

LABORATORIO DI FISICA II CORSO A-L

Università degli studi di Catania
Facoltà di Scienze
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Giuglielmo Garofalo 665-000082

Rilievo delle caratteristiche di un transistor con emettitore comune.

➤ Introduzione e cenni teorici.

Negli ultimi decenni la società ha subito un rapido cambiamento a causa della sempre più vasta applicazione dell'elettronica non solo nei settori produttivi, nel lavoro, ma anche nella vita quotidiana.

L'utilizzo ormai frequente di acronimi come e-commerce, e-business o di denominazioni che contengono l'aggettivo "elettronico" (controllo elettronico, apertura elettronica, guida elettronica, naso elettronico...) sono entrati nell'accezione comune ad indicare come l'elettronica venga applicata nei settori più disparati: dall'automobile alla telefonia, dall'informatica all'automazione industriale, nei giochi e così via.

E' ormai universalmente accettato che l'aggettivo "elettronico" qualifica un oggetto per prestazioni e capacità superiori e addirittura introduce un certo grado di "intelligenza" (si parla ad esempio di sospensioni intelligenti o lavatrici intelligenti) intendendo con ciò che la macchina possiede una certa logica che le permette di prendere decisioni.

L'introduzione dell'elettronica ha portato alla nascita di quella che oggi viene chiamata società dell'informazione, dove lo scambio e l'elaborazione dell'informazione (voce, immagini, dati...) avviene in modo ormai estremamente veloce e in quantità sempre più elevate.

Ne abbiamo un esempio evidente nella telefonia cellulare che ci ha ormai abituato a cambiamenti rapidi con le generazioni di telefonini che si susseguono ad un ritmo vertiginoso, così come nell'ambito dei computer le prestazioni dei processori, in termini di velocità e capacità di memoria, migliorano con cadenza sempre più rapida.

Sebbene la società dell'informazione si sia sviluppata grazie anche ad altre discipline, e in particolare all'informatica e le telecomunicazioni, l'elettronica rappresenta ancora oggi l'elemento fondamentale che è alla base del progresso delle tecnologie dell'informazione.

In molti dispositivi elettronici trovano larghissimo impiego conduttori non ohmici realizzati con semiconduttori come il germanio e il silicio drogati di tipo P o di tipo N. Prende il nome di drogaggio l'introduzione di atomi pentavalenti (come fosforo, antimonio e arsenico) o atomi trivalenti (come il boro e l'alluminio) all'interno del reticolo cristallino della matrice solida costituita prevalentemente o da silicio o da germanio. I più comuni componenti a semiconduttore sono i diodi a giunzione e i transistori, di cui ci occuperemo in questa trattazione. Il transistor è un dispositivo che ha sostituito il triodo a vuoto in quasi tutte le moderne applicazioni e come tale, può essere usato da amplificatore. Il transistor è formato da due giunzioni realizzate mettendo uno strato molto sottile di semiconduttore di tipo N tra due strati di tipo P o viceversa. Nel primo caso si parla di transistor PNP, mentre nel secondo caso di transistor NPN. I tre strati di materiale vengono rispettivamente chiamati *emettitore, base e collettore*.

Il principio di funzionamento è semplice e dipende dal potenziale esterno applicato alle giunzioni: in assenza di potenziale la barriera di potenziale raggiunge una larghezza tale da non consentire il passaggio di corrente tra emettitore e collettore, viceversa polarizzando le giunzioni abbiamo un notevole passaggio di corrente.

Il rapporto tra variazione di corrente di collettore e variazione di corrente di base (con $V_{CE}=\text{costante}$) si chiama coefficiente di amplificazione, ovvero:

$$b = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE}=\text{cost}} \quad (1).$$

➤ Apparato sperimentale.

1. Generatore di tensione per la polarizzazione emettitore-base.
2. Microamperometro per la misura della corrente di base (I_B).
3. Amperometro a diverse portate per la misura della corrente di collettore (I_C).
4. Voltmetro a diverse portate per la misura di V_{CE} .
5. Generatore di tensione per la polarizzazione collettore-emettitore.

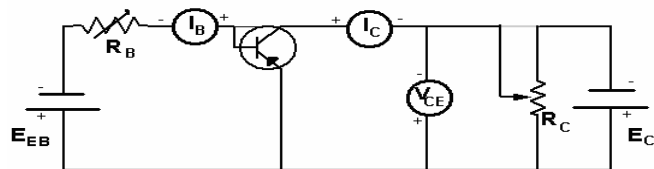


Figura 1
-Schema del circuito usato.

➤ Descrizione dell'esperienza.

