Laboratorio di Fisica VI

1 Misura del "Common Mode Rejection Ratio" di un Amplificatore Differenziale

Relazione Gruppo ....

2 Amplificatore differenziale

2.1 Introduzione

L'amplificatore differenziale è un importante elemento dei sistemi analogici, utilizzato laddove sia necessario amplificare la differenza tra due segnali. Purtroppo, nessun differenziale amplifica solo la *differenza* tra i segnali di ingresso: una parte del segnale di uscita è riconducibile al contributo dato dal segnale *di modo comune* V_c.

In un amplificatore operazionale *reale*:

$$V_0 = A_d V_d + A_c V_c$$

con A_d amplificazione differenziale; A_c amplificazione di modo comune. È anche:

$$V_d = (V_+ - V_-)$$

$$V_c = \frac{V_+ + V_-}{2}$$

Ad esempio, se $V_+ = 2.1\ V$, $V_- = 2.0\ V$, avremo: $V_d = 0.1\ V$, $V_c = 2.05\ V$.

Un importante parametro da valutare nella scelta di un amplificatore differenziale è il rapporto di reiezione del modo comune ($CMRR$):

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c}$$

che, in dB è:

$$CMRR_{dB} = 20 \log \frac{A_d}{A_c}$$

Più è alto il valore del $CMRR$, più l'amplificatore differenziale approssima il comportamento ideale $A_c = 0$.

L'operazionale *reale* può essere sostituito da un *operazionale ideale* con un *generatore equivalente* posto sull'ingresso non invertente (vedi figura 1).

In tal modo si tien conto dell'amplificazione di modo comune *reale* del dispositivo.

Si dimostra che se $CMRR \gg 1/2$, la tensione di questo generatore equivalente è: $V_c/CMRR$.

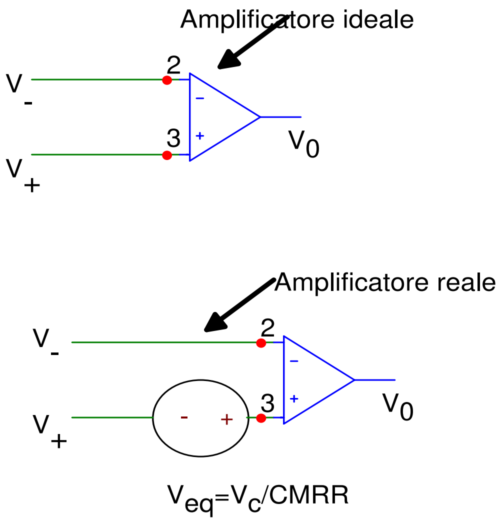

Figura 1:

2.2 Valutazione del CMRR di un $\mu A741$

Una valutazione del $CMRR$ ci dà un'idea dell'adeguatezza di un operazionale nell'utilizzo come amplificatore differenziale.

Per la valutazione del $CMRR$ del $\mu A741$ ci baseremo sul circuito di figura 2.

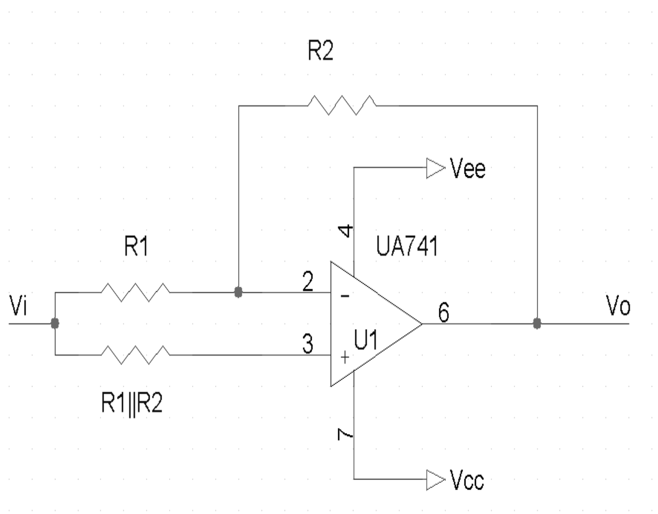

Figura 2:

Si tratta dello schema utilizzato dalla Philips Semiconductors per la valutazione dei propri dispositivi.

Siano:

$$R_1 = 100\Omega$$

$$R_2 = 10K\Omega$$

(quindi $R_1 \parallel R_2 = 100\Omega$)

Si applichi in ingresso una V_i sinusoidale, con: $9V < V_i < 10V$, valor medio nullo, frequenza 50 Hz.

