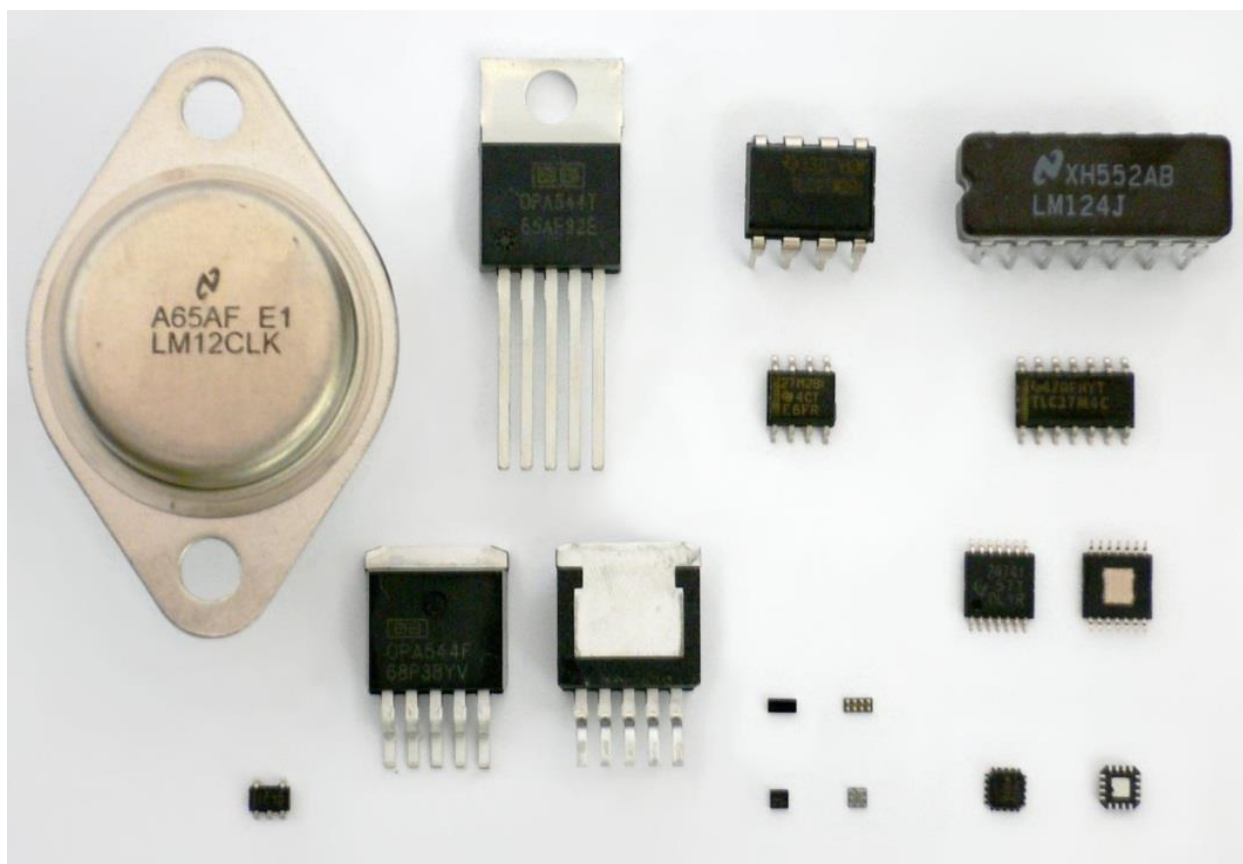
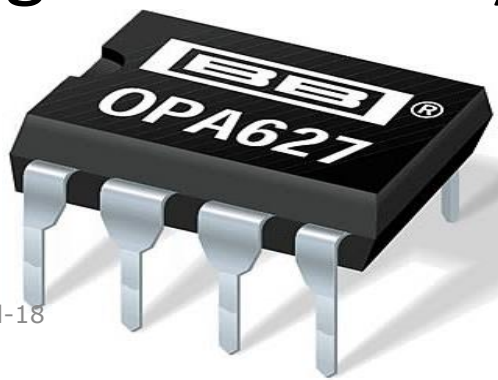


# KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN- OPAMP

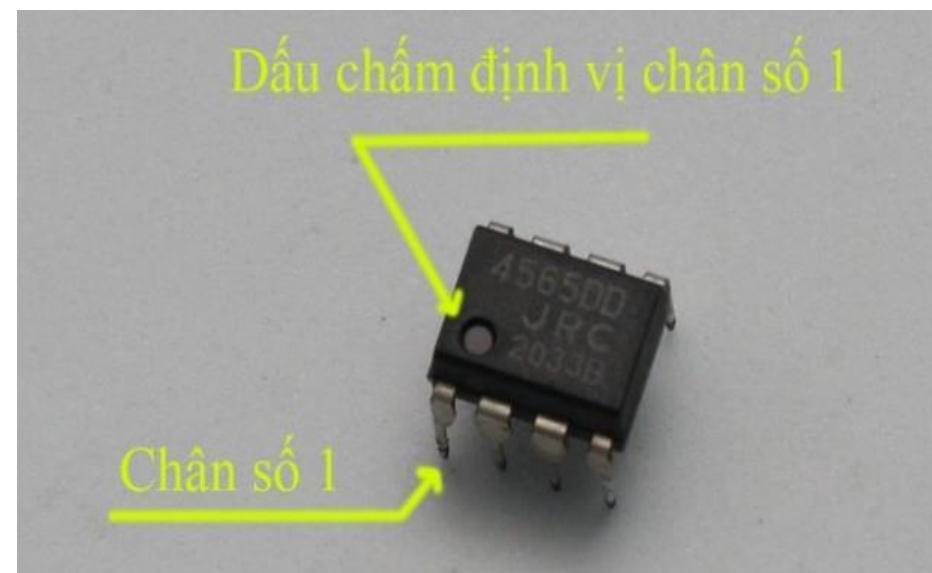
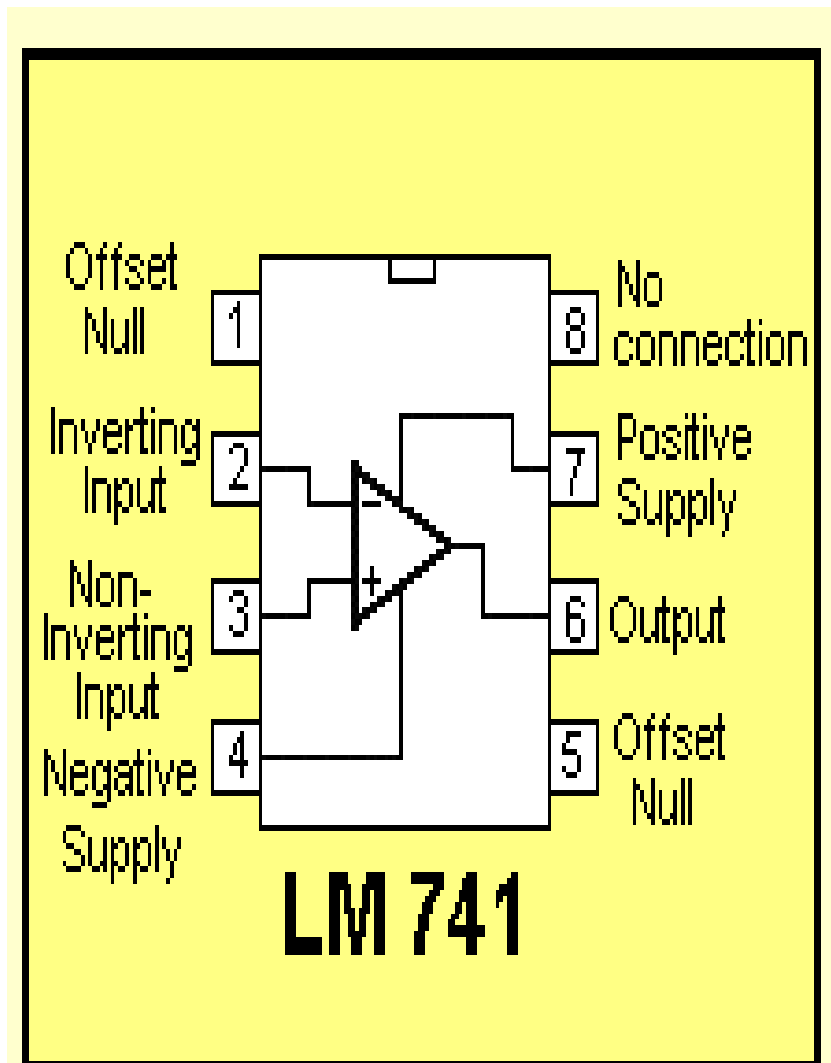


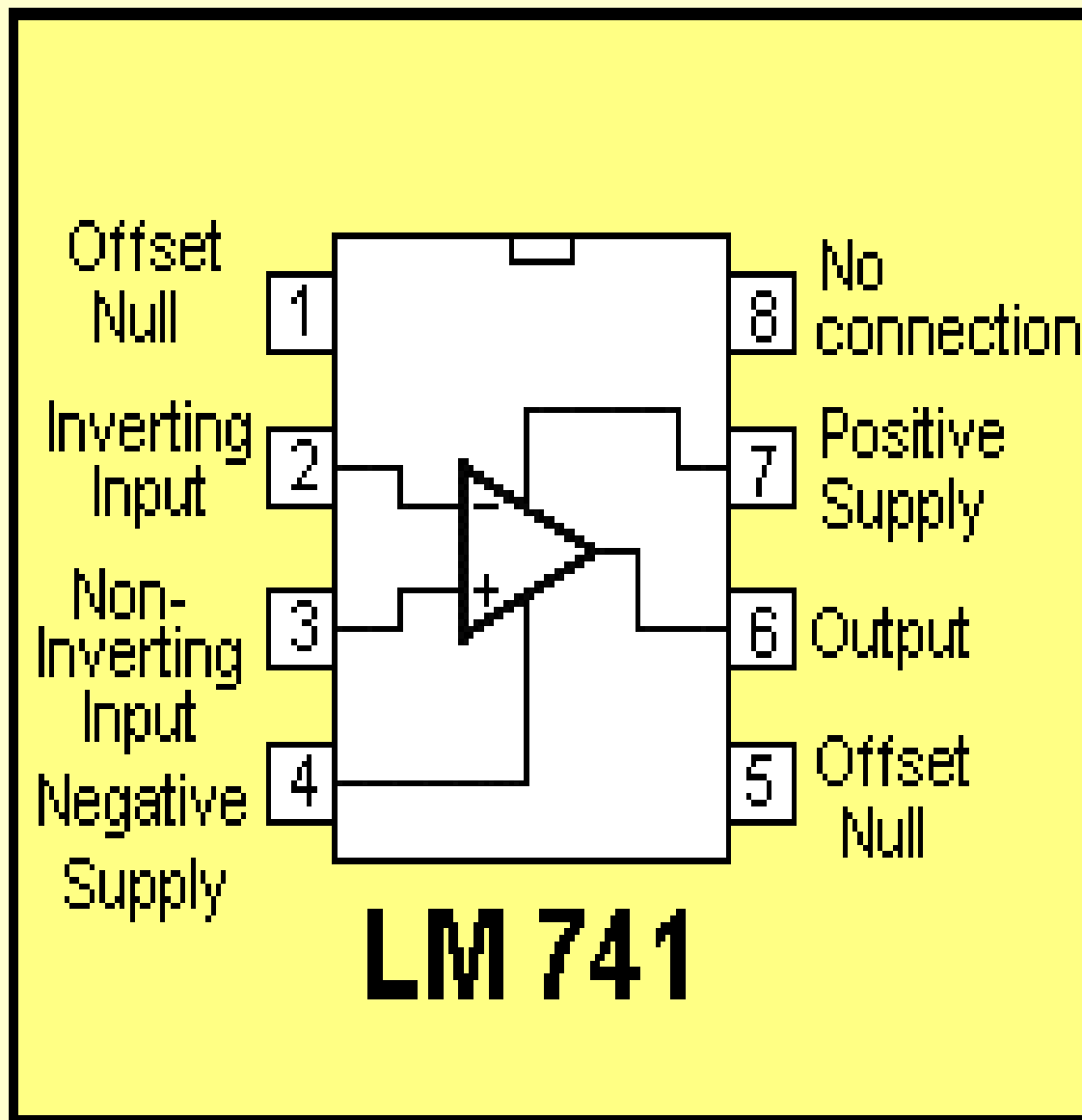
# 1. KHÁI NIỆM KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (KĐTT)

