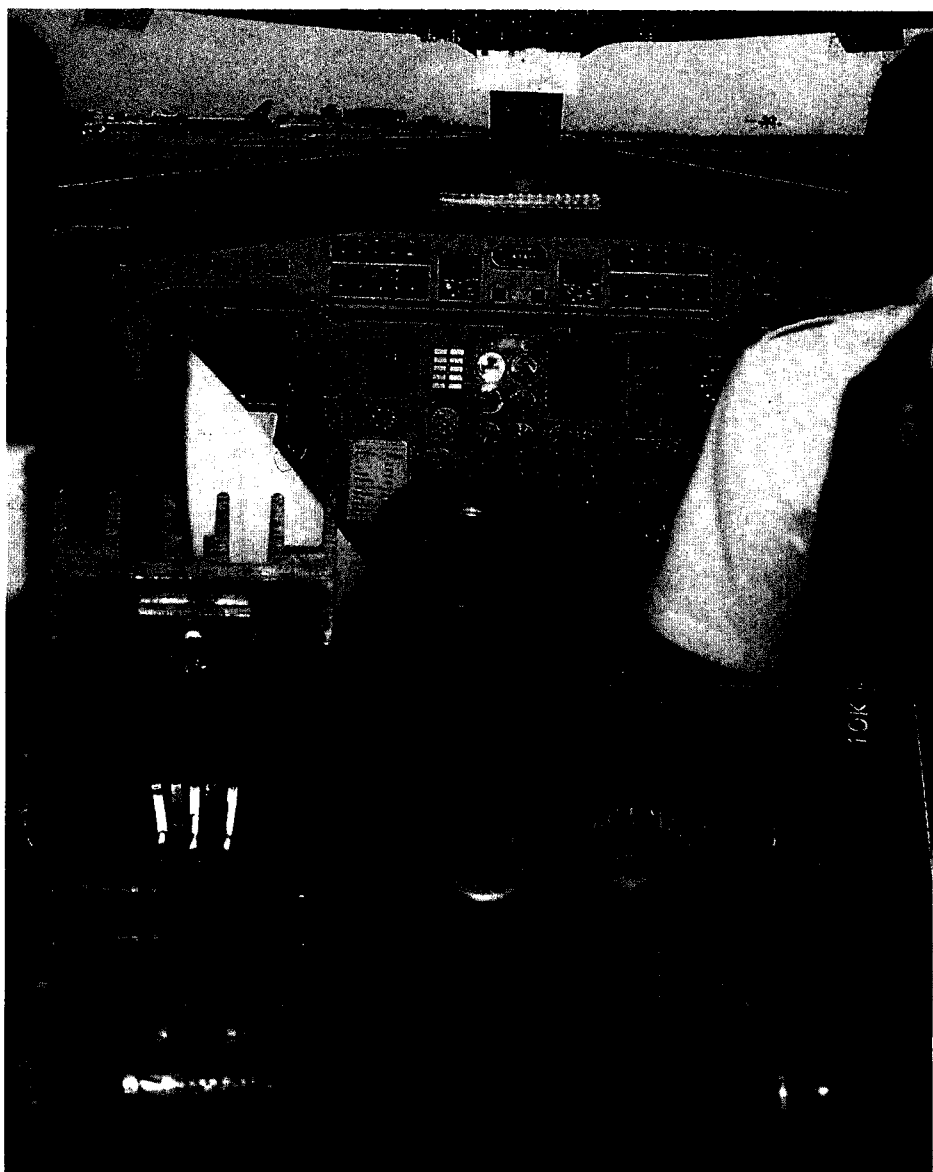


Une alimentation 400 Hz spéciale aviation

Si le réseau électrique européen est exploité à une fréquence de 50 Hz et celui de l'Amérique du Nord à 60 Hz, c'est plus couramment de 400 Hz que l'on dispose à bord des avions. Cela peut poser des problèmes à l'amateur ayant récupéré des matériels aéronautiques qu'il se propose de faire fonctionner sur le « plancher des vaches ».

