nal als klickfrei einzustufen. Ein solches Signal ist beim übers Band drehen sehr glockenrein anzuhören, weist keine störenden Seitenbänder auf und ist auf zero-beat nur lispelnd oder gar nicht (ausser am S-Meter) wahrzunehmen.

Sollte die letztere Beschreibung bei der Eigenkontrolle Ihres Signals nicht zutreffen, sind mögli-

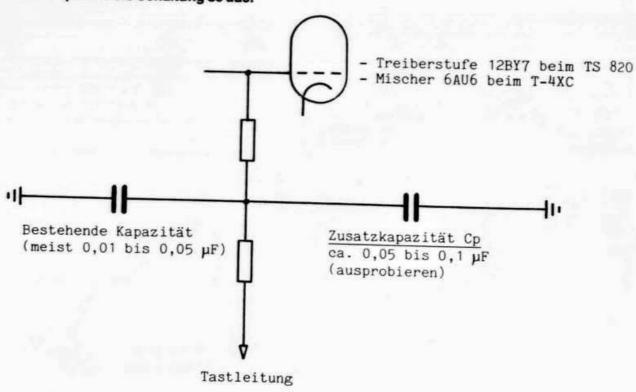
cherweise die CW-Flanken zu steil.

Bei den älteren Sendern wie z.B. Drake T-4 XC, TS-820 und ihre Vorgänger (es gibt allerdings noch viel schlimmere Gerätetypen) lassen sich diese unschönen Eigenschaften mit Hilfe einer Zusatzkapazität (Cp) im Tastkreis der Gittersperrspannungs-Tastung beheben.

Bevor Sie nun mit dem Lötkolben bewaffnet in die Eingeweide Ihres Senders vordringen, versuchen Sie den (allfälligen) Klicks eindeutig selber festzustellen, damit Sie den Erfolg Ihrer Abhilfemassnahmen klar erkennen können.

Bei Unsicherheiten bin ich gerne bereit mitzuhelfen, insbesondere wenn es darum geht, das Signal «in der Luft» zu beurteilen. Ich wünsche viel Erfolg — Ihre Funkfreunde (lokal und weltweit!) werden Ihnen, allerdings schweigend, dankbar sein. Und für Sie bleibt die Genugtuung, mit einem sauberen CW-Signal (Ihre Visitenkarte!) «in die Luft» zu gehen.

Im Prinzip sieht die Schaltung so aus:



Amplificateur linéaire de puissance 140 watts PEP

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de palud 4, 1800 Vevey

Article complémentaire à celui paru dans l'old man no 10/1987 sous le titre «Amplificateur linéaire de puissance 140 watts PEP».

Table des matières

- 1. Introduction
- 2. Théorie de fonctionnement du montage original
- 3. Théorie de fonctionnement du montage modifié
- 4. Manipulations
- Prescription de réglage
- 6. Liste des fournisseurs
- 7. Conclusion
- 8. Bibliographie

1. Introduction

Dans le no 10 de l'old man 1987, nous avions publié la description et la réalisation complète d'un étage amplificateur haute fréquence de puissance à transistors, tirées d'une notice d'application de Motorola destinée spécialement à l'émission d'amateur.

Pour la compréhension des considérations qui vont suivre, nous renvoyons le lecteur à l'old man ci-mentionné. Cette description était séduisante par sa simplicité apparente, de sorte que nous n'avions pas hésité à encourager les débutants à en entreprendre la réalisation. Tout avait l'air facile, mais comme souvent en électronique, les schémas les plus simples ne sont pas forcément ceux qui procurent le moins d'ennuis, c'est même

souvent le contraire, pour quoi cela?

Et bien, parce qu'un schéma électrique, aussi complet soit-il, ne peut jamais tout indiquer, et tenir compte de tous les paramètres physiques en présence. Ainsi en cours de réalisation, on rencontre des difficultés auquelles on avait pas pensé, un peu comme le montagnard qui pensait avoir le beau temps et qui trouve le brouillard.

Ainsi en est-il de notre étage qui en début d'essais se comportait d'une facon normale, et qui par la suite s'est révélé inutilisable. La linéarité n'existait plus, les distorsions étaient catastrophiques. Après plusieurs essais effectués tant avec HB9EY, qu'avec HB9ALD, il a fallu revoir la con-

ception même du schéma.

