

Amplificateur de niveau large bande

Jean-Matthieu Stricker F5RCT – f5rct.jm@gmail.com

L'électronique de cette décennie est envahie par les produits du marché asiatique. Un site de vente à bas prix propose des produits radiofréquences à des prix que même le faire soi-même n'en vaut pas la peine, mais qu'en est-il des performances ?

À la recherche d'un petit amplificateur linéaire de niveau pour booster un générateur HF, j'ai vu un « amplificateur 2 W 1-930 MHz » (*) pour moins de 5 € (**figure 1**).

Le descriptif de ce genre de sites reste toujours très sommaire, voire inexistant : on voit ce qu'on achète mais on achète aussi ce que l'on ne voit pas ! Sur la photo on distingue deux circuits intégrés monolithiques et un régulateur, cela fait penser aux amplificateurs de la série GALI de Mini Circuits ou une piètre copie de ce genre. Pour le prix, au pire il restera une platine pour y souder d'autres composants RF : c'est commandé !

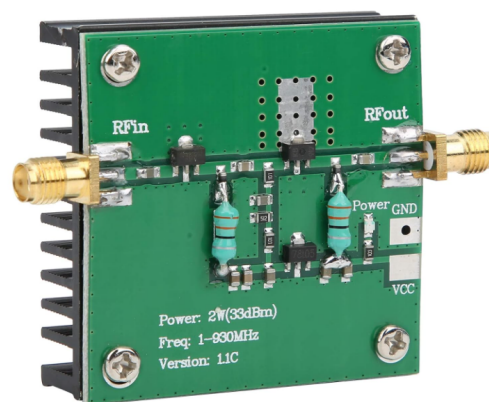


Figure 1. Présentation d'origine de l'amplificateur.

À la livraison, le produit fut déballé de son enveloppe de plastique grise : surprise ! Un connecteur SMA était maté par un choc ! Après une réclamation avec photos à l'appui qui a abouti un remboursement complet, je n'étais pas perdant ! La prise SMA remplacée et l'alimentation 12 V appliquée, une LED rouge brille, c'est parti pour les tests !

Attention ! Ne connectez pas cet amplificateur directement à un mini-VNA sans un atténuateur ! Le signal amplifié à 2 W va détruire l'étage d'entrée du VNA. La plupart des mini-VNA sont prévus pour mesurer des circuits passifs, ils n'ont pas la possibilité d'indiquer un gain positif de plusieurs dizaines de dB. Pour procéder à la mesure, un atténuateur de 50 dB sera placé en sortie de l'amplificateur, puis on ajoutera 50 dB aux valeurs lues. Mais ce n'est pas tout : le niveau de sortie des mini-VNA proche de 0 dBm est bien trop élevé pour attaquer cet amplificateur qui va être saturé. Il est indispensable d'ajouter un atténuateur supplémentaire de 20 dB côté entrée !

Ici, la mesure a été effectuée avec un VNA professionnel, le HP8714ET, qui supporte 20 dBm en entrée et possède une source à niveau réglable. La trace a été préalablement normalisée à 0 dB sans l'amplificateur mais avec un atténuateur de 20 dB qui reste sur le port 2. Une première analyse montre en figure 2 une réponse loin de ce qu'on peut attendre ! Le gain dépasse les 50 dB en bas de bande, puis diminue pour atteindre 38 dB à 500 MHz. C'est vraiment décevant d'avoir un gain aussi fort et une réponse si dépendante de la fréquence.

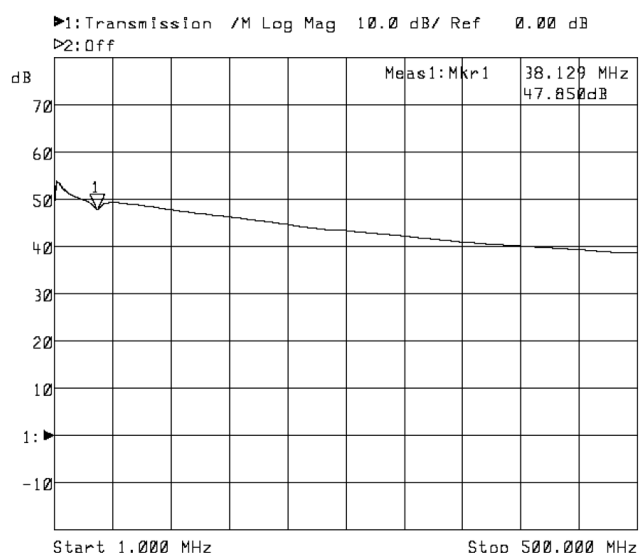


Figure 2. Réponse en fréquence d'origine.