L'adaptation à la fréquence de 50 Hz n'étant pas forcément simple (elle est même pratiquement impossible pour certains instruments de bord), il nous a semblé utile de développer un petit générateur capable de reconstituer le réseau de bord. Une demande existe d'ailleurs pour ce genre de montage parmi nos lecteurs : qu'ils trouvent donc ici satisfaction !



Pourquoi du 400 Hz ?

Pour un non-initié aux choses de l'aéronautique, il peut sembler farfelu d'utiliser la fréquence de 400 Hz pour un réseau d'énergie. On se doute cependant qu'il y a une raison à ce choix, tout comme il y en a une au fait que les locomotives suisses fonctionnent sous 16 Hz $\frac{2}{3}$...

Chacun sait que les alimentations à découpage sont considérablement plus petites et moins lourdes que celles à transformateur 50 Hz, grâce à une fréquence de fonctionnement de plusieurs dizaines de kilohertz.

Plus la fréquence est élevée, et plus le noyau d'un transformateur peut être petit à puissance égale, et moins le nombre de spires par volt est important.

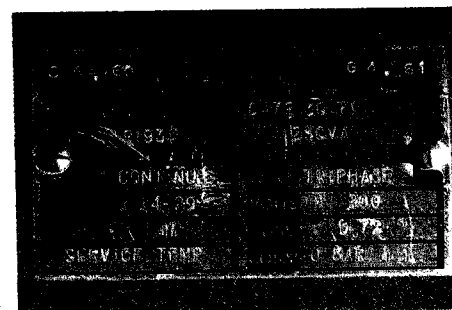
La même règle s'applique également aux moteurs, génératrices, et plus généralement à tous les composants électromagnétiques. Par ailleurs, un filtrage après redressement exige des condensateurs bien plus petits à 400 Hz qu'à 50, d'autant qu'il s'agit très souvent de redressement polyphasé à très faible ondulation.

En aviation, l'ennemi numéro un est le poids, et le numéro deux l'encombrement : l'adoption de la fréquence de 400 Hz permet de gagner beaucoup sur ces deux plans.

Deux questions se posent alors naturellement : pourquoi ne pas dépasser 400 Hz pour accroître encore ces avantages, et pourquoi ne pas utiliser du 400 Hz ou davantage sur le réseau national d'électricité ?

En fait, toute médaille a son revers, et tout avantage se paie par des inconvénients : un alternateur 400 Hz est une machine électromécanique coûteuse et délicate. Pour obtenir du 400 Hz, il faut disposer d'un grand nombre de « paires de pôles », et/ou tourner très vite.

En aviation, les turboréacteurs tournent eux-même à des vitesses fort élevées et peuvent donc entraîner sans problème des générateurs 400 Hz. Par ailleurs, tout est déjà si cher sur un avion que le coût de l'alternateur se fond dans la masse. Ce qui peut



se faire, sous puissance modeste, dans un moteur d'avion ne serait pas viable dans une centrale de type EDF.

Nécessité de conversions d'énergie :

Les alternateurs 400 Hz étant généralement entraînés par les réacteurs, le problème se pose d'obtenir du 400 Hz lorsque ceux-ci sont à l'arrêt.

Les aéronefs disposent d'un second réseau de bord, à courant continu, alimenté par une batterie de 26 volts. Suffisant pour certains équipements tels que la radio, il ne peut cependant pas alimenter les instruments exigeant du 400 Hz.

Les avions ou hélicoptères relativement anciens sont donc équipés de **convertisseurs tournants** regroupant sur un même arbre un moteur à courant continu à vitesse régulée, et un alternateur 400 Hz.

Il s'agit de petites merveilles d'électromécanique, qui surprennent par leur faible encombrement : 7 cm de diamètre et 20 cm de long pour la « gégène » de 250 VA en triphasé visible sur nos photos.

Ce genre d'appareil, qui a également été utilisé longtemps pour les tournages cinématographiques, est fort bruyant et gourmand en énergie : 17 ampères sous 26 volts dans notre exemple, soit un bien piètre rendement. A n'utiliser qu'en service temporaire, en attendant le démarrage des moteurs, ou en cas de panne !

