

Construction modulaire d'une balise de détresse de type 406 MHz fonctionnant en bande RA UHF (Seconde partie)

Jean-Paul YONNET
F1LVT@yahoo.fr
www.F1LVT.com

Nous allons présenter la construction d'une balise de détresse de type 406 MHz réalisée en associant des modules préexistants et un modulateur PSK. La première partie a décrit le principe, le générateur et le modulateur [1]. Nous allons maintenant développer la description de la balise elle-même et son amplificateur.

Balise 406 MHz de faible puissance

La solution la plus simple pour avoir une balise de très faible puissance est d'associer directement le générateur UHF au modulateur PSK, sans amplification. La Photo 1 montre ce type de montage, avec le générateur, une carte de pilotage sur l'entrée du modulateur et une antenne de type Ground Plane 406 MHz montée directement sur la sortie du modulateur [2, 3].

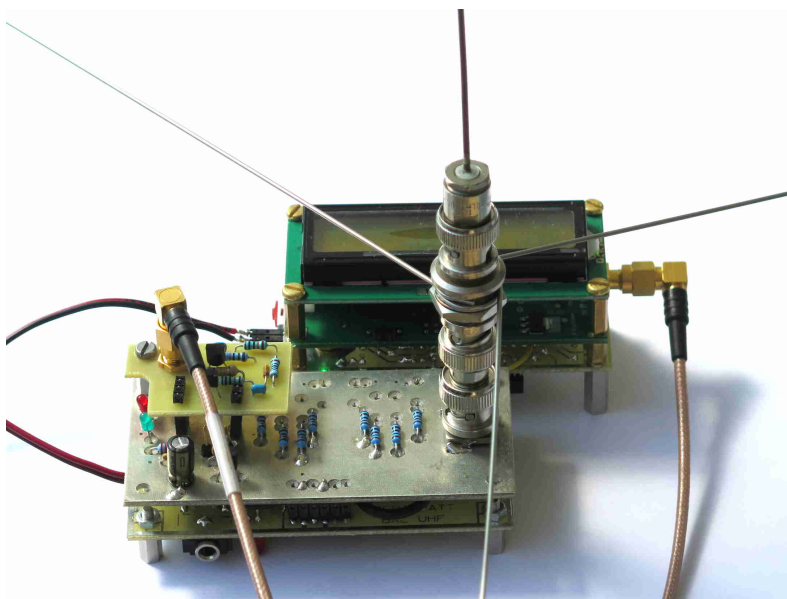


Photo 1 : Le signal du générateur est envoyé par la carte de pilotage, et l'antenne GP 406 est directement placée en sortie du modulateur

La carte de pilotage comporte une diode PIN pilotée par le modulateur (Figure 1). Cet interrupteur à diode PIN permet de réduire le niveau de l'émission entre deux trames. Cette carte de pilotage est connectée au modulateur par « VDD » (10V ou 12V), « D » (signal 5V lors du passage en émission) et la masse (Photo 2). Le signal « D » commande un MOSFET canal N (BS170 ou équivalent) associé à un MOSFET canal P, qui pilote un interrupteur à diode PIN D1. Le signal RF du générateur est envoyé sur le point « T » du modulateur. Le signal modulé apparaît sur la prise BNC du modulateur.

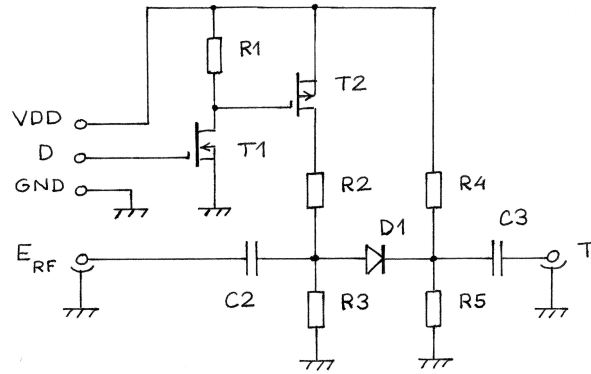


Figure 1 : Schéma de la carte de pilotage du modulateur

Liste des composants de la carte de pilotage du modulateur

Résistances

R1	100 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3	100 kΩ
R4	10 kΩ
R5	1 kΩ

