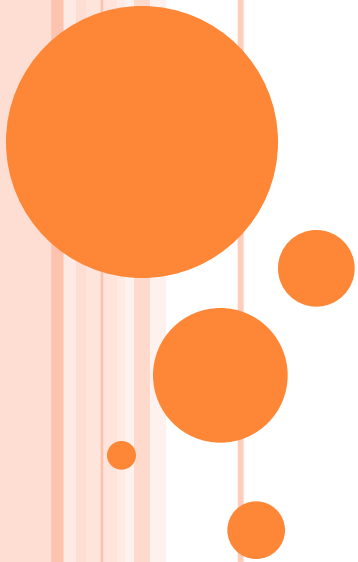


KHUYẾCH ĐẠI DÙNG VI MẠCH KHUYẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (OPAMP)



GIỚI THIỆU CHUNG

- Vi mạch khuếch đại thuật toán (Operational Amplifier) – ký hiệu là OpAmp đầu tiên được dùng để nói về các mạch khuếch đại có khả năng thay đổi theo mạch ghép nối bên ngoài để thực hiện các phép biến đổi toán học như cộng trừ, biến đổi tỷ lệ, vi tích phân... trong các máy tính tương tự. Nhờ sự phát triển của công nghệ bán dẫn, opamp ngày càng trở nên tin cậy, kích thước nhỏ, ổn định nhiệt, vì vậy, ngày nay opamp được sử dụng như là thành phần cơ bản của các ứng dụng khuếch đại, biến đổi tín hiệu, các bộ lọc tích cực, tạo hàm và chuyển đổi.



CẤU TẠO

- **Cấu tạo** cơ sở của vi mạch khuếch đại thuật toán là các tầng khuếch đại vi sai. Các vi mạch khuếch đại thuật toán bao gồm ba phần:
 - Khuếch đại vi sai.
 - Dùng khuếch đại tín hiệu vào, có đặc điểm là khuếch đại nhiều thấp, trở kháng vào cao, thường đầu ra vi sai.
 - Khuếch đại điện áp.
 - Tạo ra hệ số khuếch đại điện áp cao, thường đầu ra đơn cực.
 - Khuếch đại đầu ra.
 - Dùng với tín hiệu ra, cho phép khả năng tải dòng lớn, trở kháng ra thấp, có các mạch chống ngắn mạch và hạn chế dòng điện.
- Một vi mạch khuếch đại thuật toán phổ dụng là 741. Sơ đồ mạch bên trong của vi mạch khuếch đại thuật toán 741 được trình bày như trong hình vẽ:



