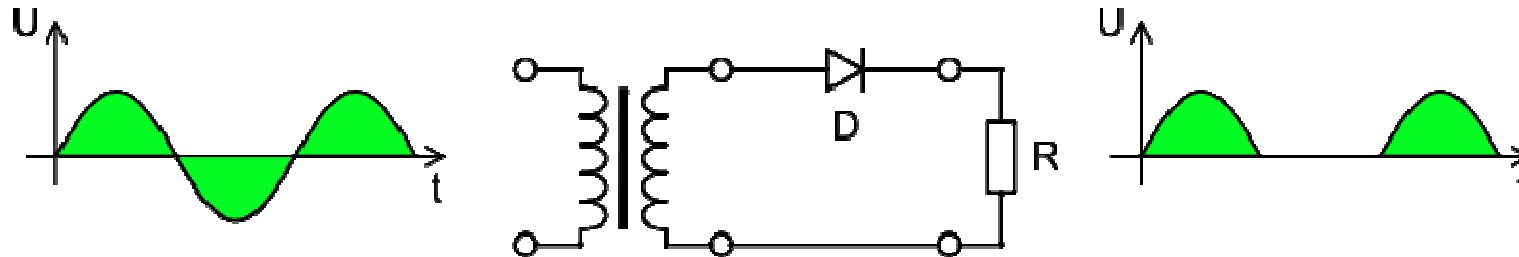


- **Raddrizzatore di precisione**
 - a) a semionda
 - b) a semionda ottimizzato
 - c) ad onda intera
- **Amplificatore differenziale**

Circuito didattico per verificare la soppressione del rumore di modo comune
- **INstrumentation Amplifier**
 - a) L'INA modello AD622
 - b) Verifica funzionamento AD622 per misura di piccole variazioni di resistenza
- **Misure di temperatura**
 - a) trasduttore di temperatura Pt100
 - b) misura di temperatura (o di resistenza) a 2 e 4 fili con multimetro Agilent

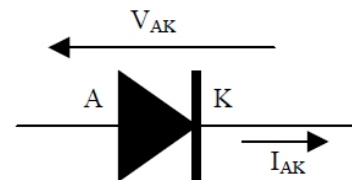
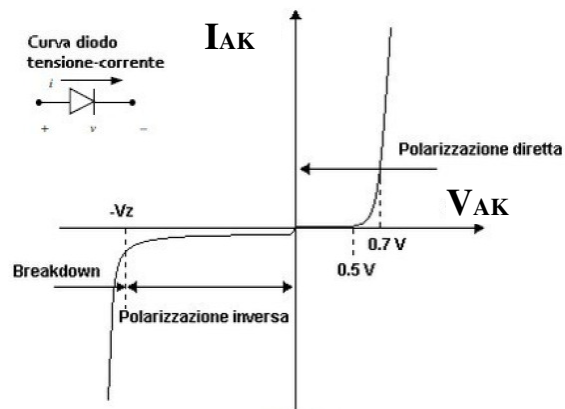
1) Raddrizzatore di precisione

Raddrizzatore a semionda a diodi



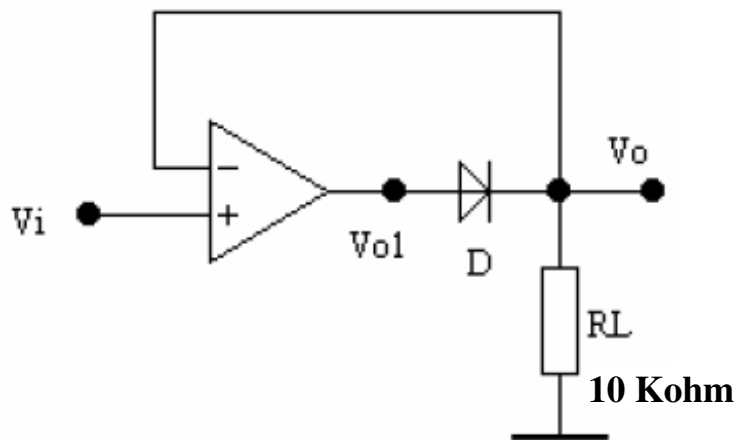
Il raddrizzatore a semionda a diodi presenta **2 svantaggi** principali:

- a) C'è una caduta del segnale da raddrizzare pari alla caduta sul diodo (0,7V). Nelle applicazioni di precisione questa caduta NON è trascurabile.
- b) Se la tensione da raddrizzare è molto bassa i segnali inferiori alla tensione di soglia (0,7V) vengono soppressi.



1-a) Raddrizzatore di precisione a semionda

Un raddrizzatore di precisione permette di raddrizzare anche segnali di ampiezza inferiore a 0,7Volt e quindi di ampiezza inferiore alla tensione di soglia V_s del diodo.



SE:

$V_i < 0$ allora $V_{o1} < 0$, V_d è negativa ed il diodo è INTERDETTO \rightarrow Non scorre corrente sul carico R_L e $V_o = 0$.

La rete di retroazione risulta aperta a causa del diodo interdetto

SE:

$V_i > 0$ allora $V_{o1} > 0$, V_d è positiva ed il diodo è in CONDUZIONE diretta \rightarrow La rete di retroazione viene chiusa e il circuito si comporta da inseguitore $V_o = V_i$

Poiché il diodo entra in conduzione con tensioni maggiore di V_s , è sufficiente una tensione di ingresso $V_i = V_s / A_{ol}$ per portare V_{o1} al valore di V_s .

