

Modulateur et démodulateur pour la bande des « 0.00000063 m »

Je vous présente deux petits schémas pour moduler et démoduler des signaux à une longueur d'onde de 0.00000063 m (oui, 630 nm, 476'000'000 MHz), c'est-à-dire de la lumière rouge. L'idée m'est venue lorsque je devais tester la sensibilité et la réponse en fréquence de plusieurs photodiodes. Je cherchais en fait à moduler la lumière émise par une diode LED et à démoduler le signal reçu par une photodiode pour pouvoir les comparer, quand je me suis dit que, au lieu de bricoler un modulateur et un démodulateur complet, j'aurais pu utiliser tout simplement deux de mes transcievers qui, d'ailleurs, auraient eu des meilleures caractéristiques qu'un simple modulateur bricolé dans un coin de table. J'ai donc réalisé les deux petits schémas que je vous présente ci-après avec lesquels je me suis pas mal amusé.

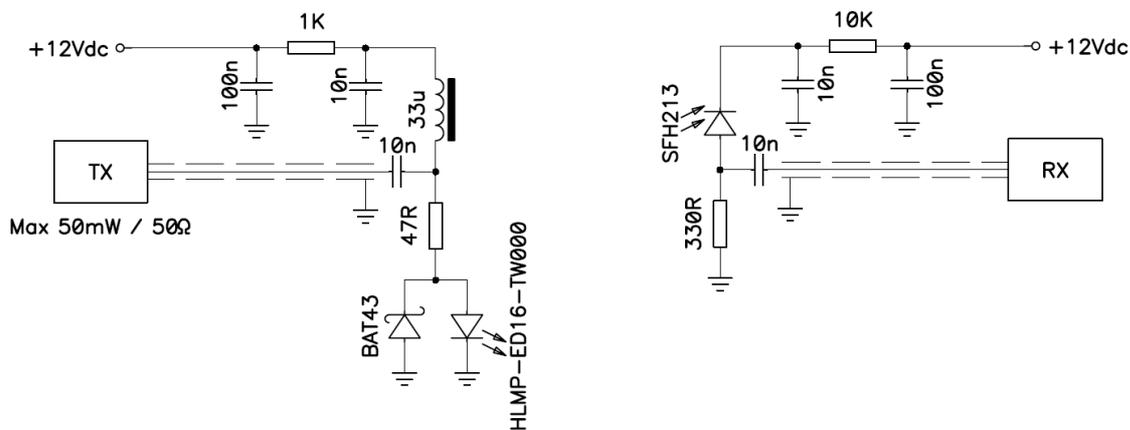


Fig. 1 : Schéma de l'émetteur (gauche) et du récepteur (droite).

L'émetteur

Le schéma est très simple (fig. 1) : on prend le signal RF modulé directement à la sortie d'antenne d'un émetteur en QRP. La puissance maximale applicable est d'environ 50 mW, et si votre émetteur ne permet pas de descendre aussi bas, je vous conseille de connecter un atténuateur entre la sortie d'antenne et le petit circuit en question ; ceci aura aussi l'avantage de présenter à l'émetteur une impédance beaucoup plus proche de 50 Ω .

Le signal RF est couplé à la diode LED émettrice à travers une capacité de 10 nF pour éviter que du DC puisse rentrer dans la prise d'antenne. La résistance de 47 Ω en série avec la diode sert à montrer à l'émetteur une impédance proche de 50 Ω ; une adaptation parfaite n'est pas possible car la diode LED est un élément non linéaire. La diode Schottky BAT43 en anti-parallèle sert à éviter de redresser le signal RF si ceci est trop fort (une diode 1N4148 devrait aussi faire l'affaire).

Comme diode LED émettrice j'ai choisi le modèle HLMP-ED16-TW000 produite par Avago parce qu'elle a un très bon rendement (155 lm/W, 7.3 %), peut émettre plus que 3 mW de lumière, a un angle d'ouverture de seulement 15° et surtout se laisse moduler en HF. J'ai essayé beaucoup de diodes et j'ai dû renoncer aux modèles infrarouges car ils atteignent à peine le MHz. Toutes les diodes « visibles » que j'ai essayé, par contre, fonctionnent très bien jusqu'à 10 ou 20 MHz.

Ceci est suffisant pour émettre en FM ou en CW mais n'est pas assez linéaire pour les autres modes. Pour émettre en AM ou en SSB il faut polariser la diode LED avec un courant continu d'environ 10 mA, limité par la résistance de 1 k Ω . Les deux condensateurs de 10 nF et 100 nF

ainsi que l'inductance de $33 \mu\text{H}$ servent à empêcher que le signal RF puisse se propager dans les câbles d'alimentation. Le fait de polariser la diode LED permet aussi de monter beaucoup plus haut en fréquence.

Pour faire les choses « propres et en ordre, » j'ai monté ce petit circuit à l'intérieur d'un tube de cuivre pour éviter tout rayonnement parasite. Vu qu'il s'agit d'un schéma HF, il est aussi judicieux d'utiliser des capacités à disque ou en céramique (fig. 2).

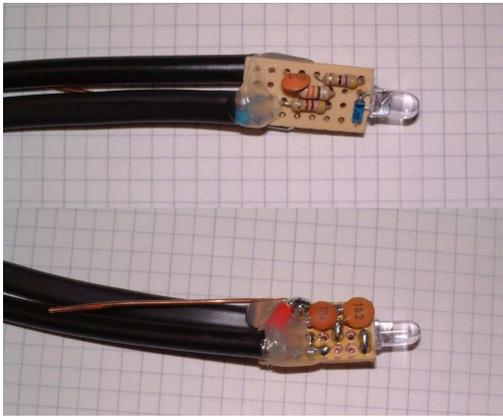


Fig. 2 : L'émetteur (vu des deux côtés).

