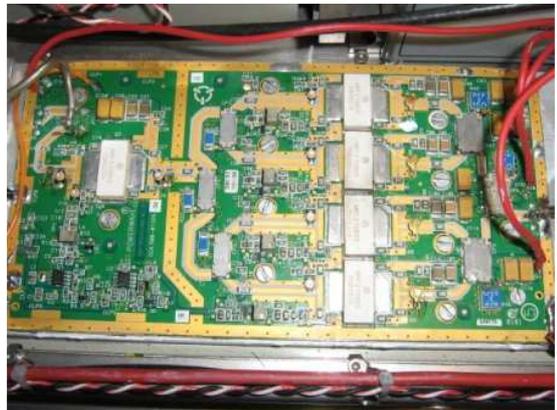


500 W sur 13cm avec les modules PowerWave

Philippe Borghini / F5jwf
f5jwf@wanadoo.fr
Janvier 2012



Introduction

Tout le monde a déjà vu au moins une fois, sur les puces, ces fameuses platines PowerWave avec 5 transistors LDMOS de taille respectable. Elles sont initialement conçues pour des stations de base UMTS sur 2,1 GHz. Les modulations numériques utilisées dans la téléphonie de 3eme génération nécessitent une excellente linéarité de la chaîne de transmission et les amplis travaillent souvent très en dessous de leur point de compression. Chaque transistor de sortie (et il y en a 4 en parallèles) ont un point de compression à plus de 100 W ce qui laisse espérer des performances intéressantes

Je n'ai pas pu résister à l'envie d'en coupler 2 en parallèle.

Performance d'un modules

Ces ensembles ont déjà été décrit en détail par de nombreux OM dont F6CIS ou F1AIA. On trouvera dans ces articles (cf. Références) tous les détails nécessaires pour l'optimisation sur 2320 MHz.

En substance voici les modifications à faire:

- Modifier légèrement le circuit de polarisation.
- Supprimer l'isolateur d'entrée et connecter l'entrée au plus propre sur la ligne 50 Ohms.
- Déplacer la capa ajustable d'entrée.
- Déplacer la capa ajustable de sortie.
- J'ai ajouté pour ma part une capa ATC de 12pF sur l'entrée pour améliorer l'adaptation.
- En plus de cela il faut remplacer le coupleur de sortie par un modèle plus puissant (Type Xinger XC2500) et les capa de sortie de chaque voie par des ATC100B 12pF.

Avec ces modifications on obtient en principe une adaptation d'environ -20 dB avec un gain de plus de 25 dB.

La mesure de puissance est faite à l'aide du banc de mesure de la Figure 2. Un générateur sur 2320 MHz est "sweepé" en puissance et les niveaux d'entrée et de sortie de l'ampli sous test sont mesurés avec les deux voies d'un détecteur DETLOG (Cf. Références). Ce dernier permet une mesure précise (± 0.2 dB) sur presque 50 dB de dynamique. L'ensemble est géré par un programme Matlab via GPIB et RS232.

Les puissances d'entrée et de sortie ainsi que la consommation sous 28V sont mesurées pour une dizaine de points et présentées sous forme de graphe. Le gain en zone linéaire, le point de compression et le rendement sont également calculés.

La Figure 1 présente le gain et la consommation d'un module.

Les caractéristiques typiques mesurées sur plusieurs modules sont les suivantes :

P-1dB ~230W...250W pour I~30A...33A sous 28V
Gain ~ 22...27dB

Plusieurs platines ont été testées, en principe la mise en phase des 4 transistors est déjà relativement bonne. Au besoin on peut jouer sur ce paramètre en ajustant les condensateurs de sorties. Le but étant de minimiser la puissance sur les 3 charges poubelles. On peut utiliser à cet effet une sonde RF (p. ex sonde 500 Ohms + Spectrum) pour mesurer le niveau sur les charges. L'idée est de procéder délicatement pour ne pas trop s'éloigner des réglages "usines". Si nécessaire revenir aux réglages de départ en mesurant mécaniquement la position de la vis du trimmer.

