

**KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**

**KỸ THUẬT XUNG - SỐ**

**Biên soạn: Đoàn Thị Thanh Thảo  
Phạm Văn Ngọc**

**Lưu hành nội bộ**

**THÁI NGUYÊN 2010**

## MỤC LỤC

Phần 1: Kỹ thuật xung.....	1
Chương 1:.....	5
<b>KHÁI NIỆM CHUNG</b> .....	5
1. Tín hiệu xung và tham số: .....	5
1.1. Định nghĩa.....	5
1.2. Các tham số cơ bản của tín hiệu xung: .....	6
2. Các dạng điện áp đơn giản và phản ứng của mạch điện RC – RL đối với dạng xung .....	8
2.1. Khái niệm.....	8
2.2. Mạch lọc RC: .....	11
2.3. Mạch RL .....	11
3. Phản ứng của mạch lọc RC đối với các xung đơn .....	12
3.1. Điện áp lấy ra trên điện trở (mạch vi phân) .....	12
3.2. Tín hiệu lấy ra trên tụ điện:.....	13
4. Chế độ khóa của tranzito .....	14
4.1. Các yêu cầu cơ bản:.....	14
4.2. Đặc tính truyền đạt .....	17
5. Chế độ khóa của khuếch đại thuật toán.....	19
5.1. Mạch so sánh một ngưỡng: .....	19
5.2. Mạch so sánh 2 ngưỡng .....	21
Chương 2:.....	23
<b>CÁC PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI VÀ TẠO DẠNG XUNG</b> .....	23
1. Mạch vi phân .....	23
1.1. Định nghĩa và khái niệm.....	23
1.2. Mạch khuếch đại thuật toán vi phân.....	25
2. Mạch tích phân.....	26
2.1. Định nghĩa và khái niệm.....	26
2.2. Các mạch tạo điện áp biến đổi đường thẳng .....	29
3. Mạch hạn chế biên độ.....	30
Chương 3:.....	31
<b>CÁC MẠCH DAO ĐỘNG XUNG</b> .....	31
1. Các mạch không đồng bộ hai trạng thái ổn định .....	31
1.1. Trơng đối xứng (RS) dùng tranzitor.....	31
1.2. Trơng Smit dùng IC tuyến tính .....	32
2. Các mạch không đồng bộ một trạng thái ổn định .....	34
2.1. Đa hài đợi dùng tranzitor .....	34
2.2. Đa hài đợi dùng khuếch đại thuật toán .....	35
3. Các mạch không đồng bộ hai trạng thái không ổn định .....	37
3.1. Đa hài tự dao động dùng tranzitor.....	37
3.2. Đa hài tự dao động dùng khuếch đại thuật toán.....	39
4. Dao động Blocking .....	42
5. Mạch tạo xung tam giác .....	45
5.1. Vấn đề chung.....	45
5.2. Mạch ổn dòng cơ bản .....	47
5.3. Mạch tạo xung tam giác dùng transistor.....	48
5.4. Mạch tạo xung tam giác dùng vi mạch khuếch đại thuật toán.....	51
Chương 4:.....	55
<b>VI MẠCH ĐỊNH THỜI 555, DAO ĐỘNG TÍCH THOÁT DÙNG UJT</b> .....	55

1. Sơ đồ chân và cấu trúc 555 .....	55
1.1. Sơ đồ chân IC 555 .....	55
1.2. Sơ đồ cấu trúc IC 555 .....	55
1.3. Nguyên tắc hoạt động các chân IC555 .....	56
2. Mạch đa hài dùng IC555 .....	57
3. Mạch đơn đa hài dùng IC555.....	61
4. Mạch dao động tích thoát dùng UJT .....	62
5. Mạch tạo tín hiệu xung tam giác dùng UJT.....	65
6. Mạch tạo tín hiệu xung nấc thang dùng UJT .....	67
7. Mạch dao động tích thoát tạo xung đồng bộ.....	69
7.1. Mạch đồng bộ điều khiển nấc nửa chu kỳ .....	69
7.2. Mạch đồng bộ điều khiển nấc toàn chu kỳ .....	70
Chương 5. ....	71
MẠCH DAO ĐỘNG TẠO XUNG DÙNG CỔNG LOGIC, VCO, CCO .....	71
1. Mạch đa hài đơn ổn dùng cổng logic. ....	71
2. Mạch đa hài tự dao động dùng cổng logic. ....	71
3. Mạch dao động VCO (Voltage Control Oscillator) dùng IC 566 .....	72
Phần 2: Kỹ thuật số .....	79
CHƯƠNG I .....	80
HỆ THỐNG ĐẾM VÀ KHÁI NIỆM VỀ MÃ .....	80
1.1 HỆ THỐNG SỐ ĐẾM.....	80
1.1.1 Hệ đếm.....	80
1.1.2 Cơ số của hệ đếm.....	80
1.1.3 Đổi cơ số .....	82
1.2 HỆ ĐẾM NHỊ PHÂN VÀ KHÁI NIỆM VỀ MÃ.....	82
1.2.1 Hệ đếm nhị phân.....	82
1.2.2 Khái niệm về mã.....	84
CHƯƠNG II.....	89
ĐẠI SỐ BOOLE.....	89
2.1 MỘT SỐ ĐỊNH NGHĨA .....	89
2.2 CÁC PHÉP TOÁN CƠ BẢN CỦA ĐẠI SỐ BOOLE.....	89
2.3 CÁC ĐỊNH LÝ CỦA ĐẠI SỐ BOOLE.....	90
2.3.1 Định lý .....	90
2.3.2 Các phần tử logic cơ bản.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.3 Các phương pháp biểu diễn hàm logic .....	91
2.3.4 Tối thiểu hoá hàm Boole.....	95
CHƯƠNG III.....	102
CÁC PHẦN TỬ LOGIC CƠ BẢN.....	102
3.1 KHÁI NIỆM VỀ MẠCH SỐ.....	102
3.1.1 Mạch tương tự .....	102
3.1.2 Mạch số .....	102
3.1.3 Họ logic dương/âm .....	102
3.2 Cổng Logic .....	104
3.2.1 Khái niệm.....	104
3.2.2 Phân loại.....	104
3.2.3. Công suất tiêu tán $P_{tt}$ .....	129
3.2.4. Fanout .....	130
3.2.5. Fanin (Hệ số mắc mạch đầu vào) .....	130
3.2.6. Độ chống nhiễu .....	130
3.2.7. Trễ truyền đạt .....	130

3.3. FLIP-FLOP (FF) .....	131
3.3.1. Khái niệm .....	131
CHƯƠNG IV .....	154
HỆ TỔ HỢP .....	154
4.1 Khái niệm chung .....	154
4.2. Mạch mã hoá và giải mã .....	155
4.2.1. Khái niệm .....	155
4.2.2. Mạch mã hoá (ENCODER) .....	155
4.2.3. Mạch giải mã .....	160
4.3 MẠCH CHỌN KÊNH – PHÂN ĐƯỜNG .....	169
4.3.1 Đại cương .....	169
4.3.2. Mạch chọn kênh .....	169
4.3.3. Mạch phân đường .....	172
4.4 MẠCH SO SÁNH .....	176
4.4.1. Đại cương .....	176
4.2.2. Mạch so sánh 1 bit .....	176
4.4.3. Mạch so sánh nhiều bit .....	178
4.5. MẠCH SỐ HỌC .....	181
4.5.1. Đại cương .....	181
4.5.2. Bộ cộng (Adder) .....	181
4.5.3. Bộ trừ (Subtractor) .....	184
CHƯƠNG V .....	189
HỆ TUẦN TỰ .....	189
5.1. KHÁI NIỆM CHUNG .....	189
5.2. MẠCH ĐẾM .....	189
5.2.1 Mạch đếm đồng bộ .....	189
5.2.2 Mạch đếm không đồng bộ .....	197
5.2.3 Mạch đếm vòng .....	205
5.3. BỘ GHI DỊCH .....	209
5.4. BỘ NHỚ .....	212
5.4.1. Các khái niệm .....	212
5.4.2. Bộ nhớ RAM .....	214
5.4.3. Bộ nhớ ROM .....	215
MỤC LỤC .....	2

