

## Suite et fin de la « véritable » balise 406 : la partie 121.375 MHz :

Jean-Paul / F1LVT /  
ADRASEC 38  
F1LVT@yahoo.fr

Le montage a d'abord été mis au point pour réaliser la partie 121,375 MHz du prototype de balise COSPAS-SARSAT dont la partie 406 MHz a déjà été construite [1]. Son circuit électronique utilise un multiplicateur de fréquence associé à un système original de modulation. Après cette première réalisation, une version simplifiée de ce montage a ensuite été utilisée pour concevoir la balise « Demi Cube ».

### Balise 121,375 MHz associée à une balise 406

Une balise 406 transmet des trames très courtes en 406 MHz et elle émet en permanence sur 121,500 MHz. Cette partie 121 MHz d'une balise 406 MHz n'émet qu'environ 100 mW. Certaines balises, en particulier les PLB (balise personnelle), n'émettent que 50 mW en 121 MHz.



*Photo 1 : La carte de l'émetteur 121,375 MHz montée avec la balise 406.  
Elle génère une puissance de 100 mW.*

Rappelons que cette émission 121,500 MHz est permanente pour permettre la localisation par radiogoniométrie à courte distance. L'émission 406 est nettement plus puissante (5W) mais beaucoup plus courte (500 ms toutes les 50s). La puissance en 121,5 est limitée à 100 mW pour obtenir une durée de vie raisonnable des batteries en cas de déclenchement de la balise.

Une contrainte importante, c'est la tension d'alimentation. Mais comme le module 406 est prévu pour fonctionner avec des piles lithium, sa tension d'alimentation est de l'ordre de 7 volts. Le module 121,500 MHz doit pouvoir fonctionner sous cette tension maximale, ou sous une tension inférieure, 5V par exemple.

Quant à la fréquence, c'est toujours 121,500 MHz pour les véritables balises qui déclenchent les recherches, et 121,375 MHz pour les balises d'exercice.

Toujours pour pouvoir fonctionner avec le module 406 et transmettre sur la même antenne, il faut pouvoir interrompre l'émission 121 pendant la transmission 406. Cette interruption est pilotée par un signal logique en 3,3V.

Avec ce cahier des charges, nous avons conçu une balise originale (Photo 1). Le cœur est un circuit multiplicateur de fréquence ICS 511 (Photo 2).

## Le circuit intégré ICS 511

C'est un minuscule circuit intégré en CMS (Photo 2) capable de multiplier la fréquence d'un quartz par un facteur préprogrammé (Figure 1). Il est capable de monter à 200 MHz [2]. Il peut être alimenté en 3,3V ou 5V. Le quartz doit fonctionner en résonance parallèle, en mode fondamental.

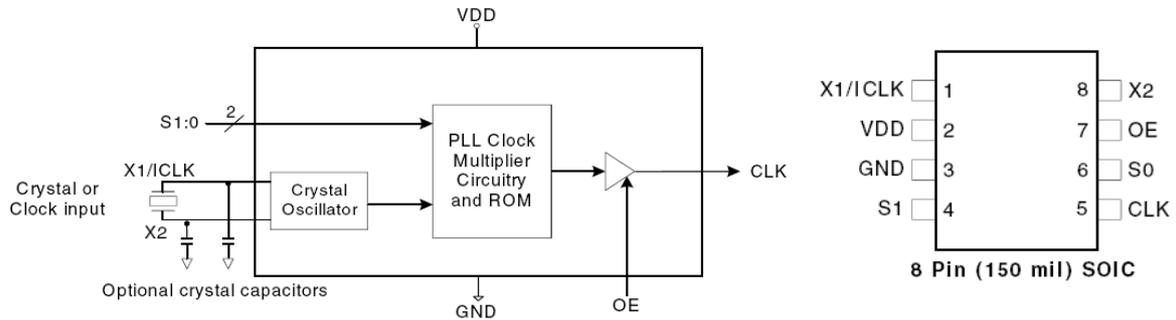


Figure 1 : Schéma bloc et brochage du circuit ICS 511.