On distingue un creux dans la réponse autour de 37 MHz et un surcroît de gain au début de la bande. Le creux à 37 MHz provient des selfs de 33 μ H en série avec la self ferrite CMS qui résonnent ensemble en série avec la capacité parasite de la 33 μ H. Un coup de fer à souder et les deux 33 μ H sont remplacées par une valeur plus basse entre 1 et 4,7 μ H : cette résonance disparaît (**figure 3**). En bas de bande, il subsiste toujours un surcroît de gain de 3 à 4 dB !

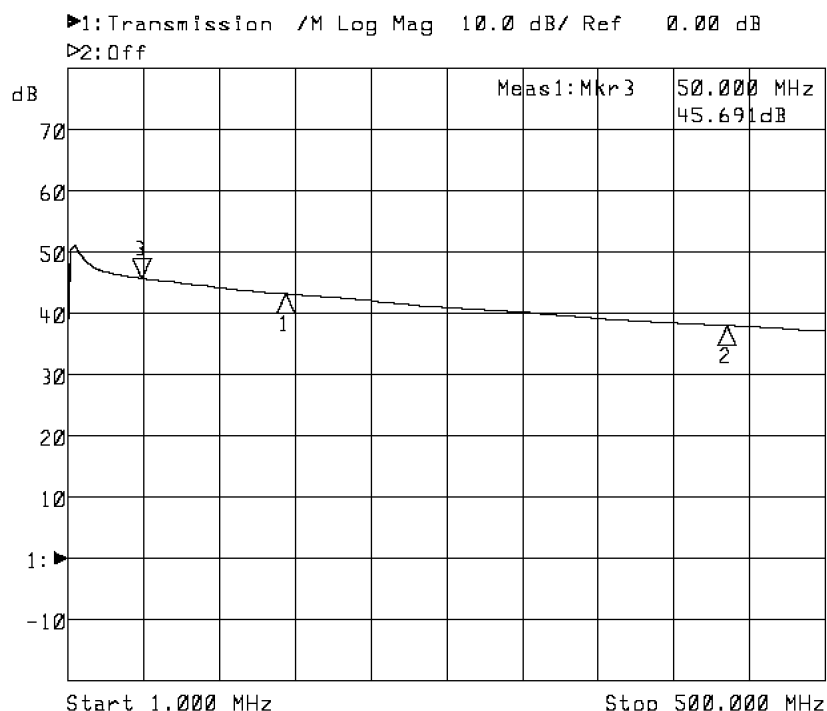


Figure 3. Après remplacement des selfs d'alimentation.

KA7OEI publie un schéma de cet amplificateur [1]. Des recherches à partir des codes de marquage des deux composants actifs ont permis de trouver de quoi est fait cet amplificateur. Le premier composant de cet amplificateur large bande est le MMIC SBB2089Z fabriqué par Gorvo.com. Alimenté sous 5 V par un régulateur 78L05, il consomme environ 90 mA. Il est caractérisé de 50 à 850 MHz. Ses performances de linéarité sont excellentes, avec point d'interception en entrée IP3e de 20 dBm et un gain de 20 dB qui reste plat sur sa plage de fréquences. Son facteur de bruit de 3 dB en ferait un préamplificateur, mais nous verrons cela plus loin. Sa puissance de sortie à 1 dB de compression du gain est de 20 dBm, autrement dit il sort cette puissance pour 1 dBm à l'entrée. Comment peut-on obtenir une bande passante annoncée à 1 MHz, alors que le SBB2089Z est caractérisé à partir de 50 MHz ?