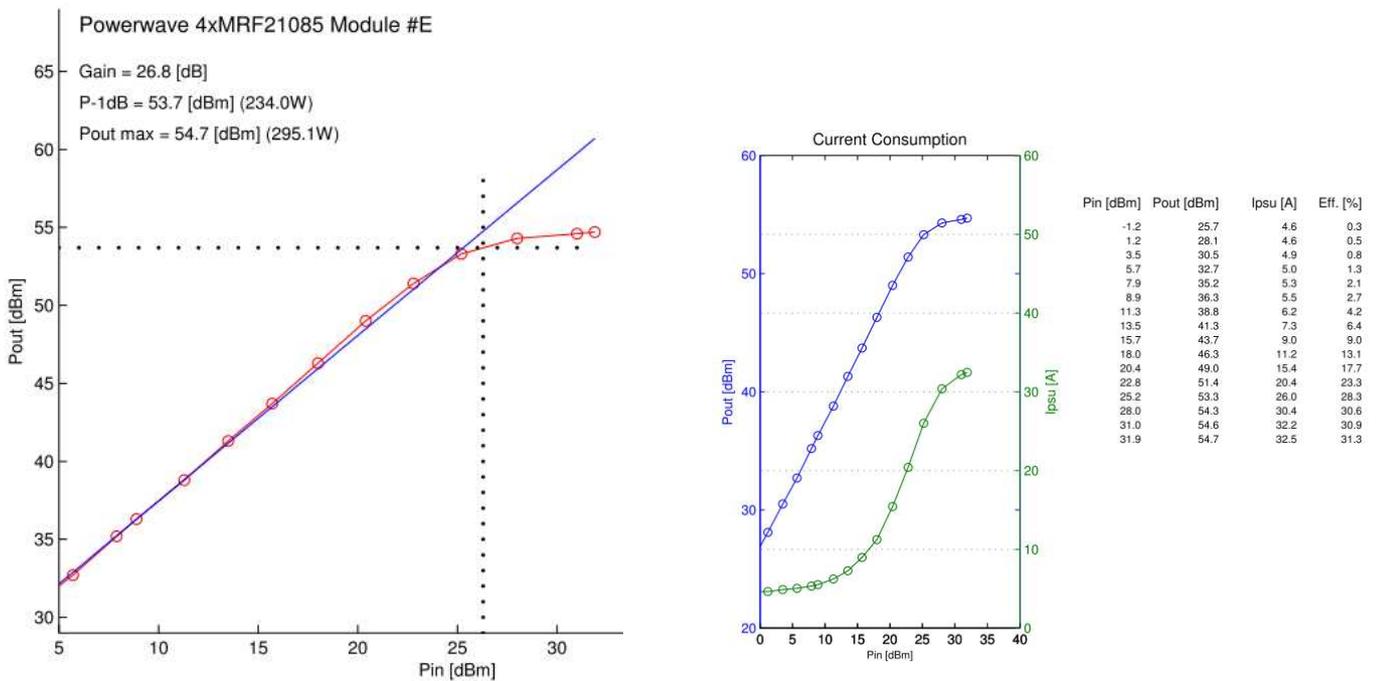


Figure 1: Gain et consommation d'un module PowerWave

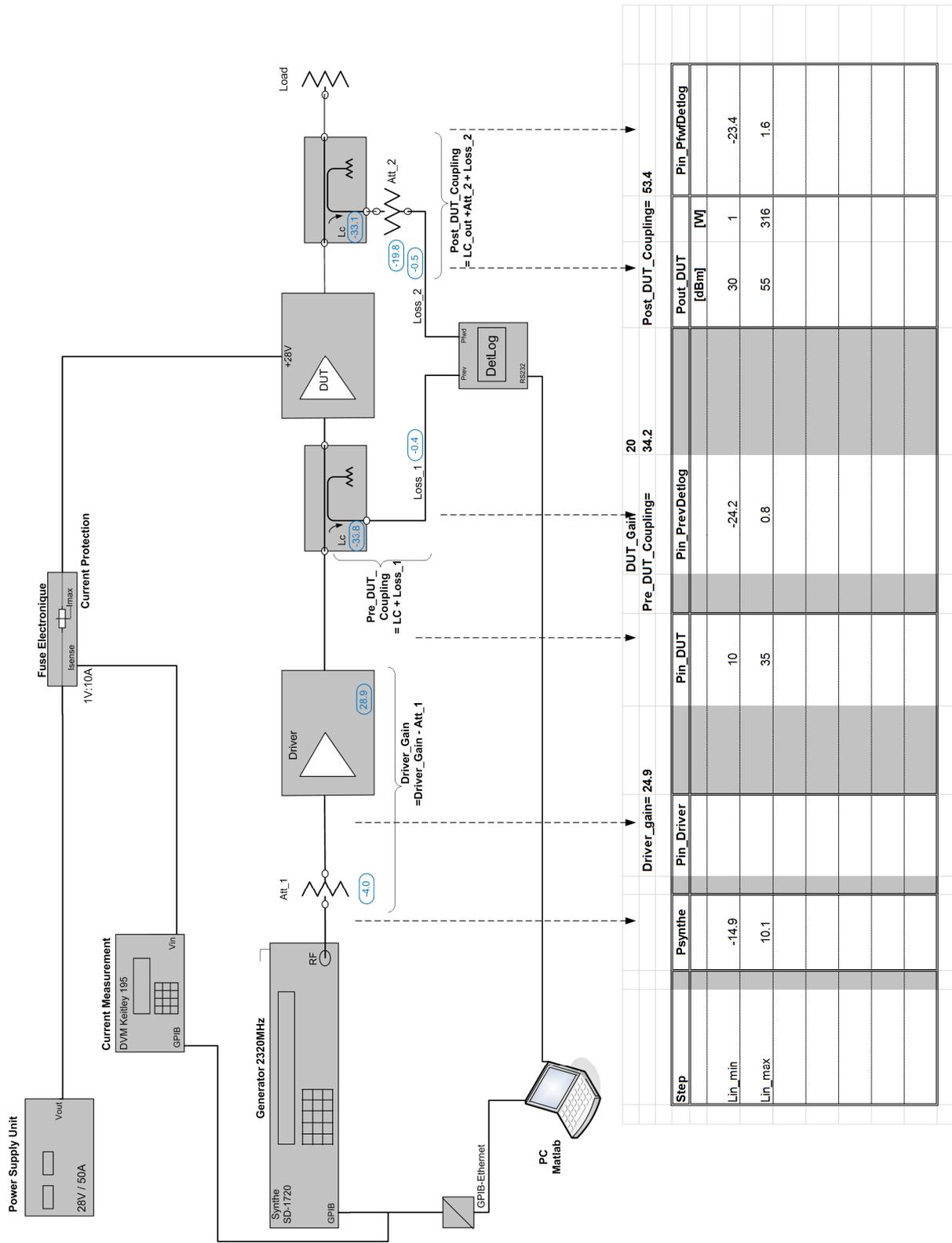


Figure 2: Banc de mesure de puissance

Ampli à deux platines

Le couplage des deux ensembles est réalisé au moyen de traditionnels coupleurs hybrides. Le coupleur d'entrée est en microstrip RO4003 (design W6PQL). En sortie, pour tenir les 500W, un coupleur hybride stripline "dans l'air" a été réalisé. Ce dernier est basé sur le design du coupleur 23 cm de DJ9BV que j'ai re simulé pour le 13cm. Même réalisé avec des moyens amateurs ce coupleur a très peu de pertes et est parfaitement centré sur 2300 MHz avec une symétrie des deux voies d'environ 0.4dB (probablement améliorable avec un usinage plus précis). Le design de ce coupleur est décrit dans le bulletin hyper (cf. Référence).

