



Chương 6: Op-Amp

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com



NỘI DUNG

- Giới thiệu Op-Amp
- Mạch Op-Amp cơ bản
- Mạch Op-Amp nâng cao



6.1 Giới thiệu Op-Amp

- Tên gọi
- Cấu tạo
- Ký hiệu
- Đặc tính
- Đặc tuyến
- Mô hình Op-Amp lý tưởng
- Mạch so sánh
- Một số Op-Amp thực tế



Tên gọi Op-Amp

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, Op-Amp 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 Op-Amp

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:

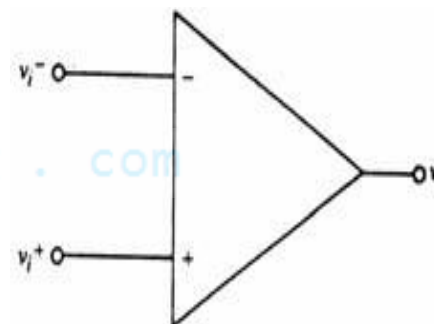
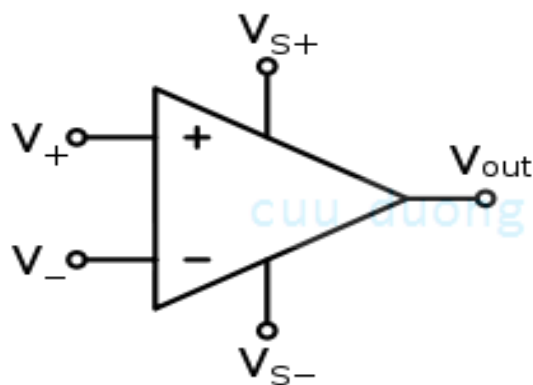
Tạo ra hệ số khuếch đại điện áp cao, thường đầu ra đơn cực.

- ✓ 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.



Ký hiệu Op-Amp



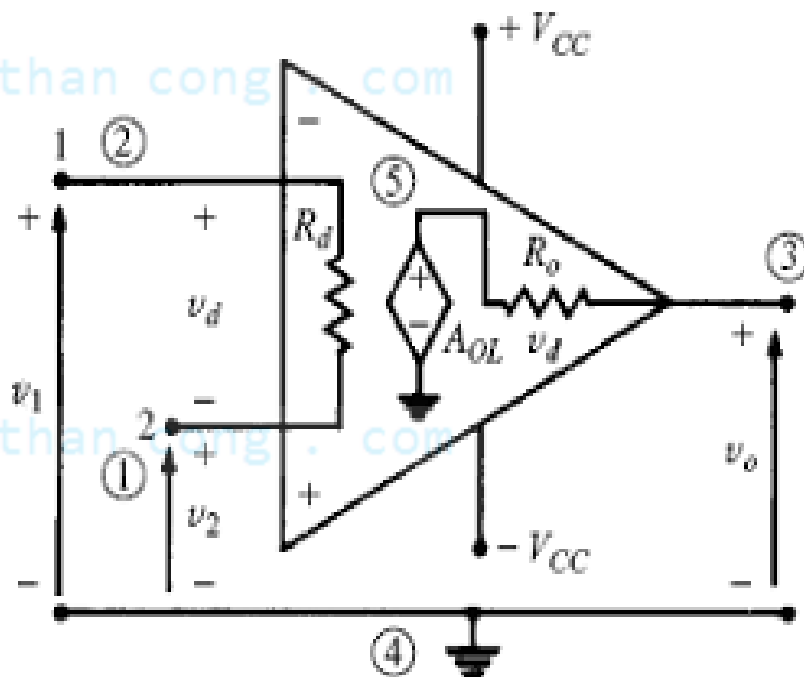
- V_{i+} : ngõ vào không đảo
- V_o : ngõ ra
- V_{i-} : ngõ vào đảo
- $\pm V_S$ cung cấp nguồn

Đặc tính Op-Amp

- Một bộ vi mạch khuếch đại thuật toán khuếch đại vi sai điện áp $v_d = v_1 - v_2$ giữa 2 tín hiệu vào. Hệ số khuếch đại điện áp hở mạch được tính theo công thức:
- $A_{OL} = V_o / V_d$
- v_d : ngõ vào vi sai
- A_{OL} độ lợi áp vòng hở
- R_d điện trở vào
- R_o điện trở ra
- $BW = f_1 - f_2$: bandwidth

$$CMRR = \rho = 20 \log \frac{A_{vd}}{A_{vc}} (dB)$$

$$V_o = A_d V_d \left(1 + \frac{1}{CMRR} \frac{V_c}{V_d} \right)$$





Đặc tuyến Op-Amp

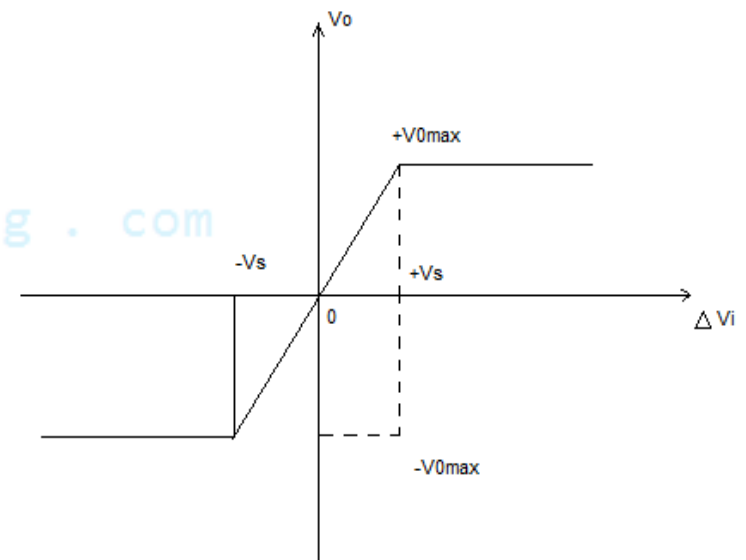
$\pm V_s$ ngưỡng điện thế ngõ vào (rất bé vài trăm micro vol)

$\pm V_{0max}$ giá trị cực đại ngõ ra

$\Delta V_i < -V_s$: vùng bão hòa âm

$\Delta V_i > +V_s$: vùng bão hòa dương

$-V_s < \Delta V_i < +V_s$: Vùng khuếch đại tuyến tính



cuu duong than cong . com



Mô hình Op-Amp lý tưởng

$$A_v \approx \infty$$

$$R_i \approx \infty$$

$$R_o \approx 0$$

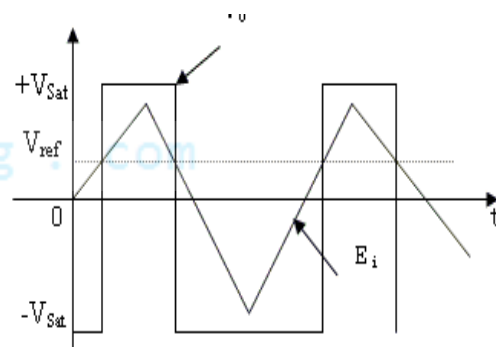
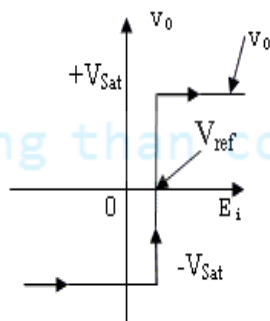
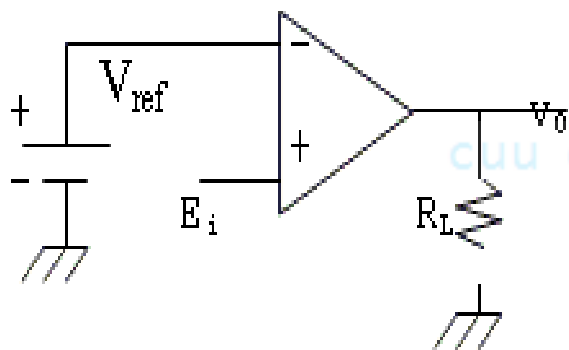
cuu duong than cong . com

- Để tránh tín hiệu ra bão hòa khi tín hiệu vào quá nhỏ , không dùng cách khuếch đại vòng hở khi không cần thiết.
- Để tín hiệu vào lớn và tín hiệu ra không bị bão hoà (không bị xén) → **khuếch đại hồi tiếp** (cho 1 phần tín hiệu ra vào lại ngõ vào)



Mạch so sánh dùng Op-Amp

So sánh không đảo:



Điện thế chuẩn $V_{ref} > 0V$ đặt ở ngõ vào (-)

Điện thế so sánh E_i đưa vào ngõ vào (+)

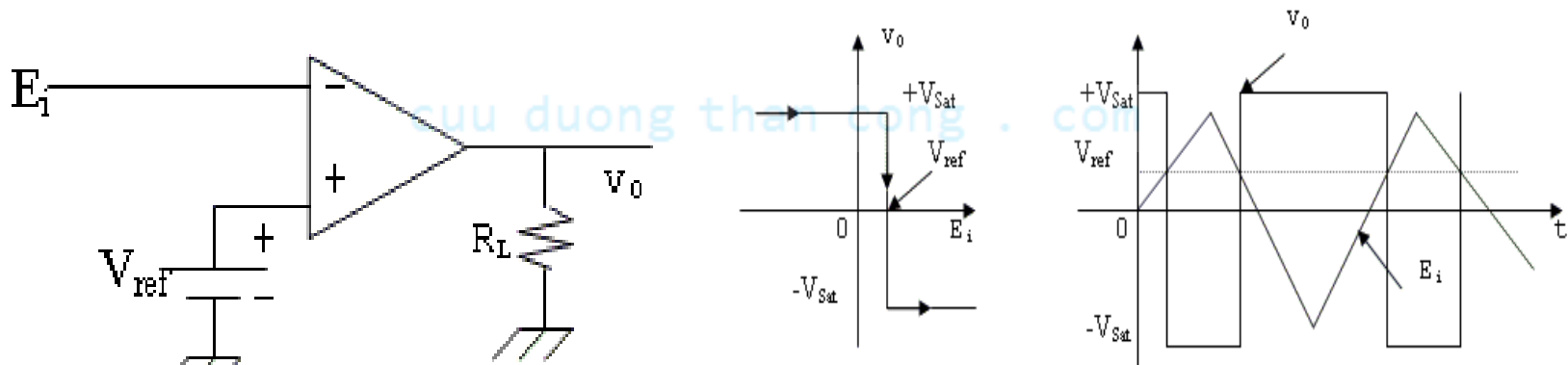
Khi $E_i > V_{ref}$ thì $V_o = +V_{sat}$

Khi $E_i < V_{ref}$ thì $V_o = -V_{sat}$



Mạch so sánh dùng Op-Amp (tt)

Mạch so sánh đảo:



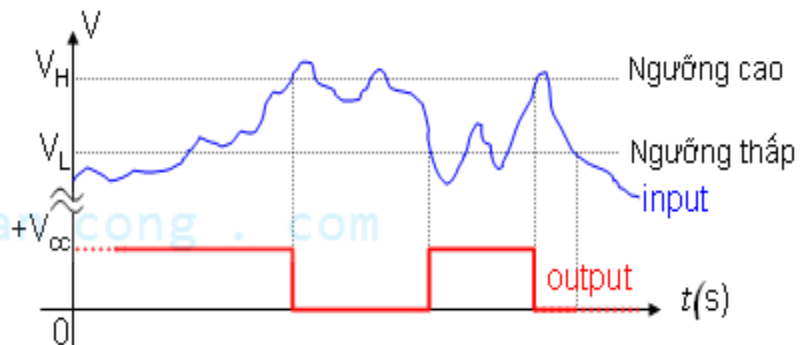
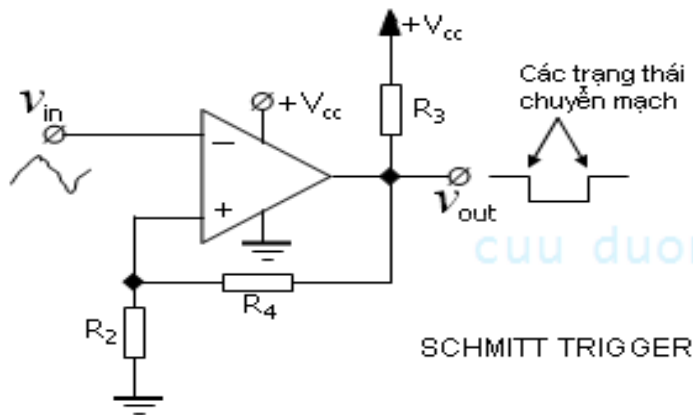
- Điện thế chuẩn $V_{ref} > 0V$ đặt ở ngõ vào (+)
- Điện thế so sánh E_i đưa vào ngõ vào (-)
- Khi $E_i > V_{ref}$ thì $V_o = -V_{sat}$
- Khi $E_i < V_{ref}$ thì $V_o = +V_{sat}$



Mạch so sánh dùng Op-Amp (tt)

Mạch khuếch đại có hồi tiếp:

Lúc này do v_{in} so sánh với tín hiệu ngõ vào v_+ là điện thế trên mạch phân áp R_4 - R_2 , nên theo sự biến thiên giữa hai mức điện áp của v_{out} , mạch hồi tiếp cũng có hai ngưỡng so sánh là V_H và V_L .





Một số Op-Amp thông dụng

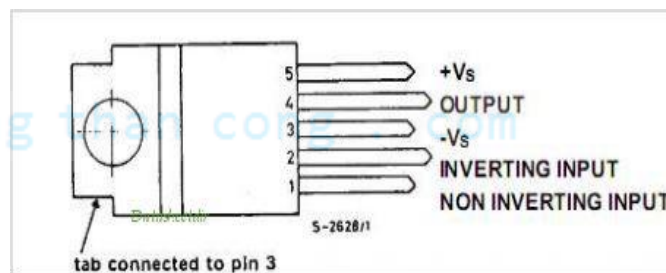
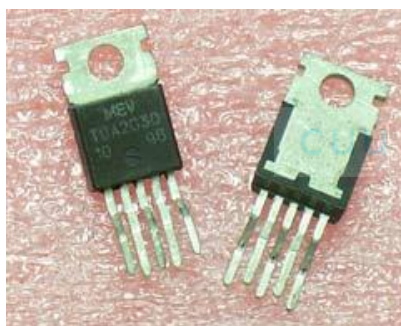
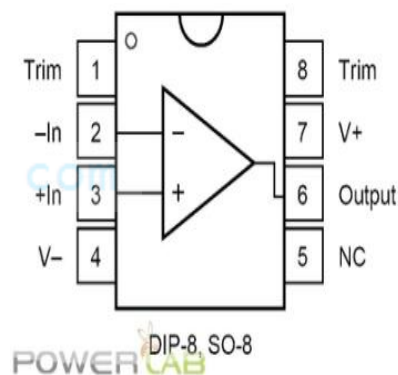
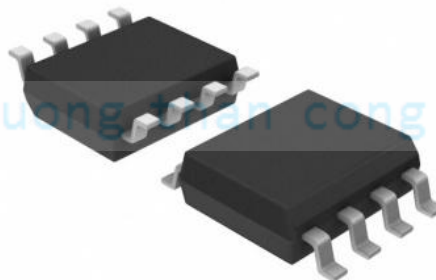
Number	$V_{in(off)}$ max, mV	$I_{in(bias)}$ max, nA	$I_{in(off)}$ max, nA	I_{out} min, mA	f_{unity} typ, MHz	S_R typ, V/ μ s	A_{ol} typ, dB	CMRR min, dB	PSRR min, dB	Drift typ, μ V/ $^{\circ}$ C	Description of Op Amps
LF351	10	0.2	0.1	10	4	13	88	70	-76	10	BIFET
LF353	10	0.2	0.1	10	4	13	88	70	-76	10	Dual BIFET
LF356	5	0.2	0.05	20	5	12	94	85	-85	5	BIFET, wideband
LF411A	0.5	200	100	20	4	15	88	80	-80	10	Low offset BIFET
LM12	7	300	100	10 A ¹	0.7	9	94	75	-80	50	High-power, 80 W out
LM301A	7.5	250	50	10	1+	0.5+	108	70	-70	30	External compensation
LM307	7.5	250	50	10	1	0.5	108	70	-70	30	Improved 709, internal comp
LM308	7.5	7	1	5	0.3	0.15	108	80	-80	30	Precision
LM318	10	500	200	10	15	70	86	70	-65	—	High speed, high slew rate
LM324	4	10	2	5	0.1	0.05	94	80	-90	10	Low-power quad
LM348	6	500	200	25	1	0.5	100	70	-70	—	Quad 741
LM675	10	2 μ A*	500	3 A ¹	5.5	8	90	70	-70	25	High-power, 25 W out
LM741C	6	500	200	25	1	0.5	100	70	-70	—	Original classic
LM747C	6	500	200	25	1	0.5	100	70	-70	—	Dual 741
LM833	5	1 μ A*	200	10	15	7	90	80	-80	2	Low noise
LM1458	6	500	200	20	1	0.5	104	70	-77	—	Dual
OP-07A	0.025	2	1	10	0.6	0.17	110	110	-100	0.6	Precision
OP-21A	0.1	100	4	—	0.6	0.25	120	100	-104	1	Low-power precision
OP-42E	0.75	0.2	0.04	25	10	58	114	88	-86	10	High-speed BIFET
OP-64E	0.75	300	100	20	200	200	100	110	-105	—	Very high speed and bandwidth
TL072	10	0.2	0.05	10	3	13	88	70	-70	10	Low-noise BIFET dual
TL074	10	0.2	0.05	10	3	13	88	70	-70	10	Low-noise BIFET quad
TL082	3	0.2	0.01	10	3	13	94	80	-80	10	Low-noise BIFET dual
TL084	3	0.2	0.01	10	3	13	94	80	-80	10	Low-noise BIFET quad



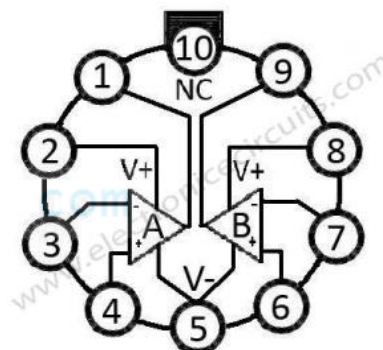
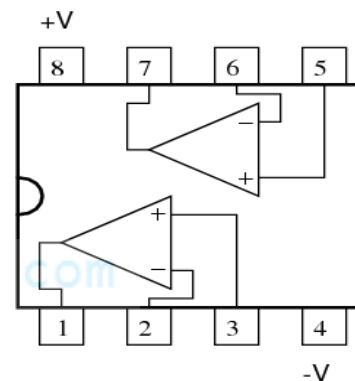
Một số Op-Amp thông dụng (tt)

- LM381: low noise dual amp., audio.
Voltage gain= 112dB; BW = 75KHz; Rin= 100K; Rout= 150.
- LM380: audio power amp.
Voltage gain= 34dB; BW= 100KHz; out-put power = 2W
- MC1553: Video amp.
Voltage gain= 52dB; BW=20MHz
- LM703: RF/IF amp.

Op-Amp đơn

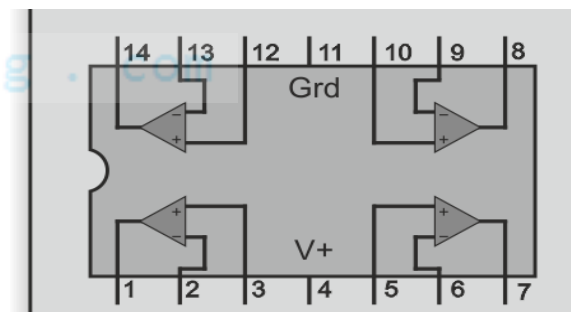
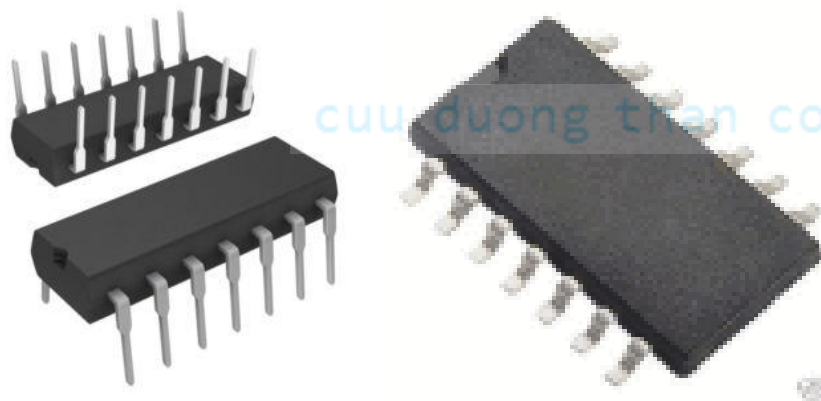


Op-Amp kép





Op-Amp 4



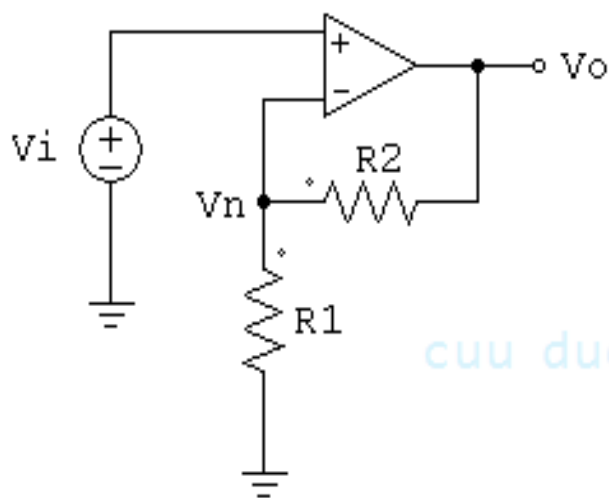


6.2 Mạch Op-Amp cơ bản

- Mạch khuếch đại không đảo
- Mạch khuếch đại đảo
- Mạch khuếch đại tổng
- Mạch khuếch đại vi sai
- Mạch tích phân
- Mạch vi phân
- Mạch tạo hàm mũ
- Mạch tạo hàm logarith



Mạch khuếch đại không đảo



$$\Rightarrow V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i \Rightarrow A = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

cuu duong than cong . com

❖ Nhận xét:

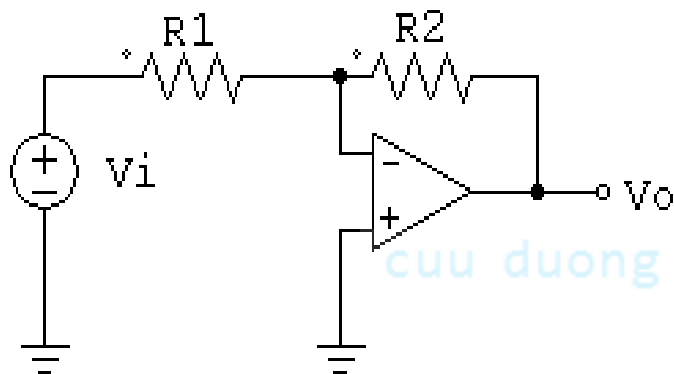
Ngõ ra V_o cùng pha với ngõ vào V_i được gọi là ngõ vào không đảo.

