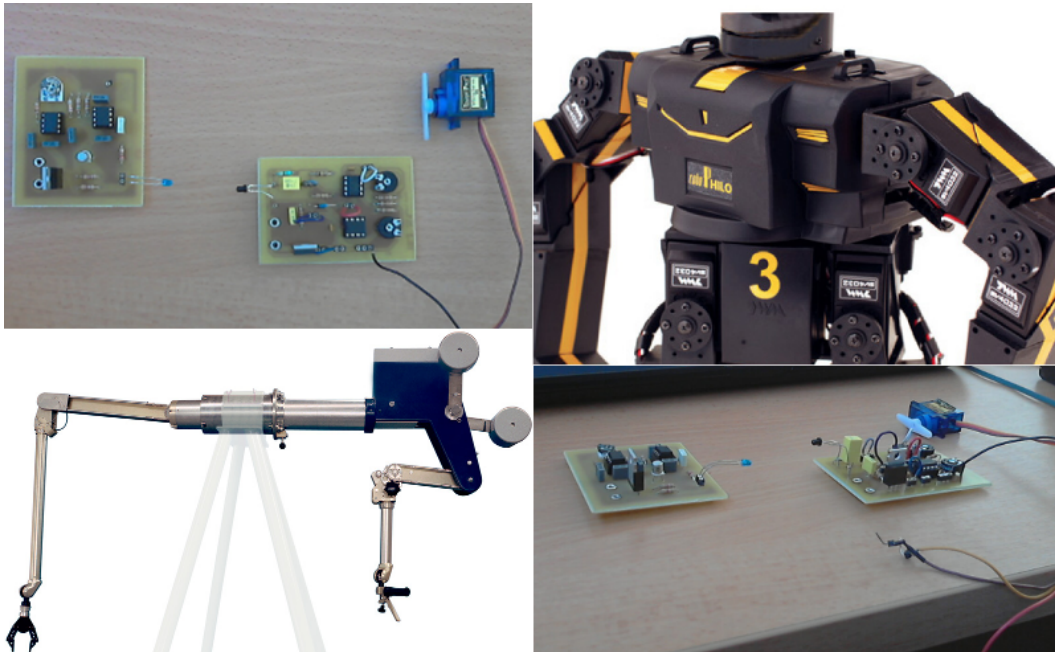


BUREAU D'ÉTUDE D'ÉLECTRONIQUE

Reconstruction d'une PWM envoyée via une liaison Infrarouge



Responsable :
Nicolas RUTY
Fanny POINSOTTE

Lien Chamilo :
[http://chamilo.grenoble-inp.fr/
courses/PHELMA3PMKPEL6](http://chamilo.grenoble-inp.fr/courses/PHELMA3PMKPEL6)

Table des matières

1	Introduction	2
1.1	Organisation du travail	2
1.1.1	Travail de préparation	3
1.1.2	Travail en séance	3
1.1.3	Test des différents blocs	3
2	Émetteur Infrarouge	4
2.1	Réglage de PWM de commande du servomoteur	4
2.2	Génération d'un signal adapté à la transmission	4
2.3	Polarisation de la LED Infrarouge	5
3	Récepteur IR et reconstruction du signal PWM de commande du servomoteur	5
3.1	Polarisation de la photodiode, liaison avec la suite du montage	5
3.1.1	Considération générale sur les photodiodes	6
3.1.2	Caractéristique de la photodiode BPW83	6
3.1.3	Régime de polarisation	7
3.2	Amplification de gain variable	7
3.3	Reconstitution du signal de commande du servomoteur	8
3.3.1	Démodulation	8
3.3.2	Comparateur à seuil réglable	8
3.4	Connecteur de sortie, jumper	8
3.5	Isolation d'étage	8
4	Conclusion	9
A	Schéma Électronique et PCB Circuit Émetteur	10
B	Modèle de Fiche de Mesure	12

1 Introduction

Dans le cadre de ce bureau d'étude, nous vous proposons de travailler sur le pilotage à distance d'un servomoteur, en utilisant une transmission infrarouge. Le schéma synoptique du système complet est donné sur les figures 1 pour l'émetteur et 2 pour le récepteur. Cela comprend donc la génération du signal de commande du servomoteur, sa mise en forme pour la transmission, puis sa réception et la reconstruction d'un signal utile au pilotage du servomoteur. L'ensemble du montage sera alimenté en 0-5V. Les AOPs utilisés seront des MCP6002. *Clarifions sans attendre la situation, vous n'aurez à concevoir que le récepteur. L'émetteur vous sera fourni fonctionnel (carte PCB, avec des composants discrets, soudée et testée). Le schéma électronique est fourni pour information en annexe.*

