

Esercitazione N.4: Amplificatore a transistor

Gruppo AC

Federico Belliardo, Giulia Franchi, Francesco Mazzoncini

October 24, 2016

1 Scopo dell'esperienza

L'esercitazione ha come scopo quello di realizzare un circuito amplificatore, utilizzando un transistor *npn* 2N1711.

2 Montaggio del circuito e verifica del punto di lavoro

Abbiamo montato il circuito in Fig.1 come richiesto, con: $R_1 = 179 \pm 1k\Omega$, $R_2 = 18.0 \pm 0.1k\Omega$, $R_C = 9.95 \pm 0.09k\Omega$, $R_E = 0.987 \pm k\Omega$, $C_{IN} = 230 \pm 10nF$, $C_{OUT} = 99 \pm 4nF$ e $C_E = 100 \pm 20\mu F$. Tutti i componenti sono stati misurati con multimetro digitale, tranne il condensatore elettrolitico di cui abbiamo assunto il valore nominale. Supponiamo che il transistor lavori in zona attiva, $V_{BE} = \pm V$. Abbiamo inoltre definito $V_{PART} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1+R_2}$, per determinarla abbiamo prima misurato la tensione in ingresso $V_{CC} = 20.2 \pm 0.1V$, così la tensione ai capi del partitore risulta $V_{PART} = \pm V$.

2.1 Misura del punto di lavoro

Per la misura del punto di lavoro del circuito si è misurato $V_{CE} = (7.50 \pm 0.04)V$ e la caduta di potenziale ai capi della resistenza R_C , $V_{RC} = 11.62 \pm 0.05V$, in modo da poter determinare $I_C = \frac{V_{RC}}{R_C} = \pm mA$. Confrontando questi valori misurati con i valori teorici, $I_C = \frac{V_{PART}-V_{BE}}{R_E} = \pm mA$ e $V_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E)I_C = \pm V$, si vede che (sono compatibili o no?!). La retta di lavoro attesa è $V_{CC} = V_{CE} + I_C(R_C + R_E)$, [i] valori ottenuti sono compatibili?!

2.2 Misura delle tensioni ai terminali del transistor

Abbiamo misurato le tensioni $V_B = 1.77 \pm 0.01V$, $V_E = 1.17 \pm 0.01V$, $V_{BE} = 0.605 \pm 0.004V$ e $V_C = 8.47 \pm 0.04V$. Sono compatibili con quanto abbiamo calcolato teoricamente?! $V_B = V_{PART}$, $V_E = I_C R_E$, $V_C = V_{CC} - I_C R_C$.

2.3 Valutazione della corrente di base

Ci aspetteremmo una corrente di base $I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \mu A$, dato che si suppone il transistor lavori in zona attiva. Misuriamo le cadute di potenziale ai capi delle resistenze R_1 e R_2 , $V_{R1} = \pm V$ e $V_{R2} = \pm V$, da cui abbiamo ricavato $I_{R1} = \pm \mu A$ e $I_{R2} = \pm \mu A$, dalle quali infine abbiamo ricavato $I_B = I_{R1} - I_{R2} = \pm \mu A$. Quindi il partitore è stiff?!

3 Risposta a segnali sinusoidali di frequenza fissa

In questa parte dell'esperienza si è utilizzato un segnale ad una frequenza fissa pari a $f = 5.00 \pm 0.05Hz$.

3.1 Misura del guadagno in tensione

Abbiamo preso diverse misure di V_{OUT} (prendiamo anche il suo sfasamento rispetto a V_{IN} ?) in funzione di V_{IN} al variare di quest'ultima, prestando attenzione ai fenomeni di clipping. Nella tabella ?? sequenze riportiamo le nostre misure, aggiungendo anche il calcolo del guadagno in tensione, $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$. L'oscilloscopio è stato utilizzato in modalità AC.

Tutti i dati mostrati nelle tabelle e nei grafici (in tutta la relazione) riportano sia l'errore sistematico che quello statistico sommati in quadratura, in tutti i fit e le propagazioni sono stati considerati gli errori statistici.