Condensateurs

C2, C3	1 nF
--------	------

Autres composants

T1	BS170	MOSFET canal N
T2	BS250	MOSFET canal P
D1	Diode PIN BA243 ou BA244	

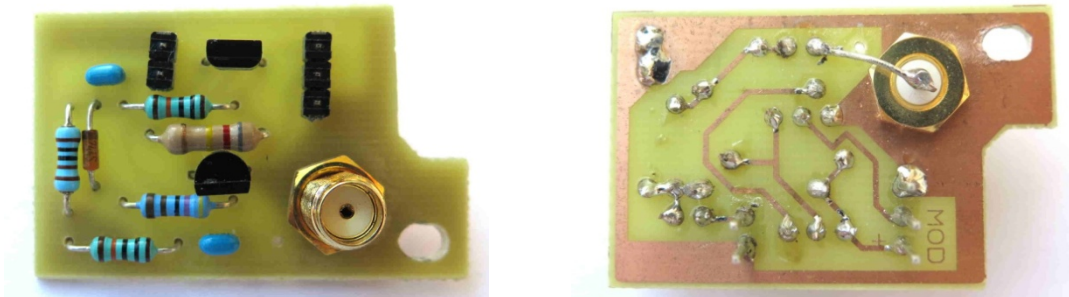


Photo 2 : La carte de pilotage du modulateur

La puissance en sortie de la balise lors de l'envoi d'une trame, mesurée au milli-wattmètre, est de -10 dBm (0,1 mW). Entre 2 trames, cette puissance est 10 fois plus faible : -20 dBm (10 μW). La traversée du modulateur et de la diode PIN d'entrée atténue le signal d'environ 10 dB.

Avec un tel niveau de puissance de 0,1 mW (soit 100 μW), on peut faire fonctionner la balise sur fréquence réelle. Il n'y a pas beaucoup de risques d'être entendu par les satellites COSPAS SARSAT. Cette balise de petite puissance est un bon outil pour tester des systèmes « récepteurs – décodeurs » par exemple. Malgré sa faible puissance, nous avons vérifié que cette balise permet de tester le décodage par un ensemble « récepteur – décodeur » à plus de 10 mètres de distance du récepteur.

Balise de type 406 avec une puissance d'un demi-watt

Pour construire une balise plus puissante, nous allons faire suivre le modulateur par un amplificateur UHF (Figure 2). Ceci va permettre d'atteindre une puissance de 0,5 à 0,6 W. C'est largement suffisant pour une utilisation sur le terrain, pour faire des exercices. C'est 10 fois la puissance en 121,5 MHz, qui est le plus souvent de l'ordre de 50 mW.

Avec ce niveau de puissance, il ne faut pas s'amuser à émettre sur les fréquences réelles. Nous avons fait nos essais dans la bande radioamateur, sur 431,995 MHz (Photo 6).

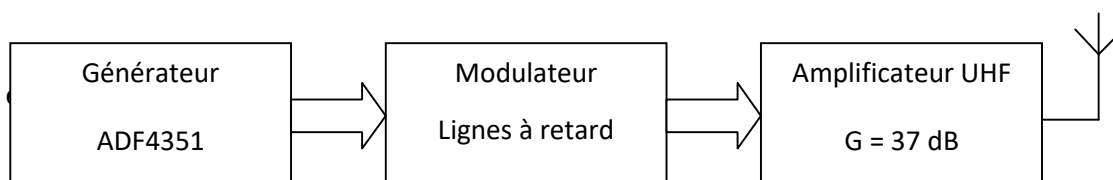


Figure 2 : Schéma de principe de la balise type 406 avec ses 3 éléments : le synthétiseur, le modulateur et l'amplificateur qui amène la puissance émise à plus de 500 mW

L'amplificateur UHF utilisé

L'amplificateur utilisé peut fonctionner de 1 MHz à 700 MHz. Il est capable de fournir 3,2 W. Un petit radiateur permet d'assurer la dissipation de la chaleur (Photo 3).

