

Réalisation d'un amplificateur de puissance en 2 mètres

Ayant eu l'opportunité de me procurer des transistors Mosfet de puissance capables de travailler jusque 175 Mhz à un prix intéressant , j'ai décidé de construire un amplificateur pour la bande des 2 mètres pour éventuellement remplacer mon amplificateur à tube. Ce chantier a été l'occasion de vérifier la reproductibilité du montage car Pascal F1LPV a bien voulu jouer le Béta testeur pour mettre en évidence les difficultés rencontrées lors de la réalisation des différents modules.

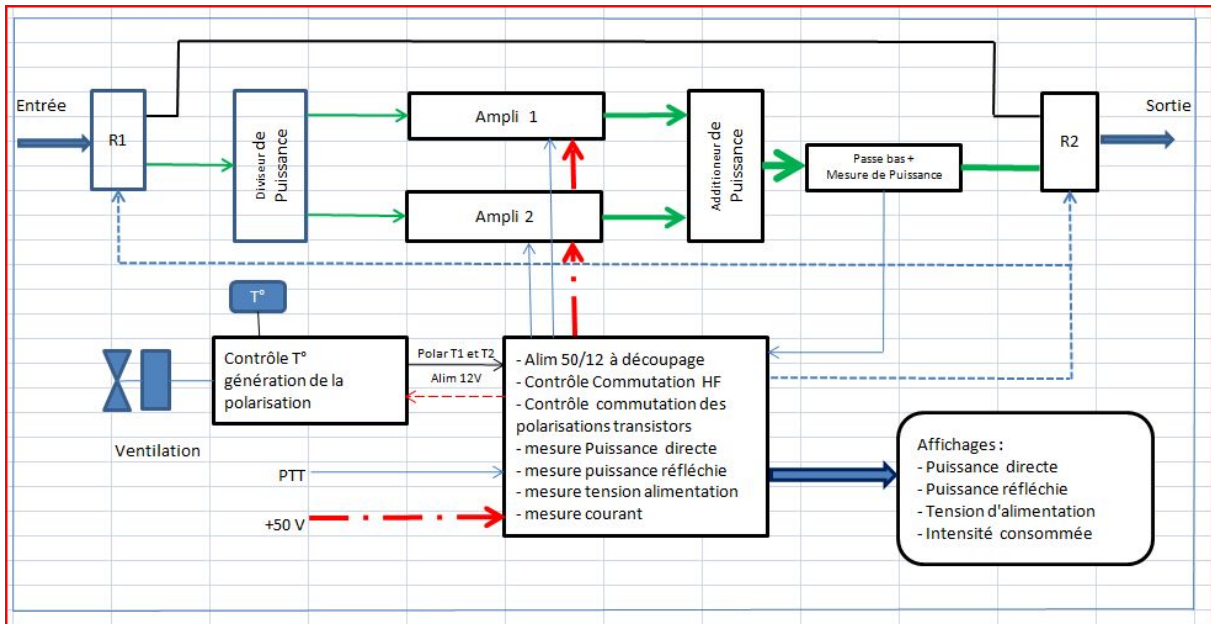
L'amplificateur décrit est capable de sortir 300W HF avec une excitation de 20W sous une tension d'alimentation de 50V. Les transistors utilisés sont des SD2931-10 capables de délivrer 150W HF pièce avec un gain compris entre 11 et 13db suivant la fréquence.

Le schéma de base est issu du net , c'est une description de YU1AW modifié à notre sauce avec une contre réaction type R C entre le Drain et la Gate pour un fonctionnement plus stable.

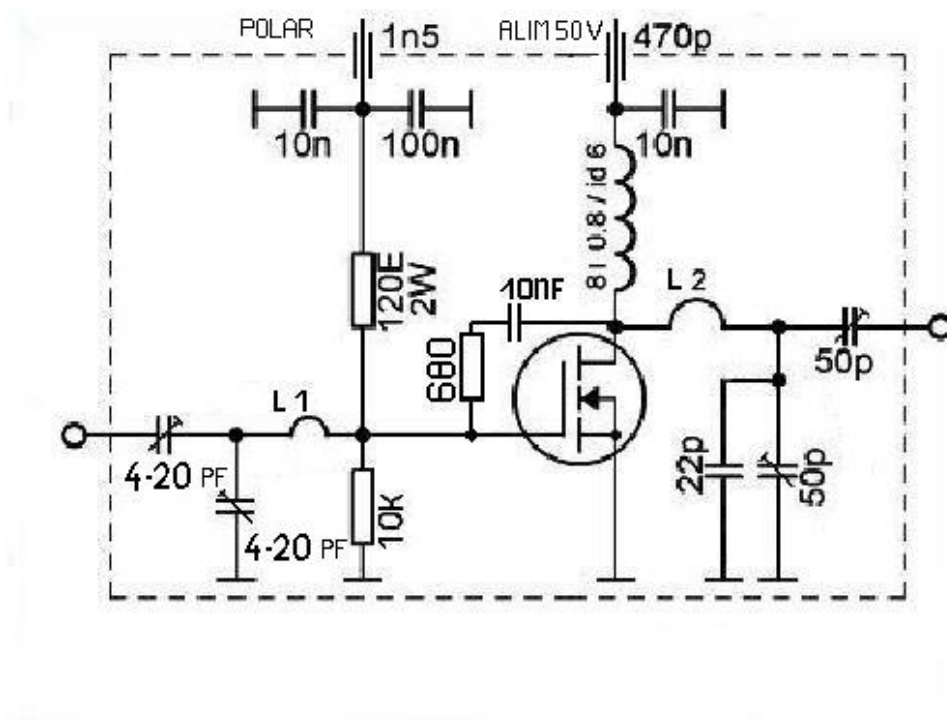
L'ensemble est construit sous la forme de modules et combine, via des diviseurs additionneurs de WILKINSON, 2 modules amplificateurs rigoureusement identiques pour obtenir les 300W annoncés.

Les autres modules de service sont : un filtre passe bas et mesure du ROS , une platine pour la polarisation des transistors et contrôle de température, une platine pour la commutation et l'alimentation des auxiliaires , une platine pour l'affichages des paramètres de fonctionnement.

Synoptique de l'ampli.