## Chương 1: KHÁI NIỆM CHUNG

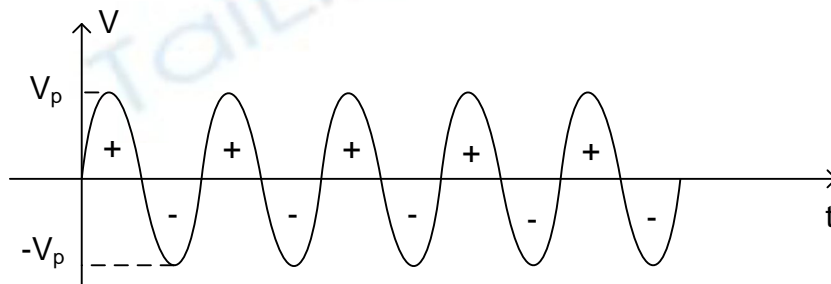
### 1. Tín hiệu xung và tham số:

#### 1.1. Định nghĩa

Các tín hiệu điện áp hay dòng điện biến đổi theo thời gian được chia thành 2 loại cơ bản là tín hiệu liên tục và tín hiệu rời rạc (gián đoạn).

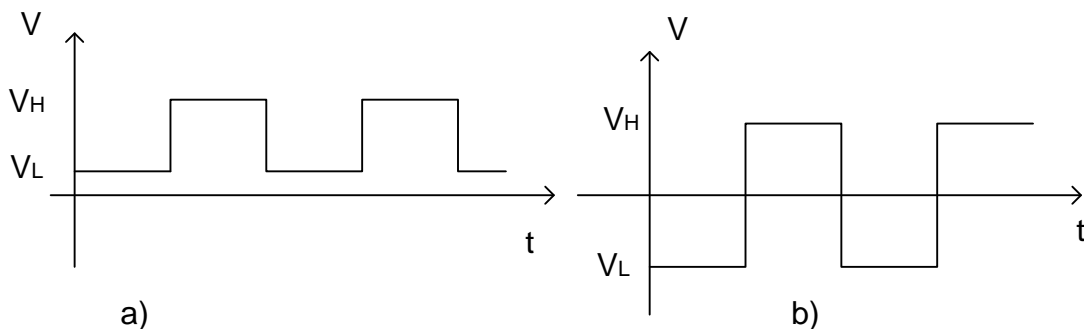
Tín hiệu liên tục còn gọi là tín hiệu tuyến tính hay tương tự. Tín hiệu rời rạc gọi là tín hiệu xung hay số

Tiêu biểu cho tín hiệu liên tục là tín hiệu sin, như hình 1, với tín hiệu sin ta có thể tính được biên độ của tín hiệu tại từng thời điểm khác nhau.



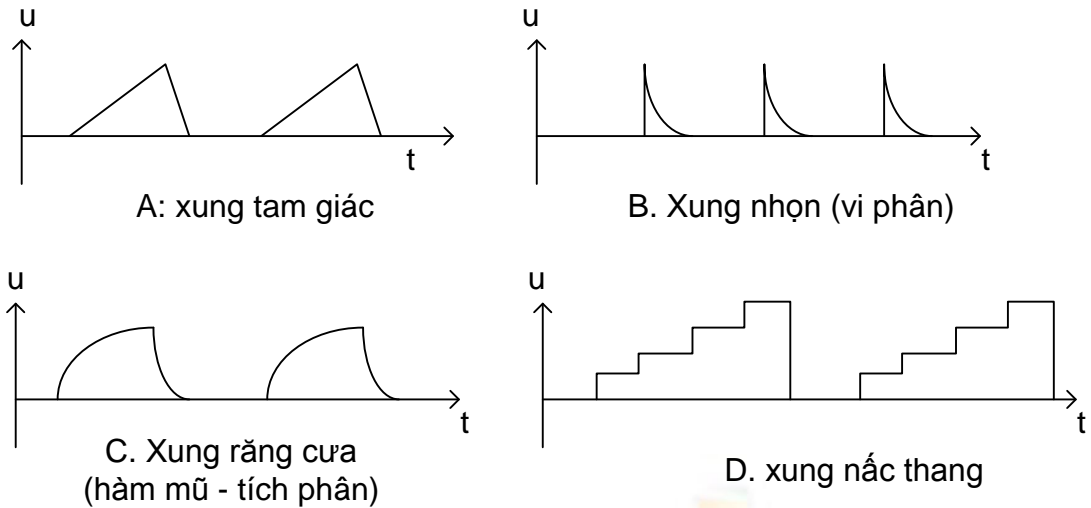
Hình 1.1: Tín hiệu hình sin

Ngược lại tiêu biểu cho tín hiệu rời rạc là tín hiệu vuông, dạng tín hiệu như hình 2, biên độ của tín hiệu chỉ có 2 giá trị mức cao  $V_H$  và mức thấp  $V_L$ , thời gian chuyển mức tín hiệu từ mức cao sang mức thấp và ngược là rất ngắn coi như bằng 0



Hình 1.2: a, xung vuông điện áp  $> 0$ . b, xung vuông điện áp đều nhau

Tín hiệu xung không chỉ có tín hiệu xung vuông mà còn có một số dạng tín hiệu khác như xung tam giác, răng cưa, xung nhọn, xung nấc thang có chu kỳ tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ lặp lại  $T$ .



Hình 1.3: Các dạng tín hiệu xung:

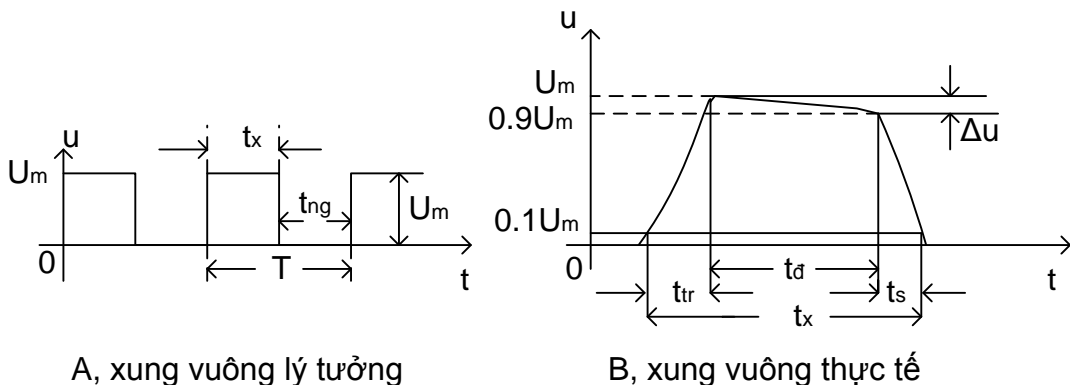
Trong nhiều trường hợp xung tam giác có thể coi là xung răng cưa

Các dạng xung cơ bản trên rất khác nhau về dạng sóng, nhưng có điểm chung là thời gian tồn tại xung rất ngắn, sự biến thiên biên độ từ tắt lên cao (xung nhọn) và từ cao xuống thấp (nấc thang, tam giác) xảy ra rất nhanh

**Định nghĩa:** Tín hiệu xung điện áp hay xung dòng điện là những tín hiệu có thời gian tồn tại rất ngắn, có thể so sánh với quá trình quá độ trong mạch điện mà chúng tác dụng.

