

Comment construire très simplement une balise VHF

Jean-Paul YONNET

F1LVT@yahoo.fr

www.F1LVT.com

Une balise VHF simple à construire trouve de nombreuses utilisations. La balise que nous avons réalisé peut facilement être programmée sur une fréquence choisie dans la bande VHF 144 – 146 MHz au pas de 1 kHz, pour la chasse au renard par exemple. Elle peut aussi fonctionner sur 121,375 MHz, ou sur n'importe quelle fréquence dans une large plage de la bande VHF.

Pour que la construction soit le plus simple possible, nous allons utiliser un synthétiseur de fréquence programmable et un amplificateur capable de sortir 100 mW. Ces 2 éléments peuvent être facilement acquis sur internet. La seule partie à construire, c'est le modulateur du signal VHF qui s'insère entre le synthétiseur et l'amplificateur.

Dans cet article, deux versions sont proposées pour la modulation, une première version fonctionne sans aucun composant programmé et une seconde plus évoluée avec un PIC. La modulation est toujours celle des balises de détresse aviation.

Pour la première version, c'est un circuit très classique NE556 (double « timer ») qui génère la modulation. Cette version n'a besoin d'aucun composant programmé, ce qui la rend très facile à construire.

La seconde version utilise un PIC 12F683 programmé pour générer la modulation. Le circuit devient très simple mais il faut programmer un PIC. On peut même entrer un indicatif dans le programme du PIC, et cet indicatif passera à intervalle régulier, toutes les minutes.

Dans tous les cas, que ce soit avec le modulateur avec un NE556 ou avec le modulateur à microcontrôleur, la porteuse est toujours modulée par une simple diode PIN, ce qui permet d'obtenir une porteuse hachée. Le schéma global est relativement simple (Figure 1).

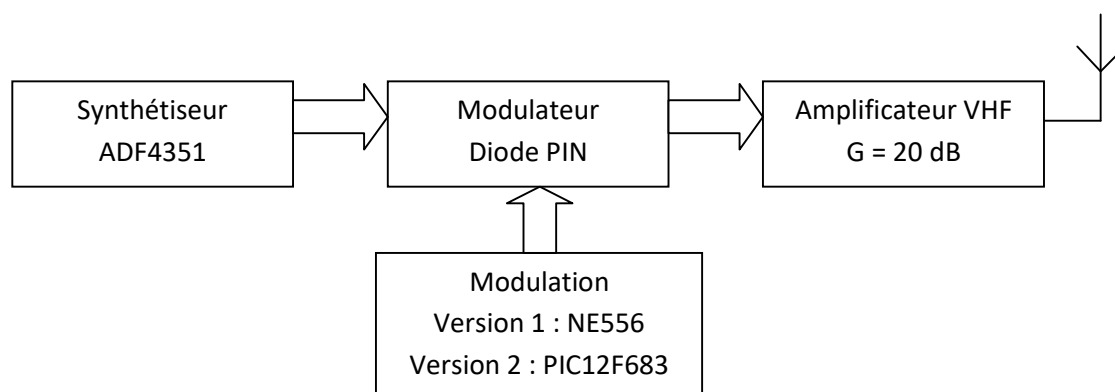


Figure 1 : Schéma de principe de la balise VHF

Cette balise peut être utilisée comme balise d'exercice par les ADRASEC. Il suffit de mettre cette balise sur 121,375 MHz, sans indicatif (montage de base).

Le synthétiseur de fréquences

Le synthétiseur utilisé a été décrit dans l'article « Générateur de signaux VHF – UHF, Utilisation pour la construction de balises » [1]. C'est un générateur de signaux VHF – UHF fonctionnant avec un circuit ADF4351, capable de synthétiser des signaux de 35 MHz à 4400MHz. On le trouve sous forme d'un module tout monté qui fonctionne en programmant la fréquence sur un clavier (Photo 1).

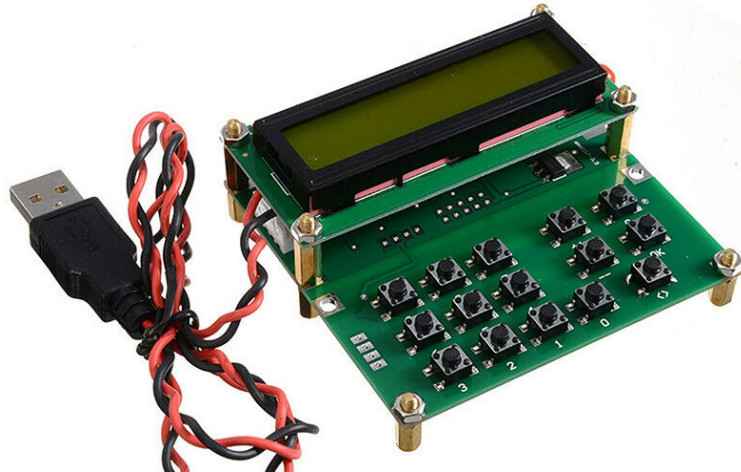


Photo 1 : Générateur ADF4351 pilotable de 35 MHz à 4400 MHz au pas de 1 kHz(Photo eBay)

Nous avons déjà développé un montage avec un PIC 16F88 qui génère automatiquement cette séquence et démarre seule le synthétiseur, mais cette carte est assez complexe [2, 3].

