



PIMS WDM 2.0

Rapport technique

Un projet de

Rosemary COLAERT

Etienne JUMPERTZ

Morgane LARDENNOIS

Audrey MENAESSE

Sous la direction de

Thierry AVIGNON

Julien VILLEMEJANE

Table des matières

Préface : Cahier des charges	3
Introduction	6
Objectifs	6
Vision d'ensemble	7
Module d'émission	9
Hardware	9
Software	10
Multiplexage / Démultiplexage	12
Module de réception	13
Tourelle à enceintes	14
WDM 2.1	15
Cahier des charges	15
Réalisation du système de communication	16
Code permettant la transmission d'information d'un module à l'autre	17
Etat du projet	18
Ce qu'il reste à faire	18
Remerciements	19
Annexes	20

Préface : Cahier des charges

Introduction

Durant ces séances ProTIS, nous comptons travailler sur la partie électronique et informatique de notre projet PIMS : le WDM 2.0.

Il s'agit in fine de miniaturiser la manipulation de démonstration du WDM (Wavelength Division Multiplexing) mise en place par le LEnsE pour les fêtes de la science. Dans son état actuel (voir la photo ci-dessous), cette démonstration nécessite 4 alimentations très encombrantes et les nombreux branchements rendent la compréhension des phénomènes plus compliquée. Le montage final devra donc répondre à des contraintes de compacité pour le transport, de clarté vis-à-vis des concepts abordés, et de convivialité d'utilisation.

L'idée est de montrer visuellement qu'il est possible de transporter plusieurs informations simultanément dans une fibre optique. La démonstration s'articulera en plusieurs points :

- Qu'est-ce qu'une fibre optique
- Aperçu du principe du WDM par la transmission d'un signal continu sur les 3 voies
- Transmission d'une sinusoïde sur une des voies
- Transmission d'un morceau de musique en connectant un téléphone à une prise Jack
- Transmission de 3 morceaux de musiques simultanément, un sur chaque voie

Nous allons donc travailler au développement de l'électronique et de l'affichage du boîtier d'émission, ainsi que de l'électronique du boîtier de réception. Il est important que chaque voie soit indépendante, de sorte à pouvoir transmettre par exemple de la musique sur l'une d'entre elles, et un signal continu sur les autres.

Les différents modes

Au regard du déroulement de la démonstration, nous avons identifié trois modes pour chaque voie : mode continu, mode sinusoïdal, mode musique.

Mode continu

Dans ce mode, nous souhaitons générer une tension continue dont on peut choisir l'amplitude en fonction de la position d'un potentiomètre : entre 0V et une tension maximale (3,3V pour le microcontrôleur envisagé, le DISCO-746NG).

Lorsque la voie considérée fonctionnera dans ce mode, nous souhaitons avoir une interface graphique indiquant, en fonction de la position du potentiomètre :

- ▶ L'amplitude du signal continu aux bornes de la lampe (en V)
- ▶ La luminosité correspondante (en pourcentage, en considérant la tension maximale des lampes de 24V comme borne supérieure)
- ▶ Un bouton de retour à l'écran d'accueil

Mode sinusoïdal

Dans ce mode, nous souhaitons générer un signal sinusoïdal dont on peut choisir la fréquence en fonction de la position du potentiomètre : entre 20Hz et 20kHz.

- ▶ L'interface graphique devra comprendre :
- ▶ La fréquence sélectionnée (en Hz)
- ▶ Un bouton de retour à l'écran d'accueil

Mode musique

Dans ce mode, nous souhaitons transmettre aux lampes un signal audio, issu d'une prise Jack située sur le boîtier.

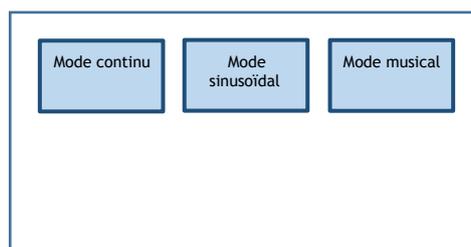
- ▶ L'interface graphique devra comprendre :
- ▶ Un bouton de retour à l'écran d'accueil
- ▶ Un bouton de choix de langue

Sélection du mode (écran d'accueil)

Pour avoir un produit qui facilite l'utilisation pour l'utilisateur, nous souhaitons utiliser des écrans tactiles.

Pour cela nous devons créer plusieurs écrans, à savoir un écran d'accueil et des écrans pour chaque mode, qui permettront d'afficher les données d'intérêts pour chaque mode telles que décrites dans la partie précédente.

Pour l'écran d'accueil, on considère une interface graphique simple, comme par exemple :



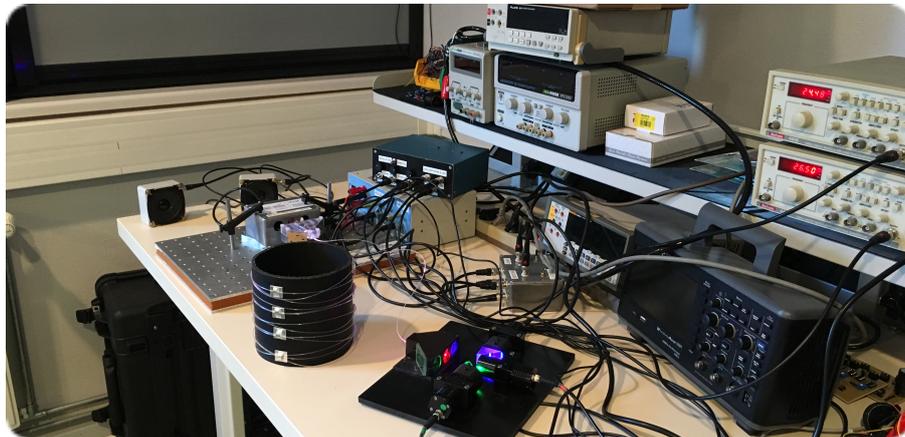
Cette interface graphique simple permet non seulement une utilisation, simple et efficace pour n'importe quel type d'utilisateur mais aussi de ne pas utiliser toutes les capacités de la carte pour l'affichage graphique et donc d'implémenter d'autres fonctions avec cette carte.