A_{ol} circa $10^5 \rightarrow$ è sufficiente un V_i positiva dell'ordine dei 10 μV

$$V_{o1} = A_{ol} (V_+ - V_-)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_o = V_{o1} - V_d \text{ quindi } V_{o1} = V_o + V_d \\ V_o = V_- \text{ e } V_+ = V_i \end{array} \right. \Rightarrow V_o + V_d = A_{ol} (V_i - V_o)$$

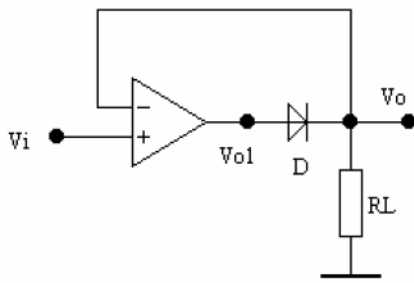
....

$$V_o = V_i / (1 + 1/A_{ol}) - V_d / (1 + A_{ol})$$

$$\text{Se } A_{ol} = 200.000 \text{ per il 741}$$

$$0,6 / 1 + 200.000 = 3 \mu\text{Volt}$$

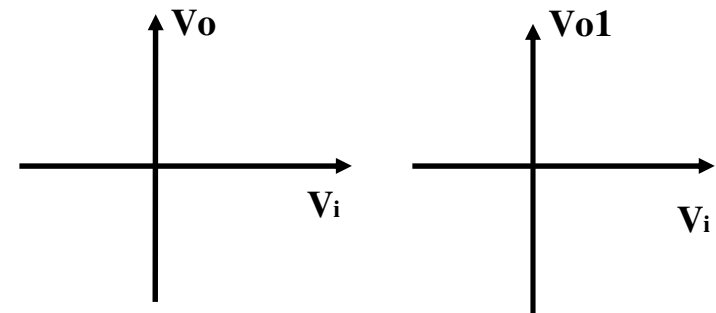
Quindi passo da 0,6Volt a 3 uVolt



$$V_o = V_i - 0,6/200.000$$

$$V_o = V_i$$

- 1) Montare circuito
- 2) Rilevare l'andamento di V_o e di V_{o1} in funzione di V_i
- 3) Iniziare con V_{in} SIN $f = 50\text{Hz}$, 1 Vpp
- 4) Aumentare f e fare uno zoom al passaggio per lo 0 in salita. Cosa si vede? Causa?



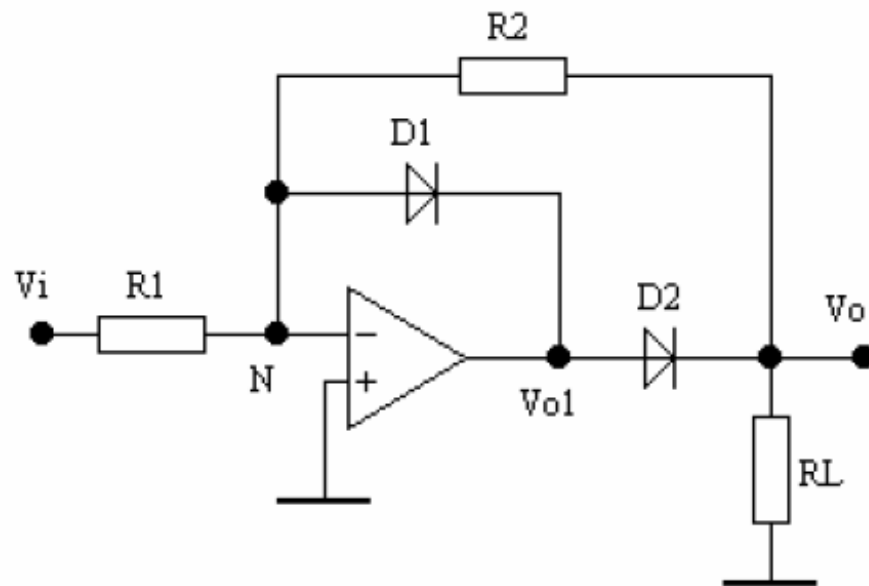
1-b) Raddrizzatore di precisione a semionda ottimizzato

Il circuito raddrizzatore di precisione a semionda di base presenta una problematica:

Quando $V_i < 0$ (anche di poco....) l'OpAmp si trova a funzionare con anello aperto e quindi come un comparatore. → L'uscita si porta in saturazione.

Quando V_i ritorna positiva l'uscita dell'amplificatore deve uscire dalla saturazione e questa operazione crea un ritardo sulla risposta.

La soluzione per ottimizzare il circuito è quella di impedire la saturazione dell'uscita.



SE:

V_i è 0, allora $V_{o1}=0$, e quindi sia D1 che D2 sono interdetti.

V_o sarà nulla in quanto R2 ed RL sono connesse a GND_Virtuale e a GND.

V_d è negativa ed il diodo è interdetto → Non scorre corrente sul carico RL e $V_o=0$.

La rete di retroazione risulta aperta a causa del diodo interdetto

SE:

$V_i > 0$, allora $V_{o1} < 0$, e quindi D1 va in conduzione e D2 interdetto.

La retroazione è garantita da D1. Ho un circuito con inseguitore. V_{o1} sarà pari a $-V_d$.

V_o sarà ancora nulla in quanto R2 ed RL sono connesse a GND_Virtuale e a GND.

