

# **Laboratorio di Elettronica e Tecniche di Acquisizione Dati 2022-2023**

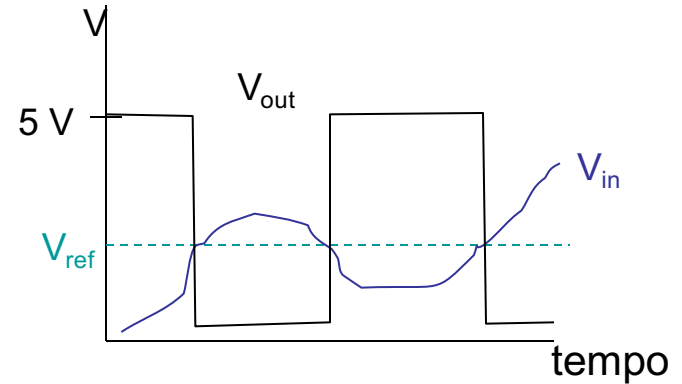
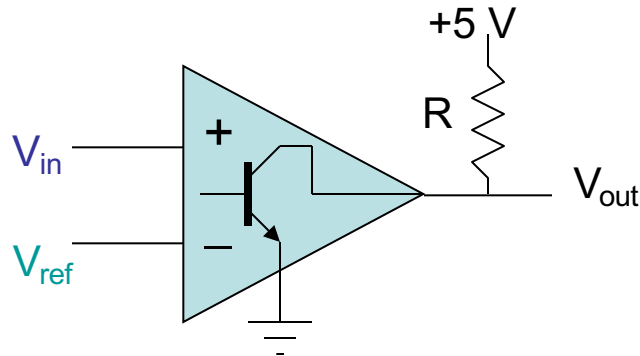
## **Comparatore e FlashADC con l'Op.Amp. LM35**

(cfr. <http://www.circuitstoday.com/voltage-comparator>  
<http://www.seas.upenn.edu/~ese206/labs/adc206/adc206.html>)

