

Misure su amplificatori

Questa relazione è stata effettuata in data 21/11/2024 dal gruppo 3 del laboratorio di SETM, formato da Carbone Orazio (S300511), Dandolo Giacomo (S296525), Favellato Francesco (S312697) e Genduso Cristina (S293536).

1 Caratteristiche dell'esperienza

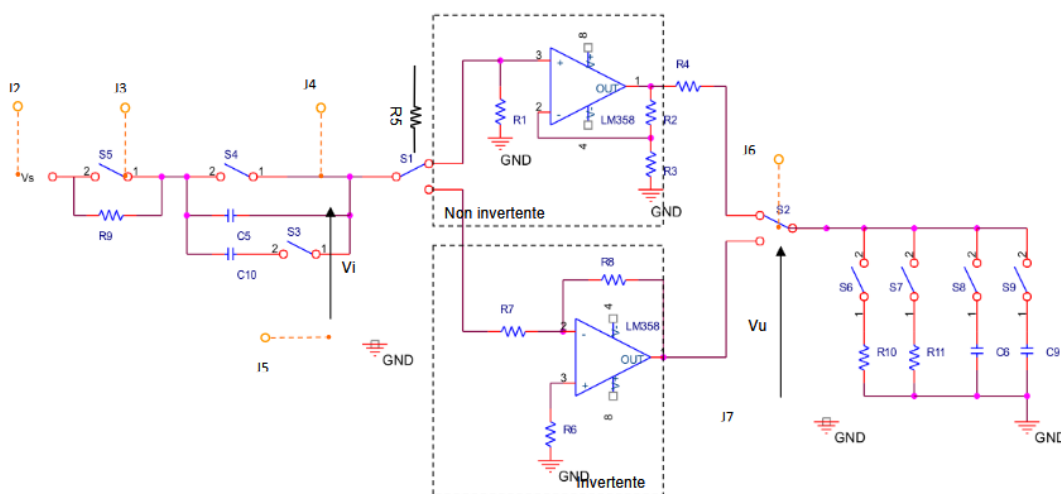
1.1 Obiettivo

L'obiettivo di questa esperienza è misurare i parametri di moduli amplificatori e analizzarne il comportamento. Inoltre, si vogliono verificare alcune deviazioni rispetto al comportamento previsto con i modelli di prima approssimazione.

1.2 Materiale utilizzato

1. Componenti elettronici:

- modulo A-2, contenente un amplificatore invertente e non invertente, attivabili in maniera esclusiva.



Schema del modulo A-2

2. Strumentazione:

- alimentatore Rigol DP832;
- generatore di funzioni Hantek HDG2032B;
- oscilloscopio digitale Rigol DS1054 Z;
- multimetro da banco Hewlett Packard 34401A.

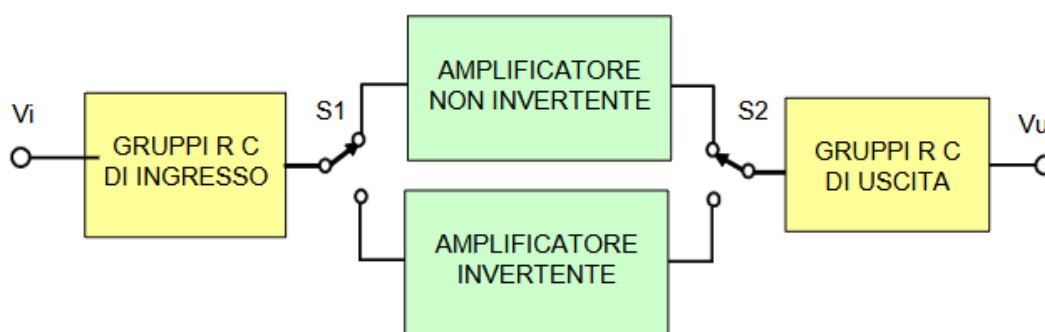
1.3 Predisposizione delle baste

Il modulo utilizzato è premontato su piastra a circuito stampato, e non è quindi prevista la modifica della sua configurazione. Le sue variazioni si ottengono tramite interruttori, la cui posizione e nome

sono indicati da una serigrafia sul circuito stampato.

Per i collegamenti con l'esterno sono predisposti connettori coassiali (per l'ingresso dei segnali), boccole, morsetti (per le alimentazioni) e ancoraggi sui punti di misura (per collegare le sonde dell'oscilloscopio o altri strumenti).