Comme j'avais écris d'une facon un peu hative que ce montage était à la portée d'un débutant, j'avais mauvaise conscience, car je sais par expérience personnelle, que rien n'est plus décourageant pour un débutant qu'un montage qui ne fonctionne pas. Et revenaient dans ma mémoire les paroles désabusées d'un apprenti radio-électricien qui me disait: «La radio? c'est bien joli mais

cela ne fonctionne jamais!»

Cet article pourra aussi être utile aux innombrables utilisateurs d'étages amplificateurs linéaires à transistors, car beaucoup, même de construction professionelle, ne fonctionnent pas correctement. Ces utilisateurs pourront effectuer d'utiles mesures et pourquoi pas devront-ils peut-être comme moi modifier certaines choses. Alors, les schémas publiés par une firme aussi célèbre que MOTOROLA ne sont-ils pas fiables?? Non pas qu'ils ne soient utilisables tels quel, on ne saurait mettre en doute le savoir faire de cette firme, simplement, ils se placent dans un cas idéal, qui correspond à un laboratoire de développement Motorola bien équipé, ce qui ne correspond pas et de loin, à l'équipement et aux moyens dont dispose l'amateur moyen. Où sont donc ces différences? Pourquoi cet éternel fossé apparent entre la théorie et la pratique? Dans le cas qui nous occupe, il ne s'agit pas d'un fossé, mais bien plutôt d'un problème mal posé, et nous verrons pourquoi.

Je ne vais pas faire ici la théorie complète des dispositifs à semi-conducteurs que ce soit les diodes ou les transistors, pour laquelle je renvoie le lecteur à la bibliographie. Je me contenterai simplement de rappeler certains phénomènes entrant en considération dans le cas qui nous oc-

cupe.

2. Théorie de fonctionnement du montage original

Les transistors, de même que les diodes et tous les dispositifs à semi-conducteurs sont produits encore aujourd'hui avec des dispersions de caractéristiques assez importantes, de sorte que, si on achète deux transistors MRF454 chez Omni Ray par exemple, ils seront assez différents l'un de l'autre. Même si on précise à la commande qu'ils doivent être semblables ou apairés, comme l'on dit, OMNI Rya n'est pas en mesure de les mesurer et de les comparer, son activité étant uniquement commerciale. A l'inverse, dans un laboratoire comme celui de Motorola, par exemple, on pourra puiser dans le stock de MRF454's et, à l'aide d'un transistormètre, sélectionner deux spécimens identiques. Il en est de même pour la diode 1N4995, qui aura elle aussi des dispersions de caractéristiques d'un spécimen à l'autre. Ce serait donc un pur coup de chance d'optenir, chez Omni Ray ou à Friedrichshafen deux transistors identiques. On comprend maintenant immédiatement pourquoi le schéma publié par Motorola fonctionne bel et bien. Mais nous amateurs, dans nos conditions d'approvisionnement, nous ne pouvons pas nous payer le luxe d'en acheter une cinquantaine pour les sélectionner. A 50.- frs le transistor... c'est un peu cher. Ce qui se passe dans le montage est facile à comprendre. Le dispositif de polarisation étant unique pour les deux transistors, il agira comme il se doit lors d'une augmentation de température transmise à la diode 1N4995, laquelle diminuera la tension appliquée aux jonctions base-émetteur des transistors. Ceux-ci étant différents l'un de l'autre, cette correction est peut-être insuffisante pour l'un deux dont le courant continuera à croître jusqu'à l'emballement thermique. Le montage est alors complètement dèséquilibré au repos. Nous avons bien dit au repos ce qui signifie que toutes ces constationssont sont faites sans excitation HF appliquée à l'entrée de l'amplificateur, le montage n'étant alimenté qu'en tension continue de 12 volts. Il est en effet parfaitement inutile d'essayer d'appliquer de la HF à l'entrée, aussi longtemps q'une parfaite stabilité n'est pas obtenue en régime continu de repos. D'autre part, le montage doit être équilibré puisque nous avons affaire à un Push-Pull, c'est à dire que les deux courants de collecteur doivent être semblables. Il faut donc deux équilibres:

a) Equilibre des courants de collecteur

 b) Equilibre thermique c'est à dire que la puissance dissipée sous forme de chaleur doit être évacuée.