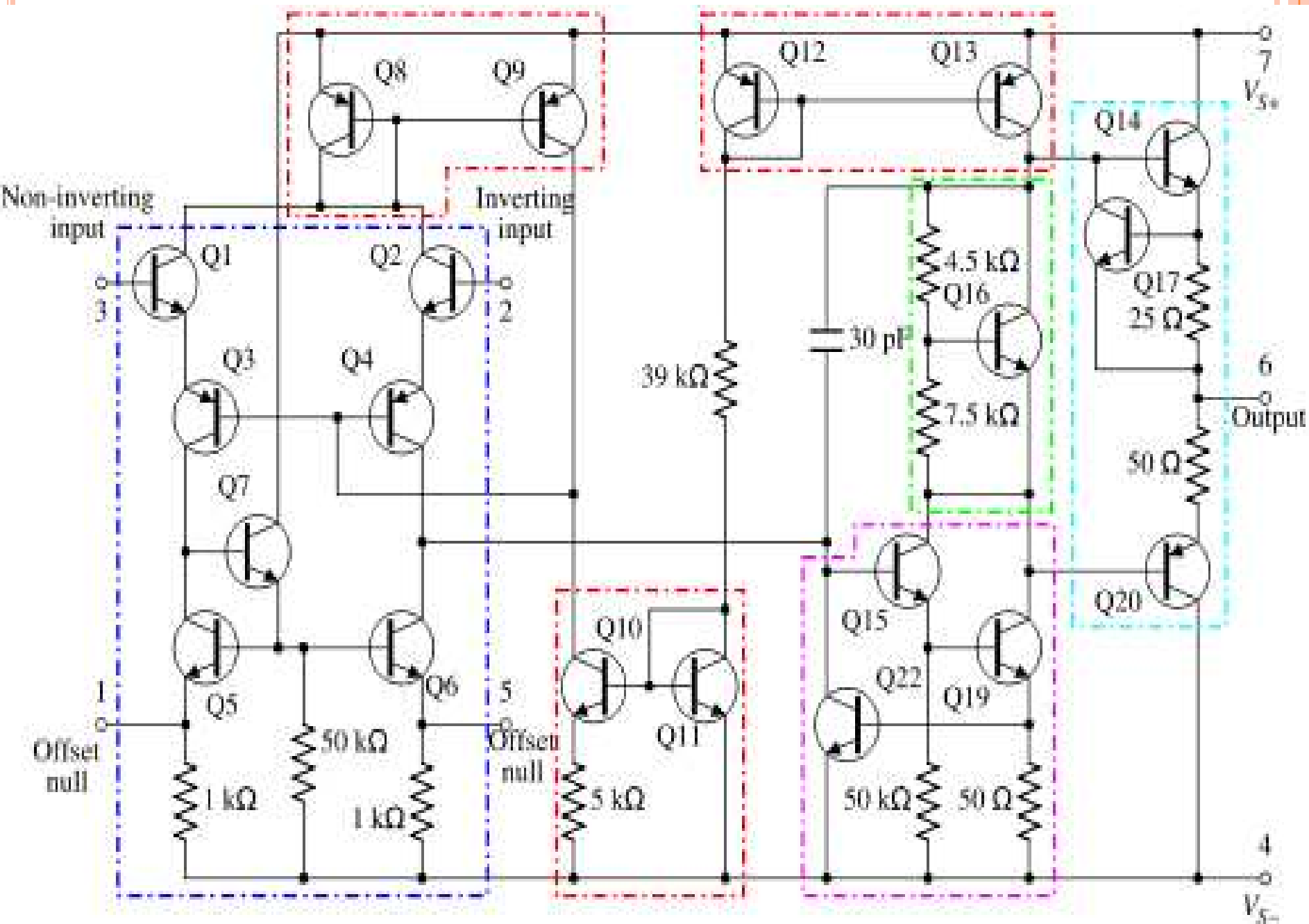
Non-inverting
input

Inverting
input

Offset
null

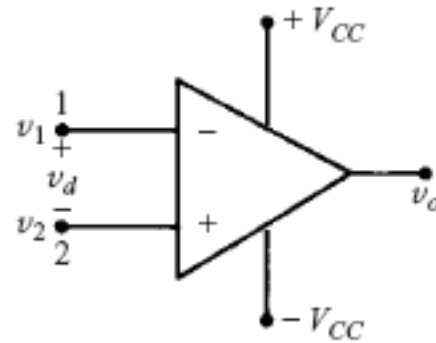
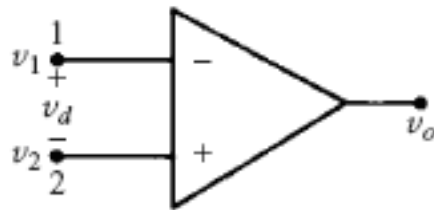
Offset
null

Output



OPAMP LÝ TƯỞNG VÀ THỰC TẾ:

- Vi mạch khuếch đại thuật toán (KĐTT) được ký hiệu như hình vẽ:

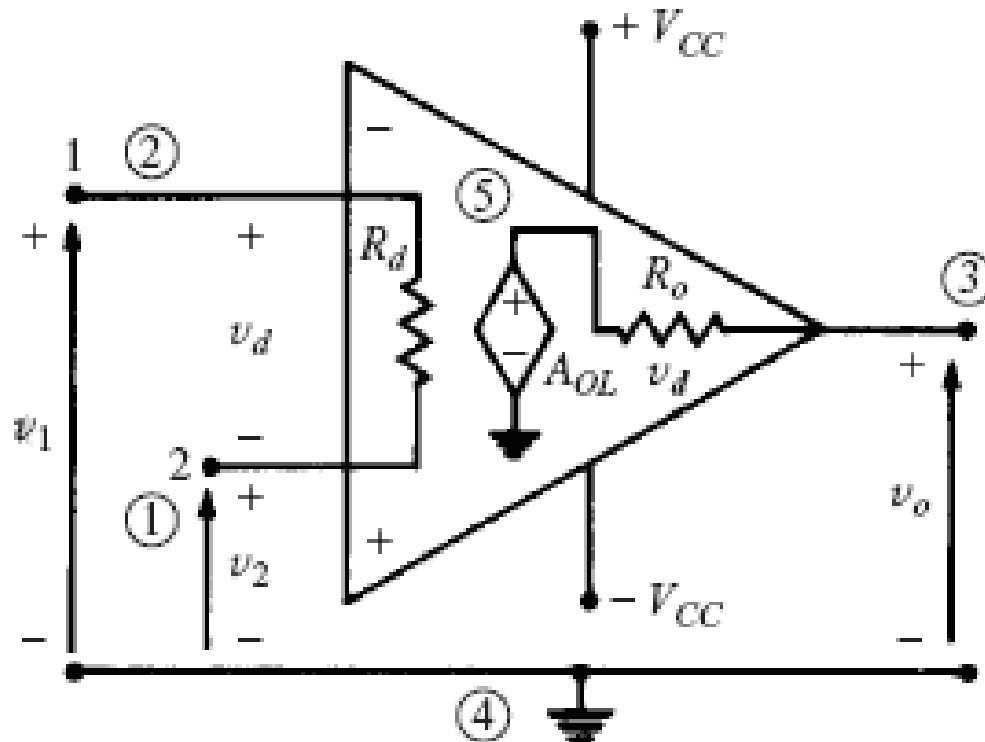


- Hai đầu vào:
 - Đầu vào 1 (đầu được ký hiệu dấu '-' trong vi mạch KĐTT) gọi là đầu vào đảo. Điện áp v_1 đặt vào đầu vào đảo sẽ được khuếch đại về biên độ và đảo pha ở đầu ra.
 - Đầu vào 2 (đầu được ký hiệu dấu '+' trong vi mạch KĐTT) gọi là đầu vào không đảo. Điện áp v_2 đặt vào đầu vào không đảo sẽ được khuếch đại về biên độ và không đảo pha ở đầu ra.
- Một đầu ra, điện áp ra ký hiệu là v_o .