Pour faire un montage simple, nous allons utiliser ici le synthétiseur tel qu'il est livré. Pour démarrer la balise, il faut mettre sous tension le synthétiseur puis le programmer. Pour 144,050 MHz, il faut taper sur le clavier la séquence « 1 » « 4 » « 4 » « 0 » « 5 » « 0 » « OK ». En cas d'arrêt ou de coupure d'alimentation, il faut redémarrer le synthétiseur.

Ce synthétiseur est alimenté en 5V. Cette tension est fournie par un régulateur 7805 sur la carte du modulateur. Ceci permet d'alimenter la balise par toute tension continue entre 8V et 15V.

Le module amplificateur

Pour augmenter le niveau de sortie, nous avons utilisé un module disponible sur internet (Photo 2) permettant d'augmenter le gain de 20 dB, et d'atteindre environ 20 dBm (100 mW).

Cet amplificateur fonctionne de 5 MHz à 6 GHz, avec un gain de 20 dB. Sa taille est assez réduite : 34 mm x 25 mm. La puissance maximale de sortie est de +21 dBm (à 1dB de compression). Nous avons testé et mesuré cet amplificateur seul à la fréquence de 121,375 MHz. Nous avons mesuré un gain de plus de 21 dB.

Comme pour le synthétiseur, l'amplificateur est alimenté par le régulateur 7805 sur la carte du modulateur. Sa consommation est de 85 mA.



Photo 2 : Amplificateur VHF –UHF (doc Ebay)

La partie à construire : le modulateur

Le signal BF de la modulation est utilisé pour piloter une diode PIN, de type BA243. La polarisation de la diode est effectuée par les 4 résistances qui l’entourent (Figure 2). La commande de la diode PIN est effectuée par un transistor MOSFET canal P de type BS250.

- Quand la tension de commande de la diode PIN (tension Drain du MOSFET) est à + 0V (MOSFET BS250 passant), la diode PIN est traversée par un courant continu d’environ 0,5 mA permettant le passage de la HF.
- Quand la tension de commande est à 5V (MOSFET BS250 bloqué), la diode est bloquée par une tension inverse d’environ 0,5 V.

Ce système permet de hacher le signal radiofréquence (RF) au rythme de la modulation.

Un filtre LC série (L1 – C4) a été placé en sortie du modulateur pour ne laisser passer que le fondamental du signal. Le condensateur C3 n’est pas monté. Il faut régler le condensateur ajustable pour avoir le niveau de sortie maximal.

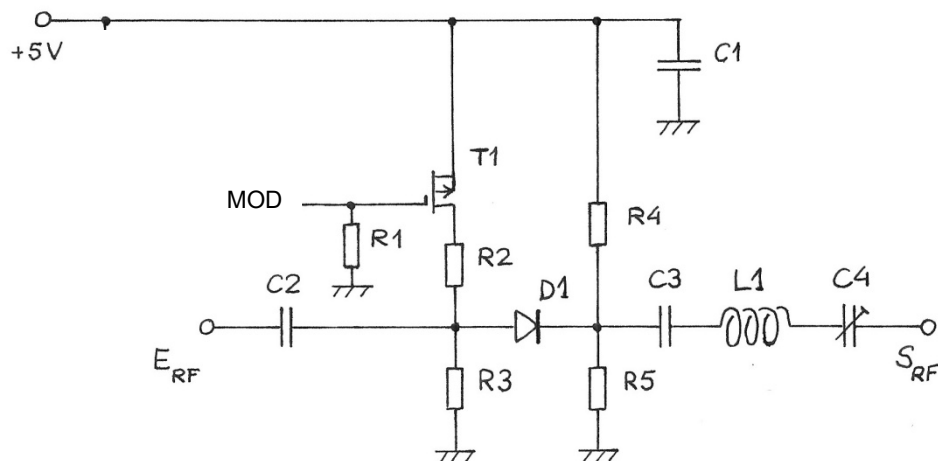


Figure 2 : Circuit du modulateur

La modulation : première version avec un NE555

Deux versions sont possibles avec le même circuit imprimé : une version avec un double timer NE555 et une version avec un PIC 12F683 programmé.

La première version avec un NE555 reprend le modulateur du montage « Modulateur Autonome – ou Comment transformer un TX en balise » [4]. La modulation est créée par un circuit NE555. Le second étage donne la note et le premier étage module cette note pour générer des « piou - piou - piou ». La Figure 3 extraite de cet article montre le circuit. Le système pilote un MOSFET canal P de type BS250.

