

Relazione di laboratorio 1

Paolo Allione 296500
Claudio Camolese 297378
Alessandro Reniero 272888

Indice

1	Analisi teorica	3
2	Alimentazione duale e consumo di corrente	4
3	Diagramma di Bode sperimentale	4
4	Frequenze di taglio sperimentali	6
5	Limitazioni dell'OP-AMP reale	6
5.1	Limitazione di banda (prodotto banda-guadagno)	6
5.2	Limitazione di slew-rate	6
5.3	Massimo swing di uscita	6

1 Analisi teorica

Sono state calcolate le funzioni di trasferimento teoriche $\frac{V^+}{V_{in}}$ per le varie configurazioni degli interruttori:

- Per S3 e S4 aperti, S5 chiuso:

$$\frac{V^+}{V_{in}} = \frac{R_4}{R_3 + R_4 + \frac{1}{sC_5}} = \frac{100s}{147s + 100000} \quad (1)$$

- Per S3 aperto, S4 e S5 chiusi:

$$\frac{V^+}{V_{in}} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10^4\Omega}{0,47 * 10^4\Omega + 10^4\Omega} = 0,68 \quad (2)$$

- Per S4 aperto, S3 e S5 chiusi

$$\frac{V^+}{V_{in}} = \frac{R_4}{R_4 + \frac{1}{sC_5}} = \frac{s}{s + 1000} \quad (3)$$

- Per S3 e S4 chiusi, S5 aperto:

$$\frac{V^+}{V_{in}} = 1 \quad (4)$$

- Per S3, S4 e S5 aperti:

$$\frac{V^+}{V_{in}} = 1 \quad (5)$$

- Per S3 e S5 aperti, S4 chiuso:

$$\frac{V^+}{V_{in}} = 1 \quad (6)$$

- Per S3, S4, S5 chiusi:

$$\frac{V^+}{V_{in}} = 1 \quad (7)$$

e le funzioni di trasferimento teoriche $\frac{V_{out}}{V^+}$

- Per S1 e S2 chiusi, S6 aperto:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = (1 + \frac{R_1 // \frac{1}{sC_3}}{R_2}) = \frac{R_1 + R_2(1 + sC_3R_1)}{R_2(1 + sC_3R_1)} \approx \frac{0,018s + 112000}{0,018s + 12000} \quad (8)$$

- Per S1, S2 e S6 aperti:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = (1 + \frac{R_1}{R_2 + \frac{1}{sC_4}}) = \frac{28s + 2500}{3s + 2500} \quad (9)$$

- Per S1 chiuso, S2 e S6 aperti:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = (1 + \frac{R_1 // \frac{1}{sC_3}}{R_2 + \frac{1}{sC_4}}) = \dots \approx \frac{0,01s + (0,0012s + 1)(1,5 * 10^{-6}s + 1)}{(0,0012s + 1)(1,5 * 10^{-6}s + 1)} \quad (10)$$

- Per S1 aperto, S2 chiuso e S6 aperto:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = (1 + \frac{R_1}{R_2}) = 9,33 \quad (11)$$

- Per S1, S2 e S6 chiusi:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = 1 \quad (12)$$

- Per S1 e S2 aperti, S6 chiuso:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = 1 \quad (13)$$

- Per S1 aperto, S2 e S6 chiusi:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = 1 \quad (14)$$

- Per S1 chiuso, S2 aperto, S6 chiuso:

$$\frac{V_{out}}{V^+} = 1 \quad (15)$$

2 Alimentazione duale e consumo di corrente

Il secondo punto richiede di riportare i valori di tensione e quelli di corrente, impostando tutti gli interruttori come chiusi. Si riportano dunque i seguenti valori:

V_{AL+}	+12V
V_{AL-}	-12V
I_{AL+}	2.96 mA
I_{AL-}	-2.96 mA

Tabella 1: Valori sperimentali tensione e corrente di alimentazione

Per il calcolo della potenza si procede quindi calcolando:

$$P_{AL+} = V_{AL+} \cdot I_{AL+} = 12V \cdot 0,00296A = 0,036W \quad (16)$$

$$P_{AL-} = V_{AL-} \cdot I_{AL-} = (-12)V \cdot (-0,00296)A = 0,036W \quad (17)$$

$$P_{tot} = P_{AL+} + P_{AL-} = 0,072W \quad (18)$$

3 Diagramma di Bode sperimentale

In questa sezione si ha l'obiettivo di analizzare il circuito in frequenza. Quindi, si riportano i valori delle misurazioni effettuate a diverse frequenze.

f [Hz]	Vin,pp [V]	Vout,pp [V]	Guadagno G	Guadagno (db)	ε_r G	fase $\Delta\phi$ [°]	ε_r $\Delta\phi$
5,00E+00	0,32	0,352	1,10	0,83	0,12	16,2	0,44
1,00E+01	0,392	0,4	1,02	0,18	0,10	18	2,00
5,00E+01	0,4	1	2,50	7,96	0,35	54	0,67
1,00E+02	0,42	1,62	3,86	11,73	0,06	54	1,33
5,00E+02	0,44	2,8	6,36	16,07	0,53	10,8	6,67
1,00E+03	0,44	2,88	6,55	16,32	0,52	1,8	20,00
5,00E+03	0,4	2,82	7,05	16,96	0,29	1,8	20,00
1,00E+04	0,4	2,88	7,20	17,15	0,28	9	4,00
5,00E+04	0,4	2,88	7,20	17,15	0,06	27	6,67
1,00E+05	0,4	2,78	6,95	16,84	0,06	0,18	2000,00
5,00E+05	0,4	1,5	3,75	11,48	0,06	0,9	2000,00
1,00E+06	0,32	0,74	2,31	7,28	0,09	1,8	2000,00

Tabella 2: Valori sperimentali con S4 chiuso

Si riportano di seguito anche i grafici di modulo e fase.

Ripetiamo gli stessi dati con S4 aperto.

f [Hz]	Vin,pp [V]	Vout,pp [V]	Guadagno G	Guadagno (db)	ε_r G	fase $\Delta\phi$ [°]	ε_r $\Delta\phi$
5,00E+00	0,32	0,06	0,18	-15,14	0,42	10,8	0,67
1,00E+01	0,39	0,06	0,15	-16,30	0,38	75,6	0,48
5,00E+01	0,40	0,30	0,75	-2,50	0,58	108	0,33
1,00E+02	0,42	0,78	1,86	5,38	0,07	108	0,67
5,00E+02	0,44	2,64	6,00	15,56	0,53	32,4	2,22
1,00E+03	0,44	2,88	6,55	16,32	0,52	9	4,00
5,00E+03	0,40	2,82	7,05	16,96	0,29	1,8	20,00
1,00E+04	0,40	2,88	7,20	17,15	0,28	9	4,00
5,00E+04	0,40	2,80	7,00	16,90	0,06	27	6,67
1,00E+05	0,40	2,78	6,95	16,84	0,06	54	6,67
5,00E+05	0,40	1,50	3,75	11,48	0,06	0,9	2000,00
1,00E+06	0,32	0,74	2,31	7,28	0,09	1,8	2000,00

Tabella 3: Valori sperimentali con S4 aperto

Per avere un rapido confronto, si riportano anche i diagrammi di modulo e fase ideali.

