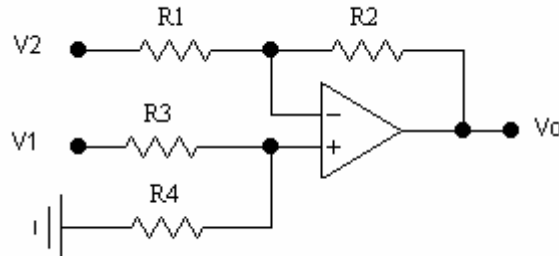


AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE

Per amplificatore differenziale si intende un circuito in grado di amplificare la differenza tra i due segnali applicati ai due ingressi.

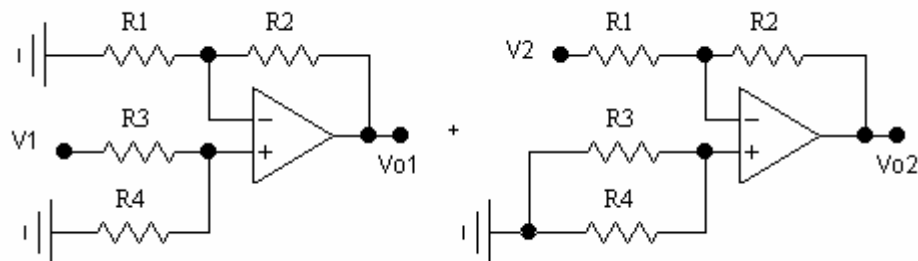
Il circuito di un amplificatore differenziale è il seguente:



L'uscita V_o è una combinazione lineare degli ingressi V_1 e V_2 : $V_o = a_1 V_1 + a_2 V_2$

Essendo il circuito lineare ed agendo due cause, per calcolare la funzione d'uscita si utilizza il principio di sovrapposizione degli effetti. Si calcola l'uscita V_o come somma di V_{o1} , che è il contributo di V_1 al segnale d'uscita una volta cortocircuitato a massa il segnale V_2 , e V_{o2} , che è il contributo di V_2 al segnale d'uscita una volta cortocircuitato a massa il segnale V_1 :

$$V_o = V_{o1} + V_{o2}$$



Si cortocircuita a massa V_2 e si calcola V_{o1} :

L'amplificatore è in configurazione non invertente, pertanto:

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_1.$$

Si cortocircuita a massa V_1 e si calcola V_{o2} :

L'amplificatore è in configurazione invertente, pertanto: $V_{o2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_2.$

Sovrapponendo gli effetti, si ha:

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_1 - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_2$$

dove
$$a_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad \text{e} \quad a_2 = -\frac{R_2}{R_1}$$

Perché risulti: $V_o = a(V_1 - V_2)$ bisogna imporre che i coefficienti a_1 e a_2 siano tra loro uguali:

$$\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_2}{R_1}$$

Ponendo $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$, si ha: $\frac{R_4}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_4 = R_2 \Rightarrow R_3 = R_1$

La funzione di uscita diventa:
$$V_o = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_1 - V_2)$$

Se si vuole che sia: $V_o = V_1 - V_2$ bisogna imporre $\frac{R_2}{R_1} = 1 \Rightarrow R_2 = R_1$, ossia che siano tra loro uguali tutte le resistenze: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

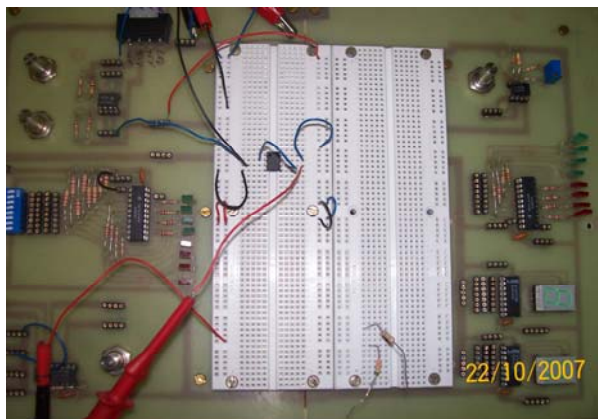
Le resistenze di ingresso, relative ai due ingressi si calcolano mettendo l'altro ingresso a massa e applicando la definizione $R_i = \frac{V_i}{I_i}$

$$R_{i1} = R_3 + R_4 \quad \text{e} \quad R_{i2} = R_1$$

La resistenza d'uscita è comunque trascurabile.

VERIFICA SPERIMENTALE DEL FUNZIONAMENTO DI UN AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE

Verificheremo il funzionamento del circuito sia con funzione di combinazione lineare sia con uscita differenza degli ingressi; in continua entrambi, anche in alternata il primo.



Si utilizzerà l'amplificatore operazionale TL081 alimentato con tensione duale $V_{CC} = \pm 12V$.
 Come strumenti di misura si utilizzeranno tre multimetri digitali 4½ digit, generatore di funzione e oscilloscopio a doppia traccia.

