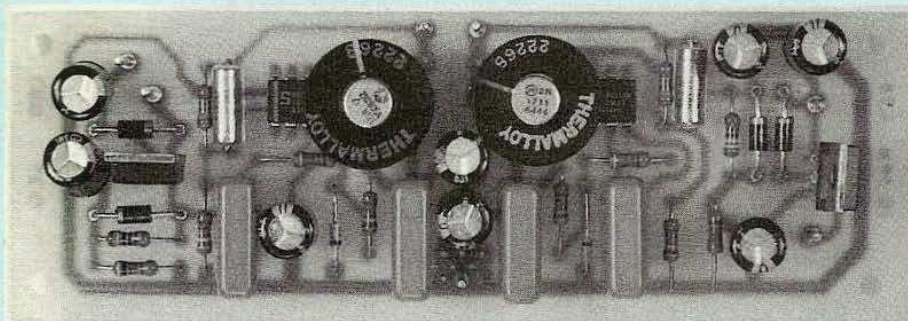


ALO1 : UNE ALIMENTATION RESOLUMENT AUDIOPHILE



Les Audiophiles ont, depuis de nombreuses années, compris l'importance des alimentations et leur consacrent souvent une part importante de leur budget. Nous vous proposons une alimentation basse puissance, haute performance, au rapport qualité-prix exceptionnel.

Pendant longtemps les concepteurs de circuits se sont penchés sur de nouveaux circuits d'amplification basse puissance (préamplificateurs, filtres, correcteurs) ou forte puissance (amplificateurs) pour améliorer leurs performances mesurables, sans accorder une réelle importance à l'alimentation qui leur paraissait secondaire.

Pourtant, si l'on considère que le but d'un amplificateur est de transmettre de l'énergie (à un haut-parleur par exemple) et que le circuit amplificateur ne fait que moduler (le plus parfaitement possible, il est vrai) l'énergie apportée par l'alimentation, on comprend mieux alors son importance essentielle.

REGULEE OU NON REGULEE

Il y a deux grandes classes d'ali-

mentation : régulée ou non régulée ; les Audiophiles sont partagés à ce sujet et ces deux classes ont chacune de farouches partisans. Pour alimenter leurs montages favoris, les uns ne jurent que par des valeurs énormes de condensateurs (plusieurs centaines de milliers de microfarads) capables de courants de crête énormes, les autres utilisent des circuits électroniques sophistiqués mais malheureusement instables quelquefois (alimentation Kanéda premier modèle) pour alimenter leurs montages favoris.

Après avoir utilisé dans de nombreuses réalisations les deux principes, nous pensons personnellement que le choix d'alimentation régulée ou non régulée dépend de plusieurs facteurs interagissant entre eux.

PETITS COURANTS / FORTS COURANTS

L'un de ces facteurs est la demande

en courant. En effet, s'il est relativement facile de réaliser une alimentation régulée de très haute qualité capable de fournir quelques dizaines de milliampères, il reste très difficile de conserver les mêmes performances avec des courants de plusieurs ampères. Par contre, une alimentation non régulée de forte puissance est facile à réaliser, bien que relativement onéreuse. Les condensateurs électrolytiques de forte valeur et de bonne qualité coûtent très cher.

CARACTERISTIQUES D'UNE ALIMENTATION

Il n'est pas dans notre intention de faire un inventaire des caractéristiques d'une alimentation en général, mais plutôt d'évoquer les points qui nous semblent importants dans le cadre d'une utilisation en amplification basses fréquences.

1) En règle générale, pour la quasi majorité des circuits, la stabilité (dans le temps) de la valeur exacte de la tension n'est pas particulièrement importante.

2) L'impédance de sortie et la réponse transitoire dans les appels de courant de l'alimentation en fonction de la fréquence semblent avoir une grande importance du point de vue subjectif (c'est-à-dire, à l'écoute).

3) Il faut bien sûr que toutes les résiduelles secteur ou autres soient le plus parfaitement éliminées.

4) Le bruit propre de l'alimentation doit être le plus faible possible.

L'alimentation que nous vous proposons est une alimentation régulée de faible puissance, permettant des tensions de sortie allant jusqu'à 30 volts et un courant inférieur à une centaine de milliampères. Elle est donc utilisable avec tous les circuits faibles courants tels que préam-

SON IMPORTANCE ESSENTIELLE

plificateur, filtre, correcteur, lecteur de compact-disques, etc...

