

6.4.7.2. Avantages et inconvénients

- **Avantage :** Gain élevé (1000 à 20000)
- **Inconvénients :** Le seuil de conduction V_{BE} à partir duquel le Darlington commence à conduire est doublé par rapport à un transistor simple.
La chute de tension V_{CEsat} du Darlington (typiquement 1,5V) est supérieure à celle d'un transistor bipolaire simple (typiquement 0,5V), ce qui augmente sensiblement les pertes et l'auto-échauffement dans les applications de puissance

Remarques

- Il existe une autre combinaison associant un transistor NPN et un PNP qui multiplie aussi les gains.
- Le Darlington est de plus en plus supplanté par l'utilisation du transistor à effet de champ, y compris dans l'électronique de puissance. Celui-ci a un courant de grille quasi nul (d'où un gain en courant en principe infini) et une chute de tension $V_{DSsat} = R_{DSon} \cdot I_D$ en général inférieure à celle du Darlington.

6.5. Le transistor unijonction ou UJT

6.5.1. Présentation

Le transistor unijonction désigné par le sigle UJT est un composant mineur qui n'est quasiment plus utilisé de nos jours. Il servait auparavant à créer des oscillateurs à relaxation. Il est également connu sous le nom de diode double base qui rappelle sa structure.

6.5.2. Symbole

Le symbole du transistor unijonction est donné par la figure 6.5.1 ci-dessous, la flèche placée sur l'émetteur indique le sens passant de la jonction PN.

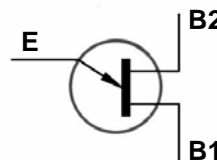


Fig. 6.5.1

6.5.3. Structure

Il se compose d'un barreau de silicium, le plus souvent de type N, possédant une jonction latérale.

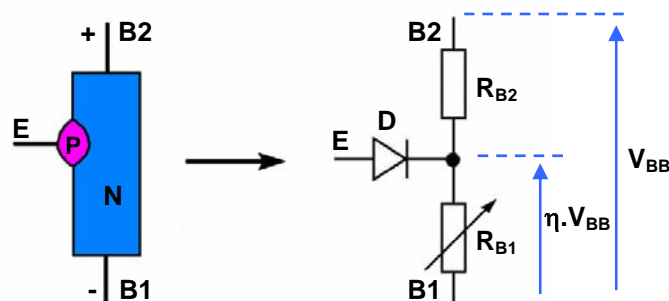


Fig. 6.5.2

Les deux extrémités du barreau portent un contact purement ohmique.

Ces contacts sont désignés respectivement par base 1 et base 2 (voir figure 6.5.2 ci-dessus).

L'émetteur de type P est placé sur sa face latérale plus proche de la deuxième base, il est constitué par un fil d'aluminium et forme avec le barreau une jonction PN.

L'ensemble est assimilable à une diode et un diviseur de tension.

La résistance interbases à circuit ouvert est de l'ordre de 5 à 10 kΩ.

6.5.4. Fonctionnement

En fonctionnement normal, la base B1 est prise comme électrode commune.

Lorsque le circuit de l'émetteur est ouvert ($I_E = 0$), les résistances R_{B1} et R_{B2} définissent au niveau de l'émetteur une tension de repos qui est proportionnelle à la tension V_{BB} appliquée entre les deux bases :

$$V_{BB} \cdot \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} = \eta \cdot V_{BB}$$

Le paramètre η est le rapport intrinsèque de l'UJT, il dépend entre autre de la position de la jonction d'émetteur sur le barreau de silicium. En règle générale, ce rapport oscille entre 0.5 et 0.8, il est donné par le constructeur avec la fiche technique du composant.