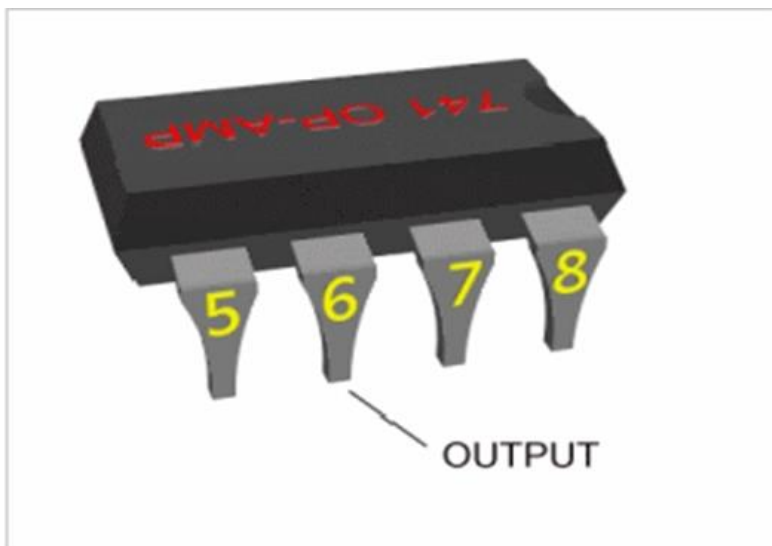
- Là viết tắt của từ: Operational Amplifier.
- Được sử dụng để thực hiện các phép toán trong miền tương tự (analog) như: cộng, trừ, nhân, chia, vi phân, tích phân ...
- Đây là một linh kiện có độ lợi rất cao và có độ ổn định cao khi có mạch hồi tiếp.
- Thường được chế tạo dưới dạng tích hợp (IC: integrated Circuit).

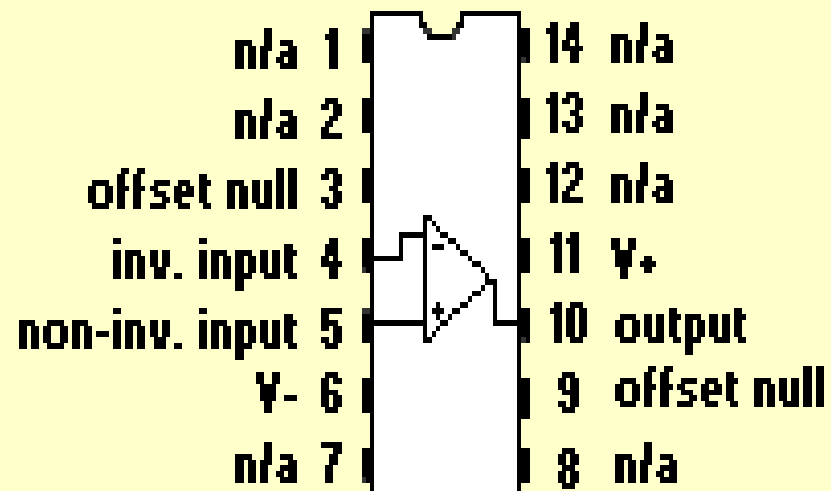
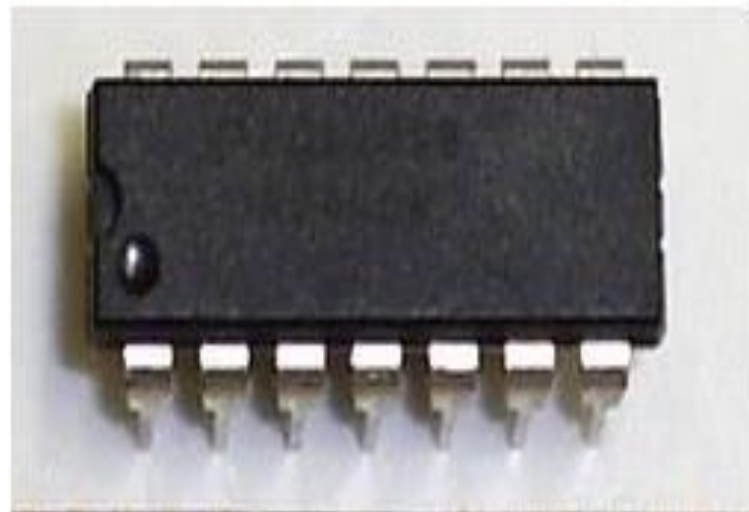


