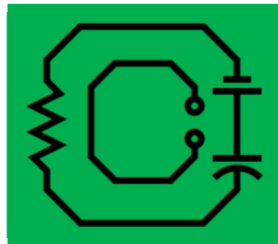


UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Groupe technique



Compétition de
Conception de
Circuits Imprimés

Documentation C3I

Règle infinie

Rédigé par :
Équipe #4,
Ramtin B. Meidani
Miriam Caisse

En date du : 27 décembre 2024

Table des matières

1.	Introduction	3
1.1.	Contexte d'application	3
1.2.	Contraintes du projet	3
1.2.1.	Contraintes technologiques	3
1.2.2.	Contraintes de temps et de budget	3
1.3.	Description du produit réalisé	3
1.3.1.	Présentation globale	4
2.	Développement	4
2.1.	Conception électronique	4
2.1.1.	Choix technologiques	4
2.1.2.	Schémas électriques et conception PCB	4
2.2.	Conception informatique	7
2.2.1.	Présentation globale du code	7
2.2.2.	Librairies	8
2.3.	Gestion	9
2.3.1.	Temps	9
2.3.2.	Budget	9
3.	Conclusion	10
4.	Références	11
Annexe A	Schéma électrique	12
Annexe B	Circuit Imprimé	16

1. Introduction

1.1. Contexte d'application

La règle infinie permet de mesurer la longueur d'objets avec des tailles considérables ou irrégulières. Alors que des outils de mesure conventionnels sont limités par la longueur du ruban à mesurer ou sa rigidité, la règle infinie peut mesurer les dimensions d'une salle juste en roulant l'embout circulaire de la règle sur les murs. Il est aussi possible d'enregistrer les données pour y avoir accès sur un ordinateur, simplifiant la prise de mesure à l'aide d'un outil portatif.

1.2. Contraintes du projet

1.2.1. Contraintes technologiques

Le groupe technique C3I décourageait l'utilisation de devBoards ainsi que de modules pré-faits, nous encourageant à utiliser directement les microcontrôleurs ou capteurs. Aucune limitation au niveau du choix de ce microcontrôleur a été établit.

Une autre contrainte plus technique a été le dimensionnement du PCB en soi, limité à 30mm par 155 mm. Cela a beaucoup affecté le choix des pièces afin de rentrer dans l'espace tout en utilisant un seul côté du PCB (pour que la règle soit plate sur la surface).

1.2.2. Contraintes de temps et de budget

La compétition a débuté le 9 septembre et se termine le 27 décembre, avec la présentation publique le 5 janvier. L'équipe a eu un budget de conception fourni par C3I de 100\$ et a dû essayer de garder le BOM unitaire sous 25\$.

1.3. Description du produit réalisé

L'équipe a choisi d'utiliser un microcontrôleur Atmega328PB dû à leurs connaissances antérieures. Le système est alimenté par une batterie rechargeable CR123A, qui a une tension de 3.7V et une capacité de 800 mAh. La règle pourrait donc fonctionner pour au moins 4h sur une seule charge.

Des circuits de protection de bases permettent de protéger le circuit contre une inversion de la polarité d'entrée, un court-circuit ainsi qu'une surtension au cas où une batterie serait surchargée.

Le circuit principal est capable de mesurer, à l'aide d'un encodeur, la distance parcourue. Cette information est affichée sur cinq afficheurs sept segments (plus le point). Il y a d'ailleurs plusieurs autres boutons permettant de modifier l'affichage, la méthode de mesure ou de calibrer. Les boutons sont intégrés sur des interrupts afin d'avoir une action instantanée,

1.3.1. Présentation globale

La Figure 1 présente le schéma bloc général du fonctionnement du circuit. Puisque le microcontrôleur choisi ne fonctionne pas avec USB, un convertisseur SPI-USB a été utilisé. L'affichage des 7-segments est effectué avec un circuit intégré fonctionnant avec UART, et les deux broches de l'encodeur ainsi que les boutons ont été implémentés comme *interrupts* afin de diminuer les blocages dans la boucle principale du code.