Introduction

Objectifs

L'objectif du PIMS WDM 2.0 était de concevoir un prototype compact et ergonomique à partir d'un montage de démonstration fonctionnel antérieurement mis en place pour les fêtes de la science. Nous avons cherché à focaliser l'attention du public sur l'information et son transport sous forme de lumière. C'est pourquoi toute la partie électronique se trouve dans les boîtiers. Pour faire fonctionner le système, il suffit de brancher deux câbles au secteur. Chaque utilisateur peut faire une expérience de multiplexage et démultiplexage en autonomie.

La démonstration antérieure nécessitait 4 alimentations très encombrantes et les nombreux branchements rendaient la compréhension des phénomènes plus compliquée.



Montage de la démonstration WDM antérieure

L'idée est de montrer visuellement qu'il est possible de transporter trois flux d'informations simultanément dans une seule fibre optique. Le démonstrateur disposera donc de 3 voies indépendantes (et identiques), permettant une démonstration en plusieurs étapes :

- Qu'est-ce qu'une fibre optique ?
- Aperçu du principe du WDM par la transmission d'un signal continu sur les 3 voies
- Transmission d'une sinusoïde sur une des voies
- Transmission d'un morceau de musique en connectant un téléphone à une prise Jack
- Transmission de 3 morceaux de musiques simultanément, un sur chaque voie
- Piano digital (bonus)

Vision d'ensemble

Quatre modes de fonctionnement sont prévus : un mode continu, un mode sinusoïdal, un mode musique et un mode piano. Ils sont résumés dans le schéma fonctionnel suivant (figure 1).

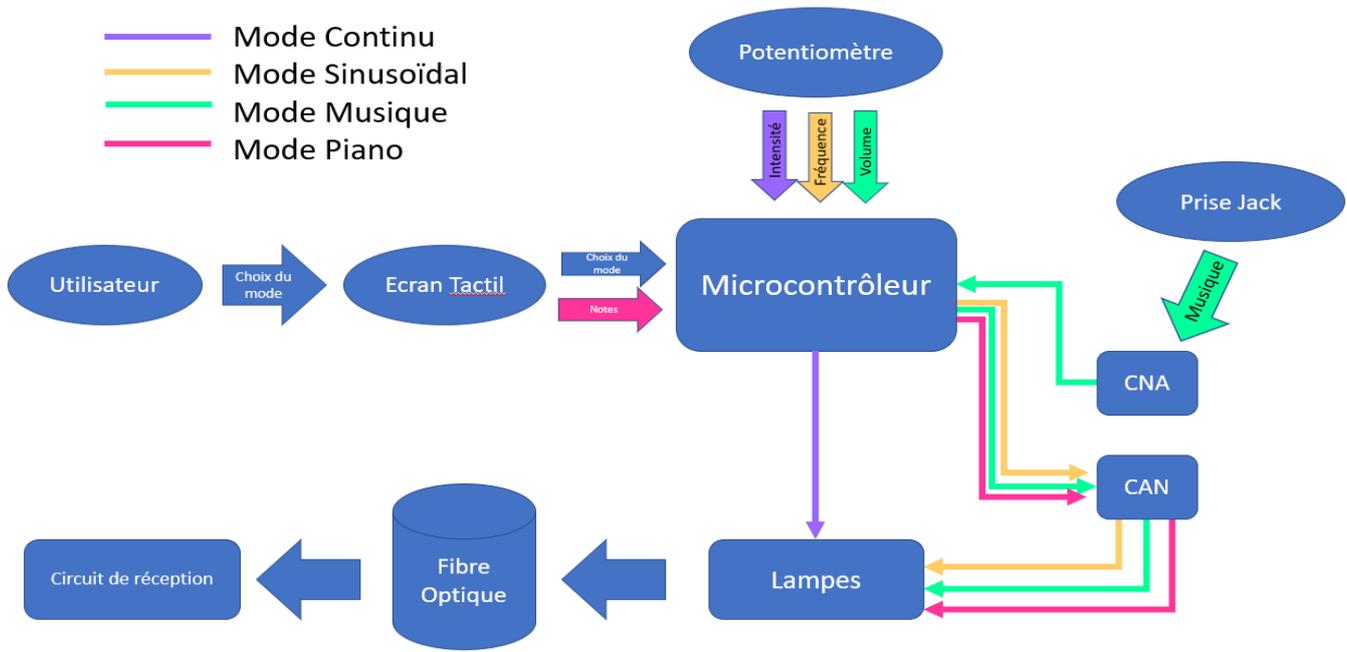


Figure 1 : Schéma fonctionnel des différents modes pour une voie

Mode Continu

Dans le mode continu on règle l'intensité de chaque lampe avec le potentiomètre qui lui est associée. Quand ce mode est actif on affiche à l'écran l'intensité de la lampe en pourcentage où 100% correspond au moment où la lampe est totalement allumée et 0 % correspond au moment où la lampe est éteinte.

Mode Sinusoïdal

Dans le mode sinusoïdal, on génère une sinusoïde de fréquence variant de 1Hz à 5kHz. La carte utilisée ne comportant pas de sortie analogique disponibles nous avons utilisé une sortie numérique couplée avec un convertisseur numérique analogique externe. Le choix de la fréquence de la sinusoïde est géré via le potentiomètre.

