

Composants à résistance négative

négative (F4DXU)

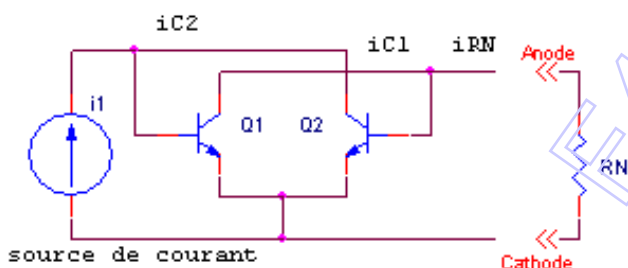
<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

Voici plusieurs moyens de concevoir un composant à résistance négative qui peut être l'élément essentiel d'un oscillateur VCO ou d'un système à commutation par exemple. Ce composant a un fonctionnement quasi identique à celui d'une diode à effet tunnel, diode qu'il devient difficile de se procurer.

Schémas et explications du fonctionnement des composants à résistance négative :

- Premier modèle :

Il est constitué de deux transistors bipolaires de même type.

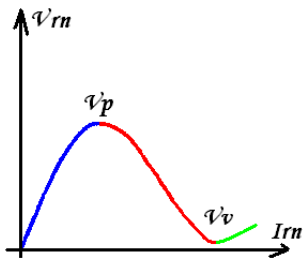


$$I_{rn} = i_{b2} + i_{c1} \text{ et } I_1 = i_{b1} + i_{c2}$$

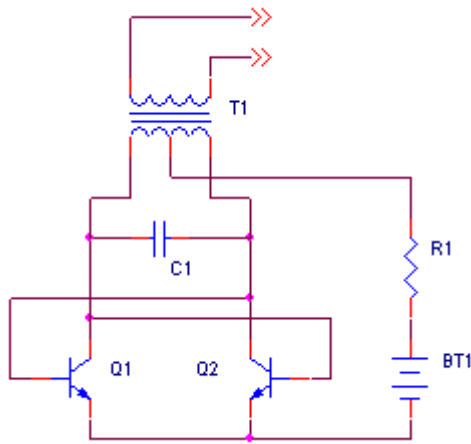
On règle I_1 de telle sorte que Q1 soit à peine conducteur.

Dans un premier temps $I_{rn} = 0$, $i_{b2} = 0$, Q2 est bloqué, $i_{c1} = 0$, $i_{b1} = I_1$, Q1 conducteur mais pas saturé $V_{CQ2} = V_{bQ1} < 0,7V$ (ex : 0,5V).

Injectons progressivement I_{rn} , V_{rn} augmente, Q1 consomme une très faible partie du courant I_{rn} , i_{b2} augmente et V_{CQ2} augmente et l'on se situe dans la zone bleue de la figure 2, lorsque V_{CQ2} atteint environ 0,7V alors i_{b1} et I_{CQ1} augmentent rapidement, $V_{CQ1} = V_{rn}$ diminue (Q1 rentre progressivement en saturation) et l'on se situe dans la zone rouge de la figure ci-dessous (résistance négative). La partie utile étant entre V_p (pic) et V_v (vallée) avec V_p environ 0,7V et V_v environ 0,2V car fonctions des transistors utilisés.



Si l'on continue d'augmenter I_{rn} , le système se sature et l'on se situe dans la zone verte de la figure ci-contre. Il est possible d'utiliser ce composant avec un circuit oscillant (LC) mais il est alors souhaitable de le symétriser (figure ci-dessous).



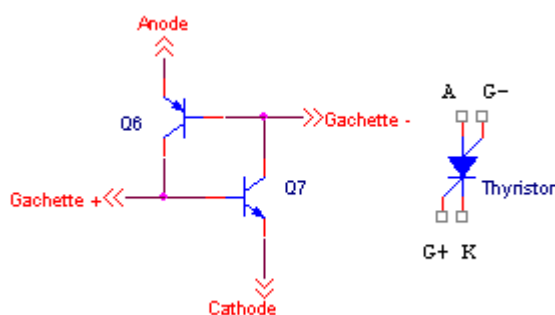
Il y a quelques conditions à respecter pour que l'oscillateur accroche :

- * Tout d'abord, la source qui polarise l'équivalent de la diode à effet tunnel doit avoir une résistance interne plus petite que R_n ce qui garantit la stabilité du point de fonctionnement.

