

Esercitazione N.6: Amplificatore operazionale: circuiti lineari

Gruppo AC

Federico Belliardo, Giulia Franchi, Francesco Mazzoncini

November 14, 2016

1 Scopo dell'esperienza

Misurare le caratteristiche di amplificatori invertenti e non invertenti realizzati con un op-amp TL081 in fig.1.

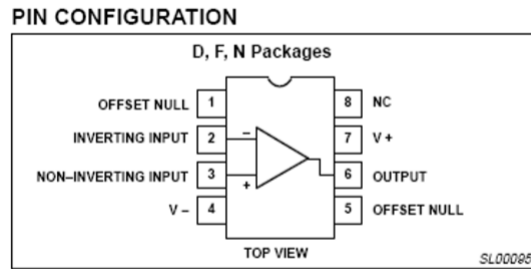


Figure 1: configurazione pin.

2 Amplificatore invertente

2.1 Realizzazione circuito

Si vuole realizzare un amplificatore invertente con un'impedenza di ingresso superiore a $1k\Omega$ e con un amplificazione di 10. Per fare ciò abbiamo montato il circuito in fig. 2: Tale circuito infatti presenta una resistenza di ingresso $R_{in} = R_1$ e un'amplificazione $A_V = -R_2/R_1$.

Si sono scelte $R_1 = 2.18 \pm 0.02 k\Omega$ e $R_2 = 21.5 \pm 0.02 k\Omega$ e abbiamo inoltre misurato le tensioni di alimentazione dell'OpAmp $V_+ = 14.99 \pm 0.08 V$ $V_- = -15.00 \pm 0.08$.

Con questo circuito la resistenza interna attesa è quindi $R_{in.ATT} = R_1 = 2.18 \pm 0.02 k\Omega$ e $A_{V.ATT} = -9.9 \pm 0.1$ in accordo con le richieste.

2.2 Misura del guadagno a frequenza fissata

Abbiamo misurato per un segnale sinusoidale di frequenza $f = 3.00 \pm 0.03 kHz$ la tensione picco-picco V_{OUT} in funzione di V_{IN} (sempre picco-picco) riportando i dati nella tabella 1.

Abbiamo interrotto la presa dati al valore della tensione in ingresso per il quale abbiamo osservato clipping, misurando però anche il massimo valore della tensione in uscita $V_{OUT} = 27.0 \pm 0.2 V$ [controllare con il datasheet, perchè non viene trenta.]

Abbiamo eseguito inoltre un grafico di V_{OUT} in funzione di V_{IN} e un fit con una retta riportato in fig. 3 ricavando come guadagno $A_V = 9.74 \pm 0.04$ ¹, compatibile entro l'errore con il guadagno atteso.

Per il fit si è utilizzata la funzione *curvefit* della libreria *pylab* con l'opzione *absolute sigma = "true"*, poichè abbiamo considerato gli errori come statistici. Riportiamo di seguito parametri m e q della retta $y = mx + q$, con la relativa matrice di covarianza: $m = 9.74 \pm 0.04$, $q = 0.03 \pm 0.03 V$, $\Sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 2.10 \cdot 10^{-3} & -7.54 \cdot 10^{-4} \\ -7.54 \cdot 10^{-4} & 4.37 \cdot 10^{-4} \end{pmatrix}$.

¹Nella propagazione degli errori e nel fit si è trascurato l'errore sistematico di calibrazione del 3% dell'oscilloscopio perchè questo tende a semplificarsi del rapporto di due tensioni.

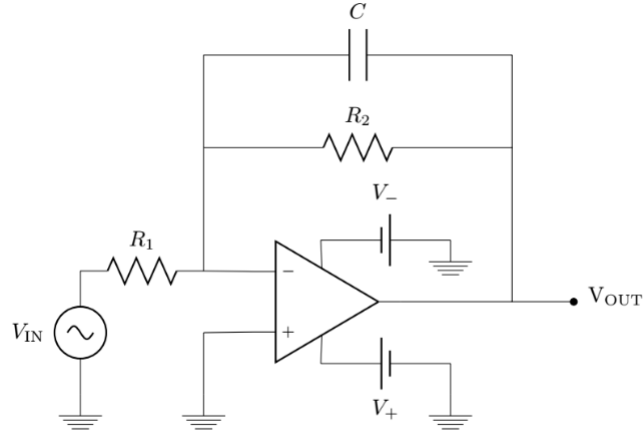


Figure 2: Schema circuitale amplificatore invertente.

