



Projet de conception :

6GEI415 – Méthodes de conception en électronique

Conception d'un PCB Amplificateur Bluetooth

Administrateur

Mr. Alexandre Robichaud

Présenté par

Yasmine Oulia KAGONE (KAGY18530307)

ANDRIANANDRAINANA, Antsanirina Jessy (ANDA23620100)

Table des matières

Introduction _____ **4**

Description du projet _____ **4**

Explication de la solution et du fonctionnement du circuit _____ **5**

Description des spécifications et rôle de chaque composant _____ **6**

Explication des choix de conception _____ **7**

Explication du layout _____ **8**

Explications des choix de tous les composants _____ **9**

Résultats de mesure _____ **10**

Évaluation des coûts _____ **13**

Conclusion _____ **15**

Références _____ **16**

Table des figures

Figure 1: Schématique du circuit avec EasyEDA	5
Figure 2: Layout du PCB	8
Figure 3: Image PCB final	9
Figure 4: Mesure point de test 1	10
Figure 5: Mesure point de test 2	11
Figure 6: Mesure point de test 3	11
Figure 7: Mesure point de test 4	12
Figure 8: Mesure point de test 5	12
Figure 9: Facture JLCPCB	13
Figure 10: Frais de douane	14

Introduction

Un PCB ou encore « Printed Circuit Board » est un circuit imprimé électrique dont les composants et les conducteurs sont intégrés à une structure mécanique. Il est composé de plusieurs couches de cuivre qui sont gravées par un procédé chimique.

Pour ce projet, il a été demandé de concevoir le PCB d'un amplificateur audio Bluetooth pour amplifier le son provenant d'un téléphone portable. La conception de ce PCB a été effectuée selon les besoins minimaux du client qui seront détaillés plus loin dans le rapport.

Afin de pouvoir réaliser ce projet, plusieurs étapes ont été effectuées. Ce rapport contient, dans l'ordre, les différentes étapes qui ont pu mener à la réalisation de l'amplificateur audio Bluetooth. Dans un premier temps, nous allons décrire en profondeur le projet ainsi que son objectif et ses besoins. Par la suite, nous allons expliquer la solution proposée ainsi que le fonctionnement du circuit. Nous allons également décrire les différentes spécifications ainsi qu'expliquer les raisons de nos choix de conception. Par la suite, les résultats de mesure et de calcul seront présentés. Pour finir, il y aura également une section du rapport où les coûts du projet seront évalués.

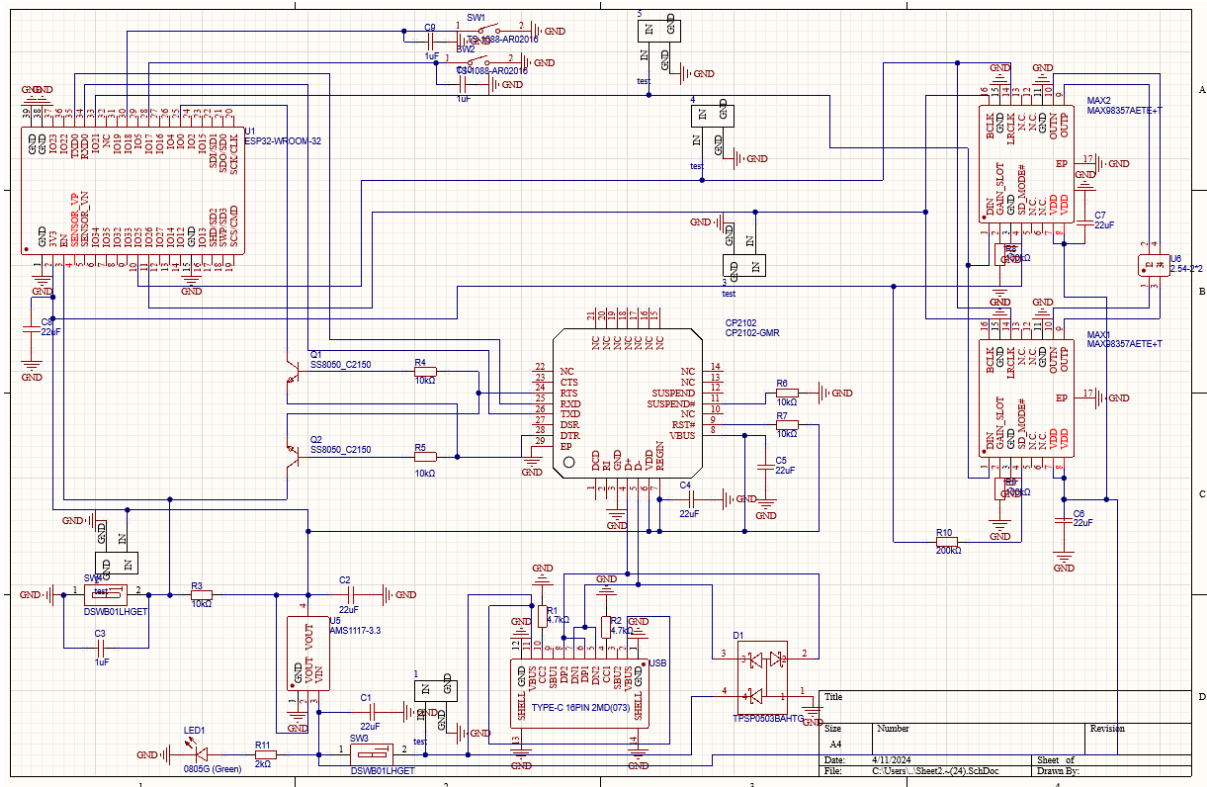
Vers la fin du rapport, nous pouvons trouver une conclusion qui récapitule l'ensemble du processus de la conception de ce projet, une section de références qui démontre tous les documents qui ont été nécessaires pour la réalisation du projet ainsi qu'un lien « Panopto » qui mène vers la vidéo de démonstration du projet.