Tout ceci répétons-le d'abord au repos.

Une autre inconnue et elle est de taille, dans le schéma publié par Motorola est la diode 1N4995. De celle-ci dépend la tension de polarisation appliquée aux deux jonctions base-émetteur des transistors, donc du point de fonctionnement de l'étage. Cette tension a une grande influence sur le courant de base des transistors et à plus forte raison sur les courants de collecteur. Là encore l'idéal serait d'en disposer d'un certain nombre pour pouvoir faire son choix, car ici aussi il y a de

fortes dispersions de caractéristiques et chaque dizaine de millivolts est très importante.

On le voir cela fait beaucoup d'inconnues!! d'autant plus que chaque diode réagira différemment à l'augmentation de température.

Rappelons que, pour qu'il y ait stabilisation du point de fonctionnement, la tension aux bornes de la diode comprise entre 500 mv et 700 mv doit diminuer l'orsque la température augmente.

Enfin, et nous en aurons fini avec les difficultés, les spécifications des transistors varient avec la température, et ceci dans d'assez grandes proportions. Ainsi, le courant de collecteur obtenu à l'enclenchement, c'est-à-dire à la température ambiante, n'aura pas du tout la même valeur que celui obtenu à la température nominale de fonctionnement. Cette dernière valeur est notablement plus élevée, et correspond à la valeur donnée par Motorola, soit 500 ma pour chaque collecteur. Nous parlons bien sûr toujours du régime au repos, c'est à dire sans aucune excitation HF appliquée à l'entrée. Avec des transistors de puissance, il faut tenir compte d'un rendement de collecteur de 50%. Nous sommes donc assez loin des rendements plaques obtenus avec des étages de puissance à tube électronique.

Dans cette réalisation, pour obtenir les 140 watts annoncés par le titre, il faudra appliquer une puissance d'alimentation continue de 280 watts ce qui correspond à un courant de pointe de 23A, puisque les puissances ci-mentionnées sont des puissances PEP, ceci pour une puissance d'excitation HF d'entrée d'environ 4 watts PEP sur théoriquement 50 ohms d'impédance d'entrée.

3. Théorie de fonctionnement du montage mo-

Pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, ne disposant que de transistors non apairés, comme la plupart des amateurs, j'étais dans l'obligation de modifier complètement la partie polarisation. J'ai opté pour la solution de deux circuits stabilisateurs séparés pour chaque transistors, ainsi l'équilibre du montage pourra-t-il être maintenu, chaque transistor étant régulé séparément. Le schéma de base a ainsi été modifié, dommage pour la simplicité initilale très séduisante, qui peut fonctionner, mais aux conditions déjà évoquées, ces conditions ne correspondant pas aux possibilités normales d'un amateur. En effet, celui-ci est déjà bien content de pouvoir trouver les transistors!!.

Un autre point très important est le choix du point de fonctionnement. Pour tous les anciens, et j'en suis qui ont réalisés des étages de puissance à tubes électroniques, c'est vraiment l'inconnu. Avec les tubes, on connaissait exactement les conditions de fonctionnement correspondant à chaque classe d'amplification. Avec les transistors le constructeur se borne à indiquer des valeurs limites à

ne pas dépasser, si bien que je m'en suis tenu à la valeur donnée par Motorola soit un courant à chaud de 1 A pour les deux collecteurs le montage étant au repos. Cette valeur redescendra rapidement si on reste dans cette situation de repos en revenant à la température ambiante.

Les régulateurs sont très classiques, il convient de bien distinguer le transistor sonde servant à suivre la température, monté en simple diode, de l'autre qui fera office de régulateur commandé par son circuit de base.

4. Manipulations

Le prémier travail consistera à modifier le couplage basse impédance en montant les deux capacités de 10nf en série avec les bases. Chaque base sera alimentée en courant continu de polarisation par l'intermédiaire d'une self.

Le plus important sera de bien disposer les transistors montés en diode sur les boîtiers respectifs des MRF 454's. On utilisera des plaquettes de cuivre qui prendront bien toute la température de chaque transistor.

