

Utilisation des semiconducteurs

La diode

Le courant dans le sens conventionnel (du + vers le - à l'extérieur du générateur), passe de l'anode vers la cathode (souvent représentée par un trait sur le composant).
Le seuil d'une diode au silicium est de 600mV.

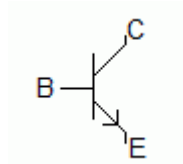
Il existe les diodes de redressement, et les (ultra) rapides pour alim à découpage, et les diodes schottky, qui ont un seuil plus faible, et sont encore plus rapides, mais supportent moins de 100V...

Pour les faibles courants, et jusque 10MHz, il existe les diodes de signal comme la 1N4148. Une diode polarisée ou non, peut permettre de faire passer ou non, un signal alternatif.

Les transistors :

Le transistor bipolaire :

Voici un NPN :



Les 3 pattes sont :

- la base
- l'émetteur
- le collecteur

En régime linéaire, le courant de collecteur I_c , est proportionnel au courant de base I_b .

Le rapport entre I_c et I_b s'appelle le gain (β), donc $I_c = \beta \cdot I_b$. Ex :

- BC547A : $100 < \beta < 200$
- BC547B : $200 < \beta < 300$
- BC547C : $\beta > 300$

Pour un NPN, le courant entre par la base et le collecteur et sort par l'émetteur, d'après le sens **conventionnel**.

A température ambiante pour un bipolaire au silicium :

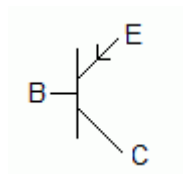
$V_{be} = 0,7V$ le courant passe donc $V_{ce} = 200mV$ à $2V$ selon la puissance

$V_{be} < 0,5V$ le transistor est bloqué

Pour le tester ou le reconnaître, le multi-mètre doit indiquer ces 2 jonctions :

- Base vers Emetteur
- Base vers Collecteur

Voici un PNP :



Le courant sortant par la base fait sortir un courant sur le collecteur.
Le testeur indique les jonctions E-B et C-B

Pour un transistor métallique :

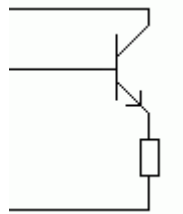
- l'ergot indique l'émetteur
- vu de dessous, on trouve E-B-C en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

Pour les bipolaires, le V_{be} inverse maximal n'est que de quelques volts.
Le boîtier des transistors métalliques est relié au collecteur.

Au delà de la moitié du courant maximal donné par le constructeur, ou pour un V_{ce} inférieur à 0,7V, le gain diminue.

Comme les diodes, on ne peut pas relier directement deux jonctions B-E en parallèle (sauf dans les circuits intégrés).

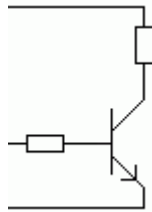
Montage en suiveur de tension :



Traditionnellement sans résistance de base ! Le courant de base s'adapte au transistor :
Si I_b trop fort alors $V_{\text{émetteur}}$ augmente donc V_{be} diminue donc I_b baisse, donc $I_b = I_c / \beta$

$V_s = V_e - 0,7V$: Il faut par conséquent compter 1V de perte, donc intéressant à partir de 12V.

Montage en émetteur commun :



V_s et V_e sont en opposition. Utile pour interfaces (ex 5V vers 12V).

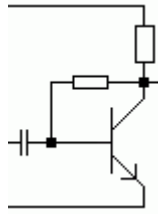
En commutation, le transistor est bloqué ou saturé, auquel cas le courant théorique dans le collecteur, est supérieur au courant réel.

Ex : pour allumer une led (20mA) avec un BC547A (100mA max),
il doit pouvoir conduire 50mA donc 0,5mA dans la base suffit (ex 8V dans 15K Ω).

Polarisation :

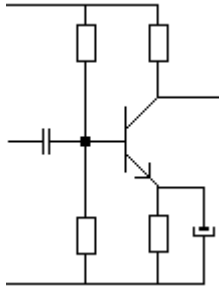
Elle permet de faire fonctionner le transistor en régime linéaire, pour de faibles amplitudes.
En effet, sans polarisation, seule les alternances positives seraient amplifiées (= distorsion).

La polarisation consiste donc à ajouter un courant constant 3 à 30x plus fort que le signal.
Comme le gain d'un bipolaire n'est pas précis et varie avec la température, il faut utiliser des astuces :



Avec la capa d'entrée et de sortie, il y a un risque élevé d'oscillation !

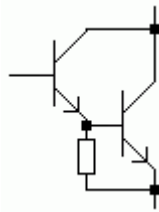
Si on impose 2V sur la base, il restera 1,3V sur l'émetteur donc le courant dépendra essentiellement de la résistance d'émetteur :



Pour éviter le bruit créé par les résistances, on peut éventuellement relier le condensateur à la masse, et brancher la source de tension entre le pont diviseur et la base...

