

# **CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO PER IL TRASDUTTORE DI TEMPERATURA AD590**

**Gruppo n°5**

**Urbini Andrea  
Marconi Simone**

**Classe 5C**

**2001/2002**

**SPECIFICHE DEL PROGETTO:** realizzare un circuito in grado di trasformare una temperatura variabile da  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  in una tensione proporzionale variabile da 0V a 5V.

# PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

## Descrizione componenti caratteristici

Il circuito è formato dai seguenti componenti:

- 1 trasduttore di temperatura AD590;
- 1 stabilizzatore di tensione a 5V LM336;
- 2 amplificatori operazionali TL082;
- 3 amplificatori operazionali OP07;
- 2 trimmer lineari da 5k $\Omega$ ;
- 1 trimmer lineare da 20k $\Omega$ ;
- 1 resistenza da 5,6k $\Omega$ ;
- 1 resistenza da 8,2k $\Omega$ ;
- 3 morsettiere;
- 4 test point;
- 1 pacco resistivo da otto resistori da 10k $\Omega$ ;
- 1 zoccolo da 16 pin;
- 4 zoccoli da 8 pin;
- 1 zoccolo da 3 pin per LM336.

## TRASDUTTORE DI TEMPERATURA AD590

Questo è un trasduttore, vale a dire un circuito elettronico in grado di trasformare una variazione di grandezza fisica in una variazione di grandezza elettrica. In questo caso la temperatura assoluta viene trasformata in una corrente ad essa proporzionale secondo la seguente legge:

$$I = 1 \frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{K}} \times T[^{\circ}\text{K}]$$

Quindi la sensibilità è:

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta T} = 1 \frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{K}}$$

Questo trasduttore è a semiconduttore perciò ha un range di utilizzo ridotto (-55 $^{\circ}\text{C}$  / 150 $^{\circ}\text{C}$ ). Esso sfrutta la legge della variazione della tensione ai capi di una giunzione Pn che varia di 2,5mV ogni grado centigrado. Questa variazione di tensione viene poi trasformata in una variazione di corrente. Il trasduttore AD590 ha tre piedini: il primo, indicato con V+, è l'alimentazione (4V / 30V), il secondo, indicato con V- è l'uscita del segnale in corrente, il terzo, indicato con CAN, va collegato a massa.

Per convertire la corrente in tensione viene inserita nel circuito una resistenza da 10k $\Omega$  che, per ottenere una precisione maggiore è stata sostituita da una resistenza da 8,2k $\Omega$  e da un trimmer da 5k $\Omega$ .

Con questa resistenza si ottiene una tensione che varia di 10mV/ $^{\circ}\text{K}$ .

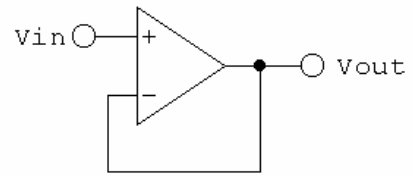
## STABILIZZATORE DI TENSIONE A 5V LM336

Questo circuito è uno stabilizzatore di precisione di tensione. Viene utilizzato per generare delle V<sub>REF</sub>. A monte di esso deve essere inserita una resistenza di 5.6k $\Omega$  per evitare che l'integrato si bruci; a valle va montato un potenziometro di 20k $\Omega$  per regolare la tensione di riferimento.

Anch'esso ha tre piedini: il primo, indicato con +, è il punto posto a 5V della tensione di riferimento; il secondo, indicato con -, deve essere collegato a massa; il terzo, chiamato ADJ serve per aggiustare la tensione di riferimento, ma nel nostro circuito rimane scollegato.

## AMPLIFICATORI OPERAZIONALI TL082

Sono amplificatori operazionali a JFET quindi non assorbono corrente in ingresso perché hanno un'elevata resistenza di ingresso ( $10^9\Omega$ ) e perciò sono utilizzati come inseguitori di tensione. Essi sono presenti nel circuito per evitare che il circuito di generazione della  $V_{REF}$  e di conversione della corrente del trasduttore vengano caricati.



