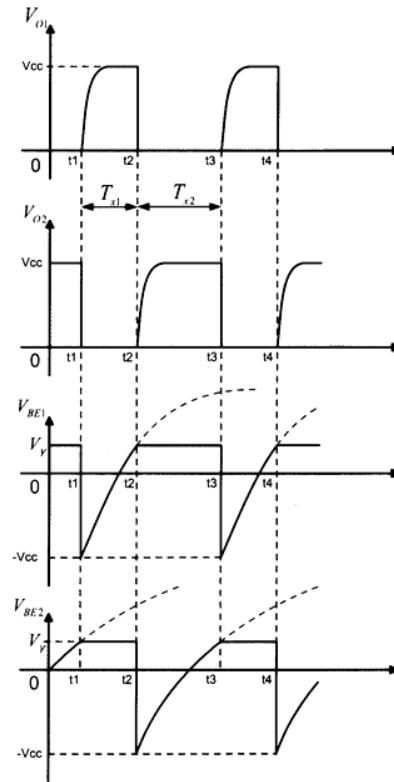
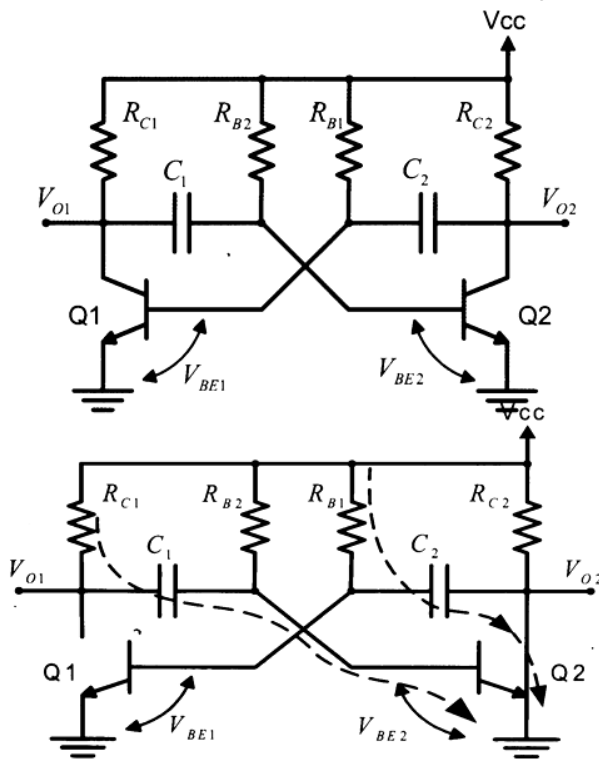


# KỸ THUẬT XUNG



Biên soạn: NGUYỄN THẾ KỶ SƯƠNG  
PHẠM HỮU LỘC

(Sử dụng cho hệ Đại học)  
Lưu hành nội bộ

NĂM 2009

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP. HỒ CHÍ MINH  
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN TỬ

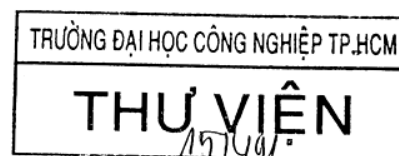


# KỸ THUẬT XUNG

*(Sử dụng cho hệ Đại học)*

Biên soạn: NGUYỄN THẾ KỲ SƯƠNG  
PHẠM HỮU LỘC

LƯU HÀNH NỘI BỘ  
2009



# MỤC LỤC

## Chương 1: TÍN HIỆU XUNG VÀ MẠCH RLC

1.1 Khái niệm và các dạng xung.....	1
1.2 Các thông số của tín hiệu xung .....	3
1.3 Mạch lọc.....	4
1.3.1 Mạch lọc RC .....	4
1.3.2 Mạch lọc RL .....	8
1.3.3 Mạch lọc LC .....	9
1.4 Mạch tích phân .....	9
1.4.1 Mạch tích phân RC .....	9
1.4.2 Mạch tích phân RL.....	12
1.4.3 Mạch tích phân dùng Op-Amp .....	13
1.5 Mạch vi phân.....	13
1.5.1 Mạch vi phân RC .....	13
1.5.2 Mạch vi phân RL .....	16
1.5.3 Mạch vi phân dùng Op-Amp.....	17

## Chương 2: MẠCH XÉN VÀ MẠCH GHIM ĐIỆN ÁP

2.1 Mạch xén .....	18
2.1.1 Mạch xén song song.....	19
2.1.2 Mạch xén nối tiếp.....	22
2.2 Mạch ghim.....	25
2.2.1 Mạch ghim đỉnh trên .....	25
2.2.2 Mạch ghim đỉnh dưới.....	27

## Chương 3: MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI

3.1 Mạch dao động đa hài dùng BJT .....	29
3.1.1 Trạng thái tắt, dẫn bão hòa của BJT .....	29
3.1.2 Mạch dao động lưỡng ổn (bistable).....	30

3.1.3 Mạch dao động đơn ổn (monostable) .....	31
3.1.4 Mạch dao động bất ổn (astable).....	34
3.2 Mạch dao động đa hài dùng Op-Amp.....	37
3.2.1 Trạng thái bão hoà của Op-Amp và mạch so sánh.....	37
3.2.2 Mạch dao động đơn ổn (monostable) .....	38
3.2.3 Mạch dao động bất ổn (astable).....	39
3.3 Dao động dùng vi mạch LM555.....	41
3.3.1 Cấu tạo vi mạch LM555.....	41
3.3.2 Mạch dao động đơn ổn (monostable) .....	43
3.3.3 Mạch dao động bất ổn (astable).....	45

#### **Chương 4: CÁC MẠCH TẠO XUNG KHÁC**

4.1 Dao động blocking .....	47
4.2 Mạch Schmitt trigger .....	49
4.2.1 Mạch dùng BJT.....	49
4.2.2 Mạch dùng Op-Amp .....	50
4.3 Mạch dao động dùng UJT .....	50

# Chương 1

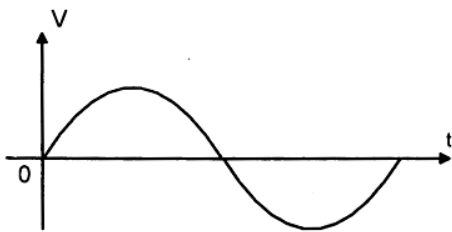
## TÍN HIỆU XUNG VÀ MẠCH RLC

### 1.1 Khái niệm và các dạng xung

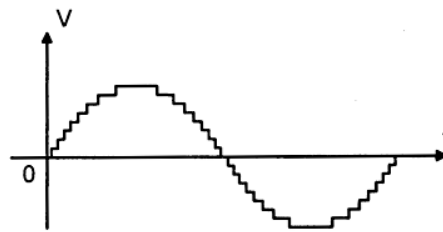
#### 1.1.1 Khái niệm

Tín hiệu tương tự (analog) là tín hiệu có biên độ và thời gian liên tục.

Tín hiệu lượng tử là tín hiệu có biên độ rời rạc, thời gian liên tục.



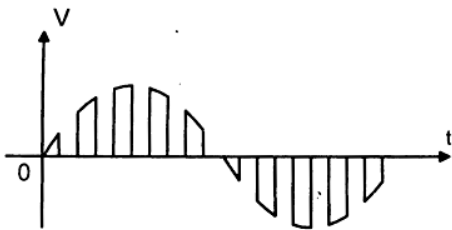
Hình 1.1 Tín hiệu tương tự



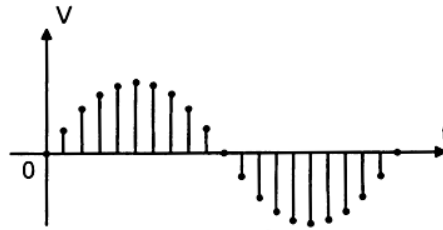
Hình 1.2 Tín hiệu lượng tử

Tín hiệu rời rạc là tín hiệu có biên độ liên tục, thời gian rời rạc.

Tín hiệu số (digital) là tín hiệu có biên độ rời rạc, thời gian rời rạc.



Hình 1.3 Tín hiệu rời rạc



Hình 1.4 Tín hiệu số

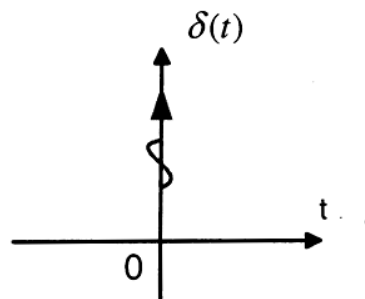
Tín hiệu xung là tín hiệu không liên tục. Đặc điểm chung là thời gian tồn tại rất nhỏ.

#### 1.1.2 Các dạng xung thường gặp

##### a. Xung Dirac

Ký hiệu:  $\delta(t)$

$$\text{Định nghĩa: } \begin{cases} \delta(t) = 0, & t \neq 0 \\ \int_{-\epsilon}^{\epsilon} \delta(t).dt = 1, & \epsilon > 0 \end{cases}$$

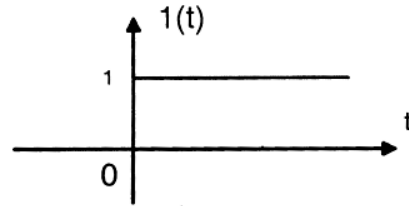


Hình 1.5 Xung Dirac

b. Hàm bước

Ký hiệu:  $1(t)$

$$\text{Định nghĩa: } 1(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$



Hình 1.6 Hàm bước

Từ định nghĩa hàm bước ở trên hãy vẽ các hàm sau:

$$x_1(t) = 1(t-1)$$

$$x_2(t) = 1(t+2)$$

$$x_3(t) = 2 \cdot 1(t-1)$$

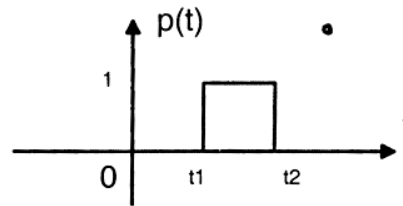
$$x_4(t) = -3 \cdot 1(t+1)$$

$$x_5(t) = 1(t) + 1(t-1) + 1(t-2) - 3 \cdot 1(t-3)$$

c. Xung vuông

Ký hiệu:  $p(t)$

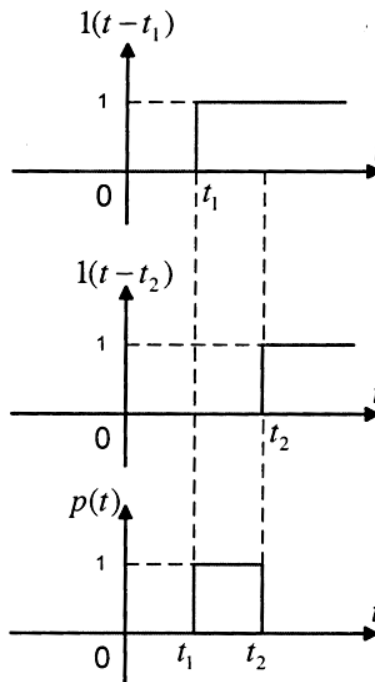
$$\text{Định nghĩa: } p(t) = \begin{cases} 0, & t < t_1, t > t_2 \\ 1, & t_1 \leq t \leq t_2 \end{cases}$$



Hình 1.7 Xung vuông

Ta có thể biểu diễn xung vuông trên theo hàm bước như sau:

$$p(t) = 1(t-t_1) - 1(t-t_2)$$

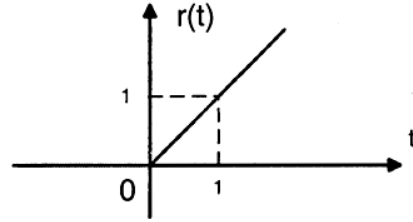


Hình 1.8 Biểu diễn xung vuông theo hàm bước

d. Hàm dốc

Ký hiệu:  $r(t)$

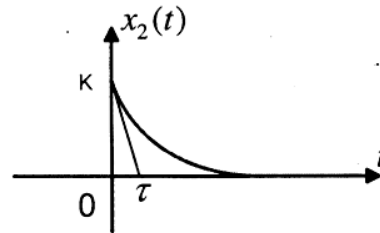
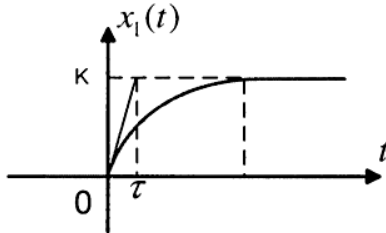
Định nghĩa:  $r(t) = \begin{cases} t, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$



Hình 1.9 Hàm dốc

e. Hàm mũ

Gọi  $x_1(t)$  và  $x_2(t)$  là các hàm mũ như hình vẽ sau:



Hình 1.10 Hàm mũ

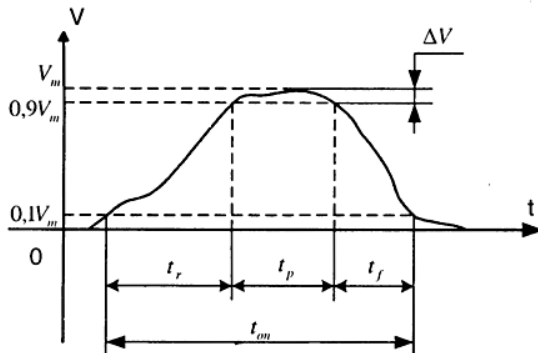
Chúng được biểu diễn bằng các biểu thức sau:

$$x_1(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})u(t)$$

$$x_2(t) = Ke^{-\frac{t}{\tau}}u(t)$$

### 1.2 Các thông số của tín hiệu xung

Trên thực tế tín hiệu xung rất đa dạng. Để đặc trưng cho một tín hiệu xung bất kỳ ta có các thông số cơ bản sau:



$V_m$ : Biên độ xung.

$\Delta V$ : Độ sụt áp đỉnh xung.

$t_r$ : Độ rộng sườn trước.

$t_p$ : Độ rộng đỉnh xung.

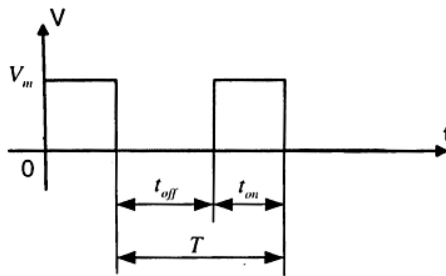
$t_f$ : Độ rộng sườn sau.

$t_{on}$ : Độ rộng xung thực tế.

Hình 1.11 Các thông số của tín hiệu xung

- Độ rộng sườn trước, độ rộng sườn sau là thời gian biên độ xung tăng hay giảm trong khoảng  $0,1V_m$  đến  $0,9V_m$ .
- Độ rộng đỉnh xung là thời gian xung có biên độ nằm trong khoảng từ  $0,9V_m$  đến  $V_m$  ứng với đoạn đỉnh.
- Độ rộng xung thực tế là:  $t_{on} = t_r + t_p + t_f$
- Độ sụt áp đỉnh xung  $\Delta V$  là độ giảm biên độ ở phần đỉnh xung.

Đối với các dãy xung tuần hoàn người ta còn có những thông số đặc trưng cho chuỗi xung như tần số, chu kỳ và độ rộng xung.



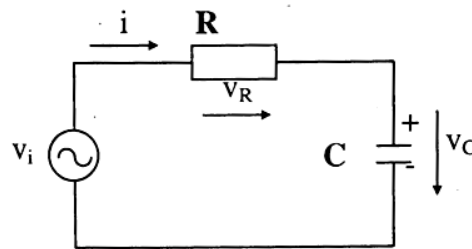
- $V_m$ : Biên độ xung.
- $t_{on}$ : Độ rộng xung.
- $t_{off}$ : Thời gian không có xung.
- $T$ : Chu kỳ

Hình 1.12 Chuỗi xung tuần hoàn

- Chu kỳ xung:  $T = t_{on} + t_{off}$  (s)
- Tần số là số xung xuất hiện trong một đơn vị thời gian, được tính theo công thức:  $f = \frac{1}{T}$  (Hz)
- Độ rộng của xung là tỉ số giữa chu kỳ  $T$  và độ rộng xung  $t_{on}$ , được tính theo công thức:  $Q = \frac{T}{t_{on}}$
- Nghịch đảo của độ rộng  $Q$  được gọi là hệ số đầy xung, được tính theo công thức:  $\eta = \frac{t_{on}}{T}$
- Chu trình làm việc  $D$  (Duty Cycle):  $D = \frac{t_{on}}{T} 100\%$

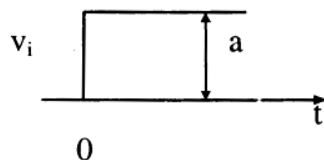
### 1.3 Mạch lọc

#### 1.3.1 Mạch lọc RC



Hình 1.13 Mạch RC

#### a. Phản ứng với hàm đột biến điện áp: $v_i = a.1(t)$



- $t < 0$ :  $v_i = 0, i = 0$   
 $v_R = 0, v_C = 0$
- $t = 0$ :  $v_i = a$



Mặt khác:  $v_i = v_C + v_R$

Mà  $v_C = 0$  (Điện áp trên tụ không đột biến).

Do đó:  $v_R = a \Rightarrow i = \frac{v_R}{R} = \frac{a}{R}$

□  $t > 0$  : Tụ C nạp bằng dòng điện  $i = \frac{v_i - v_C}{R}$

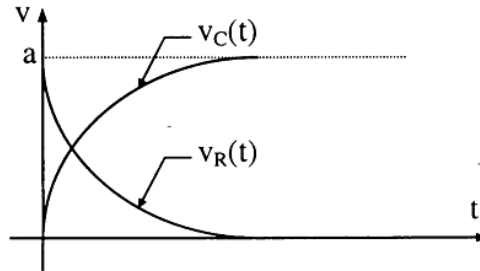
$v_C$  tăng dần,  $\Rightarrow i$  giảm dần,  $v_R$  giảm dần.

□  $t = \infty$  : Mạch xác lập.

Tụ C nạp đầy với  $v_C = v_i = a$ ,  $v_R = 0$ ,  $i = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_R = a.e^{-t/\tau} \\ v_C = a.(1 - e^{-t/\tau}) \end{cases}$$

$\tau = RC$  : Được gọi là thời hằng.



$\tau$  đặc trưng cho tốc độ diễn ra quá trình quá độ.  $\tau$  càng lớn, quá trình quá độ càng kéo dài, mạch lâu xác lập.

**b. Phản ứng với xung vuông:**



□ Phân tích  $v_i$  thành tổng các hàm cơ bản, ta có:

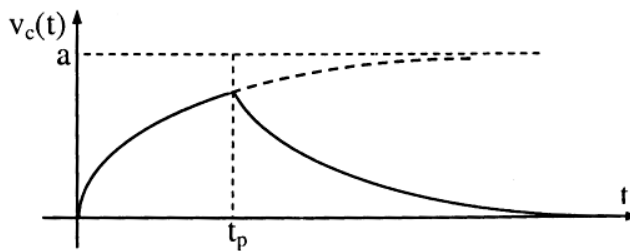
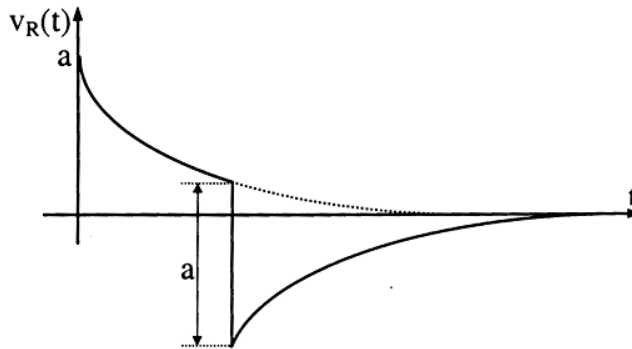
$$v_i = v_1 + v_2$$

Với :

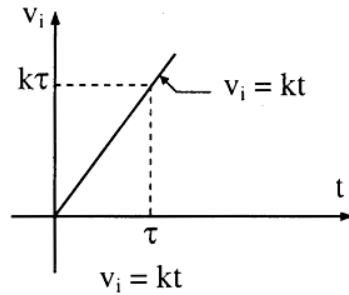
$$\begin{cases} v_1 = a.1(t) \\ v_2 = -a.1(t - t_p) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_R = a.e^{-t/\tau} - a.e^{-(t-t_p)/\tau} \\ v_C = a.(1 - e^{-t/\tau}) - a.(1 - e^{-(t-t_p)/\tau}) \end{cases}$$

- Quá trình vật lý trong mạch:
  - $t < 0$  :  $v_i = 0$  ,  $i = 0$  ,  $v_C = 0$  ,  $v_R = 0$
  - $0 \leq t < t_p$  :  $v_i = a$  ; tụ C nạp điện bằng dòng  $i = \frac{v_i - v_C}{R}$ .  
 $v_C$  tăng dần,  $\Rightarrow$   $i$  giảm dần,  $v_R$  giảm.
  - $t_p \leq t$  :  $v_i = 0$  , tụ C phóng điện qua R, với dòng  $i = -\frac{v_C}{R}$ .  
 Điện áp  $v_R$  giảm dần đến 0.