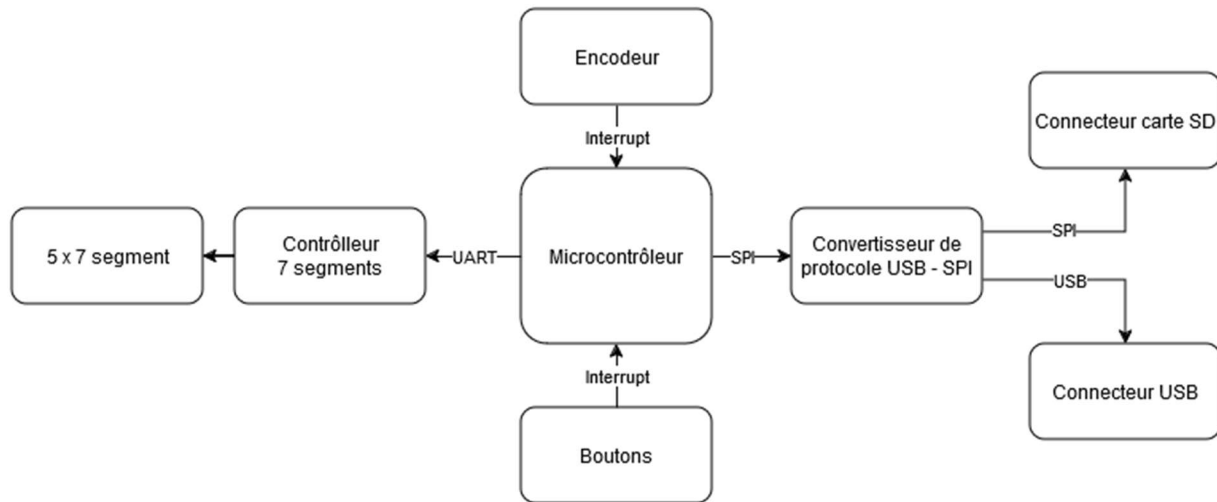


Figure 1 : schéma bloc du fonctionnement global du circuit

2. Développement

2.1. Conception électronique

2.1.1. Choix technologiques

L'équipe a choisi l'Atmega328PB dû à son expérience antérieure avec la pièce. La variété de broches et protocoles disponible pour le coût a aussi joué un rôle dans la décision.

De plus, l'équipe a eu plusieurs choix au niveau du capteur et de l'afficheur utilisé. En effet, l'intention initiale de l'équipe était de concevoir « [u]ne règle qui peut mesurer des distances dans les 3 axes (X, Y, Z) et les afficher sur un écran LCD. Il est possible de sauvegarder les données et de les envoyer à un ordinateur en connectant la règle par USB ».

Cependant, afin de réduire les coûts ainsi que l'espace nécessaire, l'afficheur a été changé d'un écran LCD à cinq afficheurs sept segments. De plus, afin d'avoir plus de précision, un accéléromètre a été utilisé afin de savoir quel axe est mesuré, et un encodeur permet de calculer la distance parcourue.

2.1.2. Schémas électriques et conception PCB

Le circuit électrique a été séparé en quatre pages : alimentation et circuits de protection (Figure 4), microcontrôleur et communication externe (Figure 5), capteurs (Figure 6) et affichage (Figure 7).

Tel que mentionné dans la section 1.3., un circuit de protection simple et efficace a été implémenté. La protection contre les courts-circuits est effectuée grâce à un fusible de 800mA, l'inversion de polarité par une diode Schottky (afin de réduire la chute de tension) pouvant aller jusqu'à 1A, et la surtension par une diode Zener de tension nominale de 3.6V. Tous nos composants sont capables de fonctionner sur une base allant de 3V à 3.6V minimalement. Un condensateur de découplage de 10uF aide aussi à réguler tout pic de tension générée dans le circuit.

Le microcontrôleur comprend un crystal externe de 16 MHz afin de réduire les temps de communication et d'éviter de bloquer des canaux de réception. La section comprend aussi le MCP2210, circuit intégré permettant une communication SPI/USB, ainsi qu'un connecteur pour carte SD. Par manque de temps, l'équipe n'a pas pu implémenter la partie logicielle de ces derniers éléments.

Les capteurs comportent six boutons, un interrupteur, ainsi que l'encodeur. Le design original intégrait un accéléromètre, mais il a été jugé moins pertinent dans l'application et a été retiré.

