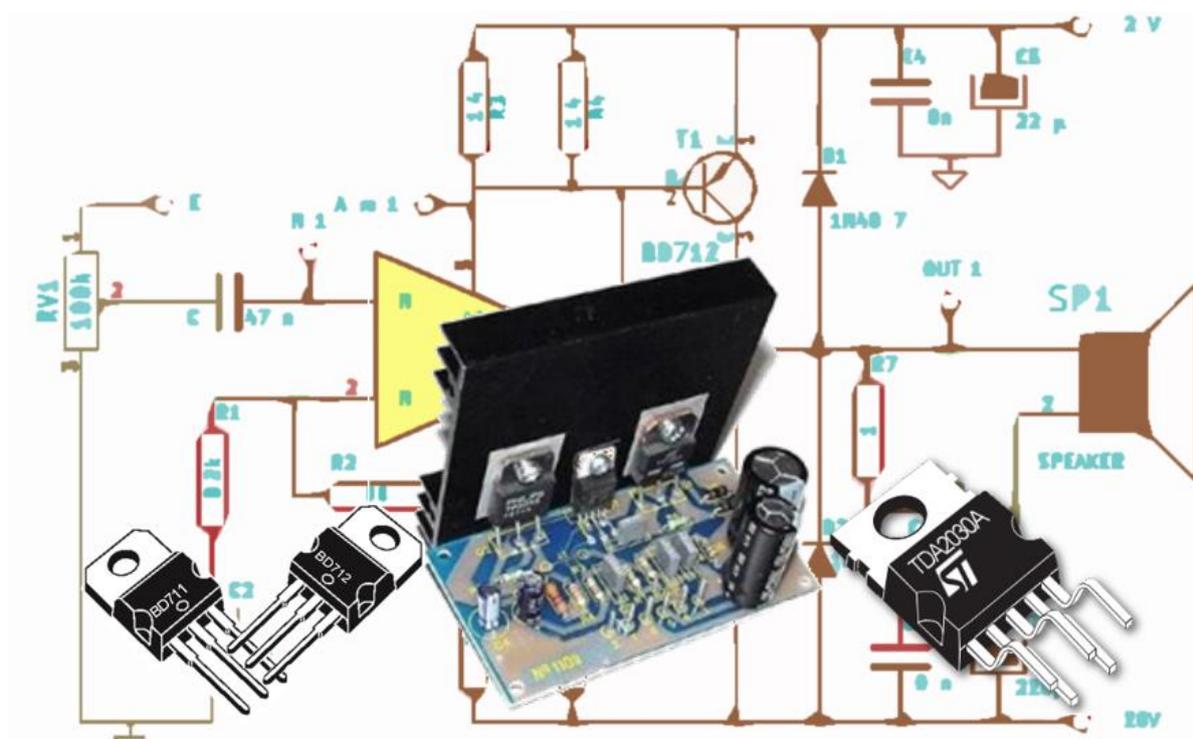


Amplificateur audio 40W

Expression technique



Amplificateur audio 40W¹

Expression technique

¹ <http://www.astuces-pratiques.fr/electronique/ampli-a-tda2030>

Sommaire

Introduction.....	5
1. Cahier des charges.....	6
Amplificateur audio 40W	6
2. Schéma fonctionnel du projet.....	7
3. Étude de la carte d'entrée.....	8
3.1. Branchement.....	8
3.2. Premier filtrage, suppression de décalage DC.....	9
3.3. Second filtrage, filtre « Loudness » passe-bas actif	9
4. Étude de l'étage d'amplification	12
4.1. Choix des composants.....	12
4.2. Schéma du montage.....	13
5. Étude de la carte d'alimentation	18
5.1. Les composants	19
5.2. Filtrage et lissage de l'alimentation	22
Conclusion	24
Résumé.....	25
Bibliographie.....	26
Index des mots clefs	27
Table des illustrations.....	28
Annexes	29

Introduction

L'électricité est la base de notre technologie, et est la première source d'énergie exploitée dans le monde. L'électricité à l'état brut n'est pas exploitable directement, notamment dans l'électronique. Il est donc nécessaire de transformer cette énergie, par exemple passer de l'alternatif au continu et inversement.

Le phénomène d'amplification permet d'accroître l'amplitude d'un signal électrique et ainsi adapter ce signal aux réseaux où il va servir. L'amplification est un terme général, en effet celle-ci s'est généralisée dans pratiquement tous les domaines, par exemple on va amplifier un signal électrique qui a perdu de son intensité à cause des pertes dans le câble.

Un autre domaine où elle est très appréciée est la musique. L'amplification dans le domaine de l'audio-visuel est très convoitée de nos jours car elle constitue une grande source de divertissement. Nous sommes tous les deux musiciens, et apprécions particulièrement le domaine de l'amplification audio. C'est pour cela que notre sujet va se tourner vers la réalisation d'un amplificateur audio.

Au cours de ce développement nous allons expliquer les étapes de fabrication d'un amplificateur audio. Notre étude se portera sur trois étapes de cette conception.

Tout d'abord nous étudierons l'étage de filtrage qui permettra d'adapter le signal audio à l'amplificateur et de réaliser des modifications sur les fréquences le composant.

Ensuite nous verrons l'amplificateur en lui-même, et enfin nous aborderons la carte d'alimentation permettant l'utilisation de l'amplificateur audio.

1. Cahier des charges

Amplificateur audio 40W

Il s'agit de réaliser un amplificateur audio de 40W, avec une entrée jack qui permettra d'écouter de la musique sur un support amovible directement comme par exemple un téléphone portable.

Amplification du signal

Dans cette partie nous allons amplifier le signal d'entrée qui vient d'un support amovible quelconque, donc de faible intensité, afin qu'il puisse être entendu sur des enceintes.

- Choix des composants: TDA2030A, transistors de puissances BD711, BD712.
- Puissance de sortie: 40W.

Ajustement de l'amplification:

On cherche au final à ajuster le volume de notre signal de sortie de l'amplificateur audio et ceci va se faire par le biais d'une résistance variable, qui va nous servir de potentiomètre de volume.

- Choix du composant : résistance variable double de 100 kOhms, variation linéaire.

Contrôle de la CEM

Les perturbations liées au courant d'alimentation ne sont pas à négliger, c'est pour cela que nous utiliserons des condensateurs, pour pallier ce phénomène.

- Choix des composants : condensateurs de découplages.

Qualité du signal

Il s'agit de filtrer le signal d'entrée afin de réduire au maximum les "bruits" qui pourront parasiter la carte de l'amplificateur audio. On cherchera également à modifier les fréquences que l'on veut en amplitude, afin d'accentuer certaines fréquences en sortie.

Choix des composants : condensateurs de liaisons, montage à Amplificateur Opérationnel.

Alimentation

Ici on veut avoir une alimentation continue symétrique pour notre amplificateur audio de +20V/-20V.

Nous allons adapter le niveau de tension du secteur au niveau de tension de notre amplificateur audio.

- Tension d'entrée du transformateur 230V alternatif.
- Tension de sortie du transformateur 15V alternatif
- Tension de sortie du pont de diodes +20V/-20V continu.
- Choix des composants: transformateur à point milieu 230V / 2x15V 120 VA.

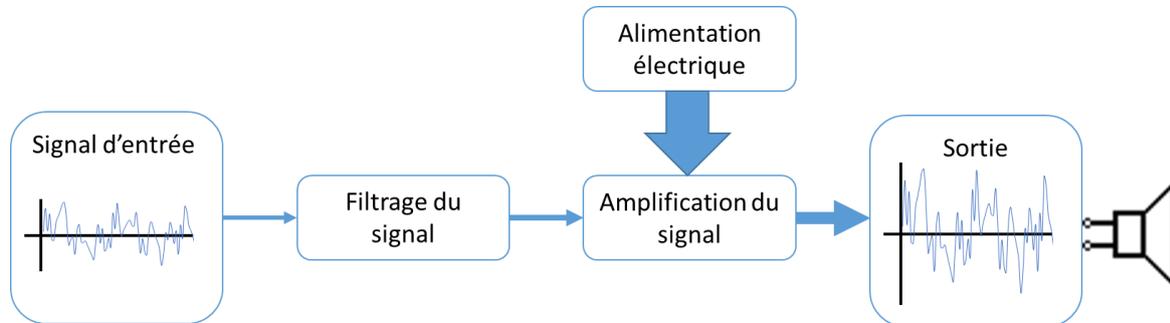
Filtrage de l'alimentation

Dans cette partie on va lisser la tension alternative pour la convertir en continu.

- Choix des composants: condensateurs de grande capacité

2. Schéma fonctionnel du projet

Voici un schéma fonctionnel qui représente notre projet et les différents éléments qui le composent et que nous allons étudier.



On peut distinguer plusieurs éléments sur ce schéma :

- Le **signal d'entrée** qui est la source audio que l'on veut amplifier.
- L'étage de **filtrage**, qui va changer la nature de certaines composantes du signal d'entrée.
- L'étage d'**amplification du signal**, qui est le cœur de notre projet.
- L'étage d'**alimentation**, qui va permettre à l'étage d'amplification de fonctionner.
- Le **signal de sortie** du montage, qui est directement branché sur un haut-parleur.

Dans notre projet, on a réalisé plusieurs cartes électroniques et non une seule pour réaliser cet amplificateur audio. Cela nous a permis de modifier un des blocs du schéma fonctionnel sans avoir à trop graver de nouvelles cartes.

En effet, on verra qu'il est très simple de relier des cartes électroniques réalisant ces blocs du schéma fonctionnel, avec toutefois quelques précautions à prendre pour l'alimentation électrique, ce que nous montrerons plus loin dans notre développement.

3. Étude de la carte d'entrée

L'étage de filtrage est la carte qui permet d'acquérir le signal électrique d'entrée qui peut être de nature quelconque, même si dans notre projet, le but est d'amplifier des signaux audio et pas des signaux d'autre nature comme les signaux logiques².

3.1. Branchement

Le signal est obtenu par branchement sur prise jack 3.5 mm, qui est beaucoup utilisée en audio :



Figure 1: prise jack 3.5mm

On utilise un connecteur jack stéréo, car notre amplificateur est stéréo et parce que la majorité des appareils fonctionne en stéréo.

Voici un schéma expliquant comment fonctionne le connecteur jack (Sonelec, s.d.) :

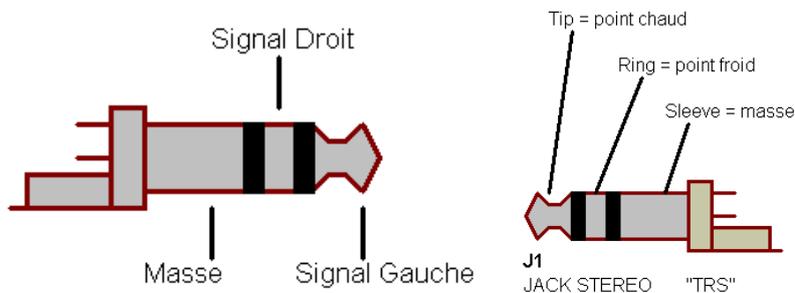


Figure 2: schéma jack 3.5mm

On voit ici que les parties métalliques isolées par les parties en plastique noir correspondent aux deux voies du signal stéréo ainsi qu'à la masse, qui est la référence³ de ces signaux.

Le signal gauche correspond au « point chaud », le signal droit correspond au « point froid » et la masse correspond au « sleeve ».

Il suffit alors de souder les fils correspondants à l'autre extrémité du connecteur, comme sur la photo ci-contre, afin de les relier à la carte de filtrage.

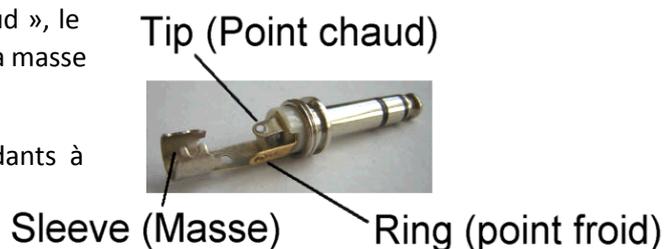


Figure 3: connections jack

Dans la suite de cette partie, on parlera de la carte de filtrage en sous-entendant le fait que chaque montage montré n'est valable que pour une seule voie du signal stéréo. Il faut donc dupliquer ces montages pour effectuer le même traitement sur les deux voies du signal.

² Signaux logiques : valeurs binaires (0 et 1) transmises de façon analogique. Ex : 0V pour un 1, et +5V pour un 0.

³ La masse représente en général le niveau 0 sur les graphiques de signaux. Les signaux varient par rapport à son potentiel, qui en général est de 0V, sauf en cas de masse virtuelle, c'est pour cela qu'on l'appelle la référence.

