

# DOMANDE PER AUTOVERIFICA

## CIRCUITI COMPARATORI

Prof. Hajj Ali

<https://digilander.libero.it/alihajj/>  
<https://www.youtube.com/@alihajj9994>

Per info

[hajjali2000@yahoo.it](mailto:hajjali2000@yahoo.it)

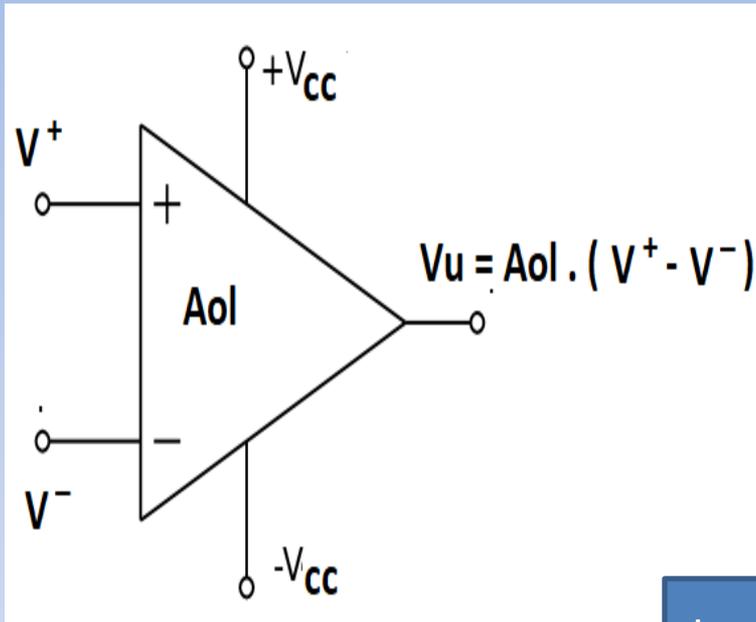
### SCOPO:

Comprendere come vengono utilizzati gli amplificatori operazionali (Op-Amp) nei circuiti comparatori

### CONOSCENZA PRECEDENTE:

Nozioni di base sugli amplificatori operazionali, partitore di tensione, potenziometri, LDR, termistori e proprietà dei LED

# Nozioni di base sull'Op-Amp



- Un Op-Amp usato come comparatore ha due ingressi chiamati:

- Ingresso non invertente (+)
- Ingresso invertente(-)

In realtà, l'output di un comparatore è **ON** oppure **OFF**.

Impara  
Questi  
Nomi

- Il circuito comparatore riceve ingressi analogici e produce un'uscita digitale. È un convertitore da digitale ad analogico (DAC) a 1 bit

# Nozioni di base sul comparatore

La funzionalità base è:

Se l'ingresso **non invertente** ha una tensione SUPERIORE rispetto all'ingresso **invertente**  $\Rightarrow$  L'uscita sarà ON

(o almeno il più vicino possibile all'alimentazione positiva  $\Rightarrow$   $(V_{sat} = V_{cc} - 2)$ )

Se l'ingresso **non invertente** ha una tensione INFERIORE rispetto all'ingresso **invertente**  $\Rightarrow$  L'uscita sarà OFF