Mode Musique

Dans ce mode on numérise le signal analogique reçu via la prise jack à l'aide du CAN puis le signal suit le même trajet que la sinusoïde dans le mode sinus.

Mode Piano

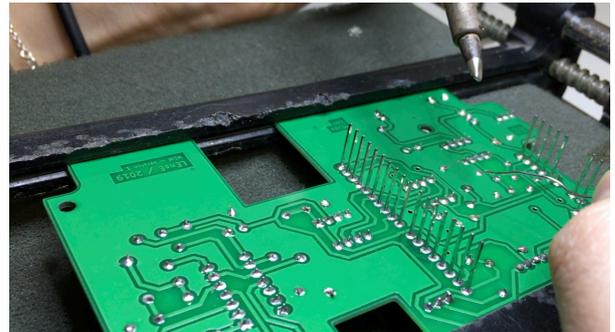
Le mode piano fonctionne de manière très similaire au mode sinusoïdale. La seule différence réside dans la manière de choisir la fréquence de la sinusoïde. La fréquence de la sinusoïde est choisie via l'interface graphique. Par la suite, le signal suit les mêmes étapes de traitement que dans le mode sinusoïdal.

Module d'émission

L'émission du système est la partie du projet qui récupère l'information et qui la transmet sous forme de lumière.

Hardware

Le circuit électrique d'émission complet a été conçu pour s'emboîter directement sur la carte Nucléo DISCO-F746 NG (voir ci-contre pour la forme générale). Vous trouverez le circuit complet en annexe.



La première partie du circuit permet de récupérer les informations envoyées depuis un téléphone via la prise jack.

Le circuit ci-dessous (figure 2) est un circuit suiveur qui permet d'adapter l'impédance.

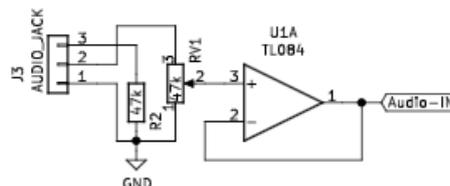


Figure 2 : Circuit suiveur d'adaptation d'impédance

Le signal est ensuite filtré avec un filtre avec un passe-bas (Figure 3a). Ce filtre passe-bas est un filtre anti-repliement afin de respecter le théorème de Shannon-Nyquist pour éviter un repliement de spectre.

Le signal filtré peut ensuite être amplifié (Figure 3b) et décalé par un offset (Figure 3c). En effet, le signal sonore qui était compris entre -200mV et 200mV passe désormais entre 0 et 3,3V. Le signal ramené entre 0 et 3,3V passe dans la carte Nucléo.

La carte Nucléo est alimentée en -12 V / +12 V.

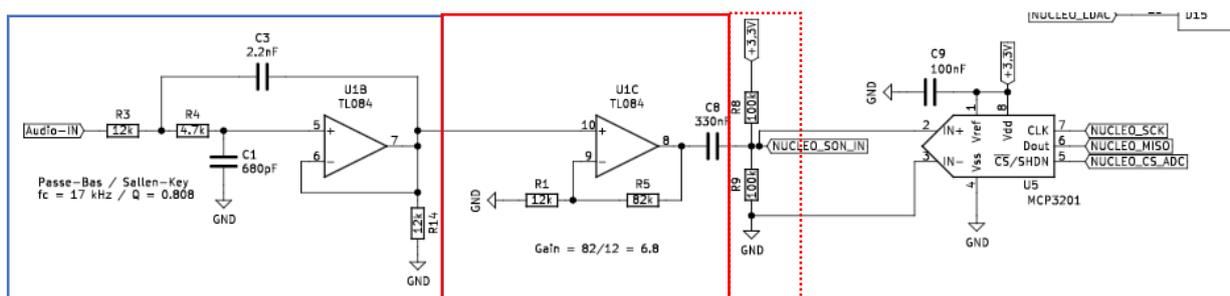


Figure 3a : Circuit contenant le filtre anti-repliement

Figure 3b : Circuit d'amplification

Figure 3c : Circuit offset

En sortie du nucléo, nous avons un filtre passe-bas qui permet de filtrer la fréquence d'échantillonnage du signal afin d'éviter d'avoir une harmonique parasite (Figure 4a).

Puis le signal filtré est amplifié en afin d'alimenter les LEDs entre 0 et 24 V (Figure 4b).

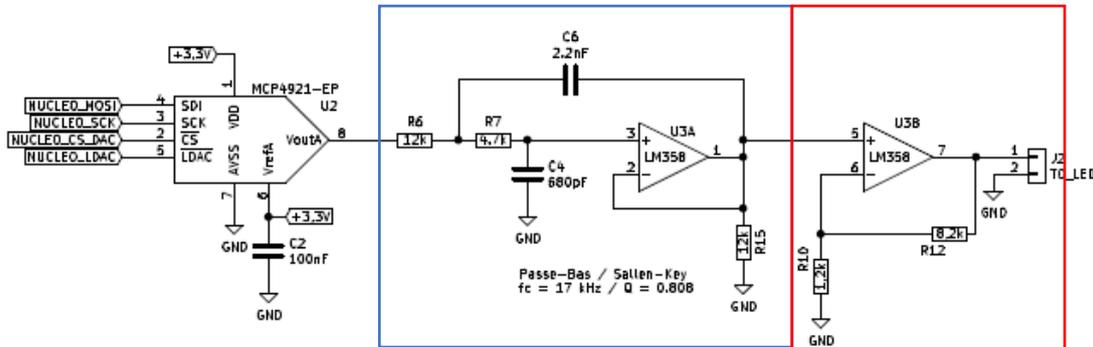


Figure 4a: Filtre passe-bas pour la fréquence d'échantillonnage

Figure 4b : Ampli pour alimenter les LED en 24 V

Les LEDs sont alimentées à l'aide d'un circuit électrique utilisé lors d'un ancien projet qui permet de les alimenter en 24V.

