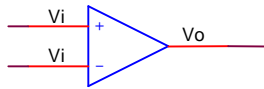


CHƯƠNG 5: KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN OPAMP (OPERATIONAL AMPLIFIER)

5.1. Khái niệm:

Mạch khuếch đại thuật toán là mạch được chế tạo dưới dạng tích hợp có hệ số khuếch đại lớn dùng để xử lý các tín hiệu tương tự hoặc xung. Mạch thực hiện các phép tính cơ bản: cộng, trừ, tích phân vi phân, lấy logarit, hoặc thực hiện các chức năng như tạo dao động hình sin, ổn áp, ổn dòng, so sánh.

- Ký hiệu



Hình 5.1. Ký hiệu của OPAMP

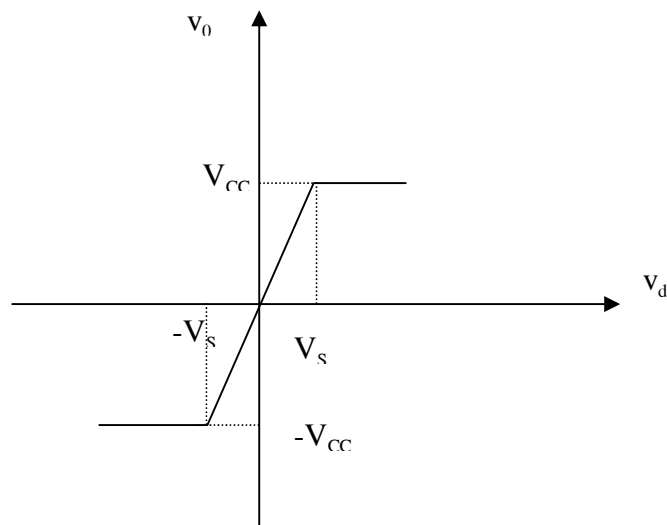
OPAMP thường được cấp nguồn đối xứng, có 2 ngõ vào: v_i^- : ngõ vào đảo, v_i^+ : ngõ vào không đảo. và có 1 ngõ ra v_o .

Trạng thái ngõ ra v_o không có mạch hồi tiếp về ngõ vào gọi là trạng thái vòng hở. Hệ số khuếch đại điện áp lúc đó gọi là hệ số khuếch đại vòng hở của OPAMP, ký hiệu A_o . Lúc đó $v_o = A_o (v_i^+ - v_i^-)$.

- **Các thông số kỹ thuật:** Điện trở ngõ vào r_i rất lớn, điện trở ngõ ra rất nhỏ, hệ số khuếch đại điện áp A_o rất lớn.

5.2 Đặc tính truyền đạt:

Ta có đặc tính truyền đạt vòng hở $v_o = f(v_i^+ - v_i^-) = f(v_d)$



Hình 5.2. Đặc tính truyền đạt vòng hở của OPAMP

Đặc tuyến có ba vùng làm việc:

- Vùng khuếch đại $v_0 = A_0 v_d$
- Vùng bão hoà dương $v_0 = V_{cc}$
- Vùng bão hoà âm $v_0 = -V_{cc}$

$\pm V_S$ là các mức ngưỡng của điện áp vào, giới hạn phạm vi mà quan hệ ngõ ra và ngõ vào còn là tuyến tính. Các OPAMP thường có V_S khoảng từ vài chục μV đến vài trăm μV

Trong thực tế, người ta rất ít sử dụng OPAMP ở trạng thái vòng hở vì A_0 rất lớn nhưng tầm điện áp vào bị giới hạn quá bé (trong khoảng $\pm V_S$). Chỉ cần trôi nhiệt, hoặc nguồn không ổn định, hoặc nhiễu biên độ rất bé cũng đủ tạo được v_d vượt ra ngoài tầm $\pm V_S$ làm ngõ ra bão hoà dương hoặc bão hoà âm. Mạch khuếch đại vòng hở thường sử dụng trong chế độ xung. Trong chế độ khuếch đại tuyến tính, người ta phải dùng hồi tiếp âm để tạo sự làm việc ổn định của bộ khuếch đại.