## 1.2. Các tham số cơ bản của tín hiệu xung:

Tín hiệu xung vuông như hình 1 là một tín hiệu xung vuông lý tưởng, thực tế khó có 1 xung vuông nào có biên độ tăng và giảm thẳng đứng như vậy:



Hình 1.4 Dạng xung

Xung vuông thực tế với các đoạn đặc trưng như: sườn trước, đỉnh, sườn sau. Các tham số cơ bản là biên độ  $U_m$ , độ rộng xung  $t_x$ , độ rộng sườn trước  $t_{tr}$  và sau  $t_s$ , độ sụt đỉnh  $\Delta u$

- Biên độ xung  $U_m$  xác định bằng giá trị lớn nhất của điện áp tín hiệu xung có được trong thời gian tồn tại của nó.
- Độ rộng sườn trước  $t_{tr}$ , sườn sau  $t_s$  là xác định bởi khoảng thời gian tăng và thời gian giảm của biên độ xung trong khoảng giá trị  $0.1U_m$  đến  $0.9U_m$ .
- Độ rộng xung  $T_x$  xác định bằng khoảng thời gian có xung với biên độ trên mức  $0.1U_m$  (hoặc  $0.5U_m$ ).
- Độ sụt đỉnh xung  $\Delta u$  thể hiện mức giảm biên độ xung tương ứng từ  $0.9U_m$  đến  $U_m$ .

Với dãy xung tuần hoàn ta có các tham số đặc trưng như sau:

- Chu kỳ lặp lại xung  $T$  là khoảng thời gian giữa các điểm tương ứng của 2 xung kế tiếp, hay là thời gian tương ứng với mức điện áp cao  $t_x$  và mức điện áp thấp  $t_{ng}$

$$T = t_x + t_{ng} \quad (1)$$

- Tần số xung là số lần xung xuất hiện trong một đơn vị thời gian.

$$F = \frac{1}{T} \quad (2)$$

- Thời gian nghỉ  $t_{ng}$  là khoảng thời gian trống giữa 2 xung liên tiếp có điện nhỏ hơn  $0.1U_m$  (hoặc  $0.5U_m$ ).
- Hệ số lấp đầy  $\gamma$  là tỷ số giữa độ rộng xung  $t_x$  và chu kỳ xung  $T$

$$\gamma = \frac{t_x}{T} \quad (3)$$

Do  $T = t_x + t_{ng}$  vậy ta luôn có  $\gamma < 1$

- Độ rộng của xung  $Q$  là tỷ số giữa chu kỳ xung  $T$  và độ rộng xung  $t_x$ .

$$Q = \frac{T}{t_x} \quad (4)$$

\* Trong kỹ thuật xung - số người ta sử dụng phương pháp số đối với tín hiệu xung với quy ước chỉ có 2 trạng thái phân biệt

- Trạng thái có xung ( $t_x$ ) với biên độ lớn hơn một ngưỡng  $U_H$  gọi là trạng thái cao hay mức “1”, mức  $U_H$  thường chọn cỡ từ  $1/2V_{cc}$  đến  $V_{cc}$ .
- Trạng thái không có xung ( $t_{ng}$ ) với biên độ nhỏ hơn 1 ngưỡng  $U_L$  gọi là trạng thái thấp hay mức “0”,  $U_L$  được chọn tùy theo phân tử khóa (tranzito hay IC)
- Các mức điện áp ra trong dải  $U_L < U < U_H$  được gọi là trạng thái cấm

## 2. Các dạng điện áp đơn giản và phản ứng của mạch điện RC – RL đối với dạng xung.

Trong lý thuyết về mạch lọc người ta chia mạch lọc thành 2 loại là mạch lọc thụ động và mạch lọc tích cực, các mạch lọc thụ động dùng các phần tử cơ bản R-L-C còn được chia thành một số loại

Theo linh kiện có mạch lọc RC, RL, LC

Theo tần số chọn lọc có: mạch lọc thông thấp, mạch lọc thông cao, mạch lọc thông dải và mạch lọc chặn dải tùy theo các sắp xếp của từng loại linh kiện trong mạch mà ta sẽ được các mạch lọc tương ứng.

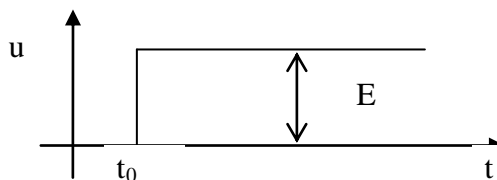
### 2.1. Khái niệm

- Để xác định điện áp đầu ra của mạch điện tuyến tính  $u_{ra}(t)$  khi đầu vào tác dụng một điện áp  $u_{vào}(t)$  có dạng phức tạp ta có thể áp dụng nguyên lý xếp chồng để xác định điện áp lồi ra phụ thuộc vào điện áp lồi vào.

- Khi tín hiệu lồi vào phức tạp ta phân tích thành dạng tín hiệu đơn giản lồi vào rồi từ đó ta tính kết quả tại đầu ra của từng thành phần tín hiệu đơn giản  $u_{ra}^{(1)}(t)$ ,  $u_{ra}^{(2)}(t)$ , ... cuối cùng ta thực hiện lấy tổng tín hiệu ra tại ta được tín hiệu ra  $u_{ra}(t)$

- Những dạng xung cơ bản là dạng xung hình chữ nhật, hình thang, hình tam giác, hình chuông, dạng e mũ.

- Tín hiệu vào có thể là tổng của tín hiệu điện áp hay dòng điện của dạng xung dưới đây



a.

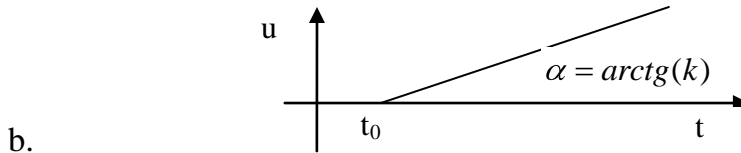
Là dạng tín hiệu xung vuông đột biến



$$U(t) = E \cdot 1(t_0) = \begin{cases} E & \text{khi } t \geq t_0 \\ 0 & \text{khi } t < t_0 \end{cases}$$

Trong đó hàm  $1(t)$  là hàm xung đơn vị hay hàm đóng mạch tại thời điểm  $t = t_0$  ( $t_0 > 0$ ) ta có  $1(t_0) = 1(t - t_0) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t \geq t_0 \\ 0 & \text{khi } t < t_0 \end{cases}$

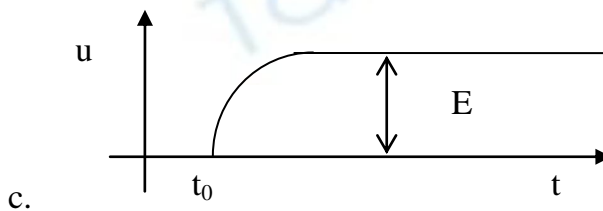
$$> 0) \text{ ta có } 1(t_0) = 1(t - t_0) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t \geq t_0 \\ 0 & \text{khi } t < t_0 \end{cases}$$