L'étage final de cet amplificateur est le transistor LDMOS RD01MUS2B de Mitsubishi [3]. Dans sa documentation, il est caractérisé pour 1 W jusqu'à 950 MHz pour 7,2 V d'alimentation. C'est un transistor prévu pour les applications UHF et VHF mobiles (talkie-walkie et driver de PA). Certes, la tension de 12 V permet de sortir 2 W à la saturation, mais on est au-delà de la tension de 7,2 V préconisée, bien que le transistor supporte 25 V !

Sur le circuit, l'entrée et la sortie de ce transistor ne voient aucun circuit d'adaptation pour en tirer de la puissance. Le drain voit l'impédance de charge de 50 Ω , tandis que la gate, principalement capacitive, présente une impédance de charge qui diminue avec la fréquence. C'est principalement à cause de cela que le gain diminue en fréquence. Le gain de l'ensemble est bien trop élevé à 50 dB, et malgré cela, l'amplificateur reste stable et n'oscille pas !

En découvrant ces deux composants on comprend que la bande passante annoncée de 1-930 MHz ne correspond pas aux composants employés !

Voyons si l'on peut améliorer cet amplificateur à bas prix.

Revenons sur le SBB2089Z du premier étage. Que se passe-t-il en dessous de 50 MHz ? Pour le voir de plus près j'avais récupéré par le passé un autre module dont l'étage de sortie était défectueux. Le transistor fut dessoudé et remplacé par une résistance 1206 de 0 Ω . La self d'alimentation et la résistance de 100 Ω de polarisation ont été également dessoudées (**figure 4**). J'ai été surpris par la constance du gain de 50 à 500 MHz, preuve que l'étage de sortie à transistor n'a pas une bonne réponse en fréquence.

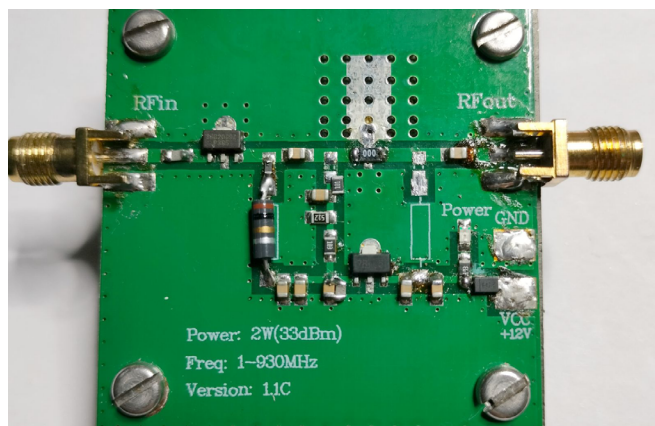


Figure 4. Configuration avec le premier étage à SBB2089Z.

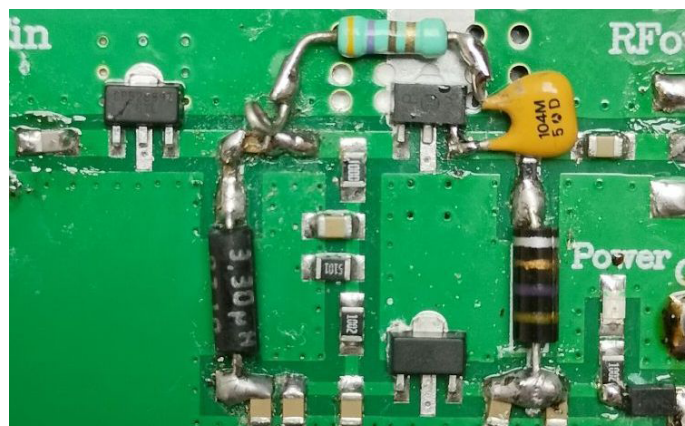


Figure 7. Amplificateur final modifié.

Sous 50 MHz, il reste un surcroît de gain de 3 dB, bien que la self de sortie ait été réduite (**figure 5**). Le MMIC a certainement une contre-réaction avec des capacités intégrées, ce qui obligerait à limiter son usage en bas de bande.