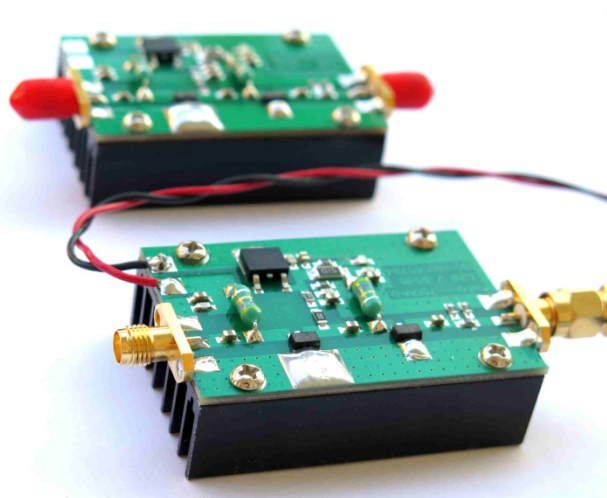


Photo 3 : Amplificateur RF 1 MHz – 700 MHz, 3,2 W

D'après les caractéristiques qu'on peut trouver sur internet, il ne faut surtout pas faire fonctionner l'amplificateur sans avoir connecté la sortie sur une charge ou une antenne. Cet amplificateur UHF peut fournir 3,2 W (35 dBm) de puissance sur 50 ohms, avec un gain de 35 dB. Il faut 0 dBm (1 mW) à l'entrée pour avoir cette puissance en sortie. Il peut être alimenté en 12V, au maximum 15V, et il consomme 450 mA au maximum de puissance. Sa taille est de 56 x 37 x 15 mm. Ses performances se réduisent un peu au-delà de 500 MHz, où la puissance maximale descend à 1,6 W (32 dBm), et il faut 2 dBm à l'entrée pour atteindre cette puissance.

Pour notre balise, nous ne voulions pas pousser cet amplificateur dans ses performances extrêmes. Nous l'avons testé seul, alimenté par 10 V puis 12V, sans lui faire sortir sa puissance maximale. Il vaut mieux réduire un peu la puissance de sortie pour éviter de détruire trop rapidement l'amplificateur en cas de désadaptation de la sortie.

Les mesures de gain ont été effectuées avec un milli-wattmètre HF. Avec un niveau d'entrée successivement de -17 dBm, -12 dBm, -7 dBm, on obtient un niveau de sortie de +19dBm, +24dBm et +29dBm avec une alimentation de 10V. Le gain est constant, de 36 dB. Pour -1dBm (0,8 mW) à l'entrée, nous avons mesuré +31 dBm (1,3 W) en sortie. Le gain n'est plus que de 30 dB. L'amplificateur commence à saturer autour de -6dBm à l'entrée, et la puissance de sortie est alors autour de 30 dBm (1W) alimenté par 10V. La documentation donne un gain de 35 dB et nous avons mesuré un gain de 36 dB.

Nous avons ensuite mesuré la réponse de l'amplificateur alimenté en 12V, par un accumulateur plomb. Toujours avec un niveau d'entrée entre -17 dBm et -7 dBm, on obtient un niveau de sortie de +20dBm, +25 dBm et +30dBm. Le gain est constant, de 37 dB. Pour -1dBm (0,8 mW) à l'entrée, nous avons mesuré +32 dBm (1,5 W) en sortie (gain = 33 dB). Avec les conditions d'alimentation utilisées (12V), l'amplificateur commence à saturer autour de -4 dBm à l'entrée, et la puissance de sortie est alors autour de 31 dBm (1W). En montant la tension d'alimentation de 10V à 12V, on a gagné de l'ordre de 1 dB sur le gain et 1 dB sur la puissance maximale de sortie.

Nous avons aussi testé la réponse de l'ampli avec -1 dBm à l'entrée et l'amplificateur alimenté (en 10V ou 12V) ou non-alimenté. Dans le premier cas la puissance de sortie est de +31dBm en 10V et de +32 dBm en 12V, Dans le second cas, avec une puissance d'entrée de -1dBm mais avec l'amplificateur non-alimenté, la puissance de sortie n'est pas mesurable. La coupure de l'alimentation de l'amplificateur peut servir comme Arrêt – Marche pour la transmission de la balise.

Juste un petit commentaire sur la qualité des modules tout montés trouvés sur internet. Lors du passage au banc de mesures, nous avons quelquefois été déçus par les différences entre les caractéristiques annoncées et les caractéristiques réelles. Les vendeurs ont tendance à présenter ce qu'ils vendent sous leur meilleur jour, et les résultats peuvent être décevants. Le record, ce sont les modules UHF 433 MHz donnés pour 500 mW (27 dBm) et qui sont incapables de sortir la moitié de la puissance annoncée. En comparaison, aussi bien le synthétiseur AD4351 que cet amplificateur sont des modules bien construits, conformes à leur description et qui fonctionnent très bien. D'autres personnes ont mesuré cet amplificateur et ont mesuré un gain de 44 dB à 144 MHz et 15V, et un point de compression en puissance de 1dB à 1,3 W de puissance de sortie [4].