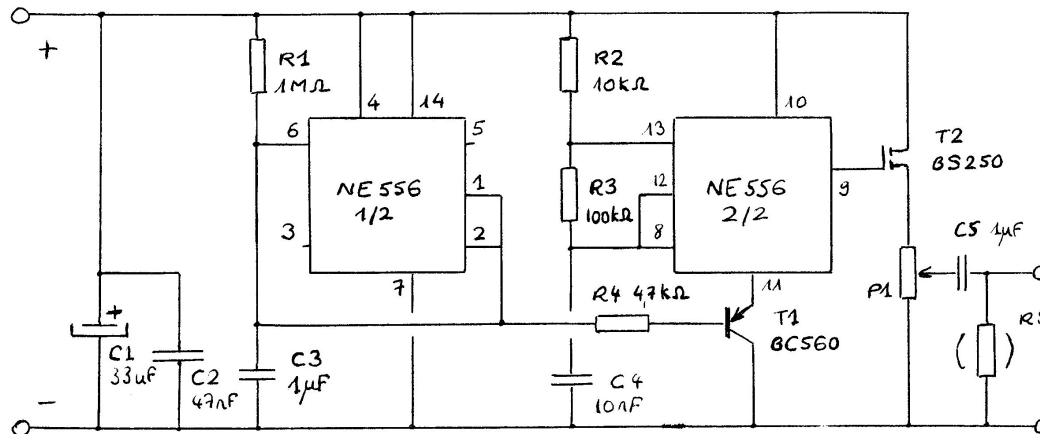


Figure 3 : Modulateur avec un double timer NE555 (extrait de l'article « Modulateur Autonome – ou Comment transformer un TX en balise » [4])

La modulation : seconde version avec un PIC

C'est un microcontrôleur de type PIC 12F683 qui fait la modulation pour la seconde version du modulateur. Ce montage a déjà été publié dans l'article « Modulateur de balise Génépious - Comment transformer facilement un TX en balise » [5].

Le circuit du modulateur de cette seconde version est particulièrement simple. Il est construit autour d'un petit PIC 12F683 à 8 broches qui a été programmé pour générer tous les signaux, c'est-à-dire à la fois la modulation particulière des balises de détresse et aussi le passage d'un indicatif enregistré. L'utilisation d'un composant programmé permet une construction très simple et facilement reproductible.

Le PIC 12F683 génère la modulation sous forme de créneaux de 5V. C'est le même PIC que celui utilisé dans le montage « Génépious » [5]. La largeur variable des créneaux donne le son ininterrompu de « piou - piou - piou - ... ». Le programme du PIC est disponible sur le site www.F1LVT.com [6].

En variante de fonctionnement, on peut transmettre la modulation en alternance avec des silences, à intervalle régulier. Cet intervalle est programmé par les broches 6 et 7 du PIC.

Autre variante de fonctionnement : on peut transmettre un indicatif en Morse. L'envoi de cet indicatif est piloté par la broche 3 du PIC :

- broche 3 isolée (tiré à +V dans le PIC) : pas d'indicatif,
- broche 3 à la masse : transmission de l'indicatif enregistré toutes les minutes.

Pour entrer l'indicatif dans le PIC, il faut lire l'article qui décrit ce type de fonctionnement [5].

Le circuit imprimé est dessiné pour la configuration de base du PIC, c'est-à-dire avec toutes les broches de commande isolées. Cette configuration permet de transmettre une modulation permanente, sans passage d'indicatif, comme une balise de détresse aviation. Mais il suffit de mettre à la masse certaines entrées pour obtenir les différents types de fonctionnement programmés.

Construction de la balise

Le circuit imprimé qui héberge le modulateur et l'alimentation fait exactement la surface du synthétiseur, et il se place en dessous de celui-ci. Il est présenté sur la Figure 3. Ce circuit imprimé permet de construire les 2 versions de la modulation, mais il ne faut utiliser que l'une des deux.

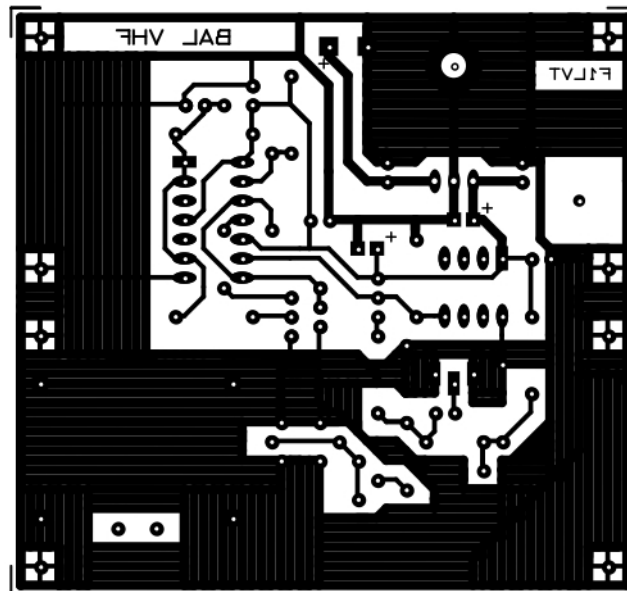


Figure 3 : Circuit imprimé

Pour la modulation avec le NE556, il faut câbler tous les composants de la série 20 (Figure 4). Pour la modulation avec le PIC, il faut câbler ce PIC (IC 31) (Figure 5).

