

CHƯƠNG 5: OP - AMP

Giới thiệu

Trong chương này giới thiệu khái niệm, các thành phần cơ bản của OP - AMP, công dụng của OP – AMP.

Mục tiêu:

- Sau khi học xong bài này Sinh viên phải:
- Sinh viên đọc được các thông số ghi trên OP – AMP.
- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý làm việc OP – AMP.
- Hiểu, phân tích được các mạch điện ứng dụng OP – AMP trên ô tô.

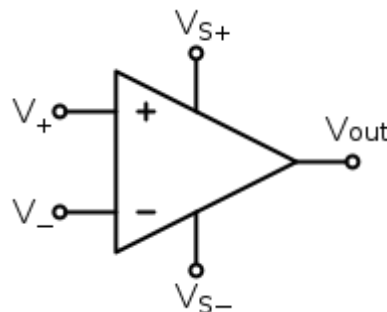
Nội dung chính:

5.1. Đặc điểm, ký hiệu Op-amp

Mạch khuếch đại thuật toán (operational amplifier), thường được gọi tắt là op-amp là một mạch khuếch đại. Op Amp là một mạch điện tử của nhiều Linh Kiện Điện Tử đã được mắc sẵn trong một con chip tám chân có khả năng dùng để khuếch đại hiệu hai điện thế nhập



Hình 5.1: OP-AMP



Hình 5.2: Ký hiệu OP-AMP

- V_+ : Đầu vào không đảo
- V_- : Đầu vào đảo
- V_{out} : Đầu ra
- V_{S+} : Nguồn cung cấp điện dương
- V_{S-} : Nguồn cung cấp điện âm

Hai ngõ vào đảo và không đảo cho phép Op-Amps khuếch đại được nguồn tín hiệu có tính đối xứng (các nguồn phát tín hiệu biến thiên chậm như nhiệt độ, ánh

sáng, độ ẩm, mực chất lỏng, phản ứng hoá-điện, dòng điện sinh học ... thường là nguồn có tính đối xứng)

Ngõ ra chỉ khuếch đại sự sai lệch giữa hai tín hiệu ngõ vào nên Op-Amps có độ miễn nhiễu rất cao vì khi tín hiệu nhiễu đến hai ngõ vào cùng lúc sẽ không thể xuất hiện ở ngõ ra. Cũng vì lý do này Op-Amps có khả năng khuếch đại tín hiệu có tần số rất thấp, xem như tín hiệu một chiều.

Hệ số khuếch đại của Op-Amps rất lớn do đó cho phép Op-Amps khuếch đại cả những tín hiệu với biên độ chỉ vài chục micro Volt.

Do các mạch khuếch đại vi sai trong Op-Amps được chế tạo trên cùng một phiến do đó độ ổn định nhiệt rất cao.

Điện áp phân cực ngõ vào và ngõ ra bằng không khi không có tín hiệu, do đó dễ dàng trong việc chuẩn hoá khi lắp ghép giữa các khối (module hoá).

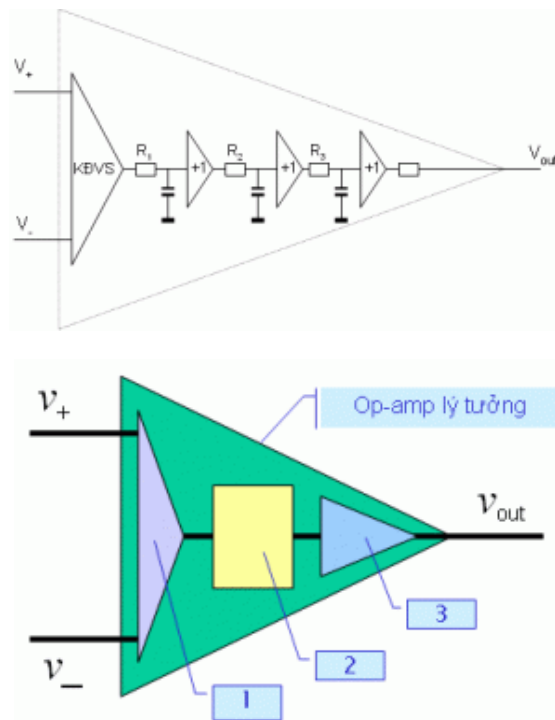
Tổng trở ngõ vào của Op-Amps rất lớn, cho phép mạch khuếch đại những nguồn tín hiệu có công suất bé.

