

# Es05B: Circuiti lineari con Amplificatori Operazionali

Gruppo 1G.BT  
Francesco Sacco, Lorenzo Cavuoti

8 Novembre 2018

## Scopo dell' esperienza

Misurare le caratteristiche di circuiti lineari realizzati con un op-amp TL081 alimentati tra +15 V e -15 V.

## 1 Amplificatore invertente

Si vuole realizzare un amplificatore invertente con un' impedenza di ingresso superiore a 1 k $\Omega$  e con un' amplificazione a centro banda di 10.

### 1.a Scelta dei componenti

Si monta il circuito secondo lo schema mostrato in figura 1, utilizzando la barra di distribuzione verde per la tensione negativa, quella rosso per la tensione positiva, e quella nera per la massa.

*[Indicare i criteri di scelta delle resistenze ed i valori desiderati]*

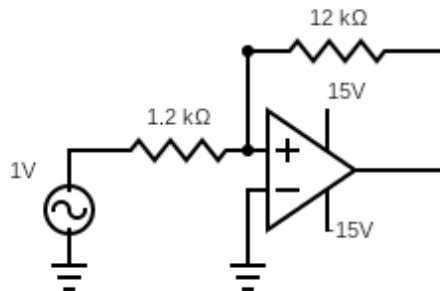


Figura 1: Schema di un amplificatore invertente

Le resistenze selezionate hanno i seguenti valori, misurati con il multimetro digitale, con il corrispondente valore atteso del guadagno in tensione dell' amplificatore.

$$R_1 = (1.19 \pm 0.01) \text{ k}\Omega, \quad R_2 = (12.2 \pm 0.1) \text{ k}\Omega, \quad A_{exp} = (10.2 \pm 0.1)$$

### 1.b Montaggio circuito

### 1.c Linearità e misura del guadagno

Si fissa la frequenza del segnale ad  $f_{in} = (5.59 \pm 0.06) \text{ kHz}$  e si invia all' ingresso dell' amplificatore. L'uscita dell' amplificatore è mostrata qualitativamente in Fig. 2 per due differenti ampiezze di  $V_{in}$  (circa 424mV Vpp e 4.32V Vpp). Nel primo caso l' OpAmp si comporta in modo lineare mentre nel secondo caso si osserva clipping.

Variando l' ampiezza di  $V_{in}$  si misura  $V_{out}$  ed il relativo guadagno  $A_V = V_{out}/V_{in}$  riportando i dati ottenuti in tabella 1 e mostrandone un grafico in Fig. 3.

*[Indicare in che modo si fa il fit, se sulla retta  $V_{out}$  vs.  $V_{in}$  oppure sui valori di  $A_V$  ]*