R_2 đóng vai trò hồi tiếp âm để tăng độ khuếch đại AV .

Khi $R_2 = 0$, ta có: $A = 1 \Rightarrow V_o = V_i$ hoặc $R_1 = \infty$ ta cũng có $A = 1$ và $V_o = V_i$.

Lúc này mạch được gọi là mạch “voltage follower” thường được dùng làm mạch đệm (buffer) vì có tổng trở vào lớn và tổng trở ra nhỏ như mạch cực thu chung ở BJT.

Mạch khuếch đại đảo



$$\left. \begin{array}{l} i_+ = i_- = 0 \\ v_+ = v_- \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V_0 - 0}{R_2} = \frac{0 - V_i}{R_1}$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

❖ Nhận xét:

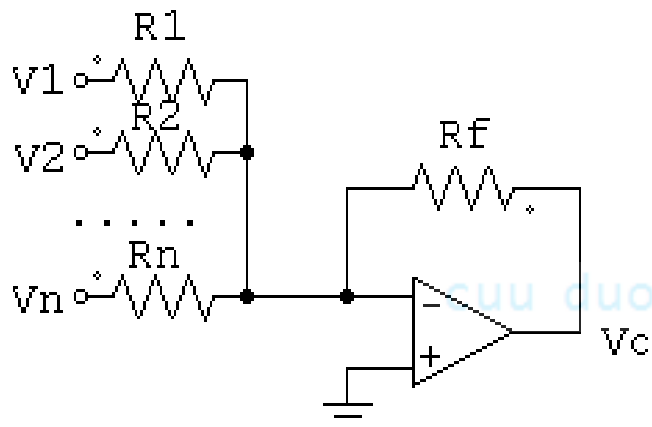
V_o và V_i sẽ lệch pha 180 độ (nên được gọi là mạch khuếch đại đảo và ngõ vào (-) được gọi là ngõ vào đảo).

R_2 đóng vai trò mạch hồi tiếp âm. R_2 càng lớn (hồi tiếp âm càng nhỏ) độ khuếch đại của mạch càng lớn.

Mạch có khả năng khuếch đại điện áp DC lẫn AC



Mạch khuếch đại cộng



$$v_+ = v_- = 0 \Rightarrow \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} + \frac{V_o}{R_f} = 0$$

$$V_o = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

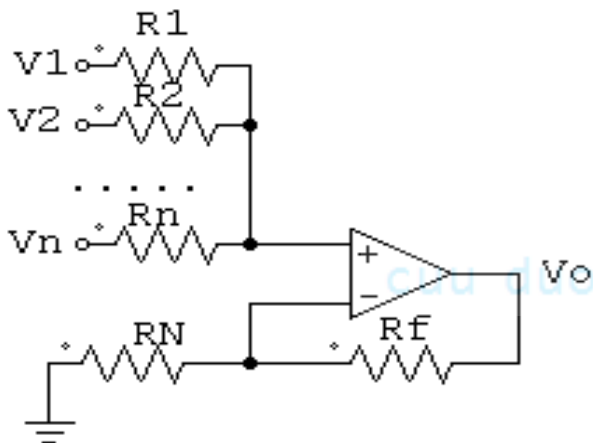
✓ Nhận xét :

• Nếu $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$ thì $V_o = -\frac{R_f}{R} (V_1 + V_2 + \dots + V_n)$

• Nếu $R_f = R$ thì V_o là tổng của tất cả các ngõ vào V_i (Tổng này phải nhỏ hơn V_{sat} của op-amp)



Mạch khuếch đại cộng (tt)



$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_N}\right) \times \left(\frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \right)$$

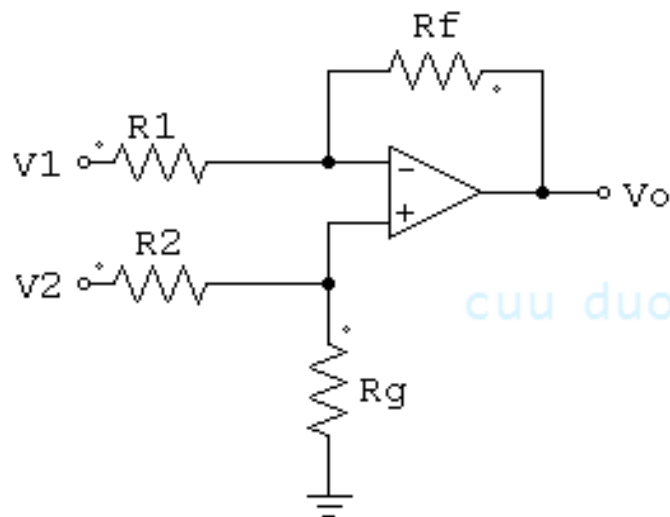
✓ Nhận xét

• Nếu $R_1 = R_2 = \dots = R_n$ thì $V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_N}\right) \times (V_1 + V_2 + \dots + V_n)$

• Giá trị ngõ ra V_o bằng tổng các ngõ vào khi và chỉ khi $R_f = 0$ hoặc $R_N = \infty$.



Mạch khuếch đại vi sai



$$V_o = \frac{R_g}{R_2 + R_g} \times \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) \times V_2 - \frac{R_f}{R_1} \times V_1$$

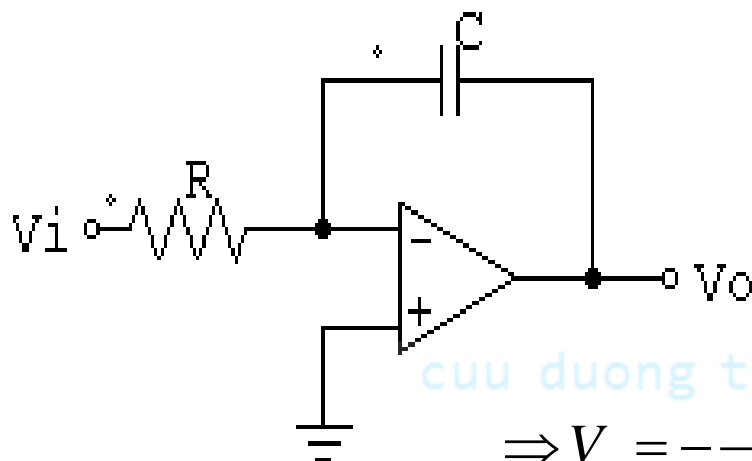
cuu duong than cong . com

❖ Nhận xét:

cuu duong than cong . com

$$\text{Nếu } \frac{R_f}{R_1} = \frac{R_g}{R_2} \text{ thì } V_o = \frac{R_f}{R_1} \times (V_2 - V_1)$$

$$\text{Nếu } R_g = R_f = R_1 = R_2 \text{ thì } V_o = V_2 - V_1$$



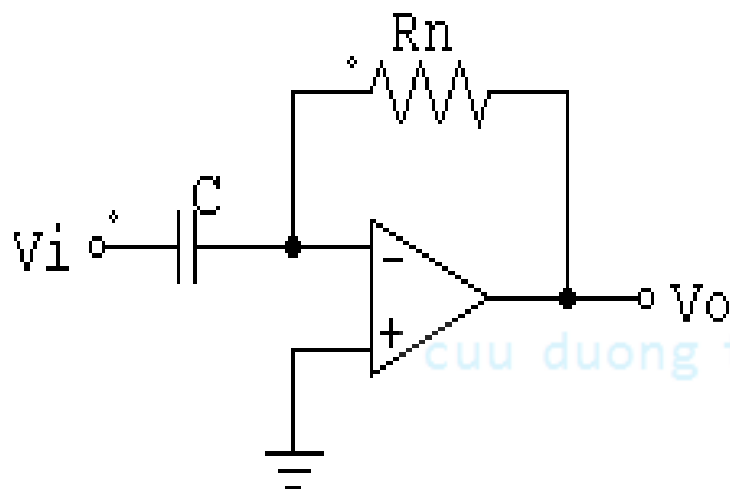
$$\Rightarrow V_o = -\frac{1}{RC} \int V_i(t) dt = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_i(t) dt + V_o(t=0)$$

Nhận xét:

Giá trị ngõ ra V_o tỉ lệ với tích phân giá trị ngõ vào.

Tần số cắt: $f_c = \frac{1}{RC}$

Nên mạch tích phân chỉ hoạt động đúng ở một dãy tần số nhất định.
Ngoài ra chúng ta còn có thể lấy tích phân của một tổng.



$$\left. \begin{array}{l} v_+ = v_- = 0 \\ C \frac{dv_i}{dt} = \frac{V_o}{R} \end{array} \right\} \Rightarrow V_o = RC \frac{dv_i}{dt}$$

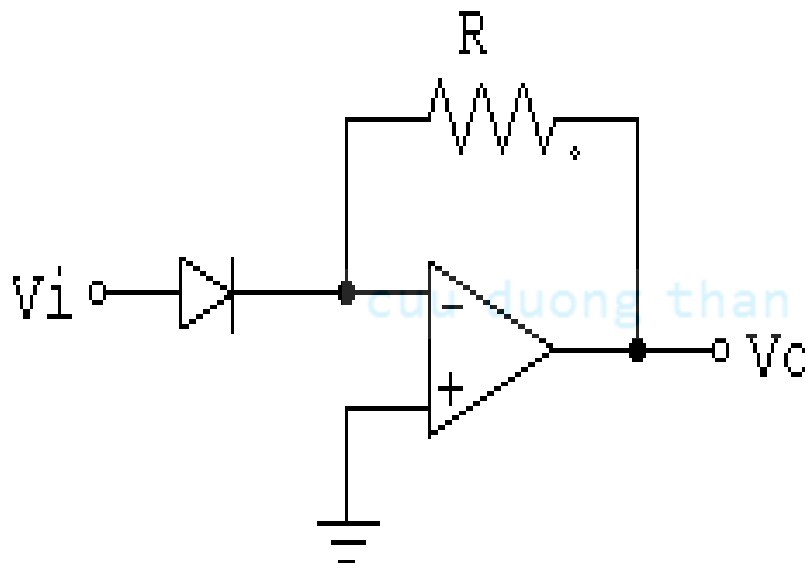
❖ Nhận xét:

Giá trị điện áp ngõ ra V_o tỉ lệ với vi phân điện áp vào .

Tần số cắt: $f_c = \frac{1}{RC}$

Mạch vi phân hoạt động trong một dải tần số nhất định, tại đó đặc tuyến biên độ-tần số: $\frac{V_o}{V_i} = f(\omega)$ có độ dốc 20dB/decade.