# Comparatori

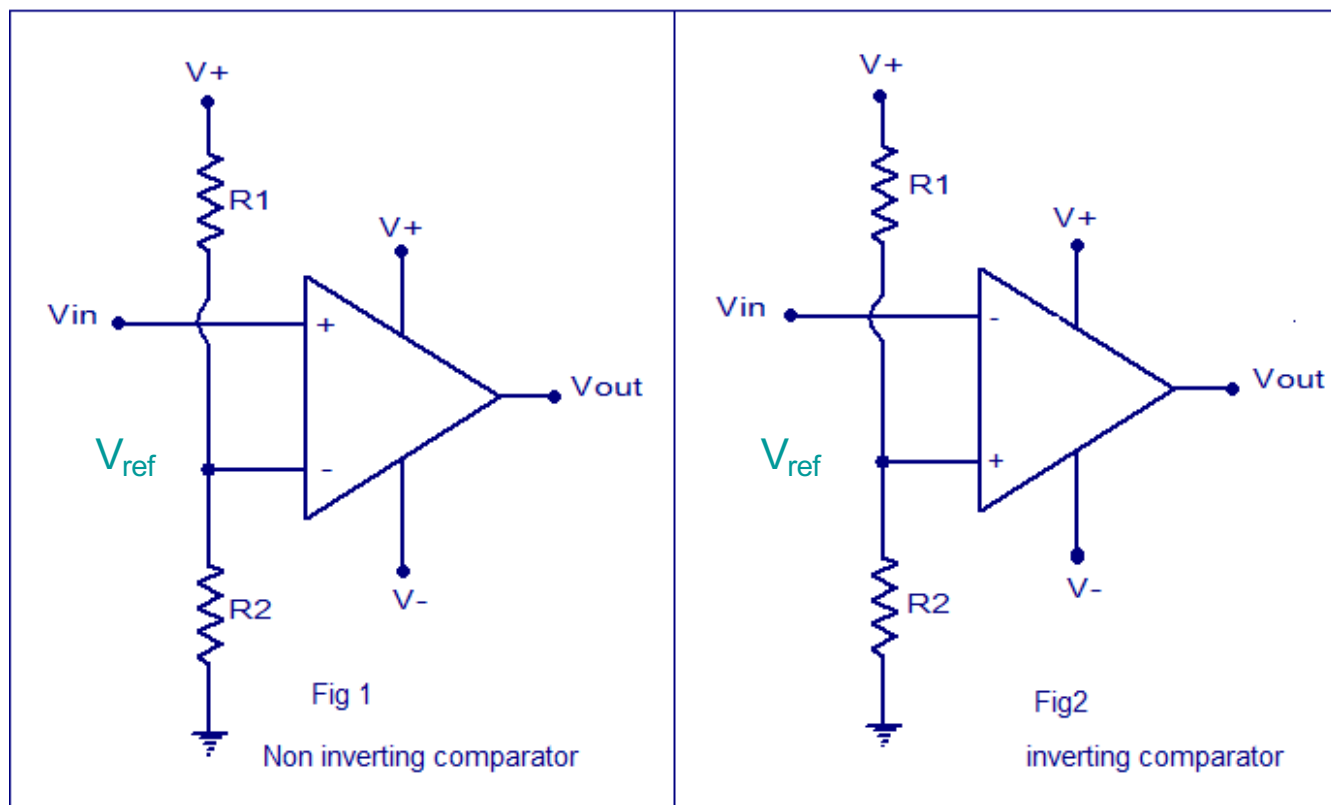
- è spesso utile generare un segnale elettrico “forte” associato con un certo evento (cfr. *trigger*)
- possiamo utilizzare un comparatore per confrontare un segnale con una certa soglia
  - può essere una temperatura, una pressione, etc...: qualsiasi cosa che possa essere trasformata in un voltaggio
- possiamo utilizzare un operazionale invertente senza feedback
  - input invertente alla soglia
  - input non-invertente collegato al segnale da testare
  - l’operazionale farà uscire un segnale (a fondo scala) negativo se il segnale è  $<$  della soglia, positivo se il segnale è  $>$  della soglia
- purtroppo l’operazionale è lento (basso “slew rate”)
  - $15 \text{ V}/\mu\text{s}$  significa  $2 \mu\text{s}$  per arrivare a fondo scala se alimentato  $\pm 15 \text{ V}$

