



Laboratorio 5

Michele Ferrero 268542, Emanuele Falci 268617,
Gabriele Ferro 268510, Riccardo Drago 269663

A.A. 2021-2022

1 Strumentazione

Sono stati utilizzati i seguenti strumenti di laboratorio:

- Oscilloscopio digitale - *Rigol DS1054 Z*
- Multimetro - *Hewlett Packard 34401A*
- Generatore d'onda - *Hantek HDG2032B*
- Cavo coassiale BNC-BNC
- Connettore BNC a T
- Sonda
- Modulo A3 - Massimo Ruo Roch v1.0 Nov2001 - Politecnico di Torino

2 Misure

Per effettuare le misure richieste è stato utilizzato il modulo A3 premontato e si procede all'analisi di quattro diversi amplificatori: non invertente, invertente, differenziale e AC/DC. Per eseguire il collegamento tra i vari strumenti è stata utilizzata la guida del laboratorio precedente.

2.1 Amplificatore non invertente



Figure 1: amplificatore non invertente
 $V_s \rightarrow$ Giallo — $V_{in} \rightarrow$ Viola — $V_{out} \rightarrow$ Blu

Si utilizza inizialmente il modulo A3-1 che è composto da un amplificatore invertente con una resistenza in ingresso e una in uscita che possono essere inserite tramite un interruttore.

2.1.1 Homework

Si è calcolata l'amplificazione teorica data dall'amplificatore non invertente:

$$V_{out} = V_{in} * \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

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

Successivamente, utilizzando i parametri reali dell'amplificatore $R_{id} = 1M\Omega$, $R_o = 100\Omega$, $A_d = 200000$, si sono calcolate le resistenze di ingresso e di uscita come:

$$R_{in} = R_{in,0}(1 + A_d\beta')$$

$$R_{in,0} = R_{id} + R_2||(R_1 + R_o)$$

$$\beta' = \frac{R_2||R_{id}}{R_2||R_{id}+R_1}$$

$$R_{out} = \frac{R_o}{1+A_d\beta}$$

$$\beta = \frac{R_2||R_{id}}{(R_2||R_{id})+R_1}$$

Ottenendo:

$$R_{in} = 20G\Omega, R_{out} = 0,0047\Omega$$

2.1.2 Misure

È stato in seguito misurato il guadagno dell'amplificatore senza carichi impostando in ingresso un segnale sinusoidale con

$$V_{pp} = 1V$$

$$f = 2kHz$$

$$A_v = \frac{V_u}{V_i} = \frac{10.24}{1.04} = 9.75$$

La misurazione è stata ripetuta prima con la resistenza in ingresso, poi con la resistenza in uscita, ma in entrambi i casi il guadagno è il medesimo. In accordo con la teoria dunque la tensione non è compromessa da effetti di carico.

2.2 Amplificatore invertente

Per l'analisi del secondo tipo di amplificatore, quello invertente, è stato utilizzato il modulo A3-2, disponendo gli interruttori come richiesto.

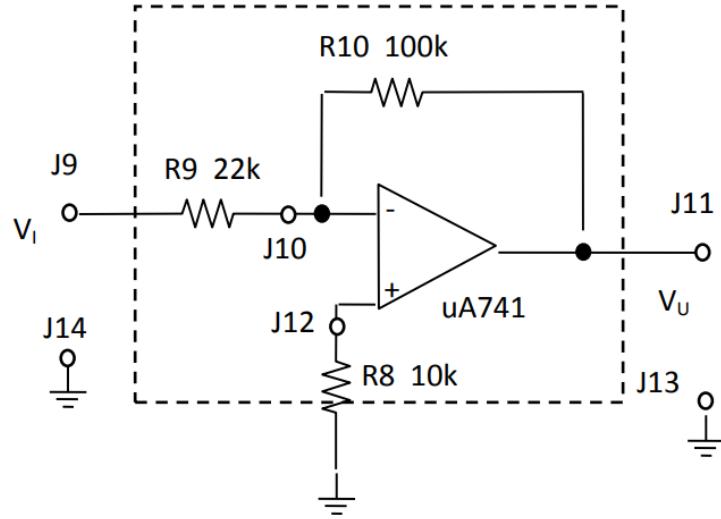


Figure 2: Circuito invertente

Anche in questo caso si sono effettuati dei calcoli teorici, utilizzando come parametri gli stessi del circuito precedente ($R_{id} = 1M\Omega$, $R_o = 100\Omega$, $A_d = 200000$): .

