

CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO PER ESTENSIMETRI

Gruppo n°5

**Urbini Andrea
Marconi Simone**

Classe 5C

2001/2002

SPECIFICHE DEL PROGETTO: realizzare un circuito in grado di misurare una variazione di lunghezza fornendo una tensione di uscita variabile da -5V a 5V.

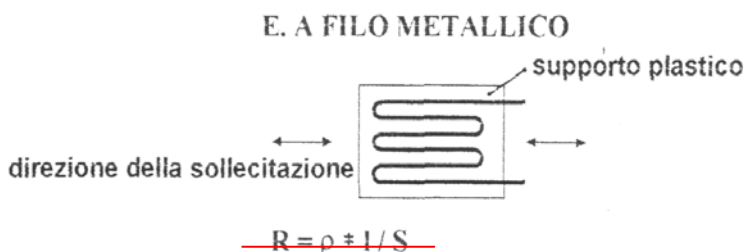
PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Descrizione componenti caratteristici

Il circuito è formato dai seguenti componenti:

- 2 estensimetri;
- 1 stabilizzatore di tensione a 5V LM336;
- 4 amplificatori operazionali TL084;
- 1 transistor nPn BC337;
- 1 trimmer lineare da 5kΩ;
- 1 resistenza da 5,6kΩ;
- 1 resistenza da 1kΩ;
- 1 resistenza da 10kΩ;
- 1 trimmer multigioco da 100Ω;
- 1 resistenza da 120Ω;
- 1 resistenza da 82Ω;
- 2 condensatori da 100nF;
- 2 condensatori elettrolitici da 10μF;
- 3 morsettiere;
- 5 test point;
- 1 pacco resistivo da otto resistori da 100kΩ;
- 1 zoccolo da 16 pin;
- 1 zoccolo da 14 pin;
- 1 zoccolo da 3 pin per LM336.

ESTENSIMETRO



Gli estensimetri sono sensori in grado di convertire una deformazione in una variazione di resistenza elettrica. Sono costituiti da un supporto plastico su cui depositata una sottile serpentina di materiale conduttore. Il supporto plastico va incollato sul corpo di cui bisogna misurare la deformazione.

Se il corpo si allunga allora anche la serpentina conduttrice si allunga diminuendo la sua sezione, quindi la resistenza totale R aumenta secondo la legge sopra riportata. Se il corpo si accorcia aumenta la sezione e diminuisce la lunghezza della serpentina, quindi la resistenza totale diminuisce.

La sensibilità di questo trasduttore è chiamata FATTORE DI GAUGE pari a:

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}}$$

L'estensimetro da noi utilizzato ha una resistenza ad estensione nulla di 120Ω con una variazione di 3Ω nel caso della deformazione massima. La lunghezza risulta essere di 6mm±3%.

PONTE DI WHEATSTONE

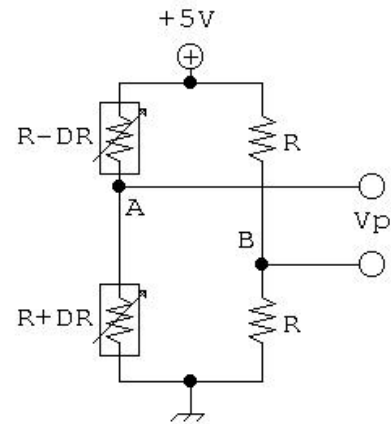
Questo ponte è formato da due partitori di tensione: in questo caso uno di essi è costituito da 2 resistenze fisse, l'altro dai due estensimetri montati sulle due facce opposte della sbarra di lamiera da piegare. Le due tensioni che si prelevano dal centro dei partitori risultano essere pari a:

$$V_A = V_{cc} \times \frac{R + \Delta R}{R + \Delta R + R - \Delta R} = V_{cc} \times \frac{R + \Delta R}{2R}$$

$$V_B = V_{cc} \times \frac{R}{R + R} = V_{cc} \times \frac{R}{2R} = \frac{V_{cc}}{2}$$

La tensione V_p sulla diagonale del ponte risulta essere la differenza tra V_a e V_b quindi pari a:

$$V_p = V_A - V_B = V_{cc} \times \frac{R + \Delta R}{2R} - V_{cc} \times \frac{R}{2R} = V_{cc} \times \left(\frac{\Delta R}{2R} \right)$$