Il ne s'est pas avéré nécessaire de faire passer les fils de stabilisation soit 6 conducteurs en tout à travers des condensateurs bi-pass, ce qui ne veut pas dire que cela ne soit pas nécessaire dans certains cas, chaque montage étant un peu différent. Pour le reste, nous renvoyons le lecteur au premier article ci-mentionné. Il est presque inutile de préciser que la diode 1N4995 doit être enlevée, de même que le condensateur de 500Mf qui n'a plus sa raison d'être.

5. Prèscription de réglage

Avertissement important.

Les transistors de puissance sont couteux, et il faudra agir rapidement, et pouvoir à tout moment interrompre la ligne d'alimentation + 12 volts au moindre signe d'anomalie. Surveillez du doigt la température des transistors. Les MRF454 sont très robustes, de grands progrès ont été accomplis, mais soyez prudents.

Instruments nécessaires

Que le lecteur se rassure, un simple multimètre suffira dans la mesure ou celui-ci pourra mesurer déjà 10 ampères du moins pour les premiers watts. Un instrument digital sera apprécié mais non indispensable, surtout pour mesurer la tension base-émetteur dont chaque dizaine de millivolts compte énormément rappelons-le.

- a) Fermez l'entrée de l'amplificateur par une résistance de 47 ohms 1/4 W
- b) Mettez un seul régulateur en service en alimentant en courant de base le transistor correspondant.
- c) Insérez votre ampèremètre dans le circuit +12volts, et réglez Pot1 jusqu'à l'optention d'un courant naissant de 20 ma.

Schéma original

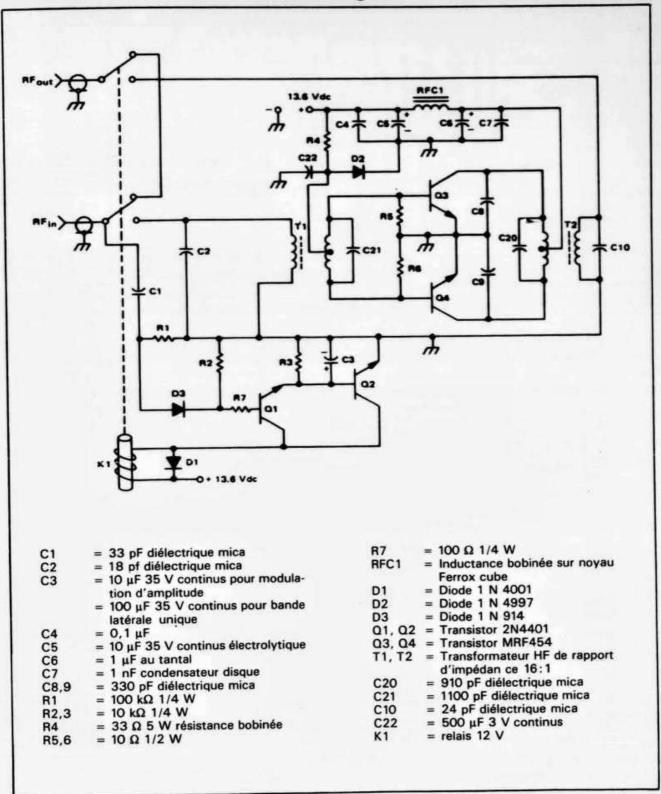


Figure 1: Schéma électrique.

d) Répétez les opérations b) et c) avec l'autre régulateur et l'autre transistor.

Vous pourrez apprécier les différences de carac-

téristiques des deux transistors en observant les deux valeurs différentes de Pot. Ces valeurs fixées à la température ambiante, ne