Tổng trở ngõ ra thấp, cho phép Op-Amps cung cấp dòng tốt cho phụ tải.

Bảng thông rất rộng, cho phép Op-Amps làm việc tốt với nhiều dạng nguồn tín hiệu khác nhau.

5.2. Cấu tạo, phân loại

5.2.1. Cấu tạo của Op-amps



Hình 5.3: Cấu tạo OP-AMP

Khối 1: Đây là tầng khuếch đại vi sai (Differential Amplifier), nhiệm vụ khuếch đại độ sai lệch tín hiệu giữa hai ngõ vào v_+ và v_- . Nó hội đủ các ưu điểm của mạch khuếch đại vi sai như: độ miễn nhiễu cao; khuếch đại được tín hiệu biến thiên chậm; tổng trở ngõ vào lớn ...

Khối 2: Tầng khuếch đại trung gian, bao gồm nhiều tầng khuếch đại vi sai mắc nối tiếp nhau tạo nên một mạch khuếch đại có hệ số khuếch đại rất lớn, nhằm tăng độ nhạy cho Op-Amps. Trong tầng này còn có tầng dịch mức DC để đặt mức phân cực DC ở ngõ ra.

Khối 3: Đây là tầng khuếch đại đệm, tầng này nhằm tăng dòng cung cấp ra tải, giảm tổng trở ngõ ra giúp Op-Amps phối hợp dễ dàng với nhiều dạng tải khác nhau.

Op-Amps thực tế vẫn có một số khác biệt so với Op-Amps lý tưởng. Nhưng để dễ dàng trong việc tính toán trên Op-Amps người ta thường tính trên Op-Amps lý tưởng, sau đó dùng các biện pháp bổ chính (bù) giúp Op-Amps thực tế tiệm cận với Op-Amps lý tưởng. Do đó để thuận tiện cho việc trình bày nội dung trong chương này có thể hiểu Op-Amps nói chung là Op-Amps lý tưởng sau đó sẽ thực hiện việc bổ chính sau.

5.2.2. Phân loại

5.2.2.1. Có nhiều cách phân loại :

- Theo chế tạo:

- Đơn khối, đơn tinh thể
- Màng mỏng (thin-film)
- Màng dày (thick - film)
- Mạch lai (hybrid)

5.2.2.2. Theo nhiệm vụ:

- Môđun
- Mạch chức năng

5.2.2.3. Theo dạng tín hiệu và cách xử lý:

- IC tương tự (Analog IC)
- IC số (Digital IC)

5.2.2.4. Theo mật độ tích hợp:

- SSI (small scale Integration): < 99 transistor
- MSI (Medium scale Int.): 100 – 999 transistor
- LSI (Large scale Int.): 1000 – 9999 transistor
- VLSI (very large ---): 10.000 – 99.999 trans.
- ULSI (ultra large --): 100.000 hay hơn

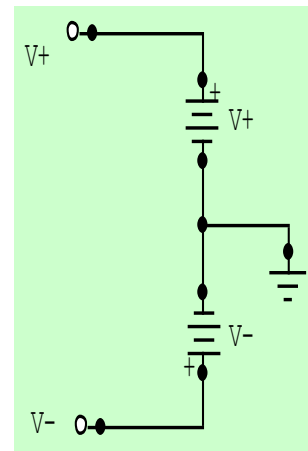
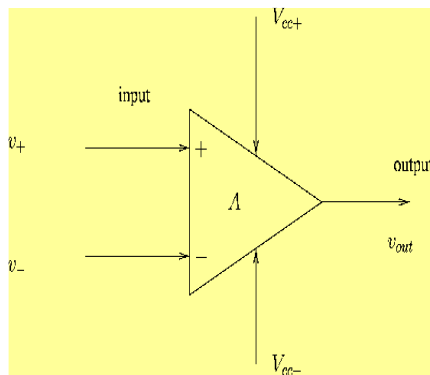
Thí dụ:

AMD K6-III gồm 21,6 triệu transistor / chip

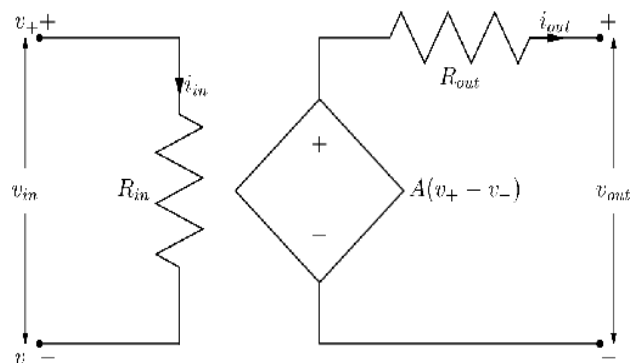
Pentium IV gồm hàng tỉ transistor

5.3. Nguyên lý hoạt động

- Mạch được cấp điện bằng 2 nguồn đối xứng
 $V_+ = -V_-$
 hay $V_{CC} = -V_{EE}$



Hình 5.4: Sơ đồ OP-AMP



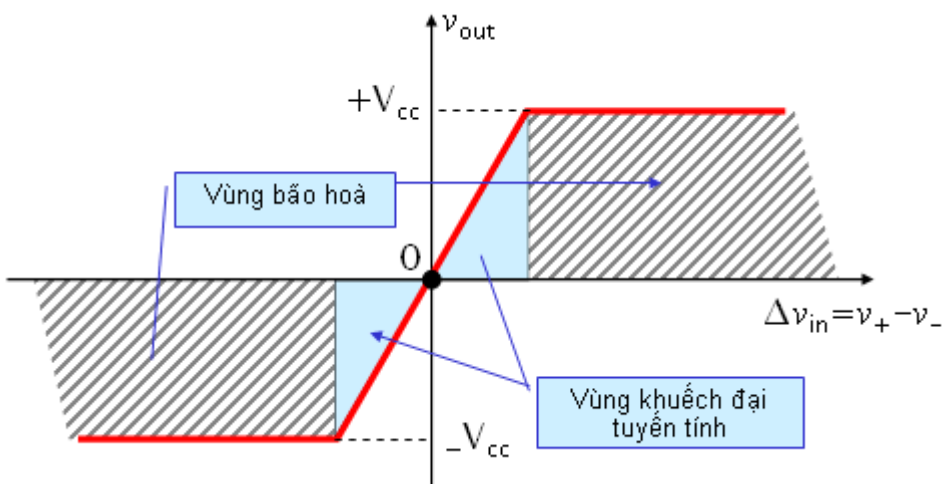
Hình 5.5: Mạch tương đương

Dựa vào ký hiệu của Op-Amps ta có đáp ứng tín hiệu ngõ ra V_o theo các cách đưa tín hiệu ngõ vào như sau:

- Đưa tín hiệu vào ngõ vào đảo, ngõ vào không đảo nối mass: $V_{out} = A_{v0}.V_+$
- Đưa tín hiệu vào ngõ vào không đảo, ngõ vào đảo nối mass: $V_{out} = A_{v0}.V_-$
- Đưa tín hiệu vào đồng thời trên hai ngõ vào (tín hiệu vào vi sai so với mass):

$$V_{out} = A_{v0}.(V_+ - V_-) = A_{v0}.(\Delta V_{in})$$

Để việc khảo sát mang tính tổng quan, xét trường hợp tín hiệu vào vi sai so với mass (lúc này chỉ cần cho một trong hai ngõ vào nối mass ta sẽ có hai trường hợp kia). Op-Amps có đặc tính truyền đạt như hình sau.