SCHEMA

PRESENTATION

Le schéma complet de l'alimentation est proposé à la Figure N° 1. On peut remarquer la très grande simplicité de montage. Intéressons nous pour l'instant à la partie positive ; elle se compose de deux parties : un circuit de prérégulation et le circuit régulateur proprement dit.

PREREGULATEUR

Le circuit pré-régulateur s'articule autour du maintenant très classique LM317, régulateur intégré ajustable disponible en plusieurs boîtiers, dont le TO220 que nous utilisons. Ce régulateur économique offre des performances très honorables puisque la régulation est de l'ordre de 0,01 %/V et de 0,1 % entre 10 mA et 1 A.

Sa tension de sortie est ajustable entre 1,2 V et 37 V et son courant de sortie peut aller jusqu'à 1,5 ampère dans sa version normale. Il est protégé contre les court-circuits en sortie et les échauffements excessifs. Son impédance de sortie est assez basse dans la zone 10 - 10 KHz et monte régulièrement pour atteindre environ 1 Ω à 1 MHz.

La Figure N° 3 vous montre une application typique du LM317. Une tension constante de 1,25 V (V_{ref}) se trouve entre les broches V_{out} et Adj et il circule donc un courant constant dans $R1$, donc dans $R2$, donnant par là même, la tension de sortie :

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R1}{R2} \right) + I_{adj} R1$$

le terme $I_{adj} R1$ représente une erreur et résulte d'un courant de 100 μA environ, circulant au travers

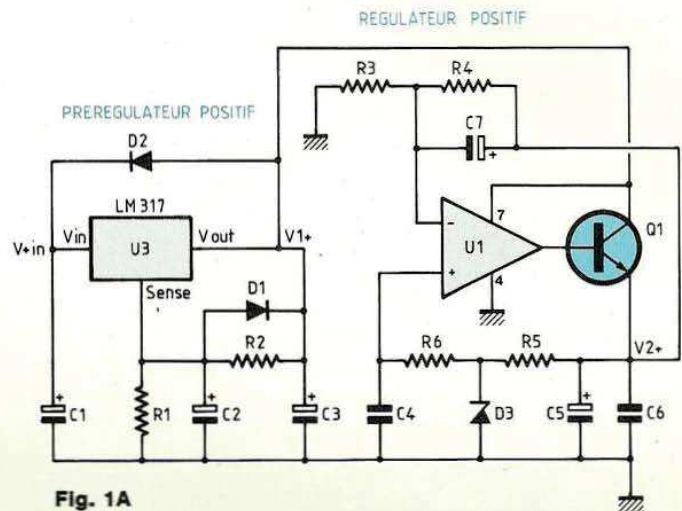


Fig. 1A

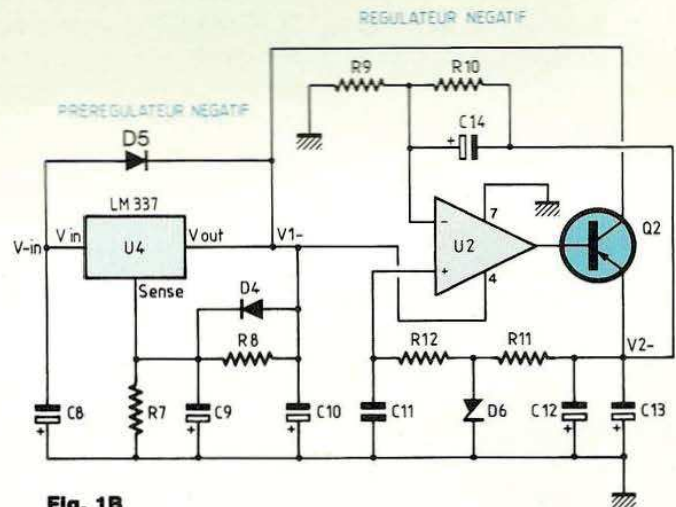


Fig. 1B

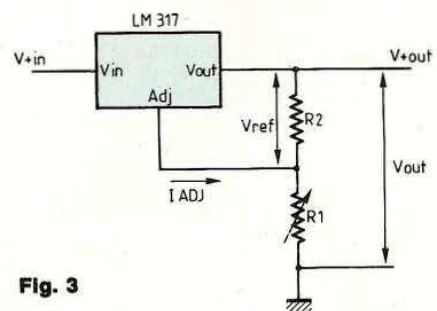


Fig. 3

UNE ALIMENTATION RESOLUMENT AUDIOPHILE

de la broche Adj. Dans notre cas, celui-ci peut être négligé. La tension de sortie du pré-régulateur devient donc :

