

Balise F5ZXT - 144.417MHz

Cahier des charges

Balise pilotée par GPS

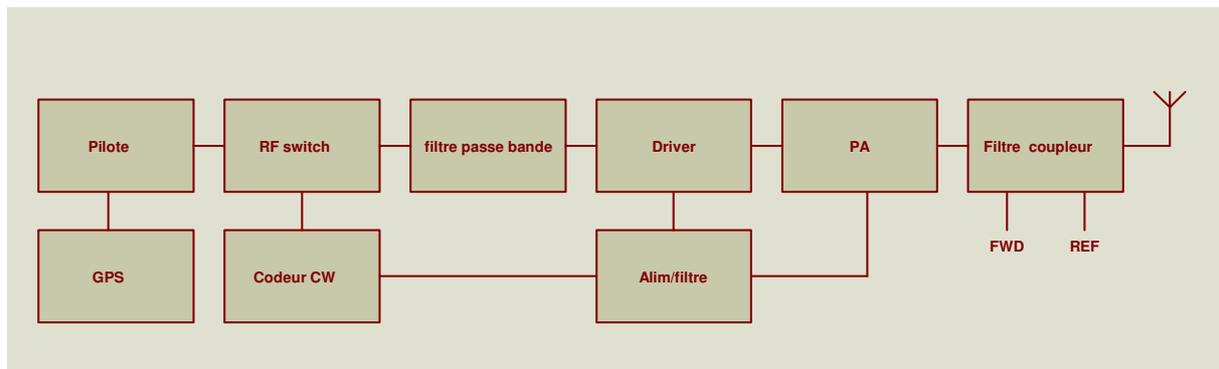
Puissance de sortie 5W environ

Alimentation 12V

Consommation la plus faible possible (<1,5A)

Description technique

Schéma synoptique



La balise est constituée de différents modules qui vont être détaillés dans la suite de ce document.

Pilote Leo Bodnar



Ce module fournit une horloge à faible gigue, verrouillée en fréquence sur le signal GPS. La stabilité à long terme du signal de sortie est définie par la grande précision des références GPS. La stabilité du signal à court terme est définie par la source d'horloge TCXO interne.

La fréquence de sortie est programmable entre 400 Hz et 810 MHz, dans notre cas 144,417 MHz.

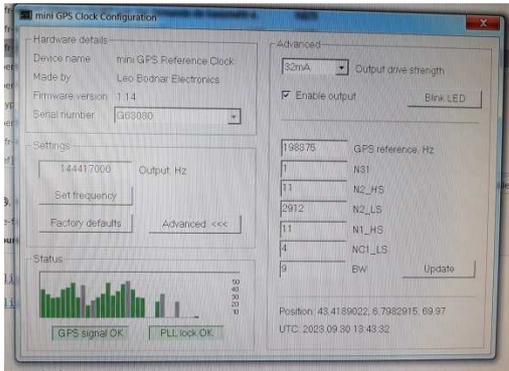
Le signal de sortie est une onde carrée niveaux CMOS de 3,3 V avec une impédance de 50 Ohms, ce qui implique l'utilisation d'un filtre pour éliminer les harmoniques.

Le niveau de sortie peut être ajusté par le logiciel de programmation.

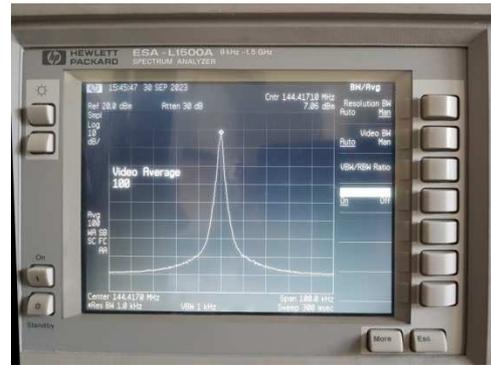
Une antenne GPS active avec base magnétique fournit le signal de référence.

La led rouge clignote lorsque le pilote n'est pas verrouillé sur le GPS, elle reste allumée si le verrouillage est obtenu.

La programmation s'effectue à l'aide du logiciel mini GPS clock configuration.exe disponible sur le site du constructeur.



Capture d'écran du logiciel de programmation



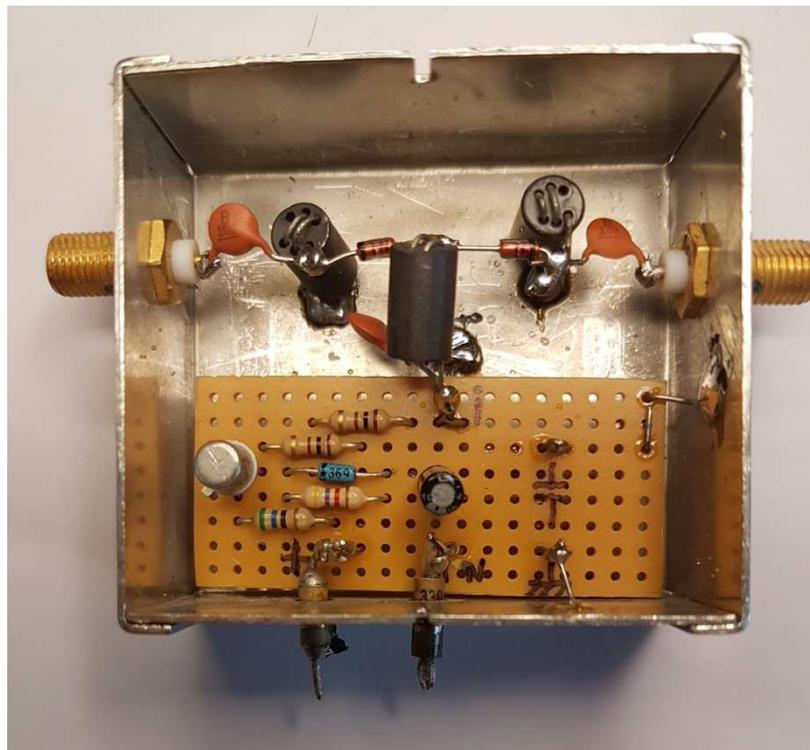
Spectre de sortie (10kHz / div – 10 dB / div)

