

Caratteristica tensione-corrente di un Transistor BJT a giunzione PNP ed emettitore comune

Benazzi Marco, Galante Sofia

24 Novembre 2022, Primo Turno

Abstract

Nell'esperimento realizzato è stato studiato l'andamento della caratteristica $I_C - V_{CE}$ per un Transistor BJT a giunzione pnp ed emettitore comune. Sono stati effettuati due campioni di dati, il primo per una corrente di base del Transistor pari a $-0.2mA$, il secondo $-0.1mA$ e dall'analisi si è ottenuta una stima per i parametri tensione di Early a , resistenza e conduttanza di uscita b e g . Per il primo campione $a_1 = (8.5 \pm 0.5)V$, $b_1 = (0.22 \pm 0.01)k\Omega$, $g_1 = (4.5 \pm 0.2)k\Omega^{-1}$, mentre per il secondo $a_2 = (11.3 \pm 0.7)V$, $b_2 = (0.47 \pm 0.02)k\Omega$, $g_2 = (2.1 \pm 0.2)k\Omega^{-1}$ con un guadagno di corrente finale pari a $\beta = (20 \pm 4)10$.

1 Introduzione

Lo scopo dell'esperimento è stato quello di costruire la caratteristica di un Transistor BJT prendendo come riferimento due delle curve che abbiamo osservato sperimentalmente nella caratteristica di uscita, corrispondenti a una corrente di base del terminale d'ingresso di $-200\mu A$ e $-100\mu A$.

2 Svolgimento

2.1 Strumenti utilizzati

- Alimentatore di bassa tensione modello: EB2025T TRIPLE OUTPUT PSU
- Multimetro digitale modello: FLUKE 77 IV
- Oscilloscopio modello: GOS-652G
- Transistor BJT: 2N3906(BU) Silicio P-N-P in configurazione COMMON EMITTER(CE)
- Potenzimetro da $1k\Omega$ composto da tre terminali sul Collettore
- Potenzimetro da $100k\Omega$ sulla Base.
- Scheda mille fori, utilizzata come base per realizzare il circuito, modello: GB3-243.
- Cavi per la realizzazione del circuito e cacciavite per variare la tensione sul potenziometro.

2.2 Realizzazione del circuito

Prendendo il potenziometro da un $1k\Omega$ si collega un terminale esterno con il ground e, successivamente, si connette l'altro terminale esterno all'uscita più negativa dell'alimentatore a bassa tensione, in questo caso quella corrispondente a -5 Volt. Si inserisce più in basso sulla scheda mille fori il potenziometro da $100k\Omega$. Prima di collegarlo al circuito però è importante fissare la resistenza a $50k\Omega$ in questo modo si eviterà di bruciare il Transistor quando verrà inserito nel circuito. A questo scopo si collega il potenziometro al Multimetro e si agisce sulla vite tramite un cacciavite fino ad ottenere la resistenza desiderata. Dopo di che un terminale esterno va collegato al ground mentre l'altro va collegato a $-5V$.

Si inserisce infine nel circuito il Transistor e si connette l'emettitore al ground, il connettore al terminale centrale del potenziometro a $1k\Omega$ e la base al multimetro. In questo modo, agendo sul