Finalement, l'affichage a été effectué avec l'aide de cinq afficheurs 8 segments, ainsi qu'un circuit intégré (TM1652 [1]) pour les contrôler. Cependant, dû à une erreur de traduction de la datasheet en mandarin, l'équipe a implémenté des afficheurs à anode commune, tandis que le TM1652 ne supporte que ceux à cathode communes. Une version *breadboard* de cette section du circuit a été construite par l'équipe pour résoudre ce problème. La Figure 2 présente la révision effectuée, qui utilise un transistor NPN ainsi que des résistances afin de poser une logique inverse sur le balayage des afficheurs.

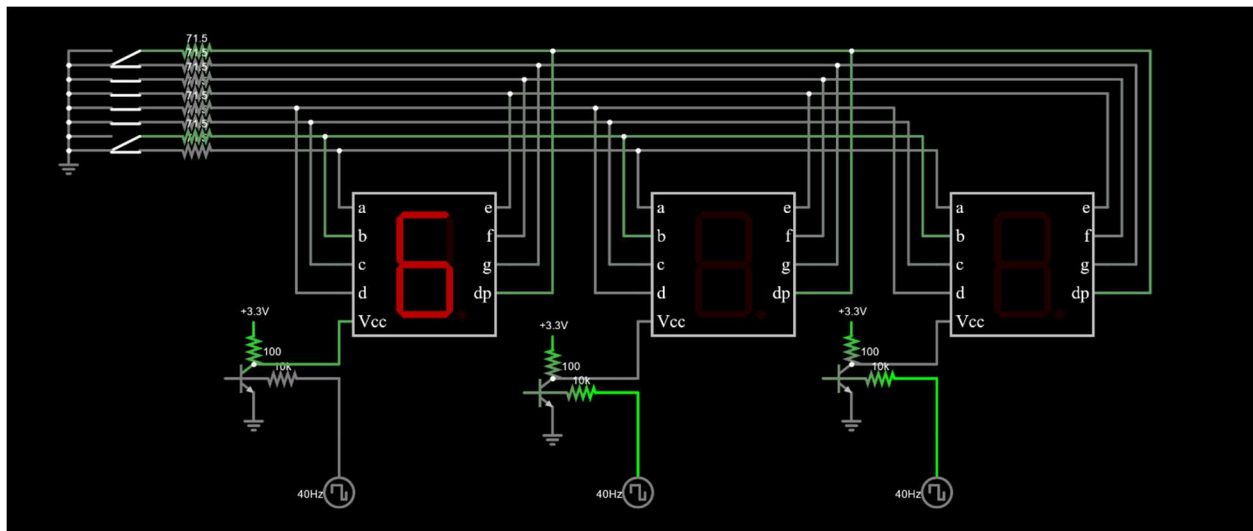


Figure 2 : Schéma simulé du circuit révisé des 7 segments

Les Figure 8 et Figure 9 présentent les couches supérieures et inférieures du PCB conçu.

Il est possible de remarquer que dans la conception du circuit imprimé (PCB), l'équipe a choisi d'uniquement d'utiliser des composants SMD afin de pouvoir mettre tous les composants sur le dessus du PCB, et donc d'avoir la règle à plat sur une table afin de pouvoir faire une ligne droite. Cela a causé de grandes limitations au niveau de la conception et du placement, puisqu'avec les dimensions maximales de 30 par 155 mm, l'espace était très limité.

Le placement des composants a été effectué en fonction des besoins : un côté de la règle est resté libre afin de mettre des indications de mesure métriques, une extrémité est utilisée pour l'encodeur, et l'autre pour le connecteur USB. Les boutons ont été rassemblés près des afficheurs afin de facilement y avoir accès. Les décisions de placement rapproché des pièces ont été effectuée en fonction des compétences de soudure de l'équipe, priorisant plutôt l'optimisation de l'espace que la facilité de soudure. Par exemple, des résistances de taille 0402 ont été utilisées pour les afficheurs 8 segments.

Une erreur effectuée par l'équipe a cependant été la *footprint* de ces afficheurs 8 segments : la recommandation de la datasheet a été suivie, mais elle dépendant malheureusement d'une soudure dans un four. Les soudures à la main ont été complexes, et il a fallu plusieurs essais pour avoir toutes les broches fonctionnelles.

2.2. Conception informatique

2.2.1. Présentation globale du code

Le schéma de la conception informatique est disponible ci-bas.

