

# Laboratorio di Elettronica Applicata

## Esercitazione 3

### Amplificatori operazionali

Camolese Claudio 297378  
Reniero Alessandro 272888

## 1 Parte 1

Abbiamo innanzitutto misurato con il multmetro le resistenze:

Resistenza	valore nominale [kΩ]	valore sperimentale [kΩ]
R1	8,2	8,05
R2	22	21,9
R3	22	21,9
R4	22	21,8
R5	82	81,7

### 1.1

In secondo luogo abbiamo misurato le tensioni di alimentazione, che si sono confermate di +15/-15 V.

Abbiamo poi montato il circuito come in figura, osservando il seguente risultato sull'oscilloscopio:

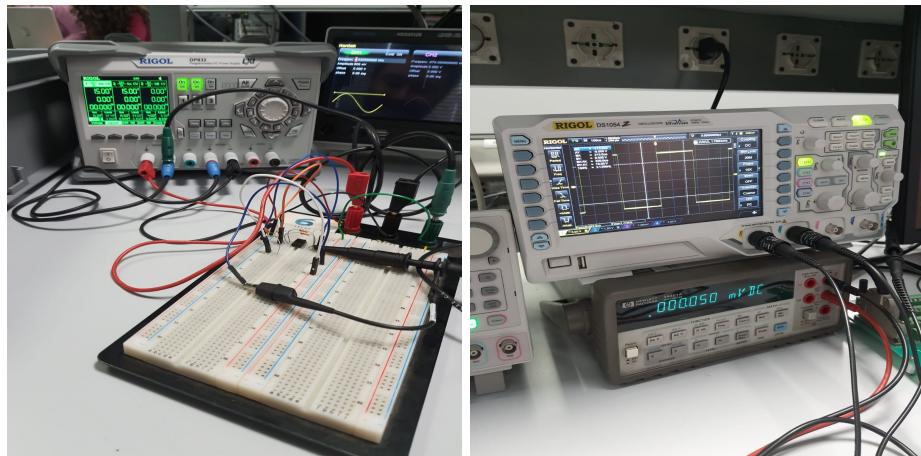


Figura 1: Set-up generatore di onda quadra

V_max	V_min	divisioni	scala	lettura	incertezza
14,8 V	-14,7 V	8	5 V/div	6 div	1 V

Tabella 1: Dati  $V_{out}$

## 1.2

Di seguito i valori relativi alla tensione sul condensatore:

V_max	V_min	divisioni	scala	lettura	incertezza
6,7 V	-6,8	8	5 V / div	2,7 div	1 V

Tabella 2: Dati condensatore

Questo risultato si dimostra coerente con la relazione  $V_c = \beta V_{out}$ . Utilizzando i valori delle resistenze misurati col multimetro (e riportati nella precedente pagina) abbiamo calcolato il  $\beta$  :

$$\beta = \frac{R_4}{R_4 + R_2} = \frac{21800\Omega}{21800\Omega + 21900\Omega} = 0,4989 \quad (1)$$

## 1.3

Frequenza	periodo	divisioni	scala	lettura	incertezza
1,78 kHz	560 $\mu$ S	12	100 $\mu$ s/div	5,6 div	20 $\mu$ S

Grazie ai dati raccolti siamo stati in grado di calcolare il valore della capacità incognita:

$$C_x = \frac{0,5}{\ln \frac{1+\beta}{1-\beta}} \frac{1}{Rf} = 11,7 \text{ nF} \quad (2)$$

con un'incertezza relativa

$$\frac{\delta C_x}{C_x} = \frac{0,2 \cdot S_x}{T} = 0,0357 \quad (3)$$

## 1.4

Lo slew-rate ottenuto sperimentalmente misurando due punti e ricavando la pendenza è di circa  $SL = 13,47 \text{ V}/\mu\text{s}$ . Il risultato riportato nel data-sheet è di  $SL = 13 \text{ V}/\mu\text{s}$ . In conclusione sperimentalmente osserviamo uno scostamento del 1,03 %



Figura 2: Slew-rate oscilloscopio

## 2 Parte 2

In questa sezione l'obiettivo è di trasformare un'onda quadra in un'onda triangolare. Per farlo usiamo quindi un integratore.

### 2.1

Iniziamo con il calcolare la risposta in bassa frequenza (i.e 5Hz).

Il guadagno sperimentale risulta essere di circa  $G_{5Hz} = 19,7$  dB. Teoricamente invece, abbiamo ricavato un valore di  $G_{5Hz} = -18$  dB. Segnaliamo che data la differenza di risultati abbiamo voluto verificare plottando i due grafici di Bode (sperimentale e teorico) con Spice (sperimentale) e Wolfram (teorico con funzione di trasferimento) ottenendo due grafici identici ma traslati, il che spiega lo scostamento nei valori.