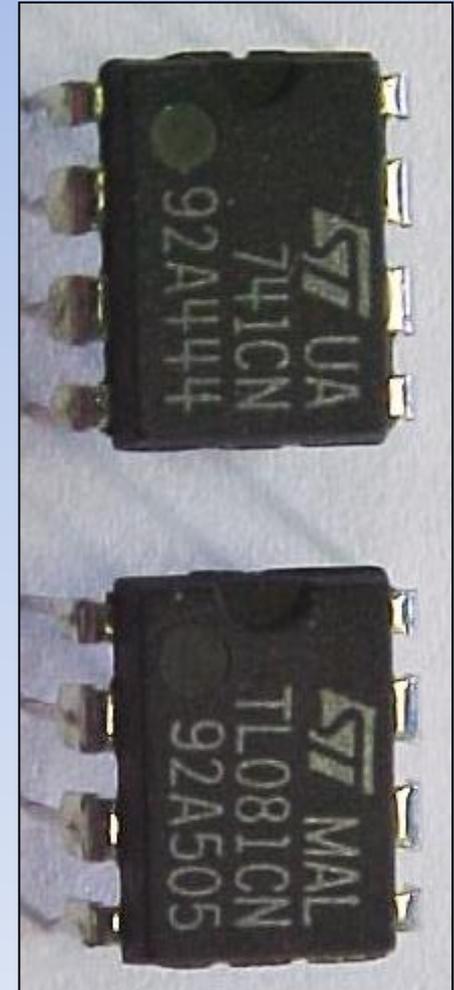
(o almeno il più vicino possibile all'alimentazione negativa  $\Rightarrow$   $(-V_{sat} = -V_{cc} + 2)$ )

Devi solo sapere questo...  
è quello che fanno

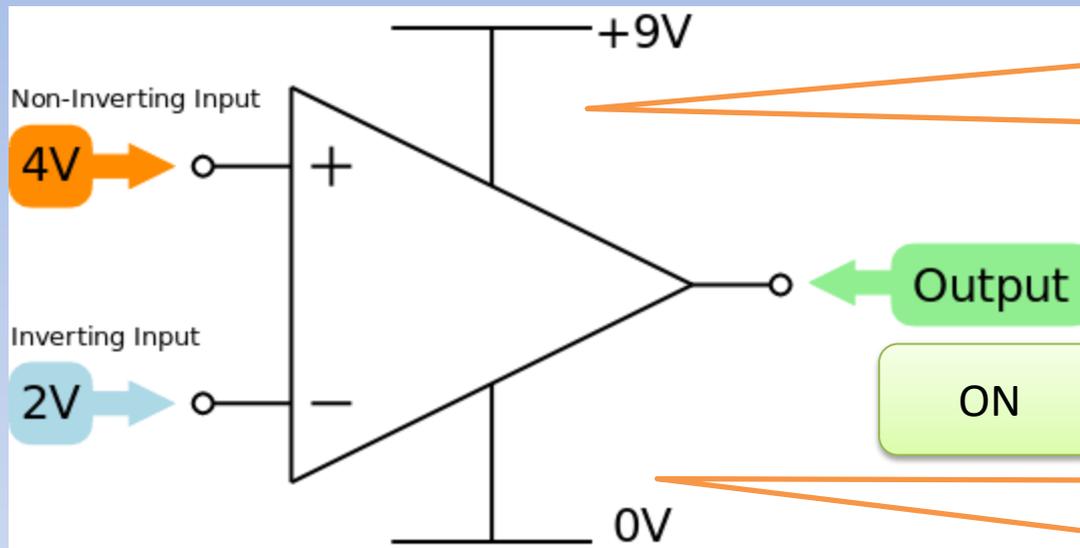
# Una nota sui comparatori reali

Gli amplificatori operazionali come il 741 o lo 081 sono ideali come comparatori, ma è importante ricordare i seguenti punti:

- La tensione di uscita massima è di circa 2 volt in meno rispetto all'alimentazione positiva.
- La tensione di uscita minima è di circa 2 volt al di sopra del negativo dell'alimentazione.
- Utilizzando un'alimentazione di  $\pm 15$  V si ottengono uscite di  $\pm 13$  V. Utilizzando un'alimentazione di 0 V e 9 V si ottengono uscite di 2 V e 7 V.
- Gli amplificatori operazionali possono generare e assorbire solo circa 10 mA, sufficienti per pilotare un LED ma non un motore o un relè.



