

# Es05B: Circuiti lineari con Amplificatori Operazionali

Gruppo 1G.BN

Massimo Bilancioni, Alessandro Foligno, Giuseppe Zanichelli

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]*

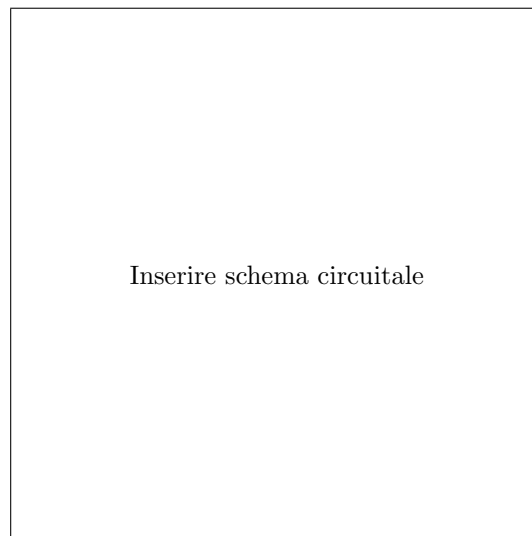


Figura 1: Schema di un amplificatore invertente

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

$$R_1 = (1.466 \pm 0.012) \text{ k}\Omega, \quad R_2 = (15.24 \pm 0.12) \text{ k}\Omega, \quad A_{exp} = (-10.39 \pm 0.11)$$

### 1.b Montaggio circuito

### 1.c Linearità e misura del guadagno

Si fissa la frequenza del segnale ad  $f_{in} = (2.597 \pm 0.011) \text{ kHz}$  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  $xxx \text{ Vpp}$  e  $xxx \text{ Vpp}$ ). Nel primo caso l' OpAmp si comporta in modo lineare mentre nel secondo caso si osserva clipping.

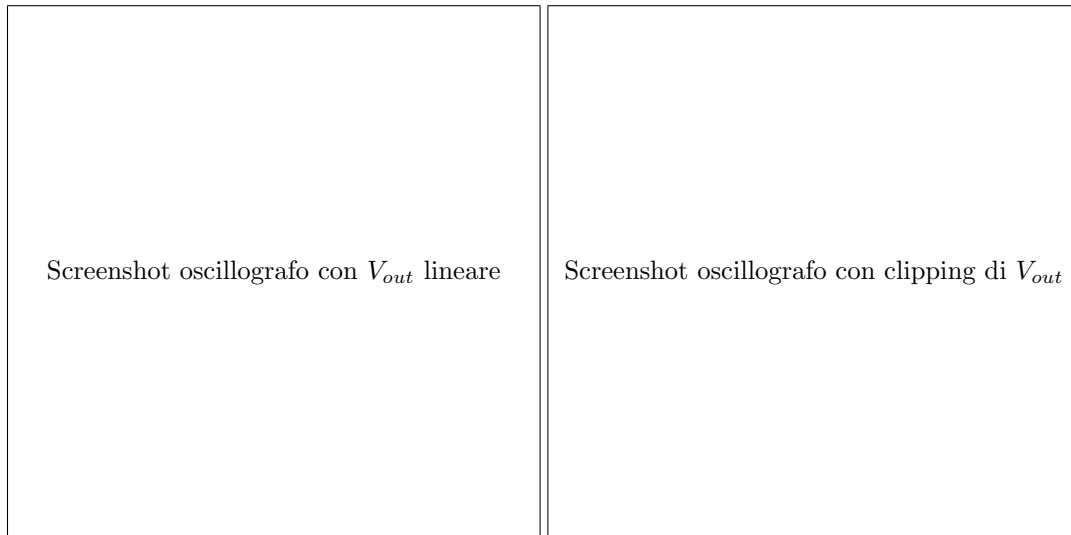


Figura 2: Ingresso (in alto) ed uscita (in basso) di un amplificatore invertente con OpAmp, in zona lineare (a sinistra) e non (a destra)

Il datasheet riporta uno Slew rate di  $13V/\mu s$  che è quindi trascurabile a questa frequenza fino ad un'ampiezza di circa 103 V.

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.

