



REMAUD Simon
RAFAILAC Maxime
2009 - Q2
2007-2009

Enseignants
LEQUEU Thierry
GLIKSOHN Bernard

Université François-Rabelais de Tours
Institut Universitaire de Technologie de Tours
Département Génie Électrique et Informatique Industrielle

UNIVERSITE FRANCOIS-RABELAIS
TOURS



Institut Universitaire de Technologie

Département
GENIE ELECTRIQUE ET
INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Amplificateur audio 12 Volts

REMAUD Simon
RAFAILLAC Maxime
2009 - Q2
2007-2009

Enseignants
LEQUEU Thierry
GLIKSOHN Bernard

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 5 |
| 1. Cahier des charges du projet..... | 6 |
| 1.1. Origine du projet..... | 6 |
| 1.2. Descriptions des fonctions principales..... | 6 |
| 1.3. Finalité du produit..... | 6 |
| 1.4. Contraintes..... | 7 |
| 1.4.1. Alimentation..... | 7 |
| 1.4.2. Connexions variées..... | 7 |
| 1.4.3. Matériel disponible..... | 8 |
| 1.4.4. Réglages..... | 8 |
| 1.4.5. Boîtier..... | 8 |
| 1.4.6. Budget..... | 8 |
| 1.4.7. Planning prévisionnel et planning réel..... | 9 |
| 2. Analyse technique du produit..... | 10 |
| 2.1. L'amplificateur de puissance..... | 10 |
| 2.1.1. Le circuit intégré TDA1562Q..... | 10 |
| 2.1.2. Montage amplificateur de puissance..... | 12 |
| 2.1.3. Création..... | 13 |
| 2.2. Le préamplificateur..... | 14 |
| 2.2.1. Les connexions..... | 14 |
| 2.2.2. L'utilité d'un préamplificateur..... | 15 |
| 2.2.3. Le gain de la source guitare..... | 16 |
| 2.2.4. La pré-amplification de la source MP3..... | 18 |
| 2.3. Schéma fonctionnel de niveau 2..... | 20 |
| 2.4. Schéma structurel..... | 21 |
| 2.5. Nomenclature..... | 23 |
| 3. Améliorations envisageables..... | 24 |
| 3.1. Qualité des enceintes..... | 24 |
| 3.2. Stéréo..... | 24 |
| 3.3. Equalisation..... | 24 |
| 3.4. Connexions supplémentaires..... | 25 |
| 3.5. Amélioration du rendement..... | 25 |
| Conclusion..... | 26 |
| Index des illustrations..... | 27 |
| Bibliographie..... | 28 |
| Annexe: Datasheet TDA 1562Q..... | 29 |

Université François-Rabelais de Tours
Institut Universitaire de Technologie de Tours
Département Génie Électrique et Informatique Industrielle

UNIVERSITE FRANCOIS-RABELAIS
TOURS



Institut Universitaire de Technologie

Département
GENIE ELECTRIQUE ET
INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

REMAUD Simon
RAFAILLAC Maxime
2009 - Q2
2007-2009

Enseignants
LEQUEU Thierry
GLIKSOHN Bernard

Introduction

Nous avons choisi, au cours de ce 4^{ème} semestre, de développer un amplificateur audio. En effet, afin de participer au développement du club de karting de l'IUT, e-Kart, il était envisagé de créer un auto-radio fonctionnant à partir de la prise allume cigare du karting, dans le but de participer au salon du tuning.

Cette étude nous a attiré car, depuis le début de notre formation à l'IUT, nous apprécions l'étude du son, en particulier, le traitement du signal. Pour présenter et expliquer au mieux ce travail d'étude et réalisation, nous diviserons ce rapport en trois principales parties. Tout d'abord le cahier des charges fonctionnel, pour comprendre le but de ce projet et ses contraintes. Ensuite l'analyse technique de notre produit. Puis enfin toutes les améliorations possibles de ce projet pour permettre à d'autres étudiants de le développer plus en détails.

1. Cahier des charges du projet

Dans cette première partie nous allons définir les besoins de ce projet et les contraintes auxquelles nous avons été confrontés.

1.1. Origine du projet

Ce projet nous a été proposé par M. Thierry LEQUEU dans le cadre des travaux d'études et réalisations au programme du semestre 4 de notre D.U.T. de Génie Électrique et Informatique Industrielle. Le sujet nous a tout de suite intéressé puisque nous faisons de la musique depuis de nombreuses années, ainsi le lien entre électronique et musique s'est apparu à nous comme le choix permettant de concilier la passion aux études.

1.2. Descriptions des fonctions principales

Pour mener à bien notre projet nous avons séparé notre approche en trois parties : la caractérisation du type de la source, la préamplification et enfin l'amplification de puissance.

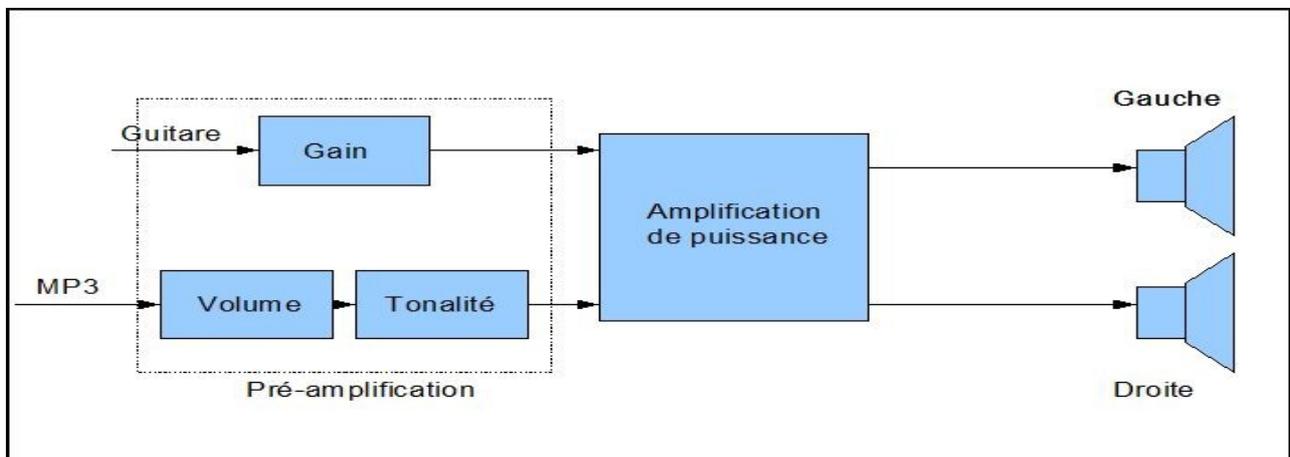


Illustration 1: Fonctions principales [1]

Dans un premier temps nous nous sommes donc attachés à définir les deux types de sources en notre présence, à savoir une source de type lecteur CD ou MP3 et une source de type de guitare. Nous avons ici senti le besoin de modifier le signal avant l'amplification.

