

Ampli audio 100 W

Quadri-TDA7293

Ulrich Böhmke

Internet : www.ub-elektronik.de
 Courriel : info@ub-elektronik.de

Il n'y a pas si longtemps, de nombreux amateurs de musique grimaçaient à la vue d'un étage de puissance à circuit hybride ou intégré. Mais depuis lors, une génération de CI de sortie a vu le jour, taillée sur mesure pour les amplificateurs audio de grande classe.

Avec des transistors MOS en sortie, l'étage final à géométrie et puissance variable du TDA7293 de ST Microelectronics se place d'office en haut de gamme. Il s'agit du successeur du TDA7294, dont la revue Elektor avait déjà publié les caractéristiques en décembre 1993, sur base d'une fiche de caractéristiques de source SGS Thomson. Manifestement, la firme a connu des difficultés lors du développement de cette puce, puisqu'il a fallu trois ans avant qu'elle ne soit disponible sur le marché. Mais en novembre 1996, nous avons eu enfin l'occasion de faire connaître « The Compact », un amplificateur de 50 W équipé du TDA7294 et qui a connu rapidement le succès.

Aujourd'hui, une comparaison des deux circuits intégrés montre une grande similitude, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur (**figure 1**). Deux différences, petites mais d'importance, facilitent la mise en œuvre du nouvel amplificateur : on peut interrompre la liaison entre le préampli et l'étage final, ce qui permet de commander ce dernier par une source extérieure et d'autre part, il y a une prise spécialement prévue pour un condensateur auto-élevateur (*bootstrap*). Nous allons examiner



quelles perspectives ces innovations peuvent nous ouvrir.

Outre ses excellentes prestations, lors des mesures, mais aussi à l'écoute, le TDA7293 se distingue par une haute sécurité de fonctionne-

ment : une très bonne stabilité du courant de repos (polarisation), la sortie à l'épreuve des courts-circuits et le passage automatique en régime de sécurité en cas de surchauffe. Même le relais de sortie devient

superflu, grâce à l'élimination des parasites de commutation, obtenue par les fonctions intégrées de silencieux et de mise en veille, c'est tout bénéfique aussi pour le facteur d'amortissement. Et puis si, malgré tout, l'étage de sortie entraine en surmodulation ou en saturation, l'incident serait détecté et signalé par la sortie CLIP DET. Nous joignons ici un résumé des caractéristiques du TDA7293, mais le feuillet technique complet, vous pouvez aisément l'obtenir en « appelant » (par modem) <http://eu.st.com/stonline/books/pdf/docs/6744.pdf>.

Le projet

Cet amplificateur final intéressera particulièrement tous ceux qui désirent plus que la stéréo élémentaire, qui cherchent du côté de la technique « biamp », des enceintes actives ou des installations à canaux multiples. Il y a toujours intérêt, lorsqu'on songe à marier plusieurs voies dans un même environnement, à adopter une structure identique pour chacun des amplificateurs.

Monobloc

La solution la plus simple, c'est de combiner en un seul bloc un amplificateur de puissance et son alimentation dans un petit boîtier.

Étages de puissance stéréo

Dans cette configuration classique, on trouve deux amplificateurs de puissance avec une alimentation. Mieux encore, avec deux alimentations séparées, une par canal, mais cela au départ d'un seul transformateur.

L'amplificateur complet

Ajoutons à l'entrée un sélecteur de sources et un potentiomètre et voici un amplificateur intégral et intégré, prêt à l'emploi. Du moins pour des sources à haut niveau comme le lecteur de CD. S'il faut un plus grand gain, un amplificateur opérationnel en amont fournit une solution bien simple pour un préamplificateur.

Biamp

Nous connaissons tous la technique du *biwiring*, qui consiste à doubler le câblage des enceintes pour ramener intégralement à l'amplificateur la

réaction de l'équipage mobile. Elle a conquis une audience de plus en plus large. Les connaisseurs s'enorgueillissent aujourd'hui du biamp, visiblement un prolongement de la méthode précédente, mais qui réclame de doubler les amplificateurs de puissance, avec pour conséquence de multiplier aussi par deux le coût de l'installation. Mais si on le construit soi-même, la dépense est bien moindre, surtout si l'on peut incorporer simplement une platine de sortie de plus dans le même coffret. Avec ses dimensions réduites, notre étage de sortie s'y prête particulièrement bien. Sa puissance modérée, comparée à d'autres modèles, ne constitue certainement pas un inconvénient. Indépendamment de sa meilleure exploitation de la puissance amplifiée, il procure, en biamp, une spatialisation plus précise et une perception acoustique des détails plus claire.

En pratique, chaque canal stéréo comporte deux amplificateurs de puissance dont les entrées sont branchées en parallèle. La sortie de l'un d'eux va au reproducteur de grave, l'autre attaque les haut-parleurs de médium et d'aigu. Certains puristes se targuent même de s'adonner au « triamp », de consacrer un amplificateur individuel à chaque haut-parleur. Naturellement, les filtres passifs de voies de l'enceinte doivent s'adapter en conséquence, avec une séparation entre tweeter et basse.