Si descriva l'andamento di V_0 e si spieghi il funzionamento del circuito, assumendo l'operazionale ideale (basandosi quindi sul principio del cortocircuito virtuale).

Se consideriamo l'operazionale *reale*, cioè consideriamo anche l'effetto del generatore equivalente $V_i/CMRR$, applicando la sovrapposizione degli effetti ricaviamo che:

$$V_0 = V_i + \frac{V_i}{CMRR}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

da cui si ricava il $CMRR$:

$$CMRR = \frac{V_i}{V_0 - V_i}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

1. *Utilizzando il multimetro digitale*, misurare il valore di V_i e $(V_0 - V_i)$ e ricavarne la misura del $CMRR$, a varie frequenze. (Effettuare le misure nel range di frequenze per le quali l'errore nella misura delle tensioni alternate con il multimetro è *accettabile*..). È il valore del CMRR misurato in accordo con quello specificato nel datasheet ?

2. Riportare in un grafico l'andamento del $CMRR$ (in dB) in funzione della frequenza.

3. Avremmo potuto misurare $(V_i - V_0)$ con l'oscilloscopio? Motivare la risposta.

4. Perchè si evita di fare la misura del $CMRR$ in DC ?

2.3 Valutazione del CMRR di un amplificatore della differenza di due segnali

Si consideri adesso il circuito di figura 3.

Questo è lo schema classico di un amplificatore della differenza di due segnali.

Si mostri, in base al principio del cortocircuito virtuale e facendo uso del principio di sovrapposizione degli effetti, che è:

$$V_0 = V_2 \frac{R_4}{R_4 + R_3} \frac{R_1 + R_2}{R_1} - V_1 \frac{R_2}{R_1}$$

Si monti il circuito con $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10K\Omega$.

Si noti che in tale caso ci si aspetta $V_0 = (V_2 - V_1)$, cioè $A_d = 1$ e $A_c = 0$.

Il segnale di uscita dovrebbe dipendere quindi solo dalla differenza $V_2 - V_1$.

In realtà, se applichiamo ai due ingressi V_1 e V_2 del differenziale uno stesso segnale sinusoidale V_i, con $9V < V_i < 10V$, valor medio nullo, frequenza 50 Hz, possiamo verificare che $V_0 \neq 0$.

Dalle definizione di A_d ed A_c (con $V_1 = V_2$) segue:

$$V_0 = A_d(V_2 - V_1) + A_c \frac{V_2 + V_1}{2} \;=\; A_c \frac{V_1 + V_2}{2} = A_c V_i$$

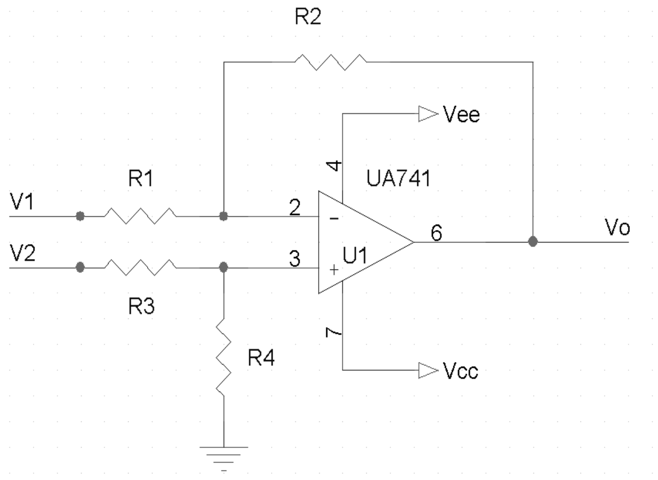

Figura 3:

Sostituendo, si ottiene:

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c} = \frac{V_i}{V_0}$$

Misurare con l'oscilloscopio V_i e V_0 per vari valori di frequenza nel range DC-20 KHz e riportare in un grafico l'andamento del $CMRR$(in dB) ottenuto dalla precedente relazione, in funzione della frequenza. Quanto ottenuto è coerente con i risultati della misura del $CMRR$ del solo operazionale effettuata in precedenza ?

Scegliere adesso quattro resistenze da 10 $k\Omega$, selezionandole con il multimetro in modo che il loro valore sia uguale entro, al più l'1%. Sostituirle a R_1, R_2, R_3 ed R_4. Confrontare il $CMRR$ ottenuto con quello appena misurato.