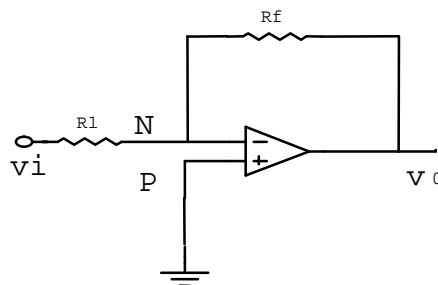
5.3. Một số ứng dụng của OPAMP:

Trong thực tế, trạng thái vòng hở chỉ thường được sử dụng trong chế độ xung. ở chế độ khuếch đại tuyến tính, người ta phải dùng hồi tiếp âm để tạo sự làm việc ổn định cho bộ khuếch đại, đồng thời mở rộng vùng làm việc của tín hiệu vào. Trạng thái như vậy gọi là trạng thái vòng kín.

Giả sử OPAMP là lý tưởng có $r_i = \infty$ nên dòng chảy vào OPAMP là $i_v = 0$ và $A_0 = \infty$ nên $v_i^+ - v_i^- = v_0 / A_0 = 0$ nên $v_i^+ = v_i^-$.

5.3.1. Mạch khuếch đại đảo:

Mạch khuếch đại đảo có ngõ vào không đảo nối đất, tín hiệu vào v_i đưa vào ngõ vào đảo thông qua điện trở R_1 . Điện trở R_f đưa điện áp ngõ ra v_0 trở lại ngõ vào đảo.



Hình 5.3. Mạch khuếch đại đảo dùng OPAMP

Ta có $v_i^+ = 0$ nên người ta gọi điểm N là điểm đất giả.

Ta có

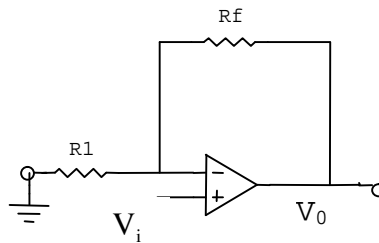
$$\frac{V_i - V_N}{R_1} + \frac{V_0 - V_N}{R_f} = 0 \Leftrightarrow \frac{V_0}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$

Dấu trừ biểu thị điện áp ra ngược pha so với điện áp vào.

Khi $R_1 = R_f$ thì $V_0 = -V_i$, ta có mạch lặp lại điện áp đảo.

5.3.2. Mạch khuếch đại không đảo:

Mạch khuếch đại không đảo có tín hiệu đưa vào trực tiếp vào ngõ vào không đảo, còn ngõ vào đảo được nối đất thông qua R_1



Hình 5.4. Mạch khuếch đại không đảo dùng OPAMP

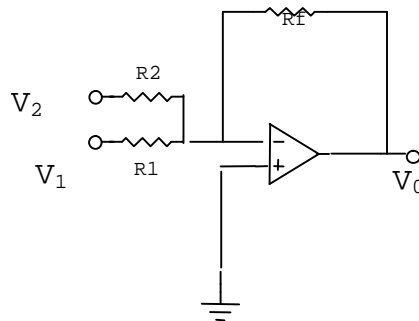
$$\frac{0 - V_N}{R_1} + \frac{V_0 - V_N}{R_f} = 0 \Leftrightarrow \frac{-V_i}{R_1} + \frac{V_0 - V_i}{R_f} = 0 \Leftrightarrow \frac{V_0}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

Khi $R_1 = \infty$, $R_f = 0$ thì $V_0 = V_i$, ta có mạch lặp điện áp không đảo.

5.3.3. Mạch cộng đảo:

Mạch cộng đảo gồm các nguồn tín hiệu được đưa đến đồng thời ngõ vào đảo.

Xét mạch gồm có hai nguồn điện áp v_1 , v_2 như hình vẽ.



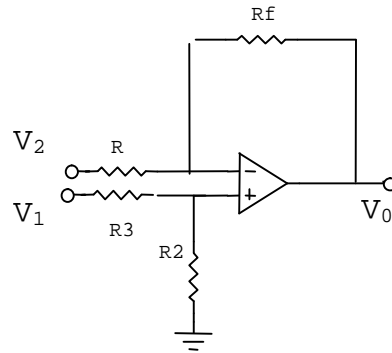
Hình 5.5. Mạch cộng đảo dùng OPAMP

$$\frac{V_0}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1} V_1 - \frac{R_f}{R_2} V_2$$

Công thức trên có thể mở rộng đến n ngõ vào tùy ý.