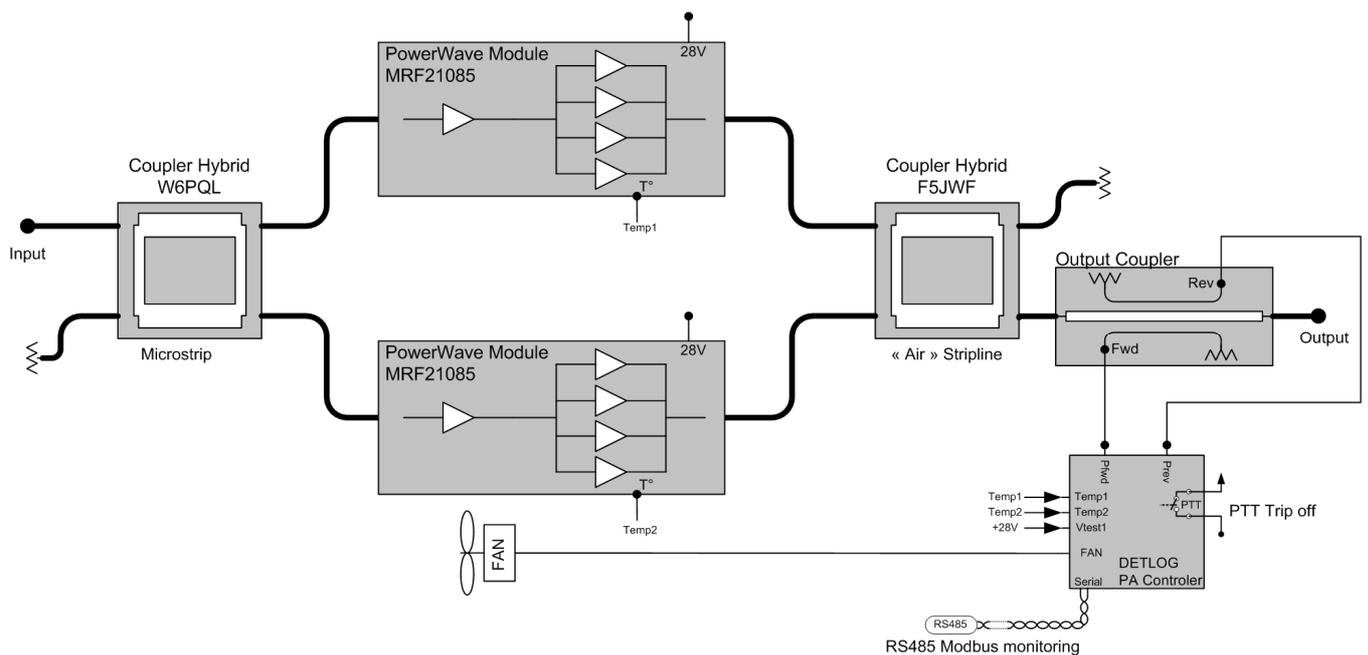


Figure 3: Schéma bloc de l'ampli final

Les platines sont montées sur deux radiateurs eux-mêmes vissés tête bêche pour correspondre aux dimensions d'un radiateur axial de diamètre 120mm (Figure 4). Coupleurs et charges sont également vissés aux radiateurs pour une meilleure évacuation thermique. L'alimentation 28V est coupée en RX pour minimiser la dissipation thermique.

Les liaisons RF sont câblées en UT-141 (Pmax~300W @ 2GHz). La sortie du coupleur stripline est quant à elle en UT-250 avec de la connectique 7/16 pour tenir la puissance.