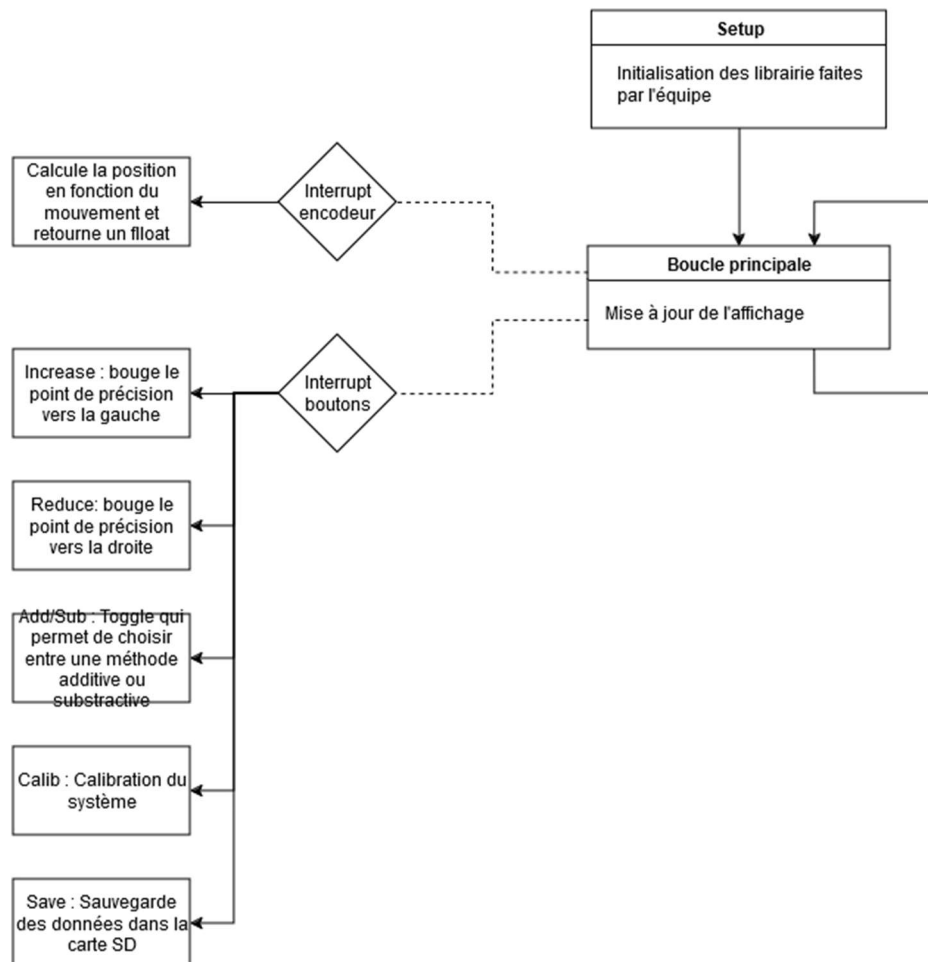


Figure 3 : Schéma bloc général du code

L'utilisation majeure d'interrupts a été une nouveauté pour les deux membres de l'équipe. Aucun interrupt externe (plus détaillé) n'a été utilisé, permettant d'apprendre à utiliser des interrupts génériques – ces derniers permettant uniquement de savoir si l'état a changé. Cela a permis d'apprendre une gestion de donnée plus approfondie.

L'implémentation de l'affichage a aussi comporté un certain défi, puisque la communication dépendait du contenu de la datasheet, qui malheureusement était uniquement en mandarin. La compréhension de quelle commande effectuait quoi a donc dépendu d'une traduction qui a causé quelques embûches. Malheureusement, le problème majeur a été de déterminer que le circuit intégré peut uniquement travailler avec des afficheurs à cathode commune, ce qui a pris beaucoup de temps à déverminer.