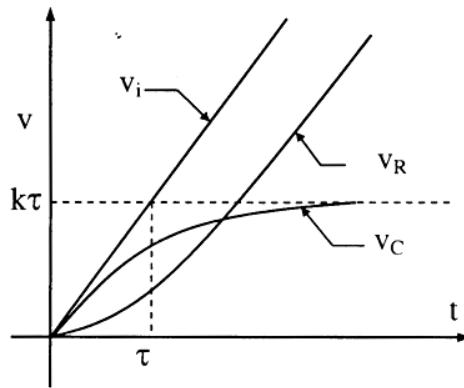


c. Phản ứng với hàm tuyến tính:



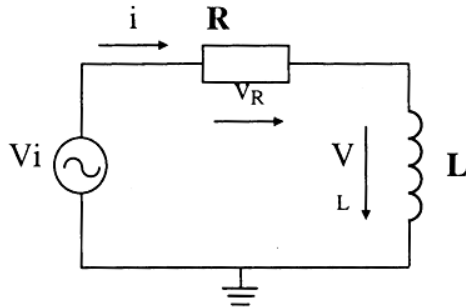
Bằng cách lý luận tương tự, ta có:

$$\begin{cases} v_R = k\tau.(1 - e^{-t/\tau}) \\ v_C = v_i - v_R = kt - k\tau.(1 - e^{-t/\tau}) \end{cases}$$



- Mạch RC lấy tín hiệu ra trên tải C thì được gọi là mạch lọc thông thấp (hạ thông). Nếu mạch lọc thông thấp có thời hằng rất lớn thì được gọi là mạch tích phân.
- Mạch RC lấy tín hiệu ra trên tải R thì được gọi là mạch lọc thông cao (thượng thông). Nếu mạch lọc thông cao có thời hằng rất nhỏ thì được gọi là mạch vi phân.

1.3.2 Mạch lọc RL



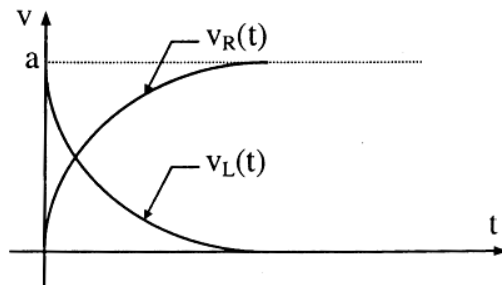
Hình 1.14 Mạch RL

a. Phản ứng với hàm đột biến điện áp:  $v_i = a.1(t)$

- $t < 0$  :  $v_i = 0$   
Suy ra:  $v_R = 0, v_L = 0$
- $t = 0$  :  $v_i = a$   
Suy ra:  $i = 0$  ( dòng qua cuộn dây không đột biến ).  
 $v_R = 0$   
 $v_L = v_i - v_R = a$
- $t > 0$  : Dòng qua cuộn dây tăng dần,  $v_R$  tăng,  $v_L$  giảm.
- $t = \infty$  : Mạch xác lập.  
 $v_L = 0$   
 $v_R = a$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_R = a.(1 - e^{-t/\tau}) \\ v_L = a.e^{-t/\tau} \end{cases}$$

Với  $\tau = L/R$  được gọi là thời hằng.

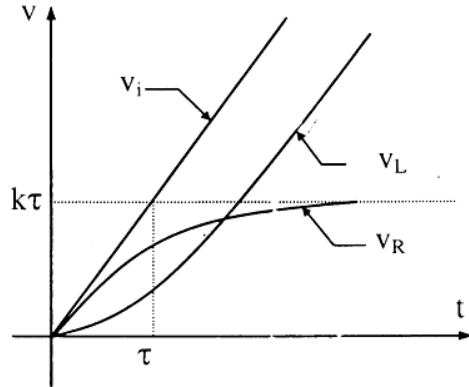


b. Phản ứng với hàm tuyến tính:  $v_i = kt$

Tương tự ta có được:

$$\begin{cases} v_L = k\tau.(1 - e^{-t/\tau}) \\ v_R = kt - k\tau.(1 - e^{-t/\tau}) \end{cases}$$

Với  $\tau = L/R$ .



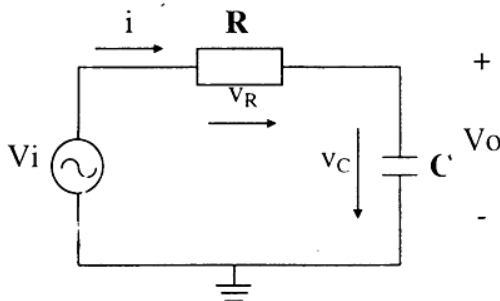
- Mạch RL lấy tín hiệu ra trên tải R thì được gọi là mạch lọc thông thấp (hạ thông).
- Mạch RL lấy tín hiệu ra trên tải L thì được gọi là lọc thông cao (thượng thông).
- Nhận xét:
  - Phản ứng của mạch RL thông cao giống phản ứng của mạch RC thông cao.
  - Phản ứng của mạch RL thông thấp giống phản ứng của mạch RC thông thấp.

### 1.3.3 Mạch lọc LC

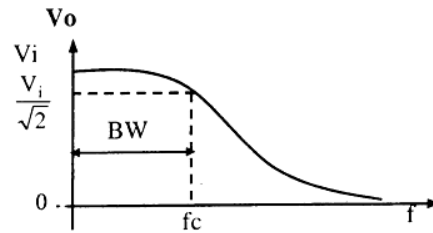
## 1.4 Mạch tích phân

### 1.4.1 Mạch tích phân RC

Mạch tích phân RC chính là mạch lọc thông thấp RC khi tín hiệu vào có tần số  $f_i$  rất lớn so với tần số cắt  $f_c$  của mạch.



Hình 1.15a Mạch thông thấp RC



Hình 1.15b Đáp ứng tần số

- Tín hiệu ra lấy trên C.

⊞ Mạch thông thấp cho các tín hiệu có tần số nhỏ hơn tần số cắt qua hoàn toàn, tín hiệu có tần số cao bị suy giảm biên độ. Tín hiệu ra trễ pha so với tín hiệu vào.

□ Tần số cắt

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

Tại tần số cắt điện áp ra có biên độ

$$V_0 = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$$

**a. Thiết lập công thức mạch tích phân RC:**

Từ hình 1.15a ta có:  $V_i(t) = V_R(t) + V_C(t)$  (1)

Từ điều kiện tần số  $f_i$  rất lớn so với tần số cắt  $f_c$  ta có:

$$\begin{aligned} f_i \gg f_c &= \frac{1}{2\pi RC} \\ \Rightarrow R \gg X_C &= \frac{1}{2\pi f_i C} \\ \Rightarrow V_R(t) \gg V_C(t) &\quad (2) \text{ (vì dòng } i(t) \text{ qua R và C bằng nhau)} \end{aligned}$$

Từ (1) và (2) ta có:  $V_i(t) \approx V_R(t) = R \cdot i(t)$

$$\Rightarrow i(t) = \frac{V_i(t)}{R} \quad (3)$$

Điện áp ra  $V_0(t)$ :

$$\begin{aligned} V_0(t) = V_C(t) &= \frac{1}{C} \int i(t) dt \\ \Rightarrow V_0(t) &= \frac{1}{C} \int \frac{V_i(t)}{R} dt \\ \Rightarrow V_0(t) &= \frac{1}{RC} \int V_i(t) dt \end{aligned}$$

Như vậy, điện áp ra  $V_0(t)$  tỉ lệ với tích phân theo thời gian của điện áp vào  $V_i(t)$  với hệ số tỉ lệ  $K$  là  $K = \frac{1}{RC}$  khi tần số  $f_i$  rất lớn so với  $f_c$ .

**b. Điều kiện mạch tích phân RC:**

$$\begin{aligned} f_i \gg f_c &\Leftrightarrow f_i \gg \frac{1}{2\pi RC} \\ RC \gg \frac{1}{2\pi f_i} &\Leftrightarrow \tau \gg \frac{1}{2\pi f_i} = \frac{T_i}{2\pi} \end{aligned}$$

Trong đó:  $\tau = R.C$  là hằng số thời gian. (

$T_i$  là chu kỳ của tín hiệu vào.

VD: Trường hợp điện áp vào  $V_i(t)$  là tín hiệu hình sin qua mạch tích phân:

$$V_i(t) = V_m \cdot \sin(\omega t)$$

$$\text{Điện áp ra: } V_o(t) = \frac{1}{RC} \int V_m \sin \omega t dt = -\frac{V_m}{\omega RC} \cos \omega t$$

$$V_o(t) = \frac{V_m}{\omega RC} \sin(\omega t - 90^\circ)$$

Như vậy, nếu thỏa mãn điều kiện của mạch tích phân như trên thì điện áp ra bị trễ pha  $90^\circ$  và biên độ bị giảm xuống với hệ số tỉ lệ là  $\frac{1}{\omega RC}$ .

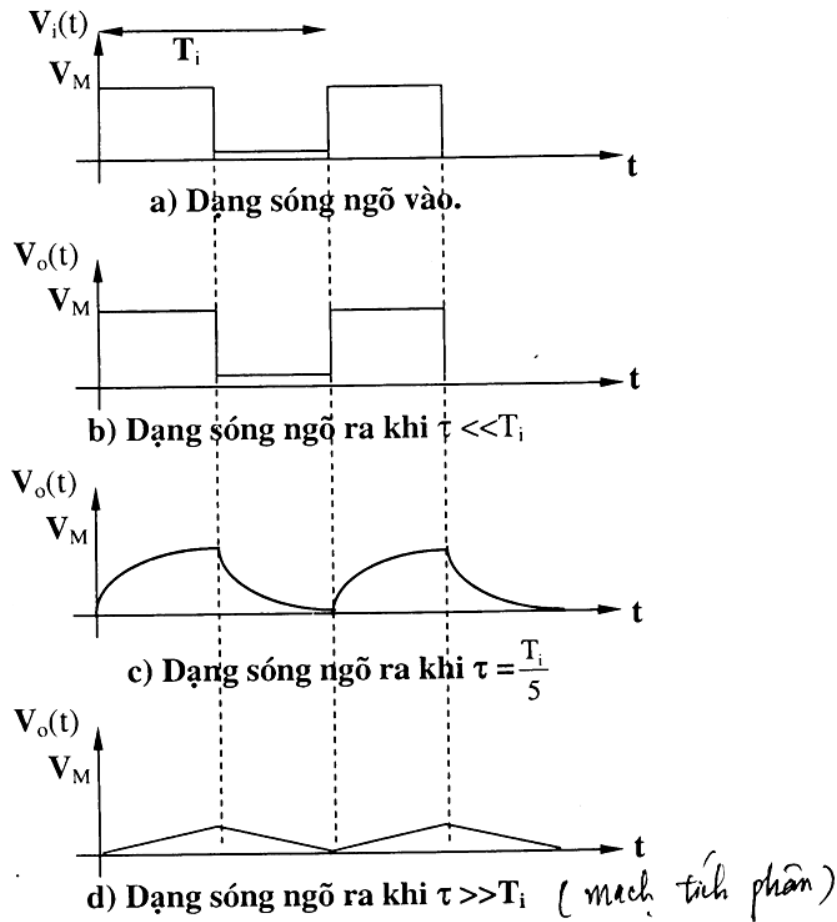
### c. Tín hiệu xung vuông qua mạch tích phân RC:

Khi điện áp vào mạch tích phân RC là tín hiệu xung vuông đối xứng có chu kỳ  $T_i$  thì có thể xét tỉ lệ hằng số thời gian  $\tau = RC$  so với  $T_i$  để giải thích các dạng sóng ra theo hiện tượng nạp xả của tụ.

Giả sử điện áp ngõ vào là tín hiệu xung vuông đối xứng có chu kỳ  $T_i$  (hình 1.16a).

- Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian  $\tau = RC$  rất nhỏ so với  $T_i$  thì tụ nạp và xả rất nhanh nên điện áp ngõ ra  $V_o(t)$  có dạng giống như dạng điện áp vào  $V_i(t)$  (hình 1.15b).
- Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian  $\tau = \frac{T_i}{5}$  thì tụ nạp và xả điện áp theo dạng hàm số mũ, biên độ đỉnh của điện áp ra nhỏ hơn  $V_p$  (hình 1.16c)
- Nếu mạch tích phân có hằng số thời gian  $\tau$  rất lớn so với  $T_i$  thì tụ C nạp rất chậm nên điện áp ra có biên độ rất thấp (hình 1.10d) nhưng đường tăng giảm điện áp gần như đường thẳng.

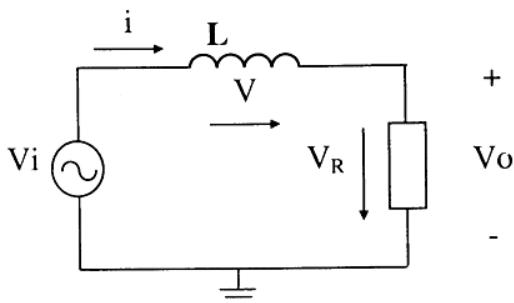
Như vậy, mạch tích phân chọn trị số RC thích hợp thì có thể sửa dạng xung vuông ở ngõ vào thành dạng sóng tam giác ở ngõ ra. Nếu xung vuông đối xứng thì xung tam giác ra là tam giác cân.



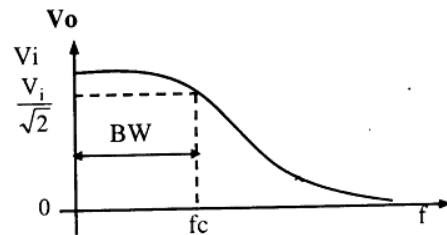
Hình 1.16: Dạng sóng vào và ra

### 1.4.2 Mạch tích phân RL

Mạch tích phân RL chính là mạch lọc thông thấp RL khi tín hiệu vào có tần số  $f_i$  rất lớn so với tần số cắt  $f_c$  của mạch.



Hình 1.17a Mạch thông thấp RL



Hình 1.17b Đáp ứng tần số

□ Tín hiệu ra lấy trên R.



- Mạch thông thấp cho các tín hiệu có tần số nhỏ hơn tần số cắt qua hoàn toàn, tín hiệu có tần số cao bị suy giảm biên độ. Tín hiệu ra trễ pha so với tín hiệu vào.

- Tần số cắt

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

Tại tần cắt điện áp ra có biên độ

$$V_o = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$$

- Điện áp ra  $V_o(t)$  của mạch tích phân RL

$$V_o(t) = \frac{R}{L} \int V_i(t) dt$$

hệ số tỉ lệ  $K = \frac{R}{L}$

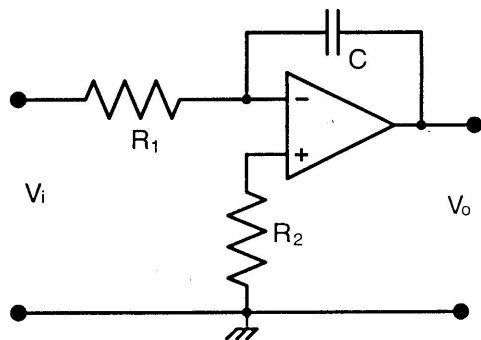
### 1.4.3 Mạch tích phân dùng OpAmp

Điện áp ra của mạch tích phân dùng op-amp được tính theo công thức:

$$V_o(t) = -\frac{1}{R_1 C} \int V_i(t) dt$$

Trong đó hệ số  $K = -\frac{1}{R_1 C}$

Nếu ngõ vào nhận xung vuông thì qua điện trở  $R_1$  ở ngõ vào đảo sẽ có xung tam giác (hình 1.18).

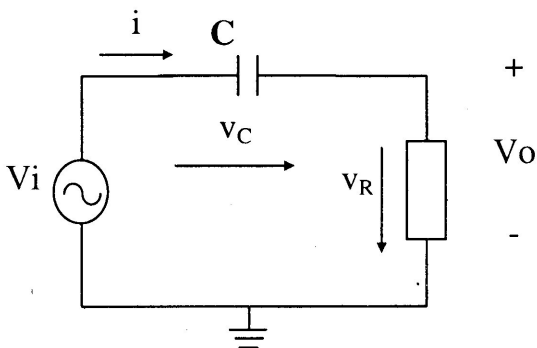


Hình 1.18: Mạch tích phân dùng op-amp

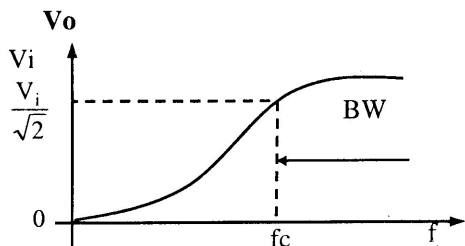
## 1.5 Mạch vi phân

### 1.5.1 Mạch vi phân RC

Mạch vi phân RC chính là mạch lọc thông cao RC khi tín hiệu vào có tần số  $f_i$  rất thấp so với tần số cắt  $f_c$  của mạch.



Hình 1.19a Mạch thông cao RC



Hình 1.19b Đáp ứng tần số

- Tín hiệu ra lấy trên R.
- Mạch thông cao cho các tín hiệu có tần số cao hơn tần số cắt qua hoàn toàn, tín hiệu có tần số thấp bị suy giảm biên độ. Tín hiệu ra sớm pha so với tín hiệu vào.

Tần số cắt  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

Tại tần cắt điện áp ra có biên độ  $V_0 = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$

**a. Thiết lập công thức mạch vi phân RC:**

Từ hình 1.19a ta có:  $V_i(t) = V_R(t) + V_C(t)$  (1)

Từ điều kiện tần số  $f_i$  rất thấp so với tần số cắt  $f_c$  ta có:

$$f_i \ll f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\Rightarrow R \ll X_C = \frac{1}{2\pi f_i C}$$

$$\Rightarrow V_R(t) \ll V_C(t) \quad (2) \text{ (vì dòng } i(t) \text{ qua R và C bằng nhau)}$$

Từ (1) và (2) ta có:  $V_i(t) \approx V_C(t)$

Đối với tụ C, điện áp trên tụ còn được tính theo công thức:

$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C}$$

Trong đó  $q(t)$  là điện tích nạp vào tụ.

Từ đó ta có :

$$\frac{dV_i(t)}{dt} = \frac{dV_C(t)}{dt} = \frac{1}{C} \frac{dq(t)}{dt} = \frac{1}{C} i(t)$$

Hay là:  $i(t) = C \frac{dV_i(t)}{dt}$  (3)

Điện áp ra  $V_0(t)$ :

$$V_0(t) = V_R(t) = R \cdot i(t)$$

$$\Rightarrow V_0(t) = RC \frac{dV_i(t)}{dt}$$

Như vậy, điện áp ra  $V_0(t)$  tỉ lệ với vi phân ( đạo hàm) theo thời gian của điện áp vào với hệ số tỉ lệ  $K$  là  $K = RC$  khi tần số  $f_i$  rất thấp so với  $f_c$ .

**b. Điều kiện mạch vi phân RC:**

$$f_i \ll f_c \Leftrightarrow \left[ f_i \ll \frac{1}{2\pi RC} \right]$$

$$RC \ll \frac{1}{2\pi f_i} \Leftrightarrow \left[ \tau \ll \frac{1}{2\pi f_i} = \frac{T_i}{2\pi} \right]$$

Trong đó:  $\tau = R.C$  là hằng số thời gian.

