

Es05B. Amplificatore operazionionale: circuiti linerari

Gruppo 1G.BS

Riccardo Riolo

Francesco Zazzu

14 novembre 2019

Scopo e strumentazione

Lo scopo dell'esercitazione è quello di misurare le caratteristiche di amplificatori realizzati con un *op-amp* TL081 alimentato tra +15 V e -15 V.

Amplificatore invertente

1.2

Si è montato l'amplificatore invertente con un'impedenza di ingresso $R_1 = 4.63(4)$ k Ω ed una impedenza di feedback $R_2 = 47.1(4)$ k Ω , quindi con un guadagno in tensione atteso $A_V^{\text{att}} = -R_2/R_1 = -10.2(1)$, valori scelti per avere una impedenza di ingresso elevata e una di uscita trascurabile rispetto a quella dell'oscilloscopio $\sim M\Omega$. Lo schema circuitale è riportato in figura 1.

Si è misurata l'ampiezza picco-picco del segnale in uscita V_{out} al variare dell'ingresso sinusoidale V_{in} a frequenza fissa $f = 4.981(1)$ kHz. In uscita dalla zona lineare, cioè per $V_{\text{out}} \approx 30$ V, si osserva il clipping del segnale. I dati sono riportati in tabella 1. L'incertezza abbastanza grande (maggiore di quella dichiarata dal costruttore dell'oscilloscopio con cui si sono prese le misure) è dovuta allo spessore della traccia del segnale sullo schermo.

Si è effettuato un fit con modello lineare $V_{\text{out}} = AV_{\text{in}} + B$. Risultano $A = 10.22(3)$ compatibile col guadagno atteso 10.2(1), $B = -0.047(8)$ che dall'errore sul fit non è compatibile con lo zero. Si riporta il grafico in figura 2.

1.4

Risposta in frequenza

Si è misurata la risposta in frequenza del circuito tra i 10 e i 10^6 Hz. Non vi è una frequenza di taglio inferiore, mentre quella superiore f_t , dovuta alle caratteristiche reali dell'*op-amp* come la sua capacità parassita, è stimata dal fit sui dati riportati in tabella 2 e rappresentati nel grafico di bassa figura 3. Dal fit a due parametri della curva di guadagno risulta un guadagno a centro banda $A_0 = 10.2(2)$ compatibile con quello sopra e una frequenza di taglio $f_t = 228(9)$ kHz con un χ^2 ridotto di circa l'unità.

Si è stimato lo *slew rate* dell'*op-amp* inviando all'ingresso del circuito un'onda quadra di frequenza dell'ordine del \sim kHz e facendo variare l'ampiezza del segnale fino a far stabilizzare la slope del segnale in uscita al suo valore massimo. Risulta quindi $SR = \Delta V / \Delta t = 12.9(5)$ V/ μ s, compatibile con il valore fornito dal costruttore pari a 13 V/ μ s.

Circuito integratore

Si è montato il circuito integratore con impedenza di ingresso $R_1 = 0.974(8)$ k Ω e ramo di feedback composto dal condensatore $C = 51(2)$ nF e resistenza $R_2 = 9.75(8)$ k Ω . La resistenza R_2 fa in modo da stabilizzare il circuito impedendo al guadagno di diventare, idealmente, infinito a basse frequenze.

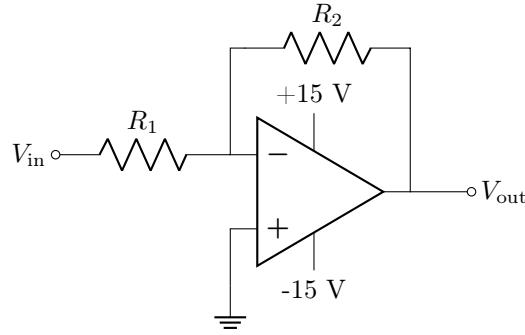


Figura 1: Schema circuitale per l'amplificatore in configurazione invertente.

