

Filtre pour harmonique 432 MHz inspiré par YU1AW

Yves Oesch HB9DTX

Une première version de cet article est parue dans la revue du club HB9WW *SUNE Télégraphe* de mai 2013. Compte tenu de quelques retours et remarques constructives, j'ai décidé de faire profiter les lecteurs d'HBradio de cette lecture en espérant qu'elle soit intéressante et utile à certains d'entre vous.

Depuis plusieurs années je participe au contest IARU UHF d'octobre avec quelques membres du club HB9XC depuis le site du Chasseral. Nous trafiquons sur 70 et 23 cm principalement. Les antennes étaient situées sur le même mât et nous avions des perturbations sur 23 cm lorsque la station 70 cm était en émission.

Afin de trouver une solution à ce problème d'interférence, j'ai cherché à construire un filtre supprimant l'harmonique trois du 70 cm en sortie de l'émetteur. En effet $3 \times 432 \text{ MHz} = 1296 \text{ MHz}$, qui sont les deux fréquences de trafic qui sont utilisées lors des contests UHF. Une autre bonne raison d'utiliser un filtre à harmoniques est l'emploi d'un amplificateur linéaire, qui peut facilement générer des harmoniques si tant est qu'il ne soit pas parfaitement linéaire...



Filtre dans boîtier avec embases

Recherche quelque chose de facile

J'ai cherché quelque chose de facile à construire, et qui supporte facilement la puissance, en tous cas jusqu'aux 75 W de l'émetteur. (nous n'utilisons pas de PA pour le moment). Le but est de garder le câblage de la station UHF le plus simple possible. Le pré-amplificateur de réception situé en tête de mât est alimenté en fantôme pendant les

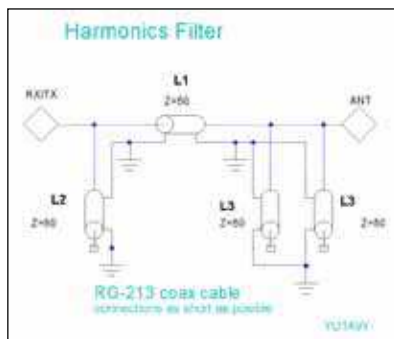


Fig. 1: Solution selon YU1AW

phases de RX en 12V par le TX, via le câble coaxial. L'idéal pour garder cette configuration est que le filtre laisse passer le courant continu. Un VRAI passe-bas en quelque sorte !

Inspiration par YU1AW (Fig. 1)

Il propose un montage à base de 4 tronçons de coax ^{1,2}. Il l'a développé pour le 50 MHz et propose des version pour 70, 144 et 432 MHz. C'est cette

dernière qui m'intéresse. Pour garantir une bonne tenue en puissance du filtre, je souhaite utiliser du RG-213. Cependant les longueurs de coax que Dragoslav

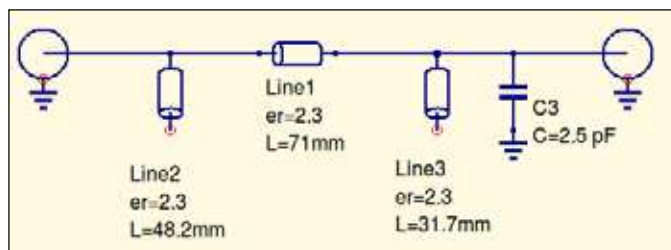


Fig. 2: Schéma principe du filtre harmonique 432 MHz YU1AW/HB9DTX

suggère sont courtes à ces fréquences (entre 21 et 71 mm). Le fait de devoir câbler en parallèle deux tronçons de 21mm ne me plaisait pas. Le relativement gros diamètre du RG-213 rend ce montage difficile et l'inductance parasite pour la connexion de chacun des stubs est importante. Je souhaitais avoir un montage sans mise en parallèle de câbles courts.

Mes variantes

Je me suis donc lancé dans une variante de design, inspiré par le travail original de YU1AW. J'ai utilisé l'excellent simulateur QUCS (Quite Universal Circuit Simulator ³) disponible en open source, et dans les packages standard de certaines distributions Linux.

Après quelques itérations j'ai obtenu la solution présentée plus bas. Afin de garantir un coefficient de réflexion (SWR) correct, il a fallu ajouter une capacité en sortie du filtre. Ce qui donne le schéma simplifié suivant (Fig. 2).