$T_i$  là chu kỳ của tín hiệu vào.

VD: Trường hợp điện áp vào  $V_i(t)$  là tín hiệu hình sin qua mạch vi phân:

$$V_i(t) = V_m \cdot \sin \omega(t)$$

Điện áp ra là:  $V_o(t) = R.C \frac{d}{dt} (V_m \cdot \sin \omega t)$

$$= \omega R.C \cdot V_m \cos \omega t$$

$$= \omega R.C \cdot V_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$

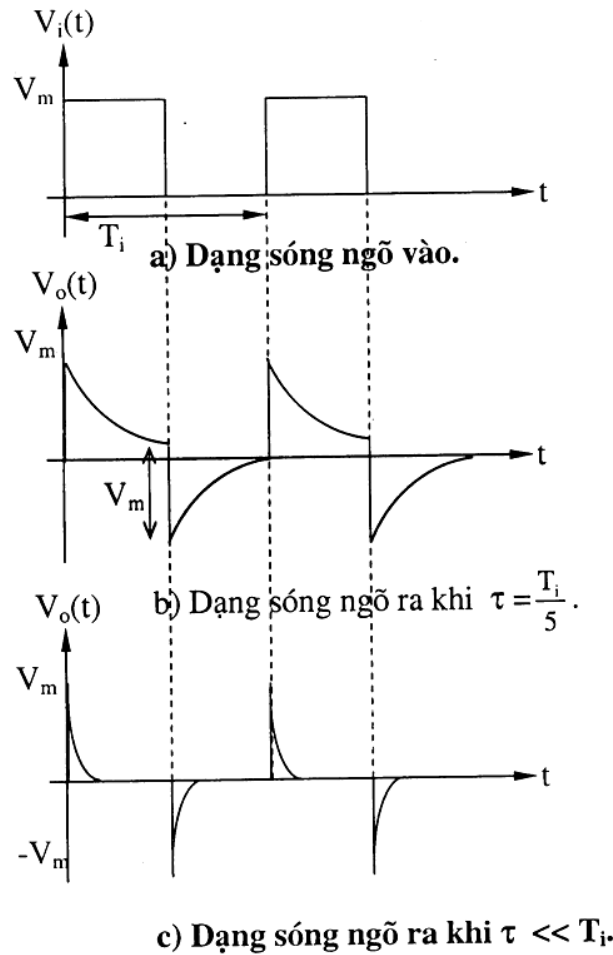
Như vậy, nếu thỏa mãn điều kiện của mạch vi phân như trên thì điện áp ra bị sớm pha  $90^\circ$  và biên độ nhân với hệ số tỉ lệ là  $\omega RC$ .

**c. Tín hiệu xung vuông qua mạch vi phân RC:**

Khi điện áp vào là tín hiệu xung vuông có chu kỳ  $T_i$  thì có thể xét tỉ lệ hằng số thời gian  $\tau = RC$  so với  $T_i$  để giải thích các dạng sóng ra theo hiện tượng nạp xả của tụ. Giả sử điện áp ngõ vào là tín hiệu xung vuông đối xứng có chu kỳ  $T_i$  (hình 1.20a).

- Nếu mạch vi phân có hằng số thời gian  $\tau = \frac{T_i}{5}$  thì tụ nạp và xả điện tạo dòng  $i(t)$  qua điện trở  $R$  tạo ra điện áp giảm theo hàm số mũ. Khi điện áp ngõ vào bằng  $0^V$  thì đầu dương của tụ nối mass và tụ sẽ xả điện áp âm trên điện trở  $R$ . Ở ngõ ra sẽ có hai xung ngược nhau có biên độ giảm dần (1.20b)
- Nếu mạch vi phân có hằng số thời gian  $\tau$  rất nhỏ so với  $T_i$  thì tụ sẽ nạp xả điện rất nhanh nên cho ra hai xung ngược dấu nhưng có độ rộng xung rất hẹp được gọi là xung nhọn.

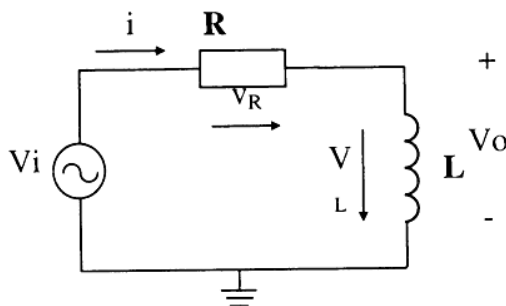
Như vậy, nếu thỏa điều kiện của mạch vi phân thì mạch RC sẽ đổi tín hiệu từ xung vuông đơn cực ra 2 xung nhọn lưỡng cực.



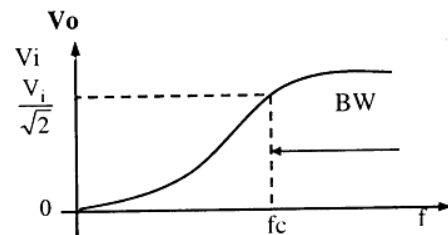
Hình 1.20: Dạng sóng vào và ra của mạch vi phân nhận xung vuông.

### 1.5.2 Mạch vi phân RL

Mạch vi phân RL chính là mạch lọc thông cao RL khi tín hiệu vào có tần số  $f_i$  rất thấp so với tần số cắt  $f_c$  của mạch.



Hình 1.21a Mạch thông cao RC



Hình 1.21b Đáp ứng tần số

- Tín hiệu ra lấy trên L.
- Mạch thông cao cho các tín hiệu có tần số cao hơn tần số cắt qua hoàn toàn, tín hiệu có tần số thấp bị suy giảm biên độ. Tín hiệu ra sớm pha so với tín hiệu vào.
- Tần số cắt  $f_c = \frac{R}{2\pi L}$
- Tại tần cắt điện áp ra có biên độ  $V_o = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$
- Điện áp ra  $V_o(t)$  của mạch vi phân RL

$$V_o(t) = \frac{L}{R} \frac{dV_i(t)}{dt}$$

hệ số tỉ lệ :  $K = \frac{L}{R}$

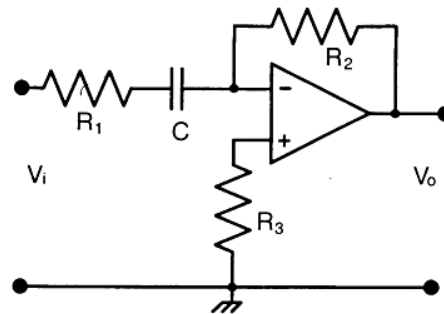
### 1.5.3 Mạch vi phân dùng OpAmp

Điện áp ra của mạch vi phân dùng op-amp được tính theo công thức:

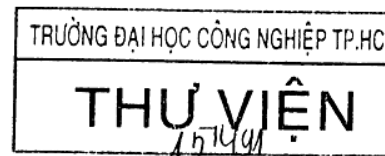
$$V_o = -R_2 C \frac{d(V_i)}{dt}$$

Trong đó hệ số  $K = -R_2 C$

Nếu cho tín hiệu vào xung vuông thì dòng qua tụ sẽ cho ra hai xung nhọn. Đối với op amp khi cho xung tam giác đặt ở ngõ vào thì sẽ cho xung vuông ở ngõ ra.



Hình 1.22: Mạch vi phân dùng op-amp

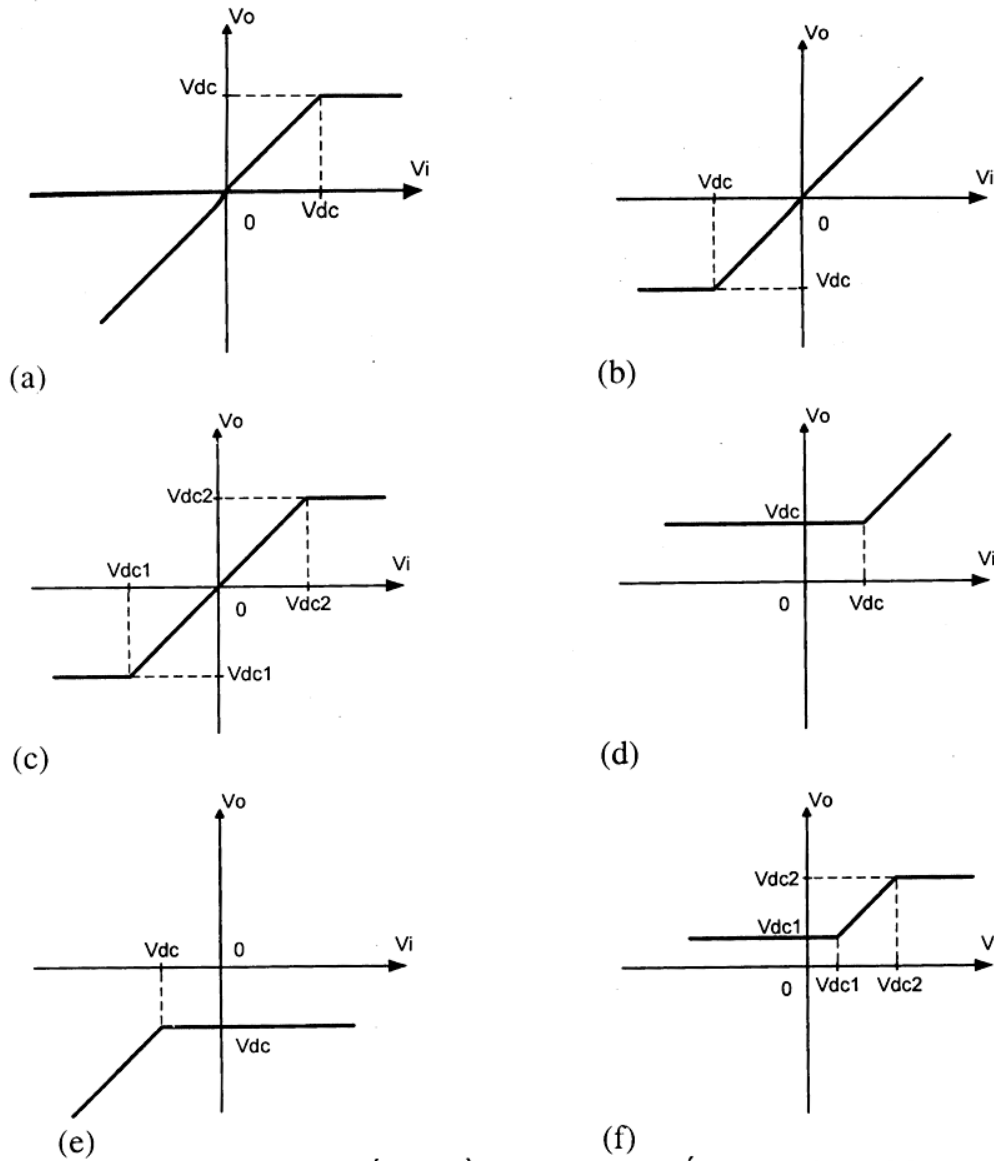


## Chương 2

# MẠCH XÉN VÀ MẠCH GHIM ĐIỆN ÁP

### 2.1 Mạch xén

Mạch xén là mạch cắt đi một phần của dạng điện áp vào ở trên hay ở dưới một mức chuẩn nào đó. Mối liên hệ giữa ngõ vào và ngõ ra của mạch xén thường có các dạng sau:



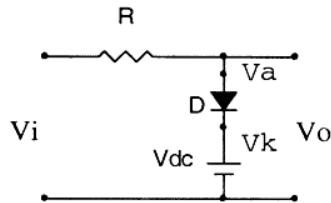
Hình 2.1 Đặc tuyến truyền đạt của một số mạch xén cơ bản

Dựa vào cấu trúc mạch xén gồm mạch xén song song và mạch xén nối tiếp.

- Mạch xén song song là mạch xén có phần tử xén nối song song với ngõ ra.
- Mạch xén nối tiếp là mạch xén có phần tử xén nối nối tiếp với ngõ ra.

### 2.1.1 Mạch xén song song

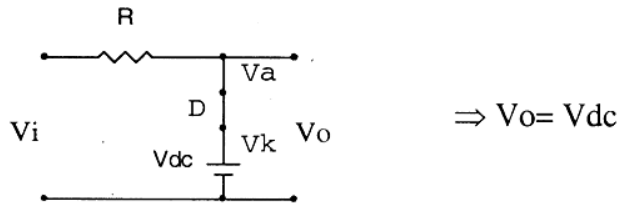
❖ Xét mạch sau:



Hình 2.2

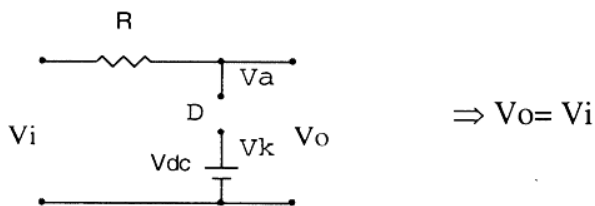
Gọi  $V_a$  là điện thế tại anode,  $V_k$  là điện thế tại cathode. Mạch trên có hai trường hợp xảy ra:

- Trường hợp 1: Khi  $V_a > V_k \Leftrightarrow V_i > V_{dc}$ , diode dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.3

- Trường hợp 2: Khi  $V_a < V_k \Leftrightarrow V_i < V_{dc}$ , diode ngưng dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.4

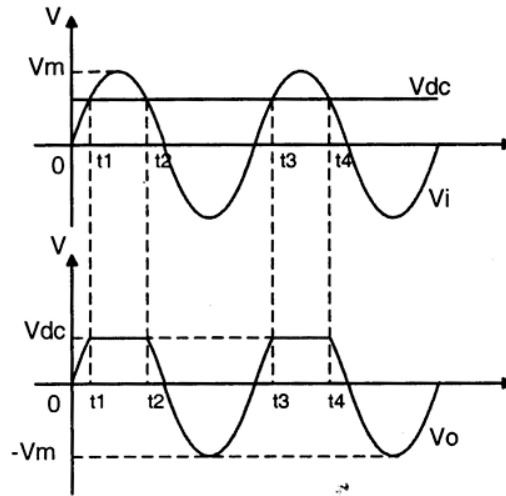
Ví dụ 1: Cho  $V_i$  và  $V_{dc}$  như hình 2.5. Điện áp ngõ ra được xác định như sau:

Khi  $0 < t < t_1$ :  $V_i < V_{dc}$  ⇒ Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = V_i$ .

Khi  $t_1 < t < t_2$ :  $V_i > V_{dc}$  ⇒ Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_{dc}$ .

Khi  $t_2 < t < t_3$ :  $V_i < V_{dc}$  ⇒ Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = V_i$ .

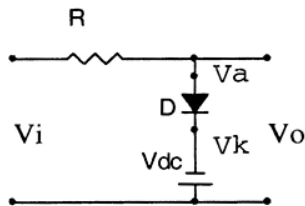
Khi  $t_3 < t < t_4$ :  $V_i > V_{dc}$  ⇒ Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_{dc}$ .



Hình 2.5

Từ hình 2.5 ta thấy, khi  $V_i$  lớn hơn  $V_{dc}$  thì điện áp ngõ ra luôn bằng  $V_{dc}$ , khi  $V_i$  nhỏ hơn  $V_{dc}$  thì điện áp ngõ ra luôn bằng  $V_i$ . Vì vậy, đặc tuyến truyền đạt có dạng như hình 2.1a.

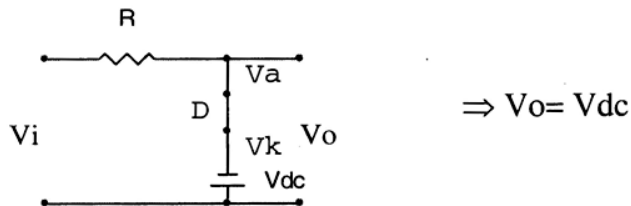
❖ Xét mạch sau:



Hình 2.6

Gọi  $V_a$  là điện thế tại anode,  $V_k$  là điện thế tại cathode. Mạch trên có hai trường hợp xảy ra:

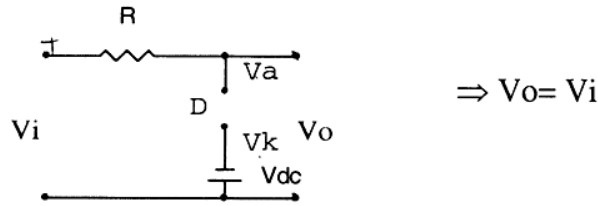
- Trường hợp 1: Khi  $V_a > V_k \Leftrightarrow V_i > V_{dc}$ , diode dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.7



- Trường hợp 2: Khi  $V_a < V_k \Leftrightarrow V_i < V_{dc}$ , diode ngưng dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.8

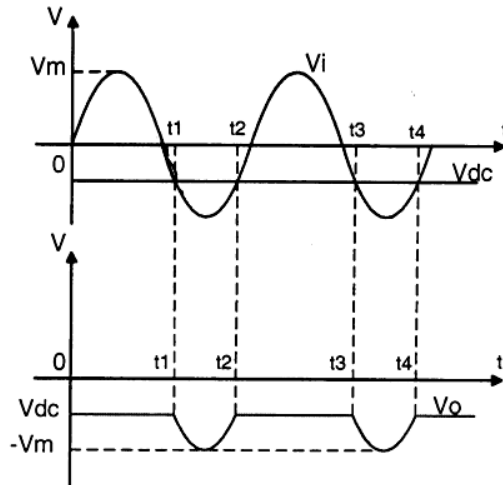
Ví dụ 2: Cho  $V_i$  và  $V_{dc}$  như hình 2.9. Điện áp ngõ ra được xác định như sau:

Khi  $0 < t < t_1$ :  $V_i > V_{dc} \Rightarrow$  Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_{dc}$ .

Khi  $t_1 < t < t_2$ :  $V_i < V_{dc} \Rightarrow$  Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = V_i$ .

Khi  $t_2 < t < t_3$ :  $V_i > V_{dc} \Rightarrow$  Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_{dc}$ .

Khi  $t_3 < t < t_4$ :  $V_i < V_{dc} \Rightarrow$  Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = V_i$ .

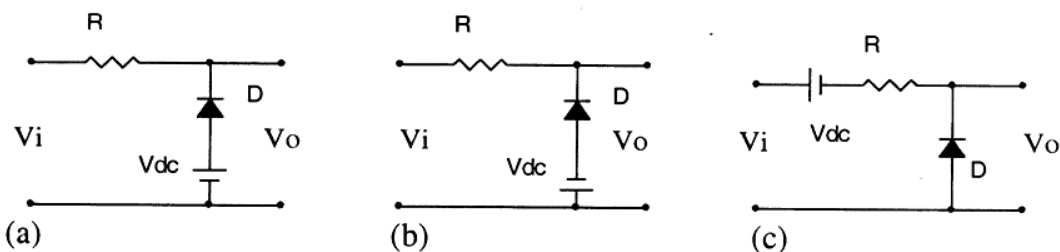


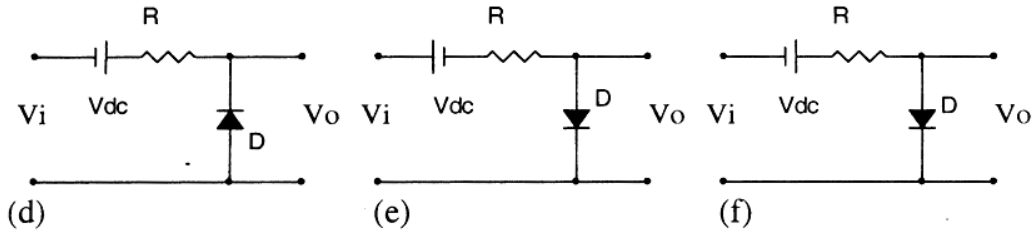
Hình 2.9

Từ hình 2.9 ta thấy, khi  $V_i$  lớn hơn  $V_{dc}$  thì điện áp ngõ ra luôn bằng  $V_{dc}$ , khi  $V_i$  nhỏ hơn  $V_{dc}$  thì điện áp ngõ ra luôn bằng  $V_i$ . Vì vậy, đặc tuyến truyền đạt có dạng như hình 2.1e.