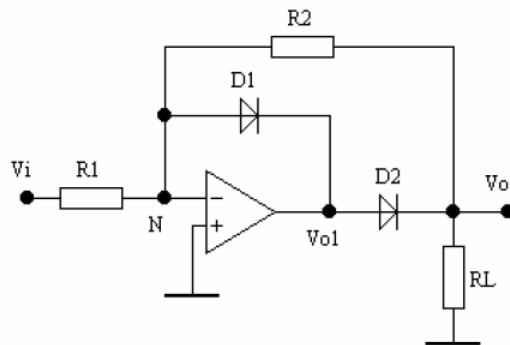
SE:

$V_i < 0$, allora $V_{o1} > 0$, e quindi D1 va in interdizione e D2 in conduzione.

La retroazione è garantita da R2. Ho un circuito amplificatore invertente con

$$V_o = -(R_2/R_1) * V_i$$

V_o insegue V_i con $V_o=V_i$ se $R_2/R_1 = 1$



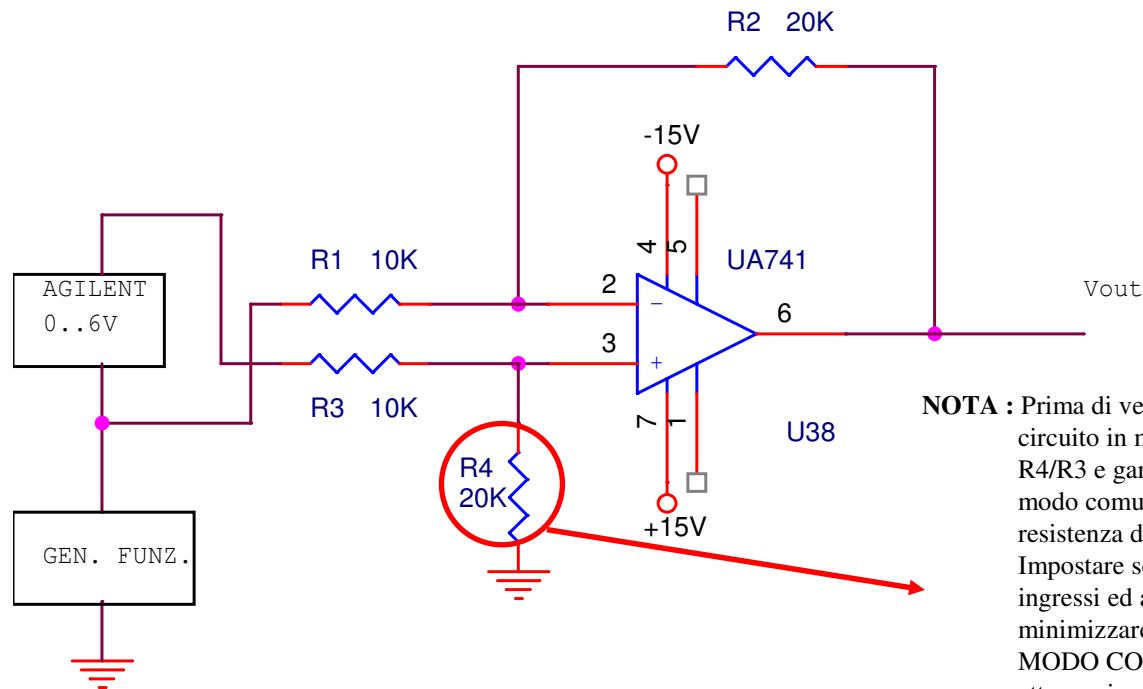
- 1) Montare circuito
- 2) Rilevare l'andamento di V_o e di V_{o1} in funzione di V_i
- 3) Verificare l'ottimizzazione introdotta

2) Amplificatore differenziale

Circuito didattico per evidenziare la capacità di un circuito amplificatore in configurazione differenziale di eliminare il segnale di modo comune e di amplificare il segnale “reale”.

Segnale di modo comune -> generatore di funzioni -> Rappresenta il RUMORE

Segnale differenziale -> alimentatore variabile Agilent 0...6Volt -> Rappresenta il SEGNALE