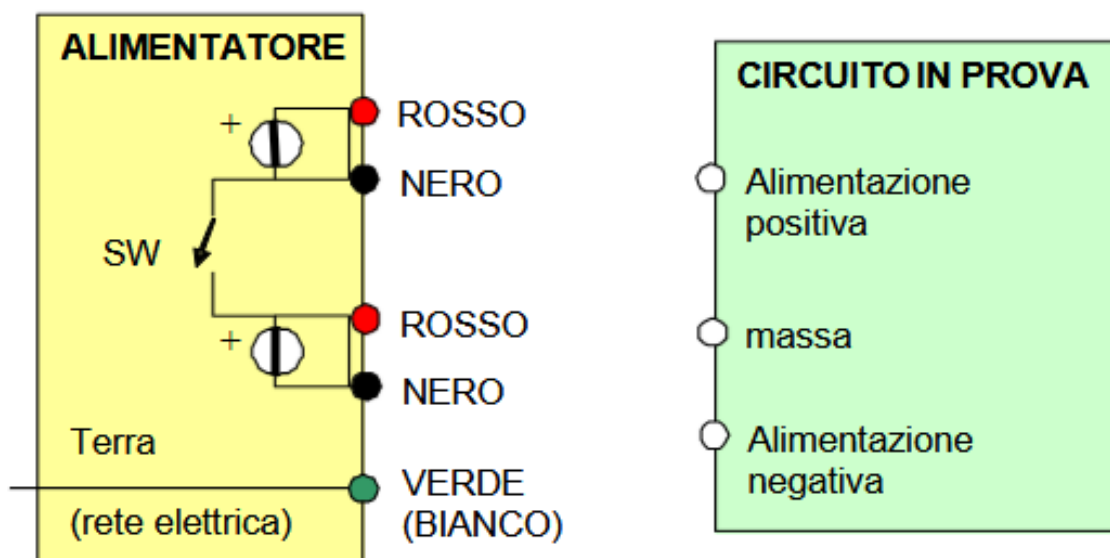
La basetta comprende due amplificatori: un modulo invertente e un modulo non invertente. Per l'ingresso V_i è presente un connettore BNC seguito dai gruppi R-C-interruttori di ingresso. Il deviatore S1 permette di inviare il segnale al modulo invertente o a quello non invertente. Le uscite dei due moduli, selezionate tramite S2, vanno ai gruppi R-C-SW d'uscita, e da questi al morsetto di uscita V_u secondo lo schema a blocchi seguente.



Schema a blocchi di principio

1.4 Alimentazione duale

In questa esperienza è necessario utilizzare un alimentatore doppio, predisposto in modo da fornire, rispetto a massa, una tensione positiva di 12 V e una tensione negativa di 12 V.