Les contraintes de mise en phase et en gain ne semblent finalement pas aussi critiques que ce que l'on peut penser. Jusqu'à 30° de déphasage (c.à.d. ~7mm sur UT-141 @2320MHz) on constate moins de 10% de baisse de puissance sur la sortie principale, puissance allant se perdre dans la charge poubelle. Les différences de gain quand à elles impliquent qu'un module travaille plus que l'autre. Lorsque le régime de fonctionnement approche de la compression les écarts de gain se nivèlent d'eux-mêmes. Bien évidemment ces mises en phases deviennent beaucoup plus

déliçates sur des applications pro où la rejection hors bandes, la linéarité ou le bruit de phase peuvent devenir critiques.

Un contrôleur DETLOG (Cf. Référence) permet un « monitoring » de la puissance, et de la température. Le PTT est bloqué si les consignes sont dépassées. Le ventilateur est également commandé en fonction de la température et tourne au ralenti lorsque la station est en réception. Les mesures sont déportées jusqu'au « Shack » par une liaison série RS485 Modbus.

Les premières mesures font apparaitre un comportement assez sain, avec une rejection sur la charge poubelle du coupleur de sortie meilleure que 20dB. Pour peu que les lignes 50 Ohms aient été câblées symétriquement, il n'est donc pas nécessaire d'ajuster la mise en phase par un moyen supplémentaire.

Les performances finales sont conformes aux attentes: 3dB de mieux et le double de courant par rapport au PA à une platine. La Figure 5 présente le gain et la consommation de l'ensemble.