La préamplification nous a donc servi à mettre en forme le signal avant d'attaquer l'amplification de puissance, puisqu'il est plus facile et moins dommageable pour le son de le traiter sur des petits signaux. Une fois le signal mis en forme nous arrivons donc à l'amplification qui adapte le signal provenant du préamplificateur au haut-parleur branché en sortie de notre dispositif d'amplification portable.

1.3. Finalité du produit

Le but de ce projet est ici de faire un amplificateur portable que l'on puisse adapter à tout véhicule et ce pour un panel de sources assez vaste. En effet le marché des autoradios est dépourvu de gamme «tout terrain» adaptée à une utilisation démontable et ne nécessitant pas d'installations préalables telles qu'un emplacement autoradio ou des fiches d'alimentation spéciales.

Nous répondons donc à ce besoin en faisant l'étude de notre amplificateur audio alimentable en 12 Volts.

1.4. Contraintes

Dans cette partie nous allons passer en revue les contraintes observées dans le cahier des charges fourni au début du cycle de ce projet.

1.4.1. Alimentation

Nous avons une source d'alimentation compatible avec les fiches allume-cigares que l'on trouve dans les voitures, ces dernière fournissant 12 Volts continus.



Illustration 2: Prise allume-cigare [2]

1.4.2. Connexions variées

Nous concevons une pré amplification adaptée à l'utilisation de périphériques divers: connexions RCA, jacks Ø6,35mm et Ø3,5 mm de sorte à pouvoir brancher un lecteur MP3 ou CD aussi bien qu'une guitare, le tout sélectionnable via un sélecteur. En sortie, une connectique classique, de type enceintes.



Illustration 3:
RCA [3]



Illustration 4:
Mini-jack [3]



Illustration 5:
Jack [4]



Illustration 6:
Bornier enceintes
[1]

1.4.3. Matériel disponible

Nous utilisons une amplification de puissance adaptée aux hauts-parleurs disponibles à l'IUT (4 Ohms, 110 watts), cette amplification sera stéréo en option.



Illustration 7: Hauts-parleurs Pioneer TS-G1001i [5]

1.4.4. Réglages

Pour permettre une écoute de la meilleure qualité possible, il est nécessaire de pouvoir régler le volume des sources et en option proposer une égalisation.

1.4.5. Boîtier

Nous utilisons un boîtier solide pour être transportable sans endommager la partie électronique du système, il n'y a pas de contraintes de taille précises.



Illustration 8: Boîtier métallique [1]

1.4.6. Budget

Le budget qui nous a été confié est de 100 euros ce qui se situe dans la gamme de prix des autoradios à l'heure actuelle. Ce budget n'a pas été atteint car nous n'avons réalisé qu'une seule des deux cartes d'amplification prévues (pour la stéréo en option). La somme de 100 euros est donc justifiée pour la construction d'un amplificateur portable alimenté sous 12 Volts.

1.4.7. *Planning prévisionnel et planning réel*

Pour mener à termes notre projet, il a été nécessaire d'établir un planning prévisionnel, que nous avons essayé de suivre autant que possible.

| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| Étude | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Amplification | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Pré amplification | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Tests | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Wincircuit | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Oral | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Rédaction | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

2. Analyse technique du produit

2.1. L'amplificateur de puissance

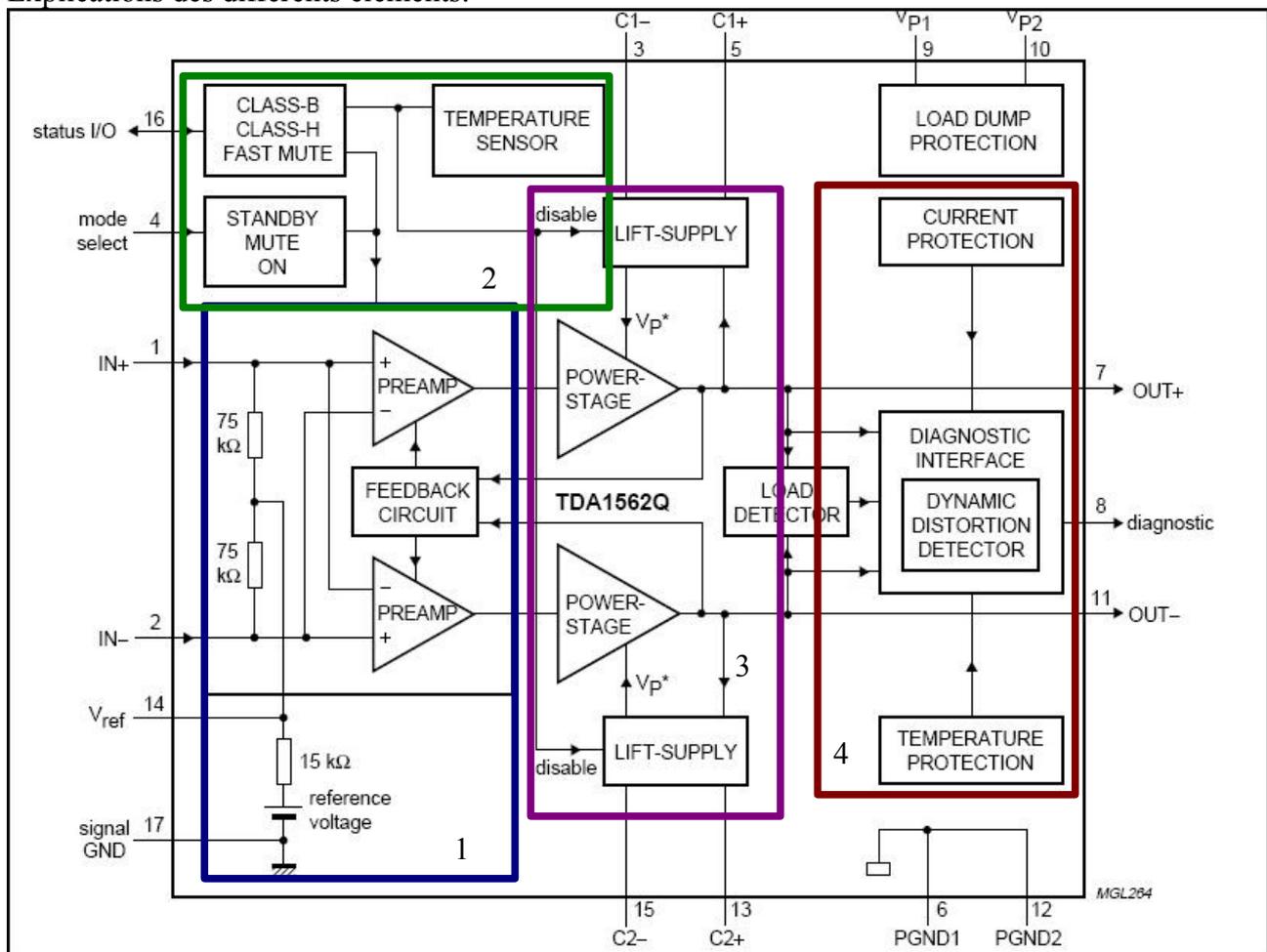
Afin de rendre audible un signal audio, de n'importe quelle source il a été nécessaire de créer un amplificateur, c'est pourquoi l'amplificateur de puissance a été notre première étude. Pour ce faire, nous avons commencé notre projet à l'aide d'un composant parfaitement adapté, le TDA1562Q.