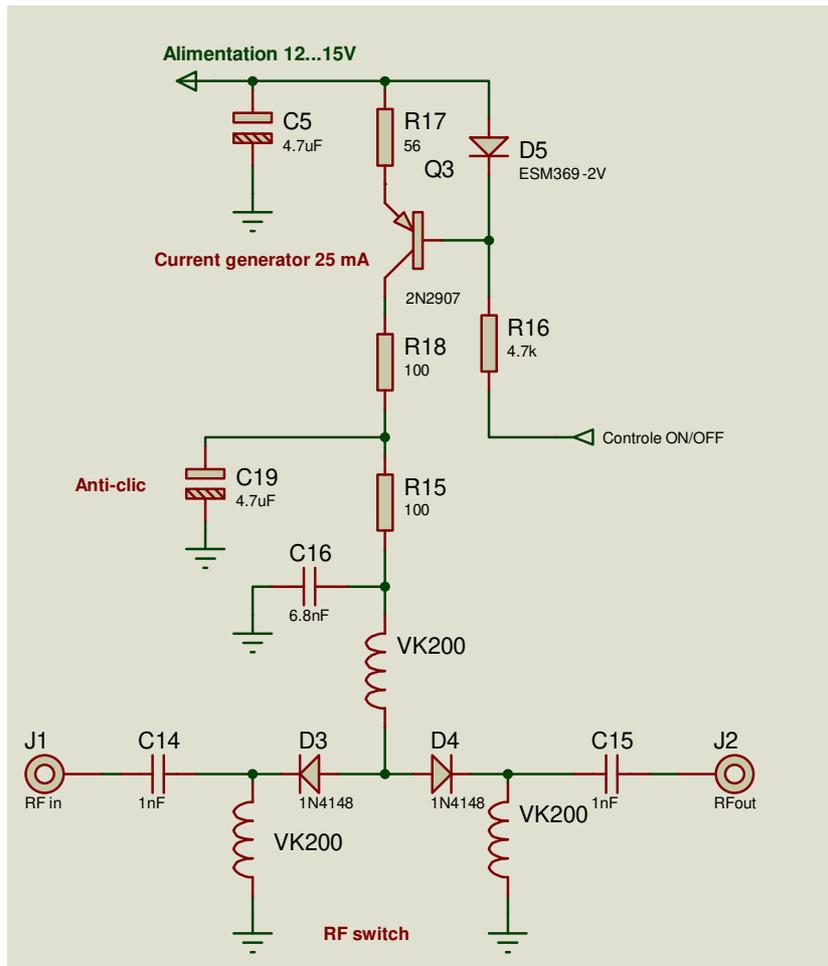
Interrupteur HF

De manière à obtenir une puissance de sortie extrêmement faible dans les blancs de la télégraphie, le signal issu du pilote est interrompu par un interrupteur HF à diodes dont les fronts raides sont adoucis pour limiter les clics. L'alimentation du PA et du driver est coupée pendant les blancs.

L'interrupteur HF est constitué de deux diodes 1N4148 (des diodes PIN auraient été préférables) montées en série, anodes communes alimentées par un générateur de courant dont la valeur a été choisie à 25mA qui semble le meilleur compromis entre perte d'insertion et isolation.

L'ensemble est monté dans un boîtier métallique blindé pour éviter les fuites.



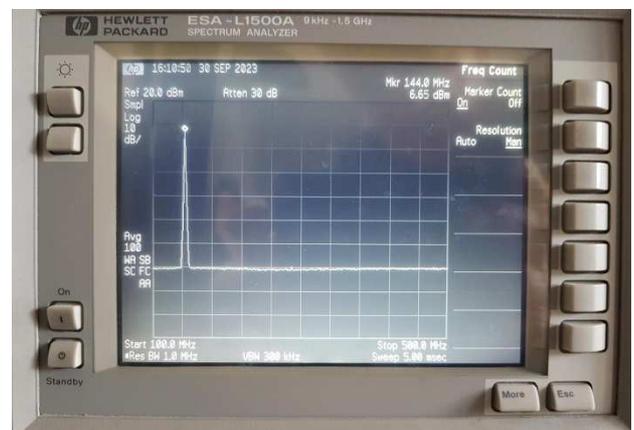
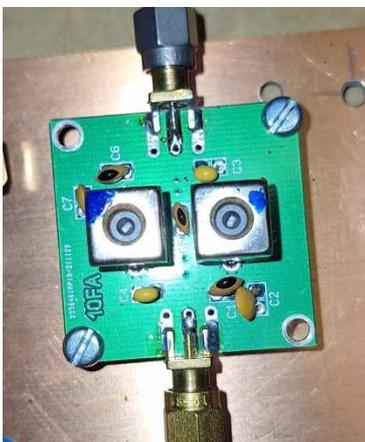


L'isolation est supérieure à 30dB, la perte d'insertion est de 2,4 dB à 144MHz.

filtre passe bande 144 MHz

Nous avons utilisé un filtre passe bande commercial de conception DC8RI.

