

Une solution universelle pour station 3cm

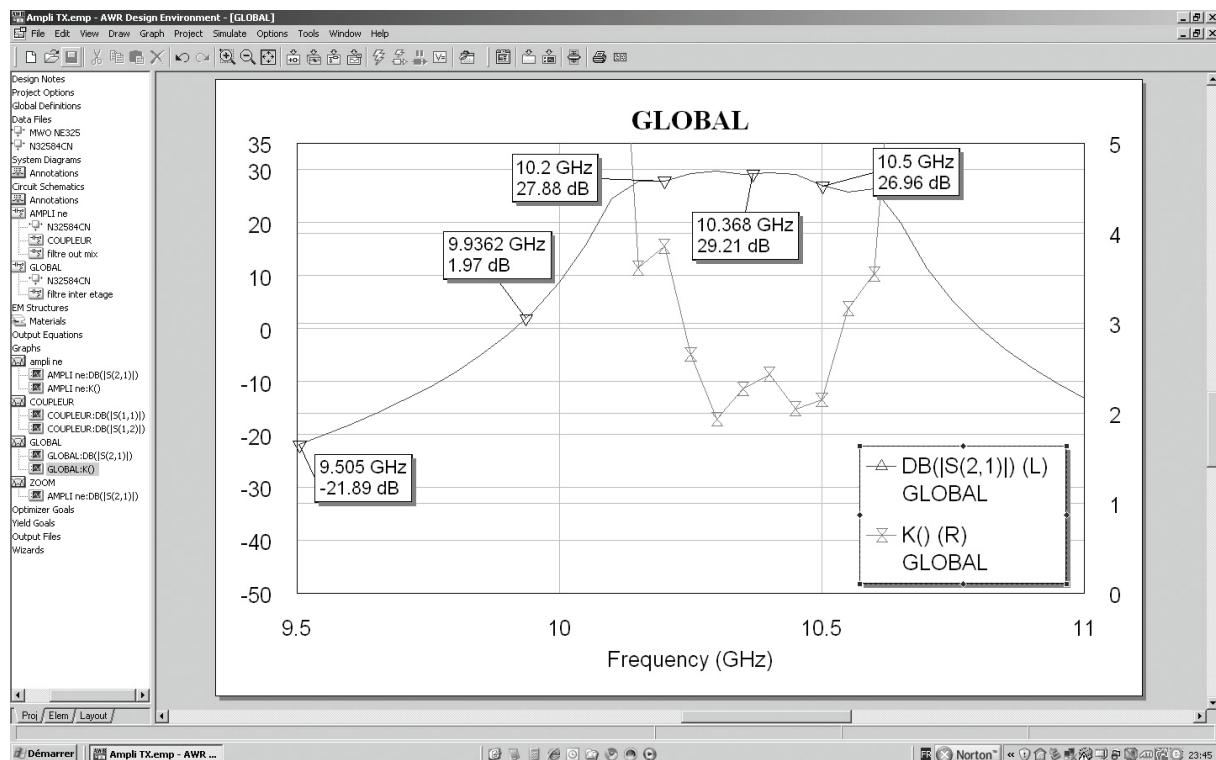
L'idée de réaliser un transverter nécessitant un minimum de mécanique était en attente de concrétisation depuis plusieurs années dans « mes cartons ».

Pour que cette simplification mécanique soit effective, je devais pouvoir me passer des filtres en cloche et les remplacer par des filtres imprimés.

Si cette solution ne présente pas de difficulté particulière avec une FI sur 23cm, elle est par contre moins évidente à mettre en œuvre pour une FI 70 cm.

Afin que ce transverter soit parfaitement utilisable en SSB mais également en ATV et en DATV, le filtrage se devait de laisser passer la quasi totalité de la bande amateur, tout en réjectant au mieux l'OL et la fréquence image.

Les simulations étant encourageantes, la réalisation pratique devait être montée et mesurée avant d'aller plus loin dans ce projet.



Simulation ampli émission.

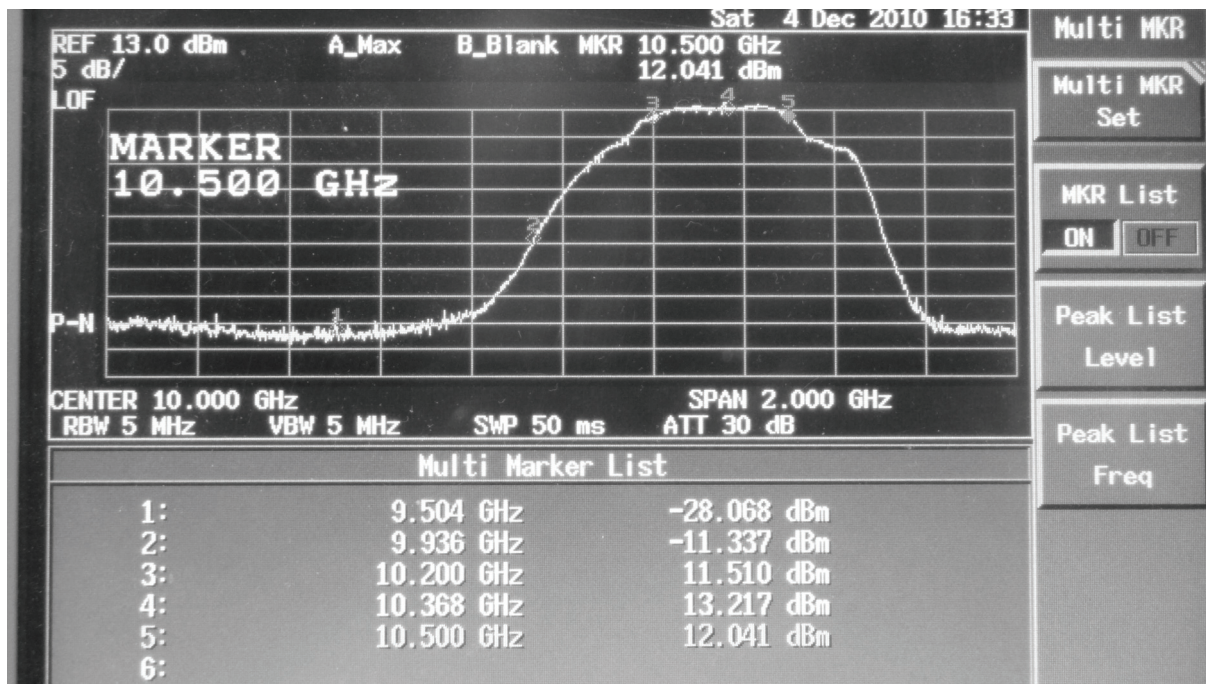
Les résultats de simulation ci-dessus, montrent que la solution « filtres imprimés » paraît être parfaitement viable. La fréquence de l'OL (9936MHz) se retrouve à -30dB de la fréquence utile. La fréquence image est, quand à elle à -50dB.

Attention, ces chiffres sont des résultats de simulation de la chaîne d'amplification, ils ne tiennent pas compte de la réjection OL et Fréquence image du mélangeur.

D'autre part, il est fait abstraction totale des inévitables couplages parasites dans le boîtier....

Ceux-ci peuvent être très importants sur 10 GHz, il en est ainsi ici comme ailleurs, il y a le virtuel..... puis il y a la vraie vie Hi !!!

J'ai donc monté cet amplificateur et voici la courbe de réponse obtenue.



Mesure réelle ampli émission

La fréquence de l'OL se retrouve rejetée de + ou - 24dB. La fréquence image est à -40dB. En tenant compte de la réjection naturelle du mixer à ajouter à ses chiffres, la construction de ce transverter pouvait enfin se concrétiser.

Le cahier des charges de la station terminée peut se résumer comme suit.