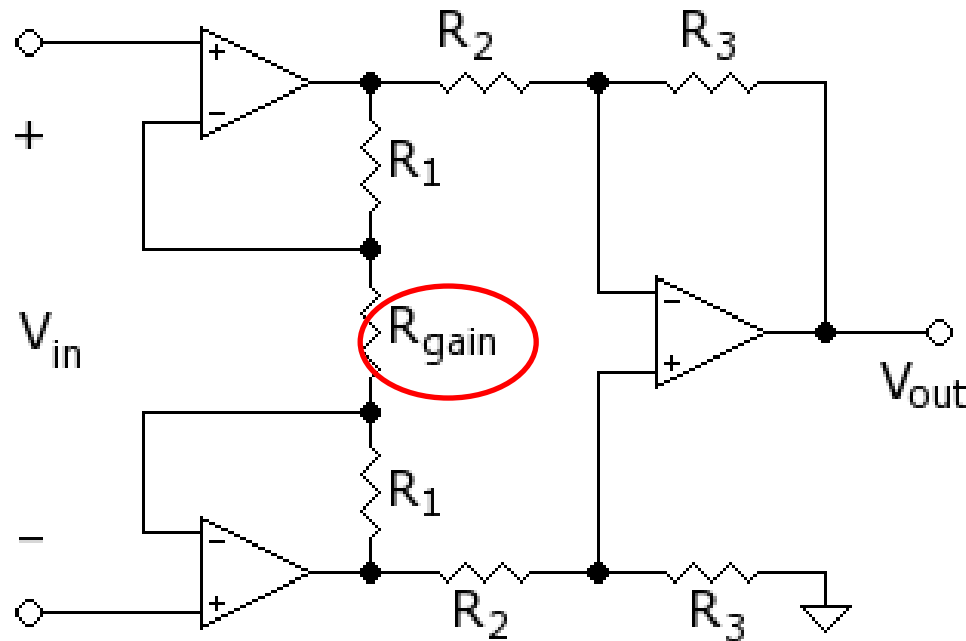


NOTA : Prima di verificare il funzionamento, **tarare** il circuito in modo da garantire la condizione $R2/R1 = R4/R3$ e garantire la massima reiezione del segnale di modo comune. Per fare ciò sostituire **R4** con una resistenza da **10K + Trimmer da 10K**. Impostare segnale differenziale pari a **0.0V** (c.c. degli ingressi ed a massa) e tarare trimmer in modo da minimizzare il segnale in uscita e quindi il segnale di MODO COMUNE (si dovrebbe arrivare ad una attenuazione di circa 5000 volte)

Note:- analisi del circuito dalla lezione di teoria

- variare l'ampiezza dei segnale di modo comune e del segnale “reale” e osservare il comportamento del circuito

3) L'INstrumentation Amplifier



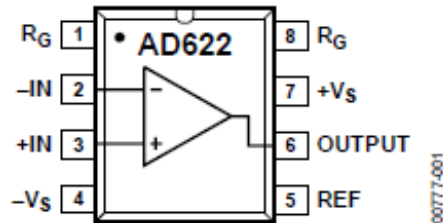
$$V_{out} = -\Delta V_{in} \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}} \right) \frac{R_3}{R_2}$$

Vantaggi INA:

- Tramite la sola resistenza R_{gain} posso regolare il guadagno dell'amplificatore
- Effettua misure differenziali sui segnali in ingresso (elimina segnale di modo comune)
- Impedenza degli ingressi altissima pari all'impedenza di ingresso dell'amplificatore operazionale (non altera il segnale in input a causa all'impedenza del circuito di amplificazione)
- Resistenze interne tarate al laser in fase di costruzione

3-1) INA da noi utilizzato: AD622

PIN CONFIGURATION



$$R_G = \frac{50.5 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

R_G non inserita => Gain = 1

Table 5. Required Values of Gain Resistors

Desired Gain	1% Std Table Value of R _G , Ω	Calculated Gain
2	51.1 k	1.988
5	12.7 k	4.976
10	5.62 k	9.986
20	2.67 k	19.91
33	1.58 k	32.96
40	1.3 k	39.85
50	1.02 k	50.50
65	787	65.17
100	511	99.83
200	255	199.0
500	102	496.1
1000	51.1	989.3

APPLICATIONS

Transducer interface
Low cost thermocouple amplifier
Industrial process controls
Difference amplifier
Low cost data acquisition