L'élimination des harmoniques est excellente



Codeur CW

Le schéma utilisé est le classique circuit à PIC 16F84A développé par IK0WRB, adapté à notre besoin. La sortie se fait sur le collecteur d'un 2N2222A dont l'émetteur est à la masse.

Le codeur CW commande l'interrupteur HF et un MOSFET canal P qui commute la tension d'alimentation de l'ensemble PA/driver.

En connectant la sortie Key à la masse, on peut passer en porteuse pure pour effectuer des mesures.

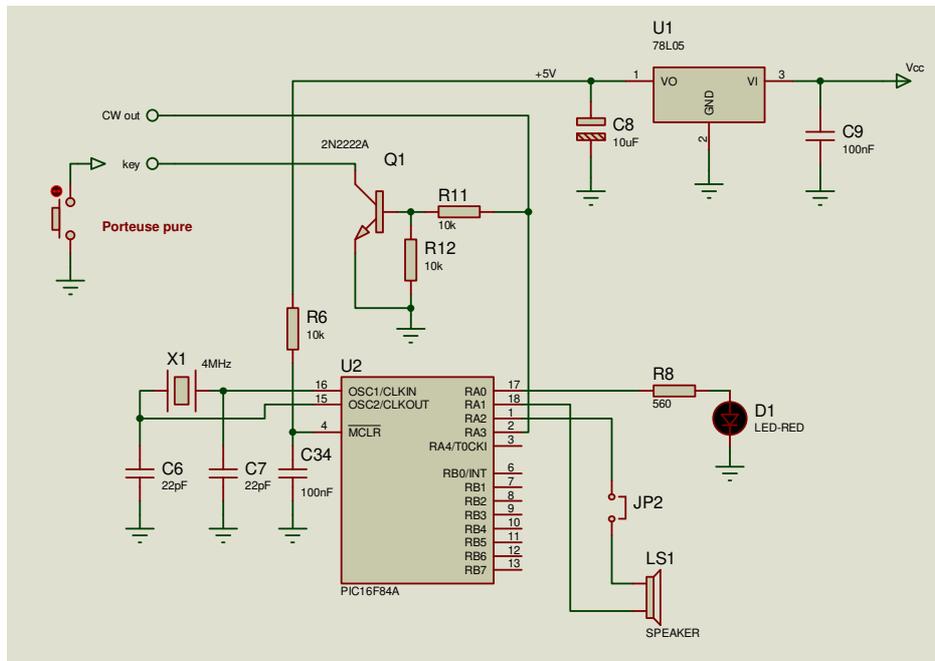


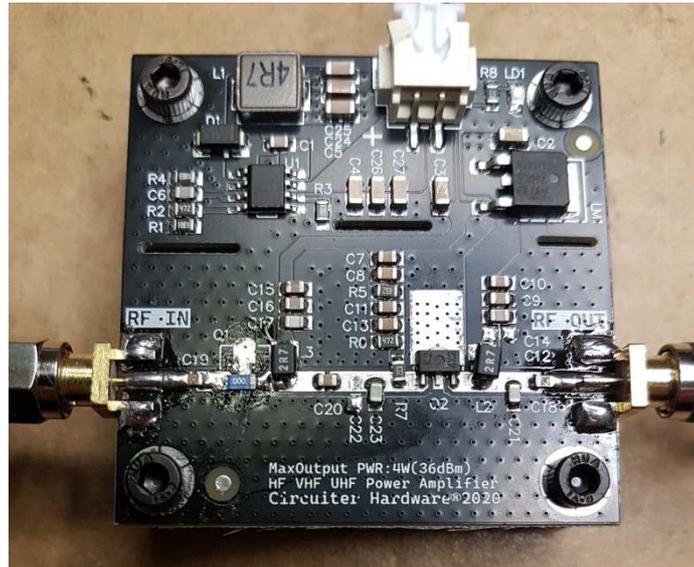
Schéma du codeur CW



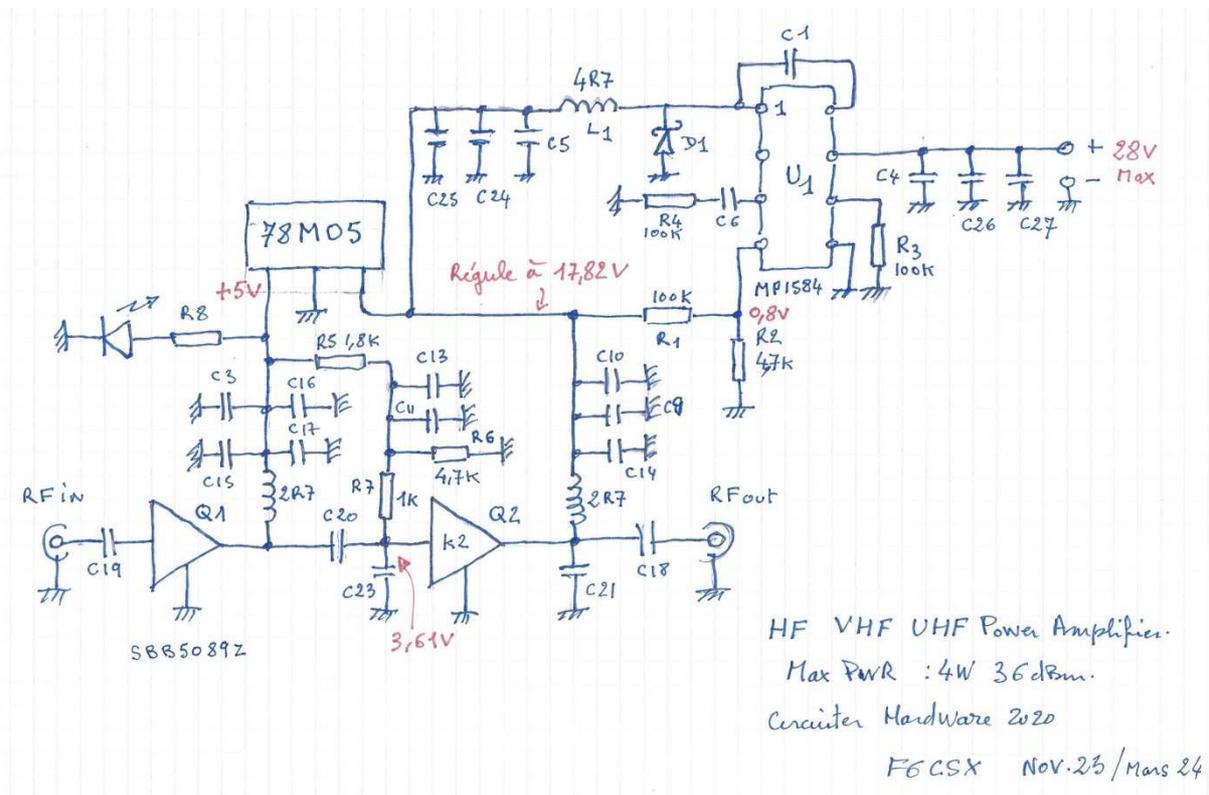
Platine codeur CW

Driver

Dans le but de réduire la consommation, nous avons cherché à utiliser un driver à un seul étage ayant suffisamment de gain et capable de fournir les 250mW nécessaire pour attaquer le PA à LDMOS. Notre choix s'est porté sur un petit LDMOS en boîtier SOT89 de Mitsubishi que l'on trouve sur certains amplificateurs large bande chinois. Celui que nous avons utilisé est prévu pour délivrer 4W, nous l'avons fortement modifié.



Le schéma de ce module est le suivant :