Fréquence FI utilisable : 70 ou 23cm

-Puissance nécessaire en entrée FI : ajustable de quelques milliwatts à 5watts maximum.

-Modes utilisables : phonie tout mode, ATV et DATV.

-Puissance de sortie : 4 watts

-Nf réception : <1dB

-Commutation : intégrée, soit vox HF, soit pilotée par tension continue sur la FI.(deux composants à modifier !)

La commutation de l'alimentation du PA (4 ampères) est également intégrée.

Ce nouveau concept de station 10000 est réalisé en cinq modules indépendants.

- **Un pilote** sur 103.5 MHz ou 94.5 MHz (pour une FI 23cm) . Il ne sera pas décrit ici. J'utilise pour ma part un OCXO dans cette fonction, mais tout autre solution est envisageable. La liste des pilotes utilisables est sans limite. Pour ceux qui souhaitent rester dans la simplicité, vous trouverez sur mon site tous les documents nécessaires au montage d'un OCXO.

- **Un multiplicateur par 24.**

Pour 0dbm de 103.5 MHz en entrée, il fournit les 10dBm de 2,4 GHz nécessaires au transverter. Ce dernier est monté dans un boîtier Schubert de 55mm X 75mm.

Attention le filtrage de sortie de ce multiplicateur limite la plage de fréquence utilisable.

Il y a deux versions proposées, une pour FI 70cm(2484MHz), l'autre pour FI 23cm(2268MHz).

-Le convertisseur émission réception.

Il intègre le multiplicateur final(X4) de l'oscillateur local, le filtrage de cet étage est compatible pour les deux bandes de FI proposé.

Le mélangeur, commun à l'émission et à la réception, l'ampli émission ainsi que l'amplificateur de réception.

Il est à noter que la totalité des filtres ainsi que le matchage de tous les étages sont imprimés... pas de mécanique... pas de stub.. pas de réglages !!!!

Ce « minimum mécanique» ne dispense pas le futur constructeur de couper, percer un print proprement, de monter les différents composants avec soin, de faire de bonnes soudures....

Dans ce même boîtier se trouvent également toutes les commutations, ainsi que les alimentations.

Une sortie 12v/4ampères, commutée en émission permettra d'alimenter le PA final sans difficulté.

La puissance de sortie de ce transverter est de 10mw. Cette puissance est suffisante pour driver le PA proposé.

- Le PA :

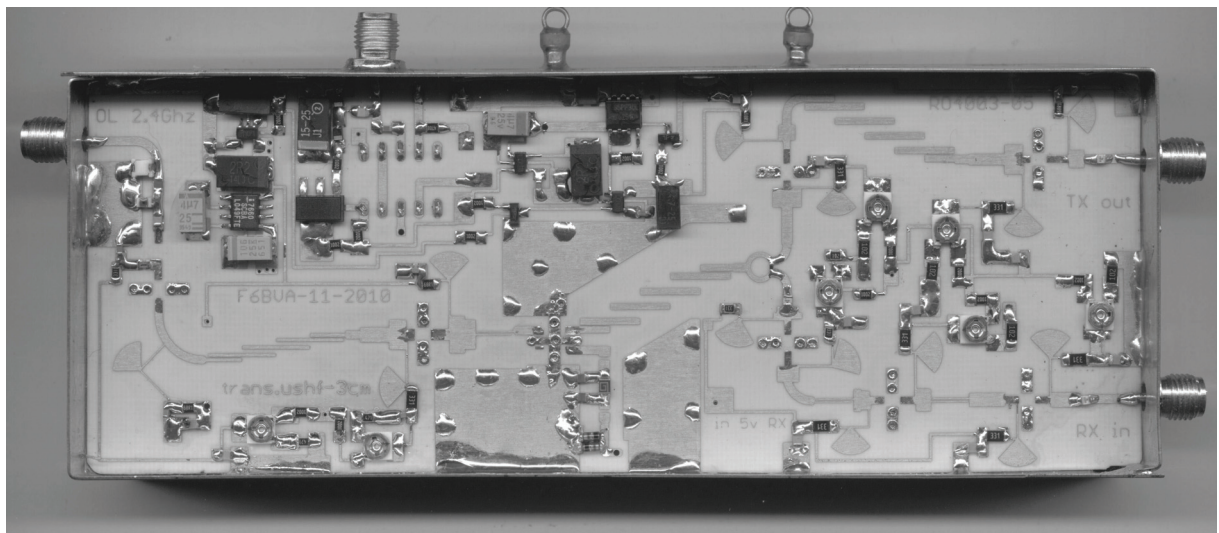
Deux étages, RFMA 7185 en entrée, suivi d'un FET de 4 watts. Le print de ce PA permettra pour le deuxième étage de monter différents boîtiers, ainsi chacun réalisera en fonction de ses disponibilités. Seule la sortie du PA devra être adaptée, en fonction du transistor final que vous y monterez.

- Le LNA :

Deux étages également. Faible bruit et facilité de mise au point ici également.

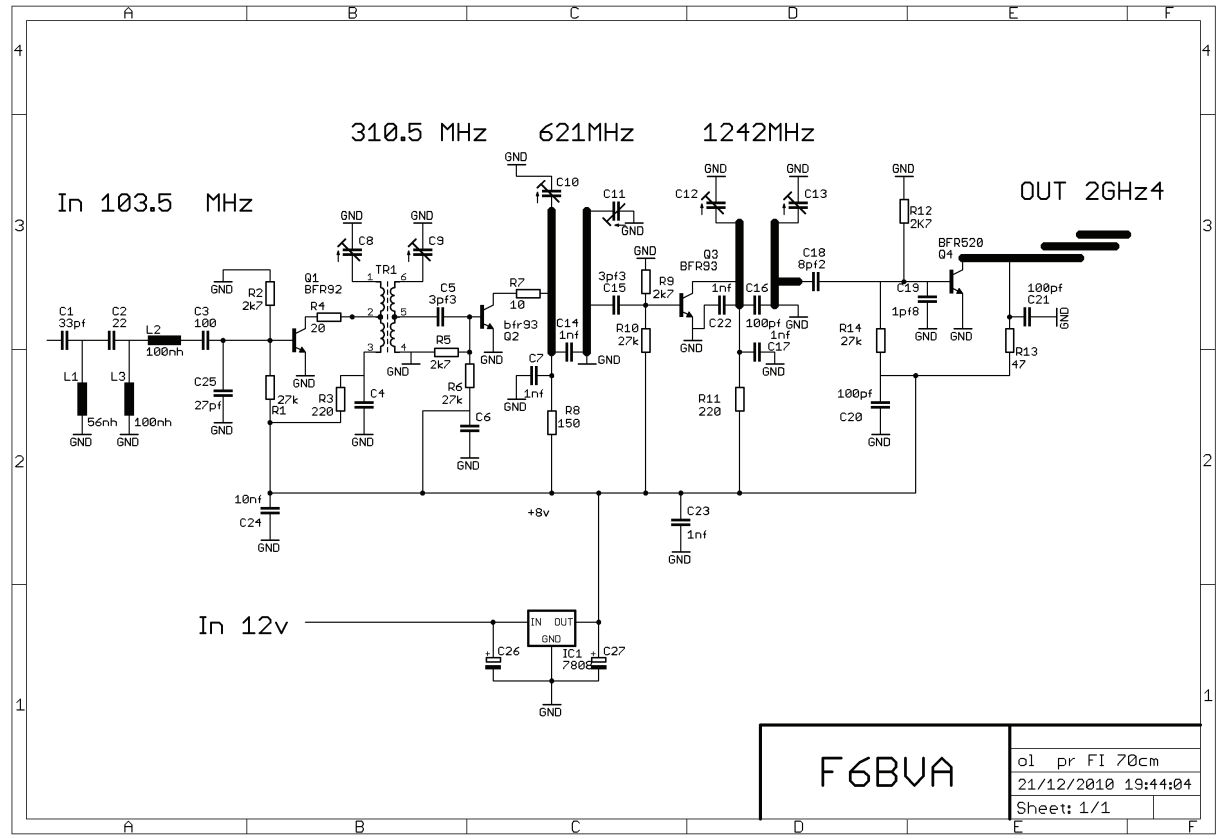
Comme pour la totalité du transverter, ce LNA est pré-matché..