Le point commun entre les deux sources de modulation, c'est la piste qui relie (1) la grille du MOSFET, (2) la broche 5 du PIC (c'est-à-dire la sortie du PIC) et (3) la broche 9 du NE556 (c'est-à-dire la sortie du modulateur). Il est tout à fait possible de tout câbler avec les 2 supports de circuit intégré et de mettre en place soit le PIC 12F683, soit le NE556 (l'un ou l'autre mais pas l'un et l'autre). Avec le même circuit imprimé, on peut ainsi fonctionner soit avec le premier type de modulateur (NE556) soit avec le second (PIC). C'est ce que nous avons fait sur nos premiers prototypes.

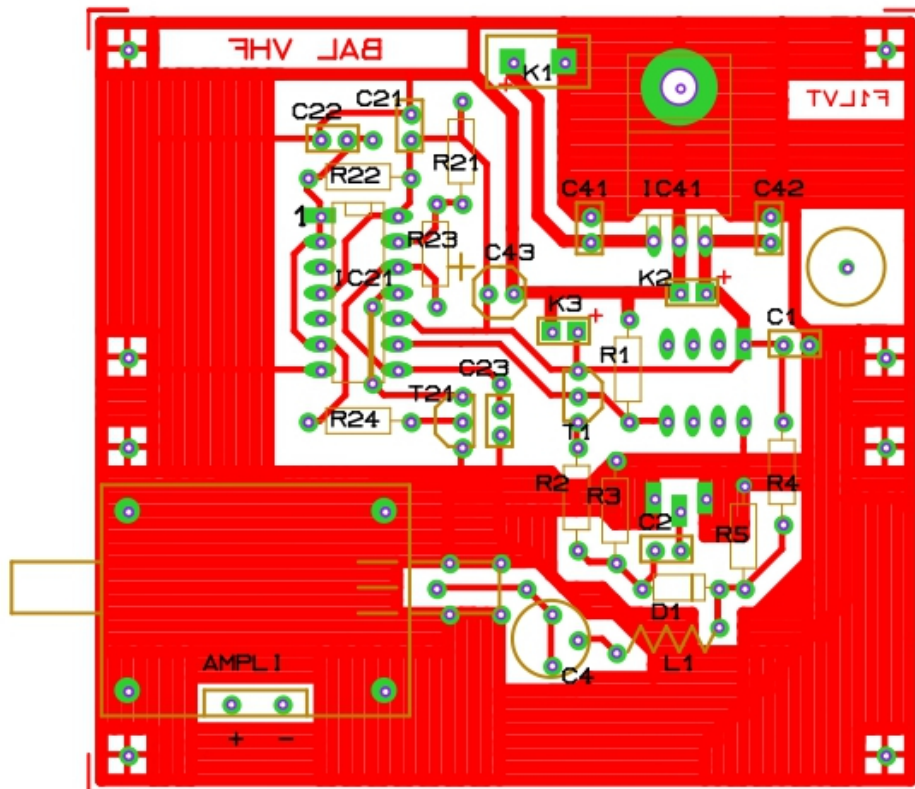


Figure 4 : Les composants sur la circuit imprimé pour la version avec une modulation par un circuit intégré NE556. Seul le PIC et son support ne sont pas implantés.

