

## Condizionamento del segnale proveniente da un sensore

Per condizionamento di un segnale si intende l'amplificazione dello stesso a un livello sufficiente a pilotare un convertitore A/D, la conversione in tensione, l'eliminazione di eventuali offset. Ad esempio, il sensore di temperatura AD590 fornisce una corrente proporzionale alla temperatura assoluta di  $1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$ .

Si vuole che alla temperatura di  $0^\circ\text{C}$  la tensione di uscita sia nulla ( $V_{o\min} = 0$ ) e che alla temperatura di  $100^\circ\text{C}$  la tensione di uscita sia di  $5\text{ V}$ .

Per ottenere ciò si può usare il circuito "sensore di corrente",  $0^\circ\text{C}$  corrispondono a  $273^\circ\text{K}$ , quindi il sensore a  $0^\circ\text{C}$  fornirà una corrente di  $273 \mu\text{A}$  che dovrà essere annullata da una corrente uguale e contraria fornita da  $V_{\text{ref}}$ .

$100^\circ\text{C}$  corrispondono a  $373^\circ\text{K}$  per cui la corrente fornita dal sensore sarà di  $373 \mu\text{A}$ .

La corrente circolante in  $R$  sarà di  $373 \mu\text{A} - 273 \mu\text{A} = 100 \mu\text{A}$ .

Se  $V_{\text{ref}} = 5\text{ V} \rightarrow R_1 = V_{\text{ref}} / 0.273 = 18.315\text{ kohm}$

$R = V_o / 0.1 = 50\text{ kohm}$ .

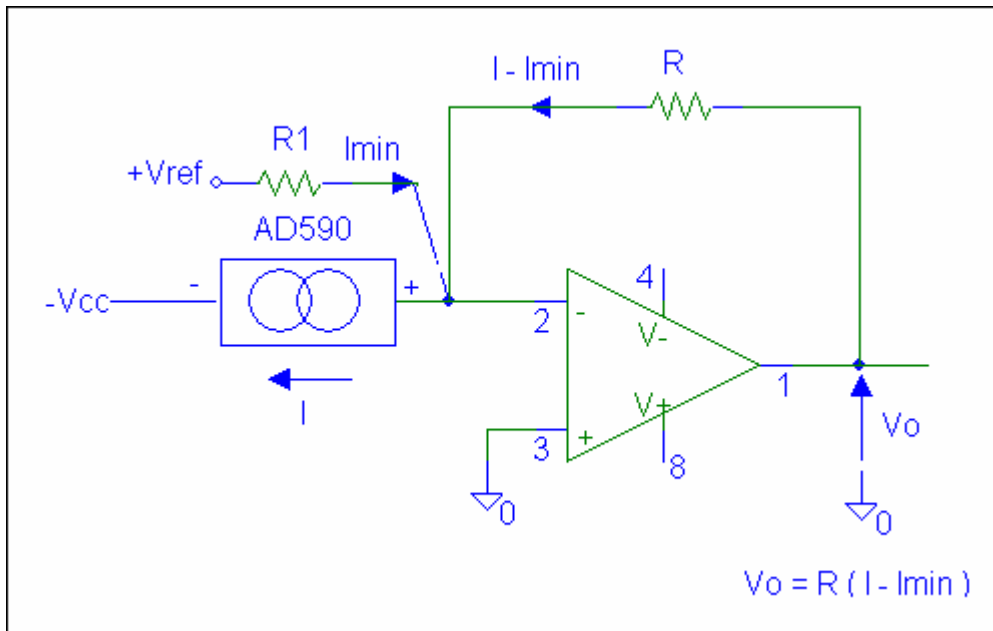
Con i dati del circuito le formule, considerando l'A.O. ideale (zero virtuale agli ingressi e corrente assorbita dagli ingressi nulla) diventano:

$$R = \frac{V_{o\max} - V_{o\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

$$I_{\text{off}} = \frac{RI_{\max} - V_{o\max}}{R}$$

$$R_1 = \frac{V_{\text{ref}}}{I_{\text{off}}}$$

Affinché l'AD590 richiami una corrente con il verso segnato nel circuito andrà collegato con il terminale negativo ad una tensione negativa rispetto a massa es:  $-V_{\text{cc}}$ .