Illustration 9: TDA 1562Q [6]

2.1.1. Le circuit intégré TDA1562Q

Pour réaliser notre première carte, nous avons tout d'abord étudié ce composant. Explications des différents éléments:



1. Cette première zone est un étage de mesure différentielle¹.

2. La zone délimitée ici agit comme une sécurité au niveau de l'amplificateur. En fonctionnement classique, l'amplificateur est de classe H, c'est à dire avec un meilleur rendement. En cas de surchauffe, l'amplificateur passe en classe B grâce à ce système.

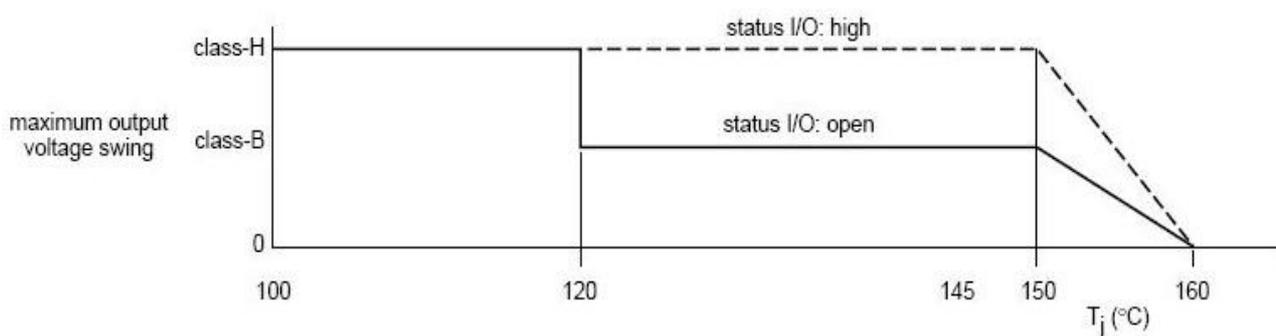


Illustration 10: Classe du TDA 1562Q [7]

On constate à l'aide de ce schéma que l'on peut «forcer» la classe de l'amplificateur. En effet, en ayant un contact fermé, on peut maintenir la classe H jusqu'aux 150°C supportés. Nous avons préféré ne pas modifier cette caractéristique, de peur d'endommager notre montage.

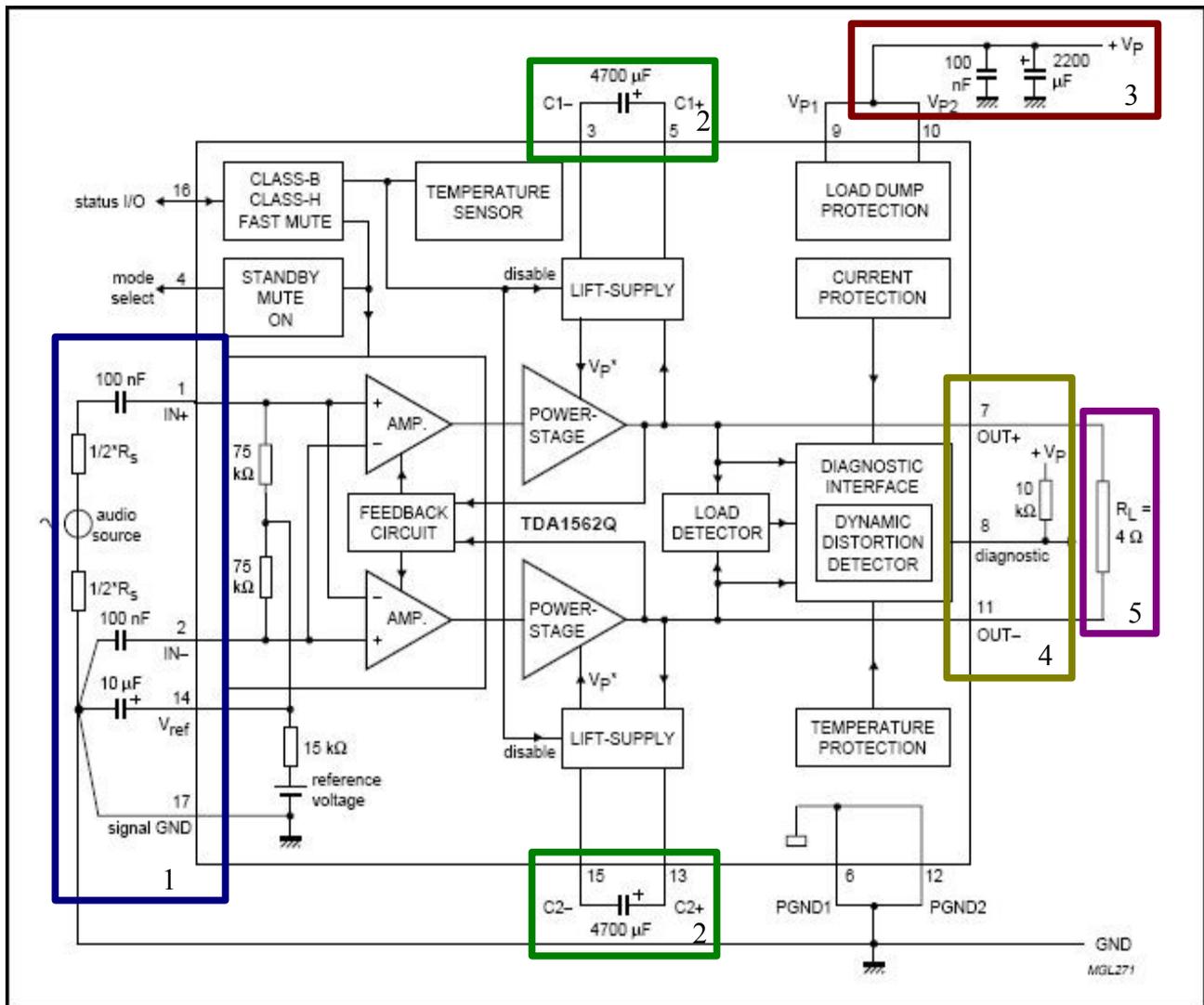
3. Cet étage est un étage de puissance. Il sert à augmenter l'amplitude du signal, afin d'élever le niveau sonore.

