

Amplificateur linéaire HF 300 Watts à transistors

Jean Gapany (HB9BEB), Les Combés, 1971 Grimisuat; jean.gapany@rhone.ch

Ma conception du radio-amateurisme ne s'est pas limitée à l'achat d'un transceiver et d'une antenne pour faire des QSO's. Autorisé depuis 1975, je ne fais pourtant pas partie de la vieille garde qui, pour trafiquer, devait construire de toutes pièces leurs émetteurs et récepteurs en alliant l'ingéniosité et l'opportunité. Je reste donc modeste, et, à l'instar de mes maîtres, je tente de construire des appareils et accessoires, avec du matériel de récupération, et ensuite de les expérimenter et de les utiliser. Je hante ainsi régulièrement les marchés de liquidation et autres foires spécialisées pour m'approvisionner en composants et instruments.

C'est ainsi qu'il y a deux ans, je découvris à Zofingen un lot de transistors RF de puissance. Vendus par paires appairées soigneusement emballées, je repartis avec une poignée de ces merveilles, convaincu de pouvoir en faire bon usage un jour ou l'autre.

C'est hélas un peu déçu que je découvris que ces transistors étaient prévus pour fonctionner avec une tension d'alimentation de 50 Volts. Bah! Au prix auquel je les avais acquis, 3 frs la paire, ce n'était pas une "entourloupe". En surfant sur le Net, je trouve les notes d'applications de Motorola et, oh surprise je découvre en prime toute la description d'un amplificateur RF avec schéma et dessin de la platine. En insistant encore un peu sur le Web, je trouve même un fournisseur proposant un Kit complet à un prix vraiment correcte. Sitôt vu, sitôt fait, je passe commande, (without RF pair) et trois semaines plus tard, je reçois le colis. J'aurais pu commander uniquement le circuit imprimé mais le câble coaxial miniature 25 Ohms exigé pour le bobinage de transformateur de sortie est introuvable en Suisse. Aussi et tant qu'à faire mieux vaut jouer gagnant et pour 65 dollars, faut pas râler.

Le montage ne pose pas de problèmes, à condition de savoir faire correctement une soudure. Les composants SMD sont à manier avec précaution et à souder proprement. Seule la paire de transformateurs de sortie doit être bobinée à l'aide de ce sacré câble coaxial de 25 Ohms. Pour le reste, il faut simplement prévoir un refroidisseur efficace (R_{th} inférieur à 0,5 degré par Watt) et le tour est joué. Evidemment, une alimentation stabilisée de 50

Volts et 12 A est nécessaire, et on ne l'a trouve pas sous le sabot d'un cheval. J'ai fait les premiers essais en utilisant 4 batteries de 12 volts 7 Ah en série, mais pour le réglage du courant de repos, il vaut mieux disposer d'une source d'alimentation avec limitation de courant. J'ai donc rapidement bricolé un circuit disjoncteur pour protéger le PA.

Voici les performances que j'ai obtenu sur charge ohmique de 50 Ohm:

P drive (excitation HF)	10 - 15 Watts
P out (CW)	300 Watts
U alimentation	50 Volts
I alimentation (CW)	11 Ampères
f d'utilisation	2 à 30 MHz

Il faudra ajouter à tout cela un filtre passe-bas en sortie et un relais de commutation E/R. En résumé, il s'avère plus facile d'adapter une sortie à 50 Ohms avec un amplificateur à transistors bipolaires alimenté sous une tension largement supérieure au sempiternel 12 V DC. Je n'aurais probablement pas trouvé des transistors pour 12 volts à un prix si intéressant.