Le plus gros de la mise au point consiste à régler... le courant de repos des différents étages.

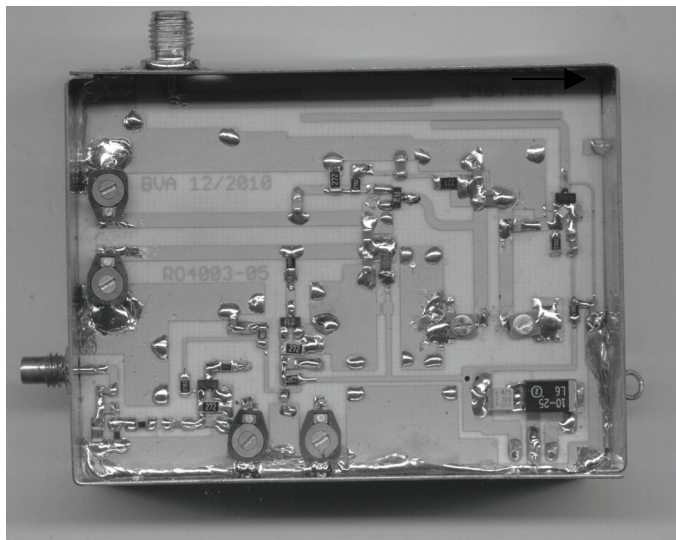


Ci-dessus, le print du premier proto, avant la pose des semi-conducteurs.

Le Multiplicateur par 24.



Comme indiqué dans la présentation, il y a deux versions pour ce module. Pour une FI en 70cm, le pilote (non décrit) devra fournir 0dBm de 103.5MHz. Si vous optez pour une FI sur 23cm, ce pilote devra être sur 94.5MHz, il sera suivi du multiplicateur N°2 dont la fréquence de sortie sera de 2268 MHz.



Description :

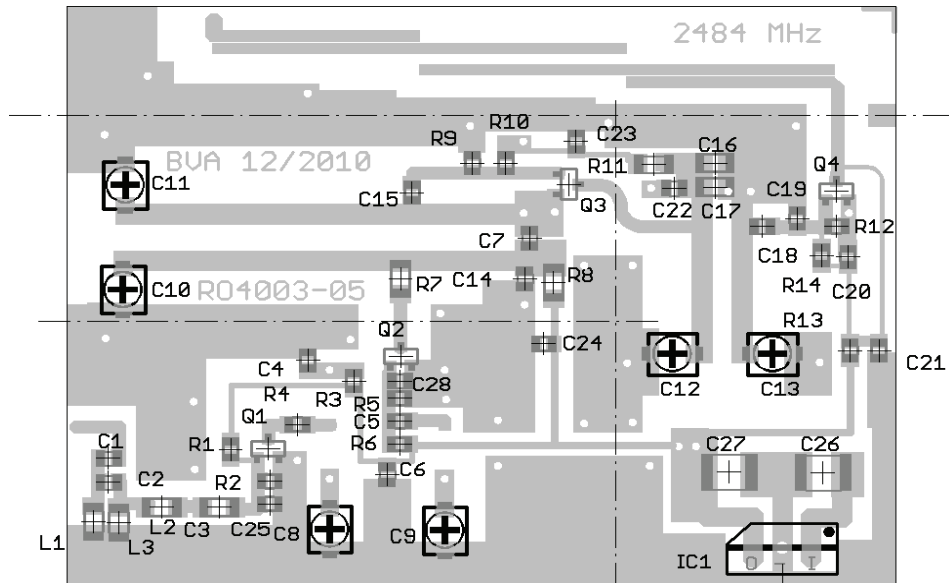
L'entrée se fait sur un filtre passe haut. Ce filtre a pour but de rejeter au maximum, les fréquences (basses) indésirables qui peuvent se trouver en sortie du pilote.

En effet, la plupart des pilotes modernes utilisent du 5 ou du 10MHz comme référence interne. Ses fréquences basses ne doivent pas se retrouver à l'entrée du premier multiplicateur, même à bas niveau. Le filtrage des spurious en aval s'en trouve grandement

facilité. Le premier étage multiplicateur Q1 (BFR92) est un tripleur.

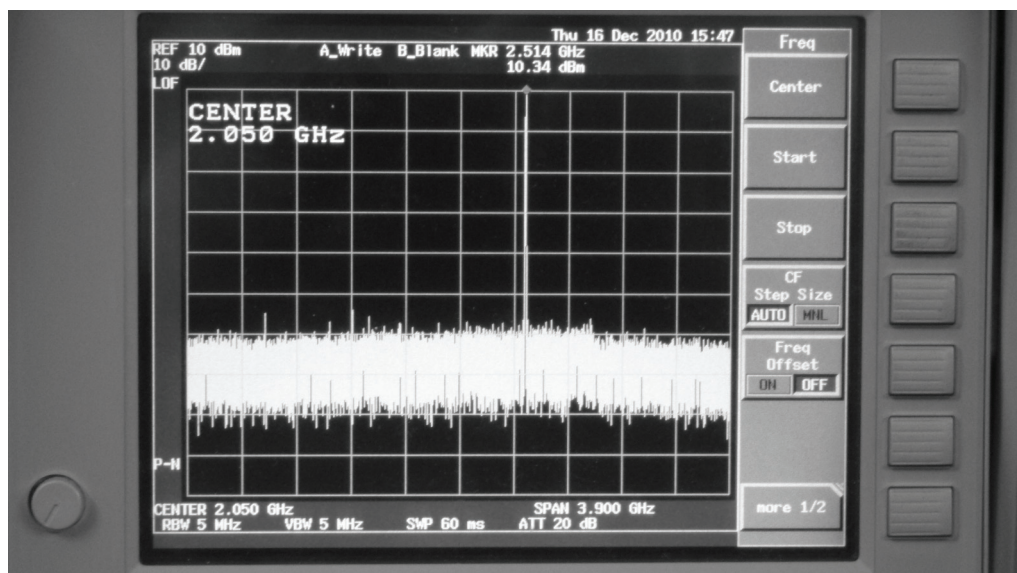
Il est suivi de deux doubleurs (BFR93). Le dernier étage, Q4 est le dernier doubleur, c'est un BFR520 qui est utilisé dans cette fonction. Le niveau de sortie de ce multi est de 10 dBm sur 2484 MHz.

Il est à noter que ce multiplicateur n'utilise (toujours !) pas de filtre hélice.