Dạng điện áp biến đổi theo quy luật đường thẳng

$$U(t) = k(t - t_0) \cdot 1(t_0) = \begin{cases} k(t - t_0) & \text{khi } t \geq t_0 \\ 0 & \text{khi } t < t_0 \end{cases}$$

Với hệ số góc  $\alpha = \text{arctg}(k)$



Dạng điện áp biến đổi theo quy luật hàm số mũ

$$U(t) = E[1 - \exp(-\alpha(t - t_0))] \cdot 1(t_0)$$

$$= \begin{cases} E[1 - \exp(-\alpha(t - t_0))] & \text{khi } t \geq t_0 \\ 0 & \text{khi } t < t_0 \end{cases}$$

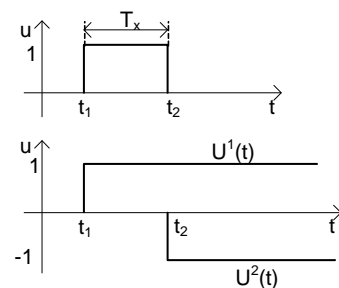
d. Ví dụ: một số trường hợp thay đổi dạng xung phức tạp thành dạng xung đơn giản

**\* Dạng xung vuông**

$$U(t) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t_1 \leq t \leq t_2 \\ 0 & \text{khi } t < t_1 \text{ or } t > t_2 \end{cases}$$

$$U(t) = u^1(t) + u^2(t) \text{ với}$$

$$U^1(t) = 1(t_1) = \begin{cases} 1 & \text{khi } t \geq t_1 \\ 0 & \text{khi } t < t_1 \end{cases}$$



$$U^2(t) = -1(t_0) = \begin{cases} -1 & \text{khi } t \geq t_2 \\ 0 & \text{khi } t < t_2 \end{cases}$$

**\* Dạng xung hình thang**

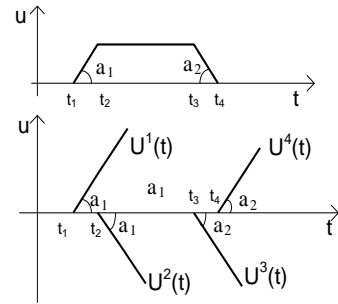
$$u(t) = u^1(t) + u^2(t) + u^3(t) + u^4(t)$$

$$\text{Trong đó } u^1(t) = \begin{cases} k(t-t_1) & t \geq t_1 \\ 0 & t < t_1 \end{cases} \quad \alpha_1 = \arctg(k)$$

$$U^2(t) = \begin{cases} -k(t-t_2) & t \geq t_2 \\ 0 & t < t_2 \end{cases} \quad \alpha_1 = \arctg(k)$$

$$U^3(t) = \begin{cases} h(t-t_3) & t \geq t_3 \\ 0 & t < t_3 \end{cases} \quad \alpha_2 = \arctg(h)$$

$$U^4(t) = \begin{cases} -h(t-t_4) & t \geq t_4 \\ 0 & t < t_4 \end{cases} \quad \alpha_2 = \arctg(h)$$



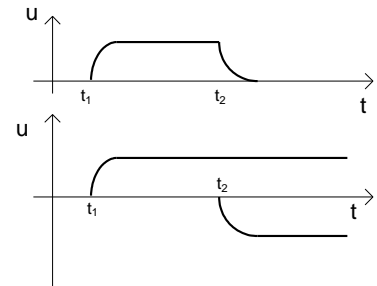
**\* Dạng hàm mũ**

$$U(t) = u^1(t) + u^2(t) \text{ với}$$

$$U^1(t) = \begin{cases} E(1 - \exp(-\alpha(t-t_1)))1(t) & \text{khi } t \geq t_1 \\ 0 & \text{khi } t < t_1 \end{cases}$$

$$U^2(t) = \begin{cases} -E(1 - \exp(-\alpha(t-t_2)))1(t) & \text{khi } t \geq t_2 \\ 0 & \text{khi } t < t_2 \end{cases}$$

$$\text{Ta có } u(t) = \begin{cases} 0 & t < t_1 \\ E(1 - \exp(-\alpha(t-t_1))) & t_1 \leq t \leq t_2 \\ E \exp(-\alpha(t-t_1)) & t_2 \leq t \leq t_3 \\ 0 & t \geq t_3 \end{cases}$$



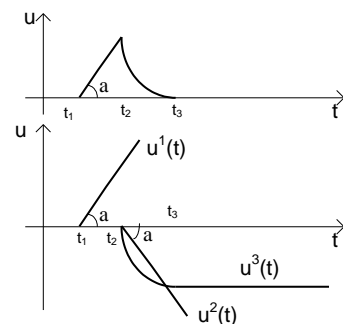
**\* Dạng răng cưa.**

$$u(t) = \begin{cases} k(t-t_1) & t_1 \leq t \leq t_2 \\ E \exp(-\beta(t-t_2)) & t_2 \leq t \leq t_3 \\ 0 & t_3 \leq t \end{cases}$$

$$U(t) = u^1(t) + u^2(t) + u^3(t) \text{ trong đó:}$$

$$U^1(t) = k(t-t_1) \quad t \geq t_1$$

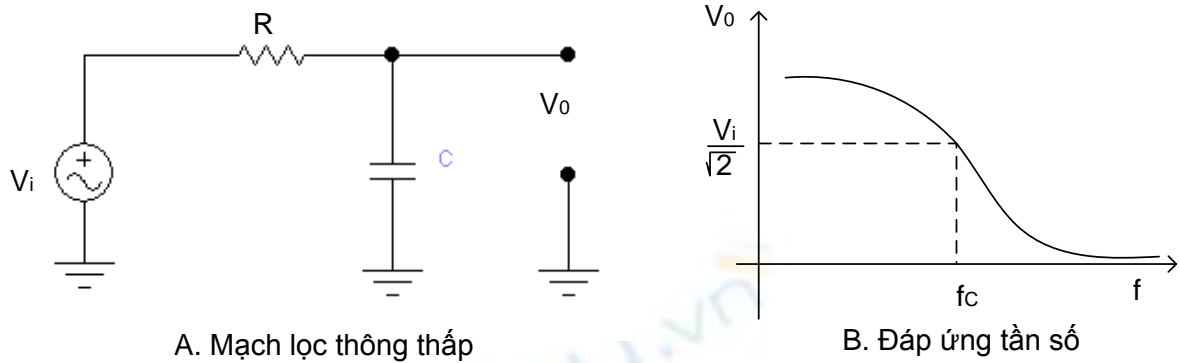
$$U^2(t) = -k(t-t_2) \quad t \geq t_2$$



$$U^3(t) = -E(1 - \exp(-\beta(t - t_2))) \quad t \geq t_2$$

## 2.2. Mạch lọc RC:

Cơ bản có mạch lọc thông thấp và mạch lọc thông cao



Hình 1.5: Mạch lọc RC và đáp ứng xung của mạch lọc

- Tần số cắt của mạch lọc là  $F_c = \frac{1}{2\pi RC}$  (5) tương ứng với điện áp  $V_0 = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$   $V_0$

là biên độ điện áp lối ra,  $V_i$  là biên độ điện áp lối vào

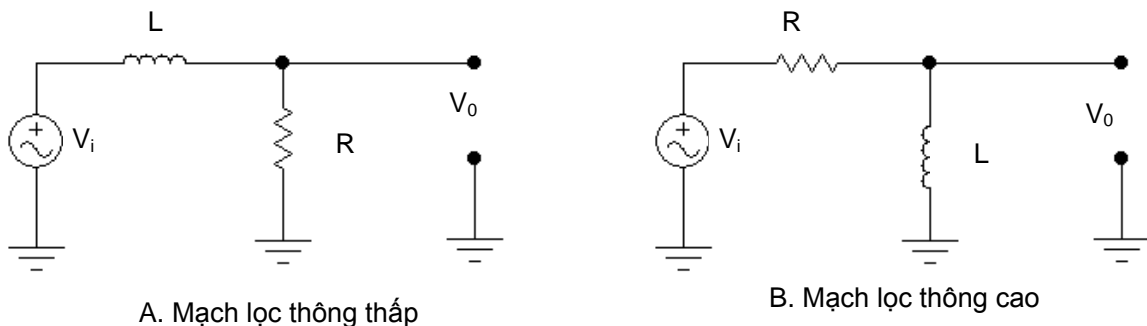
- Điện áp lối ra của mạch lọc thông thấp là  $v_0(t) = \frac{1}{RC} \int v_i(t) dt$  (6)

