

# Laboratorio di Segnali e sistemi — Canale III

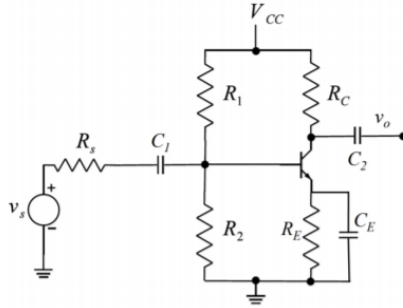
## Misure di amplificazione (CE)

Pacchiarotti Dario, Speranza Andrea, Umassi Michele

October 25, 2018

### 1 Obiettivi e scelta dei componenti

Dobbiamo costruire un circuito che amplifichi di un coefficiente  $A_{v0}$  la tensione di un segnale generico  $v_i$  in entrata. Per fare ciò, utilizziamo il transistor 2N2222A in configurazione ad emettitore comune, come in figura



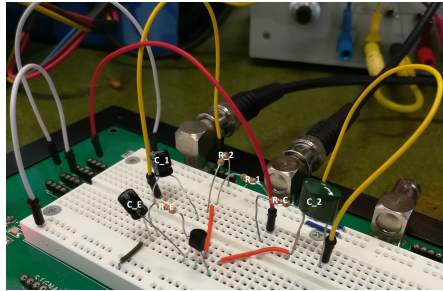
Volendo ottenere  $A_{v0} = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_C I_C}{v_T} = -50$ , i valori dei componenti devono rispettare le relazioni seguenti (faremo uso di  $v_T \sim 25mV$ ,  $V_{CC} = 10V$ ,  $V_B = \frac{V_{CC}}{5} = 2V$  e  $V_{BE} = 0.7V$ ):

- $I_C \sim 1mA \mid R_C = \frac{A_{v0} v_T}{I_C} \sim 1.25k\Omega$
- $V_E = V_B - V_{BE} = 1.3V$ ,  $I_E \sim 1mA \mid R_E \sim 1.3k\Omega$
- $V_{BE} < V_B < V_C \mid R_E \beta_f \gg R_B = R_1 \parallel R_2 \sim \frac{R_E \beta_f}{10} \mid R_B < 6k\Omega$
- $f_l = \frac{1}{2\pi R_B C_1} \sim 50Hz \mid C_1 \sim 1\mu F$
- $f_C = \frac{1}{2\pi R_E C_E} \sim 400Hz \mid C_E \sim 16\mu F$

Il condensatore  $C_2$  ha il ruolo di riscaldare il segnale in entrata in maniera da "calibrarlo", così da non avere i 10V di polarizzazione da sottrarre alle letture. Esso deve dunque essere abbastanza grande da non essere confrontabile con le capacità parassite del circuito (transistor, basetta, ecc).

Nonostante il valore calcolato per  $C_1$ , abbiamo notato che con condensatori più capacitivi, il valore di amplificazione era più vicino al valore richiesto ed in banda più ampia. I valori esatti dei componenti sono riportati nelle tabelle, ed il circuito montato nella foto che segue.

$R(k\Omega)$		$C(\mu F)$	
$R_1$	$14.904 \pm 0.001$	$C_1$	$9.059 \pm 0.001$
$R_2$	$3.851 \pm 0.001$	$C_2$	$0.226 \pm 0.001$
$R_C$	$1.500 \pm 0.001$	$C_E$	$19.480 \pm 0.001$
$R_E$	$1.186 \pm 0.001$		



I fili bianchi sono connessioni a massa, quelli gialli all'input ed output del segnale, mentre quello rosso è l'alimentazione per la polarizzazione.

Prima di attaccare il generatore di segnali, misuriamo le tensioni di collettore, base ed emettitore rispetto massa, collegando questa ad uno dei puntali del multimetro. Si misurano  $V_E = 1.384 \pm 0.001$  V,  $V_B = 2.016 \pm 0.001$  V e  $V_C = 8.299 \pm 0.001$  V. La differenza di potenziale  $V_{CE}$  è dunque di 6.915V, ed il transistor è polarizzato attivo.

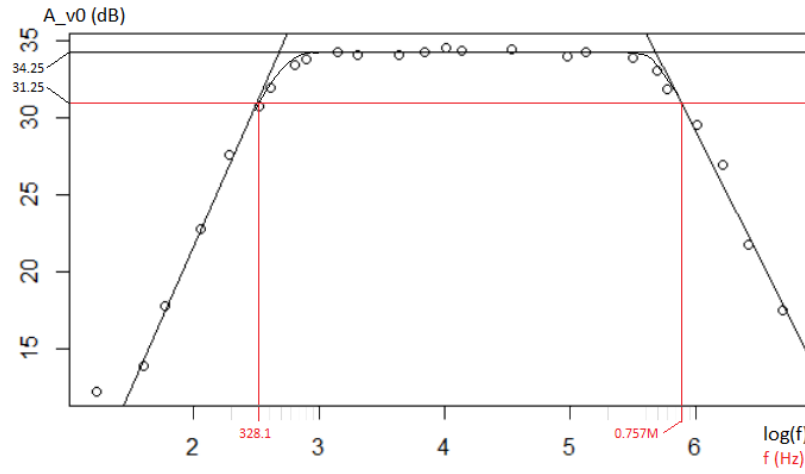
## 2 Misure di amplificazione in funzione della frequenza