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

$V_{in}$ (V)	$V_{out}$ (V)	$A_V$
$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$
$\pm$	$\pm$	$\pm$

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

Si determina il guadagno mediante fit dei dati ottenuti:

$$A_{best} = \pm \chi^2 =$$

[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].

$$V_{in} = ( \pm ) V$$

$$f_L = ( \pm ) \text{Hz} \quad f_H = ( \pm ) \text{kHz}$$

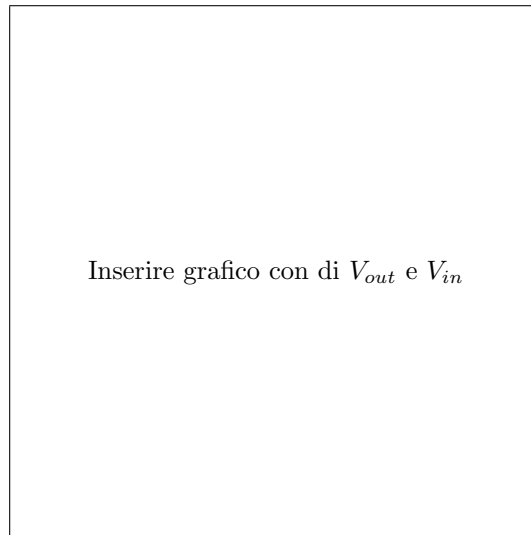


Figura 3: Linearità dell' amplificatore invertente

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

$f_{in}$ (kHz)	$V_{out}$ (V)	$A$ (dB)
$0.753 \pm$	$10.4 \pm$	$1.01 \pm$
$1.76 \pm$	$10.5 \pm$	$1.01 \pm$
$2.90 \pm$	$10.5 \pm$	$1.01 \pm$
$6.22 \pm$	$10.7 \pm$	$1.01 \pm$
$12.2 \pm$	$10.7 \pm$	$1.00 \pm$
$22.5 \pm$	$10.6 \pm$	$1.00 \pm$
$44.9 \pm$	$10.5 \pm$	$1.00 \pm$
$86.7 \pm$	$9.92 \pm$	$0.971 \pm$
$166 \pm$	$8.48 \pm$	$0.903 \pm$
$350 \pm$	$4.02 \pm$	$0.714 \pm$
$435 \pm$	$3 \pm$	$0.639 \pm$
$555 \pm$	$2.44 \pm$	$0.545 \pm$
$729 \pm$	$2.22 \pm$	$0.452 \pm$
$1220 \pm$	$1.38 \pm$	$0.237 \pm$
$212 \pm$	$4.96 \pm$	$0.858 \pm$
$251 \pm$	$4.44 \pm$	$0.815 \pm$

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

Si misura direttamente lo *slew-rate* dell'op-amp inviando in ingresso un' onda quadra di frequenza di  $\sim 0.9$  kHz e di ampiezza 2.08 V. Si ottiene:

$$SR_{\text{misurato}} = (12.5 \pm 0.5) \text{ V}/\mu\text{s} \quad \text{valore tipico } (13) \text{ V}/\mu\text{s}$$

Abbiamo misurato nel punto a pendenza massima di  $V_{out}$ , che si trova proprio all'inizio dell'onda quadra, subito dopo la pendenza diminuisce di circa  $0.5 \text{ V}/\mu\text{s}$

## 3 Circuito integratore

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

$$R_1 = (0.997 \pm 0.008) \text{ k}\Omega, \quad R_2 = (9.92 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, \quad C = (50.4 \pm 2.03) \text{ nF}$$