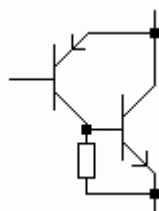
Darlington :

On peut l'utiliser à partir de 12V, pour commuter à la masse, sachant que le V_{ce_sat} est toujours supérieur au volt, mais que la puissance dissipée dans la résistance de base sera nettement plus faible.



Ce montage permet de multiplier le gain des 2 transistors. Il devient indispensable pour les puissances 'élevées'.

PNP-NPN :



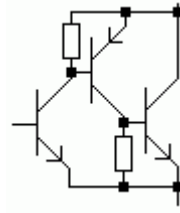
Ce montage est également utile pour les puissances 'élevées'. Le NPN est généralement utilisé en émetteur suiveur.

Auquel cas, ce montage offre 3 avantages supplémentaires :

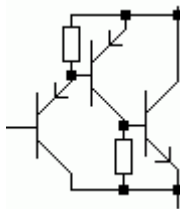
- $V_{be} = 0,7V$
- on peut mettre plusieurs NPN sur le même radiateur
- Une résistance sur le(s) collecteur(s) permet de mesurer I_c en minimisant les pertes

Idem pour le tandem NPN-PNP quoiqu'il n'existe pas de PNP pour les puissances 'élevées'.

Super NPN :



Super PNP :



Les transistors à Effet de champ :

La grille, le drain et la source jouent respectivement le rôle de la base, du collecteur et de l'émetteur. L'avantage est que la résistance de la grille est considérée comme infinie.

Dans les circuits intégrés, le substrat peut être séparé de la source (fonctionnement bi-directionnel). Son fonctionnement n'est pas linéaire (sauf VMOS).

Quelque soit le TEC, les composantes alternatives de V_{gs} et V_{ds} sont en opposition de phase.

Le J-fet canal N :

Identique au npn de signal, sauf qu'il se bloque avec une tension NEGATIVE entre Grille et Source. Comme pour le npn, un V_{gs} supérieur au volt ou trop négatif peut le détruire.

Habituellement on le polarise avec $V_g = 0$ et $V_s > 0$ (avec résistance et capacité sur la source)

Pour V_{ds} faible, il fonctionne en résistance variable, et pour un V_{ds} plus élevé, en source de courant.

Le J-fet canal P :

Identique au pnp de signal, sauf qu'il se bloque avec une tension POSITIVE entre Grille et Source.

Le Mosfet :

Il est en général utilisé pour les puissances moyennes.

Au delà de la moitié du courant maximal donné par le constructeur, le V_{ds_on} devient important, surtout pour les spécimens supportant plus de 200V...

Néanmoins, en TBT, les nouveaux MOSFET sont plus performants que les bipolaires.

Il contient inévitablement une diode rapide en parallèle inverse.

Il existe le canal N, semblable au NPN, qui commute avec un V_{gs} positif (5 à 15V), et le canal P, semblable au PNP, qui a un R_{ds_on} plus élevé, et qui commute avec un V_{gs} négatif. Contrairement aux bipolaires, la flèche indique le sens réel des électrons...

Les thyristors

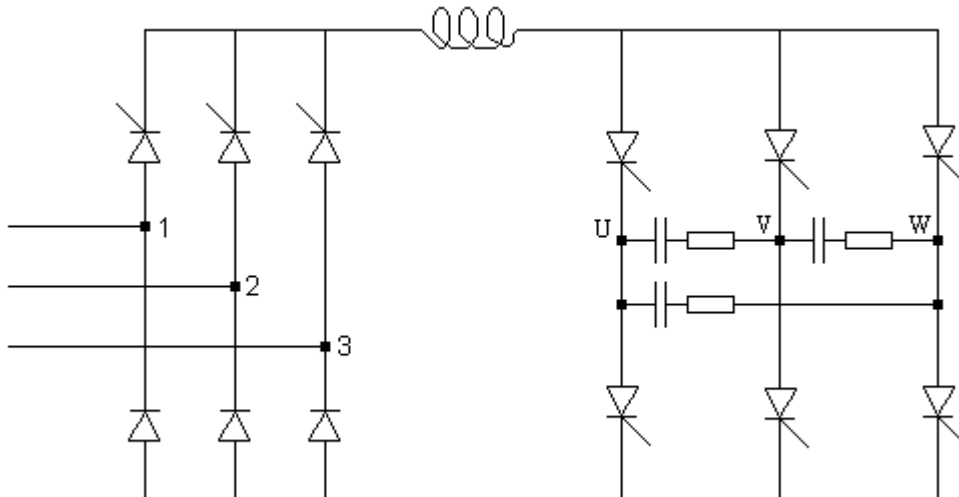
Un thyristor est comme une diode, sauf qu'il a une gachette pour l'amorcer.

Il restera conducteur tant que le courant d'anode sera maintenu.

Le courant d'amorçage va de la gachette à la cathode (résistance interne entre les deux).