Enceintes actives

La supériorité d'un système actif de haut-parleurs, c'est qu'il n'y a plus qu'un petit bout de fil entre l'amplificateur et l'enceinte. Le filtre de séparation ne risque plus d'introduire de charge complexe pour l'amplificateur ni d'amoinrir le facteur d'amortissement. Les prestations sont identiques à celles du biamp.

Le concepteur d'un nouveau système de haut-parleurs ne peut ignorer la méthode active. Mais si l'on possède déjà un groupe de haut-parleurs bien adaptés, les transférer simplement dans une enceinte active ne se solde pas nécessairement par une réussite, au contraire. Pour améliorer efficacement un système passif, mieux vaut se tourner vers le biamp.

Canaux multiples

Les petites dimensions de l'amplificateur de puissance le destinent tout naturellement à la réalisation d'un système à canaux multiples. Pour les canaux gauche, central, droit et arrière, un amplificateur de sortie simple suffira, pour le caisson de grave, un montage en parallèle ou en pont serait idéal.

Platine d'amplification et variantes

Le schéma de la **figure 2** représente l'ampli audio compact, une application standard du TDA7293, mais avec quelques particularités. L'entrée est en double, de manière à pouvoir renvoyer le signal musical à une autre platine. On y trouve le filtre habituel : C1 et R2 forment un filtre passe-haut qui bloque la composante continue de l'étage précédent.

Le TDA7293 fonctionne comme un amplifica-

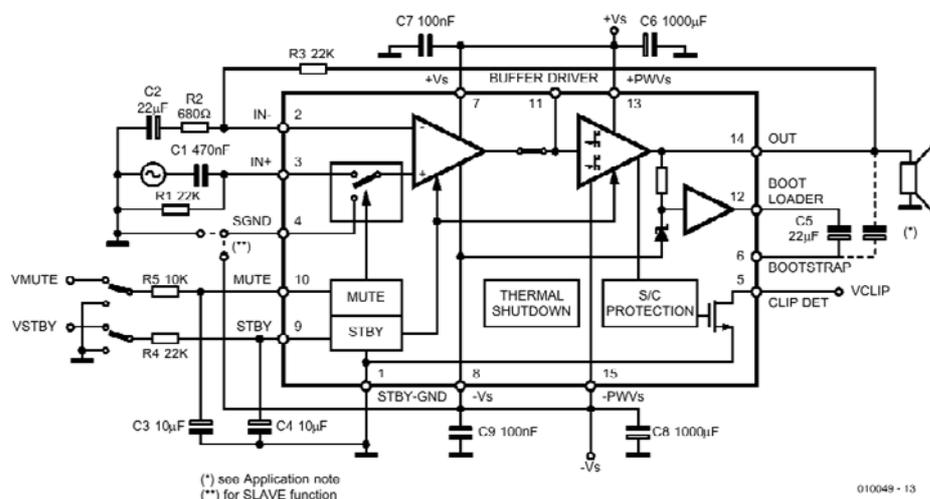


Figure 1. L'architecture interne du TDA7293V.