Hình 5.6: Đặc tính OP-AMP

Trên đặc tính thể hiện rõ 3 vùng:

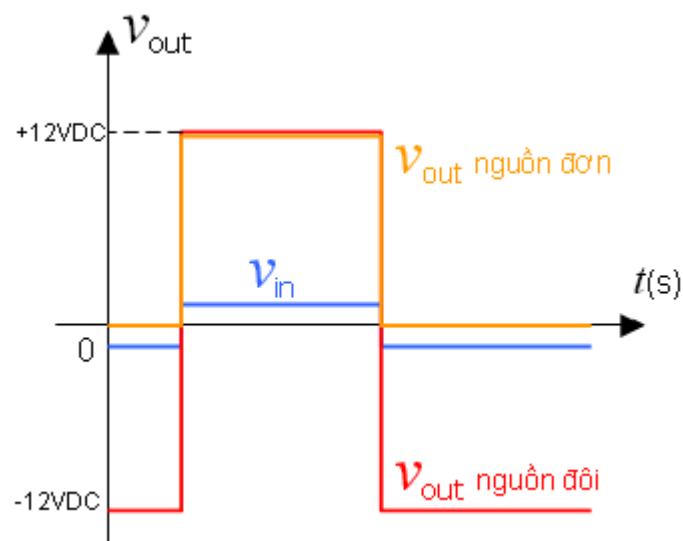
- Vùng khuếch đại tuyến tính: trong vùng này điện áp ngõ ra V_o tỉ lệ với tín hiệu ngõ vào theo quan hệ tuyến tính. Nếu sử dụng mạch khuếch đại điện áp vòng hở (Open Loop) thì vùng này chỉ nằm trong một khoảng rất bé.
- Vùng bão hòa dương: bất chấp tín hiệu ngõ vào ngõ ra luôn ở $+V_{cc}$.
- Vùng bão hòa âm: bất chấp tín hiệu ngõ vào ngõ ra luôn ở $-V_{cc}$.

Trong thực tế, người ta rất ít khi sử dụng Op-Amps làm việc ở trạng thái vòng hở vì tuy hệ số khuếch đại A_{v0} rất lớn nhưng tầm điện áp ngõ vào mà Op-Amps khuếch đại tuyến tính là quá bé (khoảng vài chục đến vài trăm micro Volt). Chỉ cần một tín hiệu nhiễu nhỏ hay bị trôi theo nhiệt độ cũng đủ làm điện áp ngõ ra ở $\pm V_{cc}$. Do đó mạch khuếch đại vòng hở thường chỉ dùng trong các mạch tạo xung, dao động. Muốn làm việc ở chế độ khuếch đại tuyến tính người ta phải thực hiện

việc phản hồi âm nhằm giảm hệ số khuếch đại vòng hở A_{v0} xuống một mức thích hợp. Lúc này vùng làm việc tuyến tính của Op-Amps sẽ rộng ra, Op-Amps làm việc trong chế độ này gọi là trạng thái vòng kín (Close Loop).

* Nguồn cung cấp

Op-Amps không phải lúc nào cũng đòi hỏi phải cung cấp một nguồn ổn áp đối xứng $\pm 15\text{VDC}$, nó có thể làm việc với một nguồn không đối xứng có giá trị thấp hơn (ví dụ như $+12\text{VDC}$ và -3VDC) hay thậm chí với một nguồn đơn $+12\text{VDC}$. Tuy nhiên việc thay đổi về cấu trúc nguồn cung cấp cũng làm thay đổi một số tính chất ảnh hưởng đến tính đối xứng của nguồn như Op-amps sẽ không lấy điện áp tham chiếu (reference) là mass mà chọn như hình sau:



Hình 5.7: Đặc tính nguồn làm việc

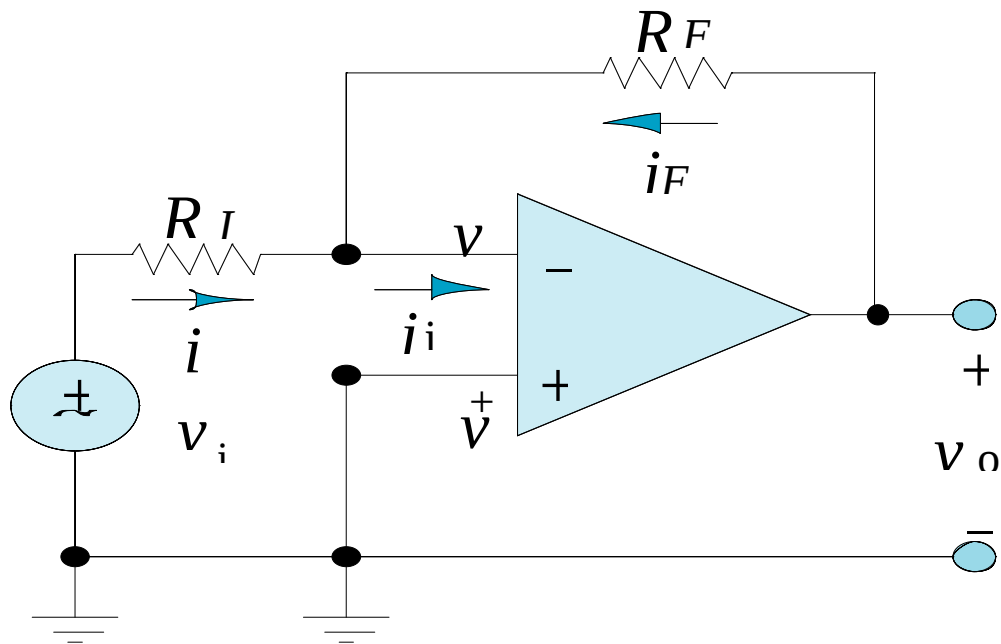
Mặc dù nguồn đơn có ưu điểm là đơn giản trong việc cung cấp nguồn cho op-amps nhưng trên thực tế rất nhiều mạch op-amps được sử dụng nguồn đôi đối xứng.

* Phân cực cho op-amps làm việc với tín hiệu ac

Cũng như mạch khuếch đại nổi tăng RC, các op-amps dùng trong khuếch đại tín hiệu ac cần có tụ liên lạc để tránh ảnh hưởng của thành phần dc giữa các tầng khuếch đại. Dưới đây là sơ đồ một mạch khuếch đại âm tần có độ lợi 40dB Sử dụng nguồn đơn.

5.4. Phân tích các mạch điện ứng dụng op-amp tiêu biểu trên ô tô

5.4.1. Mạch khuếch đại đảo (đảo dấu)



Hình 5.8: Mạch khuếch đại đảo

- Do tổng trở vào rất lớn, nên xem dòng $i_{in} = 0$, ta có : ($i_1 = i_I$, $i_2 = i_F$, $R_1 = R_I$, $R_2 = R_F$)

$$i_i = i_f + i_n = 0 \rightarrow i_i = i_f$$

mặt khác :

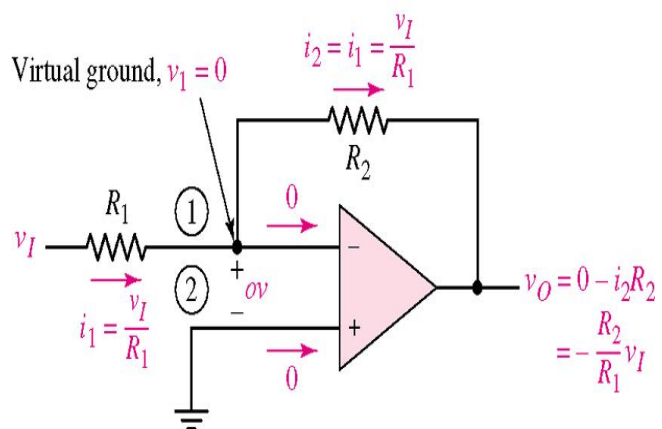
$$V^+ = 0 \text{ V} \rightarrow V^- = 0 \text{ V (mass ảo)}$$

hay:

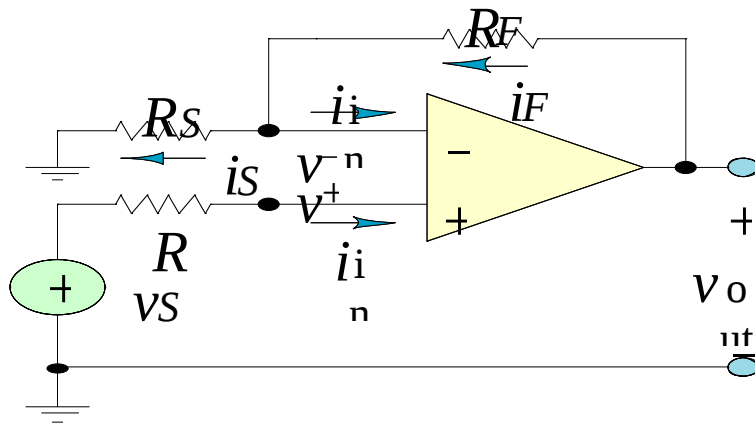
$$\frac{V_i - V^-}{R_I} = \frac{V^- - V_o}{R_F} \Rightarrow$$