Mạch tạo hàm mũ



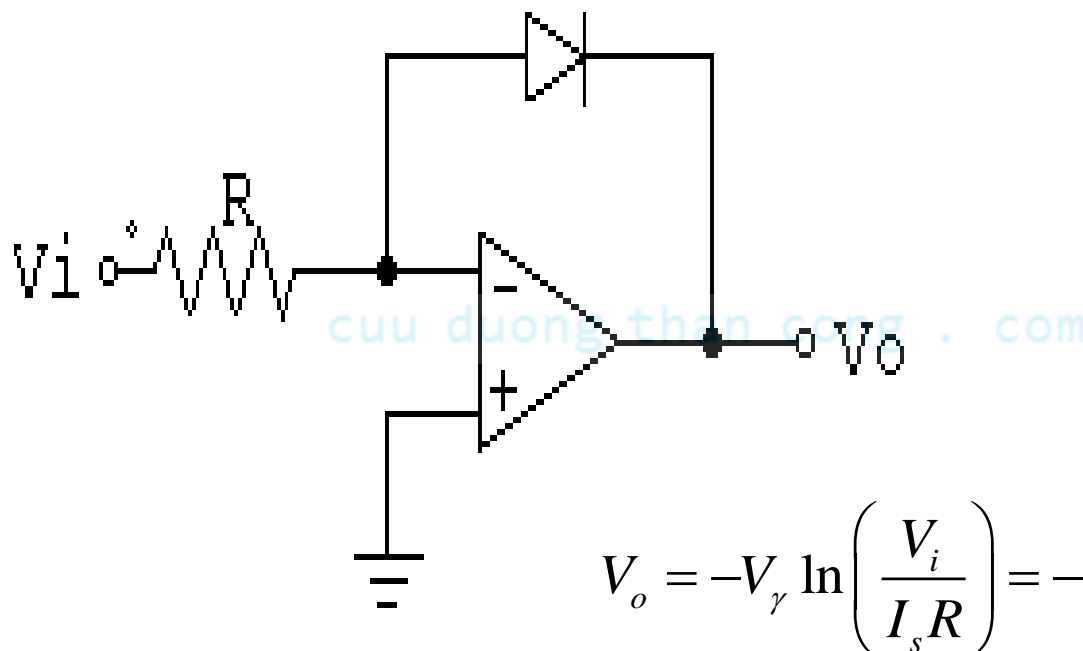
$$V_o = -R.I_s.e^{\frac{V_i}{V_\gamma}} = k.e^{V_i}$$

$$k = -R.I_s.e^{\frac{1}{V_\gamma}}$$

V_γ : điện áp rơi trên hai đầu diode

I_s : dòng ngược bão hòa

Mạch tạo hàm logarith



V_γ : điện áp rơi trên hai đầu diode

I_s : dòng ngược bão hòa



6.3 Mạch Op-Amp nâng cao

- Mạch chuyển đổi dòng sang áp
- Mạch chuyển đổi áp sang dòng
- Mạch khuếch đại dòng
- Mạch khuếch đại instrumentation

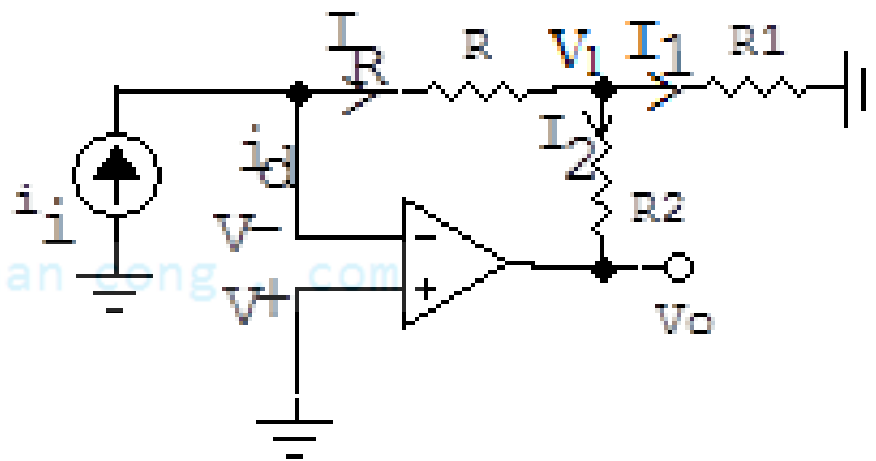
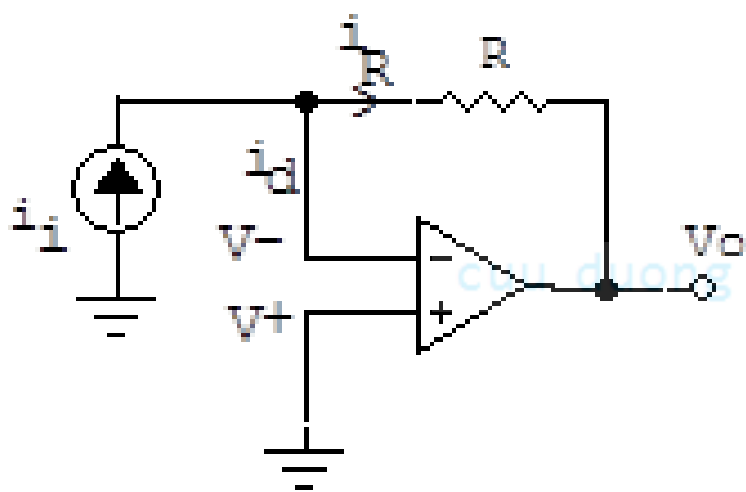


Mạch chuyển đổi dòng sang áp

Còn gọi là bộ khuếch đại biến đổi điện trở, có đầu vào là i_i và đầu ra là: $v_o = Ai_i$ trong đó: A là độ lợi của mạch.

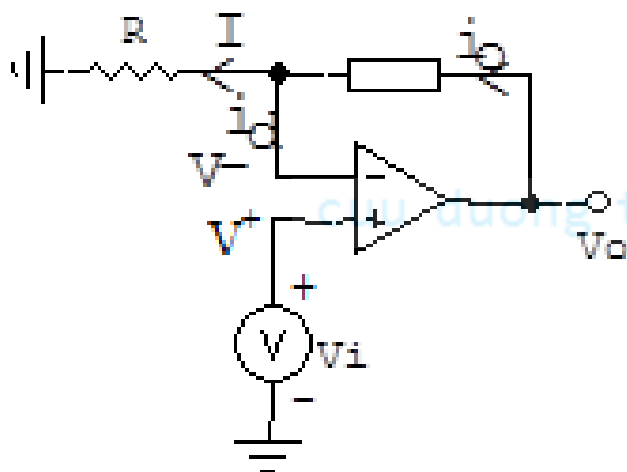
Xem hình trên ta có: $i_i + (v_o - 0)/R = 0$ hay $v_o = -Ri_i$

cuu duong than cong . com





Mạch chuyển đổi áp sang dòng

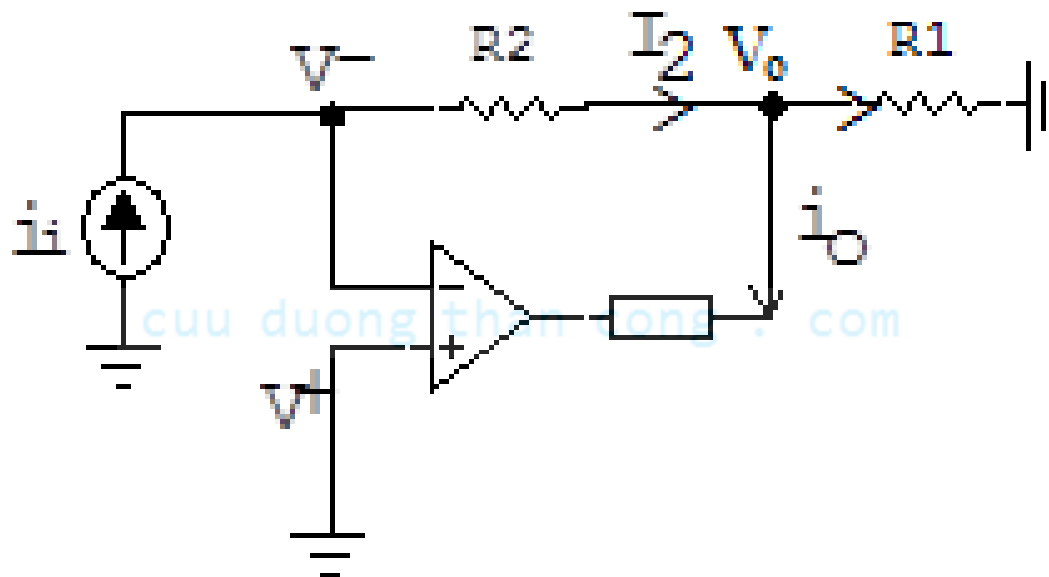


$$A_{oL} = \infty \Rightarrow V^+ = V^- = V_i (1)$$

$$Z_i = \infty \Rightarrow i_d = 0 \Rightarrow i_o = I (2)$$

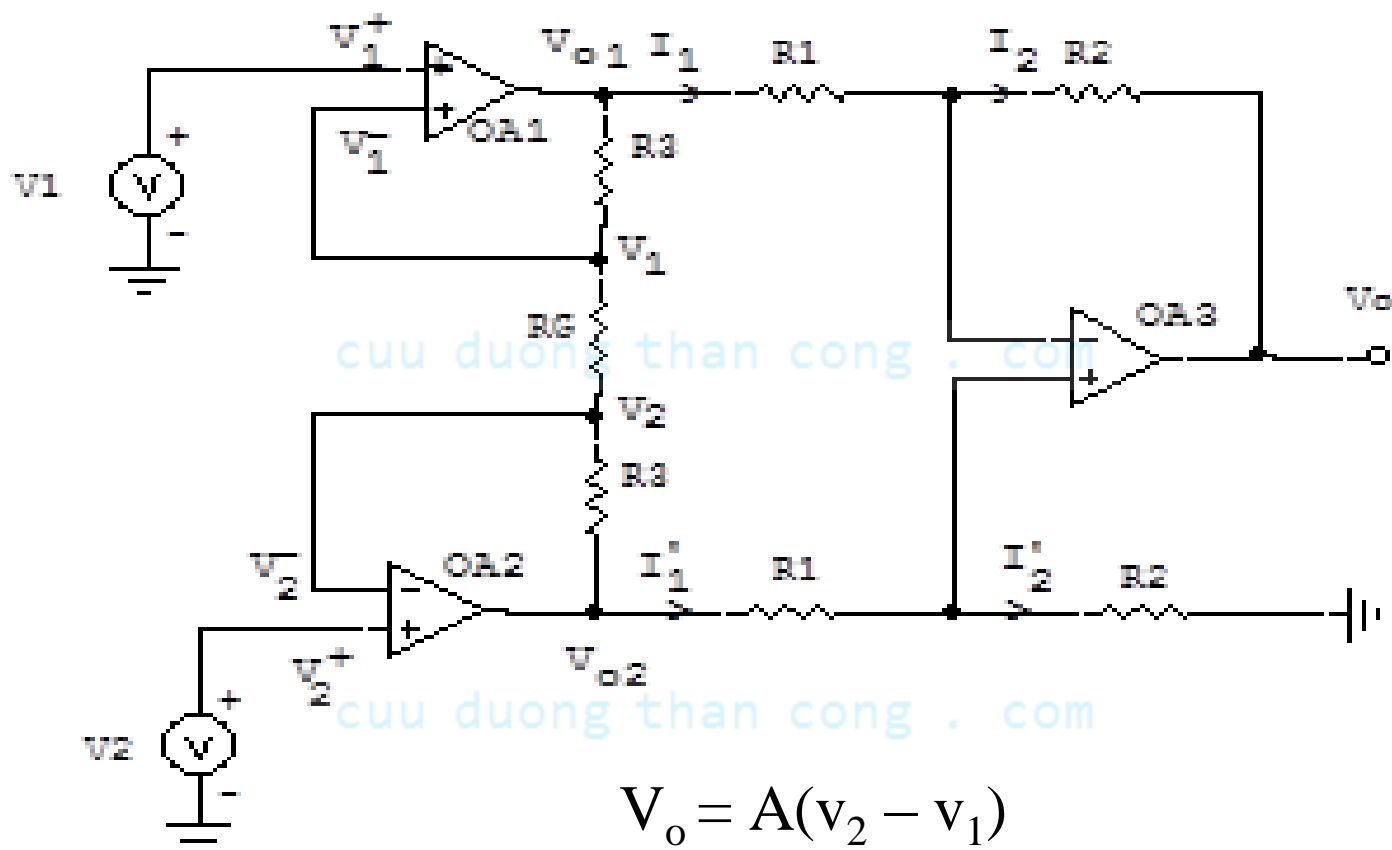
$$1, 2 \Rightarrow i_o = I = \frac{V^-}{R} = \frac{V_i}{R} (3)$$