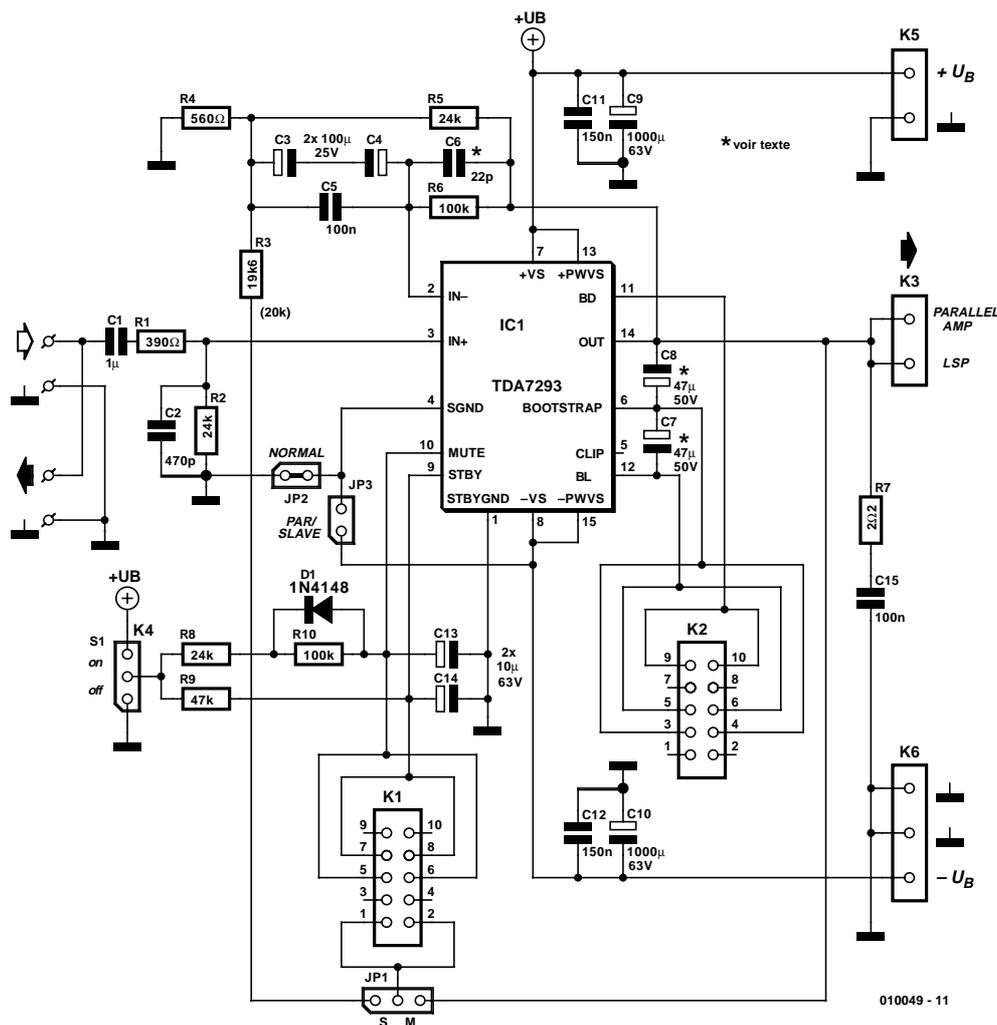


Figure 2. Bien que ce schéma soit issu d'une application standard, il permet de sélectionner, en géométrie variable, différents modes de fonctionnement.

teur opérationnel non-inverseur. La contre-réaction fixe le facteur d'amplification à 35 environ. Pareil gain assure un bon compromis entre vitesse, bande passante et stabilité. Pour éviter d'amplifier inutilement la tension de décalage d'entrée, l'amplificateur est couplé en alternatif. C6 améliore le comportement en ondes rectangulaires.

Pour la cellule de Boucherot R7/C15, on veillera à utiliser des composants de qualité. R7 doit être à faible inductance et pour C15, il faut absolument choisir un condensateur à feuille.

Si la possibilité existe, pour augmenter la puissance disponible, de relier deux modules en parallèle (sur 2 Ω ou sur 4 Ω) ou en pont (sur 8 Ω), il n'en est pas moins vrai que les meilleurs résultats, aux mesures comme à l'écoute, s'obtiennent avec un TDA7293 unique. Le montage en pont ou en parallèle, nous le réservons à l'amplificateur pour le caisson de grave.

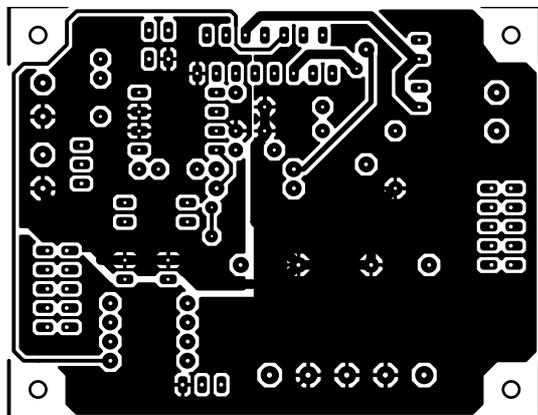
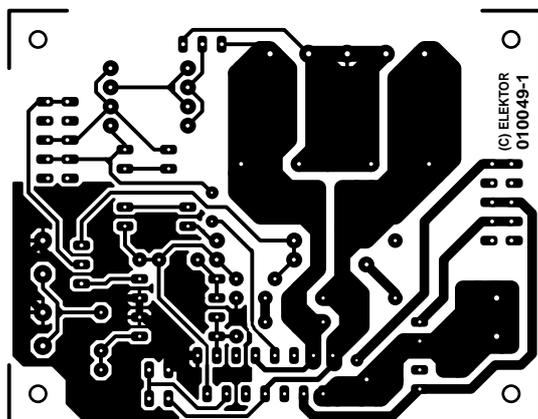
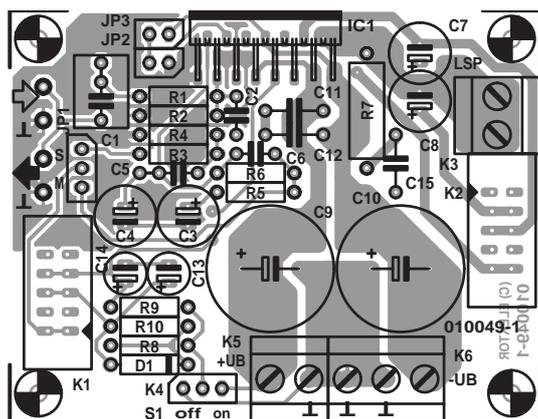
En montage parallèle, l'impédance de charge ne doit pas descendre sous 4 Ω. Face à des charges extrêmement basses ou fortement complexes, genre Infinity Kappa, la sécurité ne sert pas vraiment et on risque de détériorer l'amplificateur.