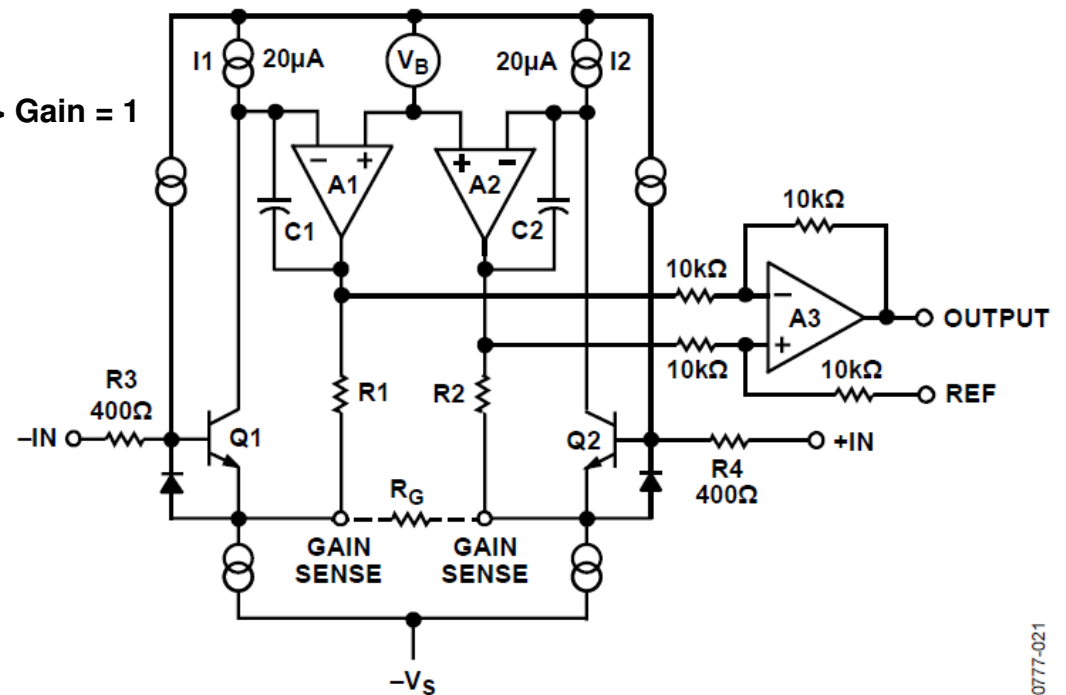
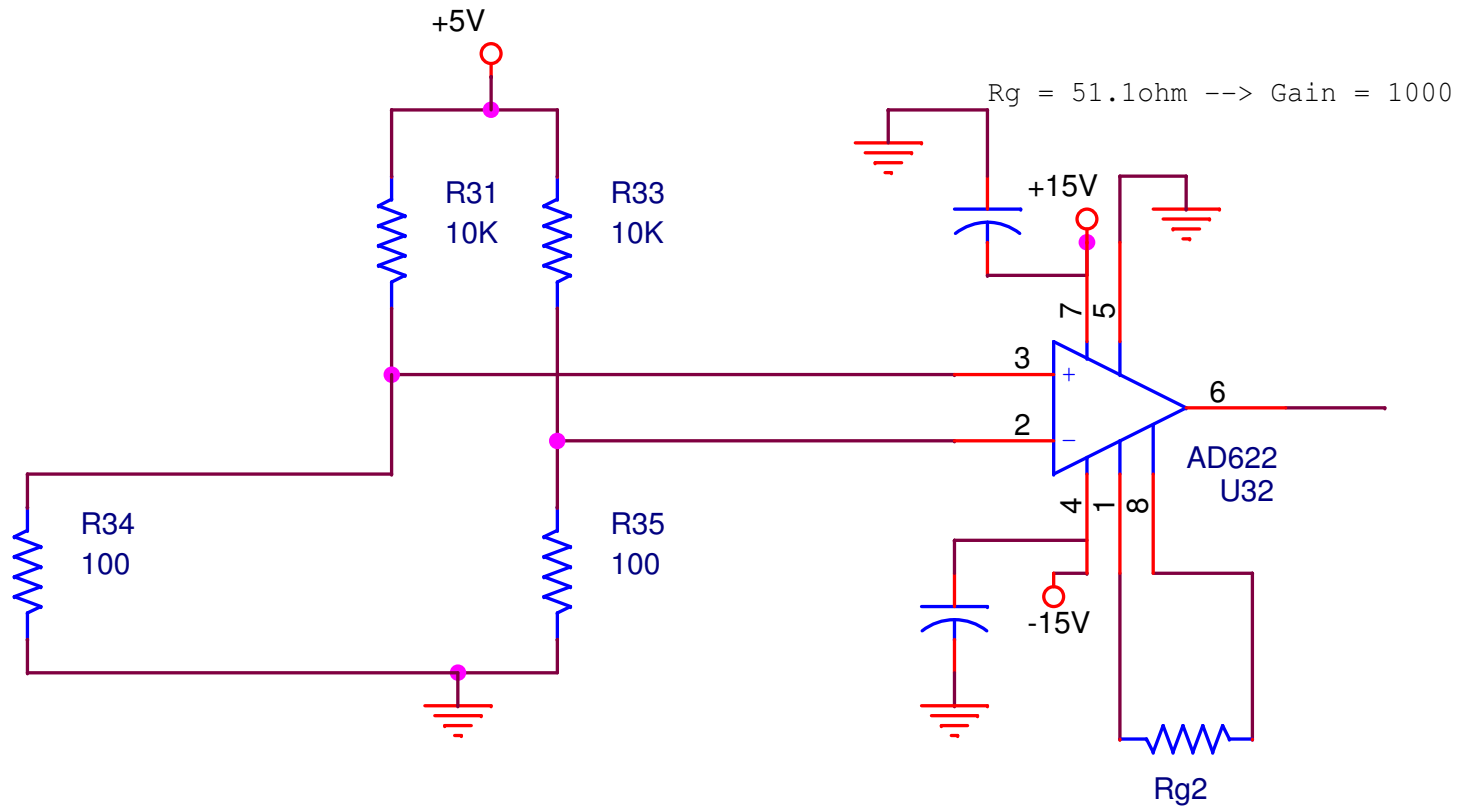
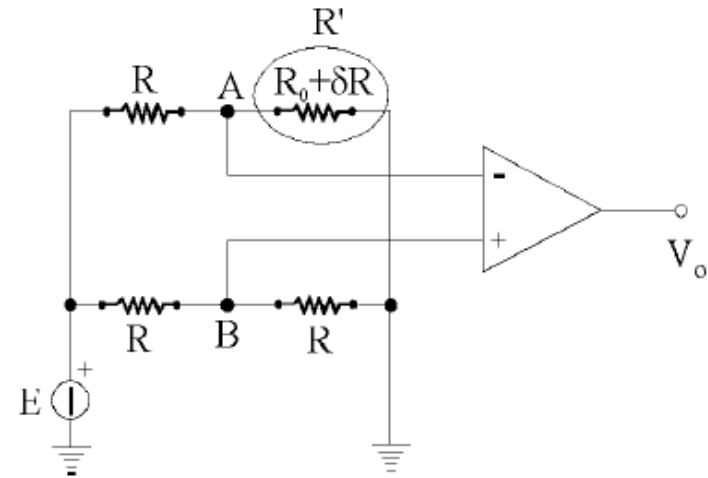


Figure 16. Simplified Schematic of the AD622

3-2) Verifica funzionamento AD622:

Valutazione del funzionamento di un INA per la misura della variazione del valore nominale di una resistenza commerciale al variare della temperatura.



Misura didattica: misura di piccole (mOhm) variazioni di resistenza.

Le resistenze a nostra disposizione hanno un coefficiente di temperatura di circa -200ppm/° C.

