

1. Présentation

Le transistor bipolaire, utilisé en commutation, peut avoir des fonctions de :

- Mise en forme de signaux issus d'un élément linéaire devant commander un élément Tout-Ou-Rien. Il existera alors un seuil autour duquel l'élément commandé sera actif ou non actif.

Par exemple, un capteur (élément linéaire) peut fournir une tension fonction de la température ambiante (mesure). Cette tension est comparée à un seuil (consigne de température). Si la mesure est inférieure à la consigne, le transistor alimente la charge (chauffage) ; si la mesure est supérieure, la charge n'est pas alimentée.

- Amplification de signaux Tout-Ou-Rien afin de fournir la puissance nécessaire pour piloter la charge ou l'organe de puissance. Cette amplification peut s'effectuer par la modification de la tension et/ou du courant dans le récepteur.

Par exemple, pilotage d'un relais de puissance à partir d'une commande en courant faible.

Le transistor fonctionnant en *Tout Ou Rien*, il n'existe que deux états en régime permanent pour la puissance dissipée dans la charge: NULLE ou MAXIMALE.

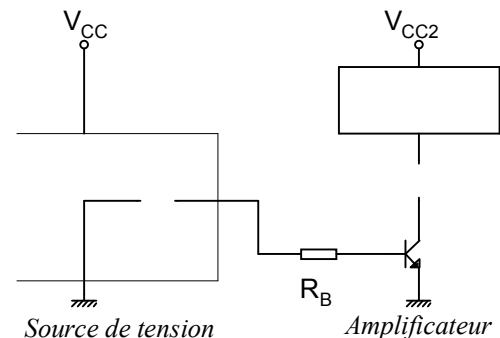
2. Adaptation de puissance en T.O.R.

2.1. Par amplification de courant → résistance R_C nécessaire

La même tension d'alimentation peut être utilisée pour la source et la charge. Cependant, la source n'est pas capable de débiter tout le courant nécessaire à la charge :

$$I_{OHmax} < I_L$$

Exemple : Sortie logique CMOS ne pouvant fournir que 1 mA, qui pilote une charge commandée en courant de type Diode ou LED, demandant $I_L = I_F = 20 \text{ mA}$:



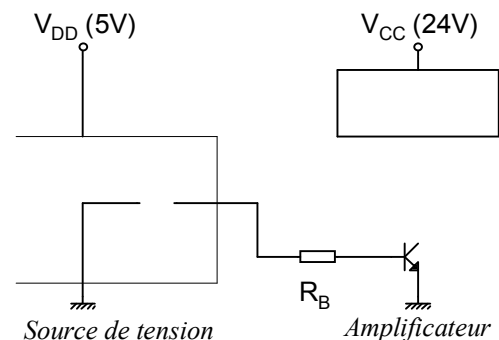
2.2. Par modification de la tension d'alimentation

La tension nominale d'alimentation de la charge est différente de la source, même si le courant que la source peut débiter est suffisant.

La charge étant commandée en tension, il ne faut pas de résistance R_C .

$$V_S : \quad \begin{aligned} V_{OH} &\approx V_{DD} && \rightarrow V_L = V_{CC} \\ V_{OL} &\approx 0 && \rightarrow V_L = 0 \end{aligned}$$

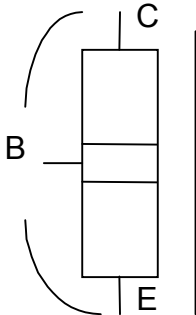
Exemple : Sortie logique CMOS alimentée en 5V, qui pilote un relais commandé en tension, dont la bobine absorbe $I_L = 100 \text{ mA}$.



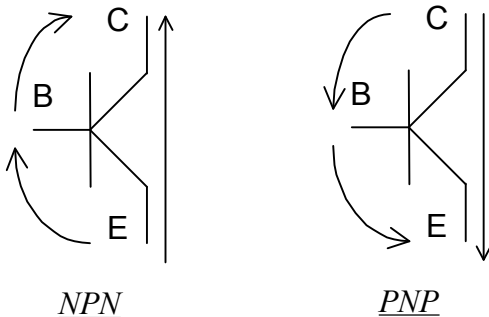
3. Caractéristiques électriques

3.1. Constitution et symbolisation

Constitution



Symbolisation



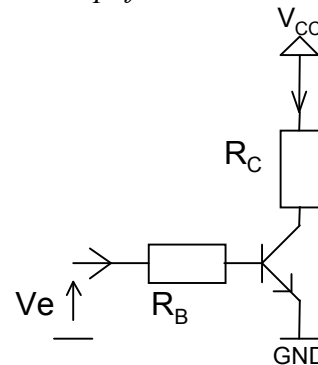
NPN

PNP

3.2. Remarques

- Le transistor peut être considéré comme un nœud de courant donc $I_E = I_C + I_B$.
- Le transistor bipolaire se comporte exactement comme une diode entre la base et l'émetteur.
- Le transistor bipolaire est aussi appelé « Transistor à jonctions ».