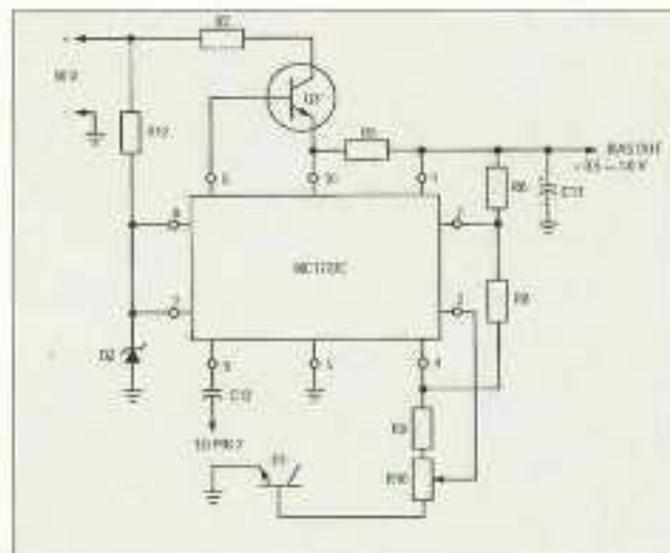


Fig. 1: Circuit de polarisation, réglage du courant de repos

Considérations techniques

Nous sommes en pleine civilisation du PC et du cliquage généralisé, de sorte qu'il n'est certainement pas inutile de rappeler certains principes de base, concernant les transistors et leur utilisation dans la fonction amplificatrice. Nous ne ferons pas ici un exposé complet,

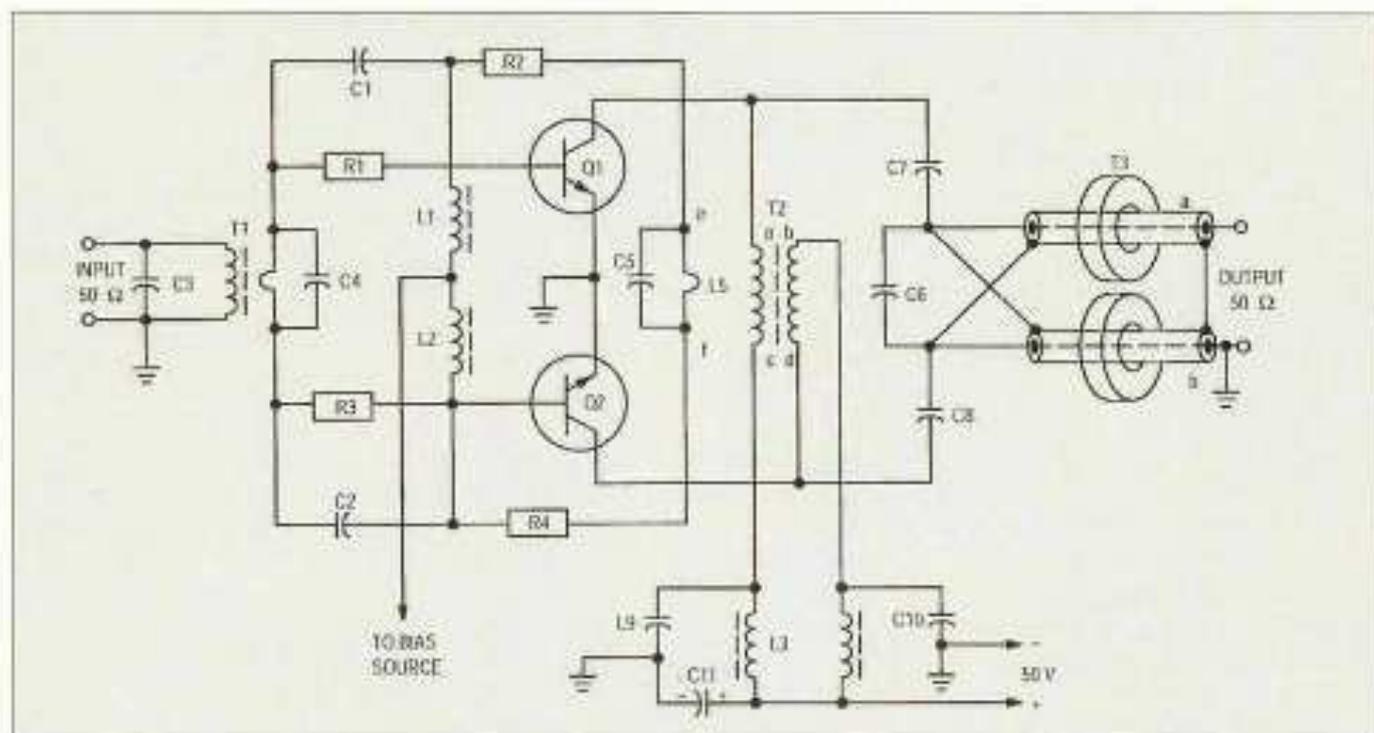


Fig. 2 Amplificateur 300 W 2 à 30 MHz

mais rappellerons simplement quelques éléments importants.

