



ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUIT

Faculty of Computer Science and Engineering
Department of Computer Engineering

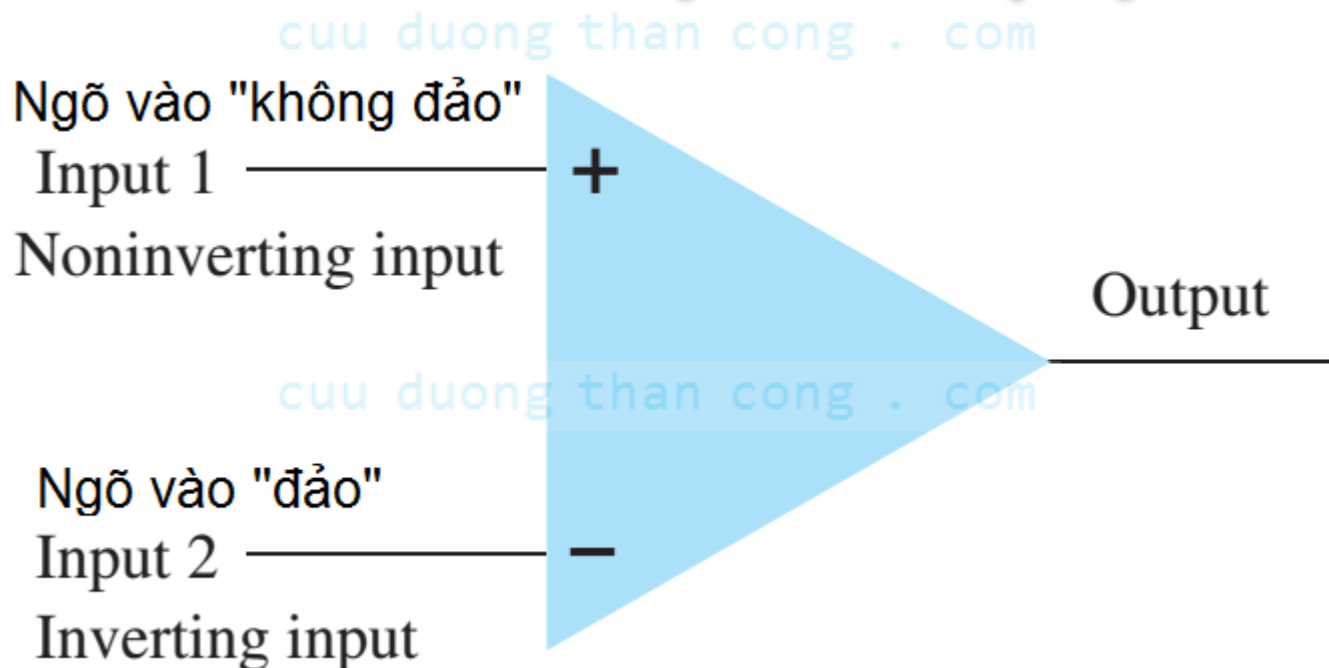


Vo Tan Phuong

<http://www.cse.hcmut.edu.vn/~vtphuong>

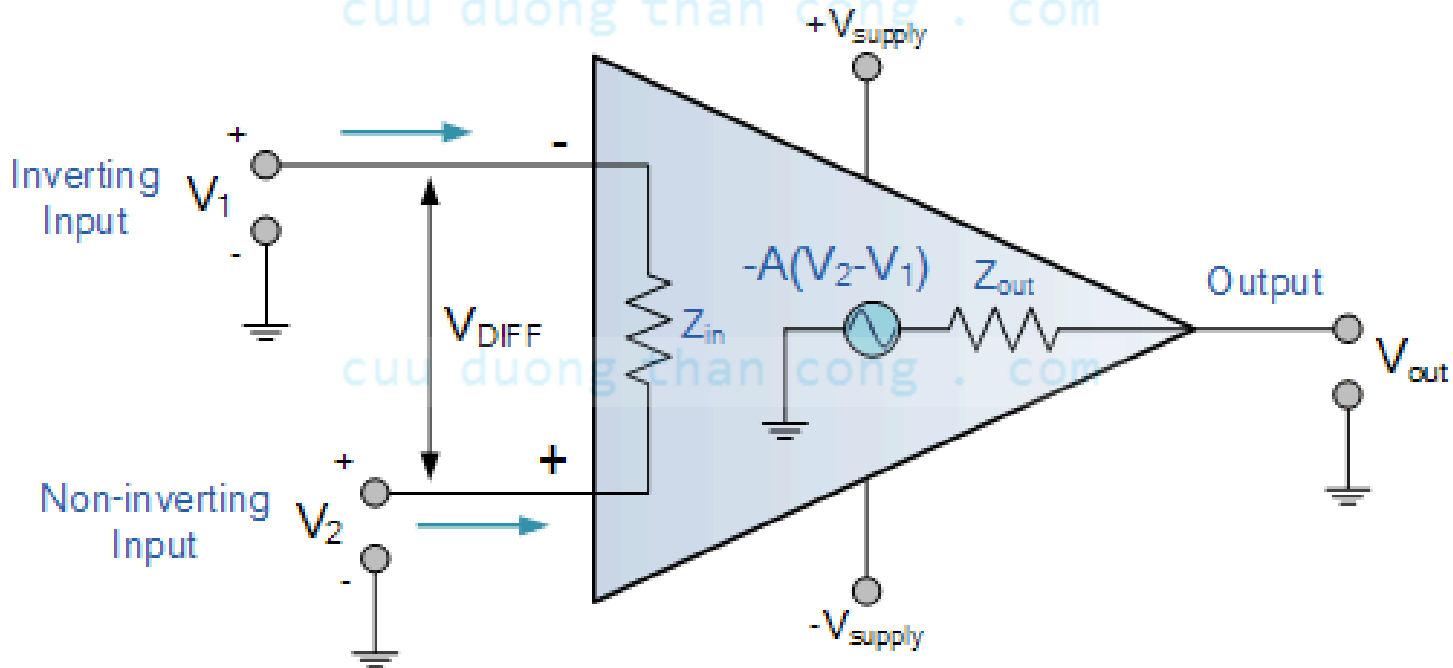
Chapter 4

Khuếch đại thuật toán – Operational Amplifier (OpAmp)

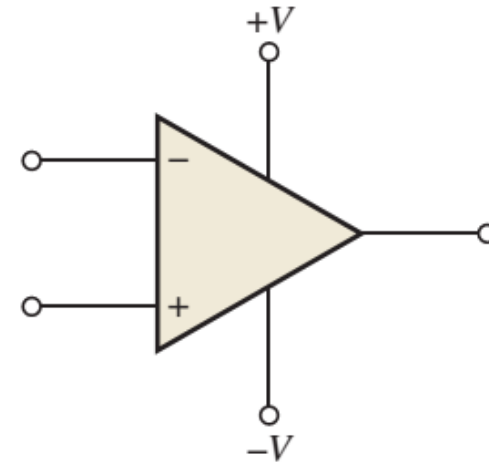
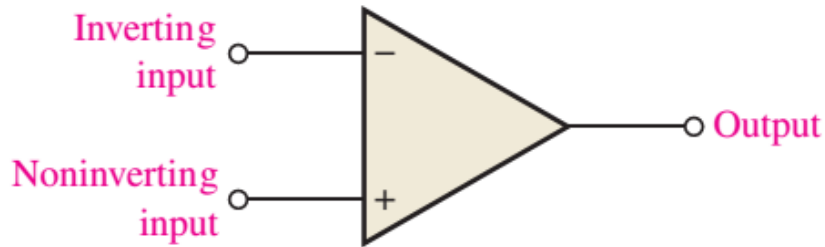


Nội dung trình bày

- Hoạt động của OpAmp
- Hồi tiếp cho OpAmp
- Các thông số kỹ thuật của OpAmp
- Các mạch ứng dụng OpAmp



Định nghĩa OpAmp



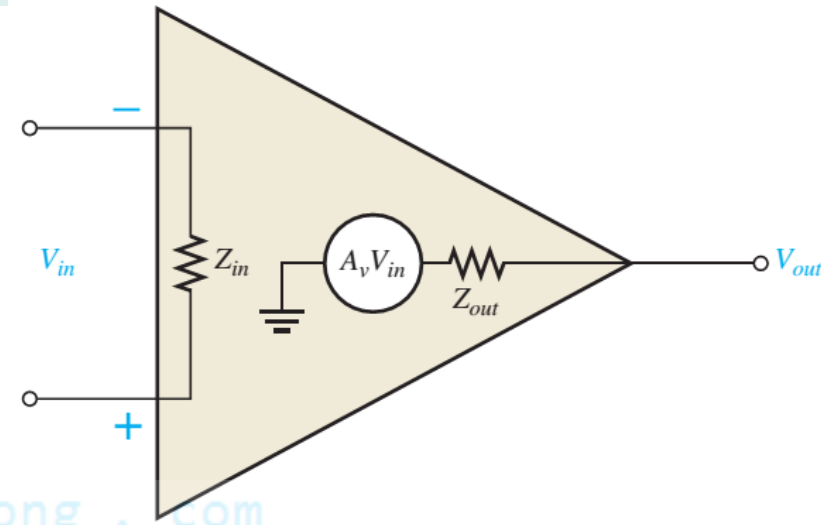
- OpAmp = Operational Amplifier (Khuếch đại thuật toán)
- Gồm hai ngõ vào
 - Ngõ vào đảo (Inverting input)
 - Ngõ vào không đảo (Noninverting input)
- Một ngõ ra
- Thông thường OpAmp sử dụng hai nguồn (dương $+V$, âm $-V$)

Mô hình của OpAmp

- Mô hình thực tế của OpAmp:

- Tổng trở ngõ vào Z_{in} rất lớn
- Tổng trở ngõ ra Z_{out} nhỏ
- Độ khuếch đại vòng hở

$$A_v = V_{out} / V_{in} \text{ rất lớn}$$



- Mô hình lý tưởng (dùng để tính toán)