4. Ce dernier étage, avant la sortie, permet de détecter un taux de distortion trop élevé, et d'envoyer un signal sur la sortie diagnostic, dès que cela ce produit.

Une fois l'étude du composant terminé, nous avons pu étudier un deuxième montage proposé par le constructeur, celui du montage amplificateur.

2.1.2. Montage amplificateur de puissance

Avant de réaliser la carte, nous avons étudié les différents éléments externes au TDA.



En voici les explications:

1. Cette partie est l'entrée du TDA, elle reçoit la source audio, c'est à dire la sortie de notre préamplificateur. Nous avons mis des condensateurs de liaisons de 100nF, une valeur classique dans le domaine de l'audio.
2. Les deux condensateurs C1 et C2 sont des condensateurs de lissage pour les étages de puissance pour obtenir une amplification la plus propre possible.
3. Les condensateurs reliant l'alimentation à la masse, sont appelés condensateurs de découplage, ils permettent de supprimer toute partie alternative du signal en entrée, c'est à dire l'alimentation.
4. Cette partie encadrée est appelée «diagnostic», nous y avons mis une LED. En effet, cette LED s'allumera dans le cas où un taux de distortion trop élevé est détecté.

5. On trouve ici notre sortie, matérialisée par une résistance de 4Ω . Cette valeur correspond à l'impédance du haut-parleur en sortie. Nous utiliserons un haut parleur d'une impédance de 4Ω afin d'avoir la meilleure puissance possible en sortie. «ressource power hermes»

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|--------|--------------|---------------------|------|------|------|------|
| P_o | output power | class-B; THD = 10% | 16 | 20 | – | W |
| | | class-H; THD = 10% | 60 | 70 | – | W |
| | | class-H; THD = 0.5% | 45 | 55 | – | W |

Illustration 11: Puissance du TDA 1562Q [7]

2.1.3. Création

Après avoir étudié l'intérieur du composant, et le montage à faire tout autour, nous avons pu créer la carte d'amplificateur suivante:

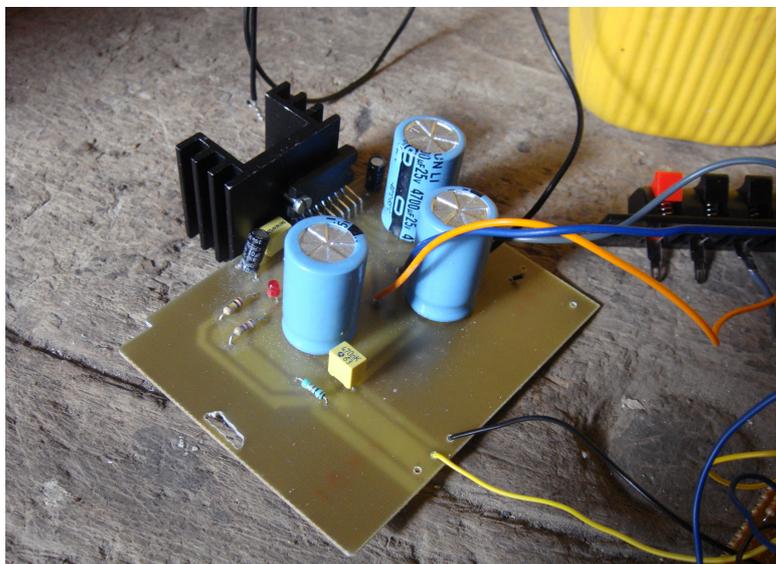


Illustration 12: Carte de l'amplification de puissance [1]

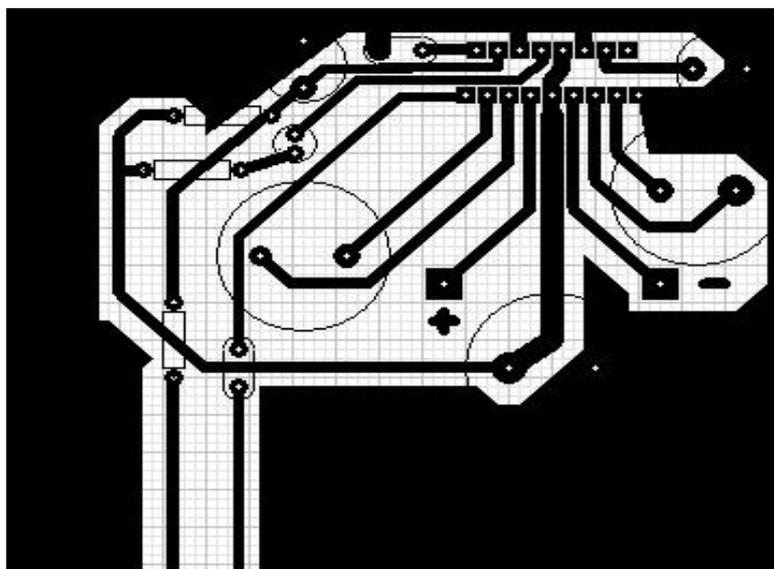


Illustration 13: Typon de la carte de l'amplificateur de puissance [1]

2.2. Le préamplificateur

Afin d'adapter le signal au niveau requis en entrée du TDA nous avons donc mis en oeuvre un préamplificateur.

2.2.1. Les connexions

Afin de pouvoir raccorder nos équipements à l'amplificateur nous avons choisi plusieurs connexions. Ces connexions sont tributaires du type de matériel que l'on souhaite utiliser, par exemple les microphones comportent des fiches XLR.



Illustration 14: Fiche XLR [8]

Dans notre cas nous avons:

- le jack Ø6,35 mm, surtout utilisé au même titre que le XLR dans la sonorisation de par sa construction robuste, dans notre cas il sera mono mais existe en stéréo,
- le jack Ø3,5 mm, surtout utilisé pour les applications portables tels que les MP3 et toutes sortes de baladeurs. On le retrouve aussi sur les ordinateurs du fait de son faible encombrement,
- les fiches RCA, surtout utilisées dans la Hi-fi comme par exemple sur les lecteurs DVD, les téléviseurs ou bien encore pour les platines de DJ,
- le bornier de sortie rouge et noir qui permet lui de brancher le fil dénudé du haut-parleur, la connexion noire est pour le pôle négatif du haut-parleur, le rouge étant pour le pôle positif.