V_{in} (V)	V_{out} (V)
0.136(6)	1.34(4)
0.26(1)	2.6(1)
0.44(2)	4.4(2)
0.64(2)	6.5(3)
0.80(4)	8.2(4)
1.05(4)	10.7(4)
1.28(5)	13.0(4)

Tabella 1: Misure delle tensioni per l'amplificatore invertente.

Si è misurata la risposta in frequenza dell'amplificazione e della fase per un segnale sinusoidale; i dati sono riportati in tabella 3 e rappresentati rispettivamente nei grafici 4 e 5. Dal fit come al punto precedente risultano $A_0 = 10.2(1)$ compatibile con quello atteso $R_2/R_1 = 10.0(1)$ e la frequenza di taglio $f_t = 322(6)$ Hz compatibile con quella attesa $1/2\pi R_2 C = 0.32(1)$ kHz.

Si è inviato in ingresso al circuito un'onda quadra di frequenza ~ 10 kHz ed ampiezza picco-picco $V_{\text{in}} = 1.22(4)$ V. L'uscita risulta un'onda triangolare con ampiezza picco-picco 0.61(2) V, compatibile con il valore atteso 0.64(2) V. Si riporta lo screenshot dell'oscilloscopio in figura 6.

2.1

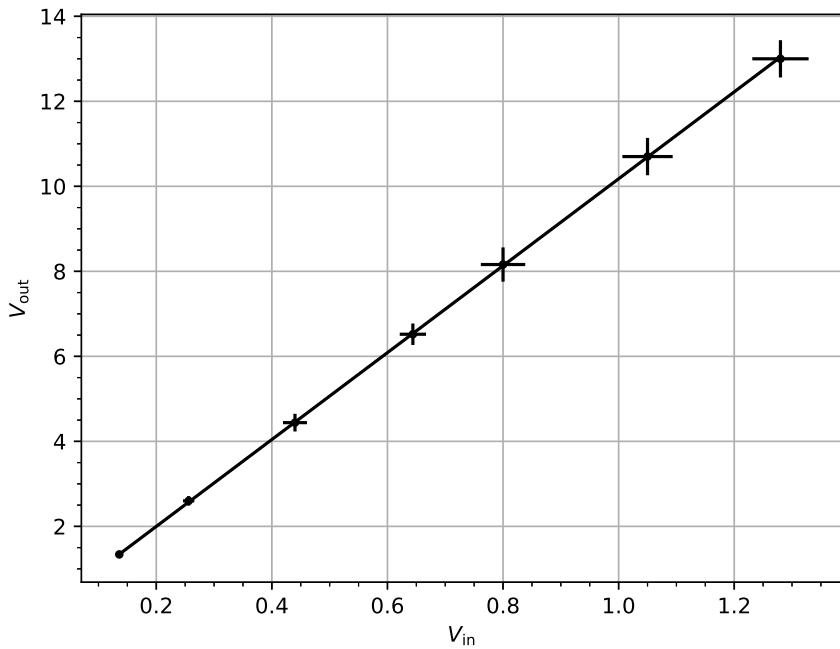


Figura 2: Grafico del fit V_{out} su V_{in} a frequenza fissa.

f (Hz)	A	3.1
10.540(4)	20.2(4)	
106.186(4)	20.2(4)	
1069.63(1)	20.2(4)	
$10.691(1) \times 10^3$	20.2(4)	
$41.002(1) \times 10^3$	19.9(4)	
$112.71(1) \times 10^3$	19.4(4)	
$228.1(1) \times 10^3$	17.7(4)	
$464.5(1) \times 10^3$	13.7(4)	
$1004.4(1) \times 10^3$	6.5(4)	

Tabella 2: Misure del guadagno al variare della frequenza.

f (Hz)	A	$\Delta\phi/2\pi$
105.49(2)	19.6(4)	-0.55(2)
179.68(2)	19.1(4)	-0.59(2)
315.5(1)	17.5(3)	-0.62(2)
555.1(1)	14.1(2)	-0.67(2)
1020.04(1)	9.7(1)	-0.70(2)
1779.50(2)	5.26(8)	-0.73(2)
3152.10(3)	0.26(4)	-0.72(2)

Tabella 3: Misure del guadagno e della fase al variare della frequenza per il circuito integratore.