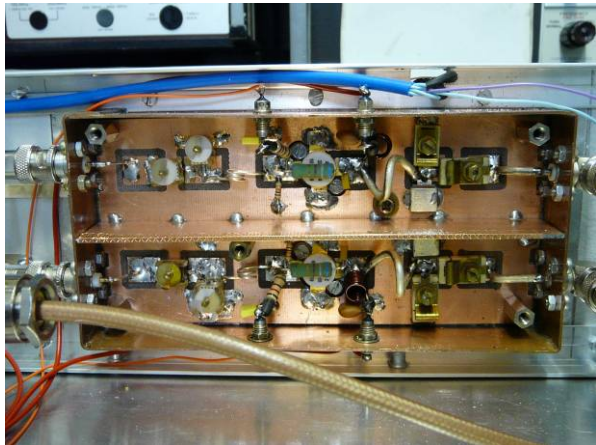
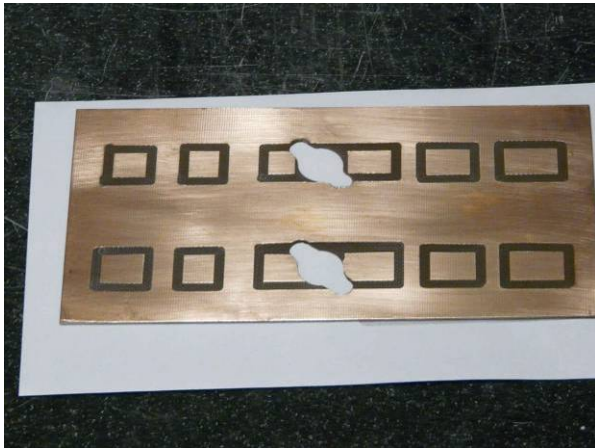
Le schéma d'un module amplificateur



- L1 : 2 spires fil 10/10 diamètre int 6mm - 3mm long
- L2 : 1 spire fil 25/10, diamètre int 10mm - 13mm long
- La résistance de contre réaction 680 ohms fait 2W
- Les condensateurs de 10nF et 100nf ont un isolement de 100V

Les éléments de l'amplificateur sont câblés sur des ilots gravés sur un circuit imprimé simple face de 78mm X 158mm lui-même monté dans un boîtier avec une semelle de cuivre pour une meilleure répartition de la chaleur sur le radiateur.

Les 2 amplificateurs sont logés dans le même boîtier .



- Le fond du boîtier est réalisé à partir d'un morceau de trolley de cuivre de 5mm d'épaisseur 80mm de largeur et 160mm de long. Une rainure de 2mm de profondeur sur 25mm de large est réalisée en travers pour adapter la hauteur du transistor au circuit imprimé. Cette rainure n'est pas obligatoire mais elle évite de plier les pattes du transistor pour la soudure sur le circuit. Le fond en cuivre permet de mieux répartir la chaleur sur l'ensemble du radiateur auquel il sera fixé.

Le tour de la boîte est réalisé en cuivre de 1mm d'épaisseur sur 30mm de large . Il est soudé à l'étain à la semelle à l'aide d'un chalumeau à gaz.



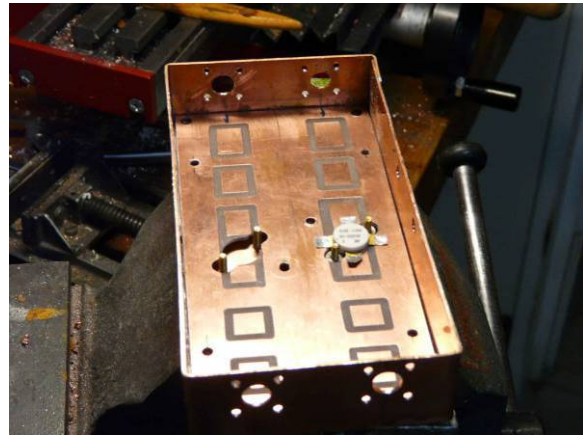
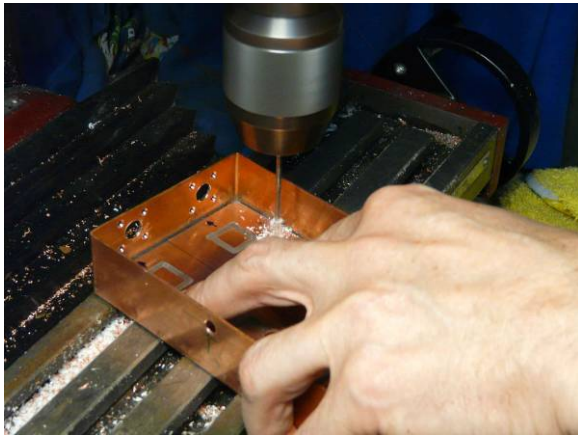
-Sur les flancs de la boîte sont percés les orifices pour les fiches d'entrée de sortie HF et les traversées d'alimentation et de polarisation .

-Le circuit imprimé est maintenu au fond du boîtier par 6 vis de 3mm de diamètre et 5mm de long (attention au taraudage dans du cuivre toujours délicat) . 4 trous de 4mm percés de part en part dans les coins serviront à plaquer le boîtier sur le radiateur.

Compte tenu que l'épaisseur de la semelle est moins grande au niveau des transistors à cause de la rainure d'adaptation de niveau, les transistors seront

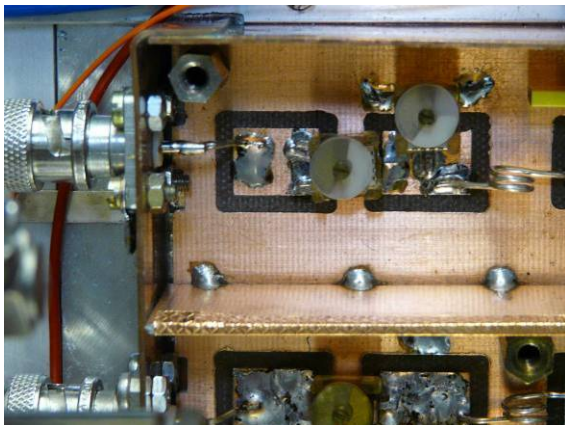
maintenus par des vis de 3mm en laiton à tête fraisées montées par-dessous la plaque. Pour éviter qu'ils ne se desserrent lors du montage des transistors, les têtes seront noyées dans la semelle par un fraisage adéquat et verrouillées par de la soudure.