$$V_{out} = 1,25 \left(1 + \frac{R1}{R2} \right) R1 \text{ en Ohms}$$

avec $R1 = 5620 \Omega$ et $R2 = 243 \Omega$, la tension de sortie de notre pré-régulateur est donc de :

$$V1+ = 1,25 \left(1 + \frac{5620}{243} \right) = 30,16 \text{ V}$$

En pratique, compte tenu des tolérances sur V_{ref} et des résistances, cette valeur pourra très légèrement varier.

En regardant attentivement le schéma du pré-régulateur (Figure N° 1), on peut constater que nous avons ajouté quelques composants. C1 et C3 permettent de stabiliser le fonctionnement du LM317, tandis que C2 améliore l'impédance de sortie du régulateur par un facteur 5.

La diode D1 protège le régulateur contre une décharge de C2 au cas où l'entrée ou la sortie du régulateur serait en court-circuit et D2 protège le régulateur contre une décharge de C3 avec l'entrée à la masse.

REGULATEUR

Le "secret" de cette alimentation est dans la partie régulateur. Nous devons ce circuit à M. Michael P. Sulzer qui a présenté le principe de cette alimentation dans une revue américaine en 1980 déjà. La Figure N° 4 montre le principe de fonctionnement de ce régulateur. La tension de sortie est comparée classiquement à une tension de référence, qui comme nous l'avons déjà exprimé, n'a pas besoin d'être particulièrement stable vis-à-vis de la température.

L'amplificateur opérationnel mesure la différence entre la tension de référence et la tension de sortie et génère un signal de correction à l'étage

de sortie. Un transistor monté en émetteur suiveur abaisse l'impédance de sortie et permet d'obtenir la bande passante la plus large possible.

L'astuce de ce montage réside dans l'utilisation d'un amplificateur opérationnel de haute qualité avec une boucle de contre-réaction maximale sur la sortie. Cette contre-réaction abaisse de façon considérable, l'impédance de sortie de l'alimentation jusqu'à une certaine limite déterminée, entre-autres, par la vitesse des transistors dans l'amplificateur opérationnel. De nombreux amplificateurs opérationnels ont été essayés et les meilleurs résultats ont été obtenus avec des NE 5534 AN ou TDA 1034. Revenons au schéma à la Figure 1, la tension de sortie $V2+$ est disponible à l'émetteur de Q1, la résistance R5 dérive un courant d'environ 5,5 mA au travers de la diode zener D3, qui nous donne la tension de référence nécessaire. La résistance R6 et le condensateur C4 composent un circuit passe-bas, du premier ordre, chargé d'éliminer toute trace de bruit large bande. La tension de référence est alors appliquée à l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel. La contre-réaction en continu est appliquée avec le couple (R3, R4) la tension de sortie réglée est donc :

$$V2+ = \text{tension de référence} \left(1 + \frac{R4}{R3} \right)$$

soit avec $R3 = 3010 \Omega$, $R4 = 6190 \Omega$ et $D3 = 8,2 \text{ volts}$

$$V2+ = 8,2 \left(1 + \frac{6190}{3010} \right) = 8,2 (3,0565) = 25,06 \text{ volts}$$

Compte tenu de l'utilisation de résistances couche métal à 1 %, on peut considérer le facteur 3,0565 comme exact. Par contre, la tolérance sur la