Le transistor bipolaire est né en 1948, et au début, il n'était pas question de l'utiliser comme amplificateur de puissance. De progrès en progrès, on a ainsi réalisé des amplificateurs d'une puissance respectable, du moins dans le cadre des puissances autorisées pour les amateurs. Les grosses stations de radiodiffusion quant à elles, comportent toujours actuellement un ou plusieurs tubes électroniques à l'étage final de puissance. Dans l'état actuel des réalisations HF à grande puissance, il n'existe pas, à notre connaissance, des transistors de 500 kW ou 1 MW équipant les étages finaux des stations de radiodiffusion.

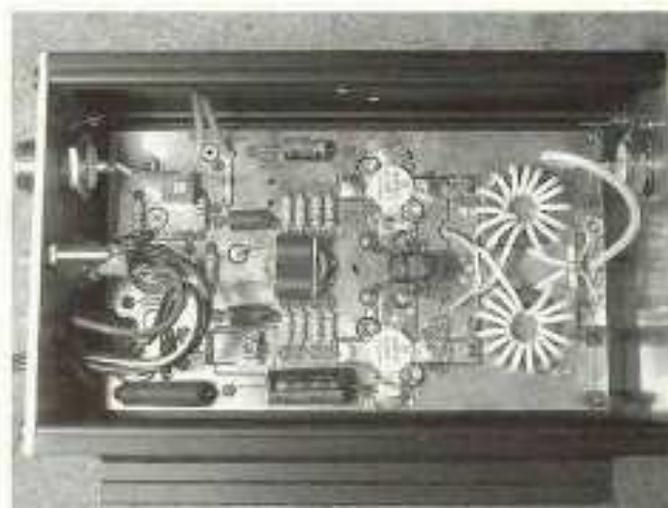
Revenons à notre réalisation. Ce qui frappe au premier coup d'œil, du moins pour ceux qui ont connus les tubes électroniques, c'est la petite dimension de l'ensemble de l'amplificateur. En effet, celui-ci est logé tout entier (voir la photo) sur une plaque de circuit imprimé de dimension restreinte. On peut donc facilement lui trouver une place dans un boîtier. Il est vrai qu'il faut lui adjoindre un refroidisseur qui prend presque autant de place.

Quelles sont les tensions nécessaires au fonctionnement d'un transistor amplificateur? Elles sont au nombre de deux:

- A) La tension de collecteur
- B) La tension de base

Il n'est peut être pas inutile de rappeler pour nos jeunes lecteurs, qu'auparavant, avec les amplificateurs à tubes, il y avait une troisième tension, celle nécessaire au chauffage du tube. C'est précisément cette absence d'énergie nécessaire pour le chauffage qui fit prendre un tel essor aux transistors, en particulier pour les équipements mobiles. Les autres tensions, avec les tubes, s'appellent respectivement la tension anodique, et la ou les tensions de grille.

A) La tension de collecteur (50 V dans notre cas). En examinant le schéma électrique, on voit qu'elle parvient aux collecteurs par l'intermédiaire de deux bobines d'arrêt L3 décou-