Data una resistenza di valore nominale R:

$dr = R * (-200/1e6)$ per una variazione di temperatura pari a 1° C

Se R = 100ohm -> $dr = -20 \text{ mOhm/° C}$

Per effettuare la misura inserisco la resistenza da esaminare in un ponte di Wheatstone. Misuro lo sbilanciamento del ponte dovuto ad una variazione di temperatura della resistenza sotto test. Utilizzo per la misura un amplificatore per strumentazione.

-Alimentazione ponte 5Volt

-Gain INA AD622 = 1000

-R ponte = 10 kOhm e 100 Ohm

-Montare una delle resistenze del ponte (100ohm) distante dalle altre 3 resistenze del ponte

-Toccare/Soffiare(riscaldare) o raffreddare con spray tale resistenza e verificare l'effetto sull'uscita dell'INA

$-dV = \text{Gain} * V_{\text{ponte}} * (dR / (R + R_t))$

3-3) Esempio di utilizzo del circuito realizzato: misura di forze con Strain Gage

Misurano le deformazioni che si manifestano sulla superficie di un corpo per effetto di forza, pressione, urti, vibrazione.

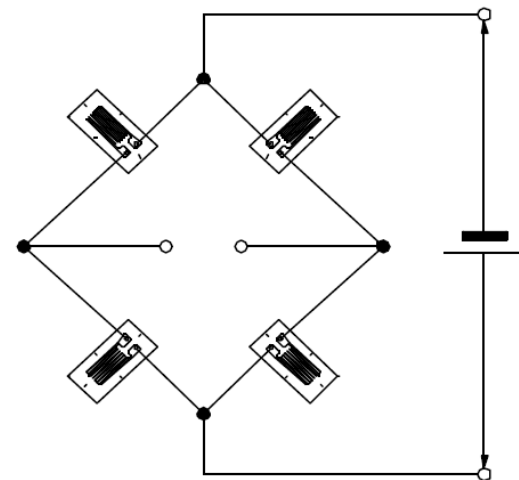
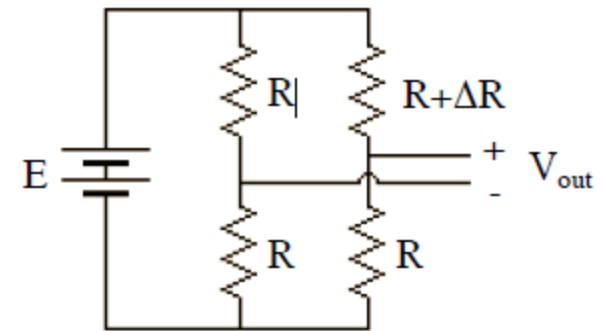
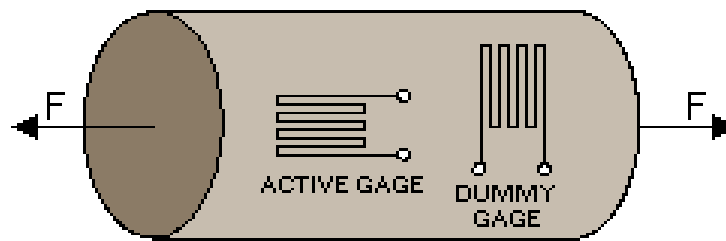
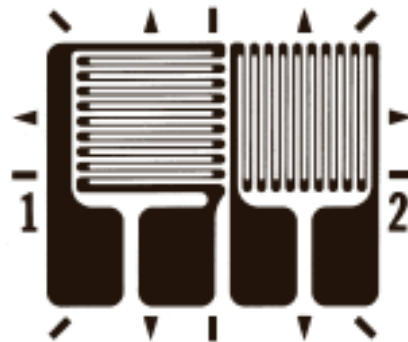
E' costituito da un sottile conduttore metallico incollato al dispositivo sotto esame.

L'estensimetro varia la propria resistenza elettrica al variare della forma geometrica (allungamento o compressione).

$$G.F. = \text{Gage Factor} = (dR/R) / (dL/L) = (KE) = 2 - 3$$

R tipiche = tra 60ohm e 2 Kohm

R piu' usate = 120ohm



Termoresistenza PT100

E' un sensore di temperatura che sfrutta la variazione della resistività del platino al variare della temperatura.

- Pt100 misura 100 Ohm a 0° C
- Campo di impiego: -220 / +750 ° C
- Corrente di misura e auto-riscaldamento: $R_{PT100} * I^2$
- Tempo di risposta
- Isolamento

Coefficiente di temperatura: $\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 \cdot R_0}$ R100: resistenza a 100° C
R0: resistenza a 0° C