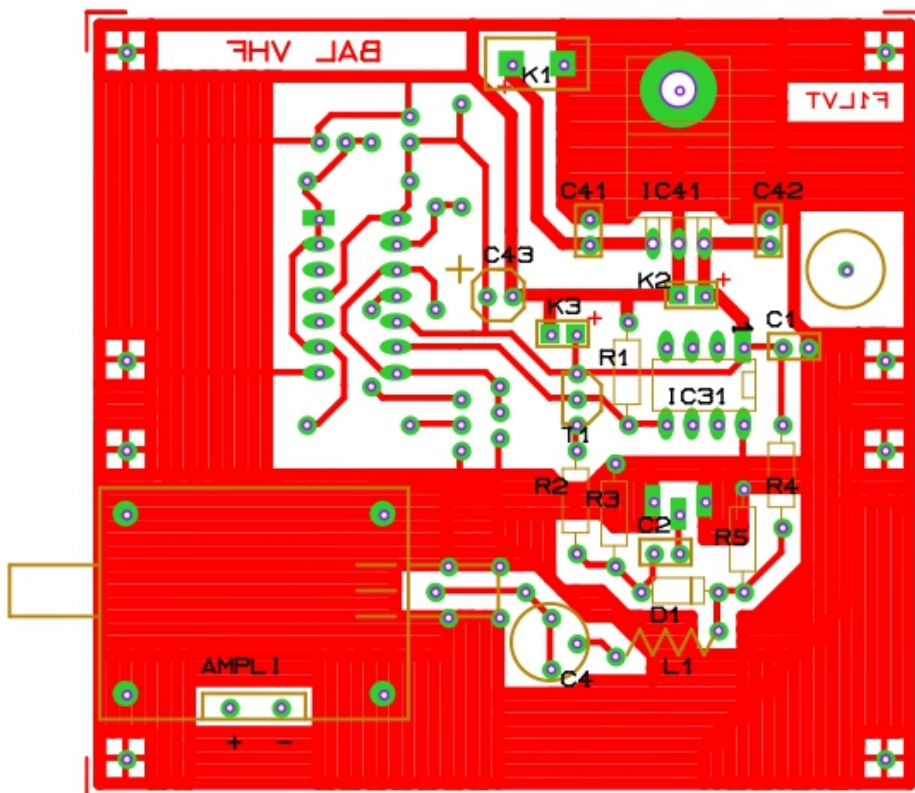


Figure 5 : Les composants sur le circuit imprimé pour la version avec une modulation par un PIC 12F683. Tous les composants de la série 20 autour du circuit NE556 sont absents.

Liste des composants

Modules :

- synthétiseur ADF4351 avec son clavier
- amplificateur RF / 5 – 6000 MHz, Gain = 20 dB

Composants du modulateur

R1	100 k Ω	(entre 100 k Ω et 1 M Ω)
R2	4,7 k Ω	
R3	100 k Ω	
R4	10 k Ω	
R5	1 k Ω	
C1	100 nF	
C2	1 nF	
C4	22 pF	ajustable
L1	Inductance	6 spires sur Φ 6 mm, L 10 mm
D1	Diode PIN	BA243 ou BA244
T1	BS250	MOSFET canal P

Balise avec la modulation faite par un NE556

R21	10 k Ω	
R22	1 M Ω	
R23	100 k Ω	
R24	4,7 k Ω	
C21	100 nF	
C22	1 μ F	
C23	10 nF	
T24	BC560	Transistor PNP

Balise avec la modulation par un PIC 12F683

IC31	PIC 12F683	programmé « Génépious »
------	------------	-------------------------

Composants pour l'alimentation du circuit

C41, C42	100 nF	
C43	47 μ F	
IC41	7805	Régulateur 5V / TO220
K1	Connecteur	alimentation générale 8V – 15V
K2	Connecteur	alimentation 5V synthétiseur
K3	Connecteur	alimentation 5V ampli RF

L'implantation des composants est montrée sur la Figure 4 pour la version NE556 et sur la Figure 5 pour la version PIC 12F683.