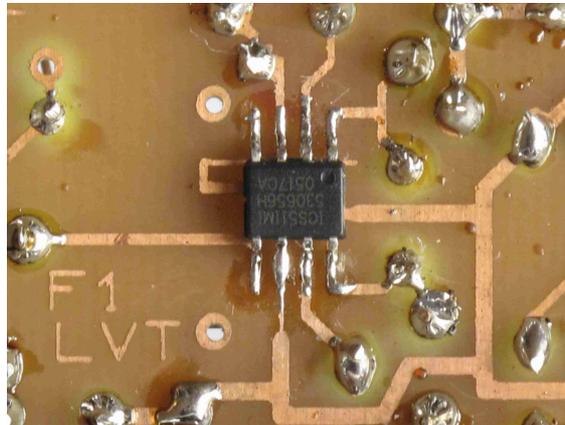


Photo 2 : Circuit intégré ICS 511 soudé coté pistes cuivre sous le quartz.

Avec un quartz à la fréquence «  $f_0$  », en multipliant la fréquence par 8 par le ICS 511, on obtient directement un oscillateur sur «  $8f_0$  ». Sur la Photo 1, on arrive à lire la fréquence du quartz : 15,171800. Après multiplication par 8, on obtient 121,374400. Le condensateur variable à coté du quartz permet d'ajuster parfaitement la fréquence : la plage de réglage est un peu supérieure à  $\pm 10$  kHz, ce qui permet d'obtenir sans problème 121,375 MHz.

Le facteur de multiplication est piloté par les 2 entrées S0 et S1. Pour multiplier les possibilités, ces 2 entrées peuvent être mises à 3 niveaux : tension d'alimentation, masse ou non connecté. Ceci permet de commander 9 rapports de multiplication (voir Figure 2). Nous avons choisi un coefficient 8 pour nos réalisations.

S1	S0	CLK
0	0	4X input
0	M	5.333X input
0	1	5X input
M	0	2.5X input
M	M	2X input
M	1	3.333X input
1	0	6X input
1	M	3X input
1	1	8X input

Figure 2 : Rapport de multiplication en fonction des entrées S0 et S1.

0 = à la masse (0V)

1 = au + (+5V)

M = non connecté (flottant)

Avec 2 entrées, on obtient 9 rapports de multiplication.

## La modulation de l'oscillateur

La sortie de l'ICS 511 peut être modulée facilement en fréquence. Il suffit de mettre une Varicap sur le quartz et de piloter la tension appliquée à la Varicap par la modulation. Mais sur la bande aviation, c'est la modulation d'amplitude qui est utilisée. Faire de la modulation d'amplitude avec un ICS 511 est a priori difficile. Une solution aurait été de faire suivre l'oscillateur par un amplificateur et de moduler en AM cet amplificateur.