Procediamo a misurare l'ampiezza del segnale di entrata e di uscita per frequenze che vanno dai 5Hz a circa 5MHz, concentrando le misure intorno alle frequenze  $f_l = 5.741 \pm 0.57$  Hz ed  $f_C = 327.47 \pm 0.15$  Hz (errori propagati alle derivate parziali di f), calcolate con i valori dei componenti. Lavorando con tensioni molto piccole (tra gli 8 ed i 9 mV) per limitare la deformazione del segnale uscente, dobbiamo tenere in considerazione che l'oscilloscopio mostra valori con più rumore (è meno preciso). Questo fenomeno si amplifica per frequenze molto basse, limitando la presa dati. Per questo possiamo solamente intravedere la posizione del gradino corrispondente ad  $f_l$ , ma non visualizzarlo chiaramente sul grafico.

||NOTA||: per misure a così basse frequenze ci siamo avvalsi del metodo acquire dell'oscilloscopio, che media  $2^N$  (N intero) valori per ottenere una curva leggibile

Sono riportate le misure di  $f$ ,  $v_i$ ,  $v_o$  ed  $A_{v0}$  nella tabella, seguita dal diagramma di Bode.

$f \pm 0.1$ (Hz)	$v_o \pm 0.1$ (mV)	$v_i \pm 0.1$ (mV)	$A_{v0}$				
17.0	36	8.80	4.09	7039	472	9.12	51.75
40.0	44	8.88	4.95	10428	480	8.96	53.71
58.8	68	8.80	7.72	13650	472	9.04	52.21
114.8	119	8.67	13.72	34310	464	8.80	52.72
194.5	216	8.96	24.10	95520	460	9.12	50.44
330.0	308	8.88	34.68	135600	454	8.80	51.59
410.0	344	8.70	39.54	320200	420	8.48	49.53
650.0	418	8.90	46.97	500000	398	8.84	45.02
788.0	424	8.65	49.02	600000	339	8.62	39.33
1420.0	454	8.72	52.06	1046000	246	8.16	30.15
2022.0	444	8.80	50.45	1684000	187	8.40	22.26
4366.0	468	9.20	50.87	2700000	108	8.76	12.33
				5000000	67	8.88	7.54



Dal grafico, e grazie ad R, possiamo trovare il valore dell'amplificazione come media verticale dei punti centrali, dove questa non è altro che l'intercetta della retta generata grazie ad essi. Il coefficiente angolare è molto basso ( $0.0046 \sim 0$ ) ci assicura un'alta attendibilità del risultato. Si ricava dunque (dall'intercetta  $k=34.25\text{dB}$ , facciamo  $A=10^{\frac{k}{20}}$ )  $A_{v0} = 51.64$ . Come già detto, la prima delle due frequenze di taglio passa-alto non è stimabile dal fit: la seconda, invece, la si può trovare sul punto in cui la curva intercetta la retta  $y = 31.25$  dell'ascissa ( $k-3\text{dB}$ ). Questo corrisponde ad  $f_C = 328.1\text{Hz}$ . Dal grafico possiamo così ricavare anche la frequenza di taglio del passa-"basso"  $f_T = 756.8\text{kHz}$  dovuto alle capacità parassite dei componenti.

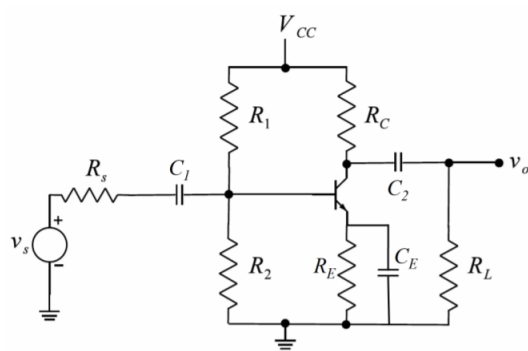
La Banda di amplificazione è di  $756.5\text{kHz}$ , e questa è mediamente costante nel range. Non si sono riscontrati fenomeni anomali con l'apparato, e nonostante la perdita di precisione a vantaggio di una minore deformazione del segnale, è stata verificata la corrispondenza con i dati attesi.

### 3 Misura della resistenza $R_0$ dell'amplificatore

Vogliamo ora misurarci, tramite un partitore con una resistenza  $R_x$ , la resistenza  $R_0$  dell'equivalente di Thevenin del circuito. Senza riportare i calcoli, sappiamo che questa è  $\sim R_C$ , resistenza tra alimentazione e collettore. Prendiamo così un resistore  $R_L = 1.482k\Omega$  e misuriamo con l'oscilloscopio le tensioni in uscita. Prendendo una resistenza simile a quella attesa, sappiamo che il rapporto delle tensioni è  $\sim 2$ , in quanto esattamente metà della corrente finisce a massa quando attacchiamo la resistenza (sempre che  $R_0 \sim R_L$ ). Grazie alle equazioni del partitore

$$\frac{V_{0L}}{V_0} = \frac{R_L}{R_0 + R_L} \quad (1)$$

$$R_0 = \left( \frac{V_0}{V_{0L}} - 1 \right) R_L \quad (2)$$



otteniamo i valori riportati in tabella.

$V_0$ (mV)	$V_{0L}$ (mV)	$R_L(k\Omega)$	$R_0(k\Omega)$
8.82	4.49	1.482	1.429

Le informazioni ricavate dall'apparato sono coerenti con quanto aspettatoci dalla teoria.