Description du projet

Le projet, réalisé sur une durée d'environ quatre semaines, consiste à concevoir le circuit imprimé (PCB) d'un amplificateur audio Bluetooth. Les objectifs principaux sont : de pouvoir amplifier le son provenant d'un téléphone via Bluetooth, de permettre l'ajustement de ce son et d'alimenter l'amplificateur via une connexion USB-C. L'amplificateur doit également inclure un interrupteur on/off et un indicateur d'alimentation. Le projet inclura également un amplificateur stéréo. Des points de tests seront aussi ajoutés sur le PCB pour vérifier et valider que le circuit fonctionne comme prévu. La fonctionnalité Bluetooth sera mise en œuvre en utilisant un contrôleur ESP32, avec une bibliothèque dédiée, fournie pour faciliter l'intégration. Le projet est structuré en plusieurs étapes, comprenant la familiarisation avec les fiches techniques, la réalisation de schémas et de simulations du circuit, la préparation du BOM, la réalisation du layout sur Altium, la commande du PCB, et pour finir, les tests du PCB.

Explication de la solution et du fonctionnement du circuit

Pour pouvoir concevoir le PCB de l'amplificateur bluetooth, nous avons tout d'abord commencer par chercher les composants nécessaires sur le site JLCPCB (site où la commande sera effectuée) et choisir ceux qui sont en stock. Par la suite, nous avons fait les connexions nécessaires entre chaque composant sous forme de schématique avec EasyEDA comme le montre la figure suivante.



amplifier les signaux audios. Ces deux canaux sont visibles dans le schéma précédent sous la forme de deux sections de circuits similaires, une à gauche et une à droite. Chaque section est responsable de la gestion des signaux audio gauche et droit respectivement.

Description des spécifications et rôle de chaque composant

Pour la conception de l'amplificateur audio Bluetooth, nous avons tout d'abord utilisé l'ESP32 qui est un microcontrôleur et est le cerveau du circuit. C'est l'ESP32 qui gère la connexion Bluetooth, traite les signaux audios reçus et contrôle les autres composants du circuit. Il est utilisé pour ajouter des capacités Wifi et Bluetooth au circuit. C'est par le biais de ce composant qu'on peut envoyer notre programme avec arduino pour qu'il puisse contrôler les aspects du circuit, comme l'ajustement du volume.

Par la suite nous avons le CP2102, qui est un convertisseur USB vers UART. Il permet la communication entre l'ordinateur et le microcontrôleur via USB. Le convertisseur CP2101 facilite la programmation du microcontrôleur ESP32 en permettant la communication directe via USB entre l'ordinateur et le microcontrôleur. Cela permet de télécharger facilement les programmes sur le microcontrôleur ou de communiquer avec le microcontrôleur.