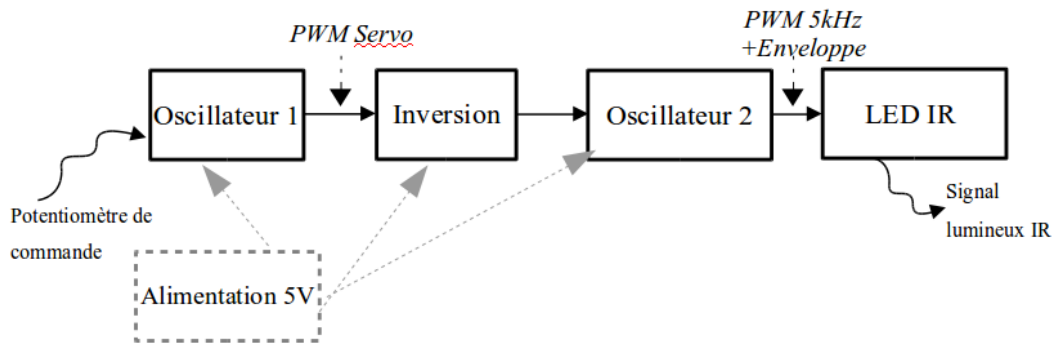


FIGURE 1 – Schéma Global de l'Émetteur IR

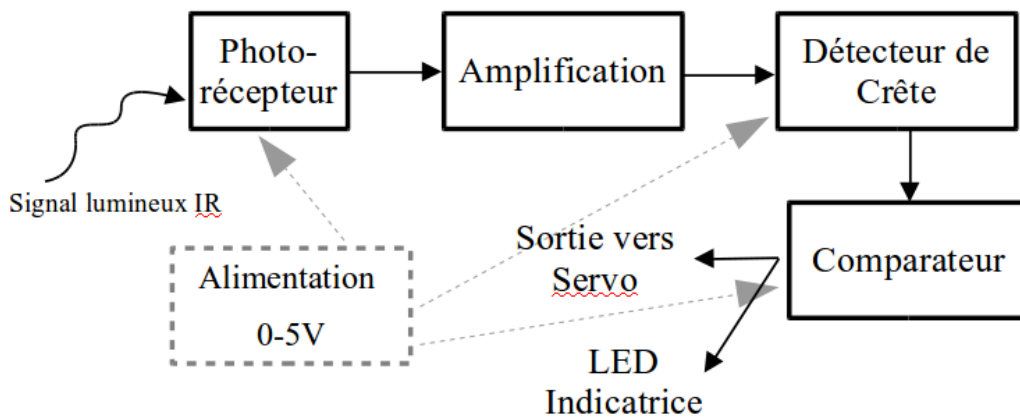


FIGURE 2 – Schéma Global du Récepteur

1.1 Organisation du travail

A partir du schéma de la figure 2, vous allez vous charger de la *conception complète du circuit*. Les 5 séances de BE seront découpées ainsi :

- Avant la séance 1 : Travail de préparation pour aboutir à un schéma électrique complet. Simulation éventuelle à l'aide du logiciel LTSpice (<https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>)
- Séance 1 (encadrée) : travail sur plaque à trou, implantation et tests de vos circuits.
- Séance 2 (2H non encadrées puis 2H encadrées) : suite du travail sur plaque à trou.
- Séance 3 (encadrée) : Séance de CAO, routage de votre plaque PCB.
- Séance 4 (2H encadrées puis 2H non encadrées) : Perçage/Soudure et tests de votre carte.
- Séance 5 (encadrées) : Finalisation des tests de votre carte et démonstration du fonctionnement.