OPAMP LÝ TƯỞNG VÀ THỰC TẾ:

- *Mạch tương đương đơn giản* của vi mạch khuếch đại thuật toán ở tần số thấp được mô tả như hình vẽ:



OPAMP LÝ TƯỞNG VÀ THỰC TẾ:

- Một bộ vi mạch KĐTT khuếch đại vi sai điện áp $v_d = v_1 - v_2$ giữa hai tín hiệu vào. Hệ số khuếch đại điện áp hở mạch được tính theo công thức:

$$A_{OL} = \frac{v_o}{v_d}$$

- Về biên độ, hệ số khuếch đại hở mạch A_{OL} đạt giá trị từ 10^4 tới 10^7 . Biên độ lớn nhất của điện áp ra được gọi là điện áp bão hòa. Điện áp này thường xấp xỉ nhỏ hơn điện áp nguồn cấp là 2V. Như vậy:

$$-(V_{cc} - 2) < v_o < V_{cc} - 2$$

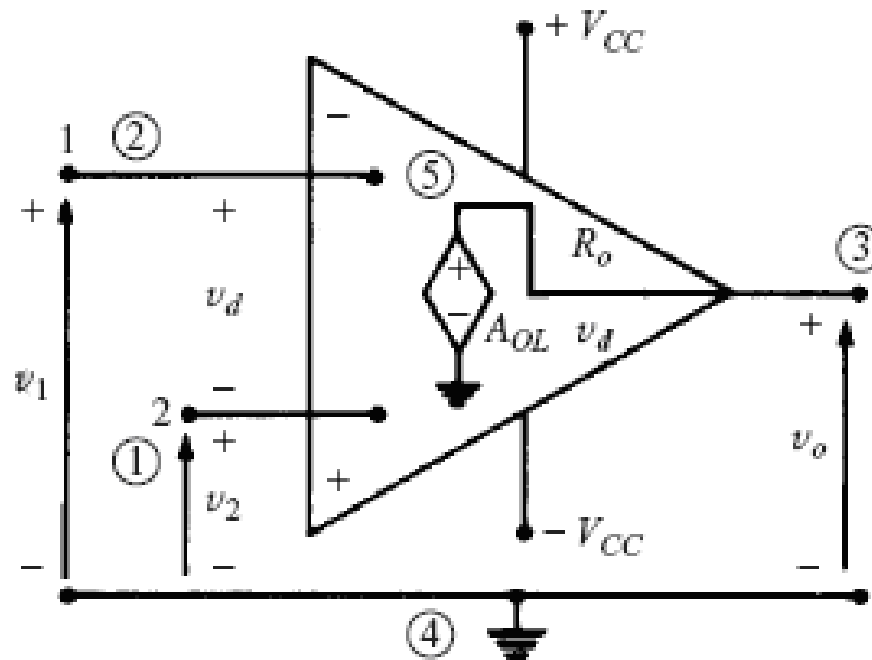


OPAMP LÝ TƯỞNG VÀ THỰC TẾ:

- **Vi mạch KĐTT lý tưởng** có 3 đặc điểm như sau:
 - 1. Hệ số khuếch đại điện áp hở mạch là $-\infty$.
 - 2. Trở kháng vào R_d giữa hai cực 1 và 2 là vô cùng lớn, vì vậy, dòng vào bằng 0.
 - 3. Trở kháng ra bằng 0, nhờ vậy, điện áp ra không phụ thuộc vào tải.
- Sơ đồ mạch tương đương của vi mạch KĐTT lý tưởng được trình bày như sau:



OPAMP LÝ TƯỞNG VÀ THỰC TẾ:



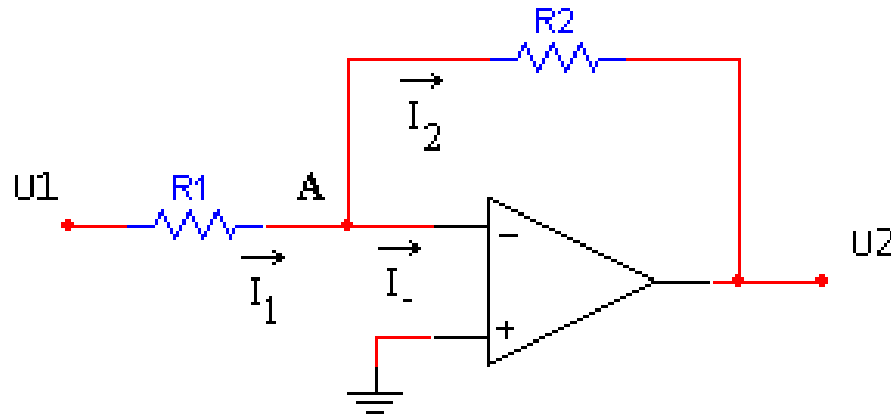
- Từ ba đặc điểm trên, với vi mạch KĐTT lý tưởng ta luôn có:

$$U_+ = U_-$$

$$I_+ = I_- = 0$$

MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐẢO

- Mạch khuếch đại đảo (hình vẽ) có đầu vào không đảo nối đất, tín hiệu U_1 được đưa vào đầu vào đảo qua điện trở R_1 , mạch thực hiện hồi tiếp âm qua điện trở R_2 . Đầu ra U_2 đảo cực so với đầu vào U_1 .