Pour la simulation, j'ai tenu compte de certaines imperfections: inductances parasites sur les connexions aux stubs coax, capacités parasites du côté «ouvert» des stubs ainsi que d'une résistance R1 simulant grossièrement les pertes du circuit. Les différentes valeurs de simulation ont été ajustées pour

coller au mieux à la mesure (voir plus bas). Pour le schéma de simulation voir Fig. 3.

Une première version de ce filtre, sans capacité C3 additionnelle et avec une longueur Line3 légèrement différente n'a pas fonctionné. La perte d'insertion mesurée était bonne (de l'ordre de 0.3-0.4 dB) mais le SWR était de 1.8. Or le TRX que nous utilisons (IC-910) est très

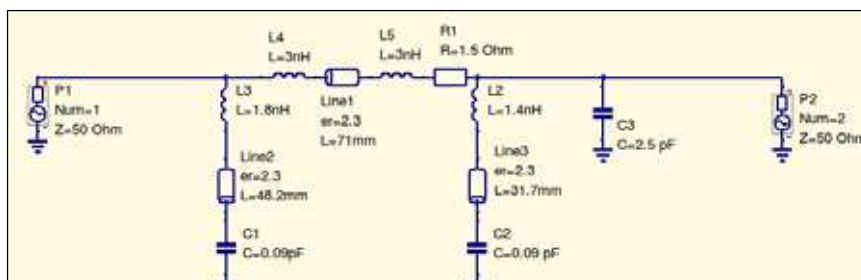


Fig. 3: Schéma de simulation complet avec composants parasites de filtre YU1AW/HB9DTX; valeurs ajustées

sensible sur ce point. La puissance est automatiquement réduite dès que le SWR augmente un tant soit peu.

J'ai donc dû me résoudre à ajouter une capacité sur le port 2. Pour construire un condensateur de faible valeur qui supporte 100 W, j'ai pris de la bande de cuivre autocollante que j'ai disposé sur une plaque de Veroboard sans cuivre, d'épaisseur 1.6mm. Cette plaquette est collée au boîtier du filtre. Le contest approchant à grand pas, je n'ai pas eu l'occasion de faire un condensateur plus «propre»... Il a fallu encore fixer à la colle à chaud la bande de cuivre, car elle adhère mal sur le Veroboard troué... C'est un peu du bricolage, je l'avoue, mais le temps pressait. Et la solution trouvée était suffisante. Après tout, nous sommes amateurs, et ce montage n'était pas destiné à une production en série, non ? Étant équipé au QRL pour des mesures de réseaux jusqu'à 14 GHz, j'ai pu affiner le réglage de la longueur des tronçons coax et de la surface de la capacité directement en mesurant l'atténuation à 432 MHz et la réjection à 1296 MHz. Les résultats de la simulation et de la mesure sont les suivants (Fig. 4):

le doigt, cette ondulation change passablement. C'est certainement un point à améliorer pour une prochaine version (Fig. 5) même si le comportement en fréquence hors des bandes d'intérêt n'est pas primordial. La différence entre mesure et simulation pour l'atténuation dans la bande passante est faible (moins de 0.3 dB d'erreur).

On voit sur la Fig. 6 que les fréquences de réjection (harmoniques 2 et 3) sont les mêmes entre mesure et simulation. C'est assez normal vu qu'elles ont été ajustées en coupant les stubs coax tout

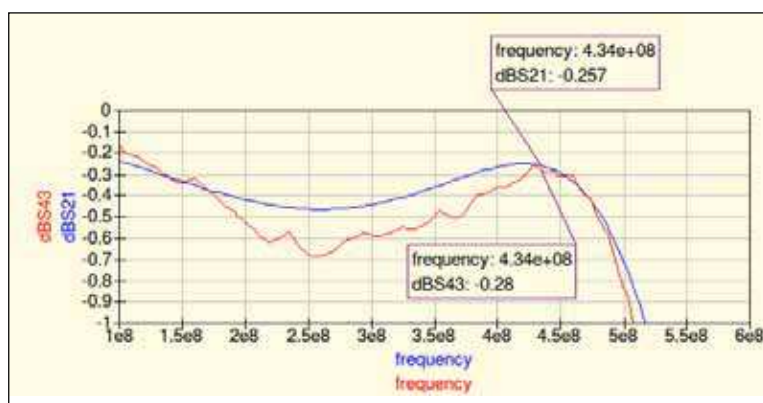


Fig. 5: Réponse en fréquence entre 100 et 600 MHz (zoom; Bleu = simulation, Rouge = mesure)