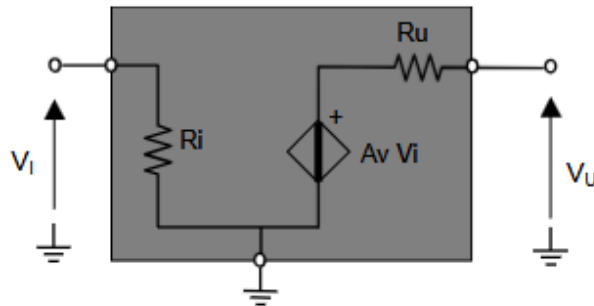
Schema del generatore in DC

2 Misure

2.1 Parametri di un amplificatore

2.1.1 Predisposizione del modulo

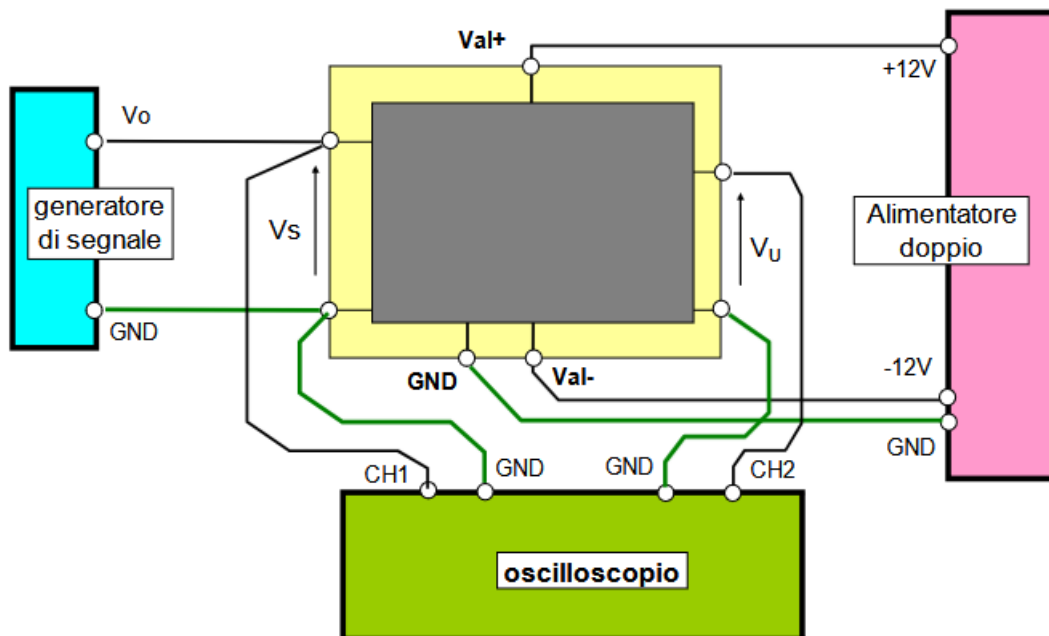
Utilizzare il modulo "A2-Amplificatore non invertente" e configurarlo come indicato per ogni punto. Lo schema indicato nella scatola grigia è il circuito equivalente dell'amplificatore visto come doppio bipolo. Il modulo contiene circuiti attivi, e richiede quindi un'alimentazione.



Doppio bipolo equivalente (Amplificatore non invertente)

Gli strumenti saranno collegati come nella figura successiva, con:

- connettore BNC per il segnale di ingresso marcato come J1;
- punto di connessione del segnale d'uscita è marcato J6, con massa su J7;
- alimentazione portata tramite il connettore J8.



Schema di collegamento degli strumenti

2.1.2 Valori teorici

I valori teorici dell'amplificatore non invertente sono:

- guadagno;

$$A_v = 9.33 \pm 10\%$$

- resistenza di ingresso;

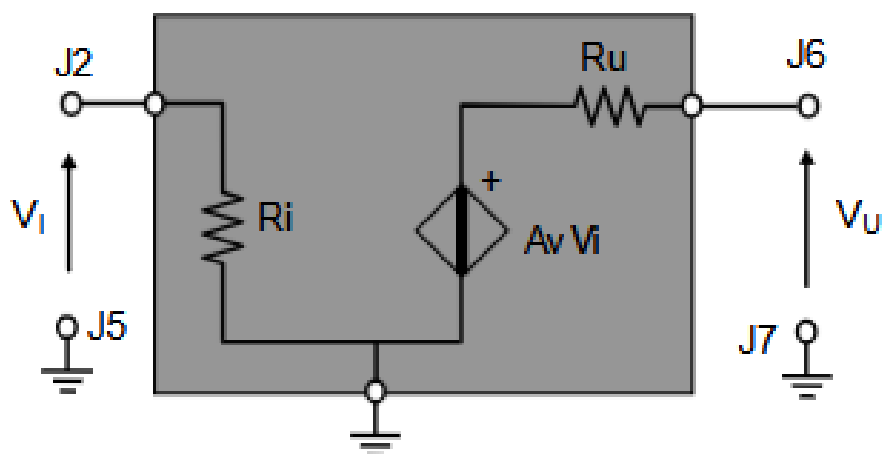
$$R_i = 10k\Omega \pm 5\%$$

- resistenza di uscita.

$$R_u = 1k\Omega \pm 5\%$$

2.1.3 Misura del guadagno

Predisporre la basetta in modo da applicare direttamente la tensione del generatore all'ingresso del modulo, con uscita a vuoto.



Schema dell'amplificatore non invertente

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	2	
S2	2	
S3	2	chiuso
S4	2	chiuso
S5	2	chiuso
S6	1	aperto
S7	1	aperto
S8	1	aperto
S9	1	aperto

Applicare all'ingresso un segnale sinusoidale, con frequenza $f = 0.8 \text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 1 \text{ V}$. Collegare ai due canali dell'oscilloscopio ingresso e uscita del circuito, e misurare il rapporto $A_v = V_u/V_i$, esprimendolo anche in dB .