L'inseguitore è un particolare caso dell'amplificatore non invertente in cui  $R_{IN}=\infty$ ,  $R_{OUT}=0$  e  $A_v=1$ . La resistenza di ingresso è infinita ( $10^9$ ) perché è un integrato a JFET.  $A_v$  è unitario perché:

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{0}{\infty} = 1 .$$

## AMPLIFICATORI OPERAZIONALI OP07

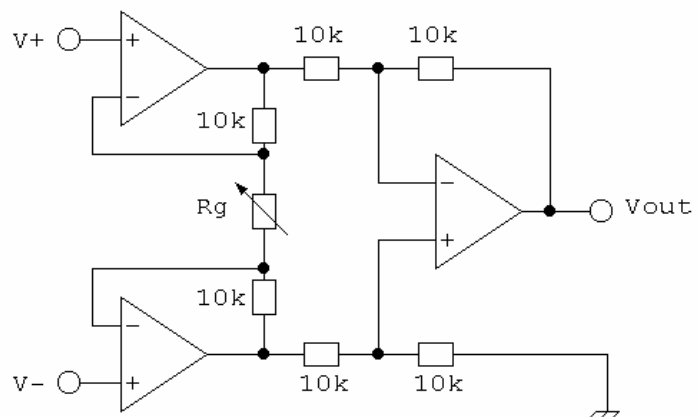
Sono utilizzati nell'amplificatore differenziale di precisione. Vanno collegati a sei resistenze da  $10k\Omega$ ; per ottenere una maggiore precisione (le resistenze devono essere esattamente uguali) è stato utilizzato un pacco resistivo di otto resistori da  $10k\Omega$ .

La resistenza variabile che regola il guadagno dell'amplificatore è un trimmer da  $5k\Omega$ .

Il guadagno di tensione  $A_v$  risulta essere:

