = R_2 = R$ thì tần số dao động của mạch là: $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$, và để mạch duy trì dao động thì mạch khuếch đại A_v phải thỏa: $A_v = 3$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien (tt)

Khảo sát mạch dao động cầu Wien sử dụng Op-Amp (khuếch đại không đảo) như sau:



Do sử dụng mạch khuếch đại không đảo nên ta có:

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 3 \Leftrightarrow \frac{R_f}{R_i} = 2$$

Suy ra: $R_f = 2R_i$

Trường hợp $R_1 \neq R_2$ và $C_1 \neq C_2$ thì tính A_v như sau:

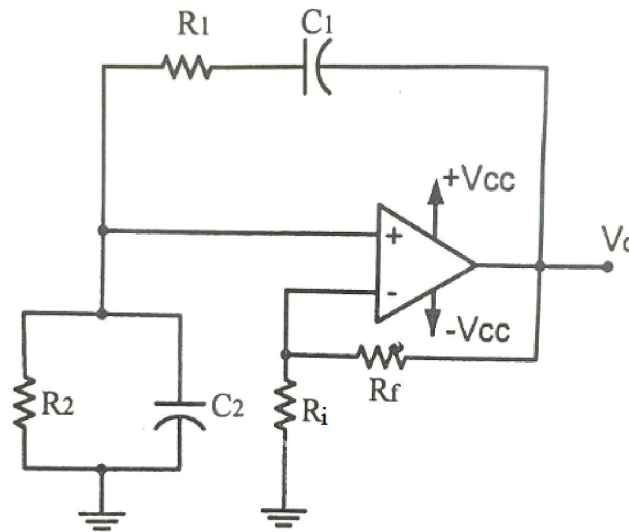
$$A_v = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$$

3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien (tt)

Ví dụ 2: Cho mạch dao động cầu Wien sử dụng Op-Amp như sau. Cho biết $R_1=R_2=R=33k_{\Omega}$, $C_1=C_2=C=10nF$. Giả thiết mạch thỏa mãn điều kiện biên độ và pha.

- a) Xác định tần số dao động.
- b) Tính giá trị của điện trở R_f nếu cho $R_i=47k_{\Omega}$



3. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động RC

b) Mạch dao động cầu Wien (tt)

Ví dụ 2 (tt):

a) Xác định tần số dao động

Thay R và C vào công thức sau:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

b) Tính giá trị của điện trở R_f

Để mạch dao động phải đảm bảo điều kiện về cân bằng biên độ nên ta có:

$$\beta A_v = 1 \Rightarrow A_v = 1/\beta = 3$$

Vậy để mạch duy trì dao động, mạch khuếch đại phải có hệ số khuếch đại:

$A_v = 3$ (mạch khuếch đại không đảo). Do sử dụng mạch khuếch đại không đảo nên ta có:

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 3 \Leftrightarrow \frac{R_f}{R_i} = 2$$

Suy ra: $R_f = 2R_i = 2 \cdot 47 \cdot 10^3 = 94k\Omega$

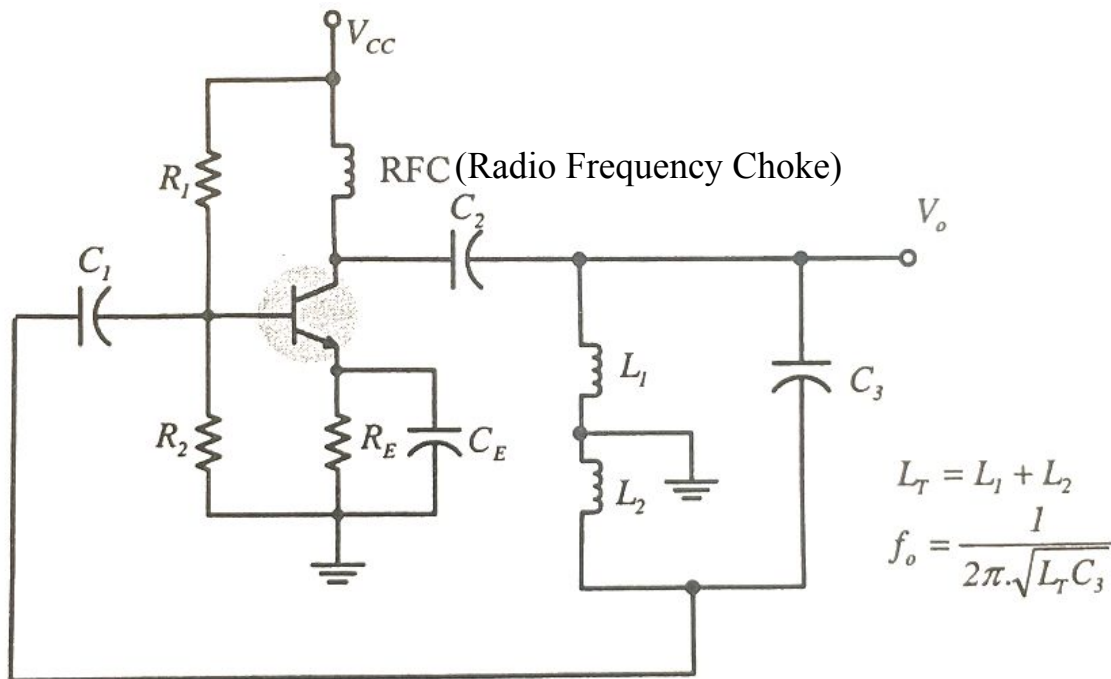
4. Mạch tạo dao động sóng sin

Mạch dao động LC

4. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động LC

Mạch dao động LC hoạt động dựa trên khung cộng hưởng LC, được sử dụng trong mạch dao động tần số cao. Một số mạch dao động LC thông dụng như sau:

a) Mạch dao động Hartley



Tần số dao động của mạch được xác định như sau:

$$\omega L_1 + \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_3} = 0$$

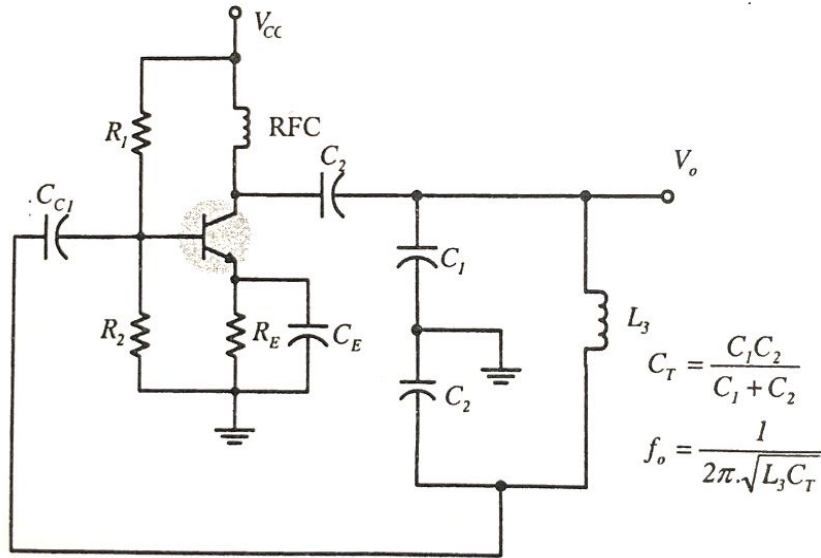
$$\Leftrightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_3(L_1 + L_2)}}$$

hay

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_3(L_1 + L_2)}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_3 L_T}}$$

4. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động LC

b) Mạch dao động Colpitts



Tần số dao động của mạch được xác định như sau:

$$-\frac{1}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2} + \omega L_3 = 0$$

$$\Leftrightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L_3} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)} = \sqrt{\frac{1}{L_3} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right)} = \sqrt{\frac{1}{L_3 C_T}} = \frac{1}{\sqrt{L_3 C_T}}$$

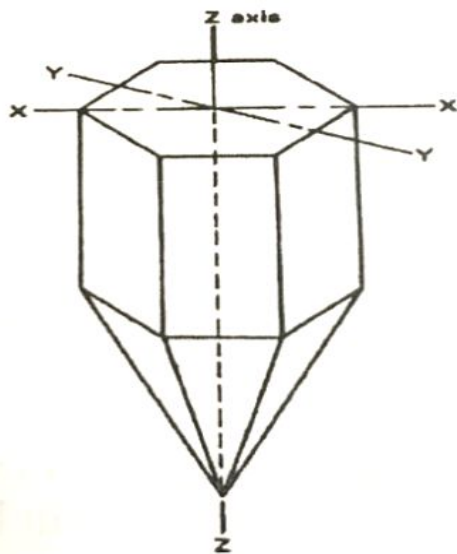
Hay:
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_3 C_T}}$$

4. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động LC

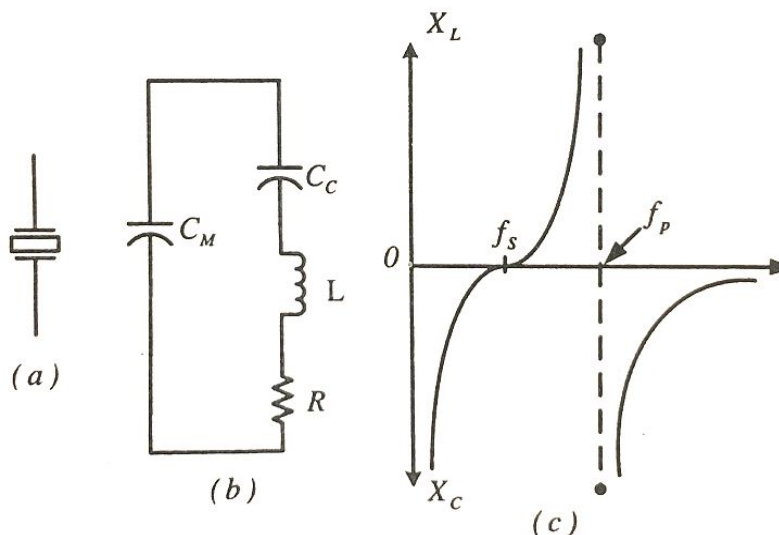
c) Mạch dao động thạch anh

Các mạch dao động LC có nhược điểm là tần số dao động không ổn định do các giá trị L và C bị thay đổi theo nhiệt độ, độ ẩm, ... Để tín hiệu ngõ ra của mạch dao động có độ ổn định cao thì thường sử dụng các mạch dao động dùng thạch anh. Do tính chất của tinh thể thạch anh có thể cho ra những tần số dao động chuẩn không phụ thuộc vào điều kiện của môi trường. Tần số dao động của mạch chỉ phụ thuộc vào kích thước của tinh thể thạch anh, đặc biệt là bề dày của tinh thể thạch anh.