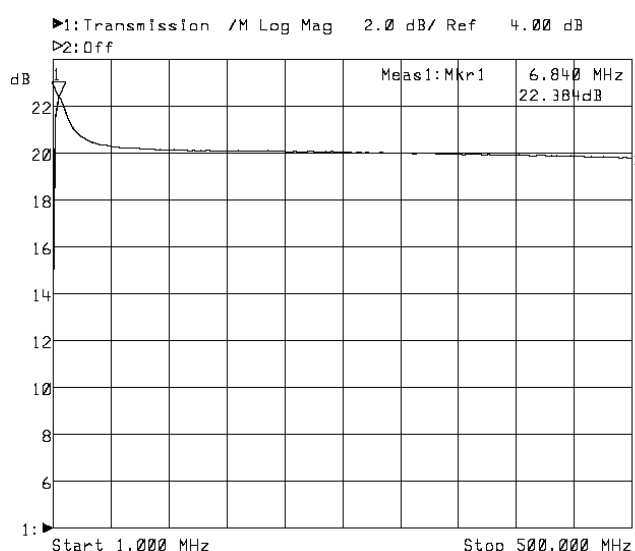


Figure 5. Réponse en fréquence de l'étage d'entrée SBB2089Z.

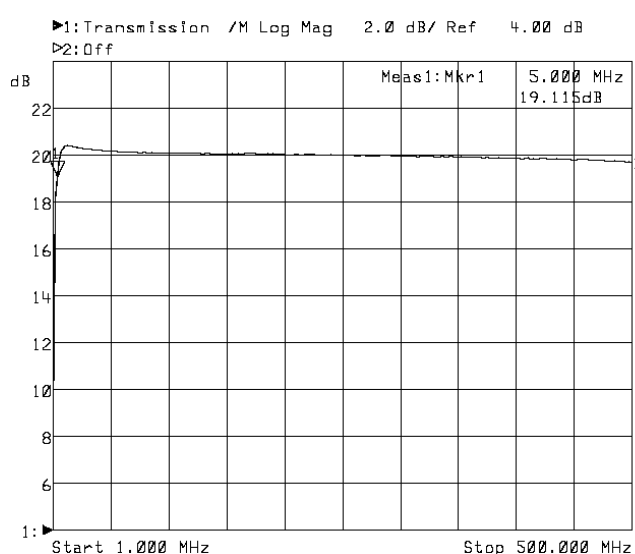


Figure 6. Après modification avec 330 pF à l'entrée du SBB2089Z.

En remplaçant la capacité de liaison à l'entrée par 330 pF, on arrive à maîtriser la courbe de gain à partir de 5 MHz (**figure 6**).

Cet amplificateur peut servir jusqu'à un niveau de 20 dBm, mais il est déconseillé de l'employer en préamplificateur faible bruit devant un récepteur : un signal trop fort en entrée peut détruire le récepteur avec 20 dBm !

En effet, la plupart des analyseurs de spectre et récepteurs SDR ne supportent pas plus de 10 dBm en entrée, au risque d'endommager l'étage d'entrée.

Après avoir trouvé un moyen de corriger les imperfections de l'amplificateur SBB2089Z, le travail s'est porté sur le transistor de sortie. Un bon moyen pour aplanir le gain reste la contre-réaction.

Le signal de sortie du transistor se trouve en opposition de phase par rapport à l'entrée, si bien qu'il suffit d'insérer un réseau entre les deux (**figure 7**). Une capacité céramique de 100 nF bloque la composante continue tout en garantissant une faible impédance autour de 1 MHz.

La valeur de la résistance de 470 Ω apporte une réduction du gain global à 40 dB. Pour compenser la réduction de gain au-delà de 400 MHz, une boucle sur 1 mm de diamètre augmente l'impédance du réseau, ce qui va réduire l'effet de contre réaction.

Résumons les modifications apportées à cet amplificateur :

- ▶ Ajout d'une diode en série dans l'alimentation pour protéger l'ensemble de l'amplificateur contre les inversions de polarités.
- ▶ Ajout de pâte thermique entre le circuit imprimé et le radiateur pour améliorer le transfert de chaleur (12 V sous 250 mA font 3 W de dissipation)
- ▶ Remplacement des selfs d'alimentation par 3,3 μ H et 4,7 μ H.
- ▶ Une contre-réaction est aménagée entre l'entrée et la sortie du transistor par une boucle sur 1 mm de diamètre suivi d'une résistance de 470 Ω et une capacité céramique de 100 nF.
- ▶ Enfin, la capacité d'entrée a été remplacée par 330 pF (470 pF convient aussi).