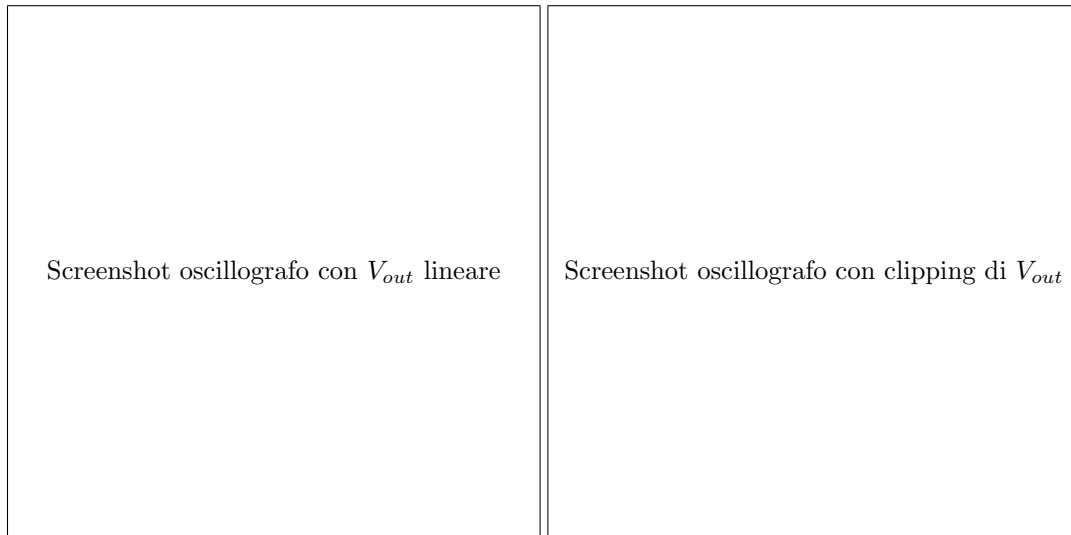


Figura 2: Ingresso (in alto) ed uscita (in basso) di un amplificatore invertente con OpAmp, in zona lineare (a sinistra) e non (a destra)

Tabella 1:  $V_{out}$  in funzione di  $V_{in}$  e relativo rapporto.

$V_{in}$ (V)	$V_{out}$ (V)	$A_V$
$66 \pm 3m$	$680 \pm 30m$	$10.2 \pm 0.6$
$290 \pm 10m$	$2.9 \pm 0.1$	$10.1 \pm 0.6$
$730 \pm 30m$	$7.4 \pm 0.3$	$10.1 \pm 0.6$
$1.26 \pm 0.05$	$12.7 \pm 0.5$	$10.1 \pm 0.6$
$2.7 \pm 0.1$	$27 \pm 1$	$10 \pm 0.6$

Si determina il guadagno mediante fit dei dati ottenuti:

$$A_{best} = 10.07 \pm 0.03 \quad \chi^2 = 0.02$$

[Fino a quale tensione il circuito si comporta linearmente? Provare (facoltativamente) a ridurre la tensione di alimentazione dell'integrato ed a verificarne la correlazione con la tensione di clipping dell'uscita. Commentare quanto osservato ]

## 2 Risposta in frequenza e *slew rate*

### 2.a Risposta in frequenza del circuito

Si misura la risposta in frequenza del circuito, riportando i dati in Tab. 2 e in un grafico di Bode in Fig. 4, stimando la frequenza di taglio inferiore e superiore [indicare in che modo].

$$V_{in} = (1.14 \pm 0.05) \text{ V}$$

$$f_L = (7.5 \pm 0.3) \text{ Hz} \quad f_H = (210 \pm 4) \text{ kHz}$$

### 2.b Misura dello *slew-rate*

Si misura direttamente lo *slew-rate* dell'op-amp inviando in ingresso un'onda quadra di frequenza di  $\sim 2.11 \text{ kHz}$  e di ampiezza  $\sim 2.70 \text{ V}$ . Si ottiene:

$$SR_{\text{misurato}} = (7.7 \pm 0.3) \text{ V}/\mu\text{s} \quad \text{valore tipico ( ) V}/\mu\text{s}$$

[Commentare accordo o disaccordo. Eventualmente inserire screenshot dell'oscilloscopio]