Software

Les fonctions principales dont nous nous servons dans le code sont les suivantes :

- ▶ **getADC** : Cette fonction permet de récupérer les données numériques converties depuis des données analogiques par le convertisseur analogique numérique.
- ▶ **sendDAC** : Cette fonction permet d'envoyer des données numériques à convertir en données analogique au convertisseur numérique analogique.
- ▶ **generation_variations** : Cette fonction permet d'envoyer la valeur de tension avec laquelle on souhaite alimenter les lampes.
- ▶ **generation_sinus** : Cette fonction envoie les données codant un sinus de fréquence donnée au convertisseur numérique analogique.
- ▶ **generation_son** : Cette fonction permet d'envoyer vers le convertisseur numérique analogique les données récupérées de la prise jack via le convertisseur numérique analogique.
- ▶ **generation_sinus_piano** : Cette fonction envoie les données codant un sinus de fréquence donnée (parmi les notes possibles) au convertisseur numérique analogique
- ▶ **prise_mesure_pot** : Cette fonction permet de relever la valeur du potentiomètre.
- ▶ **calcul_frequence_sinus** : Cette fonction renvoie la fréquence à laquelle on veut générer le sinus en fonction de la valeur lue sur le potentiomètre.

- ▶ **interface_graphique** : Cette fonction gère tout l'affichage des différents menus et le passage d'un menu à un autre.
- ▶ **mode_piano** : Cette fonction permet de gérer le mode piano et en particulier l'affichage du clavier et le choix de la note.
- ▶ **mode_piano_touched** : Cette fonction permet de récupérer quelle note a été touchée.
- ▶ **DrawImage** : Cette fonction permet de dessiner le logo du Lense.
- ▶ **EraseLCD** : Cette fonction permet d'effacer l'écran LCD.

Le programme de la carte Nucléo peut être schématisé de la façon suivante (figure 5). Les actions à effectuer se font pour la plupart via des interruptions, sauf pour l'interface graphique.

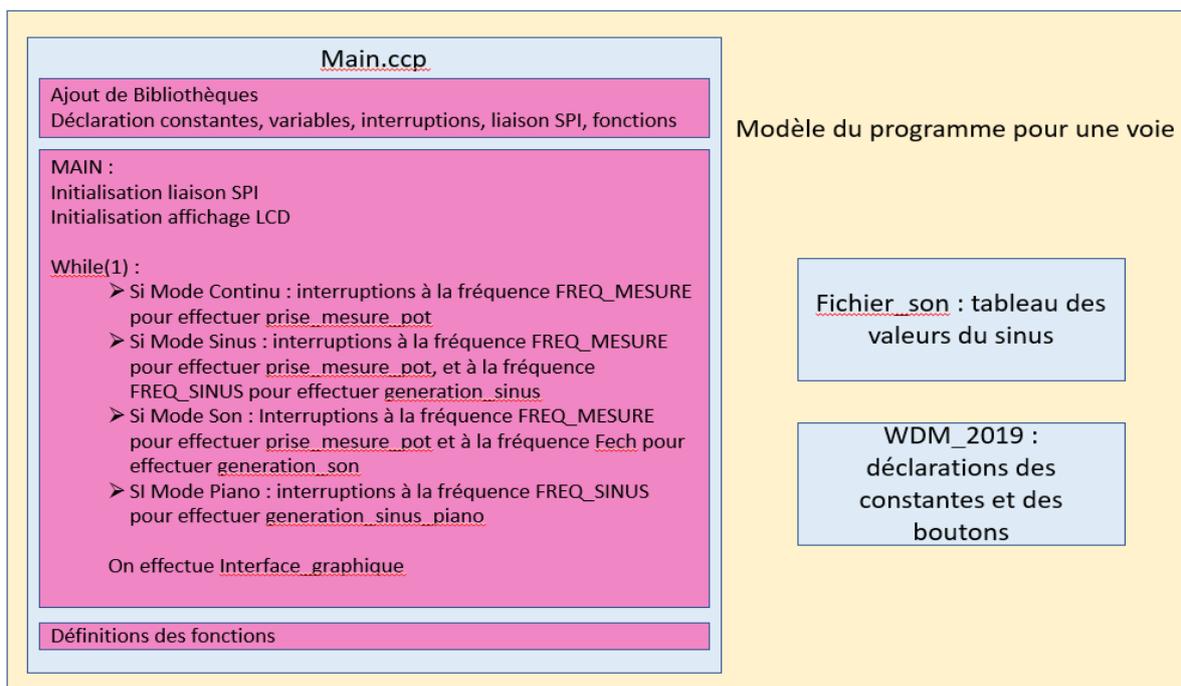


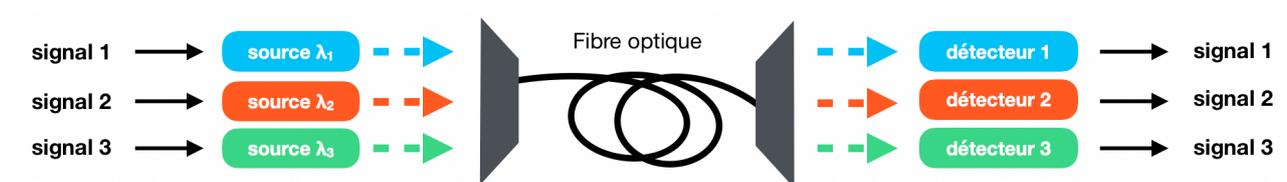
Figure 5 : Schéma explicatif du code pour une voie

Les codes sont inclus en dans le document annexe.