- Tính toán đầu ra U_2 :

$$U_+ = U_- = 0$$

$$I_+ = I_- = 0$$



MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐẢO

- Xét tại nút A, ta có:

$$I_1 - I_- - I_2 = 0$$

$$\frac{U_1 - U_-}{R_1} - 0 - \frac{U_- - U_2}{R_2} = 0$$

- Thay $U_- = 0$ vào ta có

$$U_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$$

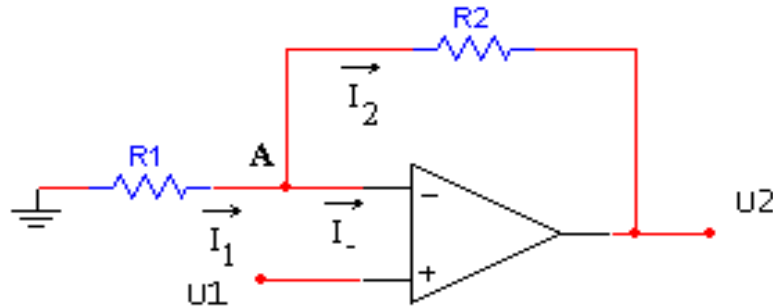
- **Nhận xét:**

- Điện áp vào được khuếch đại lên tỷ lệ $\frac{R_2}{R_1}$ lần.
- Điện áp ra ngược pha với điện áp vào.



MẠCH KHUẾCH ĐẠI KHÔNG ĐẢO

- Mạch khuếch đại không đảo có tín hiệu vào được đưa tới đầu vào không đảo, đầu vào đảo được nối đất qua điện trở R_1 như hình vẽ.



- Tính toán đầu ra U_2 :

$$U_+ = U_- = U_1$$

$$I_+ = I_- = 0$$

- Xét tại nút A, ta có:

$$I_1 - I_- - I_2 = 0$$

$$\frac{0 - U_-}{R_1} - 0 - \frac{U_- - U_2}{R_2} = 0$$



MẠCH KHUẾCH ĐẠI KHÔNG ĐẢO

- Thay $U_- = U_1$ vào ta có:

$$\frac{-U_1}{R_1} - \frac{U_1 - U_2}{R_2} = 0$$

$$U_2 = U_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

- Nhận xét:**

- Điện áp vào được khuếch đại lên tỷ lệ $\left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$ lần. Như vậy, điện áp ra luôn lớn hơn điện áp vào về biên độ.
- Điện áp ra cùng pha với điện áp vào.



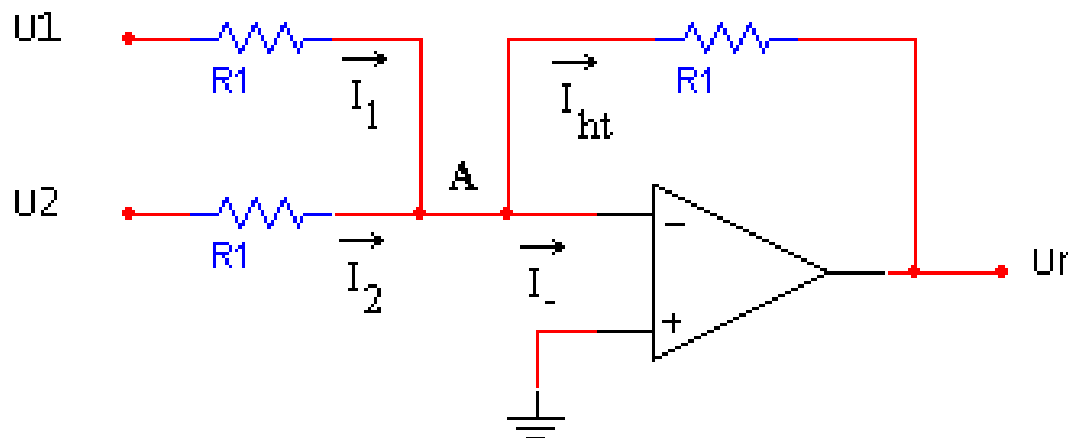
MẠCH CỘNG TRỪ

○ a. Mạch cộng:

- Phép cộng là một trong những thao tác cơ bản nhất của toán học. Có hai loại mạch cộng thực hiện sử dụng vi mạch khuếch đại thuật toán mà ta sẽ nghiên cứu là mạch cộng đảo và mạch cộng không đảo..

○ Mạch cộng đảo:

- Mạch cộng đảo hai số sử dụng vi mạch KĐTT được thực hiện như hình vẽ sau:



MẠCH CỘNG TRỪ

- Mạch có 2 tín hiệu vào U_1 và U_2 được đưa song song tới đầu vào đảo của vi mạch KĐTT.

- Tính toán đầu ra U_r : $U_+ = U_- = 0$

$$I_+ = I_- = 0$$

- Xét tại nút A, ta có:

$$I_1 + I_2 - I_- - I_{ht} = 0$$

$$\frac{U_1 - U_-}{R_1} + \frac{U_2 - U_-}{R_1} - 0 - \frac{U_- - U_r}{R_1} = 0$$

- Thay U_- vào ta có:

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_1} - \frac{-U_r}{R_1} = 0$$