Si nous appliquons une tension croissante V_E entre l'émetteur et la base B1, tant que V_E reste inférieure à $\eta \cdot V_{BB}$, la jonction PN est polarisée en inverse et seul un faible courant- de fuite I_{B0} circule dans l'émetteur. Lorsque la tension V_E devient supérieure à $\eta \cdot V_{BB}$, la jonction est polarisée dans le sens direct; il y a circulation d'un courant émetteur I_E , c'est-à-dire à l'injection de porteurs (trous) vers la zone N. Or, la conductibilité d'un semi-conducteur est proportionnelle à la concentration des porteurs de charge qu'il contient; il s'en suit donc une diminution de la résistance R_{B1} provoquant à son tour un accroissement du courant injecté d'où une nouvelle diminution de R_{B1} . Il y a effet cumulatif se traduisant par l'apparition d'une résistance différentielle négative.

Dans la région de résistance négative, le courant d'émetteur I_E n'est limité que par le circuit extérieur, qui peut ainsi recevoir des impulsions de courant.

6.5.5. Caractéristiques

La caractéristique tension-courant du dipôle E-B₁ est représentée par la figure 6.5.3 ci-dessous.

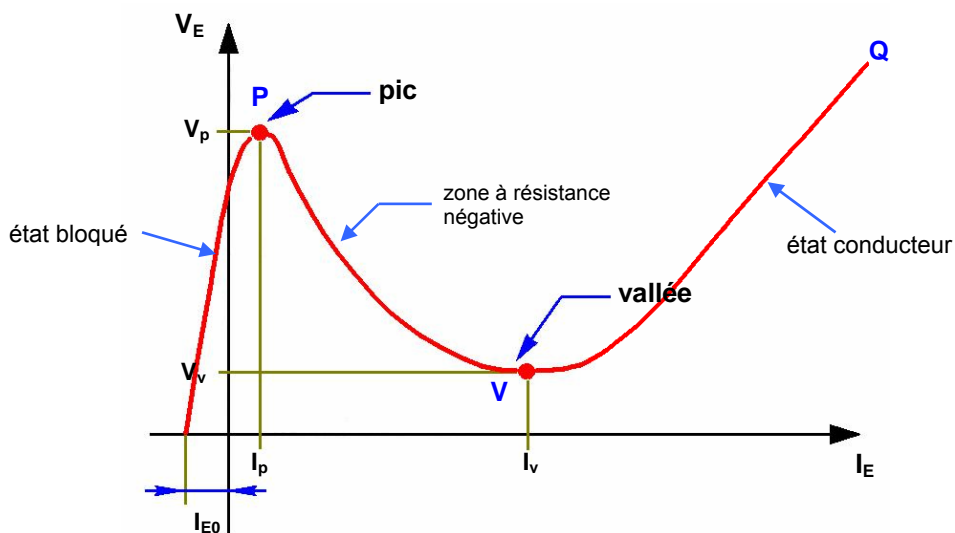


Fig. 6.5.3

On remarque sur la figure une zone de pente négative comprise entre la tension maximale d'émetteur V_p appelée pic et la tension minimale V_v appelée tension de vallée.

La tension de pic V_p varie avec la tension appliquée entre les bases B₁ et B₂.

La tension de vallée V_v , est de l'ordre de 1 à 4 volts selon le composant utilisé.

Le transistor unijonction possède deux états :

- Un état bloqué pour lequel le courant d'émetteur est très faible, c'est le courant de fuite de D.
- un état conducteur correspondant à la branche QV de la caractéristique

6.5.6. Exemple de montage d'un UJT en oscillateur de relaxation.

Un exemple d'utilisation d'un transistor unijonction dans un montage oscillateur de relaxation est donné par le schéma ci-dessous (Fig 6.5.4) :