Multiplexage / Démultiplexage

Pour transmettre l'information, nous utilisons un système optique qui permet de combiner les 3 longueurs d'ondes provenant des trois sources lumineuses à l'aide d'un montage optique. Le système complet a été développé lors d'un précédent projet. Nous avons donc récupéré le montage et l'avons ajouté à notre boîtier d'émission. Les trois faisceaux lumineux combinés en un unique faisceau lumineux peuvent ensuite être envoyés dans un système de transmission. Le système de transmission optique que nous utilisons est une fibre optique. Le flux lumineux est injecté dans une des extrémités de la fibre optique qui est enroulée sur un cylindre noir. Nous avons récupéré le cylindre noir d'un précédent projet.

L'autre extrémité de la fibre optique est reliée à un système optique qui permet de séparer les 3 longueurs d'ondes. Pour cela, ce montage contient des filtres de longueur d'onde afin de séparer les trois informations. Ce montage optique a été développé lors d'un ancien projet.



Module de réception

La lumière en sortie de la fibre optique est captée par des photodiodes. Ces photodiodes sont placées sur une plaque de cuivre trouée sur laquelle nous avons soudé des pins longs.

Ces pins longs vont venir s'emboîter sur un circuit de réception visible (figure 6).

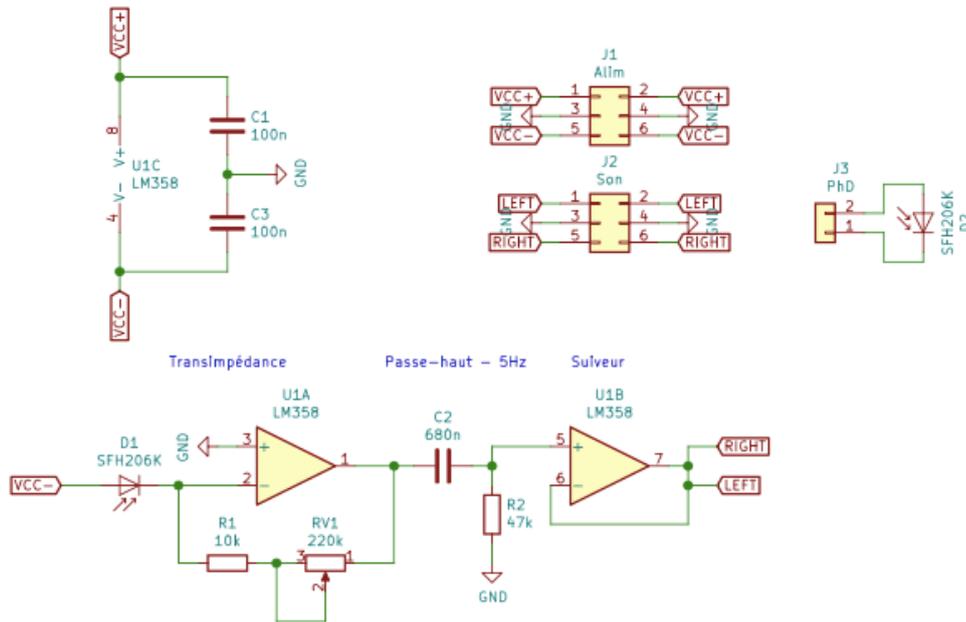


Figure 6 : Circuit électrique du boîtier de réception

Ce circuit de réception contient un circuit trans-impédance permettant de transformer un courant en tension. Ensuite, nous rencontrons un passe-haut qui permet de filtrer les basses fréquences. Finalement, un circuit suiveur permet d'envoyer les informations aux enceintes via les prises jack. Les prises jack présentent une masse et deux câbles « right » et « left » (il n'est pas forcément utile de brancher les deux câbles, un seul suffit puisque l'on ne transmet qu'un seul canal audio dans la fibre). De plus, il faut alimenter le circuit de réception, pour cela nous branchons notre circuit à une alimentation (-5V / +5V) branchée au secteur. Nous rajoutons deux condensateurs dans ce circuit d'alimentation afin de la rendre stable.

Tourelle à enceintes

La tourelle à enceintes est la pièce sur laquelle sont placées nos enceintes. Elle a uniquement un rôle esthétique dans la démonstration. Elle contient cependant un peu d'électronique : trois prises Jack femelles permettent de relier la sortie du module de réception à la tourelle, pour acheminer le signal audio vers les enceintes.

De plus, un port USB femelle est également présent en façade afin de recharger les 3 enceintes lorsqu'elles sont exposées. Pour cela, un circuit a été conçu et intégré au socle pour avoir une connexion USB femelle-femelle (figure 7), dont l'une des extrémités sera le port de façade, et l'autre se connectera sur un hub USB commercial. C'est sur ce dernier que viennent se brancher les câbles USB de recharge des enceintes.

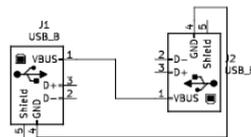


Figure 7 : Circuit qui permet de coupler deux prises USB femelles

Les enceintes choisies comprennent des amplificateurs intégrés. Notre choix s'est porté sur des mini-enceintes JBL Go 2 ayant chacune une couleur correspondant à la source à laquelle elle est reliée.