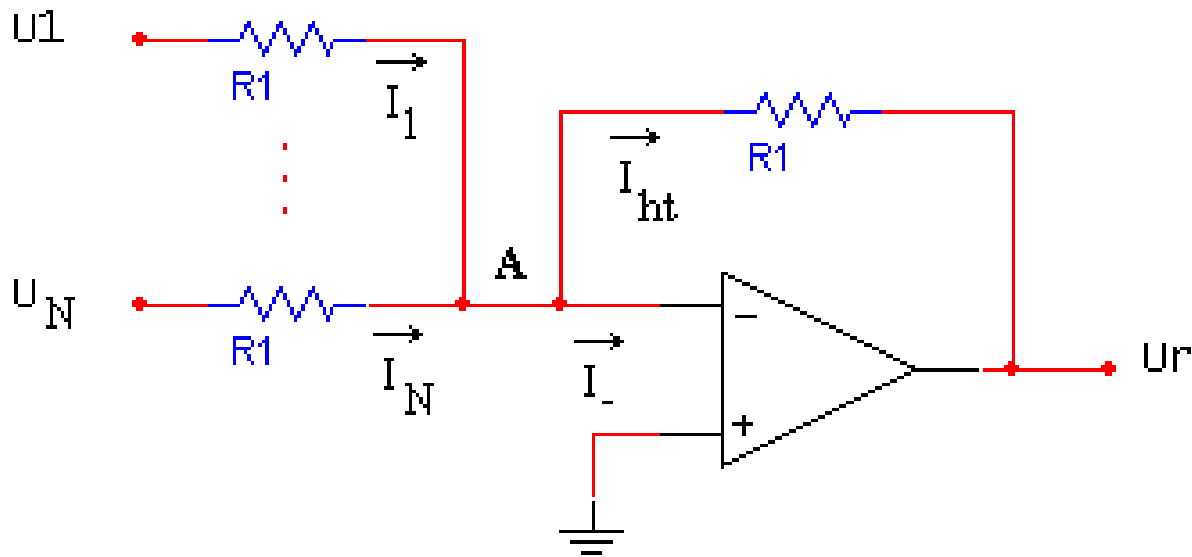
$$U_r = -(U_1 + U_2)$$

- Điện áp ra sẽ là tổng các điện áp vào, lấy đảo dấu.



MẠCH CỘNG TRỪ

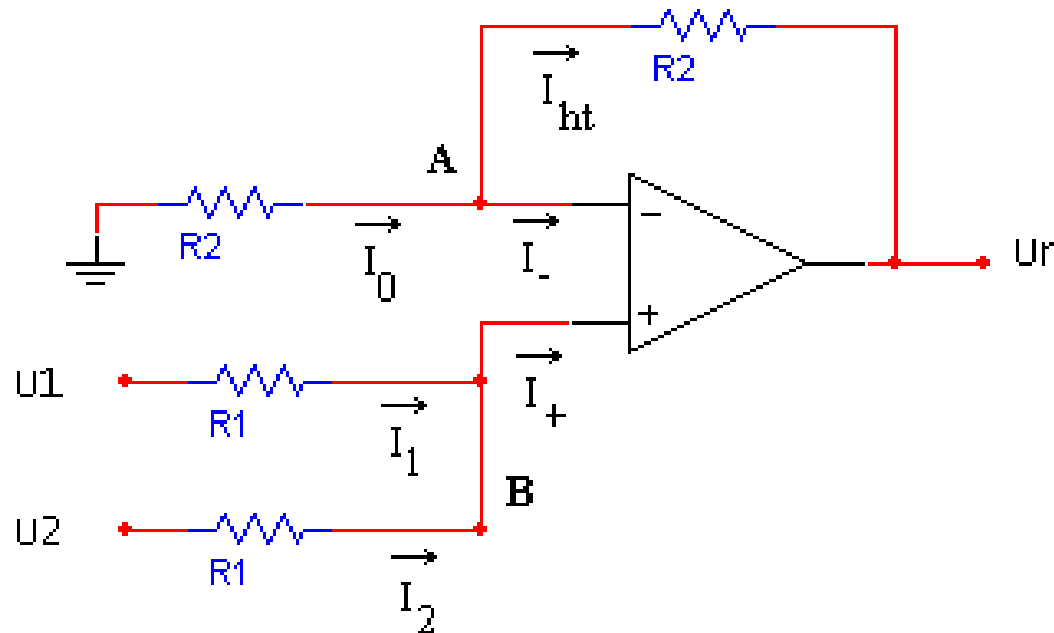
- **Tổng quát:** đối với trường hợp nhiều đầu vào, mạch cộng đảo được thực hiện như sau:



$$U_r = -\sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot U_i$$

MẠCH CỘNG TRỪ

○ Mạch cộng không đảo:



$$U_+ = U_- = U_A = U_B$$

$$I_+ = I_- = 0$$



MẠCH CỘNG TRỪ

- Xét tại nút A, ta có:

$$I_0 - I_- - I_{ht} = 0$$

$$\frac{0 - U_A}{R_2} - \frac{U_A - U_r}{R_2} = 0$$

$$U_A = \frac{U_r}{2}$$

- Xét tại nút B, ta có: $I_1 + I_2 - I_+ = 0$

$$\frac{U_1 - U_B}{R_1} + \frac{U_2 - U_B}{R_1} = 0$$

$$U_B = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

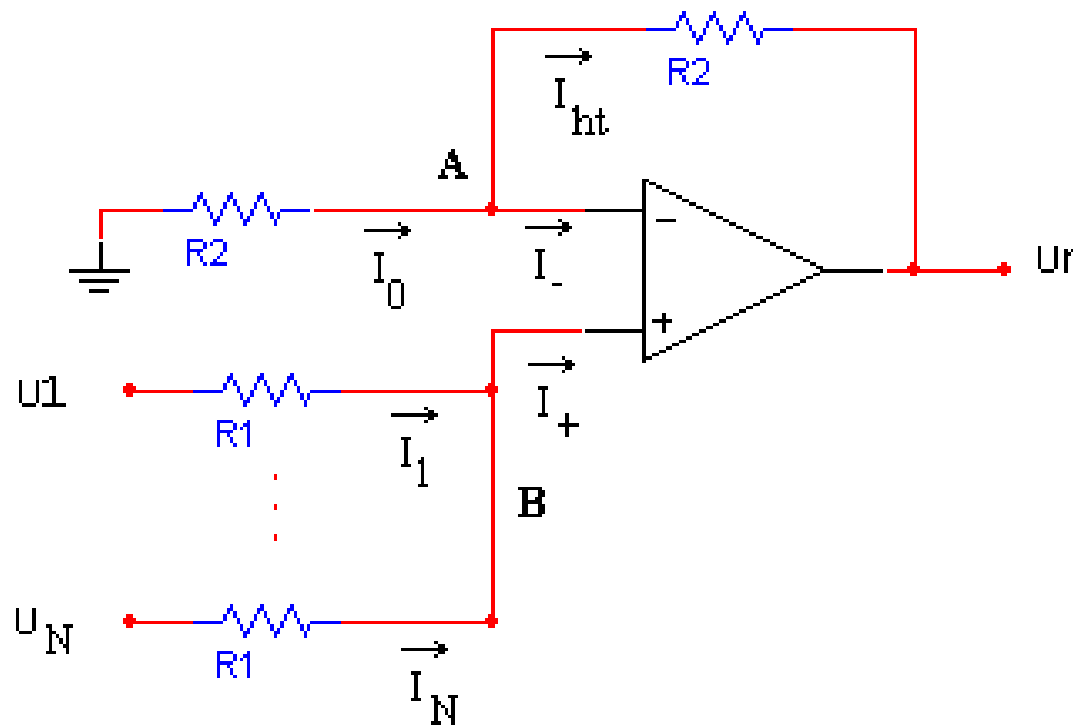
- Thay $U_A = U_B$ vào ta có:

$$U_r = (U_1 + U_2)$$



MẠCH CỘNG TRỪ

- **Tổng quát:** đối với trường hợp nhiều đầu vào, mạch cộng không đảo được thực hiện như sau:

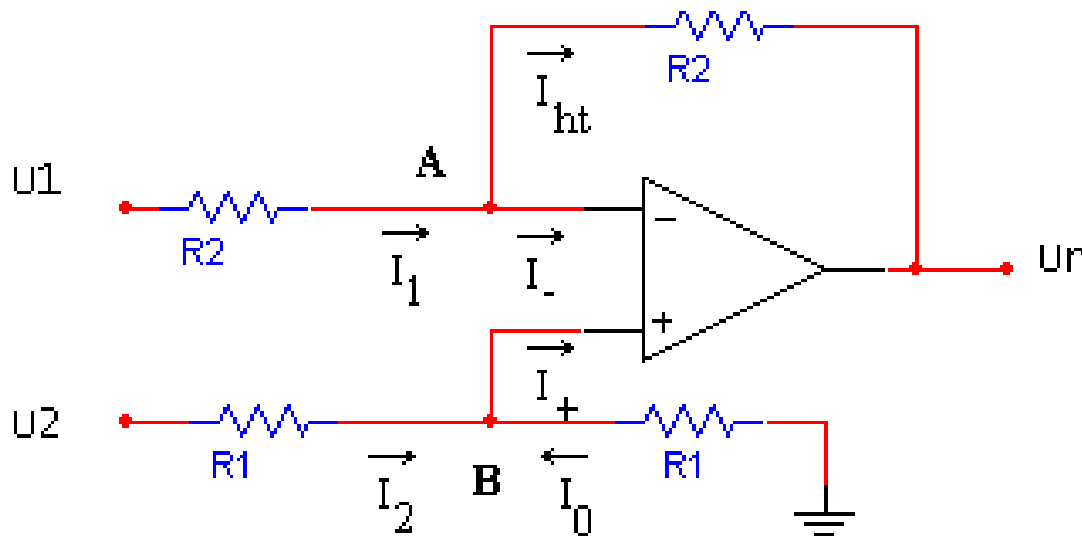


$$U_r = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot U_i$$

MẠCH CỘNG TRỪ

○ b. Mạch trừ:

- Để thực hiện trừ hai điện áp, người ta thường sử dụng mạch như hình vẽ sau:



$$U_{+} = U_{-} = U_A = U_B$$

$$I_{+} = I_{-} = 0$$



MẠCH CỘNG TRỪ

- Xét tại nút A, ta có:
$$I_1 - I_- - I_{ht} = 0$$
$$\frac{U_1 - U_-}{R_2} - \frac{U_- - U_r}{R_2} = 0$$
$$U_- = \frac{U_1 + U_r}{2}$$
- Xét tại nút B, ta có:
$$I_2 + I_0 - I_+ = 0$$
$$\frac{U_2 - U_+}{R_1} + \frac{0 - U_+}{R_1} = 0$$
$$U_+ = \frac{U_2}{2}$$
- Thay $U_- = U_+$ vào ta có:

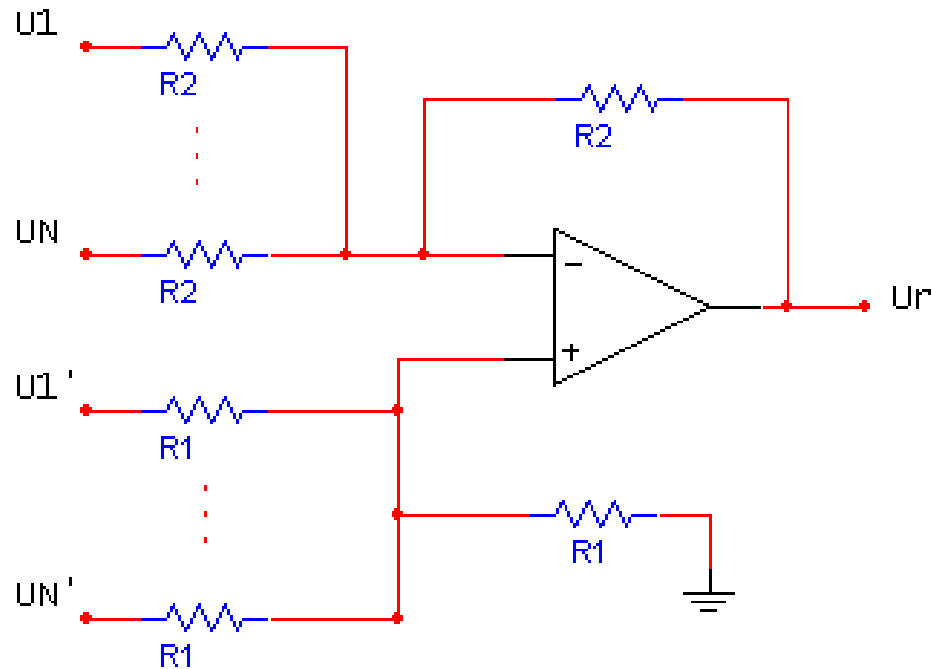
$$U_r = U_2 - U_1$$



MẠCH CỘNG TRỪ

○ Mạch cộng trừ tổng quát:

- Mạch cộng trừ tổng quát được thực hiện như hình vẽ sau:



Nếu $\sum_{i=1}^N \alpha_i = \sum_{i=1}^N \alpha_i'$ thì điện áp ở đầu ra sẽ được tính như sau:

$$U_r = \sum_{i=1}^N \alpha_i' \cdot U_i' - \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot U_i$$



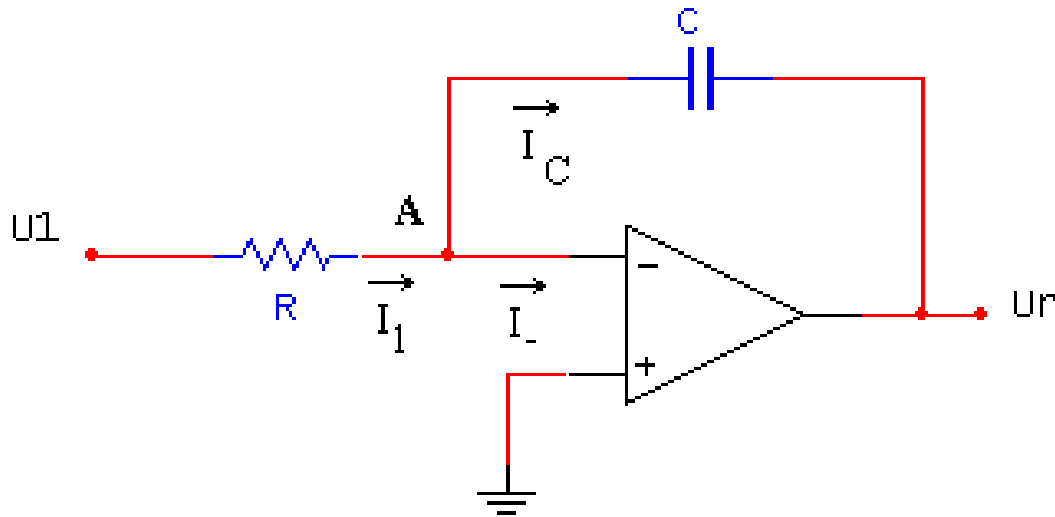
MẠCH VI TÍCH PHÂN

- Đặc tính điện của tụ điện:

$$i_C = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

- **Mạch tích phân:**

- Khi thay điện trở hồi tiếp của vi mạch KĐTT bằng tụ điện, do tính chất điện của tụ điện, ta sẽ có mạch thực hiện lấy tích phân của tín hiệu vào như hình vẽ



$$U_+ = U_- = 0$$

$$I_+ = I_- = 0$$



MẠCH VI TÍCH PHÂN

- Xét tại nút A, ta có:

$$I_1 - I_- - I_C = 0$$

$$\frac{U_1 - 0}{R} - \left(-C \cdot \frac{dU_r}{dt} \right) = 0$$

$$U_r = -\frac{1}{RC} \int U_1 dt$$

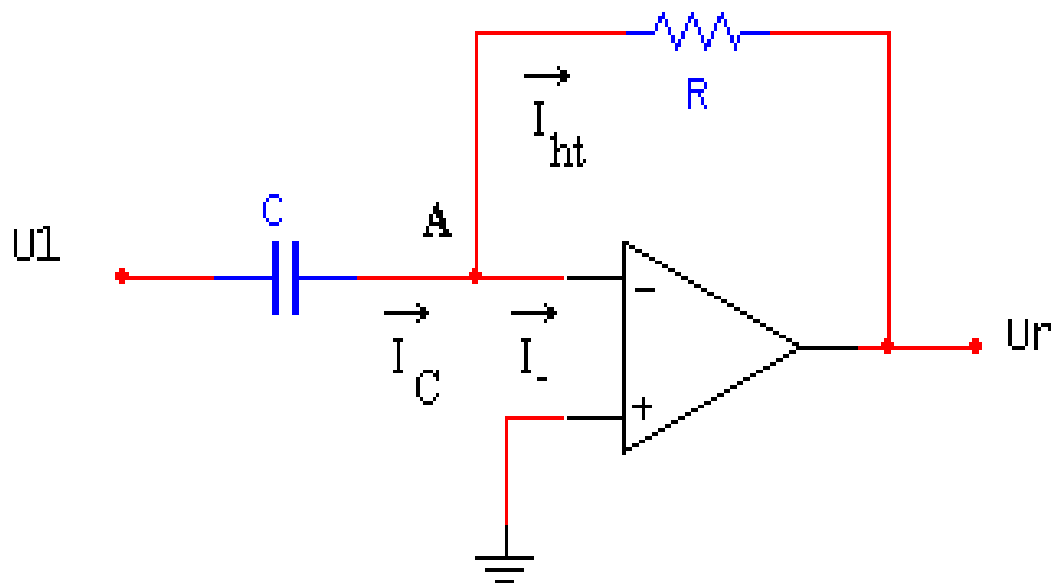
- Như vậy, tín hiệu ra chính là tích phân của tín hiệu vào có đảo dấu.



MẠCH VI TÍCH PHÂN

○ Mạch vi phân:

- Khi thay tụ điện vào điện trở nối với nguồn tín hiệu, do tính chất điện của tụ điện, ta sẽ có mạch thực hiện lấy vi phân của tín hiệu vào như hình vẽ



$$U_+ = U_- = 0$$

$$I_+ = I_- = 0$$

MẠCH VI TÍCH PHÂN

- Xét tại nút A, ta có:

$$I_C - I_- - I_{ht} = 0$$

$$C \cdot \frac{dU_1}{dt} - \frac{U_- - U_r}{R} = 0$$

$$U_r = -RC \cdot \frac{dU_1}{dt}$$

- Như vậy, tín hiệu ra chính là vi phân của tín hiệu vào có đảo dấu



BÀI TẬP

- **Bài 5.1:** Cho mạch khuếch đại hỗn hợp sử dụng vi mạch khuếch đại thuật toán như hình vẽ
- Giả thiết n là số nguyên dương lớn hơn 1: α là số thực có giá trị trong khoảng $(0,1)$.

a. Xác định biểu thức tính

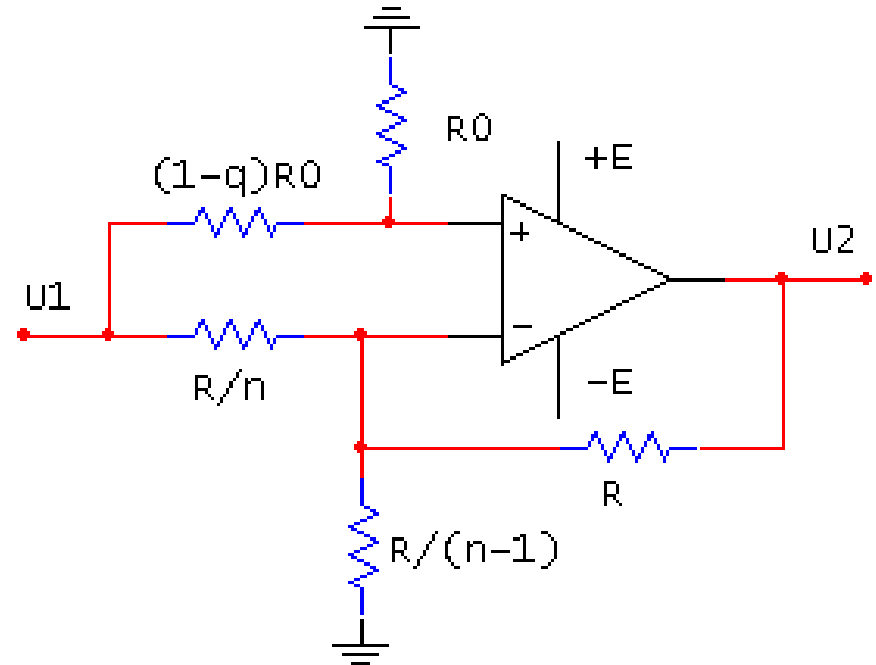
giá trị điện áp ra $U_2(U_1)$.

b. Biết $E=\pm 9V$, $R_0=20K\Omega$,
 $R=440K\Omega$, $n=45$, $U_1=200mV$.

Tính khoảng giá trị U_2 nhận được ở lõi ra khi cho q biến thiên trong khoảng $(0,1)$.

c. Xác định các khoảng giá trị của q

để vi mạch khuếch đại thuật toán làm việc ở chế độ bão hòa.



BÀI TẬP

Cho mạch điện như hình vẽ:

Biết: $R_1=10\text{K}\Omega$, $R_2=110\text{K}\Omega$, $R_3=15\text{K}\Omega$, $R_4=1\text{K}\Omega$,
 $V_R=2\text{K}\Omega$, $E=\pm 12\text{V}$.

U_1 là điện áp vào hình sin biên độ 70mV .

a. Tìm biểu thức tính U_2 .

b. Tính khoảng giá trị của V_R
để vi mạch khuếch đại thuật toán
không gây méo dạng cho tín hiệu.

