

Amplificatori operazionali con reazione

Questa relazione è stata effettuata in data 05/12/2024 dal gruppo 3 del laboratorio di SETM, formato da Carbone Orazio (S300511), Dandolo Giacomo (S296525), Favellato Francesco (S312697) e Genduso Cristina (S293536).

1 Caratteristiche dell'esperienza

1.1 Obiettivo

L'obiettivo di questa esercitazione è analizzare il comportamento di amplificatori operazionali reazionati e misurarne i parametri. Inoltre, si vogliono verificare alcune deviazioni rispetto a quanto prevedibile con il modello di amplificatore operazionale ideale.

1.2 Materiale utilizzato

1. Componenti elettronici:

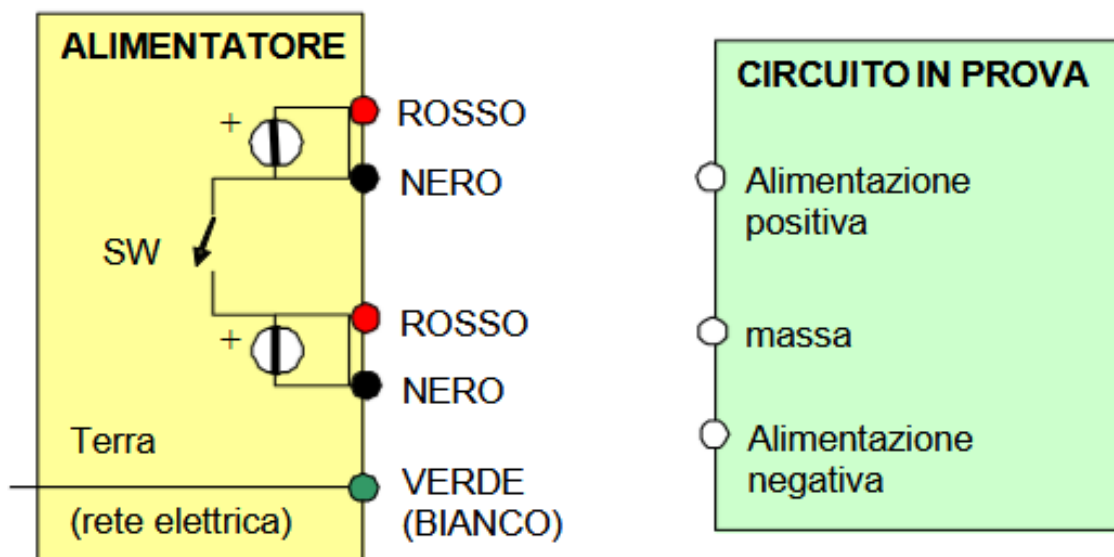
- modulo A3, contenente un amplificatore operazionale non invertente e un amplificatore operazionale invertente.

2. Strumentazione:

- alimentatore Rigol DP832;
- generatore di funzioni Hantek HDG2032B;
- oscilloscopio digitale Rigol DS1054 Z;
- multimetro da banco Hewlett Packard 34401A.

1.3 Alimentazione duale

In questa esperienza è necessario utilizzare un alimentatore doppio, predisposto in modo da fornire, rispetto a massa, una tensione positiva di 12 V e una tensione negativa di 12 V .