- Điện áp lối ra của mạch lọc thông cao là  $v_0(t) = RC \frac{dv_i(t)}{dt}$  (7)

- Trong đó  $v_0(t)$ ,  $v_i(t)$  là điện áp tín hiệu lối ra và lối vào tại thời điểm  $t$

## 2.3. Mạch RL

Người ta có thể dùng điện trở  $R$  kết hợp với cuộn cảm  $L$  để tạo thành các mạch lọc thay cho tụ  $C$ , do tích chất của  $L$  và  $C$  ngược nhau  $Z_L = j\omega L$ ,  $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$  do đó khi dùng mạch lọc thông thấp, thông cao RL thì cách mắc ngược lại với mạch RC



Hình 1.6: Mạch lọc thông thấp, thông cao dùng RL

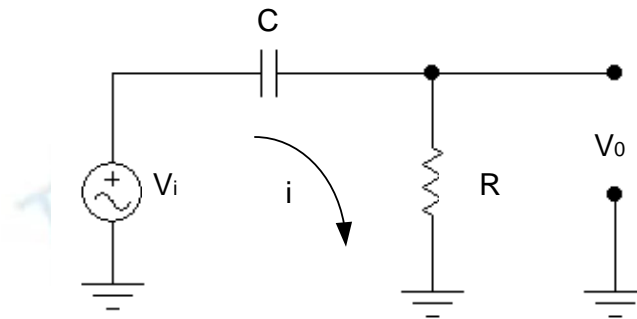
Đáp ứng tần số như mạch lọc RC. Tần số cắt của mạch lọc là  $F_c = \frac{R}{2\pi L}$  (8)

Điện áp lối ra của mạch lọc thông thấp là  $v_o(t) = \frac{R}{L} \int v_i(t) dt$  (9)

Điện áp lối ra của mạch lọc thông cao là  $v_o(t) = \frac{L}{R} \frac{dv_i(t)}{dt}$  (10)

### 3. Phản ứng của mạch lọc RC đối với các xung đơn

#### 3.1. Điện áp lấy ra trên điện trở (mạch vi phân)



Hình 1.7: Mạch RC điện áp lấy ra trên R

Tín hiệu lối vào là  $v_i(t)$  tuần hoàn với chu kỳ  $T$ , tần số góc là  $\omega = 2\pi/T$ , tín hiệu lối ra là  $v_o(t)$

Trở kháng của mạch là  $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = R\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}$  (11)

Khi đó đặt  $F_c = \frac{1}{2\pi RC}$  là tần số cắt của mạch

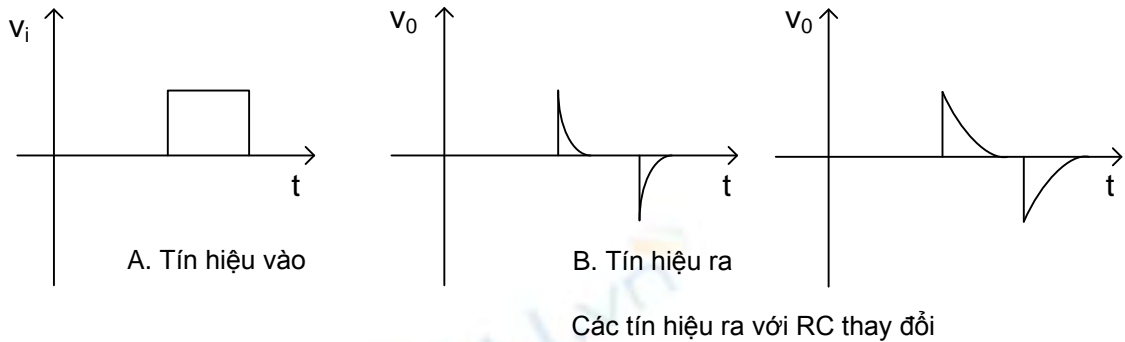
Dòng điện trong mạch là  $i(t) = \frac{v_i(t)}{Z}$  (12)

$$v_R(t) = Ri(t) = \frac{v_i(t)}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}}$$

Điện áp lối ra biến thiên sau khoảng thời gian  $\Delta t$  là từ  $t_0$  đến  $t_1$  là

$$\Delta v_0(t) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}} \frac{dv_i(t)}{dt} \quad (13)$$

Khi đó ta có lỗi vào là tín hiệu xung vuông thì lỗi ra là tín hiệu xung vi phân



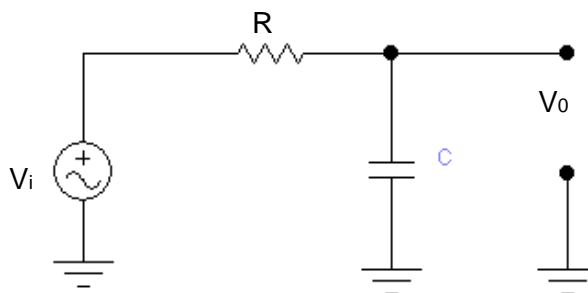
HHình 1.8: Đáp ứng xung lỗi vào và ra của mạch RC lỗi ra trên R

Tín hiệu lỗi vào là **Sin** thì tín hiệu lỗi ra là **sin** sớm pha  $90^\circ$

$v_i(t) = A \sin(\omega t)$  thì tín hiệu lỗi ra là

$$v_0(t) = \omega \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}} A \cos(\omega t) = \omega \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}} A \sin(\omega t + 90^\circ)$$

### 3.2. Tín hiệu lấy ra trên tụ điện:



Hình 1.9: Mạch RC lỗi ra trên C

Tín hiệu lỗi vào là  $v_i(t)$  tuần hoàn với chu kỳ  $T$ , tần số góc là  $\omega = 2\pi/T$ , tín hiệu lỗi ra là  $v_0(t)$

Trở kháng của mạch là  $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = R \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}$

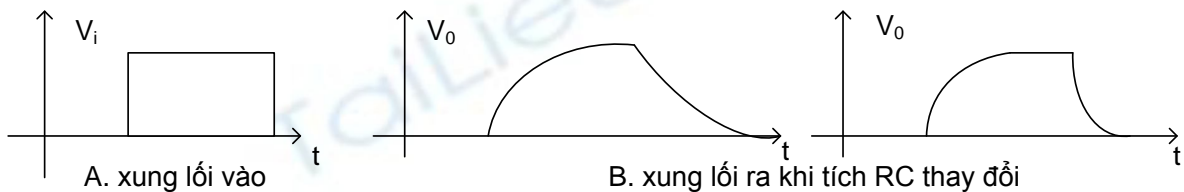
Khi đó đặt  $F_C = \frac{1}{2\pi RC}$  là tần số cắt của mạch