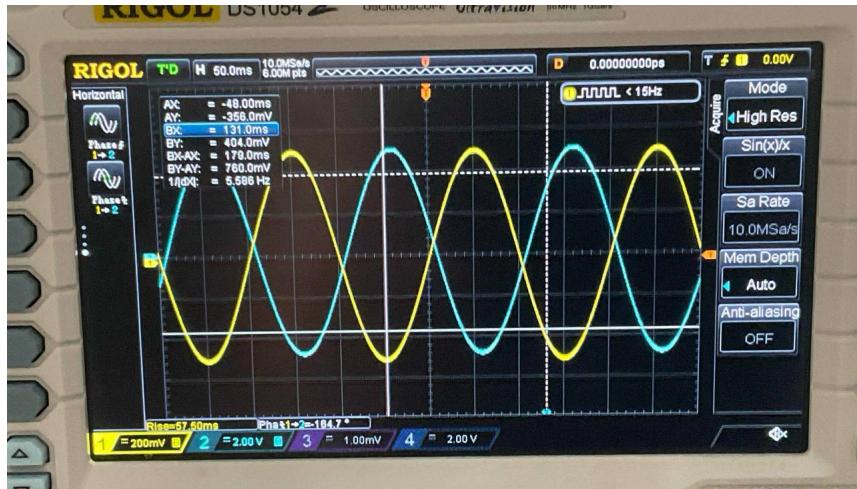


Figura 3: Guadagno a bassa frequenza

### 2.2

Ora si riporta la frequenza di taglio sperimentale. Esso risulta essere di circa  $f_t = 19,4$ Hz. A livello teorico si ottiene  $f_t = 0.2$  Hz. Come nel punto precedente, abbiamo trovato una giustificazione di questa differenza di valori nella probabile traslazione del diagramma di Bode che avviene tra comportamento teorico e sperimentale.

### 2.3

Per quanto riguarda la risposta ad alta frequenza si riportano le figure (4).

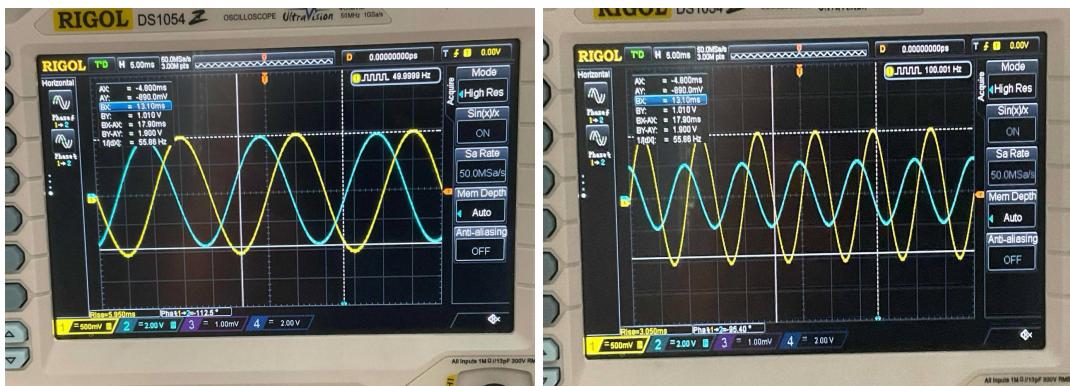


Figura 4: Guadagno alta frequenza [50Hz, 100Hz]

La differenza tra i due guadagni in dB risulta  $\Delta G = -5,46$  dB. Il roll-off atteso è di circa - 6 dB, per cui i due valori sono coerenti.

## 2.4

Inserendo le opportune condizioni in ingresso (frequenza e ampiezza del segnale) abbiamo riscontrato il corretto funzionamento dell'integratore in quanto tra ingresso sinusoidale e uscita abbiamo osservato uno sfasamento di circa  $90^\circ$ .

Il secondo circuito funziona, quindi, a dovere e abbiamo dunque proseguito connettendo l'integratore in cascata all'oscillatore.

E' possibile osservare nella foto sottostante il circuito completo montato :

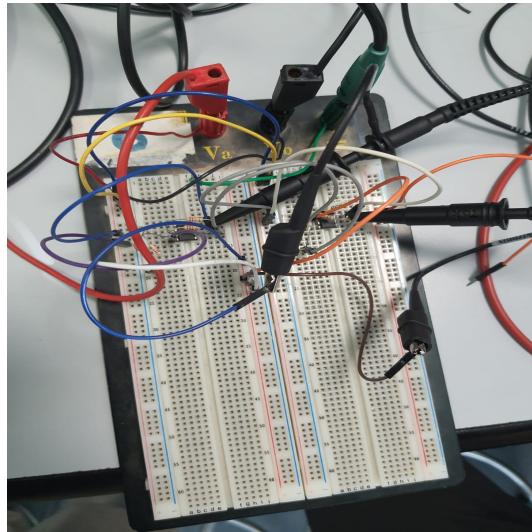


Figura 5: Circuito finale

Dall'oscilloscopio otteniamo il seguente risultato, conforme alle nostre aspettative in quanto l'onda quadra diventa triangolare:

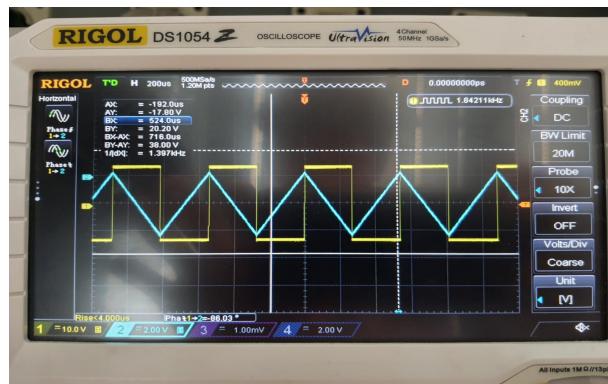


Figura 6: Integratore finale

I dati ricavati sono:

$V_{max}$	$V_{min}$	divisioni	scala	lettura (picco picco)	$V_{medio}$
0 V	-4,8 V	8	2 V / div	2,4 div	-2,4 V