On peut sans difficulté brancher en parallèle deux amplificateurs de puissance distincts. La dissipation sera répartie sur deux boîtiers et ne devrait pas, au total, dépasser celle d'un seul module. La résistance interne descend proportionnellement au nombre de modules utilisés. Il en découle certains avantages, en particulier la possibilité d'attaquer des charges inférieures à 8 Ω. On peut même descendre à 2 Ω. Avec 4 Ω, on peut maintenir la tension d'alimentation au même niveau que pour 8 Ω et ainsi sortir

plus de 100 W.

Dans un montage en pont, l'amplificateur final ne travaille plus par rapport à la masse, mais à la sortie de l'autre amplificateur, configuré en inverseur. Le doublement de la tension de sortie produirait théoriquement un quadruplement de la puissance sur 4 Ω, mais pour des raisons thermiques, il faut que le haut-parleur présente au moins une impédance de 8 Ω. N'empêche, malgré qu'il n'en subsiste que la moitié, nous disposons alors de 150 W, si l'alimentation secteur le permet ! Le facteur d'amortissement se réduit aussi de moitié, comparé à celui d'un amplificateur unique sous 8 Ω.

L'assourdissement des bruits de commutation, c'est l'affaire des broches 1, 9 et 10. L'inverseur S1 se branche à K4. Orienté vers le plus, il



Liste des composants de la platine des étages de sortie

Résistances :

- R1 = 390 Ω
- R2,R5,R8 = 24 kΩ
- R3 = 19kΩ6 (20 kΩ)
- R4 = 560 Ω
- R6,R10 = 100 kΩ
- R7 = 2Ω/2 W
- R9 = 47 kΩ

Condensateurs :

- C1 = 1 μF MKT (RM5/7,5)
- C2 = 470 pF
- C3,C4 = 100 μF/25 V vertical
- C5 = 100 nF
- C15 = 100 nF (RM7,5)
- C6 = 22 pF
- C7 = 47 μF/50 V vertical
- C9,C10 = 1 000 μF/63 V vertical (diamètre 17 mm max.)
- C11,C12 = 150 nF (RM7,5)
- C13,C14 = 10 μF/63 V vertical

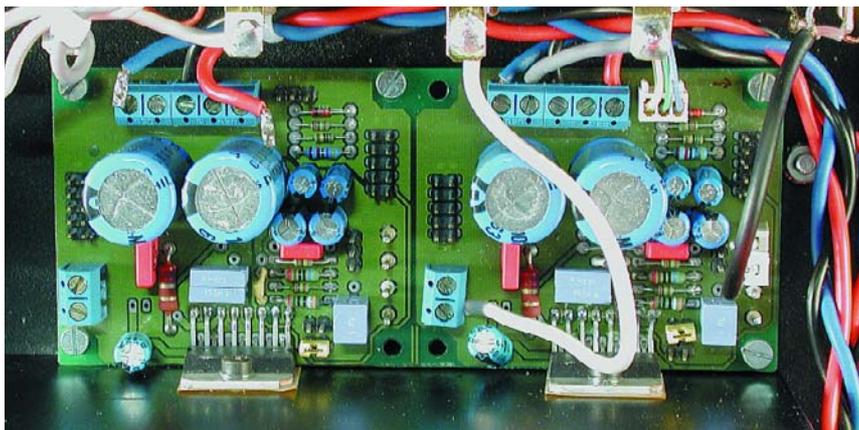
Semi-conducteurs :

- D1 = 1N4148
- IC1 = TDA7293V (STMicroelectronics)

Divers :

- JP1 = embase autosécable à 3 contacts *
- JP2 = embase autosécable à 2 contacts + cavalier *
- JP3 = embase autosécable à 2 contacts *
- K1,K2 = embase HE-10 à détrompeur à 2 rangées de 5 contacts *
- K3,K5 = bornier à vis encartable à 2 contacts (RM5)
- K4 = embase autosécable à 3 contacts
- K6 = bornier à vis encartable à 3 contacts (RM5)
- Radiateur *
- Boîtier *
- * cf. texte

Figure 3. Double face et compacte, la platine de l'ampli audio de 100 W.



TDA 7294

Il est également possible d'implanter sur la platine des étages de sortie variables le prédécesseur du TDA-7294, fort bien connu de nos lecteurs, le TDA-7293, sachant cependant qu'il faut tenir compte d'un certain nombre de points :

La tension d'alimentation maximale ne doit pas dépasser ±40 volts.

Il n'est pas possible d'envisager une mise en parallèle des circuits.

Le condensateur autoélevateur (bootstrap), C8, doit être mis en place, le condensateur C7 étant, quant à lui, supprimé.

incite le TDA7293 à quitter, après un bref instant, le mode de veille. Un peu plus tard, le circuit de silencieux libère la sortie. À l'opposé, quand on commute S1 vers la masse, la sortie est provisoirement muette, puis le CI passe en veille sous une consommation d'à peine 0,5 mA.

Si plusieurs amplificateurs sont branchés sur une alimentation commune (biampli, enceintes actives, montage en parallèle ou en pont) un seul interrupteur suffira évidemment pour tous. Raison pour laquelle la liaison à K1 a été prévue par câble en nappe de 10 conducteurs qui, dans ce cas, réalise d'un coup tous les branchements.