P-1dB ~500W pour I~66A sous 28V
Gain ~ 22dB

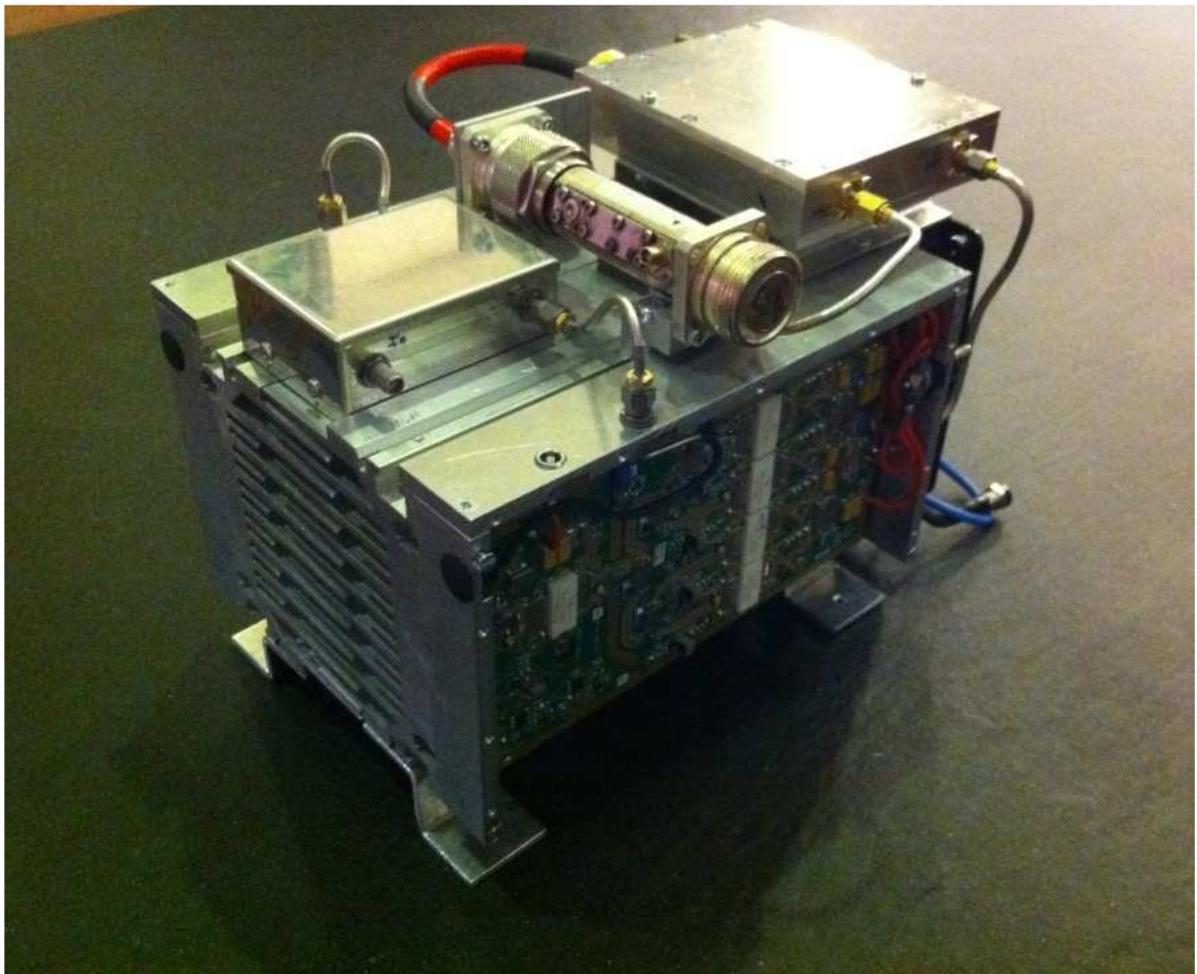


Figure 4: Ampli final à 2 platines PowerWave

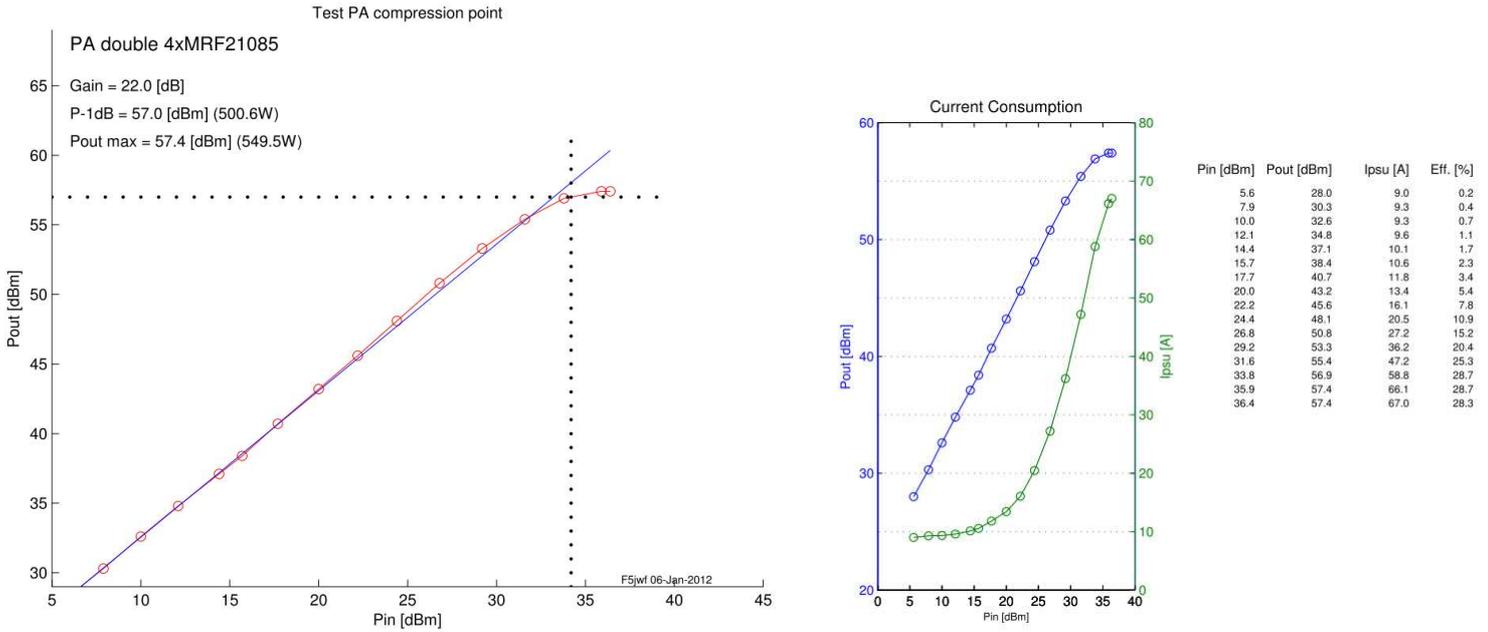


Figure 5: Puissance de sortie et consommation de l'ampli final

Commentaires et conclusions

Malgré les nombreux essais, mesures et réglages effectués aucun problème n'est apparu sur les transistors eux-mêmes et on peut dire que ces LDMOS sont en général très robustes. En revanche transporter jusqu'à 300W sur du microstrip, même avec du substrat faibles pertes devient critique. La moindre discontinuité, genre mauvaise soudure, défaut sur la ligne 50 Ohms ou mauvais connecteur et la tension augmente localement provoquant un "flash RF" avec destruction immédiate du circuit.

Ces platines PowerWave sont régulièrement disponibles sur les puces des différentes manifestations au prix d'environ 50...70 euros. Il existe aussi une variante très similaire mais équipée de SFR7066, le point de compression de ceux-ci est significativement plus bas (150W max) ce qui rend cette version nettement moins intéressante. Dans la même série de platines UMTS on trouve aussi des amplis 2 étages à base de XRF19045, délivrant environ 30W, facilement modifiables et parfaits pour « driver » le PA de puissance.

Le design du coupleur stripline de sortie peut être réutilisé sur d'autres montages lorsque la puissance de sortie dépasse ce que les traditionnels coupleurs UT-141 ou microstrip peuvent supporter (~300W). La fabrication est relativement aisée avec des moyens amateurs réduits.