# Sơ đồ chân và hình dạng một op-amps điển hình



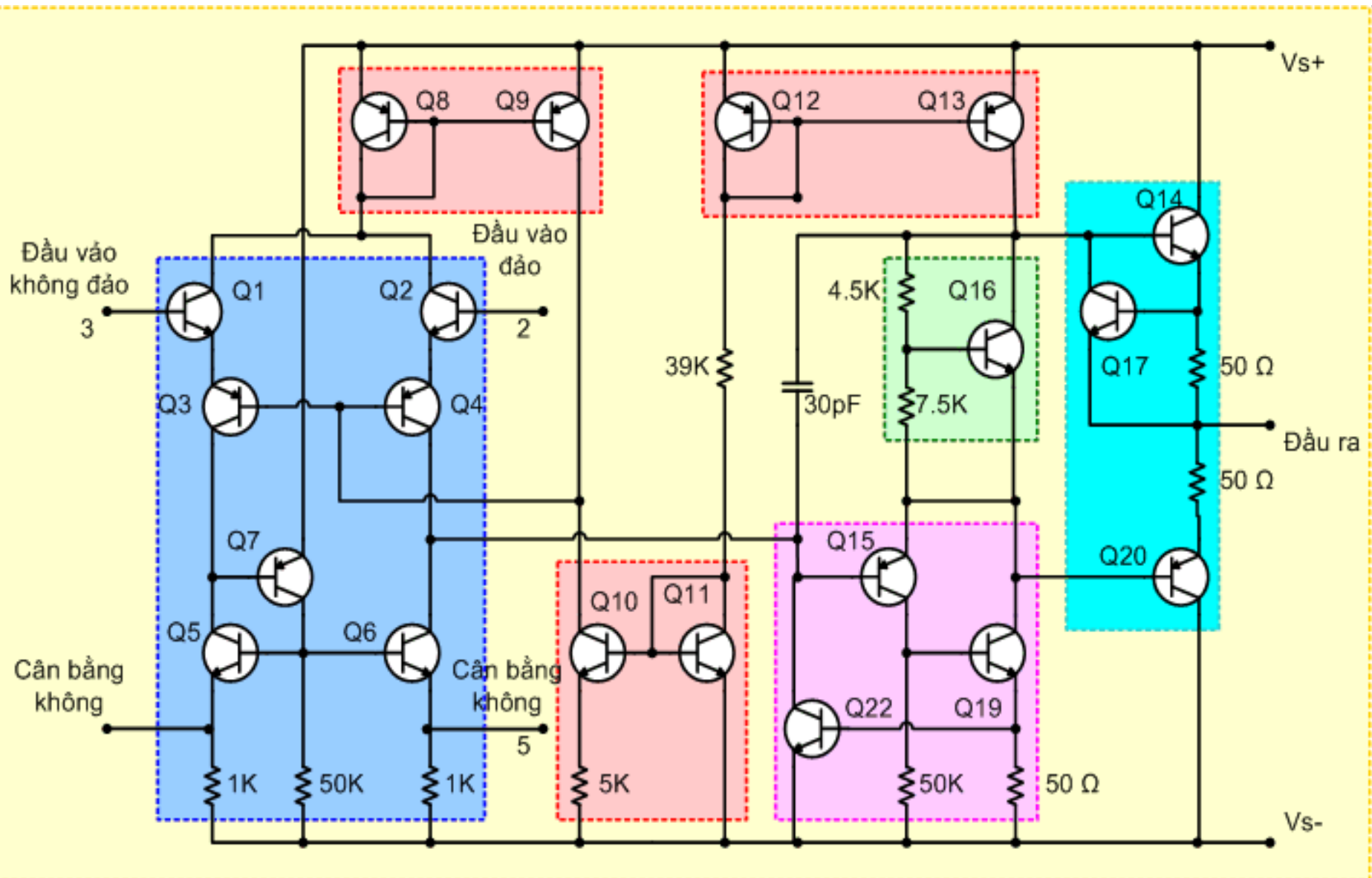




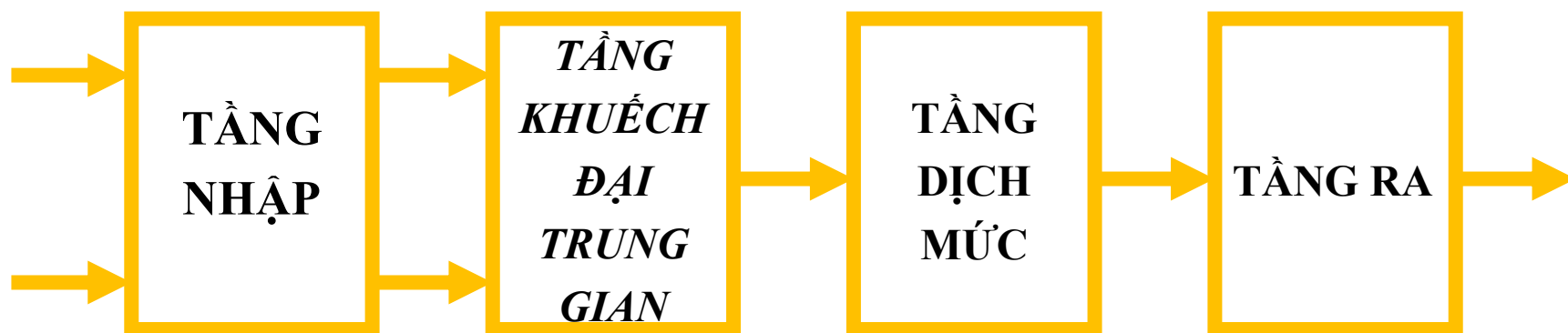


14-Pin

# Sơ đồ bên trong của mạch KĐ thuật toán 741



## 2. Cấu trúc cơ bản của một bộ khuếch đại thuật toán



- **Tầng nhập:** khuếch đại tín hiệu vi sai ngõ vào (hai ngõ vào: đảo và không đảo).
- **Tầng trung gian** cũng là mạch khuếch đại vi sai để tăng cường độ khuếch đại cho mạch. Gồm hai ngõ vào, ngõ ra bất cân bằng



- **Tầng dịch mức:** dùng để dịch mức DC vì mức DC khi ghép giữa các tầng có chênh lệch do ảnh hưởng của chế độ ghép trực tiếp.
- **Tầng ra:** thường là mạch Dalington hay mạch khuếch đại đẩy kéo bổ phụ nhằm tăng khả năng dòng ra và trở kháng ra nhỏ .

# Đặc tính và các thông số

## Điện áp offset vào :

Điện áp vào  $V_{i0}$  tại ngõ vào làm cho ngõ ra  $V_0 = 0V$  được gọi là điện áp vào offset.

$V_{i0}$  có thể có giá trị âm hoặc dương tuy nhiên giá trị tuyệt đối càng nhỏ càng tốt

## Dòng offset vào:

Là dòng tại ngõ vào khi điện thế ra là  $0V$ . Giá trị  $I_{i0}$  càng nhỏ càng tốt

## Dòng định thiên vào

Dòng này được định nghĩa là dòng trung bình của  $I_{B1}$  và  $I_{B2}$  ( $I_B = (I_{B1} + I_{B2})/2$ )

## Điện trở vào vi sai

Là điện trở đo tại một đầu và đầu kia nối đất. Thông thường giá trị này rất cao từ vài trăm  $k\Omega$  đến khoảng  $M\Omega$ , đối với FET trở kháng này còn cao hơn nhiều, cỡ  $G\Omega$

## ■ Điện dung vào

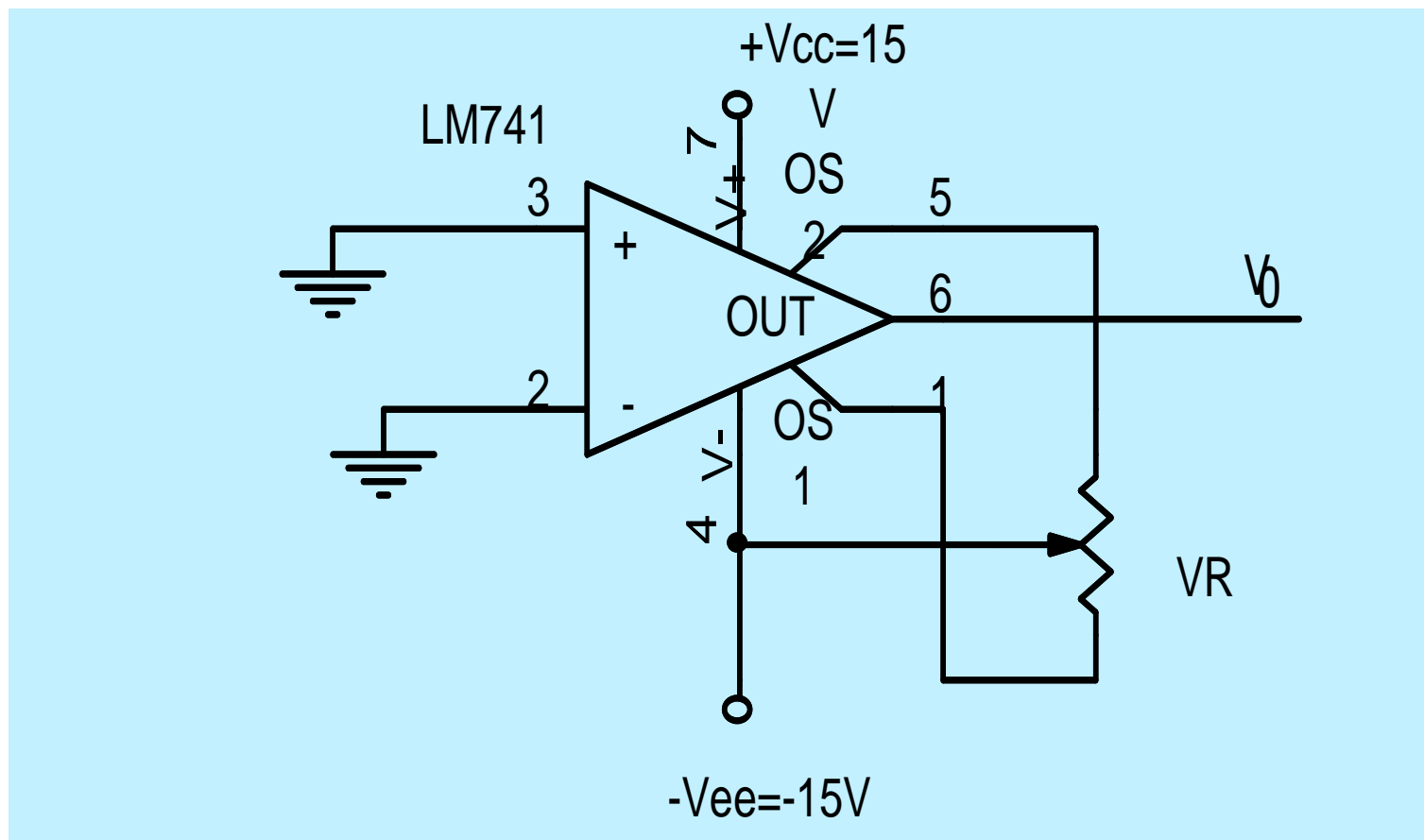
Được đo tại đầu cộng hoặc đầu trừ của op-amp còn đầu kia nối đất, giá trị này khoảng 1.4pF

## ■ Tầm chỉnh điện áp offset

Có khả năng chỉnh offset zero. Khi chỉnh biến trở làm thay đổi điện áp offset vào, đối với 741C có khả năng chỉnh là  $\pm 15\text{mV}$

## ■ Tầm điện áp vào

Là biên độ điện áp đồng pha lớn nhất ở ngõ vào khi mắc mạch như hình vẽ. Đối với 741C là  $\pm 13\text{V}$



**CMRR:**(Common Mode Rejection Ratio) Là tỷ số của hệ số khuếch đại vi sai chia cho hệ số khuếch đại đồng pha như trong mạch vi sai

$$CMRR = \frac{A_d}{A_{cm}}$$

$$A_{cm} = \frac{V_{ocm}}{V_{cm}}$$

$V_{ocm}$  là áp ra đồng pha

$V_{cm}$  là áp vào đồng pha

## •Tỉ số nén nguồn cung cấp

Sự thay đổi nguồn cung cấp dẫn đến sự thay đổi điện áp offset  $V_{io}$  tỷ số đặc trưng là SVRR (Supply voltage rejection ratio) hoặc là PSRR (Power supply rejection ratio) hoặc PSS (Power supply sensitivity) Đơn vị  $\mu V/V$  hoặc dB

$$SVRR = \frac{\Delta V_{io}}{\Delta V}$$

## ■ Swing điện áp

Thông thường điện áp đỉnh đỉnh thường bé hơn  $+V_{CC}$  và  $-V_{EE}$

## ■ Điện trở ra

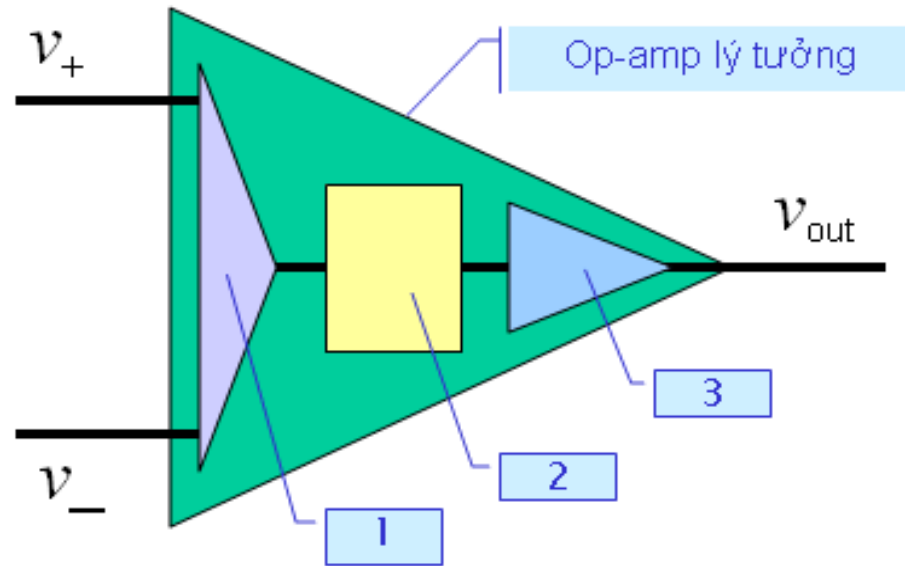
Điện trở  $R_O$  là điện trở đo từ ngõ ra so với đất, đối với 741C là  $75\Omega$

## ■ Dòng ngắn mạch ra

Là dòng ngắn mạch lớn nhất ở ngõ ra .



