

PREAMPLIFICATEURS 144 MHz ET 137 MHz FAIBLE BRUIT

La description suivante complète l'article précédent sur le préamplificateur 70 cm par une version VHF très semblable pour les bandes amateur et satellites. Le montage est parfaitement reproductible et la mise au point se trouve simplifiée par un seul réglage.

Jean-Matthieu STRICKER, F5RGT

Par rapport à la version 70 cm, ce préamplificateur VHF lui ressemble beaucoup. Le circuit d'entrée n'est plus une ligne imprimée, trop longue en VHF, mais une self spéciale de type résonateur hélicoïdal. Afin d'améliorer la réjection des fréquences hautes (> 200 MHz), un filtre en Pi adapte la sortie de l'amplificateur tout en fixant le gain à une valeur choisie.

DESCRIPTION DES CIRCUITS D'ADAPTATION

Le constructeur donne les paramètres du transistor pour quelques fréquences de test. A partir de ces données, il faut extrapoler les chiffres pour en déduire une valeur proche à la fréquence de travail (145 MHz). Pour le BF988, le facteur de bruit est optimal si on lui présente entre la

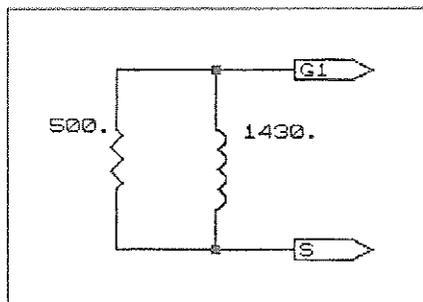


Figure 1. Circuit équivalent de l'admittance à présenter au BF988.

grille 1 et la source, une admittance de $Y_s = 0,7 - j 2 \text{ mS}$ (ou Ω^{-1}).

Cette admittance est équivalente à $Y_s = 1/1430 - j 1/500$ soit une résistance de 1430Ω et une inductance en parallèle de $500 \Omega (= L\omega)$ de réactance (Figure 1).

Il faut ensuite adapter cette impédance à 50Ω . Pour cela, l'abaque de SMITH est intéressant. Plus simple encore, il existe des logiciels sur PC qui travaillent dans l'abaque de SMITH ce qui évite de prendre son matériel de dessin !

Rappelons quand même les quelques règles de base de l'abaque de SMITH qui n'est autre qu'un plan complexe ! L'axe des réels traverse le cercle diamétralement à l'horizontale, gradué de zéro à l'infini. Les imaginaires sont reportés sur le périmètre du cercle entourant les graduations ; de 0 à $+\infty$ pour la moitié supérieure et de 0 à $-\infty$ pour la moitié inférieure. Les impédances ou admittances y sont reportées sous forme réduites, c'est-à-dire divisées par une valeur de référence. En transformant un point symétriquement par rapport au centre de l'abaque, on passe d'une impédance ($Z = A + jB$) à une admittance ($Y = C + jD$). Comme le module de l'admittance d'entrée Y_s est très supérieure à 50Ω , il vaut mieux centrer l'impédance réduite sous 200Ω environ pour que le graphe ne soit concentré dans un coin de l'abaque !

Le point départ Y_s est transformé en admittance réduite :

$$y_s = Y_s/Y_o = Y_s.R_o = [0,7 \cdot 10^{-3} - j 2 \cdot 10^{-3}] \times 200 = 0,14 - j 0,4$$

Ce point se trouve en A sur l'abaque (Figure 2). Le circuit d'adaptation est le suivant : une self et une capacité en parallèle sur la grille et une capacité entre l'entrée 50Ω et la grille. Le but à atteindre est le point sur l'axe réel à impédance réduite y_B .

$$y_B = 50/R_o = 50/200 = 0,25$$

De là, on fait partir un contour à impédance réelle constante segment [BC]. On reporte son symétrique B'C' par rapport au centre de l'abaque (point repère 1 sur l'échelle réelle).

Cet arc est en fait la partie imaginaire apportée par la capacité C10, non encore définie. Si l'on regarde le point de départ A, on voit qu'un contour à partie réelle constante vient couper le segment [B'C'] dans la moitié supérieure de l'abaque près du point C'. En joignant ces deux arcs au point F, on peut déterminer la valeur de C10. Pour cela, il faut regarder quelle est la graduation du point F sur l'axe imaginaire.