3.2. Premier filtrage, suppression de décalage DC

Une fois le signal transporté vers la carte, celui-ci subit un premier traitement, la suppression de sa composante continue, aussi appelée décalage DC.

Le décalage DC est une composante non voulue de notre signal, car elle ne change rien à la sonorité de ce signal, et la supprimer permet d'éviter une perte inutile de puissance d'amplification, ainsi qu'éviter une saturation de l'étage amplificateur.

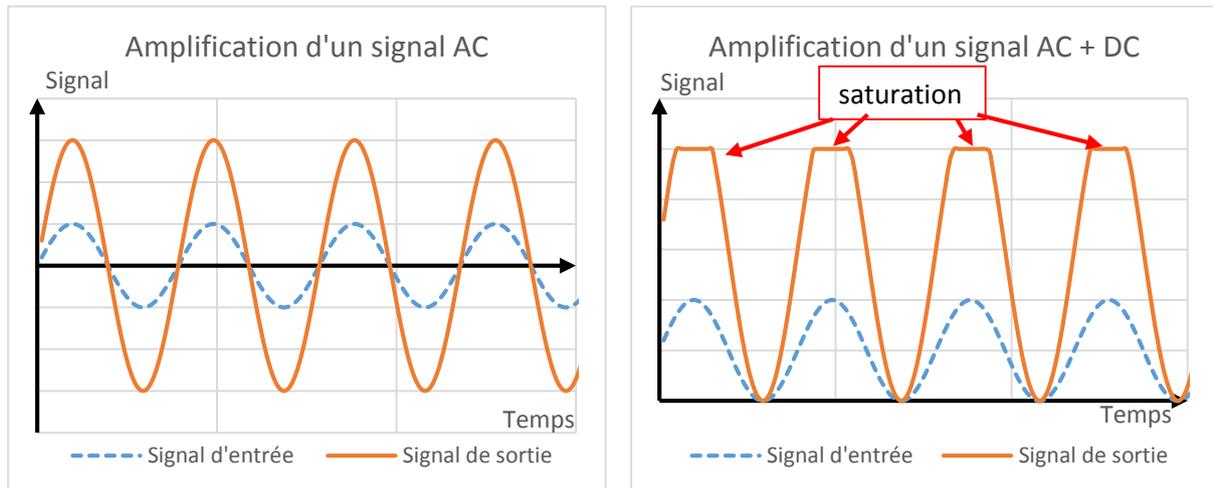


Figure 4: amplification d'un signal alternatif / amplification d'un signal alternatif avec composante continue

Pour supprimer la composante continue du signal, il suffit d'insérer en entrée de notre montage un condensateur dit de liaison⁴, comme sur le schéma ci-contre :

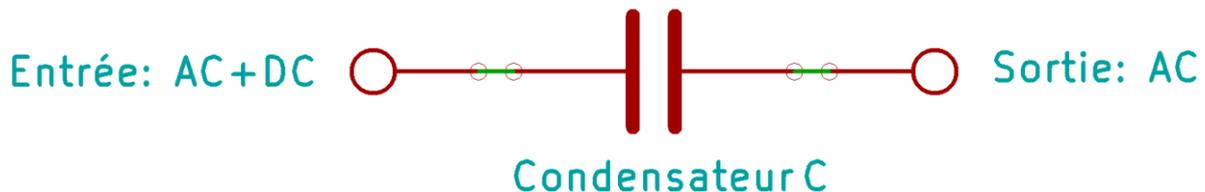


Figure 5: schéma condensateur liaison

Le signal est alors centré autour de la masse (référence des signaux) ce qui évite comme dit précédemment que l'amplificateur qui suit la carte d'entrée ne sature.

Nous pouvons maintenant appliquer de nouveaux filtrages sur notre signal d'entrée, c'est ce que nous allons tout de suite voir avec le filtre actif passe-bas.

3.3. Second filtrage, filtre « Loudness » passe-bas actif

La seconde étape de filtrage de notre montage consiste à amplifier les basses fréquences, ce qui est une fonctionnalité généralement appréciée sur un montage amplificateur audio.

Bien sûr, ce filtrage n'est pas obligatoire, on peut le supprimer ou le remettre à l'aide d'un interrupteur qui sera facilement accessible par l'utilisateur.

⁴ Un condensateur de liaison empêche la propagation des signaux DC. Il est utilisé dans beaucoup de montages nécessitant des signaux DC nécessaires au fonctionnement des composants (ex : transistor bipolaire) qui le composent, mais indésirables pour le traitement des signaux alternatifs dans ce même montage.

Ce filtre est dit **actif** car il amplifie les signaux en basses fréquences, et n'a aucune action en hautes fréquences. Il est donc plus intéressant qu'un filtre **passif**, qui diminue l'amplitude des hautes fréquences tandis qu'il n'a aucune action sur les basses fréquences.

Étant donné la faible puissance du signal d'entrée provenant de l'appareil que l'on branche sur notre carte, nous préférons ne pas atténuer les signaux reçus, afin de garder une qualité minimum sur le signal que nous allons envoyer sur l'amplificateur.

Un filtre actif nécessite un composant de plus qu'un filtre passif, un amplificateur opérationnel, qui nécessite d'être alimenté électriquement. Cela a un coût supplémentaire mais qui n'a que peu d'impact sur l'ensemble de notre montage.

3.3.1. Montage

Voici ci-contre le montage filtre passe-bas actif utilisé. (Nina67, s.d.)

Ce montage est réalisé à l'aide de deux résistances, d'un condensateur et d'un amplificateur opérationnel.

L'amplificateur opérationnel est monté en non-inverseur (borne V+).

Calcul de la fonction de transfert du montage $\underline{T}(j\omega)$:

$$e^+ = V_e \text{ (} V_e = \text{Entrée)}$$

$$e^- = \frac{V_s + 0}{\frac{Z_2}{1} + \frac{R_1}{1}} = V_s \times \frac{R_1}{R_1 + Z_2} \text{ (} V_s = \text{Sortie),}$$

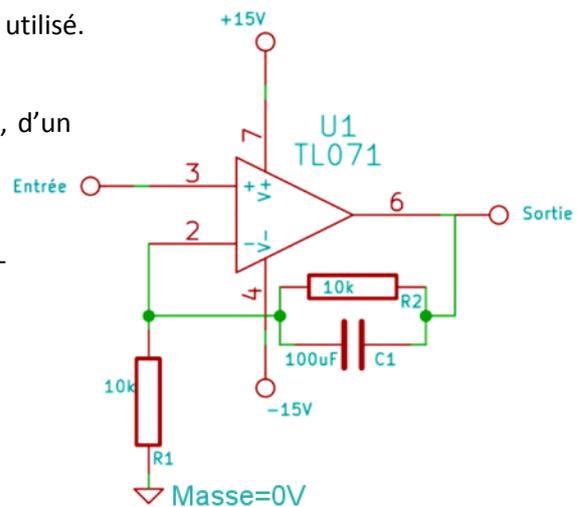


Figure 6: filtre passe-bas actif

d'après le théorème de Millman.

$$\text{Avec } Z_2 = R_2 // C = \frac{R_2}{1 + jR_2C\omega}$$

Finalement, en utilisant la relation $e^+ = e^-$:

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{Z_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1 \times (1 + jR_2C\omega)} = \frac{R_1 + R_2 + jR_1R_2C\omega}{R_1 + jR_1R_2C\omega}$$

En basses fréquences, le gain en tension (amplitude) du montage peut être exprimé comme étant :

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} \text{ En valeur algébrique, ou } G_{dB} = 20 \times \log(A_v) \text{ en dB}^5.$$

En hautes fréquences, C court-circuite R2. Le montage ressemble alors à un montage suiveur :

$$G_{dB} = 0 \text{ dB}$$

Le gain de $\underline{T}(j\omega)$ pour toute pulsation ω est donné par l'expression :

⁵ Les décibels sont beaucoup utilisés en électronique pour exprimer les gains en amplitude des signaux.

$$|T(j\omega)| = \sqrt{\frac{(R1 + R2)^2 + (R1R2C\omega)^2}{R1^2 + (R1R2C\omega)^2}}$$

On peut grâce à cette expression tracer la réponse harmonique⁶ du filtre au niveau du gain.

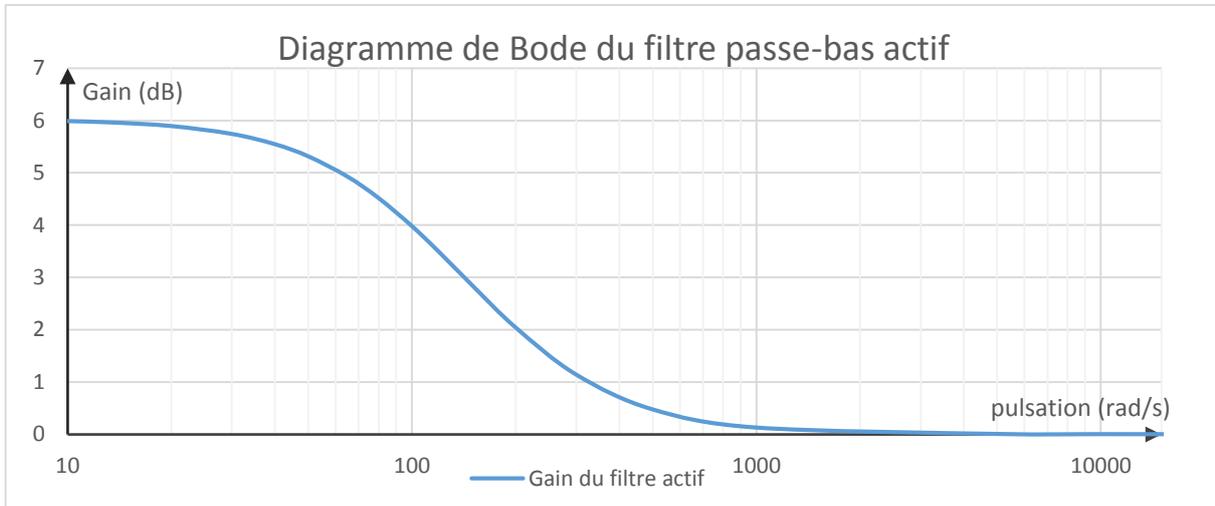


Figure 7: diagramme de Bode du gain du filtre actif passe-bas

Ici on a choisi $R1 = R2 = 10k\Omega$ et $C = 1 \mu F$:

Le gain est de +6 dB dans les plus basses fréquences, ce qui correspond à une multiplication de l'amplitude des basses par 2, ce qui est déjà beaucoup.

On peut réduire le facteur d'amplification des basses en abaissant la valeur de la résistance $R2$, mais il faut alors augmenter la valeur de C afin de retrouver la même fréquence de « transition » du filtre obtenue avec l'ancienne valeur de $R2$.

3.3.2. Un filtre qu'on peut désactiver

Afin de désactiver le filtre, on utilise un interrupteur que l'on intègre sur le montage précédent.

Il suffit de le brancher en parallèle de la résistance $R2$. Ainsi, quand l'interrupteur est ouvert comme sur le schéma ci-contre, le montage fonctionne comme si l'interrupteur n'existait pas.

En revanche quand l'interrupteur est fermé, il court-circuite la résistance $R2$ et le condensateur C , la borne $V+$ de l'amplificateur opérationnel voit alors directement le potentiel de sortie.

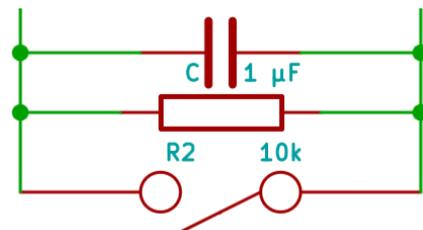


Figure 8: schéma interrupteur filtre

Le montage devient alors un montage suiveur (Sortie = Entrée), il n'a aucune action sur le gain du montage ainsi que sur sa phase. Un amplificateur opérationnel monté en suiveur garantit seulement le maintien en tension du montage, quelle que soit la charge appliquée à la fin de ce montage.

On utilisera un interrupteur double pour notre carte d'entrée, car on veut commander les filtres de chaque voie du signal en même temps.

⁶ Une réponse harmonique est la réponse d'un système à un signal sinusoïdal pur de pulsation ω .

Le signal de sortie est directement branché sur la carte d'amplification.

Nous allons maintenant aborder l'étude de cette carte.

4. Étude de l'étage d'amplification

Le montage amplificateur est une partie intégrante de notre projet, car c'est lui qui réalise le « gros » du travail. En effet la carte de filtrage n'est pas utilisable seule, il faut obligatoirement la brancher sur un amplificateur qui va se charger de rendre le son suffisamment puissant pour être audible au travers des hauts parleurs.