plées par des capacités. Quant au courant des collecteurs, il faudra distinguer le courant de repos fixe, de 220 mA, dépendant de la tension appliquée sur la base, et le courant instantané qui lui, sera très variable en cours de modulation, et pourra atteindre des pointes de 12 Ampères dans les crêtes. Cette même valeur sera atteinte en CW. Tout ceci bien sûr pour la puissance maximale HF de sortie correspondant à une puissance d'entrée maximale HF appliquée. Il faudra naturellement, que lors des pointes de courant, celles-ci doivent absolument être exemptes de toutes composantes alternatives à 50 Hz ou autre ce qui s'entendrait immédiatement. Là réside une difficulté par rapport aux montages à tubes qui utilisent des tensions anodiques de plusieurs centaines de volts, beaucoup plus faciles à filtrer. Plus la tension de collecteur sera élevée, pour une puissance donnée, plus le courant de collecteur sera petit, donc facile à filtrer. On notera qu'il existe d'autres transistors tels le MRF 454 (voir la référence de HB9AKN) qui utilisent une tension de collecteur comprise entre 12 et 13,5 Volts, dont le courant continu d'alimentation des collecteurs, pour une puissance donnée, est important donc encore plus difficile à filtrer. Mais de grands progrès ont été accomplis dans les alimentations à découpage.

L'alimentation dans ce cas, sur batterie de voiture 12 Volts permet dans un premier temps de tester son matériel.

Au sujet de l'évaluation du courant instantané de collecteur, on peut utiliser un simple multimètre à cadre mobile, pour avoir une idée, mais non pour faire une mesure précise, du fait de l'inertie de l'aiguille. Ne pas utiliser un multimètre digital, l'affichage ne sera pas lisible, mais constamment perturbé.

Un autre aspect à considérer est le rendement de collecteur. La puissance d'alimentation continue appliquée est: $P = U \cdot I$ avec P exprimé en Watts, U exprimé en Volts et I exprimé en Ampères. La puissance HF disponible sur 50 Ohms sera en gros égale à $P/2$.

Un autre problème avec les amplificateurs large bande à transistors provient du fait que l'impédance d'entrée, comme celle de sortie d'ailleurs, n'est pas une constante de 50 Ohms, mais varie avec la fréquence.

B) La tension de base (+0,5 à 1 V). C'est cette tension qui fixe le point de fonctionnement de l'étage, c'est à dire qui positionne l'étage dans

la zone linéaire. Cette tension doit être très stable, et ajustable par R10 (figure 1). C'est cette tension qui réglera le courant collecteur de repos. Nous avons ajusté cette tension de façon à obtenir un courant de collecteur de 220 mA alors que les spécifications indiquent un courant de 300 mA. On arrive ainsi à une puissance dissipée en chaleur inférieure au repos.

Références:

- Transistors MRF 429 MP
- Motorola Application notes AN 758
- Communication Concepts Inc.,
www.communication-concepts.com
- Amplificateur linéaire HF à transistors MRF 454, HB9AKN old man no 10/1987

Liste détaillée:

- R1, R2 - 2 x 3.9 Ohm, 1/2 W
- R3, R4 - 2 x 6.8 Ohm, 1/2 W
- R5 - 1 Ohm, 1/2 W
- R6 - 1k Ohm, 1/2 W
- R7 - 100 Ohm, 5 W
- R8 - 18k Ohm, 1/2 W
- R9 - 8.2k Ohm, 1/2 W
- R10 - 1k Trimpot
- R11 - Not Used
- R12 - 1k Ohm, 1/2 W
- C1, C2 - 5600 pF Ceramic Chip
- C3 - 56 pF Ceramic Chip
- C4 - 470 pF Ceramic Chip
- C5 - 560 pF Ceramic Chip
- C6 - 75 pF Ceramic Chip
- C7, C8 - 0.1 µF Ceramic Chip
- C9, C10 - 0.33 µF Ceramic Chip
- C11 - 10 µF, 150 V
- C12 - 1000 pF Ceramic Chip
- C13 - 1000 µF, 3 V
- D1 - See Text
- D2 - 1N5361 - 1N5366 (See Text)
- Q1, Q2 - MRF429
- Q3 - 2N5991
- L1, L2 - Ferroxcube VK200 19/4B
- L3, L4 - 6 Ferrite Beads each Ferroxcube 56 590 65/3B
- T1 - 9:1 RF Transformer
- T2 - 7 turns of bifilar AWG # 20
- T3 - 14 turns of 25 Ohm mini coaxial cable wound each toroid

voir:
<http://plc.radioamateur.ch>