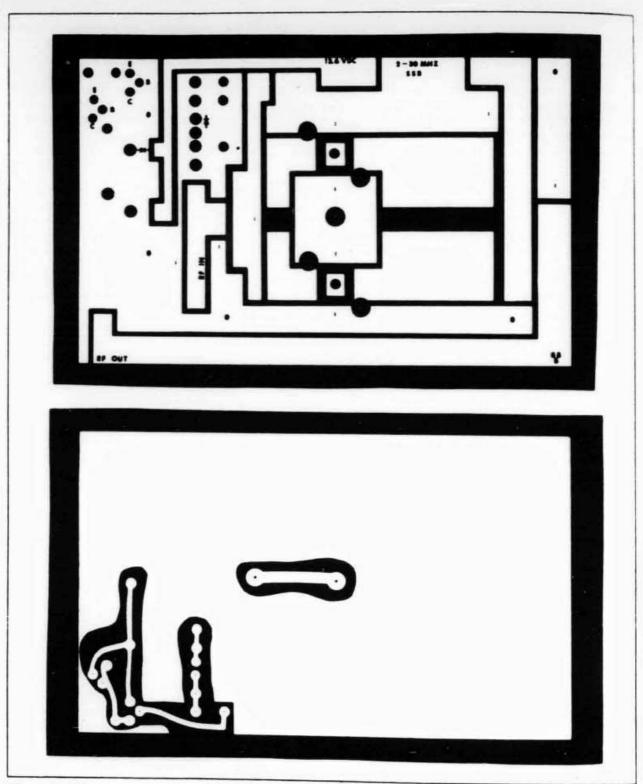


Figure 2: Négatif du circuit imprimé double face.

seront rappelons le, plus du tout les mêmes à la température nominale de fonctionnement. Celles-ci auront passées à une valeur de 2 fois 500ma soit un courant total de 1A.

 d) Mettez en service maintenant les deux régulateurs et le courant total soit être comme il se doit de 40ma. Ce régime de fonctionnement doit être absolument stable. SI LE FONCTIONNEMENT CI-DESSUS N'EST PAS OBTENU IL EST INUTILE D'ALLER PLUS LOIN.

Si on observe des difficultés à ce stade des réglages, telles que par exemple un courant de collecteur total exagérément élevé, même en supprimant le courant continu de polarisation de base, cela signifie que l'étage autooscille et qu'il faudra tout mettre en oeuvre pour stopper cette oscillation. Cette difficulté est toutefois peu vraisemblable, vu que le circuit imprimé est donné.

Si toutefois ce problème devait se présenter, ob-

servez les points suivants.

 a) Assurez vous que l'entrée comme la sortie de l'amplificateur sont fermées par une résistance de 47 ohms 1/4 watts.

 Ajoutez éventuellement en parallèle sur les capacités de 10 nf, des capacités céramiques ou

mica de 100 pf.

Vérifiez, à l'aide du multimètre numérique que la tension base-émetteur est comprise entre 500 et 700 millivolts. Nous avons dans notre montage une tension de 562 mv sur l'un et 570 mv sur l'autre. Ces valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, et non comme des valeurs à obtenir à tout prix. Nous le répétons chaque transistor est un peu différent.

De toute façon l'autooscillation DOIT CESSER.

 e) Branchez une antenne fictive à la sortie de l'amplificateur de l'ordre de 50 Ohms et raccordez l'entrée au signal HF à amplifier. Commencez par un signal faible.

 f) En augmentant l'excitation HF, le courant continu augmentera, procédez par l'envoi de signaux CW's on évite ainsi une élévation trop brusque de température, et c'est plus pratique

que de siffler devant le microphone.

g) On admet que l'amplificateur a maintenant sa température nominale, Motorola donne la valeur de 0,7 degrés C par watt produit. Assurez vous que les deux courants de collecteur sont égaux et de 500mA chacun. Si ce n'est pas le cas, rétablissez l'équilibre comme expliqué. Il est plus important que les courants soient équilibrés à chaud qu'à froid. Ce contrôle se faisant en l'absence d'excitation HF bien entendu.

 h) Les essais ci-dessus étant effectué à petite puissance disons une trentaine de watts HF, avant d'assayer à grande puissance, il convient

de bien connaître les points suivants:

Les transistors s'emballent thermiquement à partir d'une certaine température, laquelle est inconnue, mais même si on possédait un chiffre quelconque, il nous serait d'aucune utilité. En effet, rien n'est plus difficile à mesurer q'une température, celle-ci étant bien différente d'un point à l'autre du transistor.