Si ottiene che $V_i = 1.10 \text{ V}$ e $V_u = 9.00 \text{ V}$.

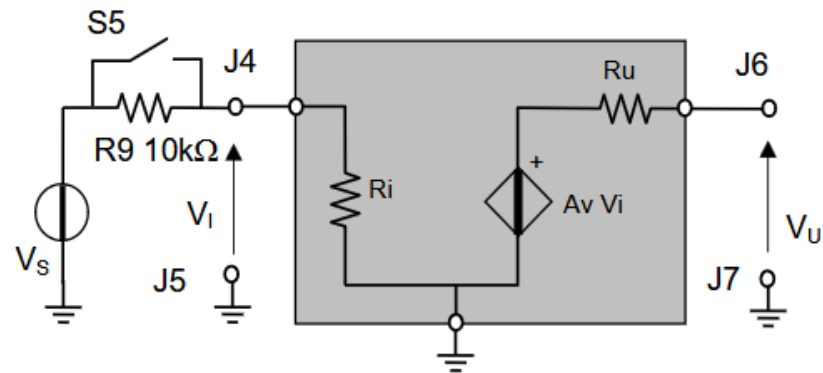
	Misura	Calcolo del campo accettabile
$A_{v,1}$	8.18	8.40 – 10.26
$A_{v,1} _{dB}$	18.26 dB	18.49 – 20.22

Si nota come l'amplificazione non rientra nel campo accettabile di valori.

2.1.4 Misura della resistenza equivalente di ingresso

Per misurare la resistenza di ingresso si inserisce una resistenza in serie al generatore. La resistenza forma un partitore con la resistenza di ingresso del modulo, in cui la resistenza inserita è nota, mentre l'altra è incognita. Da misure di tensione prima e dopo l'inserimento della resistenza nota, è possibile determinare il valore della resistenza incognita.

Si predispone la basetta in modo da poter inserire in serie all'ingresso la resistenza R_9 da $10k\Omega$.



Schema dell'amplificatore non invertente per la misura di R_i

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	2	
S2	2	
S3	2	chiuso
S4	2	chiuso
S5	1	R_9 inserita
	2	R_9 in corto
S6	1	aperto
S7	1	aperto
S8	1	aperto
S9	1	aperto

Misurare la tensione in AC in uscita con R_9 inserita e cortocircuitata, con frequenza $f = 0.8\text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 1\text{ V}$. Si sceglie la misura sulla tensione d'uscita per disporre di valori più elevati.

$$V_{u,1} = A_{v,1} V_i = A_{v,1} \frac{R_i}{R_i + R_9} V_{pp} \implies R_i = \frac{R_9 V_{u,i}}{V_{pp} A_{v,1} - V_{u,1}} = 9.91\text{ k}\Omega$$

	Misura	Calcolo del campo accettabile
V_u (R_9 in corto)	9.00 V	—
$V_{u,1}$ (R_9 inserita)	4.84 V	—
R_9	10 kΩ	—

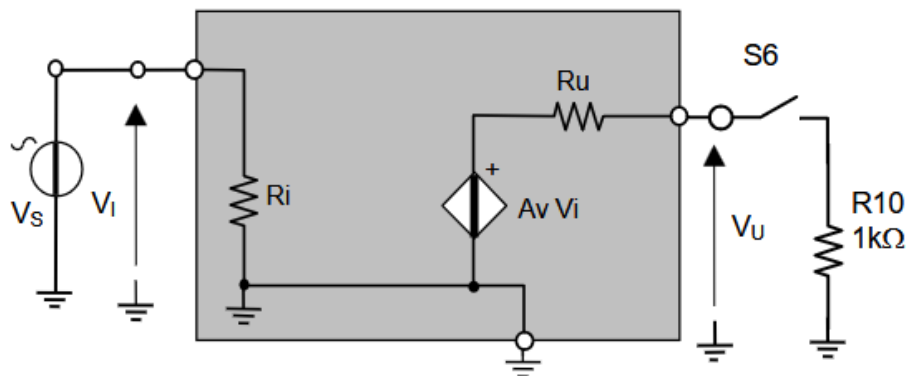
	Misura	Calcolo del campo accettabile
R_i	$9.91\text{ k}\Omega$	$9.5 - 10.5\text{ k}\Omega$

Il valore della resistenza di ingresso rientra nel campo accettabile di valori.