2.2.2. L'utilité d'un préamplificateur

Lors des tests nous avons constaté que la guitare n'atteignait pas le niveau optimal pour attaquer l'amplificateur de puissance puisqu'elle n'était pas audible, au contraire la source MP3 saturait sur certaines fréquences basses. Nous avons donc décidé de créer un préamplificateur qui résoudrait ces problèmes.

Le préamplificateur sert donc à augmenter l'intensité du signal électrique afin d'obtenir un niveau appelé niveau Ligne. Ce niveau ligne est employé pour transporter le son en signal électrique d'appareils en appareils. L'unité de ce niveau est le dBu ou le dBV.

En effet le son, transformé par un microphone en un très faible courant électrique est de très faible voltage. Ce voltage étant de l'ordre de quelques millivolts¹ n'est pas assez élevé pour être traité par la majeure partie des appareils utilisés dans l'audio. De plus, du fait de ce faible voltage le signal s'expose au souffle causé par l'environnement électromagnétique des appareils employés.

Pour rendre le signal provenant de notre source guitare moins perturbé et exploitable par notre amplificateur nous devons donc augmenter son niveau. Nous avons choisi d'utiliser un gain réglable par le biais d'un transistor 2N2222.



Illustration 15: Transistor 2N2222 [9]

¹ Le niveau ligne est de l'ordre du volt, par exemple une des normes les plus appliquées en studio est que le niveau Ligne 0 dB sur 600 ohms vaut 0,775 V.

2.2.3. Le gain de la source guitare

Le montage que nous avons employé est donc à base de transistor bipolaire, le 2N2222. Ce montage est tiré d'un effet guitare qui n'est plus fabriqué aujourd'hui appelé Electra Overdrive.



Illustration 16: Electra Overdrive [10]

La caractéristique d'un overdrive est d'avoir un gain très fort, puis un étage de diodes dites de clipping. Le clipping sert à écrêter le signal de la manière suivante:

Basic diode clipping variations

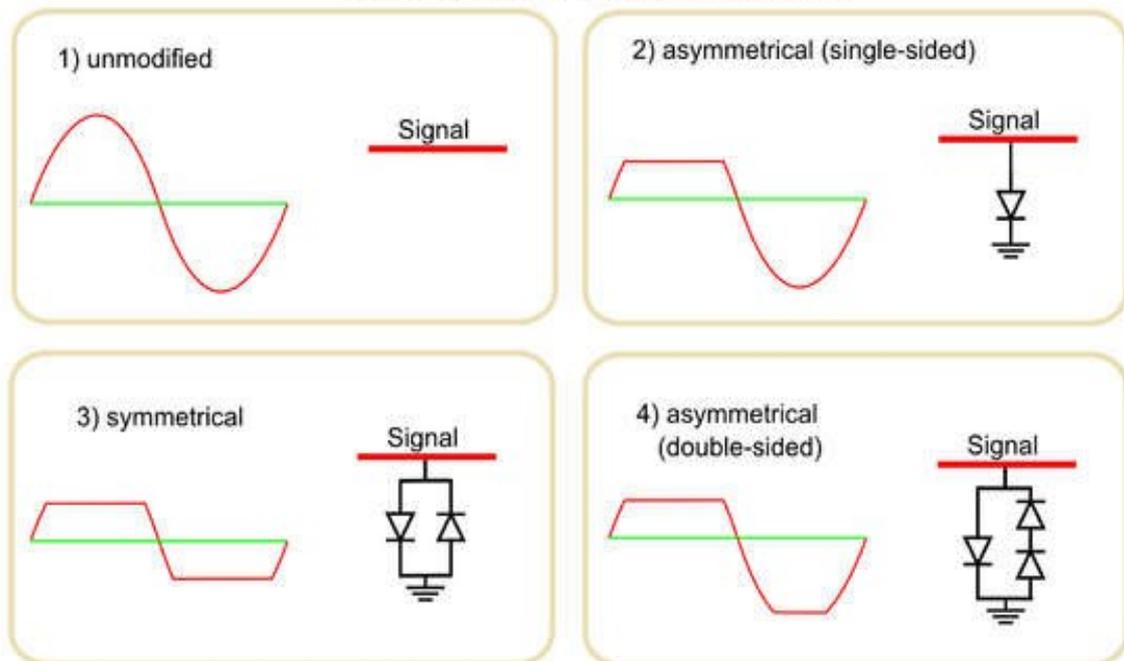


Illustration 17: Exemple de clipping [11]

En enlevant cet étage écrêteur nous nous retrouvons avec un gain seulement.

Le schéma de l'Electra Overdrive est celui-ci:

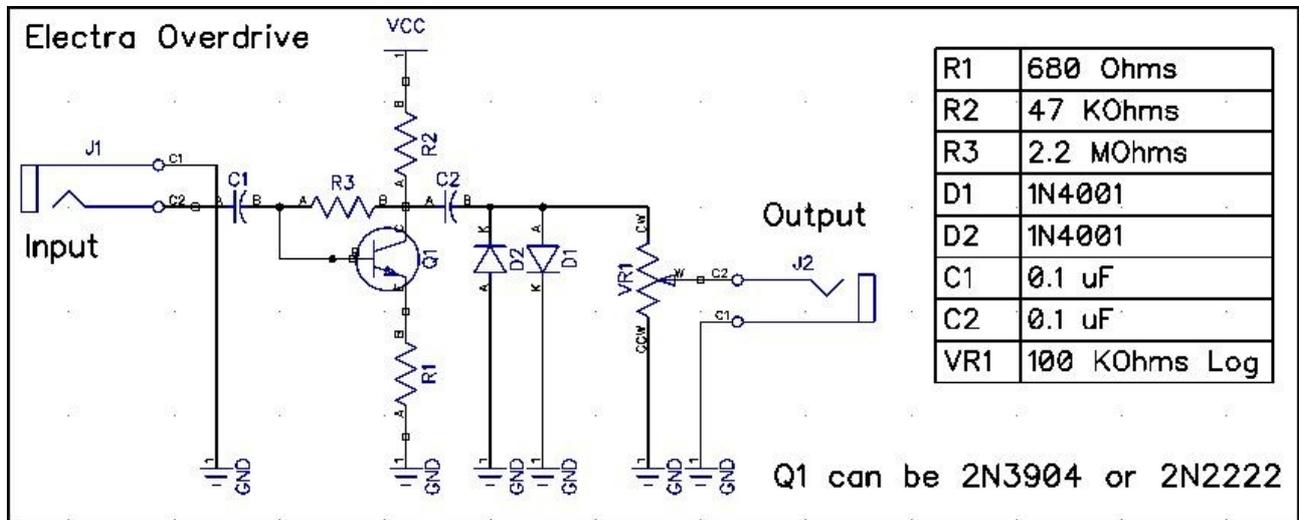


Illustration 18: Schéma de la Electra Overdrive [1]

Ainsi en enlevant D1 et D2 on obtient un gain.