### Sensore di temperatura con uscita in tensione

Il sensore di temperatura LM35 ha una uscita in tensione pari a 10 mV/°C , a 0 °C l'uscita è nulla e a 100 °C vale 1000 mV = 1 V , quindi nel circuito “sensore di tensione” per ottenere 5 V a 100 °C avremo  $E = 0$  e  $R_2/R_1 = 4$ .

Con l'LM335 che fornisce 10 mV / °K , a 0 °C l'uscita sarà di  $273 * 10 \text{ mV} = 2.73 \text{ V}$  E a 100 °C l'uscita sarà di 3730 mV = 3.73 V , per avere  $V_o = 0$  a 0 °C e  $V_o = 5 \text{ V}$  a 100 °C.

Usando il programmino:  $R_2 / R_1 = 4 : E = 3.4125 \text{ V}$

Le formule generali:

$$V_o = V \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - E \frac{R_2}{R_1}$$

( applicando la sovrapposizione degli effetti con  $E = 0$  ,  $V$  è applicata a una configurazione non invertente , con  $V = 0$  ,  $E$  è applicata a una configurazione invertente )

Imponendo che l'uscita del circuito di condizionamento  $V_o$  sia  $V_{o \min}$  quando il sensore fornisce  $V_{\min}$  e  $V_{o \max}$  quando il sensore fornisce  $V_{\max}$  e risolvendo il sistema si ottiene:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{o \max} - V_{o \min}}{V_{\max} - V_{\min}} - 1 = X$$

$$E = \frac{V_{\max} (1 + X) - V_{o \max}}{X}$$

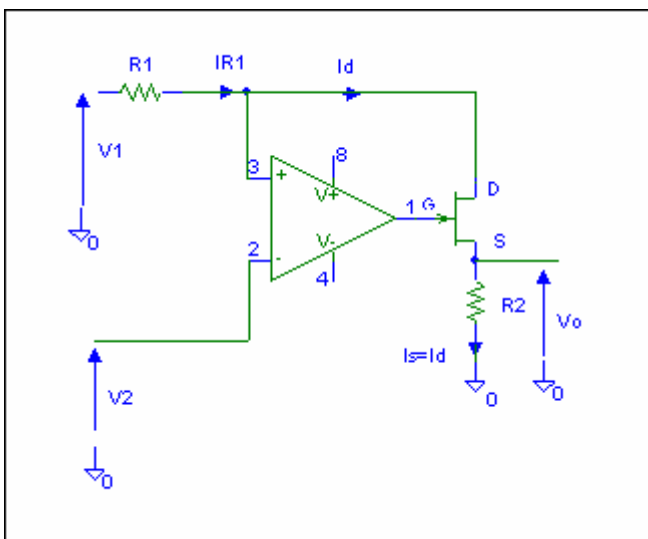
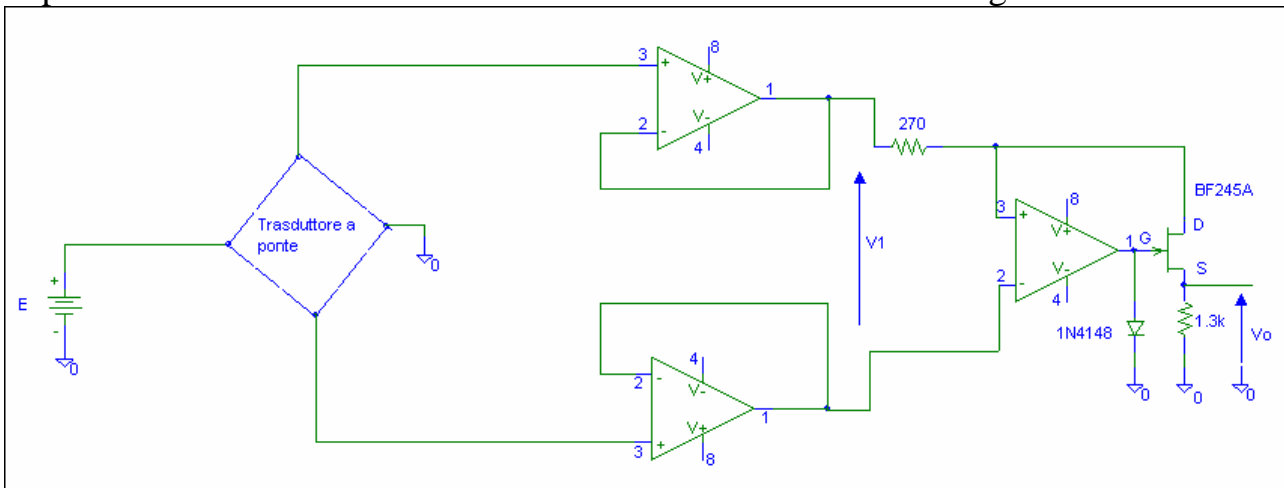
Il sensore LM35 deve essere così alimentato:



Quando il ponte è in equilibrio la  $V_d$  è nulla, quindi ricavo  $R_2/R_1$ :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\frac{V_{o \max}}{V_{d \max}} - 1}{2}$$

Ci sono comunque dei problemi di deriva termica specie se l'escursione di temperatura cui è sottoposto l'amplificatore è notevole, ricordo che per un trasduttore di pressione montato su un'automobile sono dovuti ricorrere al seguente circuito:



A prima vista il collegamento del drain del FET comporterebbe una retroazione positiva, così non è perché se  $V_1$  aumenta la  $IR_1$  tende ad aumentare, la  $V_{gs}$  diminuisce in valore assoluto e quindi la  $I_d$  aumenta e così la  $IR_1$ ;

$V_+ - V_- = V_1 - I_{R1} \cdot R_1 - V_2$  diminuisce.

Considerando invece ideale l'A.O. si ha:  $IR_1 = I_d$  ;  $V_+ = V_-$

$$I_d = \frac{V_1 - V_2}{R_1}$$

$$V_o = I_d \cdot R_2 = (V_1 - V_2) \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

Unica limitazione del circuito è che deve essere:  $V_1 > V_2$  per avere  $I_d > 0$ .

### La termoresistenza PT1000

Il sensore di temperatura PT1000 è una resistenza al platino del valore di 1 kohm a 0 °C.

Il coefficiente di temperatura è di 3850 ppm/°K = 0.00385 /°K.

$$K = \frac{\Delta R / R}{\Delta T}$$

$$\Delta R = K \cdot R \cdot \Delta T = 0.00385 \cdot 1000 \cdot 100 = 385 \text{ ohm}$$

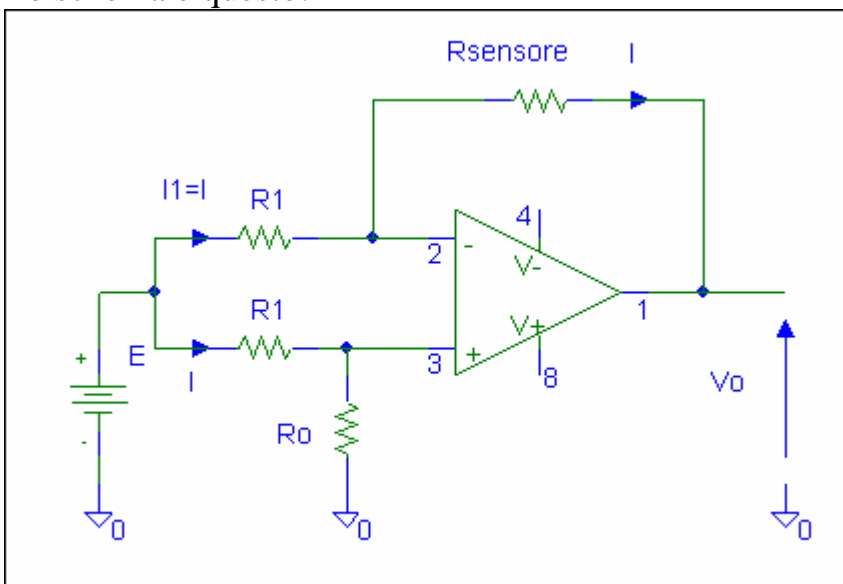
A 100 °C la resistenza del PT1000 vale: 1385 ohm

Facendo scorrere nella resistenza inserita in un ponte di W. una corrente di 0.2 mA come consigliato dal produttore per evitare l'autoriscaldamento e imponendo l'equilibrio del ponte a 0°C avrei una tensione differenziale di: 32.3mV

Ciò porterebbe ad avere un rapporto  $R_2/R_1 = 154$  per una  $V_o = 10 \text{ V}$ .

Poiché l'uscita di un ponte di W. non è lineare rispetto alle variazioni di una resistenza del ponte e per la discreta amplificazione del condizionatore conviene usare un ponte resistivo linearizzato con il sensore su un ramo di reazione dell' A.O.