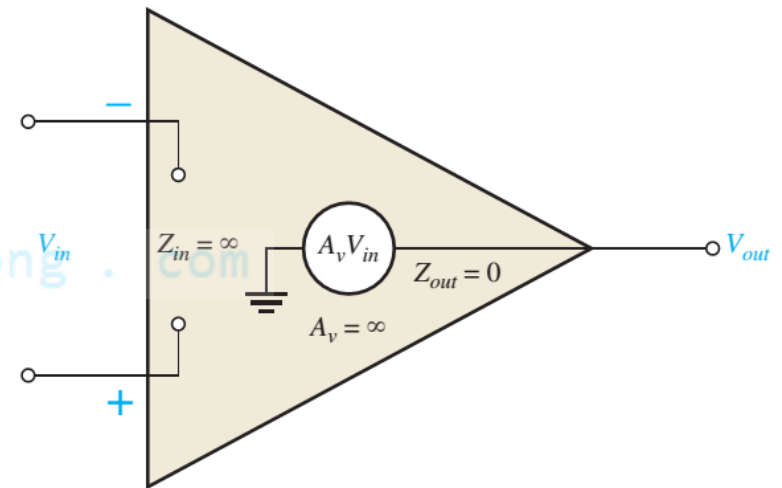
- Tổng trở ngõ vào $Z_{in} = \infty \rightarrow$ dòng điện ngõ vào $I_{in+} = I_{in-} = 0$;

$$V_{in+} = V_{in-}$$

- Tổng trở ngõ ra $Z_{out} = 0$

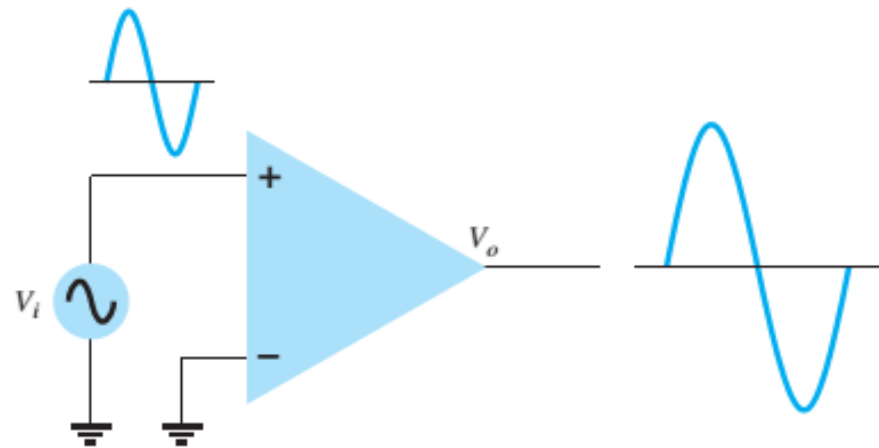
- Độ khuếch đại vòng hở

$$A_v = V_{out} / V_{in} = \infty$$

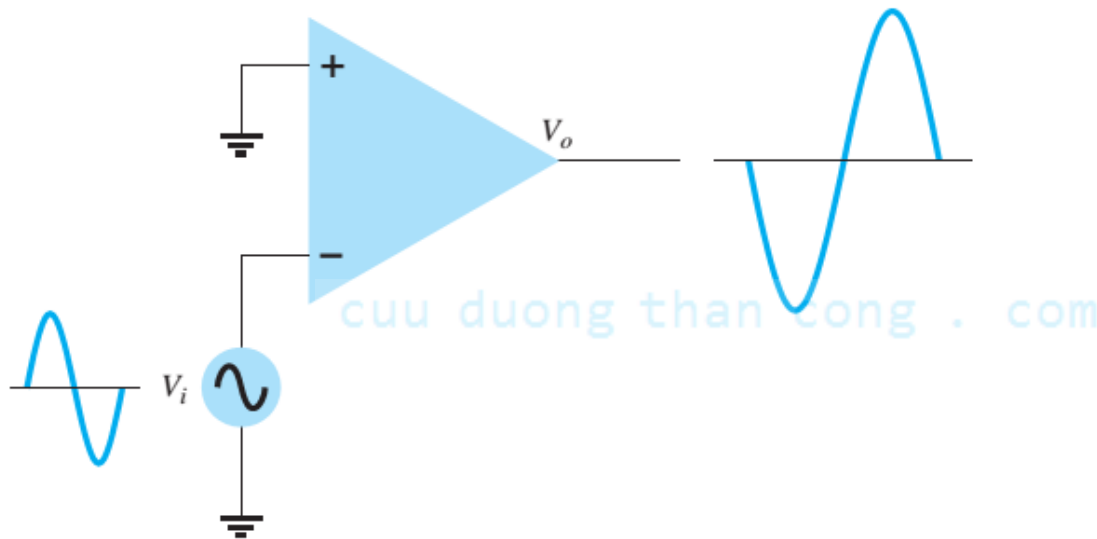


Hoạt động của OpAmp

- Ngõ ra được khuếch đại có biên độ lớn hơn
 - Cùng pha (không đảo) với ngõ vào không đảo
 - Ngược pha với ngõ vào đảo



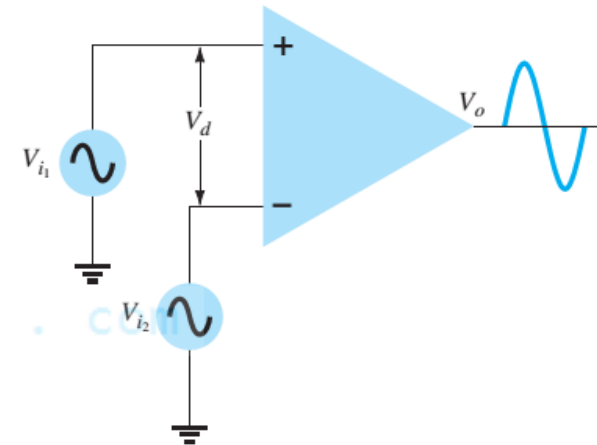
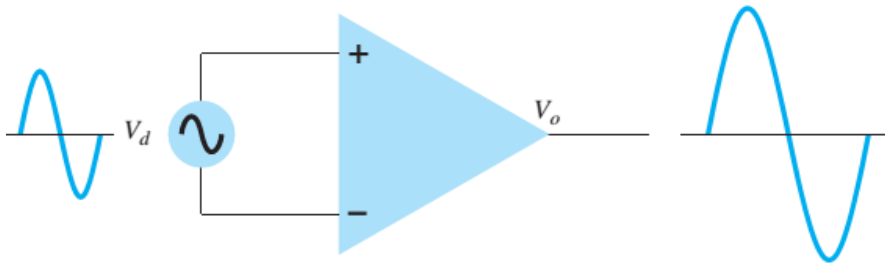
cuu duong than cong . com



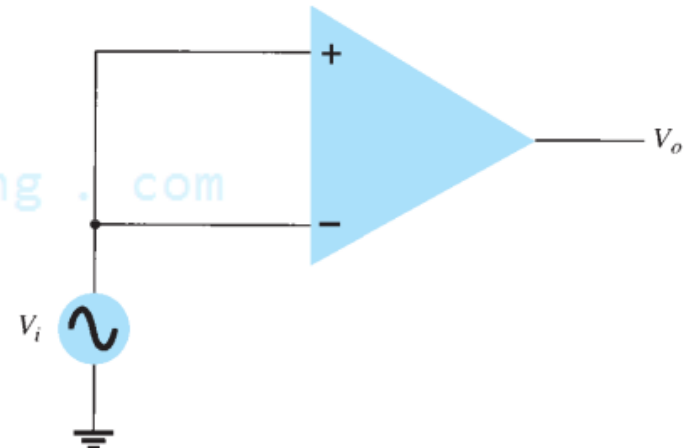
cuu duong than cong . com

Hoạt động của OpAmp (tt)

- Một cách tổng quát, **hiệu điện thế sai khác (differential signal)** giữa hai ngõ vào được khuếch đại V_d

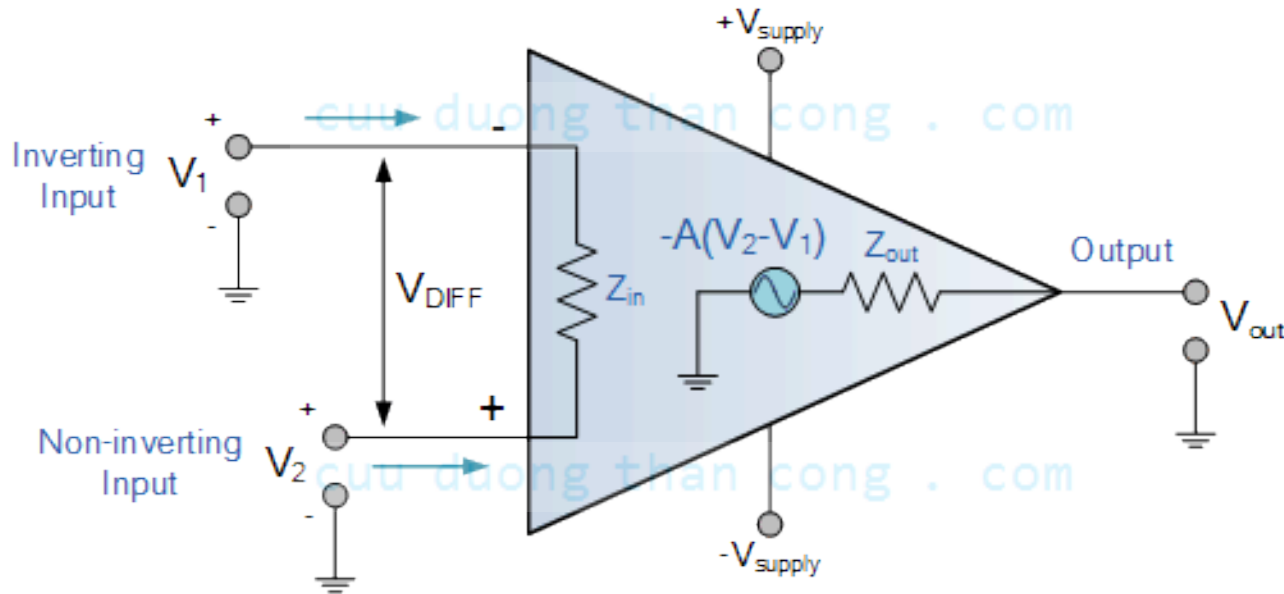


- Tín hiệu tác động giống nhau (**điện thế chung – common signal**) vào hai ngõ vào sẽ bị triệt tiêu