La réponse obtenue devient extrêmement plane entre 5 et 200 MHz et l'écart de gain ne dépasse pas 2 dB jusqu'à 850 MHz ! La réponse en fréquence en a été mesurée avec -25 dBm à l'entrée pour être dans une zone parfaitement linéaire.

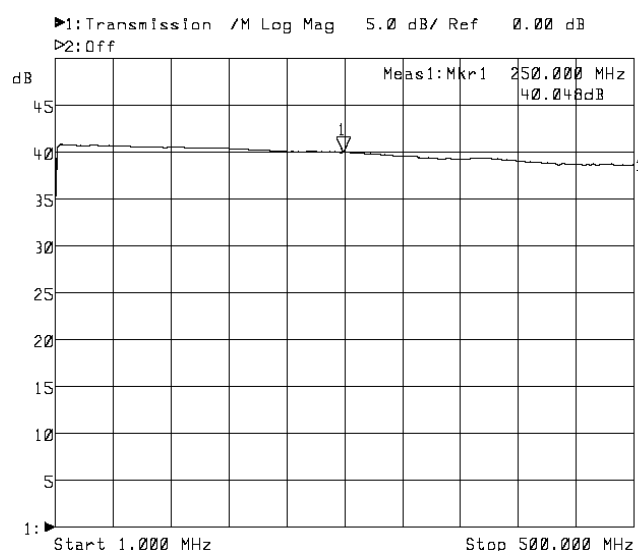


Figure 8. Réponse en fréquence après modifications.

Finalement, pour un amplificateur au prix d'une boîte de sardines et de quelques ingrédients nous l'avons « *pimpé* » en un (gain) plat de chef !

Vous remarquerez que le site du fabricant du SBB2089Z indique qu'il est obsolète ! Ce n'est pas le cas du RD01MUS2B qui est toujours d'actualité chez Mitsubishi.

Les asiatiques font souvent des montages à base de lots de composants qui ne sont plus d'actualité, comme des PA HF avec des transistors de station de base GSM ! On veillera à ne pas alimenter ce module au-delà de 12 V pour ne pas détruire le transistor de sortie. Cet amplificateur est principalement destiné à un emploi en laboratoire pour augmenter le niveau d'un générateur HF, exciter un PA avec un VNA, ou pour des essais d'immunité en compatibilité électromagnétique.

Certains en font l'usage en émission, mais il est alors indispensable de le munir d'un filtre passe-bas pour supprimer les harmoniques.

(*) Pour acheter cet amplificateur, sur le site « A...Express » rechercher « *amplificateur 2 W 1 930 MHz* » et comparer les offres des fournisseurs en mode « *Choice* » pour ne pas avoir de surprise avec les frais de port. Un regroupement avec d'autres articles ou quantités permet la gratuité des frais de port.

[1] Blog de KA7OEI : <https://ka7oei.blogspot.com/2023/04/exploring-1-930mhz-2w-rf-broadband.html>

[2] <https://www.qorvo.com/products/d/da001289>

[3] <https://meus-semiconductors.com/products/high-frequency-devices/rd01mus2b>

En **figure 8**, des mesures du point de compression à 1 dB de réduction du gain pour différentes fréquences montrent que l'amplificateur est capable de délivrer un peu plus de 30 dBm (1 W) de 2 à 250 MHz.

Au-delà de 435 MHz la puissance baisse mais il sort encore 27 dBm (500 mW) à 850 MHz.

Fréquence MHz	Puissance d'entrée dBm	Puissance de sortie dBm
2	-8,2	30,1
5	-8,6	31,0
50	-8,2	31,0
100	-7,9	31,2
145	-7,6	31,1
250	-7,3	30,7
435	-7,1	29,6
850	-7,4	27,1

Figure 9. Mesure du point de compression.