# Esempio (reale) di comparatore



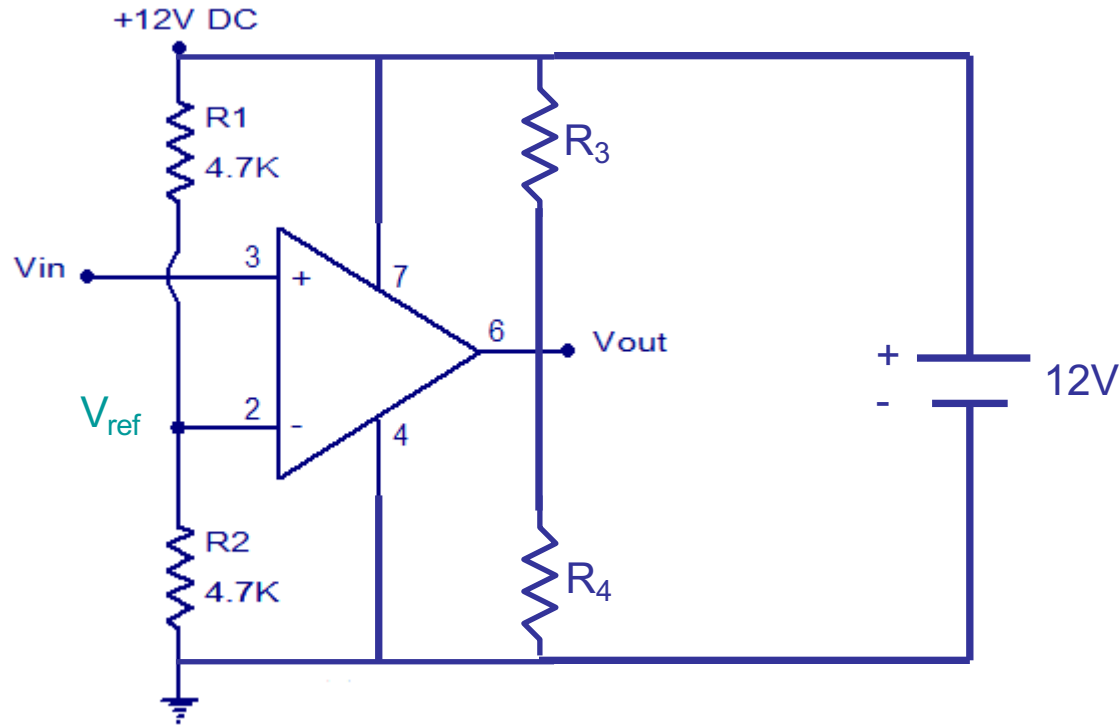
- quando  $V_{in} < V_{ref}$ ,  $V_{out}$  è “pulled-up” (attraverso il resistore di “pull-up”, usualmente  $1\text{ k}\Omega$  o più)
  - questa configurazione è chiamata a “collettore aperto”: l’uscita è il collettore di un transistor npn. In saturazione è tirata verso l’emettitore (ground), ma se non c’è corrente di base il collettore è tirato al voltaggio di pull-up
- l’uscita è una versione “digitale” del segnale
  - i valori “alto” e “basso” sono configurabili (ground e 5V, nell’esempio)
- possono essere utili anche per convertire un segnale “lento” in uno “veloce”
  - se è necessaria una maggiore precisione di “timing”

# Comparatore con l'operazionale



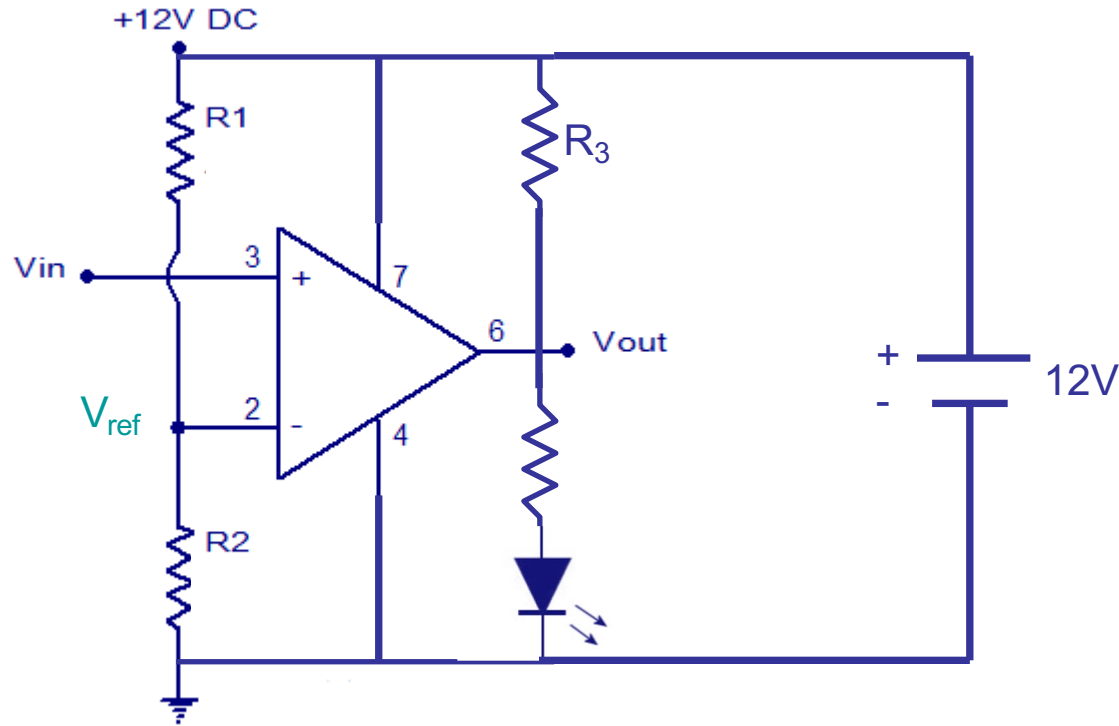
- $V_{ref}$  realizzato con un partitore resistivo fra  $V_+$  (che è anche l'alimentazione positiva dell'operazionale) e terra
- in regime di open-loop,  $V_{out}$  passerà da  $V_+$  (per  $V_{in} > V_{ref}$ ) a  $V_-$  (per  $V_{in} < V_{ref}$ )
- montaggio di Fig.1 è non invertente e ha  $V_{in}$  nell'input con impedenza più alta
- montaggio di Fig.2 è invertente e ha  $V_{in}$  nell'input con impedenza più bassa