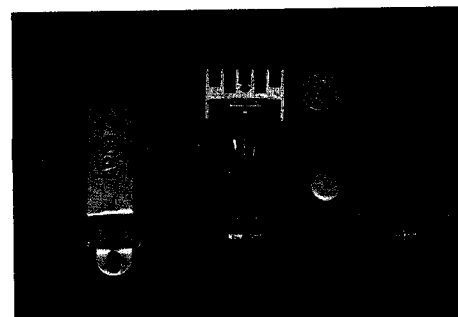
Les avions modernes sont équipés de **convertisseurs statiques** plus satisfaisants à tous points de vue.

Toutes proportions gardées, le cas que nous nous proposons de traiter ici est assez similaire : produire quelques VA de 400 Hz à partir d'une alimentation continue de 12 ou 26 volts toujours facilement disponible.

Une contrainte particulière est que la forme d'onde doit être sinusoïdale, et non rectangulaire comme celle délivrée par les convertisseurs courants. La tension nécessaire est de 115 volts, mais une valeur inférieure suffira pour les instruments montés à l'origine derrière un transformateur abaisseur.

Un convertisseur continu-sinus :

La nécessité de sortir en sinusoïdal élimine d'emblée les schémas habituellement utilisés dans les convertisseurs 220 V, employant des transistors travaillant en commutation. Notre schéma de la **figure 1** regroupe donc un oscillateur à onde sinusoïdale et un amplificateur de



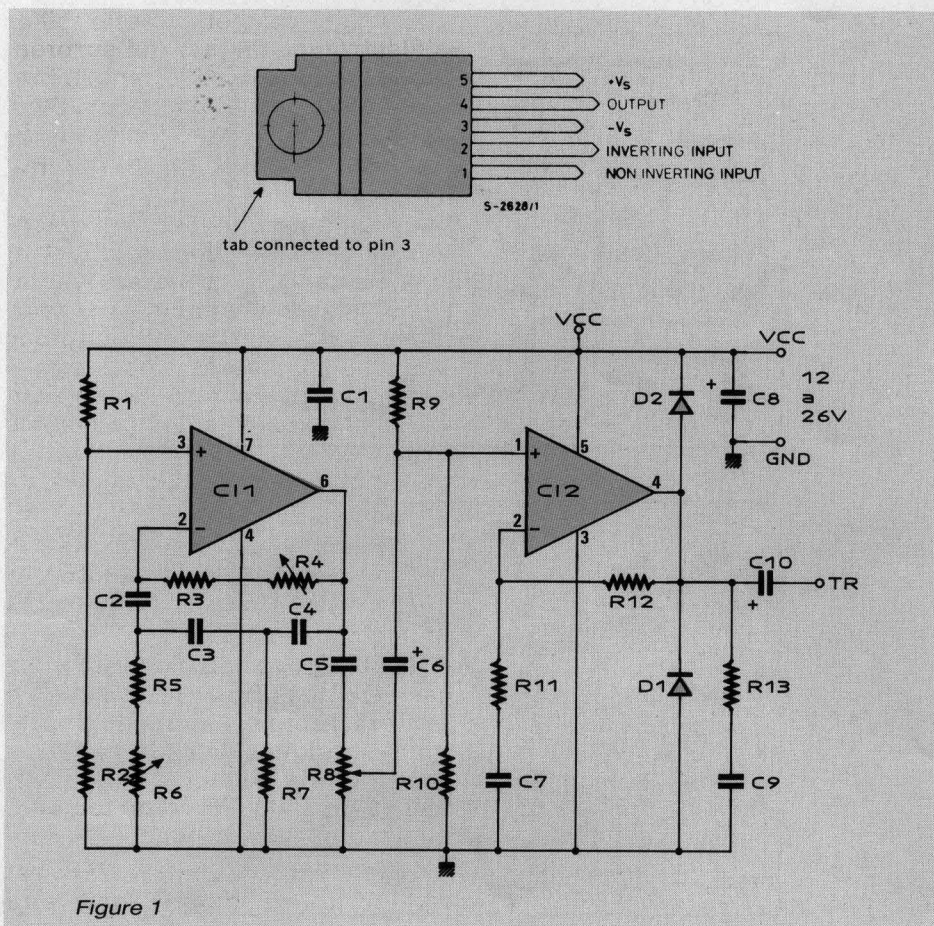


Figure 1

puissance de type « audio » : 400 Hz est en plein dans le spectre audible !