Nous avons également un connecteur USB Type-C (TYPE-C 16 PIN 2MD 073) pour l'alimentation et la communication de données. Ce connecteur sert à alimenter le circuit ainsi qu'à établir une connexion de données nécessaire. Il peut fournir une alimentation stable et fiable au circuit, ce qui est essentiel pour le bon fonctionnement de tous les composants.

Ensuite, nous avons deux MAX98357AETE qui sont des amplificateurs audios numériques de classe D qui reçoivent des données audios numériques et les amplifient pour les enceintes. Ces amplificateurs reçoivent les signaux audios numériques du microcontrôleur ESP32, les amplifient, puis alimentent les haut-parleurs avec ces signaux amplifiés.

Nous avons également une diode TVS (Transient Voltage Suppressor) qui protège le circuit contre les surtensions transitoires. Nous l'avons également utilisé pour supprimer les décharges électrostatiques et autres événements de surtension.

Ensuite, l'AMS1117-3.3 est le régulateur de tension qui a été choisi. Il fournit une sortie stable de 3.3V à partir d'une source d'alimentation variable. En effet, il est utilisé pour fournir une alimentation stable aux autres composants du circuit. Il prend l'alimentation du connecteur USB Type-C et la régule à une tension stable de 3.3V.

Nous avons également ajouté des points de test à notre PCB afin de pouvoir mesurer les tensions ou signaux dans notre circuit. Ils permettent aussi de détecter des problèmes dans

notre PCB et de les corriger par la suite.

Pour finir, nous avons aussi deux interrupteurs, dont l'un est pour contrôler l'alimentation du circuit (on ou off) et l'autre pour contrôler l'activation ou la désactivation du Bluetooth. Et une LED est également placée à proximité, comme témoin d'activation du Bluetooth. Si elle est allumée, cela signifie que le mode Bluetooth est activé, sinon il est désactivé.

En ce qui concerne les spécifications du circuit, l'amplificateur est alimenté par le connecteur USB Type-C. Le volume peut être ajusté via le signal audio numériques envoyé par le module ESP32. Le son est amplifié à partir d'un téléphone via Bluetooth par le module ESP32 qui reçoit les données audios et les envoie aux amplificateurs MAX98357AETE+T. Ces amplificateurs convertissent ensuite les signaux audios numériques en signaux audio analogiques qui sont envoyés aux haut-parleurs. Le circuit est protégé contre les surtensions par la diode TVS et l'alimentation est régulée par le régulateur de tension MAS1117-3.3. Le circuit est conçu pour fournir une sortie audio de haute qualité avec une faible consommation d'énergie et une longue durée de vie.

Explication des choix de conception

Dans cette partie, nous allons expliquer les choix de conception du projet.

Tout d'abord, le système a été conçu autour du microcontrôleur ESP32, et ce dernier a été placé dans la partie la plus gauche du PCB pour faciliter la connexion avec le reste des composants. Les amplificateurs audios numériques sont placés de manière à recevoir directement les signaux du microcontrôleur, réduisant ainsi la longueur des pistes et minimisant les pertes de signal. Le connecteur est placé sur le bord pour faciliter l'accès à l'utilisateur pour brancher le câble d'alimentation. En effet, c'est le connecteur qui assure que tous les composants reçoivent une alimentation stable de 3.3V. La diode de suppression de tension transitoire TVS et le régulateur de tensions sont placés près de l'entrée d'alimentation pour protéger immédiatement le circuit contre les surtensions et minimiser les chutes de tension. L'emplacement des interrupteurs a été choisi de tel sorte à ce que ça soit facile pour l'utilisateur de les utiliser. Nous avons également placé des condensateurs de découplage près des broches d'alimentation pour minimiser le bruit de l'alimentation.