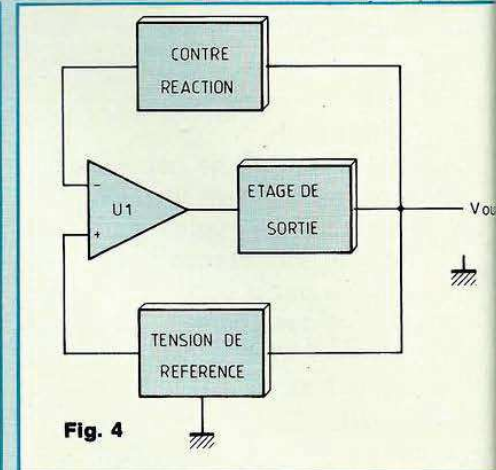


Fig. 4

valeur de tension d'une diode zener est de l'ordre de 5 %. On voit donc que la tension de sortie peut être différente de près de 5 % de la valeur souhaitée et au pire, de 10 % entre la tension positive et négative. En général, cela ne pose pas de problème mais on peut toujours, vu le faible coût des diodes zener, en acheter plusieurs et les trier en tension. Il existe d'autres possibilités comme par exemple, utiliser une tension de référence réglable ou rendre R3 variable pour corriger ces écarts, mais cela ne nous a pas semblé nécessaire.

L'impédance du condensateur C7 en parallèle sur R4 chute rapidement en fréquence pour ramener le gain de l'amplificateur à l'unité et apporter ainsi le taux de contre-réaction maximal.

ALIMENTATION NEGATIVE

Comme on peut le voir à la Figure 1, cette alimentation est parfaitement similaire avec l'utilisation d'un LM337 régulateur ajustable négatif et d'un transistor PNP en sortie. Il faut faire attention à l'orientation des diodes et condensateurs polarisés.

MODIFICATION DES TENSIONS DE SORTIE

Il peut sembler bizarre que nous

SON IMPORTANCE ESSENTIELLE

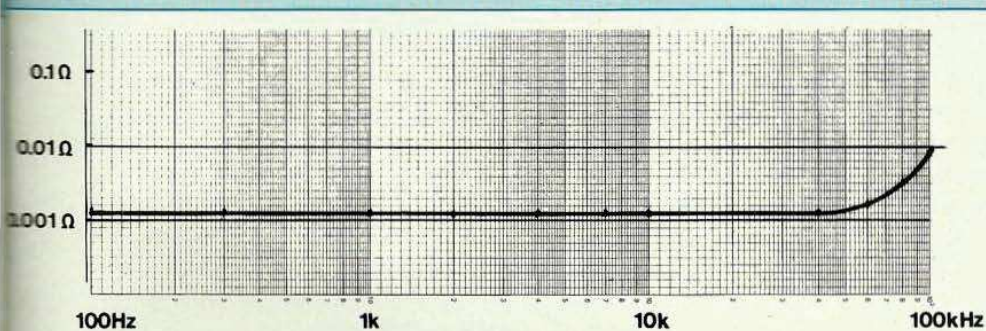


Fig. 5

ayons choisi 25 V comme tension de sortie (avec les valeurs données dans la nomenclature), mais nous nous servirons de cette alimentation pour une réalisation que nous comptons vous proposer dans les mois à venir. Il s'agit d'un caisson d'extrême grave et d'un filtre actif basé sur une structure Kanéda pour tous nos amis lecteurs Audiophiles frustrés de graves profonds, 25 Hertz à -3 dB dans 50 litres, intéressant non !! En outre, ce caisson s'adaptera de façon parfaite avec les enceintes JCG1A que nous avons présentées dans les numéros d'avril et mai derniers et que de nombreux lecteurs ont réalisées.

Il est très facile de modifier la tension de sortie de cette alimentation pour l'adapter à vos montages favoris.

Voilà comment procéder :

- 1) Choix de la tension de sortie V_s
- 2) Tension zener $V_z = V_s/3$
- 3) Tension sortie pré-régulateur $V_1 = V_s + 5$ V environ
- 4) Calcul des résistances (R_1 , R_2) et (R_7 , R_8).

Et le tour est joué.

Prenons par exemple, une tension de sortie de 15 volts :

- 1) $V_s = 15$ V
- 2) $V_z = 5$ V les valeurs standard pour

les zeners sont 4,7 ou 5,1 V.