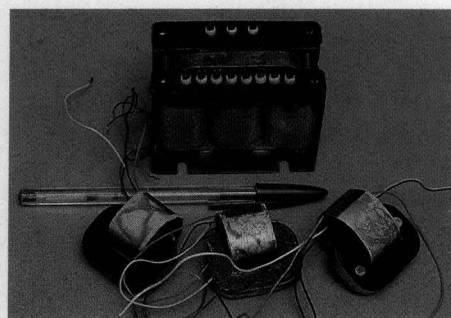
L'oscillateur est du type à déphasage « RC », permettant un ajustement assez fin de la fréquence et de la forme d'onde : pour certaines applications, il serait facile de faire fonctionner à une fréquence autre que 400 Hz, et avec une forme d'onde rectangulaire ou trapézoïdale (réduction de l'échauffement). L'amplificateur utilise un circuit intégré de puissance fort courant, le TDA 2030 : il peut délivrer jusqu'à 14 watts à une charge de 4 ohms environ. Sa tension d'alimentation peut aller jusqu'à 36 volts, ce qui est compatible avec les ± 18 V du 741 oscillateur. Nous ne recommandons cependant pas de dépasser 29 volts, tolérance supérieure de la tension de bord de 26 volts. Un fonctionnement sous 12 volts est évidemment possible, avec toutefois une perte de puissance disponible puisque le TDA 2030 ne doit pas débiter plus de 3,5 A en crête. La tension alternative disponible à la sortie de l'ampli

dépend de la tension d'alimentation, et du réglage du potentiomètre de niveau du TDA 2030. Une marge de sécurité d'environ 2 volts est à recommander, afin d'éviter l'apparition d'une forte distorsion par écrêtage en cas de chute de l'alimentation. Le tableau ci-dessous donne les valeurs **maximales** disponibles en sortie (potentiomètre à fond) pour diverses tensions d'alimentation :

Il résulte de cela que pour une alimentation continue de 26 V, un transformateur 6 V/110-220 V permettra d'obtenir facilement du 115 V 400 Hz, finement réglable si nécessaire.

Reste à choisir un transformateur approprié : en principe, il

alim. (en V)	crête à crête V _{cc}	crête V _c	efficace VRMS
12	10	5	3,54
15	13	6,5	4,60
18	16	8	5,66
20	18	9	6,36
24	22	11	7,78
26	24	12	8,49



faut utiliser en 400 Hz des transfo spécialement calculés pour cette fréquence (nature et section du noyau et nombre de spires par volt). Bien entendu, de telles pièces sont à peu près introuvables dans le commerce de détail.

Certains transfo audio (pour lignes de HP) conviennent cependant, puisqu'ils sont réputés passer de 20 à 20000 Hz. Ajoutons que certains transfo d'alimentation (en général à circuit en C ou en double C) fonctionnent indifféremment sur des fréquences pouvant aller de 50 à 400 Hz : on les utilise par exemple dans les oscilloscopes « tout courant » servant aussi bien au labo que sur les avions ou navires.

Et que se passerait-il si on tentait d'utiliser un transfo 50 Hz ? D'abord, on perdrait le bénéfice du gain de poids et de taille permis par le 400 Hz, mais ce n'est souvent pas bien grave. Ensuite, le nombre de spires par volt étant excessif (ce qui n'empêche pas le rapport de transformation de rester valable), l'inductance et donc la réactance des enroulements sera plus forte que la normale.

Il en résulte des chutes de tension en charge beaucoup plus fortes qu'en 50 Hz, que l'on peut toutefois minimiser en utilisant un transfo de puissance supérieure. Et si la consommation du montage alimenté est à peu près constante, on peut incorporer cette chute dans le calcul !

REALISATION

L'auteur utilise par exemple sa maquette pour débiter 3 VA de 115 V 400 Hz (28 mA) à partir d'un transformateur 220/6 V 50 Hz donné pour 5 VA !