$$A_v = \frac{A_d * V_d}{V_{in}} = 4.55$$

Con V_d pari a:

$$V_d = \frac{-V_{in} * coeff1}{1 + A_d * coeff2}$$

$$coeff1 = \frac{R_{10}}{R_{10} + R_9}$$

$$coeff2 = \frac{R_9}{R_9 + R_{10}}$$

$$R_{in} = \frac{V_p}{i_p} = 22.4k\Omega$$

$$i_p = \frac{V_p}{R_9 + R_{10} || (R_{id} + R_8)} - \frac{AdVd}{R_{10} + R_9 || (R_{id} + R_8)} * \frac{R_{id} + R_8}{R_{id} + R_8 + R_9}$$

dove V_d è pari a:

$$V_d = \frac{V_p * coeff1}{1 - A_d * coeff2}$$

$$coeff1 = \frac{R_{10} || (R_{id} + R_8)}{R_9 + R_{10} || (R_{id} + R_8)} * \frac{R_{id}}{R_{id} + R_8}$$

$$coeff2 = \frac{R_9 || (R_{id} + R_8)}{R_9 || (R_{id} + R_8) + R_{10}} * \frac{R_{id}}{R_{id} + R_8}$$

$$R_{out} = R_{OP} = 100\Omega$$

In seguito abbiamo applicato in ingresso un segnale triangolare con

$$V_{pp} = 2V$$

$$f = 300Hz$$

- Come fatto precedentemente si è ottenuto il guadagno misurando il rapporto fra la tensione in ingresso e in uscita.

$$A_v = \frac{V_u}{V_i} = \frac{9.52}{2.16} = 4.41$$

- b. In seguito abbiamo utilizzato il multmetro per misurare la tensione sul morsetto non invertente dell'amplificatore. Esso è prossimo a $0V$ in quanto la corrente che scorre sul morsetto è all'incirca nulla.
- c. Abbiamo inoltre verificato con l'oscilloscopio che la tensione continua e quella di segnale sul morsetto invertente dell'amplificatore sia prossima a zero.
- d. Infine abbiamo aumentato l'ampiezza del segnale in ingresso per ottenere una distorsione consistente, oltre $5V$ si esce dai limiti di dinamica dell'amplificatore e V_{out} satura al valore massimo $V_{max} = 10.5V$. (Clipping).



Figure 3: segnale triangolato (limite di dinamica superato)

2.3 Amplificatore differenziale

Viene ricavato un amplificatore differenziale dal modulo A3-2, configurato come nella figura sottostante. Grazie ai vari interruttori presenti è possibile, chiudendone uno per volta, ottenere sul terminale non invertente una tensione V_2 pari ad una frazione della V_i .

Utilizzando V_i e V_2 si può trovare la tensione di uscita V_u .