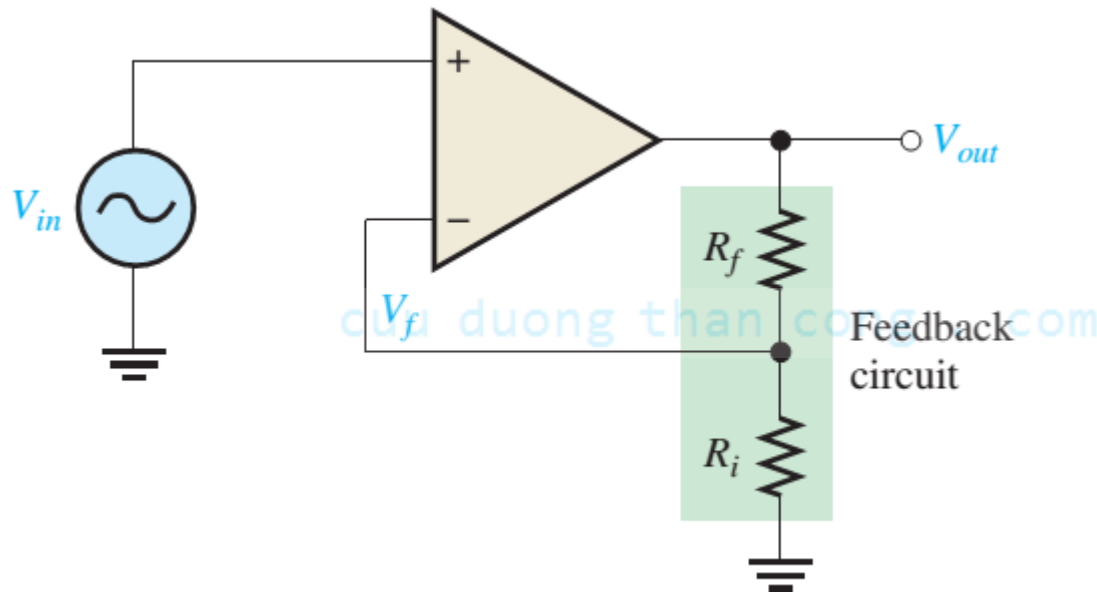
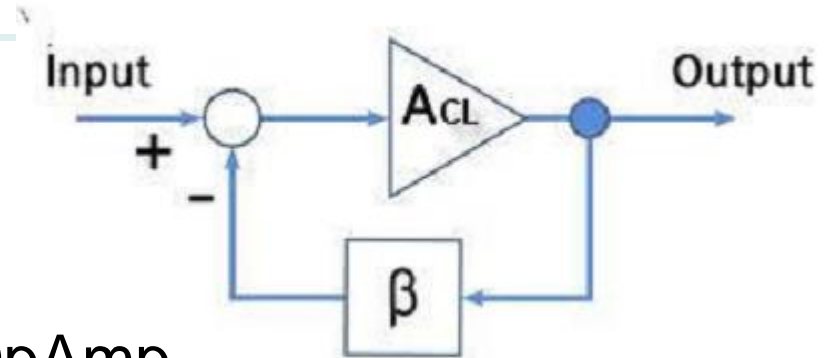
Hoạt động của OpAmp (tt)

- Tổng trở ngõ vào Z_{in} rất lớn
- Tổng trở ngõ ra Z_{out} nhỏ
- Độ khuếch đại vòng hở **sai biệt** A_d rất lớn
- Độ khuếch đại vòng hở **chung** $A_{cm} < 1$



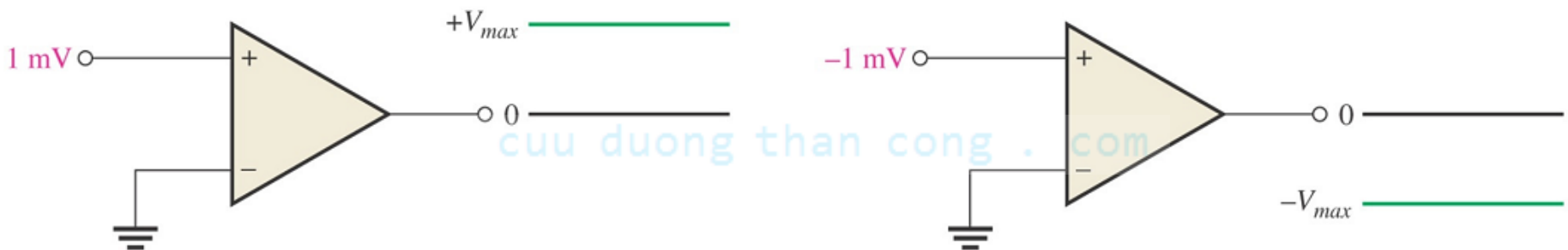
Nội dung trình bày

- Hoạt động của OpAmp
- **Hồi tiếp cho OpAmp**
- Các thông số kỹ thuật của OpAmp
- Các mạch ứng dụng OpAmp



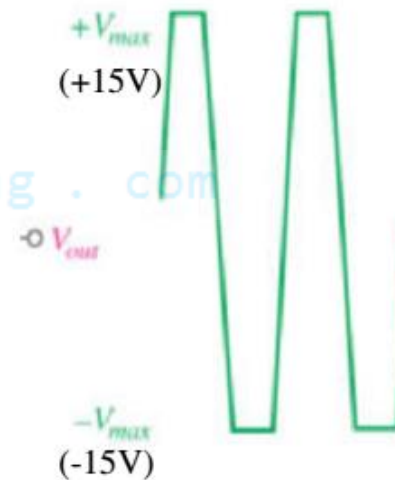
Hồi tiếp cho OpAmp

- Khi không có hồi tiếp (vòng hở - không có liên hệ giữa ngõ ra và ngõ vào), độ khuếch đại vòng hở rất lớn (> 100000), một sự khai biệt nhỏ ở ngõ vào cũng có thể làm ngõ ra bão hòa



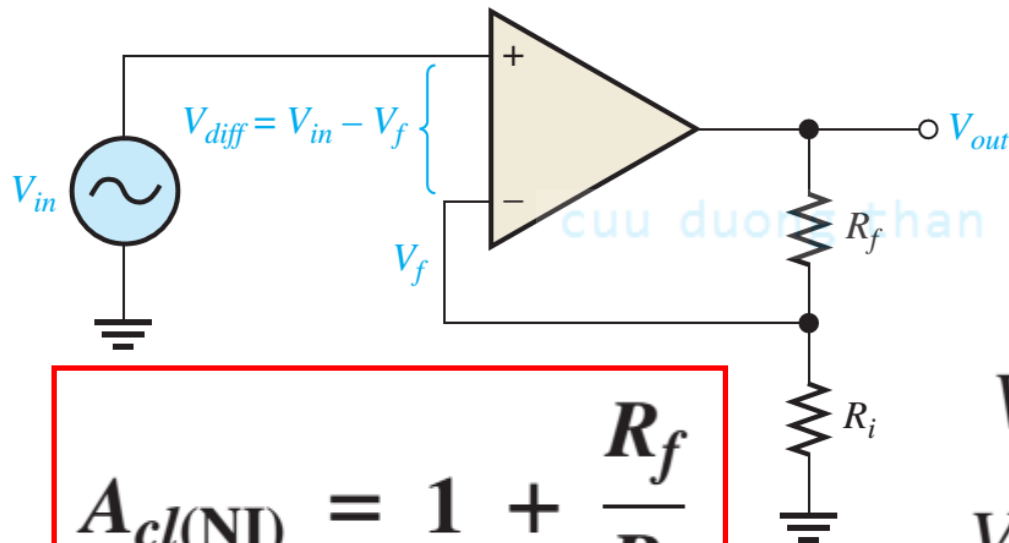
$$V_{\text{out}} = \pm 1\text{mV} * 100000 = \pm 100\text{V}$$

→ bị xén ở $+V_{\text{max}}$ và $-V_{\text{max}}$



Hồi tiếp cho OpAmp (tt)

- Để tín hiệu không bị xén (khuếch đại tuyến tính) cần giảm độ khuếch đại → **hồi tiếp âm**, đưa một phần tín hiệu ngõ ra vào ngõ vào khuếch đại đảo



$$A_{cl(NI)} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$V_f = \left(\frac{R_i}{R_i + R_f} \right) V_{out} \quad B = \frac{R_i}{R_i + R_f}$$