On constate que l'ampli est équipé de deux étages, dont le final marqué K2 est un RD01MUS1, prévu par le constructeur pour délivrer 800mW sous 7,2V. Un petit convertisseur DC/DC équipé d'un circuit MP1584 abaisse la tension à 17,8V.

Nous avons d'abord supprimé le premier étage (le gain étant beaucoup trop fort et la consommation élevée) afin de ne garder que l'étage de sortie. Alimenté sous 10V, la puissance de sortie dépasse les 500mW avec un gain de 16dB ce qui correspond bien à notre attente.

D'origine le courant de repos IDQ du transistor est réglé beaucoup trop haut : 400 mA à vide pour un VGS de 3,6V. En changeant la valeur de R6 de 4,7k à 1,8k, la tension VGS tombe à 2,5V et le courant de repos à 40mA environ.

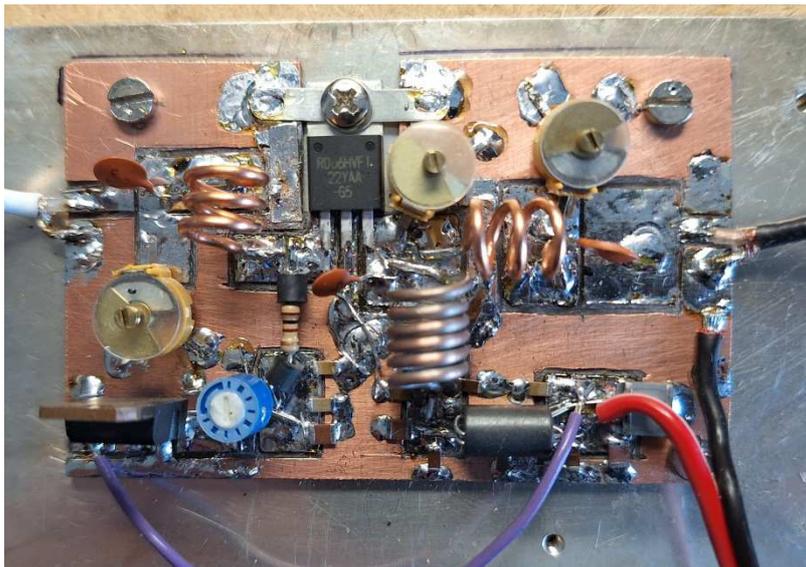
De manière à faire réguler le MP1584 à 10V, on modifie la valeur de R1 de 100k à 56k.

PA

Le PA est équipé d'un LDMOS Mitsubishi RD06HVF1 donné par le constructeur pour 6W sous 12,5V avec un gain de 13dB. Ce transistor est encapsulé en TO220 avec source reliée au boîtier ce facilite grandement le montage.