Le refroidisseur du TDA 2030 doit bien sûr être dimensionné en fonction de la puissance débitée, car le fonctionnement en sinusoïdal introduit des pertes importantes : le modèle visible sur les photos convient jusqu'à une puissance de sortie de 3 VA, et il faudrait le renforcer pour monter jusqu'aux 14 VA autorisés.

Réalisation pratique :

Le circuit imprimé de la figure 2 rassemble tous les composants du montage, transformateur excepté, selon l'implantation de la figure 3. Il n'y a pas de difficulté particulière au plan de la construction, mais le réglage exige quelque soins :

Brancher un oscilloscope à la sortie du 741 (borne 6), le potentiomètre R_8 étant tourné à fond curseur coté masse.

Ajuster tout à tour R_4 et R_6 jusqu'à obtenir une oscillation à 400 Hz (période 2,5 ms) sinusoïdale mais juste en dessous du seuil d'écrêtage.

En l'absence de transfo, amener la sonde de l'oscilloscope à la sortie de l'ampli (- de C 10) et régler R_8 de façon à obtenir la

tension voulue. Là encore, il ne faut pas dépasser le seuil de l'écrêtage, directement fixé par la tension d'alimentation.

Raccorder alors le transfo choisi, et figner le réglage de R_8 pour obtenir en charge la tension exactement nécessaire.

Faire quelques essais de mise en marche et d'arrêt en charge, et vérifier que l'oscillateur démarre bien, sinon agir sur R_4 . Le montage est alors prêt à servir régulièrement. Si la source continue qui l'alimente est une batterie, on intercalera un fusible de calibre convenable pour écarter tout risque d'accident. On pourra en faire de même à la sortie pour protéger le TDA 2030, bien que sous 400 Hz, la plupart des transfos courants limitent d'eux-mêmes leur courant de court-circuit. Le transfo n'est d'ailleurs pas toujours nécessaire : sous 26 V batterie, le montage délivre facilement 6 à 8 V efficace, ce qui suffit pour alimenter bien des instruments 400 Hz « basse tension ».