$$V_{out} = A_{ol}(V_{in} - V_f)$$

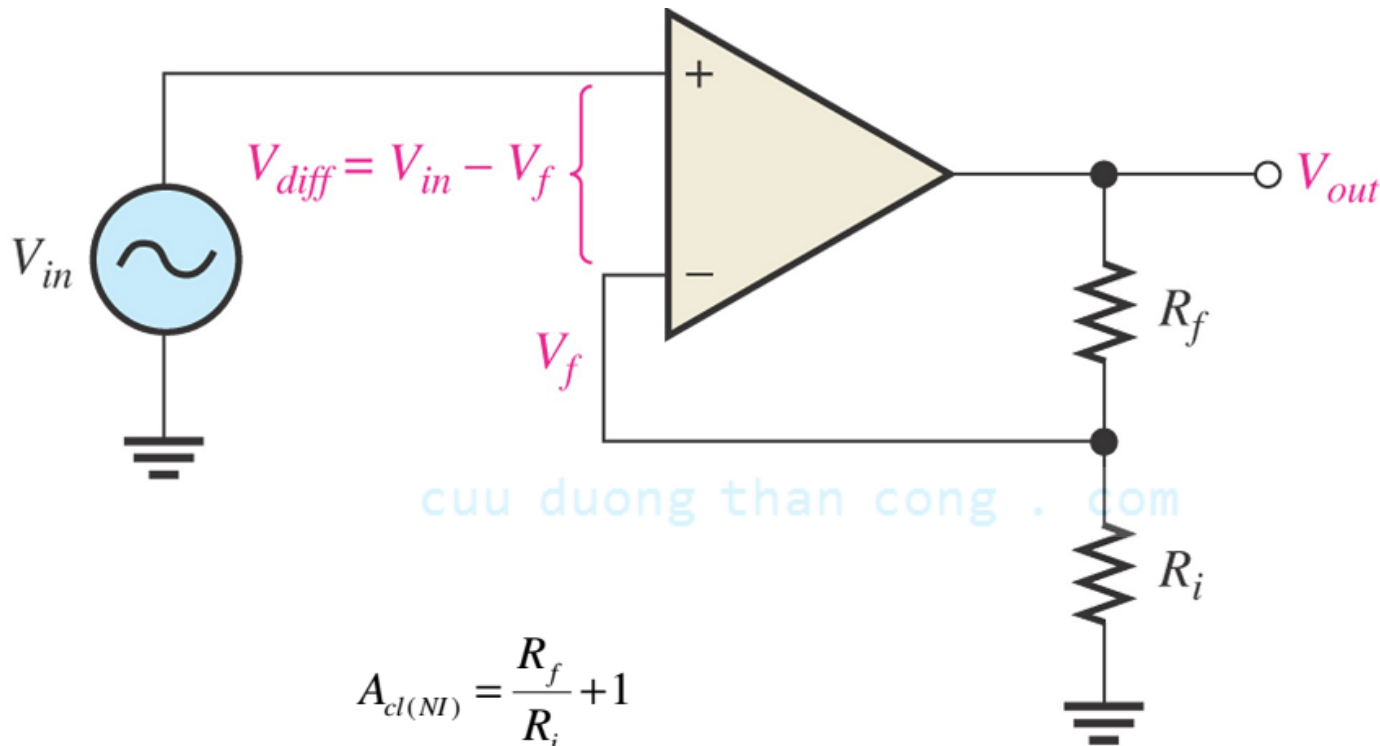
$$V_{out} = A_{ol}(V_{in} - BV_{out})$$

$$V_{out} + A_{ol}BV_{out} = A_{ol}V_{in}$$

$$A_{cl(NI)} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \cong \frac{1}{B} = \frac{R_i + R_f}{R_i}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_{ol}}{1 + A_{ol}B}$$

Hồi tiếp âm, mạch khuếch đại không đảo



- Tín hiệu vào nối vào ngõ vào không đảo
- Đường hồi tiếp nối vào ngõ vào đảo
- Độ khuếch đại vòng kín

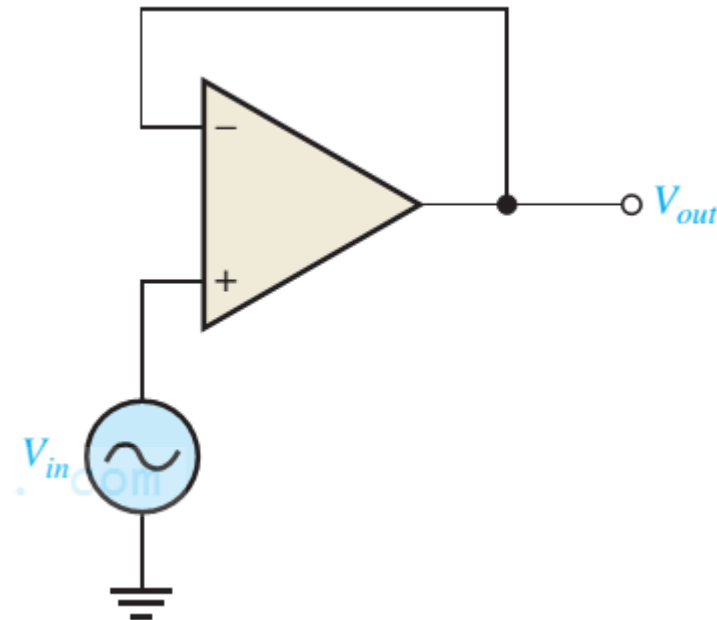
$$A_{cl(NI)} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \cong \frac{1}{B} = \frac{R_i + R_f}{R_i}$$

Hồi tiếp âm, mạch đệm điện thế

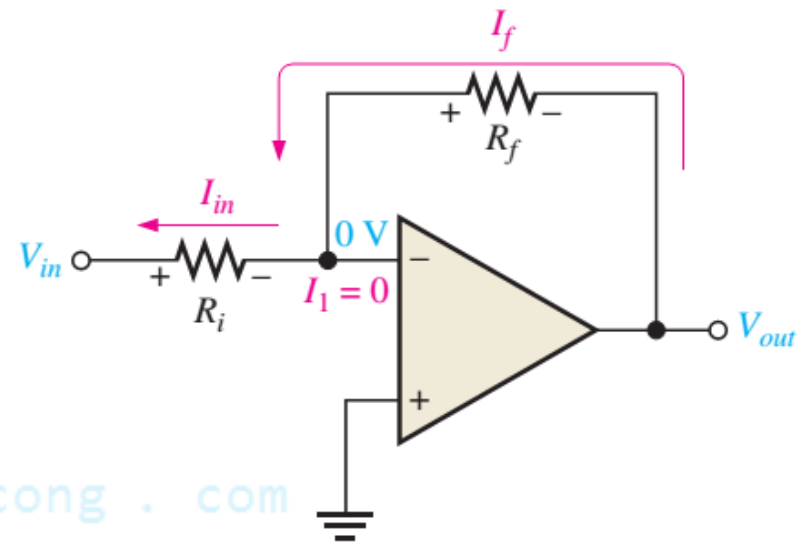
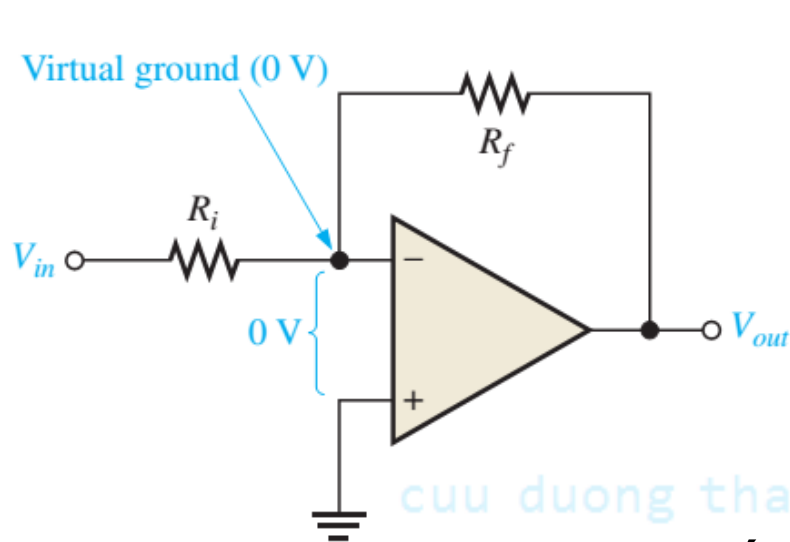
- Ngõ vào đảo nối trực tiếp ngõ ra
 $V_f = V_{out}$, $B = 1$
- Tín hiệu nối vào ngõ vào không đảo

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_{ol}}{1 + A_{ol}B}$$

- Độ khuếch đại $A_{cl(VF)} = 1$
- Ngõ ra giống ngõ vào, trở kháng ngõ ra nhỏ \rightarrow tăng khả năng cung cấp dòng



Hồi tiếp âm, mạch khuếch đại đảo



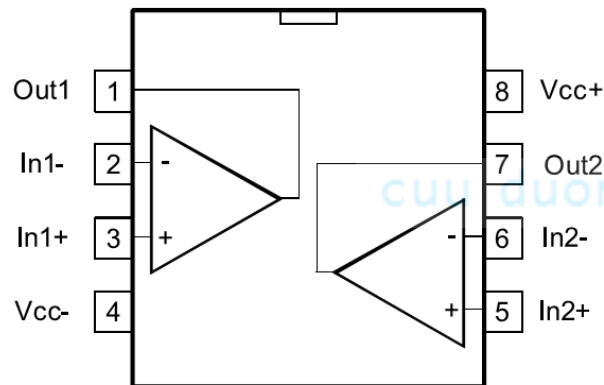
- Ngõ vào không đảo (+) nối đất
- Ngõ vào đảo (-) nối với ngõ ra bằng điện trở R_f , nối với tín hiệu vào bằng điện trở R_i
- Dùng mô hình lý tưởng $I_{in+} = I_{in-} = 0$; $V_{in+} = V_{in-}$

$$\Rightarrow \frac{-V_{out}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_i} \quad \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_i}$$

$$A_{cl(I)} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Nội dung trình bày

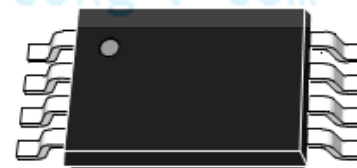
- Hoạt động của OpAmp
- Hồi tiếp cho OpAmp
- Các thông số kỹ thuật (datasheet) của OpAmp
- Các mạch ứng dụng OpAmp