La formule permettant de calculer le gain A du montage se réduit à:

$$A = V_s / V_e = \frac{\left(\frac{R_{sortie}}{R3} - \frac{B\acute{e}ta \cdot R_{sortie}}{(r + R1 \cdot (B\acute{e}ta + 1))} \right)}{\left(1 + \frac{R_{sortie}}{R3} \right)}$$

Illustration 19: Calcul du gain [1]

En calculant ce gain on trouve 0,003536716, ce qui nous donne 49,02 dB².

$$2 \cdot 20 \log(0,003536716) = 49,02 \text{ dB}$$

Seulement comme nous nous sommes aperçu au dernier moment que ce gain était trop élevé et provoquait des saturations nous avons effectué un pont diviseur en entrée de telle sorte:

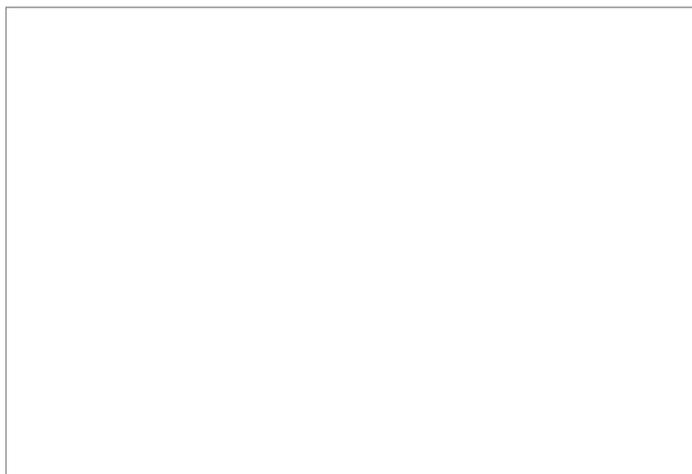


Illustration 20: Pont diviseur [1]

Une fois la tension du signal divisée par deux par ce dispositif nous avons obtenu un niveau acceptable pour attaquer l'amplificateur de puissance.

2.2.4. La pré-amplification de la source MP3

Pour la mise en forme du signal provenant par exemple d'un MP3 ou de toute autre source au niveau ligne nous avons jugé utile de pouvoir contrôler le volume directement sur l'amplificateur. Les essais nous ont montré qu'il fallait aussi prévoir une partie de filtrage du son, dans le langage musical l'équalisation³. Grâce à cette égalisation nous avons voulu pouvoir contrôler les basses et hautes fréquences de sorte à s'adapter à tout haut-parleur. En effet les haut-parleur fournis par M. LEQUEU n'ont pas une réponse précise dans les basses fréquences, que l'on appelle aussi les graves. A contrario les haut-parleur du type subwoofer que l'on peut retrouver dans certaines voitures ne restituent pas nettement es hautes fréquences. Ce contrôle de la tonalité peut donc adapter l'amplificateur à une grande partie des haut-parleurs.

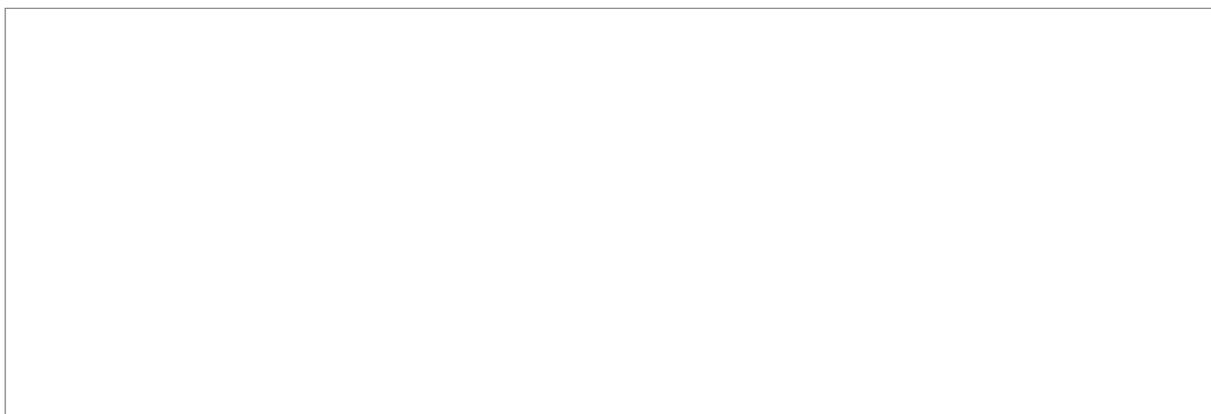


Illustration 21: Volume et tonalité [1]

³ Aigus: de 2 kHz à 20 kHz, médiums: de 200 Hz à 2 kHz, graves: de 20 Hz à 200 Hz, infrasons: en dessous de 20 Hz.

Pour expliquer la réponse fréquentielle du filtre voici plusieurs cas de figures:

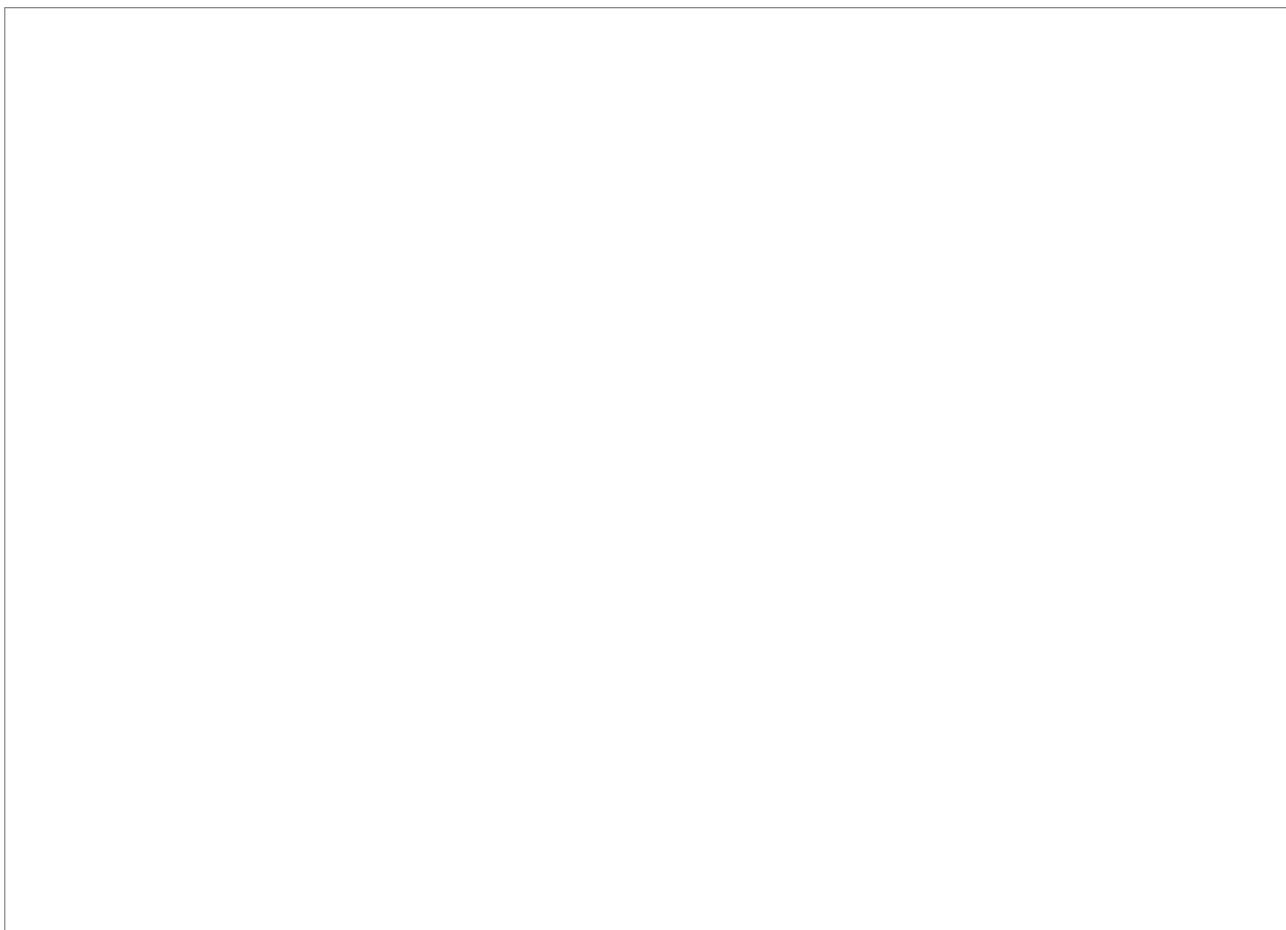


Illustration 22: Action de la tonalité [1]

En rouge l'action du filtre est un passe-bas nous avons donc des basses moins atténuée que les aigus.

En jaune le filtre s'apparente à un passe haut, le son est donc dans cette configuration beaucoup plus aigu.

Le tracé bleu correspond au point milieu du potentiomètre de sortie, l'action est la plus neutre, cependant on remarquera qu'il y a un creux dans les médiums.

Grâce à ce filtre nous avons pu constater lors de nos essais que le son était proprement restitué, tout en pouvant contrôler l'égalisation, et ce pour tout les styles de musiques que nous avons essayé.

2.3. Schéma fonctionnel de niveau 2

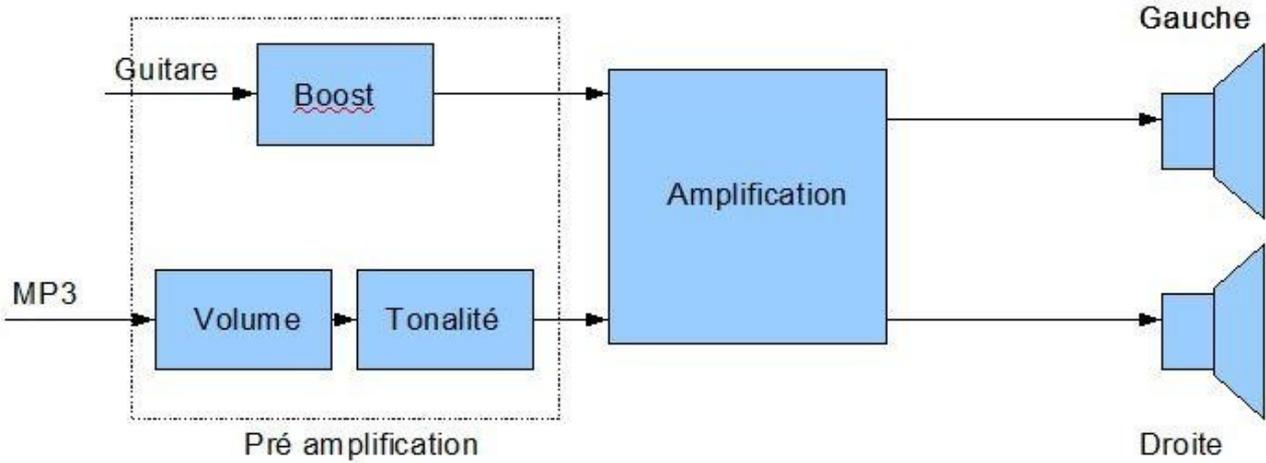


Illustration 23: Schéma fonctionnel de niveau 2 [1]

2.4. Schéma structurel

Composants relatifs au schéma :

| Composant | Valeur |
|------------------|-----------------------------|
| C1, C2, C3 | 4700 μ F, 50V, Polarisé |
| C4, C6 | 10 μ F, 50V, Polarisé |
| C5, C7 | 470nF |
| C8, C9 | 0,1 μ F |
| C10, C12 | 10nF |
| C11, C13 | 3,9nF |
| R1 | 10k Ω |
| R2 | 470k Ω |
| R3, R9 | 100k Ω |
| R4, R5, R12, R15 | 22k Ω |
| R6 | 2,2M Ω |
| R7 | 47k Ω |
| R8 | 33k Ω |
| R10 | 680 Ω |
| R11, R14 | 39k Ω |
| R13 | 2,2k Ω |
| D1 | Led rouge 3mm |
| D2 | Led rouge 5mm |
| D3 | Led Verte 3mm |
| Sw1 | 3 pdt |
| Sw2 | Inverseur |
| Vr1 | 10k Ω log stéréo |
| Vr2 | 10k Ω lin stéréo |
| Vr3 | 100k Ω log |

2.5. Nomenclature

| DESIGNATION | FOURNISSEUR / REFERENCE | QUANTITE | Prix unitaire H.T. | Prix H.T. |
|-----------------------------------|----------------------------|----------|-----------------------|----------------|
| Boitier en métal | RS / 255-40762A | 1 | 22,67 € | 22,67 € |
| Dissipateur thermique | Référence perdue | 1 | - | - |
| Bornier enceinte 4 contacts | Conrad / 737755-62 | 1 | 0,96 € | 0,96 € |
| Fiche allume-cigare mâle 16 A | Conrad / 808687-62 | 1 | 4,78 € | 4,78 € |
| TDA1562Q | Conrad / 068561-62 | 1 | 16,88 € | 16,88 € |
| Condensateur 4700 µF/25V/85°C x 5 | RS / 521-2084 | 1 | 3,35 € | 3,35 € |
| Socle RCA pour CI coudé 90° | Conrad / 736880-62 | 2 | 0,48 € | 0,96 € |
| Embase femelle jack 3,5 mm | RS / 629-1325 | 1 | 0,59 € | 0,59 € |
| Interrupteur (toggle switch 3PDT) | RS / 274-0429 | 1 | 5,95 € | 5,95 € |
| Potentimomètre 100k Ohms | Conrad / 445690-62 | 1 | 0,96 € | 0,96 € |
| Potentimomètre 100k Ohms stéréo | Conrad / 446076-62 | 2 | 2,09 € | 4,18 € |
| Embase femelle jack 6,35 mm | RS / 477-567 | 1 | 7,48 € | 7,48 € |
| Transistor 2N2222 | Conrad / 163147-62 | 1 | 0,60 € | 0,60 € |
| | | | TOTAL : | 69,36 € |

