

Source de bruit blanc VHF-UHF

<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

En général le bruit, en radio ou en électronique est un compagnon dont on se séparerait volontiers mais dans la plupart des cas il faut faire avec. Il peut être aussi difficile de se débarrasser du bruit que de vouloir créer du bruit de bonne qualité. Un générateur de bruit couvrant une grande largeur de spectre avec de faibles variations du niveau de puissance (densité spectrale) est un instrument onéreux.

L'élément principal d'une source de bruit est constitué d'une jonction semi-conductrice polarisée en inverse (diode, transistor). Ces diodes spécialisées coûtent généralement chère et d'autant plus que leur spectre s'étend vers les UHF, SHF et EHF et que l'amplitude du bruit généré est stable et symétrique. La difficulté est de réaliser une source de bruit se rapprochant le plus possible de ces conditions.

La figure 1 ci-dessous représente le schéma élémentaire de polarisation de l'élément de bruit qui n'est autre que la jonction émetteur/base d'un 2N2222.

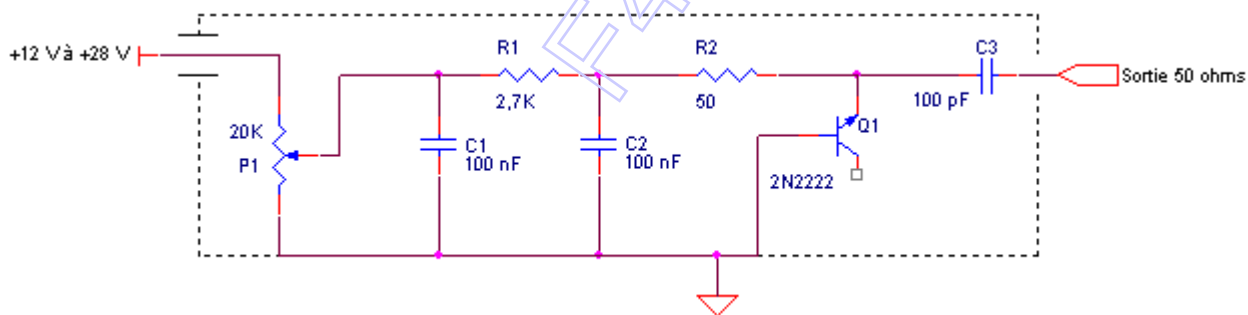


figure 1

Cette diode est polarisée en inverse à sa tension de claquage tout en injectant

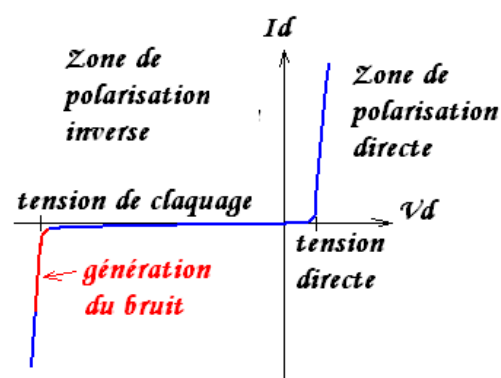


figure 2

un courant inverse non destructeur car limité par les résistances (P1, R1 et R2). Pour ce type de transistor, cette tension est de l'ordre de 7,5 V pour un courant d'environ 6 mA.

Comme on peut le constater sur le dessin ci-contre qui représente la caractéristique tension/courant d'une diode, il est nécessaire de polariser la jonction dans la zone dessinée en rouge pour obtenir un niveau de bruit intéressant.

En augmentant progressivement la tension de polarisation et par là même le courant j'ai pu observer plusieurs maximums de niveau de bruit avec une légère augmentation du niveau vers les hautes fréquences.

L'image ci-dessous (figure 3) représente le spectre de la source alimentée (en haut) relativement au spectre de la source éteinte (en bas). Ils sont tous les deux moyennés (100) pour ne pas faire apparaître l'aspect chahuté du bruit. Aucune amplitude n'est reportée, c'est juste pour montrer l'allure et la bande passante de cette modeste source de bruit. On remarque que l'amplitude du bruit n'est pas constante sur toute la bande passante qui s'étant tout de même de 10 MHz à 500 MHz et couvre donc le domaine des VHF (2m / 6m) et UHF. Du bruit est encore présent jusqu'à 1 GHz. Il est possible de contourner le problème en s'intéressant uniquement aux portions du spectre qui nous concernent à savoir le 2m, le 6m, et éventuellement le 70 cms .

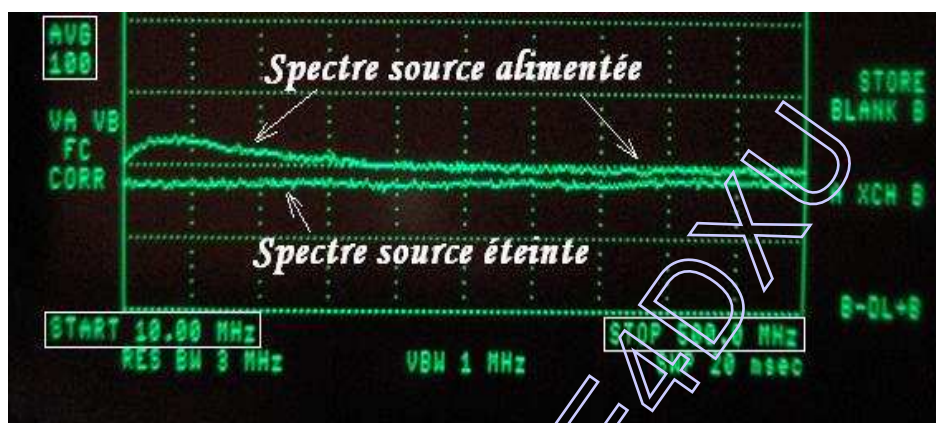


figure 3

Notez sur la partie gauche du spectre de la source alimentée, l'effet du filtre passe haut réalisé par le condensateur C3, la résistance R2 et la charge non représentée (50 ohms). Ce filtre isole la charge de la composante continue due au courant de polarisation et supprime la partie inutile du spectre BF.