V_{IN} [V]	σV_{IN} [V]	V_{OUT} [V]	σV_{OUT} [V]	$\phi - \pi$ [rad]	$\sigma \phi$ [rad]	A_V	σA_V
0.206	0.006	2.00	0.06	0.06	0.07	9.7	0.1
0.294	0.009	2.86	0.09	0.06	0.07	9.73	0.08
0.42	0.01	2.00	0.06	0.09	0.07	4.76	0.05
0.51	0.02	5.0	0.2	0.06	0.07	9.84	0.05
0.62	0.02	6.0	0.2	0.03	0.07	9.61	0.04
0.71	0.02	6.9	0.2	0.06	0.07	9.66	0.04
0.80	0.02	7.7	0.2	0.06	0.07	9.60	0.05
0.90	0.03	8.7	0.3	0.09	0.07	9.73	0.06
1.03	0.03	9.9	0.3	0.06	0.07	9.63	0.05
1.12	0.03	10.6	0.3	0.03	0.07	9.46	0.05
1.21	0.04	11.5	0.3	0.09	0.07	9.50	0.05
1.30	0.04	12.6	0.4	0.06	0.07	9.69	0.04

Table 1: Misure di tensione, guadagno e fase.

Si può vedere come il segnale in uscita sia sfasato di πrad come atteso dai calcoli teorici. Tutte le misure dello sfasamento sono compatibili con zero. Il valore medio dell'attenuazione (con errore propagato in maniera statistica sulla media di tutte le misure) è: $A = (-9.24 \pm 0.02)$.

La tensione misurata a cui inizia il clipping inferiore è circa $V_{inf} = 1.4 V$, mentre il clipping superiore inizia circa a $V_{sup} = 2.2 V$.

Questo è dovuto al fatto che il punto di quiescenza scelto è più vicino alla zona di saturazione che alla zona di interdizione. Il clipping inferiore corrisponde alla zona di saturazione, perchè significa che V_{IN} ha il valore massimo e quindi la corrente di base è tale da mandare il transistor in saturazione.

Quando si ha clipping superiore la V_{IN} è al minimo valore dunque non ho polarizzazione della base e sono in interdizione.

Entrambi gli effetti accennati sono effetti non lineari del transistor, cioè deviazioni dal comportamento ideale in cui vengono mandati segnale armonici in segnali armonici.

3.2 Impedenza di ingresso del circuito

Come impedenza in ingresso del circuito ci aspettiamo $R_{IN} = R_1 // R_2 // (h_{ie} + h_{fe} R_E)$. Abbiamo misurato la tensione in uscita del circuito in Fig ??, $V_{OUT,1} = (6.44 \pm 0.02) V$, e successivamente abbiamo inserito una resistenza, $R_S = (18.1 \pm 0.1) k\Omega$, fra il generatore e C_{IN} , misurando poi $V_{OUT,2} = (2.94 \pm 0.02) V$. Il valore di $V_{IN} = (668 \pm 2) mV$, che rimane costante durante le due misure. Utilizzando la formula $\frac{R_S}{R_{IN}} = \frac{V_{OUT,1}}{V_{OUT,2}} - 1$ ci è stato possibile ricavare il valore dell'impedenza in ingresso, $R_{IN} = \pm k\Omega$. *[(in accordo?!)]*

3.3 Impedenza di uscita del circuito

Come impedenza di uscita del circuito ci aspettiamo $R_{OUT} = R_C$. Come in precedenza abbiamo effettuato due misure di tensione: la prima con il circuito di partenza, $V_{OUT,1} = \pm V$, la seconda è stata presa misurata dopo aver inserito tra l'uscita e la massa una resistenza di carico R_L , $V_{OUT,2} = \pm V$. Grazie alla formula $\frac{R_{OUT}}{R_L} = \frac{V_{OUT,1}}{V_{OUT,2}} - 1$ abbiamo ottenuto $R_{OUT} = \pm k\Omega$.

4 Risposta in frequenza

Abbiamo misurato la risposta in frequenza del circuito variando la frequenza da 10 Hz a 1MHz, con una tensione in ingresso $V_{IN,pp} = \pm V$. Quest'ultima è stata controllata più volte durante l'esperienza per far sì che rimanesse costante durante la presa dati. Nella tabella sottostante sono riportate le misure effettuate.

le misure effettuate le abbiamo poi riportate in un diagramma di Bode (fit). Si è poi eseguita una misura diretta della frequenza di taglio del circuito (superiore e inferiore).

5 Aumento del guadagno

In quest'ultima parte si è inserita la resistenza $R_{es} = \pm k\Omega$ e si è misurato il nuovo guadagno a frequenza fissa, $f = \pm Hz$, utilizzando lo stesso metodo e la stessa formula sopra citati. I valori ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

Il guadagno atteso per piccoli segnali è $A_V = -\frac{R_C}{Z_E + h_{ie}/h_{fe}} \approx \frac{R_C}{Z_E}$. Confronto con quello misurato.

[illegible]

Table 2: Risposta in frequenza del circuito Common Emitter.

[illegible]

Table 3: Guadagno per piccoli segnali?!.