La semelle ayant subi un échauffement important suite à la soudure des parois de la boîte vérifiez impérativement avant le montage des composants, la planéité de la surface devant être en contact avec le radiateur et rectifiez la si besoin.

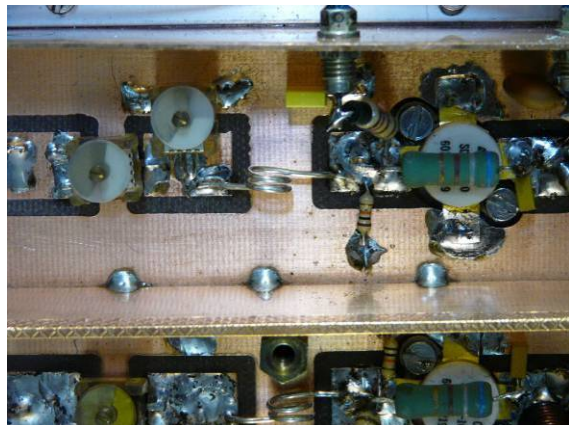


Le câblage des amplificateurs se passe de commentaires mis a part pour la self de sortie dont il faut respecter le diamètre du fil à cause des courants de surface. Elle n'est pas évidente à mettre en forme pour être suffisamment éloignée de la masse et permettre de placer les condensateurs .

Disposer suffisamment de soudure au point de jonction de la self et des capa Arco car l'intensité en ce point est élevée. Utiliser un fer de puissance suffisante pour éviter la soudure sèche.



Détail entrée de l'amplificateur



Détail centre de l'amplificateur



Détail sortie Amplificateur

Un conseil, commencer par installer la cloison de séparation entre les 2 amplificateurs ensuite câbler de l'entrée vers la sortie en terminant par les points d'alimentation.

Premiers essais :

Les modules amplis étant câblés et avant de vous lancer dans la construction du diviseur de WILKINSON vous devez essayer les modules séparément. Pour cela connectez une source 144Mhz variable via Wattmètre sur l'entrée et en sortie un second wattmètre avec une charge fictive capable de dissiper au moins 200W , alimentez le drain de l'un des ampli avec une source 50V limité en courant à 5A. La polarisation de la GATE est simulée par une alimentation variable de 0 à 5V via une résistance de 10Kohms. Attention , régler la tension au minimum avant de mettre sous tension En montant progressivement la tension de polarisation vous allez faire débiter le FET. Le courant Drain de polarisation doit se situer au repos entre 150 et 200mA max.

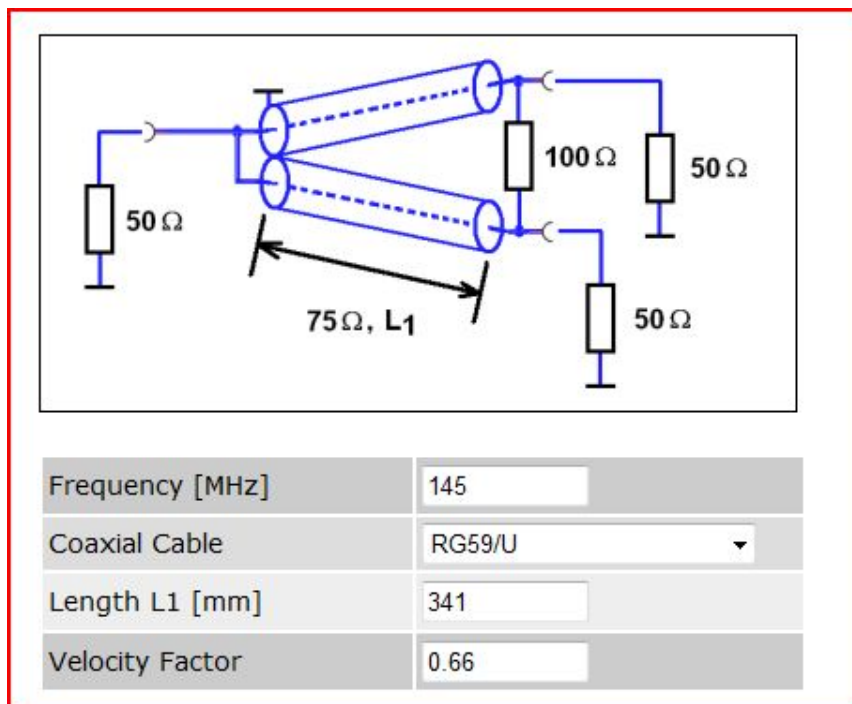
*Attention de bien surveiller le courant drain (50V) et non le courant Gate (polarisation) cette erreur a coûté un transistor à chacun de mes 2 co-valideurs . Injectez un peut de HF et régler l'étage en commençant par le circuit de sortie pour obtenir un maximum de HF . Le réglage optimum pour un maximum de sortie HF doit

coïncider avec le minimum de ROS en entrée. Vous devriez obtenir à peu près 150W HF en sortie pour 7 à 8W injecté.
Le second ampli doit donner les mêmes résultats.