Principales grandeurs dans le montage de base amplificateur à transistor



3.3. Grandeurs liées au régime de fonctionnement en NPN

Grandeurs liées au régime de fonctionnement

Régime	Lois principales	Remarques
Bloqué		<ul style="list-style-type: none"> • Si $I_B = 0$ alors $V_{RB} = 0$ donc $V_e = V_{BE}$. • Le transistor est bloqué tant que $V_e \leq 0,6V$ • Aucun courant dans R_C, donc aucune tension aux bornes de R_C, donc $V_{CE} = V_{CC}$.
Linéaire		<ul style="list-style-type: none"> • $\beta \approx 100$ • I_C varie proportionnellement à I_B jusqu'à la limite de saturation définie par $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat}) / R_C = V_{CC} / R_C$
Saturé		<ul style="list-style-type: none"> • I_C est limité par le circuit à $I_{Csat} = V_{CC} / R_C$ même si I_B augmente au-delà de I_{Csat} / β. • Plus I_B augmente, plus le transistor est saturé. • Il existe un retard pour repasser au blocage, dû à des capacités parasites (capacités de stockage) internes au transistor.

4. Mise en œuvre

4.1. Remarques préliminaires

- La commande du transistor est assurée par l'injection d'un courant dans la base. On n'appliquera donc jamais un générateur de tension directement sur la base.
- Le plus souvent, un transistor en commutation est monté en émetteur commun, c'est à dire émetteur connecté à la masse ou à un pôle d'alimentation. Ceci afin de mieux contrôler le potentiel de la base (toujours 0,6V par rapport à la masse en régime saturé), et donc le courant de base.
- Le courant principal entre dans le collecteur. Il est limité par le circuit, lorsque le transistor est saturé ($V_{CE} \approx 0V$), à V_{CC} / R_C

4.2. Critères de choix

4.2.1. Valeurs limites d'utilisation

Les valeurs limites d'utilisation sont définies par le montage dans lequel le concepteur place le transistor. C'est donc à lui de dimensionner correctement les différents composants afin de ne pas dépasser les valeurs limites d'utilisation.

4.2.2. Caractéristiques électriques

Les caractéristiques électriques sont propres au composant à sa fabrication. Le concepteur du montage ne peut donc pas les contrôler, mais doit en tenir compte, afin d'effectuer le bon choix et le dimensionnement des autres composants associés au transistor.

4.3. Dimensionnement des composants

Se reporter à la fiche METHODE:
« Le transistor en commutation - Adaptation de puissance en T.O.R. »

5. Composants « amplificateur en commutation »

5.1. Transistor petits signaux

- Le transistor bipolaire standard : 2N2222A :
 $V_{CEomax} = 40 V$, $I_{Cmax} = 800 mA$,
 $P_{tot} = 400 mW$, $100 \leq \beta \leq 300$, prix $\approx 0,50 €$

5.2. Interfaces de commande

La commande de plusieurs charges à partir de portes logiques de technologie CMOS (ou éventuellement TTL bipolaire) étant très répandue, des composants spécifiques ont été créés. Parmi les plus usités :

- ULN 2003A : 7 amplis, boîtier DIP 16 broches, Entrées compatibles TTL/CMOS
Sortie transistor $V_{CEomax} = 50 V$, $I_{Cmax} = 500 mA$
Prix $\approx 0,35 €$
(moins cher que $7 \times 2N2222 + résistances + encombrement + \dots !!!$)
- ULN 2803A : 8 amplis, boîtier DIP 18 broches

Valeurs limites d'utilisation

Symbole	Unité	Définition
V_{CEomax}	V	Tension collecteur - émetteur maximum quand la base est ouverte (Open) donc $I_B = 0$ donc régime bloqué
I_{Cmax}	A	Courant collecteur maximum
P_{tot} ou P_{max}	W	Puissance totale dissipable