4.1. Choix des composants

Lors de nos recherches, nous avons étudié plusieurs possibilités permettant de réaliser un amplificateur audio.

En effet, il existe deux façons de réaliser un amplificateur audio, soit avec des **transistors de puissance**, soit avec des circuits intégrés de type **amplificateur opérationnel de puissance**⁷.

Le transistor est le moyen le plus connu pour réaliser l'amplification de signaux, il est bon marché et ne nécessite que quelques composants passifs (résistances, condensateurs) autour de lui, en plus de son alimentation, pour fonctionner convenablement.

Cependant le transistor n'est pas parfait, il est fortement sensible à la chaleur qui dégrade ou déforme ses performances. Il peut avoir beaucoup de pertes par effet Joule⁸ en fonction de son utilisation. De plus, il n'est **pas protégé** contre les problèmes liés à la chaleur ou à son alimentation, il risque donc d'être endommagé et il peut alors également endommager le reste du circuit électrique.

Les circuits intégrés sont des composants plus aboutis, plus chers, mais qui répondent également à une demande plus précise, alors que le transistor a un plus large champ d'applications.

Voici un tableau récapitulatif des avantages et inconvénients des deux technologies :

Composant	Avantages	Inconvénients
Transistor	Bon marché Simple à mettre en œuvre	Très sensible à la chaleur Pas de sécurité
Amplificateur opérationnel de puissance	Sécurité thermique assurée Montages fonctionnels donnés par le constructeur	Plus cher qu'une paire de transistors Nécessite une alimentation symétrique ou simple avec demi-potentiel sur l'entrée

Figure 9: comparatif Transistor / Circuit intégré

Dans notre montage, on utilisera un circuit intégré, le TDA2030A du fabricant STMicroelectronics⁹.

⁷ L'amplificateur opérationnel de puissance amplifie en tension et en courant.

⁸ Effet Joule : pertes électriques dues à la chaleur dans les composants. En général, la chaleur dégrade les performances des composants électroniques.

⁹ Datasheet/documentation du composant consultable dans les annexes.

Ce circuit intégré (représenté ci-contre) permet une amplification audio haute-fidélité de maximum 18W sur haut-parleur 4 Ω, il est équipé d'une sécurité thermique ainsi que d'une régulation en puissance maximale pour éviter son disfonctionnement à cause d'une chaleur trop importante.



Figure 10: dessin TDA2030A

Cependant d'après notre cahier des charges, on désire un amplificateur audio d'une puissance de maximum 40 Watts.

Le circuit intégré seul ne permet pas d'atteindre cette puissance.

Nous allons utiliser un montage présent dans la documentation du TDA2030A pour réaliser notre amplificateur audio. Ce montage utilise un TDA2030A et des transistors de puissance. De cette façon nous utiliserons deux technologies différentes au sein d'un même amplificateur audio. Des montages tirés de cette documentation sont disponibles en annexe.

4.2. Schéma du montage

Nous allons maintenant présenter le schéma du montage par morceaux afin d'expliquer son fonctionnement.

4.2.1. Amplification audio avec TDA2030A

Le circuit intégré TDA2030A est un amplificateur opérationnel de puissance représenté schématiquement de la façon suivante :

Il est alimenté par les pattes 3 (VEE) et 5 (VCC) nécessitant un écart de tension minimal de 12V et maximal de 44V entre elles. Nous avons choisi une alimentation symétrique pour notre montage. Elle évite d'avoir à créer une masse virtuelle sur Vin et d'avoir à utiliser un gros condensateur de liaison en sortie du montage pour supprimer sa composante continue.

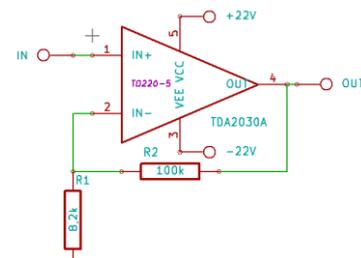


Figure 11: schéma AOp

L'entrée sonore se fait sur la patte 1 (IN+), la sortie amplifiée se trouve à la patte 4 (OUT). La patte 2 (IN-) est reliée à la patte 4 (OUT) au travers de deux résistances (R1 et R2) afin de réaliser ce qu'on appelle la **boucle de contre-réaction** nécessaire au fonctionnement de l'amplificateur opérationnel en régime linéaire.

Si cette boucle est ramenée sur la borne V+ au lieu de la borne V-, l'AOp¹⁰ n'amplifie pas de façon linéaire le signal d'entrée. Il fonctionne en mode de commutation, et fournit soit la tension maximum soit la tension minimum d'alimentation à sa sortie, en fonction de la comparaison entre la tension d'entrée et un seuil de tension.

Figure 13: contre-réaction

En revanche quand la boucle de contre-réaction est présente (donc sur la borne V-), l'amplification en tension de l'AOp est donnée par la relation :

$$G_{dB} = 20 \times \log \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

Cette valeur doit être comprise entre 20 et 36 pour avoir une amplification suffisante et fonctionnelle.

¹⁰ AOp → Amplificateur Opérationnel.

4.2.2. Alimentation du TDA2030A

Condensateurs de découplage, qualité de l'alimentation

Pour alimenter l'AOp de puissance de notre montage, nous avons utilisé comme dit précédemment une alimentation symétrique +20V/-20V.

Seulement si la tension d'alimentation vient à varier, ce n'est pas bon pour notre ampli dont les performances ne seront alors pas constantes dans le temps. Il faut donc réguler les tensions aux bornes 3 et 5 de l'AOp afin qu'elles soient parfaitement constantes face aux parasites.

Pour réaliser cela, on utilise des **condensateurs** dits **de découplage**. Ces condensateurs sont placés au plus près de la source d'alimentation sinon ils ne fonctionnent pas comme espéré. Ils sont d'assez faible valeur (200nF pour notre amplificateur) et ne sont pas polarisés.

L'ajout de condensateurs de découplage élimine les parasites éventuels qu'on peut avoir sur la piste d'alimentation, à cause d'éléments externes ou internes au montage (impédance des pistes).

Réserves d'énergie

En plus de ces condensateurs de découplage, on utilise d'autres condensateurs cette fois ci polarisés, et qui vont constituer une petite réserve d'énergie pour notre AOp lorsque celui-ci est subitement sollicité. Pour notre amplificateur audio on prend une valeur de 220µF.

Le schéma du montage devient alors le suivant :

On a mis en entrée du montage un potentiomètre permettant de contrôler l'amplitude de la tension d'entrée, suivi d'un condensateur de liaison.

On voit l'emplacement des condensateurs de découplage (C4, C6) et des condensateurs réserves (C5, C7) sur le schéma du montage.

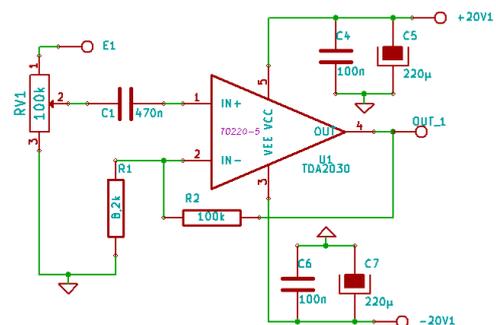


Figure 14: TDA + découplage

4.3. Stabilité de l'amplificateur, réseau de Boucherot / Zobel

Grâce aux condensateurs de découplage, notre amplificateur audio est supposé stable, cependant cela ne suffit pas à supprimer tous les parasites éventuellement présents en sortie du montage.

Les parasites en sortie peuvent provenir du haut-parleur branché sur l'amplificateur ou même du câble utilisé entre le haut-parleur et l'amplificateur, car ils sont de nature inductive, et l'impédance de sortie n'est alors pas constante (purement résistif) en fonction de la fréquence du signal de sortie :

$$\underline{Z}_s = r + jLw$$

On voit bien que plus la fréquence (pulsation w) augmente, plus l'impédance de sortie est élevée ce qui n'est pas ce que nous recherchons. Le but est d'annuler le terme jLw de l'impédance de sortie \underline{Z}_s , afin que le haut-parleur soit vu comme une simple résistance par l'amplificateur audio.

Pour amortir ces parasites, on utilise un réseau de Boucherot :

Ce réseau introduit en parallèle de l'impédance de sortie du montage une impédance donnée par l'expression :

$$\underline{Z_b} = R + \frac{1}{jC\omega}$$

Cette impédance en parallèle de l'impédance de sortie va permettre à l'impédance vue par l'amplificateur opérationnel d'être moins élevée en hautes fréquences, évitant ainsi que l'amplificateur ne sur-amplifie les fréquences concernées.

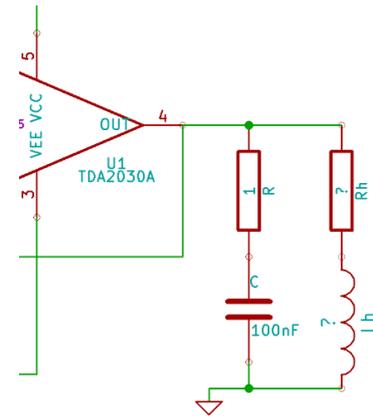


Figure 15: réseau de Boucherot

L'AOp voit alors le haut-parleur comme une résistance sur toute la bande de fréquence, même celle qui est inaudible, mais qui n'est pas à négliger pour le bon fonctionnement de l'amplificateur.

4.4. Second étage d'amplification, les transistors de puissance

Pour augmenter la puissance d'amplification de notre montage, on utilise une paire de transistors de puissance complémentaires.

Le transistor bipolaire

Un transistor bipolaire est un composant actif à 3 pattes comme représenté ci-contre. Il se trouve sous deux formes, en NPN ou PNP. La forme NPN est représentée par une flèche allant vers l'extérieur du composant, alors que l'inverse s'applique pour le PNP. (Sonelec, s.d.)

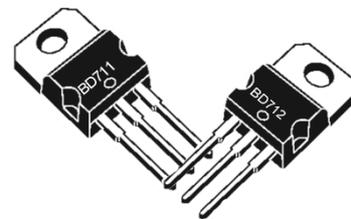


Figure 16: transistors de puissance

Son schéma électrique est le suivant :

L'entrée sur la patte 2 est une source de courant alternatif, l'alimentation sur la patte 3 est une source de tension continue qui fournit du courant en fonction du courant d'entrée. Ce courant d'entrée est alors amplifié selon un coefficient β fixé par le constructeur à température ambiante, et sort sur la patte 1.

Cependant il faut « polariser » le transistor pour le faire fonctionner correctement, la patte 2 doit avoir un potentiel différent de la masse.

Il faut alors appliquer une tension continue à l'entrée B, en plus du signal alternatif. La sortie présente alors un décalage DC que l'on doit supprimer. Cependant nous n'aurons pas besoin de faire ceci pour notre montage amplificateur, nous verrons pourquoi plus loin.

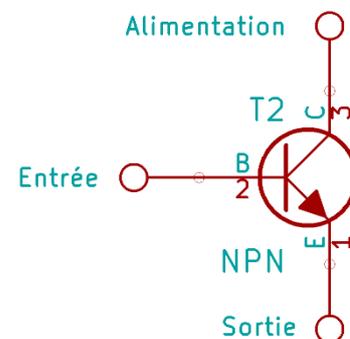


Figure 17: schéma transistor

Montage pratique

On a choisi une paire de transistors bipolaires de puissance, les BD711 et BD712, pour réaliser un amplificateur audio utilisant un montage de classe AB.

Ce montage est composé d'un AOp classique (amplifie seulement en tension) suivi d'une paire de transistors, il ressemble à ceci :

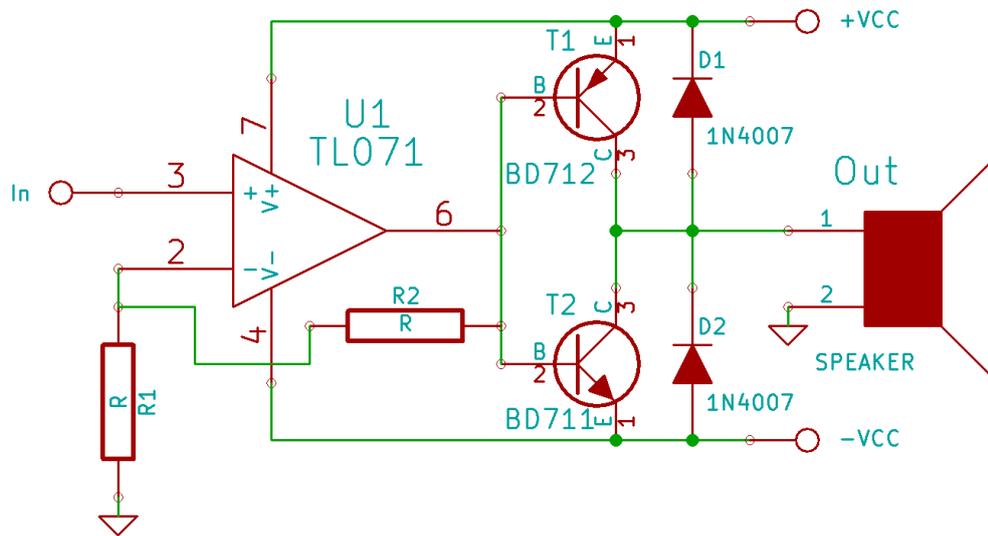


Figure 18: montage classe AB

Cependant, on utilise déjà un AOp de puissance, qu'on ne peut pas utiliser à la place de l'AOp de ce montage, car le transistor recevrait alors beaucoup trop de puissance en entrée (borne B).