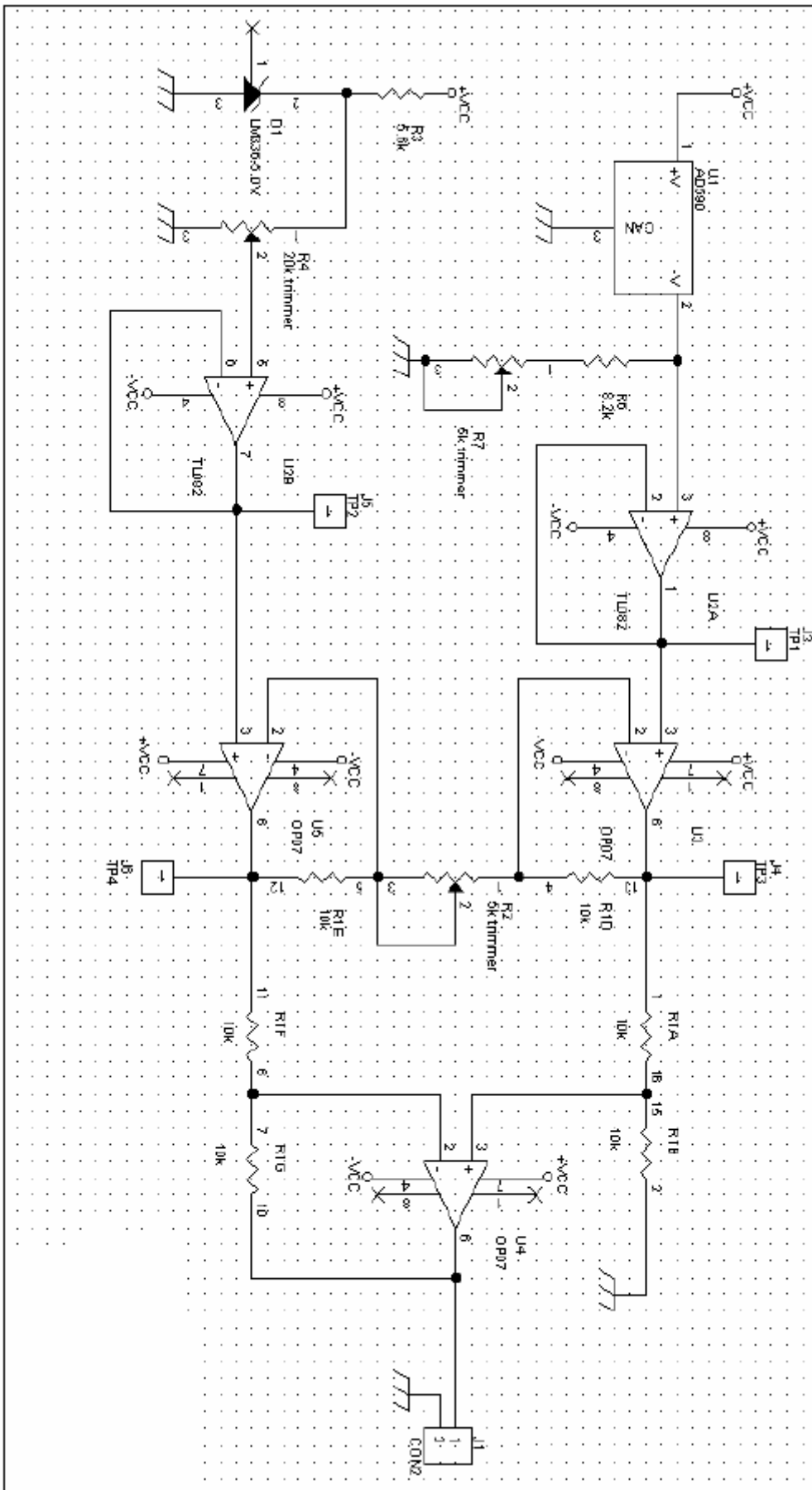
$$A_v = 1 + \frac{2R}{R_g}$$

E' stato usato l'amplificatore differenziale di precisione perché è molto più affidabile di un normale differenziale, in quanto qui per variare il guadagno occorre agire su una sola resistenza ( $R_g$ ), mentre nel differenziale semplice bisogna agire su due resistenze in



maniera identica, quindi tutto ciò rende le cose più complicate. Inoltre la resistenza di ingresso qui è infinita, mentre nel differenziale semplice si hanno due diverse resistenze di ingresso in base al guadagno di ogni ingresso. Le correnti di ingresso sono molto ridotte, circa  $10^{-9}A$ , quindi sono trascurabili.

# Schema elettrico



## Descrizione funzionamento

Il range di temperatura da misurare va da  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  cioè da  $253^{\circ}\text{K}$  a  $323^{\circ}\text{K}$ . Il trasduttore AD590 fornisce una corrente che segue la legge:

$$I = 1\mu\text{A} \times T[^{\circ}\text{K}]$$

Per cui, dai calcoli risulta:

$$I_{\text{MAX}} = 1 \frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{K}} \times T_{\text{MAX}} = 1 \frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{K}} \times 323^{\circ}\text{K} = 323\mu\text{A}$$

$$I_{\text{MIN}} = 1 \frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{K}} \times T_{\text{MIN}} = 1 \frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{K}} \times 253^{\circ}\text{K} = 253\mu\text{A}$$

Per convertire la corrente in una tensione si usa una resistenza attraversata dalla corrente stessa ai cui capi si può misurare la tensione. Se la resistenza è di  $10\text{k}\Omega$  risulta:

$$V_{\text{TR MAX}} = I_{\text{MAX}} \times R = 323\mu\text{A} \times 10\text{k}\Omega = 3,23\text{V}$$

$$V_{\text{TR MIN}} = I_{\text{MIN}} \times R = 253\mu\text{A} \times 10\text{k}\Omega = 2,53\text{V}$$

Per eliminare la tolleranza dei resistori si sono utilizzati una resistenza da  $8,2\text{k}\Omega$  e un trimmer da  $5\text{k}\Omega$ .

A valle di questo circuito è stato inserito un inseguitore di tensione per evitare che il circuito precedente venga caricato ( il carico non deve assorbire corrente) e quindi perda la propria caratteristica. La tensione di uscita dall'inseguitore va all'ingresso non invertente di un differenziale di precisione allo scopo di eliminare l'offset. Questo particolare circuito deve fornire in uscita una tensione che varia da  $0\text{V}$  quando  $T=253^{\circ}\text{K}$  a  $5\text{V}$  quando  $T=323^{\circ}\text{K}$ . Da ciò si deduce che bisogna sottrarre una tensione di  $2,53\text{V}$  alla tensione proveniente dal trasduttore. Per generare questa tensione si deve prima stabilizzare una tensione di  $5\text{V}$  con l'integrato LM336-5.0 a cui va collegato a valle un trimmer da  $20\text{k}\Omega$  utilizzato per regolare la tensione di riferimento a  $2,53\text{V}$ . Anche in questo caso va inserito nel circuito un inseguitore di tensione per evitare che il trimmer venga caricato. La tensione di riferimento deve essere sottratta e quindi va portata all'ingresso invertente del differenziale di precisione. Ora la tensione, a cui è stato eliminato l'offset, va da  $0\text{V}$  a  $0,7\text{V}$ .