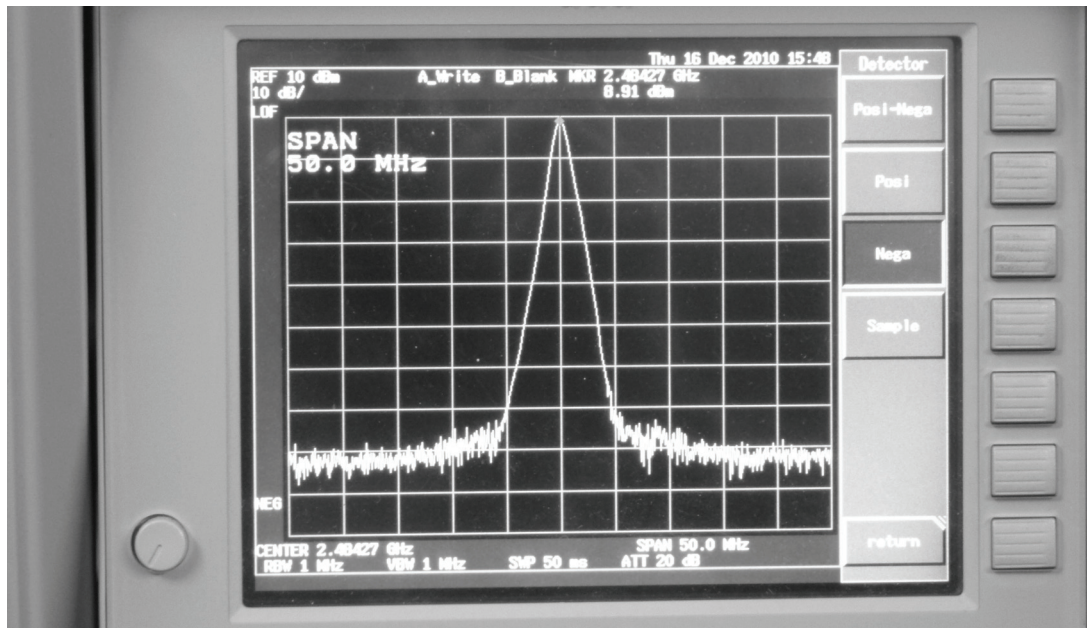


Le premier filtre de bande (310MHz) est constitué de deux selfs bobinées en l'air. Le filtrage des étages suivants est imprimé. Ce choix délibéré a deux conséquences positives : facilité d'approvisionnement des composants.. et prix de revient du montage ! Il a une SEULE conséquence négative : ce filtrage est « gourmand » en surface de print utilisé.... C'est tout ! Le niveau de fréquences indésirables mesuré en sortie n'a rien à envier à ce que j'ai pu mesuré sur les fabrications pro d'outre Rhin...

Le print est gravé sur du RO4003C de 0.5mm d'épaisseur, il est assemblé dans un boîtier Schubert de 55mm X 75mm.



Ci-dessus vue du spectre de sortie entre 100MHz et 4GHz



Ci-dessus, spectre proche

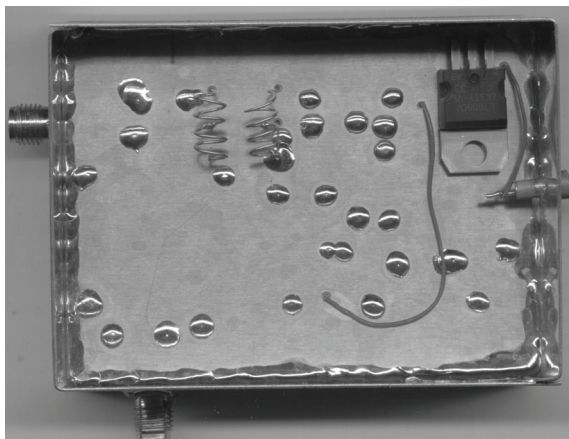
Montage :

Couper et percer le print. Poser les 29 rivets (via de masse).

Le positionner dans le Schubert à 10mm au dessus du fond.

Tracer puis percer les côtés du boîtier pour les prises entrée sortie, ainsi que pour le by-pas d'alimentation. Souder le print dans la boîte.

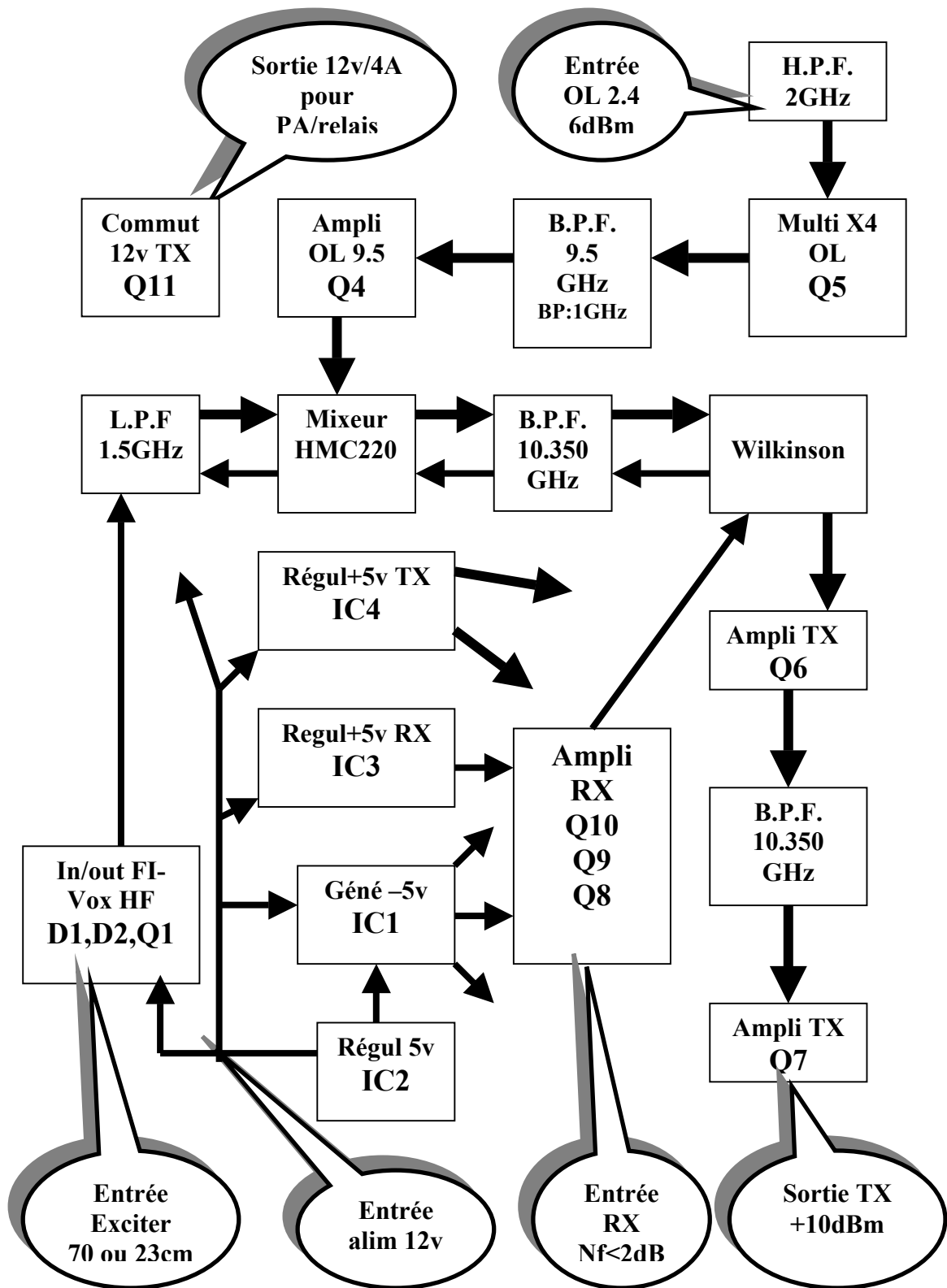
- Pour la suite du montage, souder la totalité des composants à l'exception des quatre transistors. Cela permettra de faire une mise au point étage par étage.
- Appliquer le 12volts sur le by-pas. Vérifier la présence du 8v en sortie du régulateur. Mettre en place Q1 (BFR92). Positionner un renifleur* sur l'emplacement de la base de Q2, réglez C8/C9 pour le maximum de 310MHz.
- Couper l'alim, souder Q2, renifleur en sortie de C15... max de 621 MHz..
- Couper l'alim, souder Q3, renifleur en sortie de C18, max de 1242MHz.
- Souder Q4 et vérifier en sortie la présence du 2484 MHz, reprendre éventuellement les réglages précédents.