Lo scopo di questa esperienza è quello di rilevare le caratteristiche di un transistor ad emettitore comune, ovvero le curve che rappresentano la variazione della corrente di collettore in funzione della tensione applicata tra collettore ed emettitore per una determinata corrente di base.

Dopo aver montato il circuito come quello riportato in figura 1 abbiamo eseguito diverse serie di misure. Per la prima serie abbiamo posto una corrente di base pari a $20\mu\text{A}$, successivamente abbiamo variato la corrente di base da $20\mu\text{A}$ a $30\mu\text{A}$ poi da $30\mu\text{A}$ a $40\mu\text{A}$ poi tra $40\mu\text{A}$ a $50\mu\text{A}$ ed infine da $50\mu\text{A}$ a $60\mu\text{A}$. I valori rilevati sono riportati nelle tabelle sottostanti:

$I_b=20\mu\text{A}- V_{EB}=8,50\pm 0,15\text{V}$		$I_b=30\mu\text{A}- V_{EB}=8,50\pm 0,15\text{V}$	
V_{CE} (V)	I_C (mA)	V_{CE} (V)	I_C (mA)
$5,80\pm 0,15$	$3,03\pm 0,05$	$5,50\pm 0,15$	$4,45\pm 0,05$
$5,00\pm 0,15$	$3,03\pm 0,05$	$4,50\pm 0,15$	$4,40\pm 0,05$
$4,00\pm 0,15$	$3,00\pm 0,05$	$3,50\pm 0,15$	$4,38\pm 0,05$
$3,00\pm 0,15$	$2,95\pm 0,05$	$2,50\pm 0,15$	$4,33\pm 0,05$
$2,00\pm 0,15$	$2,88\pm 0,05$	$1,50\pm 0,15$	$4,23\pm 0,05$

0,40±0,03	1,95±0,05	1,20±0,03	4,20±0,05
0,30±0,03	1,38±0,05	0,80±0,03	4,13±0,05
0,20±0,03	0,78±0,05	0,60±0,03	3,43±0,05
0,10±0,03	0,25±0,05	0,50±0,03	2,80±0,05
0,04±0,03	0,05±0,05	0,40±0,03	2,15±0,05
0,00±0,03	0,00±0,05	0,30±0,03	1,45±0,05
I _b =40μA- V _{EB} =8,50±0,15V		0,20±0,03	0,88±0,05
V _{CE} (V)	I _C (mA)	0,10±0,03	0,33±0,05
5,60±0,15	5,80±0,10	0,04±0,03	0,10±0,05
4,50±0,15	8,80±0,10	0,00±0,03	0,00±0,00
3,50±0,15	5,75±0,10	I _b =50μA- V _{EB} =8,50±0,15V	
2,50±0,15	5,70±0,10	V _{CE} (V)	I _C (mA)
0,92±0,03	5,50±0,10	5,60±0,15	7,4±0,1
0,60±0,03	5,05±0,10	4,50±0,15	7,4±0,1
0,40±0,03	3,35±0,10	3,50±0,15	7,3±0,1
0,30±0,03	2,35±0,10	2,50±0,15	7,2±0,1
0,20±0,03	1,35±0,10	1,50±0,15	7,1±0,1
0,10±0,03	0,50±0,10	0,70±0,03	6,4±0,1
0,04±0,03	0,08±0,05	0,60±0,03	5,5±0,1
0,00±0,03	0,00±0,05	0,50±0,03	4,5±0,1
I _b =60μA- V _{EB} =8,50±0,15V		0,40±0,03	3,5±0,1
V _{CE} (V)	I _C (mA)	0,30±0,03	1,58±0,05
5,50±0,15	9,1±0,1	0,20±0,03	0,93±0,05
4,50±0,15	9,1±0,1	0,10±0,03	0,38±0,05
3,50±0,15	9,0±0,1	0,04±0,03	0,10±0,05
2,50±0,15	8,9±0,1	0,00±0,03	0,000±0,05
1,50±0,15	8,7±0,1		
0,70±0,03	6,8±0,1		
0,60±0,03	5,7±0,1		
0,50±0,03	4,6±0,1		
0,40±0,03	3,6±0,1		
0,30±0,03	1,60±0,05		
0,20±0,03	0,98±0,05		
0,10±0,03	0,40±0,05		
0,04±0,03	0,10±0,05		
0,00±0,03	0,00±0,05		

➤ **Analisi dati:**

Un tipico esempio di caratteristiche con emettitore comune di un transistor sono quelle mostrate nella figura indicata come grafico sperimentale, in cui è riportata la corrente di collettore I_C in funzione della tensione V_{CE} tra collettore ed emettitore con parametro la corrente I_b di base.