$$V_{\text{MIN}} = V_{\text{TR min}} - V_{\text{RIF}} = 2,53\text{V} - 2,53\text{V} = 0\text{V}$$

$$V_{\text{MAX}} = V_{\text{TR max}} - V_{\text{RIF}} = 3,23\text{V} - 2,53\text{V} = 0,7\text{V}$$

Per portare la tensione corrispondente alla temperature massima al livello desiderato ( $5\text{V}$ ), occorre amplificarla:

$$A_v = \frac{\Delta V_{\text{OUT}}}{\Delta V_{\text{IN}}} = \frac{5\text{V}}{0,7\text{V}} = 7,15$$

La resistenza  $R_g$  deve essere uguale a:

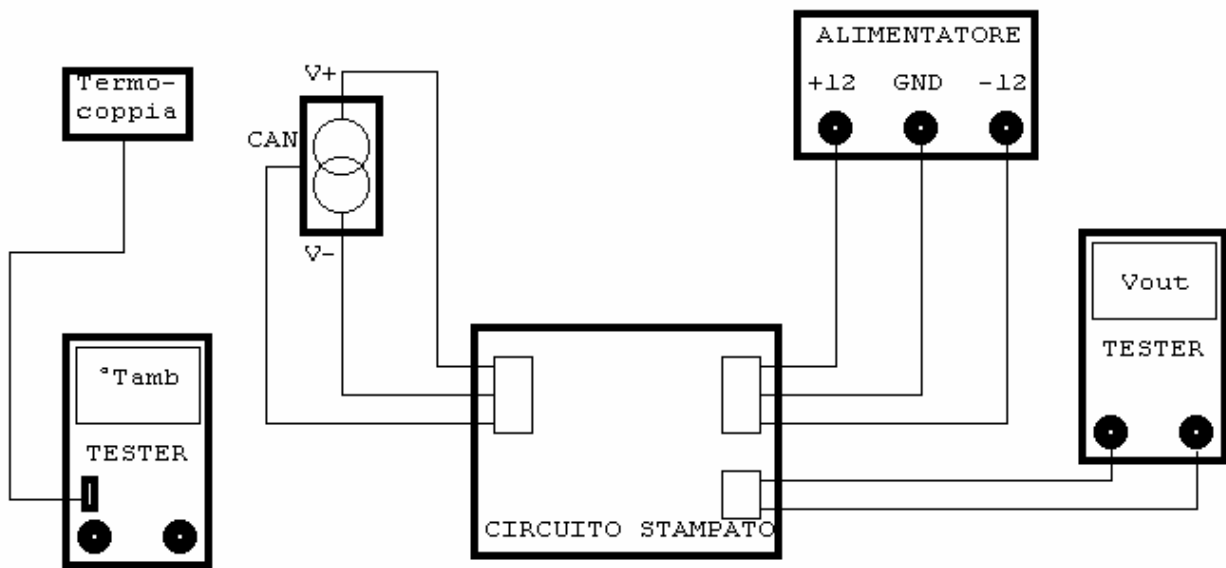
$$R_g = \frac{2R}{A_v - 1} = \frac{20\text{k}\Omega}{6,15} = 3,28\text{k}\Omega$$

Per ottenere una simile resistenza si usa un trimmer da  $5\text{k}\Omega$ .

## PROCEDURA DI COLLAUDO

1. Misurare la temperatura ambiente con il tester;
2. Calcolare la  $V_{TR}$  e regolare il trimmer in serie al trasduttore per ottenere la tensione calcolata;
3. Regolare la  $V_{RIF}$  a 2,53V agendo sul trimmer a valle dello stabilizzatore LM336;
4. Calcolare la  $V_{OUT}$ ;
5. Regolare il trimmer  $R_g$  per ottenere in uscita quel valore di tensione;
6. Misurare temperature diverse per testare l'affidabilità del circuito.