L'OL vue de dessus

*Le « renifleur » est constitué de quelques centimètres de semi rigide. Sur une extrémité de ce coax est soudé une capa CMS de 4pf7 en format 0805. A l'autre extrémité est montée une prise SMA. Cette prise est reliée soit à un détecteur à diode, soit à l'analyseur.

SYNOPTIQUE TRANSVERTER.



Je pense que ce synoptique sera plus parlant qu'un long discours !!!

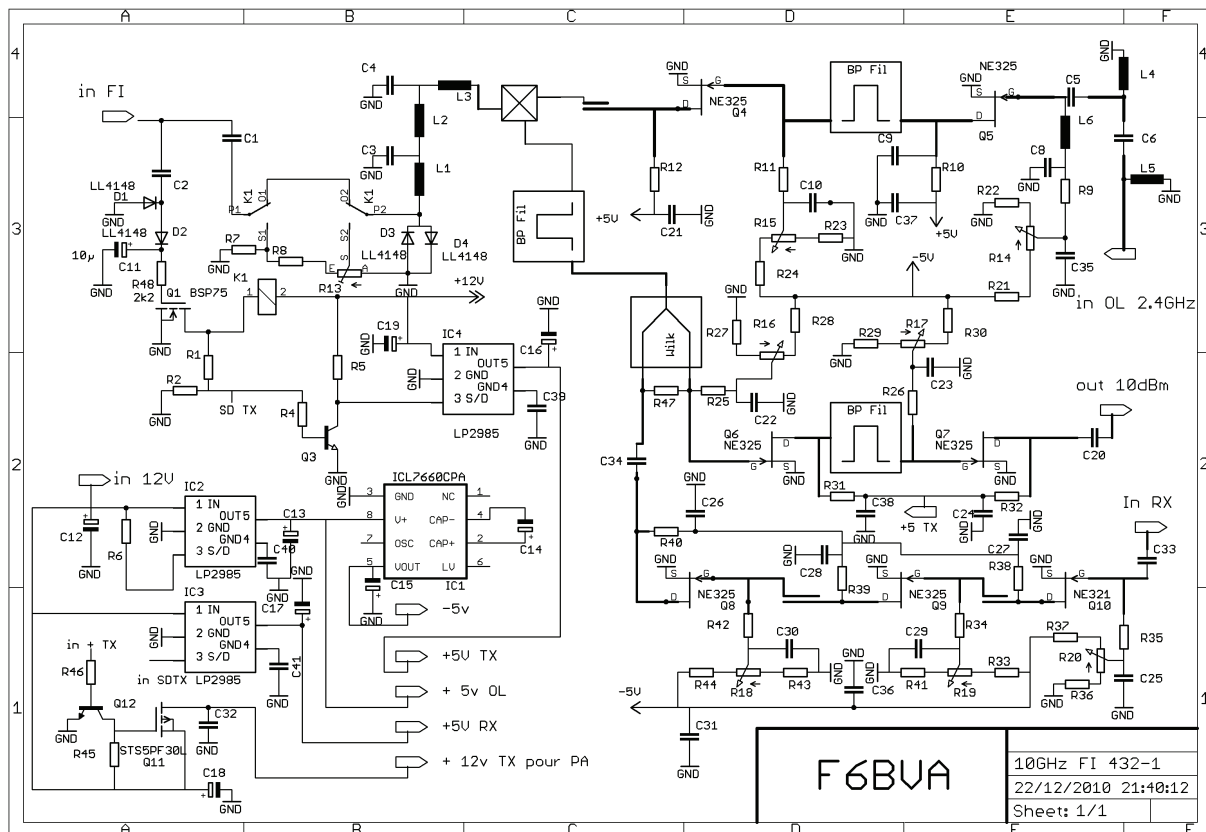
Le convertisseur émission réception.

Description :

L'entrée FI (70 ou 23cm) attaque directement le vox HF.

Celui-ci est constitué de D1, D2 et Q1.

* Si vous préférez commuter par une tension continue véhiculé par le coax transceiver, il suffira de remplacer deux composants. Montez en lieu et place de C2 une résistance de 10k, puis remplacez D1 par un condensateur de 10nf.



En Emission, le signal HF attaque le mixer, au travers d'un atténuateur (R7, R8, R13) puis d'un filtre passe bas (L1, L2,L3, C3, C4) pour les valeurs données, la fréquence de coupure de ce filtre est aux alentours de 1.5GHz. Cela permet de rentrer indifféremment du 70 ou du 23cm, ainsi qu'une bonne partie de la bande BIS.

Le mixer est un HMC 220 fabriqué par Hittite.

Ce mixer est suivi d'un premier filtre de bande, puis un wilkinson imprimé permet de faire le couplage (ou la séparation...) des voies RX/TX.

Le signal émission est dirigé vers un premier amplificateur Q6. Sur le drain de celui-ci, un deuxième filtre de bande améliore la réjection des produits de mélanges indésirables.

L'amplificateur final, Q7 délivre +10dBm de 10GHz.

En réception, Q10, Q9 puis Q8 constituent l'amplificateur d'entrée. Le signal amplifié est couplé sur le filtre d'entrée du mixer au travers du wilkinson.

En sortie du mixer, le passe bas puis la commutation permettent d'envoyer le signal converti vers le transceiver.

Côté Oscillateur local, l'entrée se fait sur le quadrupleur Q5 au travers d'un filtre passe-haut.

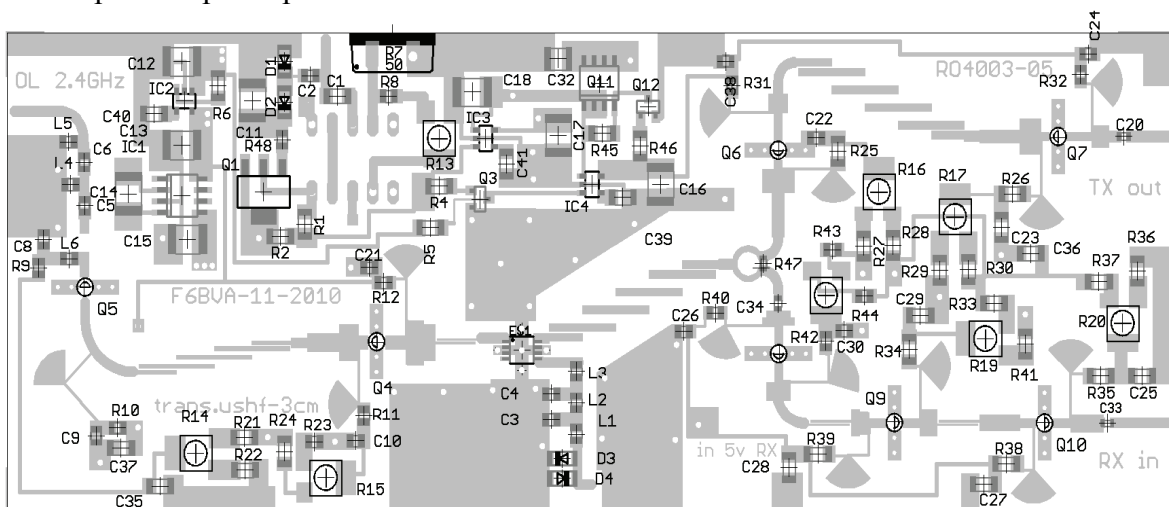
Un filtre de bande fait suite à ce multiplicateur. Sa bande passante est de 1GHz.
L'amplificateur suivant Q8 permet de driver le mixer avec les +10dBm nécessaires.
Les différentes tensions d'alimentation sont régulées par trois LP2985-5 (IC2, IC3, IC4).
La tension de polarisation négative est fournie par un classique ICL7660 (IC1).

*A Noté !