La tension de polarisation est fournie par un régulateur 7805, il n'a pas été nécessaire de la compenser thermiquement. Le courant de repos est réglé à environ 80 mA. La puissance de sortie peut être ajustée en modifiant le courant de repos.

Le circuit imprimé est gravé au cutter et monté sur une plaque en laiton de 5 mm d'épaisseur.



Les inductances sont réalisées en fil de cuivre de 1,5mm bobiné sur une queue de forêt de 6mm.

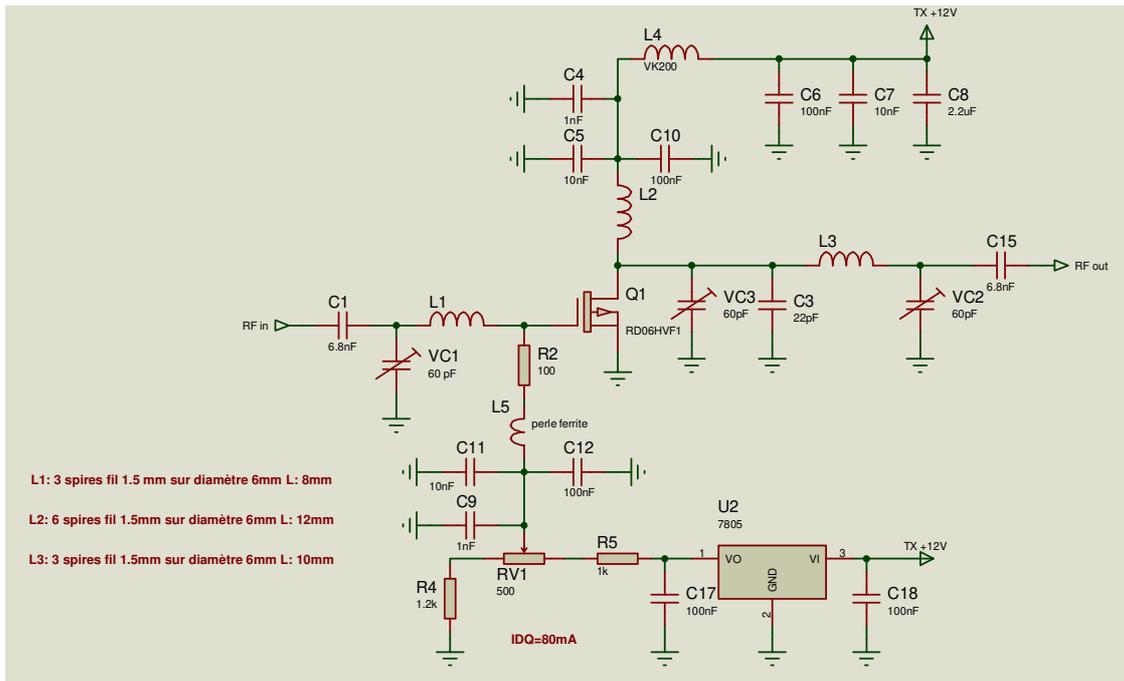


Schéma du PA

Filtere passe bas et coupleur directif

Le filtre passe bas du septième ordre a été mis au point à l'aide du logiciel Elsie.

Les capacités sont triées au pont de mesure

Les inductances sont réalisées en fil émaillé de 1mm.

L1, L3 : 3spires jointives sur un diamètre de 6mm

L2 : 4 spires sur un diamètre de 6mm, longueur 8mm.

Le ROS d'entrée de 1,05 est ajusté par compression/étirement des spires de L2.

La perte d'insertion est de 0,12dB, la fréquence de coupure à -3dB est de 186MHz.

L'harmonique 2 est atténuée de 28dB et l'harmonique 3 de plus de 40dB.

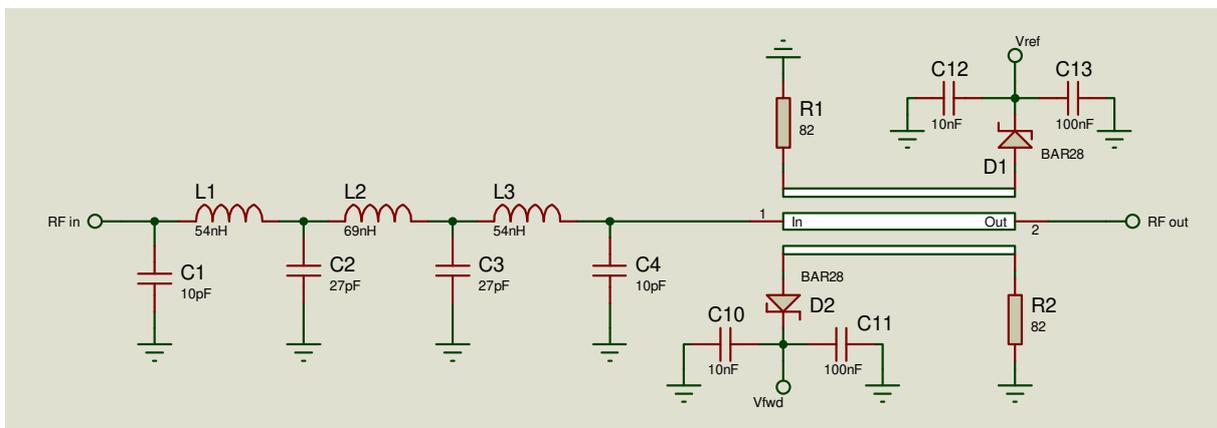
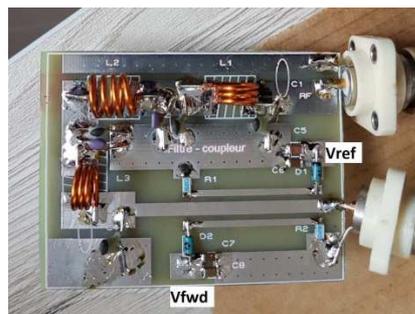