# Op-Amps lý tưởng



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

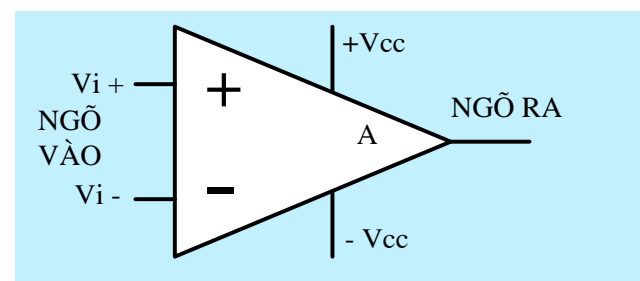
- **Khối 2:** Tầng KĐ trung gian, bao gồm nhiều tầng KĐ vi sai mắc nối tiếp nhau tạo nên một mạch KĐ có hệ số KĐ rất lớn, nhằm tăng độ nhạy cho Op-Amps. Trong tầng này còn có tầng dịch mức DC để đặt mức phân cực DC ở ngõ ra.
- **Khối 3:** Đây là tầng KĐ đệm, tầng này nhằm tăng dòng cung cấp ra tải, giảm tổng trở ngõ ra giúp Op-Amps phối hợp dễ dàng với nhiều dạng tải khác nhau.

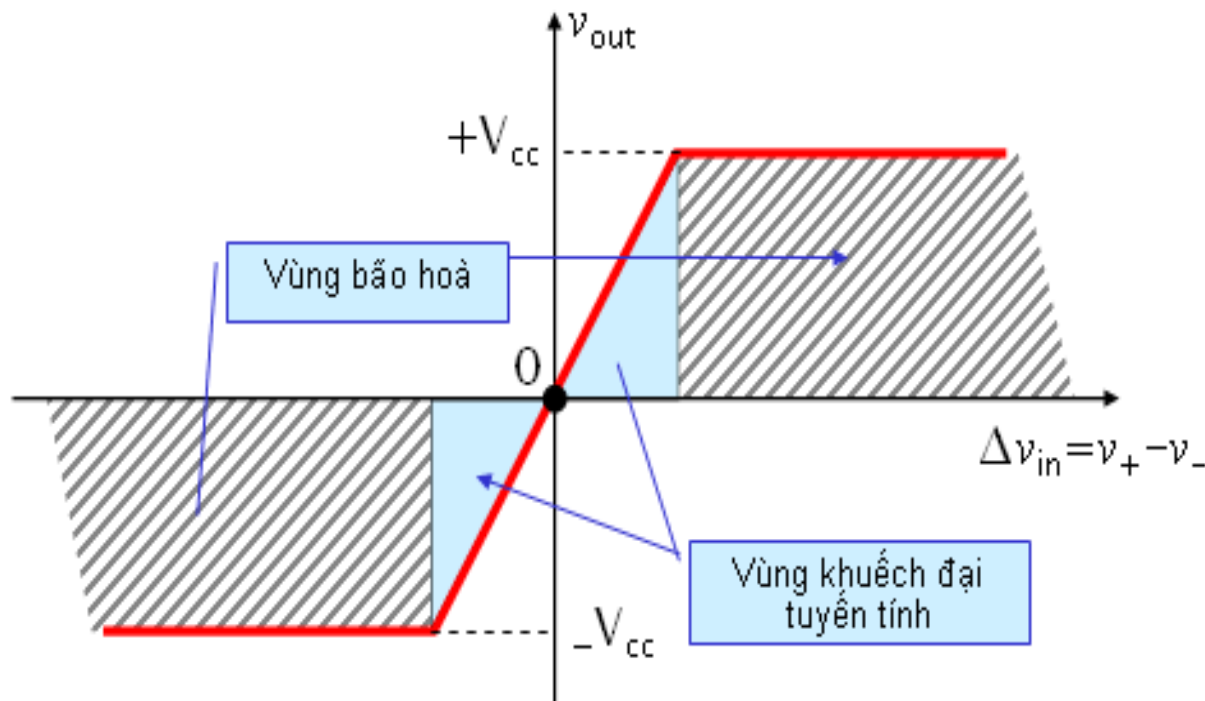
## Các đặc tính của một op-amp lý tưởng:

Một op-amp lý tưởng phải thoả mãn các điều kiện sau đây:

- Độ lợi áp là  $\infty$
- Tổng trở ngõ vào  $R_i = \infty$
- Băng thông  $BW = 0$  đến  $\infty$
- $CMRR = \infty$
- Slew Rate:  $SR = \infty$ .
- Khi ngõ vào ở 0 volt, ngõ ra luôn ở 0 volt.

- Hai ngõ vào( ngõ vào đảo có điện áp  $V_i^-$ , ngõ vào không đảo có điện áp  $V_i^+$ )
- Một ngõ ra có điện áp  $V_o$
- Nguồn cấp điện  $\pm V_{cc}$
- Trạng thái ngõ ra không có mạch hồi tiếp về ngõ vào gọi là trạng thái vòng hở.
- Hệ số khuếch đại vòng hở:  $A_{v0}$





Theo đặc tuyến truyền đạt điện áp vòng hở của KĐTT có 3 vùng làm việc:

- Vùng khuếch đại:  $V_0 = A_{vo} \cdot \Delta V_i$  nằm trong khoảng  $\pm V_s$
- Vùng bão hòa dương:  $V_0 = +V_{cc}$ ,  $\Delta V_i > V_s$
- Vùng bão hòa âm:  $V_0 = -V_{cc}$ ,  $\Delta V_i < -V_s$

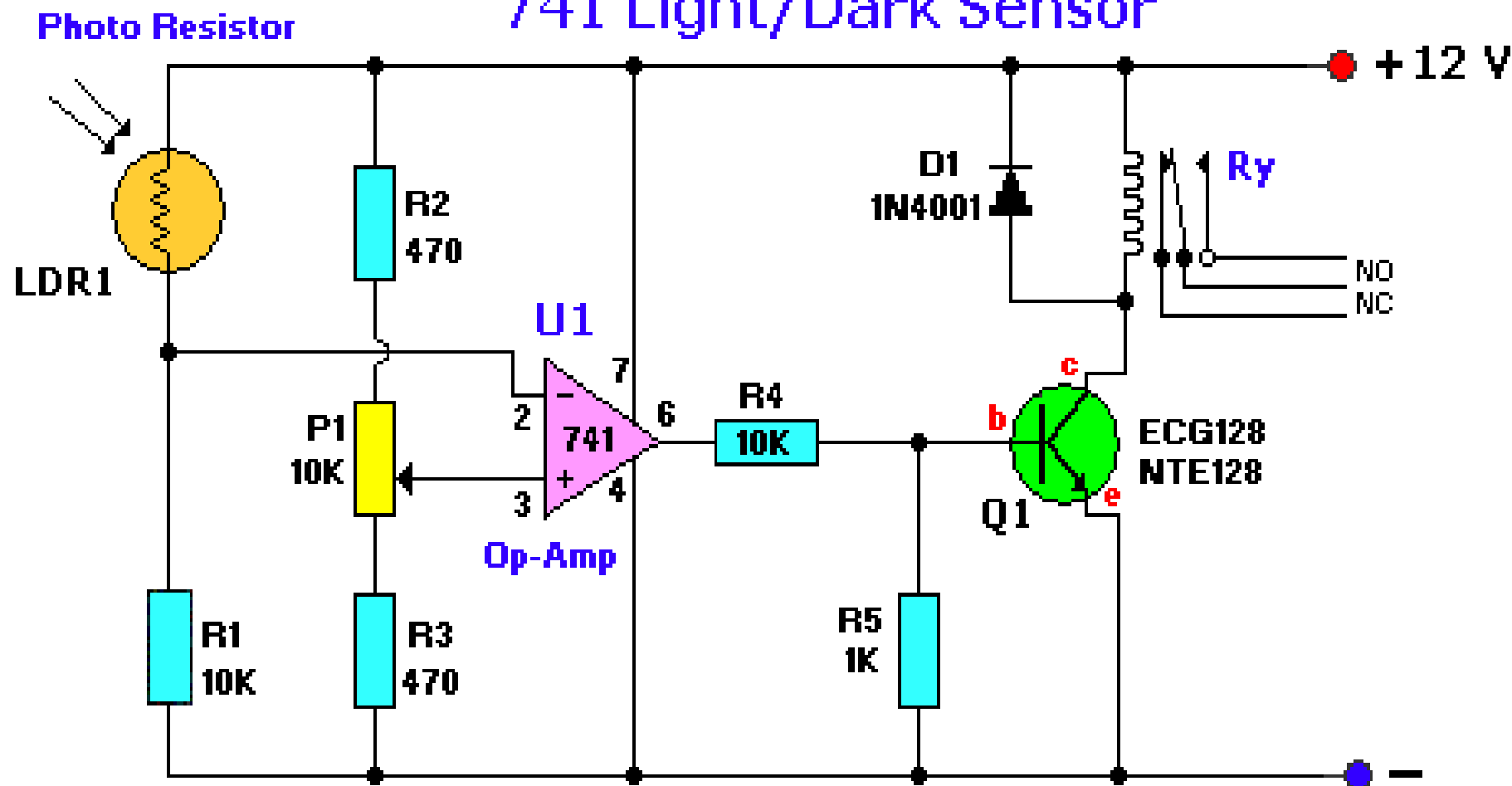
*( $\pm V_s$  là các mức ngưỡng của điện áp vào)*

