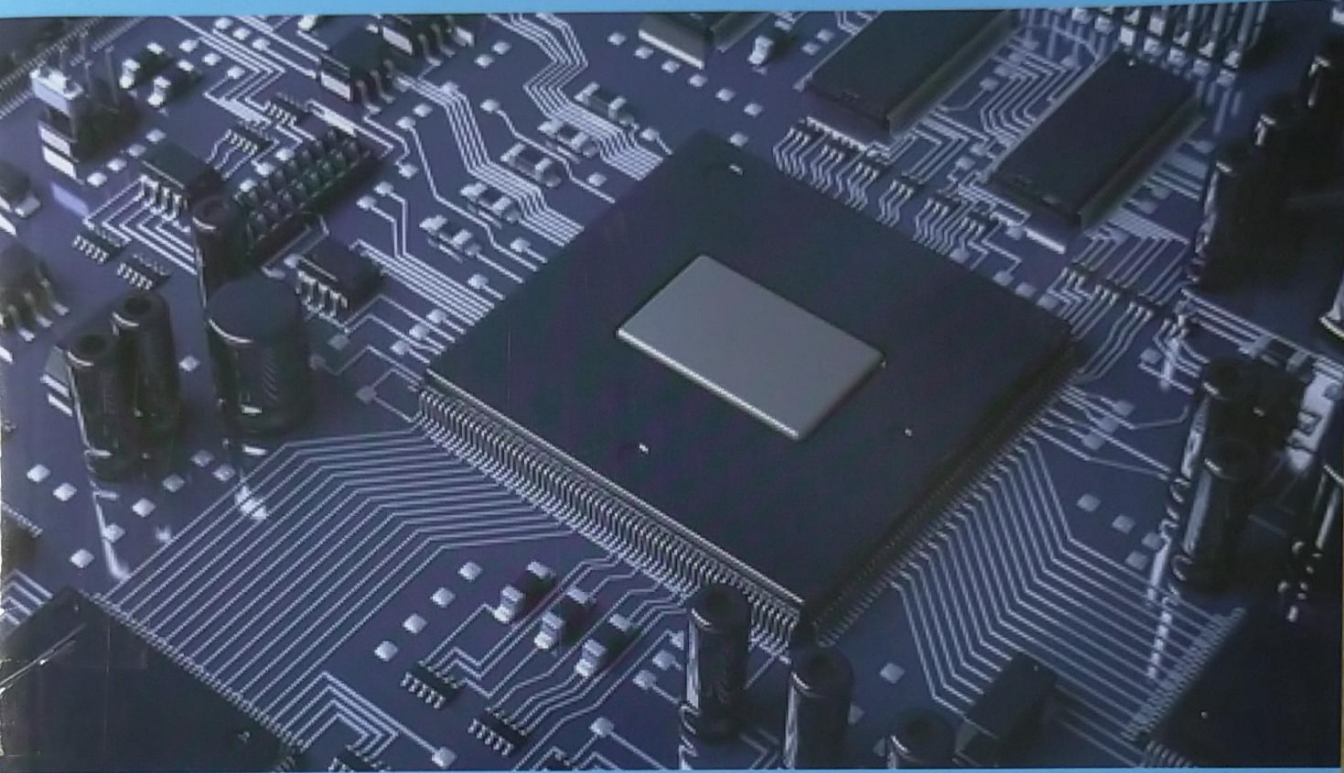




TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

**GIÁO TRÌNH**

# **VI MẠCH TƯƠNG TỰ**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

NGUYỄN THU HÀ (CHỦ BIÊN)  
NGUYỄN VĂN VINH – PHẠM VĂN HÙNG



*GIÁO TRÌNH*  
**VI MẠCH TƯƠNG TỰ**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