Do đặc tính của thạch anh hoạt động như mạch cộng hưởng của tinh thể áp điện, nên có thể mô phỏng mạch điện tương đương của nó như hình sau:



Tinh thể thạch anh



(a) Ký hiệu thạch anh; (b) Mạch điện tương đương; (c) Đáp ứng tần số

Trong đó:

C_M : điện dung giá đỡ

C_C : điện dung của phiến thạch anh

L : điện cảm của phiến thạch anh

R : điện trở của phiến thạch anh (tổn hao của thạch anh khi dao động)

f_s : tần số cộng hưởng nối tiếp

f_p : tần số cộng hưởng song song

4. Mạch tạo dao động sóng sin - Mạch dao động LC

c) Mạch dao động thạch anh (tt)

Ta có:

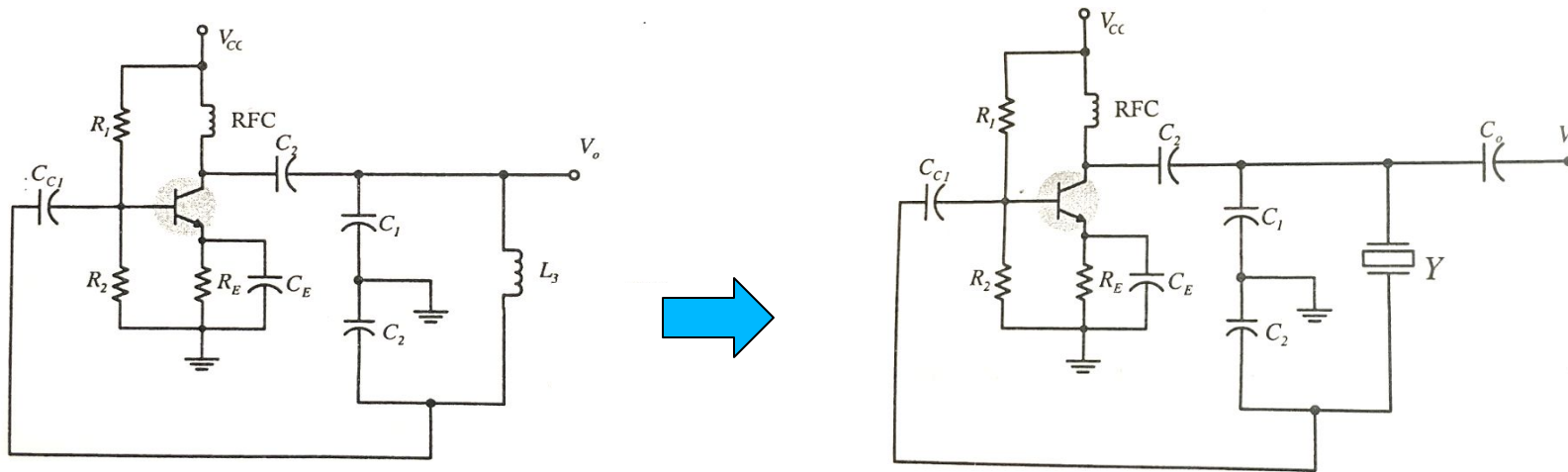
- Tần số cộng hưởng nối tiếp là:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_C}}$$

- Tần số cộng hưởng song song là:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_C}} \sqrt{1 + \frac{C_C}{C_M}}$$

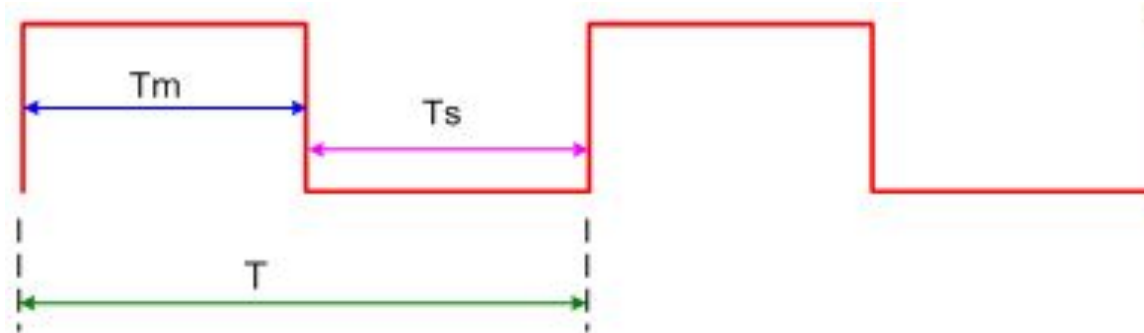
Vậy có thể sử dụng thạch anh để thay thế một mạch LC nối tiếp hay mạch LC song song. Ví dụ: mạch dao động Colpitts dùng thạch anh như sau:



5. Mạch dao động tạo xung vuông

5. Mạch dao động tạo xung vuông

- Tín hiệu xung vuông là một dao động điện rất phổ biến trong lĩnh vực điều khiển tự động. Thông thường các mạch tạo xung vuông được thiết kế để tạo ra các xung điện vuông có tần số và chu kỳ ổn định để làm bộ đếm, bộ định thời gian nhằm thực hiện quá trình tự động hoá.
- Mạch tạo xung vuông thường được xây dựng trên quá trình phóng và nạp của tụ điện, tần số của dao động của mạch phụ thuộc vào khoảng thời gian nạp và phóng của tụ điện.