Nous allons maintenant voir comment intégrer les deux transistors sur notre montage à TDA2030A.

4.5. Montage imbriqué, AOp et transistors

Le montage est basé sur le montage du TDA2030A, auquel on vient ajouter les transistors de puissance, en parallèle de l'AOp de puissance.

Schéma du montage

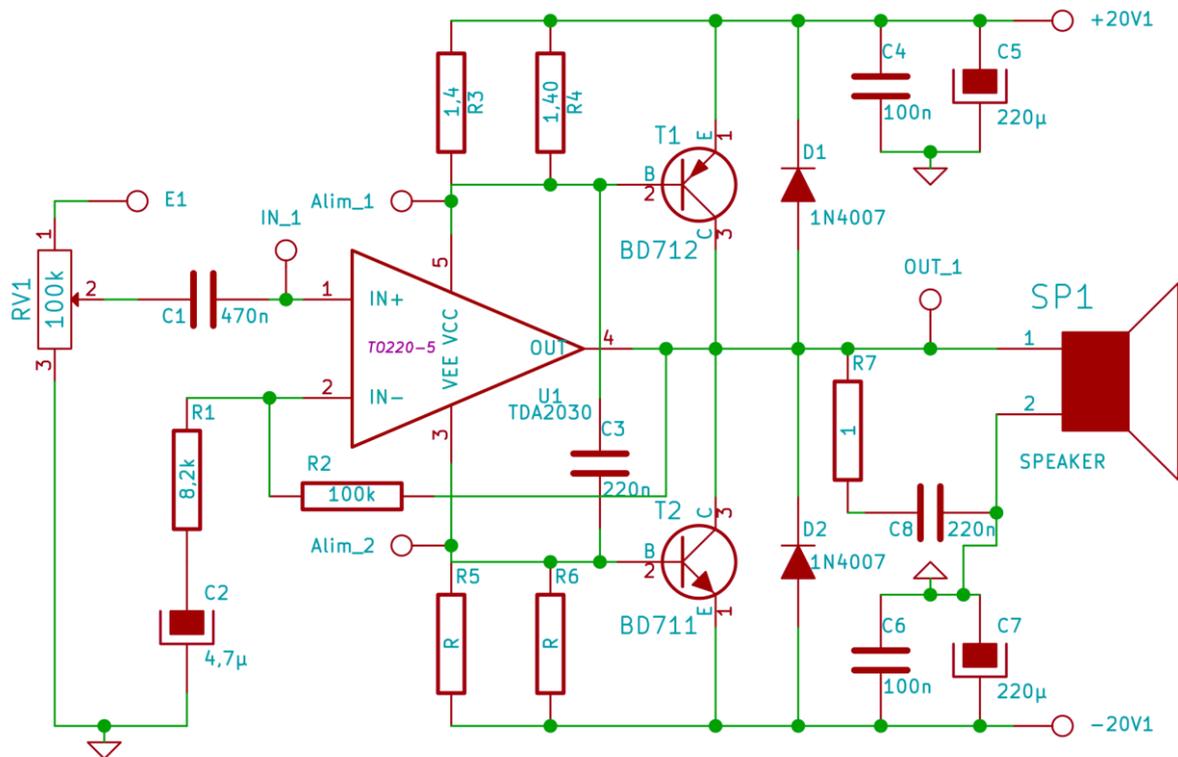


Figure 19: schéma montage final

Analyse du montage

Le TDA2030A consomme du courant uniquement quand il y a un signal différent de 0V en entrée. En vérité il existe un courant de repos de 38 mA qui est stable et négligeable.

Le TDA2030A amplifie les signaux positifs grâce à l'alimentation +20V, et inversement avec l'alimentation -20V. Chaque transistor amplifie une phase (positive ou négative) du signal d'entrée.

Quand la tension d'entrée augmente, le TDA2030A amplifie le signal sans l'aide des transistors. Passé un certain seuil de tension, le TDA2030A est limité en puissance (en courant d'alimentation) et ne peut plus amplifier le signal de lui-même au-delà d'un courant de charge (alimentation) de 1A.

Pour polariser le transistor, on utilise deux résistances de 1,40 Ω en parallèle¹¹ à travers lesquelles passe le courant d'alimentation. Lorsque celui-ci excède 1A, la chute de tension aux bornes des résistances est suffisante pour polariser le transistor et permettre qu'il rentre en conduction.

Le courant consommé par le TDA2030A est directement image de la tension d'entrée de cet AOp.

Ainsi ce courant qui passe également sur la borne B du transistor est donc amplifié par celui-ci dans la limite du courant d'alimentation disponible. La puissance de sortie est alors ajoutée à la puissance de sortie du TDA2030A pour former les 40W maximum.

L'explication complète du fonctionnement de ce montage est donnée dans l'annexe Elektor.

¹¹ On utilise deux résistances en parallèle pour avoir une meilleure précision sur la valeur de la résistance équivalente à ces deux résistances.

Le typon de la carte d'amplification réalisé par nos soins est également disponible dans les annexes.

4.6. Refroidissement du montage

Les composants actifs utilisés dans notre montage chauffent beaucoup car beaucoup de puissance électrique les traverse. On a donc besoin de les stabiliser en température, c'est-à-dire évacuer les flux de température les traversant à l'aide d'un dissipateur thermique, sinon ils ne fonctionnent pas correctement, surtout les transistors.

D'après l'annexe Elektor, sur laquelle est tirée ce montage, on doit utiliser un radiateur de résistance thermique inférieure à $2^{\circ}\text{C}/\text{W}$ dissipé.

Par rapport à la taille de la carte électronique, le dissipateur doit donc être relativement gros :

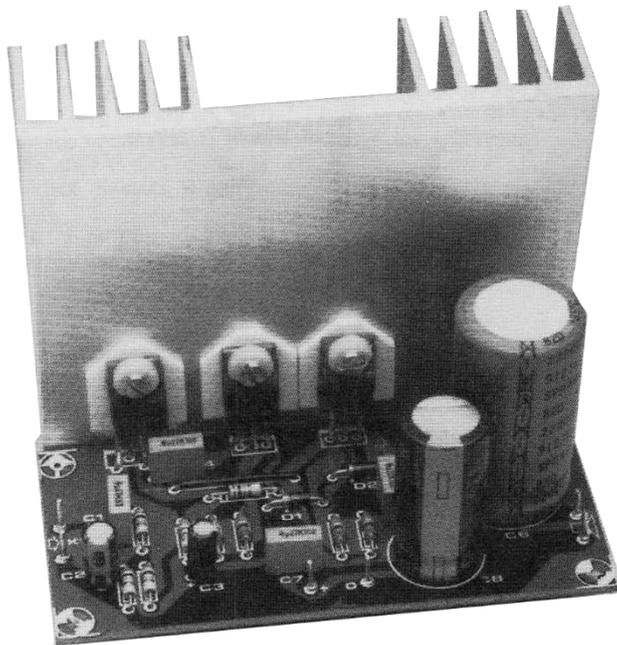


Figure 20: exemple taille dissipateur

Maintenant que nous avons expliqué le fonctionnement du montage amplificateur, il est temps de passer à l'étage d'alimentation.

5. Étude de la carte d'alimentation

Dans cette partie nous allons étudier l'étage de la carte d'alimentation qui va alimenter le plus stablement possible l'amplificateur audio. Il est très important d'avoir une « bonne » alimentation pour réaliser un montage comme celui-ci car elle est la base de son fonctionnement. Si l'alimentation n'est pas suffisamment stable elle peut changer les caractéristiques de notre amplificateur audio et ainsi perturber le signal de sortie, voir même endommager le montage. Nous allons présenter la manière de réaliser notre alimentation.

5.1. Les composants

5.1.1. Le transformateur

Le **transformateur** est une machine électrique qui permet de transformer une tension et une intensité alternative, du secteur par exemple, en une tension et une intensité du même type mais atténuée en amplitude tout en gardant la même fréquence. On peut ainsi aisément adapter les alimentations du secteur normalisées (230V ou 380V) en alimentation prévues pour de l'électronique fonctionnant dans un domaine de tension plus faible.

Le transformateur possède en général une entrée appelée **primaire** et une sortie appelée **secondaire**. Au primaire on applique l'alimentation du secteur et au secondaire ressort une tension et une intensité modifiées en amplitude.

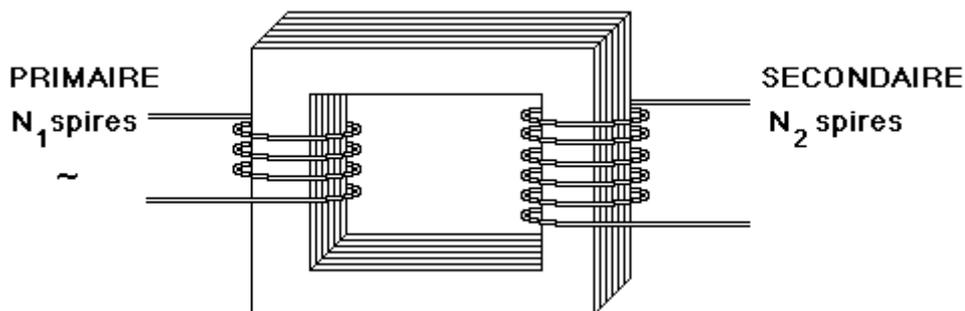


Figure 21 Transformateur

Cette machine électrique fonctionne grâce à des bobines parcourues par un courant (celui du secteur pour le primaire) lequel va créer un **champ magnétique**. Ce champ magnétique se répercute sur la seconde bobine qui va transformer le champ magnétique en courant (celui du secondaire).

Le changement d'amplitude des signaux se fait en fonction du nombre de spires des deux bobines. On peut connaître ainsi le **rapport de transformation** du transformateur avec la relation :

$$m = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{i_2}{i_1}$$

m -> Rapport de transformation

N -> Nombre de spires

U -> Tension

i -> Courant

En effet si on veut diminuer les amplitudes on va avoir plus de spires du côté primaire que du secondaire car l'intensité du champ magnétique est proportionnelle au nombre de spires.

Ainsi, on peut adapter à volonté les amplitudes des signaux du secondaire. Pour notre projet l'utilisation d'un transformateur va être nécessaire car on veut alimenter notre amplificateur audio au minimum en +15V/-15V (valeurs efficaces).

On peut également parler de **rendement** sur les transformateurs, on le calcule avec la relation :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

η -> rendement du transformateur.

P -> puissance délivrée par le primaire et le secondaire.

Le rendement nous renseigne sur les éventuelles pertes qu'il pourrait y avoir dans le transformateur. On parle de pertes fer notamment liées au noyau de fer qui sert à la communication des deux bobines.

5.1.2. Le pont de diodes

Cette partie de la carte d'alimentation va servir à redresser les courants et les tensions qui sortent du transformateur ce qui est la première étape vers la conversion en continu.

Pour commencer il faut savoir comment fonctionne une diode, et donc comment elle met en œuvre le phénomène de **redressement**.

Généralités

La diode est un composant **passif**, composé de deux électrodes ; une **anode** et une **cathode** ; et ne laisse passer le courant que dans un sens. (H@Mexam, s.d.) On dit alors que ce composant est polarisé.



Figure 22: schéma diode

Lorsque la diode laisse passer le courant, on dit que c'est le sens direct, elle est alors équivalente à un interrupteur fermé :

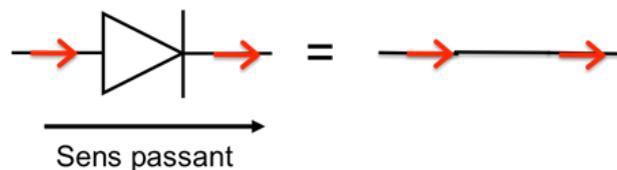


Figure 24: schéma diode idéale

A l'inverse lorsque que la diode ne laisse pas passer le courant on dit qu'elle est dans le **sens inverse**, elle est alors équivalente à **un interrupteur ouvert**.