$V_{IN}(V)$	$\sigma V_{IN}(V)$	$V_{OUT}(V)$	$\sigma V_{OUT}(V)$	A_V	σA_V
2.74	0.02	26.6	0.2	-9.7	0.1
2.28	0.02	22.4	0.2	-9.8	0.1
1.80	0.02	17.6	0.2	-9.8	0.2
1.29	0.01	12.6	0.1	-9.8	0.1
0.904	0.008	8.80	0.08	-9.7	0.1
0.624	0.008	6.00	0.08	-9.6	0.2
0.464	0.004	4.64	0.04	-10.0	0.1
0.316	0.002	3.12	0.02	-9.87	0.09
0.232	0.002	2.28	0.02	-9.8	0.1

Table 1: Dati delle tensioni V_{IN} , V_{OUT} e ampiezze calcolate A_V .

Con un $\chi^2/ndof = 8.4/7$.

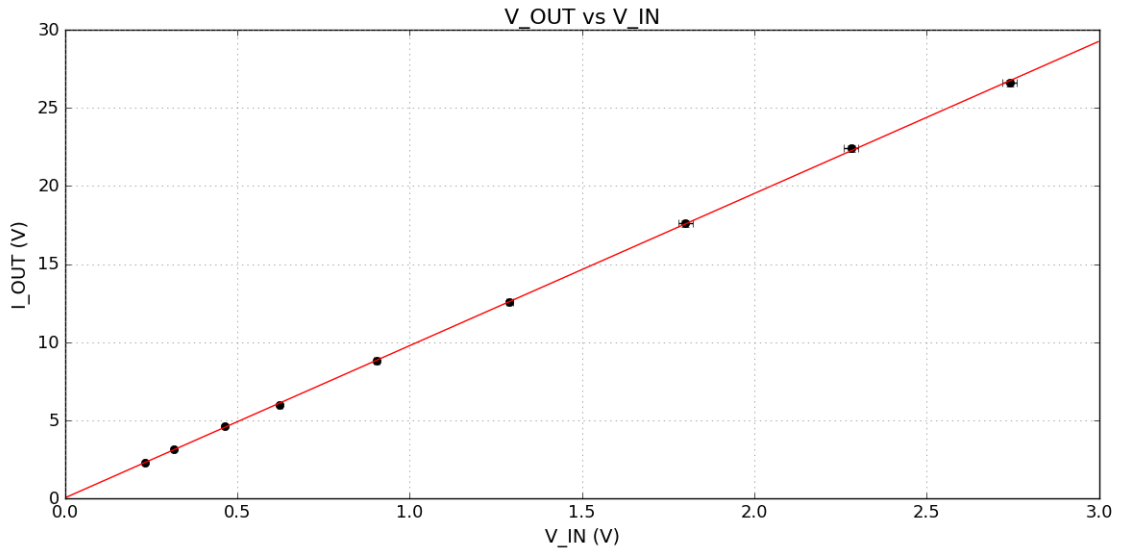


Figure 3: Fit della tensione V_{OUT} in funzione di V_{IN} .

2.3 Misura dell'impedenza d'ingresso

Abbiamo misurato la tensione di uscita del circuito a $V_{IN} = 1.00 \pm 0.01 V$, in modo da evitare fenomeni di clipping, dapprima con lo stesso circuito, poi successivamente aggiungendo una resistenza $R_S = 2.19 \pm 0.02 k\Omega$

² in serie al generatore di funzioni, ottenendo rispettivamente $V_1 = 9.68 \pm 0.08 V$ e $V_2 = 4.88 \pm 0.04 V$. Dalla formula del partitore otteniamo $R_S/R_{IN} = \frac{V_1}{V_2} - 1$, cioè: $R_{IN} = R_S \frac{1}{\frac{V_1}{V_2} - 1} = 2.22 \pm 0.06 k\Omega$, in buon accordo con quella prevista entro l'errore sperimentale.