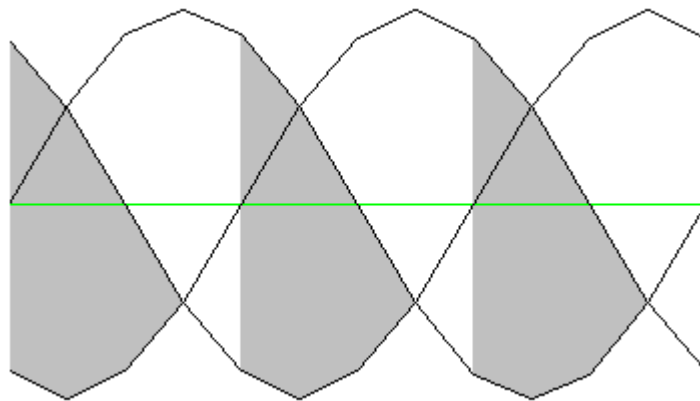
(Il existe aussi des GTO, qui peuvent être bloqués par la gachette)

Ponts de thyristors :



Pont mixte :

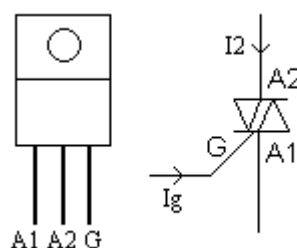
A chaque instant, la tension sur le - est égale à la tension la plus négative parmi les tensions 1,2 et 3. La tension au + est égale à la tension pour laquelle le thyristor est passant, jusqu'à l'amorçage d'un thyristor recevant une tension supérieure. Voici un exemple de courbes de conduction :



Pont complet :

Il est formé par 4 ou 6 thyristors, et permet le freinage d'un moteur par inversion de tension.

Le triac :



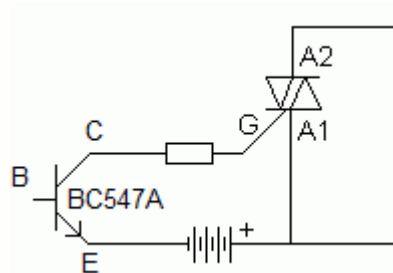
Il sert à la commutation du courant alternatif.

Il est presque équivalent à 2 thyristors, sauf qu'il peut être amorcé dans les 4 cadrans :

lg \ I2	+	-
+	lg faible	lg fort
-	lg moyen	lg moyen

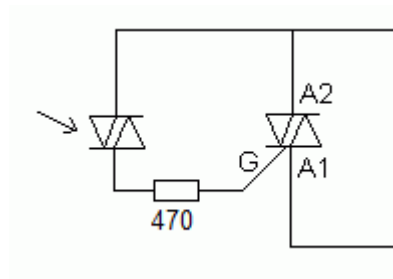
Commande en continu :

1) Commande directe :



On pourra utiliser un triac sensible 4A type TIC206D ou BT136F.

2) Avec transfo et opto-triac :



La masse sera reliée à la terre.

On pourra utiliser :

- soit un MOC3021 et une 470 ohms 1W pour angle d'amorçage quelconque + filtre LC.
- soit un MOC3041 et une 330 ohms 500mW pour angle d'amorçage faible + filtre RC.

La self accumulera une énergie maximale de $L \cdot I_m^2 / 2$

Le filtre RC pourra être fait avec un 100nF 400V et une 10 ohms en série entre A1 et A2.

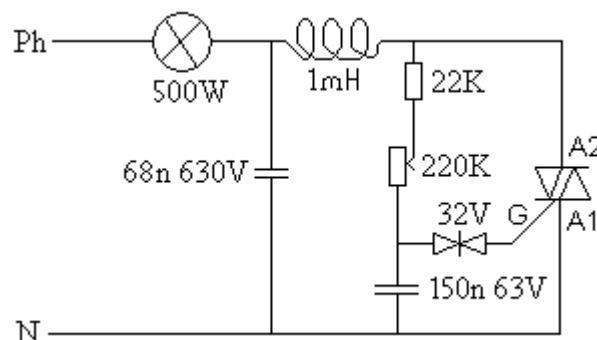
Dans ce cas, au repos, la puissance dissipée sera $7mA \times 70mV = 500\mu W$.

Et en fonctionnement, l'énergie dissipée au maximum 100x par seconde sera $C U_m^2 / 2$.

Donc la puissance moyenne dissipée sera au maximum $f C U_m^2 / 2 = 2mW$.

Les pics étant de 40W max, et la tension pouvant atteindre 320V à la mise sous tension, on prendra par sécurité une 1W...

variateur à triac :



Radiateur de refroidissement :

On prend le cas le plus défavorable + marge de sécurité : $T_{\text{amb}} = 40^{\circ}\text{C}$

Si $T_{\text{jonction}} = 120^{\circ}\text{C}$, et $P_{\text{perdue}} = 10\text{W}$, alors :

Résistance thermique totale $R_{\text{th}} = 80/10 = 8^{\circ}\text{C/W}$

Si $R_{\text{th_jonction/boitier}} = 2^{\circ}\text{C/W}$ alors $R_{\text{th_radiateur}} = 6^{\circ}\text{C/W}$.

La formule est $\Delta\theta = P \cdot \Sigma R_{\text{th}}$