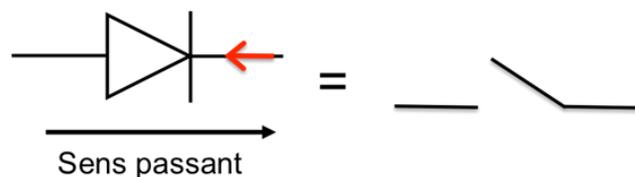


Figure 23: schéma diode idéale inverse

Ceci n'étant valable qu'au niveau idéal, dans la pratique il y a une tension aux bornes de la diode égale à 0,6V pour les diodes constituées de silicium (Si) lorsque la diode est passante.

Il existe différents types de diodes comme par exemple les diodes ZENER, ou VARICAP. L'une des plus connue est la diode électroluminescente (DEL ou LED), utilisée dans l'éclairage ou en tant que témoin de lumière.

Les diodes de redressement sont quant à elles utilisées dans des domaines tels que les machines à courant continu. Elles font office d'interface entre le secteur et l'alimentation de la machine. Ces diodes vont être particulièrement intéressantes dans notre projet comme nous allons le voir.

Domaine d'utilisation

Les diodes classiques sont utilisées dans la logique binaire, ou d'usage général mais n'acceptent pas de grosses puissances comme par exemple des puissances utilisées dans des alimentations, ces diodes vont intervenir dans des circuits de commande.

D'autres types de diode, les **diodes de redressement**, permettent de redresser des signaux de grandes et de moyennes puissances. Cet aspect va nous intéresser pour notre projet, en l'occurrence nous allons chercher à transformer une tension alternative en tension continue, cela constitue la première étape de la réalisation de l'alimentation. Il existe des redressements **mono-alternance** et **bi-alternance**.

Le redressement bi-alternance

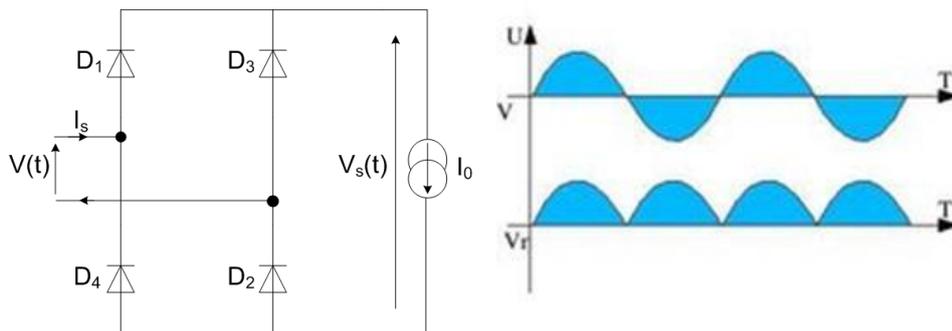


Figure 25: pont de graëtz avec signal redressé

Le pont de graëtz est utilisé dans le redressement **bi-alternance**, c'est-à-dire que chaque branche du pont (D1+D2, ou D3+D4) va à tour de rôle redresser une alternance du signal, on va donc avoir un signal totalement redressé.

Les diodes fonctionnent par paires, en effet au début, seul les diodes D1 et D2 vont conduire l'alternance positive du signal. Ensuite lorsque l'on arrive à l'alternance négative du signal, les diodes D3 et D4 prennent le relai et du fait des caractéristiques de la diode vont redresser le signal pour le faire alterner du côté positif. On obtient ainsi le second signal ci-dessus avec seulement des alternances positives.

Le redressement mono-alternance

C'est le même principe que le redressement bi-alternance sauf que l'on ne redresse pas sur la totalité du signal.

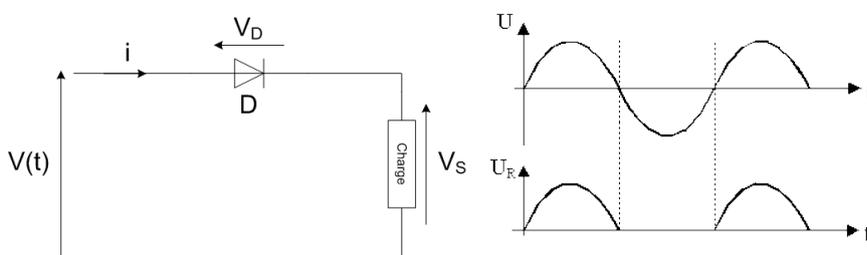


Figure 26: Schéma du montage mono alternance avec représentation graphique

Ce montage est beaucoup plus simple que celui du montage bi-alternance, mais l'amplitude de la tension de sortie sera amoindrie lorsque l'on va vouloir lisser celle-ci. Effectivement on a qu'une seule alternance pour une période du signal, donc on divise par deux l'amplitude du signal lissé. Il est donc moins utilisé du fait de son efficacité moindre par rapport au montage bi-alternance.

5.2. Filtrage et lissage de l'alimentation

Le filtrage et le lissage sont les deux dernières étapes de la réalisation de l'alimentation stabilisée de notre amplificateur audio. On peut considérer que ces deux étapes ne forment qu'une seule et même étape, car elles se font en même temps et par les mêmes composants.

Le signal d'entrée du montage de filtrage est le signal redressé qui sort du pont de grätz, on va alors chercher à lisser cette tension pour se rapprocher au maximum d'une tension continue. Pour cela on va utiliser un composant : **le condensateur**.

Le condensateur est constitué de deux armatures conductrices séparés par un isolant (souvent l'air), cela forme un réservoir de charges électriques appelées **électrons** qui se déposent entre les deux armatures au moment de la charge et qui sont renvoyés dans le circuit lors de la décharge. Le principe est le suivant, les condensateurs vont être les composants qui vont se charger lorsqu'une tension va leur être appliquée. Ils vont ainsi emmagasiner cette tension et une fois qu'elle va avoir atteint son point maximum, elle va redescendre en amplitude. C'est ici que le condensateur intervient.

En effet celui-ci va alors se décharger, additionnant sa tension à celle du signal redressé provoquant le « **lissage** » de la tension comme on le voit sur le schéma ci-dessus. Ce phénomène se répète ainsi sur chaque alternance nous rapprochant de la forme d'une tension continue, cette forme varie avec le condensateur que l'on emploie. Les ondulations sont dues au dimensionnement du condensateur utilisé, il est donc primordial de bien dimensionner notre condensateur.

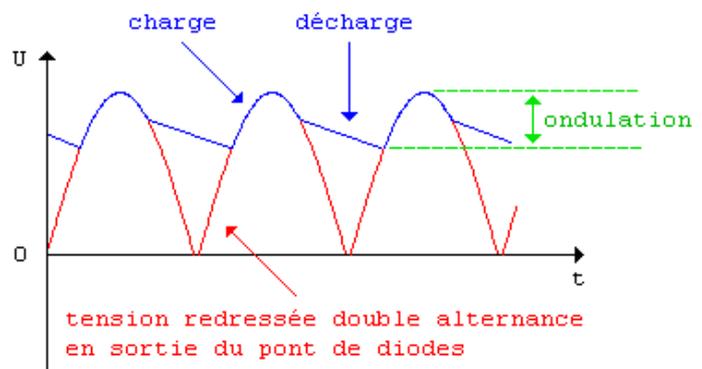


Figure 27: Représentation graphique du lissage de la tension

Notre but étant d'avoir le moins d'ondulations possible et pour cela il est nécessaire d'utiliser des condensateurs de grandes capacités.

Nous pouvons déterminer cette capacité grâce à la relation suivante :
(Schémasélectroniques.blogspot, s.d.)

$$C = \frac{I}{\Delta U * f}$$

C -> Capacité du condensateur

I -> Courant dans le condensateur

ΔU -> Ondulation de tension admissible

Pour un courant maximum de 2A, une fréquence de 100Hz, et une ondulation admissible de 1V on obtient une capacité de 20 000 μF , ceci pour une des deux alimentations.

Bien sûr ici on se place au maximum de l'efficacité de notre alimentation, et on placera plusieurs condensateurs en parallèles pour obtenir 20 000 μF , car les condensateurs de faible valeur sont plus faciles à trouver et sont moins chers que les grandes valeurs. Il faut également penser à adapter la tension aux bornes des condensateurs, selon le condensateur celui-ci n'accepte qu'un domaine de tension bien précis, au-delà il risque d'exploser.

Ici on a prévu une tension de +20V, on doit donc prendre au minimum un condensateur dont la tension maximum supportée est de +25V.

Voici le schéma du montage de la carte d'alimentation :

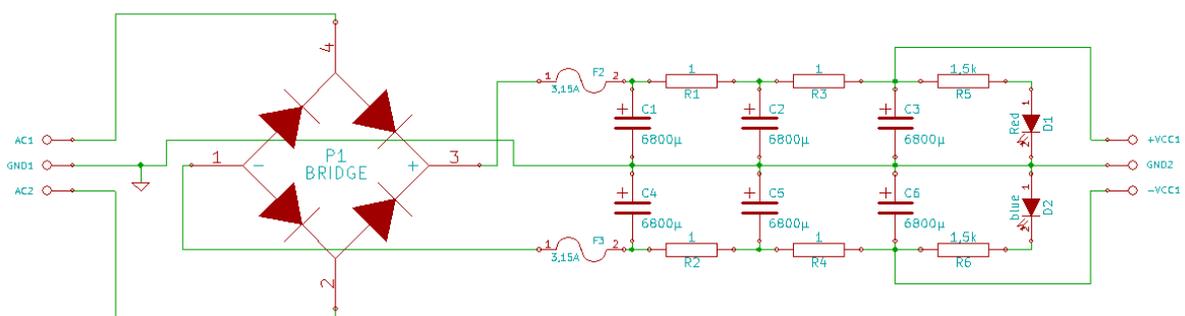


Figure 28: schéma carte alimentation

On y voit les deux entrées alternatives avec la masse. Nous avons utilisé un transformateur à point milieu qui permet directement de redresser une tension négative et une tension positive, alors qu'il faut utiliser deux transformateurs classiques pour avoir deux tensions à redresser.

L'entrée est une tension alternative de 15V efficaces. On a donc 21,21 Volts au maximum de l'alternance du signal. Quand on filtre la tension, on obtient une tension continue égale au maximum de la tension alternative, moins les pertes dues aux tensions de seuil des diodes.

$$\text{On a alors } V_s = V_{e_{max}} - \text{pertes}_{\text{diodes}} = 21,2 - 2 \times 0,6 = 20V$$

On a placé des fusibles de 3,15A protégeant le montage contre des surintensités.

Les condensateurs de 6800µF filtrent la tension redressée, les coupler avec les résistances de 1 Ω permet de réaliser un filtre passe-bas du 2^{ème} ordre de fréquence de coupure très basse (24hz) pour supprimer les composantes alternatives du signal redressé.

Les dernières résistances de 1,5kΩ servent à limiter le courant dans les LED de témoin.

Conclusion

Au cours de ce projet, nous avons étudié tous les aspects d'un amplificateur audio afin de pouvoir en réaliser un nous-même. Pour cela il fallait avoir des notions dans le domaine des alimentations, qui est la base de notre montage car elle assure la stabilité de celui-ci.

Ensuite nous avons vu le filtrage, qui concerne le signal d'entrée, ce qui nous a permis de mettre en évidence les différents phénomènes auditifs comme par exemple la mise en avant des basses ou d'une autre fréquence. Cet étage était également nécessaire pour filtrer les bruits présents dans le signal d'entrée.

Enfin, nous avons étudié l'étage d'amplification qui est le cœur de notre projet, et qui est le plus difficile à étudier. En effet il existe beaucoup de façons d'effectuer une amplification pour un signal. Nous avons décidé d'allier le TDA et deux transistors pour nous fournir la puissance désirée sans endommager le circuit. Nous sommes donc restés longtemps sur la partie théorique de l'amplificateur, notamment sur le choix des composants à adopter.

On a été confronté à des problèmes de chaleur pour notre amplificateur audio qui n'est que de 40W. Nous avons donc posé un dissipateur de chaleur. Plus l'amplificateur audio est de grande puissance plus il va dégager de chaleur, c'est d'autant plus vrai si jamais il est mal dimensionné.

Les pollutions du signal traversant l'amplificateur sont un vrai problème qui n'est pas évident à aborder et à résoudre.

Résumé

Dans ce développement nous avons étudié la manière de faire un amplificateur audio de bonne qualité en prenant toutes les précautions nécessaires.

Tout d'abord l'alimentation, étape cruciale pour la réalisation du projet car le montage résulte d'une bonne alimentation. Celle-ci se fait en trois étapes, avec en premier la transformation du signal du secteur. Ensuite le redressement grâce au pont de diodes. Et enfin le lissage avec les condensateurs pour obtenir au final une tension symétrique continue +20V/-20V.