L'image ci-dessous (figure 4) représente le spectre de la source de bruit pour la bande 6m (50 à 52 MHz), le spectre est plat à moins de 0.3 dB.



figure 4

L'image ci-dessous (figure 5) représente le spectre de la source de bruit pour la bande 2m (144 à 146 MHz), le spectre est plat à moins de 0.3 dB.



figure 5

Pour la portion de bande UHF la mesure n'est plus possible car le spectre est trop proche du plancher de bruit de l'analyseur de spectre mais la source génère un niveau de bruit appréciable avec un transceiver (S5). Comme le montre les figures 4 et 5, la densité spectrale est constante sur une assez grande plage de fréquence, ce bruit est nommé « bruit blanc ».

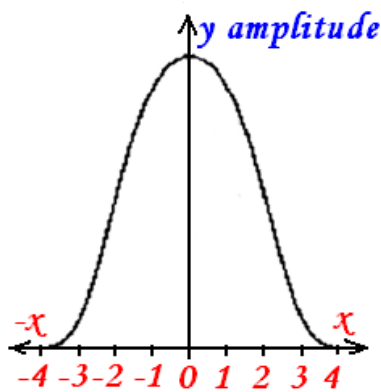


Figure 6

Si l'on fait l'acquisition d'un grand nombre de valeurs de bruit instantané et que les valeurs trouvées ont un arrangement comme la figure ci-contre (figure 6), alors le signal porte le nom de « bruit blanc gaussien ». On s'aperçoit que ce sont les valeurs égales à 0 qui sont les plus nombreuses pour qu'ensuite ce nombre décroisse pour les valeurs croissantes positives ou négatives de l'amplitude. Cette courbe suit la forme d'une cloche ou gaussienne.

Remarque importante :

La moyenne du bruit est nulle, les données de valeur positive sont annulées par les données de valeur négative. Sur la figure 6, la surface des valeurs négatives à gauche est égale à la surface des valeurs positives à droite mais au signe près. En effet si l'on fait l'acquisition d'un grand nombre de spectres (50) et que l'on en effectue la moyenne, la partie fluctuante disparaît presque totalement, le plancher de bruit descend et fait apparaître l'information contenue dans le signal sur la figure 7 ci-dessous. C'est une technique élémentaire de traitement de signal très efficace.



figure 7

Attention, si la moyenne est nulle, la puissance du bruit ne l'est pas car un carré est toujours positif (V^2/R). Ce serait là un moyen très séduisant pour supprimer le bruit mais il n'en est rien.

Le bruit se quantifie par sa densité spectrale de puissance qui s'exprime en W/Hz ou en dBm/Hz c'est à dire le rapport de la puissance par la bande passante considérée. Une source de bruit blanc peut être quantifiée par ce que l'on nomme l'ENR (Excess Noise Ratio) ou Rapport de Bruit en Excès. L'ENR est le rapport en dB de la puissance spectrale de la source en fonction (P_{on} en w) par rapport à la puissance de la même source éteinte (P_{off} en w) soit :

$$ENR_{dB} = 10 \text{Log} \left(\frac{P_{onw}}{P_{offw}} - 1 \right) \quad P_{off} \text{ étant la puissance mesurée de la source éteinte}$$

à la température de $17^\circ C$ soit $290^\circ K$. Cette puissance est très faible et égale à -174 dBm/Hz . Voici les ENR respectifs pour le 6m et le 2m de cette source.

$ENR_{6m} = 49 \text{ dB}$ soit S8 (-99 dBm) sur un 5-mètre car S9 correspond à -93 dBm en VHF.

$$ENR_{2m} = 46.7 \text{ dB}$$

L'ENR d'une source calibrée doit être connu avec précision et doit être stable dans le temps, c'est aussi ce qui fait son prix.



L'image ci-contre représente la source de bruit câblée en « vache sur le dos » dans un boîtier métallique faisant office de blindage. Une fois le réglage optimum effectué, Le potentiomètre P1 peut être remplacé par une résistance de valeur

équivalente. A noter que cette source peut être alimentée par le 28 V d'un PANFI, Precision Automatic Noise Figure Indicator ou Indicateur de Figure de Bruit Automatique de Précision. Appareil qui permet la mesure de la qualité d'un préamplificateur VHF par exemple, c'est à dire le rapport entre le Signal/Bruit de l'entrée sur le Signal/Bruit de la sortie.

Cette source, connectée à un atténuateur calibré peut être utilisée avec un PANFI ou servir à calibrer un S-mètre. Servir dans un pont de bruit ou suivie d'un amplificateur et utilisée conjointement à un analyseur de spectre pour visualiser la fonction de transfert d'un préamplificateur, d'un filtre, etc.

Bibliographe : Techniques de l'ingénieur ()
Internet

A vos fers à souder, Jean-Marc de F4DXU

F4DXU