Le diviseur additionneur de WILKINSON :

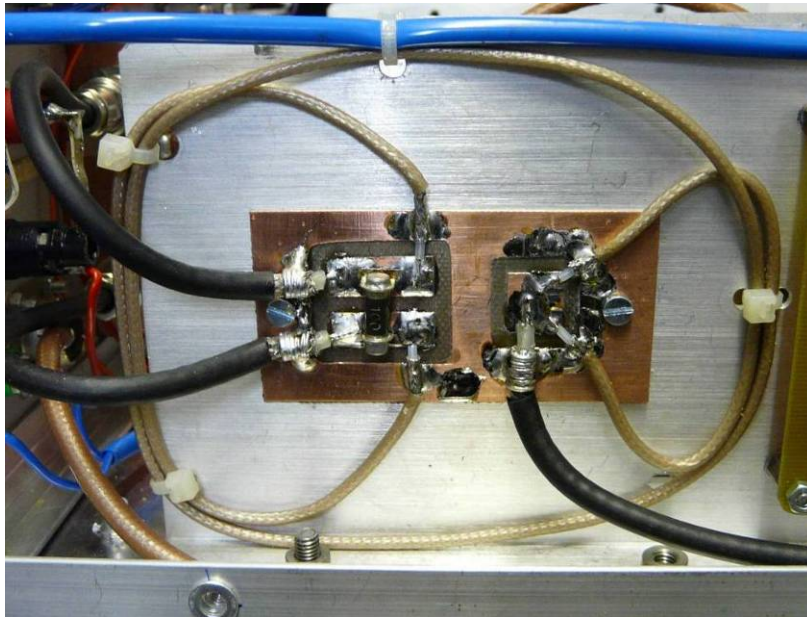
Ce type d'additionneur diviseur est très utilisé en SHF la bande passante est étroite 3 à 5% de la fréquence de calcul il est simple de réalisation et convient parfaitement pour ce type d'application.

Il est constitué de 2 morceaux de câble 75 ohms d'un côté reliés ensemble et de l'autre reliés à une charge non inductive de 100 ohms.

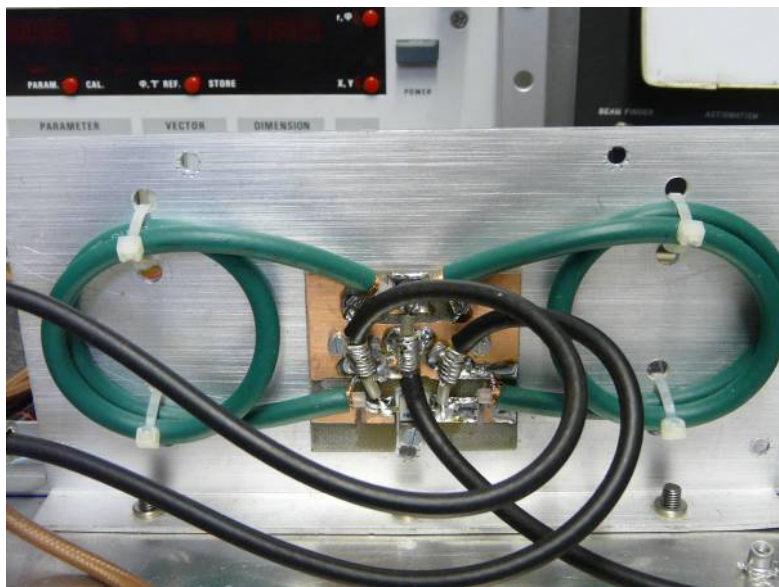


Le circuit fonctionne dans les 2 sens , soit on injecte du côté ou les câbles sont en parallèle et on récupère la moitié de la puissance de chaque côté de la charge avec la même phase , soit on injecte la HF de chaque côté de la charge avec la même phase et on récupère la somme des puissances injectées de l'autre côté . La charge de sortie doit être capable d'absorber la différence de puissance entre les 2 amplificateurs. Attention a prendre une charge de puissance minimale de 100W . Quand les amplificateurs sont bien réglés avec la même puissance et la même phase cette charge ne dissipe rien et la puissance de sortie égale la somme des 2 puissances injectées dans l'additionneur.

Diviseur à l'entrée



Additionneur de sortie

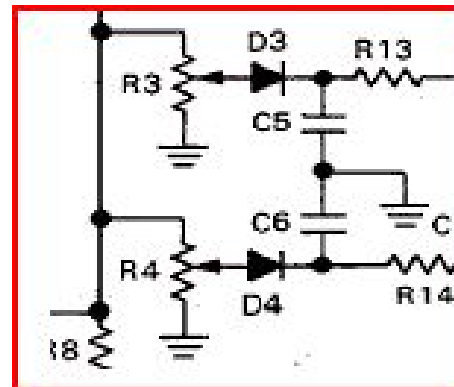
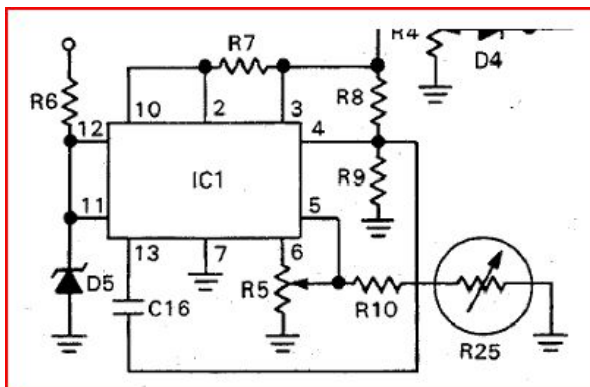


La différence entre les 2 diviseurs additionneurs réside dans le câble coaxial qui est différent suivant la puissance qui y transite et de la puissance que doit pouvoir dissiper la charge 100 ohms.

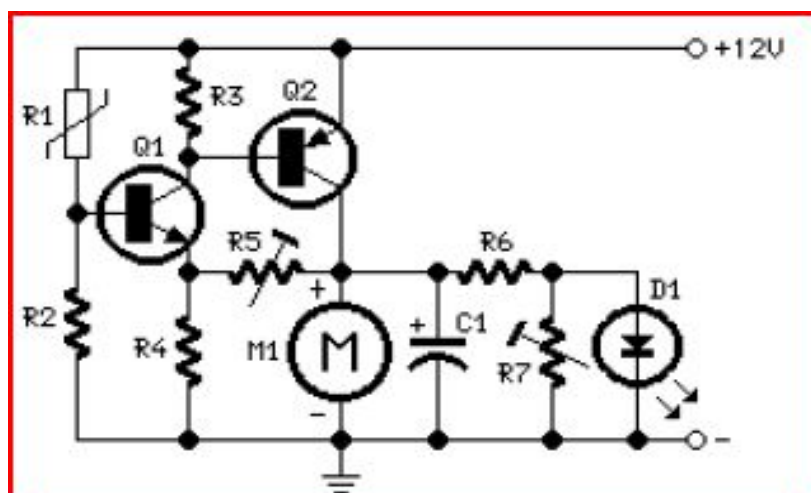
Platine de Polarisation :

Le circuit de polarisation des transistors est issu d'un schéma de MOTOROLA pour son amplificateur décimétrique de 600W EB104 utilisant les mêmes transistors . Un circuit $\mu A723$ sert de source de tension pour alimenter les Gates des transistors. Chaque transistor possède son propre réglage de polarisation , la compensation de polarisation en fonction de la température est faite par le biais d'une résistance CTN influant sur la sortie du $\mu A723$. Dans le cas de l'alimentation de la platine à partir du

12v la résistance R6 peut être remplacée par une résistance de 10 ohms et la diode par une 1n4148 , si l'alimentation se fait à partir du 50V R6= 1Kohms et D5 Diode Zener 28V 1W



J'ai repris ce schéma et y ai adjoint un contrôle pour la ventilation du refroidisseur proportionnel à la température de celui-ci . le schéma a été trouvé sur le NET.