Schéma du module filtre/coupleur

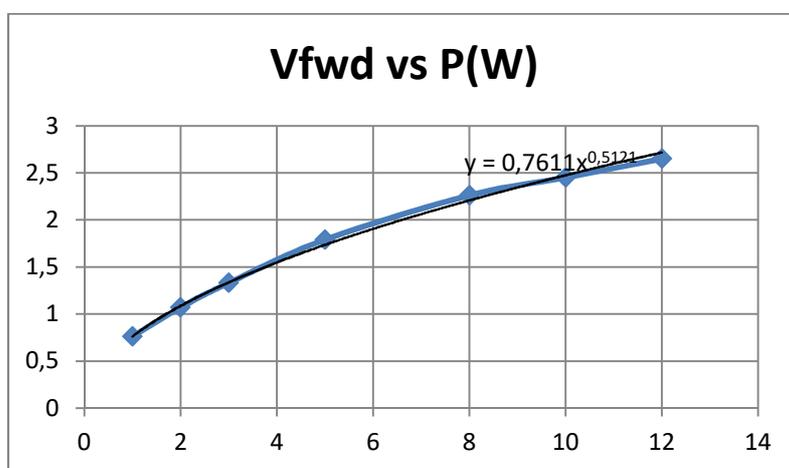


Simulation avec ELSIE



Le module filtre/coupleur en cours de test

Le coupleur à lignes imprimées permet d'évaluer la puissance transmise et la puissance réfléchie.



Tension mesurée en fonction de la puissance directe

Alimentation et filtrage

La tension d'alimentation 12V est d'abord filtrée. Une diode BY255 montée en antiparallèle protège contre l'inversion de polarité. Le fusible est du type automobile, largement dimensionné pour éviter trop de déplacements en point haut dont l'accès est difficile.

Le 5V nécessaire au pilote est obtenu par un régulateur 7805. Afin de limiter la consommation, un pré-régulateur à découpage abaissant le 12V à 8,5V est inséré avant le 7805 (module chinois à base de MP1584). Le filtrage du 5V pilote est particulièrement soigné.

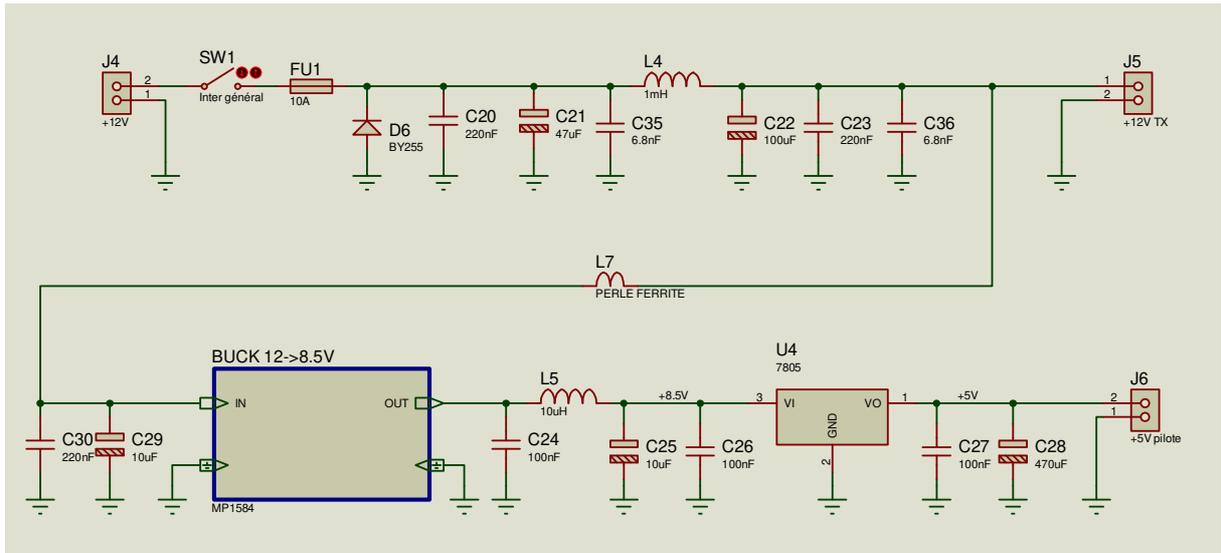
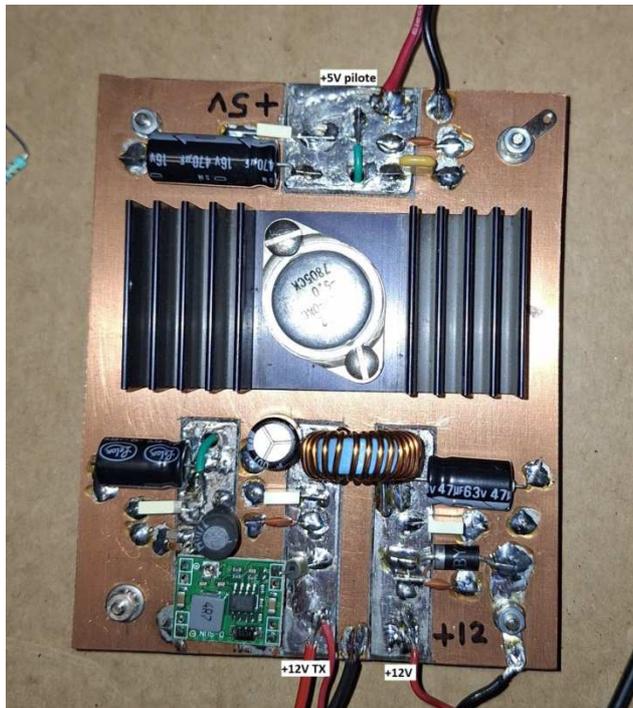