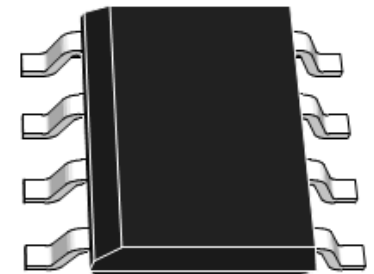
DFN8 2x2



MiniSO8



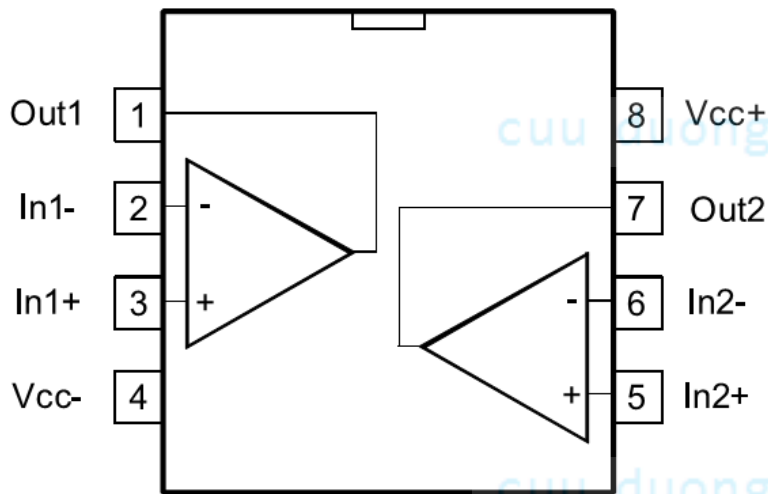
TSSOP8



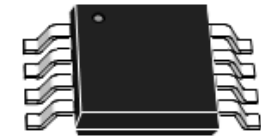
SO8

Datasheet – Sơ đồ chân

- Ví dụ IC LM358: có 8 chân, 2 khối OpAmp sử dụng chung chân nguồn Vcc+ và Vcc-



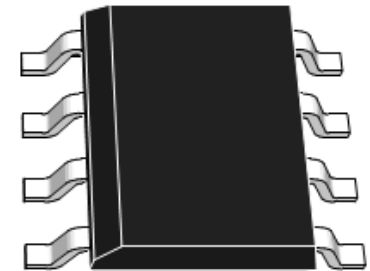
DFN8 2x2



MiniSO8



TSSOP8



SO8

Datasheet – Các thông số giới hạn

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	uA741	UNIT
Supply voltage V_{CC+}	22	V
Supply voltage V_{CC-}	-22	V
Differential input voltage	± 30	V
Input voltage any input	± 15	V
Voltage between either offset null terminal (N1/N2) and V_{CC-}	± 0.5	V
Duration of output short-circuit	unlimited	
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature	500	mW
Operating free-air temperature range	-40 to 85	°C
Storage temperature range	-65 to 150	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 in.) from case for 60 seconds	300	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 in.) from case for 10 seconds	260	°C

- Nguồn cấp tối đa $\pm 22V$ (nguồn đôi)
- Điện thế ngõ vào tối đa $\pm 15V$
- Điện thế sai biệt tối đa $\pm 30V$
- Dòng ngõ ra tối đa dựa vào power dissipation 500mW

Datasheet – Thông số khi hoạt động

$\mu A741$ Electrical Characteristics: $V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Characteristic	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{IO} Input offset voltage		1	6	mV
I_{IO} Input offset current		20	200	nA
I_{IB} Input bias current		80	500	nA
V_{ICR} Common-mode input voltage range	± 12	± 13		V
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	± 12	± 14		V
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	20	200		V/mV
r_i Input resistance	0.3	2		M Ω
r_o Output resistance		75		Ω
C_i Input capacitance		1.4		pF
CMRR Common-mode rejection ratio	$\text{CMRR} = 20 \log \left(\frac{A_{ol}}{A_{cm}} \right)$		90	dB
I_{CC} Supply current			2.8	mA
P_D Total power dissipation		50	85	mW

- A_{VD} – hệ số khuếch đại sai biệt vòng hở $200\text{V/mV} = 200.000$
- r_i – điện trở ngõ vào 2M
- r_o – điện trở ngõ ra 75
- CMRR – tỉ lệ hệ số khuếch đại sai biệt so với hệ số khuếch đại tín hiệu chung

Datasheet – Thông số khi hoạt động

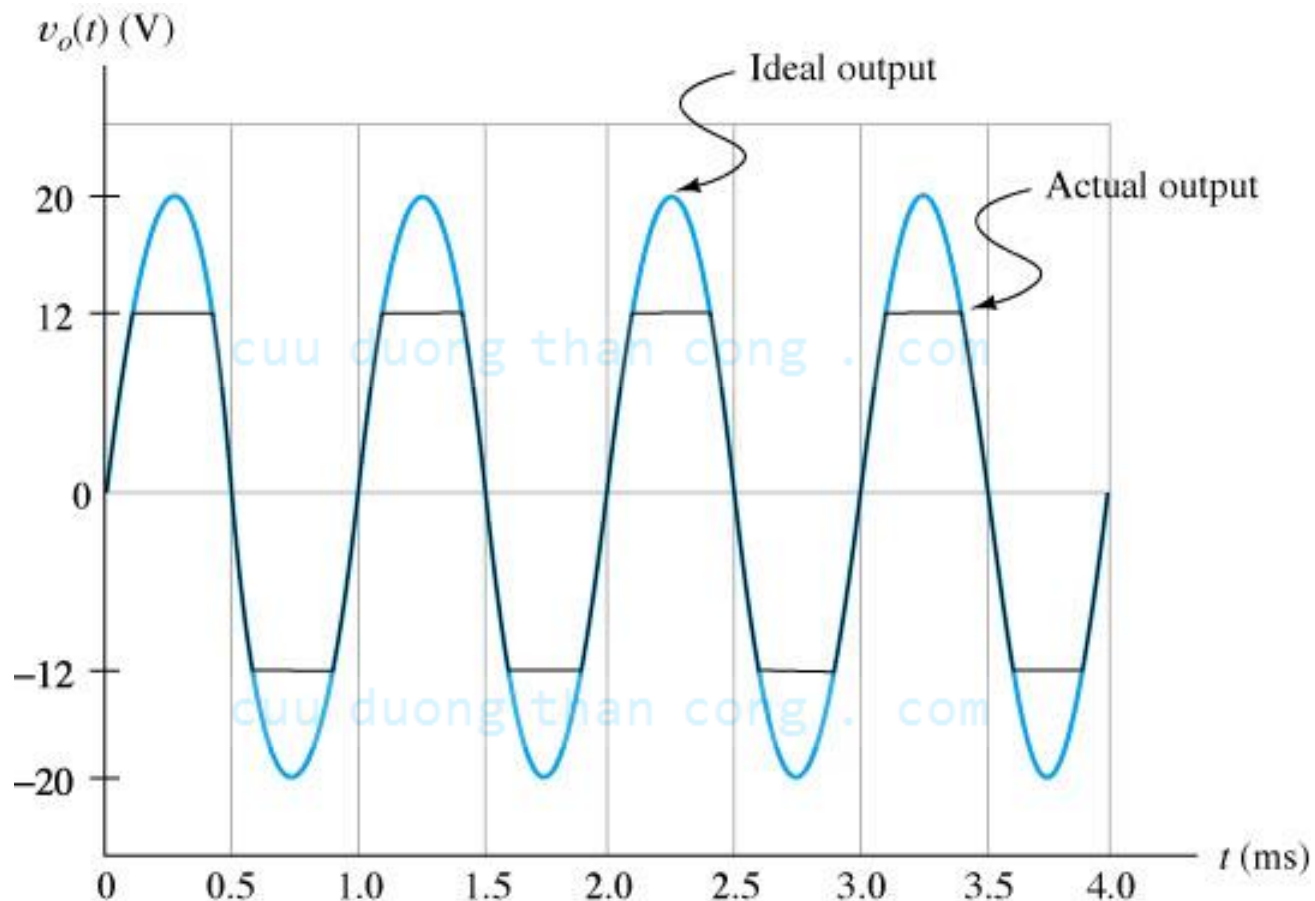
$\mu A741$ Electrical Characteristics: $V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Characteristic	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{IO} Input offset voltage		1	6	mV
I_{IO} Input offset current		20	200	nA
I_{IB} Input bias current		80	500	nA
V_{ICR} Common-mode input voltage range	± 12	± 13		V
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	± 12	± 14		V
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	20	200		V/mV
r_i Input resistance	0.3	2		M Ω
r_o Output resistance		75		Ω
C_i Input capacitance		1.4		pF
CMRR Common-mode rejection ratio	70	90		dB
I_{CC} Supply current		1.7	2.8	mA
P_D Total power dissipation		50	85	mW

- I_{CC} – dòng cung cấp
- P_D – công suất tiêu tán
- V_{ICR} – điện thế trên ngõ vào cho phép $\pm 13\text{V}$
- V_{OM} – điện thế ngưỡng ngõ ra $\pm 14\text{V}$

Minh họa điện thế ngưỡng ngõ ra

- Giá trị nằm ngoài sẽ bị xén tại điện thế ngưỡng ngõ ra

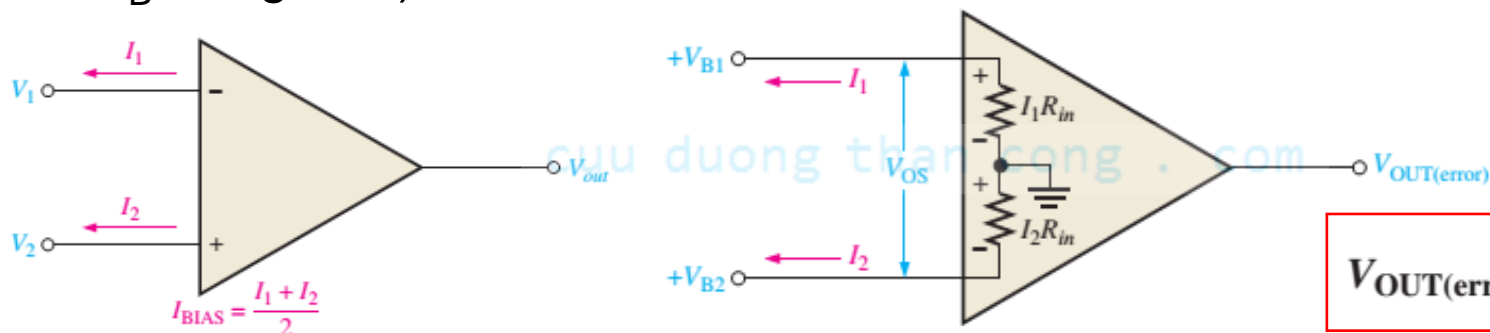
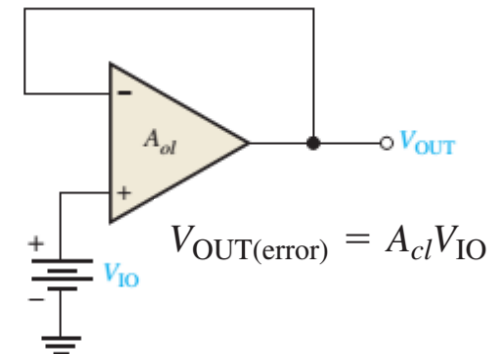