Le filtre remplit son office. La perte d'insertion est négligeable (0.3 dB), en tous cas pour une application en

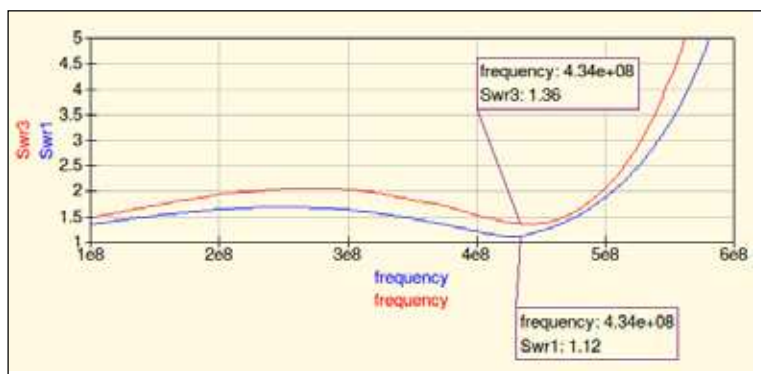


Fig. 6: SWR entre 100 et 600 MHz (Bleu = simulation, Rouge = mesure)

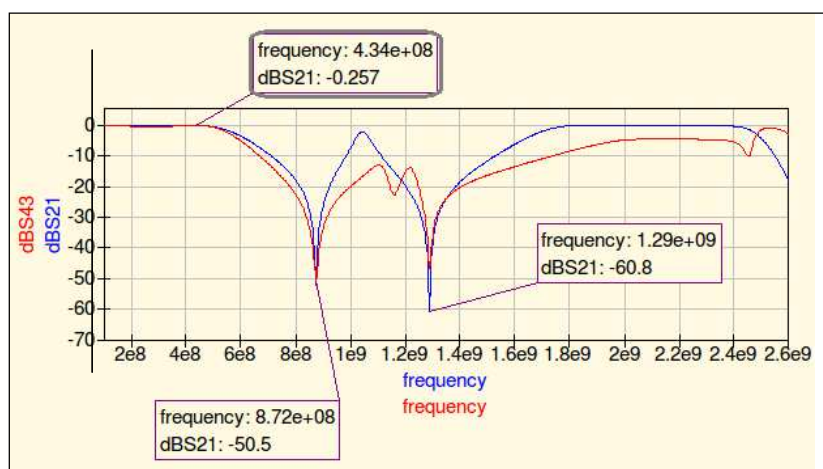


Fig. 4: Réponse en fréquence du filtre complet (Bleu=simulation; Rouge=mesure)

L'ondulation sur la mesure autour de 1.1 GHz est probablement due à la capacité de sortie C3 de qualité douteuse (résonance parasite). En touchant cette partie du circuit avec

en faisant la mesure. Le SWR sur 70 cm est correct, sans être excellent.

En résumé, pour les 3 figures les plus importantes de ce filtre voir Fig. 7 .

contest. La réjection de 46 dB est intéressante et le SWR dans la bande est tolérable, même pour le IC-910.

Ce filtre a très bien fonctionné lors du contest UHF d'octobre 2012 (pas de réduction de puissance du TRX), même si la perturbation de la station 70 cm sur la station 23 cm a finalement été complètement supprimée en montant les antennes 70 et 23 cm sur des mâts différents !

Pour terminer, quelques remarques concernant le montage:

- Penser à couper les tronçons de coax légèrement plus longs que nécessaire, pour pouvoir les raccourcir à la pince coupante (raccourcir l'âme seule suffit pour quelques mm)

Filtre pour harmonique 432 MHz (2)

Paramètre	Fréquence	Valeur simulée	Valeur mesurée
Perte d'insertion	434 MHz	0.257 dB	0,28 dB
Réjection S21	1296 MHz	60.8 dB	46.5 dB
SWR dans la bande	434 MHz	1.12	1.36