3. Améliorations envisageables

3.1. Qualité des enceintes

En effet, nous avons donc pu constater de l'importance de la bonne qualité des enceintes. Pour obtenir un son de la meilleure qualité possible, il est nécessaire d'avoir un caisson adapté. Le fait que le haut-parleur soit encastré dans un caisson, permet de mieux faire ressortir les basses, et donc d'avoir un son de base, autrement dit, sans réglage de la tonalité, bien réglé et très agréable à écouter.

De plus, comme notre amplificateur est utilisé aussi bien pour un baladeur MP3 que pour une guitare, il va de soit que le HP doit être adapté aux deux utilisations.



Illustration 24: Enceinte [12]

3.2. Stéréo

Lors de la création de cet amplificateur, nous avons préféré réaliser seulement une seule carte, en ne gérant que le mono, pour nous permettre de mener le projet à termes. En vue d'une utilisation ultérieure, il sera nécessaire de créer une deuxième carte, pour gérer la stéréo, c'est à dire une voie gauche et une voie droite.

3.3. Equalisation

Nous avons permis un réglage de tonalité, mais dans certaines utilisations, principalement en amplificateur de salon, il peut être nécessaire de contrôler plus de fréquences. C'est à dire de pouvoir filtrer plus ou moins les aigus, les graves et les médiums.

3.4. Connexions supplémentaires

Comme expliqué précédemment, l'amplificateur peut être utilisé dans divers buts. Dans le domaine musical, il existe un autre support assez courant, le XLR. Il pourrait donc être envisageable de prévoir ce genre d'entrée ou de sortie, pour une autre utilisation qu'en autoradio.

De plus, aujourd'hui, de nombreux téléphones portables sont équipés d'un nouveau genre de connexion jack, de 2,5mm. Donc, pourquoi ne pas prévoir ce genre de connexion.

3.5. Amélioration du rendement

Pour améliorer le rendement de notre amplificateur et la qualité sonore de sortie, plusieurs améliorations seraient possibles.

Premièrement, utiliser de la pâte thermique sur toutes les zones dissipant de la chaleur pour éviter toute détérioration du matériel.

Ensuite, utiliser un régulateur du type 7812 sur l'alimentation pour avoir un 12V continu le plus précis possible et donc éviter d'avoir du bruit sur le signal.



Illustration 25: 7812 [3]

Nous pourrions même imaginer, réaliser une partie de l'amplificateur en CMS pour gagner de la place et donc d'utiliser un boîtier plus petit.

Conclusion

Pour rendre un signal audio audible, il est nécessaire de l'amplifier, mais nous avons pu nous rendre compte que la simple amplification pouvait ne pas suffire. En effet, nous avons aussi étudié la pré-amplification qui nous a permis de pouvoir amplifier un signal provenant d'une guitare.

Ce projet nous a permis de mieux connaître le monde de l'audio d'un point de vue électronique. De même, nous avons un produit qui fonctionne, et nous avons respecté notre cahier des charges, et nous avons pu commencer les options, comme le réglage de la tonalité.

Notre amplificateur sera continué, en dehors du cadre de l'IUT, par la suite, afin de le terminer et d'avoir un amplificateur stéréo avec une égalisation.

Index des illustrations

| | |
|---|----|
| Illustration 1: Fonctions principales [1]..... | 5 |
| Illustration 2: Prise allume-cigare [2]..... | 6 |
| Illustration 3: RCA [3]..... | 6 |
| Illustration 4: Mini-jack [3]..... | 6 |
| Illustration 5: Jack [4]..... | 6 |
| Illustration 6: Bornier enceintes [1]..... | 6 |
| Illustration 7: Hauts-parleurs Pioneer TS-G1001i [5]..... | 7 |
| Illustration 8: Boîtier métallique [1]..... | 7 |
| Illustration 9: TDA 1562Q [6]..... | 9 |
| Illustration 10: Classe du TDA 1562Q [7]..... | 10 |
| Illustration 11: Puissance du TDA 1562Q [7]..... | 12 |
| Illustration 12: Carte de l'amplification de puissance [1]..... | 12 |
| Illustration 13: Typon de la carte de l'amplificateur de puissance [1]..... | 12 |
| Illustration 14: Fiche XLR [8]..... | 13 |
| Illustration 15: Transistor 2N2222 [9]..... | 14 |
| Illustration 16: Electra Overdrive [10]..... | 15 |
| Illustration 17: Exemple de clipping [11]..... | 15 |
| Illustration 18: Schéma de la Electra Overdrive [1]..... | 16 |
| Illustration 19: Calcul du gain [1]..... | 16 |
| Illustration 20: Pont diviseur [1]..... | 17 |
| Illustration 21: Volume et tonalité [1]..... | 17 |
| Illustration 22: Action de la tonalité [1]..... | 18 |
| Illustration 23: Schéma fonctionnel de niveau 2 [1]..... | 19 |
| Illustration 24: Enceinte [12]..... | 21 |
| Illustration 25: 7812 [13]..... | 22 |

Bibliographie

- [1] Illustration personnelle,
- [2] <<http://www.abcelectronique.com>> (consulté le 01-04-09)
- [3] <www.conrad.fr> (consulté le 01-04-09)
- [4] <<http://www.audiophonics.fr>> (consulté le 01-04-09)
- [5] <<http://www.alphacaraudio.co.uk>> (consulté le 01-04-09)
- [6] <<http://alextronic.sk>> (consulté le 01-04-09)
- [7] <<http://www.datasheetcatalog.net>> (consulté le 01-04-09)
- [8] <<http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk>> (consulté le 01-04-09)
- [9] <<http://rocky.digikey.com>> (consulté le 01-04-09)
- [10] <<http://filters.muziq.be>> (consulté le 01-04-09)
- [11] <<http://www.instructables.com>> (consulté le 01-04-09)
- [12] <<http://www.djet-fm.com>> (consulté le 01-04-09)

Annexe: Datasheet TDA 1562Q