1.1.1 Travail de préparation

Nous vous demandons de proposer un schéma électronique répondant au schéma synoptique de la figure 2 et au cahier des charges. L'objectif du travail de préparation est que vous arriviez lors de la première séance avec, pour chaque bloc :

- Un schéma électronique.
- Le dimensionnement théorique des composants et leurs valeurs numériques possibles dans la série E12 (valeurs normalisées des composants sur une décade).
- Une description claire du fonctionnement théorique (forme d'onde des signaux en entrée et en sortie, polarisation, fonction de transfert, diagramme de Bode, ...),
- Une évaluation des paramètres d'incertitudes qui vont créer les différences entre mesures et prédictions théoriques.

Les questions posées dans la partie préparation ont donc pour but de vous permettre d'effectuer au mieux ce travail de préparation.

Travail de préparation + Réponse aux éventuelles questions Ce travail de préparation vous prendra un MINIMUM de 2h ! N'hésitez pas à échanger entre vous, et avec vos enseignants en début de séance (ou même avant) pour débloquer des problèmes.

Remarque : vous trouverez dans la suite du texte plusieurs références précises de composants. Il vous est demandé de "lire les notices techniques/datasheet". Ces documents explicitant le fonctionnement des composants se trouvent sur la page Chamilo des BE dans la rubrique Documents/S1-PET/Notices Constructeurs. Il ne s'agit pas lire l'intégralité des lignes des nombreuses pages mais bien de comprendre le fonctionnement du composant et toutes les subtilités d'insertion dans un montage et de câblage.

1.1.2 Travail en séance

Lors de la première séance, il vous sera distribué des plaques à trou ainsi que l'ensemble des outils/appareils nécessaires pour travailler. Les composants génériques et spécifiques seront mis à votre disposition. Vous devrez alors tester chacun des blocs individuellement, puis le montage complet. Les blocs dont vous aurez validés le fonctionnement pendant les séances 1 et 2 pourront alors être "transformés" (grâce au logiciel Kicad) en plaque PCB durant la séance 3. Ils seront ensuite testés sur plaque PCB en séance 4 et 5. Si ce test est rapide et efficace, vous pourrez réaliser les éléments encore manquants de votre montage, sur plaque à trou en complément de la plaque PCB.

1.1.3 Test des différents blocs

Important : valider le fonctionnement d'un bloc ne signifie pas seulement dire "ça marche". Il s'agit de faire une ou des mesures quantitatives (polarisation, gain, fréquence(s) de coupure(s), plage de fonctionnement...) sur chaque bloc indépendamment des autres. Les analyser en terme d'ordre de grandeur, les comparer aux prédictions théoriques, expliquer les écarts, et corriger si besoin. Pour vous aider/inciter à faire cela, nous vous demanderons de rédiger des fiches de mesures ayant le même formalisme que celles utilisées en TP d'Intro/Elec (cf annexe B).

2 Émetteur Infrarouge

L'objectif de ce premier montage est la création et la transmission d'un signal IR contenant l'information de pilotage du servomoteur.

2.1 Réglage de PWM de commande du servomoteur

La figure 3 donne le schéma électrique de l'oscillateur générant la Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI, PWM en anglais) de rapport cyclique variable en fonction de la position du potentiomètre RV1. Un servomoteur nécessite pour être piloté un signal de fréquence 50Hz, donc de période de 20ms, dont le rapport cyclique varie. L'angle du servomoteur choisi ici (cf datasheet) peut varier entre 0 et 180 degrés. On atteint ces positions angulaires pour une durée de signal à l'état haut respectivement de 0,9ms et 2,1ms. Les valeurs de $C2=100\text{nF}$, $R1=12\text{K}\Omega$, $RV1=20\text{K}\Omega$, $R2=220\text{K}\Omega$ sont donc choisies pour répondre à ces critères ($f=50\text{Hz}$, tps_{haut} variant entre 0,9ms à 2,1ms). *Note : ce fonctionnement devra bien sûr être rapidement vérifié en début de première séance.*

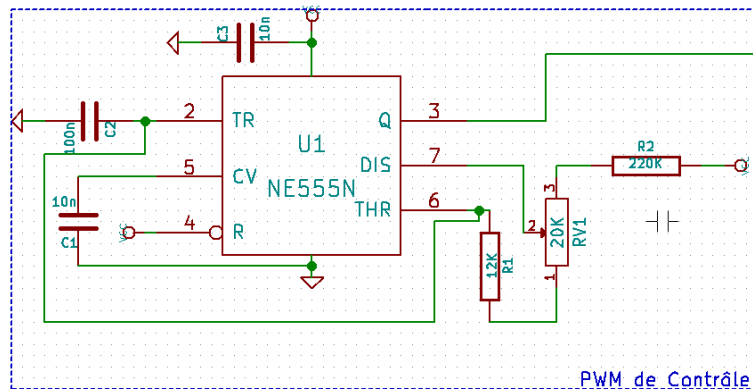


FIGURE 3 – Schéma électronique du premier oscillateur

2.2 Génération d'un signal adapté à la transmission

Le signal ainsi généré est ensuite mis en forme. C'est le rôle du montage de la figure 4.