2.2.2. Librairies

Aucune librairie externe n'a été utilisée dans le cadre du projet. Les seuls documents non-faits par l'équipe sont les librairies génériques du microcontrôleur qui permettent de programmer et d'avoir une base de temps :

- `#include <avr/io.h>`
- `#include <avr/interrupt.h>`
- `#include <util/delay.h>`

Le reste des librairies ont été faites par l'équipe :

- Buttons.cpp / .h
- Display.cpp / .h
- Encoder.cpp / .h
- SD_Card.cpp / .h
- UART.cpp / .h

2.3. Gestion

2.3.1. Temps

Les échéances d'équipe initialement posées prévoyaient la fin du schéma électrique le 10 novembre, la fin du PCB le 17 novembre et la commande des pièces et du PCB le 22 novembre.

L'équipe a pris du retard avec le schéma électrique et l'a complété juste avant de finir le PCB. Le PCB avait cependant déjà été entamé, et les finitions du schéma étaient uniquement des changements de composants ou des ajustements.

Afin d'adhérer aux commandes avec les autres participants, l'équipe a choisi de commander un composant sur Digikey ainsi que le PCB le 23 novembre avec les autres. Cela a réduit les coûts de transports considérant la demande de 100\$ de Digikey ainsi que l'utilisation de DHL.

Cependant, la commande LCSC a été faite le 10 novembre dû au nombre de certains composants limité. La commande a cependant été effectuée quelques jours avant que la grève de Poste Canada débute, et les composants ont été reçus par l'équipe uniquement le 23 décembre. L'équipe a donc commencé l'assemblage le 23 décembre et seulement pu commencer à tester le code le 26 décembre, la veille de la remise. À cause de cela, plusieurs fonctionnalités ont dû être délaissées.

2.3.2. Budget

L'équipe a choisi de commander avec LCSC dû à l'avantage sur la réduction des coûts du BOM. Cependant, les coûts de transports ont été englobés par l'équipe seule puisqu'elle a été la seule à faire cette commande. L'équipe a utilisé la majorité de leur budget (environ 80\$ sur le 100\$ disponible).

Une seule commande de PCB a été faite, premièrement dû aux coûts de transport DHL, et deuxièmement puisqu'il était difficile de considérer les améliorations possibles sans avoir accès aux pièces.

Grâce à l'utilisation de LCSC, l'équipe a finalement réussi à réduire le BOM à 10.99\$ par assemblage.

3. Conclusion

Il est certain que le projet n'a pas atteint les attentes de l'équipe. Malheureusement, avec la grève de Poste Canada, l'équipe a manqué de temps pour assembler et implémenter tous les éléments voulus. Principalement, toute la communication externe au PCB (carte SD, communication USB) a dû être délaissés. Il est certain que si nous pouvions revenir en arrière, il aurait été idéal de passer nos commandes deux semaines plus tôt afin de recevoir nos pièces dans des temps appropriés. Il serait donc bien de gérer les imprévus en prenant de l'avance dans les projets futurs.

4. Références

- [1] Titan Micro Electronics, «LED 驱动控制专用电路 TM1652,» Titan Micro Electronics, [En ligne]. Available: https://www.lcsc.com/datasheet/lcsc_datasheet_1810181022_TM-Shenzhen-Titan-Micro-Elec-TM1652_C52186.pdf. [Accès le 27 12 2024].