2.1.5 Misura della resistenza equivalente di uscita

Per misurare la resistenza di uscita si inserisce un carico tale da mantenere il modulo in linearità e si misura la variazione tra tensione a vuoto e tensione con il carico. Allo stesso modo della resistenza equivalente di ingresso, la resistenza equivalente di uscita si calcola con il partitore di tensione.

Si predispone la basetta in modo da poter inserire in serie all'uscita la resistenza $R_{10} = 1\text{ k}\Omega$.



Schema dell'amplificatore non invertente per la misura di R_u

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	2	
S2	2	
S3	2	chiuso
S4	2	chiuso
S5	1	chiuso
S6	1	R_{10} scollegata
	2	R_{10} inserita
S7	1	aperto
S8	1	aperto
S9	1	aperto

Misurare la tensione in AC in uscita con R_{10} inserita e cortocircuitata, con frequenza $f = 0.8\text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 1\text{ V}$. Si sceglie la misura sulla tensione d'uscita per disporre di valori più elevati.

$$V_{u,2} = \frac{R_{10}}{R_{10} + R_u} V_u \Rightarrow R_u = R_{10} \left(\frac{V_u}{V_{u,2}} - 1 \right) = 0.86\text{ k}\Omega$$

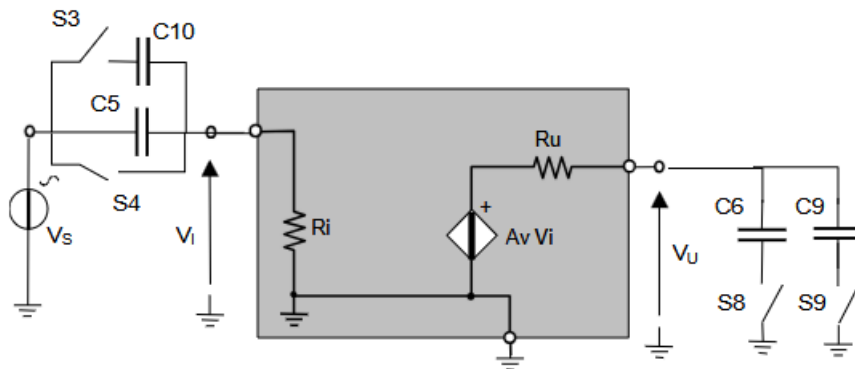
	Misura	Calcolo del campo accettabile
V_u (R_{10} in corto)	9.00 V	—
$V_{u,1}$ (R_{10} inserita)	4.84 V	—
R_{10}	1 k Ω	—
R_u	0.86 k Ω	0.95 – 1.05 k Ω

Il valore della resistenza di uscita non rientra nel campo accettabile di valori.

2.2 Risposta in frequenza di un amplificatore con celle RC esterne

2.2.1 Predisposizione del modulo

Utilizzare il modulo "A2 - Amplificatore non invertente" e configurarlo come indicato per ogni punto.



Schema dell'amplificatore non invertente con celle RC esterne

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	2	
S2	2	
S3	2	$C_{10} = 3.3 \text{ nF}$ inserito
S4	1	$C_5 = 10 \text{ nF}$ non cortocircuitato
S5	2	chiuso
S6	1	aperto
S7	1	aperto
S8	2	$C_6 = 10 \text{ nF}$ inserito
S9	1	$C_9 = 1 \text{ nF}$ non inserito

2.2.2 Valori teorici

2.2.3 Misura del guadagno

Eseguire le misure di guadagno per frequenze da 300 Hz a 1 MHz , con due misure per decade. Utilizzando l'ampiezza consigliata per V_s (1 V fino a 30 kHz , 0.2 V da 100 kHz in poi), si ottengono i valori mostrati in tabella.