Mạch khuếch đại dòng



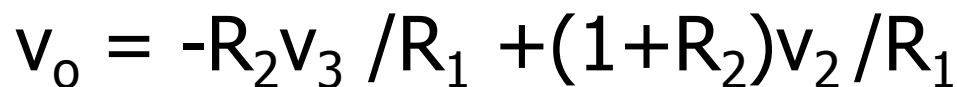
$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Mạch khuếch đại instrumentation



$$V_o = A(v_2 - v_1)$$

$$A = A_1 \cdot A_2 = (1 + 2R_3/R_G) \cdot (R_2/R_1)$$





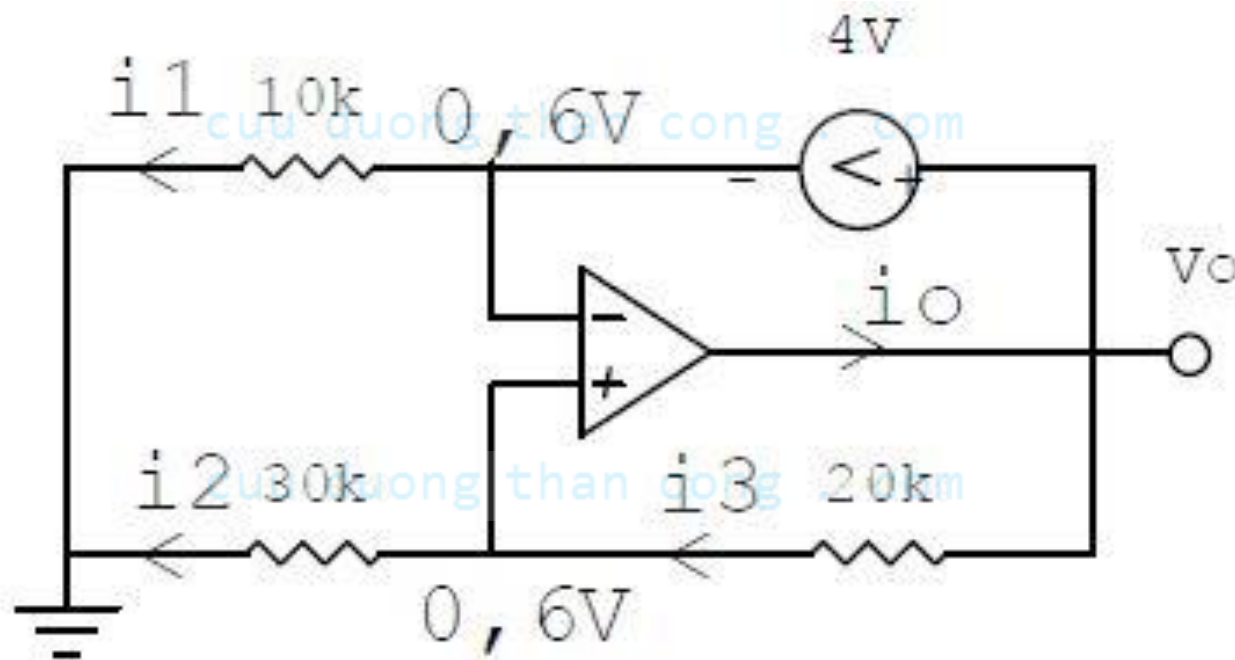
TÓM TẮT

- Giới thiệu Op-Amp
- Mạch Op-Amp cơ bản
- Mạch Op-Amp nâng cao



BÀI TẬP 1

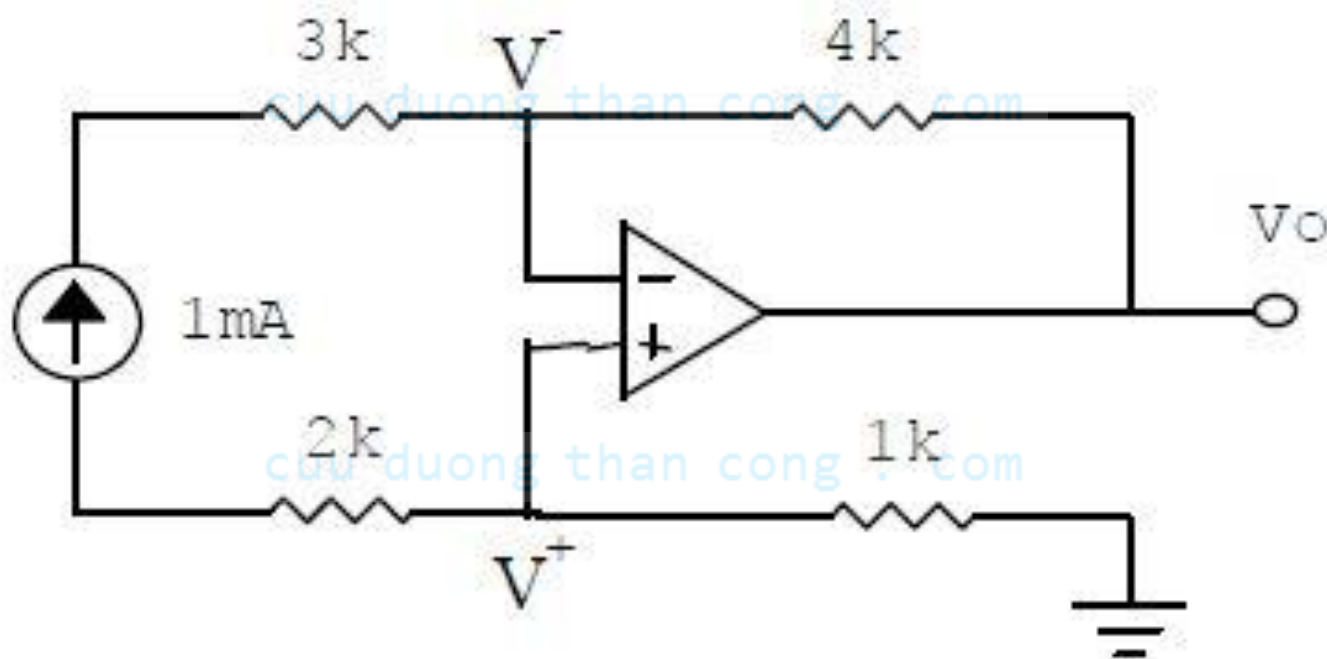
Hãy tìm V_+ , V_- và V_o trong mạch điện hình sau cũng như công suất phát ra từ nguồn 4V. Hãy tìm ra 1 phương pháp để kiểm tra kết quả.





BÀI TẬP 2

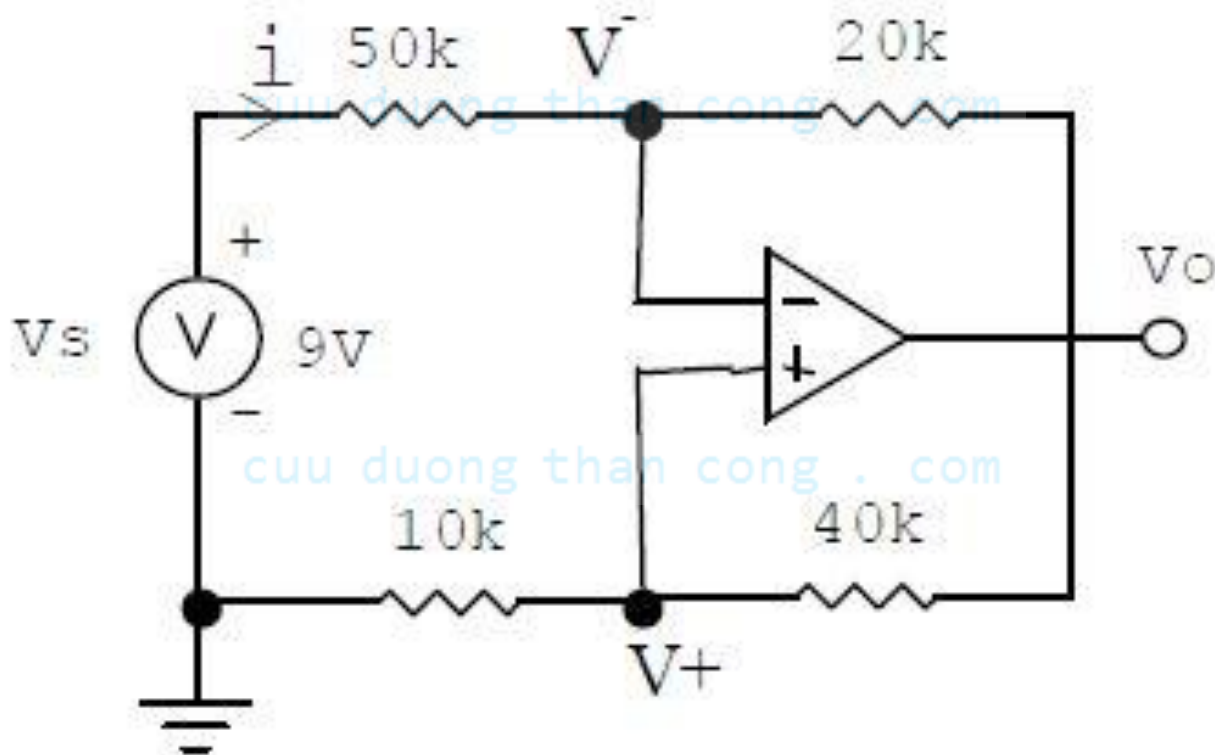
- a) Hãy tìm V^+ và V_o trong mạch điện ở hình sau.
b) Làm lại câu (a) với điện trở $5k\Omega$ được nối giữa A và B.