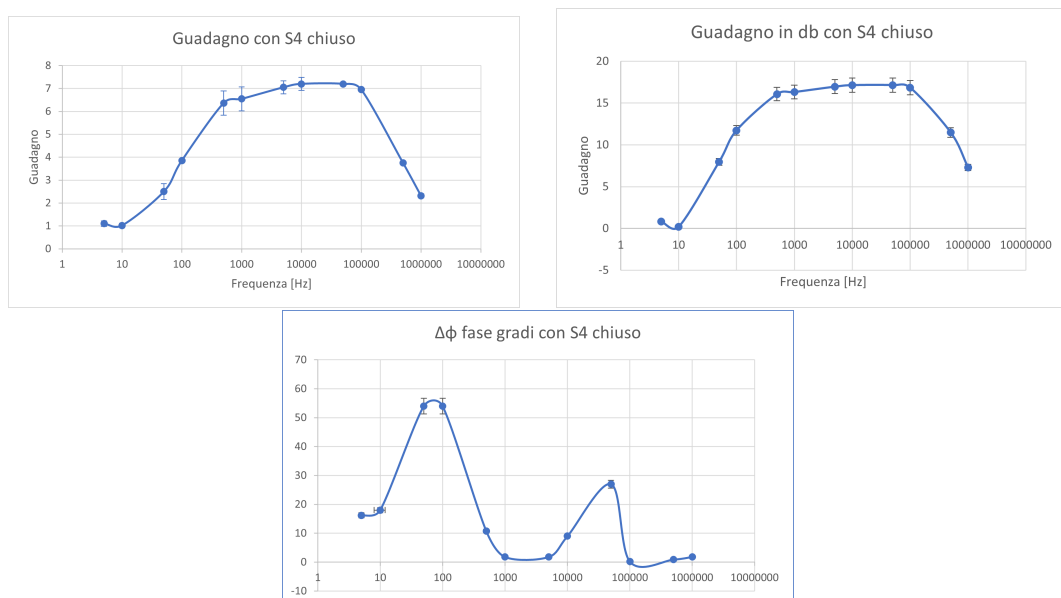


Figura 1: Grafici modulo e fase sperimentali con S4 chiuso

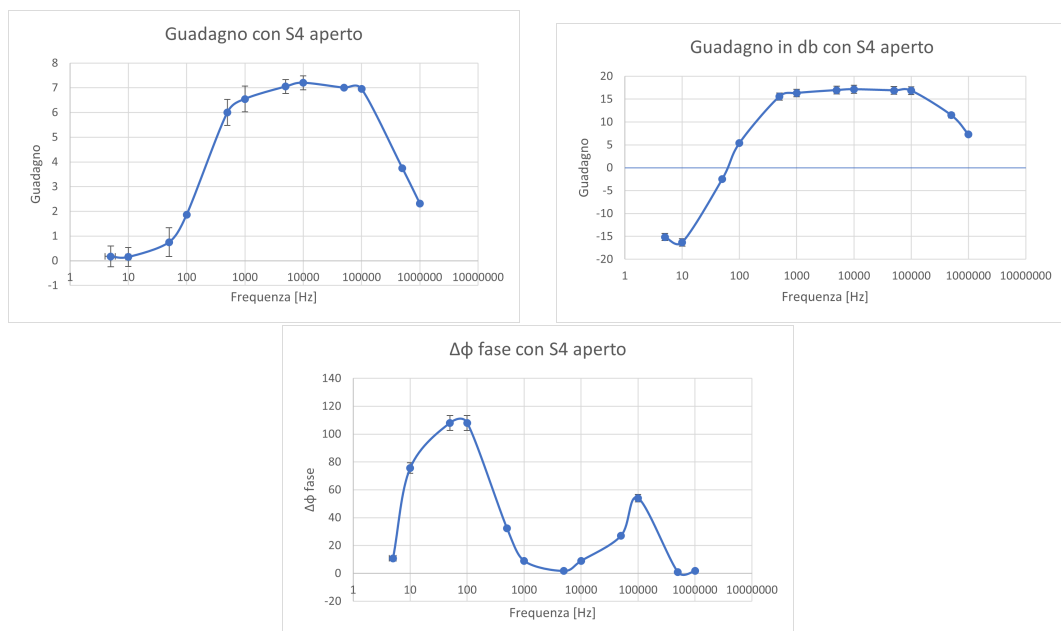


Figura 2: Grafici modulo e fase sperimentali con S4 aperto

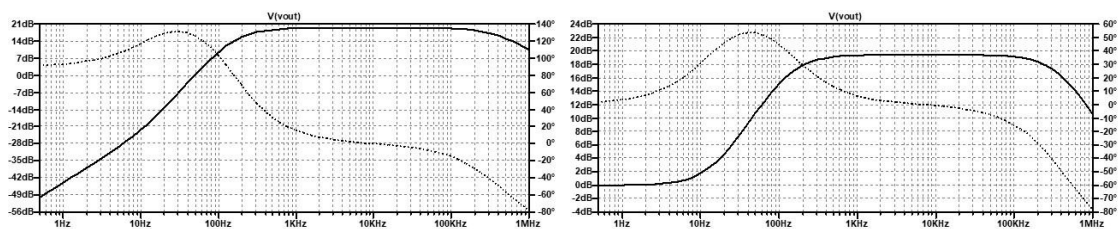


Figura 3: Grafici modulo e fase ideali con S4 aperto a sinistra e chiuso a destra

Si riportano anche, nella pagina seguente, i grafici che permettono un confronto tra i dati sperimentali e quelli ideali circa il guadagno calcolati tramite la funzione trasferimento.

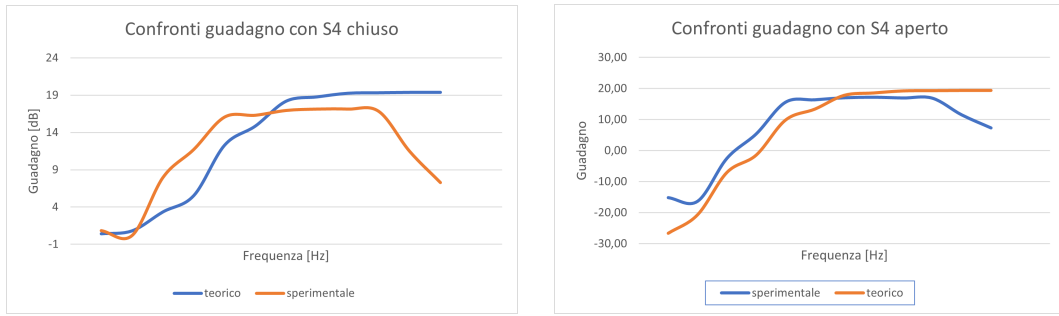


Figura 4: Confronto guadagno teorico-sperimentale

Infine, dopo aver riportato la frequenza a 50 kHz abbiamo misurato il guadagno in DC portando il valor medio dell'ingresso a 50mV e misurando il valore medio dell'uscita, ottenendo un risultato pari a 7.

4 Frequenze di taglio sperimentali

Sono state analizzate sperimentalmente le frequenze di taglio, note come le frequenze alle quali il guadagno è inferiore di 3 dB rispetto al guadagno in banda:

- S4 chiuso
 - $f_1 = 131$ Hz con 14,9 dB
 - $f_2 = 395$ kHz con 14,6 dB