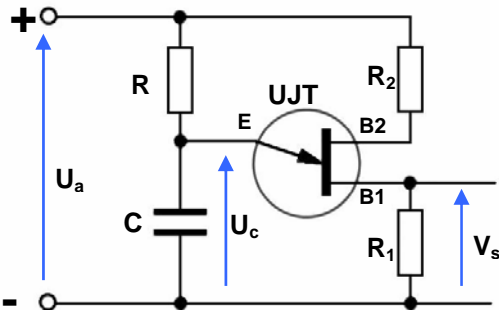


Fig. 6.5.4

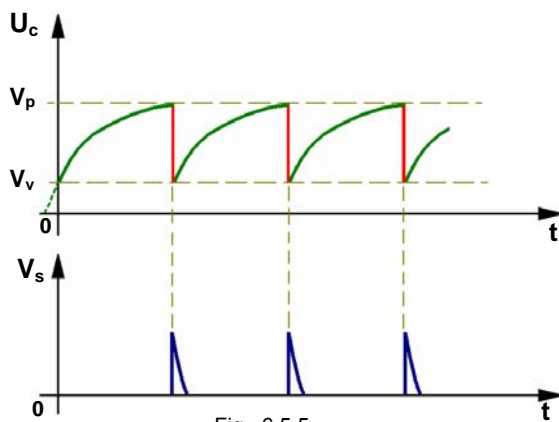


Fig. 6.5.5

Le condensateur C se charge à travers la résistance R. Lorsque la tension à ses bornes atteint la tension de pic V_p du transistor unijonction, le dipôle émetteur – B1 devient conducteur et le condensateur se décharge brusquement à travers la résistance R_1 . Lorsque la tension d'émetteur atteint la tension de vallée, l'UJT se désamorç ; le courant d'émetteur redevenant nul, la capacité peut de nouveau se recharger, et ainsi de suite. On recueille ainsi sur l'émetteur un signal ayant une forme de dent de scie à montée exponentielle dont la fréquence de répétition dépend de la constante de temps RC.

Si la tension d'alimentation U_a est assez élevée pour que la tension de vallée puisse être négligée, la période d'oscillation du signal est donnée par l'expression simplifiée :

$$T = R \cdot C \cdot \text{Log} \left(\frac{1}{1 - \eta} \right)$$

Au moment de la décharge du condensateur C, un courant important traverse la résistance R_1 placée dans la base B1. et l'on peut recueillir sur cette électrode une impulsion de tension positive et de durée brève.

La figure 6.5.5 ci-contre indique les variations de tension aux bornes de la capacité C et les signaux correspondants sur la base B1 du transistor unijonction.

6.5.7. Circuit à transistor équivalent à un UJT – UJT programmable

Le comportement de l'UJT peut être simulé par un montage comportant deux transistors complémentaires et deux résistances (voir figure 6.5.6 ci-dessous).

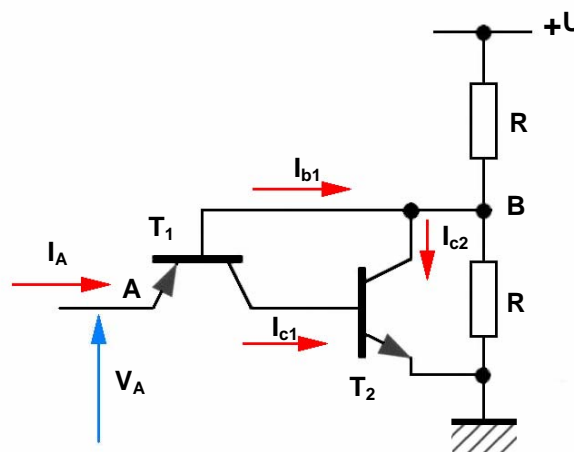


Fig. 6.5.6

Grâce aux deux résistances de valeurs identiques R, le potentiel de base du transistor T_1 est voisin de $U/2$. Si l'entrée A se trouve portée à un potentiel inférieur à cette valeur, le transistor T_1 est bloqué, son courant collecteur est nul, celui de T_2 également, puisqu'il ne reçoit aucun courant de base. Si le potentiel de l'entrée A monte, T_1 reste bloqué tant que V_A reste inférieur à $U/2 + 0,6V$ environ. Dès que V_A dépasse cette limite, T_1 commence à conduire; son courant injecté dans la base de T_2 est multiplié par le gain du second transistor, ce qui a pour effet d'accroître la tension base-émetteur de T_1 donc son courant. Il y a un effet cumulatif se traduisant par une augmentation rapide du courant (résistance négative).