L'alimentation 28V est un élément essentiel. Presque 70A seront nécessaires pour dépasser les 500W. Des courants aussi importants nécessitent des précautions particulières inhabituelles en électronique. (Connecteurs, sections des conducteurs, protections contre les courts circuits, shutdown TX/RX,...). J'utilise pour ma part

l'excellent design d'alim 28V de F5UAM (Cf. Reference) que je vous recommande vivement.

Ce PA sera monté dans ma station EME 13cm qui est déportée au point focal de la parabole de 3,7m. L'ensemble est très compact et permet une utilisation soutenue en EME. En revanche la ventilation n'est probablement pas suffisante pour une émission à pleine puissance en continue.

Références

- Modification des PA 60W (1+4x 21085S) 250W output sur 2.3GHz F6CIS
<http://f1chf.free.fr/fichiers/ampli%202300%20F6CIS/ARTICLE%20F6CIS.pdf>
- Modification ampli MRF21085S F6GIL / F1AIA
<http://f1chf.free.fr/ampli%20MRF21085/modification.htm>
- DETLOG: Wide band power detector F5jwf April 2010
<http://f5jwf.free.fr/detlog.htm>
- W6PQL 13cm hybrid coupler
<http://www.w6pql.com/>
- Coupleur hybride stripline pour le 13cm F5JWF
Bulletin hyper Mars 2012
- Quadrature Hybrids for 1.3GHz DJ9BV
Dubus Technik V ou Dubus 4/94
http://www.qsl.net/g0ruz/dj9bv_23cms.htm
- Alimentation QRO 26 à 30V / 50A F5UAM / F5JWF
Bulletin Hyper Numéro 128 Juillet-Aout 2007
<http://dpmc.unige.ch/hyper/128.pdf>
-