5. Mạch dao động tạo xung vuông

a) Mạch dao động đa hài dùng BJT

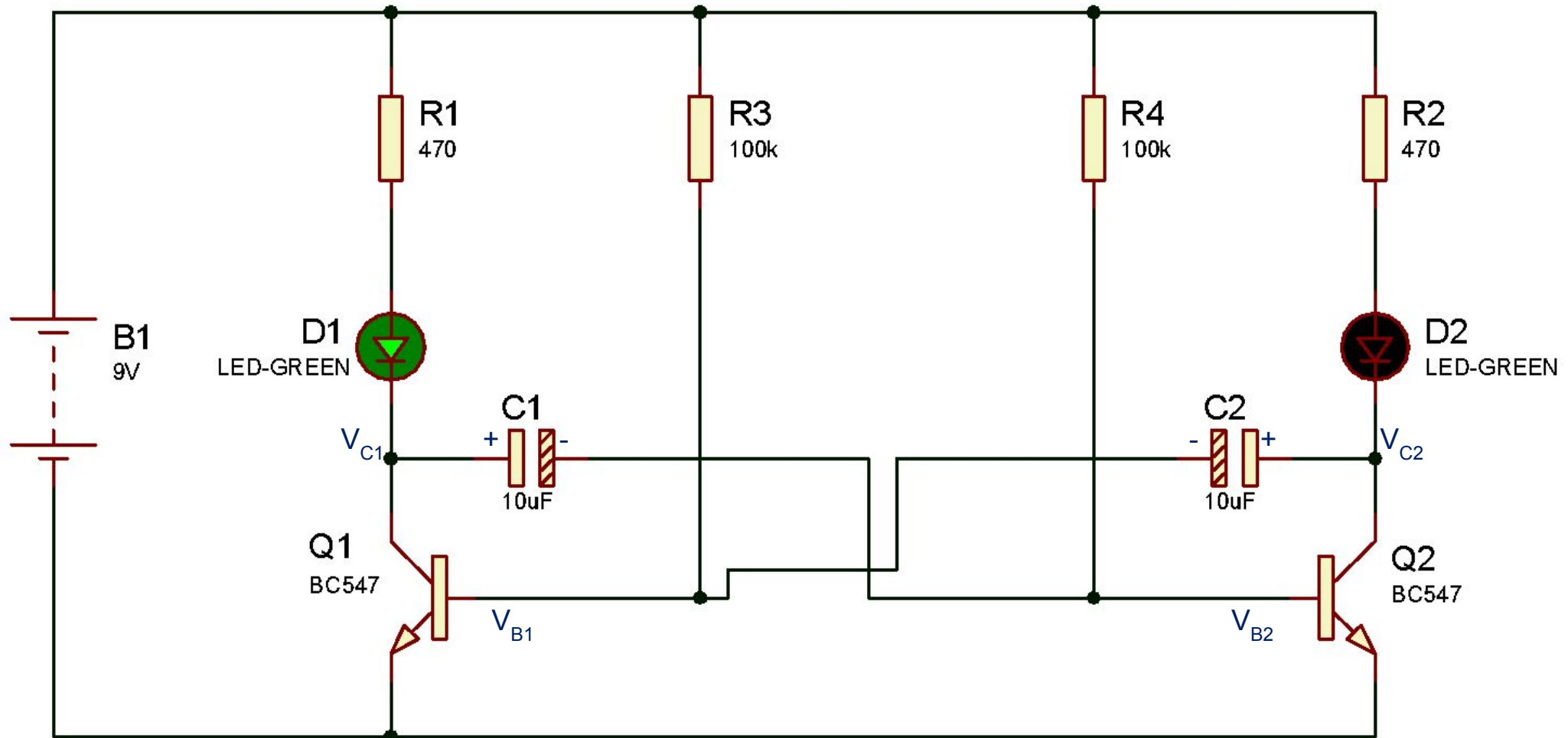
Trạng thái cân bằng của mạch (một BJT dẫn và một BJT ngắt) chỉ ổn định trong một khoảng thời gian nhất định nào đó rồi tự động lật lại trạng thái kia và ngược lại. Hai trạng thái này của mạch đa hài tự dao động còn được gọi là các trạng thái chuẩn cân bằng.

Ở đó, những thay đổi tương đối chậm của dòng điện và điện áp giữa các điểm trong sơ đồ mạch dẫn tới một trạng thái tới hạn mà tại đó có những điều kiện để tự động chuyển đột ngột từ trạng thái này sang trạng thái khác.

5. Mạch dao động tạo xung vuông

a) Mạch dao động đa hài dùng BJT (tt)

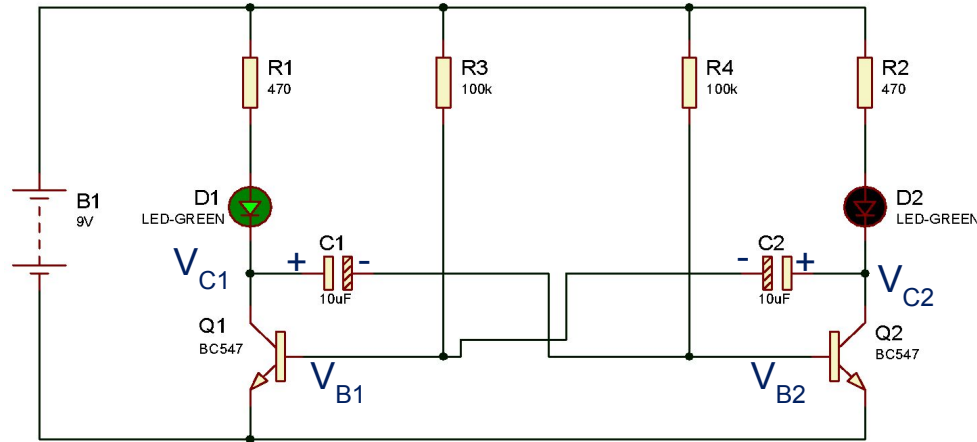
Xem xét mạch dao động đa hài dùng BJT như hình sau:



5. Mạch dao động tạo xung vuông

a) Mạch dao động đa hài dùng BJT (tt)

Xem xét mạch dao động đa hài dùng BJT như hình sau:



Nguyên lý hoạt động:

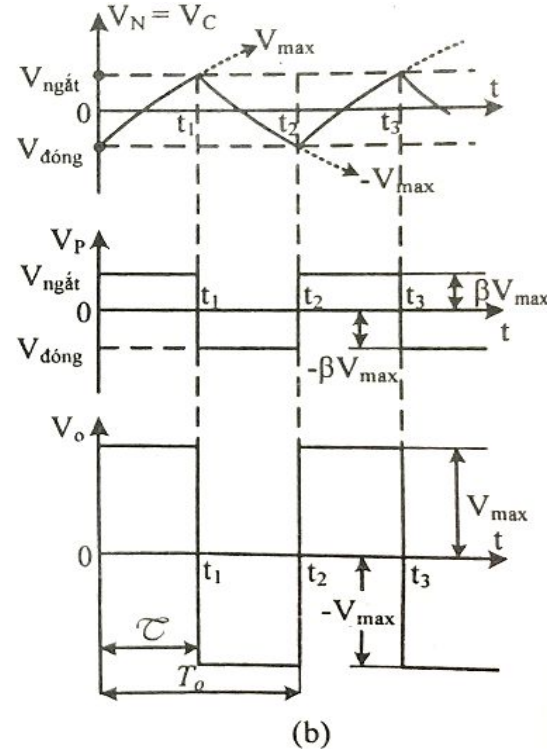
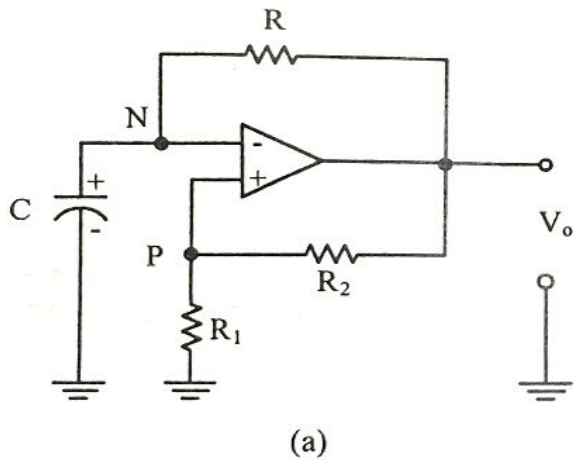
Khi cấp nguồn, giả sử transistor Q1 dẫn trước, áp V_{C1} của transistor Q1 giảm \Rightarrow thông qua C1 làm áp V_{B2} của transistor Q2 giảm \Rightarrow Q2 tắt \Rightarrow áp V_{C2} của transistor Q2 tăng và nạp vào tụ C2 \Rightarrow thông qua C2 làm áp V_{B1} của transistor Q1 tăng \Rightarrow xác lập trạng thái Q1 dẫn bão hoà và Q2 tắt, lúc này LED D1 sáng và LED D2 tắt.

Sau khoảng thời gian t, dòng nạp qua R4 vào tụ C1 khi điện áp này lớn hơn 0,6V thì transistor Q2 dẫn \Rightarrow áp V_{C2} của transistor Q2 giảm \Rightarrow thông qua C2 làm áp V_{B1} của transistor Q1 giảm \Rightarrow Q1 tắt \Rightarrow áp V_{C1} của transistor Q1 tăng và nạp vào tụ C1 \Rightarrow thông qua C1 làm áp V_{B2} của transistor Q2 tăng \Rightarrow xác lập trạng thái Q2 dẫn bão hoà và Q1 tắt, lúc này LED D2 sáng và LED D1 tắt. Trạng thái lặp đi lặp lại và tạo thành dao động xung vuông. Chu kỳ dao động phụ thuộc vào C1, C2 và R3, R4.

5. Mạch dao động tạo xung vuông

b) Mạch dao động đa hài dùng Op-Amp

Xem xét mạch đa hài trên cơ sở bộ khuếch đại thuật toán được trình bày như hình sau:



Nguyên lý hoạt động:

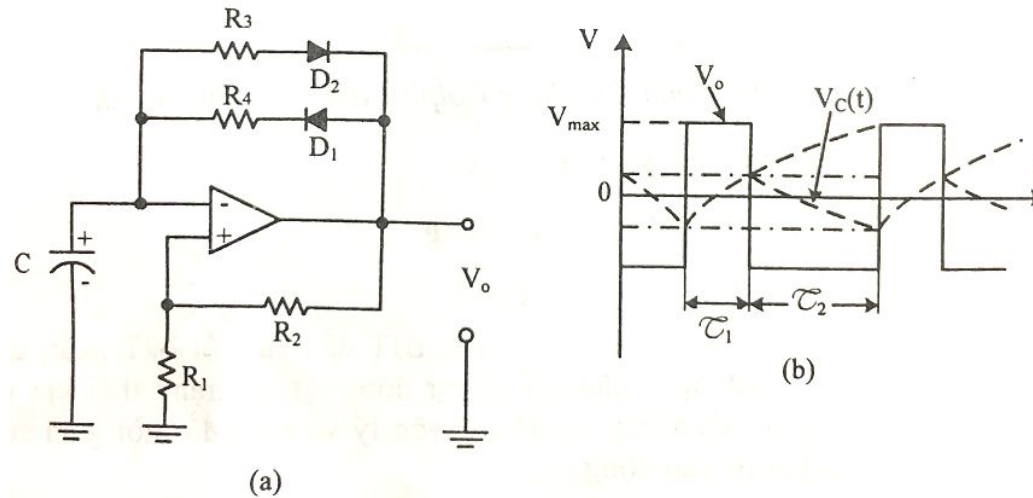
Giả sử ban đầu Op-Amp bão hoà dương $V_o = +V_{CC}$, khi đó điện áp trên đầu vào V_N tăng lên nhờ quá trình nạp tụ C cho đến khi đạt tới ngưỡng lật ($V_N > V_P$) thì sơ đồ chuyển trạng thái và điện áp ra $V_o = -V_{CC}$.

Sau đó điện áp đầu vào V_N giảm dần nhờ quá trình phóng điện của tụ điện C cho đến khi đạt tới ngưỡng lật ($V_N < V_P$) thì sơ đồ chuyển trạng thái và điện áp ra $V_o = +V_{CC}$.

5. Mạch dao động tạo xung vuông

b) Mạch dao động đa hài dùng Op-Amp (tt)

Khi cần thiết kế mạch dao động đa hài có độ ổn định tần số cao và có khả năng điều chỉnh tần số ta có thể sử dụng các mạch phức tạp hơn. Hình sau trình bày sơ đồ nguyên lý và giản đồ sóng của mạch dao động đa hài không đối xứng.