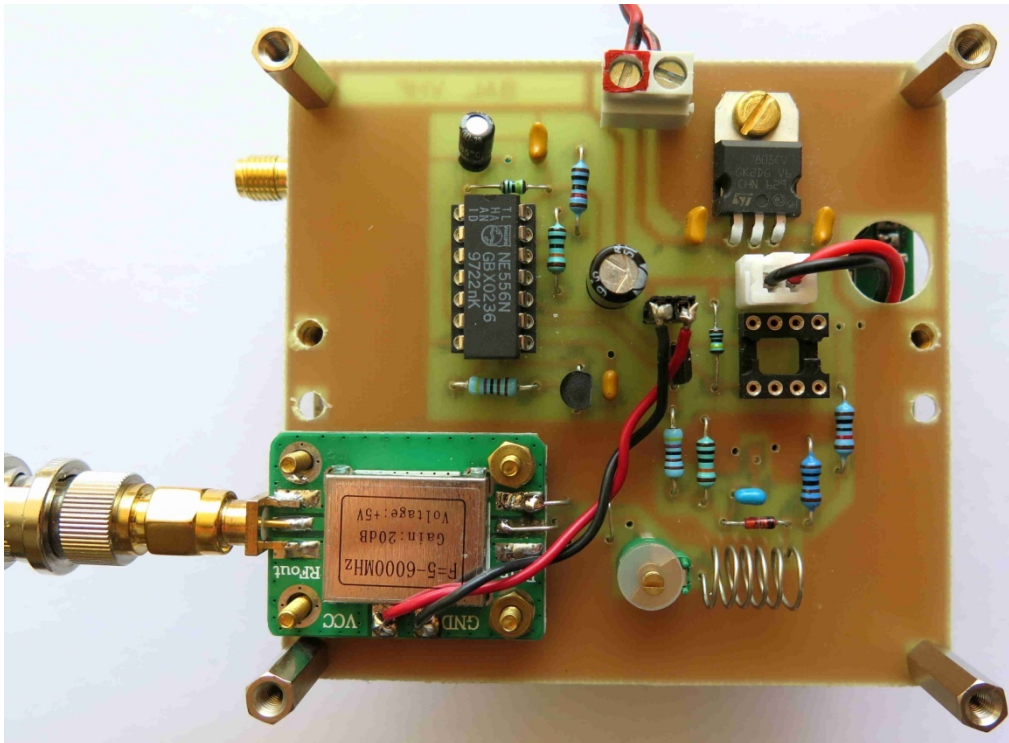


Photo 3 : Carte du modulateur, de l'amplificateur et de l'alimentation

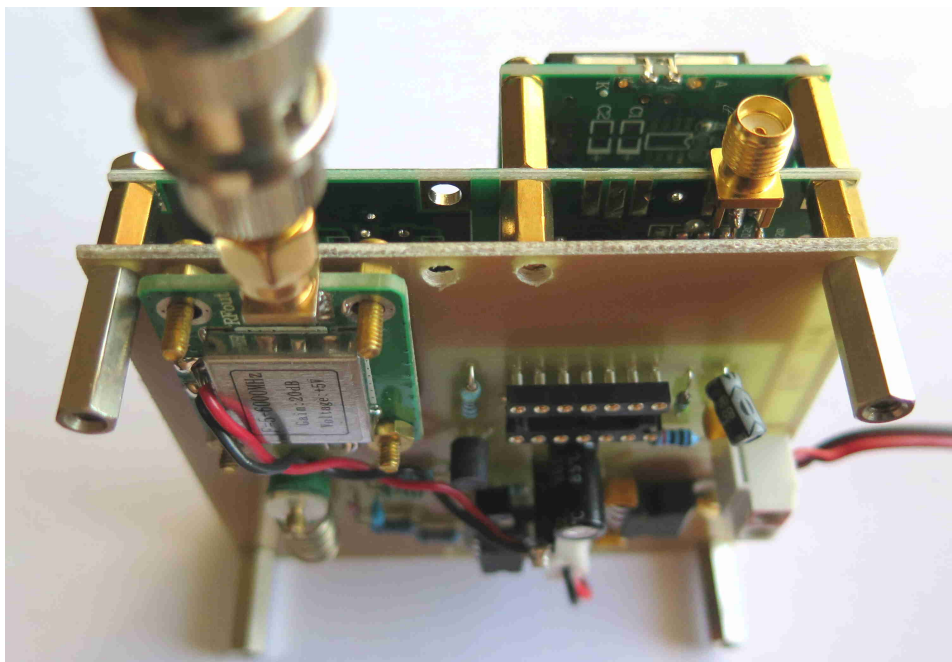


Photo 4 : La carte modulation sous le synthétiseur

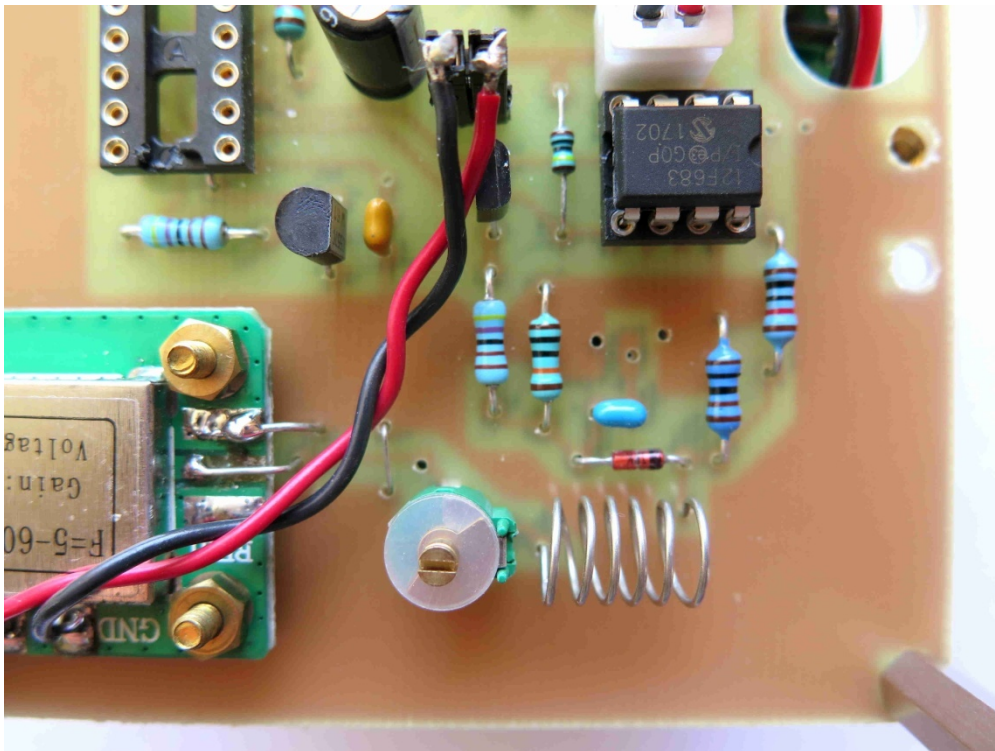
La Photo 3 montre la carte portant le modulateur, l'amplificateur et l'alimentation générale. Cette alimentation est effectuée par un régulateur 7805, ce qui permet d'utiliser comme source toute tension continue entre 8V et 15V. On voit clairement sur la Photo 3 le connecteur K2 qui alimente en 5V le synthétiseur, et le connecteur K3 pour l'amplificateur.