❖ Bài tập:

Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 2.10. Biết  $V_i = 10 \sin \omega t$ , với  $\omega$  bất kỳ,  $V_{dc}$  có độ lớn bằng 5v.

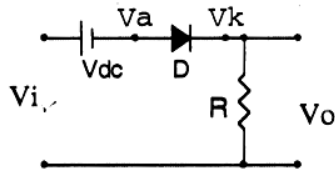




Hình 2.10

### 2.1.2 Mạch xén nối tiếp

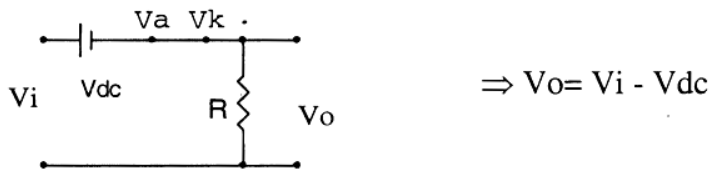
❖ Xét mạch sau:



Hình 2.11

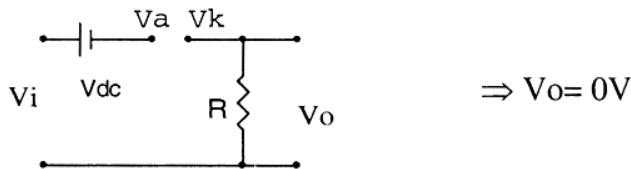
Gọi  $V_a$  là điện thế tại anode,  $V_k$  là điện thế tại cathode. Mạch trên có hai trường hợp xảy ra:

- Trường hợp 1: Khi  $V_a > V_k \Leftrightarrow V_i > V_{dc}$ , diode dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.12

- Trường hợp 2: Khi  $V_a < V_k \Leftrightarrow V_i < V_{dc}$ , diode ngưng dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.13

Ví dụ 3: Cho  $V_i$  và  $V_{dc}$  như hình 2.14. Điện áp ngõ ra được xác định như sau:

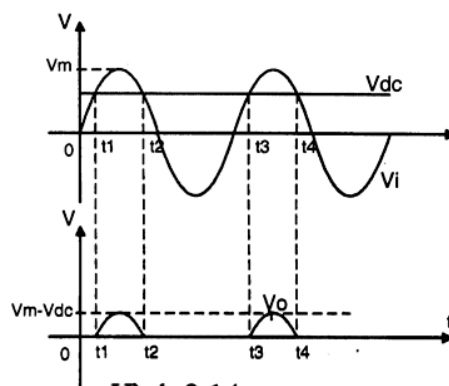
Khi  $0 < t < t_1$ :  $V_i < V_{dc} \Rightarrow$  Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = 0V$ .

Khi  $t_1 < t < t_2$ :  $V_i > V_{dc} \Rightarrow$  Diode dẫn,

thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_i - V_{dc}$ .

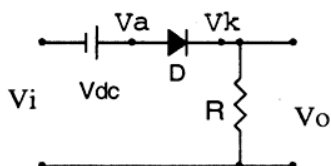
Khi  $t_2 < t < t_3$ :  $V_i < V_{dc} \Rightarrow$  Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = 0V$ .

Khi  $t_3 < t < t_4$ :  $V_i > V_{dc} \Rightarrow$  Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_i - V_{dc}$ .



Hình 2.14

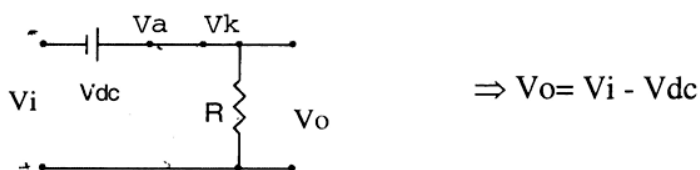
❖ Xét mạch sau:



Hình 2.15

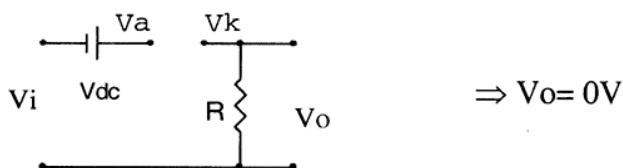
Gọi  $V_a$  là điện thế tại anode,  $V_k$  là điện thế tại cathode. Mạch trên có hai trường hợp xảy ra:

- Trường hợp 1: Khi  $V_a > V_k \Leftrightarrow V_i > V_{dc}$ , diode dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.16

- Trường hợp 2: Khi  $V_a < V_k \Leftrightarrow V_i < V_{dc}$ , diode ngưng dẫn, sơ đồ mạch trở thành:



Hình 2.17

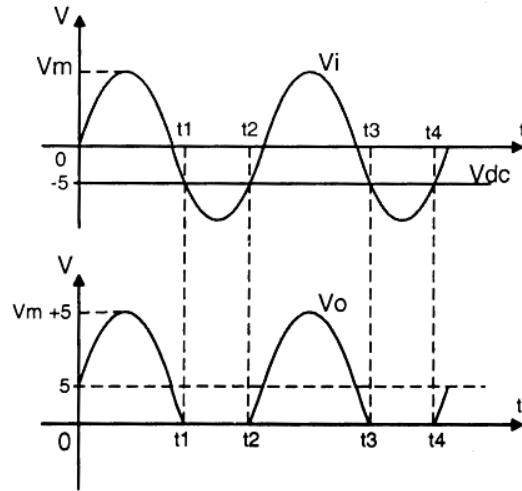
Ví dụ 4: Cho  $V_i$  và  $V_{dc}$  như hình 2.18. Điện áp ngõ ra được xác định như sau:

Khi  $0 < t < t_1$ :  $V_i > V_{dc} \Rightarrow$  Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_i - V_{dc} = V_i + 5$ .

Khi  $t_1 < t < t_2$ :  $V_i < V_{dc} \Rightarrow$  Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = 0V$ .

Khi  $t_2 < t < t_3$ :  $V_i > V_{dc} \Rightarrow$  Diode dẫn, thuộc trường hợp 1,  $V_o = V_i - V_{dc} = V_i + 5$ .

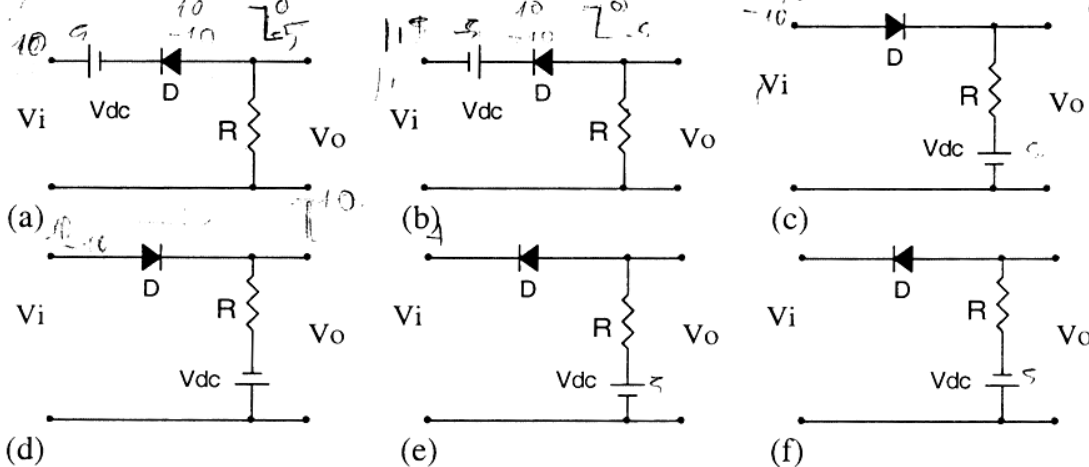
Khi  $t_3 < t < t_4$ :  $V_i < V_{dc} \Rightarrow$  Diode ngưng dẫn, thuộc trường hợp 2,  $V_o = 0V$ .



Hình 2.18

❖ Bài tập:

Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 2.19. Biết  $V_i = 10\sin \omega t$ , với  $\omega$  bất kỳ,  $V_{dc}$  có độ lớn bằng 5v.

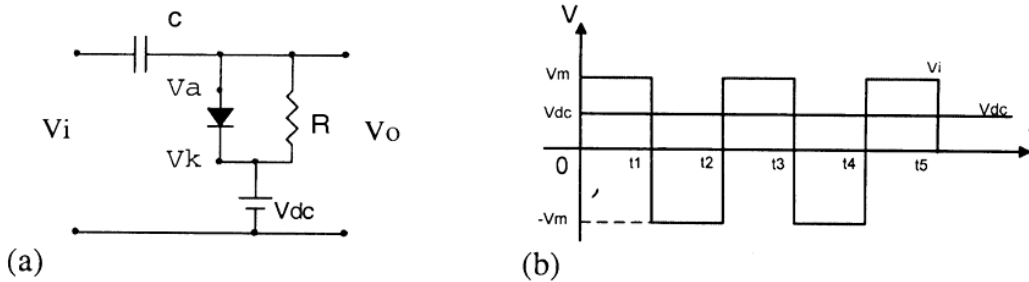


Hình 2.19

## 2.2 Mạch ghim

### 2.2.1 Mạch ghim đỉnh trên

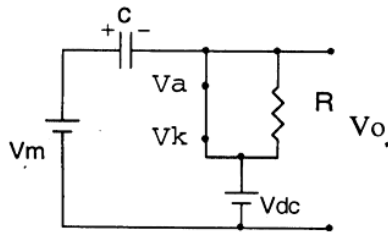
- ❖ Cho mạch hình 2.20a, điện áp  $V_i$  và  $V_{dc}$  như hình 2.20b.



Hình 2.20

Gọi  $V_a$  là điện thế tại anode,  $V_k$  là điện thế tại cathode và  $V_c$  là điện áp trên tụ. Giả sử, ban đầu điện áp trên tụ  $V_c$  bằng không.

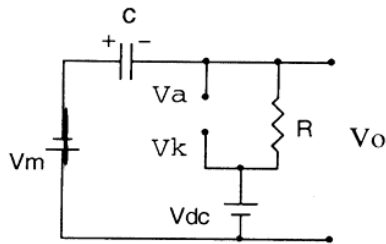
- Trong khoảng thời gian  $0 < t < t_1$ , ta thấy  $V_a > V_k$  làm diode dẫn, mạch hình 2.20a trở thành:



$$\Rightarrow V_o = V_{dc}$$

Tụ C nạp qua diode nên đầy tức thì, lúc này,  $V_c = V_i - V_o = V_m - V_{dc}$

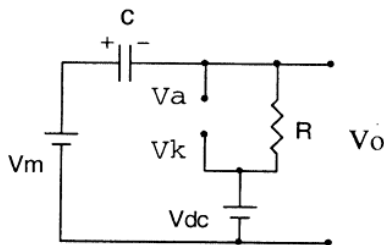
- Trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$ , ta thấy  $V_a < V_k$  làm diode ngưng dẫn, mạch hình 2.20a trở thành:



Tụ C xả qua R. Do R rất lớn nên tụ xả không đáng kể  $\Rightarrow V_c$  là hằng số trong suốt khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2 \Rightarrow V_c = V_m - V_{dc}$

$$\text{Mà: } V_o = V_i - V_c = -V_m - (V_m - V_{dc}) = -2V_m + V_{dc}$$

- Trong khoảng thời gian  $t_2 < t < t_3$ :



$$\text{Ta có: } -V_i + V_c + V_{ak} + V_{dc} = 0$$

$$\Rightarrow V_{ak} = V_i - V_c - V_{dc}$$

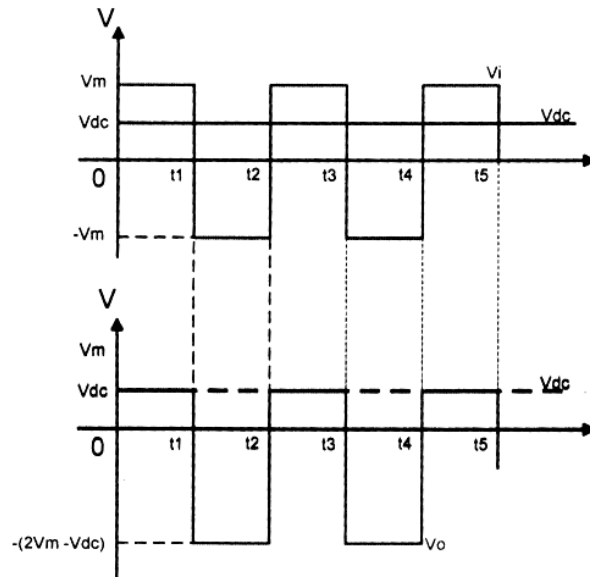
Do trong thời gian trước tụ xả không đáng kể nên tại thời điểm  $t_2$  điện áp trên tụ  $V_c = V_m - V_{dc}$ .

$$\Rightarrow V_{ak} = V_i - (V_m - V_{dc}) - V_{dc} = V_m - V_m + V_{dc} - V_{dc} = 0$$

Lúc này, diode vẫn ngưng dẫn,  $V_o = V_i - V_c = V_m - (V_m - V_{dc}) = V_{dc}$

- Ta làm tương tự cho các khoảng thời gian khác.

Từ những trình bày trên điện áp ra có dạng như hình 2.21:



Hình 2.21

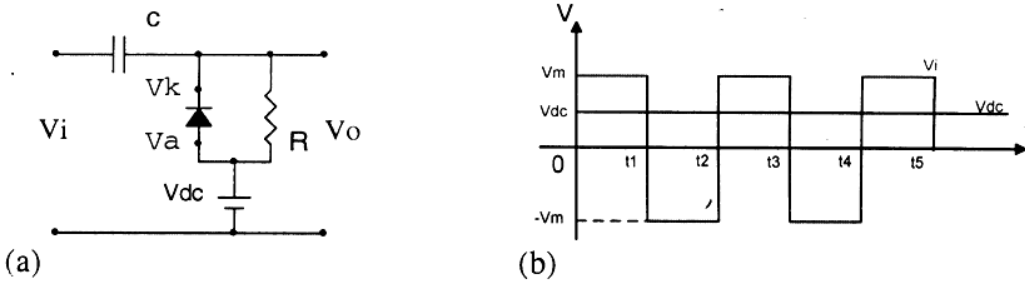
❖ Bài tập:

1/ Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 2.20a. Biết  $V_i$  như hình 2.20b nhưng  $V_{dc} > V_m$ .

2/ Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 2.20a. Biết  $V_i$  như hình 2.20b nhưng  $V_{dc} < 0$ .

### 2.2.2 Mạch ghim đỉnh dưới

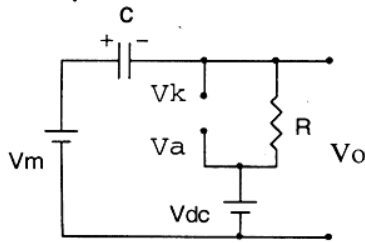
❖ Cho mạch hình 2.22a, điện áp  $V_i$  và  $V_{dc}$  như hình 2.22b.



Hình 2.22

Gọi  $V_a$  là điện thế tại anode,  $V_k$  là điện thế tại cathode và  $V_c$  là điện áp trên tụ. Giả sử, ban đầu điện áp trên tụ  $V_c$  bằng không.

- Trong khoảng thời gian  $0 < t < t_1$ , ta thấy  $V_k > V_a$  làm diode ngưng dẫn, mạch hình 2.22a trở thành:

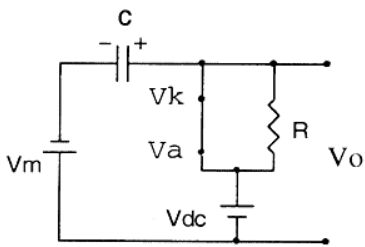


Tụ C nạp qua điện trở R có giá trị rất lớn nên nạp không đáng kể.

$$\Rightarrow V_c = 0V$$

$$\Rightarrow V_o = V_i - V_c = V_i$$

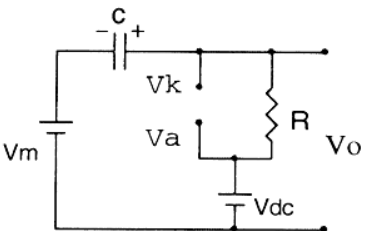
- Trong khoảng thời gian  $t_1 < t < t_2$ , ta thấy  $V_a > V_k$  làm diode dẫn, mạch hình 2.22a trở thành:



$$\Rightarrow V_o = V_{dc}$$

Tụ C nạp qua diode nên đầy tức thì, lúc này,  $V_c = V_i - V_o = -V_m - V_{dc}$

- Trong khoảng thời gian  $t_2 < t < t_3$ :



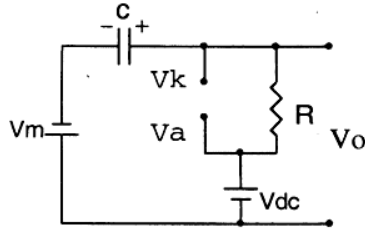
Diode ngưng dẫn, tụ xả qua R nên không đáng kể.

$\Rightarrow V_c$  là hằng số trong khoảng thời gian từ  $t_2$  đến  $t_3$  và  $V_c = -V_m - V_{dc}$

$$\text{Mà: } V_o = V_i - V_c$$

$$\Rightarrow V_o = V_m + (V_m + V_{dc}) = 2V_m + V_{dc}$$

- Trong khoảng thời gian  $t_3 < t < t_4$ :



Ta có:  $-V_i + V_c + V_{ka} + V_{dc} = 0$

$\Rightarrow V_{ka} = V_i - V_c - V_{dc}$

Do trong thời gian trước tụ xả không đáng kể nên tại thời điểm  $t_3$  điện áp trên tụ  $V_c = -V_m - V_{dc}$ .

$\Rightarrow V_{ka} = V_i + (V_m + V_{dc}) - V_{dc}$

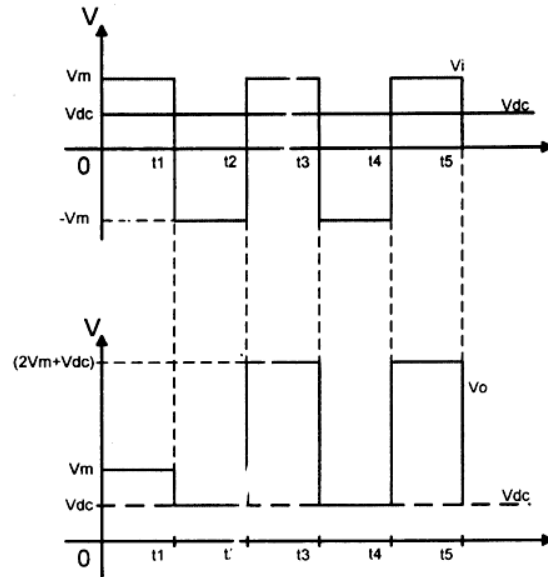
$= -V_m + V_m + V_{dc} - V_{dc} = 0$

$\Rightarrow$  diode vẫn ngưng dẫn.

$\Rightarrow V_o = V_i - V_c = -V_m + (V_m + V_{dc})$

$\Rightarrow V_o = V_{dc}$

- Ta làm tương tự cho các khoảng thời gian khác. Từ những trình bày trên điện áp ra có dạng:



Hình 2.23

❖ Bài tập:

1/ Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 2.22a. Biết  $V_i$  như hình 2.22b nhưng  $V_{dc} < -V_m$ .

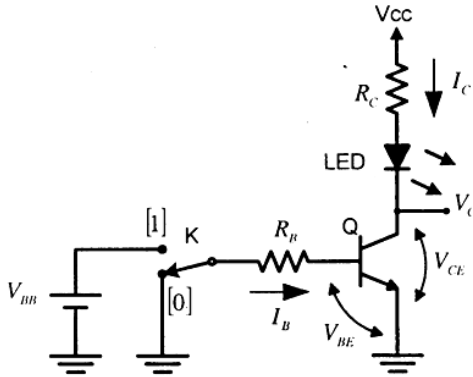
2/ Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 2.22a. Biết  $V_i$  như hình 2.22b nhưng  $-V_m < V_{dc} < 0$ .