# Esempio Circuito 1

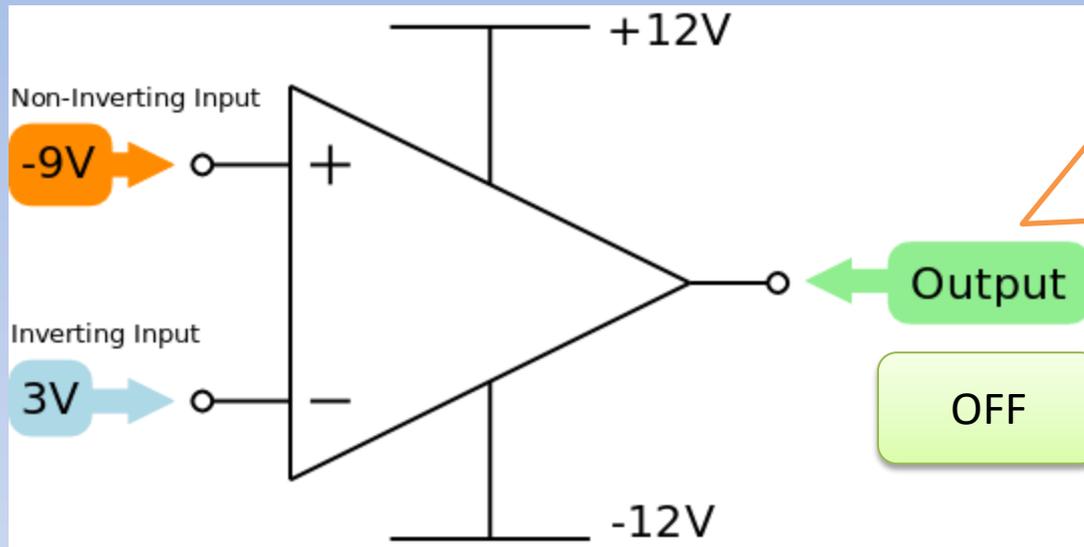


Per una uscita OFF, l'ingresso non invertente deve essere inferiore a 2V

OPPURE... aumentando l'ingresso invertente per superare 4V si avrà l'uscita OFF

- L'ingresso non invertente ha una tensione più alta dell'ingresso invertente e quindi l'uscita sarà ON
- L'alimentazione positiva è +9 V, l'uscita sarà +7 V

# Esempio Circuito 2

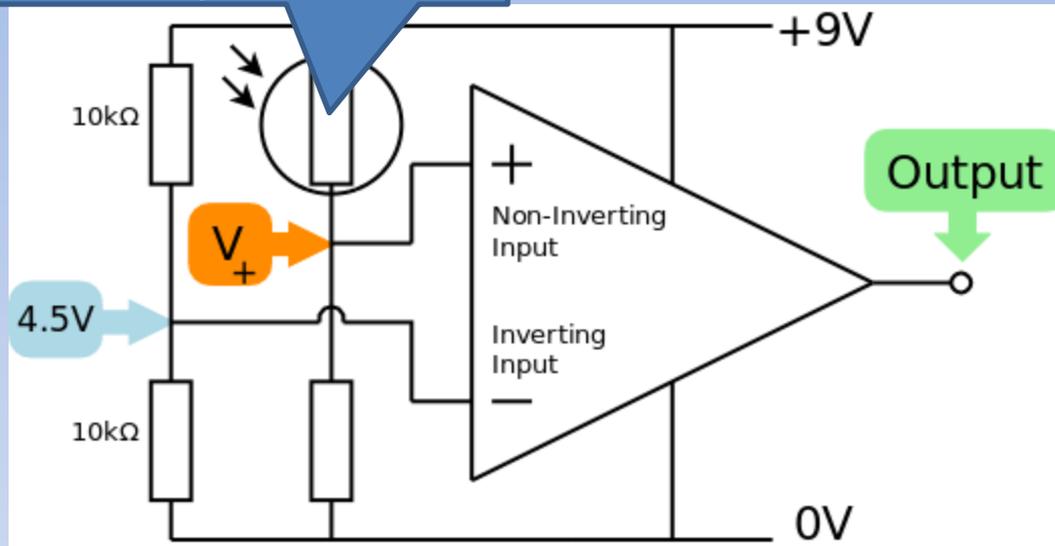


- La transizione dell'uscita da ON a OFF o viceversa quando i due ingressi sono uguali.
- L'OUTPUT passa da OFF a ON, quando l'ingresso non invertente aumenta lentamente fino a raggiungere 3 V