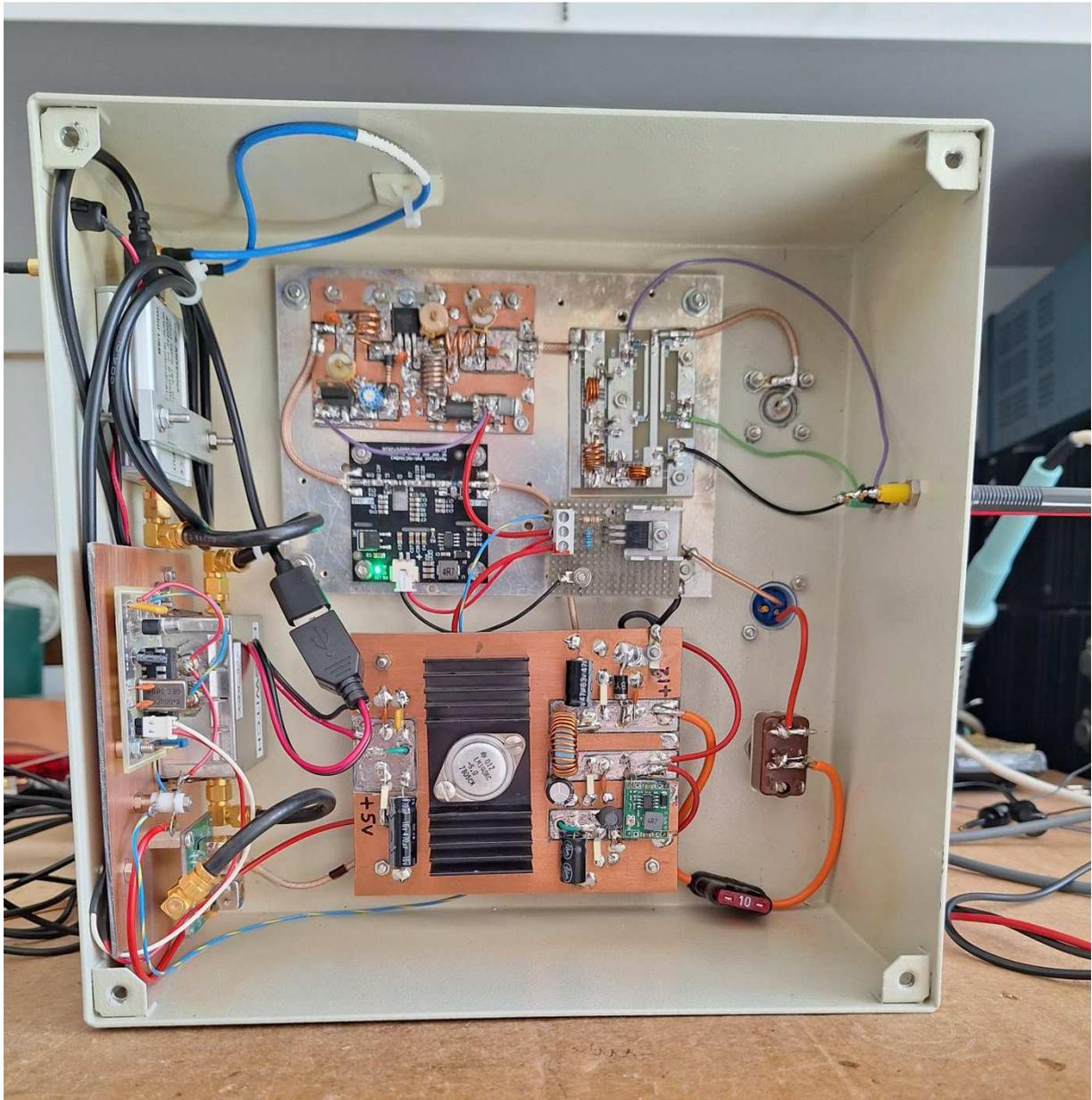
Schéma de l'alimentation



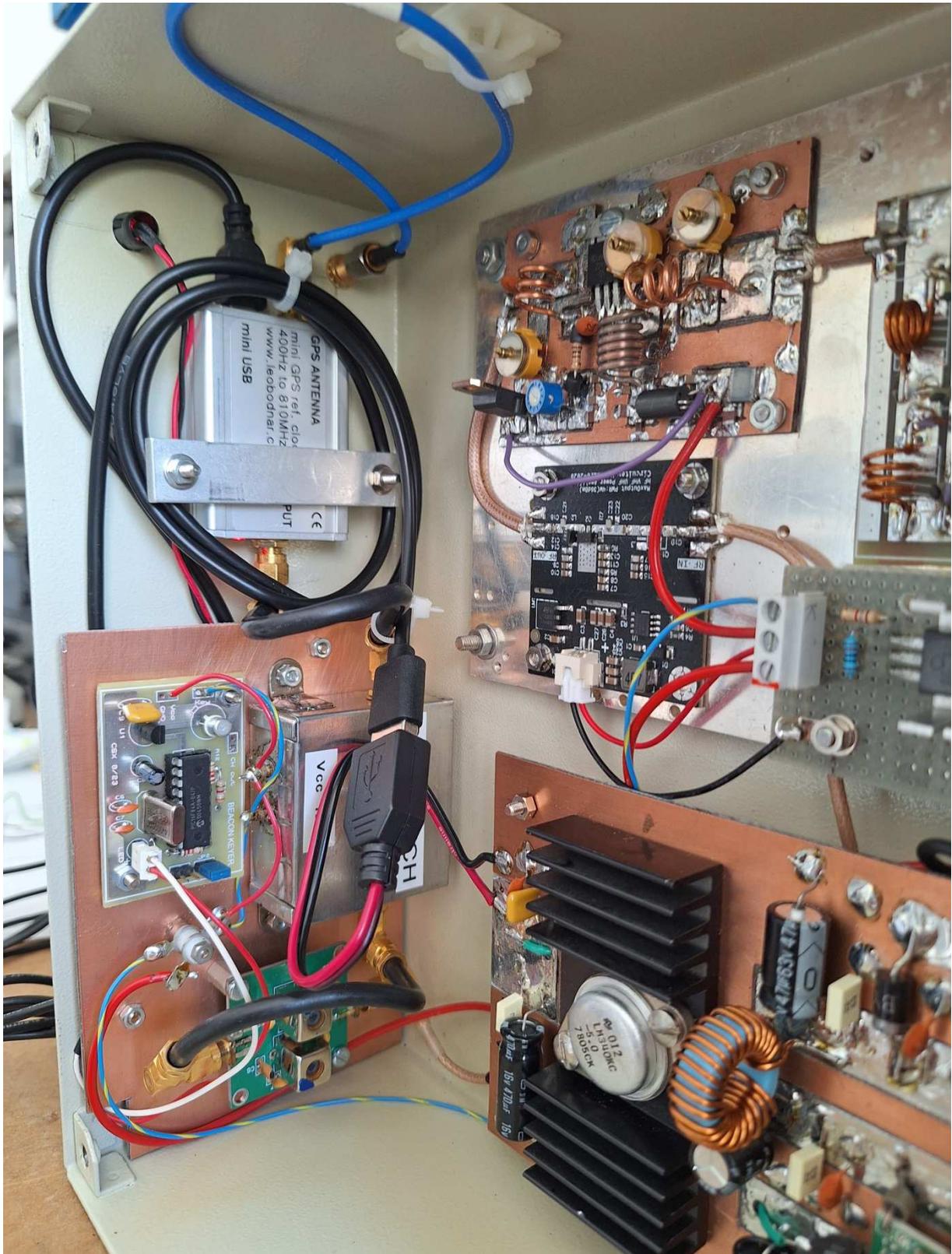
Module alimentation

Réalisation

L'ensemble des modules est logé dans un boîtier métallique Sarel de 250x250x100 mm. La semelle du PA est fixée contre le fond du boîtier qui sert de radiateur, ce qui devrait suffire l'ensemble chauffant très peu. Le pilote est également fixé sur la paroi du boîtier. Les informations de puissance directe et réfléchie sont accessibles sur le côté du boîtier.



Vue de face



Vue du coté pilote

Mesures

Consommation