## COLLEGAMENTI



## DATI RILEVATI

### TARATURA

Temperatura ambiente misurata con il tester  $T = 10^{\circ}\text{C} = 283^{\circ}\text{K}$ ;

$$V_{\text{TR}} = 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}} \times T [^{\circ}\text{K}] \times R = 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}} \times 283^{\circ}\text{K} \times 10\text{k}\Omega = 2,83\text{V}$$

$$\Delta V = V_{\text{TR}} - V_{\text{RIF}} = 2,83\text{V} - 2,53\text{V} = 0,3\text{V}$$

$$V_{\text{OUT}} = \Delta V \times A_v = 0,3\text{V} \times 7,15 = 2,14\text{V}$$

### MISURA DELLA TEMPERATURA DEL PROF. BATANI

Temperatura misurata con il tester  $T = 36^{\circ}\text{C} = 309^{\circ}\text{K}$ ;

Tensione letta sul tester  $V_{\text{OUT}}=3,94\text{V}$

$$\Delta V = \frac{V_{\text{OUT}}}{A_v} = \frac{3,94\text{V}}{7,15} = 0,55\text{V}$$

$$V_{\text{TR}} = \Delta V + V_{\text{RIF}} = 0,55\text{V} + 2,53\text{V} = 3,08\text{V}$$

$$T = \frac{V_{\text{TR}}}{R \times 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}}} = \frac{3,08\text{V}}{10\text{k}\Omega \times 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}}} = 308^{\circ}\text{K} = 35^{\circ}\text{C}$$

### MISURA DELLA TEMPERATURE DI UNA LAMPADA AL NEON

Temperatura misurata con il tester  $T = 39^{\circ}\text{C} = 312^{\circ}\text{K}$ ;

Tensione letta sul tester  $V_{\text{OUT}}=4,3\text{V}$

$$\Delta V = \frac{V_{\text{OUT}}}{A_v} = \frac{4,3\text{V}}{7,15} = 0,60\text{V}$$

$$V_{\text{TR}} = \Delta V + V_{\text{RIF}} = 0,60\text{V} + 2,53\text{V} = 3,13\text{V}$$

$$T = \frac{V_{\text{TR}}}{R \times 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}}} = \frac{3,13\text{V}}{10\text{k}\Omega \times 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}}} = 313^{\circ}\text{K} = 40^{\circ}\text{C}$$

### MISURA DELLA TEMPERATURA DEL LABORATORIO DI TDP

Temperatura misurata con il tester  $T = 22^{\circ}\text{C} = 295^{\circ}\text{K}$ ;

Tensione letta sul tester  $V_{\text{OUT}}=3,03\text{V}$

$$\Delta V = \frac{V_{\text{OUT}}}{A_v} = \frac{3,03\text{V}}{7,15} = 0,42\text{V}$$