## Đáp ứng tín hiệu ra $V_0$ theo cách đưa tín hiệu vào

- Đưa tín hiệu vào ngõ vào đảo:  $V_0 = -A_{v0} V_i^-$
- Đưa tín hiệu vào ngõ vào không đảo:  $V_0 = A_{v0} V_i^+$
- Đưa tín hiệu vào đồng thời cả 2 ngõ( gọi là tín hiệu vào vi sai)  $V_0 = A_{v0}(V_i^+ - V_i^-) = A_{v0} \Delta V_i$
- Ở trạng thái tĩnh,  $V_i^+ = V_i^- = 0$  suy ra  $V_0 = 0$

$$V_o = A_{v0}(V_{i^+} - V_{i^-})$$

## 741 Light/Dark Sensor



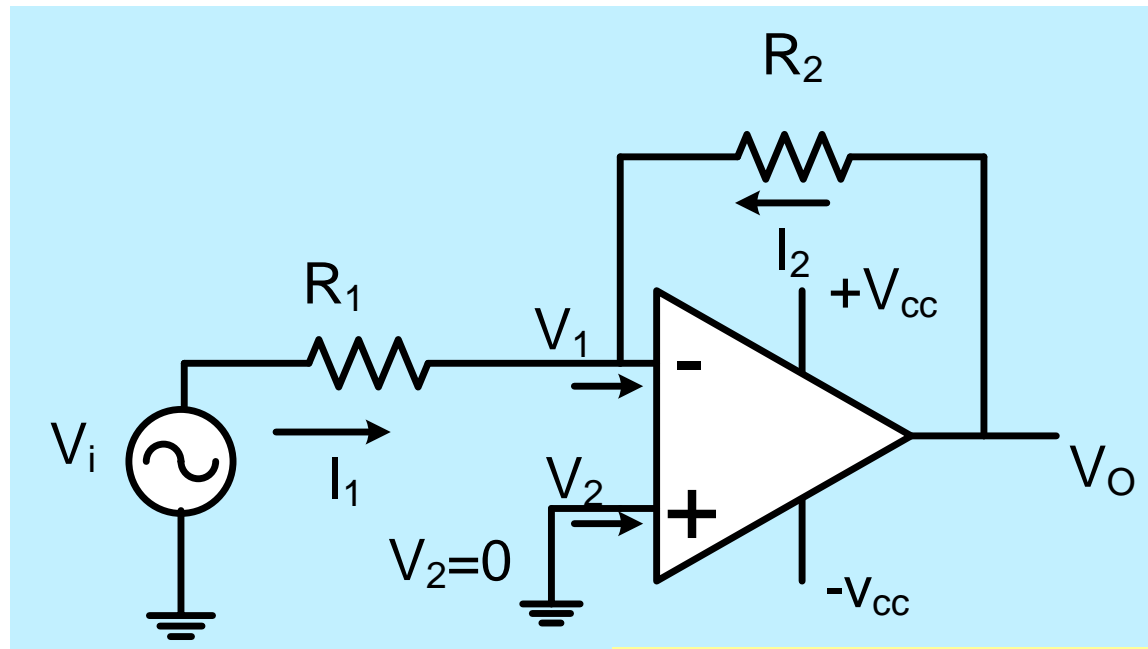
- Relais closes when no light falls on LDR1
- For reversed action, exchange LDR1 and R1
- Sensitivity can be adjusted with P1
- D1 prevents sparking of relay-coil when it opens

**Fig. 12**

# 3. CÁC MẠCH ỨNG DỤNG CƠ BẢN CỦA KĐT

## 3.1. Mạch khuếch đại đảo (Inverting Amplifier)

Tín hiệu ngõ ra đảo pha so với tín hiệu ngõ vào

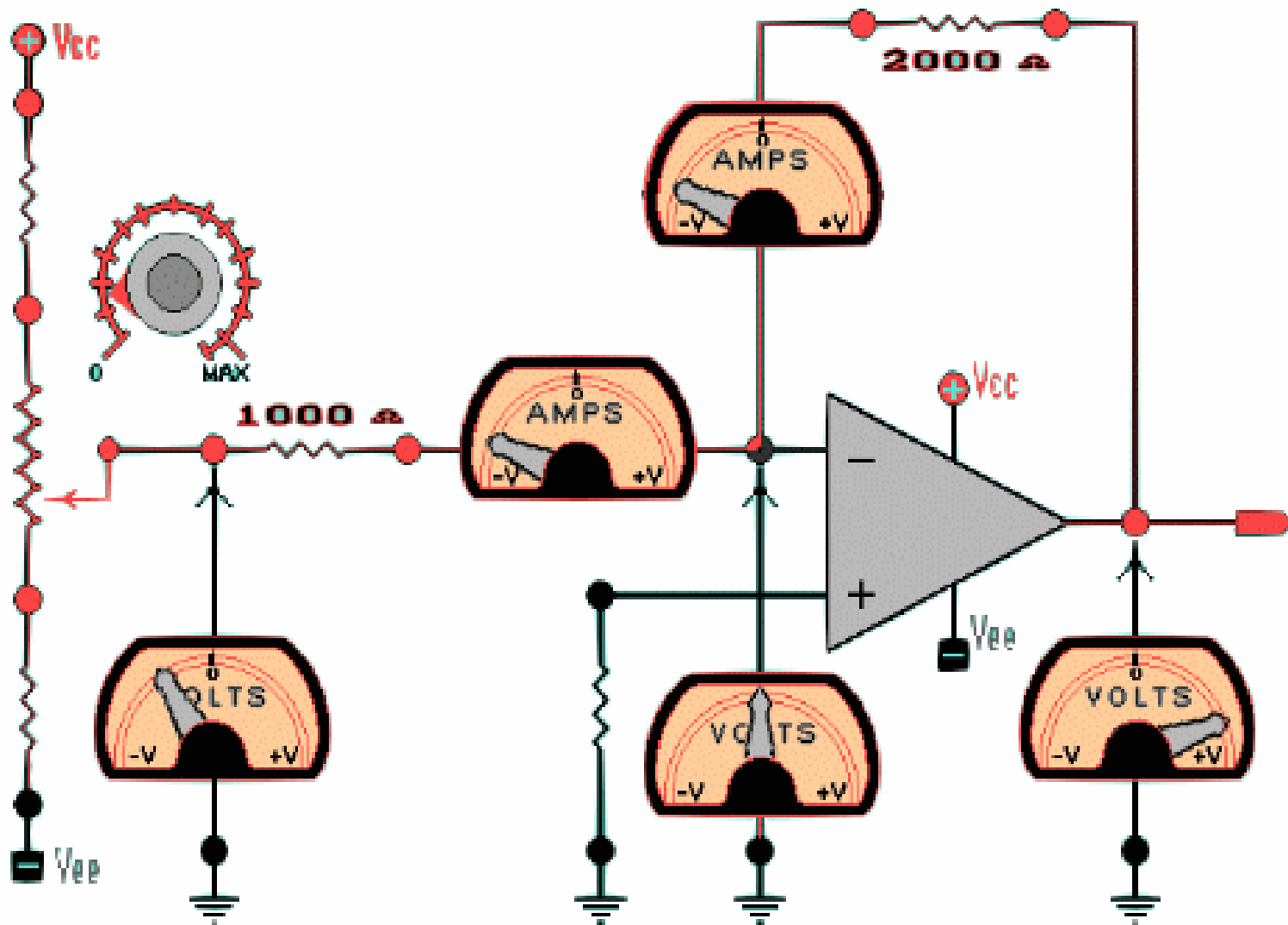


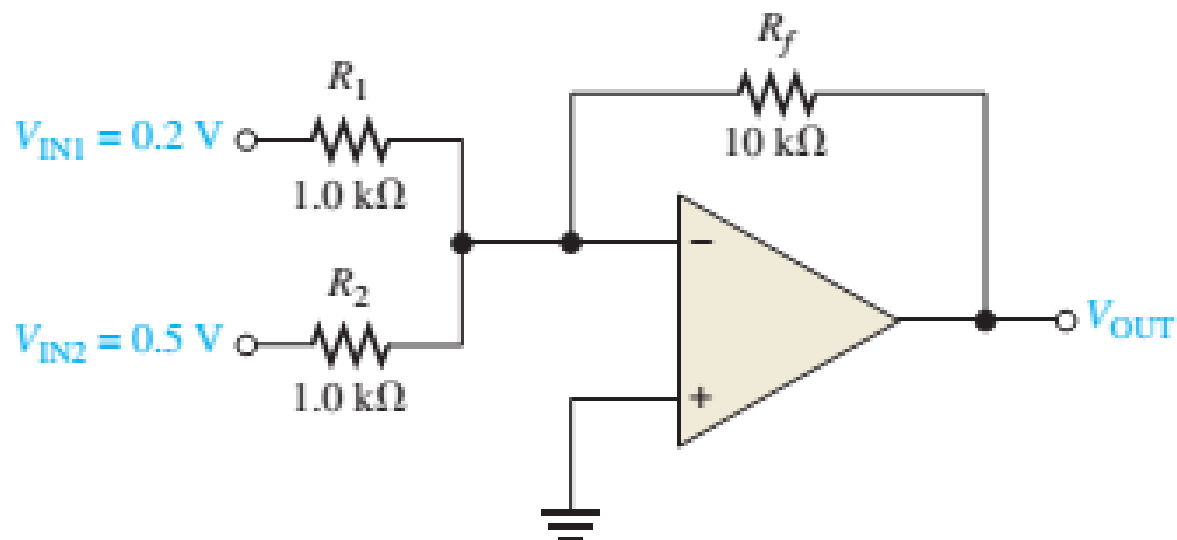
$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$



# (Inverting Amplifier)



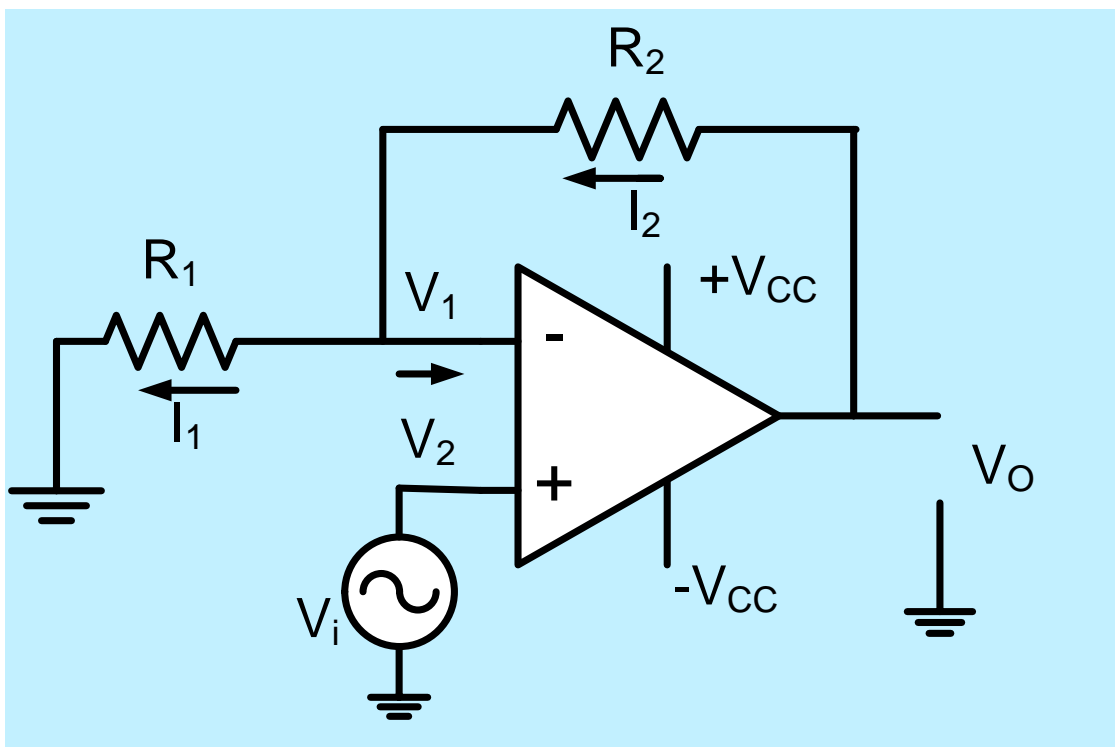


$R_f = 10 \text{ k}\Omega$  and  $R = R_1 = R_2 = 1.0 \text{ k}\Omega$ . Therefore,

$$V_{\text{OUT}} = -\frac{R_f}{R}(V_{\text{IN1}} + V_{\text{IN2}}) = -\frac{10 \text{ k}\Omega}{1.0 \text{ k}\Omega}(0.2 \text{ V} + 0.5 \text{ V}) = -10(0.7 \text{ V}) = -7 \text{ V}$$