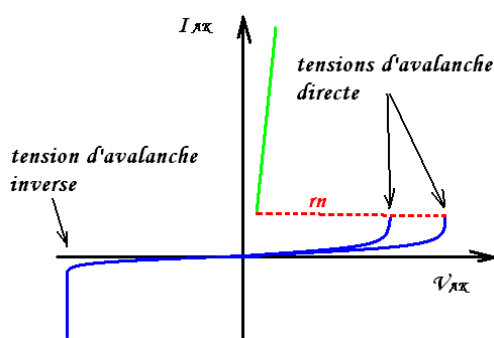
- * Ensuite, l'oscillation ne peut se produire que si $R_{pt} > R_n$, condition pour laquelle, R_{pt} est la résistance positive totale du circuit et R_n la valeur

positive de R_n , donc $-R_n$ (R_n étant une quantité négative). Il faut aussi que $L_t > R_{pt} \cdot R_n \cdot C_t$ où L_t est le coefficient de self-induction série total du circuit et C_t la capacité totale du circuit ($C_t = C_1 + C_{parasite}$). Le rôle de R_1 est d'alimenter le système en courant, elle peut être remplacée par un générateur de courant. Les faibles valeurs de V_{pic} et $V_{vallée}$ autorisent l'utilisation de cellules solaires pour l'alimentation.

- Deuxième modèle :



C'est le thyristor à deux gâchettes réalisé à partir de deux transistors bipolaires de types différents (NPN-PNP). Le modèle le plus courant ne possède qu'une gâchette sur la cathode.

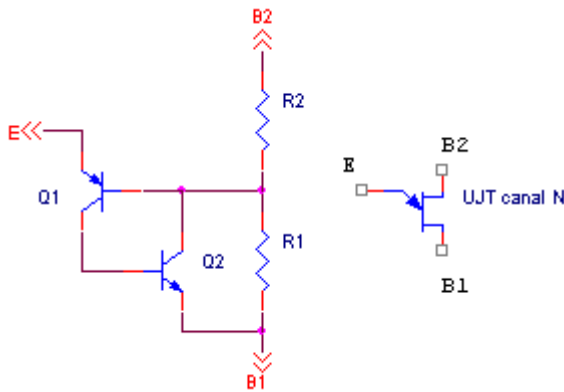


Ci-contre la courbe caractéristique du thyristor. La droite rouge représentant la résistance négative est quasiment parallèle à l'axe des tensions, r_n est d'une valeur ohmique très grande.

Lorsque la zone d'avalanche directe est atteinte, le

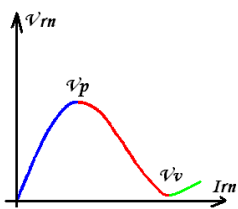
basculement est très rapide. La tension d'avalanche est variable en fonction du courant de gâchette (les deux courbes bleues).

Troisième modèle :



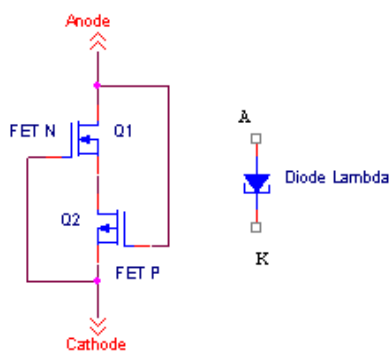
C'est le transistor unijonction programmable ou l'équivalent du transistor UJT. $V_{R1} = V_{B2B1} \cdot \frac{R1}{R1+R2} = \eta \cdot V_{B2B1}$ Le paramètre η est le rapport intrinsèque de l'UJT programmable, La résistance négative a pour expression : $R_N \approx -\frac{R1 \cdot R2}{R1+R2} \cdot \beta_{Q2}$ et $V_{pic} \approx \eta \cdot V_{B2B1} + 0,6$ et $V_{VAL} \approx 0,1V$ En modifiant le

rapport intrinsèque il devient possible d'ajuster la tension V_{pic} . La courbe de réponse s'apparente plus à celle du thyristor.