Mais attention, le système ne fonctionne que si tous les modules de puissance s'alimentent à une source **commune** !

| | Normal | En pont | | En parallèle | |
|--------------|--------|---------|---------|--------------|---------|
| | | Maître | Esclave | Maître | Esclave |
| JP1 | ouvert | sur M | sur S | ouvert | ouvert |
| JP2 | fermé | fermé | fermé | fermé | ouvert |
| JP3 | ouvert | ouvert | ouvert | ouvert | fermé |
| PCI,2 | Entrée | Entrée | En pont | Entrée | ouvert |

Réglage du mode de fonctionnement

Peu de choses à dire de la mise en place des composants sur la platine à double face de la **figure 3** disponible auprès des adresses habituelles sous la dénomination

EPS010049-1. On fabrique autant de platines que nécessaire, **sans** y installer les circuits intégrés amplificateurs. Ce n'est que lorsque les platines et les radiateurs seront attachés au boîtier, mais pas encore serrés, que l'on pourra visser solidement les circuits intégrés aux radia-

Liste des composants de l'alimentation

(fonction du nombre d'étages de sortie)

Résistances :

R1 à R4 = 0Ω15/5 W
R5,R6 = 4kΩ7
R7 = 12 kΩ

Condensateurs :

CI à C4 = 47 nF céramique

C5,C6,C11,C12 = 3μF3/250 VDC/160 VAC MKT (dimensions 11 x 21 x 31,5 mm (tel que, par exemple, Epcos B32524-Q3335-K chez Farnell 331-3311))
C7 à C10 = 10 000 μF/63 V vertical, RM10, diamètre maximal 45 mm) encartable

Semi-conducteurs :

D1 à D4 = BYV29-200
D5 = LED à haut rendement

Divers :

K1 à K10 = bornier à vis encartable à 2 contacts (RM5)
Transformateur = 2.22 V/225 VA

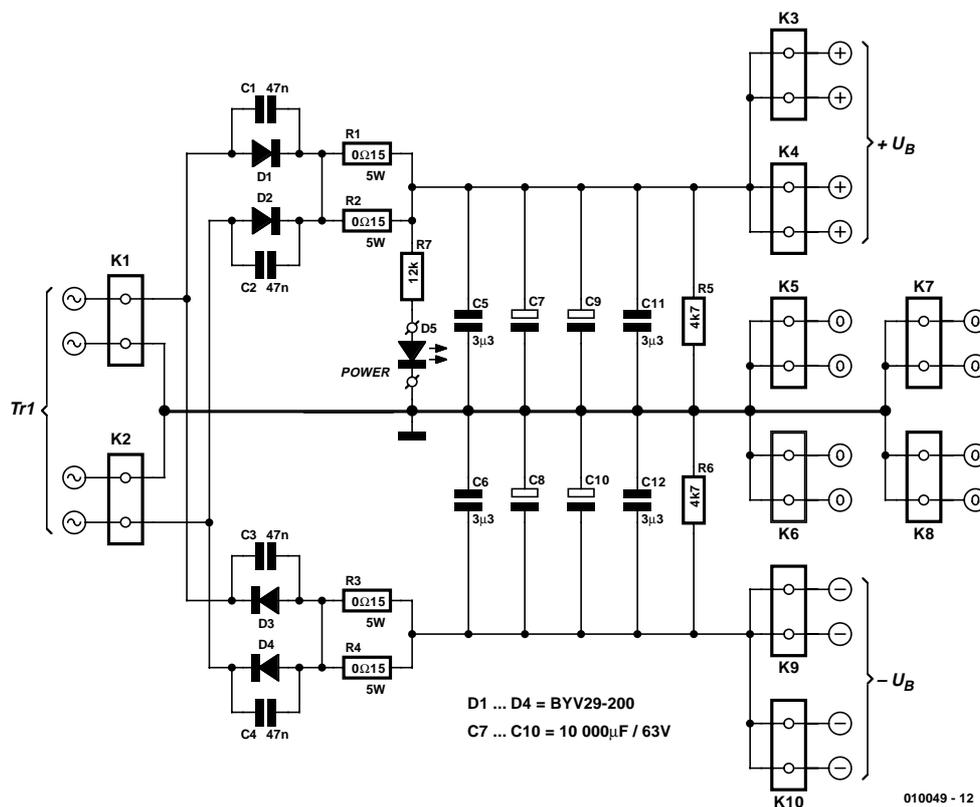


Figure 4. Classique, mais avec des diodes discrètes au lieu de pont redresseur, l'alimentation de l'ampli audio de 100 W.

teurs et les souder par le dessous. Il est extrêmement important que le TDA7293 y soit placé bien à plat, sinon la sécurité thermique déclenchera après quelques instants de fonctionnement.

Le mode de travail, on le choisit à

l'aide de cavaliers et de ponts de câblage, comme le **tableau 1** l'indique. Mais il y a encore quelques particularités à observer.

– En service normal, sans pont câblé, il ne faut pas de cavalier JP1.