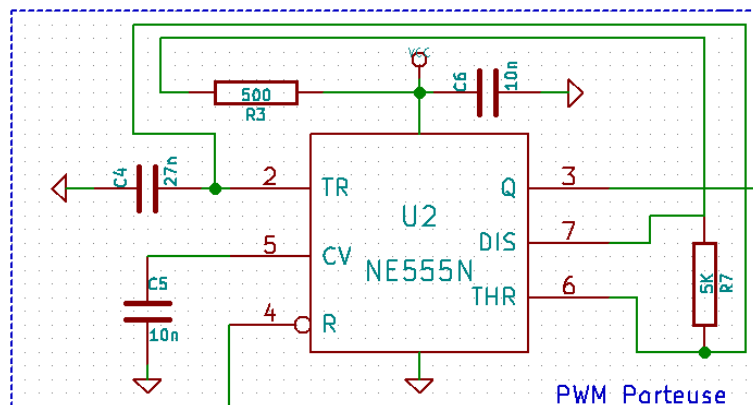


FIGURE 4 – Schéma électronique du deuxième oscillateur

Le signal est décalé vers les hautes fréquences (ici on a choisi environ 5kHz) pour l'envoi du signal via la LED infrarouge.

— Justifier ce choix.

La sortie de U1 (patte 3) est injectée dans un montage à transistor qui a pour effet d'inverser le signal.

La patte 4 du NE555 sert à activer ou non le composant, ainsi le signal de commande va moduler la porteuse à 5Khz. Les valeurs de R3, R7 et C4, sont choisies pour obtenir la fréquence souhaitée et un rapport cyclique d'environ 50%.

— Donner la forme d'onde attendu en sortie de U2, sur une figure précise.

2.3 Polarisation de la LED Infrarouge

Le signal mis en forme peut maintenant être transmis, via le circuit de la figure 5.

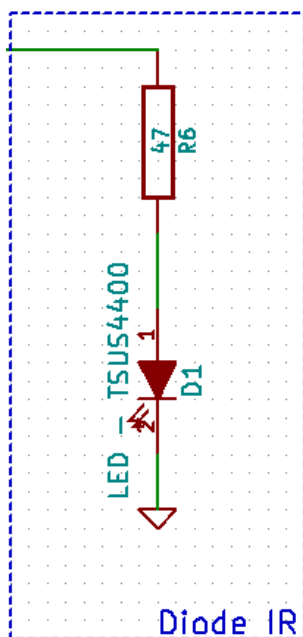


FIGURE 5 – Schéma électronique de la polarisation de la LED IR

- Lire la datasheet de la diode TSUS4400/4300.
- La valeur choisie de R6 permet une puissance d'émission maximale. En utilisant la datasheet, tracer la caractéristique $I=f(V)$ de la diode TSUS4400/4300 ainsi que la droite de charge pour la valeur de résistance choisie. Déterminer alors graphiquement le courant traversant la diode.

3 Récepteur IR et reconstruction du signal PWM de commande du servomoteur

Le signal lumineux émis traverse le milieu ambiant et doit maintenant être conditionné en vue de son exploitation pour le pilotage du servomoteur. Il faut donc capter ce signal, l'amplifier, et le démoduler.

Note importante : tous les composants que nous vous proposons d'utiliser doivent être alimentés en "monotension" (ie entre 0 et 5V), il faudra donc que les montages que vous proposez respectent cette contrainte.

3.1 Polarisation de la photodiode, liaison avec la suite du montage

On s'intéresse au premier bloc du montage récepteur, la photodiode et sa polarisation.

3.1.1 Considération générale sur les photodiodes

Une photodiode est avant tout une diode, dont le schéma est représenté sur la figure 6.