- L'ingresso Non Invertente con tensione negativa inferiore alla tensione dell'Ingresso Invertente e quindi l'Uscita è "OFF".
- In questo caso il negativo di alimentazione è -12 V quindi l'Output è -10 V e OFF

Un termistore potrebbe essere utilizzato al posto dell'LDR per realizzare un circuito sensibile alla temperatura

# Utilizzo di LDR (Light Dependent Resistor)

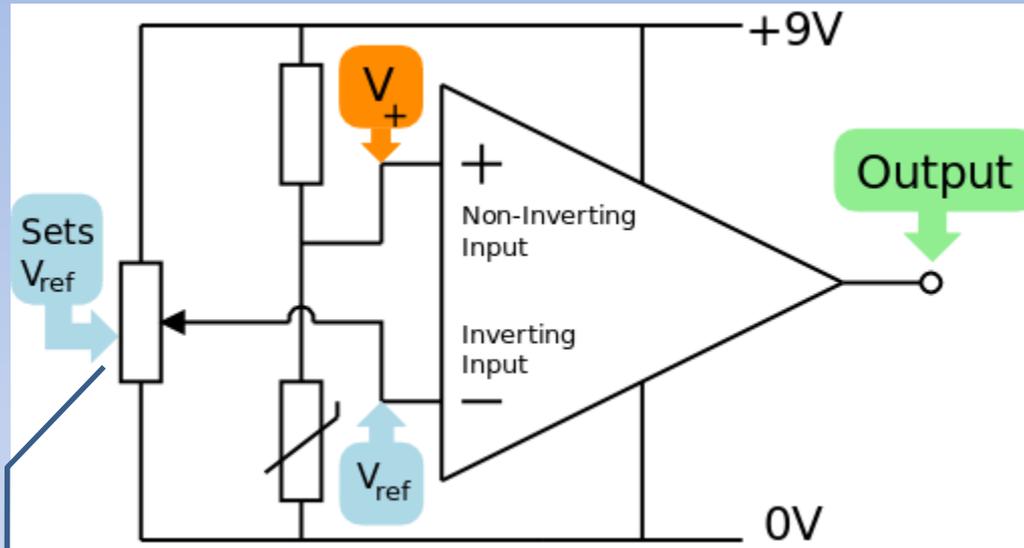


Nel BUIO la resistenza per l'LDR è alta e la tensione all'ingresso non invertente sarà molto bassa. L'uscita è OFF.

Man mano che il livello di luce aumenta, la resistenza dell'LDR diminuisce, la tensione di ingresso non invertente aumenta. L'uscita è ON

- La tensione di riferimento 4,5 V all'ingresso invertente dal partitore di tensione fisso non cambia con il livello di luce.
- La tensione all'ingresso non invertente cambia al variare del livello di luce. Quando diventa più luminoso,  $V_+$  aumenta.

