

OBJECTIF

Mesurer les caractéristiques significatives d'un transistor NPN

RESUME

Un transistor bipolaire est un composant électronique constitué de trois couches semi-conductrices dopées en alternance P et N : la base, le collecteur et l'émetteur. Selon l'agencement des couches, on parle d'un transistor NPN ou PNP. Le comportement d'un transistor bipolaire est caractérisé, entre autres, par la courbe d'entrée, de commande et de sortie qui, dans l'expérience, sera mesurée, représentée graphiquement et évaluée à titre d'exemple pour le transistor NPN.

EXERCICES

- Mesurer la caractéristique d'entrée, c'est-à-dire le courant de base I_B en fonction de la tension base-émetteur U_{BE} .
- Mesurer la caractéristique de commande, c'est-à-dire le courant de collecteur I_C en fonction du courant de base I_B à tension collecteur-émetteur fixe U_{CE} .
- Mesurer la caractéristique de sortie, c'est-à-dire le courant de collecteur I_C en fonction de la tension collecteur-émetteur U_{CE} à courant de base fixe I_B .

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Plaque de connexion des composants	1012902
1	Jeu de 10 shunts, P2W19	1012985
1	Résistance 1 kΩ, 2 W, P2W19	1012916
1	Résistance 47 kΩ, 0,5 W, P2W19	1012926
1	Potentiomètre 220 Ω, 3 W, P4W50	1012934
1	Potentiomètre 1 kΩ, 1 W, P4W50	1012936
1	Transistor NPN BD 137, P4W50	1012974
1	Alimentation CA/CC 0 – 12 V, 3 A (230 V, 50/60 Hz)	1002776 ou
	Alimentation CA/CC 0 – 12 V, 3 A (115 V, 50/60 Hz)	1002775
3	Multimètre analogique AM50	1003073
1	Jeu de 15 cordons à reprise arrière, 75 cm, 1 mm ²	1002840

GENERALITES

Un transistor bipolaire est un composant électronique constitué de trois couches semi-conductrices dopées en alternance P et N : la base B, le collecteur C et l'émetteur E. La base se trouve entre le collecteur et l'émetteur et sert de commande. Dans son principe, le transistor bipolaire correspond à deux diodes opposées dotées d'une anode ou d'une cathode commune. La bipolarité provient de la participation des électrons et des trous au transport des charges suite aux différents types de dopage.

Selon l'agencement des couches, on parle d'un transistor NPN ou PNP (Fig. 1). Selon les bornes entre lesquelles sont appliquées les tensions d'entrée et de sortie, le transistor bipolaire est exploité comme un quadripôle dans trois circuits de base : le circuit émetteur, le circuit collecteur et le circuit de base. Les désignations des circuits indiquent la borne commune de l'entrée et de la sortie.

Nous n'étudierons par la suite que le transistor NPN.

Selon le montage de la jonction base-émetteur ou base-collecteur dans le sens passant ($U_{BE}, U_{BC} > 0$) ou bloquant ($U_{BE}, U_{BC} < 0$), on obtient quatre modes de service du transistor NPN (voir Tab. 1). Dans le sens direct du transistor, la transition B_E ($U_{BE} > 0$) polarisée dans le sens passant injecte des électrons de l'émetteur vers la base et des trous de la base vers l'émetteur. Comme le dopage de l'émetteur est nettement supérieur à celui de la base, la quantité d'électrons injectés dans la base est supérieure à

celle de trous injectés dans l'émetteur, minimisant par conséquent les recombinaisons. Comme la largeur de la base est bien plus petite que la longueur de diffusion des électrons, qui sont des porteurs de charges minoritaires dans la base, les électrons passent à travers la base dans la couche de blocage entre la base et le collecteur et dérivent vers le collecteur, car la couche de blocage ne représente un obstacle que pour les porteurs de charges majoritaires. Enfin, il se forme un courant de transfert I_T de l'émetteur dans le collecteur qui, en mode direct, représente une part essentielle du courant de collecteur I_C . Aussi, le transistor peut être considéré comme une source de courant commandée par la tension ; le courant I_C à la sortie peut être commandé par la tension U_{BE} à l'entrée. Les électrons recombinés dans la base sont évacués en tant que courant de base I_B de la base pour garantir un courant de transfert constant I_T et ainsi la stabilité du transistor. Un faible courant d'entrée I_B commande donc un grand courant de sortie I_C ($I_C \approx I_T$) et il en résulte un gain de courant.