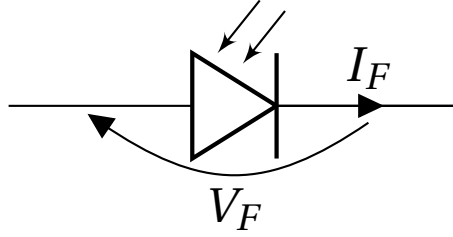


FIGURE 6 – Schéma d'une photodiode, fléchée en convention récepteur

Sa caractéristique statique $I_D = f(U_D)$ a pour particularité de varier en fonction de l'éclairement, comme on peut le voir sur la figure 7.

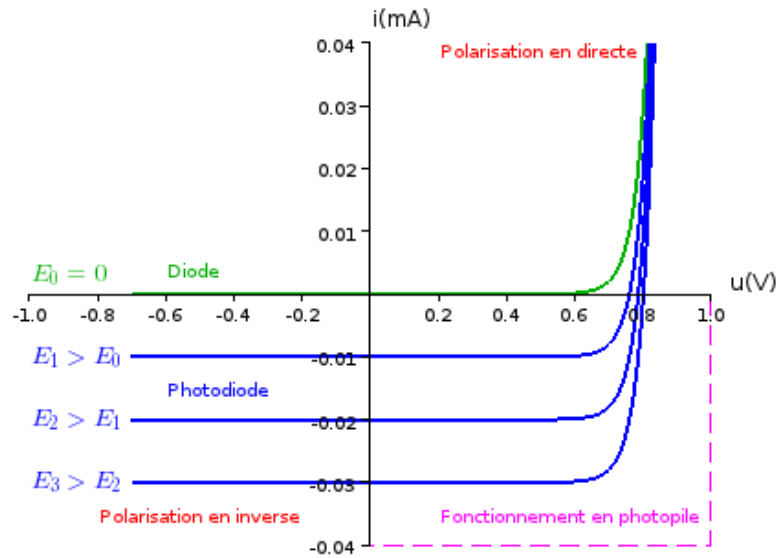


FIGURE 7 – Caractéristique statique $I_D = f(U_D)$ d'une photodiode. Source : <http://vpolicarpo.fr.spc-rochambeau.org>

Sa tension de seuil et sa caractéristique dans le quadrant $I_D > 0; U_D > 0$ est relativement peu modifiée. Par contre, on voit que c'est la partie "bloquée" de la caractéristique qui "descend", illustrant le caractère potentiellement générateur du composant. En pratique, pour une bonne détection des variations de luminosité, on polarisera la photodiode dans le demi-plan $I \leq 0$, et même plutôt dans le quadrant $I_D < 0; U_D < 0$. On dit alors que la diode est polarisée en inverse, et on changera le sens des flèches, ainsi que le nom des tensions et courants sur le schéma (voir figure 8) : U_R pour tension inverse (Reverse Voltage), et I_R pour courant inverse (Reverse Current).

Les fabricants représentent alors en général, dans les datasheets, la caractéristique inversée $I_R = f(U_R)$.

3.1.2 Caractéristique de la photodiode BPW83

La photodiode BPW83 est produite par Vishay Semiconductors. Sa caractéristique $I_R = f(U_R)$ est donnée dans la figure 9.

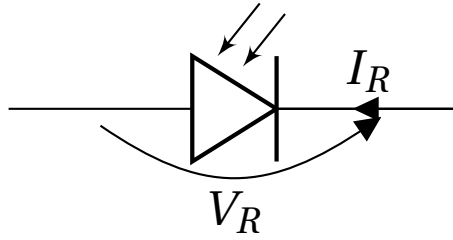


FIGURE 8 – Schéma d'une photodiode, fléchée en convention récepteur, mais en inverse