# Utilizzo del potenziometro



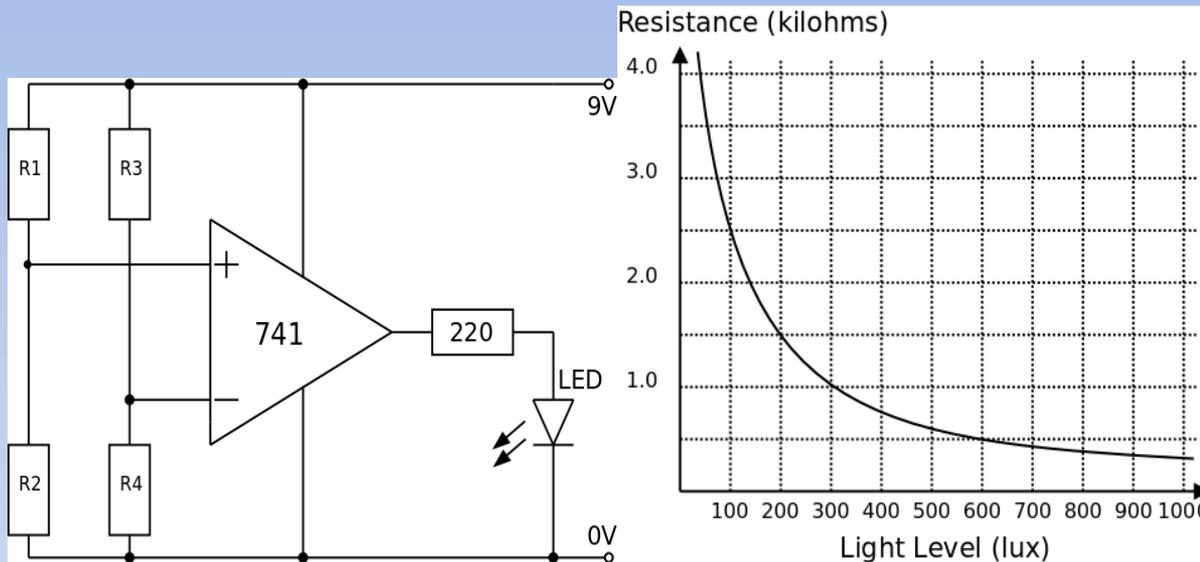
Quando è FREDDO, la resistenza del termistore è ALTA e la tensione di ingresso non invertente è ALTA, il che significa che l'uscita è ON

Quando è CALDO la resistenza del termistore è BASSA, quindi la tensione di ingresso non invertente è BASSA, l'uscita è OFF

Aumentando la tensione di riferimento, l'uscita cambia a una temperatura inferiore

- La tensione di riferimento è fornita da un potenziometro
- La temperatura alla quale l'uscita passa da ON a OFF può essere regolata modificando la tensione di riferimento