Explication du layout

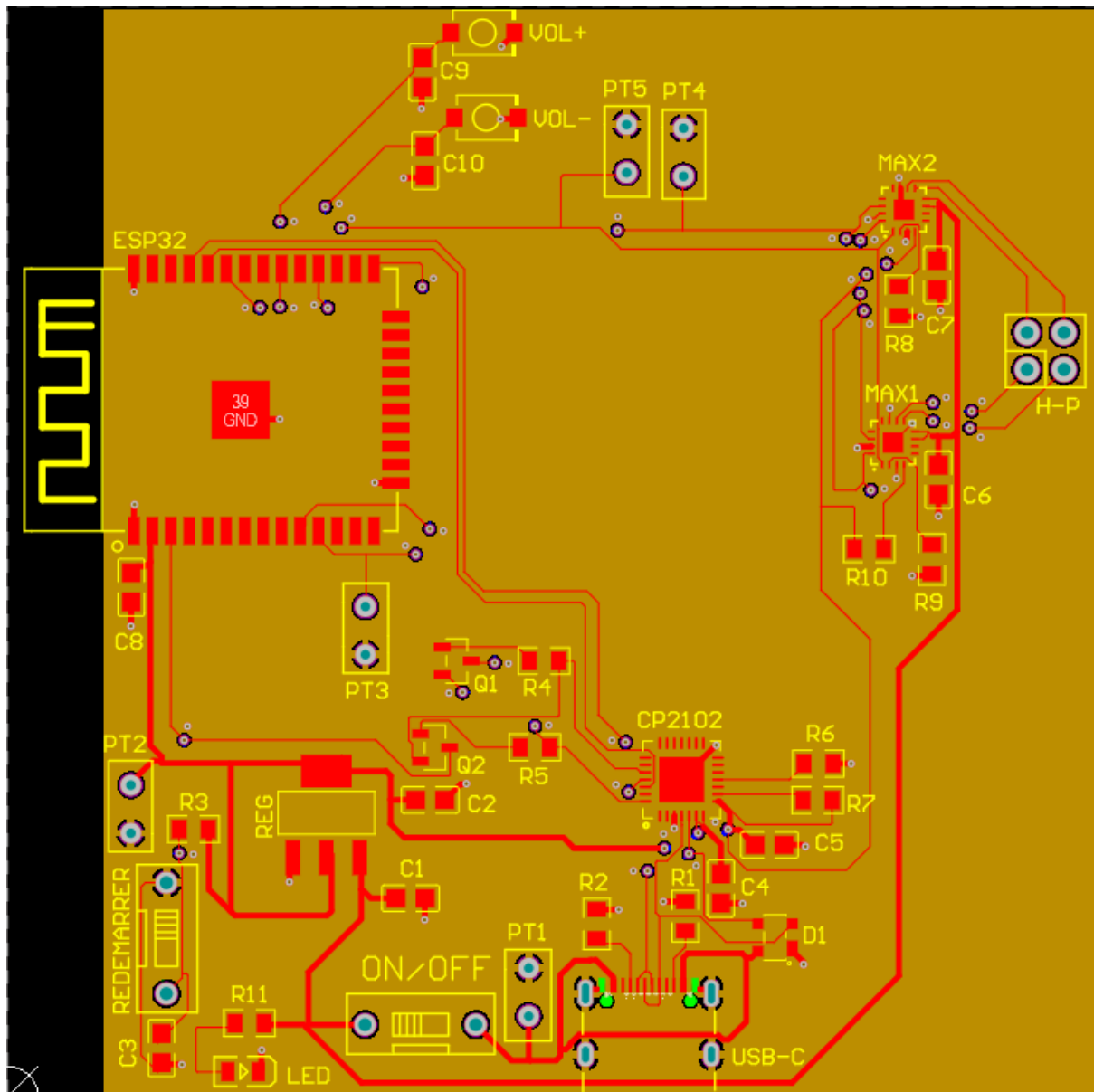


Figure 2: Layout du PCB

Nous avons opté pour un PCB de 4 couches de cuivres, car ayant plusieurs fils de connexions qui se croisent sur notre schéma, celui-ci était le mieux pour faire passer des connexions en arrière, afin d'éviter les croisements. Au niveau de chaque via utilisé pour la connexion arrière, nous avons ajouté un via connecté au ground afin de réduire l'inductance. Les condensateurs ont été placés très proches des éléments à alimenter pour éviter les chutes de tension. Nous avons une résistance proche de notre LED pour éviter qu'elle explose à cause de la tension d'entrée.

Une fois les configurations faites et la commande passée sur JLCPCB, l'image du PCB d'un amplificateur Bluetooth final est représenté dans la figure suivante.