Nelle misure rilevate, l'errore associato è stato calcolato con la classe di precisione, cioè:

$$e_x = \frac{c.p. \cdot Portata}{100} (*)$$

Il voltmetro usato per la misura della tensione tra collettore ed emettitore era a diverse portate ed io ho usato 15V e 3V a seconda del valore della tensione che dovevo misurare e poiché era di classe di precisione 1 ho trovato per i valori misurati le incertezze riportate nelle tabelle sopra. L'amperometro usato era anch'esso a diverse portate ed io ho usato 0,005A e 0,01A ed era di classe di precisione 1, mediante queste caratteristiche ho potuto

calcolare le incertezze da dare ai valori della corrente di collettore riportati nelle tabelle sopra. Il microamperometro aveva una classe di precisione di 1,5 ed aveva una portata di $100\mu\text{A}$ per cui l'errore sulla corrente di base dato dalla relazione (*) è di $\pm 1,5\mu\text{A}$.

Per la misura della tensione tra base ed emettitore si è usato un voltmetro di classe di precisione 1 e di 15V di portata per cui l'errore associato a questa misura risulta essere di $\pm 0,15\text{V}$.

Tenendo fissa la d.d.p. V_{CE} è possibile ricavare la caratteristica di trasferimento riportando la corrente di uscita I_C in funzione della corrente d'ingresso I_B e quindi il coefficiente di amplificazione dato dalla relazione (1).

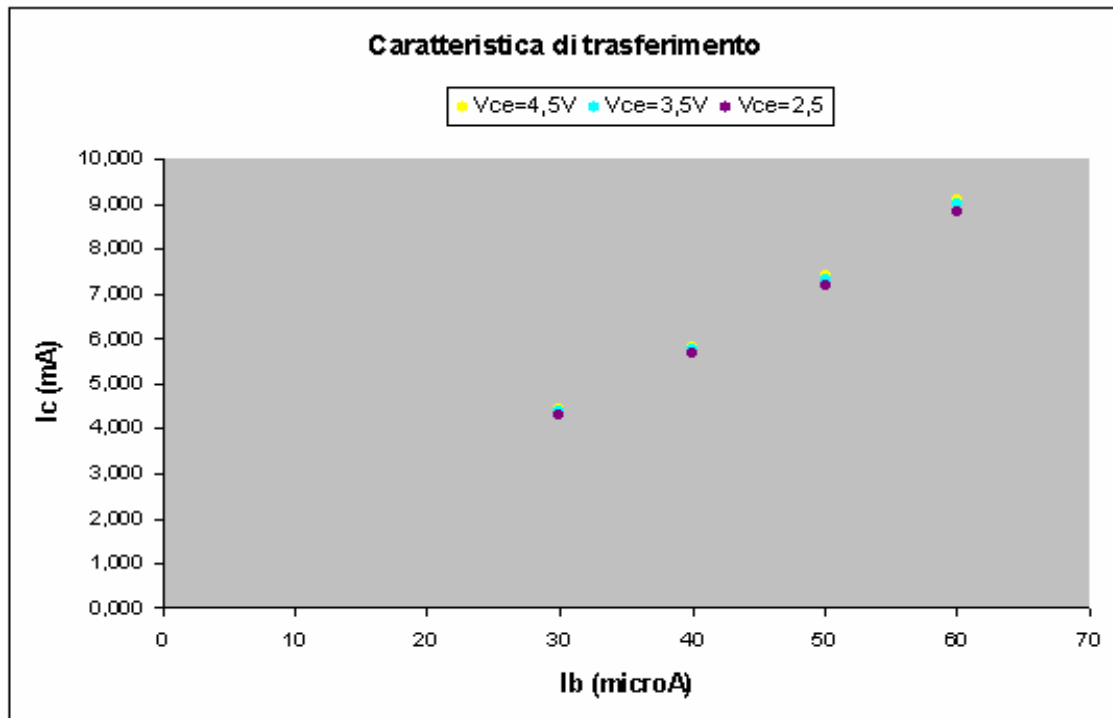
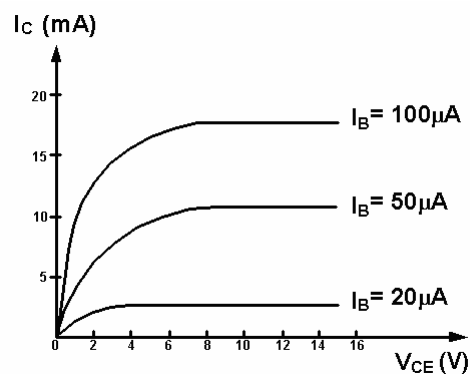