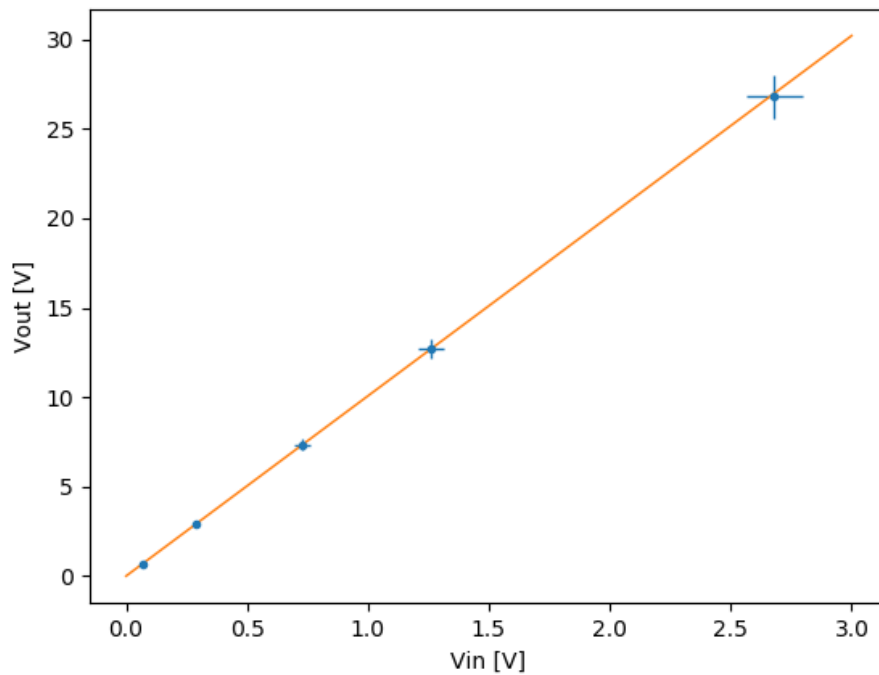


Figura 3: Linearità dell' amplificatore invertente

Tabella 2: Guadagno dell' amplificatore invertente in funzione della frequenza.

$f_{in}$ (kHz)	$V_{out}$ (V)	$A$ (dB)
$2.58 \pm 0.3$	$3.8 \pm 0.2$	$3.3 \pm 0.2$
$172.0 \pm 2$	$11.6 \pm 0.5$	$10.2 \pm 0.6$
$5.56 \pm 0.06k$	$11.5 \pm 0.5$	$10.1 \pm 0.6$
$67.7 \pm 0.7k$	$11.0 \pm 0.5$	$9.6 \pm 0.6$
$952 \pm 10k$	$2.5 \pm 0.1$	$2.2 \pm 0.1$

### 3 Circuito integratore

Si monta il circuito integratore con i seguenti valori dei componenti indicati:

$$R_1 = (0.990 \pm 0.008) \text{ k}\Omega, \quad R_2 = (9.83 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, \quad C = (49 \pm 2) \text{ nF}$$

#### 3.a Risposta in frequenza

Si invia un' onda sinusoidale e si misura la risposta in frequenza dell' amplificazione e della fase riportandoli nella tabella 3 e in un diagramma di Bode in Fig. 5.

$$V_{in} = (1.03 \pm 0.04) \text{ V}$$

[La fase può essere indicata in gradi, radianti, oppure come frazione  $\phi/2\pi$ ]

Si ricava una stima delle caratteristiche principali dell'andamento (guadagno a bassa frequenza, frequenza di taglio, e pendenza ad alta frequenza) e si confrontano con quanto atteso. Non si effettua la stima degli errori, trattandosi di misure qualitative.

[Indicare brevemente come sono stati ottenuti i valori attesi]

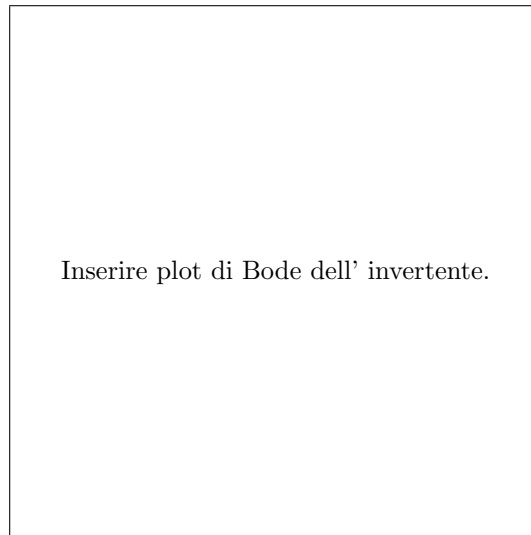


Figura 4: Plot di Bode in ampiezza per l' amplificatore invertente.

Tabella 3: Guadagno e fase dell' integratore invertente in funzione della frequenza.

$f_{in}$ (kHz)	$V_{out}$ (V)	$A$ (dB)	$\Delta t(\mu s)$	$\phi$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$

$$\begin{array}{ll}
 A_M = (9.5) \text{ dB} & \text{atteso : ( } \quad \text{ ) dB} \\
 f_H = (355) \text{ Hz} & \text{atteso : ( } \quad \text{ ) Hz} \\
 dA_V/df = (18.6) \text{ dB/decade} & \text{atteso : ( } \quad \text{ ) dB/decade}
 \end{array}$$

### Risposta ad un' onda quadra

Si invia all' ingresso un' onda quadra di frequenza  $\sim 6.47 \text{ kHz}$  e ampiezza  $\sim 1.09 \text{ V}$ . Si riporta in Fig. 6 le forme d' onda acquisite all' oscillografo per l' ingresso e l' uscita.