La carte de pilotage du modulateur

Dans notre balise, le signal du synthétiseur est envoyé en permanence dans le modulateur. Toutes les 50 secondes ou toutes les 6 secondes en fonction des paramètres utilisés, la modulation est transmise sur la porteuse en PSK +/- 1,1 radians. Le passage en émission de la balise est piloté par l'alimentation de l'amplificateur final (Photo 4).

C'est la carte de pilotage qui permet de commander l'alimentation de l'amplificateur final (Figure 3). Le signal « D » (signal 5V de passage en émission) est relié à un MOSFET canal N (BS170 ou équivalent) associé à un MOSFET canal P. Ce dernier doit pouvoir laisser passer un courant qui peut aller jusqu'à 450 mA. Comme un BS250 n'est pas assez puissant pour cela, nous avons utilisé un MOSFET de puissance canal P de type IRF4905. Ce dernier est très largement surdimensionné ; tout MOSFET canal P de puissance capable de faire passer au moins un ampère peut être utilisé.

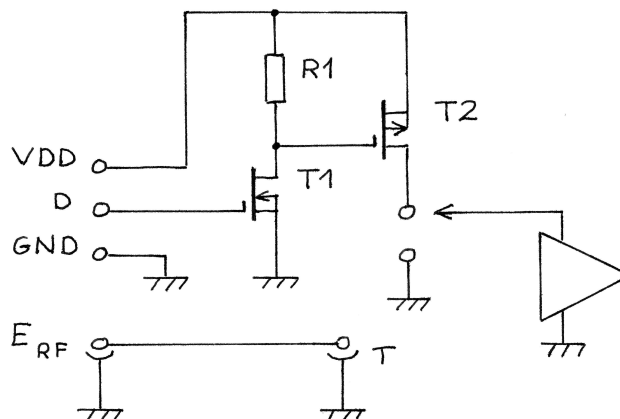


Figure 3 : Schéma de la carte de pilotage du modulateur

Liste des composants de la carte de pilotage du modulateur

Résistances

R1 100 k Ω

Autres composants

T1 BS170

MOSFET canal N

T2 IRF4905 (ou équivalent)

MOSFET canal P de puissance $I \geq 1A$

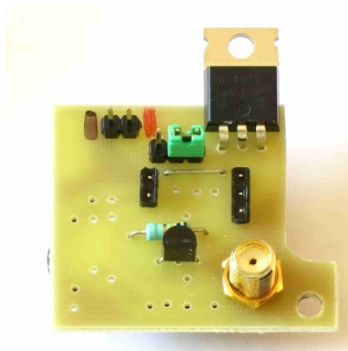


Photo 4 : La carte associée au modulateur, qui pilote l'alimentation de l'amplificateur. La carte est plus grande car elle permet aussi le montage d'une diode PIN en amont du modulateur (non montée sur la photo) pour construire une balise de petite puissance.

Fonctionnement de la balise de type 406 MHz

La Figure 5 montre les 3 éléments de la balise reliés entre eux : le synthétiseur, le modulateur et l'amplificateur final relié à la carte de pilotage au dessus du modulateur.