BÀI TẬP 3

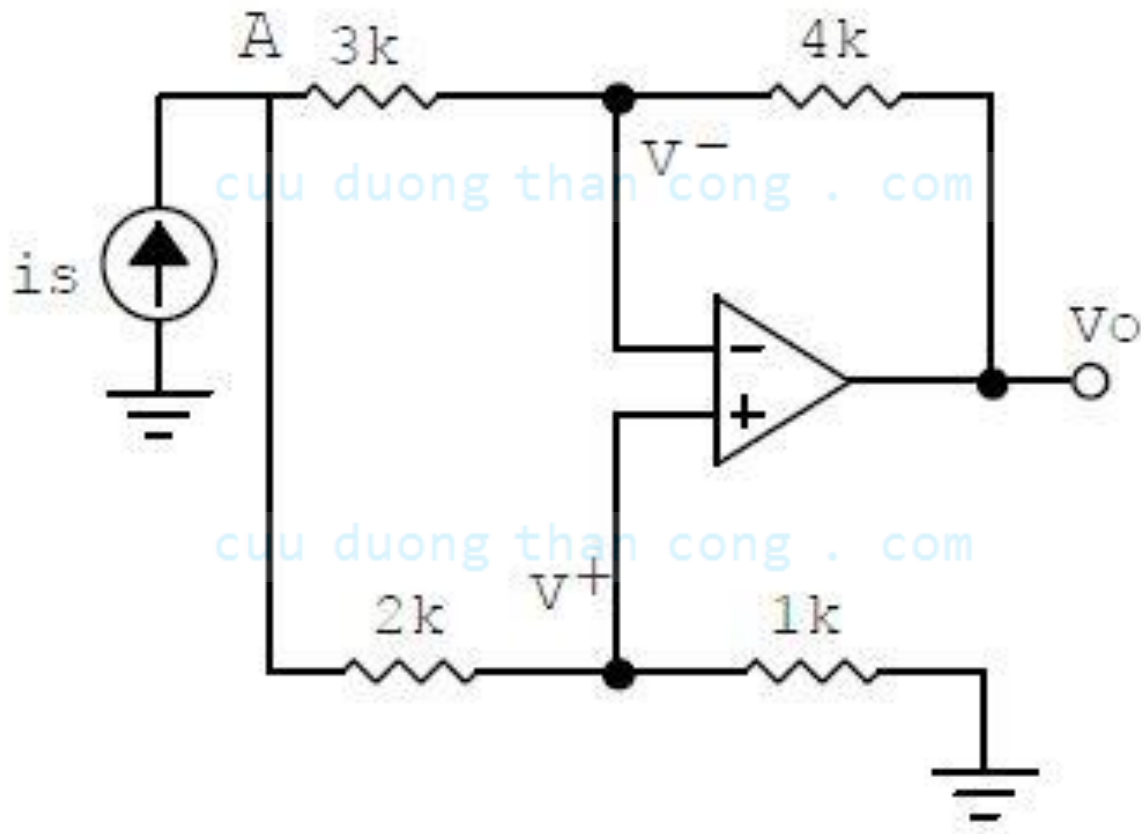
- a) Hãy tìm V^- , V^+ , V_o cho mạch điện sau nếu $v_s = 9V$.
- b) Hãy tìm điện trở R sao cho khi nó được nối giữa 2 chân ngõ vào đảo của KĐTT với đất thì làm cho V_o tăng lên gấp đôi.





BÀI TẬP 4

- a) Tìm v_n , v_p , v_o trong mạch điện sau nếu $i_s = 1\text{mA}$.
b) Làm lại câu (a) với điện trở $3\text{k}\Omega$ mắc nối tiếp với nguồn.





BÀI TẬP 5

- a) Thiết kế một bộ khuếch đại không đảo mà độ lợi của nó biến thiên trong tầm $1 \text{ V/V} \leq A \leq 5 \text{ V/V}$ bằng 1 biến trở $100\text{k}\Omega$
- b) Làm lại câu a) với tầm $0,5 \text{ V/V} \leq A \leq 2 \text{ V/V}$

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

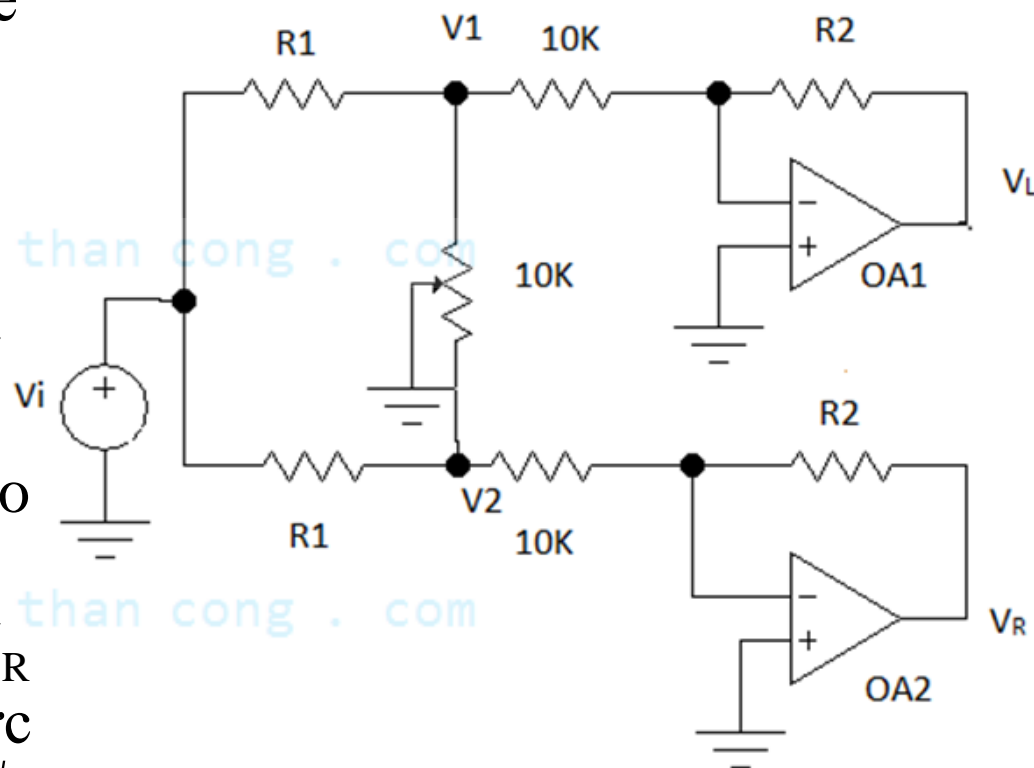


BÀI TẬP 6

Một mạch âm tần cho trong hình B14.25 được sử dụng để thay đổi vị trí của tín hiệu giữa các kênh stereo trái và phải liên tục.

a) Nghiên cứu hoạt động của mạch.

b) Xác định $R1$ và $R2$ sao cho $V_L/V_i = -1V/V$ khi xoay nút được kéo xuống hoàn toàn $V_R/V_i = -1V/V$ khi xoay nút được kéo lên tối đa và $V_L/V_i = -1/\sqrt{2}$ khi nút xoay ở vị trí giữa.





BÀI TẬP 7

- 1/ Dùng 2 Op_Amp ,thiết kế 1 mạch có 2 nguồn dòng i_1 và i_2 song song với R_1 , R_2 và cho $v_0 = (0.1 \text{ V}/\mu\text{A}) \times (i_1 - i_2)$ trên tải R_L bất kể R_1 , R_2 , R_L . Chiều của cả hai dòng điện là từ đất đi vào mạch. Cố gắng cực tiểu số điện trở cần dùng.
- 2/ Thiết kế mạch biến dòng từ 4mA-20mA ở đầu vào thành áp từ 0V -10V đầu ra. Chiều cho trước của dòng từ đất vào mạch, mạch được cấp nguồn V.

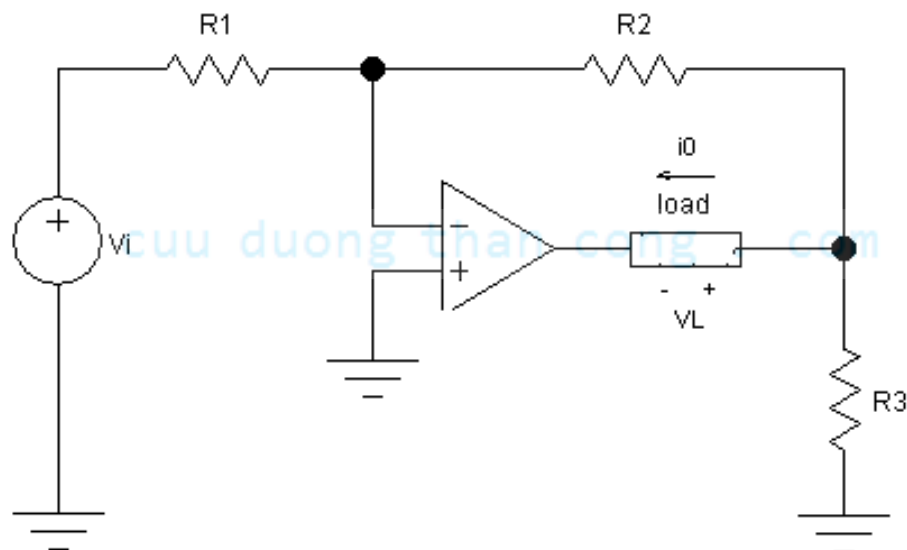
cuu duong than cong . com



BÀI TẬP 8

Cho 1 bộ biến đổi V-I có tải thả nổi như hình

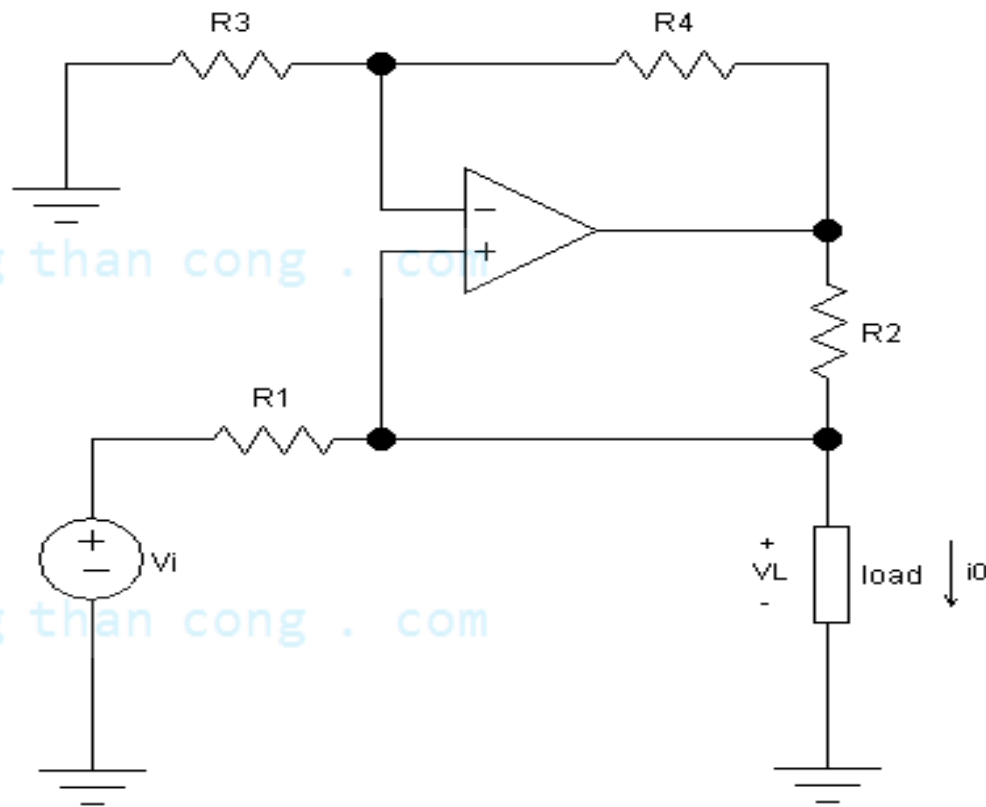
- a) Tính $i_0 = v_i / (R_1/k)$, $k = 1 + R_2/R_3$
- b) Chỉ ra giá trị điện trở chuẩn 5% cho độ nhạy 1mA/V và $R_i = 1M\Omega$, trong đó R_i là điện trở nhìn bởi nguồn.
- c) Nếu $\pm V_{sat} = \pm 13V$, tìm điện áp cho phép của mạch.