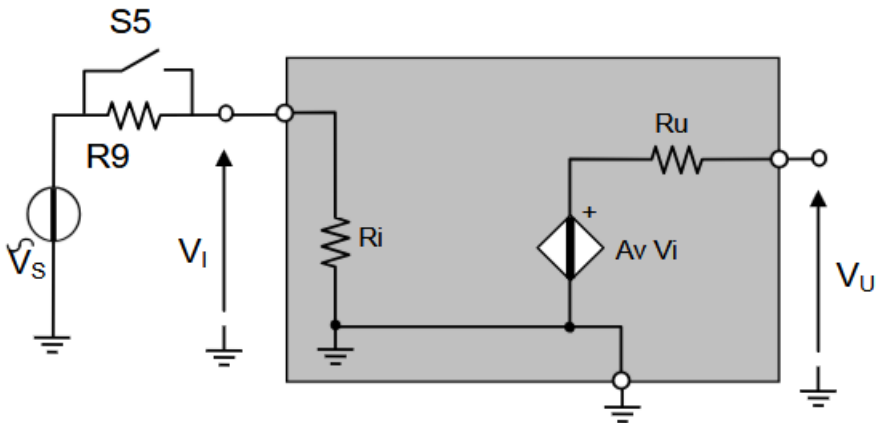
Frequenza (Hz)	Pulsazione (rad/s)	$ A_v _{dB}$ (calcolo)	$ A_v _{dB}$ (misura)	Fase
300	1884.9		2.32	74.0
1000	6283.2		5.80	44.0
3000	18849.6		8.0	9.7
10000	62831.9		7.36	−28.8
30000	188495.6		4.32	−65.0
100000	628318.5		0.41	−101.0
300000	1884955.6		0.34	−140.0
1000000	6283185.3		0.085	0

/* Diagrammi di Bode per modulo e fase */

2.3 Amplificatore invertente

2.3.1 Predisposizione del modulo

Utilizzare il modulo “A2 - Amplificatore invertente” e configurarlo come indicato per ogni punto.



Schema dell'amplificatore invertente per la misura di R_i

Interruttore	Posizione sulla basetta	Note
S1	1	
S2	1	

Il resto degli interruttori è posizionato in modo identico a quanto visto per l'amplificatore non invertente per ogni misura da effettuare: guadagno, resistenza equivalente di ingresso e resistenza equivalente di uscita.

2.3.2 Misura del guadagno

Applicare all'ingresso un segnale sinusoidale, con frequenza $f = 0.8 \text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 1 \text{ V}$. Collegare ai due canali dell'oscilloscopio ingresso e uscita del circuito, e misurare il rapporto $A_v = V_u/V_i$, esprimendolo anche in dB .

Si ottiene che $V_i = 1.00 \text{ V}$ e $V_u = 10.2 \text{ V}$.

	Misura
$A_{v,2}$	10.2
$A_{v,2} _{dB}$	20.17 dB

2.3.3 Misura della resistenza equivalente di ingresso

Misurare la tensione in AC in uscita con R_9 inserita e cortocircuitata, con frequenza $f = 0.8 \text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 1 \text{ V}$. Si sceglie la misura sulla tensione d'uscita per disporre di valori più elevati.

$$V_{u,3} = A_{v,2} V_i = A_{v,2} \frac{R_i}{R_i + R_9} V_{pp} \Rightarrow R_i = \frac{R_9 V_{u,3}}{V_{pp} A_{v,2} - V_{u,3}} = 15.25 \text{ k}\Omega$$

	Misura	Calcolo del campo accettabile
V_u (R_9 in corto)	10.2 V	—
$V_{u,3}$ (R_9 inserita)	6.16 V	—
R_9	10 k Ω	—
R_i	15.25 k Ω	14.25 – 15.75 k Ω

Il valore della resistenza di ingresso rientra nel campo accettabile di valori.

2.3.4 Misura della resistenza equivalente di uscita

Misurare la tensione in AC in uscita con R_{10} inserita e cortocircuitata, con frequenza $f = 0.8 \text{ kHz}$ e ampiezza picco-picco $V_{pp} = 1 \text{ V}$. Si sceglie la misura sulla tensione d'uscita per disporre di valori più elevati.

$$V_{u,4} = \frac{R_{10}}{R_{10} + R_u} V_u \Rightarrow R_u = R_{10} \left(\frac{V_u}{V_{u,4}} - 1 \right) = 9.9 \text{ }\Omega$$

	Misura	Calcolo del campo accettabile
V_u (R_{10} in corto)	10.2 V	—
$V_{u,4}$ (R_{10} inserita)	10.1 V	—
R_{10}	1 k Ω	—
R_u	9.9 Ω	≈ 0

Il valore della resistenza di uscita risulta trascurabile.