Dòng điện trong mạch là  $i(t) = \frac{v_i(t)}{Z}$

Điện áp lỗi ra trên tụ là  $v_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int i(t) dt = \frac{1}{RC \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}} v_i(t) dt$

Điện áp lỗi ra thay đổi khoảng thời gian  $\Delta t$  là

$$v_C(t) = \frac{1}{RC \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}} \int v_i(t) dt$$



Hình 1.10: Đáp ứng xung lỗi ra của mạch RC lỗi ra trên C

$$v_i(t) = A \sin(\omega t) \text{ thì tín hiệu lỗi ra là } v_o(t) = \frac{1}{\omega RC \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}} A \sin(\omega t - 90^\circ)$$

#### 4. Chế độ khóa của tranzito

##### 4.1. Các yêu cầu cơ bản:

Tranzito làm việc ở chế độ khóa hoạt động như một khóa điện tử đóng mở mạch với tốc độ nhanh (từ  $10^{-9}$  đến  $10^{-6}$  s) do đó nó có nhiều đặc điểm khác so với chế độ khuếch đại như đã khảo sát trước đó ở phần nguyên lý kỹ thuật điện tử

- Yêu cầu cơ bản với tranzito làm việc ở chế độ khóa là điện áp đầu ra có 2 trạng thái khác biệt là:

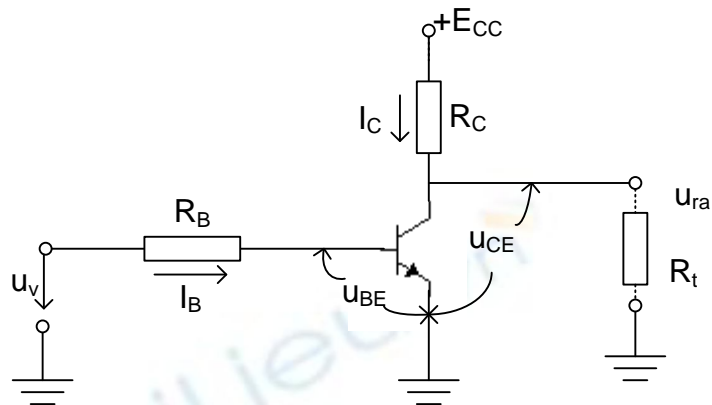
$$* U_{ra} \geq U_H \text{ khi } U_{vào} \leq U_L$$

$$* U_{ra} \leq U_L \text{ khi } U_{vào} \geq U_H$$

Chế độ khóa của tranzito được xác định bằng chế độ điện áp hay dòng điện một chiều cung cấp từ ngoài qua 1 mạch phụ trợ (điện trở làm khóa thường đóng hay mở). Việc chuyển trạng thái của khóa thường được thực hiện nhờ một tín hiệu xung có cực

tính thích hợp tác động tới đầu vào. Tùy trường hợp mà tranzitor có thể chuyển trạng thái tuần hoàn nhờ một mạch hồi tiếp dương phản hồi từ đầu ra tới đầu vào của mạch khi đó không cần xung điều khiển như mạch dao động đa hài dùng tranzitor ta sẽ khảo sát bài sau:

Xét mạch điện như sau



Hình 1.11: Mạch khóa đảo dùng tranzitor

Khi làm việc lựa chọn giá trị  $U_L$ ,  $U_H$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  cho phù hợp để mạch làm việc ở chế độ khóa

#### **Trạng thái đóng:**

Khi lối vào  $u_v = 0$  (tương ứng  $u_v < U_L$ ) nên  $U_B = 0$ , tranzitor không phân cực nên nhưng dẫn tức tranzitor ở trạng thái đóng (cắm) khi đó dòng  $I_B = 0$  và  $I_C = 0$

Điện áp lối ra trên cực C của tranzitor khi không có trở tải  $R_t$  là

$$u_{ra} = +E_{CC}, \text{ hay } u_{ra} = E_{CC} - I_C R_C = E_{CC}$$

Khi có trở tải  $R_t$  được mắc thêm vào mạch (hoặc lối ra được đưa tới lối vào của mạch tiếp theo với trở tải lối vào  $R_t$ ) thì điện áp lối ra ( $E_{CC} = V_{CC}$ )

$$U_{ra} = V_{CC} \cdot \frac{R_t}{R_t + R_C}, \text{ chọn } R_C = R_t \text{ khi đó } u_{ra} = \frac{V_{CC}}{2} \text{ hay } u_{ra} = E_{CC}/2$$

$u_{ra} = E_{CC}/2$  là mức nhỏ nhất của điện áp ra mức cao ở trạng thái H, do đó để phân biệt được chắc chắn với trạng thái H ta chọn  $U_H < E_{CC}/2$  (ví dụ chọn  $U_H = 1.5 \text{ V}$  khi  $E_{CC} = 5 \text{ V}$ ) và điện áp vào phải nằm dưới mức  $U_L$  để đảm bảo tranzitor vẫn bị đóng chắc chắn tức  $U_L = U_{V_{max}}$ , khi đó điện áp lối vào phụ thuộc vào từng loại tranzitor, như là tranzitor silic chọn  $U_L = 0.4 \text{ V}$

**Trạng thái dẫn bão hòa:** Khi có xung điều khiển cực tính dương đưa tới lối vào (hoặc nguồn 1 chiều) cho điện áp vào  $U_{vào} \geq U_H$ , khi đó tranzitor sẽ chuyển trạng thái

mở (thông bão hòa), khi đó điện áp lồi ra phải thỏa mãn điều kiện  $U_{ra} \leq U_L$ , khi đó điện trở  $R_C$  ta phải chọn cho phù hợp để thời gian quá độ đủ nhỏ và dòng  $I_C$  không quá lớn.

Khi ở trạng thái bão hòa ta có điện áp rơi trên cực Bazơ của tranzitor  $U_{BEbh} = 0.6 \div 0.8 \text{ V}$  (với tranzitor silic) và  $U_{BEbh} = 0.3 \text{ V}$  (với tranzitor germani)

Và điện áp rơi trên cực Colector của tranzitor là  $U_C = U_{CEbh} = 0.1 \div 0.2 \text{ V}$

Do đó dòng  $I_C$  bão hòa được tính như sau:  $I_C = \frac{E_{CC} - U_{CEbh}}{R_C}$ .