On lit 0,73 d'admittance réduite Y_{C10}

$$Y_{C10} = Y_{C10} \times R_o = 0,73/200 = C\omega = 3,65 \cdot 10^{-3}$$

d'où $C = YC_{10} / 2 \pi f$ avec $f = 145.10^6$ Hz

$C_{10} = 4$ pF soit 3,9 pF

Il reste la détermination de la self L10 et du condensateur C12. Pour cela, quelques contraintes s'imposent : La self L10 est une sorte de résonateur hélicoïdal miniature. En effet, ce sont les selfs qui ont souvent plus de pertes que les capacités en HF. Une self à air à 145 MHz possède un facteur de qualité de 100 environ, mais si l'on réduit ses dimensions, le facteur de qualité baisse. Un blindage ou une masse métallique entourant le périmètre de la self réduit l'inductance mais augmente le facteur de qualité. On se rapproche ainsi d'une cavité coaxiale. Sur le marché, il existe de telles bobines présentant un facteur de qualité de 150 à 200 MHz dans un encombrement de 7 x 7 x 10 mm. Ici, la self L10 est une 511830 de NEOSID) de 65 nH 10% réglable par un noyau. Pour minimiser les pertes à l'entrée du transistor, le facteur de qualité à vide doit être le plus élevé possible et en charge le plus faible possible. Mais, ceci se fait au détriment de la bande passante. Le facteur de qualité du circuit d'adaptation se matérialise sur l'abaque de SMITH par des arcs partant des extrémités de l'axe réel. Plus le contour d'adaptation se trouve près des bords, plus le facteur de qualité sera meilleur, mais ceci sous risque d'une instabilité de l'amplificateur. Retournons sur l'abaque de SMITH. Il faut déterminer L10 et C12 pour rejoindre le point F au point A. La self L10 fait avancer le point F vers le point A, tandis que la capacité agit dans le sens contraire. Nous avons :

$$Y_L = j(L_{10} \cdot \omega)^{-1} = \\ j(65 \cdot 10^{-9} \times 6.28 \times 145 \cdot 10^6)^{-1} = \\ -j16,8 \cdot 10^{-3} \text{ mS}$$

$$y_L = Y_L \times R_0 = -j3,38.$$

Partant donc du point F, on se retrouvera dans la moitié inférieure de l'abaque au point G qui aura pour valeur imaginaire $y_G = j(Y_F - Y_L) = j0,73 - j3,38 = -j2,65$.

La valeur de l'admittance de la self L10 paraît trop grande car le point A est dépassé en allant vers le point G. L'adaptation peut suffire rien qu'avec C10 et L10 mais le préamplificateur ne serait pas protégé contre les fréquences élevées.

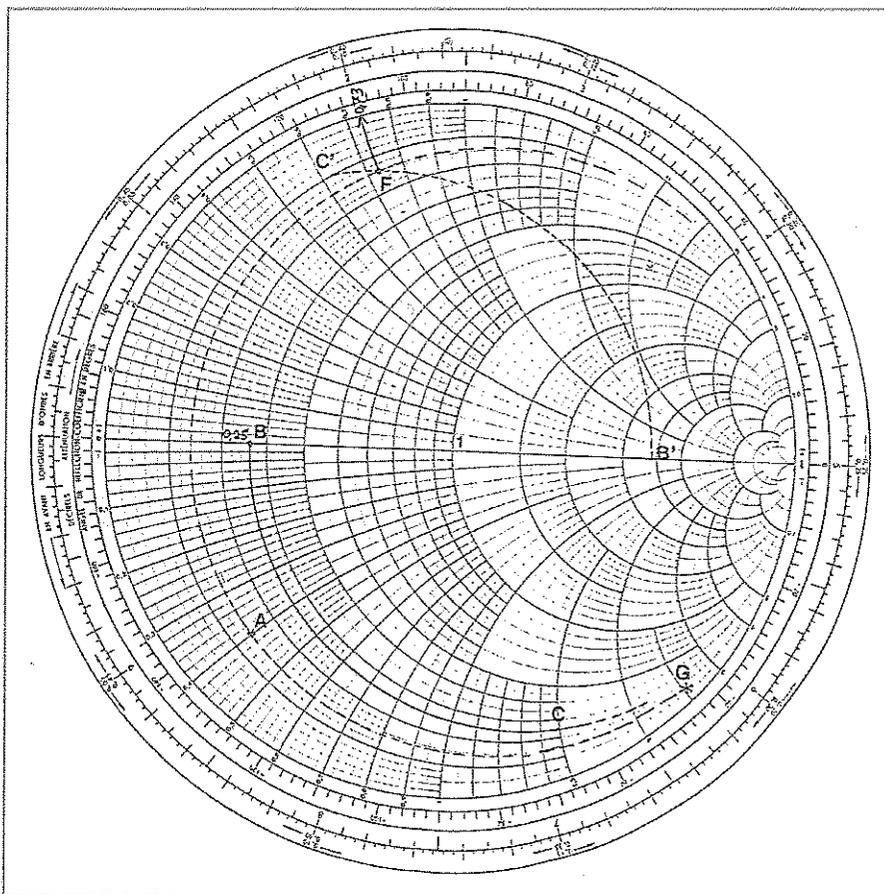


Figure 2. Abaque de SMITH de l'adaptation d'entrée du préamplificateur.