Fig. 7: Les 3 figures les plus importantes

- Pour travailler à ces fréquences il faut des moyens de mesures pour régler le filtres. Une différence de quelques dixièmes de mm, surtout sur le dernier stub (Line3) déplacera la fréquence de réjection maximale et diminuera donc drastiquement la suppression de l'harmonique 3, paramètre principal du montage
- On pourrait envisager une façon plus propre de construire la capacité terminale. Autre solution: utiliser un condensateur du commerce.
- A l'extrémité libre des stubs coax, il est recommandé de souder la tresse de masse au boîtier pour avoir une bonne stabilité mécanique du filtre et des des capacités parasites de valeur fixes



Sylvain, F6CIS, propose de

remplacer la ligne coaxiale *Line1* par une inductance ou une self en U. Il m'a également suggéré d'utiliser un autre type de câble coaxial que le RG-213. Il propose du semi-rigide ou sucoform (141 CU par exemple). Ces coax sont moins perméables aux hyperfréquences au niveau de leur masse, et donc la réjection des harmoniques pourrait être améliorée. De plus le montage serait facilité par le diamètre plus petit de ce genre de coax comparé au simple RG-213 que j'ai utilisé. Malgré leur faible diamètre ils supportent facilement plus de 100 W. Une autre suggestion de la part de F6CIS pour l'utilisation de stations de contest multi-bandes, et d'ajouter un stub $\lambda/4$ en parallèle de l'entrée de chacun des préamplificateurs de

réception. Il faut bien entendu tenir compte du facteur de vélocité du coax. Un tel stub court-circuité à une extrémité et monté en parallèle à l'entrée du préamplificateur atténue les fréquences sous-harmoniques et protège ainsi le LNA des émissions à forte puissance sur les bandes inférieures. La dégradation de la figure de bruit du préamplificateur est négligeable. Pour être parfait, il pourrait falloir dans certains cas retoucher un peu l'adaptation d'entrée du LNA.



Zoom sur la capacité C3 construite sur Veroboard

Links / sources:

- ¹ YU1AW Dragoslav Dobricic, *PA Harmonski filter*, CQ-ZRS, 2/2009, page 20
- ² www.qsl.net/y/yu1aw/VHF_PA/VHFPower.htm
- ³ <http://qucs.sourceforge.net/>

Buchbesprechung



Autor: Bert van Dam
Format: 17 x 23,5 cm (kartoniert):
271 Seiten
ISBN: 978-3-89576-273-4
Preis: € 39,80 (D) / € 41,00 (A) / CHF 49,40

Der Raspberry Pi stellt einen preiswerten, aber vollwertigen Computer dar, an den auf einfache Weise verschiedenste Elektronik angeschlossen werden kann. Dieses neue Buch geht auf eine der Stärken des Raspberry Pi ein: die Kombination von Elektronik und Software. Nach einer kurzen Einführung zum Raspberry Pi wird auf die benötigte Software eingegangen. Im Anschluss wird das Linux-Betriebssystem kurz vorgestellt - gefolgt von einer Einführung in die Programmierung mit Bash, Python und JavaScript. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Python. Die Erläuterungen sind in allen Fällen kurz und bündig und trotzdem so ausführlich, dass das Notwendigste besprochen wird, um die folgenden Projekte zu verstehen und individuell anzupassen. Dieses Buch beschreibt 45 spannende und interessante Projekte, wie zum Beispiel ein Wechselblinklicht, eine Motorregelung, Erzeugen und Verarbeiten analoger Signale, ein digitales Thermometer, ein Lichtmesser. Aber auch kompliziertere Projekte wie eine Motor-Geschwindigkeitsregelung, ein Webserver mit CGI (Common Gateway Interface) und Client-Server-Programme werden vorgestellt. Sie können dieses Buch als Projektbuch verwenden und die Projekte nachbauen, um sie dann in der Praxis einzusetzen. Durch die ausführliche Beschreibung mit Schaltplänen und Fotos gestaltet sich der Aufbau auf dem Steckbrett recht einfach. Sie können dieses Buch auch als Lehrbuch verwenden. Bei jedem Projekt wird erklärt, warum es auf diese Art und Weise ausgeführt ist. Sie lernen viel über den Raspberry Pi, Python und die verwendeten Bauteile, so dass Sie selbst die Projekte anpassen, nach eigenen Wünschen erweitern oder mehrere Projekte miteinander kombinieren können. Um Ihnen die Software-Installation zu erleichtern, hat der Autor das Betriebssystem und alle Programmbeispiele auf einer SD-Karte zusammengetragen. Passend zu den Projekten ist neben dieser SD-Karte auch ein Hardware-Starterkit bei Elektor erhältlich.