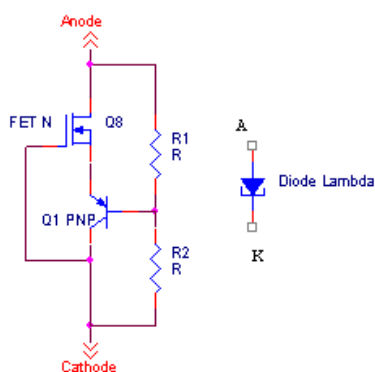


Dans le cas du transistor UJT, les résistances R1 et R2 sont en réalité constituées par un barreau semi-conducteur dont la résistance interne varie avec le courant qui le traverse. La courbe de réponse a des formes plus douces que celle du thyristor ou UJT programmable.

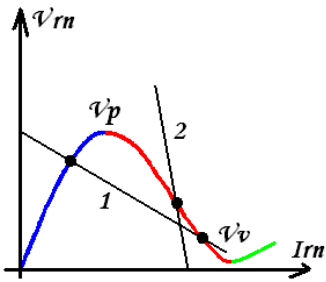
Quatrième modèle :



Le modèle ci-contre fait intervenir deux transistors à effet de champ de type différents canal N et P. Ce type de composant porte le nom de diode lambda. Les conditions de polarisation et de droite de charge sont identiques au premier modèle ainsi que pour tous les modèles.

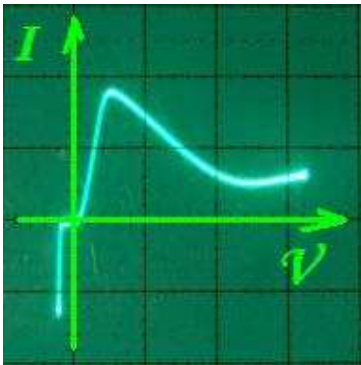


Le modèle ci-contre fait intervenir un effet de champ de type canal N et un transistor bipolaire de type PNP. Le transistor bipolaire et les deux résistances contribuent à la stabilité thermique du montage.



Suivant la droite de charge choisie (fig. 8), un montage qui utilise un composant à résistance négative peut avoir un comportement bistable (1) ou oscillateur (2). Ce sont les schémas des modèle quatre qui présentent la caractéristique qui se rapproche le plus de la diode à effet tunnel.

Voici un exemple de relevé de courbe du quatrième modèle.



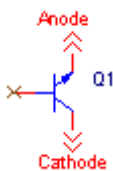
La droite représentant la résistance négative est linéaire sur une grande proportion et sa valeur est d'environ 37Kohms.

Axe vertical : $200\mu\text{A}/\text{carreau}$

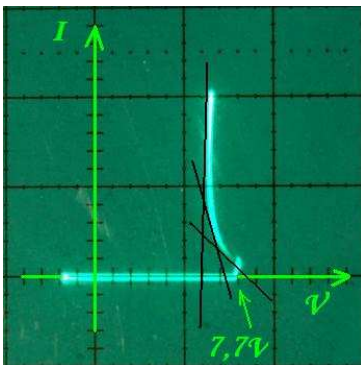
Axe horizontal : $5\text{V}/\text{carreau}$

Cinquième modèle :

Voici un dernier exemple de composant à résistance négative réalisé avec des transistors et nommé négistor. Il ne fait intervenir qu'un transistor bipolaire polarisé en inverse.



J'ai réalisé de nombreux essais avec différents transistors, certains n'ont quasiment pas ou peu de comportement à effet tunnel. Il semble que l'un des transistors le plus apte soit ce « bon vieux 2N2222 ». La tension d'avalanche se situe aux environs de 7,7V. Il est possible d'en chainer (série) plusieurs ce qui permet d'augmenter la tension de pic sans trop changer la valeur de la résistance négative. Voici sa caractéristique.



Les trois droites noires représentent les tangentes à la caractéristique du négistor, c'est aussi la valeur de la résistance aux points considérés.

Axe vertical : $5\text{mA}/\text{carreau}$.

Axe horizontal : $5\text{V}/\text{carreau}$.

La valeur de la résistance passe progressivement d'environ -1000 ohms à -360 ohms pour prendre en fin une valeur positive d'environ +30 ohms.

Applications :

Ces systèmes peuvent-être le noyau d'un chargeur solaire, d'un oscillateur, d'un amplificateur paramétrique ou d'un hygromètre, dans ce dernier cas il suffit de remplacer C1 (premier modèle) par un capteur hygrométrique (capacité dont le diélectrique varie avec l'humidité relative). La mesure de la variation de fréquence indique alors le taux d'hygrométrie.

Bonne bidouille !! F4DXU

F4DXU