Annexe A Schéma électrique

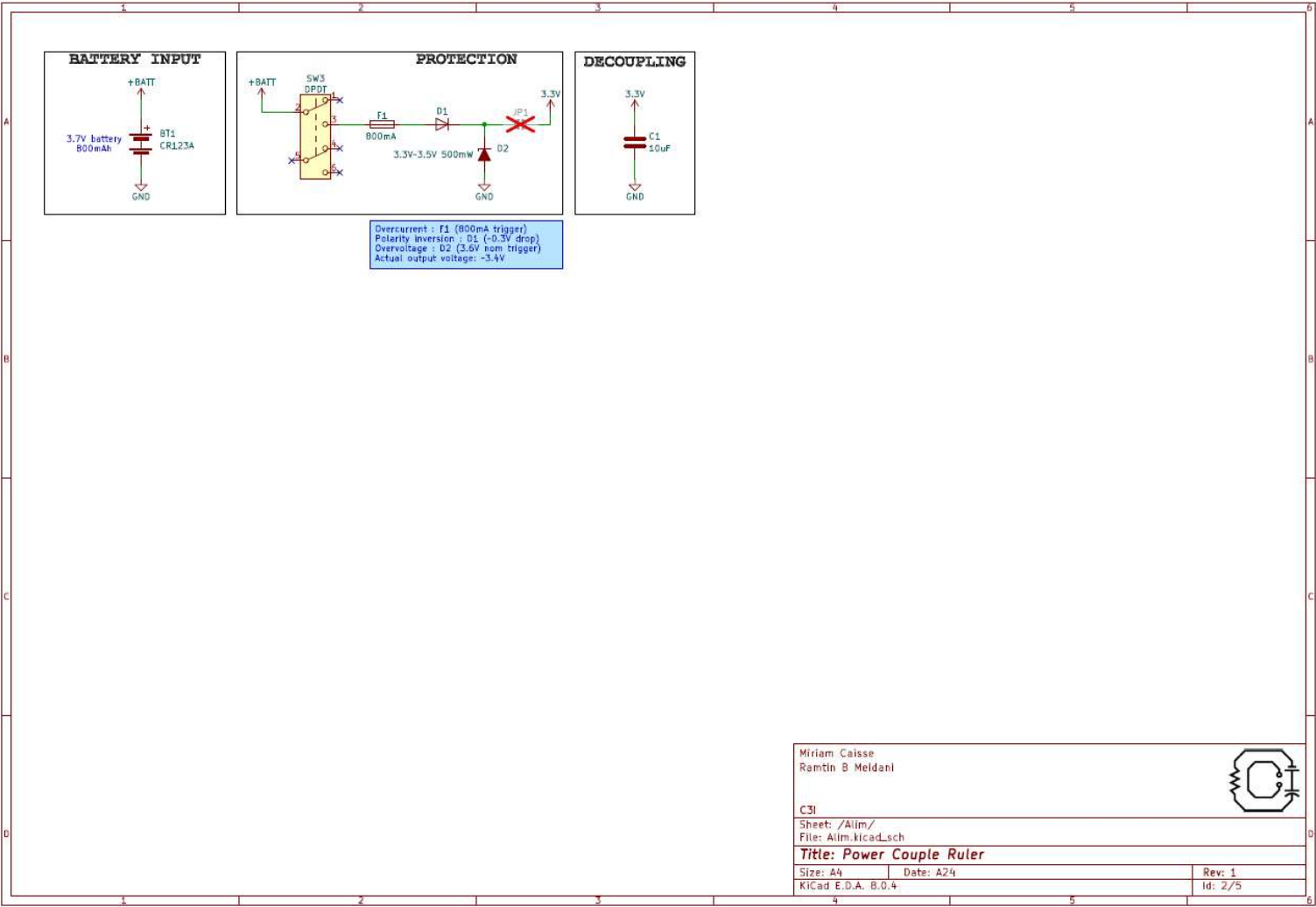


Figure 4 : Page 1 du projet

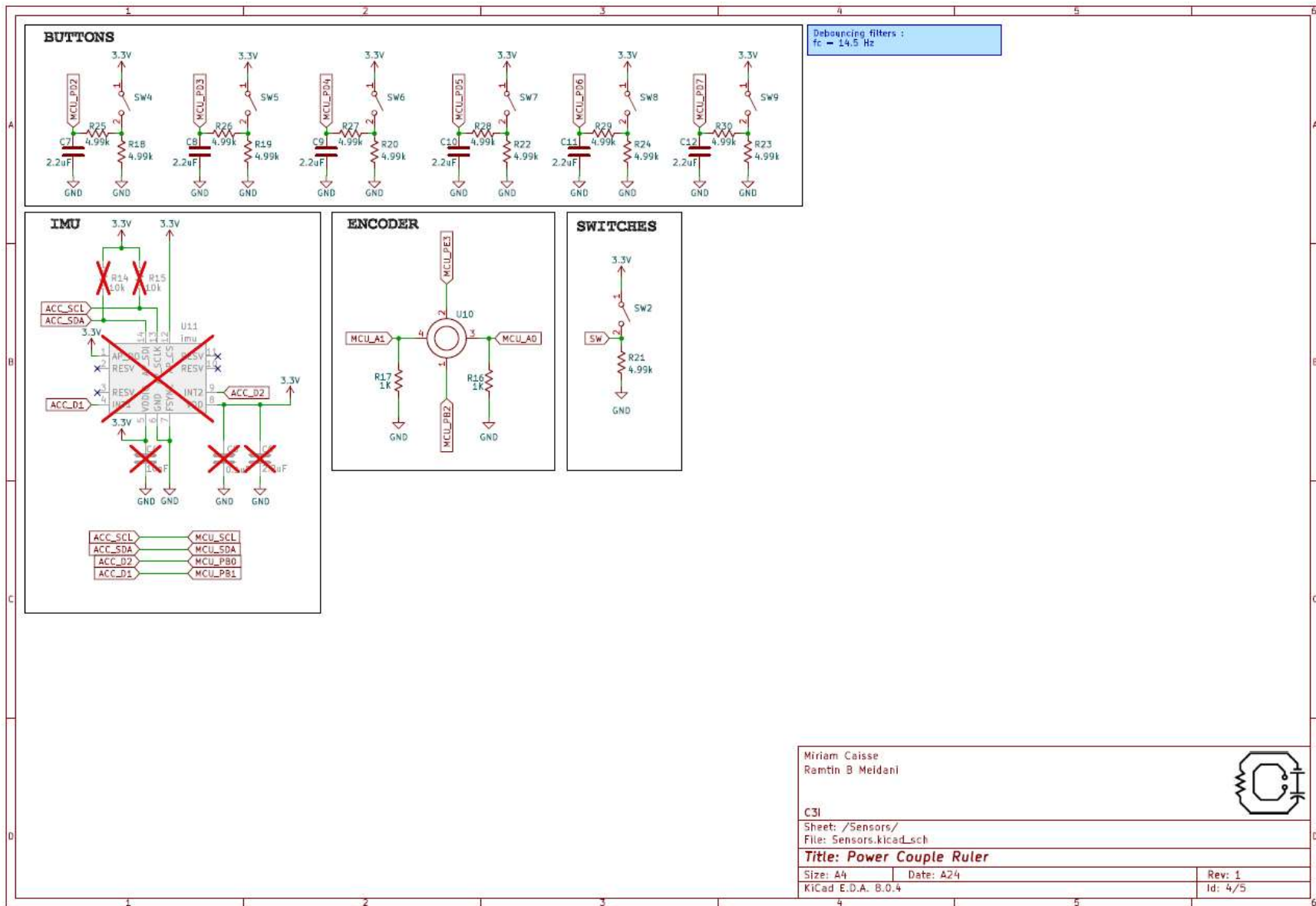