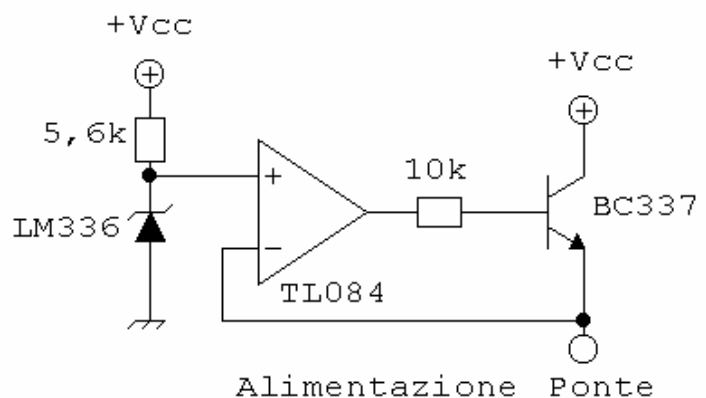
Da questa formula si può notare che l'andamento di V_p è lineare cosa che non accadeva se si fosse utilizzato un solo estensimetro. Per aumentare la sensibilità del ponte si sarebbe dovuto usare quattro estensimetri che però risultano di difficile montaggio e distribuzione sulla sbarra metallica. Il ponte deve essere formato da quattro resistenze uguali (nel nostro caso da 120Ω). La precisione delle resistenze in questo caso è fondamentale, quindi per eliminare la tolleranza delle resistenze viene sostituita ad una resistenza fissa un trimmer multigiro da 100Ω in serie ad una resistenza da 82Ω.

STABILIZZATORE DI TENSIONE A 5V LM336

Questo circuito è uno stabilizzatore di precisione di tensione. Viene utilizzato per generare delle V_{REF} . A monte di esso deve essere inserita una resistenza di 5.6kΩ per evitare che l'integrato si bruci; a valle va montato un inseguitore di tensione per evitare che il circuito venga caricato. 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.

CIRCUITO DI ALIMENTAZIONE DEL PONTE

Il ponte di Wheatstone è formato da resistenze da 120Ω per questo assorbe una corrente notevole che l'inseguitore ad operazionale, da solo, in cascata allo stabilizzatore LM336 non può fornire. Perciò risulta necessario l'utilizzo di un transistor BC337 che risolve questo problema. Quindi tramite una resistenza di polarizzazione da 10kΩ l'operazionale pilota il BJT mantenendo la tensione di alimentazione stabile.

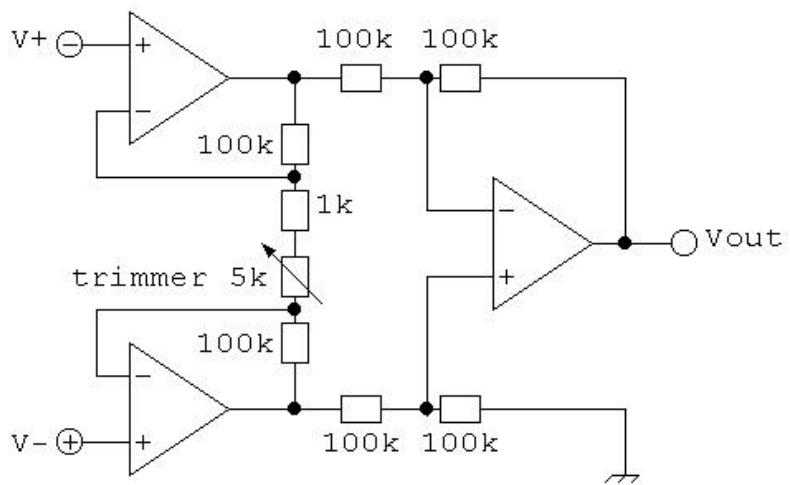


AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE DI PRECISIONE CON AMPLIFICATORI OPERAZIONALI TL084

Sono amplificatori operazionali a JFET quindi non assorbono corrente in ingresso perché hanno un'elevata resistenza di ingresso ($10^9\Omega$) e perciò sono adatti per essere utilizzati come operazionali in cascata a circuiti che non devono essere caricati come il ponte di Wheastone (contiene due partitori di tensione che non devono essere assolutamente caricati).