3 Risposta in frequenza del circuito e slew rate

3.1 Misura della risposta in frequenza

Abbiamo studiato la risposta in frequenza del circuito misurando V_{OUT} al variare della frequenza (scegliere l'intervallo) con $V_{IN} = 0.800 \pm 0.008 V$ sinusoidale fissata ³

I dati ottenuti sono stati riportati nella tabella 2 e sono stati graficati in un diagramma di Bode in fig. 4.

$f(kHz)$	$\sigma f(kHz)$	$V_{OUT}(V)$	$\sigma V_{OUT}(V)$
0.00511	0.00005	7.84	0.08
0.0098	0.0001	7.76	0.08
0.0292	0.0003	7.76	0.08
0.102	0.001	7.92	0.08
0.307	0.003	7.92	0.08
1.02	0.01	8.00	0.08
3.04	0.03	8.00	0.08
10.2	0.1	8.00	0.08
30.9	0.3	7.84	0.08
48.2	0.5	7.52	0.04
92.7	0.9	7.04	0.04
156	2	6.36	0.04
212	2	5.64	0.04
312	3	4.36	0.02
505	5	2.98	0.02
704	7	2.16	0.02
1000	10	1.560	0.008
1600	20	0.904	0.008

Table 2: Frequenze f del segnale in ingresso e relativo V_{OUT} picco-picco misurato.

Abbiamo notato che il circuito si comporta come un filtro passa-basso ed abbiamo quindi eseguito un fit con la funzione $A = \frac{A_{MAX}}{\sqrt{1+(f/f_t)^2}}$. [vedere se A_{max} è compatibile con il guadagno massimo dei primi punti]

Il fit fornisce: $f_T = 206 \pm 4 kHz$ e $A_{max} = 9.85 \pm 0.04$, con matrice di covarianza: $\Sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 14.1 & -6.23 \cdot 10^{-2} \\ -6.23 \cdot 10^{-2} & 1.57 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}$.

Con un $\chi^2/ndof = 4.46/16$.

3.2 Slew rate

Abbiamo impostato il generatore di funzioni in modo che fornisca al circuito un'onda quadra. Si è studiato l'andamento di V_{OUT} nella parte del segnale corrispondente al transiente fra i due stati dell'onda: la tensione osservata presenta inizialmente un andamento qualitativamente esponenziale, successivamente un andamento lineare per poi rallentare [?] in prossimità del suo valore limite.

Nella zona di crescita lineare si è dunque presa una misura della differenza di tensione $dV_{OUT} = 1.00 \pm$ relativa a un piccolo intervallo di tempo $dt =$. Dal loro rapporto si ottiene il valore dello *slew rate* $=$.

[da confrontare con il valore dato dal costruttore]

4 Amplificatore non invertente

Abbiamo montato il circuito in fig. 5 con $R_1 =$ e un potenziometro di resistenza massima $P_{1_{MAX}} =$.

² R_S è stata scelta dello stesso ordine della resistenza interna attesa, in modo da non alterare troppo il circuito, ma più grande, in modo da minimizzare l'incertezza

³ V_{IN} è stata scelta in modo da non avere effetti di distorsione e ci siamo accertati che l'ampiezza del segnale in ingresso rimanesse costante al variare della frequenza, avendo cura in caso di necessità di agire sul generatore di funzioni in modo da avere il segnale voluto.