Caractéristiques électriques

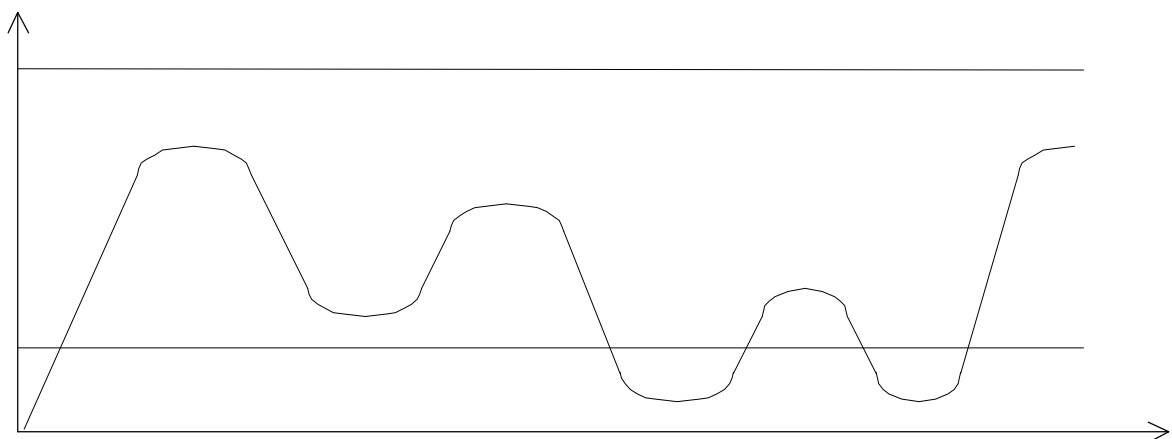
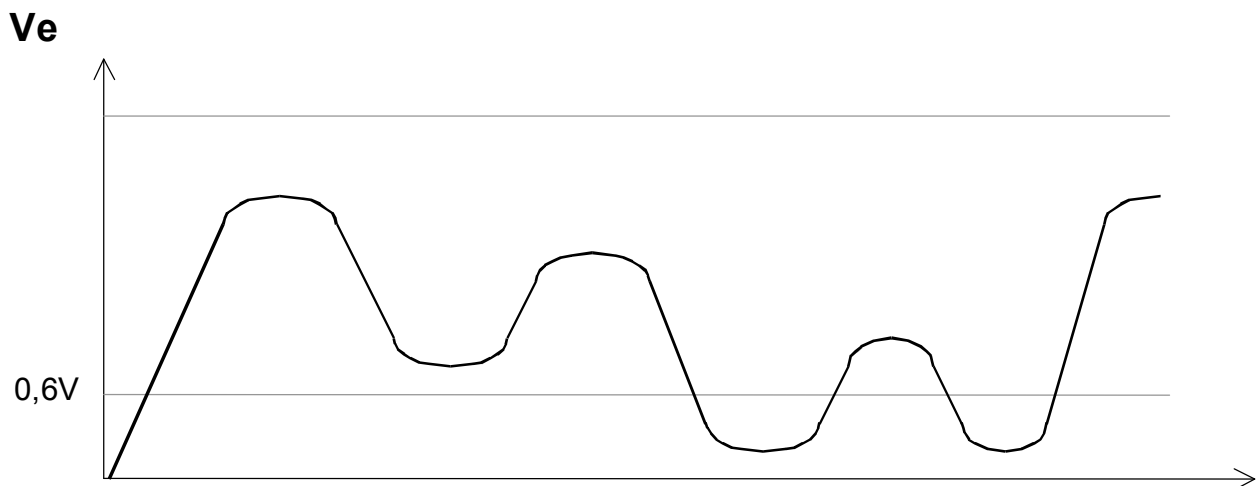
Symbole	Unité	Définition
type NPN / PNP	-	Technologie définie par le montage
β	-	Gain statique : $\beta = I_C / I_B$ en régime linéaire
V_{CEsat}	V	Tension Collecteur - Émetteur lorsque le transistor est saturé
$R_{th j-c}$	$^{\circ}C / W$	Résistance thermique Jonction - Boîtier
f_T	MHz	Fréquence de transition (pour utilisation en haute fréquence) ; indique quand il faut tenir compte des capacités parasites
t_r, t_s, t_f, \dots	ns	Temps de commutation

6. Évolution des grandeurs électriques suivant les régimes de fonctionnement

Sur les graphes de tensions et courants ci-dessous :

- Tracer $V_{RB} = V_e - V_{BE}$ sachant que le transistor se comporte exactement comme une diode entre base et émetteur.
- Tracer I_B , image de V_{RB} à une échelle beaucoup plus petite.
- Tracer, en pointillés, l'allure que prendrait $I_C = \beta \cdot I_B$ si la saturation n'était pas atteinte.
- Placer le seuil de saturation de $I_C = V_{CC} / R_C$.
- Tracer, en trait continu, I_C lorsque la saturation est atteinte.
- Tracer V_{CE} sachant que, $V_{CE} = V_{CC}$ en régime bloqué, $V_{CE} = 0$ en régime saturé, et V_{CE} décroît comme I_C croît.
- Délimiter, sur l'axe du temps, les différentes zones de régimes de fonctionnement : « B » bloqué, « L » linéaire, « S » saturé.

Grappe des tensions



Grappe des courants