Khi có dòng trên trở tải  $R_C$  ta tính dòng cực Bazơ với hệ số khuếch đại dòng  $\beta$  khi đó ta có thể chọn trở tải cực Bazơ cho phù hợp

$I_B = \frac{I_C}{\beta}$ , trong trường hợp cần chọn tranzitor ở trạng thái bão hòa sâu (trạng thái bão hòa bền vững) ta có thể tính dòng  $I_B$  theo công thức sau:

$I_B = k \frac{I_C}{\beta}$  (k là hệ số bão hòa sâu,  $k \approx 2 \div 5$  lần so với trạng thái bắt đầu đạt mức bão hòa của tranzitor)

Và điện trở tải lồi vào  $R_B$  được chọn theo công thức

$$R_B = \frac{U_V - U_{BEbh}}{I_{Bbh}}$$

Ví dụ 1: Khi dùng tranzitor silic với  $R_C = 5 \text{ k}\Omega$  khi đó xác định chọn  $R_B$  khi lồi vào  $U_V = U_H = 1.5 \text{ V}$  thì  $U_{ra} \leq U_L = 0.4 \text{ V}$ , hệ số khuếch đại dòng là  $\beta = 100$

$$\text{Dòng } I_{Cbh} \approx \frac{E_{CC}}{R_C} = \frac{5}{5000} = 1 \text{ mA hay } \left( \frac{E_{CC} - 0.2}{R_C} \right)$$

Khi đó dòng Bazơ ở trạng thái bão hòa là:

$$I_{Bbh} = \frac{I_{Cbh}}{\beta} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mA} = 10 \mu\text{A}$$

Để tranzitor ở trạng thái bão hòa bền vững ta chọn  $I_{Bbh} = 50 \mu\text{A}$  (tương ứng với mức dự trữ 5 lần) khi tranzitor thông bão hòa  $U_{BE} = 0.6 \text{ V}$  với tranzitor silic

$$\text{Trở tải lồi vào } R_B = \frac{U_V - U_{BE}}{I_{Bbh}} = \frac{(1.5 - 0.6) \text{ V}}{50 \mu\text{A}} = 18 \text{ k}\Omega$$



Ví dụ 2: Mạch điện như trên tranzitor silic với  $E_{CC} = 12V$ , trở tải  $R_C = 1.2 k\Omega$ , hệ số khuếch đại dòng điện là 100 lần và độ dữ trữ  $k = 3$  lần, điện áp lỗi vào  $U_i = 1.5V$ . Xác định trở tải lỗi vào  $R_B$  cho phù hợp?

Dòng  $I_C$  ở trạng thái bão hòa là

$$I_{Cbh} = \frac{E_{CC} - U_{CEbh}}{R_C} = \frac{(12 - 0.2)}{1.2 * 10^3} \approx 10mA$$

Dòng  $I_B$  ở trạng thái bão hòa là

$$I_{Bbh} = k \frac{I_{Cbh}}{\beta} = 3 \frac{10}{100} = 0.3mA$$

Điện trở  $R_B$  được chọn có trị số như sau

$$R_B = \frac{U_V - U_{BEbh}}{I_{Bbh}} = \frac{1.5 - 0.8}{0.3 * 10^{-3}} = 2.33k\Omega$$

Chọn điện trở tiêu chuẩn là  $R_B = 2.4k\Omega$

#### 4.2. Đặc tính truyền đạt

Đặc tính truyền đạt của tranzitor để đánh giá mức độ tin cậy của khóa, người ta định nghĩa các tham số độ dự trữ chống nhiễu ở mức cao  $S_H$  và độ dự trữ chống nhiễu mức thấp  $S_L$  như sau

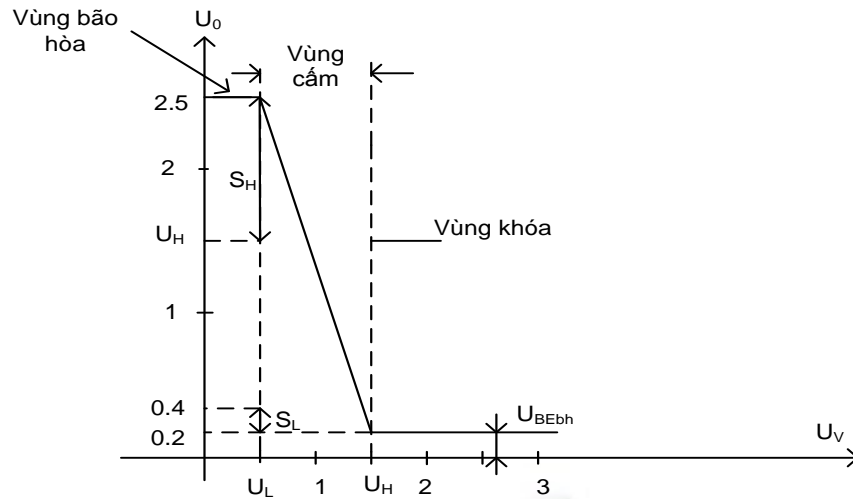
$$S_H = U_{ra \text{ đóng}} - U_H$$

$$S_L = U_L - U_{ra \text{ mở}}$$

$U_{ra \text{ đóng}}$ ,  $U_{ra \text{ mở}}$  là các điện áp lỗi ra thực tế của tranzitor lúc đóng hay mở tương ứng. Với trường hợp như ví dụ 1 trên ta có

$$S_H = U_{ra \text{ đóng}} - U_H = 2.5 - 1.5 = 1V \text{ (khi } U_V \leq U_L)$$

$$S_L = U_L - U_{ra \text{ mở}} = 0.4 - 0.2 = 0.2 \text{ (khi } U_V \geq U_H)$$

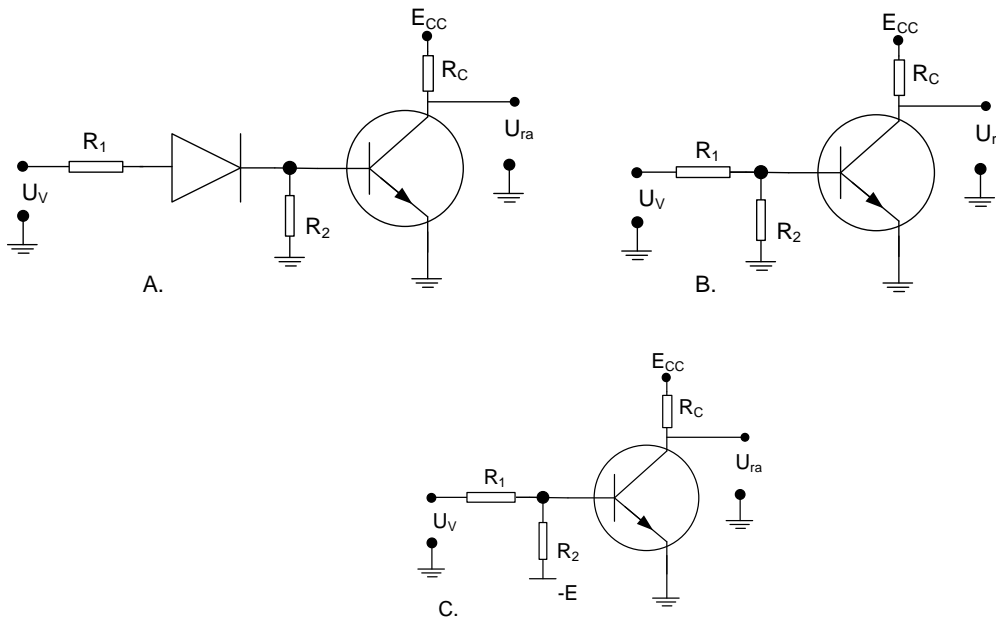


Hình 1.12: Đặc tính truyền đạt của tranzitor

Ở đây vùng cấm tương đương với vùng tranzitor làm việc trong miền khuếch đại tuyến tính

Từ đặc tính truyền đạt trên ta có thể đạt được mức  $S_H$  lớn khi ta chọn  $E_{CC}$ ,  $R_C$ ,  $R_B$  cho thích hợp

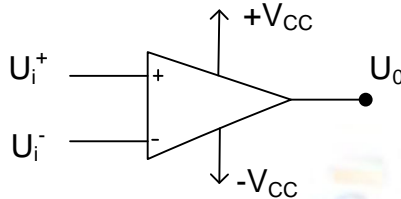
Do  $S_L$  khá nhỏ do đó chúng ta cần phải quan tâm đến tính chống nhiễu với mức thấp. Do  $U_{rabh} = U_{CEbh}$  không thể giảm nhỏ hơn do đặc tính của tranzitor do đó muốn tăng  $S_L$  ta cần phải tăng mức  $U_L$ . Khi đó thay vì trở tải nối vào  $R_B$  người ta mắc thêm vào cực Bazơ của tranzitor một vài con Diode và điện trở phân áp cho tranzitor hoạt động