$\alpha = 0,003850$

Resistenza R a temperatura t: $R_t = R_0 + R_0 \alpha \cdot t$

Temperatura t a resistenza R: $t = \frac{R_t - R_0}{R_0 \cdot \alpha}$

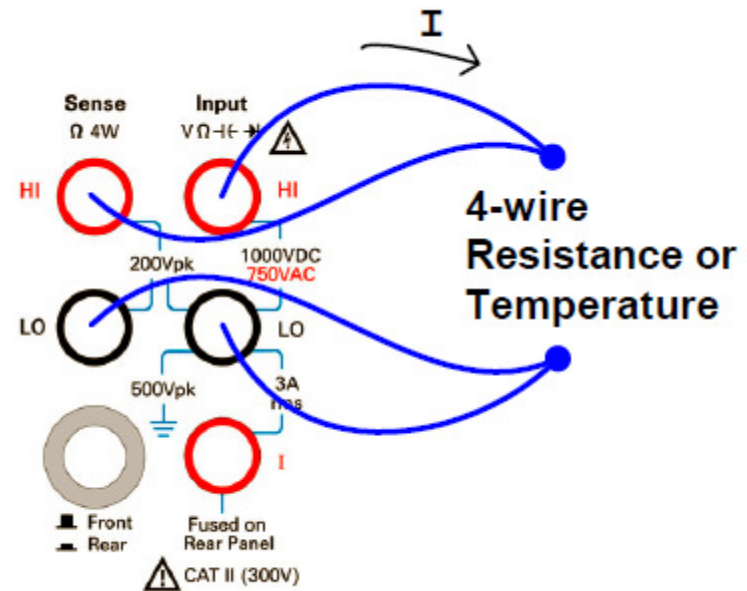
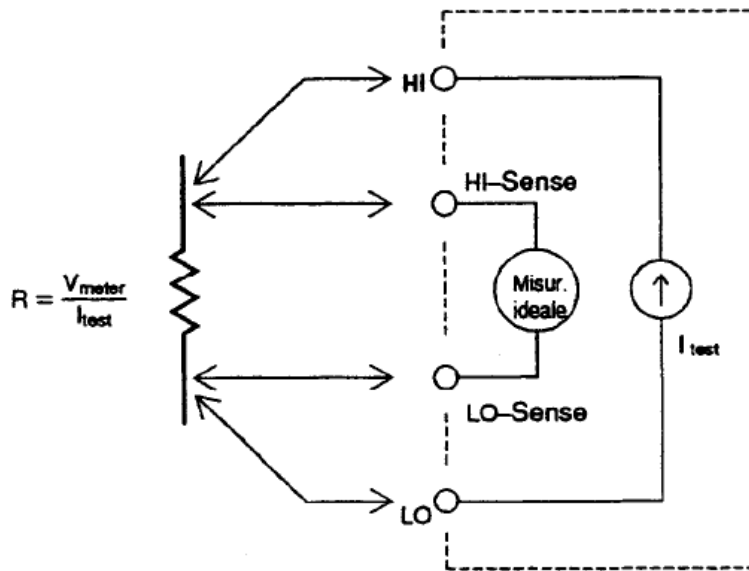
Variazione di Resistenza per 1° C = 0,3850 Ohm/° C

Termoresistenza al Platino PT100
Tabella di corrispondenza ° C > Ohm

-10	96,09	95,69	95,30	94,91	94,52	94,12	93,73	93,34	92,95	92,55
0	100,00	99,61	99,22	98,83	98,44	98,04	97,65	97,26	96,87	96,48
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,28
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	113,99	114,38	114,77	115,15
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,85	118,24	118,62	119,01
50	119,40	119,78	120,16	120,55	120,93	121,32	121,70	122,09	122,47	122,86
60	123,24	123,62	124,01	124,39	124,77	125,16	125,54	125,92	126,31	126,69
70	127,07	127,45	127,84	128,22	128,60	128,98	129,37	129,75	130,13	130,51
80	130,89	131,27	131,66	132,04	132,42	132,80	133,18	133,56	133,94	134,32

Misura di resistenza a 4 fili

Esercizio: misura resistenza di un termosensore PT100 a 4 fili.

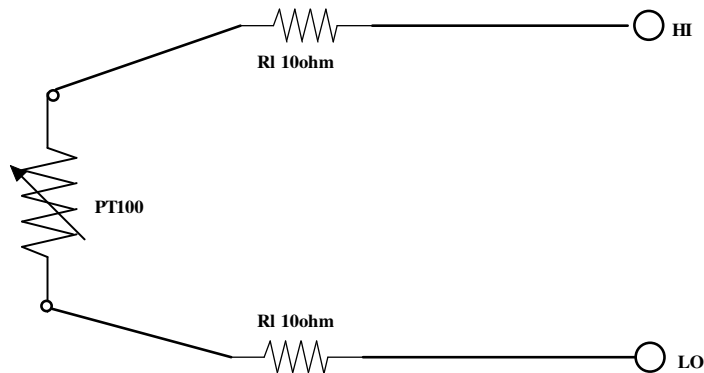


Nella misura a 4 fili lo strumento rende disponibile la corrente di prova ai terminali HI e LO (terminali di I_{test})

La caduta di tensione è misurata dalla coppia di terminali (Sense)

SIMULAZIONE:

per simulare in laboratorio una condizione di misura equivalente a quella che si avrebbe con dei lunghi cavi di collegamento si utilizzano delle resistenze da 10 Ohm in serie sui cavi (vedi schema).



Multimetro Agilent:

Configurazione

- 1) Shift + Config + Config
- 2) Impostare misura su 2W
- 3) RTD = 0,00385 (coeff. Di temperatura)
- 4) Confermare il resto