Dans la zone de tension où les deux transistors fonctionnent en régime linéaire nous pouvons écrire :

$$V_B = \frac{U}{2} - \frac{R}{2} \cdot (I_{c2} + I_{b1}) \cong \frac{U}{2} - \frac{R}{2} \cdot I_{c2}$$

mais $I_{c2} = \beta_2 \cdot I_{b2} = \beta_2 \cdot I_{c1} \cong \beta_2 \cdot I_A$ donc

$$V_A = V_B - V_{BE} = \frac{U}{2} - V_{BE} - \frac{R}{2} \cdot \beta_2 \cdot I_A$$

Ce résultat met bien en évidence que la caractéristique a une pente négative dont le coefficient est $-\frac{R}{2} \cdot \beta_2$

Pour un courant d'entrée suffisant les deux transistors sont saturés.

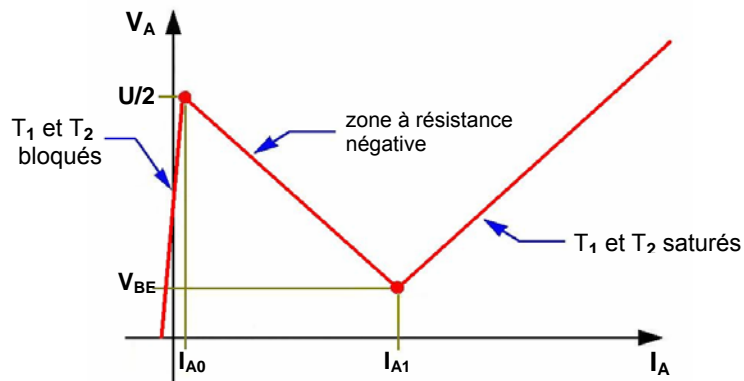


Fig. 6.5.7

Ce type de circuit a par conséquent un comportement très semblable à celui d'un UJT comme le montre la caractéristique ci-dessus (Fig 6.5.7), avec dans ce cas un rapport intrinsèque de 0,5.

Le rapport intrinsèque peut être modifié à volonté en modifiant la valeur des résistances alimentant le point B, d'où le nom de programmable donné à ce montage.

Il existe d'ailleurs un composant portant le nom d'UJT programmable, réalisé dans un bloc unique de semi-conducteur dans lequel la base de T_1 et le collecteur de T_2 sont confondus ainsi que le collecteur de T_1 et la base de T_2 comme le montre la figure ci-dessous.

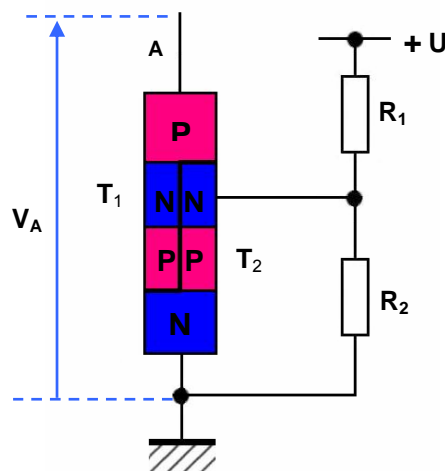


Fig. 6.5.8

Dans ce cas, on obtient la variation du rapport intrinsèque en modifiant les valeurs du pont de résistances $R_1 - R_2$ extérieures.

De tels composants ont été commercialisés par la société RCA sous l'appellation PUT (Programmable Unijonction Transistor).