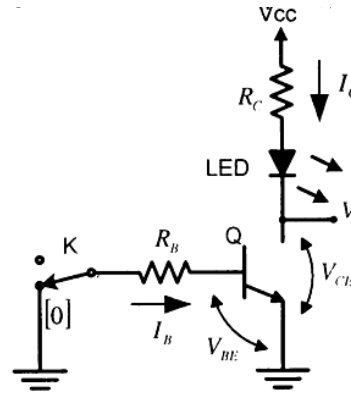
## Chương 3 MẠCH DAO ĐỘNG ĐA HÀI

### 3.1 Mạch dao động đa hài dùng BJT

#### 3.1.1 Trạng thái tắt, dẫn bão hòa của BJT



Hình 3.1a



Hình 3.1b

❖ Xét mạch ở hình 3.1a:

- Khi khóa K ở vị trí [0], dòng  $I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0 \Rightarrow$  BJT tắt coi như cực C và E của BJT bị hở mạch như hình 3.1b. Khi đó, LED tắt, điện thế  $V_C = V_{CC}$ .
- Khi khóa K ở vị trí [1], dòng  $I_B$  lớn, BJT dẫn bão hòa, ta xem như cực C và cực E bị nối tắt.

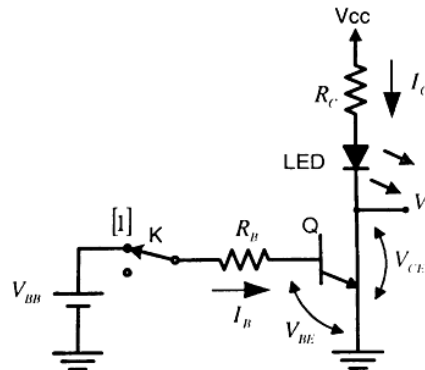
$$\Rightarrow V_{CE} = V_{CEsat} \approx 0,2V, V_{BE} \approx 0,8V \text{ và}$$

$$I_B = K \frac{I_C}{\beta}, \text{ với } K \text{ là hệ số dẫn bão hòa sâu}$$

( $K=2 \div 5$ ),  $\beta$  là hệ số khuếch đại của BJT.

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{CEsat}}{R_C}, \text{ với } V_{LED} \text{ là điện}$$

áp rơi trên LED. Khi đó, LED sáng.



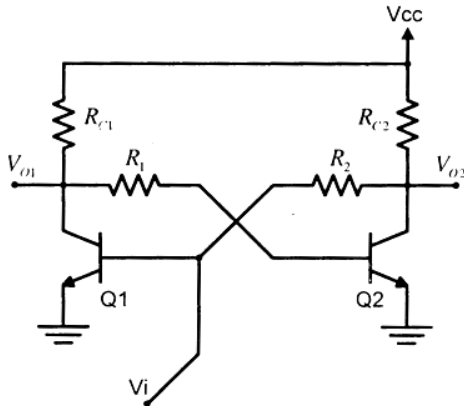
Hình 3.1c

❖ Bài tập:

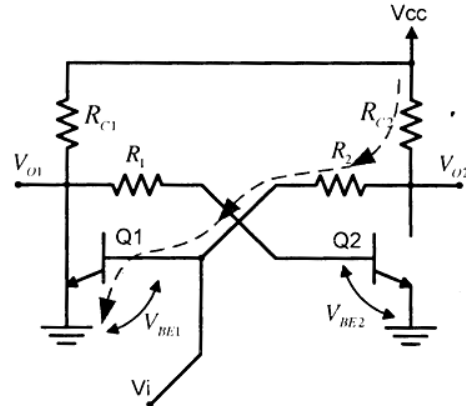
1/ Tính  $R_B$ ,  $R_C$  và lựa chọn Q trong mạch ở hình 3.1a sao cho khi đóng khóa K qua vị trí [1] thì transistor dẫn bão hòa. Biết  $V_{BB} = 5V$ ,  $V_{CC} = 12V$ ,  $V_{LED} = 2,5V$  và để LED sáng bình thường dòng qua LED là 20mA.

### 3.1.2 Mạch dao động lưỡng ổn (bistable)

Mạch ở hình 3.2a là mạch dao động lưỡng ổn hay còn gọi là mạch dao động hai trạng thái bền. Trong đó, mạch được thiết kế sao cho Q1 và Q2 làm việc ở vùng dẫn bão hòa.



Hình 3.2a



Hình 3.2b

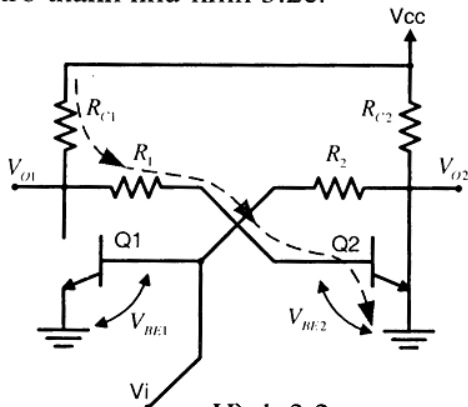
❖ Nguyên lý hoạt động:

Giả sử ban đầu Q1 dẫn, Q2 tắt, mạch ở hình 3.2a trở thành như hình 3.2b.

Lúc này, dòng  $I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_{C2} + R_2}$  tại cực B của transistor Q1 làm transistor Q1 tiếp

tục dẫn. Đồng thời, dòng  $I_{B2} = 0$  tại cực B của transistor Q2 làm transistor Q2 tiếp tục tắt. Do đó, nếu không có tác động bên ngoài thì Q1 vẫn dẫn, Q2 vẫn tắt. Vì vậy, trạng thái Q1 dẫn, Q2 tắt là trạng thái ổn định của mạch.

Để thay đổi trạng thái ta cấp một xung âm vào  $V_i$ , làm  $V_{BE1} < 0 \Rightarrow$  Q1 ngưng dẫn làm điện thế tại  $V_{O1}$  lớn  $\Rightarrow V_{BE2}$  đủ lớn  $\Rightarrow$  Q2 dẫn, mạch ở hình 3.2a trở thành như hình 3.2c.



Hình 3.2c

Lúc này, dòng  $I_{B2} = \frac{V_{CC} - V_{BE2}}{R_{C1} + R_1}$  tại

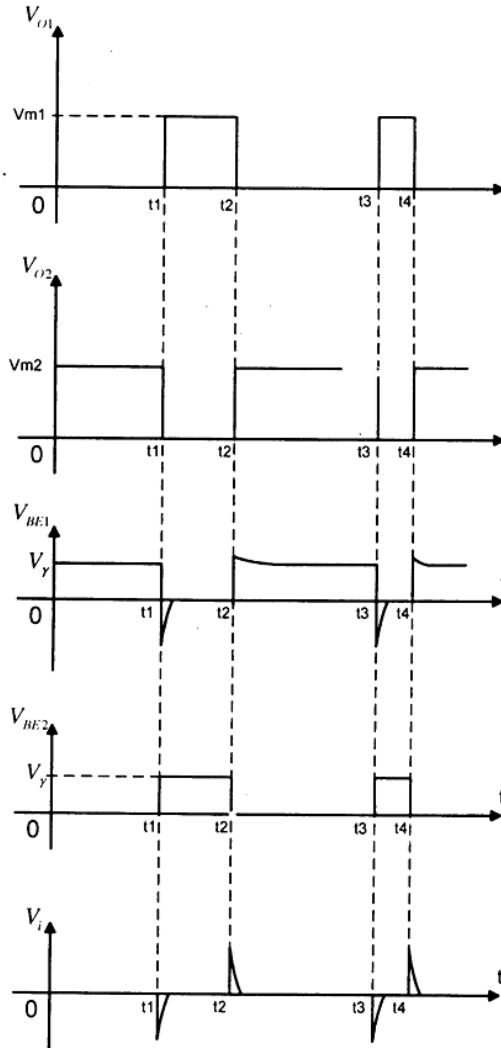
cực B của transistor Q2 làm transistor Q2 tiếp tục dẫn. Đồng thời, dòng  $I_{B1} = 0$  tại cực B của transistor Q1 làm transistor Q1 tiếp tục tắt. Do đó, nếu không có tác động bên ngoài thì Q2 vẫn dẫn, Q1 vẫn tắt. Vì vậy, trạng thái Q2 dẫn, Q1 tắt là trạng thái ổn định của mạch.

Để thay đổi trạng thái ta cấp một xung dương vào  $V_i$ , làm  $V_{BE1}$  đủ lớn  $\Rightarrow$

Q1 dẫn làm điện thế tại  $V_{O1} \approx 0V \Rightarrow$   
 $V_{BE2} \approx 0V \Rightarrow$  Q2 ngưng dẫn ...

Từ nguyên lý hoạt động ở trên, ta thấy, mạch ở hình 3.2 có hai trạng thái ổn định. Vì vậy, mạch được gọi là mạch dao động lưỡng ổn.

Dạng điện áp vào, ra của mạch lưỡng ổn như sau:



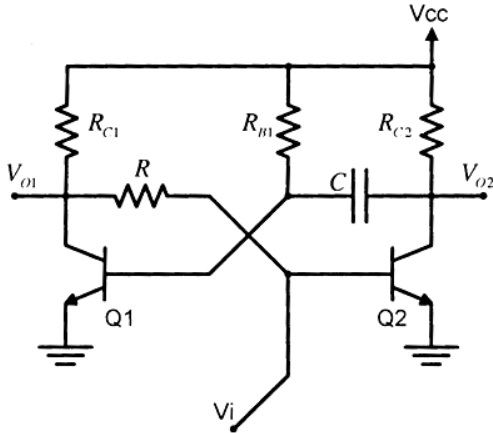
Hình 3.3

❖ Bài tập

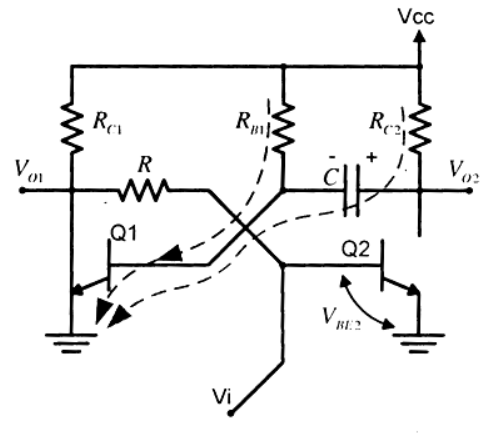
1/ Hãy thiết kế mạch ở hình 3.2a sao cho  $I_{C1} = I_{C2} = 20mA$ . Biết  $V_{CC} = 5V$ .

**3.1.3 Mạch dao động đơn ổn (monostable)**

Hình 3.4a là mạch dao động đơn ổn hay còn gọi là mạch dao động một trạng thái bền. Q1 và Q2 được thiết kế để làm việc trong vùng dẫn bão hòa.



Hình 3.4a

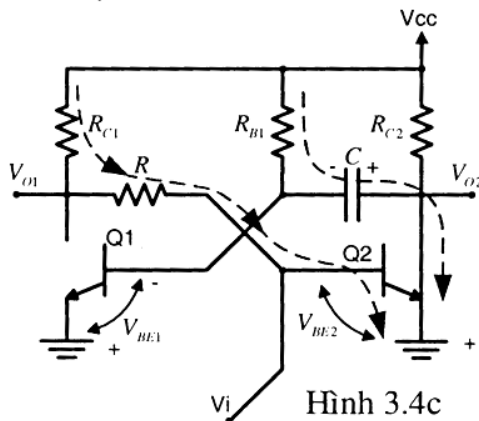


Hình 3.4b

❖ Nguyên lý hoạt động:

Giả sử ban đầu Q1 dẫn, Q2 tắt, mạch ở hình 3.4a trở thành như hình 3.4b. Lúc này, tụ C nạp năng lượng từ nguồn qua  $R_{C2}$  và nối với BE của Q1, điện áp trên tụ có chiều như hình 3.4b, ngoài dòng nạp qua tụ dòng  $I_{B1}$  còn được cung cấp từ nguồn qua  $R_{B1}$ . Do đó, cho dù tụ nạp đầy thì Q1 vẫn dẫn  $\Rightarrow V_{O1} \approx 0V \Rightarrow$  Q2 tiếp tục tắt. Nếu không có tác động bên ngoài thì mạch không thay đổi trạng thái. Vì vậy, trạng thái này là trạng thái ổn định của mạch.

Để thay đổi trạng thái ta cấp một xung dương vào  $V_i$ , làm  $V_{BE2}$  đủ lớn  $\Rightarrow$  Q2 dẫn, tụ C đặt điện áp âm vào nối với BE của Q1 làm  $V_{BE1} < 0 \Rightarrow$  Q1 ngưng dẫn, mạch ở hình 3.4a trở thành như hình 3.4c.

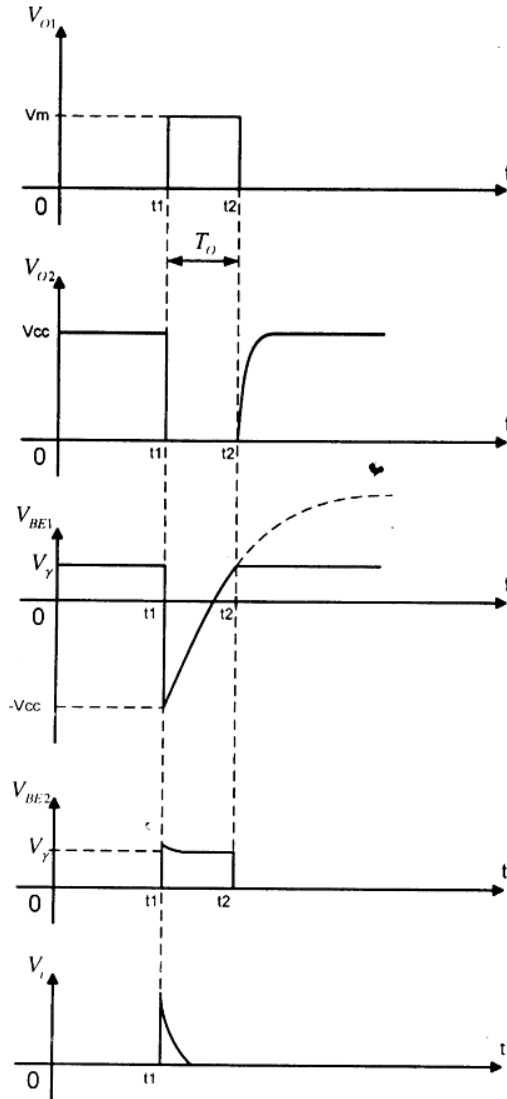


Hình 3.4c

Lúc này, tụ C xả qua  $R_{B1}$  và Q2 làm điện áp trên tụ giảm dần. Sau khi tụ xả hết, tụ tiếp tục nạp năng lượng từ nguồn  $V_{CC}$  qua  $R_{B1}$  và Q2  $\Rightarrow$  điện áp trên tụ đổi dấu và tăng dần. Mà  $V_{BE1} = V_C$  với  $V_C$  là điện áp trên tụ.  $\Rightarrow V_{BE1}$  cũng tăng dần. Tới một lúc nào đó  $V_{BE1}$  đủ lớn, làm Q1 dẫn  $\Rightarrow V_{O1} \approx 0V \Rightarrow$  Q2 tắt ...

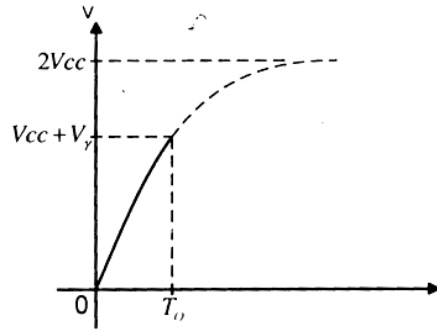
Từ nguyên lý hoạt động đã trình bày ở trên, ta thấy trạng thái ổn định của mạch là trạng thái Q1 dẫn, Q2 tắt. Khi có tác động bên ngoài, mạch thay đổi trạng thái Q1 tắt, Q2 dẫn, sau một thời gian mạch tự trở về trạng thái ổn định. Do đó, trạng thái Q1 tắt, Q2 dẫn là trạng thái không ổn định của mạch.

Dạng điện áp  $V_{O1}$ ,  $V_{O2}$ ,  $V_{BE1}$  và  $V_{BE2}$  như sau:



Hình 3.5

Gọi  $T_o$  là độ rộng xung ra.  $T_o$  phụ thuộc vào thời gian nạp, xả của tụ C:  $T_o$  là thời gian từ  $t1$  đến  $t2$ . Do đó, để tính  $T_o$  ta xét điện áp  $V_{BE1}$  trong thời gian từ  $t1$  đến  $t2$  và dời trục tọa độ như sau:



Hình 3.6

Trong thời gian này  $V_{BE1}$  cũng chính là điện áp trên tụ C và có phương trình sau:

$$V_C(t) = 2V_{CC} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Khi  $t = T_0$  thì điện áp  $V_C = V_{CC} + V_\gamma$ . Do  $V_{CC} \gg V_\gamma \Rightarrow V_C \approx V_{CC}$

$$\Rightarrow V_{CC} = 2V_{CC} \left( 1 - e^{-\frac{T_0}{\tau}} \right)$$

$$\Leftrightarrow 1 - e^{-\frac{T_0}{\tau}} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow e^{-\frac{T_0}{\tau}} = \frac{1}{2}$$

Lấy logarit hai vế ta được:  $-\frac{T_0}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$

$$\Leftrightarrow T_0 = \tau \ln(2)$$

Mà:  $\tau = R_{B1}C$  được gọi là thời hằng nạp xả của tụ

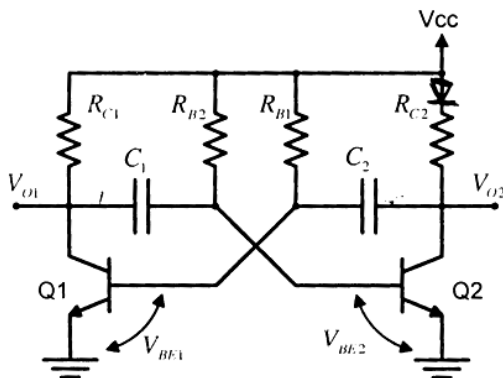
$$\Rightarrow T_0 = RC \ln(2) = 0.693R_{B1}C \approx 0.7R_{B1}C$$

❖ Bài tập

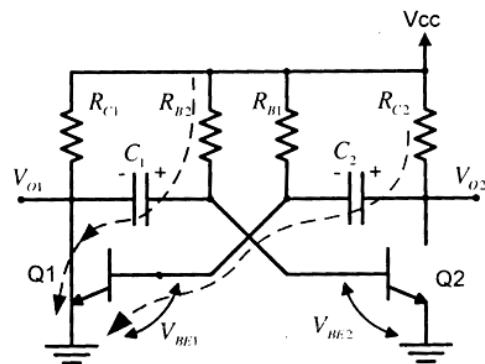
1/ Hãy thiết kế mạch ở hình 3.4a sao cho  $I_{C1} = I_{C2} = 20mA$  và  $T_0 = 1ms$ . Biết  $V_{CC} = 5V$ .

**3.1.4 Mạch dao động bất ổn (astable)**

Cho mạch dao động bất ổn như hình 3.7a.



Hình 3.7a



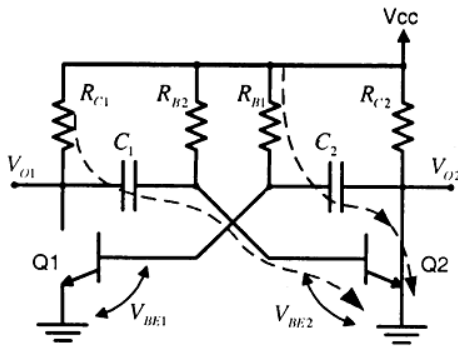
Hình 3.7b

❖ Nguyên lý hoạt động:

Giả sử ban đầu, Q1 dẫn, Q2 tắt, mạch ở hình 3.7a trở thành như hình 3.7b  $\Rightarrow V_{O1} \approx 0V$ ,  $V_{O2} \approx V_{CC}$ . Lúc này, tụ  $C_2$  nạp năng lượng từ nguồn qua  $R_{C2}$  và mối nối BE của Q1, điện áp trên tụ có chiều như hình 3.7b, ngoài dòng nạp qua tụ dòng  $I_{B1}$  còn được cung cấp từ nguồn qua  $R_{B1}$ . Đồng thời, tụ  $C_1$  được nạp qua  $R_{B2}$  và có chiều như hình 3.7b.  $\Rightarrow$  điện áp trên tụ  $C_1$ ,  $V_{C1}$  (điện áp trên tụ  $C_1$ ) tăng dần. Mà  $V_{BE2} = V_{C1} \Rightarrow V_{BE2}$  cũng tăng dần. Tới một lúc nào đó,  $V_{BE2}$  đủ lớn làm Q2 dẫn.  $\Rightarrow$  tụ  $C_2$  đặt điện áp âm vào mối nối BE của Q1.  $\Rightarrow V_{BE1} < 0$  làm Q1 tắt.