WDM 2.1

Cahier des charges

La version 2.0 de la démonstration WDM consiste à rendre le dispositif plus compact et surtout plus facile d'utilisation. Dans le but de rendre la manipulation toujours plus ergonomique, la version 2.1 inclut un système de communication radiofréquence entre chacun des 3 pupitres contrôlant les voies lumineuses bleue, rouge et verte. Ce système de communication permettra au démonstrateur de contrôler les 3 voies à partir d'un seul pupitre pour éviter tout déplacement inutile. Ce système devra cependant présenter les caractéristiques détaillées ci-dessous.

Matériel nécessaire

- L'intégralité du matériel de l'outil de démonstration 2.0
- 3 modules émetteurs-récepteurs radiofréquences RF Solutions KAPPA-M868 111-0159
- Des câbles et pins mâles et femelles

Fonctionnalités

De manière totalement arbitraire, on considère que le pupitre ayant la capacité de devenir maître sera le pupitre rouge car il se situe au centre et à l'extrémité du dispositif. N'avoir qu'un seul pupitre pouvant passer en maître permet de ne pas être dérangé par des gens du public ne pouvant se retenir d'appuyer sur tous les boutons (notamment les enfants).

L'écran de contrôle du pupitre rouge présentera donc des fonctionnalités supplémentaires par rapport aux autres pupitres de contrôle. Dans les boutons de choix de mode, il aura donc un bouton supplémentaire s'appelant Mode démonstrateur unique.

A partir de la console maîtresse, il faudra pouvoir effectuer les actions suivantes :

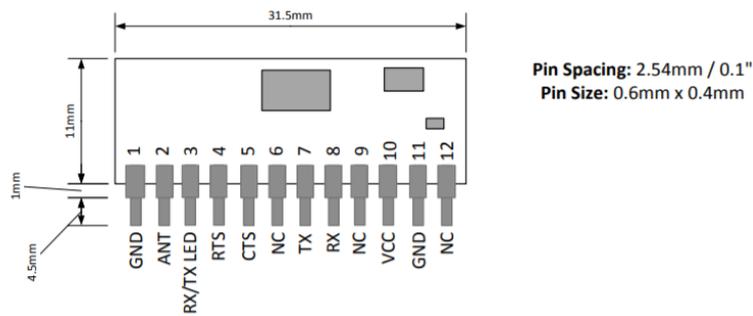
- Sélectionner la voie que l'on veut contrôler : rouge, vert, bleu ou les trois en même temps
- Sélectionner le mode de fonctionnement voulu pour les voies concernées
- Pouvoir régler les paramètres du mode concerné :
 - Régler l'amplitude (le gain) en mode continu
 - Régler la fréquence de chaque voie concernée séparément à l'aide du potentiomètre en mode sinus
 - Pouvoir jouer du piano simultanément sur les 3 écrans en mode piano.

Réalisation du système de communication

Afin de faire communiquer les consoles entre elles, on utilise un émetteur-récepteur radiofréquence par console. En effet, les modules Bluetooth ne permettent de communiquer qu'avec un téléphone, ce qui n'est pas notre objectif ici. Les cartes Nucléo utilisées dans le montage WDM 2.0 sont des cartes DISCO-F746 NG, cependant pour des raisons pratiques, la première implémentation du système de communication du WDM 2.1 est implémenté sur les cartes basiques L476-RG.

Pour cela on utilise les modules RF Solutions KAPPA-M868 111-0159 dont le schéma des connexions est le suivant :

Connections and Mechanical Dimensions



Ainsi, pour les utiliser sur les consoles Nucléo L 476-RG, on réalise le schéma électrique suivant où $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 56\text{ k}\Omega$.

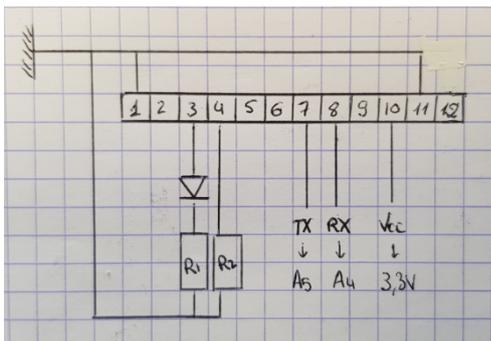


Figure 1 - Schéma électrique de la connexion entre le module et la carte Nucléo

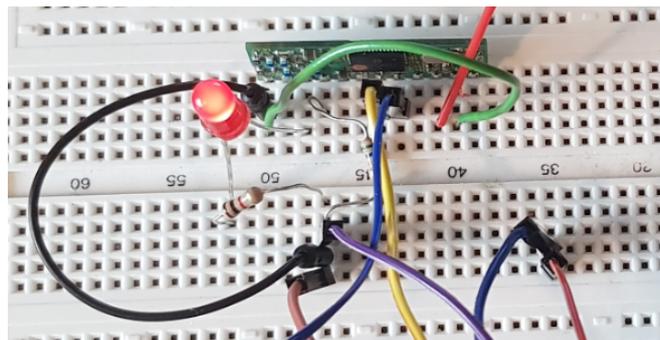


Figure 2 - Photo des branchements du module à la carte Nucléo

Les pins 7,8,10 et 11 sont donc directement reliés à la carte Nucléo.

Une alternative aux branchements TX→A5 et RX→A4 de la carte Nucléo est d'utiliser les pins TX→PC11 et RX→PC10. Ce sont notamment ces pins qui sont utilisés dans les codes de réception en raison d'un dysfonctionnement du module RF utilisé pour la simulation du circuit de réception.

Ces modules fonctionnent à 19 200 bauds, donc pour éviter tout problème d'horloge, on règle le fonctionnement de la carte Nucléo et du terminal TeraTerm à 19 200 bauds également.