# MỤC LỤC

Lời nói đầu .....	3
MỤC LỤC .....	5
<b>Chương 1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI</b> .....	7
1.1. Mô hình mạch khuếch đại .....	7
1.2. Các tham số của mạch khuếch đại .....	7
1.3. Đặc tính tần số của hệ số khuếch đại .....	9
1.4. Phản hồi trong mạch khuếch đại .....	10
☞ Câu hỏi ôn tập chương 2 .....	14
<b>Chương 2. MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN</b> .....	15
2.1. Khuếch đại thuật toán lý tưởng .....	15
2.2. Khuếch đại thuật toán không lý tưởng .....	20
2.3. Mạch tích hợp khuếch đại thuật toán $\mu A741$ .....	23
☞ Câu hỏi ôn tập chương 2 .....	26
Bài tập chương 2 .....	26
<b>Chương 3. MẠCH XỬ LÝ THUẬT TOÁN TƯƠNG TỰ</b> .....	29
3.1. Mạch cộng .....	29
3.2. Mạch trừ .....	32
3.3. Mạch tích phân .....	33
3.4. Mạch vi phân .....	36
3.5. Mạch tỷ lệ - tích phân - vi phân (mạch PID) .....	39
3.6. Mạch so sánh tương tự .....	42
3.7. Mạch trigơ Schmitt dùng khuếch đại thuật toán .....	46
☞ Câu hỏi ôn tập chương 3 .....	51
Bài tập chương 3 .....	52
<b>Chương 4. MẠCH DAO ĐỘNG</b> .....	57
4.1. Nguyên lý tạo dao động .....	57
4.2. Mạch dao động dùng cầu Wien .....	61

4.3. Mạch tạo xung .....	66
➤ Câu hỏi ôn tập chương 4 .....	77
Bài tập chương 4 .....	78
<b>Chương 5. MẠCH LỌC TÍCH CỰC</b> .....	82
5.1. Mở đầu.....	82
5.2. Mạch lọc thông thấp.....	83
5.3. Mạch lọc thông cao .....	87
5.4. Mạch lọc dải thông.....	90
5.5. Mạch lọc dải chặn.....	92
➤ Câu hỏi ôn tập chương 5 .....	93
Bài tập chương 5 .....	93
<b>Chương 6. MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐO LƯỜNG</b> .....	97
6.1. Mạch biến đổi dòng điện - điện áp .....	97
6.2. Mạch biến đổi điện áp - dòng điện.....	100
6.3. Mạch khuếch đại vi sai đo lường .....	103
6.4. Mạch khuếch đại cho cầu đo .....	106
➤ Câu hỏi ôn tập chương 6 .....	111
Bài tập chương 6 .....	112
<b>Chương 7. NGUỒN CUNG CẤP</b> .....	117
7.1. Mạch chỉnh lưu.....	117
7.2. Mạch lọc điện .....	119
7.3. Mạch ổn áp.....	122
7.4. Nguồn ổn áp đối xứng .....	132
7.5. Nguồn dòng điện ổn định .....	134
➤ Câu hỏi ôn tập chương 7 .....	135
<b>PHỤ LỤC</b> .....	137
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	143



## Chương 1

# NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ MẠCH KHUẾCH ĐẠI

### 1.1. MÔ HÌNH MẠCH KHUẾCH ĐẠI

#### 1.1.1. Khái niệm

Khuếch đại có nghĩa là dùng năng lượng nhỏ làm thay đổi (điều khiển) một năng lượng lớn khác. Năng lượng nhỏ gọi là năng lượng điều khiển. Năng lượng lớn gọi là năng lượng bị điều khiển.

#### 1.1.2. Mạch khuếch đại trong mạch điện tử

Trong mạch điện tử mạch khuếch đại được xây dựng từ các phần tử tích cực và các phần tử thụ động. Các phần tử tích cực là tranzito, mạch khuếch đại thuật toán... Các phần tử thụ động là điện trở, tụ điện, điện cảm.

Mạch khuếch đại dùng để khuếch đại dòng điện, khuếch đại điện áp và khuếch đại công suất. Quá trình điều khiển dòng điện, điện áp trong mạch khuếch đại diễn ra nhờ các phần tử tích cực.