La résistance R4 peut être remplacée pour les essais par un potentiomètre monté en résistance variable de façon à définir plus finement en fonction du modèle de ventilateur installé le seuil de démarrage en rotation (en fonction du modèle de ventilateur installé). Dans mon cas le ventilateur tourne au ralenti de façon permanente et accélère dès que la température du radiateur monte

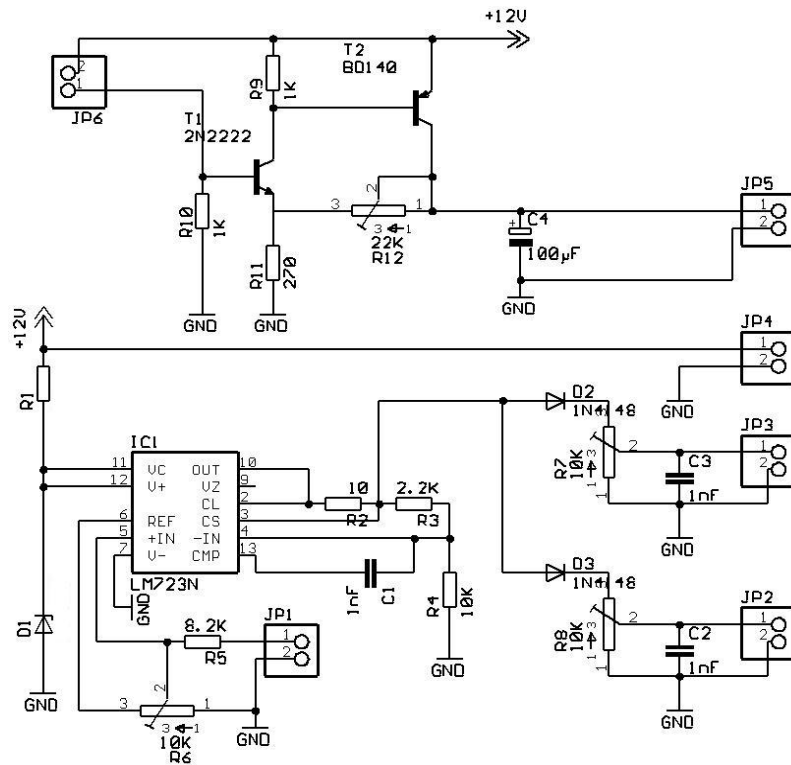
Schéma de la platine :

Les CTN de 10Kohms sont montées en JP6 et JP1

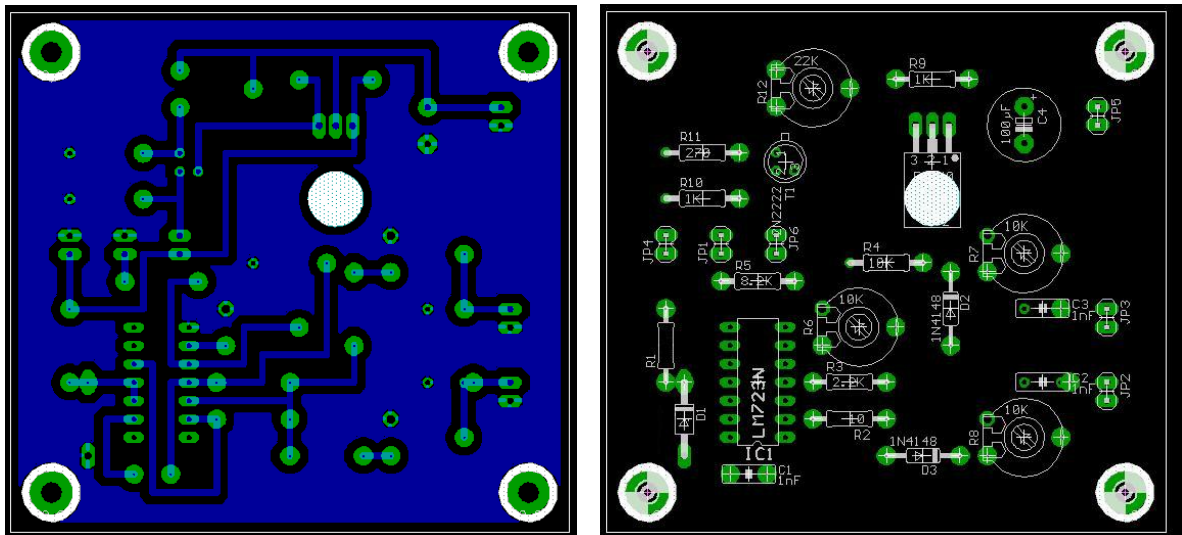
Le ventilateur se connecte en JP5

L'alimentation 12V se connecte en JP4

Les tensions de polarisation sont en JP3 et JP2
 R1 et D1 voir texte



Le typon :



*Attention le typon est vu par transparence

Platine d'alimentation et commutation :

Le 12V utile aux platines périphériques est fabriqué à l'aide d'un circuit spécialisé LM2576HV-ADJ permettant d'abaisser la tension sans dissiper trop de chaleur . Ce circuit est capable de délivrer 3A sous une tension variable réglée ici à 13.8V ce de