BÀI TẬP 9

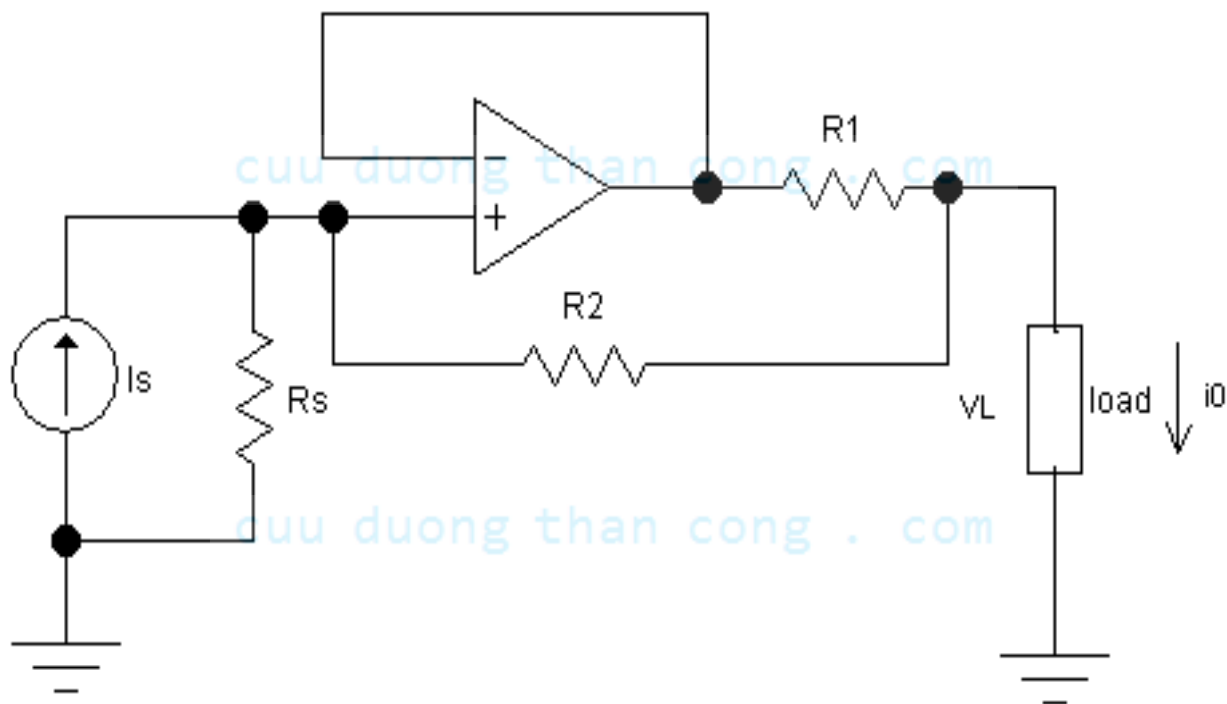
Giả sử mạch Howland trong hình có điện trở R_3 không còn nối đất và đồng thời cấp 1 điện áp v_1 vào R_3 và một điện áp v_2 vào R_2 . Chứng tỏ rằng mạch này là vi sai biến đổi V-I với $i_0 = (1/R_1)(v_2 - v_1) - (1/R_0)v_L$, trong đó R_0 cho bởi phương trình 6.8 trong tập lý thuyết.





BÀI TẬP 10

Tìm độ lợi cũng như trở kháng ra của mạch.





ĐÁP ÁN 1

$$v_p = \frac{30k}{30k + 20k} v_o = 0.6v_o$$

$$v_n = v_p = 0.6v_o$$

$$4V = v_o - 0.6v_o = 0.4v_o$$

$$v_o = 10V \quad v_p = v_n = 6V$$

$$i_1 = \frac{v_n}{10k} = \frac{6}{10k} = 0.6mA$$

$$P_{source} = 4V \times 0.6mA = 2.4mW$$



ĐÁP ÁN 2

$$v_p = 1k \times (-1m) = -1V$$

$$v_n = v_p = -1V$$

$$v_n = v_o + 4k \times 1m = v_o + 4 = -1$$

$$v_o = -5V$$

Nếu có điện trở $5k\Omega$ nối giữa A và B thì ta dùng mạch tương đương Thevenin đưa về nguồn áp $5V$ nối tiếp điện trở $5k\Omega$, khi đó :

$$v_n = 5k \times (-i) + 5 + v_p = v_p$$

$$i = \frac{5}{5k} = 1mA$$

$$v_p = 1k \times (-1m) = -1V$$



ĐÁP ÁN 3

$$v_n = v_p = \frac{10k}{10k + 40k} = 0.2v_o$$

$$\frac{9 - 0.2v_o}{50k} = \frac{0.2v_o - v_o}{20k}$$

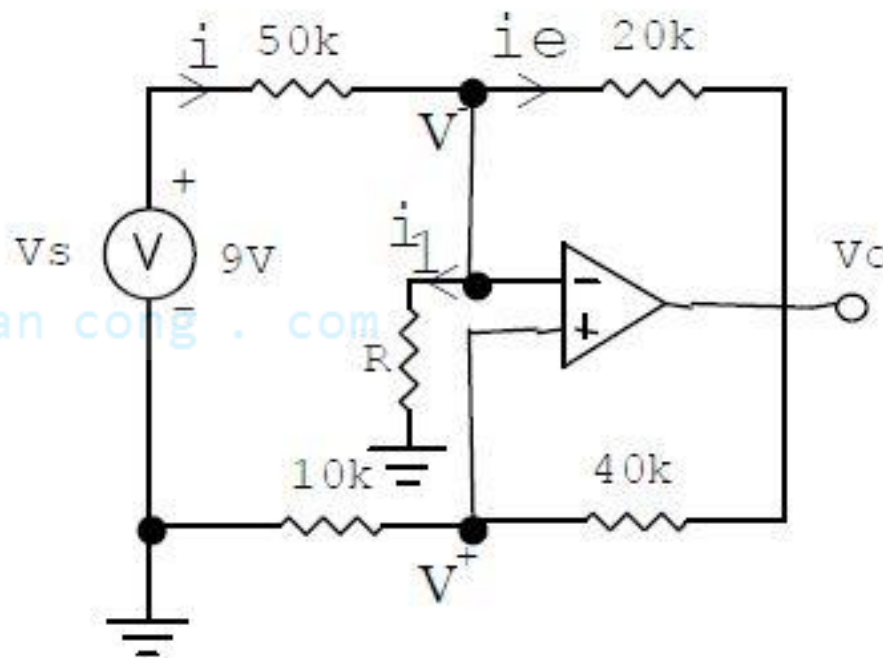
$$v_o = -5V$$

$$v_n = v_p = -1V$$

$$v_o = -10V \quad v_n = v_p = -2V$$

$$\frac{9 \times \frac{R}{R+50} + 2}{\frac{50R}{R+50}} = \frac{-2 + 10}{20} = \frac{8}{20}$$

Giải ra ta có $R = 11,11k$





ĐÁP ÁN 4

$$v_p = \frac{1k}{3k} v_A = \frac{v_A}{3}$$

$$v_A = 3v_p = 3v_n$$

$$1m = \frac{v_A - v_n}{3k} + \frac{v_A - v_p}{2k} = \frac{2v_p}{3k} + \frac{2v_p}{2k} = \left(\frac{2}{3k} + \frac{1}{1k}\right)v_p$$

$$v_p = v_n = 0.6V$$

$$v_o = v_n - 4k \times \frac{v_A - v_n}{3k} = 0.6 - 4 \times \frac{3 \times 0.6 - 0.6}{3} = -1V$$



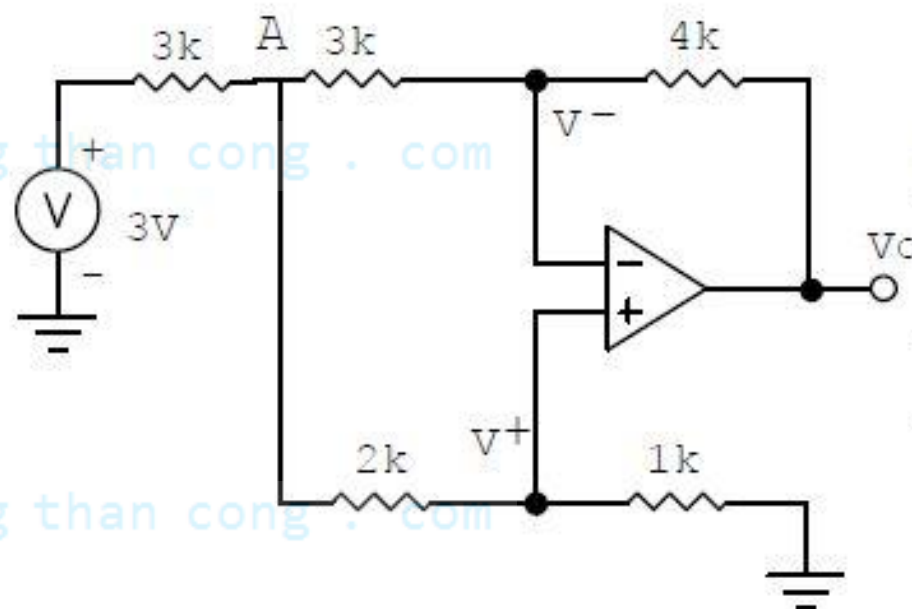
ĐÁP ÁN 4 (tt)

$$\frac{3 - v_A}{3k} = \frac{3 - 3v_p}{3k} = \frac{v_A - v_n}{3k} + \frac{v_A - v_p}{2k} = \left(\frac{2}{2k} + \frac{1}{1k} \right) v_p$$

$$v_A = 3v_p = 3v_n$$

$$v_p = v_n = 0.375V$$

$$v_A = 1.125V$$



$$v_o = v_n - 4k \times \frac{v_A - v_n}{3k} = 0.375 - 4 \times \frac{1.125 - 0.375}{3} = -0.625V$$



ĐÁP ÁN 5

- a) Độ lợi mạch khuếch đại không đảo $A=1+\frac{R_2}{R_1}$
- Theo yêu cầu: $1 \leq A \leq 5 \Rightarrow 1 \leq 1+\frac{R_2}{R_1} \leq 5 \Rightarrow 0 \leq \frac{R_2}{R_1} \leq 4$.
- Khi $R_2=100k$ là biến trở $\Rightarrow R_1=\frac{100}{4}=25k$ ta được yêu cầu bài toán.
- b) Với yêu cầu $0,5 \leq A \leq 2$.
- Ta có $v_P = \frac{R_1}{R_1+R_2} v_o \Rightarrow v_o = (1+\frac{R_2}{R_1}) v_P$. Để $A \leq 1$ ta phải phân áp ở ngõ vào v_i
- Ta có $v_o = (1+\frac{R_2}{R_1}) \cdot \frac{R_3}{R_3+R_4} v_i$
- Khi $R_2=0 \Rightarrow \frac{R_3}{R_3+R_4} = 0,5 \Rightarrow R_3=R_4$
- Khi $R_2=100k \Rightarrow (1+\frac{100}{R_1}) \cdot 0,5 = 2 \Rightarrow R_1=100/3 \text{ k}\Omega$
- Vậy chọn $R_1=R_3=R_4=100/3 \text{ k}\Omega$.