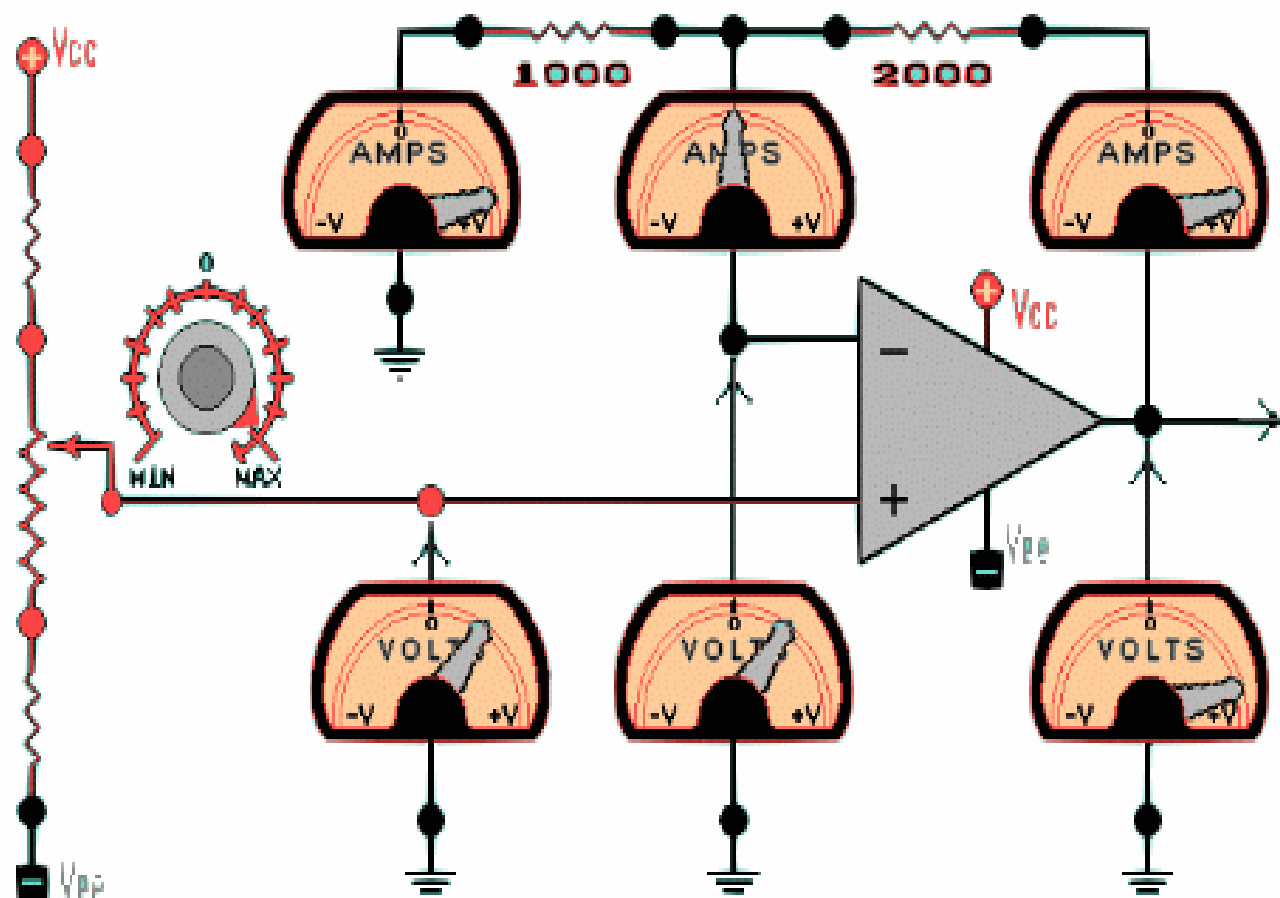
## 3.2 Mạch khuếch đại không đảo (Non\_inverting Amplifier)

Tín hiệu ngõ ra cùng pha so với tín hiệu ngõ vào



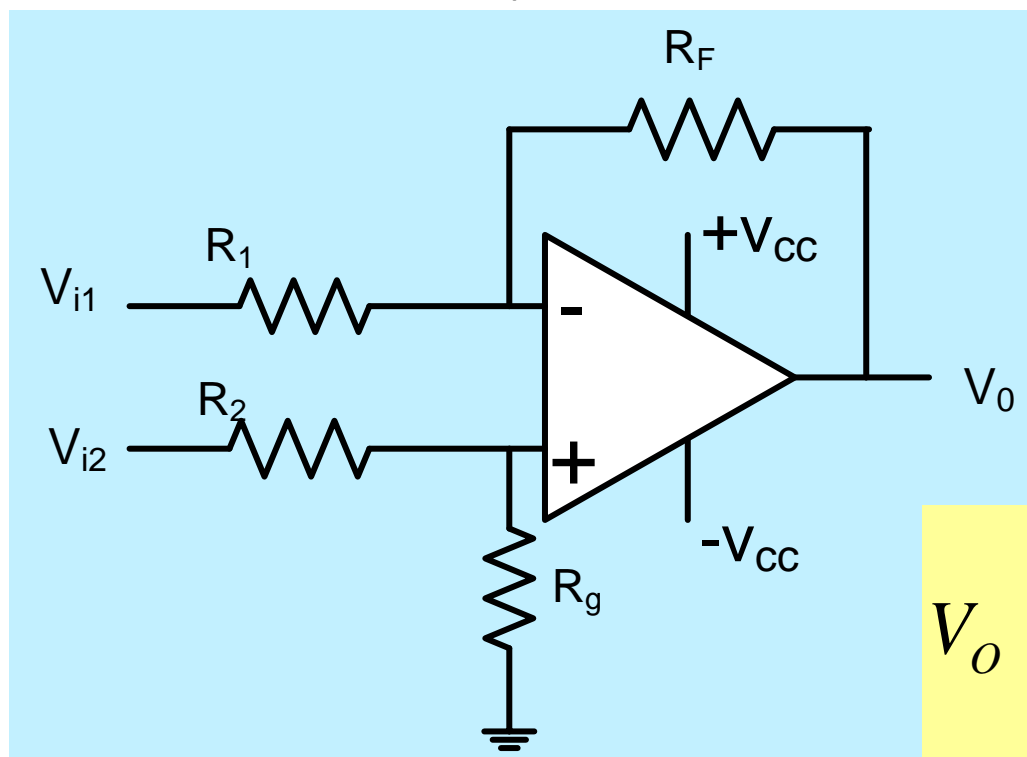
$$V_o = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_i$$

# (Non-Inverting)



### 3.3. Mạch khuếch đại vi sai( Mạch trừ) (Differential amplifier)

Mạch chỉ khuếch đại khi giữa hai tín hiệu ngõ vào có sự sai lệch về điện áp



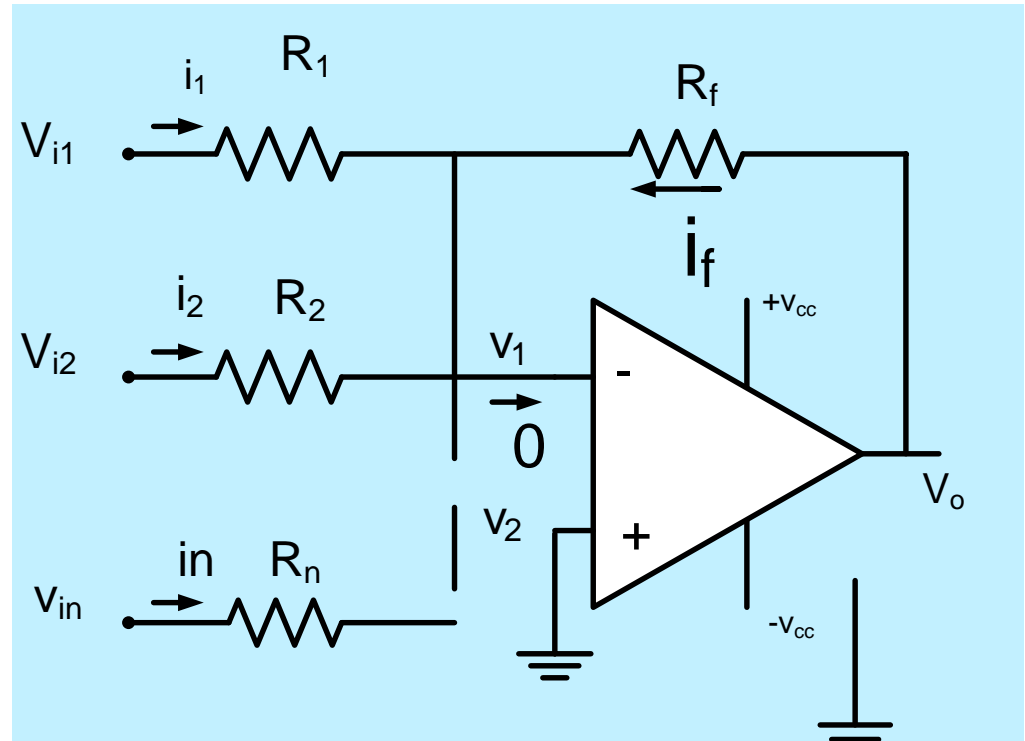
$$V_O = V_2 \left( \frac{(R_f + R_1)R_g}{(R_f + R_2)R_1} \right) - V_1 \left( \frac{R_f}{R_1} \right)$$