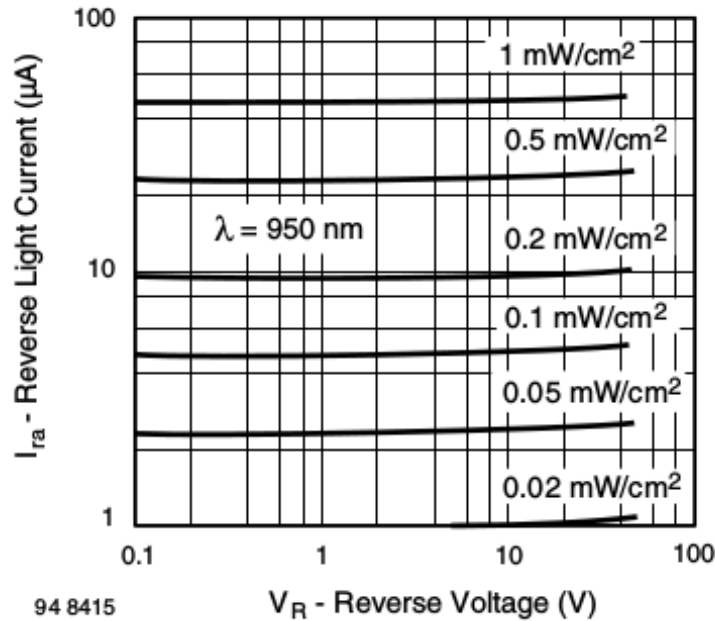


FIGURE 9 – Caractéristique statique $I_R = f(U_R)$ de la diode BPW83

De fait, on peut alors polariser cette photodiode directement via l'alimentation et une résistance (droite de charge), ou bien via un amplificateur opérationnel (convertisseur courant-tension).

- Proposez un montage autour de la photodiode BPW83, avec une sensibilité adaptée. Pour cela, on se référera à la figure 9, en estimant la puissance reçue à partir de celle émise par la LED IR TSUS4300. *Note : 3 montages différents, au moins, sont possibles.*

3.1.3 Régime de polarisation

La puissance lumineuse reçue par la BPW83 va varier selon la distance entre cette dernière et la TSUS4300 mais également en fonction de la luminosité ambiante. Celle-ci fera notamment varier la valeur moyenne du signal. Le signal global est la somme de cette valeur moyenne et des variations sinusoïdales émises.

- Réfléchir aux tensions de polarisation tout au long du montage et au moyen de la fixer à votre convenance à chaque fois que nécessaire.

3.2 Amplification de gain variable

L'amplitude du signal reçu peut être assez faible. L'amplifier permettra une meilleure reconstitution du signal de commande du servomoteur. Un amplificateur de gain variable doit être utilisé.

- Déterminer une valeur de gain raisonnable pour notre application.
- Proposer un montage amplificateur (alimenté en monotension).
- Vérifier que les polarisations de l'entrée et de la sortie sont identiques.
- Donner la fonction de transfert du montage, incluant la modélisation du potentiomètre. Note : la fonction de transfert concerne le régime dynamique.
- Préciser les formes d'ondes en entrée et sortie du bloc amplificateur.

3.3 Reconstitution du signal de commande du servomoteur

Le signal amplifié par l'étage précédent peut être maintenant être démodulé et seuillé pour obtenir le signal de commande initial.

3.3.1 Démodulation

- Proposer un montage, basé sur la diode Schottky BAT85S-TAP, permettant la démodulation du signal reçu et amplifié.
- Décrire le fonctionnement du montage, la forme du signal en entrée et en sortie.
- Justifier l'utilisation d'une diode Schottky BAT85S-TAP.
- Donner un protocole expérimental pour valider le fonctionnement et le dimensionnement du montage.

3.3.2 Comparateur à seuil réglable

Le signal modulé peut comporter quelques irrégularités et résidus HF, il convient de mettre en place un comparateur à seuil (éventuellement à hystérésis) de façon à obtenir un signal exploitable par le servomoteur.

- Proposer un montage réalisant la fonction demandée.
- Décrire le fonctionnement du montage.
- Justifier précisément l'utilité du montage.
- Bonus : quel serait l'intérêt d'utiliser un comparateur à hystérésis plutôt qu'un comparateur simple.

3.4 Connecteur de sortie, jumper

Outre le traitement théorique que vous venez de réaliser, vous devrez réaliser une carte électronique "PCB". Sur celle-ci, il y a nécessité de pouvoir injecter des signaux, récupérer des signaux de sortie, et étudier séparément les sous parties du montage global. Vous placerez donc

- Des bornes d'alimentations.
- Des bornes d'entrée/sortie.
- Des jumpers.