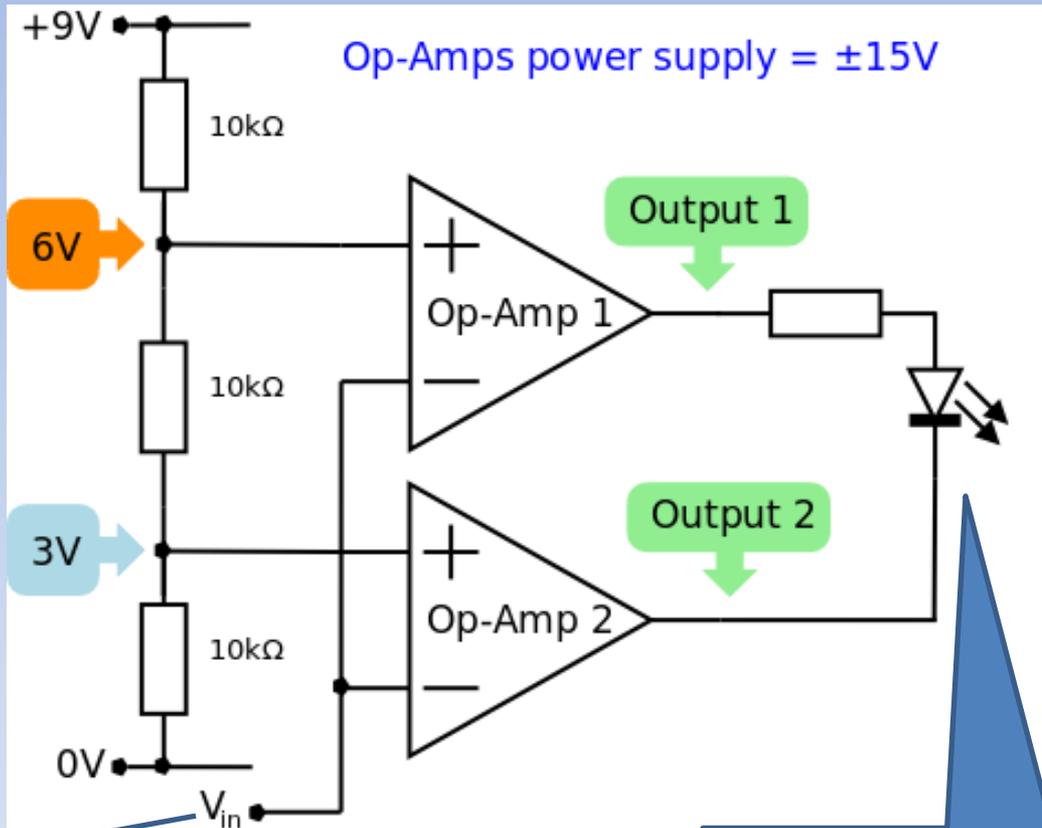
# Esempio di progettazione



**La sfida:** progettare un circuito in modo che il LED si accenda quando il livello di luce scende al di sotto di 200Lux.

- **Supponiamo** che il resistore R2 un LDR. Quando il livello di luce diminuisce, la resistenza dell'LDR aumenta e quindi  $V+$  cresce e quando  $V+ > V-$  il LED è ON
- A 200 Lux,  $V+ = V-$ , l'uscita è 0V ed è il punto in cui il LED si accende o si spegne
- A 200 Lux, Resistenza di LDR (R2) = 1,5 k $\Omega$ . Si suppone per comodità  $R1=2,2$  k $\Omega$
- Dalla regola del partitore si ha:  $R1:R2 = R3:R4$ . È meglio usare valori grandi grandi per R3 e R4 (meno corrente fluisce dalla batteria)
- Scegli R3 = 220 k $\Omega$  e R4 = 150 k $\Omega$ .

# Rilevatore di livello



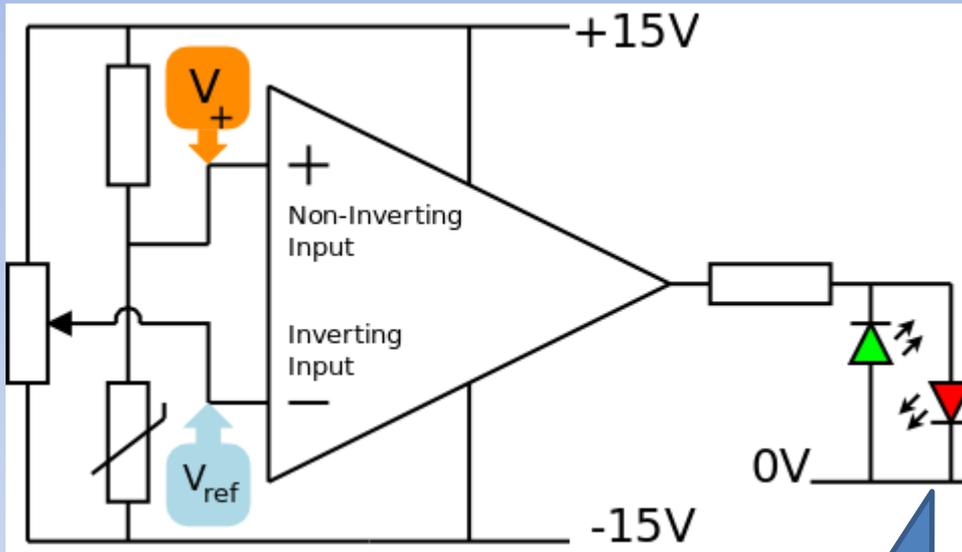
$V_{in}$  potrebbe essere l'uscita di un partitore di tensione con un LDR o un termistore, ad esempio