Caratteristica I-V

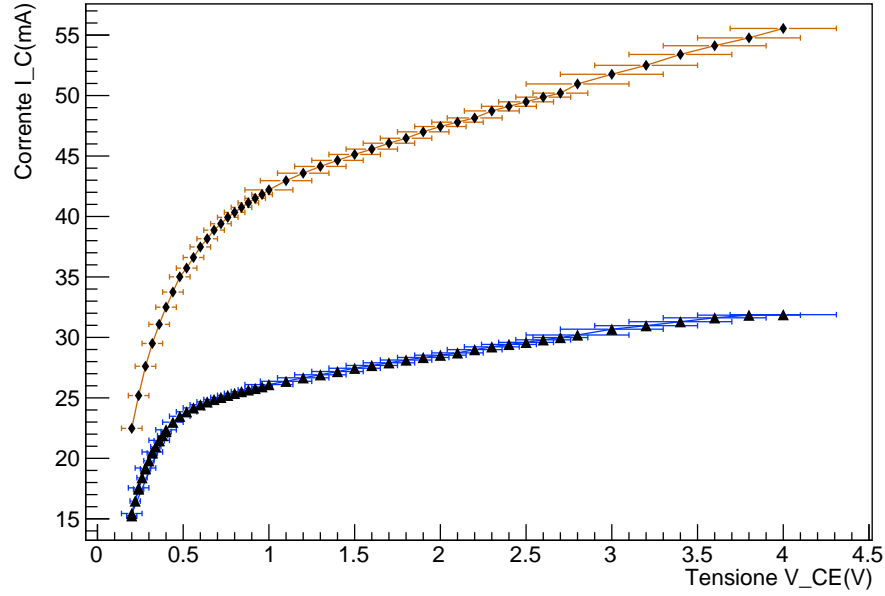


Figure 2: Caratteristica corrente collettore, tensione collettore-emettitore per Transistor BJT, la curva caratteristica soprastante è quella riferita a corrente di base a $-0.2mA$, quella sottostante a $-0.1mA$. Gli assi del grafico riportano i valori negativi di tensione V_{CE} e corrente I_C

Corrente I_C (mA)	Errore Corrente(mA)	Tensione V_{CE} (V)	Errore Tensione(V)	Fondoscala(V)
51.76	0.01	3.0	0.3	1.0
50.96	0.01	2.8	0.3	1.0
49.87	0.01	2.6	0.2	0.5
49.11	0.01	2.4	0.2	0.5
48.15	0.01	2.2	0.2	0.5
47.44	0.01	2.0	0.2	0.5
47.00	0.01	1.9	0.2	0.5
46.47	0.01	1.8	0.2	0.5
46.06	0.01	1.7	0.2	0.5
45.57	0.01	1.6	0.1	0.5
45.13	0.01	1.5	0.1	0.5
44.64	0.01	1.4	0.1	0.5
44.14	0.01	1.3	0.1	0.5
43.58	0.01	1.2	0.1	0.5
42.96	0.01	1.1	0.1	0.5
42.20	0.01	1.0	0.1	0.5
41.82	0.01	1.0	0.1	0.2
41.50	0.01	0.9	0.1	0.2
41.13	0.01	0.9	0.1	0.2
40.75	0.01	0.8	0.1	0.2
40.34	0.01	0.8	0.1	0.2
39.93	0.01	0.8	0.1	0.2
39.40	0.01	0.7	0.1	0.2
38.87	0.01	0.7	0.1	0.2
38.16	0.01	0.6	0.1	0.2

Table 1: Punti sperimentali di corrente del collettore e ddp collettore-emettitore negative con errori associati per corrente di base a $-200\mu A$

Campione 1	Misura
Tensione di Early	$(8.5 \pm 0.5)V$
Resistenza di uscita	$(0.22 \pm 0.01)k\Omega$
Conduttanza in uscita	$(4.5 \pm 0.2)k\Omega^{-1}$

Table 2: Stime dei parametri ottenuti dal fit lineare

Nella misura della caratteristica, le incertezze sulle tensioni V_{CE} sono state calcolate tramite l'equazione (3), dove compaiono in fila, errore sulla lettura della misura, sulla lettura dello zero (calcolate dividendo per 5 il fondoscala e moltiplicandolo per il numero delle tacchette apprezzabili sull'oscilloscopio) e quella riportata dal costruttore (di cui l'incertezza relativa pari ad un 3

$$\Delta V_{CE} = \sqrt{(\sigma_L)^2 + (\sigma_Z)^2 + (\sigma_C)^2} \quad (3)$$

3.2 Misurazione caratteristica $I_C - V_{CE}$ per $I_B = -0.1mA$

Per effettuare la misura della caratteristica $I_C - V_{CE}$ per corrente di base $I_B = -100$ abbiamo ripetuto i passi citati nel paragrafo precedente in modo analogo, di seguito sono riportate 25 tra le misure effettuate per questo secondo campione di dati.