### 3.4. Mạch cộng đảo (Summing amplifier)

Tín hiệu ngõ ra là tổng giữa các thành phần ngõ vào nhưng trái dấu

$$i_1 + i_2 + i_3 \dots + i_n = -i_F$$

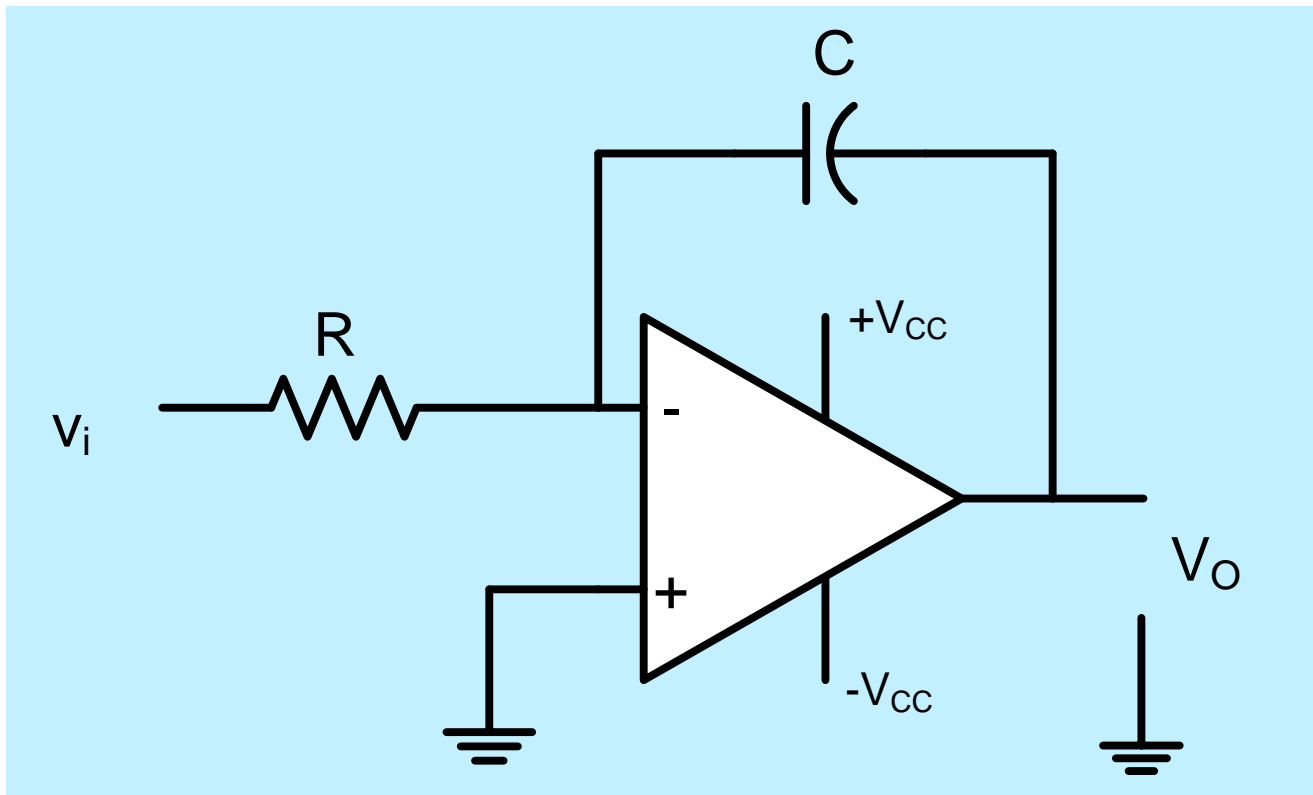
$$V_o = \sum_{i=1}^n -\frac{R_F}{R_i} V_{ii}$$



## 3.5. Mạch tích phân (Integrator)

Tín hiệu ngõ ra là tích phân tín hiệu ngõ vào

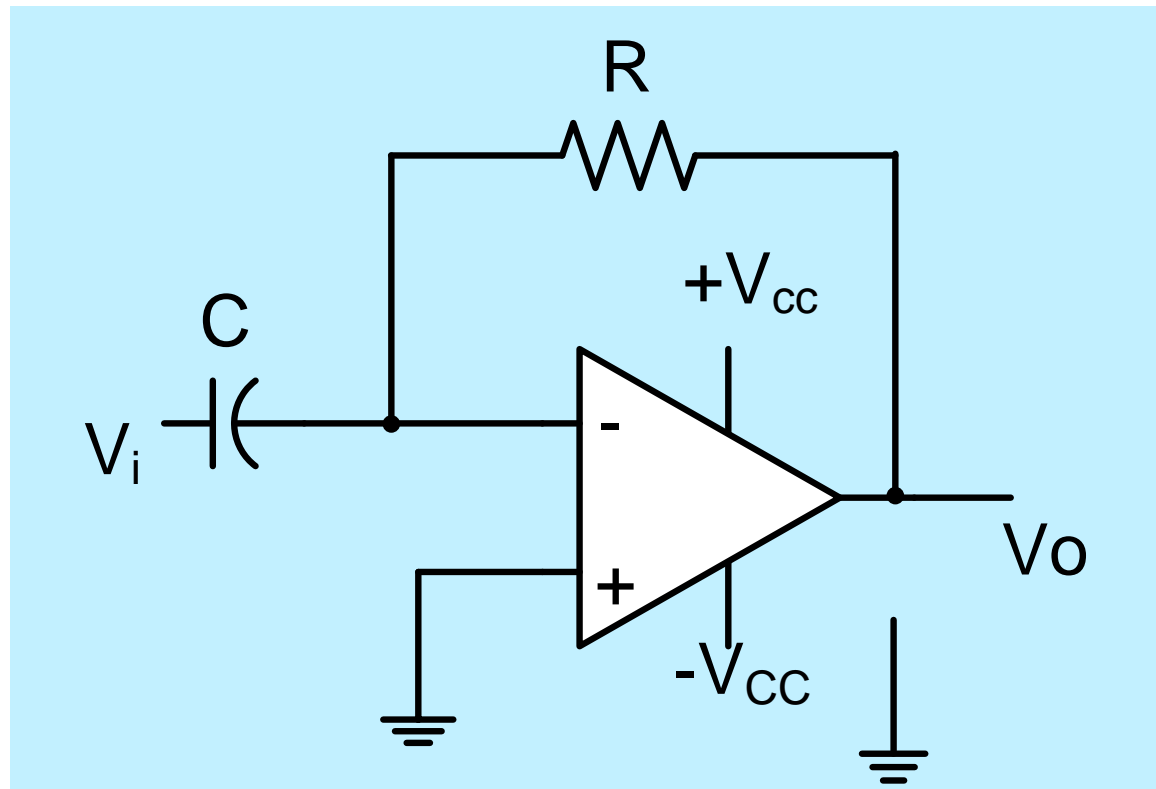
$$V_o = -\frac{1}{C} \int i dt = -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$



## 3.6. Mạch vi phân (Differentiator)

Tín hiệu ngõ ra là vi phân tín hiệu ngõ vào

$$V_o = -RC \frac{dV_i}{dT}$$

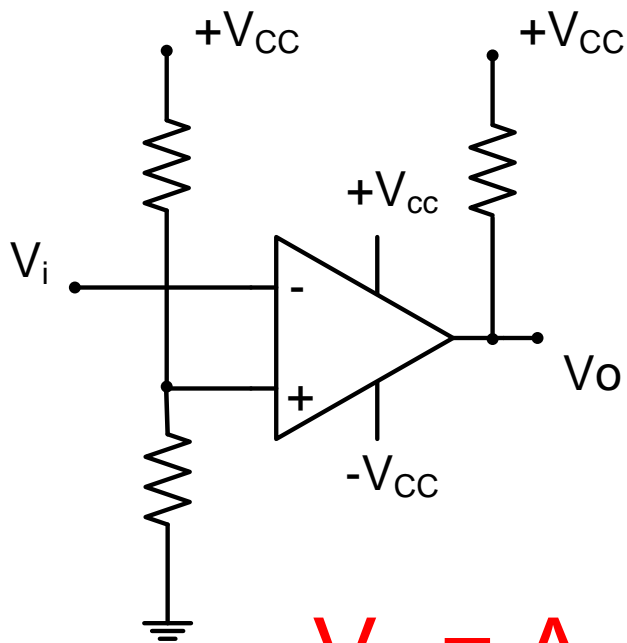




## 3.7 Mạch so sánh

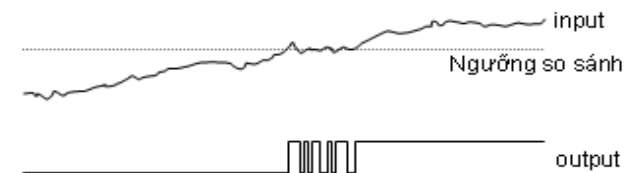
Mạch này để so sánh hai tín hiệu điện áp, và sẽ chuyển mạch ngõ ra để hiển thị mạch nào có điện áp cao hơn.

(Trong đó  $V_s$  là điện áp nguồn, và mạch sẽ được cấp nguồn từ  $+V_s$  và  $-V_s$ .)