Le comportement d'un transistor bipolaire est caractérisé par quatre caractéristiques : entrée, commande, sortie et inverse (voir Tab. 2). Dans l'expérience, les caractéristiques d'entrée, de commande et de sortie sont mesurées et représentées graphiquement à titre d'exemple pour le transistor NPN.

Tab. 1 Les quatre modes de service d'un transistor NPN

U_{BE}	U_{BC}	Mode de service
> 0	< 0	Sens direct/mode de service normal
> 0	> 0	Saturation
< 0	> 0	Sens indirect/mode de service inverse
< 0	< 0	Mode bloquant

Tab. 2 Les quatre caractéristiques d'un transistor NPN en marche avant

Désignation	Dépendance	Paramètre
Caractéristique d'entrée	$I_B(U_{BE})$	
Caractéristique de commande	$I_C(I_B)$	$U_{CE} = \text{const.}$
Caractéristique de sortie	$I_C(U_{CE})$	$I_B = \text{const.}$
Caractéristique inverse	$U_{BE}(U_{CE})$	$I_B = \text{const.}$

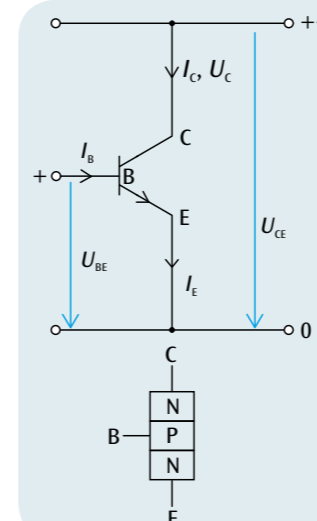


Fig. 1 Structure de principe d'un transistor NPN avec les symboles de commutation et les tensions et courants

EVALUATION

La caractéristique d'entrée permet de déterminer la tension seuil U_S , la caractéristique de commande le facteur de gain

$$B = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

et la caractéristique de sortie les pertes en puissance $P = U_{CE} \cdot I_C$.

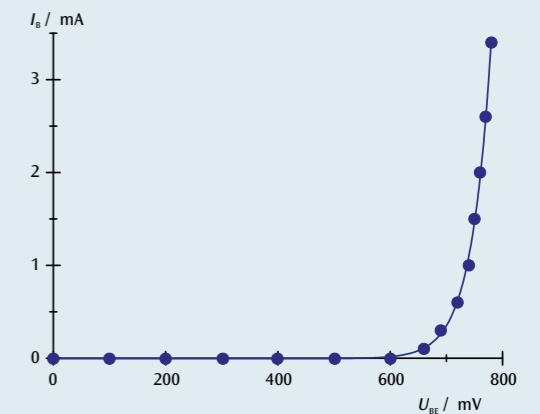


Fig. 2 Caractéristique d'entrée

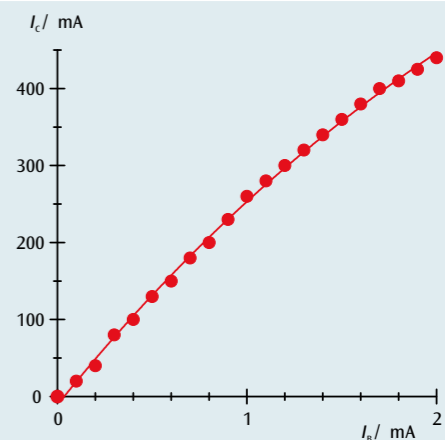


Fig. 3 Caractéristique de commande pour $U_{CE} = 5,2$ V

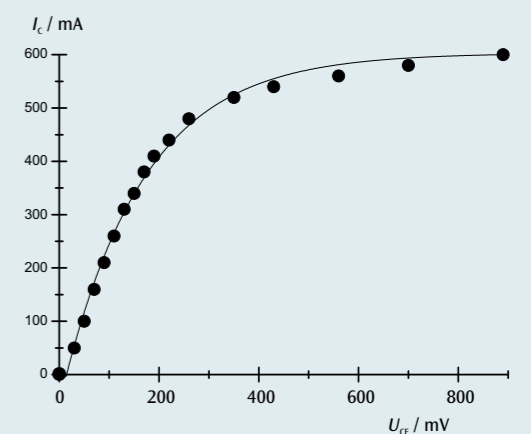


Fig. 4 Caractéristique de sortie pour $I_B = 4,2$ mA