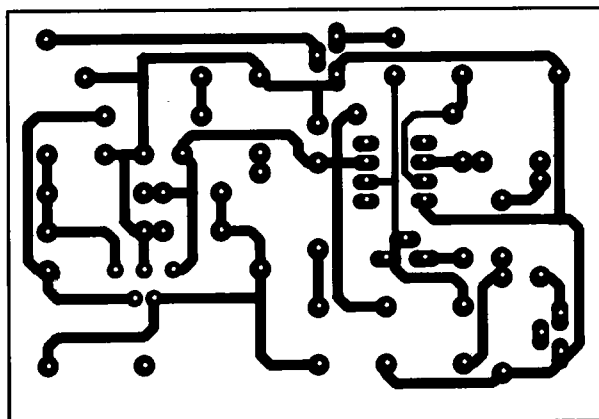


Figure 2

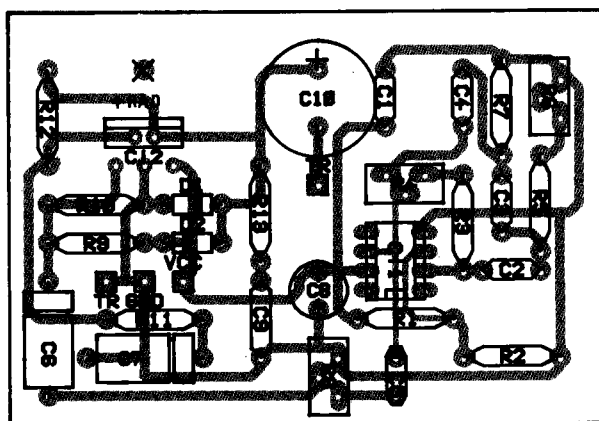
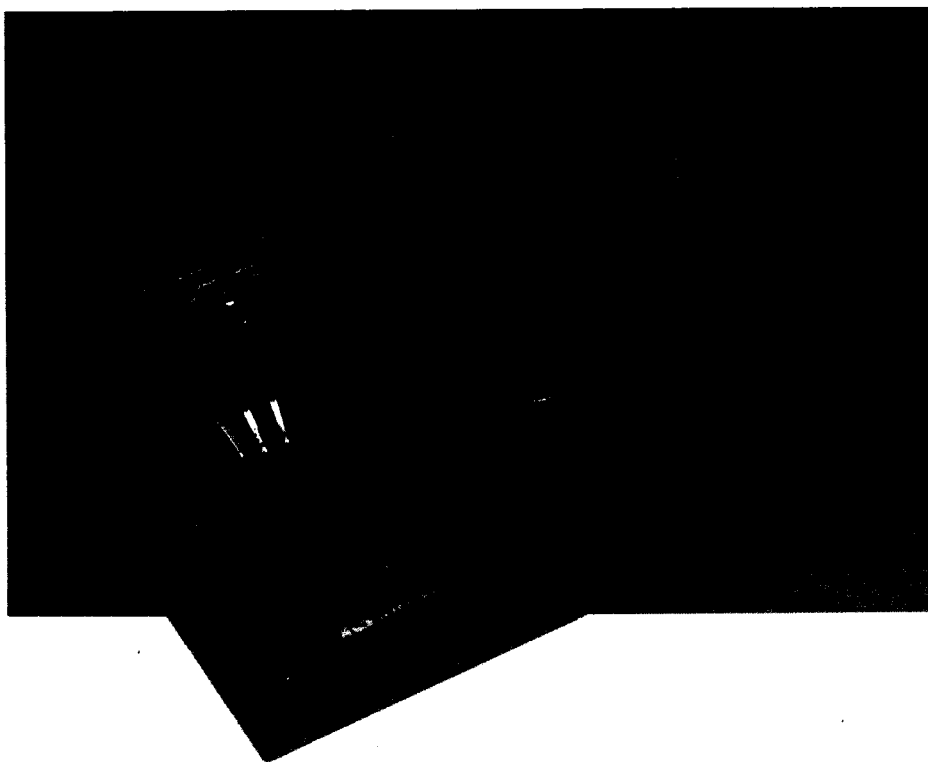
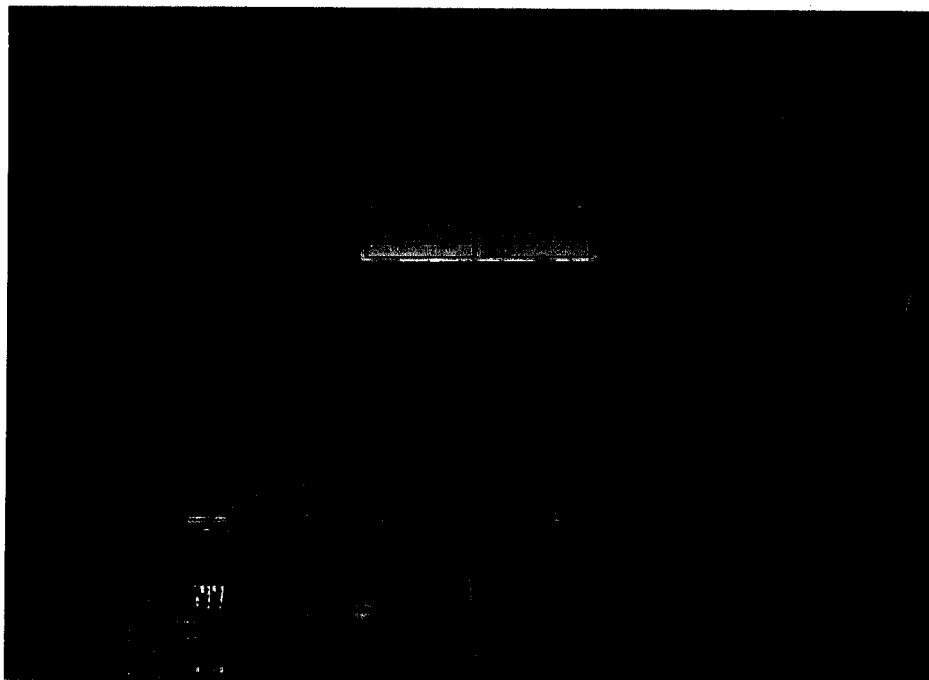