Khi mạch ở trạng Q1 tắt, Q2 dẫn, mạch ở hình 3.7a trở thành như hình 3.7c:

$\Rightarrow V_{O1} \approx V_{CC}$ ,  $V_{O2} \approx 0V$ . Lúc này, tụ



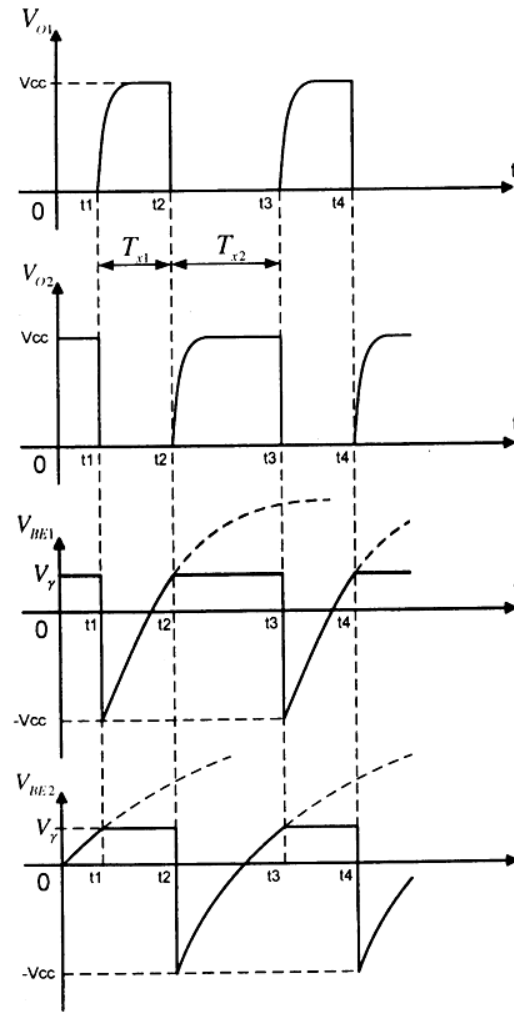
Hình 3.7c

$C_1$  xả năng lượng qua mối nối BE của Q2. Sau đó, nạp năng lượng từ nguồn qua  $R_{C1}$  và mối nối BE của Q2, điện áp trên tụ đảo chiều và tăng dần xem hình 3.7c, ngoài dòng nạp qua tụ dòng  $I_{B2}$  còn được cung cấp từ nguồn qua  $R_{B2}$ . Do đó, Q2 vẫn được duy trì ở trạng thái dẫn cho dù tụ  $C_1$  đã nạp đầy. Đồng thời, tụ  $C_2$  được nạp qua  $R_{B1}$  và Q2 sau khi đã xả hết xem hình 3.7c.  $\Rightarrow$  điện áp trên tụ  $C_2$ ,  $V_{C2}$  (điện áp trên tụ  $C_2$ ) tăng dần.

Mà  $V_{BE1} = V_{C2} \Rightarrow V_{BE1}$  cũng tăng dần. Tới một lúc nào đó,  $V_{BE1}$  đủ lớn làm Q1 dẫn.  $\Rightarrow$  tụ  $C_1$  đặt điện áp âm vào mối nối BE của Q2.  $\Rightarrow V_{BE2} < 0$  làm Q2 tắt.

Ta thấy, ban đầu, Q1 dẫn, Q2 tắt, sau một thời gian mạch tự động đổi qua trạng thái Q1 tắt, Q2 dẫn. Khi Q1 tắt, Q2 dẫn sau một thời gian mạch lại tự đổi qua trạng thái Q1 dẫn, Q2 tắt và cứ lặp đi lặp lại. Do đó, không có trạng thái ổn định. Vì vậy, mạch được gọi là mạch dao động bất ổn hay mạch dao động phi ổn.

Dạng điện áp  $V_{O1}$ ,  $V_{O2}$ ,  $V_{BE1}$  và  $V_{BE2}$  như sau:



Hình 3.8

Từ hình 3.8 ta thấy,  $T_{x1}$  chính là thời gian tụ  $C_2$  xả và nạp qua  $R_{B1}$ ,  $T_{x2}$  chính là thời gian tụ  $C_1$  xả và nạp qua  $R_{B2}$ . Tương tự như mạch dao động đơn ổn ta có công thức:

$$\frac{T_{x1}}{T_{x2}} = \frac{0.693R_{B1}C_2}{0.693R_{B2}C_1}$$

$T_{x1}$ ,  $T_{x2}$  có đơn vị là s. Tụ  $C_1$ ,  $C_2$  có đơn vị là F.  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  có đơn vị là  $\Omega$ .

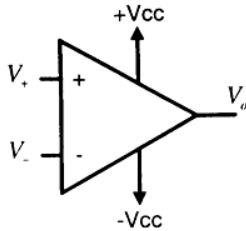
Chu kỳ của điện áp ra:  $T = T_{x1} + T_{x2} = 0,693(R_{B1}C_2 + R_{B2}C_1)$

Tần số của điện áp ra:  $f = \frac{1}{T}$

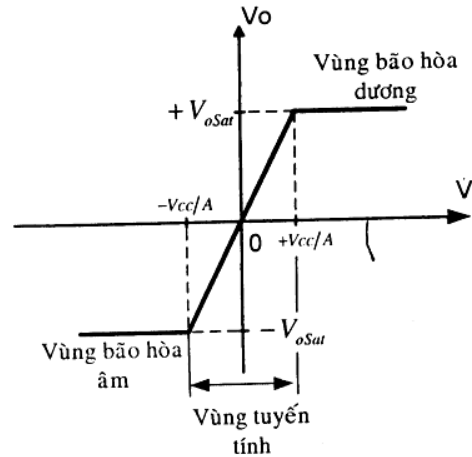


### 3.2 Mạch dao động đa hài dùng op-amp

#### 3.2.1 Trạng thái bão hòa của op-amp và mạch so sánh



Hình 3.9 Kí hiệu op-amp



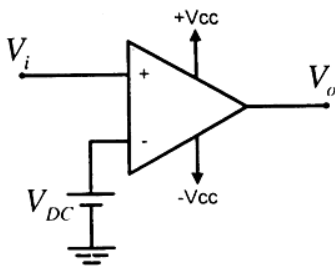
Hình 3.10 Đặc tuyến truyền đạt của op-amp

Hình 3.10 là đặc tuyến truyền đạt của op-amp với  $A$  là độ lợi áp vòng hở,  $V_i = V_+ - V_-$  là điện áp vào. Dựa vào đặc tuyến truyền đạt ta thấy:

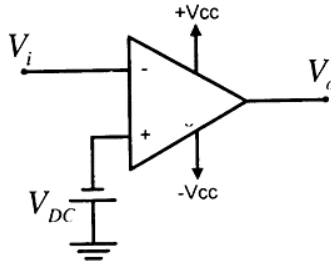
- Khi  $V_+ > V_-$  thì  $V_o = +V_{osat}$ , op-amp làm việc trong vùng bão hòa dương.
- Khi  $V_+ < V_-$  thì  $V_o = -V_{osat}$ , op-amp làm việc trong vùng bão hòa âm.
- Khi  $V_+ = V_-$  thì  $V_o = AV_i$

Đối với op-amp lý tưởng thì  $A = \infty$ ,  $V_{osat} = V_{cc}$  và điện trở ngõ vào  $R_i = \infty$ . Đối với op-amp thực tế thì  $10^5 < A < 10^8$ ,  $V_{osat}$  nhỏ hơn  $V_{cc}$  một vài volt và điện trở ngõ vào  $10^6 < R_i < 10^{13}$ .

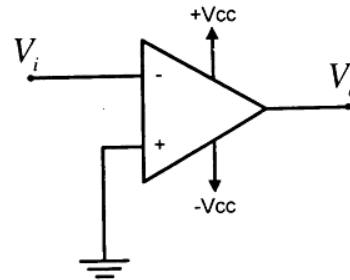
Op-amp được dùng để thực hiện mạch khuếch đại, mạch cộng, mạch trừ, mạch so sánh, ... Để thực hiện mạch so sánh ta cho op-amp làm việc trong vùng bão hòa như hình 3.11 sau:



Hình 3.11a



Hình 3.11b

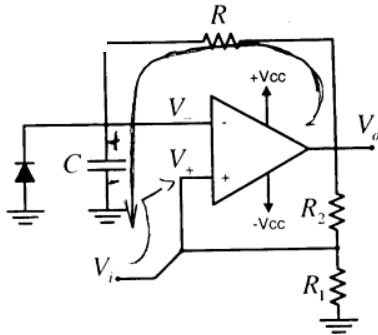


Hình 3.11c

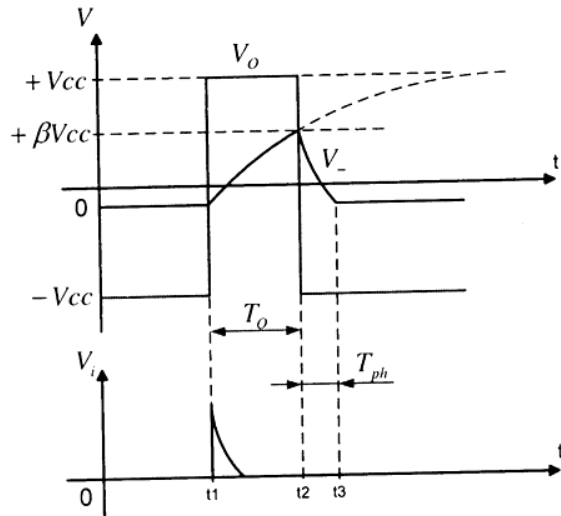
#### ❖ Bài tập

Hãy vẽ và giải thích dạng điện áp ngõ ra của các mạch ở hình 3.11abc. Biết  $V_i = 10\sin \omega t$ , với  $\omega$  bất kỳ,  $V_{DC}$  có độ lớn bằng 5v.

### 3.2.2 Mạch dao động đơn ổn (monostable)



Hình 3.12



Hình 3.13

❖ Nguyên lý hoạt động:

- Ở chế độ xác lập, op-amp làm việc trong vùng bão hòa âm,  $V_o = -V_{cc}$ . Lúc này, diode dẫn nên  $V_- = -V_\gamma$ , với  $V_\gamma$  là điện áp phân cực thuận của diode.

$$\text{Mà: } V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{cc} = -\beta V_{cc}$$

$$\text{Với } \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Do  $V_\gamma < \beta V_{cc} \Rightarrow V_- > V_+$ , suy ra, op-amp tiếp tục làm việc trong vùng bão hòa âm. Nếu không có tác động bên ngoài thì mạch không thay đổi trạng thái. Vì vậy, đây là trạng thái ổn định của mạch.

- Khi có xung dương tác động vào  $V_i \Rightarrow V_+ > V_-$ , làm op-amp đổi qua trạng thái bão hòa dương,  $V_o = +V_{cc}$ .

Lúc này, diode ngưng dẫn, tụ C nạp năng lượng từ  $V_o$  qua R xuống mass, làm  $V_-$  tăng dần.

$$\text{Mà: } V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o \Rightarrow V_+ = +\beta V_{cc}$$

Do  $V_-$  có thể tăng dần tới  $+V_{cc}$ ,  $V_+$  có điện thế nhỏ hơn  $+V_{cc}$  nên tới một lúc nào đó  $V_- > V_+$ . Khi này, op-amp làm việc trong vùng bão hòa âm,  $V_o = -V_{cc}$ , diode dẫn, tụ xả và điện thế  $V_-$  được ghim ở mức  $-V_\gamma$ . Op-amp ở trạng thái bão hòa dương là trạng thái không ổn định của mạch.

Từ nguyên lý hoạt động trên ta thấy, mạch có một trạng thái ổn định nên mạch được gọi là mạch đơn ổn hay còn gọi mạch một trạng thái bền. Hình 3.13 là dạng điện áp ngõ ra và dạng điện áp trên tụ của mạch.

$T_o$  là độ rộng xung, nó phụ thuộc vào thời gian nạp của tụ, vì vậy, để tính  $T_o$  ta xét phương trình sau:

$$V_C(t) = (V_{CC} + V_\gamma) \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Tại thời điểm  $t = T_o$  ta có:  $V_C(T_o) = (V_{CC} + V_\gamma) \left( 1 - e^{-\frac{T_o}{\tau}} \right) = \beta V_{CC} + V_\gamma$

$$\left( 1 - e^{-\frac{T_o}{\tau}} \right) = \frac{\beta V_{CC} + V_\gamma}{V_{CC} + V_\gamma} \Leftrightarrow \left( 1 - e^{-\frac{T_o}{\tau}} \right) = \frac{\beta + \frac{V_\gamma}{V_{CC}}}{1 + \frac{V_\gamma}{V_{CC}}}$$

Đặt  $k = \frac{V_\gamma}{V_{CC}} \Rightarrow \left( 1 - e^{-\frac{T_o}{\tau}} \right) = \frac{\beta + k}{1 + k}$

$$\Leftrightarrow e^{-\frac{T_o}{\tau}} = 1 - \frac{\beta + k}{1 + k} \Leftrightarrow e^{-\frac{T_o}{\tau}} = \frac{1 - \beta}{1 + k} \Leftrightarrow e^{\frac{T_o}{\tau}} = \frac{1 + k}{1 - \beta}$$

$$\Leftrightarrow \frac{T_o}{\tau} = \ln \left( \frac{1 + k}{1 - \beta} \right) \Leftrightarrow T_o = \tau \ln \left( \frac{1 + k}{1 - \beta} \right)$$

Mà:  $\tau = RC$

$$\Rightarrow T_o = RC \ln \left( \frac{1 + k}{1 - \beta} \right)$$

Tương tự, ta có:  $T_{ph} = RC \ln \left( \frac{1 + \beta}{1 - k} \right)$

### 3.2.3 Mạch dao động bất ổn (astable)

#### a. Nguyên lý:

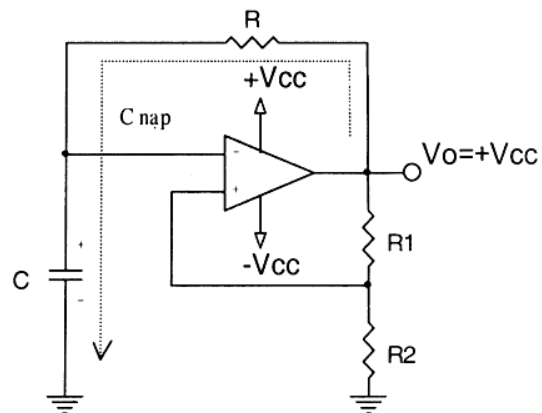
Mạch điện hình 3.14 là sơ đồ mạch dao động tích thoát dùng Op-amp để cho ra tín hiệu vuông.

Sơ đồ có hai mạch hồi tiếp từ ngõ ra về hai ngõ

vào. C cầu phân áp RC hồi tiếp về ngõ  $In^-$ , cầu phân

áp  $R_1 - R_2$  hồi tiếp về ngõ  $In^+$ .

Để giải thích nguyên lý mạch ta giả sử tụ C chưa nạp điện và Op-amp đang ở trạng thái bão hòa dương. Lúc này, cầu



Hình 3.14: Mạch dao động tích thoát

phân áp  $R_1 - R_2$  đưa điện áp dương về ngõ  $In^+$  với mức điện áp là:  $V_0 = +V_{CC}$

$$V_{in}^+ = +V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_A \quad (V_{in}^+ > 0V)$$

Trong khi đó, ở ngõ  $In^-$  có điện áp tăng dần lên từ  $0V$ , điện áp tăng do tụ  $C$  nạp qua  $R$  theo quy luật hàm số mũ với hằng số thời gian là  $\tau = RC$

Khi tụ  $C$  nạp có  $V_{in}^- < V_{in}^+$  thì Op-amp vẫn ở trạng thái bão hòa dương. Khi tụ  $C$  nạp đến mức điện áp  $V_{in}^- > V_{in}^+$  thì OP-AMP đổi thành trạng thái bão hòa âm, ngõ ra có  $V_0 = -V_{CC}$ . Lúc này cầu phân áp  $R_1 - R_2$  đưa điện áp âm về ngõ  $In^+$  với mức điện áp là:

$$V_{in}^+ = -V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_B \quad (V_{in}^+ < 0V)$$

Trong khi đó ở ngõ  $In^-$  vẫn còn đang ở mức điện áp dương với trị số:

$$V_{in}^- = +V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

do tụ  $C$  đang còn nạp điện. Như vậy Op-amp sẽ chuyển sang trạng thái bão hòa âm nhanh cho cạnh xung vuông thẳng đứng. Tụ  $C$  bây giờ sẽ xả điện áp dương đang nạp trên tụ qua  $R_1$  và tải ở ngõ ra xuống mass. Khi tụ  $C$  xả điện áp dương đang có thì  $V_{in}^+$  vẫn ở mức điện áp âm nên Op-amp vẫn ở trạng thái bão hòa âm. Khi tụ  $C$  xả hết điện áp dương sẽ nạp điện qua  $R$  để có điện áp âm đang có do ngõ ra đang ở trạng thái bão hòa âm chiều nạp bây giờ ngược với chiều dòng điện nạp trên hình vẽ.

Khi tụ  $C$  nạp điện áp âm đến mức  $V_{in}^- < V_{in}^+$  (ngõ  $In^-$  nhỏ hơn ngõ  $In^+$ ) thì Op-amp lại đổi thành trạng thái bão hòa dương về ngõ ra có  $V_0 = +V_{CC}$ .

Mạch đã trở lại trạng thái giả thiết ban đầu và hiện tượng trên cứ tiếp diễn liên tục tuần hoàn.