- S4 aperto
 - $f_1 = 227$ Hz con 14,17 dB
 - $f_2 = 391$ kHz con 14,10 dB

5 Limitazioni dell'OP-AMP reale

In questa sezione sono state analizzate più in dettaglio le caratteristiche dell'OP-AMP reale.

5.1 Limitazione di banda (prodotto banda-guadagno)

Trattandosi di un amplificatore non invertente sono stati svolti i seguenti calcoli:

$$A_v = \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{R_f}{R_4} = 1 + \frac{100 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = 11 \quad (19)$$

$$\text{GBWP} = A_v \cdot f|_{-3dB} = 11 \cdot 391\text{kHz} = 4,3 \text{ MHz (datasheet valore tipico 4 MHz)} \quad (20)$$

5.2 Limitazione di slew-rate

Abbiamo iniziato a notare una minima distorsione al valore di ampiezza di ingresso di 3,5 V per poi percepirla nettamente a 4,2 V.

Il valore atteso era di 3,76 V, che riteniamo ragionevole in quanto la verifica diretta (ad occhio) non offre garanzie di precisione assoluta.

5.3 Massimo swing di uscita

Tensioni misurate:

- $V_{max} = 11,4$ V
- $V_{min} = -10,2$ V

Di conseguenza, l'amplificatore non è rail-to-rail.