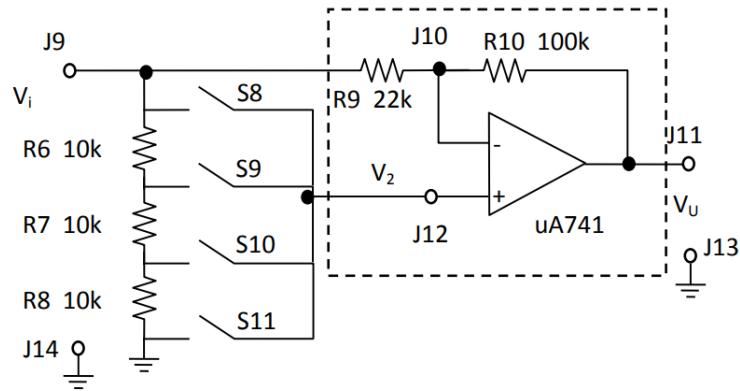


Figure 4: Amplificatore differenziale

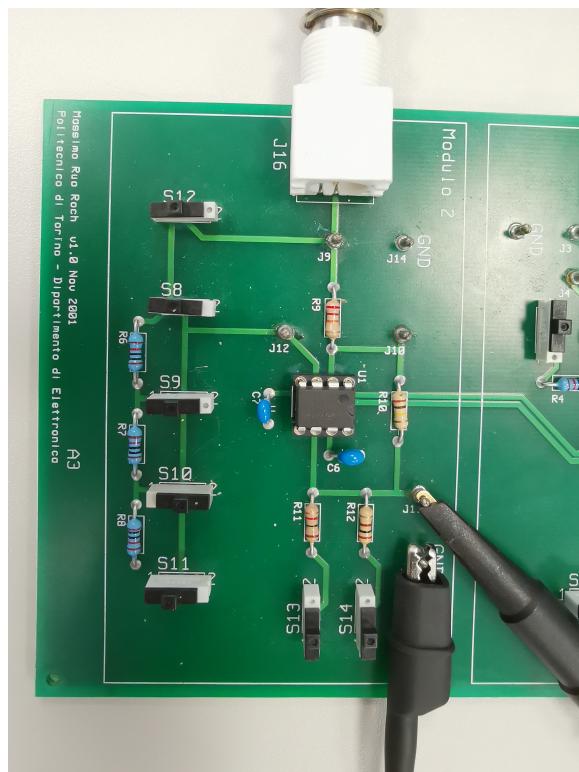


Figure 5: Amplificatore differenziale PCB

Per effettuare le misure viene utilizzato un segnale sinusoidale in ingresso con

$$V_{pp} = 1.6V$$

$$f = 200Hz$$

2.03.02

Av		
-4,54	S11	
-2,697	S10	
-0,84848	S9	
1	S8	

2.3.3 interruttori: tutti aperti tranne 1

	s8 chiuso	s9 chiuso	s10 chiuso	s11 chiuso
V_i	1,66	1,66	1,66	1,66
V_u	1,66	-1,5	-4,6	-7,8
A_v	1,00	-0,90	-2,77	-4,70

Successivamente viene misurato il guadagno per le varie configurazioni, modificando la posizione degli interruttori.

$$A_v = \frac{V_u}{V_i}$$

Per misurare le tensioni è stato utilizzato l'oscilloscopio.

2.4 Amplificatore AC/DC

Infine è stata analizzata la configurazione dell'amplificatore AC/DC, ricavato tramite il modulo A3-1, e anche questa volta gli interruttori si sono rivelati fondamentali per configurare il circuito come amplificatore in DC o in AC.

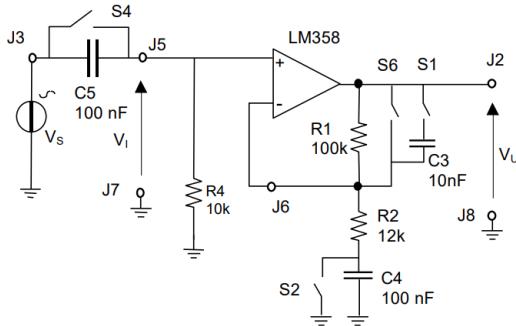


Figure 6: Amplificatore AC/DC

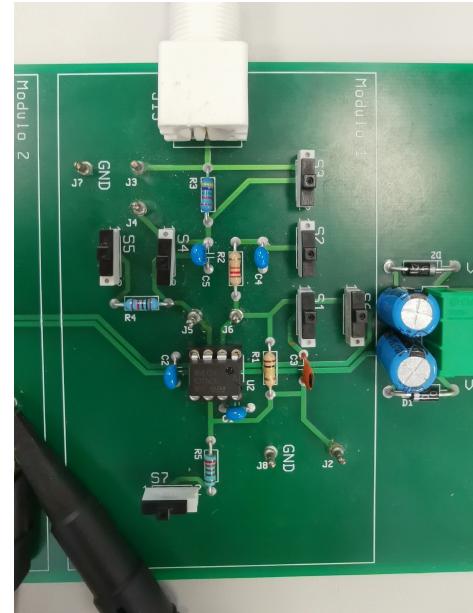


Figure 7: Amplificatore AC/DC

2.03.06			
$f(kHz)$	V_i	V_u	A_v
0.1	2,16	19,2	8,89
1	2,16	19,6	9,07
10	2,16	19,8	9,17
30	0,54	4,8	8,89
50	0,546	4,48	8,21
100	0,22	1,46	6,64

Il guadagno viene misurato applicando segnali sinusoidali in ingresso con frequenze variabili (100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz). Grazie all'oscilloscopio è possibile notare il limite di slew rate, il quale distorce la forma d'onda d'uscita fino a renderlo simile ad un segnale triangolare. Per evitare questo effetto è stata abbassata l'ampiezza del segnale in ingresso.