Le plus efficace consiste à déterminer, compte tenu des refroidisseurs dont on dispose, à partir de quelle puissance dissipée le transistor s'emballe. On le remarquera aussitôt, en observant le courant continu d'alimentation qui commencera à croître lentement même en l'absence d'excitation HF. IL FAUDRA IMMEDIATEMENT COUPER L'ALIMENTATION continue.

Si on observe aucun emballement à la pleine puissance indiquée soit 280 watts de puissance d'entrée continue pour 140 watts HF, tout est bien ainsi. Dans le cas contraire cela signifie qu'il faudra augmenter l'évacuation de la chaleur avec des radiateurs supplémentaires ou un ventilateur.

6. Liste des fournisseurs

Les transistors MRF454 peuvent être obtenus chez OMNI RAY Zurich de même que les BD137 qui peuvent être remplacés facilement étant de caractéristiques très courantes. Ils ont l'avantage d'être plats ce qui facilite la prise de température. Les diodes 1N4006 peuvent être remplacées par n'importe quelle diode au silicium ou germanium. Les ferrites peuvent être obtenues chez:

Emil Muller

CH-8152 Glattbrugg

Tel. 01 / 810 29 89

Transformateur de sortie type Zr 15,5 . 6. 24 Matériel F 100b Article numéro ..1104 00 (en commander deux pièces).

Transformateur d'entrée type R 14. 6. 10/40 Matériel F40 Article numéro 02 1343 00 (en comman-

der deux pièces).

Ces pièces font partie du remarquable programme Neosid et nous conseillons vivement au passionné de haute fréquence de demander les catalogues très bien faits à l'adresse ci-dessus.

7. Conclusions

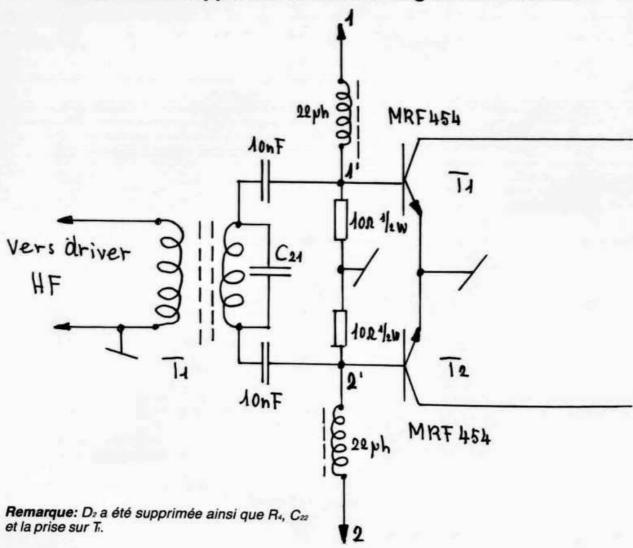
Nous l'avons vu, de la théorie à la pratique il y a un monde et toute la difficulté provient du fait qu'il faut bien posséder les deux. Il ne faut d'autre part jamais oublier que le meilleur schéma électrique ne peut jamais tout indiquer et que beaucoup d'éléments physiques, invisibles sur le papier, n'en sont pas moins présents. In en est ainsi de couplage HF indésirables que l'on ne représente pas sur un schéma, mais qu'un constructeur averti saura immédiatement débusquer.

Nous espérons ainsi par cet article complémentaire, avoir mis cette fois réellement ce montage à la portée d'un débutant soigneux, car pour ceux ci rien n'est plus décourageant qu'un échec dans la construction, l'auteur de cet article en an fait l'expérience dans ses jeunes années. Il faut se méfier par dessus tout des montages très simples, très séduisants, tellement simples qu'ils ne peuvent pas fonctionner!

De plus, pour le fonctionnement correcte de cet amplificateur, il reste à parler de deux points essentiels que nous avons passé sous silence faisons l'hypothèse que cela allait de soi pour cha-

- a) La nécessité d'avoir une source de courant continu parfaitement filtrée, en particulier dans les pointes brusques. Débiter 23 ampères brusquement sans ondulation excessive n'est pas à la portée de n'importe quelle alimentation de laboratoire. Celles-ci sont généralement prévue pour un régime stable de fonctionnement ce
- qui change tout. Les alimentations à découpage sont spécialement adaptées aux brusques variations.
- b) La parfaite adaptation des impédances tant à l'entrée qu'à la sortie. Celles-ci varient hélas selon la bande de trafic et il sera préférable de la mesurer.