Ce qui n'est pas montré sur les photos, c'est le petit câble coaxial qui relie la sortie du synthétiseur à l'entrée du modulateur, près du condensateur C2.

La Photo 4 présente les 2 cartes assemblées. On voit 2 connecteurs SMA, celui du synthétiseur et celui en sortie du modulateur. Le connecteur SMA du synthétiseur a été laissé pour pouvoir conserver le fonctionnement en générateur de fréquences très large bande (de 35 MHz à 4400 MHz). Le câble coaxial qui relie les cartes est soudé sous ce connecteur.

L'émission modulée de la balise sort par le connecteur SMA de l'amplificateur RF. Cette sortie est connectée à une charge 50 Ω sur les Photos 3 et 4. Si on veut que la balise rayonne un peu plus, il faut la relier à une antenne adaptée.

La Photo 5 montre les composants du modulateur dans la version PIC. Le circuit LC en sortie du modulateur est la seule partie à régler. Les signaux du synthétiseur sont des sinusoïdes un peu aplaties, car issues de diviseurs de fréquence. Ce circuit LC série (filtre passe-bande) permet d'atténuer les harmoniques. Il doit être réglé pour le maximum de signal de sortie sur le fondamental et le minimum sur les harmoniques, en particulier le H3.



*Photo 5 : Gros plan sur le modulateur avec la diode PIN BA243.
La modulation est effectuée par un PIC 12F683*

Sur la Photo 6, on voit le modulateur à NE556, câblé avec ses composants périphériques.

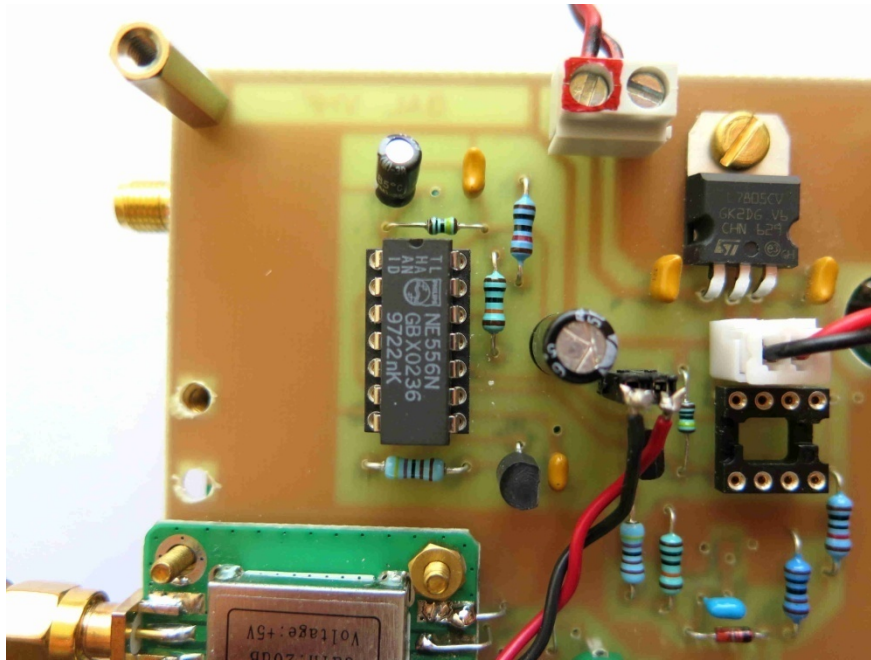


Photo 6 : Les composants autour du NE556 pour la modulation par « timer »

Fonctionnement de la balise

A la mise sous tension, l'afficheur s'éclaire et affiche :

FREQ : <1k>

0.000 MHz

Attention sur l'affichage, les « mHz » sont des « MHz ». La consommation est de 115 mA. Il faut taper au clavier la fréquence en kHz, au pas de 1 kHz. Par exemple « 1 » « 2 » « 1 » « 3 » « 7 » « 5 » pour 121,375 MHz, puis « 0K » pour passer en émission (Photo 7). Le symbole « >> » s'affiche pour montrer qu'on est en émission.