Datasheet – Thông số thường bỏ qua

$\mu A741$ Electrical Characteristics: $V_{CC} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Characteristic	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{IO} Input offset voltage		1	6	mV
I_{IO} Input offset current		20	200	nA
I_{IB} Input bias current		80	500	nA

- V_{IO} – Điện thế sai biệt ngõ vào cần để điện thế ngõ ra 0V, nói cách khác khi điện thế sai biệt ngõ vào 0V điện thế ngõ ra $\neq 0$
- I_{IB} – Dòng điện phân cực ngõ vào (tương tự dòng I_B trong BJT)

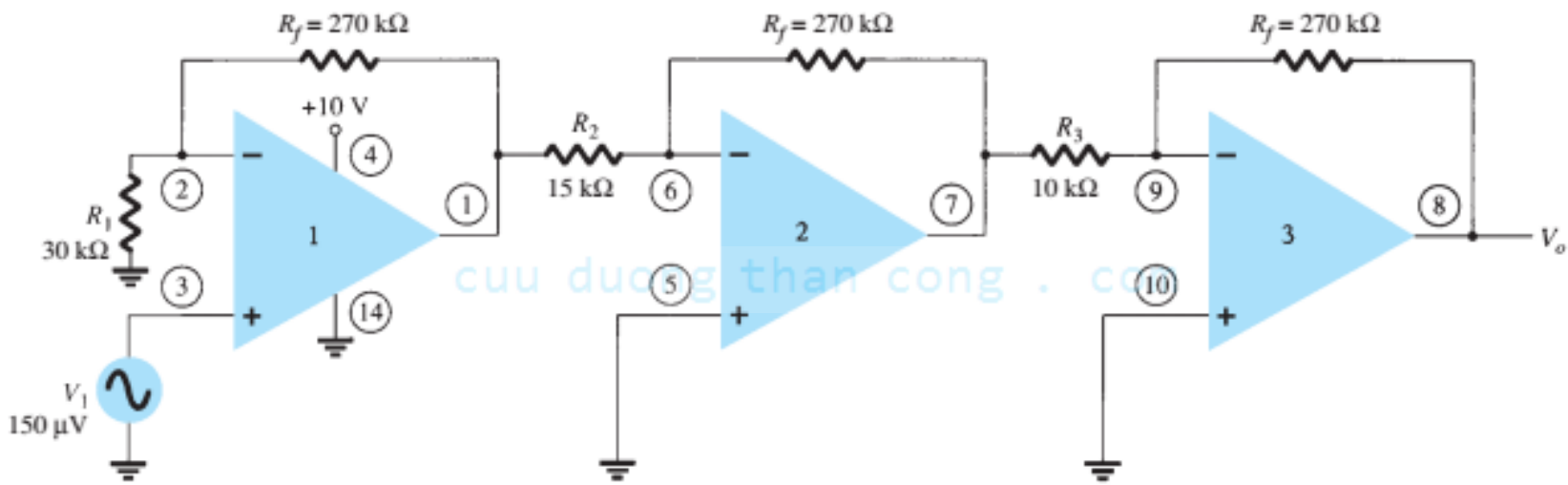


- I_{IO} – Dòng điện sai biệt ngõ vào, là sự khác nhau của hai dòng phân cực ngõ vào

Nội dung trình bày

- Hoạt động của OpAmp
- Hồi tiếp cho OpAmp
- Các thông số kỹ thuật của OpAmp
- Các mạch ứng dụng OpAmp

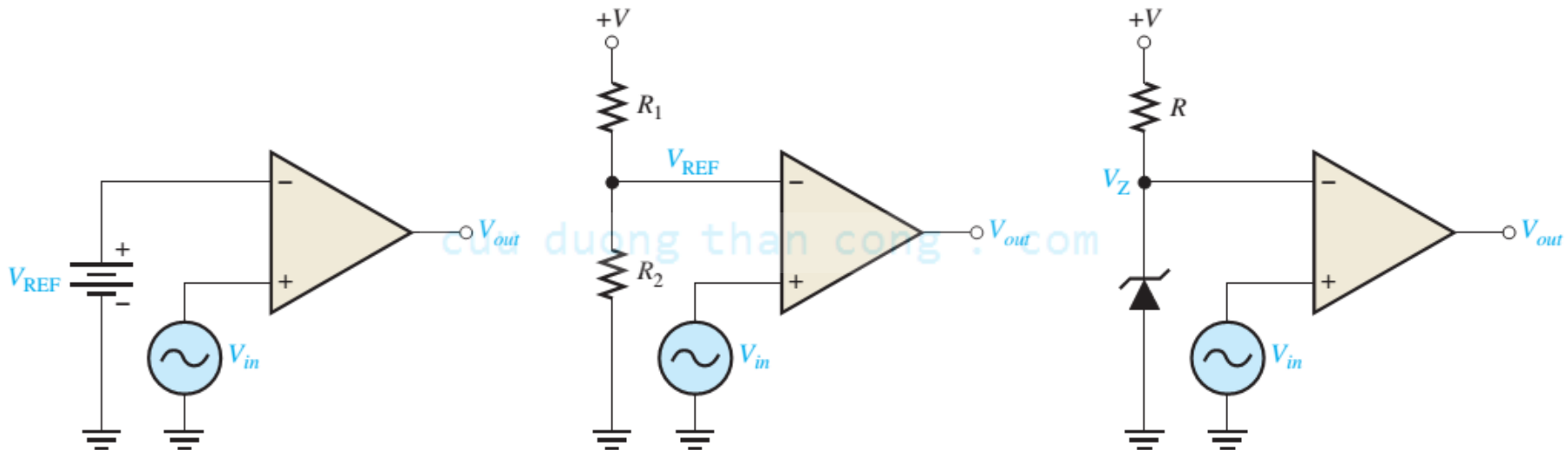
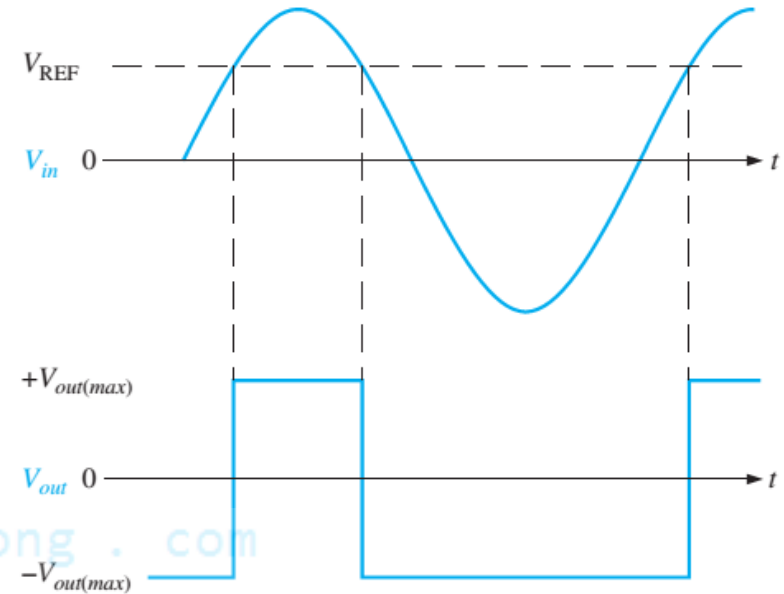
cuu duong than cong . com



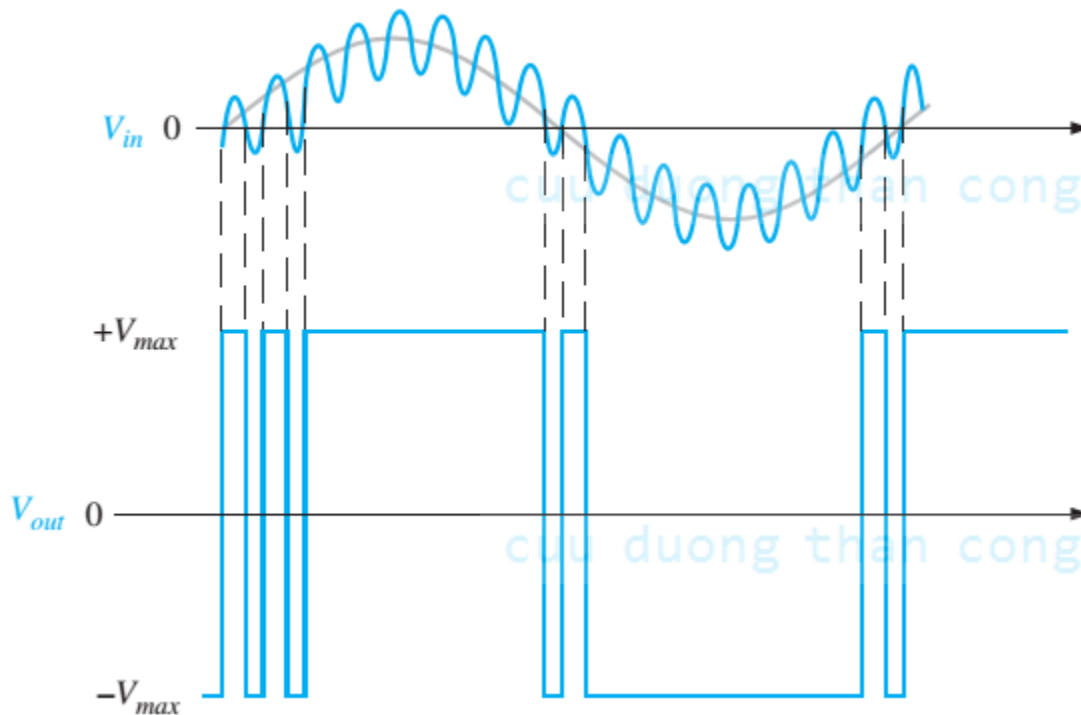
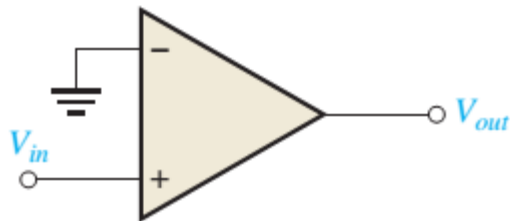
cuu duong than cong . com