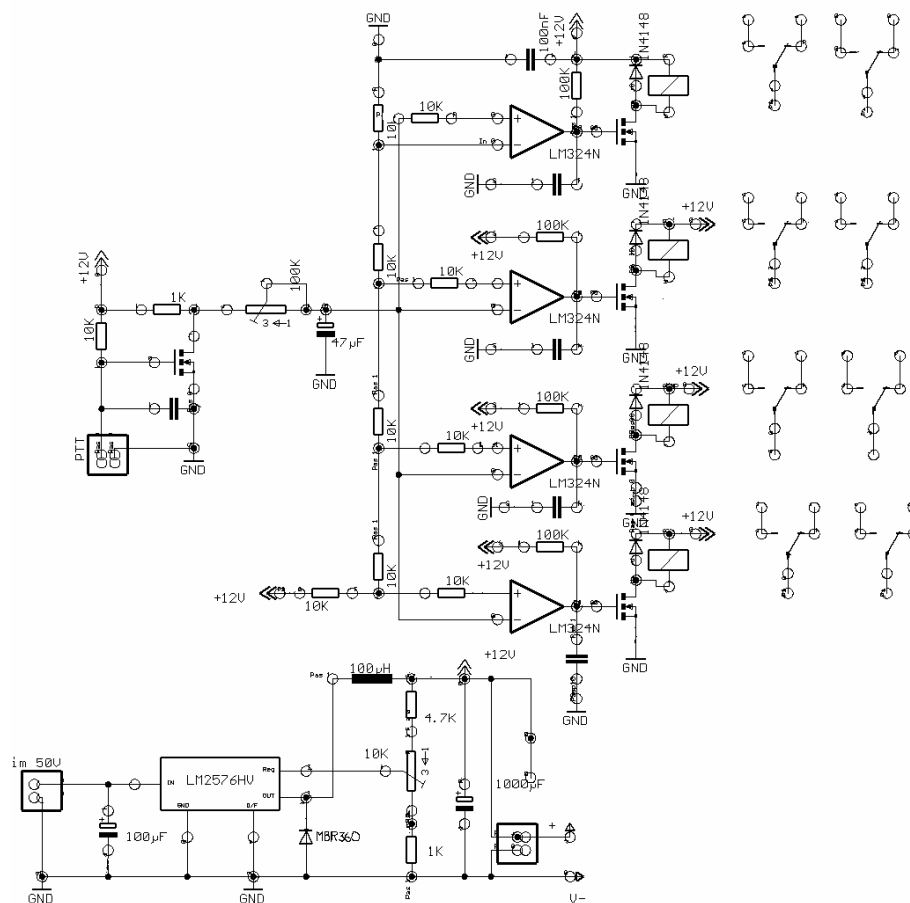
qui est amplement suffisant pour les circuits de commutation , de polarisation et d'affichages. Il faut faire attention à prendre le modèle HV car il doit supporter une tension à l'amont de plus de 45V , j'ai opté pour le modèle ajustable plutôt que le modèle 12V pour avoir plus de souplesse vis-à-vis des composants utilisés.

***Attention** à la diode en sortie du LM2576 qui doit être impérativement du type schotky très rapide Type MBR360 .

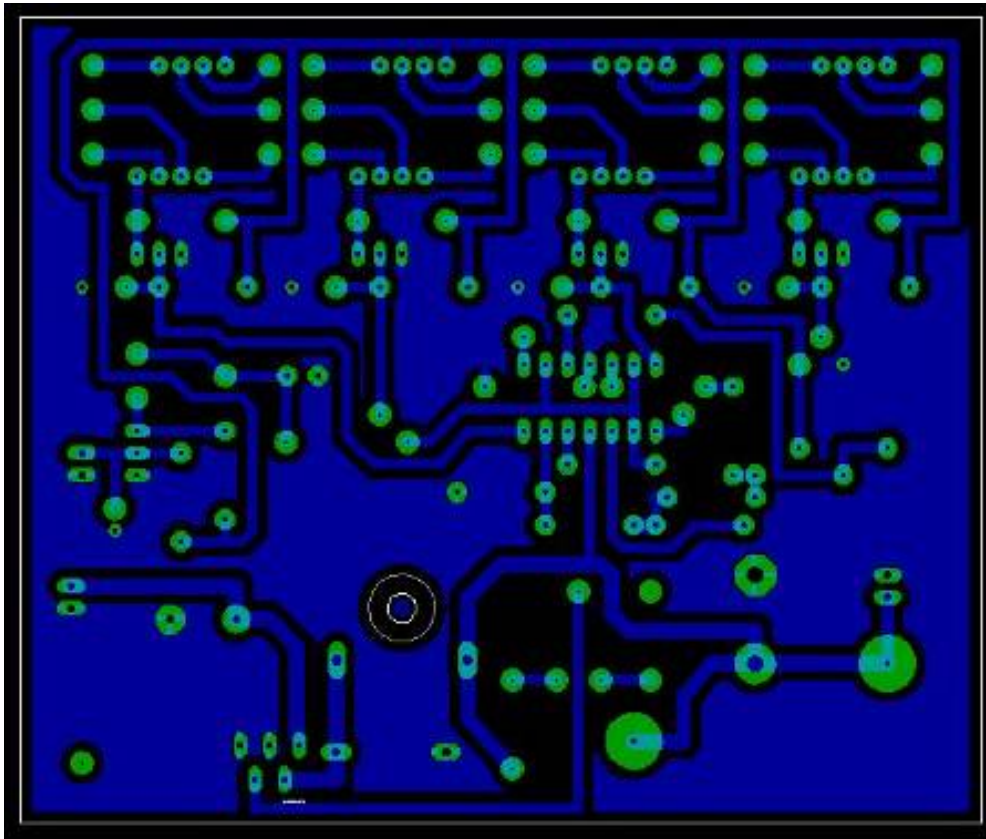
Le circuit de commutation est issu du net , une description de l'ARRL reprise par F1FVR. Elle permet de commuter les relais coaxiaux hors HF . la séquence est la suivante sur mise à la masse du point PTT le premier temps permet de couper l'alimentation d'un éventuel préamplificateur en tête de mat , le second temps commute les relais coaxiaux , le troisième temps envoie la polarisation vers les transistors , reste un quatrième temps qui, si il est câblé peut servir a commuter un élément externe .