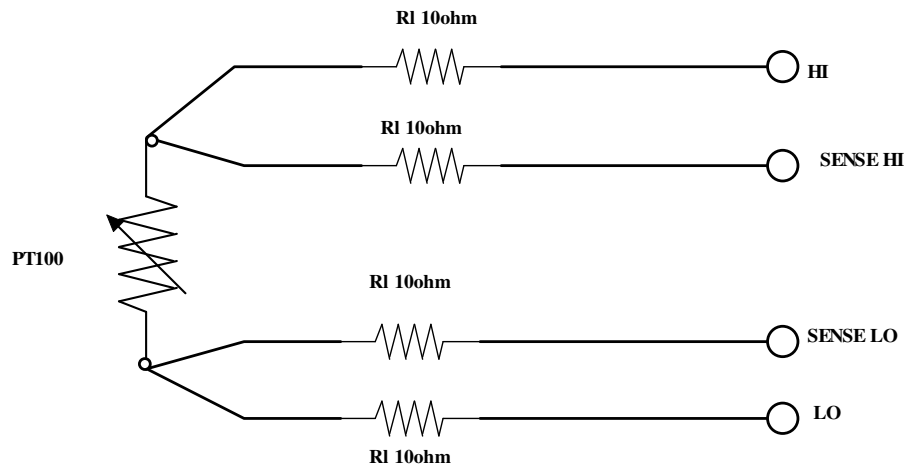
A temperatura ambiente (laboratorio) si misura temperatura e/o resistenza pari a:

128,6 Ohm / 75° C

!!!! **Errore** dovuto alle resistenze dei cavi di connessione simulati dalle resistenze da 10 Ohm!!!

SOLUZIONE:

Se utilizzo la misura a 4 fili. Elimino l'errore della misura causato dalle resistenze dei cavi di connessione.



Multimetro Agilent:

Configurazione

- 1) Shift + Config + Config
- 2) Impostare misura su 4W
- 3) RTD = 0,00385 (coeff. di temperatura)
- 4) Confermare il resto

1) Il generatore di corrente costante I_{test} del multimetro non risente delle resistenze di linea

2) La misura voltmetrica ad alta impedenza sulle bocche SENSE HI e LO non è influenzata dalle resistenze di linea

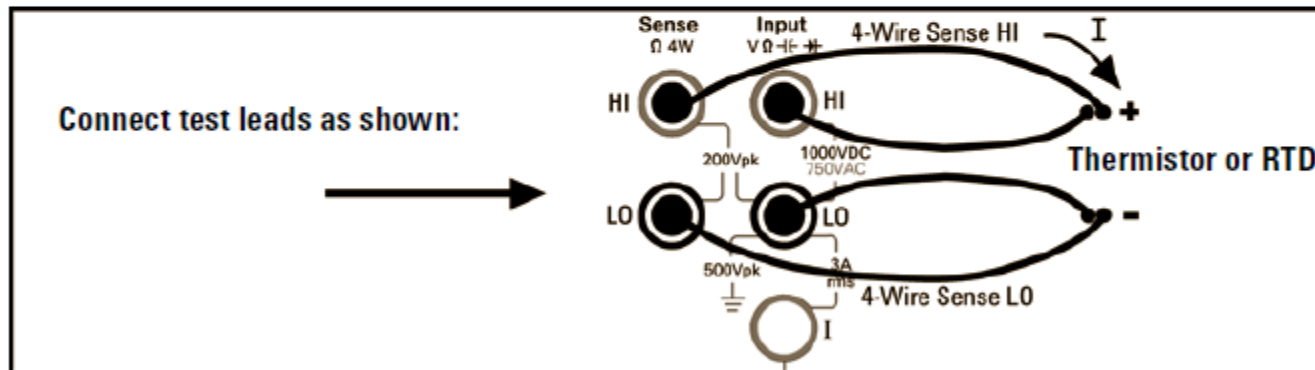
A temperatura ambiente (laboratorio) si misura temperatura e/o resistenza pari a: 108,84 Ohm / 23° C

Nota: provare a disegnare un circuito che realizzi una misura equivalente a quella realizzata con il multimetro Agilent in configurazione 4 fili

To Make a 4-Wire Temperature Measurement

Press **Shift** **Config** (**Temp**) to select the temperature function. Then press **Config** and select **RTD-4W** or **THERMISTOR-4W** from the menu.

- Probe types: 2.2 kW, 5 kW, 10 kW thermistors; 0.00385%/°C RTD
- Configurable parameters: PROBE TYPE, THERMISTOR or RTD value, OFFSET COMP (*RTD probes only*), INTEGRATION, UNITS, NULL, and NULL VALUE



All 4-wire temperature measurements are made with auto-zero on.

Configuring Temperature Measurements

For temperature measurements, your menu selections are: PROBE TYPE, OFFSET COMP, AUTO ZERO, INTEGRATION, NULL, NULL VALUE, and UNITS.

- PROBE TYPE: Allows you to select from four choices (RTD-4W, RTD-2W, THERMISTOR-2W, or THERMISTOR-4W) of temperature probe type.
- OFFSET COMP (*for RTD probes only*): Allows you to enable (ON) or disable (OFF) the offset compensation feature. With offset compensation enabled, the multimeter makes a normal temperature measurement first, followed by a second measurement to determine any offset voltage in the input circuitry. The resultant displayed measurement corrects for this offset. Enabling offset compensation increases measurement time.
- AUTO ZERO: Allows you to enable (ON) or disable (OFF) the auto zero feature for 2-wire temperature measurements. This feature subtracts a subsequent zero reading from each measurement.

Note that 4-wire temperature measurements are automatically made with auto zero always on.

- INTEGRATION: Allows you to set the integration time for the measurement in two ways; in power-line cycles (NPLC) or in seconds (APERTURE).
- NULL: Allows you to enable (ON) or disable (OFF) the null measurement feature, which measures the difference between a stored null value and the input signal.
- NULL VALUE: Allows you to view and edit the null value (if enabled).
- UNITS: Allows you to select the temperature scale: Celsius (select C), Fahrenheit (select F), or Kelvin (select K).