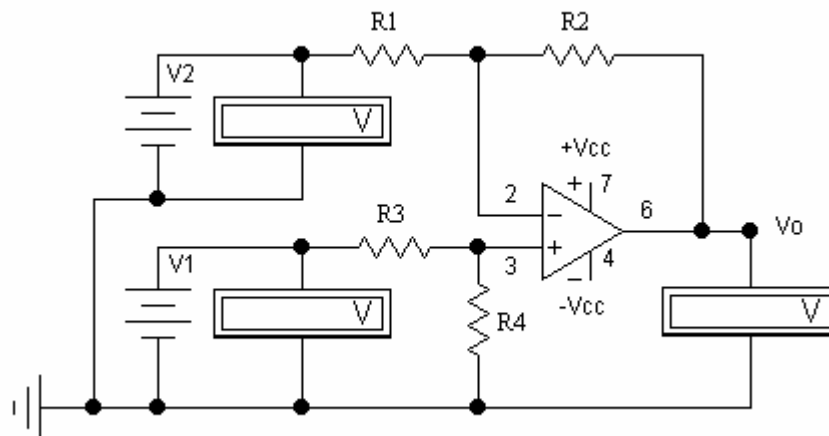
I circuiti saranno montati su una piastra sperimentale (figura) che dispone delle alimentazioni, di due generatori di tensione continua di precisione variabili da $-10V$ a $+10V$, un generatore di tensione di riferimento di precisione regolabile da 0 a 9V. Tali generatori variabili consentono di regolare la tensione con una precisione del millesimo di volt.

Di ogni circuito si è preventivato il funzionamento, verificando poi sperimentalmente l'esattezza delle previsioni.

I risultati sperimentali sono stati tabulati. Nelle tabelle sono riportati anche i valori teorici aspettati.

Verificheremo le seguenti funzioni d'uscita: $V_o = 2V_1 - 3V_2$ e $V_o = V_1 - V_2$

Circuito per la verifica in continua



Definizione dei valori delle resistenze

Combinazione lineare $V_o = 2V_1 - 3V_2$; $R_1 = R_3 = R_4 = 33k\Omega$ e $R_2 = 100k\Omega$.

Data la funzione d'uscita $V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_1 - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_2$, deve risultare:

$$-\frac{R_2}{R_1} = -3 \Rightarrow R_2 = 3R_1 \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 33k\Omega \\ R_2 = 100k\Omega \end{cases}$$

e

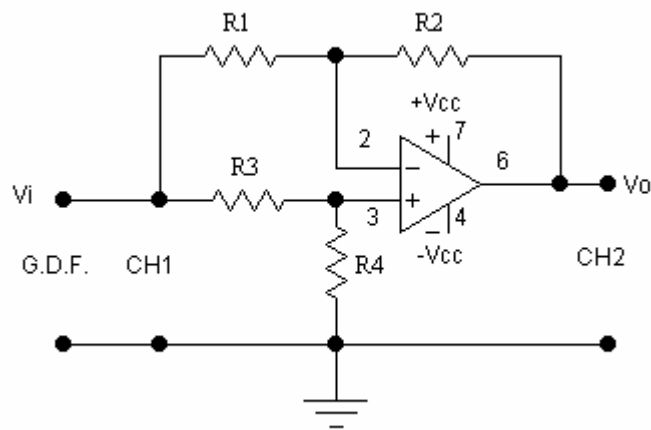
$$\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 2 \Rightarrow 2 \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2R_4 = R_3 + R_4 \Rightarrow R_4 = R_3 = 33k\Omega$$

Uscita differenza $V_o = V_1 - V_2$; $R_1 = R_3 = R_4 = 33k\Omega$.

Tabella delle misure

N	$V_o = 2V_1 - 3V_2$				$V_o = V_1 - V_2$	
	Volt				Volt	
	V_1	V_2	V_o mis	V_o calc	V_o mis	V_o calc
1	1	1	-1,040	-1	0,000	0
2	-1	2	-8,046	-8	-2,979	-3
3	1	-2	8,059	8	2,979	3
4	2	1	0,969	1	0,987	1
5	-2	-1	-0,988	-1	-0,981	-1
6	2	3	-5,098	-5	-1,009	-1
7	4	2	1,928	2	1,975	2

Circuito per la verifica in alternata $V_o = 2V_1 - 3V_2$



GDF sta ad indicare il generatore di funzioni; CH1 e CH2 i due canali dell'oscilloscopio.

Si utilizza lo stesso segnale per tutti gli ingressi: $V_1 = V_2 = V_i(t) = [\text{sen}(2\pi \cdot 10^3 \cdot t)]V$, con $V_{iM} = 1V$ e $f = 1KHz$.

In uscita si avrà: $V_{oM} = 2V_{iM} - 3V_{iM} = -V_{iM} = -1V$ e il segnale risulterà sfasato di 180° rispetto al segnale d'ingresso: $V_o(t) = [-\text{sen}(2\pi \cdot 10^3 \cdot t)]V = [\text{sen}(2\pi \cdot 10^3 \cdot t + 180^\circ)]V$

Si riporta la foto dell'oscillogramma dei segnali d'ingresso e d'uscita correlati.