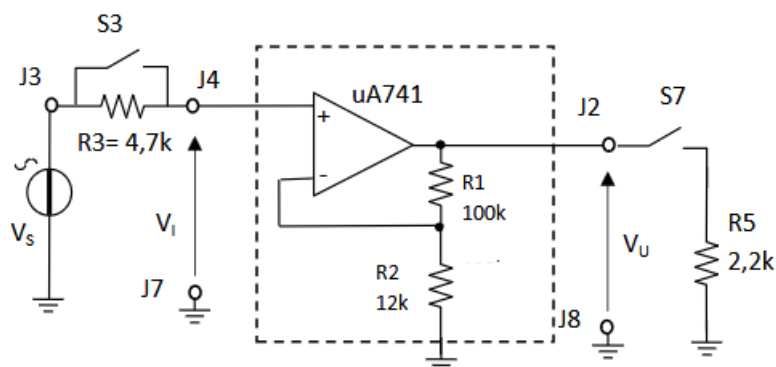
Schema del generatore in DC

2 Misure

2.1 Amplificatore non invertente

2.1.1 Predisposizione del modulo

Utilizzare il modulo A3 - 1 (amplificatore non invertente) e configurarlo come descritto nella tabella.



Schema dell'amplificatore operazionale non invertente

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	1	aperto
S2	2	chiuso
S3	1	R_3 inserita
	2	R_3 cortocircuitata
S4	2	chiuso
S5	1	aperto
S6	1	aperto

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S7	1 —	R_5 non inserita —
	2	R_5 inserita

2.1.2 Valori teorici

Il guadagno dell'amplificatore si calcola con la formula dell'amplificatore non invertente:

$$A_v = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 9.33$$

Utilizzando i parametri $R_{id} = 1 \text{ M}\Omega$, $R_o = 100 \text{ }\Omega$ e $A_d = 200000$, si possono calcolare la resistenza di ingresso R_i e la resistenza di uscita R_u dell'amplificatore.

Calcoliamo la resistenza di ingresso R_i .

$$R_{in,0} = R_{id} + R_1 \parallel R_2 = 1 \text{ M}\Omega \qquad \beta' = \frac{R_2 \parallel R_{id}}{R_2 \parallel R_{id} + R_1} = 0.106$$

$$R_i = R_{in,0} \cdot (1 + A_d \beta') = 2 \cdot 10^{10} \Omega = 20 \text{ G}\Omega$$

Calcoliamo la resistenza di uscita R_u .

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.107$$

$$R_u = \frac{R_o}{1 + A_d \beta} = 4.67 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Risulta, quindi, un ottimo amplificatore non invertente reale, approssimabile all'idealità.

2.1.3 Misure

Applicare all'ingresso un segnale sinusoidale, con frequenza $f = 2 \text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 0.5 \text{ V}$. Misurare il rapporto $A_v = V_u/V_i$, esprimendolo anche in dB .

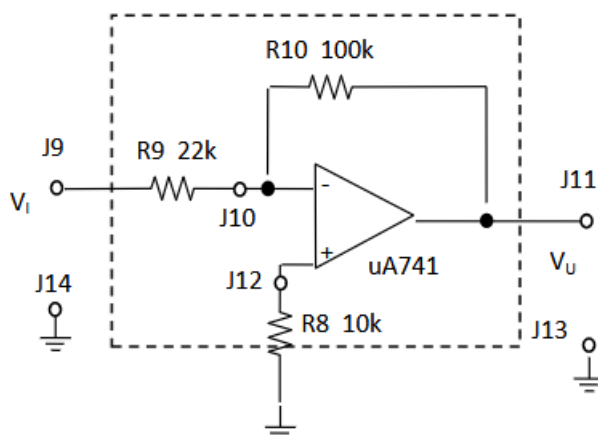
Si ottiene che $V_i = 1.20 \text{ V}$ e $V_u = 10.00 \text{ V}$.

	Misura
$A_{v,1}$	8.33
$A_{v,1} _{dB}$	18.41 dB

2.2 Amplificatore invertente

2.2.1 Predisposizione del modulo

Utilizzare il modulo A3 - 2 (amplificatore invertente) e configurarlo come descritto nella tabella.