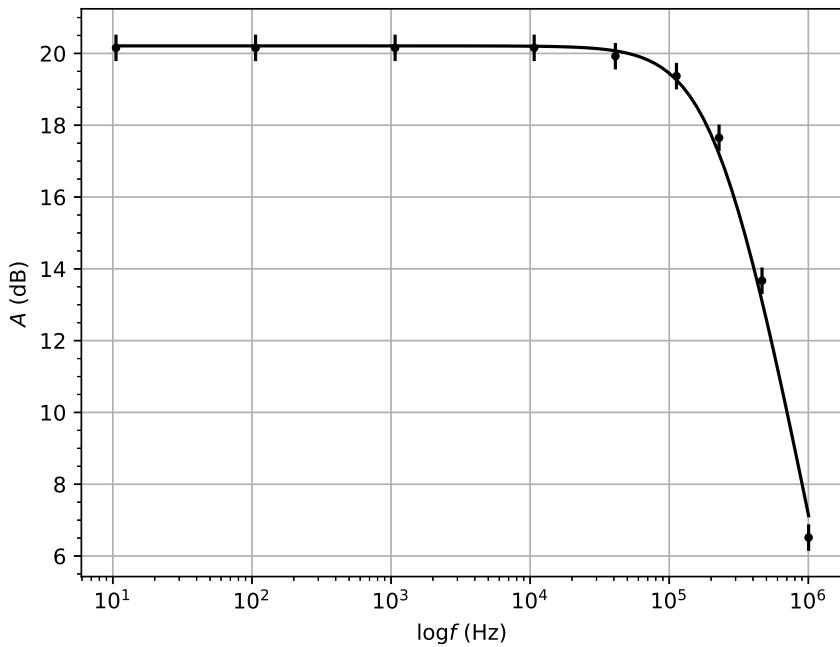


Figura 3: Grafico di bode e fit per il guadagno.

4.1

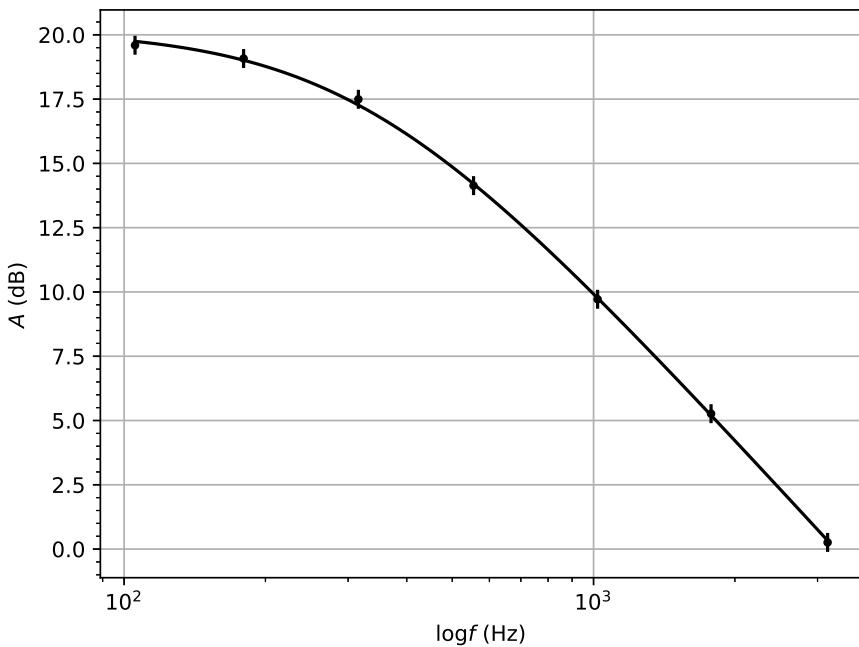


Figura 4: Grafico di bode e fit per il guadagno.