– Pour un montage en **parallèle**, l'amplificateur esclave doit subir quelques transformations. R2, R4 et C5 sont remplacés par des ponts, tandis que R5, R6 et C6 ne doivent pas être implantés. Le connecteur K1 du maître se trouve mis exactement en parallèle avec celui de l'esclave à l'aide

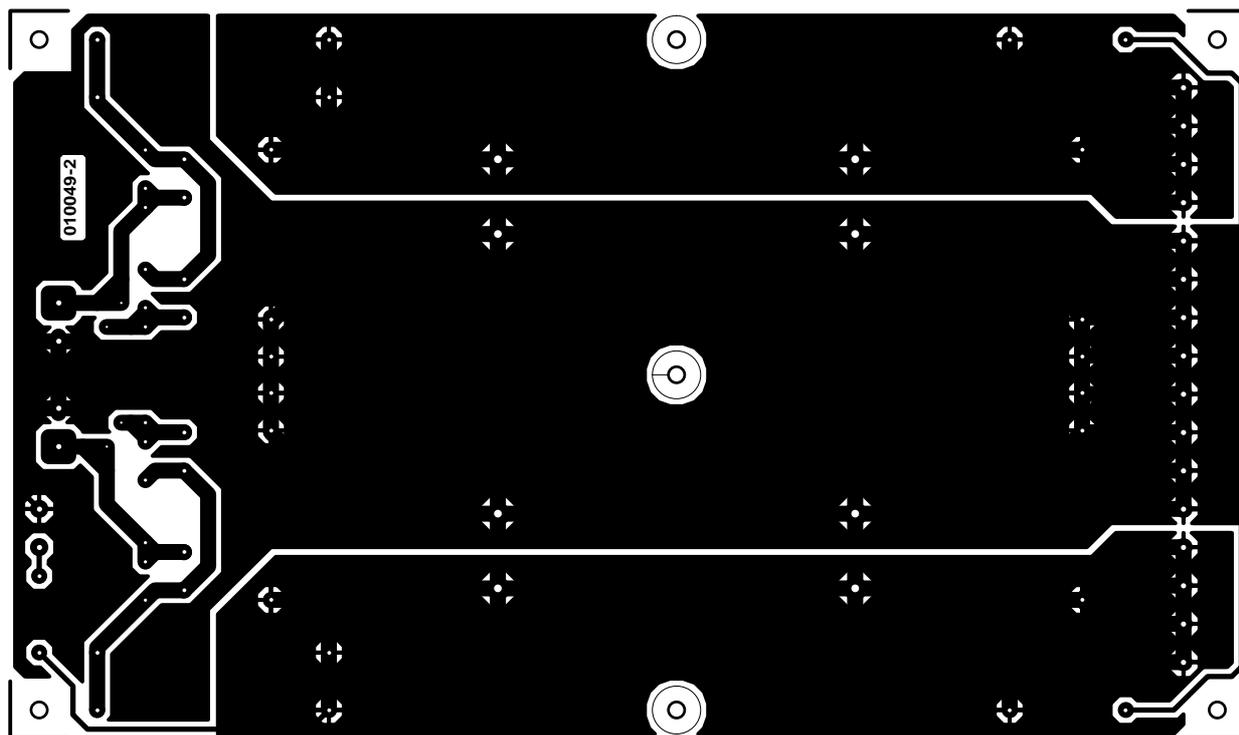
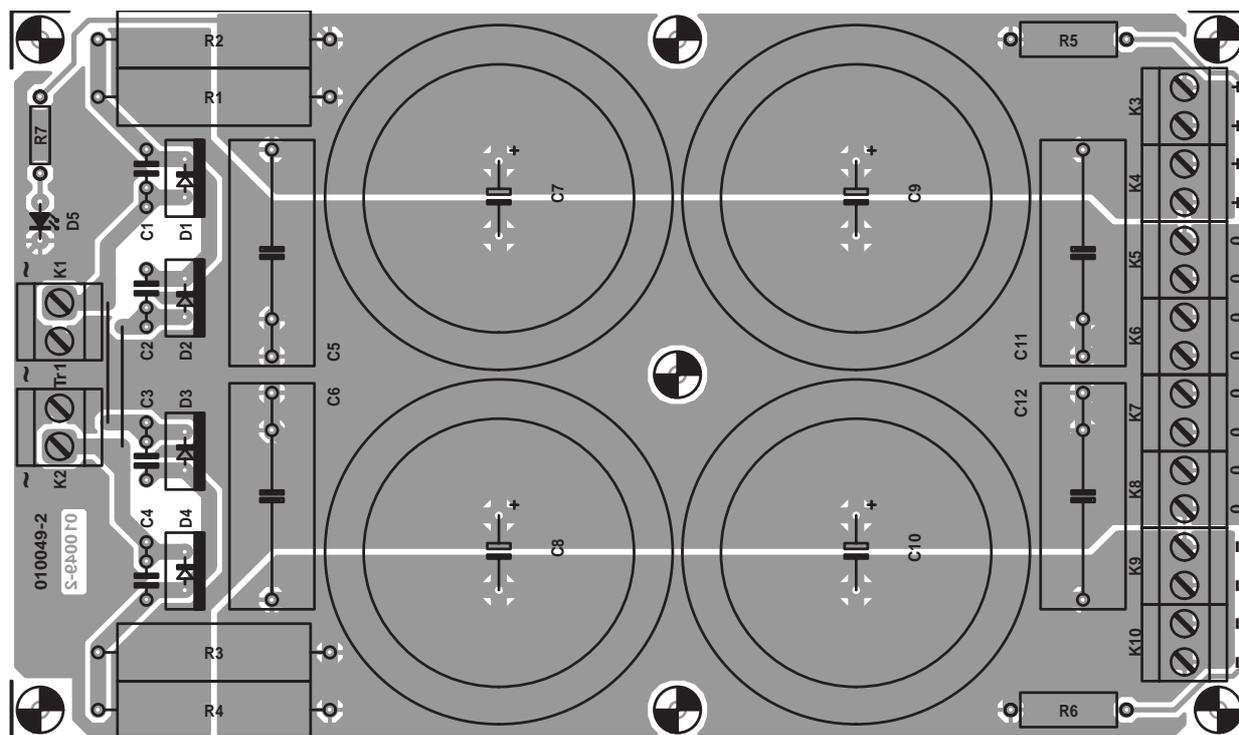