Figure 6 : Page 3 du projet

Annexe B Circuit Imprimé

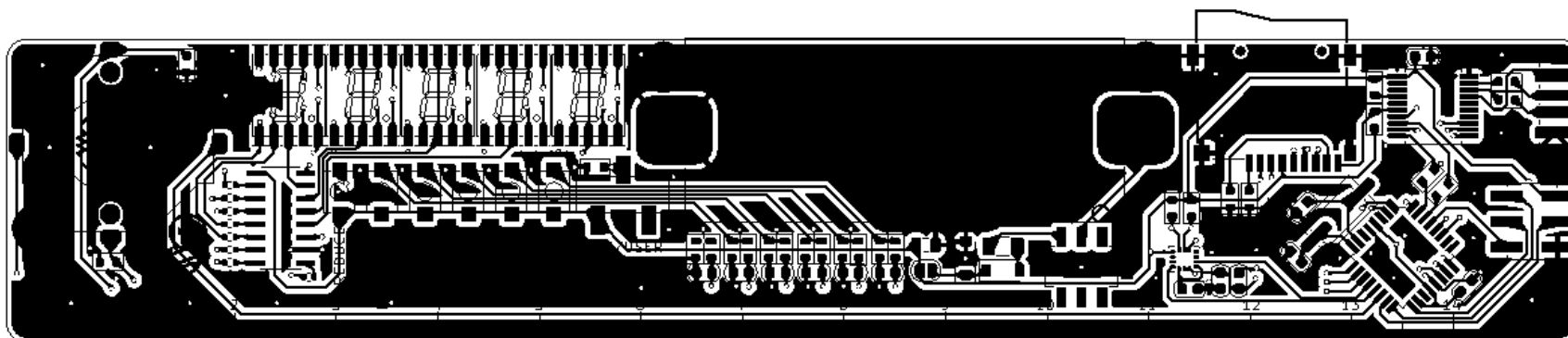


Figure 8 : Dessus du PCB



Figure 9 : Dessous du PCB