Sono utilizzati nell'amplificatore differenziale di precisione. Vanno collegati a sei resistenze da $100k\Omega$; per ottenere una maggiore precisione (le resistenze devono essere esattamente uguali) è stato utilizzato un pacco resistivo di otto resistori da $100k\Omega$.

La resistenza variabile che regola il guadagno dell'amplificatore è un trimmer da $5k\Omega$ con in serie una resistenza da $1k\Omega$.

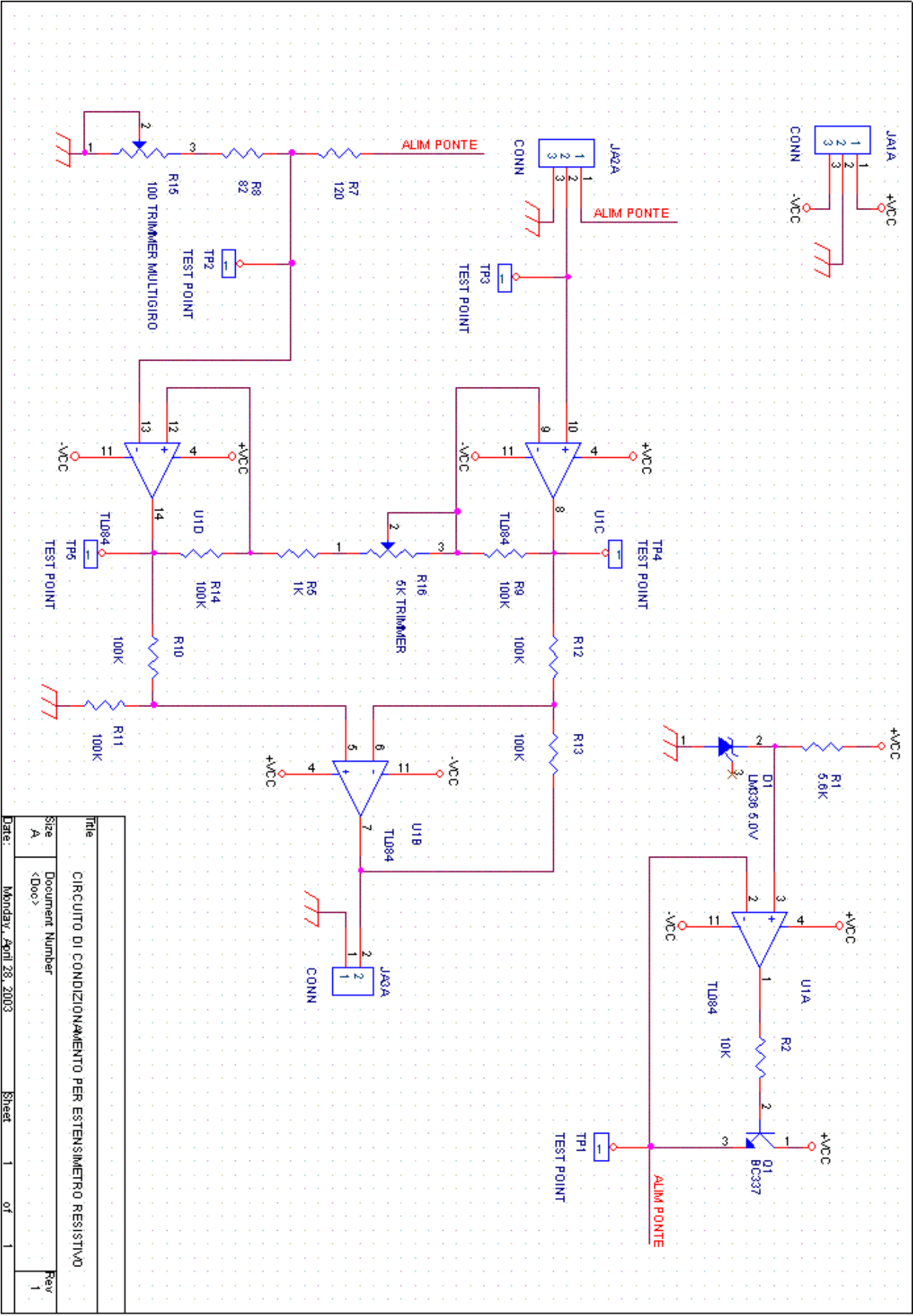


Il guadagno di tensione A_v risulta essere:

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

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

L'estensimetro privo di sollecitazioni presenta una resistenza pari a 120Ω e un ΔR di $\pm 3\Omega$. Esso è normalmente lungo 6mm, ma nel momento di massima estensione subisce un allungamento di $\pm 3\%$ pari a $\pm 0,18\text{mm}$. Quindi si ottengono le seguenti situazioni:

$$l = 6\text{mm} \longrightarrow R = 120\Omega$$

$$l_{\text{MAX}} = l + \Delta l_{\text{MAX}} = 6\text{mm} + 0,18\text{mm} = 6,18\text{mm} \longrightarrow R_{\text{MAX}} = R + \Delta R_{\text{MAX}} = 120\Omega + 3\Omega = 123\Omega$$

$$l_{\text{MIN}} = l + \Delta l_{\text{MIN}} = 6\text{mm} - 0,18\text{mm} = 5,82\text{mm} \longrightarrow R_{\text{MIN}} = R + \Delta R_{\text{MIN}} = 120\Omega - 3\Omega = 117\Omega$$

Con questi dati si può calcolare la sensibilità:

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{\frac{3\Omega}{120\Omega}}{\frac{0,18\text{mm}}{6\text{mm}}} = \frac{0,025}{0,03} = 0,83$$

Le tensioni sul centro dei due partitori e sulla diagonale del ponte di Wheatstone risultano quindi essere:

$$V_{A-\text{MAX}} = V_{\text{CC}} \times \frac{R + \Delta R}{2R} = 5\text{V} \times \frac{123\Omega}{240\Omega} = 2,5625\text{V}$$

$$V_B = V_{\text{CC}} \times \frac{R}{2R} = \frac{V_{\text{CC}}}{2} = \frac{5\text{V}}{2} = 2,5\text{V}$$

$$V_{P-\text{MAX}} = V_{A-\text{MAX}} - V_B = 2,5625\text{V} - 2,5\text{V} = 0,0625\text{V}$$

Se l'estensimetro non viene sollecitato V_A è uguale a V_B quindi V_P è nulla di conseguenza la tensione di uscita V_{out} sarà zero.

In corrispondenza di $V_{P-\text{MAX}}$ la tensione di uscita del circuito deve essere di 5V quindi il guadagno del differenziale di precisione deve pari a:

$$A_V = \frac{V_{\text{out}_{\text{MAX}}}}{V_{P-\text{MAX}}} = \frac{5\text{V}}{0,0625\text{V}} = 80$$

La resistenza R_g che regola il guadagno del differenziale deve essere pari a:

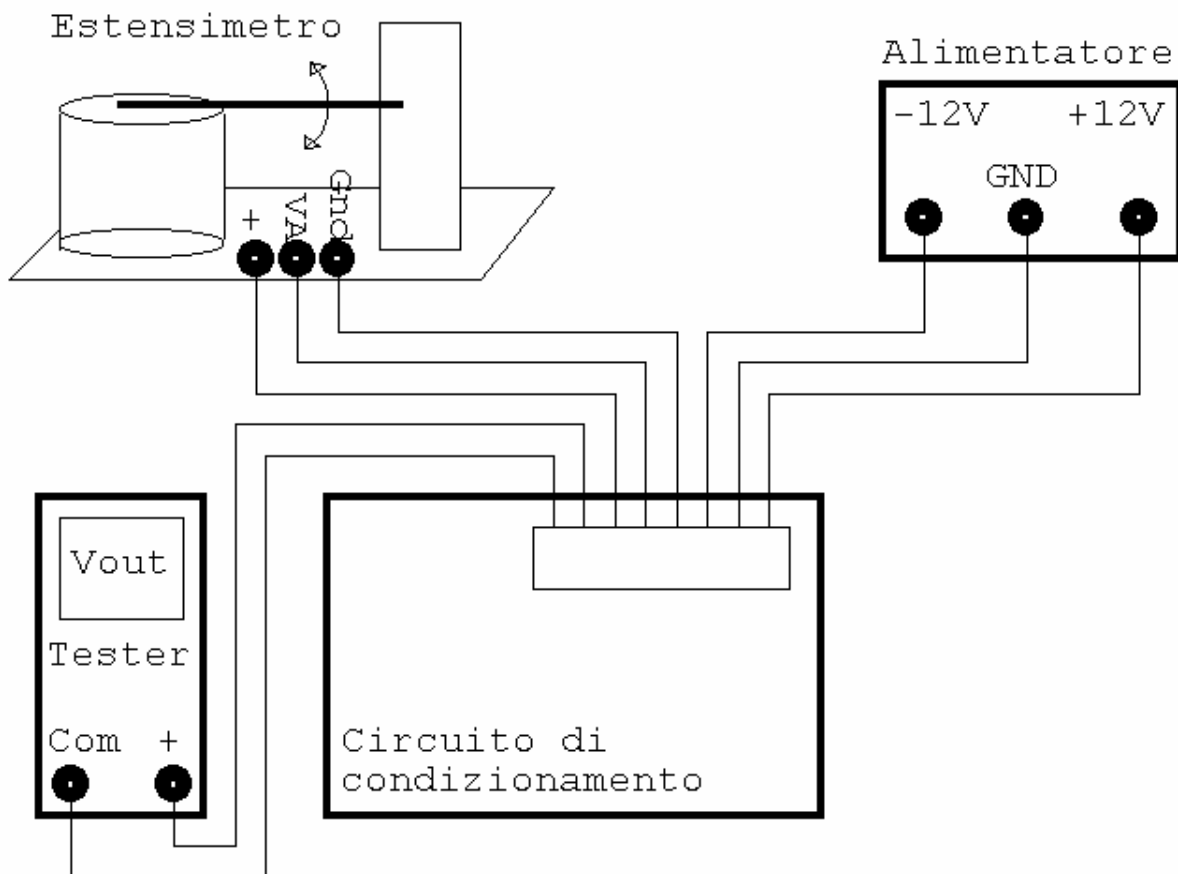
$$R_g = \frac{2R}{A_V - 1} = \frac{200\text{k}\Omega}{79} = 2,53\text{k}\Omega$$

Nel circuito la R_g è formata da una resistenza fissa da $1\text{k}\Omega$ e da un trimmer da $5\text{k}\Omega$.

PROCEDURA DI COLLAUDO

- **ALIMENTARE IL CIRCUITO CON UNA TENSIONE DUALE DI 12V.**
- **EQUILIBRARE IL PONTE DI WHEASTONE A ESTENSIONE PARI A 0:**
 1. Misurare la tensione sulla diagonale del ponte e agire sul trimmer multigiro per fare in modo che la tensione sulla diagonale sia zero (regolazione grossolana);
 2. Misurare la tensione di uscita del circuito e agire sul trimmer multigiro per fare in modo che la tensione di uscita sia zero (regolazione fine);
- **REGOLAZIONE DEL GUADAGNO ALLA MASSIMA ESTENSIONE:**
 1. Mentre si effettua la massima pressione sulla piastrina si deve regolare il trimmer del guadagno del differenziale per ottenere la tensione massima di uscita prestabilita.
- **LISTA TEST POINT**
 1. TP1 (AP): alimentazione ponte: utile per verificare la presenza della giusta alimentazione del ponte;
 2. TP2 e TP3: utili per verificare il funzionamento corretto dell'amplificatore differenziale per strumentazione;
 3. TP4 (VB): tensione nel mezzo del partitore fisso: utile, in coppia con TP5, per la taratura della tensione sulla diagonale del ponte
 4. TP5 (VA): tensione nel mezzo dei due estensimetri: utile, in coppia con TP4, per la taratura della tensione sulla diagonale del ponte