La capacité C12 produira un effet de passe bande sur le circuit d'entrée. La valeur de C12 correspond à la différence d'admittance entre les points A et G.

$$y_A = -j0,4 \text{ et } y_G = -j2,65 \\ y_{C12} = j y_G - y_A = j2,64 - j0,4 = j2,25 \\ \text{soit } Y_{C12} = y_{C12}/R_0 = 0,01125 \Omega^{-1} \\ C_{12} = Y_{C12} / 2 \pi f = \\ 0,01125 / (2 \pi \cdot 145 \cdot 10^6) \\ C_{12} = 12,3 \text{ pF prenons } C_{12} = 12 \text{ pF}$$

Le réglage de L10 fera légèrement déplacer le point A sur le contour [FG] pour atteindre l'adaptation parfaite.

Pour la version 137 MHz la méthode est la même. On peut considérer que les paramètres du transistor varient peu par rapport à 145 MHz, seule la capacité C12 passe à 15 pF.

L'adaptation en sortie utilise un classique filtre en Pi. Une telle structure possède plusieurs avantages :

- La caractéristique amplitude-fréquence est celle d'un filtre passe bas.

- L'adaptation d'impédance aux deux extrémités se prête bien à des charges réelles complétées d'un terme capacitif en parallèle.

- Le faible facteur de qualité de ce circuit permet de se passer de réglage.

La stabilité du préamplificateur dépend beaucoup du circuit de sortie. L'admittance de sortie d'un transistor MOSFET est très faible (ou plutôt son impédance de sortie est élevée !). Or, le gain du montage dépend de l'impédance de la charge et de la transconductance du transistor en première approximation. Si la valeur de l'impédance de la charge du transistor varie en fonction de la fréquence, le gain peut augmenter et provoquer des oscillations parasites.

Comme le BF988 possède suffisamment de gain, une résistance de 330 Ω en parallèle sur le drain fixe le gain à une valeur raisonnable de 15 à 18 dB. Cette résistance contribue aussi à fixer la partie réelle de l'impédance de sortie du transistor à une valeur plus faible et augmenter la stabilité

tête de mât du préamplificateur s'avère indispensable. Quelques modifications (en pointillés sur le schéma) du préamplificateur et un circuit très simple permettent d'injecter le courant d'alimentation en même temps que le signal HF sur le câble.

Sur le préamplificateur, le condensateur C18 est remplacé par un strap facile à faire du côté des soudures par un petit bout de queue de composant (la résistance R15 et la diode D10 ne sont plus nécessaires). Ces dernières modifications ne changent pas le comportement HF du préamplificateur, mais d'un point de vue continu, le courant qui est sur le câble alimente le drain du BF988 et polarise la grille 2 par la résistance R14 qui devient négligeable face à R12. Le circuit d'injection de courant peut se déduire du montage d'origine. Le courant de drain passe par R14, R15 et D10 ; d'où le circuit suivant :