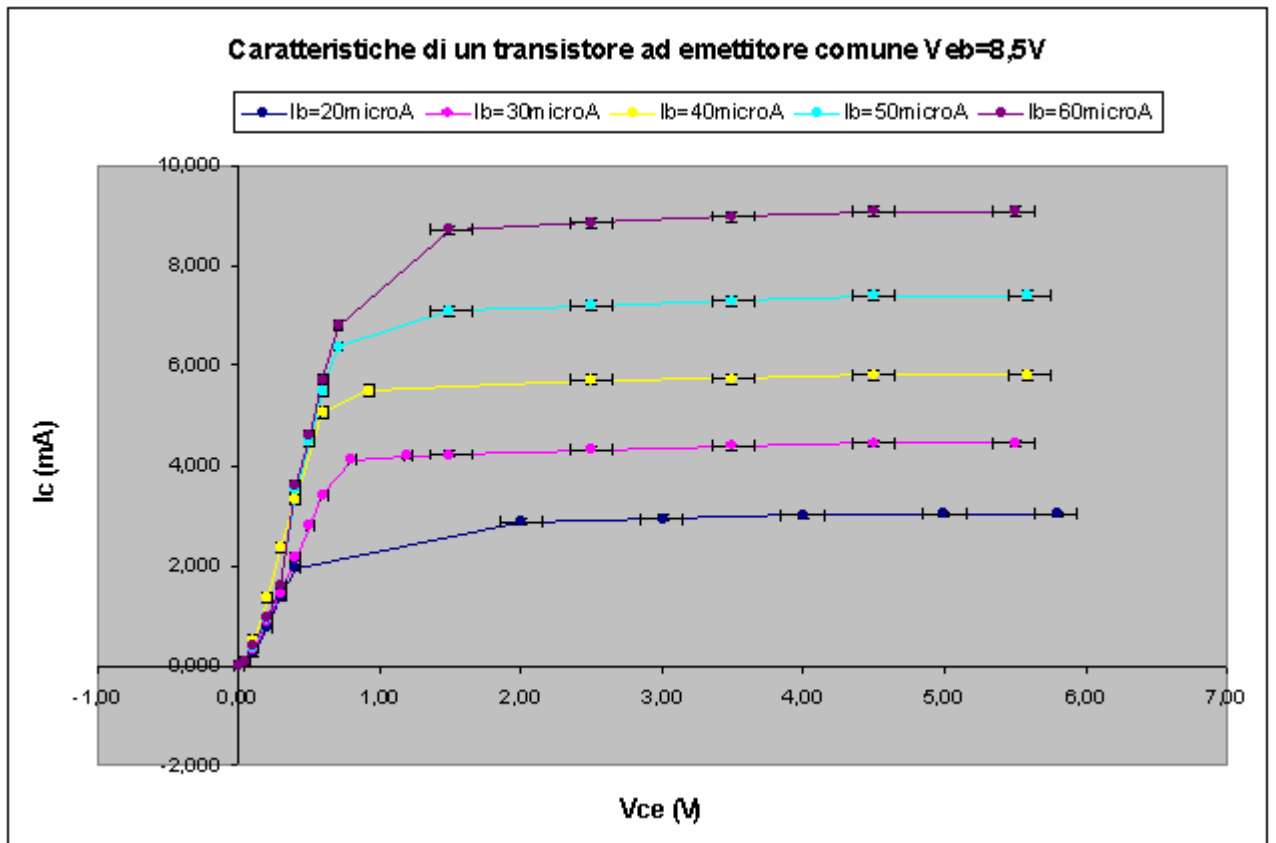
Grafico 1.

➤ Conclusioni.

Riportando i valori rilevati in un diagramma cartesiano e confrontando i risultati ottenuti sperimentalmente con quelli previsti teoricamente si evince che le previsioni teoriche sono confermate dall'esperimento. Dal grafico sperimentale si evince altresì che per tensioni di circa 1 Volt la corrente I_C tende a stabilizzarsi ad un valore pressoché costante (saturazione).



-Grafico teorico previsto.



-Grafico sperimentale ottenuto.

➤ Bibliografia.

- A. Foti e C. Gianino "Elementi di Analisi dei dati sperimentali" Liguori, Napoli.
- R. Ricamo "Guida alle sperimentazioni di Fisica" Ambrosiana, Milano.
- J. R. Taylor "Introduzione all'analisi degli errori" Zanichelli, Bologna.
- D. Halliday e R. Resnick "Fisica 2" Ambrosiana, Milano.
- Prof. N.Arena Appunti delle lezioni anno accademico 2003-2004.
- Prof. S. Costa Raccolta delle esperienze di Laboratorio di Fisica Generale II.

14 Aprile 2005