ĐÁP ÁN 6

- a. Nghiên cứu hoạt động của mạch: mỗi opamp là một mạch khuếch đại đảo, điều chỉnh biến trở là điều chỉnh các điện áp V_1, V_2 . Nếu biến trở nằm chính giữa thì $V_1 = V_2$, nếu lên trên thì V_1 nhỏ hơn, xuống dưới thì V_1 lớn hơn. Do đó kéo theo sự sai lệch giữa V_L và V_R ở ngõ ra 2 opamp. . com

cuu duong than cong . com



ĐÁP ÁN 6 (tt)

b, Khi nút kéo xuống hoàn toàn :

$$V_2 = 0 \Rightarrow V_R = 0$$

Ta có : $V_L = -\frac{R_2}{10K} V_1$ (khuếch đại đảo)

Suy ra : $V_1 = \frac{5K}{5K + R_1} v_i$

$$A = -\frac{R_2}{10K} \frac{5K}{5K + R_1} \quad \text{cho } A = -1 \Rightarrow R_2 = 2(5K + R_1) \quad (1)$$



ĐÁP ÁN 6 (tt)

*Khi nút kéo lên hoàn toàn ,tương tự như trên vì mạch đối xứng

*Khi nút xoay nằm chính giữa :

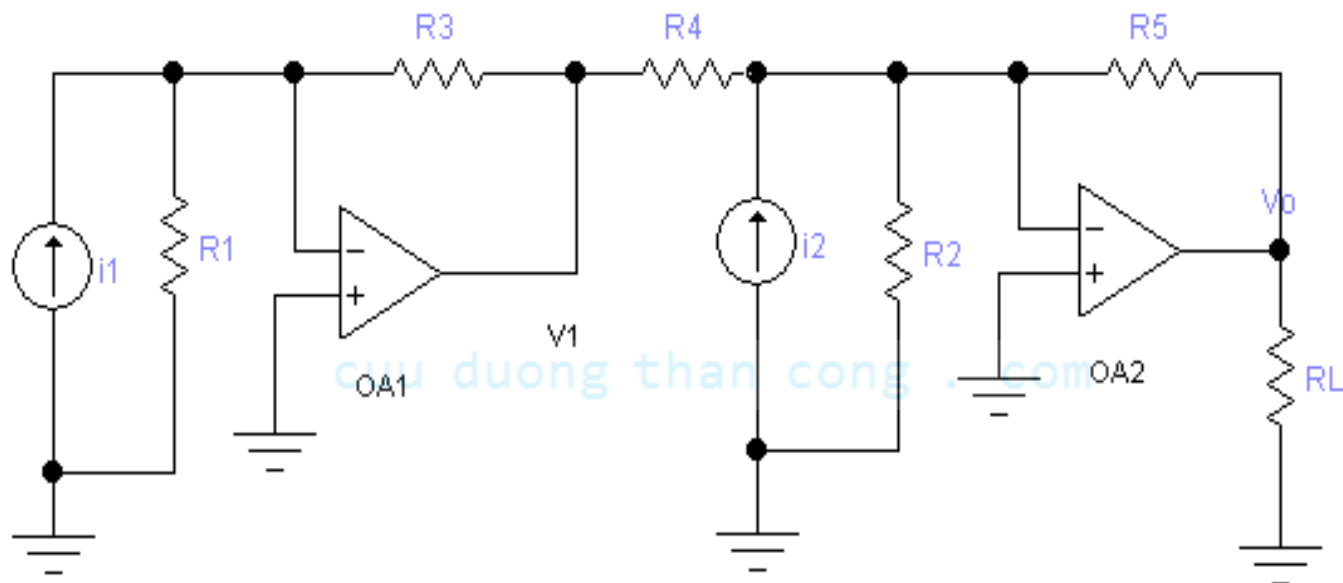
$$V_1 = V_2 = \frac{5K \parallel 10K}{5K \parallel 10K + R_1} v_i$$

$$\text{Mà } V_L = -\frac{R_2}{10K} V_1$$

$$\text{Nên } A = -\frac{R_2}{R_1} \frac{3.33K}{3.33K + R_1} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow R_2 = 2.127(3.33K + R_1) \quad (4)$$

Giải (3) và (4) ta được $R_1 = 57K$, $R_2 = 23.5K$.

ĐÁP ÁN 7



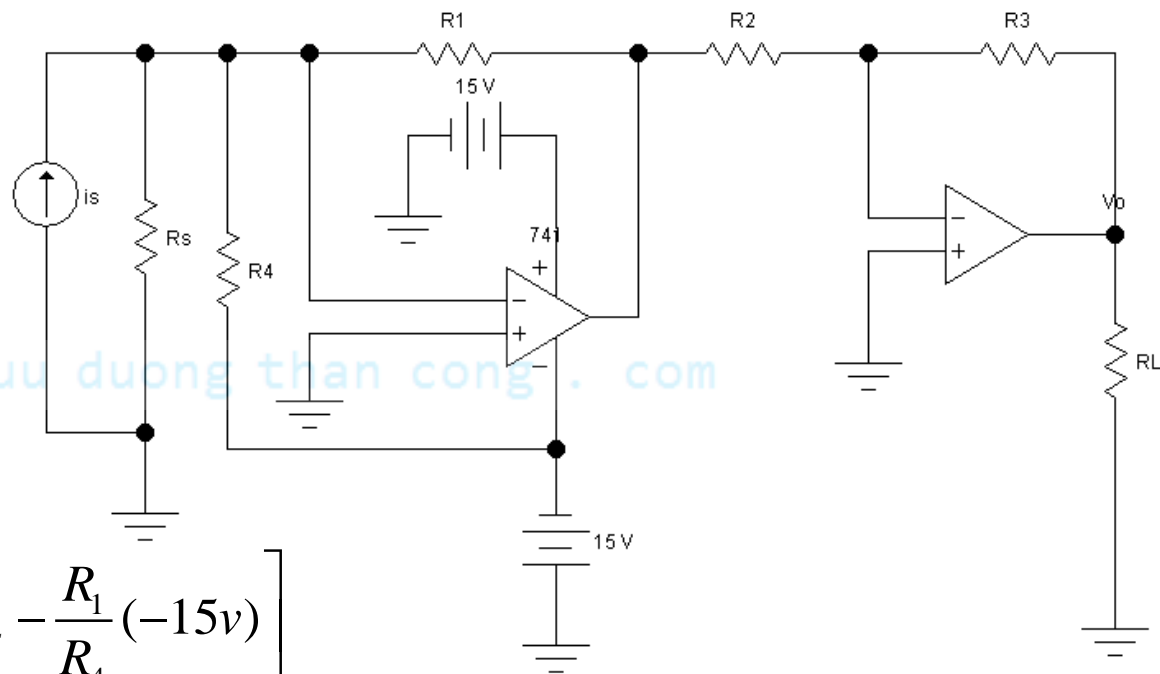
$$v_1 = -R_3 i_1$$

$$v_0 = -R_5 - \left(\frac{R_5}{R_4} \right) v_1 = R_5 \left(\frac{R_3}{R_4} i_1 - i_2 \right)$$

$$R_3 = R_4 = R_5 = \frac{0.1}{10^{-6}} = 100 \text{ k}\Omega$$



ĐÁP ÁN 7 (tt)



$$v_0 = -\frac{R_3}{R_2} v_1 = -\frac{R_3}{R_2} \left[R_1 i_s - \frac{R_1}{R_4} (-15v) \right]$$

$$i_s = 4mA \Rightarrow v_0 = 0 \Rightarrow \frac{15}{R_4} = 4 \Rightarrow R_4 = 3.57 k\Omega$$

$$\text{cho } R_2 = R_3 = 10 k\Omega; \quad v_0 = R_1 (i_s - 4mA)$$

$$\Rightarrow v_0 = 10v = R_1 (20 - 4) \Rightarrow R_1 = \frac{10}{16} = 625\Omega$$



ĐÁP ÁN 8

a)

$$\begin{aligned} i_0 &= i_{R_2} + i_{R_3} = i_{R_1} + i_{R_3} = \frac{v_I}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1} v_I \right) \frac{1}{R_3} \\ &= \frac{v_I}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) = \frac{v_I}{R} ; R = \frac{R_1}{1 + R_2 / R_3} \end{aligned}$$

b)

$$R_i = R_1 \rightarrow R_1 = 1M\Omega ; \text{Cho } R_2 = R_1 = 1M\Omega$$

$$\Rightarrow R = \frac{xv}{1mA} = 10^3 \Omega ; \text{ta có: } 10^3 = \frac{10^6}{1 + 10^6 / R_3}$$

$$\rightarrow R_3 = 1k\Omega$$

c)

$$|v_1| \leq 13 - |v_I| \quad \text{volt}$$



ĐÁP ÁN 9

$$KCL: i_o = \frac{v_2 - v_L}{R_1} + \frac{v_o - v_L}{R_2} = \frac{v_2}{R_1} + \frac{v_o}{R_2} - \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\begin{aligned} i_o &= \frac{v_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_2 R_3} v_1 - v_L \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_2} - \frac{R_4}{R_2 R_3} \right) \\ &= \frac{1}{R_1} \left(v_2 - \frac{R_1}{R_2} \frac{R_4}{R_3} v_1 \right) - \frac{v_L}{R_2} \left(\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_4}{R_3} \right) = \frac{1}{R_1} \left(v_2 - \frac{R_1}{R_2} \frac{R_4}{R_3} v_1 \right) - \frac{v_L}{R_o}; \end{aligned}$$

$$R_o = \frac{R_2}{R_2 / R_1 - R_4 / R_3}$$

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow i_o = \frac{1}{R_1} (v_2 - v_1) \text{ và } R_o = \infty$$



ĐÁP ÁN 10

$$v_p = (R_s // R_2) i_s + \frac{R_s}{R_s + R_2} v_L$$

$$KCL i_0 = \frac{v_p - v_L}{R_1 // R_2}$$

$$i_0 = \frac{R_s // R_2}{R_1 // R_2} i_s - \frac{v_s}{R_1 // R_2} \left(1 - \frac{R_s}{R_s + R_2} \right) = A i_s - \frac{v_L}{R_0}$$

$$A = \frac{1 + R_2 / R_1}{1 + R_2 / R_3}; \quad R_0 = \frac{R_s + R_2}{1 + R_2 / R_1}$$

$$R \rightarrow \infty \Rightarrow A = 1 + R_2 / R_1 \text{ và } R_0 = \infty$$