Les chaînes d'amplification émission et réception ont été élaborées de façon à avoir une stabilité maximum, on peut notablement augmenter leur gain. Ceci ne se justifie absolument pas ici puisque la puissance de sortie est largement suffisante pour driver le PA(saturation à +8dBm). De même, en réception le gain apporté par le LNA fait qu'il n'y a aucune raison de vouloir booster le transverter !

Montage, réglage :

Percer puis couper le print aux dimensions du Schubert.



Placer les rivets (via de masse).

Tracer sur les côtés du boîtier l'emplacement du print, 8mm au-dessus du fond.

Tracer puis percer pour fixer les SMA ainsi que le by-pas d'alimentation.

Mettre en place puis souder le Circuit imprimé à sa place.

Souder la totalité des composants passifs. Ne pas oublier les quelques fils de liaison interne au transverter. Un coaxial de petit diamètre fait transiter la FI depuis la sortie du relais vers l'entrée du LPF mixer. Quelques fils de câblage distribuent les différentes tensions d'alimentation. Câbler également le vox ainsi que les alim, soit :

D1, D2, D3, D4. Q1, Q3, Q11, Q12 puis IC1, IC2, IC3, IC4.

Il doit rester sur la table, les sept transistors HF ainsi que le mixer.

Après une bonne vérification visuelle, mettre sous tension sans HF sur l'entrée FI.

Vérifier la présence du +5V en sortie de IC2 ainsi qu'en sortie de IC3.

La tension de polarisation -5v doit également être présente en sortie de IC1.

Si tout est correct, positionner le contrôleur à l'emplacement de chaque « gâte » de tous les étages amplificateurs. Régler pour chaque étage, la tension négative à -1v5.

Vérifier la présence du +5v aux futurs emplacements des « Drains » des étages réception puis sur l'OL (futur Q4, Q5).

Raccorder votre exciter 70cm, en petite puissance, 1 ou 2 watts sont suffisants, basculer la station en FM, puis passer en émission.

On doit entendre le relais K1 coller ! Vérifier la présence du +5v TX sur R31, R32.

Si tout est correct, couper l'alim, débrancher l'exciter, charger toutes les entrées et sorties à l'aide de petites charges 50 ohms.

Positionner précautionneusement les HEMT à leur place et les souder.

Même précaution pour le mixer, c'est le composant qui demande le plus de précision pour son positionnement. S'aider d'une bonne loupe, ou mieux, d'une binoculaire.

Le câblage terminé, effectuer une rigoureuse observation du montage.

Raccorder l'alimentation 12v, alimenter le transverter.

L'OL(30ma) et la réception (10ma) en premier lieu, puis appliquer la HF sur l'entrée FI et régler le courant de Q6, Q7 également à 30ma. S'aider du petit tableau ci-dessous pour effectuer ce pré-réglage.

Pour ce faire, il nous faut mettre un contrôleur en parallèle sur chaque résistance de drain, puis régler la résistance ajustable de gâte de l'étage correspondant.

Etage A régler	Ajustable à régler :	Contrôleur en Parallèle sur :	Tension Mesuré :
Q5	R14	R10	2v
Q4	R15	R12	2v
Q6	R16	R31	2v
Q7	R17	R32	2v
Q8	R18	R40	3v
Q9	R34	R39	3v
Q10	R20	R38	3v

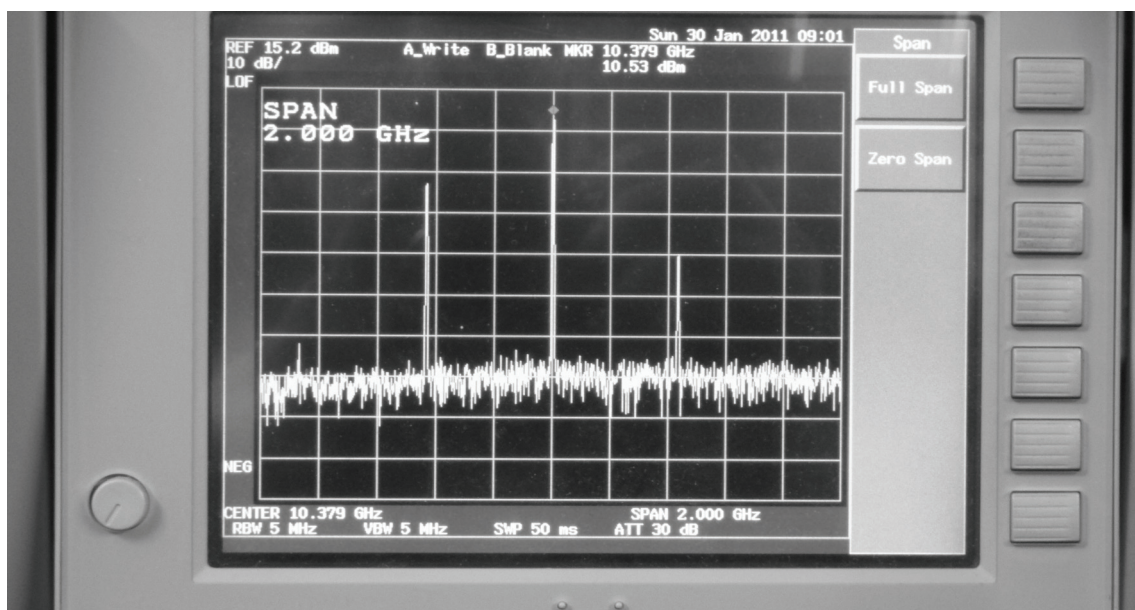
Ces valeurs sont données comme référence pour la mise en route du transverter. Elles seront affinées au fur et à mesure des réglages.

Cette opération terminée, retirer les charges, injecter l'OL sur l'entrée dédiée (de +5 à +10dBm). Raccorder la sortie TX sur l'analyseur, passer en émission.

Il doit y avoir les + 10dBm sur 10368 en sortie.

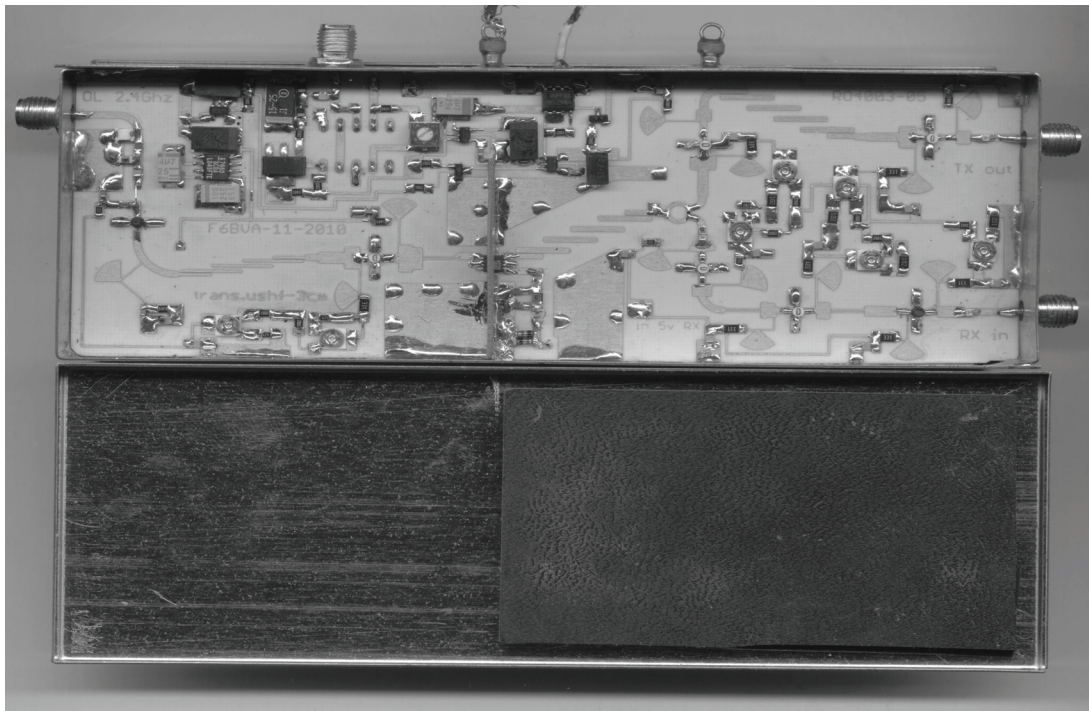
Régler le niveau d'injection FI à l'aide de R13 pour être en-dessous de la saturation. En DTV ce réglage pourra être finalisé en mesurant le taux d'erreur en sortie.