Prenons $V_z = 5,1$ V

3) $V_1 = 15 + 5 = 20$ volts

4) Pré-régulateur positif

En utilisant la formule indiquée dans le paragraphe PREREGULATEUR, on en déduit que :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_7}{R_8} = \frac{V_1}{1,25} - 1 = 15$$

avec $R_2 = 243 \Omega$ R_1 calcul = 3645 Ω , les valeurs standard encadrant cette valeur sont 3570 et 3920 Ω donnant respectivement 19,61 et 21,41 volts. On peut utiliser une de ces deux valeurs ou en essayer une autre pour R_2 . Soit $R_2 = 221 \Omega$ R_1 calcul = 3315 Ω , la valeur standard la plus proche est 3320 Ω , ce qui convient parfaitement.

5) Pré-régulateur négatif

avec $R_8 = 130 \Omega$, on obtient R_7 calcul = 1950 Ω ; avec des valeurs standard de 1820 et 2000 Ω , la tension V_1 devient respectivement 18,75 et 20,48 V. Cette deuxième valeur convient parfaitement d'où, en résumé, pour une tension de sortie d'environ + et - 15 V :

$D_3, D_6 =$ Zener 5,1 V

$R_1 = 3320 \Omega$

$R_2 = 221 \Omega$

$R_7 = 2000 \Omega$

$R_8 = 130 \Omega$

Toutes les autres valeurs de la nomenclature sont inchangées.

PERFORMANCES / LIMITATIONS

VALEUR ABSOLUE DE LA TENSION DE SORTIE

Comme nous vous l'avons déjà indiqué, la valeur exacte de la tension de sortie est principalement dépendante de la valeur réelle de la tension de référence délivrée par la diode zener. Il faut se rappeler que les circuits audio sont relativement tolérants sur la symétrie des valeurs de tension. Au pire, cette différence peut aller jusqu'à 10 % (par exemple $D_3 = V_z + 5\%$ et $D_6 = V_z - 5\%$).

Les essais ont montré que l'utilisation d'un circuit intégré offrant une tension de référence réglable et une plus grande stabilité thermique, n'apportait pas d'amélioration sur le plan subjectif.

IMPEDANCE INTERNE

La Figure N° 5 vous montre l'impédance interne pour un courant de sortie moyen de 30 mA. C'est un résultat exceptionnel.

L'impédance est de l'ordre de 2 millièmes d'ohm jusqu'à près de 40 KHz pour atteindre seulement le centième d'ohm à 100 KHz. Il est bien entendu que pour obtenir de telles performances, il faut apporter un soin tout particulier au câblage. Il est évident également que ces résultats ont été mesurés aux bornes mêmes de l'alimentation.

Dans un préamplificateur, l'idéal est d'utiliser une alimentation pour chaque canal et il est même possible d'utiliser une alimentation séparée pour chaque étage d'amplification, par exemple, deux alimentations pour les étages RIAA et deux ali-

UNE ALIMENTATION RESOLUMENT AUDIOPHILE

mentations pour les étages lignes, placées le plus près possible des étages à alimenter. Nous avons personnellement expérimenté cette solution et avons obtenu des résultats très convaincants. Dans ce cas, il faut absolument utiliser un montage en étoile pour le raccordement des masses.

BRUIT

Dans une application audiophile, deux types de bruit nous gênent, le premier est du 50 et 100 Hz, dû à une mauvaise réjection des harmoniques du secteur, le deuxième est le bruit large bande. L'alimentation AI01 avec son double régulateur est excellente dans ces deux cas et le bruit large bande observé sur un oscilloscope de bande passante 40 MHz est très homogène, le niveau crête à crête est inférieur à 2 mV.

LIMITATIONS IMPORTANTES

1) **Attention, il est impératif de ne jamais dépasser 35 volts pour V1, c'est-à-dire comme tension de sortie du pré-régulateur.** En effet, les amplificateurs opérationnels U1 et U2 ont leurs broches d'alimentation (4 et 7) directement connectées entre la tension de sortie du pré-régulateur et la masse. La tension absolue à ne jamais dépasser, sous peine de destruction, est de 36 V. Cette valeur représente une limite extrême qu'il vaut mieux ne jamais effleurer de trop près. Néanmoins, nous utilisons sans problème depuis plusieurs années dans l'un de nos circuits, une alimentation de ce type avec une tension de sortie de + et - 30 V (+ et - 34,5 V pour les pré-régulateurs).