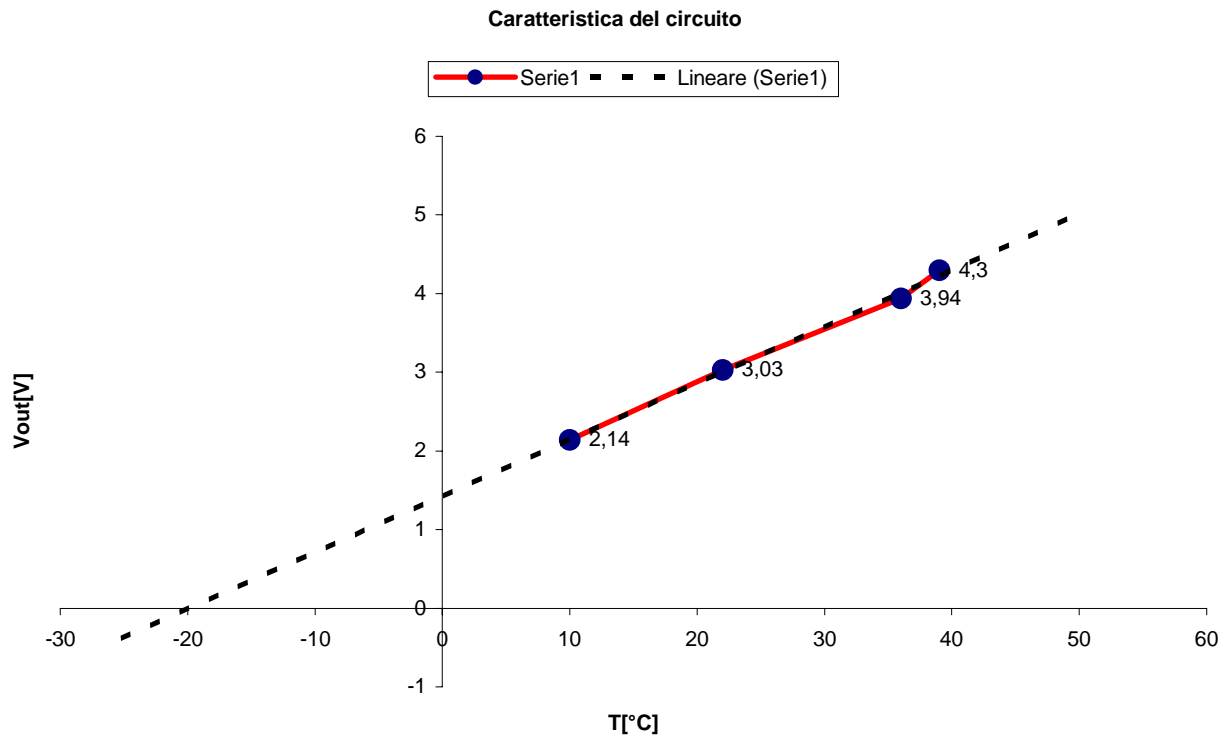
$$V_{\text{TR}} = \Delta V + V_{\text{RIF}} = 0,42\text{V} + 2,53\text{V} = 2,95\text{V}$$

$$T = \frac{V_{\text{TR}}}{R \times 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}}} = \frac{2,95\text{V}}{10\text{k}\Omega \times 1 \frac{\mu\text{A}}{\text{K}}} = 295^{\circ}\text{K} = 22^{\circ}\text{C}$$

## TABELLA DATI RILEVATI

	T[°K]	T[°C]	V <sub>out</sub> [V]
AMBIENTE ESTERNO	283	10	2,14
LABORATORIO TDP	295	22	3,03
CORPO DI BATANI	309	36	3,94
LAMPADA AL NEON	312	39	4,30

## GRAFICI



### CALCOLO DELLA PENDENZA DELLA RETTA:

$$m = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T} = \frac{2,14V}{30^{\circ}C} = 0,0713 \frac{V}{^{\circ}C}$$

### CALCOLO DELLA $V_{OUT}$ A $0^{\circ}C$ :

$$V_{OUT(10^{\circ}C)} = 0,0713 \frac{V}{^{\circ}C} \times 10^{\circ}C + V_{OUT(0)}$$

$$V_{OUT(0)} = 2,14V - 0,0713 \frac{V}{^{\circ}C} \times 10^{\circ}C = 2,14V - 0,713V = 1,427V$$

### CALCOLO DELLA $V_{OUT}$ A $50^{\circ}C$ :

$$V_{OUT(50^{\circ}C)} = 0,0713 \frac{V}{^{\circ}C} \times 50^{\circ}C + 1,427V = 3,565V + 1,427V = 4,992V \cong 5V$$



## CONCLUSIONI

Le misure di temperatura sono state svolte senza difficoltà anche se è parso che la termocoppia del tester sia meno affidabile del trasduttore AD590 in quanto è risultato più stabile: mentre la temperatura indicata sul tester variava continuamente (come se fosse presente del rumore), la tensione di uscita del circuito di condizionamento rimaneva stabile. Ciò è dimostrato dalla leggera differenza di  $\pm 1^\circ\text{C}$  tra la temperatura letta nel tester e quella calcolata dalla tensione di uscita del circuito in alcune misure effettuate.

Il circuito di condizionamento poteva essere ulteriormente semplificato eliminando i due inseguitori di tensione formati da due TL082 perché la resistenza di ingresso del differenziale di precisione è circa  $10^9\Omega$  per cui non si corre il rischio di caricare i circuiti a monte.