[Commentare se che il circuito si comporta come un integratore.]

Si misura l' ampiezza dell' onda in uscita e si confronta il valore atteso.

[Indicare brevemente come sono stati ottenuti i valori attesi]

$$V_{out} = (0.86) \text{ V} \quad \text{atteso : ( } \quad \text{ ) V}$$

[Inserire commento sulla dipendenza dell' uscita dalla frequenza.]

### 3.b Discussione

[Inserire commenti su quanto osservato ed eventuali deviazioni. In particolare: attenuazione ad alte frequenze, dipendenza della fase dalla frequenza, funzione di  $R_2$ . ]

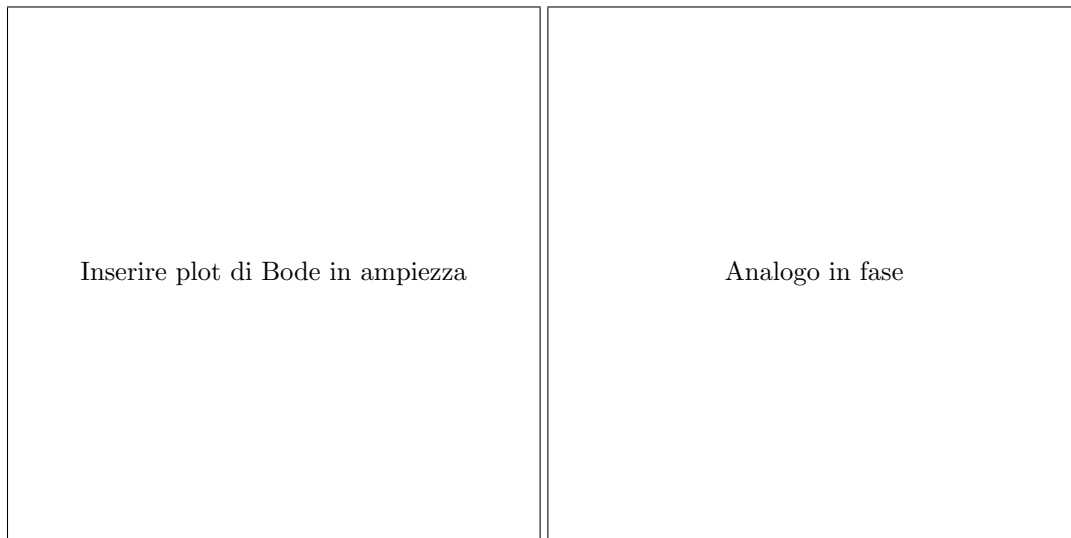


Figura 5: Plot di Bode in ampiezza (a sinistra) e fase (a destra) per il circuito integratore.

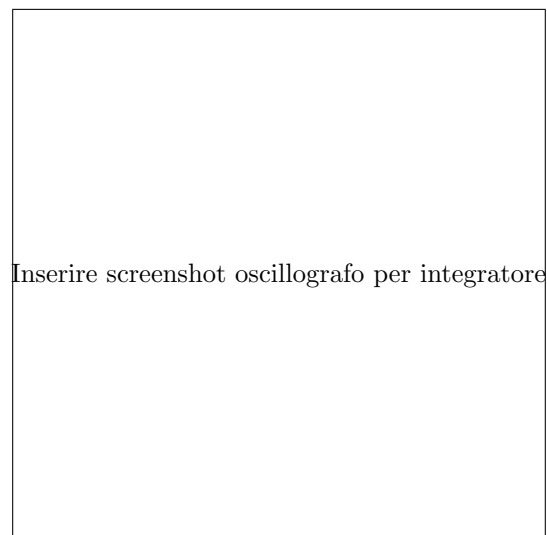


Figura 6: Ingresso (in alto) ed uscita (in basso) del circuito integratore per un' onda quadra.