2) **Il n'y a pas de protection contre les court-circuits en sortie du régulateur.** Nous avons essayé plusieurs circuits de protection mais les dégradations inévitables ont chaque fois été jugées inacceptables. Cependant, le régulateur est assez "fia-

ble" puisque dans 99 % des cas, un court-circuit en sortie se solde simplement par la rupture de la jonction collecteur du transistor Q1 (pour la partie positive) ou Q2 (pour la partie négative) qui fait ainsi office de fusible très efficace pour un prix encore modeste. Le reste du circuit est alors protégé.

Le courant de sortie disponible est de l'ordre de la centaine de milliam-pères sans dégradation des performances. Cette valeur est largement suffisante en pratique dans les circuits pour lesquels elle est destinée, surtout qu'il est toujours souhaitable d'utiliser plusieurs alimentations dans un même montage pour diminuer les longueurs de fils de câblage.

CIRCUIT IMPRIME

IBM, avec l'introduction au début des années 80 de son "PC" pour Personal Computer (pourtant bien modeste avec ses 64 Koctets de mémoire, son interface cassette comme sauvegarde et sa vitesse d'horloge de 4,77 MHz) ne se doutait pas alors de l'impact que celui-ci aurait dans le futur. Bien vite copié et très rapidement amélioré, le "clone" est entré dans les maisons. Ceux qui ont un jour utilisé un traitement de textes (après une période d'apprentissage il est vrai) ont beaucoup de mal à revenir à la machine à écrire ou au stylo. Mais l'utilisation de l'informatique ne se limite pas seulement au traitement de textes, aux bases de données, aux tableurs, etc... mais s'applique également à l'électronique pour satisfaire notre passion préférée. Les lecteurs assidus auront remarqué que nous nous sommes très largement appuyés sur l'informatique pour vous proposer les enceintes JCG1A. Aussi, cette fois nous allons encore en user pour dessiner le circuit imprimé de cette alimentation. Celui qui

parmi vous a déjà dessiné des circuits imprimés avec des pastilles et des rubans nous comprendra. Après avoir pratiquement terminé une implantation, on s'aperçoit qu'il faudrait par exemple déplacer quelques pistes et il ne reste plus qu'à tout recommencer, la galère !!

Nous avons été attirés par une annonce qui proposait un logiciel de dessin de C.I. dans une version limitée, mais disposant de toutes les fonctions de la version professionnelle avec la possibilité d'avoir un manuel. Le prix modique de F 75 TTC pour la version manuel sur disque et de F 175 TTC avec un manuel papier, nous a fait "craquer" et nous avons, à titre personnel, acheté cette version limitée. Nous avons déjà eu l'occasion d'utiliser divers logiciels de dessin, mais s'ils étaient quelquefois remarquables pour dessiner des circuits essentiellement digitaux, ils étaient relativement mal adaptés pour des circuits plutôt "analogiques". Nous avons été très agréablement surpris car, il est francisé et très bien adapté aux circuits basses fréquences. On sent là, la patte d'un programmeur ayant lui-même eu à réaliser des circuits imprimés. Cela peut vous sembler une lapalissade, mais la complexité des logiciels est telle que l'on fait pratiquement toujours appel à des spécialistes de la programmation (qui ne sont pas en général eux-mêmes des dessinateurs de circuits) d'où parfois des "bizarreries" dans l'utilisation de certains logiciels.

La prise en main, malgré sa puissance, est très aisée et il nous a fallu moins d'une heure pour nous sentir à l'aise.

L'utilisation d'une souris 3 boutons permet d'avoir sous les doigts, toute la puissance de ce logiciel. LAYO 1 PLUS LIMITE (puisque tel est son

SON IMPORTANCE ESSENTIELLE

Fig. 6 : Circuit imprimé de l'alimentation réalisé avec LAYO 1 PLUS LIMITE. Il représente environ 950 lignes et montre bien la limite de cette version.