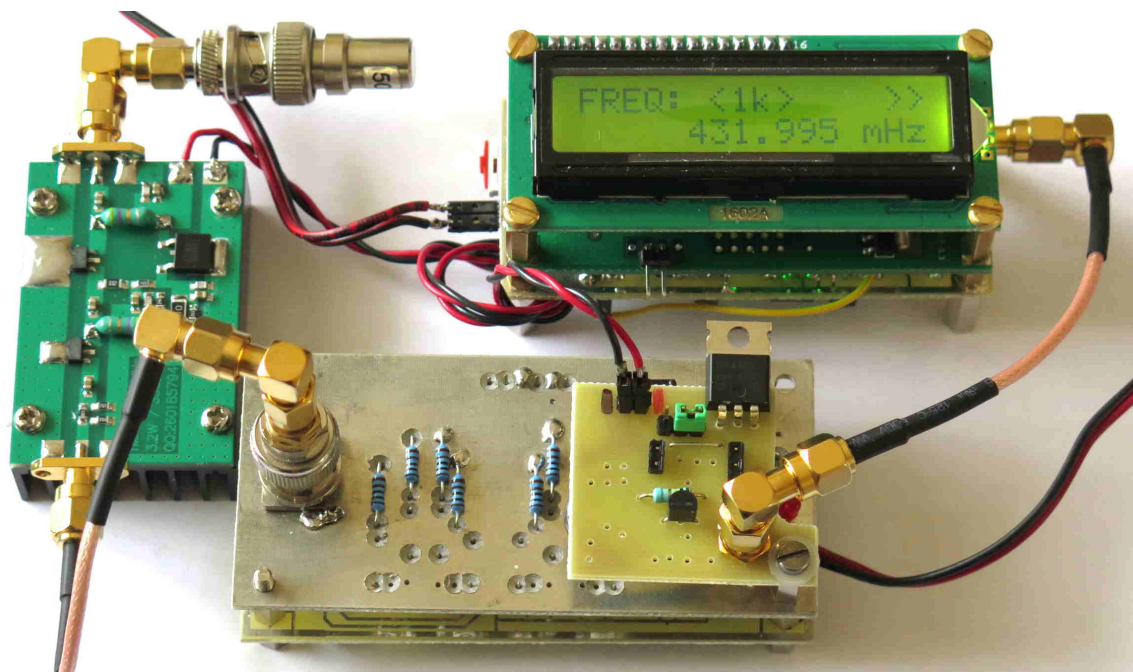


Photo 5 : La balise de type 406 MHz

La puissance mesurée pour la balise est entre +27 dBm et + 28 dBm, ce qui correspond à une puissance **entre 500 mW et 630 mW**, quand la balise est alimenté par une batterie 12V. L'amplificateur final n'est pas saturé, il travaille dans sa partie linéaire. Entre 2 trames, la puissance n'est pas mesurable.

En 12V, le courant consommé est de 410 mA en émission et 160 mA entre 2 trames. L'amplificateur seul consomme 250 mA, mais il ne fonctionne qu'au passage des trames. Le synthétiseur et le modulateur sont en fonctionnement permanent et ils consomment respectivement 130 mA et 30 mA.

Cette puissance de 500 mW est largement suffisante pour faire des exercices sur le terrain. Elle est entendue très loin. C'est pour cela qu'il ne faut absolument pas faire fonctionner cette balise sur fréquence réelle (bande 406 MHz) car elle serait immédiatement entendue par les satellites.

Cette balise fonctionne avec un GPS extérieur déconnectable. Le GPS est relié par une prise Jack 3,5 mm stéréo. La pointe porte la tension d'alimentation du GPS, abaissée à 3,3 V par la LED série. Le signal du GPS passe par l'anneau du Jack.

Avec la dernière version du programme du PIC « générateur de trames », le GPS fonctionne à 4800 bauds, 9600 bauds et même plus [5]. Il fonctionne aussi avec les constellations Beidou et Glonass.

En position « 50 secondes entre 2 trames », ce qui correspond au fonctionnement réel, la position n'est transmise que si un GPS est connecté. Dès qu'on déconnecte le GPS, la position disparaît de la trame.

Le cas de la position « 6 secondes entre 2 trames », c'est-à-dire en position d'essais rapides, le PIC transmet des positions préenregistrées même sans GPS. Si on connecte un GPS, il est prioritaire sur les positions préenregistrées.

Il va de soit que nous avons décrit le principe de base et un exemple pratique de construction de balise de détresse de type 406 MHz, avec ses parties originales du synthétiseur piloté, du modulateur à lignes à retard et de l'ampli commuté. Le montage fonctionne parfaitement, mais il est certainement possible d'améliorer encore le montage, sur la partie filtrage par exemple.

Nous avons toujours appelé cette balise « de type 406 MHz » car c'est une balise d'exercice qui ne doit jamais fonctionner sur fréquence réelle même si son générateur radiofréquence en est capable. Il faut la faire fonctionner dans la bande radioamateur.

Références :

Articles sur le site internet < www.F1LVT.com >

[1] « Construction modulaire d'une balise de détresse de type 406 MHz et fonctionnant en bande RA UHF (Première partie) »

<http://www.f1lvt.com/files/250a-BaliseModulaireType406-Part1.223.pdf>

[2] « Générateur de signaux VHF – UHF, -- Utilisation pour la construction de balises »

<http://www.f1lvt.com/files/246-GenerateurVHF-UHF.219.pdf>

[3] « Pilotage du générateur ADF4351 pour un fonctionnement automatique »

<http://www.f1lvt.com/files/247-PilotageGenerateurVHF-UHF.220.pdf>

[4] - EB_#254 Banc d'Essai - Ampli RF 3W à Large Bande (1-700 MHz)

<https://www.youtube.com/watch?v=BSRY8ChUU2E>

[5] « Simulateur de Balise 406 -- Evolution du « Générateur de Trames » : positions préenregistrées et GPS à 9600 bauds »

<http://www.f1lvt.com/files/319-SimulateurBalise406.48.pdf>