Mạch so sánh

- So sánh điện thế ngõ vào tạo ra ngõ ra hai mức:
 - $V_{out} = V_{max+}$ khi $V_+ > V_-$
 - $V_{out} = V_{max-}$ khi $V_+ < V_-$
- Tính chất **hệ số khuếch đại vòng hở rất lớn** $\rightarrow V_{out}$ luôn bị xén



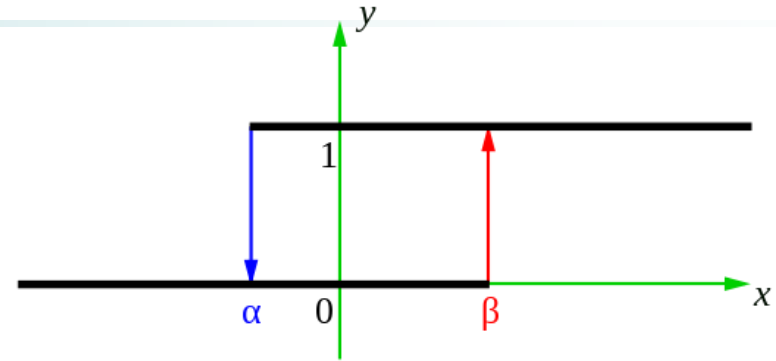
Mạch so sánh – bị nhiễu (tt)



- Xét tín hiệu ngõ vào bị nhiễu
- Sinh ra nhiều xung không mong muốn ngõ ra → **làm sao để loại bỏ?**

Mạch so sánh – khử nhiễu với hysteresis

- Hysteresis:
 - đang ở 0 muốn lên 1, ngõ vào phải lớn hơn mức β
 - Đang ở 1 muốn về 0, ngõ vào phải nhỏ hơn mức α



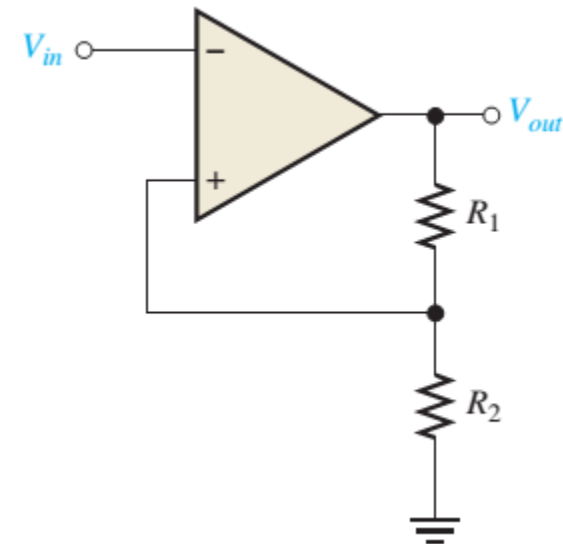
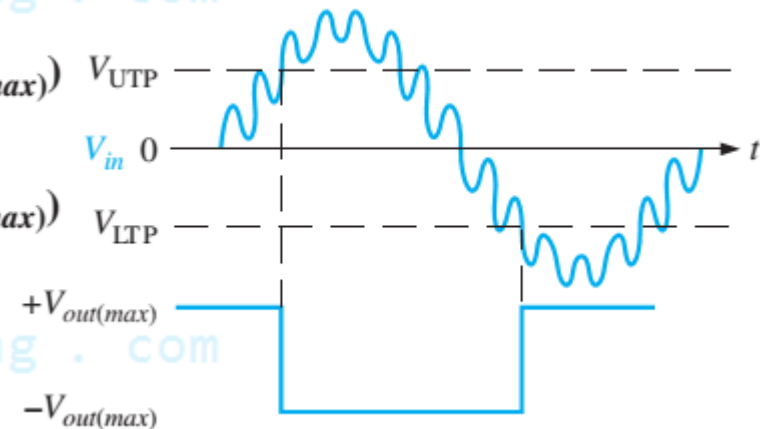
$$V_{HYS} = V_{UTP} - V_{LTP}$$

cuu duong than cong . com

$$V_{UTP} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{out(max)})$$

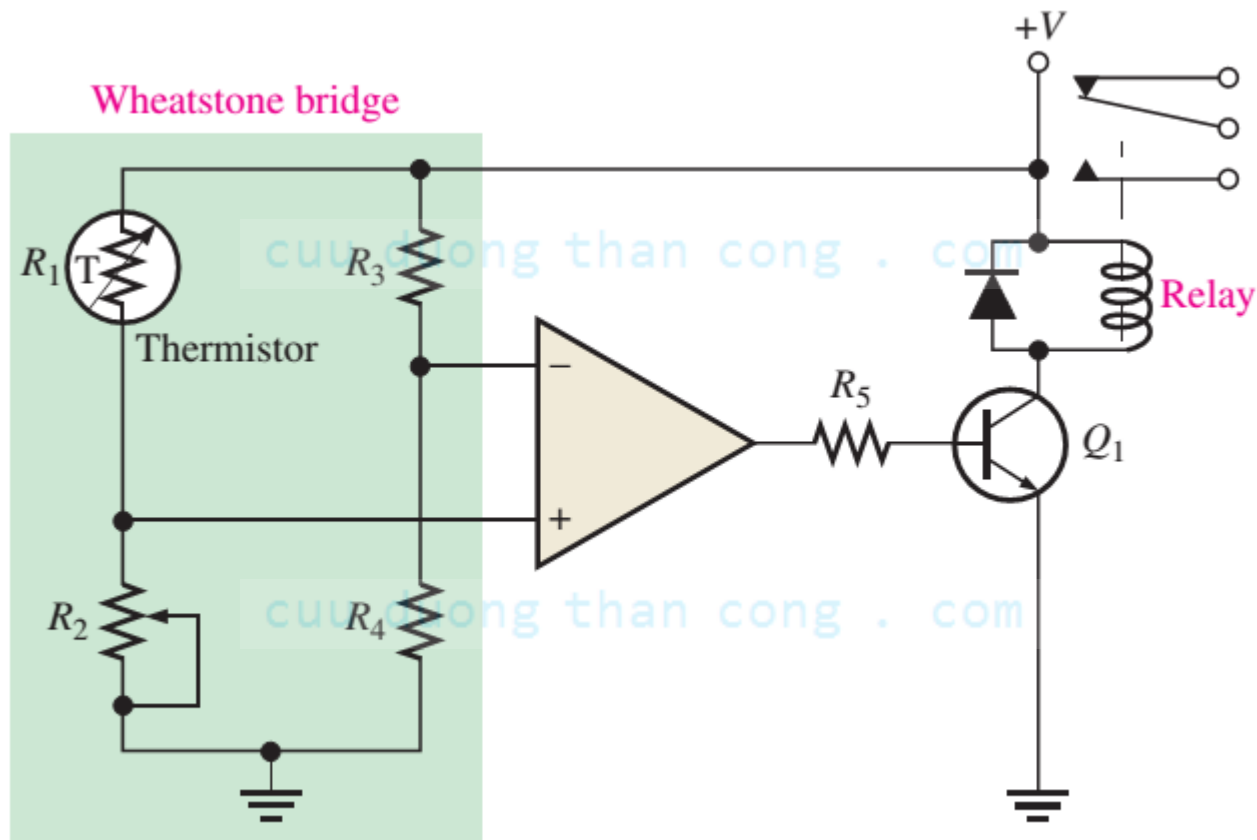
$$V_{LTP} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{out(max)})$$