$$\frac{V_i}{R_I} = -\frac{V_o}{R_F} \Rightarrow$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_F}{R_I} \quad (I)$$



5.4.2. Mạch khuếch đại không đảo dấu



Hình 5.9: Mạch khuếch đại không đảo dấu

Do R_{in} rất lớn, nên $i_{in} = 0$

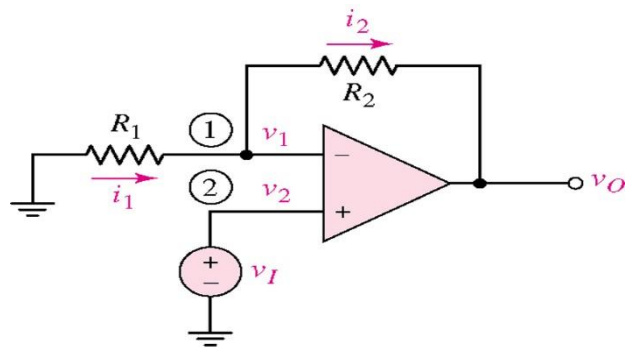
$$(i_1 = i_i, i_2 = i_F)$$

$$i_i = i_F + i_{in} = i_F$$

và : ($R_1 = R_I, R_2 = R_F$)

$$V^- = V^+ = V_i$$

hay:

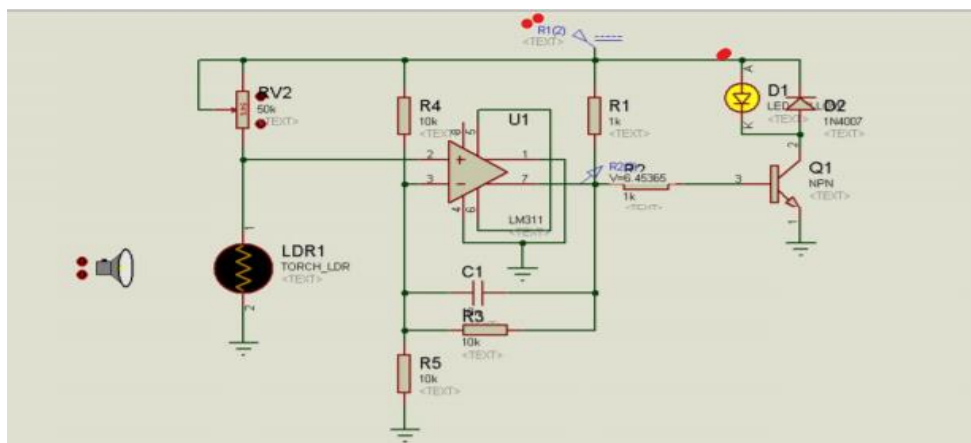


$$\frac{0 - V^-}{R_I} = \frac{V^- - V_o}{R_F} \Rightarrow -\frac{V_i}{R_I} = \frac{V_i - V_o}{R_F} \Rightarrow$$

$$\frac{V_o}{R_F} = V_i \left(\frac{1}{R_I} + \frac{1}{R_F} \right) \Rightarrow \frac{V_o}{R_F} = V_i \left(\frac{R_I + R_F}{R_I R_F} \right) \Rightarrow$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_F}{R_I} \quad (II)$$

5.4.3. . Mạch điện tự động sáng đèn khi trời tối sử dụng op-amp trên ô tô



Hình 5.10: Mạch điện tự động sáng đèn khi trời tối sử dụng op-amp

Câu hỏi ôn tập:

1. Trình bày ký hiệu và nguyên lý làm việc AP-OMP?
2. Vẽ hình và phân tích mạch khuếch đại không đảo?