5.3.4. Mạch trừ:

Mạch trừ gồm các nguồn tín hiệu được đưa đến đồng thời vào ngõ vào đảo và ngõ vào không đảo



Hình 5..6. Mạch trừ dùng OPAMP

Áp dụng nguyên lý xếp chồng ta có $V_0 = V_{01} + V_{02}$ trong đó V_{01} là điện áp ngõ ra khi chỉ có nguồn tín hiệu vào là V_1 , $V_2 = 0$. Lúc đó mạch trở thành mạch khuếch đại không đảo. Vì vậy ta có

$$V_{01} = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) V_p = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \frac{V_1 R_2}{R_2 + R_3}$$

Tương tự, ta có V_{02} là điện áp ngõ ra khi chỉ có nguồn tín hiệu vào là V_2 , $V_1 = 0$. Lúc đó mạch trở thành mạch khuếch đại đảo.

Vì vậy ta có

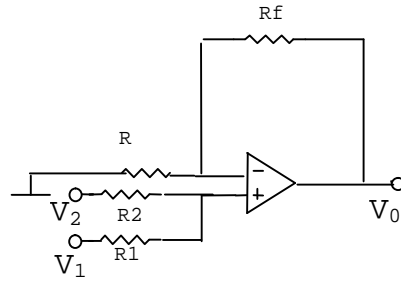
$$V_{02} = -\frac{R_f}{R} V_2$$

$$\text{Vậy ta có } V_0 = V_{01} + V_{02} = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \frac{V_1 R_2}{R_2 + R_3} - \frac{R_f}{R} V_2$$

5.3.5. Mạch cộng không đảo:

Mạch cộng không đảo gồm các nguồn tín hiệu được đưa đến đồng thời ngõ vào không đảo.

Xét mạch gồm hai nguồn điện áp v_1 , v_2 đưa đến ngõ vào không đảo như hình vẽ.



Hình 5. 7. Mạch cộng đảo dùng OPAMP

Áp dụng nguyên lý xếp chồng ta có $V_0 = V_{01} + V_{02}$ trong đó V_{01} là điện áp ngõ ra khi chỉ có nguồn tín hiệu vào là V_1 , $V_2 = 0$. Lúc đó mạch trở thành mạch khuếch đại không đảo. Vì vậy ta có

$$V_{01} = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) V_P = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \frac{V_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Tương tự, ta có V_{02} là điện áp ngõ ra khi chỉ có nguồn tín hiệu vào là V_2 , $V_1 = 0$. Lúc đó mạch trở thành mạch khuếch đại không đảo. Vì vậy ta có

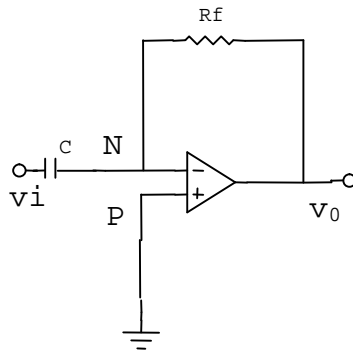
$$V_{02} = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) V_P = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \frac{V_2 R_1}{R_2 + R_1}$$

$$\text{Vậy ta có } V_0 = V_{01} + V_{02} = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \frac{V_1 R_2}{R_2 + R_1} + \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \frac{V_2 R_1}{R_2 + R_1}$$

Mạch có thể gồm có n nguồn tín hiệu vào.

5.3.6. Mạch vi phân:

Mạch vi phân gồm có nguồn điện áp v_i được đặt vào ngõ vào đảo thông qua tụ C

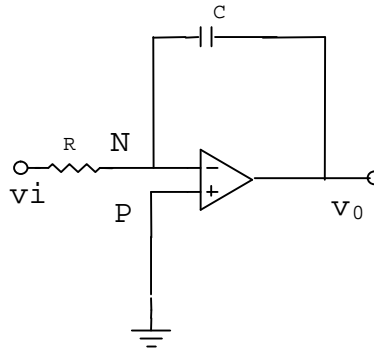


Hình 5.8. Mạch vi phân dùng OPAMP

Ta có
$$C \frac{dv_v}{dt} + \frac{v_0}{R_f} = 0 \Leftrightarrow \frac{V_0}{V_i} = -CR_f \frac{dv_i}{dt}$$

5.3.7. Mạch tích phân:

Mạch vi phân gồm có tụ C được đặt ngay trên đường hồi ti ếp về.



Hình 5.9. Mạch tích phân dùng OPAMP

$$C \frac{dv_0}{dt} + \frac{v_i}{R} = 0 \Leftrightarrow v_0 = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$$