cuu duong than cong . com



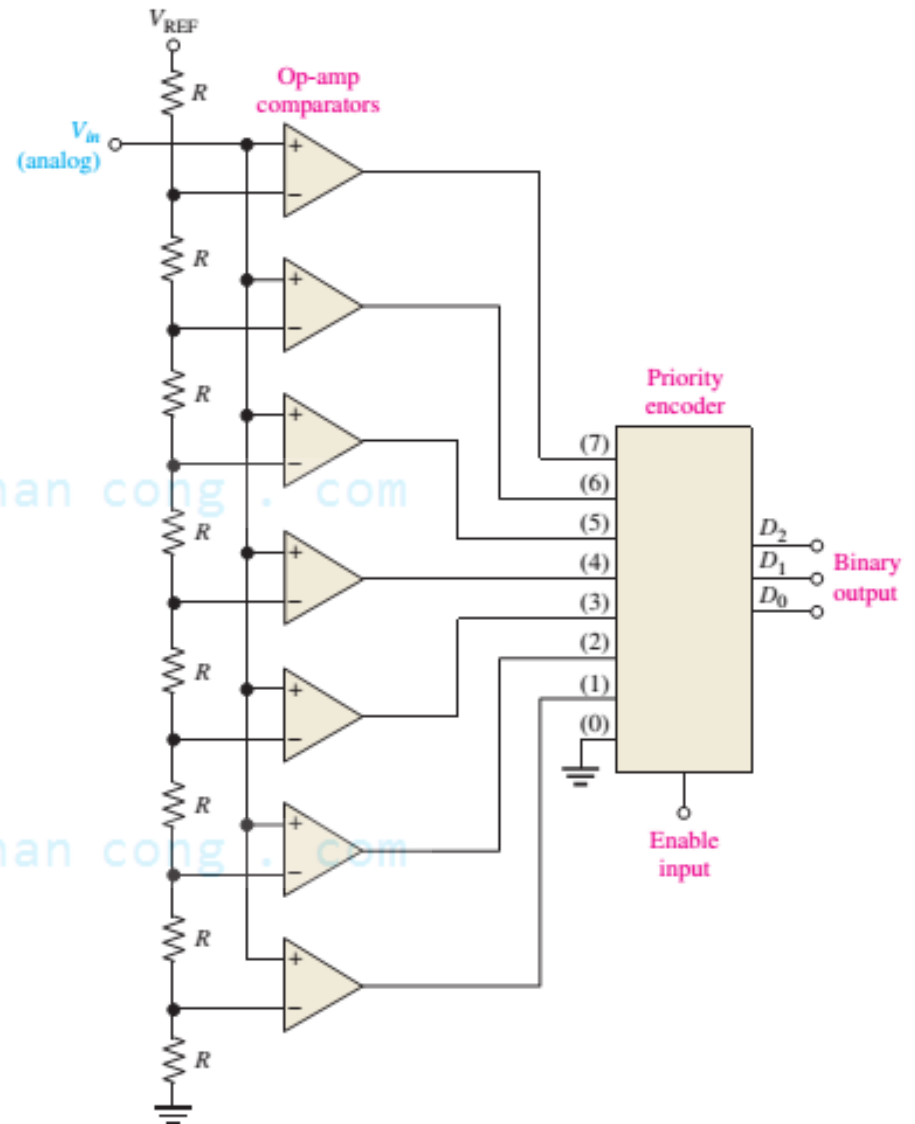
Ứng dụng mạch so sánh

- Mạch bảo vệ quá nhiệt (tương tự mạch quá cường độ sáng)

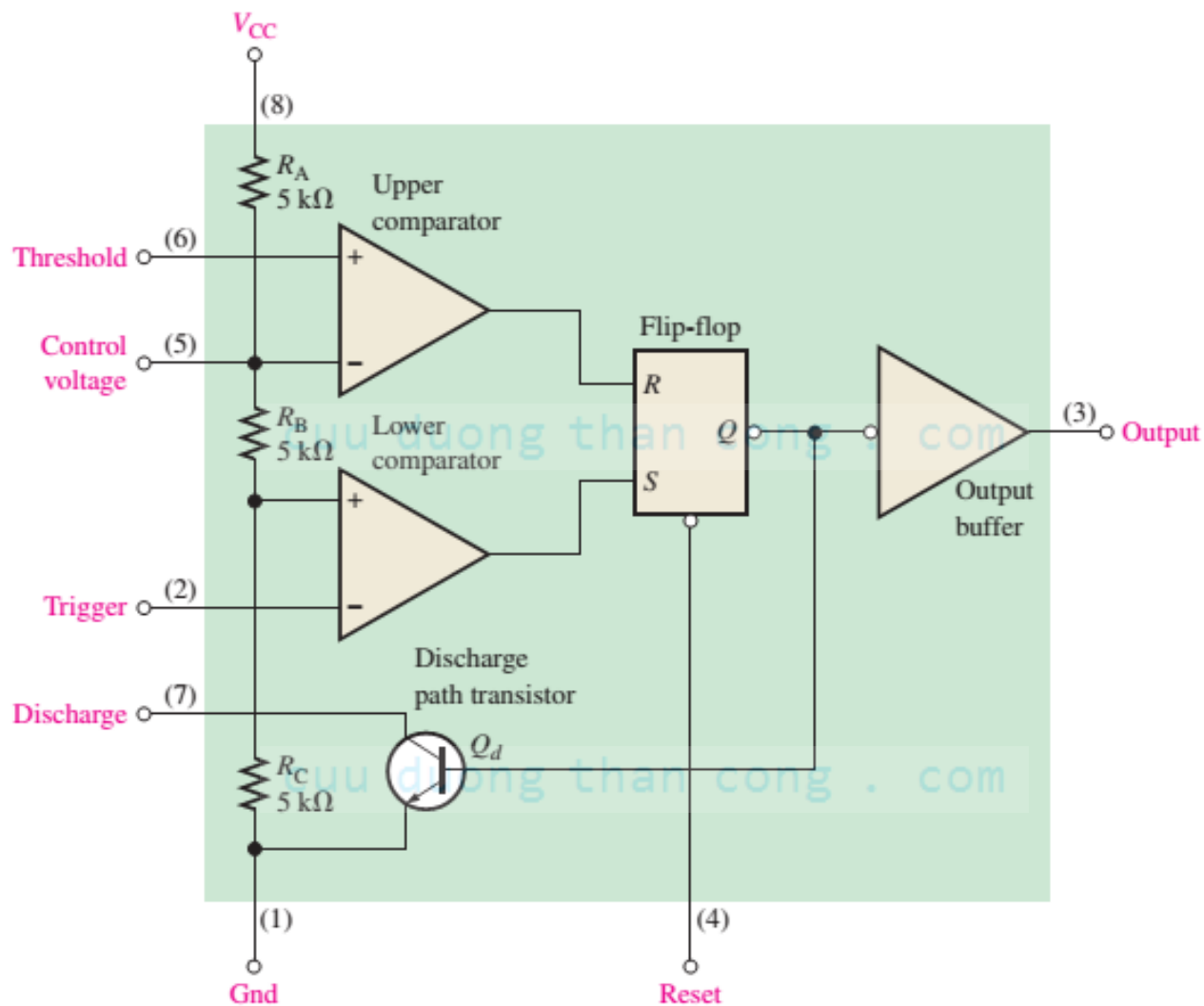


Ứng dụng mạch so sánh (tt)

- Mạch biến đổi ADC (tương tự sang số)



IC 555 – Cấu tạo



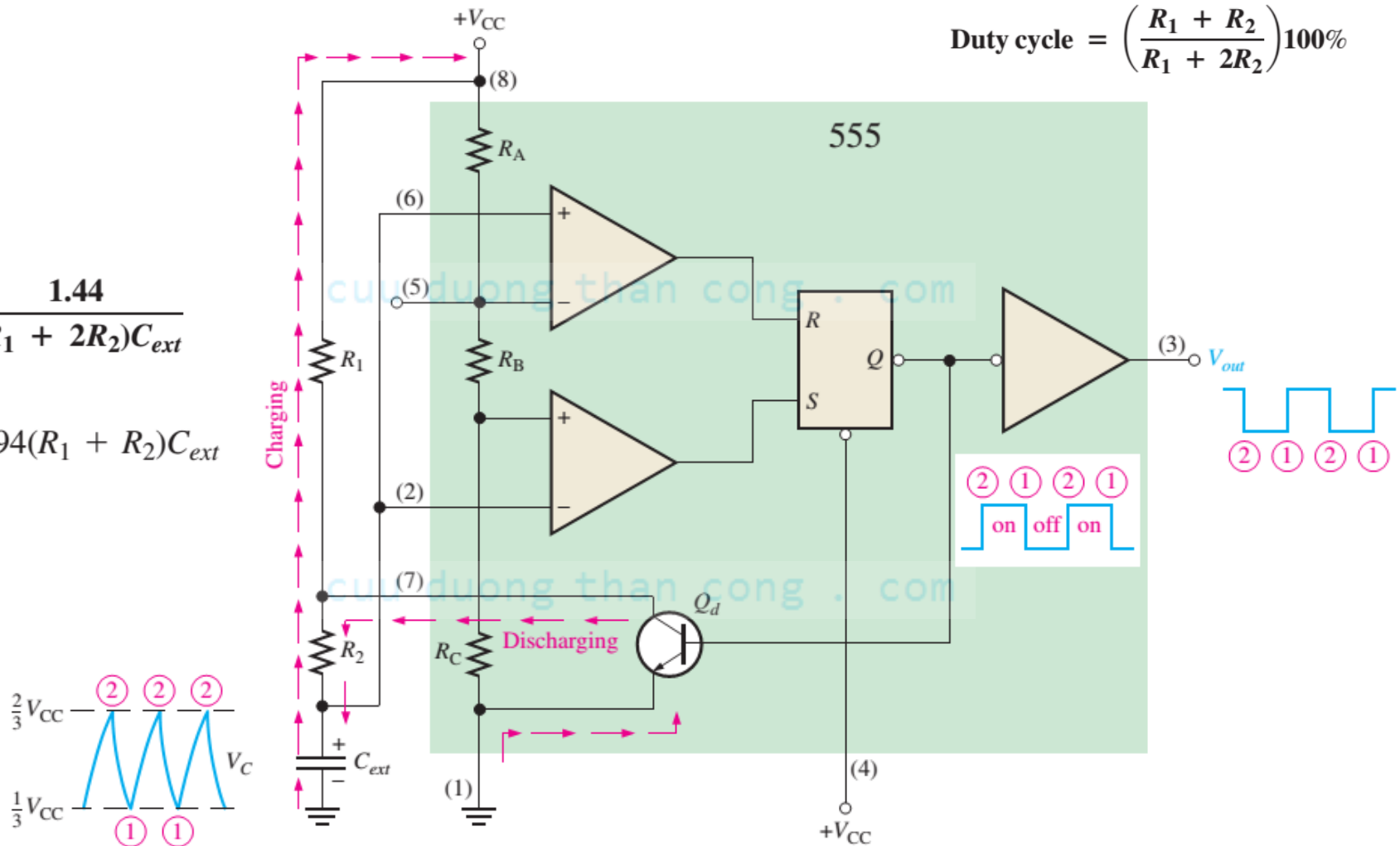
IC555 – Mạch tự dao động

$$\text{Duty cycle} = \left(\frac{t_H}{T} \right) 100\% = \left(\frac{t_H}{t_H + t_L} \right) 100\%$$

$$\text{Duty cycle} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} \right) 100\%$$

$$f_r = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C_{ext}}$$

$$t_H = 0.694(R_1 + R_2)C_{ext}$$



IC555 – Mạch trễ