Cette platine est utile pour éviter que l'ampli n'entre en auto-oscillation pendant les périodes de réception en n'envoyant la tension de polarisation que quand l'entrée et la sortie sont chargées sous 50 ohms.

Schéma :

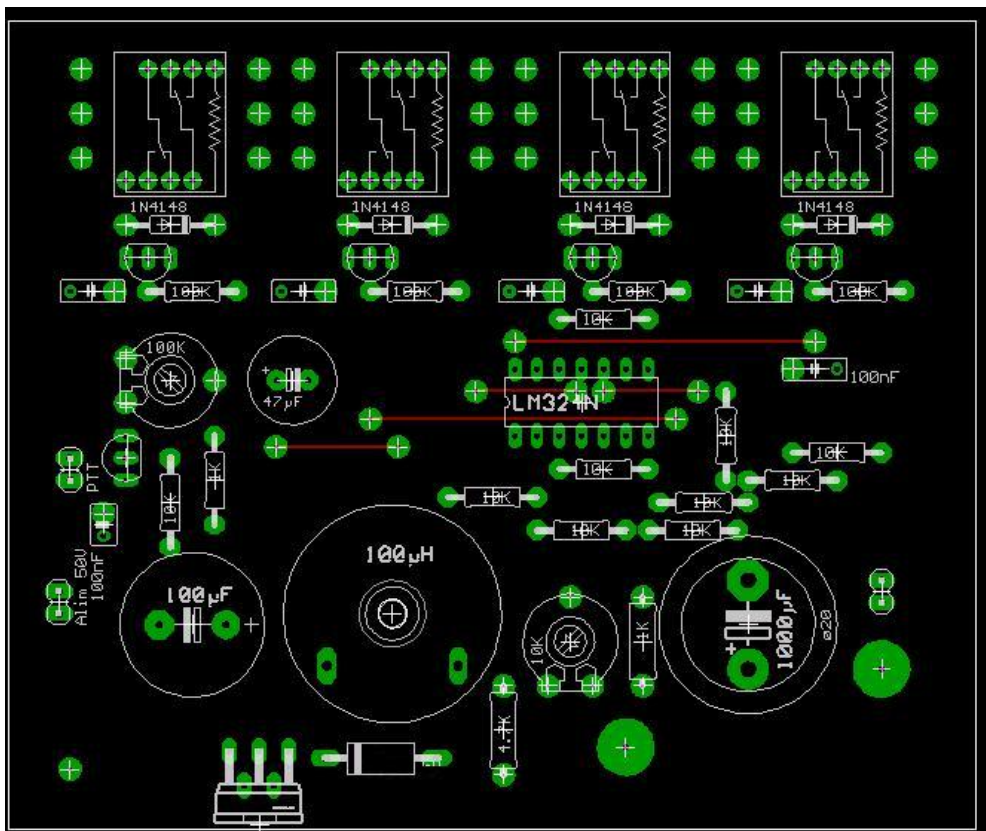


Le typon



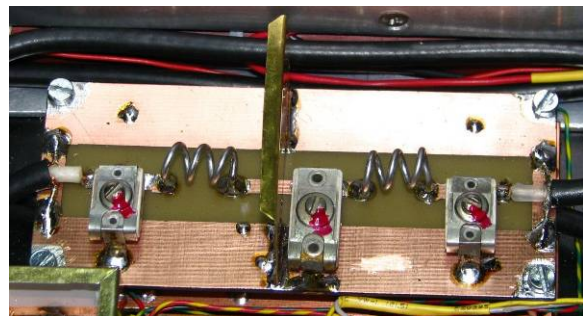
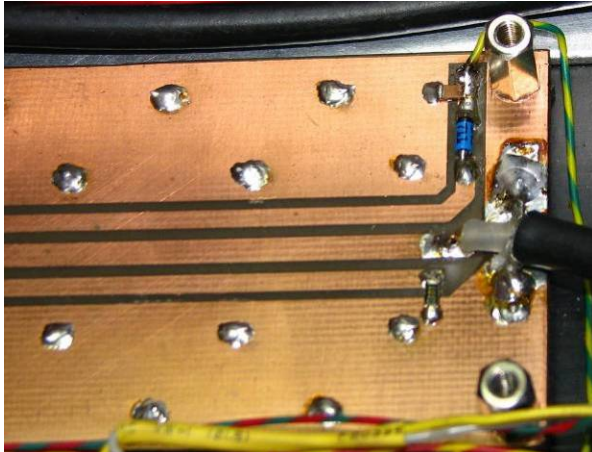
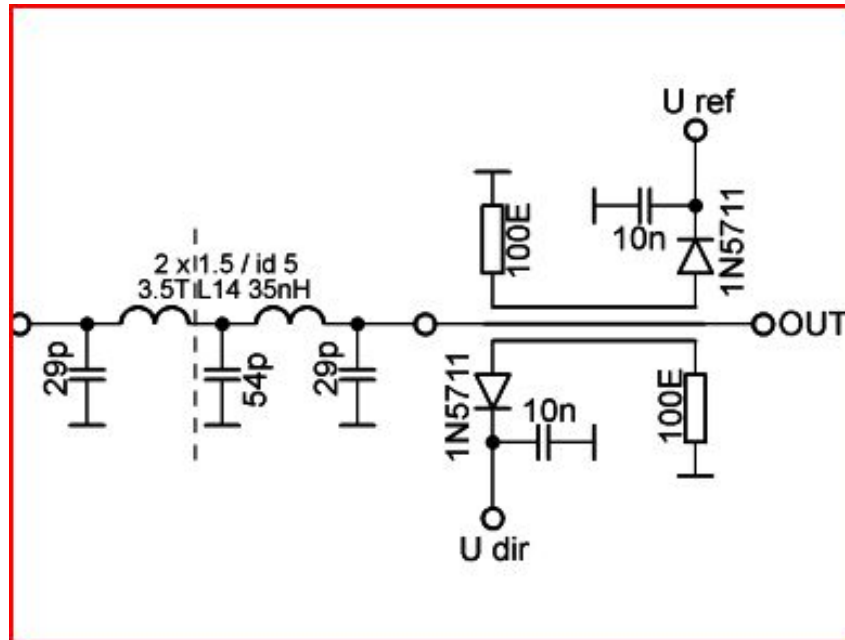
*Attention le typon est vu par transparence

Implantation



L'affichage des paramètres de l'amplificateur est réalisé à l'aide de rampe de 10 diodes leds pilotés par des circuits LM3914.
Cette partie fera l'objet d'une prochaine description .