Hình 1.13: Các biện pháp nâng cao  $S_L$

## 5. Chế độ khóa của khuếch đại thuật toán

Khi làm việc ở chế độ xung, mạch vi điện tử tuyến tính hoạt động như một khóa điện tử đóng, mở nhanh, điểm làm việc luôn nằm trong vùng bão hòa của đặc tuyến truyền đạt  $U_{ra} = f(U_{vào})$ . Khi đó điện áp lối ra chỉ nằm ở 1 trong 2 mức bão hòa  $U_{ramax}^+$  và  $U_{ramax}^-$  ứng với biên độ  $U_V$  đủ lớn. Ta xét các mạch so sánh như sau



Hình 1.14: Mạch khuếch đại so sánh

Đây là mạch khuếch đại so sánh dùng 2 nguồn nuôi đối xứng  $\pm V_{CC}$ , điện áp đặt vào lối vào không đảo (+) gọi là  $U_i^+$  và điện áp đặt vào lối vào đảo (-) là  $U_i^-$

Tùy thuộc điện áp của 2 lối vào đảo và không đảo này so sánh với nhau mà lối ra của bộ khuếch đại thuật toán ở 1 trong 2 trạng thái như sau

- Nếu lối vào  $U_i^+ > U_i^-$  thì lối ra  $U_0 = +V_{CC}$  gọi là trạng thái bão hòa dương
- Nếu lối vào  $U_i^+ < U_i^-$  thì lối ra  $U_0 = -V_{CC}$  gọi là trạng thái bão hòa âm

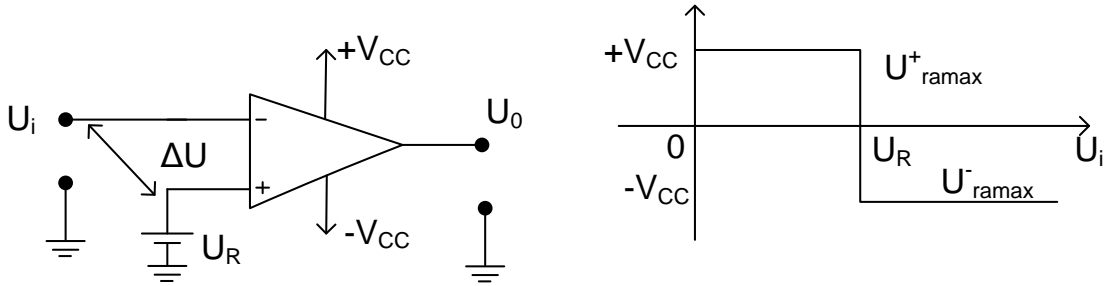
Thực tế thông thường mạch khuếch đại thuật toán dùng làm mạch so sánh để thực hiện so sánh một tín hiệu lối vào  $U_i$  với một nguồn điện áp chuẩn  $U_R$ . Tùy theo yêu cầu của từng mạch mà ta để điện áp lối vào ở lối vào đảo hoặc không đảo còn lối vào còn lại được nối với một nguồn điện áp chuẩn  $U_R$

### 5.1. Mạch so sánh một ngưỡng:

Thực hiện so sánh biên độ của điện áp lối vào  $U_V$  với 1 điện áp chuẩn  $U_R$  ( $U_{ngưỡng}$ ) có thể là dương hoặc âm, thông thường giá trị  $U_R$  được định trước cố định, còn giá trị  $U_V$  là có giá trị biến đổi theo thời gian cần được quan tâm, đánh giá. Khi tín hiệu lối vào biến đổi chậm quanh giá trị điện áp chuẩn thì tín hiệu lối ra biến đổi rất nhanh. Khi  $U_V = U_R$  thì tín hiệu lối ra bộ so sánh có sự thay đổi cực tính của điện áp từ  $U_{ramax}^+$  tới  $U_{ramax}^-$  hoặc ngược lại.

Trường hợp  $U_R = 0$ , khi đó mạch so sánh sẽ thực hiện xác định lúc thay đổi cực tính của tín hiệu lối vào  $U_V$

**Trường hợp 1:** Điện áp đưa vào lối vào đảo và điện áp chuẩn đưa tới lối vào không đảo:



Hì

nh 1.15: Mạch so sánh lối vào đảo

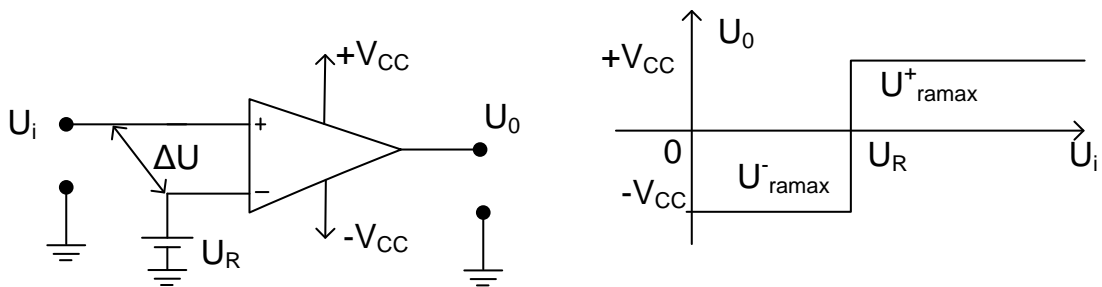
Theo mạch trên thì điện áp  $U_i$  và điện áp chuẩn  $U_R$  được đưa tới lối vào đảo và lối vào thuận (không đảo) tương ứng của bộ so sánh, hiệu tín hiệu lối vào là  $\Delta U = U_i - U_R$  là điện áp giữa 2 đầu vào so sánh của IC từ đó ta sẽ xác định được hàm truyền của nó

Nếu  $U_i < U_R$  thì  $\Delta U > 0$  khi đó lối ra  $U_{ra} = U_{ramax}^+ = +V_{CC}$

Nếu  $U_i > U_R$  thì  $\Delta U < 0$  khi đó lối ra  $U_{ra} = U_{ramax}^- = -V_{CC}$

Khi đó lối ra sẽ đảo cực tính khi  $U_i$  chuyển qua giá trị  $U_R$ .

**Trường hợp 2:** Điện áp lối vào đưa tới lối vào không đảo và điện áp chuẩn đưa tới lối vào đảo:



Hình 1.16: Mạch so sánh lối vào không đảo

Theo mạch trên thì điện áp  $U_V$  và điện áp chuẩn  $U_R$  được đưa tới lối vào không đảo và đảo tương ứng của bộ so sánh, hiệu tín hiệu lối vào là  $\Delta U = U_V - U_R$  là điện áp giữa 2 đầu vào so sánh của IC từ đó ta sẽ xác định được hàm truyền của nó

Nếu  $U_i < U_R$  thì  $\Delta U < 0$  khi đó lối ra  $U_{ra} = U_{ramax}^- = -V_{CC}$

Nếu  $U_i > U_R$  thì  $\Delta U > 0$  khi đó lối ra  $U_{ra} = U_{ramax}^+ = +V_{CC}$

Khi đó lối ra sẽ đảo cực tính khi  $U_i$  chuyển qua giá trị  $U_R$ .