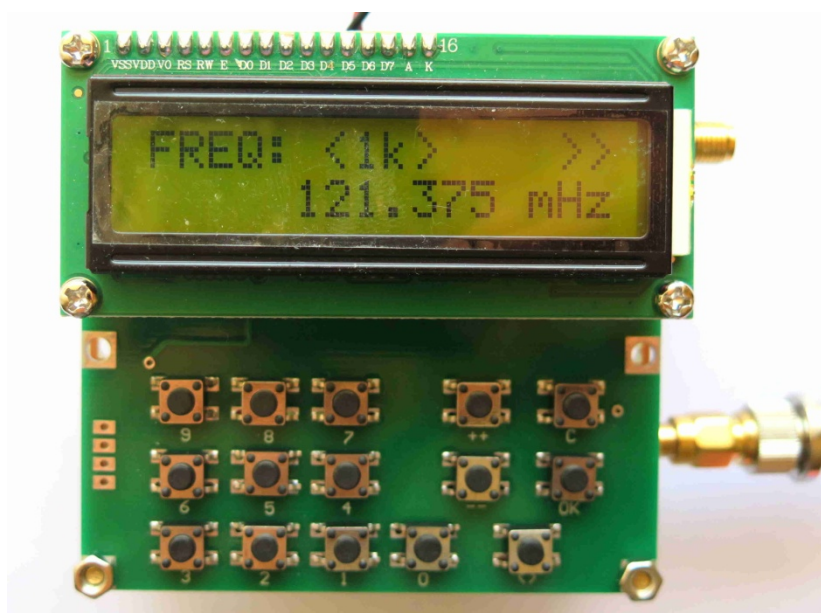


Photo 7 : La balise sur la fréquence d'exercice ADRASEC 121,375 MHz



Photo 8 : La balise fonctionne sur 144,050 MHz

Comme balise de chasse au renard, elle peut être calée sur n'importe quelle fréquence VHF au pas de 1 KHz. Sur la Photo 8, elle émet sur 144,050 MHz. La seule fréquence interdite est 121,500 MHz, la fréquence des balises aviation.

La consommation réelle est d'environ 250 mA avec la porteuse modulée. La puissance de sortie est de 80 mW HF sur porteuse (+ 19 dBm).

A l'écoute, la modulation des deux types de modulateur diffère légèrement. La modulation du PIC est un peu plus rapide et plus grave, avec 3 « piou » par seconde. Celle du modulateur à NE556 est légèrement plus lente et un peu plus aigüe.

Cette modulation par porteuse hachée est très efficace. A l'oscilloscope, elle ressemble à une modulation AM à 100 %. En réception FM, il faut réduire le squelch avec certains récepteurs.

Cette balise a été conçue pour la bande VHF, destinée par exemple au fonctionnement comme balise d'exercice ADRASEC ou comme balise de chasse au renard. Comme le synthétiseur couvre une bande de fréquence beaucoup plus large, il est tout à fait possible de le faire fonctionner dans la bande radioamateur UHF. Il faut alors adapter les composants du circuit de filtrage LC pour pouvoir l'accorder en UHF.

Il est évident que cette balise a été conçue avec les modules disponibles lors de sa conception, tant pour le synthétiseur que pour l'amplificateur. On peut les remplacer par tout module équivalent. Et si vous avez besoin d'un peu plus de puissance, on trouve par exemple des amplificateurs RF 1 MHz – 700 MHz qui ont un gain de 35 dB et une puissance de sortie de 3,2 W ...

Il va de soit que nous avons décrit le principe de base et un exemple pratique de construction de balise VHF, avec sa partie originale du modulateur par diode PIN. Tel qu'il est décrit, le montage fonctionne parfaitement, mais il est certainement possible de l'améliorer encore sur la partie filtrage par exemple.

Synthèse

Cette balise est très facile à construire grâce à l'utilisation de deux modules tout faits : le synthétiseur et l'ampli de sortie. Il ne reste que le modulateur à construire. Cette balise émet avec une puissance de 80 mW (en porteuse) avec la modulation caractéristique des balises de détresse. Elle peut être alimentée par une tension de 8V à 15V.

Deux versions sont présentées dans cet article, la première où la modulation est faite par un NE556, et la seconde où cette fonction est faite par un PIC programmé. La première est destinée à ceux que la programmation d'un microcontrôleur rebute. La seconde avec un PIC est plus simple à construire ; on peut même passer un indicatif.

Références

[1] « Générateur de signaux VHF – UHF, Utilisation pour la construction de balises »
<http://www.f1lvt.com/files/246-GenerateurVHF-UHF.219.pdf>

[2] « Construction modulaire d'une balise de détresse fonctionnant sur 121,375 MHz »
<http://www.f1lvt.com/files/248-BaliseModulaire121.375.221.pdf>

[3] Jean-Paul YONNET, F1LVT, « Générateur de signaux VHF - UHF 'ADF4351' et son fonctionnement avec des fréquences préenregistrées », RADIO-REF n°955, juillet –août 2021, p12-16.
http://www.f1lvt.com/files/247b-RADIO-REF_2021_07-08_p12-16.255.pdf

[4] « Modulateur Autonome – ou Comment transformer un TX en balise »
<http://www.f1lvt.com/files/211-ModulateurAutonome.4.pdf>

[5] « Modulateur de balise Génépious - Comment transformer facilement un TX en balise »
<http://www.f1lvt.com/files/522-ArticleGenepious.123.pdf>

[6] Programme "genepious.hex"
<http://www.f1lvt.com/files/522-Genepious.124.hex>