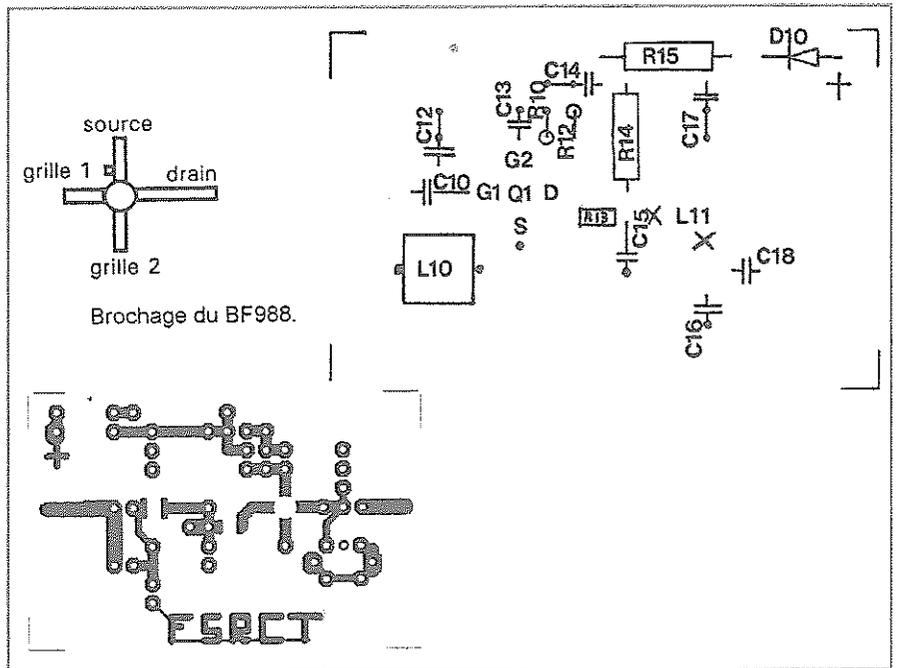
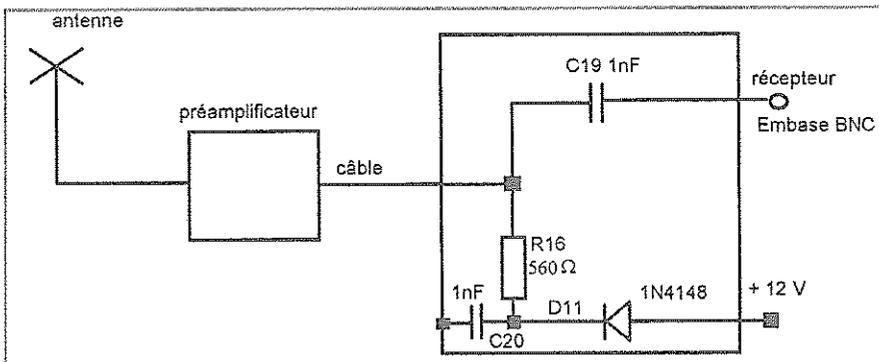


Figure 4. Circuit imprimé côté soudures.



Le condensateur C19 bloque la composante continue vers le récepteur. La résistance R16 remplace R14 et R15. D11 protège contre les inversions de polarités de l'alimentation.

Ce montage possède l'avantage d'être autoprotégé en cas de court-circuit sur le câble de descente: la résistance R16 de 560 Ω limite le courant à 20 mA.

RÉALISATION PRATIQUE

Le circuit imprimé est commun aux deux versions, seule la valeur de la capacité C12 change pour la version 137 MHz (C12 = 15 pF).

Si l'on respecte les dimensions du circuit imprimé en figures 4 et 5, celui-ci peut

prendre place dans un boîtier en tôle étamée SCHUBER de dimensions 37x55x30 mm.

Bien que ce montage semble simple, toutes les précautions d'un montage HF sont à prendre :

- Les condensateurs ainsi que tous les autres composants sont soudés au plus court, à ras du circuit imprimé.
- Toutes les liaisons de masse sont soudées au plan de masse de la face composant.
- Le blindage de la bobine hélicoïdale est soudé au plan de masse.
- Le BF988 est placé dans son logement afin que ses pattes soient dans le plan de la face soudures.
- La self L11 peut être une self fixe CMS ou classique (semblable à une résistance)

ou encore réalisée par vous-même en bobinant 7,5 spires jointives de fil de 0,5 mm de diamètre sur un support de 3 mm (foret par exemple). Puis, souder cette self à 2 mm du plan de masse dans les trous repérés sur le circuit imprimé par une croix (X).

- Souder en dernier le transistor BF 988 en prenant soin de bien repérer son brochage. Le drain est la patte la plus longue et la source a un petit ergot près du boîtier. La référence du composant doit apparaître du côté du plan de masse.

- La résistance R13 est un modèle CMS ou une résistance miniature soudée du côté pistes entre le drain et C15. Lorsque le circuit est assemblé, le souder dans le boîtier SCHUBER de telle façon à ce que la broche centrale des connecteurs coaxiaux soit soudée directement sur la piste du circuit imprimé (prendre garde à la hauteur

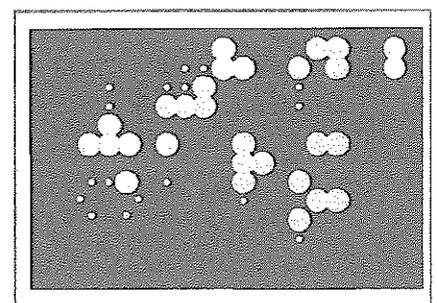


Figure 5. Circuit imprimé côté composants.