Tụ điện C được nạp qua (R_4 , D_1) và phóng qua (R_3 , D_2). Nếu chọn R_3 khác R_4 , khi đó ta có:

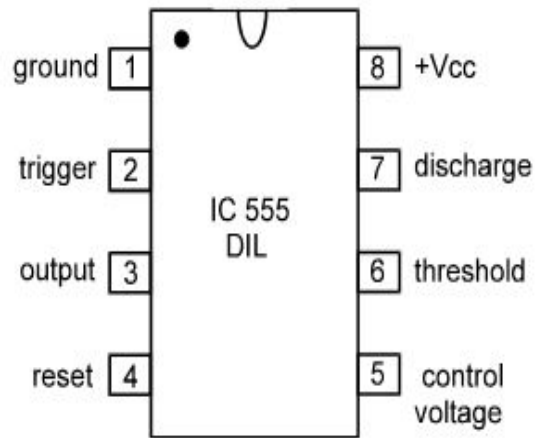
$$\tau_1 = R_4 C \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right) \quad \Rightarrow \quad T = \tau_1 + \tau_2 = C(R_3 + R_4) \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right) \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{1}{T}$$

$\tau_2 = R_3 C \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$ Bằng cách thay đổi giá trị R_3 và R_4 ta sẽ thay đổi được độ rộng xung trong khi chu kỳ của tín hiệu vẫn giữ nguyên không đổi.

5. Mạch dao động tạo xung vuông

c) Mạch dao động tạo xung vuông dùng IC 555

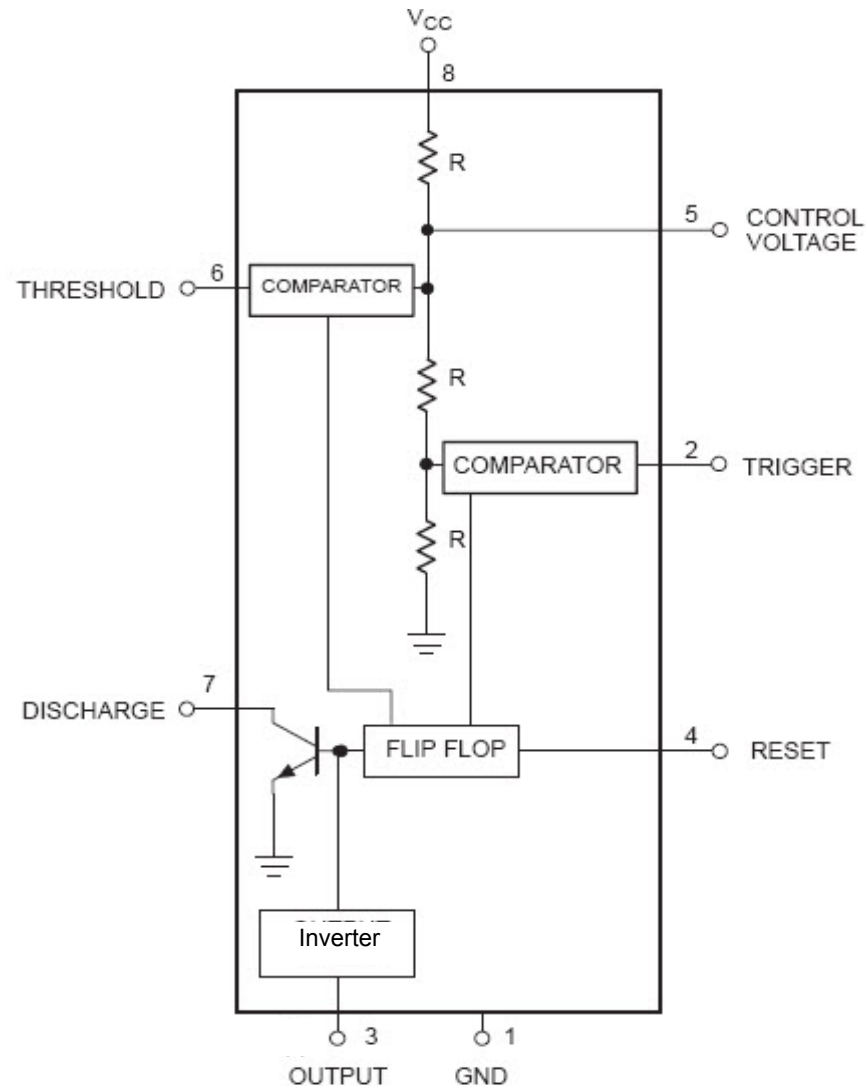
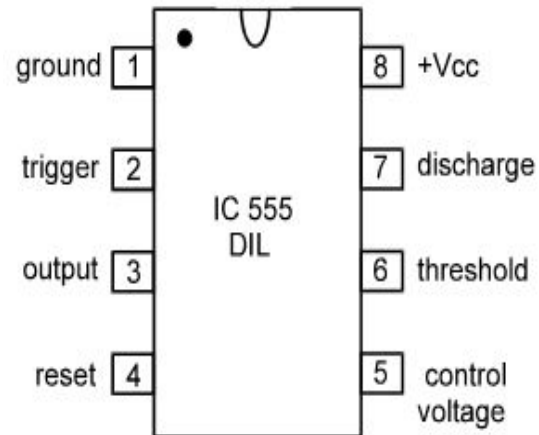
Loại IC thông dụng được sử dụng để tạo dao động xung vuông là IC XX555 (XX có thể là TA hoặc LA, ...). Sơ đồ chân của IC 555 được trình bày như hình sau:



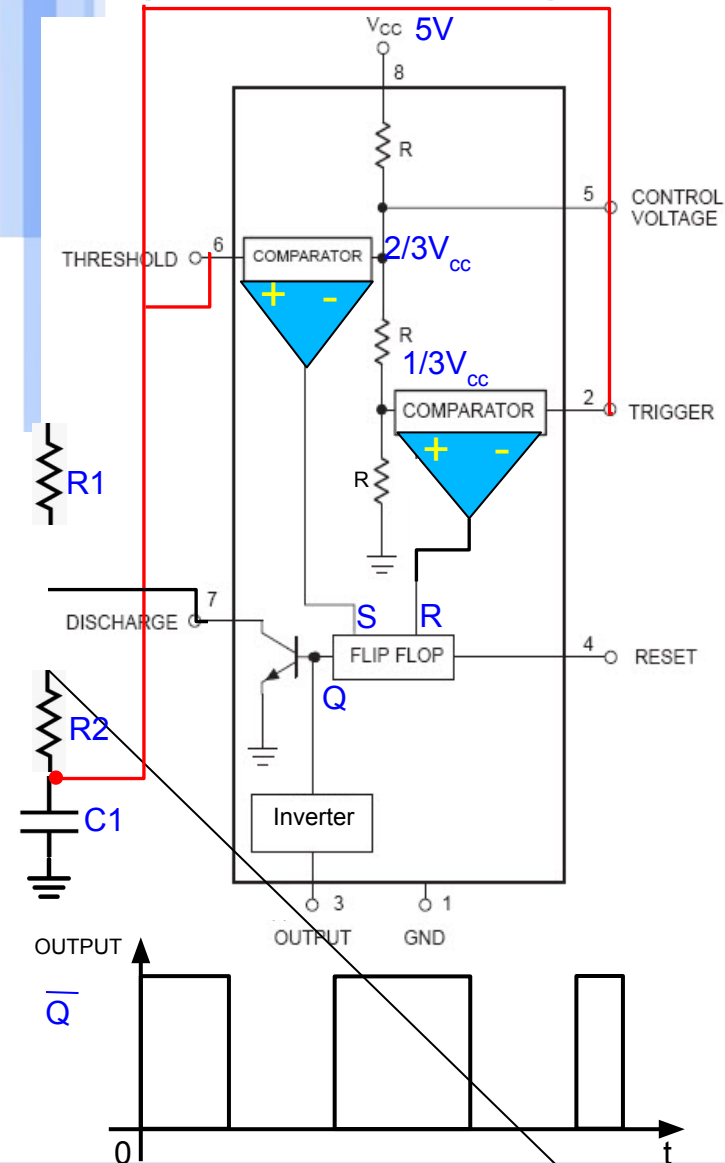
- Chân 1 (GND): Chân nối đất để lấy dòng.
- Chân 2 (Trigger): Chân so áp với mức áp chuẩn là $1/3$ mức nguồn (V_{cc}).
- Chân 3 (Output): Chân ngõ ra, tín hiệu trên chân 3 có dạng xung (mức thấp/mức cao).
- Chân 4 (Reset): Chân xác lập trạng thái trên chân 3. Khi chân 4 ở mức thấp, chân 3 bị chốt ở mức thấp, khi chân 4 ở mức cao, lúc đó chân 3 mới có thể biến đổi theo Flip-Flop. Do vậy trong các mạch dao động, thường cho chân 4 nối vào mức cao.
- Chân 5 (Control Voltage): Chân làm thay đổi mức áp chuẩn trong IC 555.
- Chân 6 (Threshold): Chân so áp với mức áp chuẩn là $2/3$ mức nguồn (V_{cc}).
- Chân 7 (Discharge): Chân này như là một khoá điện đóng/mở theo mức áp trên chân số 3, thường dùng cho tụ xả điện.
- Chân 8 (V_{cc}): Chân nối vào đường nguồn V_{cc} . IC 555 làm việc với mức nguồn từ 3V đến 15V.

5. Mạch dao động tạo xung vuông

c) Mạch dao động tạo xung vuông dùng IC 555 (tt)



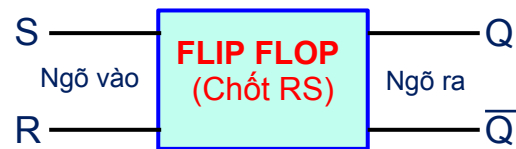
c) Mạch dao động tạo xung vuông dùng IC 555 (tt)



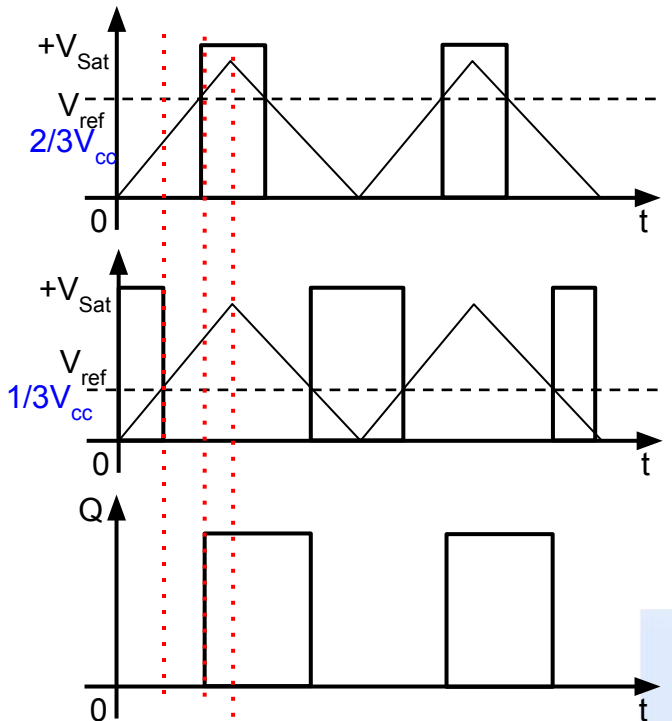
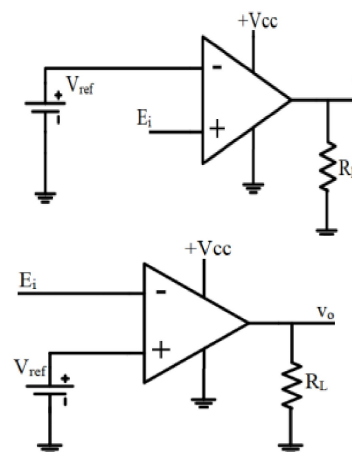
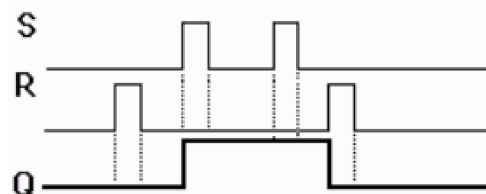
Chân 1 nối GND và chân 8 nối vào nguồn Vcc, là một cầu chia áp với 3 điện trở bằng nhau (đều là 5K). Cầu chia áp này tạo ra 2 mức áp ngưỡng:

- **Mức áp ngưỡng thứ 1 là:** $1/3$ mức áp nguồn ($1/3 V_{cc}$) dùng làm mức áp ngưỡng cho tầng so áp thứ 1, với tín hiệu vào trên chân số 2. Nếu mức áp trên chân 2 xuống thấp hơn $1/3 V_{cc}$ thì ngõ ra trên chân 3 sẽ lên mức cao.

- **Mức áp ngưỡng thứ 2 là:** $2/3$ mức áp nguồn ($2/3 V_{cc}$) dùng làm mức áp ngưỡng cho tầng so áp thứ 2, với tín hiệu vào trên chân số 6. Nếu mức áp trên chân 6 lên cao hơn $2/3 V_{cc}$ thì ngõ ra trên chân 3 sẽ xuống mức thấp.



| S | R | Q | \overline{Q} |
|---|---|-------|------------------|
| 0 | 0 | Q_0 | $\overline{Q_0}$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | Cắm | |

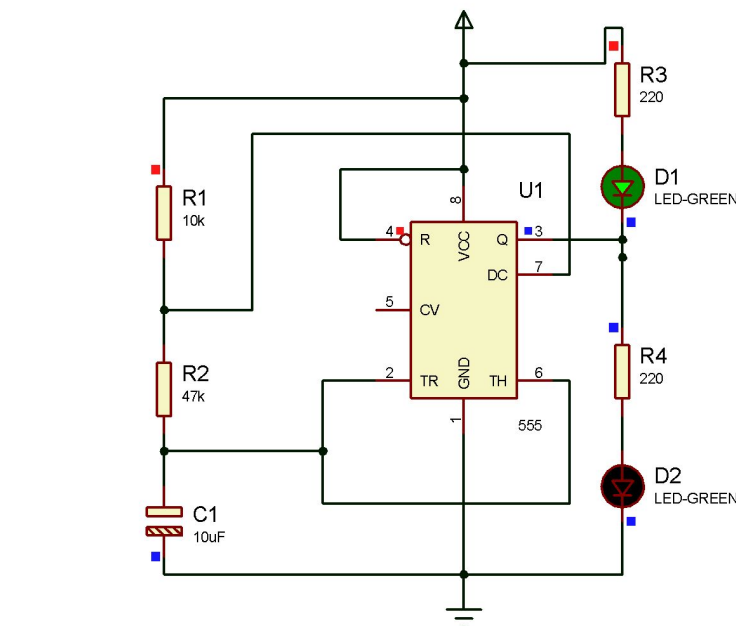


Flip-flop đôi khi gọi là chốt (latch): được sử dụng để lưu trữ thông tin trạng thái.

5. Mạch dao động tạo xung vuông

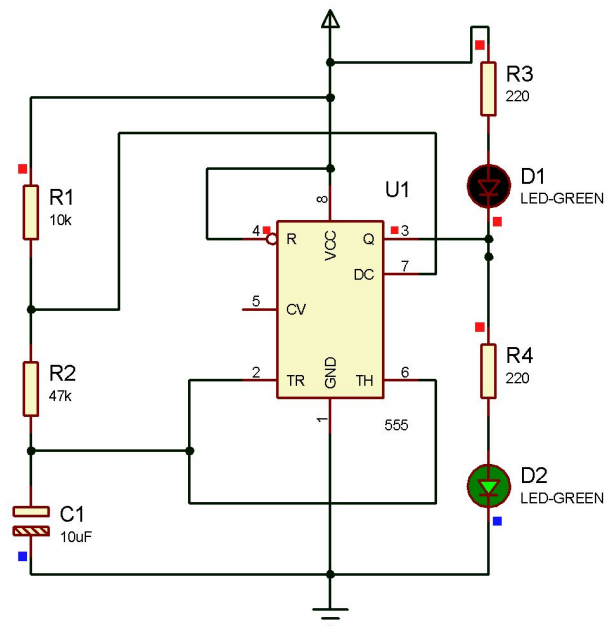
c) Mạch dao động tạo xung vuông dùng IC 555 (tt)

Xem xét mạch tạo dao động xung vuông sử dụng IC 555 như hình sau:



Tần số dao động tính bằng (Hz):

$$f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1,4}{(R_1 + 2R_2) \cdot C_1}$$



T_m : thời gian điện áp mức cao:

$$T_m = \ln 2 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1 = 0,7 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

T_s : thời gian điện áp mức thấp:

$$T_s = \ln 2 \cdot R_2 \cdot C_1 = 0,7 \cdot R_2 \cdot C_1$$

T : chu kỳ toàn phần, bao gồm thời gian có điện áp mức cao

T_m và thời gian có điện mức thấp T_s .

$$\text{Suy ra: } T = T_m + T_s = 0,7 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1 + 0,7 \cdot R_2 \cdot C_1 \\ = 0,7 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C_1$$

Khi thay đổi giá trị các điện trở R_1 , R_2 và giá trị tụ C_1 sẽ thu được tần số dao động.