

Es03B: Amplificatore a transistor

Gruppo 1G.BT
Francesco Sacco, Lorenzo Cavuoti

30 ottobre 2018

1 Verifica del punto di lavoro

Usando il multimetro digitale abbiamo misurato i valori delle resistenze e condensatori staccati dal circuito

- $R_1 = (178.5 \pm 1.4)k\Omega$
- $R_2 = (17.6 \pm 0.1)k\Omega$
- $R_C = (9.82 \pm 0.08)k\Omega$
- $R_E = (1.014 \pm 0.008)k\Omega$
- $C_{in} = (221 \pm 9)nF$
- $C_{out} = (111 \pm 4)nF$

1. Accendendo soltanto il generatore di ddp continua $V_{CC} = (19.9 \pm 0.1)$ abbiamo calcolato e misurato il punto di lavoro del transistor che risulta:

- $V_{CE,att}^Q = (7.3 \pm 0.4)V$ $I_{C,att}^Q = (1.17 \pm 0.03)mA$
- $V_{CE,mis}^Q = (9.00 \pm 0.05)V$ $I_{C,mis}^Q = (1.01 \pm 0.01)mA$

I due risultati non sono compatibili, tuttavia, come si vedrà anche in seguito, il circuito funziona correttamente, la discrepanza quindi si potrebbe attribuire a un errore nella presa dati o nei calcoli, le equazioni usate sono quelle fornite nel retro del foglio dell'esercitazione.

2. Usando il multimetro digitale abbiamo misurato le tensioni ai terminali del transistor che risultano:

- $V_{B,mis} = 1.647 \pm 0.008$ $V_{E,mis} = 1.034 \pm 0.005$ $V_{BE,mis} = 0.614 \pm 0.003$ $V_{C,mis} = 10.01 \pm 0.05$
- $V_{B,att} \approx 1.7$ $V_{E,att} \approx 1.1$ $V_{BE,att} = 0.6$ $V_{C,att} \approx 10$

Purtroppo è stato impossibile dare una stima accurata degli errori a causa dell'incognita su I_B e h_{fe} , di conseguenza nel partitore di tensione costituito dalle resistenze R_1 e R_2 abbiamo assunto che la corrente I_B sia trascurabile

3. Sfruttando l'effetto transistor con $h_{fe} \approx 100$ abbiamo $I_B = I_C/h_{fe} \approx 10.1\mu A$ dove I_C è stata calcolata vedendo la ddp ai capi di R_C , inoltre sappiamo che $I_B = I_1 - I_2 = (9 \pm 2)\mu A$ con I_1, I_2 calcolate prendendo la ddp su R_1, R_2 rispettivamente. L'errore risulta grande il quanto differenza di due misure simili, infatti $I_1 = 102.2 \pm 1.4\mu A$ $I_2 = 93.1 \pm 1.3\mu A$. Le due misure risultano compatibili, l'errore su

2 Risposta a segnali sinusoidali a frequenza fissa

In questo punto colleghiamo il generatore di funzioni al circuito con $f = 6.24kHz$ e tutti i voltaggi sono misurati picco-picco

1. Vedendo V_{in} e V_{out} accoppiando l'oscilloscopio in AC notiamo che i due segnali sono in controfase con uno circa 10 volte l'altro (figura 1)
2. Il guadagno atteso per piccoli segnali risulta $A_{V,att} = 9.68 \pm 0.14$, per un onda sinusoidale con $V_{in} = (0.22 \pm 0.01)V$ si ha $V_{out} = (2.06 \pm 0.09)V$, $A_V = 9.3 \pm 0.6$. Per verificare la linearità del sistema abbiamo preso un onda triangolare a diverse ampiezze. Con $V_{in} = (0.22 \pm 0.01)V$ si ha $V_{out} = (1.98 \pm 0.09)V$ $A_V = 9.1 \pm 0.6$ e, con $V_{in} = 1.51 \pm 0.06V$ triangolare si ha $V_{out} = 13.7 \pm 0.6V$ $A_V = 9.1 \pm 0.6$ i guadagni attesi risultano compatibili con quelli misurati.

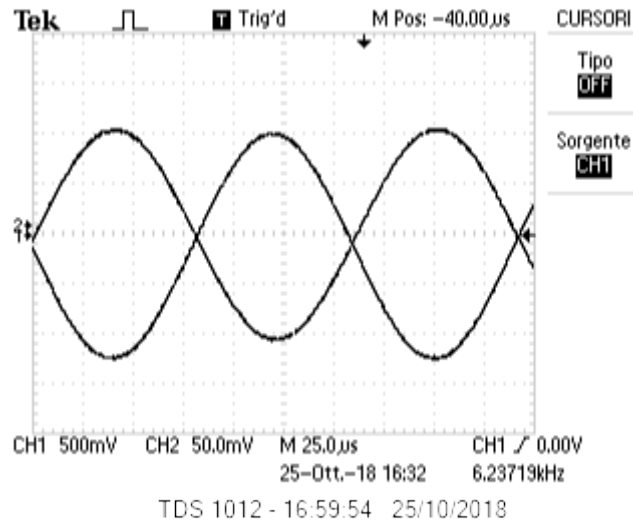


Figura 1: Inversione di fase tra ingresso e uscita, si notino le diverse scale su CH1 e CH2

Inoltre la forma d'onda è rimasta pressochè inalterata, quindi tutte le armoniche dello spettro della triangolare hanno trasformato allo stesso modo, questo dimostra la linearità del circuito tra 1kHz e 10kHz.