# Comparatore "digitale" con operazionale e pull-up resistor



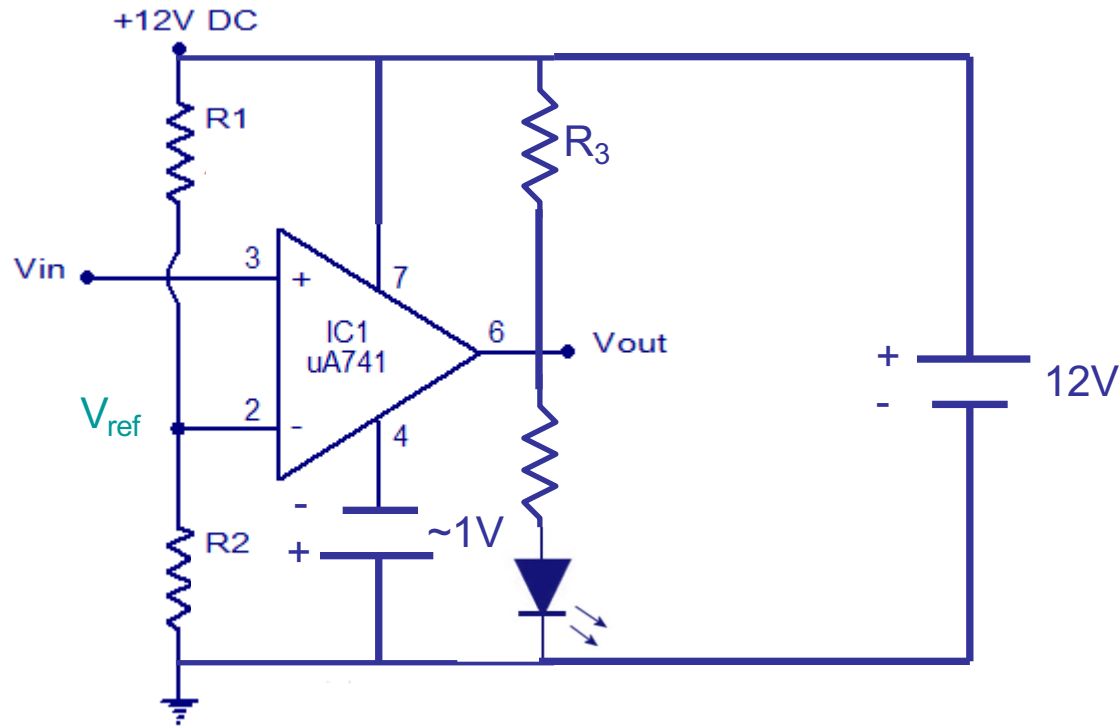
- $V_+$  sarà il nostro stato "alto"
- mettendo  $V_-$  a terra avremo 0V come stato "basso"
- il resistore di pull-up ( $R_3$ ) di fatto porta  $V_{out}$  a  $V_+$  (usando la "potenza" proveniente da  $V_+$ , e non dall'operazionale) ma solo quando  $V_{out}$  è "alto"