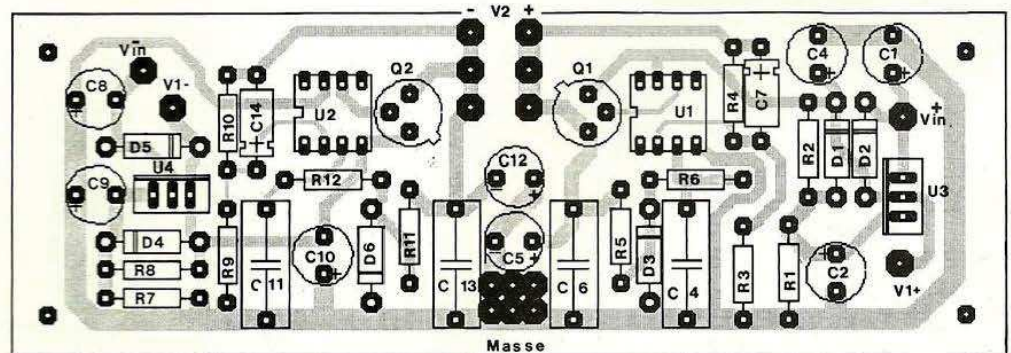
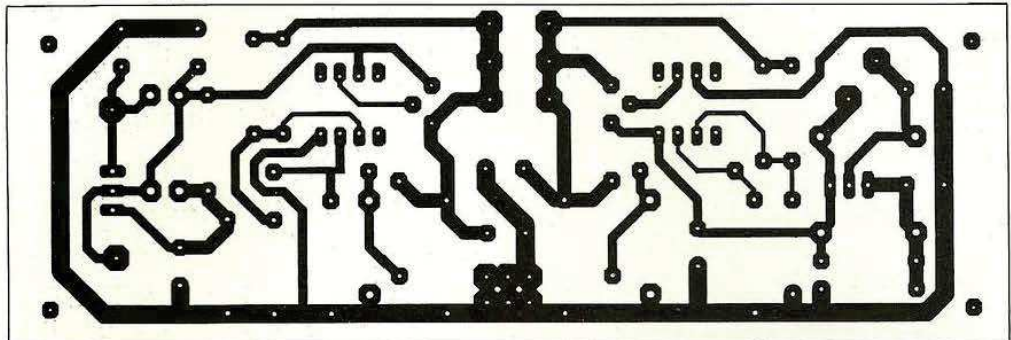


Fig. 7

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

• Composants actifs

D1, D2, D4, D5 – 1N 4002 à 1N 4007
 D3, D6 – Zener 500 mW 5 % 8V2
 Q1 – 2N 1711
 Q2 – 2N 2905
 U1–U2 – NE 5534AN ou TDA 1034AN
 U3 – LM317 (TO 220)
 U4 – LM337 (TO 220)

• Composants passifs

Résistances 0,5 W 1 %
 R1 – 5K62*
 R2 – 243*
 R3–R9 – 3K01
 R4–R10 – 6K19
 R5–R11 – 3K01
 R6–R12 – 47K5
 R7 – 3K01*

R8 – 130*

• Condensateurs

C1–C2–C3–C5 – } 47 μ F électroly-
 C8–C9–C10–C12 { tique aluminium
 radial
 C7–C14 – 4,7 μ F/63 V électrolytique
 aluminium axial
 C4–C6–C11–C13 – 1 μ F/63 V
 polyester

• Divers

Transformateur* 30 à 60 VA
 secondaire 2 X 27 V à 30 V
 Pont de redressement
 Capacités de filtrage
 Filtre secteur (option)
 Fusible et porte-fusible

* Voir texte

nom) possède une bibliothèque très riche de composants et rares seront les cas où il sera nécessaire de créer ses propres composants. Cette version est limitée à 1000 lignes, ce qui permet quand même de faire des circuits imprimés pouvant satisfaire de nombreux hobbyistes. La Figure N° 6 vous montre le circuit imprimé de notre alimentation réalisé avec LAYO 1 PLUS LIMITE. Il représente environ 950 lignes et vous montre bien la limite de cette version. Si suffisamment de lecteurs manifestent de l'intérêt pour une présentation plus explicite de ce logiciel ou d'un autre, adapté à notre passion préférée, nous pourrions envisager de publier des articles plus spécifiques sur de tels logiciels.

MONTAGE

CABLAGE DU CIRCUIT IMPRIME

L'implantation des composants vous

UNE ALIMENTATION RESOLUMENT AUDIOPHILE

est montrée à la Figure N° 7. On commencera par souder les résistances (après avoir calculé les valeurs pour R1, R2, R7, R8, en fonction de la tension de sortie choisie) puis les diodes, les circuits intégrés, les transistors et enfin les condensateurs. Attention à la polarité et à l'orientation des différents composants. Puis, nettoyez le circuit imprimé avec un peu de trichloréthylène pour éliminer les résidus de graisse côté cuivre.