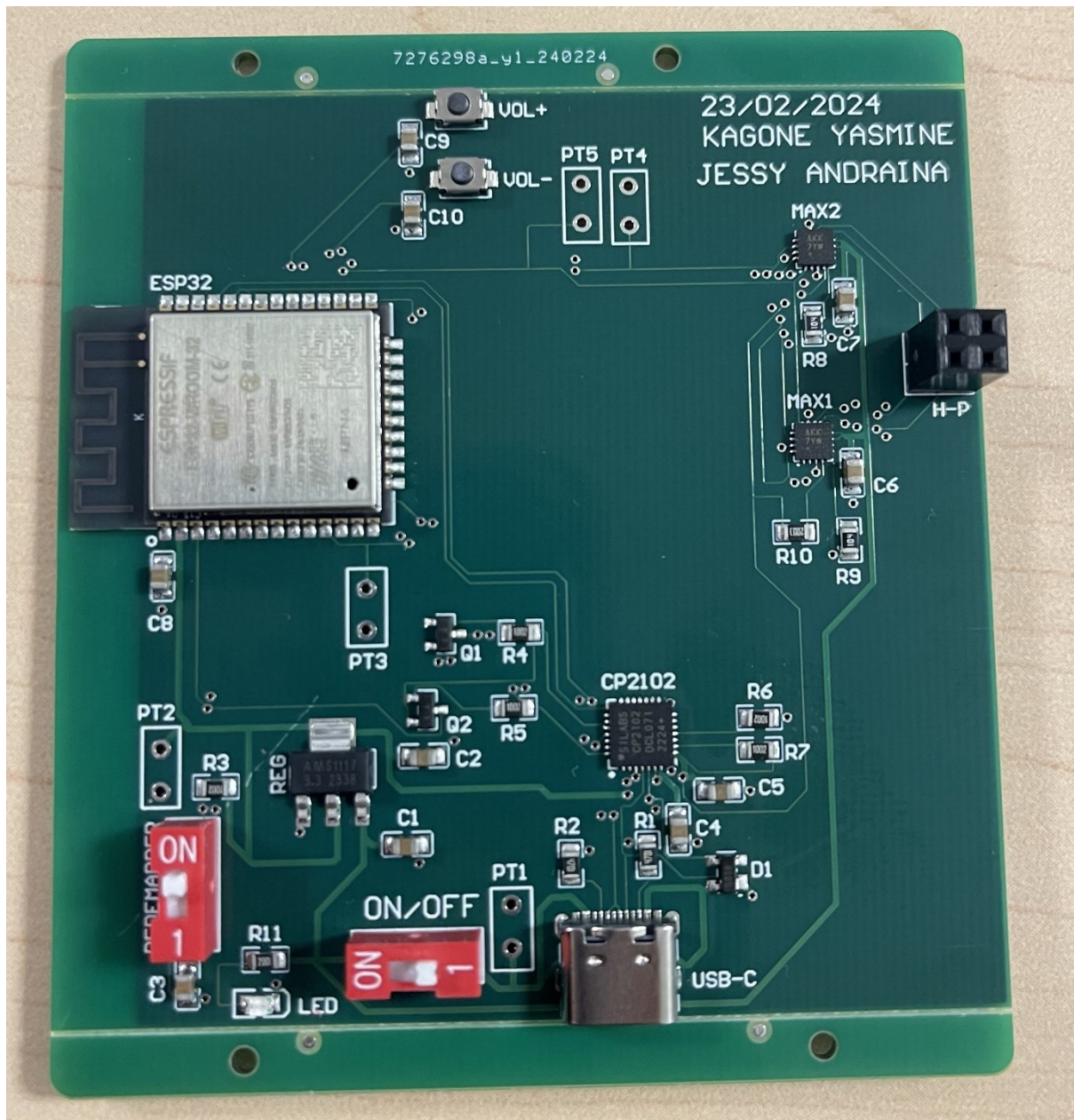


Figure 3: Image PCB final

Il est à noter que la taille de ce PCB est de 75 x 75 mm offrant ainsi un design assez épuré et facile à comprendre.

Explications des choix de tous les composants

Dans cette section du rapport, nous allons expliquer les choix des composants de notre amplificateur Bluetooth.

Tout d'abord, l'ESP32 est un choix requis pour ce projet. Il est doté d'une connectivité Wi-Fi et Bluetooth intégrée. C'est sur ce composant qu'on peut envoyer le code pour que son microcontrôleur l'interprète et réalise ce qu'on implémente au niveau du code.

Nous avons aussi implémenté une LED qui sert d'indicateur visuel rapide pour informer l'utilisateur lorsque le Bluetooth est activé. L'AMS1117-3.3 est le régulateur qui avait été choisi car c'est un régulateur de tension à faible chute qui garantit que le circuit reçoit une alimentation stable et fiable. En ce qui concerne le connecteur, notre choix s'est reposé sur le connecteur TYPE-C 16 PIN 2MD (073) car c'était celui qui est le plus disponible sur le site de JLCPCB. Donc, on a choisi celui-ci pour éviter les risques de rupture de stocks.