Il LED è acceso solo quando  $V_{in}$  è nell'intervallo da 3V a 6V

<https://digilander.libero.it/alihajj/>

- Quando  $V_{in} < 3\text{ V}$  le uscite 1 e 2 sono entrambe ALTE e il LED è SPENTO perché la d.d.p è nulla.
- Quando  $3\text{ V} < V_{in} < 6\text{ V}$  L'uscita 1 è ON e l'uscita 2 è OFF e il LED è ON a causa della differenza di potenziale
- Quando  $V_{in} > 6\text{ V}$  entrambe le uscite sono OFF e il LED è spento

# L'A.O genera e assorbe corrente



Si noti che l'uscita sarà  $\pm 13$  V ma i LED sono entrambi collegati a 0 V

Freddo = RED  
Caldo = GREEN

**Punto tecnico:** l'uscita può fornire corrente (sorgente) o consentire alla corrente di fluire nell'uscita (sink).

Il termine uscita sembra non essere corretto se la corrente fluisce nella stessa.

L'uscita è considerata così, non perché la corrente esce ma perché controlla i trasduttori di uscita (il LED) assorbendo o generando corrente

Quando è FREDDO l'ingresso non invertente è ALTO e l'uscita è +13 V.

L'amplificatore operazionale **genera** corrente attraverso il LED rosso a 0 V

Quando è CALDO l'ingresso non invertente è BASSO e l'uscita è -13 V.

La corrente fluisce da 0 V, attraverso il LED verde e scende al binario di alimentazione -15 V.

L'amplificatore operazionale **assorbe** corrente

# Riepilogo

- Gli ingressi di un comparatore sono l'ingresso non invertente (+) e l'ingresso invertente (-)
- L'uscita è vicina all'alimentazione positiva ( $+V_{sat}=V_{cc}-2$ , ON) o vicina all'alimentazione negativa ( $-V_{sat}= -V_{cc}+2$ , OFF)
- Se l'ingresso non invertente è maggiore dell'ingresso invertente, l'uscita è ON/ALTA/completamente positiva
- Se l'ingresso non invertente è inferiore all'ingresso invertente, l'uscita è OFF / BASSA / completamente negativa / prossima allo zero
- L'uscita può SINK o SOURCE circa 10mA di corrente
- $V_{out} = A_{ol} (V_+ - V_-)$     where     $A_{ol} \approx 10^6$

# Domande

1. Per un comparatore alimentato da un'alimentazione di  $\pm 15\text{ V}$ , quali sono le due possibili tensioni di uscita?
2. Per il comparatore in questione 1, qual è la tensione di uscita quando  $V_+ = 6\text{ V}$  e  $V_- = 4\text{ V}$ ?
3. Per il comparatore in questione 1, qual è la tensione di uscita quando  $V_+ = 6\text{ V}$  e  $V_- = 8\text{ V}$ ?
4. Per il comparatore in questione 1, qual è la tensione di uscita quando  $V_+ = -6\text{ V}$  e  $V_- = -4\text{ V}$ ?
5. Per un comparatore alimentato da un alimentatore da  $5\text{ V}$  e  $0\text{ V}$ , quali sono le due possibili tensioni di uscita?
6. Quali sono i possibili problemi quando si utilizza il comparatore in Domanda 5?

# Risposte

1. +13V e -13V
2. +13V: la tensione dell'ingresso non invertente è maggiore della tensione dell'ingresso invertente
3. -13V: la tensione dell'ingresso non invertente è inferiore alla tensione dell'ingresso invertente
4. -13V: l'ingresso Non Invertente è più piccolo dell'ingresso Invertente anche se sono entrambi negativi perché -6 V è minore di -4 V
5. 3V e 2V
6. Le due tensioni di uscita sono molto simili, un circuito logico farebbe fatica a distinguere in modo affidabile tra questi due stati e potrebbe leggere sia 2 V che 3 V come 1 logico