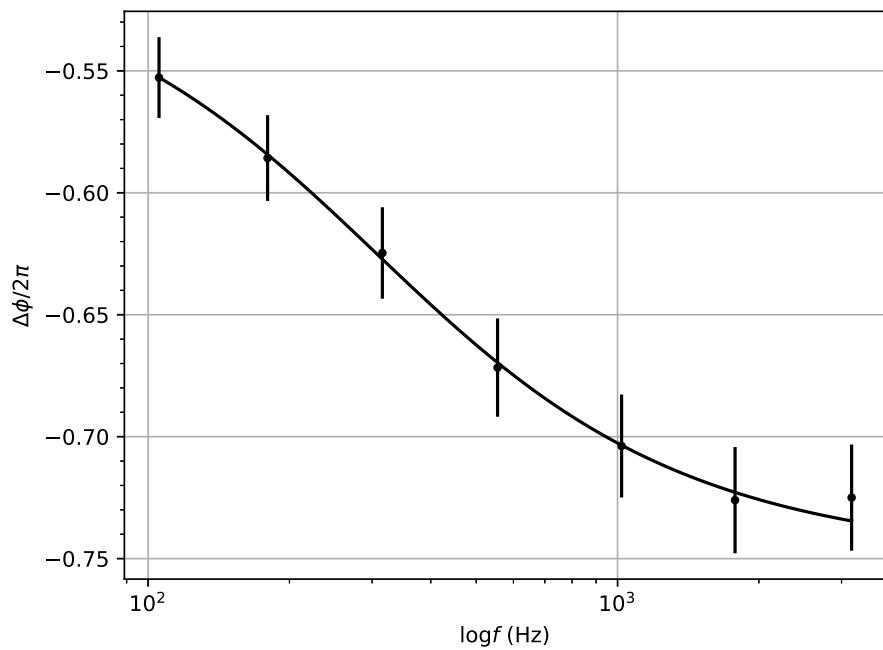


Figura 5: Grafico di bode e fit per la fase.

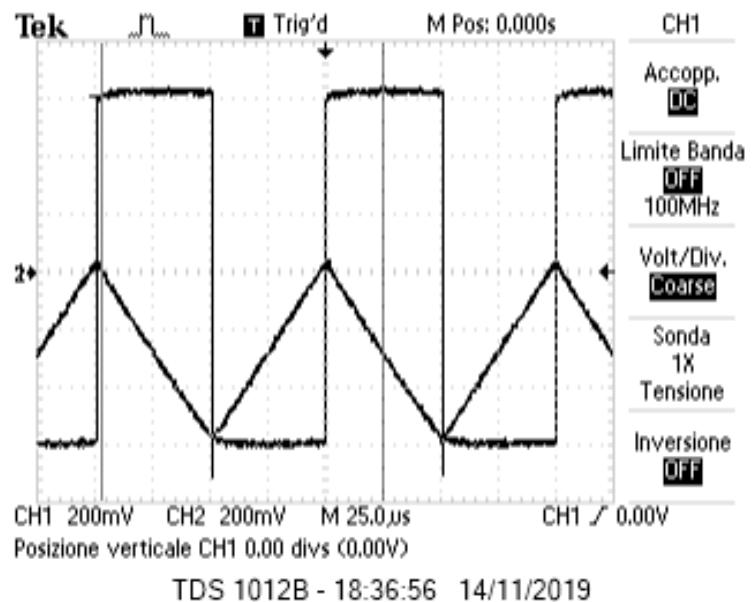


Figura 6: Schermata dell'oscilloscopio con i canali di ingresso e di uscita.

Indice dei commenti

- 1.1 4.5
 -) alcune affermazioni imprecise o non corrette
 -) risposta parziale al punto 3.b
- 1.2 questa notazione e' accettabile, ma e' preferibile 4.63 ± 0.04
- 1.3 I valori scelti non influiscono sull'impedenza di uscita del circuito, che e' comunque pari all'impedenza di uscita dell'opAmp quindi poche decine di Ohm
- 1.4 Quando riportate il risultato del fit date sempre anche il valore del chi2 con il num. di gradi di liberta'.
- 1.5 prodotto banda-guadagno finito
- 1.6 Bode
- 2.1 E come avete calcolato il valore atteso?
Cosa succede al segnale in uscita al variare della frequenza?
- 3.1 A(dB)
- 4.1 Bode e' il nome di una persona, va scritto maiuscolo