Schema dell'amplificatore invertente

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S8	1	aperto
S9	1	aperto
S10	2	chiuso
S11	1	aperto
S12	1	aperto
S13	1	R_{11} non inserita
S14	1	R_{12} non inserita

2.2.2 Misure

Applicare all'ingresso un segnale triangolare con ampiezza picco-picco $V_{pp} = 2\text{ V}$ e frequenza $f = 300\text{ Hz}$. In queste condizioni:

- determiniamo il guadagno misurando il segnale in ingresso ($V_i = 2.08\text{ V}$) e in uscita ($V_u = 9.60\text{ V}$) e calcolandolo con il rapporto $A_v = V_u/V_i$;

	Misura
$A_{v,2}$	4.62
$A_{v,2} _{dB}$	13.28 dB

- verifichiamo che il morsetto non invertente dell'amplificatore operazionale v^+ sia a potenziale prossimo a zero con il multimetro;

$$v^+ = 0.408\text{ V}$$

- verifichiamo che la tensione continua e quella di segnale sul morsetto invertente dell'amplificatore operazionale v^- sia prossimo a zero usando l'oscilloscopio;

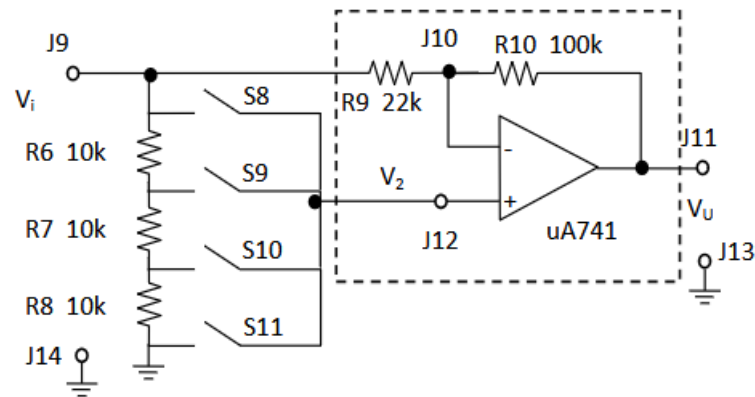
$$v^- = 160\text{ mV}$$

- aumentare l'ampiezza del segnale di ingresso fino a ottenere evidente distorsione nel segnale di uscita. Si nota che il segnale di uscita viene tagliato ad un'ampiezza di 4 V .

2.3 Amplificatore differenziale

2.3.1 Predisposizione del modulo

Utilizzare il modulo A3 - 2 e configurarlo come descritto nello schema del circuito.



Schema dell'amplificatore differenziale

Gli interruttori permettono di ottenere come V_2 una tensione corrispondente a frazioni della V_i attraverso il partitore formato da R_6 , R_7 e R_8 . Occorre chiudere un solo interruttore per volta del gruppo S8, S9, S10 e S11, lasciando aperti gli altri. La presenza di V_i e V_2 permette di verificare il funzionamento dell'amplificatore differenziale partendo da un singolo segnale.

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S8	1	aperto
	2	chiuso, $V_2 = V_i$
S9	1	aperto
	2	chiuso, $V_2 = 2/3 V_i$
S10	1	aperto
	2	chiuso, $V_2 = 1/3 V_i$
S11	1	aperto
	2	chiuso, $V_2 = 0$
S12	2	chiuso
S13	1	R_{11} non inserita
S14	1	R_{12} non inserita

2.3.2 Valori teorici

Per S8 chiuso, abbiamo che $V_2 = V_i$.

—

$$V_{u,S_8} = \frac{R_{10}}{R_9}(V_2 - V_i) = 0$$

Per S9 chiuso, abbiamo che $V_2 = \frac{2}{3}V_i$.

$$V_{u,S_9} = \frac{R_{10}}{R_9}(V_2 - V_i) = -\frac{R_{10}}{3R_9}V_i$$

Per S10 chiuso, abbiamo che $V_2 = \frac{1}{3}V_i$.

$$V_{u,S_{10}} = \frac{R_{10}}{R_9}(V_2 - V_i) = -\frac{2R_{10}}{3R_9}V_i$$

Per S11 chiuso, abbiamo che $V_2 = 0$.

$$V_{u,S_8} = \frac{R_{10}}{R_9}(V_2 - V_i) = -\frac{R_{10}}{R_9}V_i$$

2.3.3 Misure

Applicare all'ingresso un segnale sinusoidale con $V_{pp} = 1.6 \text{ V}$ e frequenza $f = 200 \text{ Hz}$.