C'était le critère principal du cahier des charges et le plus contraignant. Plusieurs prototypes à base de solutions conventionnelles ont été testés et abandonnés, comme le PA à module Hybride ou à transistor bipolaire.

Dans la version finale la consommation sous 12,5V est de 1,2A à P=5W. Dans les blancs de la télégraphie, la consommation tombe à 160mA.

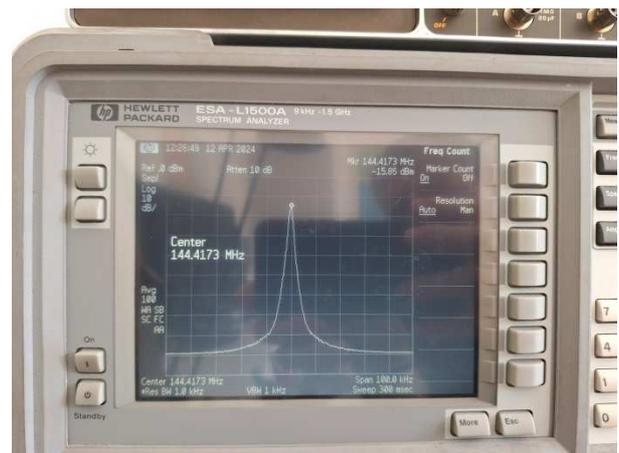


Réjection des harmoniques

L'harmonique 2 (288.834MHz) est à -65dBc sous la porteuse et l'harmonique 3 (433.251MHz) est à -83dBc.



Spectre de sortie (large bande)



Spectre de sortie (bande étroite)