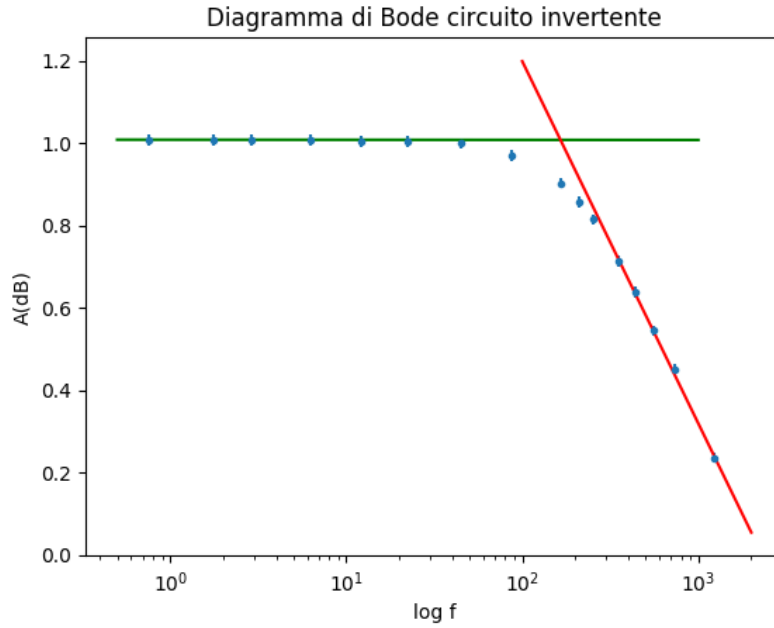


Figura 4: Plot di Bode in ampiezza per l' amplificatore invertente.

### 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.

$$V_{in} = ( \quad \pm \quad ) V$$

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

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

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

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]

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

### Risposta ad un' onda quadra

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

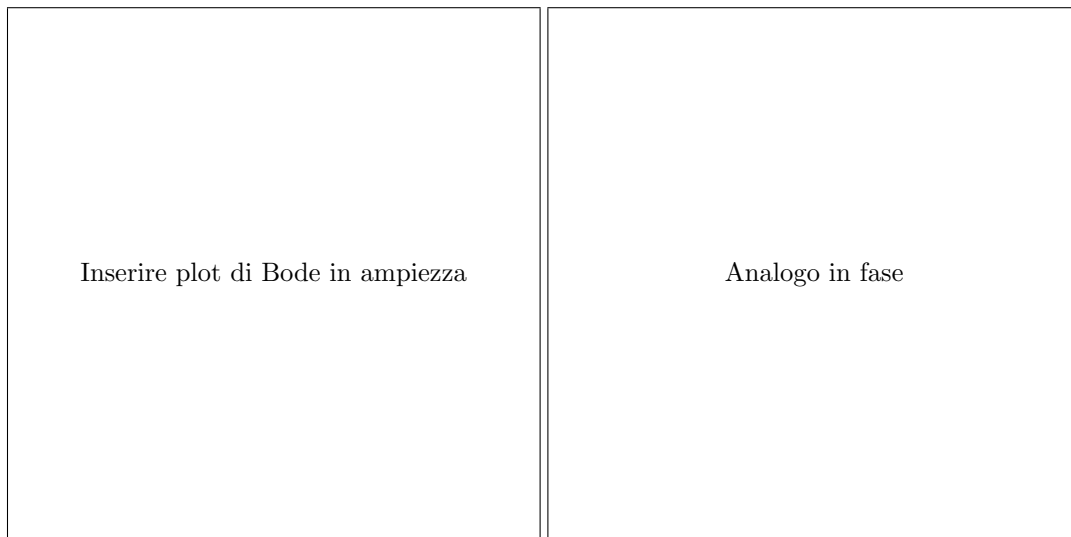


Figura 5: Plot di Bode in ampiezza (a sinistra) e fase (a destra) per il circuito integratore.

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

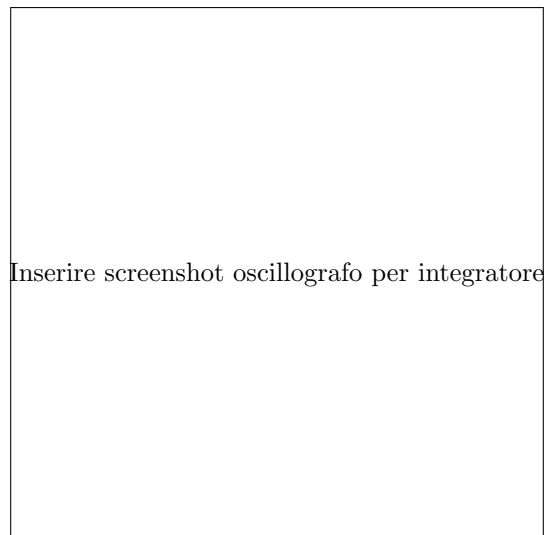


Figura 6: Ingresso (in alto) ed uscita (in basso) del circuito integratore per un' onda quadra.

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

[Indicare brevemente come sono stati ottenuti i valori attesi]

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

[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  $R_2$ . ]