Misuriamo il valore del guadagno $A_v = V_u/V_i$ per le varie possibili configurazioni, chiudendo solo uno degli interruttori per volta.

Configurazione	V_i	V_u	$A_{v,3}$	$A_{v,3} _{dB}$
S8 chiuso	1.76 V	1.84 V	1.04	0.39 dB
S9 chiuso	1.76 V	1.60 V	0.91	0.83 dB
S10 chiuso	1.76 V	4.56 V	2.59	8.27 dB
S11 chiuso	1.76 V	7.68 V	4.36	12.80 dB

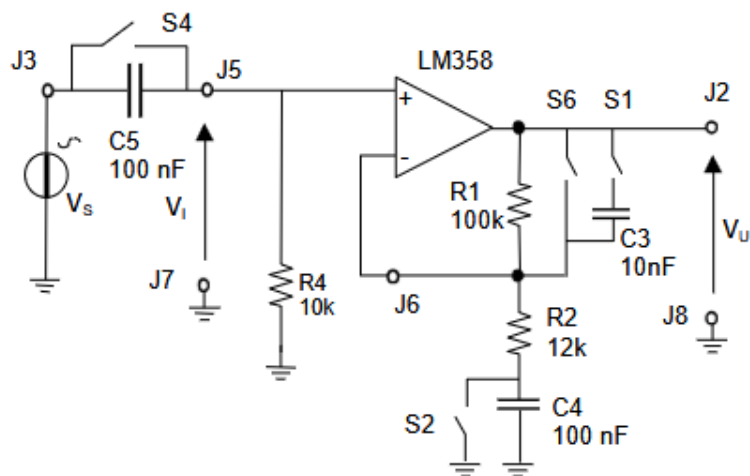
2.3.4 Confronto tra valori teorici e misure

I valori teorici risultano, per la maggior parte, compatibili con le misure effettuate, portando ad una corretta amplificazione. L'unica anomalia riscontrata risulta con S8 chiuso, che non tende a 0, come ci si aspetta, ma tende a un valore prossimo più alto della tensione di ingresso.

2.4 Amplificatore AC/DC

2.4.1 Predisposizione del modulo

Utilizzare il modulo A3 - 1 e configurarlo come descritto nello schema del circuito.



Schema dell'amplificatore AC/DC

Gli interruttori permettono di configurare il circuito come amplificatore DC o come amplificatore AC con variazioni di guadagno e di banda.

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	1	aperto, C_3 non inserito
	2	chiuso, C_3 inserito
S2	1	aperto, C_4 non inserito
	2	chiuso, C_4 inserito
S3	2	chiuso
S4	1	aperto, C_5 inserito
	2	chiuso, C_5 cortocircuitato
S5	2	chiuso
S6	1	aperto

2.4.2 Misure

Configuriamo il circuito come amplificatore DC con S4 chiuso, S2 chiuso e S1 aperto.

- Misuriamo il guadagno per segnali sinusoidali con frequenze di 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz e 300 kHz;

Frequenza	V_i	V_u	$A_{v,4}$	$A_{v,4} _{dB}$
100 Hz	1.20 V	10.20 V	8.50	18.59 dB
1 kHz	1.20 V	10.00 V	8.33	18.42 dB
10 kHz	1.20 V	10.00 V	8.33	18.42 dB
100 kHz	1.20 V	9.36 V	7.75	17.79 dB
300 kHz	1.20 V	6.80 V	5.67	15.07 dB

2. Misurare a quale frequenza la risposta dell'amplificatore scende a 3 dB ;

$$f_t = 430 \text{ kHz}$$