En deuxième partie nous avons vu la carte de filtrage, qui va servir à conditionner le signal d'entrée, c'est-à-dire le signal qui sort du support amovible. En particulier il s'agira en premier lieu d'enlever la composante continue (s'il y en a une), issue de certains supports amovibles, ainsi que les bruits, qui sont des signaux indésirables pour le signal. En second lieu cette carte aura pour but de modifier les fréquences admissibles, pour le signal audio. Cela a pour but d'augmenter ou diminuer les basses par exemple, en outre on joue sur la qualité du signal.

Finalement nous avons la carte de l'amplificateur audio, celle-ci va traiter le signal afin de l'amplifier et le faire ressortir jusqu'aux enceintes. Pour cela nous avons utilisés un TDA et les transistors complémentaires, ce qui permet d'avoir une bonne amplification, et une bonne répartition des tâches (le TDA ne réalise pas la totalité des opérations). La chaleur a aussi été abordée, le TDA et les transistors étant des composants qui chauffent on a posé un dissipateur de chaleur afin de pallier à une surchauffe.

Bibliographie

H@Mexam, s.d. *Les diodes et le redressement de*. [En ligne]
Available at: <http://exam2ham.free.fr/donnees/diodes.html>
[Accès le 19 12 2013].

Nina67, s.d. *Astuces Pratiques*. [En ligne]
Available at: <http://www.astuces-pratiques.fr/electronique/correcteur-de-basses-schema-ultra-simple>
[Accès le 19 12 2013].

Schémasélectroniques.blogspot, s.d. *Le filtrage*. [En ligne]
Available at: <http://schemas-electronique.blogspot.fr/2012/07/le-filtrage-principe-ronflement-calcul.html>
[Accès le 19 12 2013].

Sonelec, s.d. *Sonelec musique*. [En ligne]
Available at: http://www.sonelec-musique.com/connectique_cables_transitions.html
[Accès le 19 12 2013].

Sonelec, s.d. *Théorie sur les transistors*. [En ligne]
Available at: http://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_transistor.html
[Accès le 19 12 2013].

Index des mots clefs

Amplification : L'amplification d'un signal électrique consiste à augmenter l'amplitude de ce signal en gardant ces caractéristiques. Elle s'effectue par l'intermédiaire d'un amplificateur.

Composant passif: un composant passif est un composant qui n'augmente pas la puissance du signal, il agit juste sur la forme.

Composant actif: le composant actif lui permet d'augmenter la puissance d'un signal, comme par exemple les semi-conducteurs (transistor...).

Redressement : passer l'amplitude d'un signal du négatif au positif.

Lissage : transformer un signal ondulatoire en signal continu.

TDA: circuit intégré permettant de réaliser de l'amplification de signaux.

Transistor: c'est un composant tripolaire (trois électrodes) qui permet de contrôler un courant ou une tension et est souvent utilisé pour l'amplification ou la commutation (interrupteur).

Condensateur: c'est un composant passif à deux broches constitué de deux armatures conductrices séparées par un isolant.

Transformateur: c'est une machine électrique qui permet de modifier les grandeurs alternatives électriques qu'on lui applique pour s'adapter au montage qui se trouve en aval.

AOp: Amplificateur opérationnel, c'est un composant actif beaucoup utilisé en électronique.

Boucle de contre réaction: bouclage électrique nécessaire au fonctionnement linéaire d'un AOp.

Grandeur alternative: grandeur dont la valeur moyenne vaut 0. Par abus de langage on a parlé de signaux alternatifs pour les signaux audio, qui ne sont pas des signaux qualifiables d'alternatifs.

Grandeur continue: grandeur qui ne change pas dans le temps.

Diagramme de Bode: C'est un diagramme fréquentiel utilisé en électronique.

Harmoniques: Les harmoniques sont des composantes sinusoïdales pures d'un signal. Tout signal électrique est constitué d'harmoniques.

Table des illustrations

Figure 1: prise jack 3.5mm	8
Figure 2: schéma jack 3.5mm	8
Figure 3: connections jack	8
Figure 4: amplification d'un signal alternatif / amplification d'un signal alternatif avec composante continue.....	9
Figure 5: schéma condensateur liaison	9
Figure 6: filtre passe-bas actif	10
Figure 7: diagramme de Bode du gain du filtre actif passe-bas	11
Figure 8: schéma interrupteur filtre.....	11
Figure 9: comparatif Transistor / Circuit intégré.....	12
Figure 10: dessin TDA2030A.....	13
Figure 11: schéma AOp	13
Figure 12: schéma TDA2030A	13
Figure 13: contre-réaction.....	13
Figure 14: TDA + découplage.....	14
Figure 15: réseau de Boucherot	15
Figure 16: transistors de puissance	15
Figure 17: schéma transistor	15
Figure 18: montage classe AB	16
Figure 19: schéma montage final	17
Figure 20: exemple taille dissipateur	18
Figure 21 Transformateur	19
Figure 22: schéma diode	20
Figure 23: schéma diode idéale inverse	20
Figure 24: schéma diode idéale.....	20
Figure 25: pont de graëtz avec signal redressé	21
Figure 26: Schéma du montage mono alternance avec représentation graphique	21
Figure 27: Représentation graphique du lissage de la tension	22
Figure 28: schéma carte alimentation.....	23

Annexes

Planning prévisionnel et réel

Semaine	37	38	39	40	41	42	43	45	46	47	48	49	50	51	02	03
Étude théorique sur la carte de filtrage	■	■														
Étude théorique sur l'amplificateur			■	■	■	■										
Étude théorique sur l'alimentation							■									
Réalisation de l'alimentation et de la carte de filtrage								■	■							
Réalisation de l'amplificateur										■	■	■				
Tests et vérifications												■	■	■		
Rédaction du dossier														■		

Légende :

■ Planning prévisionnel
■ Planning réel

Suivi du projet

On a eu du mal à respecter le planning prévisionnel, à cause de difficultés sur la compréhension de l'amplificateur, et également sur les tests de celui-ci qui ont été difficiles.

Cela nous a fait douter sur la finalité de ce projet, nous avons alors envisagé de changer de montage amplificateur, mais cette procédure nous aurait mis encore plus en retard sur notre planning prévisionnel.

Nous avons donc persévéré sur notre montage amplificateur actuel, qui fonctionne sur plaque de test mais a des difficultés à fonctionner sur plaque gravée, probablement à cause de problème de compatibilité électromagnétique.

Nous espérons que cette carte gravée fonctionne correctement le jour de la soutenance, afin de pouvoir présenter un montage fonctionnel et bien mené à notre jury.



TDA2030A

18 W hi-fi amplifier and 35 W driver

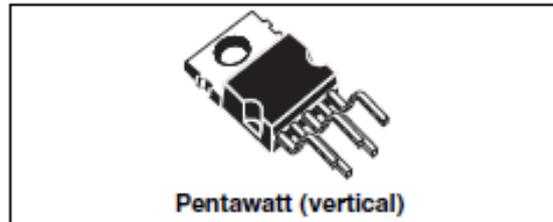
Features

- Output power 18 W at $V_S = \pm 16\text{ V} / 4\ \Omega$ with 0.5% distortion
- High output current
- Very low harmonic and crossover distortion
- Short-circuit protection
- Thermal shutdown

Description

The TDA2030A is a monolithic IC in a Pentawatt package intended for use as a low-frequency class-AB amplifier.

With $V_{S\text{max}} = 44\text{ V}$ it is particularly suited for more reliable applications without regulated supply and for 35 W driver circuits using low-cost complementary pairs.

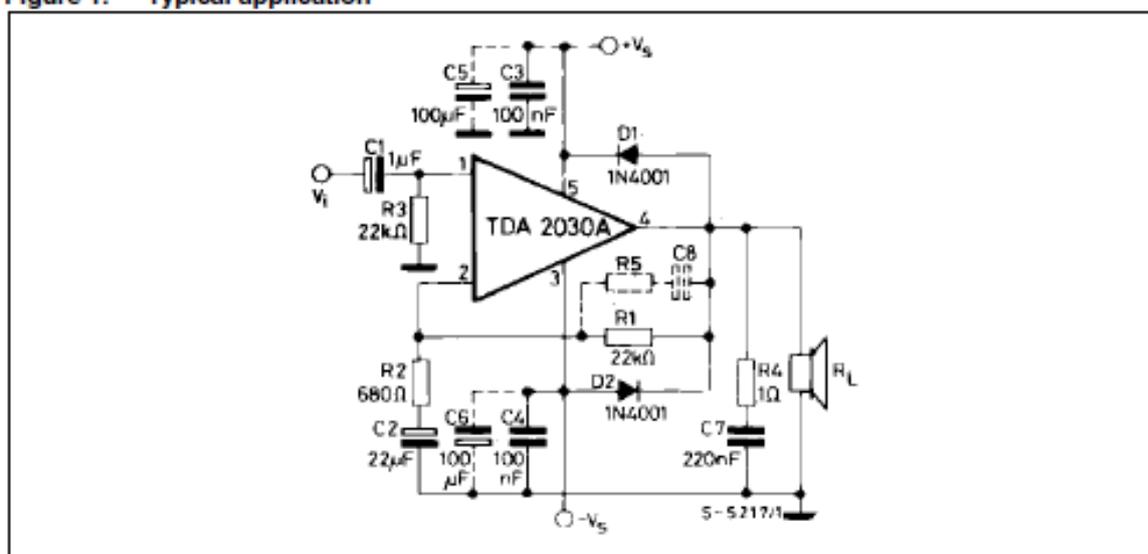


The TDA2030A provides high output current and has very low harmonic and crossover distortion. The device incorporates a short-circuit protection system comprising an arrangement for automatically limiting the dissipated power so as to keep the operating point of the output transistors within their safe operating range. A conventional thermal shutdown system is also included.

Table 1. Device summary

Order code	Package
TDA2030AV	Pentawatt (vertical)

Figure 1. Typical application



1 Device overview

Figure 2. Pin connections (top view)

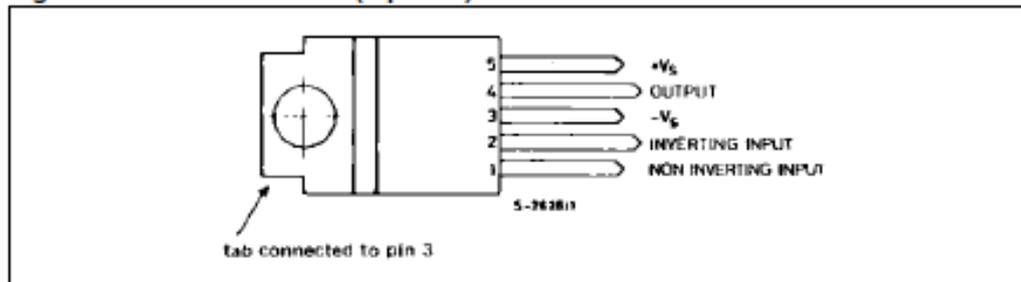


Figure 3. Test circuit

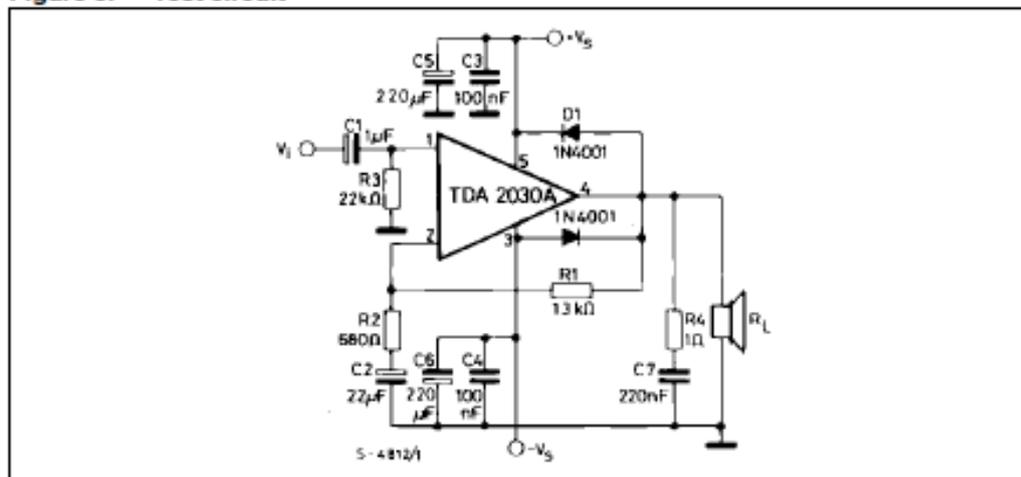


Table 2. Thermal data

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{th(j-case)}$	Thermal resistance junction-case	max. 3	°C/W