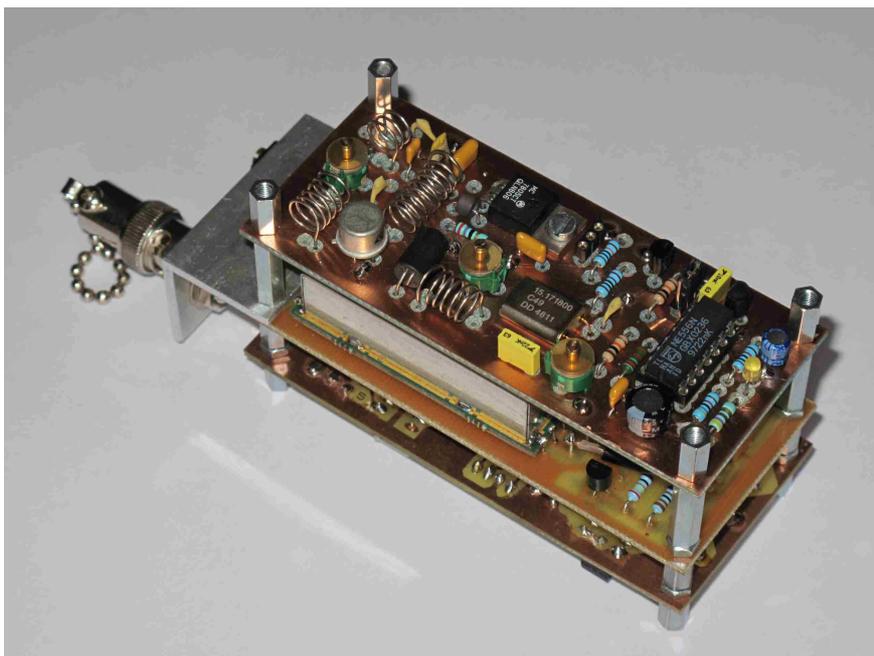
Une autre voie a été explorée. En étudiant la documentation du ICS 511, sa sortie est pilotée par la broche OE. On peut bloquer la sortie de l'oscillateur. C'est un système appelé « tri-state », qui présente 3 états de sortie : niveau haut, niveau bas, et haute impédance. Comme l'impédance de la charge de l'ICS 511 est faible, la position haute impédance revient à couper la sortie. En pratique, en mettant la broche OE à la masse, le signal de sortie est bloqué.

-- Première utilisation pour notre balise 121-406 : l'arrêt de l'émission VHF lors de la transmission de la trame 406.

-- Seconde utilisation : nous avons testé un mode de modulation original. Avec un signal modulant réalisé par une série de créneaux, la sortie de l'ICS 511 suit exactement cette modulation. On réalise un véritable émetteur CW. Cette utilisation non prévue par la datasheet est possible car le temps de réponse du système tri-state est très rapide, inférieur à 50 ns.

Expérimentalement, nous avons mesuré une puissance maximale VHF de sortie de l'ICS 511 de l'ordre de 20 mW. Pour obtenir une puissance supérieure, il faut rajouter un petit amplificateur. Un transistor UHF classique de type 2N3866 fait largement l'affaire. Même alimenté en 5V, le montage sort plus de 200 mW. La puissance a été volontairement réduite à 100 mW.

Quant au modulateur, nous avons réutilisé un montage déjà éprouvé, construit autour d'un NE556 [3]. C'est un système qui génère des créneaux, dont la variation de largeur donne la variation de tonalité.



*Photo 3 : La balise 121,375 MHz couplée sur le prototype de balise 406 MHz.  
Le montage complet constitue une balise bi-fréquence complète 406 - 121.*

## Fonctionnement de la balise bi-fréquence

Cette balise 121 a été conçue pour fonctionner associée à une balise 406 (Photo 3). L'émission 121,375 MHz est envoyée dans le diplexeur intégré du module 406 pour que l'émission des deux émetteurs soit effectuée sur la même antenne. La logique de la balise 406 envoie les signaux de pilotage aux deux émetteurs. Quand la trame 406 est émise, l'émission 121 est coupée.

La taille de la carte a été dimensionnée pour s'adapter au format du prototype de balise 406 réalisé. Les tests longue durée ont montré qu'il n'était pas nécessaire de mettre un radiateur sur le 2N3866. Il chauffe très peu. Quant au circuit ICS511, il supporte très bien le régime haché imposé par le modulateur.

## Références

- [1] « Une véritable balise de détresse 406 », F1LVT, RASEC Infos Technique n°2, Décembre 2011, p 4 – 8.
- [2] Datasheet du circuit ICS 511  
[http://www.dz863.com/datasheet-85764963-ICS511\\_Loco-PII-Clock-Multiplier](http://www.dz863.com/datasheet-85764963-ICS511_Loco-PII-Clock-Multiplier)
- [3] « Modulateur Autonome, ou Comment transformer un TX en balise », F1LVT, RASEC Infos Juillet 2009, p 9 – 12.