COLLEGAMENTI

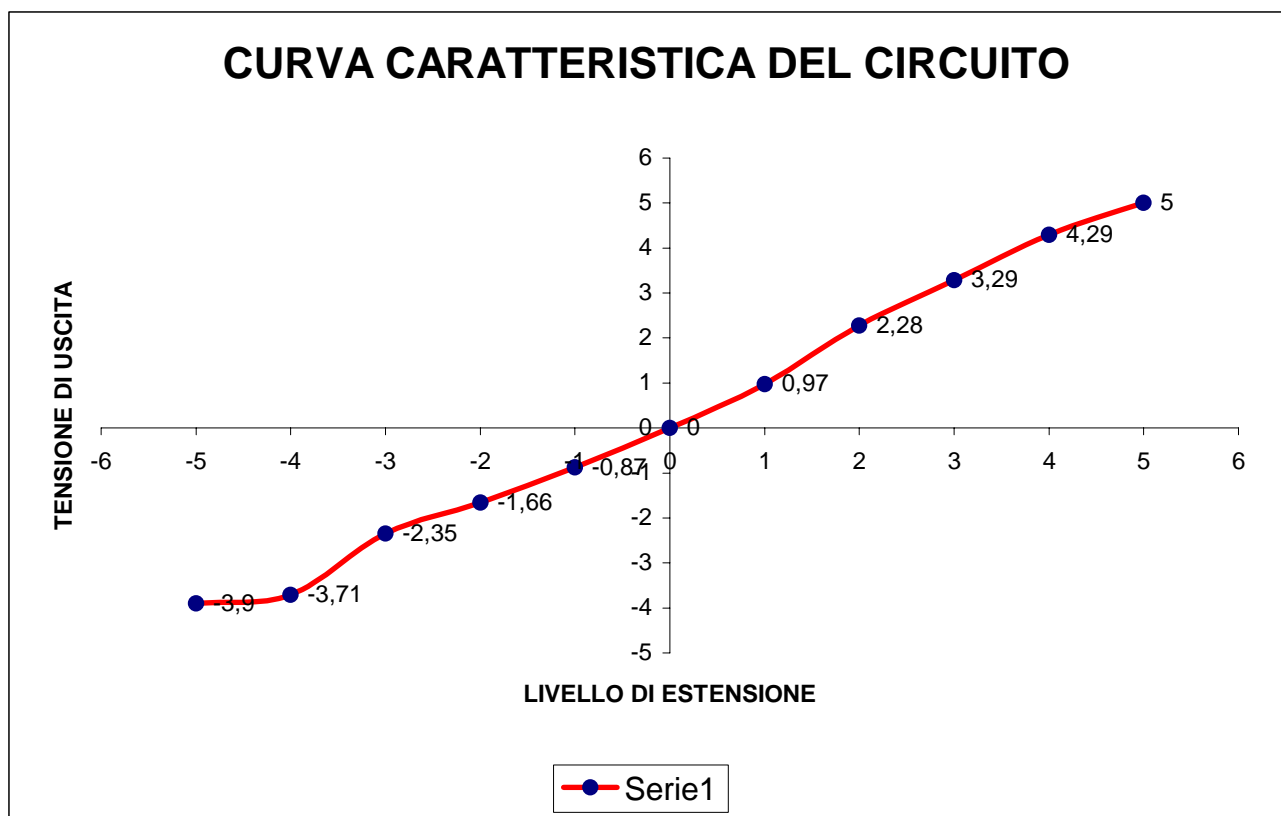


DATI RILEVATI

Misurando la tensione di uscita in corrispondenza di ogni livello di estensione si è compilato la seguente tabella:

LIVELLO DI ESTENSIONE	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
TENSIONE DI USCITA [V]	-3,90	-3,71	-2,35	-1,66	-0,87	0	0,97	2,28	3,29	4,29	5,00

GRAFICO



CONCLUSIONI

Il collaudo si è svolto senza grossi problemi, anche se durante questa procedura a causa di un corto circuito, generato accidentalmente da un coccodrillo, il BJT BC337 è saltato. Una volta sostituito il circuito esso si è comportato perfettamente. La taratura del trimmer inserito nel ponte di Wheatstone è risultata abbastanza difficoltosa a causa della notevole isteresi presentata dagli estensimetri provocata forse dal tipo sbagliato di collante utilizzato per incollare gli estensimetri alla lamiera. Inoltre la struttura di simulazione dell'estensione è risultata poco rigida falsando i risultati ottenuti (vedi livello di estensione -5).