Table 3. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply voltage	± 22	V
V_i	Input voltage	V_s	
V_i	Differential Input voltage	± 15	V
I_o	Peak output current (Internally limited)	3.5	A
P_{tot}	Total power dissipation at $T_{case} = 90\text{ °C}$	20	W
T_{stg}, T_j	Storage and junction temperature	- 40 to + 150	°C

Circuit à base de TDA + paire transistors de puissance

TDA2030A

Device overview

Figure 15. Single-supply high-power amplifier (TDA2030A + BD907/BD908)

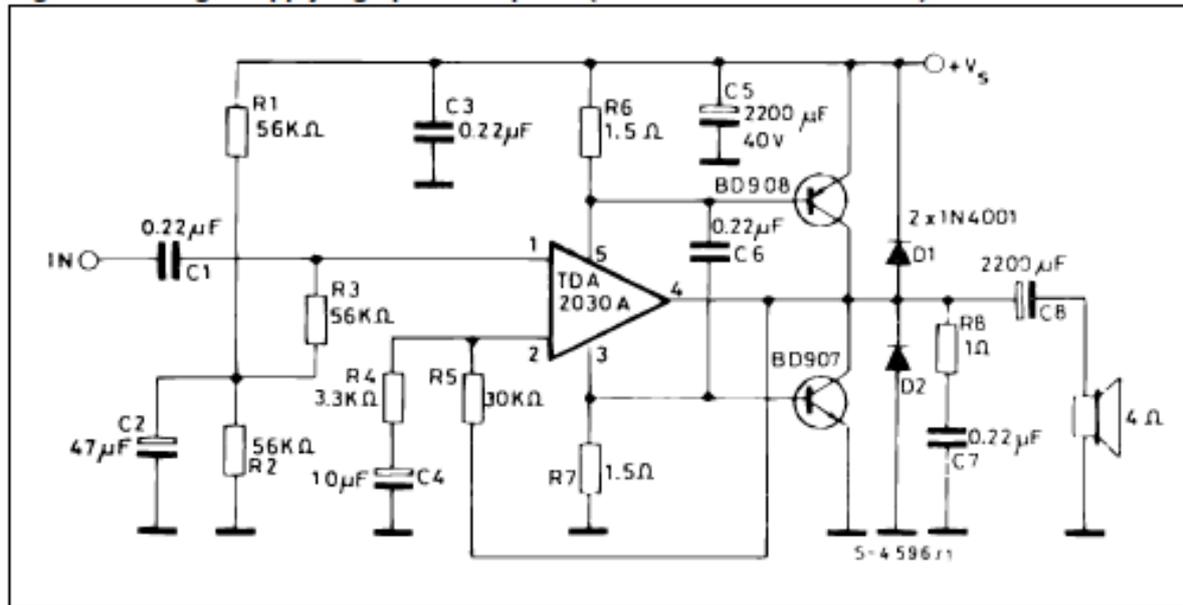
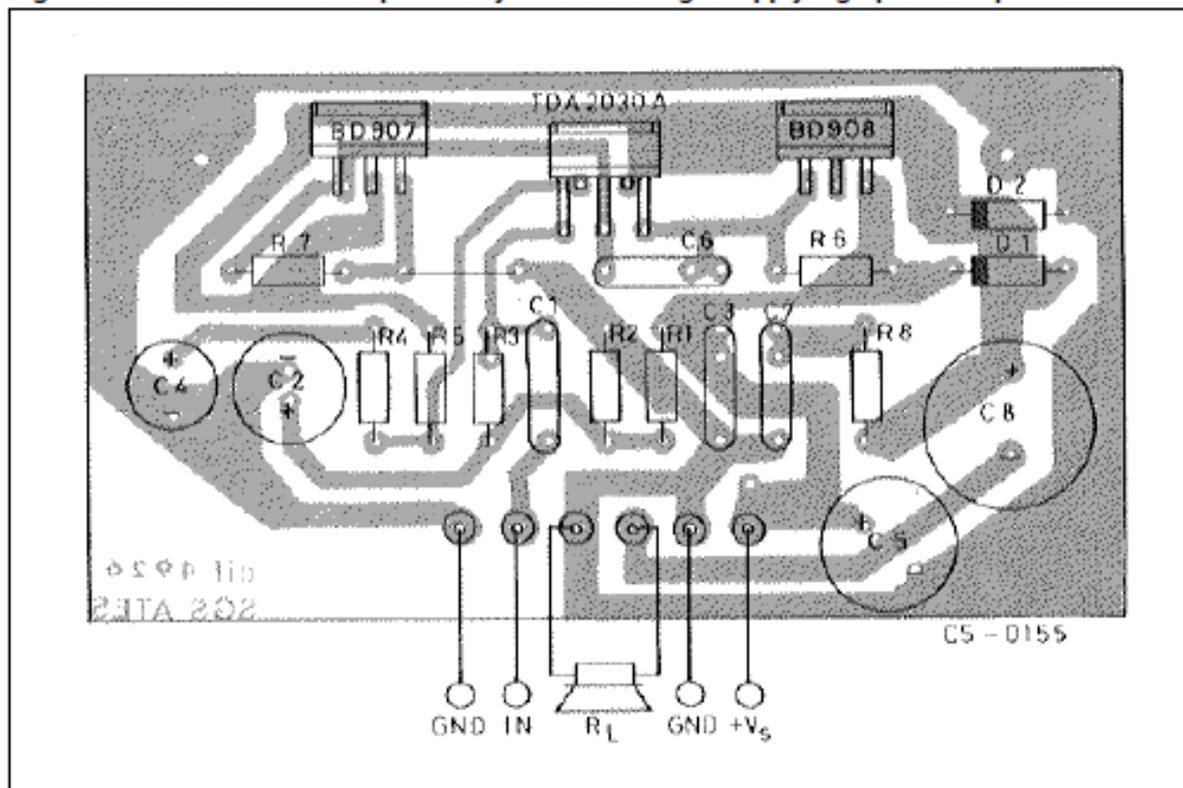


Figure 16. PC board and component layout for the single-supply high-power amplifier



COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

- SGS-THOMSON PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY PNP - NPN DEVICES

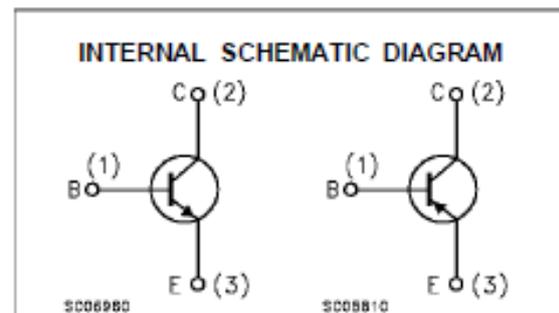
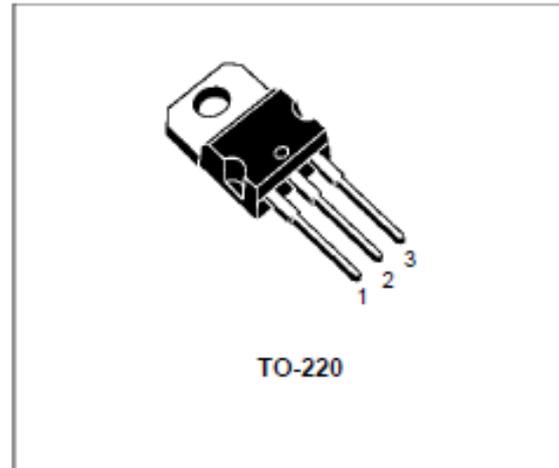
APPLICATION

- LINEAR AND SWITCHING INDUSTRIAL EQUIPMENT

DESCRIPTION

The BD707, BD709, and BD711 are silicon epitaxial-base NPN power transistors in Jedec TO-220 plastic package, intended for use in power linear and switching applications.

The complementary PNP types are BD708, BD710, and BD712 respectively.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit	
		NPN	BD707	BD709		BD711
		PNP	BD708	BD710		BD712
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)		60	80	100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage ($V_{BE} = 0$)		60	80	100	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)		60	80	100	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)		5			V
I_C	Collector Current		12			A
I_B	Base Current		5			A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$		75			W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 150			$^\circ C$
T_J	Max. Operating Junction Temperature		150			$^\circ C$

For PNP types voltage and current values are negative

Suite datasheet transistors, autres caractéristiques

BD707/708/709/710/711/712

THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.67	$^{\circ}C/W$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	70	$^{\circ}C/W$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	for BD707/708	$V_{CB} = 60 V$		100	μA	
		for BD709/710	$V_{CB} = 80 V$		100	μA	
		for BD711/712	$V_{CB} = 100 V$		100	μA	
		$T_{case} = 150^{\circ}C$					
		for BD707/708	$V_{CB} = 60 V$		1	mA	
		for BD709/710	$V_{CB} = 80 V$		1	mA	
for BD711/712	$V_{CB} = 100 V$		1	mA			
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	for BD707/708	$V_{CE} = 30 V$		100	mA	
		for BD709/710	$V_{CE} = 40 V$		100	mA	
		for BD711/712	$V_{CE} = 50 V$		100	mA	
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5 V$			1	mA	
$V_{CE(sus)}^*$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 100 mA$	for BD707/708 for BD709/710 for BD711/712	60 80 100		V V V	
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4 A$	$I_B = 0.4 A$		1	V	
V_{CEK}^*	Knee Voltage	$I_C = 3 A$	$I_B = **$		0.4	V	
V_{BE}^*	Base-Emitter Voltage	$I_C = 4 A$	$V_{CE} = 4 V$		1.5	V	
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 0.5 A$	$V_{CE} = 2 V$	40	120	400	
			$V_{CE} = 2 V$				
		$I_C = 2 A$	for BD707/708	30			
			for BD709/710	30			
		$I_C = 4 A$	$V_{CE} = 4 V$				150
			for BD707/708	15		150	
for BD709/710	15			150			
$I_C = 10 A$	for BD711/712	15		150			
	$V_{CE} = 4 V$						
	for BD707/708	5	10				
	for BD709/710		8				
	for BD711/712		8				
f_T	Transition frequency	$I_C = 300 mA$	$V_{CE} = 3 V$	3		MHz	

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %

** Value for which $I_C = 3.3 A$ at $V_{CE} = 2V$.

For PNP types voltage and current values are negative.

Nomenclature

Résistances

Quantité	Valeur
4	1Ω 7W
4	10k 1/4W
2	1,5kΩ 1/4W
1	1Ω 1/4W
1	100kΩ 1/4W
1	8,2kΩ 1/4W
4	1,40Ω 3W
1	100k variable double

Condensateurs

Quantité	Valeur (Vmax > 25V)
6	6800μF polarisé
2	220μF polarisé
2	100nF non polarisé
2	220nF non polarisé
2	1μF non polarisé

Autres composants

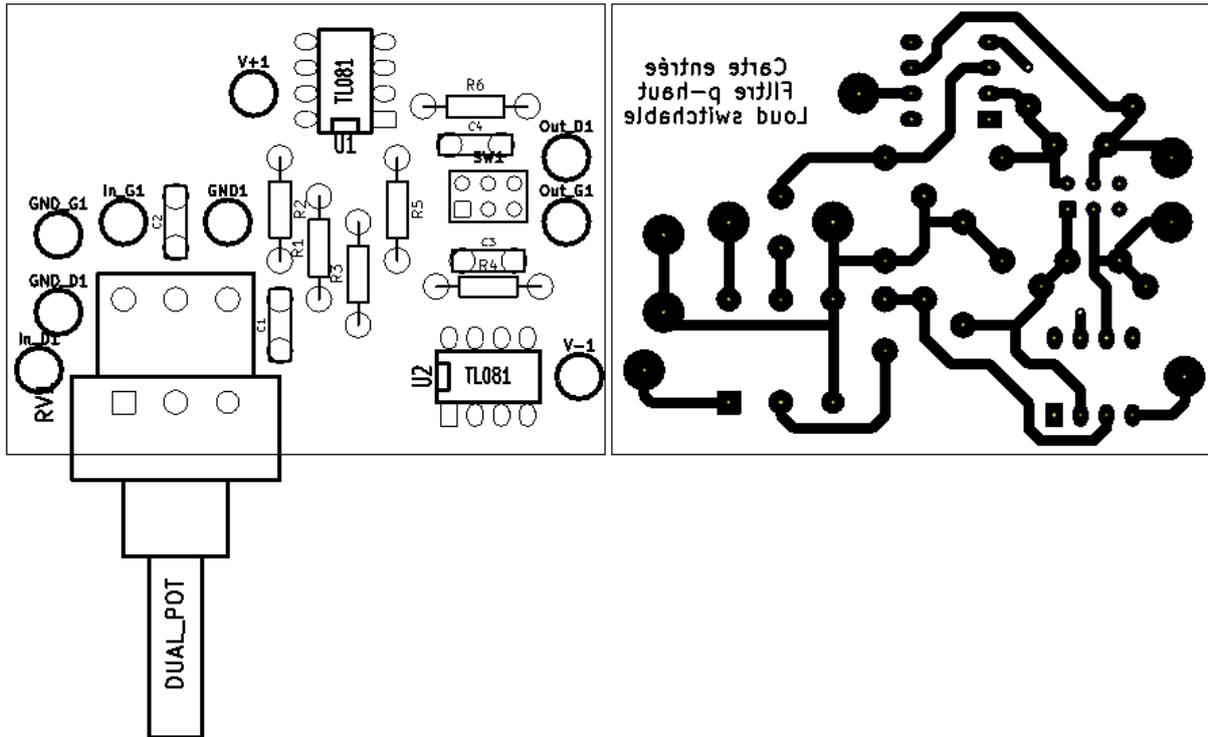
Quantité	Valeur
2	Fusibles 3,15A
2	Diode 1N4007
1	Pont de diodes (ou 4 diodes)