3. Il circuito risulta lineare per V_{in} minore di circa 1.5V quindi $V_{out} \approx 18V$ oltre questa ddp si ha il clipping, inizialmente questo spiana l'onda ma alzando ancora di più il voltaggio l'onda si inarca all'interno.

4) Risposta in frequenza

a Abbiamo valutato la risposta in frequenza del circuito per segnali sinusoidali di ampiezza $V_{in} = 1V$ e frequenza compresa tra circa 10Hz e 1MHz, cercando di prendere abbastanza punti nelle zone dove il logaritmo del guadagno risulta lineare, così da poter fare 3 fit delle rette che approssimano il guadagno a bassa, media e alta frequenza. I dati sono riportati in tabella 1, l'errore su V_{in} e V_{out} è dato dall'incertezza di misura con i cursori dell'oscilloscopio mentre l'errore su $A_V = V_{out}/V_{in}$ è stato fatto propagando l'errore sul rapporto considerando le due misure indipendenti

b Abbiamo riportato i dati in un diagramma di bode ed eseguito tre fit lineari con la funzione `curve_fit` del modulo `scipy` di `ipython`. False, gli errori sulle frequenze sono trascurati in quanto il loro prodotto per la derivata della funzione è molto minore degli errori (6%). Il fit a basse frequenze presenta un $n^2 =$

c Analizzando il circuito possiamo notare che C_{in} e R_2 compongono un filtro passa alto con $f_T = 1/(2\pi R_2 C_{in}) = 41 \pm 2$, inoltre il transistor ha una piccola capacità e resistenza interna che si nota solo per frequenze elevate agendo da passa basso. Dal fit otteniamo

$f[\text{Hz}]$	$V_{in}[\text{V}]$	$\sigma V_{in}[\text{V}]$	$V_{out}[\text{V}]$	$\sigma V_{out}[\text{V}]$	A_V	σA_V
13.7	1.00	0.04	2.72	0.12	2.72	0.17
16.3	1.00	0.04	3.02	0.13	3.02	0.19
47.0	1.00	0.04	6.3	0.3	6.3	0.4
68.1	1.00	0.04	7.4	0.3	7.4	0.5
98.4	1.00	0.04	8.2	0.4	8.2	0.5
118	1.00	0.04	8.6	0.4	8.6	0.6
213	1.00	0.04	9.2	0.4	9.2	0.6
565	1.00	0.04	9.3	0.4	9.3	0.6
1.18 k	1.00	0.04	9.4	0.4	9.4	0.6
2.11 k	1.00	0.04	9.4	0.4	9.4	0.6
11.7 k	1.00	0.04	9.4	0.4	9.4	0.6
20.3 k	1.00	0.04	9.0	0.4	9.0	0.6
71.3 k	1.00	0.04	7.3	0.3	7.3	0.4
209 k	1.00	0.04	3.74	0.16	3.7	0.2
739 k	1.00	0.04	1.14	0.05	1.14	0.07
2.10 M	1.00	0.04	0.40	0.02	0.40	0.03

Tabella 1: Dati della risposta in frequenza del circuito

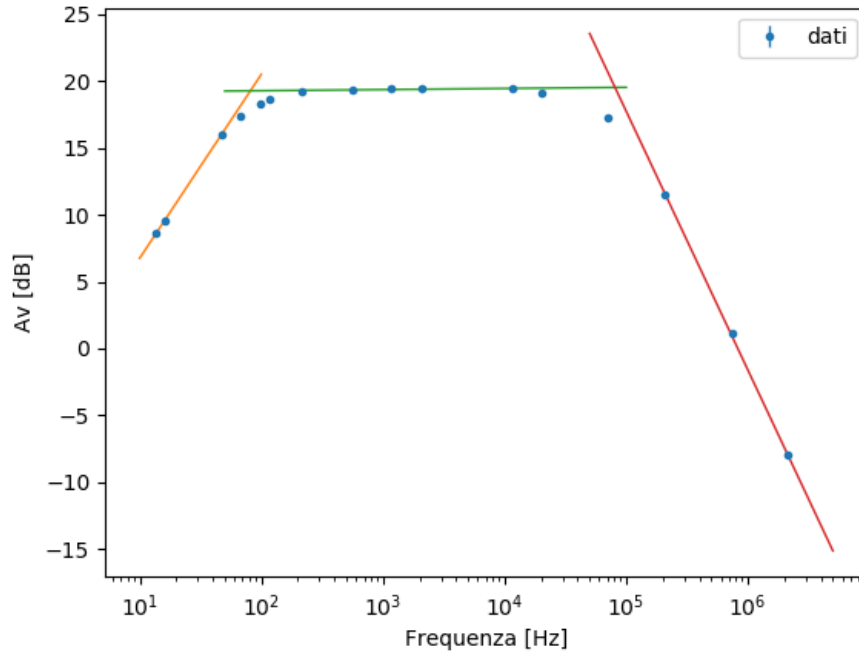


Figura 2: Grafico di bode del circuito