Code permettant la transmission d'information d'un module à l'autre

Afin de transmettre l'information d'un module RF à l'autre, on utilise une chaîne de 7 caractères ayant la structure suivante :

?	C	M	V1	V2	V3	V4
---	---	---	----	----	----	----

- Le caractère ? permet de marquer le début de la chaîne d'information. Il permet notamment d'éviter les décalages et erreurs de lecture dans le cas d'un léger décalage d'horloge.
- Le caractère C permet d'encoder la ou les voies concernées par les informations qui vont suivre :

C	1	Seule la console rouge est concernée
	2	Seule la console verte est concernée
	3	Seule la console bleue est concernée
	4	Toutes les consoles sont concernées simultanément

La possibilité de ne commander que la voie rouge n'est pas directement utile dans la configuration actuelle des choses mais peut le devenir si une quatrième console permet de contrôler les 3 autres à distance (pour le projet WDM 3.0).

- Le caractère M permet de sélectionner le mode voulu sur les consoles concernées :

M	1	Mode continu
	2	Mode sinus
	3	Mode piano
	4	Mode musique

- Les caractères V1 V2 V3 et V4 permettent de transmettre l'information relative au mode sélectionné grâce au caractère précédent :

Mode sélectionné	Signification des valeurs V1 V2 V3 V4
Continu	Gain (en pourcentage)
Sinus	Fréquence (en Hz)
Piano	Nombre de 1 à 12 correspondant au numéro de la touche de piano appuyée sur l'écran tactile, de la plus grave à la plus aiguë
Musique	0000 car non concerné

Etat du projet

Les modules communiquent entre eux et transmettent les bonnes informations qui s'affichent sur le terminal TeraTerm afin de s'assurer que ce sont les bonnes informations qui sont transmises aux bons modules.

Les codes sont inclus en dans le document annexe.

Ce qu'il reste à faire

La partie communication du projet WDM 2.1 est donc en grande partie implémentée. Cependant, il reste à l'inclure dans le code de chacune des consoles du projet WDM 2.0. Comme les cartes Nucléo utilisées dans les deux projets ne sont actuellement pas les mêmes, il faudra bien veiller à :

- Réaffecter correctement les broches concernées de la Nucléo destinées à la communication dans le code.
- Coder la traduction de l'information acquise à l'aide de l'écran tactile et du potentiomètre de chaque pupitre en chaîne de caractère codifiée comme ci-dessus.
- Coder la lecture et la réalisation de l'information reçue par les différentes consoles.

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement M. Villemejeane et M. Avignon pour leur aide tout au long de la réalisation du prototype. Merci pour votre dévouement dès le processus de brainstorming jusqu'au test final. Nous avons beaucoup appris de cette expérience. Elle était enrichissante tant sur le point de vue technique (codage, réalisation des circuits sous Kikcad, design sous SolidWorks, soudure...) mais aussi sur le plan organisationnel et humain. Mener un projet aussi complet sur une durée aussi longue n'est pas une tâche facile mais c'est sans hésitation que nous nous relancerions dans cette aventure. Les plus grandes leçons ne sont pas tirées d'un manuel mais bien d'enseignants et encadrants tels que vous. Merci pour votre passion !