Composants actifs

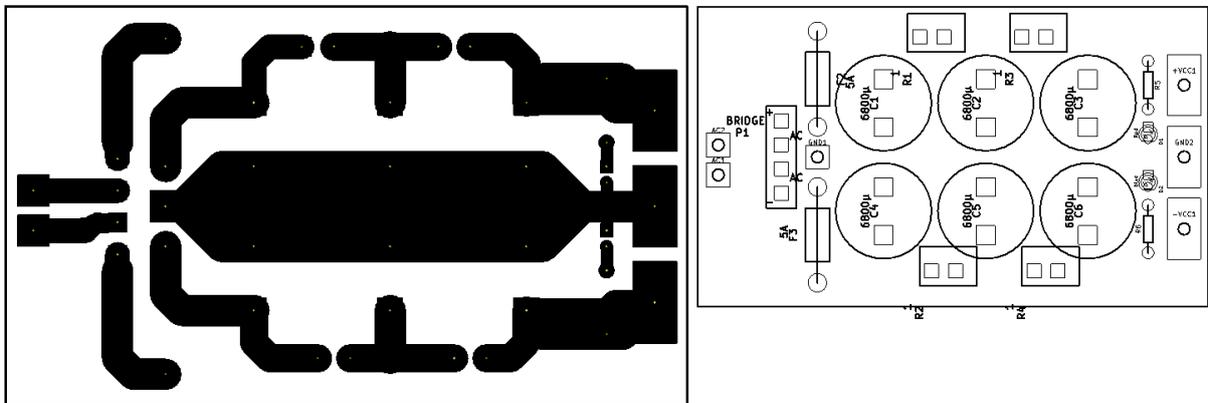
Quantité	Désignation
1	TDA2030A
1	BD711
1	BD712
1	TL071

Typons

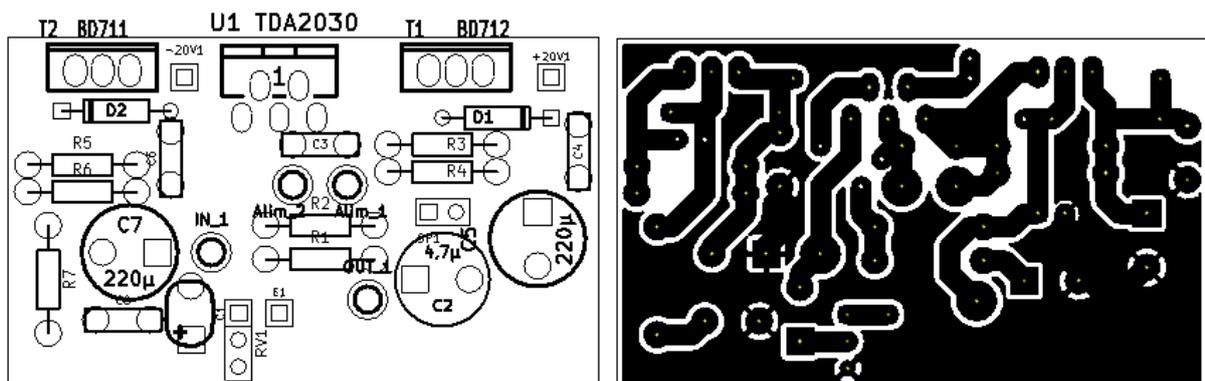
Carte d'entrée



Carte d'alimentation



Carte d'amplification (à faire en double)





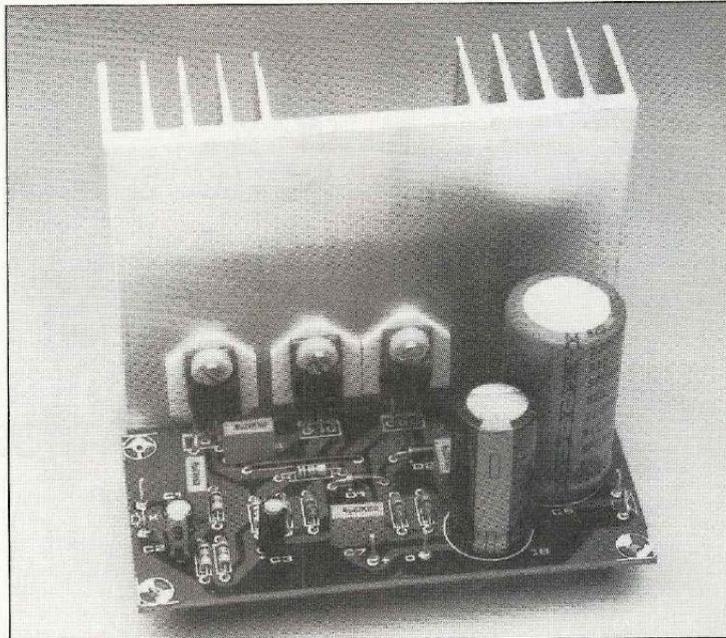
AMPLIFICATEUR MODULAIRE DE 40 W

Si l'on a besoin de petits amplificateurs de sortie compacts, fournissant une puissance moyenne — pour une utilisation dans une enceinte active par exemple — on peut toujours porter son choix sur un module hybride dont il existe des dizaines d'exemplaires (tels que ceux de la série STK de Sanyo, Sanken, etc).

Bien qu'ils soient d'une qualité irréprochable et qu'il en existe de très nombreux modèles, ces modules ont cependant l'inconvénient d'être relativement chers, caractéristique qui ne manquera pas de refroidir l'enthousiasme tout neuf d'un amateur potentiel d'une telle réalisation. Il existe, pour celui qui veut à tout prix fabriquer lui-même son amplificateur, une alternative fort acceptable, tant du point de vue de sa compacité, que de ceux de son prix et de ses caractéristiques techniques (récapitulées dans le **tableau joint**).

Après ces propos élogieux, venons-en au circuit.

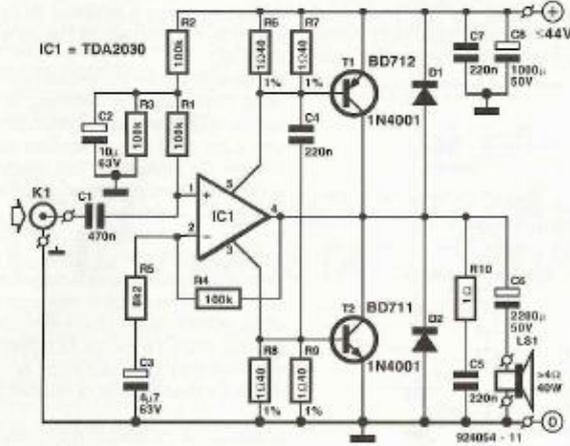
En présence d'un signal audio à l'entrée de l'amplificateur de puissance IC1, on aura, selon la demi-période concernée, circulation entre la sortie de IC1, sa broche 4, et la masse, d'un courant, passant par le haut-parleur d'une part et par les résistances R6/R7 ou R8/R9 de l'autre. Tant que l'intensité du courant est faible,



c'est-à-dire inférieure à 1 A, la chute de tension aux bornes de ces résistances est si faible que la tension présente sur les jonctions base-émetteur des transistors

T1 et T2, pris respectivement en parallèle sur les dites paires de résistances, est insuffisante pour faire entrer ces transistors en conduction. Dans ce domaine, qui cor-

juillet/août 1992



respond à une tension de crête de 4 V dans 4 Ω, soit 2 W – si si c'est bien cela puisque l'on travaille avec des valeurs efficaces), c'est donc l'amplificateur intégré qui effectue tout le travail.

Dès que le courant de charge dépasse 1 A, les transistors entrent en conduction fournissant le courant additionnel que l'amplificateur n'est plus lui-même à même de produire. Il ne circule pas, lorsque le niveau du signal appliqué à l'entrée de l'amplificateur est faible, de courant de repos à travers les transistors. Sachant cependant que l'amplificateur comporte une source de courant de repos interne, il n'y a pas de risque de distorsion d'intermodulation même lorsque le courant de collecteur se met à augmenter. Comme on a, de plus, un suivi en température du réglage du courant de repos interne, il n'y a aucune raison de se faire du soucis quant au réglage de ce courant de repos et à sa stabilité. Ceci ne peut que faciliter la réalisation du montage et garantir une bonne reproductibilité des caractéristiques observées.

Les composants dont nous n'avons pas encore parlé remplissent des fonctions classiques de découplage ou de stabilisation. Le circuit se caractérise par une plage de tensions d'alimentation remarquablement étendue, allant de 12 à 44 V – il ne saurait cependant être question de dépasser cette valeur limite de 44 V. Il va sans dire que la puissance de sortie varie proportionnellement à la valeur de la tension d'alimentation.

La mise en place des composants sur le circuit imprimé dont nous vous proposons la sérigraphie de l'implantation des composants en figure 2, n'appelle pas de remarque spéciale – tirade classique pensez-vous, et pourtant c'est bien comme cela. Le circuit intégré et les transistors seront montés sur un radiateur ayant une résistance thermique R_{th} de 2 K/W au maximum en veillant à leur isolation; on utilisera de préférence des plaquettes de céramique dotées d'un rien de pâte thermoconductrice. La protection du module se fera à l'aide d'un fusible de 3,15 A pris dans la ligne d'alimentation.

application SGS-Thomson

Caractéristiques techniques :
(Toutes valeurs mesurées à une tension d'alimentation de 44 V)

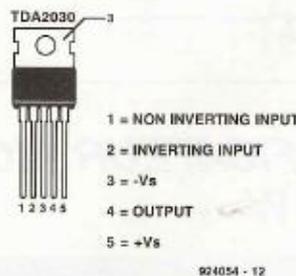
Puissance de sortie maximale :
à 0,1% de DHT) 22 W dans 8 Ω
40 W dans 4 Ω

Distorsion harmonique et bruit :

1 kHz, 8 Ω,	11 W	0,012 %
1 kHz, 4 Ω, 20 W		0,032 %
20 kHz, 8 Ω, 11 W		0,074 %
20 kHz, 4 Ω, 20 W		0,2 %
1 kHz, 8 Ω, 1 W		0,038 %
1 kHz, 4 Ω, 1 W		0,044 %

Courant de repos : 38 mA environ

Rendement à pleine modulation :
sous 8 Ω 62,5 %
sous 4 Ω 64,0 %



924054 - 12

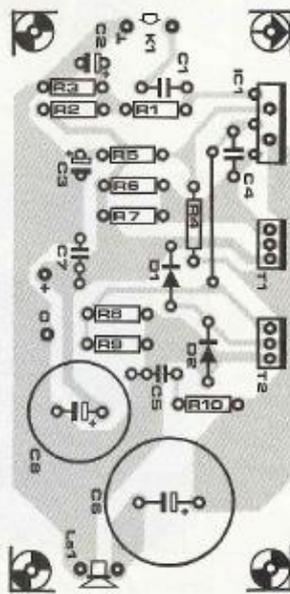
Liste des composants

Résistances :
R1 à R4 = 100 kΩ
R5 = 3kΩ2
R6 à R9 = 10kΩ 1%
R10 = 1 Ω

Condensateurs :
C1 = 470 nF
C2 = 10 µF/63 V radial
C3 = 4µF7/63 V radial
C4, C5, C7 = 220 nF
C6 = 2 200 µF/50 V radial
C8 = 1 000 µF/50 V radial

Semi-conducteurs :
D1, D2 = 1N4001
T1 = BD712
T2 = BD711
IC1 = TDA2030

Divers :
K1 = embase cinch
radiateur $R_{th} < 2$ K/W
matériel d'isolation (céramique) pour IC1, T1 et T2



Pour tous vos problèmes,
électroniques bien entendu,
confiez-vous au serveur
d'Elektor
en faisant sur votre Minitel
le 3615
+
Elektor