Ensuite, nous avons également le CP2102 qui est un contrôleur USB vers UART qui facilite la programmation et le débogage ainsi que la communication entre le microcontrôleur de l'ESP32 et l'ordinateur.

Pour finir, nous avons choisi les amplificateurs audios numérique MAX98357 pour sa qualité sonore supérieure, son efficacité et sa taille compacte.

Résultats de mesure

Tout d'abord, nous avons effectués des tests au niveau de nos différents points de tests pour valider le fonctionnement de notre circuit.

Le premier point de test qu'on a testé, est présenté dans la figure suivante et elle correspond au point de test PT1.

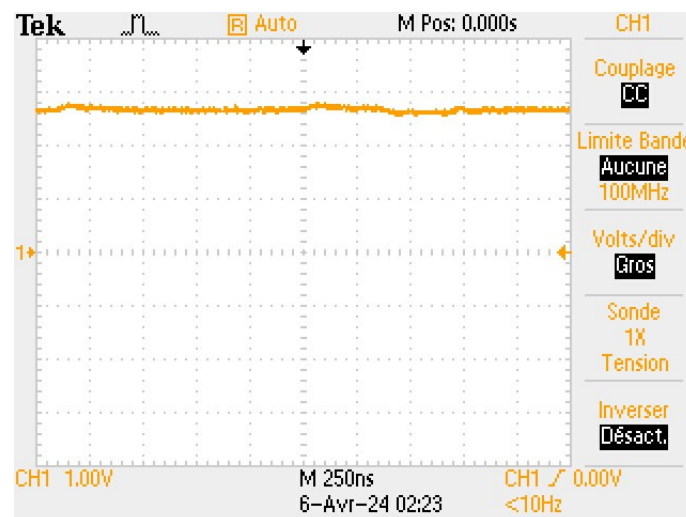


Figure 4: Mesure point de test 1

Elle nous indique qu'on a une tension approximative de 2.5V tout juste après notre USB-C, au branchement du PCB. Ceci indique que le courant passe correctement à travers notre USB-C.

Le point de test suivant est le point de test 2 (PT2). Elle nous indique une tension approximative de 1.75V après notre régulateur, ce qui indique que celui-ci fonctionne correctement. Ce résultat est présenté dans l'image suivante.