Le spectre de sortie devrait ressembler à ceci :

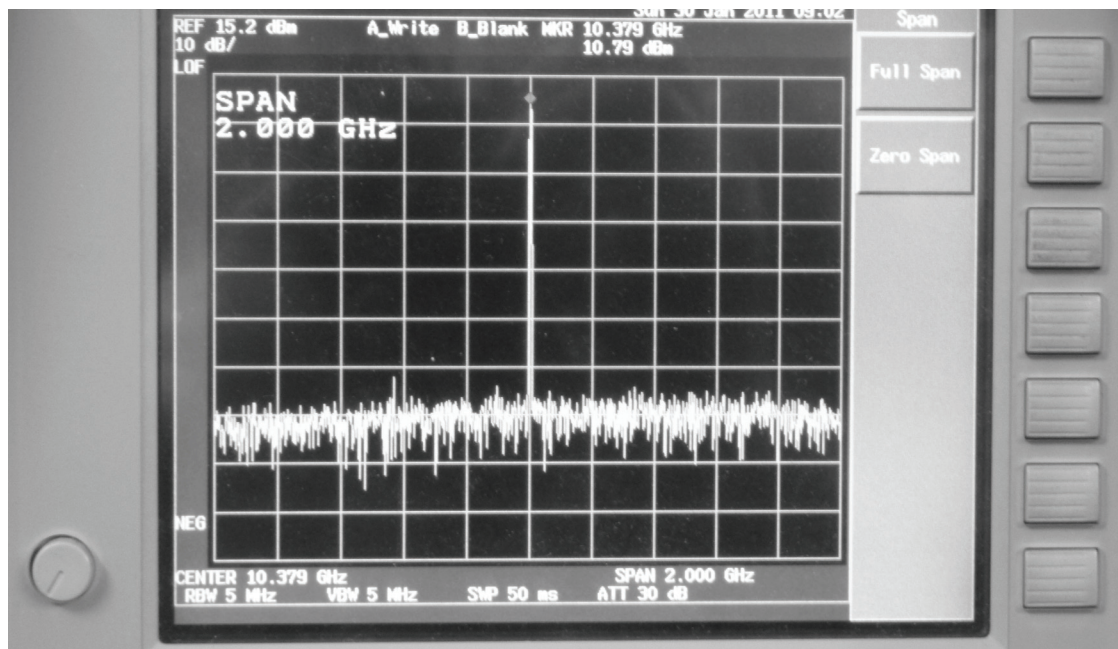


La raie parasite de l'OL ainsi que des produits de mélanges indésirables sont bien visibles à ce niveau, nous allons maintenant nous en occuper.

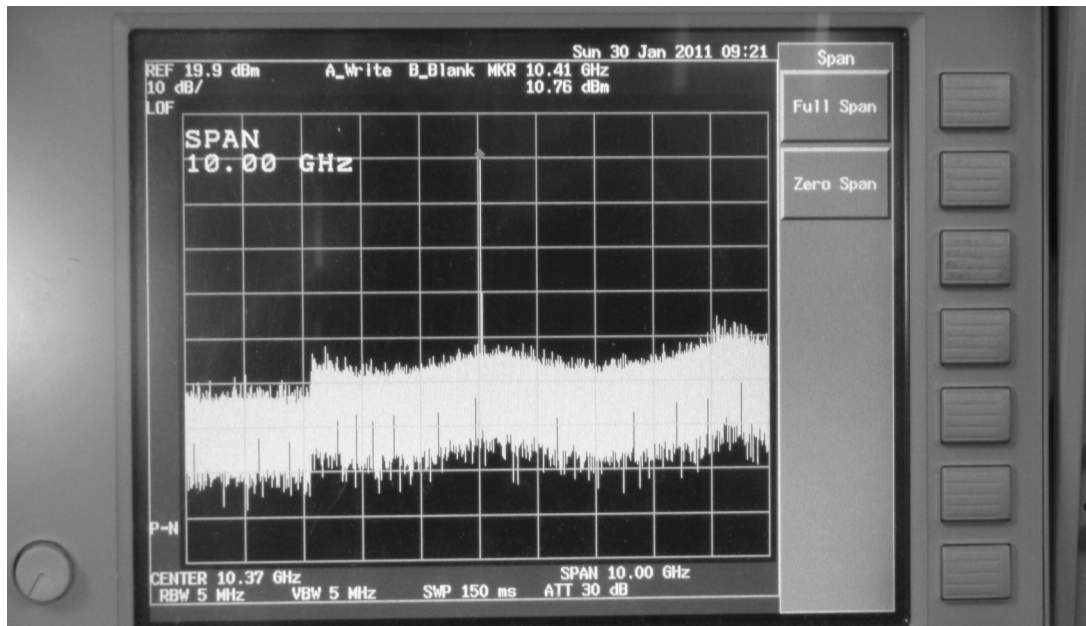
Pour diminuer les couplages parasites à l'intérieur du boîtier, il faut placer un petit blindage par dessus le mixer, puis disposer un morceau d'absorbant dans le couvercle. Prendre exemple sur la photo ci-dessous.



Le blindage fait 8mm de hauteur, il affleure le couvercle une fois celui-ci refermé. Le morceau d'absorbant couvre la totalité de la surface à droite du blindage. Fermer le couvercle, remettre sous tension, analyseur en sortie... résultat ci-dessous !



Elargissons un peu la fenêtre de mesure, soit pour un span de 10GHz

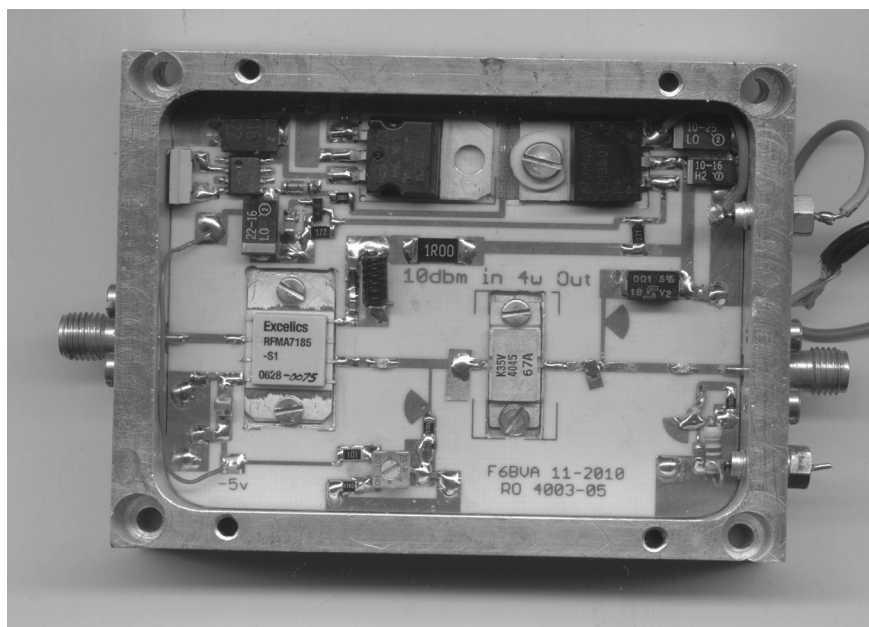


Il ne reste plus qu'à s'occuper de la réception.