Modifications apportées au schéma original de Motorola.



8. Bibliographie

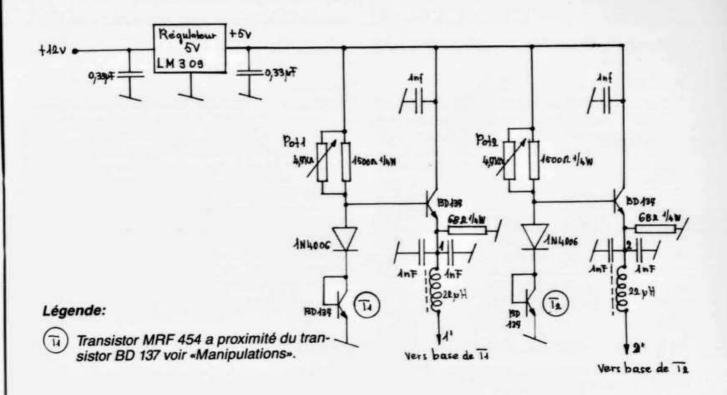
Les ouvrages traitant des diodes et transistors sont nombreux mais beaucoup manquent de pédagogie, le gros point faible des techniciens. C'est pourquoi pour une initiation vraiment pédagogique, je ne peux que recommander l'excellent ouvrage du regretté Eugène Aisberg «Le transistor, mais c'est très simple!» aux éditions Radio, ceci pour les débutants, et comme dit l'auteur, pour les techniciens voulant mettre de l'ordre dans leurs idées! En effet, une phrase en bon français, remplace souvent une expression mathématique compliquée.

Autre ouvrage plus près des applications, «Emploi rationnel des transistors» de J-P Oemichen, chez le même éditeur.

J'ai tiré toute la description ci-dessus d'un gros livre MOTOROLA RF et je ne sais s'il est toujours disponible. De plus il est en anglais!

Il existe bien sûr les publications habituelles pour les amateurs, et, comme on est toujours à la recherche d'un renseignement, plus on a de documentation mieux c'est.

Stabilisation des points de fonctionnement du Push-Pull MRF 454.





USKA

Mutationen Juni 1989

Neue Rufzeichen

HB9GAJ, Hochstrasser Philipp, Haltenstrasse 59, 3145 Niederscherli (ex HB9TAD); HB9KAG, Wapf Rudolf, Dorf, 6147 Altbüron (ex HB9RJL); HB9OAV, Cariglia Andreas, Via Pancaldi Mola 10, 6612 Ascona (ex HE9SQJ).

Neue Mitglieder

HB9OAT, Olgiati Lorenzo, Vicolo Pergola 1, 6648 Minusio; HB9ULF, Steiger Christian, Bourgogne 84, 2006 Neuchâtel; HB9ZAB, Fort Karel, Chimligasse 14, 8603 Schwerzenbach; HE9KFS, Häusermann Thomas, Bodenmattstrasse 3, 4654 Lostorf; HE9SQK, Aostalli Simone, via P. Fercasa-Torraccia, 6883 Novazzano; HE9XMV, Notz Gottlieb, Mühlerain 6, 3210 Kerzers; Aubert Jean-Pierre, Avenue du Casino 17, 1820 Montreux; Hagenbuch Bruno, Gerberweg 12, 2560 Nidau; Junod Nicolas, Route de Florissant 21, 1206 Genève.

Todesfall

HB9ZM, Morf Werner, 8458 Dorf.

Austritte

HB9AFD, Clement Jean, 1723 Marly; HB9PCP, Giese Peter, 4102 Binningen; HB9SAY, Giese Christine, 4102 Binningen; HB9SFL, Zehnder Martin, 3174 Thörishaus; HE9AYO, Baggiolini Ferdinando, 6517 Arbedo; HE9NVL, Brandt Robert, 1077 Servion.

Korrektur

Trutmann Sandy, Grossmattweg 2, 6460 Altdorf UR, hat das Rufzeichen **HB9WAI**, und nicht wie irrtümlich publiziert HB9WAT.