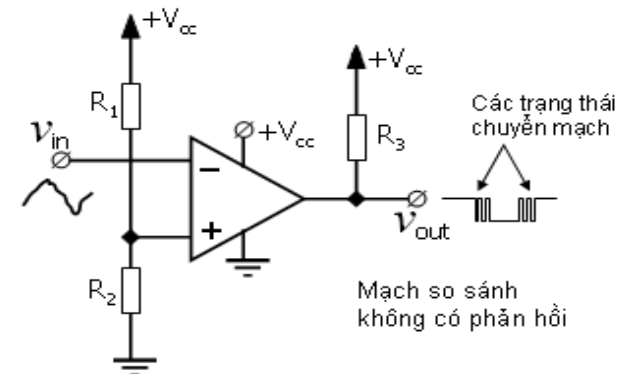


$$V_o = A_{v0}(V_{i^+} - V_{i^-})$$

$$V_{out} = \begin{cases} V_{S+} & V_1 > V_2 \\ V_{S-} & V_1 < V_2 \end{cases}$$

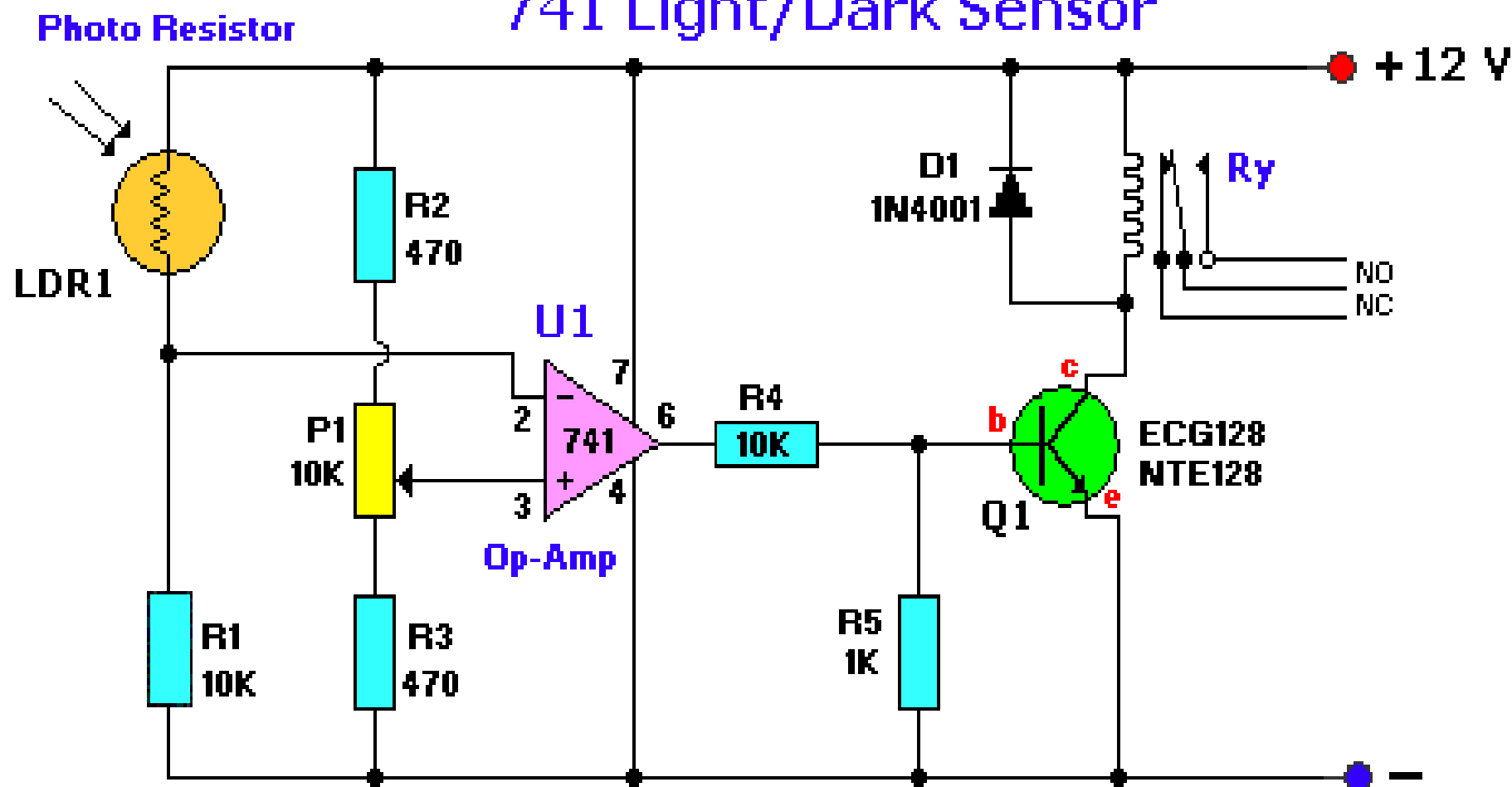


Quan hệ giữa điện áp ngõ ra với ngõ vào



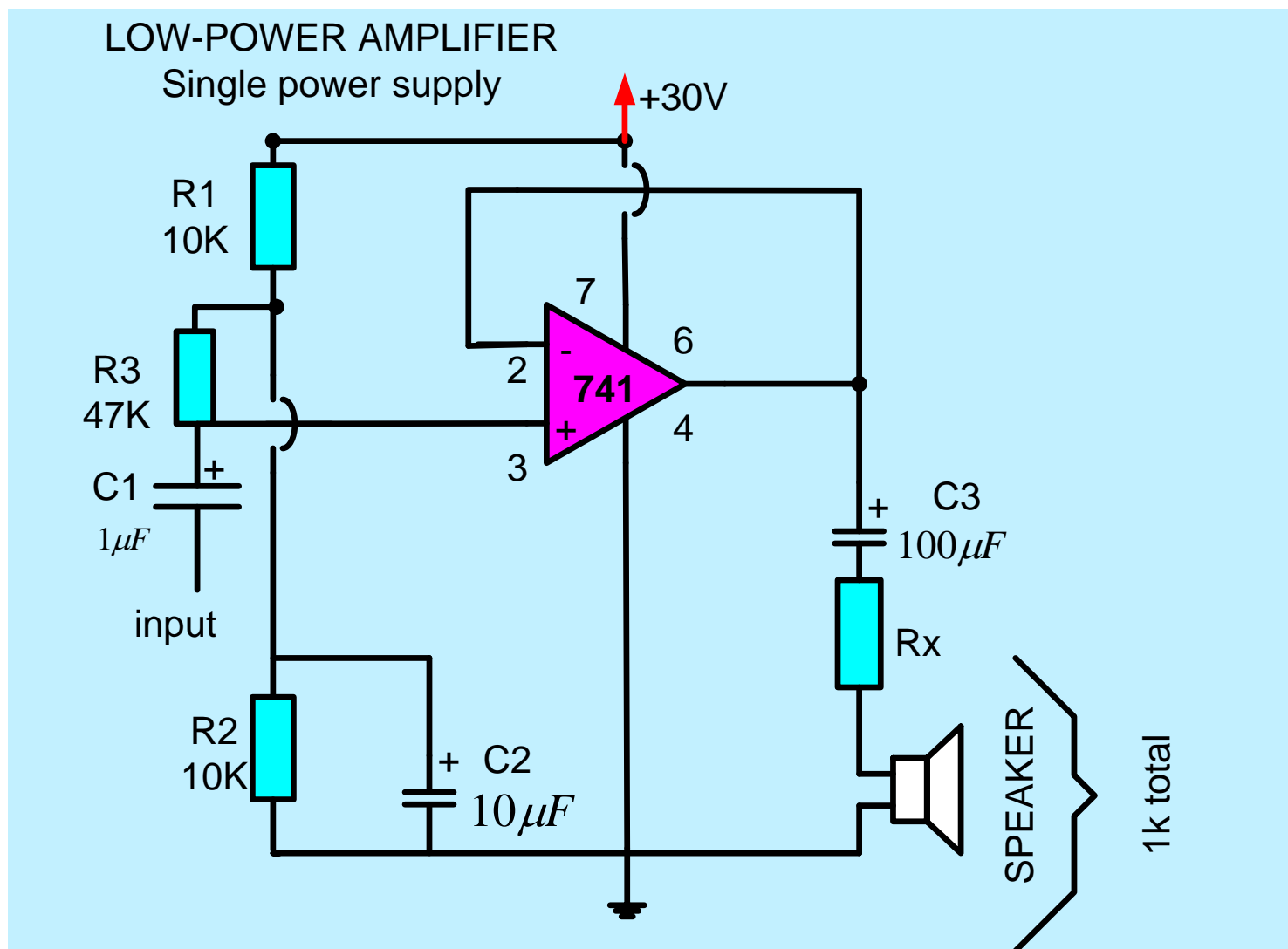
# 4. Ứng dụng của opamp

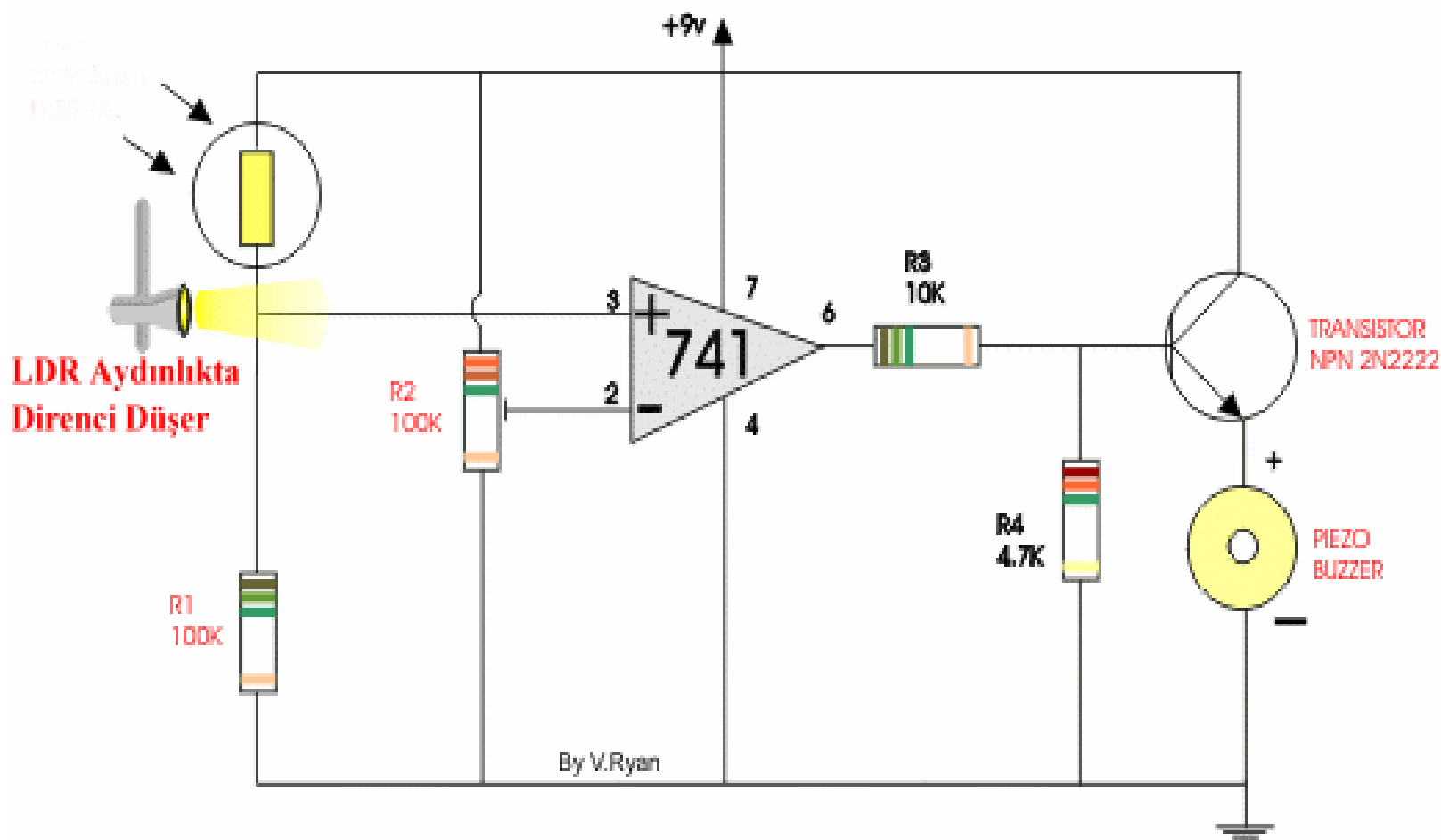
## 741 Light/Dark Sensor



- Relais closes when no light falls on LDR1
- For reversed action, exchange LDR1 and R1
- Sensitivity can be adjusted with P1
- D1 prevents sparking of relay-coil when it opens

**Fig. 12**





# Simulation (ProSPICE/VSM)