# Comparatore "digitale" con operazionale e pull-up resistor + LED



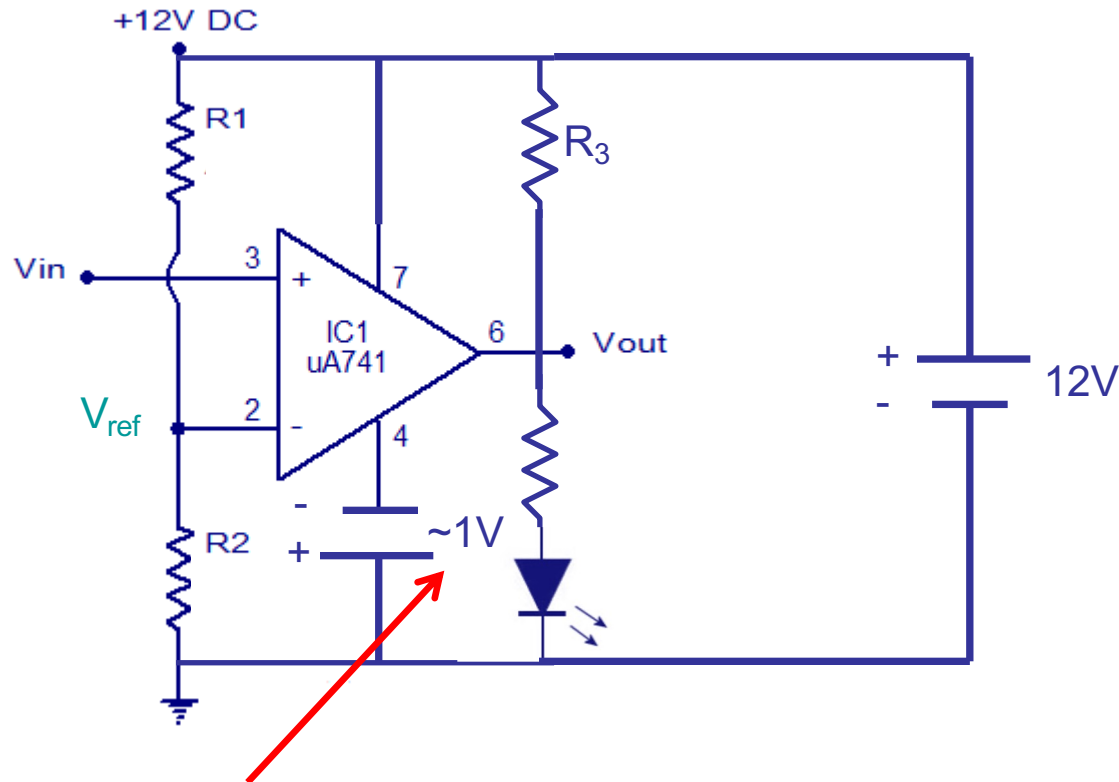
- possiamo aggiungere un LED per "indicare" quando la soglia,  $V_{ref}$ , è passata

# Comparatore "digitale" con operazionale 741 e pull-up resistor + LED



- in realtà l'op.amp. 741 NON può essere utilizzato in modalità *unipolare* (alimentandolo solo da un lato) e quindi se si mette  $V_-$  a terra in realtà l'op.amp. non funziona correttamente.
  - è sufficiente dare un piccolo voltaggio negativo ( $\sim -1V$ ) per vincere il potenziale di contatto delle giunzioni