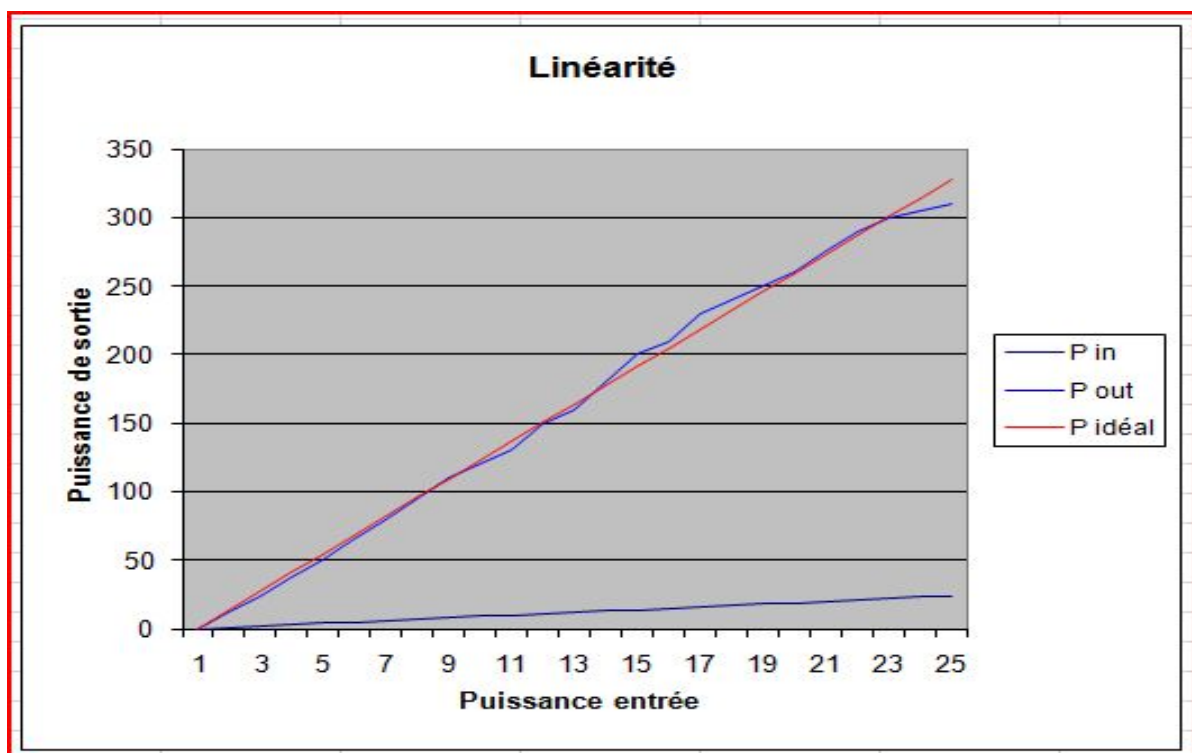
Pour ce qui est du filtre de sortie et de la ligne de mesure du ROS, j'ai repris la description de YU1AW.



Essais avec les 2 amplificateurs :

Une fois les platines terminées et raccordées le premier alignement consiste à régler le courant de repos de chaque amplificateur à 150ma, ensuite en injectant de la HF à obtenir le maximum de puissance en sortie avec les 2 amplificateurs en fonctionnement en agissant alternativement sur les réglages entrée puis sortie. Il faut impérativement qu'au repos (sans HF) les courants de polarisation soient les mêmes. Si vos deux amplificateurs sont bien réglés vous pourrez constater que la charge de l'additionneur ne chauffe pas malgré une puissance de sortie élevée. Lors de mes premiers essais avec les 2 amplis j'ai obtenu 350W de sortie pour 20W injectés soit un gain de 12.4db.

J'ai effectué un relevé de puissance de l'amplificateur entièrement câblé et terminé.



Les transistors sont polarisés à 150ma pour une tension d'alimentation de 50V . Pour 300W HF de sortie, la consommation est de 8.6 A soit un rendement proche de 70% . Le gain global de l'ampli intégrant les différentes pertes de commutation, de connectique, du filtre passe bas, des additionneurs diviseurs, est de 11.4db soit 22W input pour 300W de sortie perte de 1db. Ces pertes sont également dues aux câbles utilisés pour les liaisons internes (RG58) qui ont tendance à chauffer quand il y passe 300W .

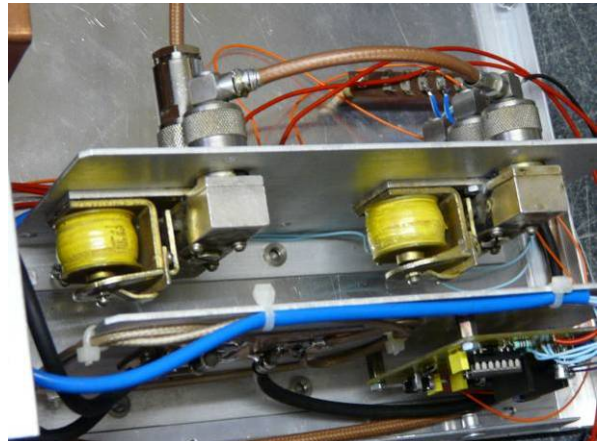
* Sur les circuits de puissances sortie HF , il faut utiliser de condensateurs type ARCO à forte isolation sous peine d'amorçage et du coup destruction du transistor (test réalisé par ON4MFX)

Ci-joint quelques photos de ma réalisation et celles de Pascal F1LPV et ON4MFX

Ampli F6IHC :



Ventilation du radiateur



relais coaxiaux



L'amplificateur F6IHC terminé et en boîte

Réalisation ON4MFX Boitier en Circuit imprimé simple face



Réalisation F1LPV Dans le boitier d'un ancien amplificateur R&S



Bonne réalisation et à bientôt sur l'air

Jean Pierre F6IHC