### 1.2. CÁC THAM SỐ CỦA MẠCH KHUẾCH ĐẠI

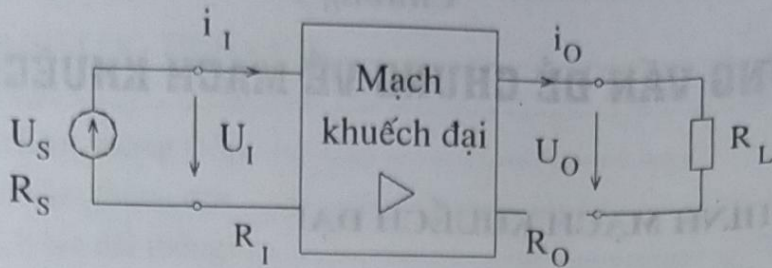
#### 1.2.1. Mô hình mạch khuếch đại

Có thể mô tả gần đúng mạch khuếch đại bằng mạng hai cửa (mạng bốn cực) tuyến tính ở chế độ tín hiệu nhỏ. Sơ đồ được thể hiện trên hình 1.1.

#### 1.2.2. Các tham số

Tương tự như với mạng hai cửa, mạch khuếch đại có các tham số cơ bản là: điện áp cửa vào  $U_I$  (V), dòng điện cửa vào  $i_I$  (A), điện trở cửa vào  $R_I$  ( $\Omega$ ), tín hiệu ra  $U_O$  (V), dòng điện cửa ra  $i_O$  (A) và điện trở cửa ra  $R_O$  ( $\Omega$ ), nguồn tín hiệu vào của mạch khuếch đại  $U_S$  (V) và điện trở nguồn

tín hiệu  $R_S$  ( $\Omega$ ), hệ số khuếch đại. Ngoài ra còn có thể kể đến hệ số khử đồng pha CMRR (Common-mode rejection ratio).



Hình 1.1. Sơ đồ khối mạch khuếch đại.

### 1.2.3. Một số quan hệ giữa các đại lượng

#### □ Quan hệ giữa dòng điện - điện áp lối vào

Quan hệ giữa dòng điện và điện áp lối vào được mô tả bằng biểu thức:

$$U_I = U_S \frac{R_I}{R_I + R_S} \quad (1-1)$$

Trong khi đó, dòng điện cửa vào:

$$i_I = U_S \frac{1}{R_I + R_S} \quad (1-2)$$

Vậy, ta có:  $U_I = i_I R_I$  (1-3)

#### □ Quan hệ giữa dòng điện - điện áp lối ra

Ta phân biệt hai trường hợp trong quan hệ giữa dòng điện - điện áp cửa ra, đó là:

Khi chưa có tải (mạch hở cửa ra):

$$U_O = U_{OH} \quad (1-4)$$

Trong đó:  $U_{OH}$ : là điện áp cửa ra khi hở mạch

Khi có tải với điện trở của phụ tải là  $R_L$ , thì điện áp cửa ra sẽ là:

$$U_O = i_O R_L \quad (1-5)$$



#### 1.2.4. Hệ số khuếch đại

Ta thường gặp hệ số khuếch đại điện áp và hệ số khuếch đại dòng điện. Hệ số khuếch đại điện áp, ký hiệu là  $K_U$  (hoặc  $A_U$ ), được xác định bằng biểu thức:

$$K_U = \frac{U_O}{U_I} \quad (1-6)$$

Hệ số khuếch đại dòng điện, ký hiệu là  $K_I$ , được xác định bằng biểu thức:

$$K_I = \frac{i_O}{i_I} \quad (1-7)$$

Từ các biểu thức (1-3) và (1-5) ta có:  $K_U = \frac{U_O}{U_I} = \frac{i_O R_L}{i_I R_i}$

$$K_U = \frac{R_L}{R_i} K_I \quad (1-8)$$

#### 1.2.5. Hệ số khuếch đại deciben

Nhiều khi trong phân tích mạch và thiết kế mạch khuếch đại người ta thường dùng hệ số khuếch đại deciben. Hệ số khuếch đại deciben theo điện áp được ký hiệu và định nghĩa bằng biểu thức:

$$K_U[\text{dB}] = 20 \lg K_U \quad (1-9)$$

#### 1.3. ĐẶC TÍNH TẦN SỐ CỦA HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI

Hệ số khuếch đại, nói chung, là hàm số của tần số tín hiệu được đưa đến cửa vào mạch khuếch đại (xem lại môn Điện tử cơ bản và môn Mạch điện). Đặc tính tần số của hệ số khuếch đại điện áp được biểu diễn bằng biểu thức:

$$K_U(j\omega) = K_U(\omega) e^{j\phi(\omega)} \quad (1-10)$$