Le récepteur

Le schéma du récepteur n'est pas plus compliqué que le précédent (fig. 1). Comme photodiode j'ai choisi le modèle SFH213 produit par Osram car il a une bonne sensibilité à la lumière visible et non pas seulement à l'infrarouge. Elle est aussi assez directive avec un angle d'ouverture de seulement 10° . En choisissant une photodiode, il faut considérer que plus la surface du chip est grande, plus sa sensibilité sera élevée, mais sa capacité parasite sera aussi plus grande et la fréquence maximale de travail sera plus petite. L'SFH213 a une surface utile de 1 mm^2 et une capacité parasite de 11 pF à 0 V . Les photodiodes de couleur noire ne sont sensibles qu'à infrarouge et ne se prêtent pas à cette application.

Cette capacité parasite est le facteur limitant de la bande passante et, pour la réduire le plus possible, il faut polariser la photodiode avec une tension inverse. 12 V_{DC} est déjà une bonne valeur ; pour réduire davantage la capacité on peut utiliser une tension plus élevée, tout en respectant la tension inverse maximale de la photodiode (50 V pour la SFH213). La tension de polarisation est amenée par la résistance de $10 \text{ k}\Omega$. La capacité de 100 nF sert à découpler l'alimentation.

Pour les signaux RF, la cathode de la photodiode se trouve connectée à la masse à travers la capacité de 10 nF qui, en HF, a une impédance beaucoup plus faible que $10 \text{ k}\Omega$ et empêche donc la RF de remonter vers l'alimentation.

La résistance de 330Ω est la résistance de charge de la photodiode et forme un circuit RC avec la capacité parasite de cette dernière. En choisissant une résistance plus petite la constante de temps sera plus courte, la fréquence sera plus élevée, mais le signal sera plus faible, et vice-versa.

Le signal RF est couplé vers l'entrée d'antenne du récepteur à travers une capacité de 10 nF qui empêche la DC de rentrer dans le récepteur.

Ici aussi il est judicieux d'utiliser des condensateurs en céramique et de bien blinder ce circuit pour éviter qu'il puisse capter directement le rayonnement RF à la place du signal lumineux (fig. 3 et 4).

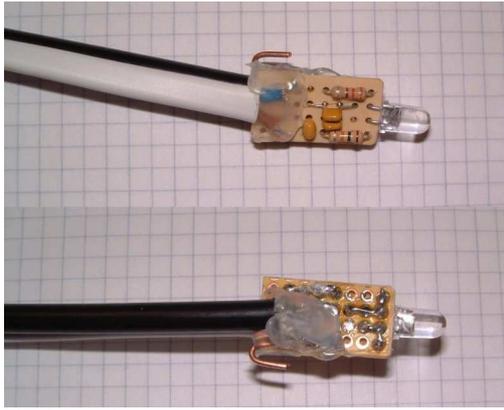


Fig. 3 : Le récepteur (vu des deux côtés).

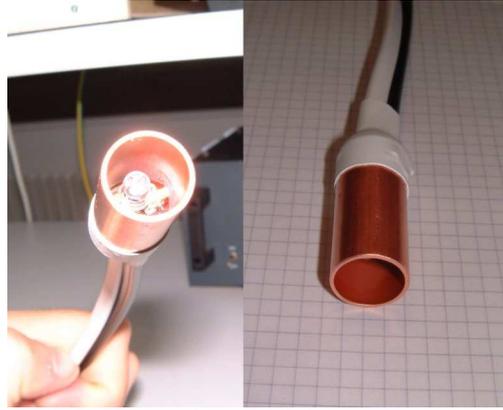


Fig. 4 : Le récepteur dans son blindage.

Petits conseils, choses à essayer

Avec les deux schémas tels que je les ai présentés, on arrive à couvrir une distance d'environ 7 m à 10 m. Pour aller plus loin, il faut mieux concentrer la lumière émise et reçue, et on peut essayer tout plein d'objets disponibles à la maison : loupes, lunettes, jumelles, télescopes, objectifs pour caméras, oculaires de caméscope, miroirs paraboliques, phares de voiture, couvercles de casseroles, miroirs d'ampoules halogènes,... Personnellement, j'ai utilisé des vieilles jumelles qui m'ont permis d'atteindre environ 30 m (j'appellerai ça « DX »...). À une telle distance il est indispensable de monter l'optique sur un support, car bouger d'un demi-degré suffit à perdre le signal. La nuit, on atteint en général des distances plus élevées.

Pour augmenter la portée il faudrait peut-être essayer plusieurs diodes LED en parallèle, ou aussi une diode laser (en utilisant une polarisation plus compliquée).

Je conseille aussi de toujours essayer de couvrir les diodes avec la main pour vérifier que c'est bel et bien le signal optique que l'on reçoit et non pas la RF directement.

En général, le signal est plus fort si la fréquence est basse : pour le « DX » il vaut mieux émettre à 1.8 MHz qu'à 21 MHz.

Si votre récepteur peut descendre jusqu'à 30 kHz, vous pouvez démoduler aussi les signaux émis par les télécommandes infrarouges qui modulent en général une sorte de CW entre 30 et 50 kHz.

Vue la simplicité des deux circuits, ça vaut la peine de prendre le fer à souder et de faire des essais.

Bon bricolage, 73, HB9DUL