Là aussi, le travail est réduit à peu de choses.. si vous ne disposez pas de moyen de mesures appropriés, je vous propose de rester avec les courants de repos réglé initialement.

Si vous disposez d'un panfi ou de tout moyen équivalent, vous pouvez optimiser les courants des trois étages RX. Sur les trois exemplaires montés ici, les nf mesurés s'étalent entre 1.4dB pour le meilleur à 1.8dB pour le moins bon.

Dans tous les cas, c'est parfaitement suffisant pour une utilisation tropo, d'autant qu'un LNA sera monté en amont.



Ci-dessus PA terminé stubs posés.

Transverter U/SHF vers 10 Ghz. Nomenclature.

Position	Valeur
L1,L3	8nh/2nh
L2	22nh/10nh
L4	3.3nh
L5	5.6nh
L6	20nh
C1, C8	100pf
C2, C33, C34	1pf
C3, C4	8pf2/3pf3
C5	22pf
C6	4.7pf
C9	33pf
C10	47pf
C11, C15	10µf
C12, C13, C16, C19	2.2µf
C14, C18	4.7µf
C17	2.2µf
C20	1.5pf
C21	33pf
C22, C23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,30, 31, 35, 36, 37, 38	1nf
C32	100nf
C34	1pf
C39,40, 41	10nf
D1, D2	BAT15 Voir note pour D1
D3,D4	LL4148
Q1	BSP75
Q3, Q12	BC848
Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9	NE32584C (D)
Q10	NE321 (K)
Q11	STS5PF30L
R1, R2, R4, R5, R6, 21, 24, 28, 30, 33, 37, 44, 45, 46, 48	10k
R7	50 ohms qqs watts
R8, R22, R23	470 ohms
R9, R11,R25, R26, 34, 35, 38, 39, 40, 42	330 ohms
R10, R12, R31, R32	68
R13	Pot 100 ohms
R14 à R20	Pot 10k
R27, R29, R36, R41, R43	1k
R47	100 ohms 0603 de préférence
IC1	ICL7660
IC2, IC3, IC4	LP2985-5

Note 1: pour remplacer le vox HF par une commutation piloté par CC sur coax en TX, remplacer C2 (1pf) par un résistance de 4k7/10k, puis remplacer D1 (BAT15) par un condensateur de découplage de 10nf.

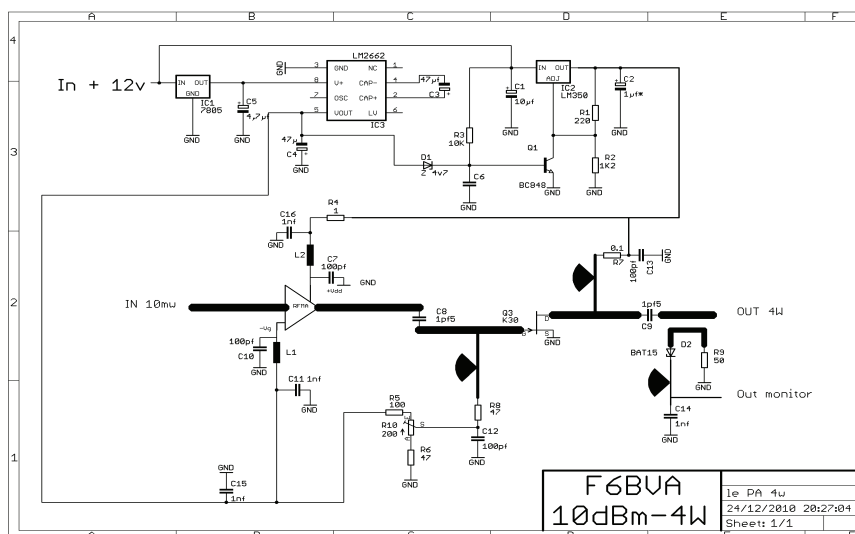
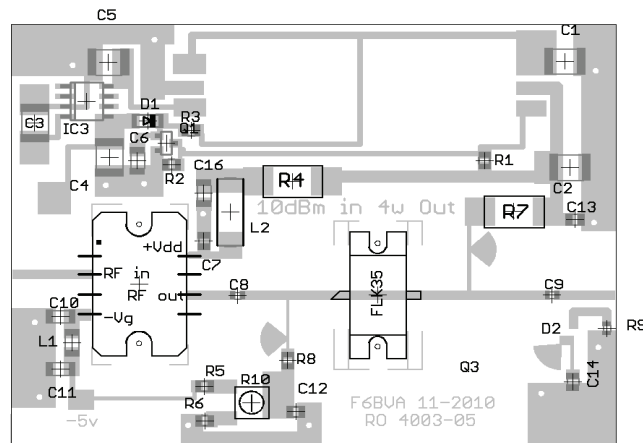
Le PA 4 Watts .

C'est un deux étages.

Le premier est équipé d'un RFMA7185. C'est économiquement le meilleur choix pour cette fonction, plus de 23dB de gain pour un prix défiant toute concurrence !

Pour le deuxième étage, vous avez de multiples possibilités.

NEZ1011-3, FLM1011-4, TIM1011-4 ou autre, le print vous laisse toute latitude pour monter différents boîtiers. Pour ma part, j'ai utilisé un transistor 14 GHz de récupération. Il est évident que le choix d'un transistor pré-matché pour nos fréquences simplifie radicalement le réglage de ce PA !



La mise en route de ce PA se limite à régler le courant de repos du transistor final.

La valeur de ce courant dépendra du composant utilisé, dans le cas du MGFK35, il est de 800ma à 1 ampère. Si vous avez utilisé un transistor pré-matché dans la bande de fréquence qui nous intéresse, la mise au point doit (à peu de choses près...) être terminée.

Pour les plaisantins qui réutilisent des transistors 14 GHz, il s'ensuivra une petite séance de « tuning ». Dans tous les cas, la puissance de sortie de 4 watts doit être atteinte avec moins de 10mw en entrée.

Nomenclature PA.

Position	Valeur
C1	10 μ f 25v
C2	10 μ f 16v
C3	47 μ f 16v
C4	22 μ f 16v
C5	22 μ f 16v
C6	100nf
C7, C10, C12, C13	100pf
C8, C9	1pf5 ATC100a
C11, C14, C15, C16	1nf
D1	Zener 4v7
D2	BAT15
IC1	7805
IC2	LM2662
IC3	LM350
L1	
L2	
Q1	BC848
Q2	RFMA7185
Q3	Transo 4 watts
R1	220 ohms
R2	1K2
R3	10k
R4	1 ohms 1W
R5	100 ohms
R6, R8, R9	47 ohms
R7	0.1 ohms 1W
R10	pot 200 ohms

Le LNA.

Plusieurs possibilités soit un mono, soit un bi-étage.

Ayant déjà décrit dans le proceeding de 2004 un excellent mono-étage, ce sera cette année un bi-étage. Cette version à grand gain sera bien adapté pour un usage télévision.

En effet, la plupart des récepteurs bandes bis sont affreusement « sourds ». Pour une utilisation en bande étroite, il faudra réduire le gain des étages suivants dans le transverter. Vous trouverez sur mon site Internet d'autres descriptions de pré-amplificateurs à faible bruit. Recommandations habituelles pour le montage de cet ampli....un montage très soigné est indispensable pour obtenir de bons résultats, prenez votre temps, montage des SMA impeccables, fers à souder à la bonne température pour le montage des transistors, il vaut mieux chauffer assez fort très rapidement que l'inverse !

Comme pour les autres modules constituant cette station 10GHz, ce LNA est pré-matché.

Le courant de repos sera réglé à 10ma par étage, puis optimiser ce courant à l'aide d'un PANFI ou autre générateur de bruit .Le nf mesuré doit être en dessous du décibel.