3.5 Isolation d'étage

- Expliquer la nécessité d'un étage d'isolation d'étage.
- Préciser en quoi le MCP6002 est particulièrement adaptée pour réaliser cette tâche.
- Donner une particularité (à part son prix) de cet amplificateur opérationnel, qui a déterminé son choix.
- Proposer un montage pour réaliser la fonction d'isolation d'étage.

Une isolation pourra être utilisée autant de fois que nécessaire dans votre montage.

4 Conclusion

Le dimensionnement des montages émetteur et récepteur est maintenant terminé. Il vous reste donc à passer à la pratique. Il est impératif de garder de tester les blocs séparément pour maximiser vos chances d'avoir un montage complet fonctionnel. Quelques conseils :

- Bien séparer vos montages sur la platine de test.
- Lorsque vous câblez un montage, essayez de suivre le schéma électrique que vous avez au préalable dessiné.
- Utilisez des fils le plus court possible, et évitez les croisements. Un montage propre, beau, a plus de chances d'être opérationnel, et s'il ne l'est pas, est plus facile à corriger.
- Fil d'alim 5V en rouge, fil de masse en noir.
- Comme sonde, utilisez un long fil pour mesurer la tension en différents points du montage.
- Rédiger vos fiches de mesures au fur et à mesure.