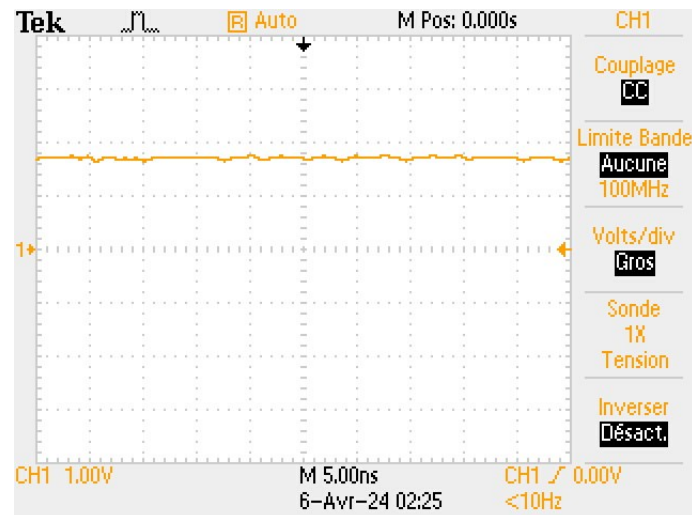


Figure 5: Mesure point de test 2

L'image suivante représente le résultat de mesure du point de 3 (PT3).... BCLK

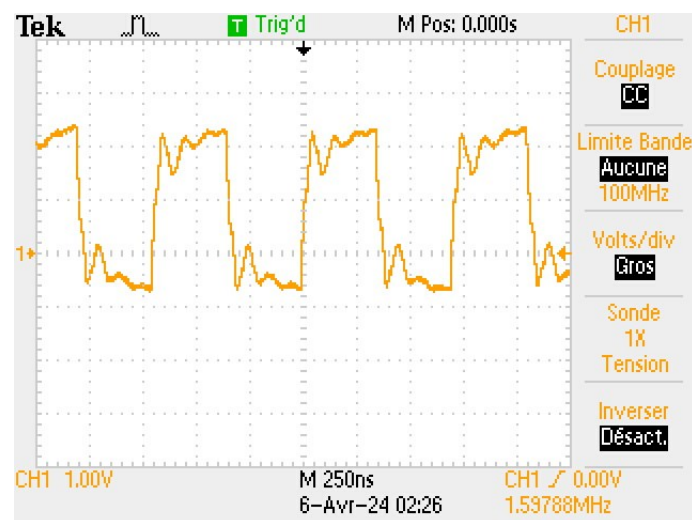


Figure 6: Mesure point de test 3

On peut constater ici que le signal BCLK à partir du point de test 3 est un signal d'horloge numérique propre et stable. Nous avons une fréquence d'environ 1,53788 MHz.

Le résultat de mesure présenté dans la figure suivante est le point de test 4, LRCLK.

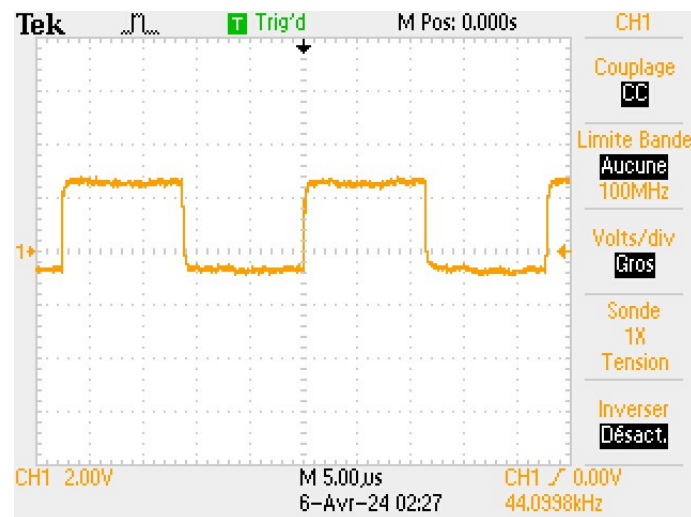


Figure 7: Mesure point de test 4

Nous pouvons constater ici que le signal est aussi stable sans variations de la période de l'horloge. On a une fréquence d'environ 44,0938 kHz.

Pour le dernier point de test PT5 du DIN, le résultat de mesure est présenté dans la figure qui suit.

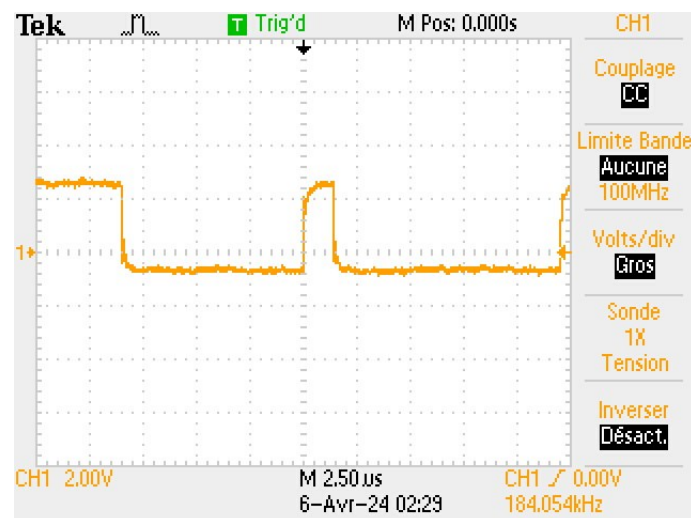


Figure 8: Mesure point de test 5

Ici, nous avons effectué un test au niveau de l'entrée des données audio. La fréquence de l'onde est de 184,054 kHz. L'amplitude de l'onde est stable, ce qui signifie que le signal de données est fort et clair et qu'il n'y a pas beaucoup de bruit visible sur le signal.

Évaluation des coûts

Le PCB amplificateur audio Bluetooth a été commandé sur le site JLCPCB. Les détails de commande ainsi que les factures sont présentés ci-dessous.