Lo schema è questo:



Dove:  $R_{\text{sensore}} = R_0 + \Delta R$  = resistenza sensore alla temperatura T

$R_o$  = resistenza sensore a  $0^\circ\text{C}$

La corrente nel ramo inferiore d'ingresso vale: ( l'ingresso non invertente non assorbe corrente! )

$$I = \frac{E}{R_1 + R_o}$$

La corrente nel ramo superiore è:  $I_1 = I$  poiché la  $R_1$  superiore è sottoposta alla stessa d.d.p. per lo zero virtuale agli ingressi, nel sensore circola ancora  $I$  perché anche l'ingresso invertente non assorbe corrente.

Per il secondo principio di K. posso scrivere:

$$V_o + (R + \Delta R) \cdot I + R_1 \cdot I - E = 0$$

da cui ottengo  $V_o$ :

$$V_o = -\frac{\Delta R \cdot E}{R_1 + R_o}$$

$$\Delta R = K R_o \Delta T$$

$$K = 0.00385 / ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T - 0^\circ\text{C} = T = \text{temperatura riferita a } 0^\circ\text{C}$$

Es: si vuole una tensione d'uscita pari a 10 V quando la temperatura è di  $100^\circ\text{C}$  usando un sensore PT1000. Quindi:

$$R_o = 1000 \Omega \text{ resistenza sensore a } 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta R = 0.00385 \times 1000 \times 100 = 385 \Omega$$

Assumendo  $E = 5 \text{ V}$  ( stabilizzata ) e una corrente  $I$  nel sensore di  $0.2 \text{ mA}$ , per evitare l'autoriscaldamento, ricavo  $R_1$

$$R_1 + R_o = \frac{E}{I} = \frac{5}{0.2} = 25 \text{ k}\Omega \quad \text{quindi:}$$

$$R_1 = 24 \text{ k}\Omega$$

$$V_o = -\frac{385 \cdot 5}{25000} = -77 \text{ mV}$$

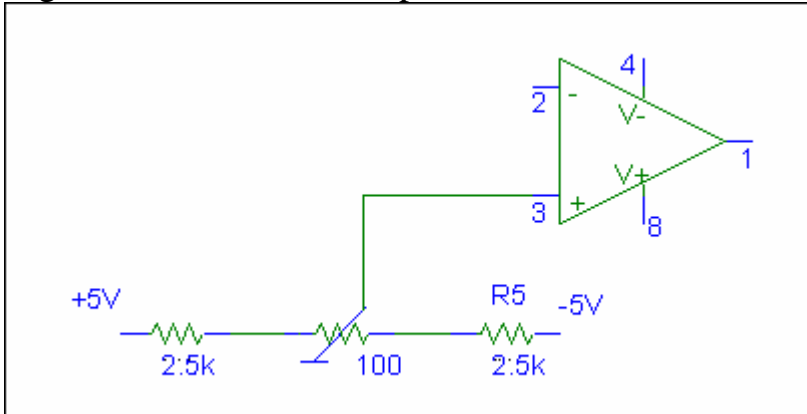
Per ottenere + 10 V dovrò mettere in cascata al circuito una configurazione invertente con un rapporto  $R_2 / R_1' = 10 / 0.077 = 129.9$

Ad es:  $R_1' = 2.7 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 = 350.7 \text{ k}\Omega$

Una amplificazione così elevata può dar origine a problemi di deriva termica, si può provare a sostituire il sensore con una resistenza da 1 k $\Omega$  e poi scaldare l'amplificatore ad almeno 50 °C.

Per ridurre la deriva termica proporrei di ottenere l'amplificazione di 130 con due stadi in cascata uno invertente con amplificazione -10 e l'altro non invertente con amplificazione 13.

Per eliminare l'eventuale offset si può applicare all'ingresso non invertente della configurazione invertente una tensione continua di alcune decine di mV positiva o negativa ottenibile con un partitore.



E' invece possibile acquistare una soluzione integrata: ad es. il modulo per PT1000 PTMOD-10V T1 + il sensore PT1000. Dati forniti dal costruttore:

A -30°C l'uscita è di 0V

A +70 °C l'uscita è di 10 V la sensibilità del sistema è quindi di: 0.1 V /°C

Esistono anche dei sensori con uscita digitale seriale che richiedono l'uso di un microprocessore programmato ad hoc , difficile usarli e reperirli in piccole quantità .

## Voltage output

Temperature measurement 0 ... 10V, Type –10V

Identification: See picture