Annexes

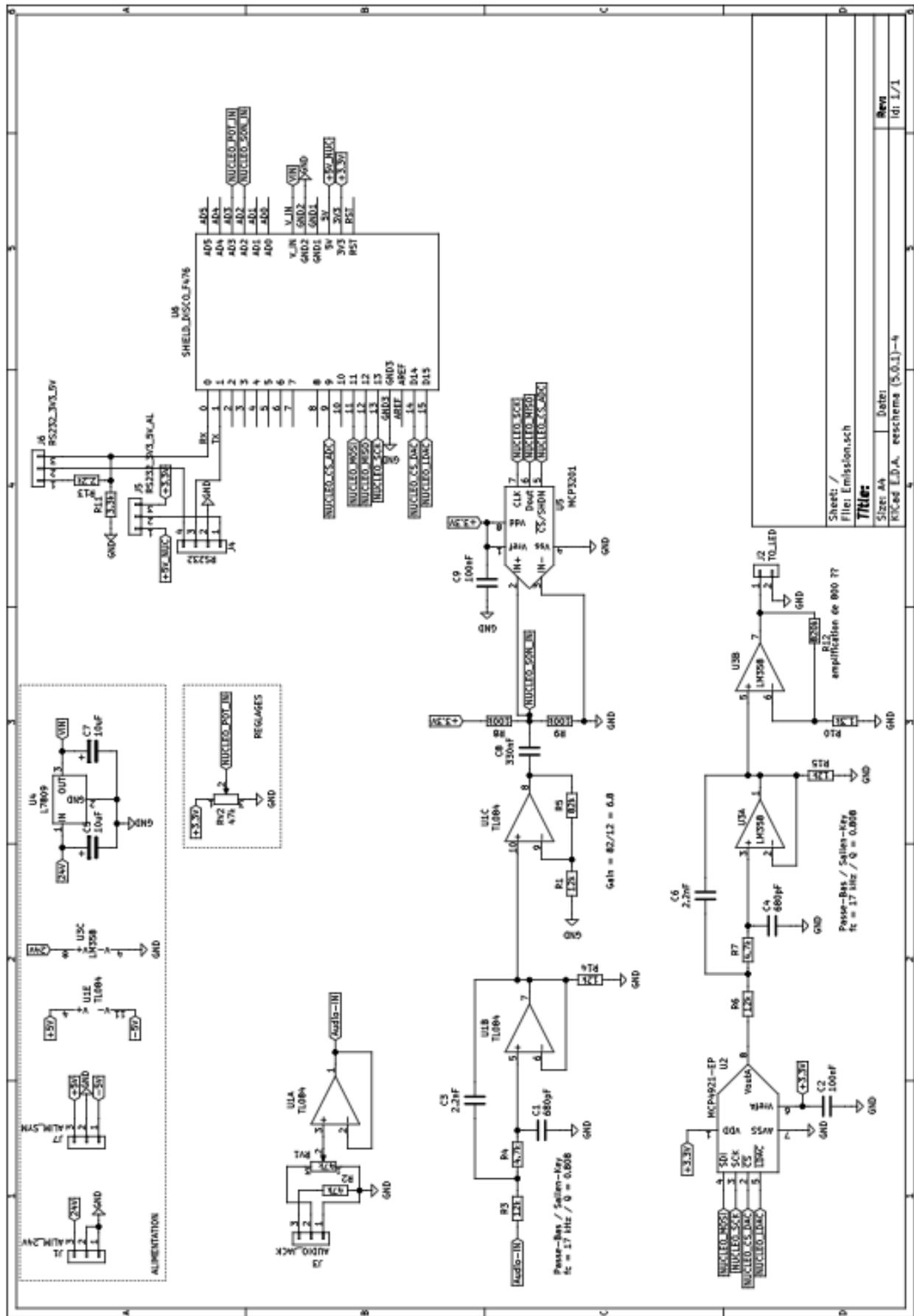
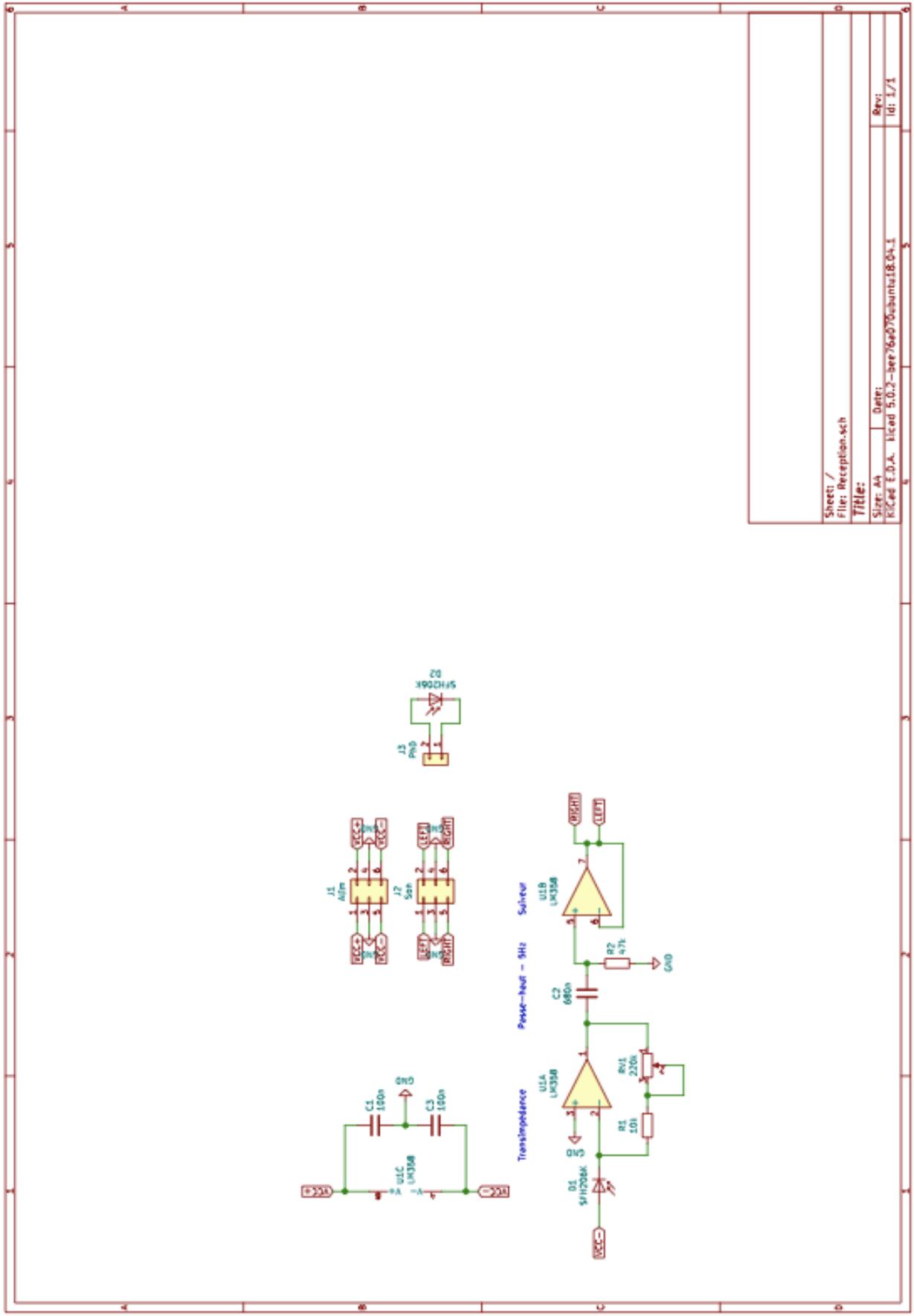


Schéma du circuit électrique d'émission

Schéma du circuit électrique de réception



Sheet: /	
File: Reception.sch	
Title:	
Size: A4	Date:
ICad E.D.A. - Icad 5.0.2 - bee76e076ubunta18.04.1	Proj:
	Id: 1/1