JiaLiChuang (HongKong) Co., Limited

Unit 21, 28/F, Metropole Square
No.2 On Yiu Street, Shatin, New Territories
HONG KONG, China
support@jlcpcb.com
+86 755 23919769
JLCPCB.COM

Invoice No.:	7276298A2024022404511074
Invoice Date:	24/02/2024
Reference:	271653220738
Batch No.:	W2024022404511074
Ship Via:	FedEx International Packet
Type of Trade:	CPT

Ship To:

YASMINE OULIA KAGONE
733 RUE DES HOSPITALIERES 102
Quebec CHICOUTIMI G7H 7J3
CANADA
Email:kagoneyasmine290@gmail.com
Tel:8195244848
VAT No:

Billing To:

YASMINE OULIA KAGONE
733 RUE DES HOSPITALIERES 102
Quebec CHICOUTIMI G7H 7J3
CANADA
Email:kagoneyasmine290@gmail.com
Tel:8195244848
VAT No:

	Product	File Name	Order Number	QTY	Unit Price	Ext.Price
1	Rigid Populated printed circuit board	GERBER_Y1	SMT02402231616239-Y1	5	CAD C\$29.5561	CAD C\$147.7803

Shipping:	CAD C\$35.03
Subtotal:	CAD C\$147.78
Discount:	-CAD C\$13.58
Grand Total:	CAD C\$169.24

Figure 9: Facture JLCPCB

Comme nous pouvons le constater, le coût du PCB en lui-même est de 147,7803\$. Il y a ensuite les frais de livraisons de 35.03\$, ce qui fait un total de 147,78\$. Il y a eu également un ravais de 13,58\$. Donc, lors du paiement de la commande, nous avons payé un montant total

de 169,24\$.

Cependant, étant donné que le PCB vient d’un autre pays, nous avons également eu des frais de douanes d’environ 35,22\$. Les détails de ces frais est présenté dans la figure suivante.

Bonjour YASMINE OULIA KAGONE:

Veuillez prendre note que votre paiement versé le 06/03/2024 a été effectué avec succès. Votre numéro d'autorisation de la transaction est 888900032102040. Nous avons facturé 35,22 CAD à votre compte, et ce montant sera appliqué comme suit :

	FRAIS	MONTANT DES FRAIS (CAD)
Frais des douanes canadiennes	DROITS DE DOUANE	0,00
	COTISATION DE LMSI	0,00
	TAXE D'ACCISE	
	TPS / TVH	7,38
	TVP / TVQ	14,73
	FRAIS DE RSL	11,40
Frais accessoires de FedEx	SERVICE ACCESSOIRE	
	TPS / TVH	0,57
	TVQ	1,14
	TOTAL	35,22

* Pour en savoir plus sur les frais et les services accessoires, cliquez [ici](#)

Ce paiement a été effectué pour l'envoi suivant :

ID suivi	Déclaration en douane	Classification de la marchandise	Description de l'article
271653220738	17500476919270	9825300000	851890CIRCUIT BOARD ASSEMBLY MODULEDESCRIPTION PRIN

N°NO TPS 121832950RT0001
N°NO TVQ 1003874920TQ0001SY

Pour en savoir plus sur les droits, les taxes et d'autres frais connexes, veuillez accéder à fedex.ca/droitettaxe.

Figure 10: Frais de douane

Incluant ces frais de douanes, le montant total déboursé est donc de 204,46\$. Cependant, nous avons pu faire une demande de pourcentage de remboursement avec le DSA et avons été déboursé de 100\$. Le coût final du projet revient donc à 104,46\$.

Conclusion

En conclusion, la conception du PCB amplificateur audio Bluetooth a été un projet complexe et enrichissant qui a nécessité une compréhension approfondie des principes de l'électronique, ainsi que des compétences en conception de circuits. Le projet a réussi à atteindre ses objectifs principaux, à savoir amplifier le son provenant d'un téléphone via Bluetooth, permettre l'ajustement du son, à être un amplificateur stéréo, et à alimenter l'amplificateur via une connexion USB-C. Le choix des composants a été crucial pour assurer la qualité du son, la stabilité du circuit et la facilité d'utilisation.

Références

- [1] Bogatin, E. (2021). Bogatin's Practical Guide to Prototype Breadboard and PCB Design. Artech House.
- [2] Bogatin, E. (2018). Signal and Power Integrity – Simplified, 3rd edition Pearson Education.
- [3] Bogatin, E. (2017). Principles of Power Integrity for PDN Design--Simplified: Robust and Cost-Effective Design for High-Speed Digital Products. Pearson Education.
- Lien vers la vidéo de démonstration :
<https://uqac.ca.panopto.com/Panopto/Pages/Viewer.aspx?id=5f6a8465-7908-4240-ab19-b15f0008d282>