# Comparatore "digitale" con operazionale 741 e pull-up resistor + LED



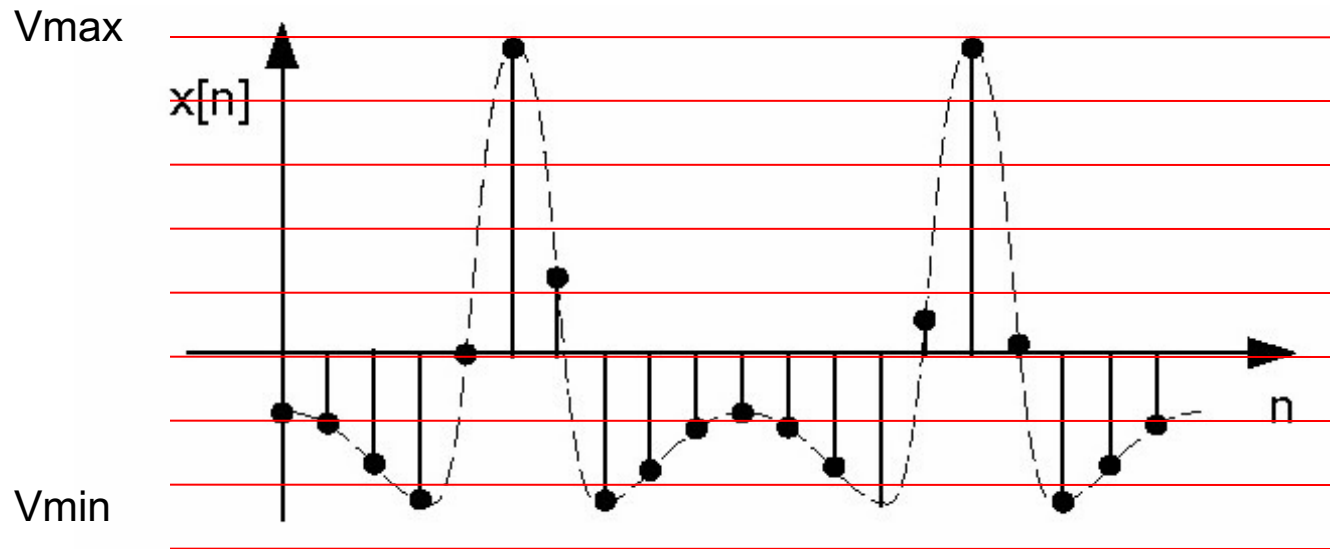
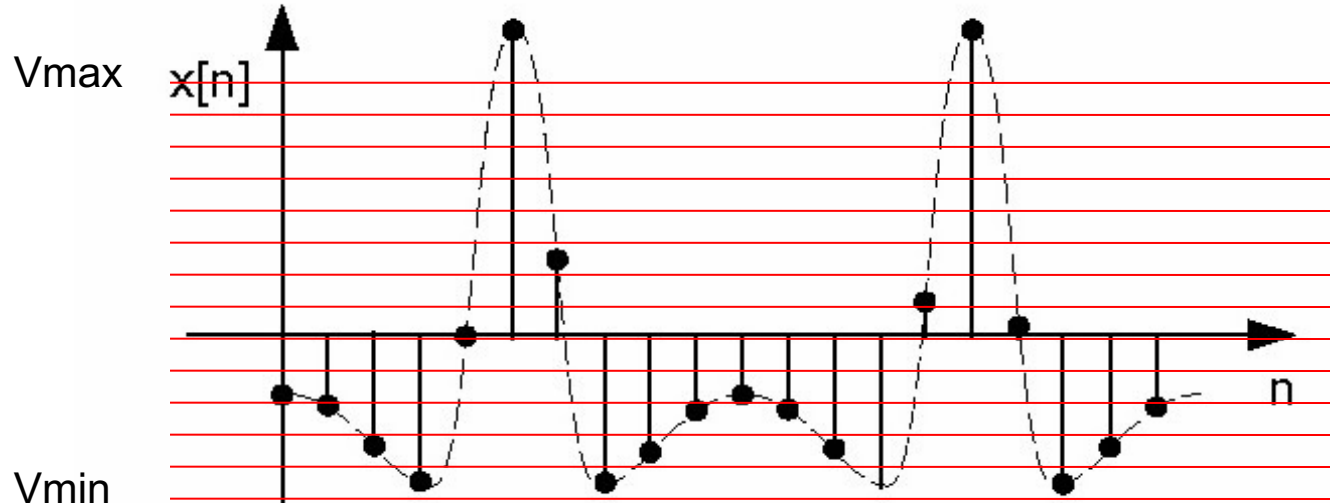
- in teoria potrebbero bastare 0.7-0.8V (del potenziale di contatto). Empiricamente si trova che è meglio darne un pò più (1V) e sicuramente il tutto funziona uguale (il LED sarà maggiormente contropolarizzato, ma non è un grosso problema) anche se si mette un'alimentazione "standard" (5V o anche 15V)