### b. Dạng sóng ở các chân:

Mức giới hạn điện áp ngõ ra là:

$$V_{0max} \approx +V_{CC}$$

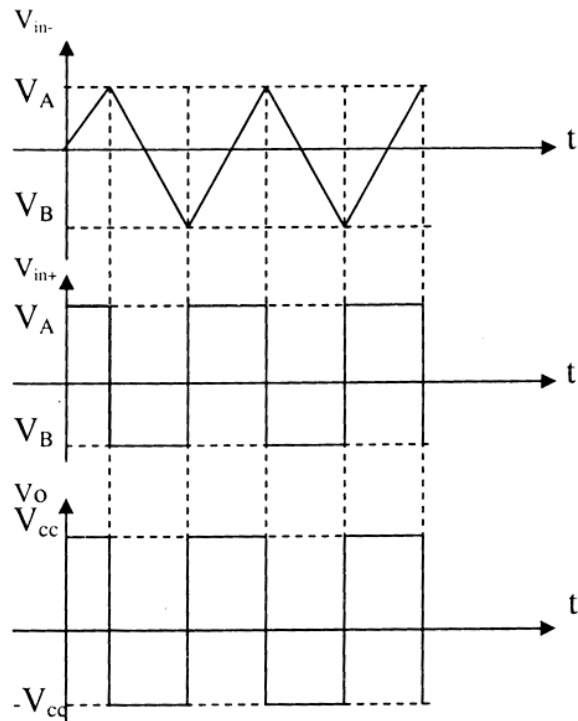
$$V_{0min} \approx -V_{CC}$$

Mức giới hạn điện áp ở hai ngõ vào là:

$$V_A = +V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_B = -V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Dạng điện ở ngõ vào  $In^-$  là dạng tam giác. Thời gian điện áp ở ngõ vào  $In^-$  tăng từ  $V_B$  lên  $V_A$  là Op-amp ở trạng thái bão hòa dương, Thời gian điện áp ở ngõ vào  $In^-$



Hình 3.15. Dạng sóng ở các chân.

giảm từ  $V_A$  xuống  $V_B$  là Op\_amp ở trạng thái bão hòa dương. Dạng điện áp ở ngõ  $I_n^+$  và ngõ ra là trạng thái xung vuông đối xứng. Chu kỳ của tín hiệu được tính theo công thức

$$T = 2R.C.Ln \frac{R_2 + 2R_1}{R_2}$$

Suy ra tần số của tín hiệu xung được tính theo công thức

$$f = \frac{1}{T}$$

Trường hợp đặc biệt:

$$R_1 = 2R_2 \Rightarrow T = 2.R.C.Ln2$$

$$= 2.R.C.0,69$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2.0,69.R.C} \approx \frac{1}{1,4.R.C}$$

$$R_1 = R_2 \Rightarrow T = 2.R.C.Ln3$$

$$= 2.R.C.1,1$$

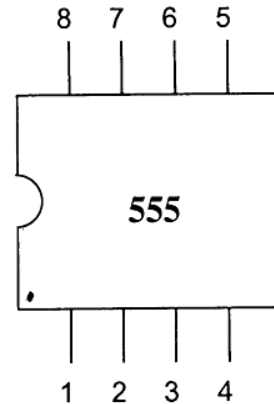
$$\Rightarrow f = \frac{1}{2,2.R.C}$$

### 3.3 Dao động dùng vi mạch LM555

#### 3.3.1 Cấu tạo vi mạch LM555

Vi mạch 555 được chế tạo thông dụng nhất là dạng vỏ Plastic như hình vẽ 3.16

- + Chân 1: GND (nối đất)
- + Chân 2: Trigger Input (ngõ vào xung này)
- + Chân 3: Output (ngõ ra)
- + Chân 4: Reset (hồi phục)
- + Chân 5: Control Voltage (điện áp điều khiển)
- + Chân 6: Threshold (Thêm –ngưỡng)
- + Chân 7: Dirchage ( xả điện)
- + Chân 8:  $+V_{CC}$  (nguồn dương)

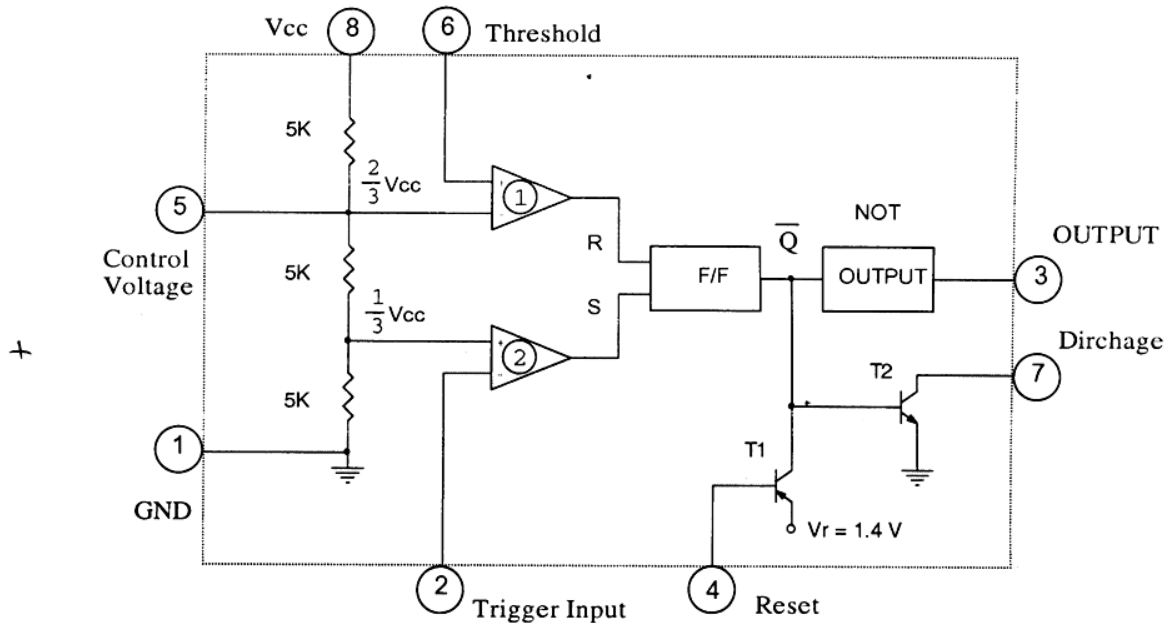


Hình 3.16: Hình dạng IC555

Vi mạch định thì 555 có 8 chân, có nguồn nuôi trong khoảng từ +5V đến +15V và mức áp tối đa là +18V. Bên trong vi mạch 555 có hơn 20 Transistor và nhiều điện trở thực hiện chức năng như trong hình 3.17 gồm:

- Cầu phân áp gồm 3 điện trở  $5K\Omega$  nối từ nguồn  $+V_{CC}$  xuống mass cho ra hai điện áp chuẩn là  $1/3 V_{CC}$  và  $2/3 V_{CC}$ .
- Op-amp (1) là mạch khuếch đại so sánh có ngõ  $I_n^-$  nhận điện áp chuẩn  $2/3 V_{CC}$  còn ngõ  $I_n^+$  thì nối ra ngoài chân 6. Tùy thuộc điện áp của chân 6 so với điện áp chuẩn  $2/3 V_{CC}$  mà Op-amp (1) có điện áp mức cao hay thấp để làm tín hiệu R (Reset) điều khiển Flip-Flop(F/F).

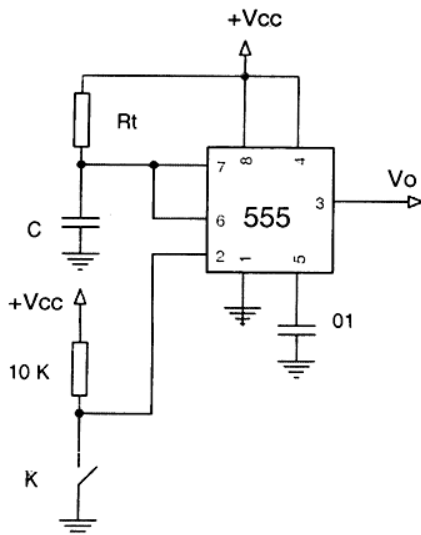
- Op-amp (2) là mạch khuếch đại so sánh có ngõ  $I_n^+$  nhận điện áp chuẩn  $1/3 V_{CC}$  còn ngõ  $I_n^-$  thì nối ra ngoài chân 2. Tùy thuộc điện áp chân 2 so với điện áp chuẩn  $1/3 V_{CC}$  mà Op-amp (2) có áp thế ra mức cao hay thấp để làm tín hiệu S (Set) điều khiển Flip –Flop (F/F).
- Mạch Flip-Flop (F/F) là loại mạch lưỡng ổn kích một bên. Khi chân Set (S) có điện áp cao thì điện áp này kích đổi trạng thái của F/F là ngõ Q lên mức cao và ngõ  $\bar{Q}$  của xuống mức thấp. Khi ngõ Set đang ở mức cao xuống thấp thì mạch F/F không đổi trạng thái. Khi chân Reset (R) có điện áp cao thì điện áp này kích đổi trạng thái của F/F làm ngõ  $\bar{Q}$  lên mức cao và ngõ Q xuống mức thấp. Khi ngõ Reset đang ở mức cao xuống thấp thì mạch F/F không đổi trạng thái.
- Mạch OUTPUT là mạch khuếch đại ngõ ra để tăng độ khuếch đại dòng cấp cho tải. Đây là mạch khuếch đại đảo có ngõ vào là chân  $\bar{Q}$  của F/F nên khi  $\bar{Q}$  ở mức cao thì ngõ ra chân 3 của IC sẽ có điện áp thấp ( $\approx 0v$ ) và ngược lại khi  $\bar{Q}$  ở mức thấp thì ngõ ra chân 3 của IC sẽ có điện áp cao ( $\approx V_{CC}$ )
- Transistor  $T_1$  có chân E nối vào 1 điện áp chuẩn khoảng 1,4 V và loại Transistor PNP nên khi cực B nối ra ngoài bởi chân 4 có điện áp cao hơn 1,4V thì  $T_1$  ngưng dẫn nên  $T_1$  không ảnh hưởng đến hoạt động của mạch khi chân 4 có điện trở trị số nhỏ thích hợp (nối mass) thì  $T_1$  dẫn bão hòa đồng thời làm mạch OUTPUT cũng dẫn bão hòa và ngõ ra xuống thấp. Chân 4 được gọi là chân Reset có nghĩa là nó Reset IC 555 bất chấp tình trạng ở các ngõ vào khác, do đó chân Reset dùng để kết thúc xung ra sớm khi cần. Nếu không dùng chức năng Reset thì nối chân 4 lên  $V_{CC}$  để tránh mạch bị Reset do nhiễu.
- Transistor  $T_2$  là Transistor có cực C để hở nối ra chân 7 (Discharge = xả). Do cực B được phân cực bởi mức điện áp ra  $\bar{Q}$  của F/F nên khi  $\bar{Q}$  ở mức cao thì  $T_2$  bão hòa và cực C của  $T_2$  coi như nối mass, lúc đó ngõ ra chân 3 cũng ở mức thấp. Khi  $\bar{Q}$  ở mức thấp thì  $T_2$  ngưng dẫn cực C của  $T_2$  bị hở, lúc đó ngõ ra chân 3 có điện áp cao. Theo nguyên lý trên cực C của  $T_2$  ra chân 7 có thể làm ngõ ra phụ có mức điện áp giống mức điện áp của ngõ ra chân 4. Hình 3.17 là sơ đồ cấu trúc bên trong của IC 555 vẽ theo kiểu sơ đồ chức năng.



Hình 3.17 Cấu trúc của IC 555.

### 3.3.2 Mạch dao động đơn ổn (monostable)

Hình 3.18: Mạch đơn ổn dùng IC 555



Để có thể phân tích nguyên lý của mạch đơn ổn một cách rõ ràng, dễ hiểu chúng ta sử dụng sơ đồ hình 3.18. Sơ đồ hình vẽ mạch áp dụng IC 555 làm mạch đơn ổn, sơ đồ hình 3.18 kết hợp với sơ đồ cấu trúc bên trong IC.

Trong mạch này chân ngưỡng số 6 và chân xả số 7 được nối vào điểm chung của mạch định thì  $R_T C$ . Chân nhận xung kích số 2 được nối lên nguồn  $+V_{CC}$  qua điện trở 10K sao cho chân này có điện áp lớn hơn  $1/3 V_{CC}$ .

Hình 3.18: Mạch đơn ổn dùng IC 555

Đặc điểm của mạch đơn ổn là khi có xung âm hẹp tác động tức thời ở ngõ vào Trigger chân hai mạch sẽ đổi trạng thái và tại ngõ ra chân 3 sẽ có xung dương ra/ Độ rộng xung ở ngõ ra có thời gian dài hay ngắn tùy thuộc mạch định thì  $R_T C$ , sau đó mạch sẽ trở lại trạng thái ban đầu.

Nguyên lý mạch đơn ổn được giải thích như sau:

Khi mở điện tụ C nối chân 6 và 7 xuống masse làm OP- AMP (1) có ngõ  $I_n^+$  nhỏ hơn ngõ  $I_n^-$  nên ngõ ra  $V_{01} = 0_v$ , ngõ R ở mức thấp. Lúc đó OP-AMP (2) có

ngõ  $I_n^+$  cũng nhỏ hơn ngõ  $I_n^-$  nên ngõ ra  $V_{02} = 0_v$ , ngõ s cũng thấp. Mạch F|F có hai ngõ R và S đều ở mức thấp và nhờ cấu trúc của mạch chi tiết nên F|F có ngõ ra  $\bar{Q}$  ở mức cao, qua mạch đảo ngõ ra chân 3 sẽ có mức thấp gần  $0_v$ . khi  $\bar{Q}$  ở mức cao ạo phân cực bão hòa cho  $T_2$  làm  $T_2$  dẫn nối chân 7 xuống mass, chân 6 cũng bị nối mass nên tụ C không nạp điện được, mạch sẽ ổn định ở trạng thái này nếu không có tác động khác ở bên ngoài.

Khi đóng khóa K sẽ có xung âm kích vào chân Trigger số 2 làm OP-AMP (2) đổi trạng thái ngõ S lên mức cao. Mức cao của ngõ S điều khiển làm F|F đổi trạng thái, làm ngõ  $\bar{Q}$  xuống mức thấp, ngõ ra qua mạch đảo sẽ tăng lên mức cao và xung dương ra. Lúc đó,  $\bar{Q}$  ở mức thấp nên  $T_2$  ngưng dẫn để tụ C nạp điện qua  $R_T$ . Trong thời gian tụ C nạp điện mạch vẫn giữ trạng thái này nên ngõ ra tiếp tục ở ngõ cao.

Điện áp nạp trên tụ có trị số tăng theo hàm số mũ và khi điện áp đạt giá trị  $2/3 V_{CC}$  thì OP-AMP (1) đổi trạng thái, ngõ R tăng lên mức cao. Ngõ R có mức cao sẽ điều khiển F|F trở lại trạng thái cũ, ngõ  $\bar{Q}$  lên mức cao làm ngõ ra qua mạch đảo sẽ xuống mức thấp chấm dứt xung dương ra. Đồng thời lúc đó  $T_2$  được phân cực bão hòa nên chân 7 nối mass làm tụ C xả điện, mạch sẽ ổn định ở trạng thái này cho đến khi nào có xung âm khác tác động vào chân Trigger (số 2).

⤴ Thời gian xung dương ra tức là thời gian nạp điện từ  $0_v$  lên  $2/3 V_{CC}$  được tính theo như sau:

Điện áp nạp trên tụ tăng theo hàm số mũ là:

$$V_C = V_{CC} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Trong đó  $\tau = R_T \cdot C$

Thời gian tụ nạp được điện thế từ  $0V$  lên  $2/3 V_{CC}$  là  $t_x$  được tính bởi:

$$V_C = V_{CC} (1 - e^{-\frac{t_x}{\tau}}) = 2/3 V_{CC}$$

Suy ra:  $(1 - e^{-\frac{t_x}{\tau}}) = \frac{2}{3}$  hay là  $1 - \frac{2}{3} = e^{-\frac{t_x}{\tau}}$

$$\square \quad \frac{1}{3} = e^{-\frac{t_x}{\tau}} = \frac{1}{e^{\frac{t_x}{\tau}}}$$

$$\square \quad e^{\frac{t_x}{\tau}} = 3$$

Cuối cùng ta có hàm số ngược của hàm số mũ là Ln.

Như vậy:  $t_x = \tau \cdot \text{Ln}3 \quad (\text{Ln}3 = 1,1)$

$$\underline{t_x = 1,1 R_T \cdot C}$$



### 3.3.3 Mạch dao động bất ổn (astable)

Sơ đồ mạch hình 3.19 là ứng dụng của IC 555 là mạch đa hài phi ổn để tạo xung vuông.

Trong mạch chân ngưỡng (Threshold) số 6 được nối với chân Trigger số 2 nên hai chân này có chung điện áp là điện áp trên tụ C để so với điện áp chuẩn  $2/3 V_{CC}$  và  $1/3 V_{CC}$  bởi Op- amp (1) và Op- amp (2). Chân 5 có tụ nhỏ  $0.01\mu F$  nối mass để lọc nhiễu tần số cao có thể làm ảnh hưởng điện áp chuẩn  $2/3 V_{CC}$ .

Chân 4 nối nguồn  $+V_{CC}$  nên không dùng chức năng Reset, chân 7 xả điện được nối vào giữa 2 điện trở  $R_A$  và  $R_B$  tạo đường xả điện cho tụ. Ngõ ra chân 3 có điện trở  $1,2 K$  hạn dòng cho Led và Led để biểu thị mức điện áp ra (chỉ có thể dùng trong trường hợp tần số dao động có trị số thấp từ  $20Hz$  trở xuống còn ở tần số cao hơn  $40Hz$  trạng thái sáng tắt của Led khó có thể nhận biết bằng mắt thường).

Để phân tích nguyên lý của mạch cần phối hợp mạch ứng dụng hình 3.19 và sơ đồ cấu trúc hình 3.17.

Khi mới đóng điện tụ C bắt đầu nạp từ  $0V$  lên nên:

- Op-amp (1) có  $V_1^+ < V_1^-$  nên ngõ ra có  $V_{01} =$  mức thấp, ngõ R = 0 (mức thấp).
- Op-amp (2) có  $V_1^+ > V_1^-$  nên ngõ ra có  $V_{02} =$  mức cao, ngõ S = 1 (mức cao).

Mạch F/F có ngõ S = 1 nên  $\bar{Q} = 1$  và  $Q = 0$ . Lúc đó ngõ ra chân 3 có  $V_0 \approx V_{CC}$  (do qua mạch đảo) làm Led sáng.

- Transistor  $T_2$  có  $V_{B2} = 0$  do  $\bar{Q} = 0$  nên  $T_2$  ngưng dẫn để tụ C được nạp điện.

Tụ C nạp điện qua  $R_A$  và  $R_B$  với hằng số thời gian khi nạp là:

$$\tau_{nạp} = (R_A + R_B) C$$

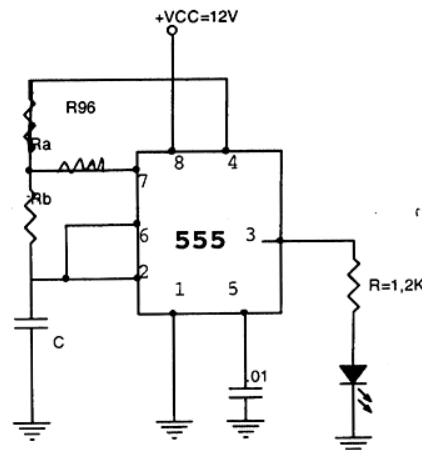
Khi điện áp trên tụ tăng đến mức  $1/3 V_{CC}$  thì Op-amp (2) đổi trạng thái, ngõ ra có  $V_{02} =$  mức thấp, ngõ S = 0 (mức thấp). Khi S xuống mức thấp thì F/F không đổi trạng thái nên điện áp ngõ ra vẫn ở mức cao, Led vẫn sáng.

Khi điện áp trên tụ tăng đến mức  $2/3 V_{CC}$  thì Op-amp (1) đổi trạng thái, ngõ ra có  $V_{01} =$  mức cao, ngõ R = 1.

Mạch F/F có ngõ R = 1 nên  $Q = 1$ . Lúc đó ra chân 3 có  $V_0 \approx 0V$  làm Led tắt. Khi ngõ  $Q = 1$  sẽ làm  $T_2$  dẫn bão hòa và chân 7 nối mass, làm tụ C không nạp tiếp điện áp được mà phải xả điện qua  $R_B$  và Transistor  $T_2$  xuống mass. Tụ C xả điện qua  $R_B$  với hằng số thời gian là:

$$\tau_{xả} = R_B \cdot C$$

Khi điện áp trên tụ (tức là điện áp chân 2 và chân 6) giảm xuống dưới  $2/3 V_{CC}$  thì Op-amp(1) đổi trở lại trạng thái cũ là  $V_{01} =$  mức thấp, ngõ R = 0. Khi R xuống mức thấp thì F/F không đổi trạng thái nên điện áp ngõ ra vẫn ở mức thấp,



Hình 3.19: Mạch đa hài phi ổn

Led vẫn tắt. Khi điện áp trên tụ giảm xuống đến mức  $1/3 V_{CC}$  thì Op- amp(2) lại có  $V_1^+ > V_1^-$  nên ngõ ra có  $V_{02} =$  mức cao, ngõ  $S_1 = 1$ . Mạch F/F có ngõ  $S=1$  và  $\bar{Q}=0$ , ngõ ra chân 3 qua mạch đảo có  $V_0 \approx + V_{CC}$  làm Led lại sáng, đồng thời lúc đó  $T_2$  mất phân cực do  $\bar{Q}=0$  nên ngưng dẫn và chấm dứt giai đoạn xả điện của tụ. Như vậy mạch đã trở lại trạng thái ban đầu và tụ lại nạp điện từ mức  $1/3 V_{CC}$  nên đến  $2/3 V_{CC}$ , hiện tượng này sẽ tiếp diễn liên tục và tuần hoàn.