A Schéma Électronique et PCB Circuit Émetteur

Schéma Électronique

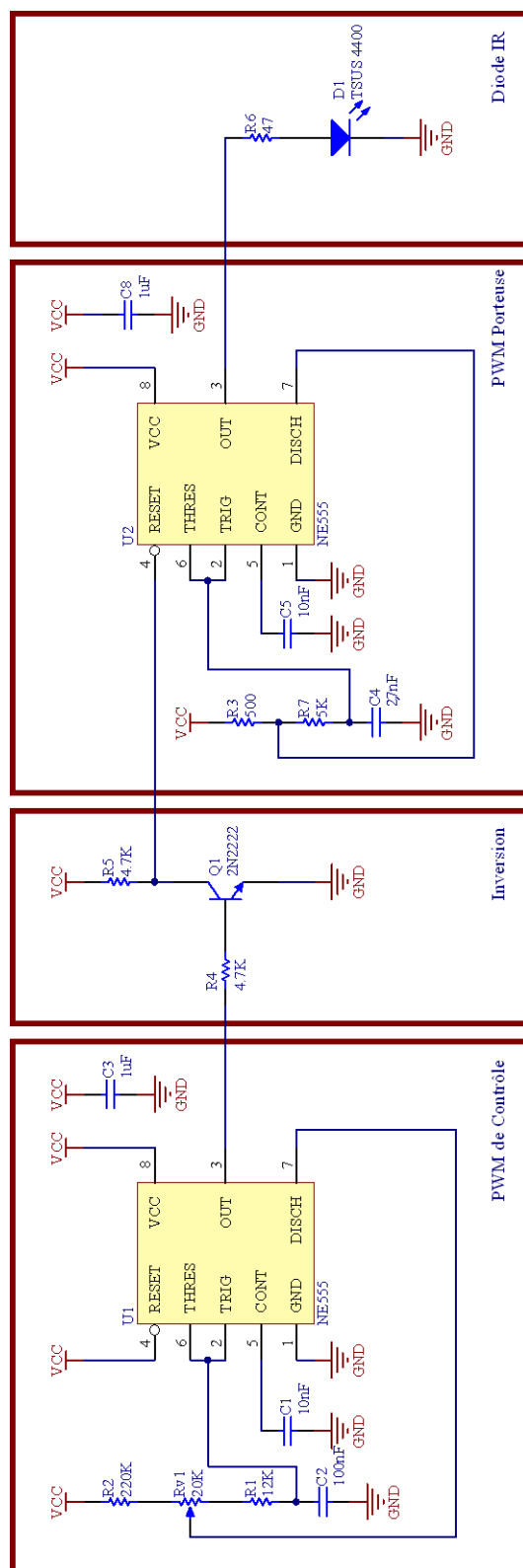


FIGURE 10 – Schéma électronique de la carte émettrice

Schéma d'implantation et routage sur plaque PCB

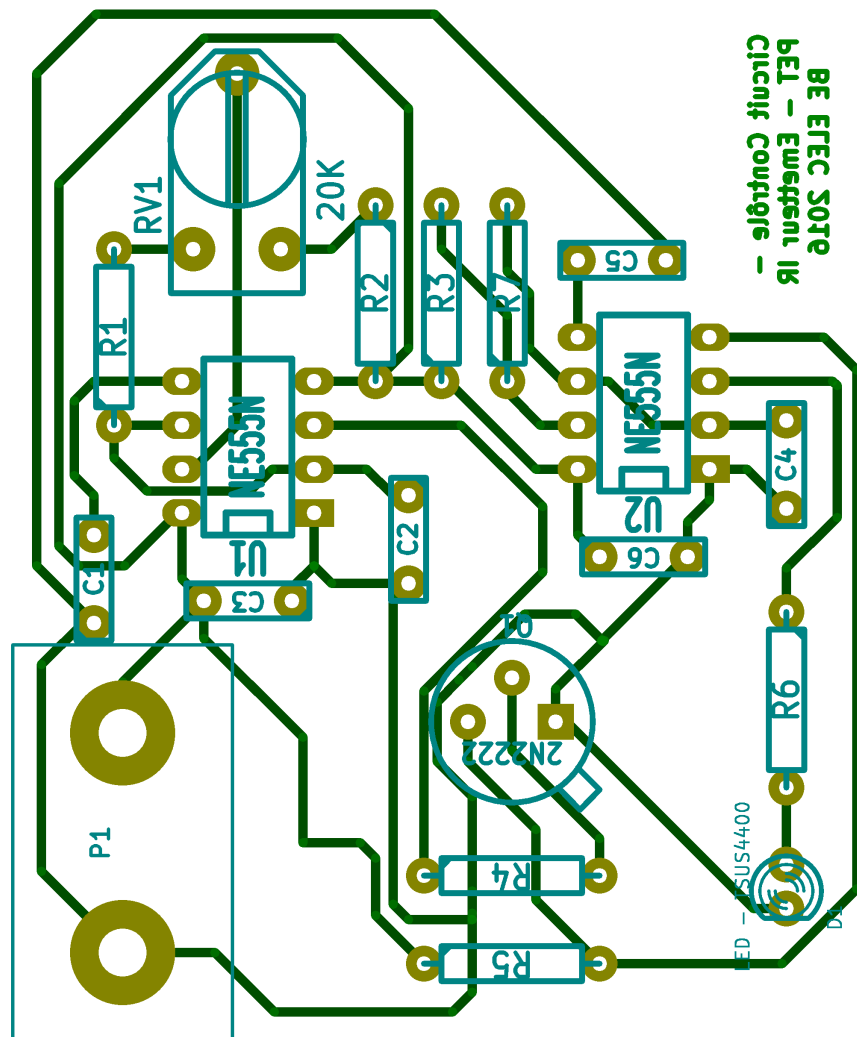


FIGURE 11 – Schéma d'implantation et routage de la carte émettrice

B Modèle de Fiche de Mesure

Fiche de mesure : « vierge »

Introduction	<p>Objectif <i>[Description courte du pourquoi et du comment de la mesure.]</i></p> <p>Hypothèse <i>[Si relevant, quelles sont les relations attendues entre les grandeurs mesurées ?]</i></p> <p>Principe de manipulation <i>[Description très sommaire des mesures qui seront effectuées.]</i></p>
Protocole	<p>NOM Prénom des opérateurs et n° de paillasse <i>[Ceci aide en ce qui concerne la traçabilité des erreurs : était-ce dû à un appareil défectueux ou plutôt à l'opérateur qui s'y est mal pris ?]</i></p> <p>Matériel et appareils de mesures <i>[Tous les appareils et tout le matériel nécessaire à la mesure : marque et type (acronyme/référence). Cette partie comprend également un schéma de mesure si possible]</i></p> <p>Mode opératoire <i>[Description pas à pas de ce que les opérateurs doivent effectuer comme mesures. Il peut s'avérer utile d'utiliser des acronymes pour référer vers les appareils de la section « Matériel et appareils de mesures »]</i></p>
Observations	<p>Mesures <i>[Les mesures = grandeurs + incertitudes + unités ; sous forme de table, de graphique, ...]</i></p> <p>Description de la mesure <i>[Commenter les mesures de manière qualitative.]</i></p>
Conclusion	<p>Analyse et conclusion <i>[Commenter les observations en les mettant dans une perspective de l'objectif.]</i></p>