Figure 5. La platine d'alimentation a de quoi nourrir quatre amplis audio de puissance.

d'un câble plat à 10 conducteurs. Il en va de même pour K2. Les bornes à visser K3 des deux amplificateurs sont réunies par un fil d'au moins 1 mm².

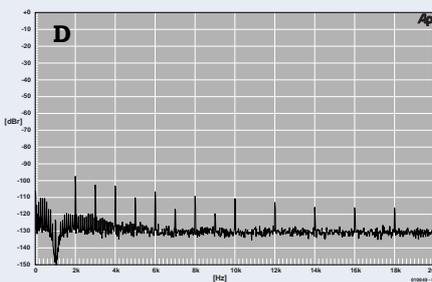
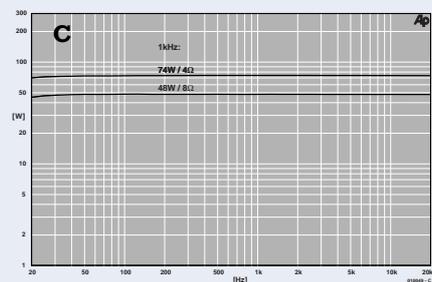
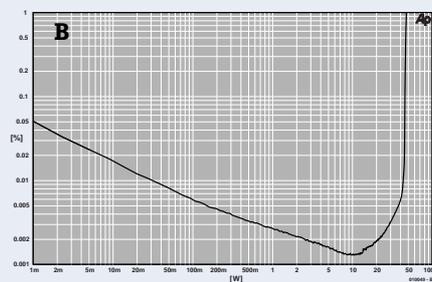
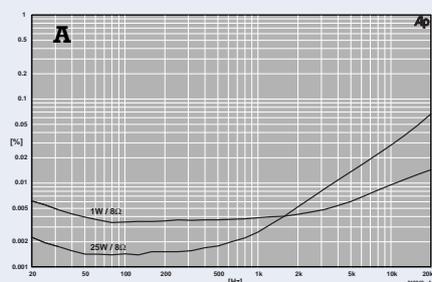
- Sur un assemblage **en pont**, il faut un câble plat à 10 conducteurs pour relier les connecteurs K1 des deux amplificateurs.
- La puissance que le CI doit dissiper peut atteindre 50 W, aussi doit-il compter sur un radiateur de dimensions suffisantes et bien ventilé. Celui qui est visible sur la photo en tête de l'article sert dans un ensemble stéréo en biamp et rassemble les quatre cir-

cuits intégrés. Il s'agit d'un modèle SK56 de Fischer dont la résistance thermique R_{TH} ne fait que 0,45 K/W.

- Pour l'isolation, on peut utiliser une feuille de silicone renforcée à la fibre de verre (Fischer WB) ou une feuille de Kapton, intercalée entre le CI et le radiateur. Dans un cas comme dans l'autre, la pâte thermoconductrice n'est pas nécessaire. Mais il faut toujours utiliser un canon isolant autour de la vis de fixation.

Alimentation

Au regard de ses petites mensurations, l'amplificateur final fournit une grande puissance. C'est pourquoi l'alimentation secteur (**figure 4**), **EPS010049-2**, est largement dimensionnée. On peut raccorder quatre étages de puissance à la platine. Autant que possible, on utilisera des alimentations distinctes pour chacun des canaux stéréo, ainsi que pour le caisson de grave. Plutôt qu'un redresseur en pont, on donnera la préférence à des diodes