Figure 3





Une application radicalement différente serait la commande d'un haut-parleur faisant office de sirène à fréquence fixe. Rien n'empêche par ailleurs de régler l'oscillateur sur une fréquence autre que 400 Hz, par exemple 60 pour alimenter un équipement d'origine U.S., ou tout bonnement 50. La forme d'onde sinusoïdale se prête bien à l'alimentation de petits moteurs synchrones (dont la vitesse est liée à la fréquence), ou de circuits ne s'accommodant pas d'une tension rectangulaire. Pour modifier la fréquence, il suffit de choisir pour C_2 à C_4 des valeurs différentes de 39 nF, mais égales. Selon les tolérances sur les autres composants, on peut d'ailleurs avoir à passer à 33 nF pour obtenir exactement 400 Hz !

Reste enfin à exploiter l'idée d'un redressement de la tension secondaire du transfo : on peut ainsi obtenir une haute tension continue sans émettre le moindre parasite HF comme avec les convertisseurs à découpage...

Et si une puissance supérieure se révélait nécessaire pour telle ou telle application particulière, il suffirait d'extraire de la littérature existante n'importe quel schéma d'ampli audio que le TDA 2030 se ferait un plaisir de piloter !

Patrick GUEULLE

Nomenclature

Résistances

- R_1 : 3,9 Ω 1 %
- R_2 : 3,9 k Ω 1 %
- R_3 : 8,2 k Ω 1 %
- R_4 : pot ajustable 220 k Ω
- R_5 : 5,6 k Ω
- R_6 : pot ajustable 10 k Ω
- R_7 : 5,6 k Ω
- R_8 : pot ajustable 2,2 ou 4,7 k Ω
- R_9 : 82 k Ω
- R_{10} : 82 k Ω
- R_{11} : 4,7 k Ω
- R_{12} : 150 k Ω
- R_{13} : 2,2 Ω

Condensateurs 25 V ou MKH 100 V sauf mention contraire

- C_1 : 0,1 μ F
- C_2 : 39 nF
- C_3 : 39 nF
- C_4 : 39 nF
- C_5 : 10 μ F
- C_6 : 2,2 μ F
- C_7 : 2,2 μ F
- C_8 : 100 μ F 40 V
- C_9 : 0,22 μ F
- C_{10} : 220 μ F 16 V

Circuits intégrés

- IC₁ : 741
- IC₂ : TDA 2030

Semi-conducteurs

- D₁ : 1 N 4001
- D₂ : 1 N 4001

Divers

- Radiateur pour TDA 2030
- transfo selon besoins

INFOS

Le groupe ESIEE lance deux nouvelles formations post BTS-DUT

Création de deux nouveaux cycles spécialisés

Afin de répondre aux besoins de formation que suscite le développement des nouvelles technologies, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris a décidé de lancer en mars 89, dans des secteurs clés, deux cycles de spécialité :

- un cycle d'ingénierie spécialisée en **conception de systèmes électroniques**,
- un cycle d'ingénierie spécialisée en **automatisation de la production**.

Leur public : les techniciens supérieurs

Ces formations originales fourniront aux entreprises - et plus particulièrement aux PMI - des hommes « produit et industrialisation » plutôt que « recherche et développement ».

Ce profil, les techniciens supérieurs sont à même de l'acquérir moyennant un complément de formation adéquate : ces cycles leur sont donc accessibles aussi bien en formation continue (techniciens supérieurs expérimentés) qu'en formation initiale (titulaires d'un DUT ou d'un BTS du Génie Electrique).

Des diplômes consulaires

Les cycles d'ingénierie spécialisée s'inscrivent dans la perspective du grand marché européen : ils seront sanctionnés par un diplôme consulaire comparable aux standards anglais et allemand d'ingénieur-technicien.

Candidatures dans le cadre de la Formation Continue : dès novembre 88.

Candidatures dans le cadre de la Formation Initiale : dès mars 89.

Groupe ESIEE
2, boulevard Blaise-Pascal
B.P. 99 - 93162 Noisy-le-Grand
Tél. : 45.92.65.00