Lưu ý: Khi mới mở điện tụ C sẽ nạp điện từ  $0^V$  lên  $2/3 V_{CC}$  rồi sau đó tụ xả điện là  $2/3 V_{CC}$  xuống  $1/3 V_{CC}$  chứ không xả xuống  $0V$ . Những chu kỳ sau tụ sẽ nạp từ  $1/3 V_{CC}$  lên  $2/3 V_{CC}$  chứ không nạp từ  $0V$  nữa.

Thời gian tụ nạp là thời gian  $V_0 \approx + V_{CC}$ , Led sáng. Thời gian tụ xả là thời gian  $V_0 \approx 0V$ , Led tắt.

Thời gian nạp và xả tụ được tính theo công thức:

$$\text{Thời gian nạp: } t_{\text{nạp}} = 0,69 \cdot \tau_{\text{nạp}}$$

$$t_{\text{nạp}} = 0,69 \cdot (R_A + R_B) C \quad \gamma$$

$$\text{Thời gian xả: } t_{\text{xả}} = 0,69 \cdot \tau_{\text{xả}}$$

$$t_{\text{xả}} = 0,69 \cdot R_B \cdot C \quad \delta$$

Điện áp ở ngõ ra chân 3 có dạng hình vuông với chu kỳ là:

$$T = t_{\text{nạp}} + t_{\text{xả}}$$

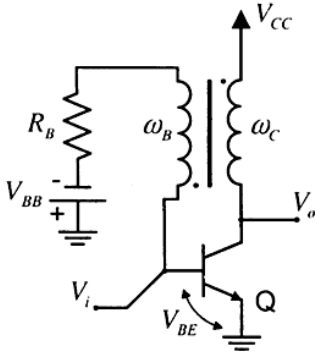
$$T = 0,69 (R_A + 2R_B) C$$

Do thời gian nạp và thời gian xả không bằng nhau ( $t_{\text{nạp}} > t_{\text{xả}}$ ) nên tín hiệu hình vuông ra không đối xứng. Tần số của tín hiệu hình vuông là:

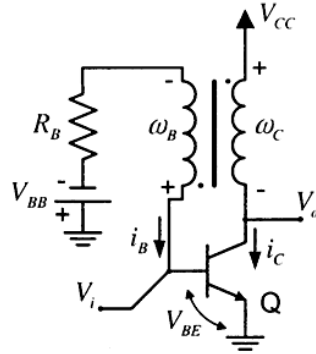
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,69(R_A + 2R_B)C}$$

## Chương 4 CÁC MẠCH TẠO XUNG KHÁC

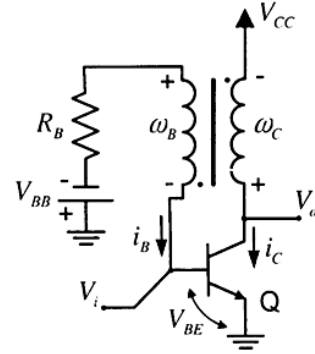
### 4.1 Dao động blocking



Hình 4.1a



Hình 4.1b



Hình 4.1c

❖ Nguyên lý hoạt động:

Xét mạch dao động blocking ở hình 4.1a. Ở chế độ xác lập, chưa có xung tác động vào  $V_i$ ,  $V_{BE} < 0$ , transistor tắt làm  $V_o = V_{CC}$ . Nếu không có tác động bên ngoài thì transistor không thay đổi trạng thái, điện thế ngõ ra  $V_o$  luôn bằng  $V_{CC}$ . Do đó, trạng thái này là trạng thái ổn định của mạch.

Tại thời điểm  $t = 0$ , kích một xung dương đủ lớn vào  $V_i \Rightarrow V_{BE}$  đủ lớn làm transistor Q dẫn  $\Rightarrow V_o = 0$ . Khi Q dẫn trong cuộn dây  $\omega_C$  xuất hiện dòng  $i_C$ . Do hiện tượng cảm ứng điện từ nên cuộn dây  $\omega_C$  xuất hiện một sức điện động cảm ứng có chiều chống lại sự tăng dòng  $i_C \Rightarrow$  dòng  $i_C$  tăng dần. Độ lớn dòng  $i_C$  được tính theo công thức sau:

$$i_C = i'_B + i_\mu \quad (4.1)$$

Với  $i'_B$  là dòng phản hồi của  $i_B$  qua biến áp. Gọi  $\xi_{\omega_C}$  là sức điện động cảm ứng của cuộn  $\omega_C$ . Dòng  $i_\mu$  là dòng từ hóa được xác định theo công thức:

$$\xi_{\omega_C} = L \frac{di_\mu(t)}{dt} \quad (4.2)$$

Mà, tại thời điểm  $t = 0$ , Q vừa dẫn, dòng  $i_\mu(0) = 0$  và  $\xi_{\omega_C} = V_{CC}$ . Từ (4.2) ta suy ra, dòng điện  $i_C$  tại thời điểm  $t$  nào đó được tính như sau:

$$\xi_{\omega_C} = L \frac{i_\mu(t) - i_\mu(0)}{t - 0}$$

$$\Rightarrow V_{CC} = L \frac{i_\mu(t) - i_\mu(0)}{t - 0}$$

$$\Leftrightarrow i_{\mu}(t) = \frac{V_{CC}}{L} t \quad (4.3)$$

Cũng do hiện tượng cảm ứng điện từ, nên trên cuộn  $\omega_B$  cũng xuất hiện điện áp  $v_{\omega_B}$  có chiều như hình 4.1b. Chính điện áp này duy trì dòng  $i_B$  để transistor tiếp tục dẫn. Khi Q dẫn điện áp trên cuộn  $\omega_C$  bằng  $V_{CC}$ . Suy ra, điện áp  $v_{\omega_B} = nV_{CC}$ , với  $n$  là tỉ số vòng dây của cuộn  $\omega_B$  và cuộn  $\omega_C$ . Lúc này, dòng  $i_B$  được tính theo công thức:

$$i_B = \frac{v_{\omega_B} - V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \quad (4.4)$$

Từ công thức (4.3) và (4.4) ta thấy, khi Q dẫn, dòng  $i_C$  tăng, dòng  $i_B$  là hằng số. Khi  $i_C$  đạt giá trị nào đó,  $i_B$  không đủ để duy trì dòng  $i_C$  thì transistor ra khỏi trạng thái bão hòa.

Khi transistor chuyển dần sang chế độ khuếch đại, điện thế  $V_o$  tăng làm điện áp trên cuộn  $\omega_C$  giảm. Điện áp trên  $\omega_C$  giảm làm dòng  $i_C$  giảm, do hiện tượng cảm ứng điện từ nên cuộn  $\omega_C$  sinh ra sức điện động cảm ứng ngược chiều với ban đầu làm điện áp trên cuộn  $\omega_B$  đổi dấu (xem hình 4.1.c). Điện áp trên  $\omega_B$  đổi dấu làm  $V_{BE} < 0$ , transistor tắt rất nhanh. Lúc này, điện thế ngõ ra được tính theo công thức  $V_o = V_{CC} + \xi_{\omega_C}$ . Vì vậy, điện thế  $V_o$  tăng nhanh và lớn hơn điện áp  $V_{CC}$ .

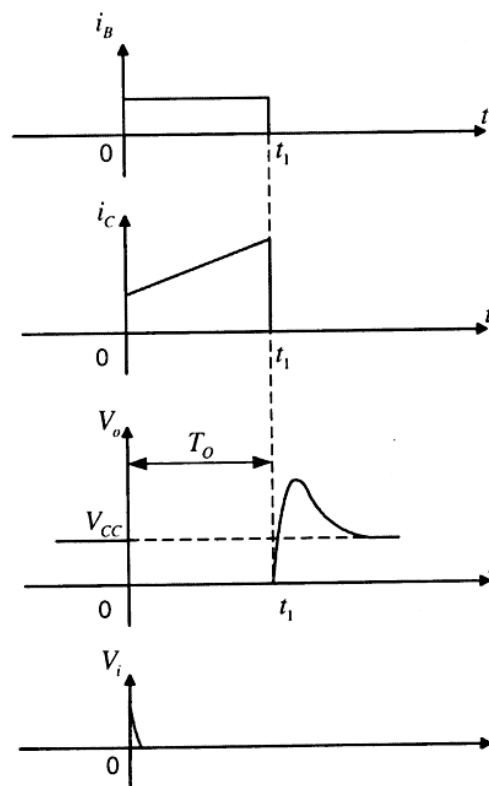
Khi transistor tắt, các cuộn dây trong biến áp xả năng lượng, điện áp trên các cuộn dây giảm dần tới khi xác lập điện áp trên các cuộn dây bằng không. Do đó, điện thế ngõ ra giảm dần tới  $V_{CC}$  (xem hình 4.2).

❖ Tính độ rộng xung  $T_o$ :

Coi biến áp lý tưởng nên:  $i'_B = ni_B$

Mà  $V_{BB}$ ,  $V_{BE}$  rất nhỏ nên từ công thức (4.4) ta có:

$$i_B = \frac{v_{\omega_B}}{R_B} = \frac{nV_{CC}}{R_B} \quad (4.5)$$



Hình 4.2

$$\Rightarrow i'_B = \frac{n^2 V_{CC}}{R_B} \quad (4.6)$$

Từ công thức (4.1), (4.3) và (4.6) ta có:

$$\Rightarrow i_C(t) = \frac{n^2 V_{CC}}{R_B} + \frac{V_{CC}}{L} t \quad (4.7)$$

Mà tại thời điểm  $t = T_O$ , transistor bắt đầu hoạt động trong vùng khuếch đại nên  $i_C(T_O) = \beta i_B = \beta \frac{n V_{CC}}{R_B}$ . Thế  $t = T_O$  và  $i_C(T_O)$  vào công thức (4.7) ta được:

$$\begin{aligned} \frac{n^2 V_{CC}}{R_B} + \frac{V_{CC}}{L} T_O &= \beta \frac{n V_{CC}}{R_B} \\ \Leftrightarrow T_O &= \frac{nL}{R_B} (\beta - n) \end{aligned} \quad (4.8)$$

## 4.2 Mạch Schmitt trigger

### 4.2.1 Mạch dùng BJT

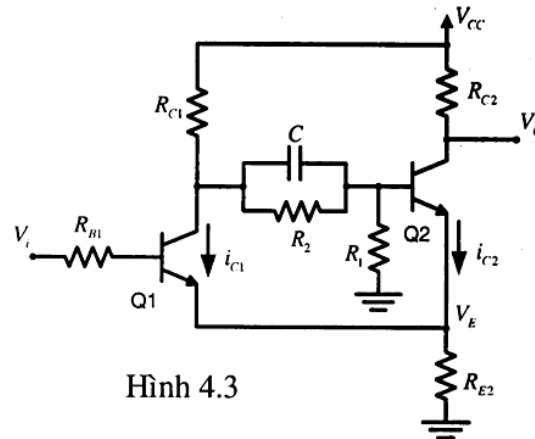
❖ Nguyên lý hoạt động:

Mạch hình 4.3 được thiết kế sao cho các transistor hoạt động trong vùng bão hòa.

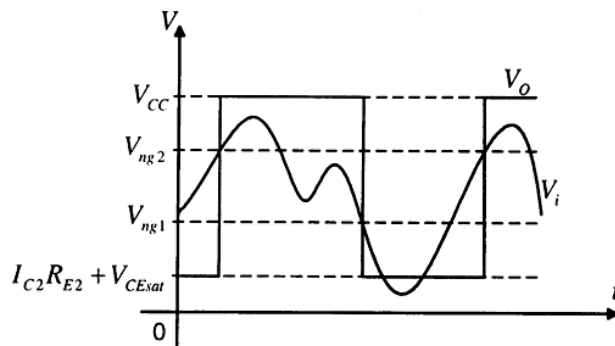
Khi  $V_i$  nhỏ Q1 tắt, điện thế tại cực C của Q1 lớn làm Q2 dẫn bão hòa, lúc này,  $V_O = I_{C2} R_{E2} + V_{CEsat}$ . Khi Q2 dẫn bão hòa điện thế tại cực E của Q1 và Q2 lớn, tiếp tục duy trì trạng thái tắt của Q1.

Khi  $V_i$  tăng lớn hơn một giá trị điện áp ngưỡng  $V_{ng2}$  nào đó, Q1 dẫn, điện thế tại cực C của Q1 nhỏ làm Q2 tắt, lúc này,  $V_O = V_{CC}$ . Khi Q1 dẫn điện thế tại cực E của Q1 và Q2 lớn, tiếp tục duy trì trạng thái tắt của Q2.

Khi  $V_i$  giảm nhỏ hơn một giá trị điện áp ngưỡng  $V_{ng1}$  nào đó, Q1 tắt, điện thế tại cực C của Q1 lớn làm Q2 dẫn bão hòa, lúc này,  $V_O = I_{C2} R_{E2} + V_{CEsat}$ . Khi Q2 dẫn bão hòa điện thế tại cực E của Q1 và Q2 lớn, tiếp tục duy trì trạng thái tắt của Q1.

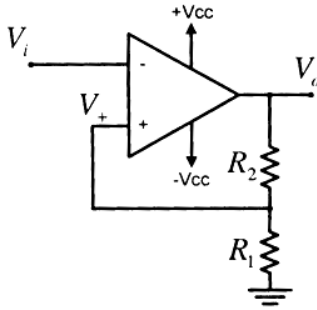


Hình 4.3

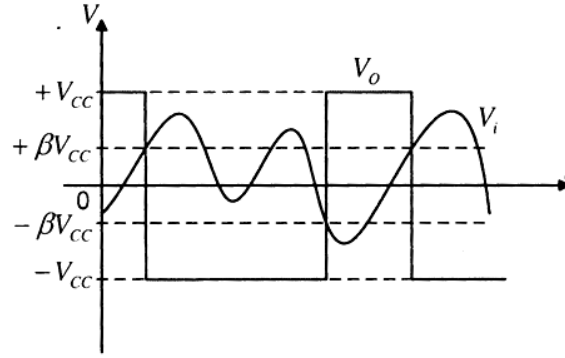


Hình 4.4

### 4.2.2 Mạch dùng Op-Amp



Hình 4.5



Hình 4.6

Từ hình 4.5 ta có: 
$$\begin{cases} V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o \\ V_- = V_i \end{cases}$$

Đặt  $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_+ = \beta V_o \\ V_- = V_i \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_+ = \pm \beta V_{CC} \\ V_- = V_i \end{cases}$$

Khi  $V_o = +V_{CC}$ :

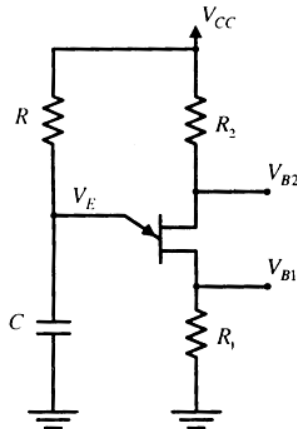
- Nếu  $V_i < +\beta V_{CC}$  thì  $V_o$  không thay đổi và vẫn bằng  $+V_{CC}$ .
- Nếu  $V_i > +\beta V_{CC}$  thì  $V_o = -V_{CC}$

Khi  $V_o = -V_{CC}$ :

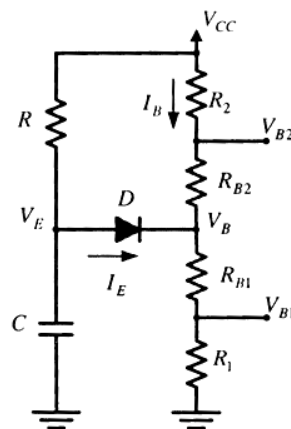
- Nếu  $V_i < -\beta V_{CC}$  thì  $V_o = +V_{CC}$ .
- Nếu  $V_i > -\beta V_{CC}$  thì  $V_o$  không thay đổi và vẫn bằng  $-V_{CC}$

Hình 4.6 là dạng điện áp của mạch ở hình 4.5.

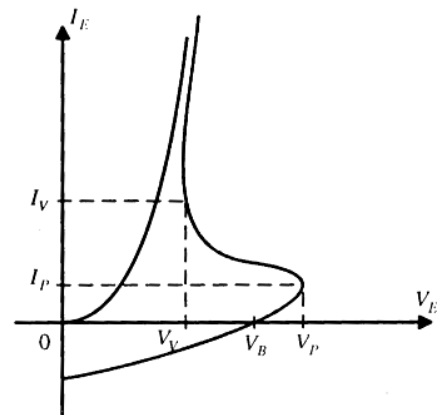
### 4.3 Mạch dao động dùng UJT



Hình 4.6a



Hình 4.6b



Hình 4.7

Hình 4.6a là mạch dao động dùng UJT. Hình 4.6b là mạch dao động dùng UJT khi thay UJT bằng mạch tương đương bao gồm hai điện trở  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  và diode D.

❖ Nguyên lý hoạt động:

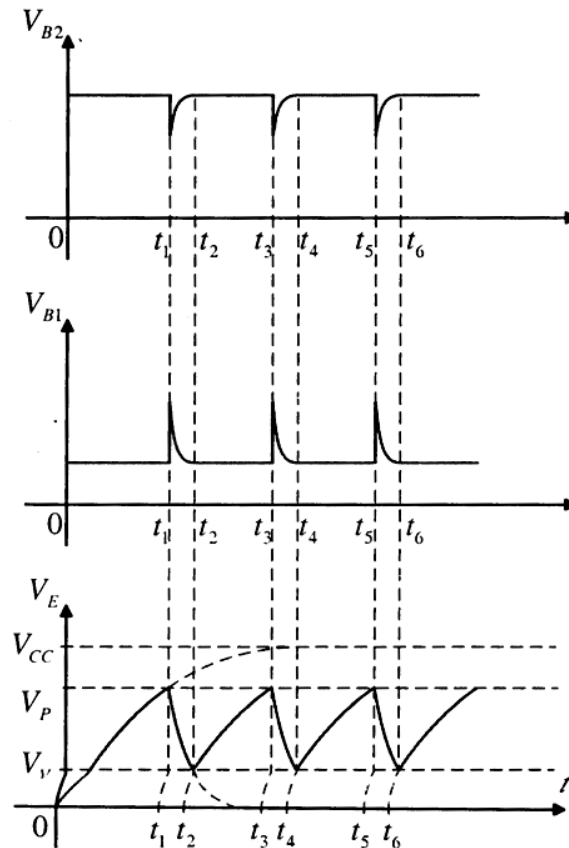
Giả sử, điện áp trên tụ tại thời điểm ban đầu bằng không. Khi này, ta cấp nguồn  $V_{CC}$ , điện thế  $V_E = 0$ .

$$\text{Mà } V_B = \frac{(R_{B1} + R_1)}{R_{B1} + R_1 + R_{B2} + R_2} V_{CC} \quad (4.9)$$

$$\Rightarrow V_E < V_B$$

Suy ra, diode D bị phân cực nghịch  $\Rightarrow$  Dòng  $I_B$  nhỏ  $\Rightarrow$  điện áp  $V_{B1} = I_B R_1$  nhỏ, điện áp  $V_{B2} = V_{CC} - I_B R_2$  lớn. Đồng thời tụ C nạp qua R làm điện áp  $V_E$  tăng dần. Tới một lúc nào đó  $V_E$  đủ lớn làm diode phân cực thuận.

Diode dẫn làm cho  $R_{B1}$  giảm  $\Rightarrow$  dòng  $I_B$  tăng lớn làm cho  $V_{B1}$  tăng,  $V_{B2}$  giảm. Đồng thời do  $R_{B1}$  giảm từ công thức (4.9) ta thấy điện thế tại  $V_B$  giảm. Lúc này, tụ xả qua diode, qua  $R_{B1}$  và qua  $R_1$  xuống mass làm điện thế  $V_E$  giảm. Tới một lúc nào đó điện thế  $V_E$  đủ nhỏ làm cho diode tắt. Lúc đó,  $I_B$  lại giảm và quá trình cứ lặp đi lặp lại. Sau đây là dạng điện áp  $V_{B1}$ ,  $V_{B2}$  và  $V_E$  của mạch.



Hình 4.8