Résultats de mesure

(Mode mono, alimentation avec transformateur 2 x 22 V/225 VA, capacité des condensateurs 4 x 10 000 μF)

| Paramètre | Conditions | Résultat de mesure | |
|--|---|--|------------------|
| Sensibilité d'entrée | 47 W/8 Ω | 560 mV | |
| Impédance d'entrée | | 24 kΩ | |
| Puissance sinusoïdale | 0,1 % THD | 47 W/8 Ω 73 W/4 Ω | |
| Puissance sinusoïdale en parallèle | 0,1 % THD | 50 W/8 Ω 83 W/4 Ω 122 W/2 Ω | |
| Puissance sinusoïdale en pont | 0,1 % THD | 125 W/8 Ω | |
| Bande passante | 1 W/8 Ω | 6,5 Hz ... 200 kHz | |
| Taux de montée (slew rate) | | 8,5 V/μs | |
| Rapport signal/bruit | 1 W/8 Ω B = 22 Hz ... 22 kHz | >98 dB(A) >95 dB linéaire | |
| Distorsion harmonique avec bruit (bande passante 80 kHz) | 8 Ω | 4 Ω | |
| | 1 kHz | < 0,004 % (1 W) | < 0,006 % (1 W) |
| | | < 0,003 % (25 W) | ≈ 0,003 % (50 W) |
| 20 kHz | < 0,07 / (25 W) | < 0,08 % (50 W) | |
| Distorsion d'IM dynamique | carré 3,15 kHz avec signal sinus de 15 kHz | 0,006 % à 1 W/8 Ω 0,06 % à 20 W/8 Ω | |
| Facteur d'atténuation à 8 Ω | 1 kHz | > 1000 | |
| | 20 kHz | > 750 | |

rapides, plus modernes. Il y a place, sur la platine de la **figure 5**, pour quatre bons gros condensateurs électrolytiques de filtrage de $10\,000\ \mu\text{F}$. Au total, on peut monter sur cette platine jusqu'à $88\,000\ \mu\text{F}$. La tension idéale au secondaire du transformateur est de $2 \times 22\ \text{V}$, auquel cas l'amplificateur final pourra fournir $73\ \text{W}$ dans une charge de $4\ \Omega$ ou $47\ \text{W}$ à $8\ \Omega$. Si l'on veut atteindre $80\ \text{W}$ dans $8\ \Omega$, il faut un transformateur de $2 \times 30\ \text{V}$, mais alors, pour supporter une charge de $4\ \Omega$, c'est à deux amplificateurs en parallèle qu'il faudra faire appel. Nous ne recommandons cette solution que pour le canal de basses profondes. Celui qui se satisfait d'une puissance moindre peut choisir une tension secondaire de $2 \times 18\ \text{V}$, auquel cas la puissance de sortie se montera encore à quelque $30\ \text{W}$ sur $8\ \Omega$ et $50\ \text{W}$ sur $4\ \Omega$. En outre, il pourra réduire à $35\ \text{V}$ la tension de service des condensateurs électrolytiques. Pour le biamply ou les systèmes actifs, c'est déjà plus que suffisant.

Par watt de puissance de sortie, il faut compter environ $1,5\ \text{VA}$ au transformateur. Il est préférable de choisir un modèle torique enrobé et de qualité. Les transformateurs à bas prix n'ont pas bénéficié de ce traitement et ont tendance à se montrer bruyants.

Pour mettre en marche ou arrêter l'amplificateur, on se sert de l'interrupteur S1. Mais lui, il n'agit que sur une tension de commande. Pour des raisons de sécurité, il faut absolument un interrupteur (avec témoin lumineux) dans le primaire du transformateur pour l'isoler du secteur.

Mesures et tests

Pour autant que son alimentation le sustente efficacement et que les pièces détachées soient de qualité, l'amplificateur final se distingue par une sonorité chaude et pleine de tempérament. En biamply ou dans des enceintes actives, il peut aussi se comparer avantageusement à des concurrents plus puissants.

La **figure A** montre la courbe de distorsion harmonique et du bruit en fonction de la fréquence dans le spectre jusqu'à $80\ \text{kHz}$. Celle du haut, dans la partie basse du domaine de fréquence, a été relevée pour $1\ \text{W}$ sous $8\ \Omega$, l'autre pour $25\ \text{W}$, également sous $8\ \Omega$. À $1\ \text{W}$, on mesure principalement du bruit jusqu'à $2\ \text{kHz}$, à $25\ \text{W}$ la montée de la distorsion est perceptible à partir de $500\ \text{Hz}$.

La **figure B** donne aussi la distorsion harmonique et le bruit, mais en fonction de la puissance de sortie sur $8\ \Omega$. La largeur de bande a été ici limitée à $22\ \text{kHz}$ de manière à apprécier plus clairement la distorsion aux plus grandes excursions. C'est à partir de $10\ \text{W}$ que la distorsion dépasse le bruit.

Rien de palpitant sur la **figure C**, à puissance maximum sur $4\ \Omega$ ($74\ \text{W}$) et $8\ \Omega$ ($48\ \text{W}$), pour une largeur de bande de $80\ \text{kHz}$ et un taux de distorsion de $1\ \%$. La légère déclivité sous $20\ \text{Hz}$ est sans conséquence.

Enfin, la **figure D** nous fournit le résultat de l'analyse de Fourier sur un signal de $1\ \text{kHz}$ à $1\ \text{W}$ sous $8\ \Omega$. Le deuxième harmonique se situe à $-97,5\ \text{dB}$ ($\text{DHT} + \text{B} = 0,0037\ \%$), les harmoniques supérieurs sont repoussés encore plus bas.

(010049)