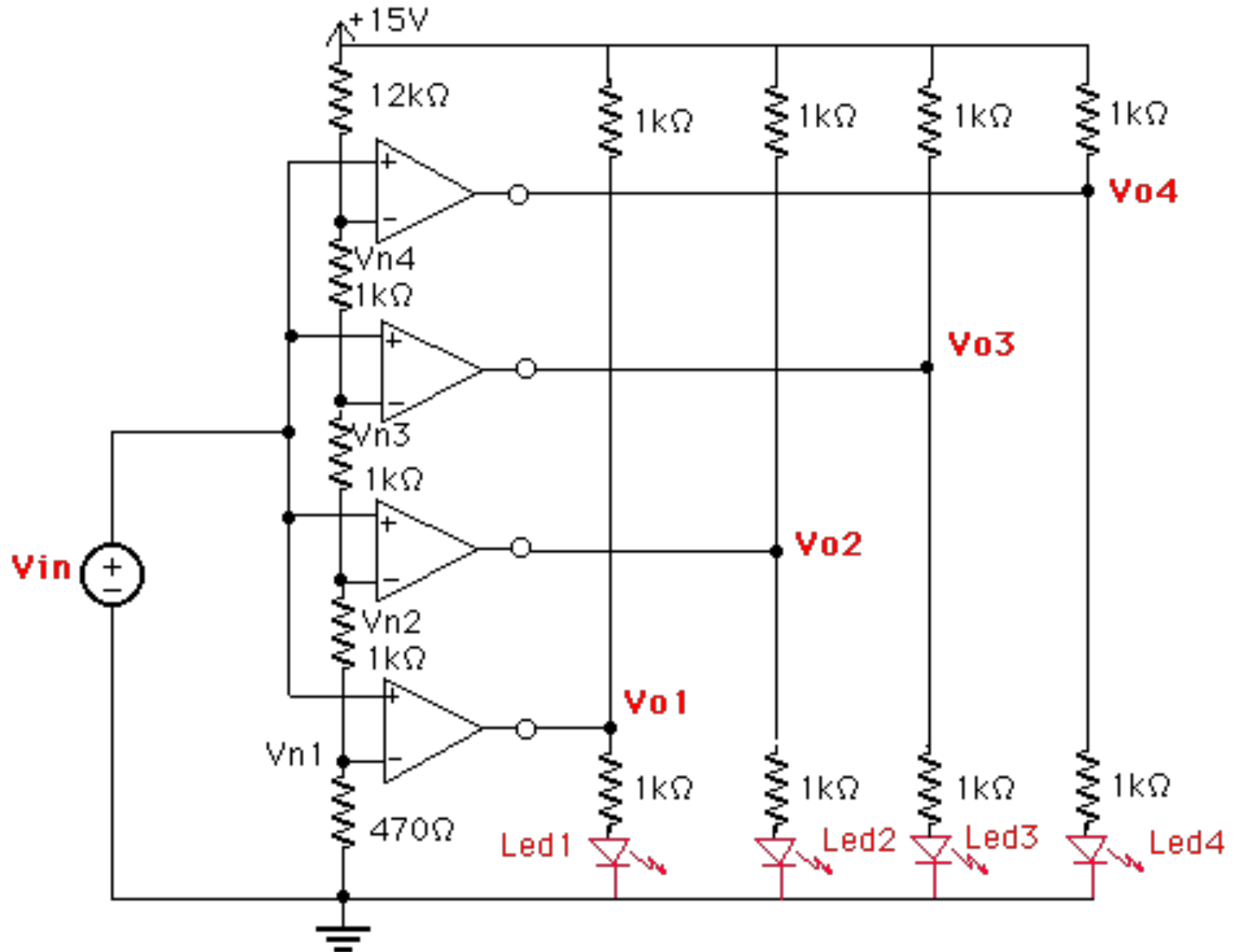
# ADC (I)