ESSAI DE L'ALIMENTATION

Essayez d'abord la partie positive en connectant entre V+ in et la masse une tension continue supérieure de 5 à 10 V à la tension de sortie du **Pré-régulateur** et vérifiez que vous obtenez au point V1 + la tension que vous aviez calculée pour le pré-régulateur, puis V2 + en sortie d'alimentation qui doit être environ égale à trois fois la tension de la diode zener. Si vous disposez d'un oscilloscope, admirez juste pour le plaisir, le faible bruit de votre montage et cela vous permettra de vérifier par la même occasion, l'absence d'oscillation. Si tout va bien, procéder de même pour la partie négative.

UTILISATION DE L'ALIMENTATION

Il faut bien sûr un circuit de filtrage et la Figure N° 8 vous montre le raccordement le plus simple de cette alimentation. Le choix du transformateur est dépendant de la tension choisie pour la sortie. Une bonne règle consiste à prendre comme valeur de tension pour le secondaire, la tension de sortie V1 du pré-régulateur. Par exemple, pour une tension de sortie V2 = 25 V, d'où V1 = 30 V, on peut prendre un transformateur délivrant 2 fois 25 à 2 fois 30 V AC. Pour une tension V2 de 15 V, d'où V1 = 20 V, choisir un transfo délivrant 2 fois 17 à 20 V. Les valeurs

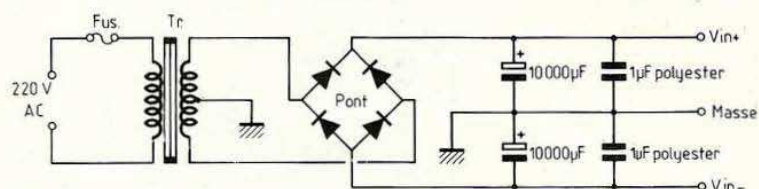


Fig. 8 : Circuit de câblage.

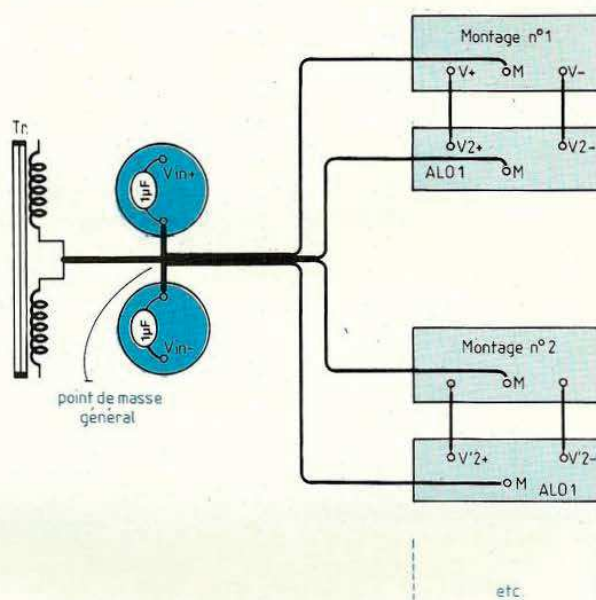


Fig. 9 : Raccordement des masses en étoile.

des capacités de filtrage seront de 4700 µF au minimum, une bonne valeur étant 10000 µF. Il n'est pas nécessaire d'utiliser des valeurs trop importantes, car elles n'apporteraient rien de plus dans ce cas.

La Figure N° 9 vous montre le schéma de raccordement. Dans le cas de plusieurs alimentations, le principe en est le même.

Veuillez noter, dans les deux cas, le raccordement des masses en étoile. Le point de masse choisi est entre les deux capacités de filtrage. Il est absolument impératif de respecter cela pour obtenir les meilleurs résultats.

Pour les puristes, on peut ajouter un filtre secteur adapté.

CONCLUSION

Cette alimentation, de petite dimension, extrêmement performante et d'un coût modéré, vous permettra, nous en sommes sûrs, de redécouvrir vos montages. Pour notre part, nous utilisons exclusivement ce type d'alimentation dans tous nos circuits depuis près de huit ans, car nous n'avons pas encore trouvé mieux dans cette plage d'utilisation.

Jean-Claude Gaertner