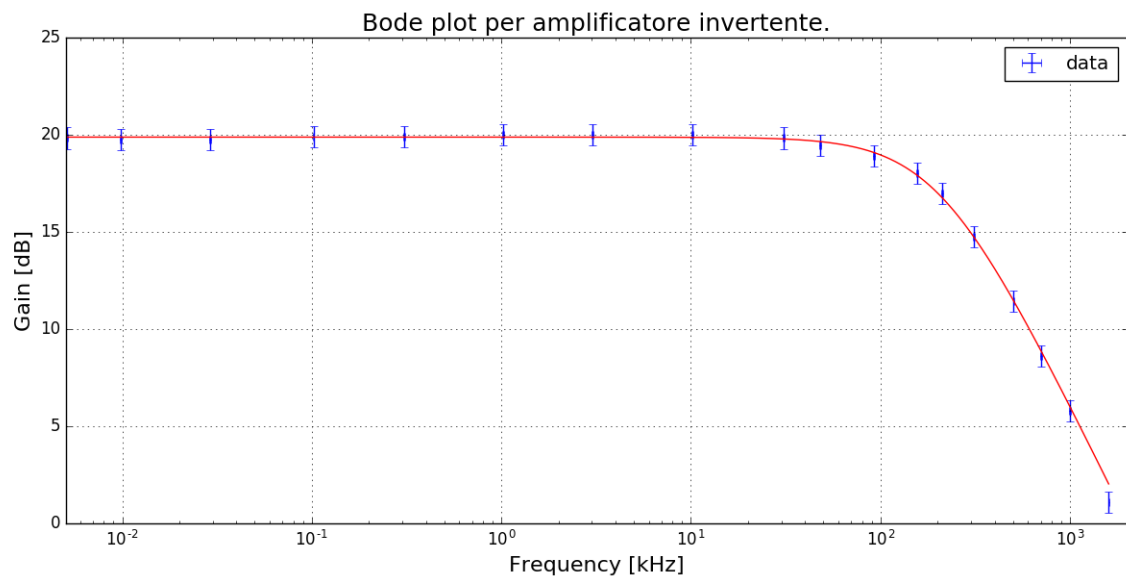


Figure 4: Plot di Bode amplificatore invertente.

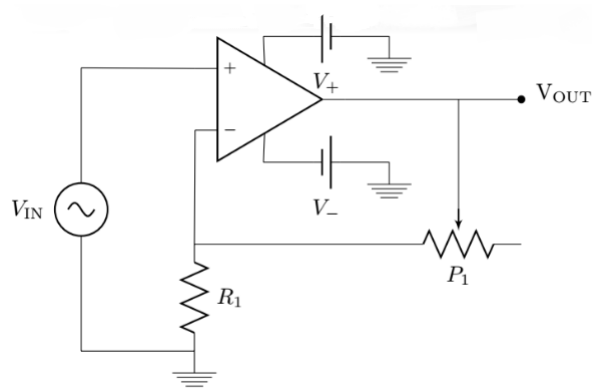


Figure 5: amplificatore non invertente.

Abbiamo utilizzato come segnale di ingresso fornito dal generatore di funzioni un'onda sinusoidale di ampiezza $V_{IN} = 4$.

5 Circuito integratore

6 Circuito derivatore

⁴Anche in questo caso abbiamo eseguito le accortezze sperimentali descritte nella nota precedente.

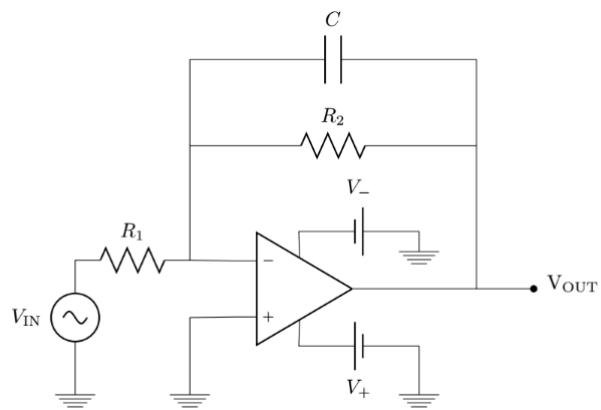


Figure 6: circuito integratore con OpAmp

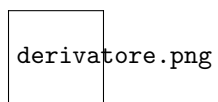


Figure 7: circuito derivatore con OpAmp