- Dal punto di vista funzionale gli ADC sono dei *classificatori*:
  - L'intervallo di variabilità del segnale  $V_x$  viene diviso in  $n$  intervalli, detti *canali*, di ampiezza costante  $K$ . Definiamo quindi  $V_i = K i + V_0$
  - Il segnale in ingresso  $V_x$  viene *classificato* nel canale  $i$ -esimo se è verificata la relazione
$$V_{i-1} < V_x < V_i$$
  - Inevitabilmente si ha un errore di quantizzazione

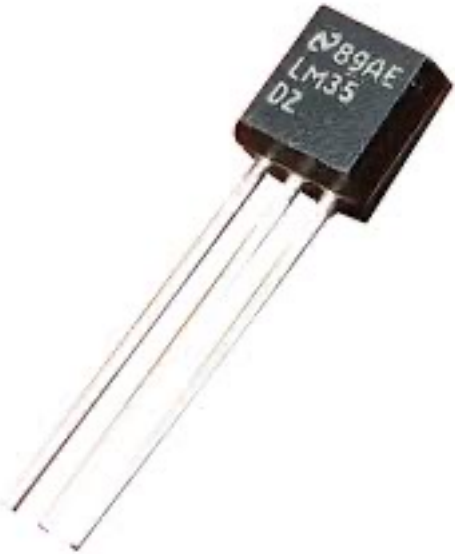
# ADC (2)



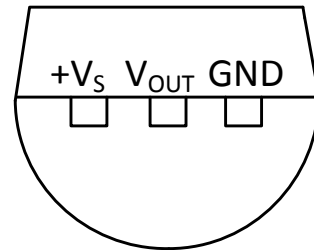
# Flash-ADC con l'operazionale



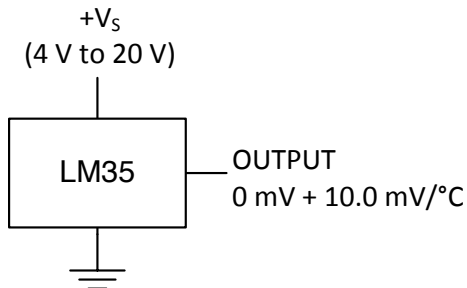
# LM35



LP Package  
3-Pin TO-92  
(Bottom View)



Basic Centigrade Temperature Sensor  
( $2^{\circ}\text{C}$  to  $150^{\circ}\text{C}$ )



## 1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/ $^{\circ}\text{C}$  Scale Factor
- $0.5^{\circ}\text{C}$  Ensured Accuracy (at  $25^{\circ}\text{C}$ )
- Rated for Full  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $150^{\circ}\text{C}$  Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 V to 30 V
- Less than  $60\text{-}\mu\text{A}$  Current Drain
- Low Self-Heating,  $0.08^{\circ}\text{C}$  in Still Air
- Non-Linearity Only  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  Typical
- Low-Impedance Output,  $0.1\ \Omega$  for 1-mA Load