Corrente I _C (mA)	ErrCorrente (mA)	Tensione V _{CE} (V)	ErrTensione (V)	Fondoscala (V)
30.68	0.01	3.0	0.3	1.0
30.20	0.01	2.8	0.3	1.0
29.80	0.01	2.6	0.2	0.5
29.42	0.01	2.4	0.2	0.5
28.99	0.01	2.2	0.2	0.5
28.53	0.01	2.0	0.2	0.5
28.34	0.01	1.9	0.2	0.5
28.13	0.01	1.8	0.2	0.5
27.90	0.01	1.7	0.2	0.5
27.68	0.01	1.6	0.1	0.5
27.45	0.01	1.5	0.1	0.5
27.18	0.01	1.4	0.1	0.5
26.91	0.01	1.3	0.1	0.5
26.66	0.01	1.2	0.1	0.5
26.37	0.01	1.1	0.1	0.5
26.10	0.01	1.0	0.1	0.5
25.92	0.01	1.0	0.1	0.2
25.78	0.01	0.9	0.1	0.2
25.66	0.01	0.9	0.1	0.2
25.52	0.01	0.8	0.1	0.2
25.37	0.01	0.8	0.1	0.2
25.21	0.01	0.8	0.1	0.2
25.04	0.01	0.7	0.1	0.2
24.87	0.01	0.7	0.1	0.2
24.67	0.01	0.6	0.1	0.2

Table 3: Punti sperimentali di corrente del collettore e ddp collettore-emettitore negative con errori associati per corrente di base a $-100\mu A$

Anche qui le misure per $|V_{CE}| > 1$ sono state sottoposte a fit lineare e i risultati ottenuti per tensione di Early, resistenza e conduttanza in uscita sono riportati di seguito in tabella.

Dalle misure effettuate, inoltre, abbiamo potuto calcolare il guadagno di corrente β come indicato dall'equazione (5), compare ΔI_B pari a $(0.10 \pm 0.02)mA$, ossia la differenza di corrente di base impostata per le due curve caratteristiche e ΔI_C , calcolata come differenze tra le correnti che attraversano il collettore del transistor in un punto a tensione arbitraria (nel nostro caso a $-3V$)

Campione 2	Misura
Tensione di Early	$(11.3 \pm 0.7)V$
Resistenza di uscita	$(0.47 \pm 0.02)k\Omega$
Conduttanza in uscita	$(2.1 \pm 0.2)k\Omega^{-1}$

Table 4: Stime dei parametri ottenuti dal fit lineare

nelle due curve caratteristiche campionate, $\sigma_{\Delta I_C}$ e $\sigma_{\Delta I_B}$ sono gli errori associati alle differenze di corrente collettore e base entrambe pari a $0.02mA$, dalla propagazione lineare degli errori sul multimetro.

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \pm \Delta\beta = (20 \pm 4)10 \quad (4)$$

$$\Delta\beta = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\Delta I_C}}{\Delta I_B}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B^2}\right)^2 \sigma_{\Delta I_B}^2} \quad (5)$$

4 Conclusione

Dall'esperimento svolto è stato studiato l'andamento della caratteristica I_C-V_{CE} per un Transistor BJT a giunzione pnp ed emettitore comune, in particolare abbiamo notato come dopo la regione di saturazione (per tensioni sopra 1V), nella regione attiva, la curva presenti un andamento lineare e sia leggermente inclinata. Ciò è dovuto all'effetto Early, fenomeno per cui la larghezza della base W_B del Transistor si riduce all'aumentare della tensione base-collettore V_{CB} , dato che, quando cresce la tensione della giunzione BC polarizzata inversamente, aumenta la larghezza della *Depletion Region*. Infine, dalle misure effettuate abbiamo ottenuto una stima dei parametri a , tensione di Early, b e g , rispettivamente resistenza e conduttanza di uscita, per la caratteristica del Transistor. Per la prima curva abbiamo ottenuto $a_1 = (8.5 \pm 0.5)V$, $b_1 = (0.22 \pm 0.01)k\Omega$, $g_1 = (4.5 \pm 0.2)k\Omega^{-1}$, mentre per la seconda $a_2 = (11.3 \pm 0.7)V$, $b_2 = (0.47 \pm 0.02)k\Omega$, $g_2 = (2.1 \pm 0.2)k\Omega^{-1}$ con un guadagno di corrente finale pari a $\beta = (20 \pm 4)10$.

References

Link alla pagina GitHub in cui sono contenuti codici e punti sperimentali utilizzati per l'analisi dati <https://github.com/rkomahub/LaboratorioElettronica2022-23/tree/main/prova2>