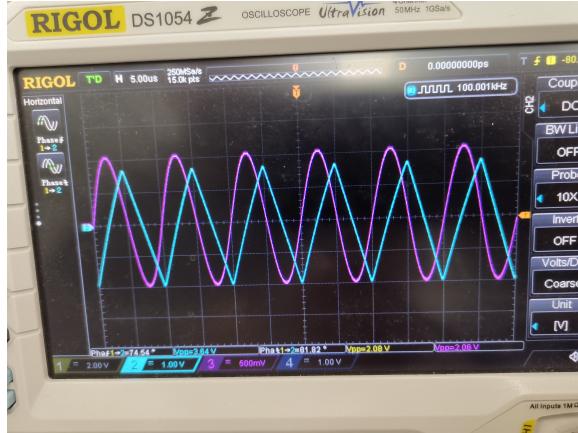


Figure 8: effetto Slew Rate

Per calcolare la frequenza alla quale la banda dell'amplificatore scende di 3 dB viene misurato il guadagno massimo ponendosi nella zona di banda passante e facendo variare la frequenza fino a quando si trova un'ampiezza pari a $ampiezza_{max} * 0.707$.

$$f_{3dB} = 105kHz$$

Dall'immagine seguente si può notare che applicando un offset in entrata esso è amplificato in uscita.

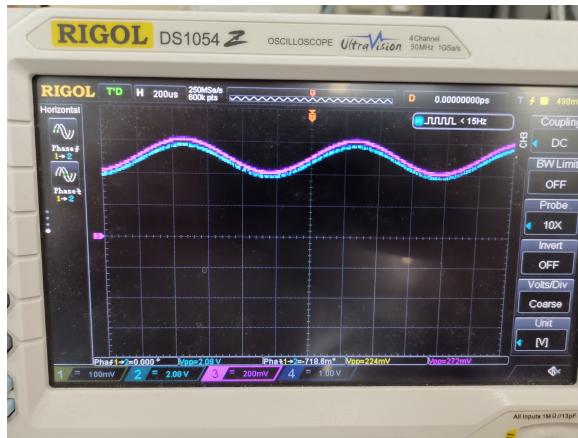


Figure 9: offset amplificato

Successivamente viene modificata la posizione degli interruttori per introdurre i condensatori C3, C4 e C5 uno per volta. Introducendo C3 si può notare un cambiamento nel valore della frequenza di taglio superiore.

$$f_{C3} = 55\text{kHz}$$

Con l'aggiunta del condensatore C4, l'amplificatore a basse frequenze si comporta come un voltage follower, in quanto viene scollegata la resistenza R2.

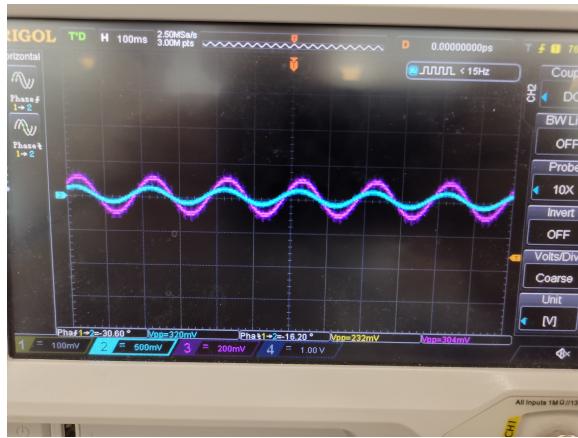


Figure 10: C4 inserito $f=5\text{Hz}$

Infine inserendo C5 viene introdotto un filtro passa-alto sull'ingresso la cui frequenza a 3dB è pari a 180Hz.