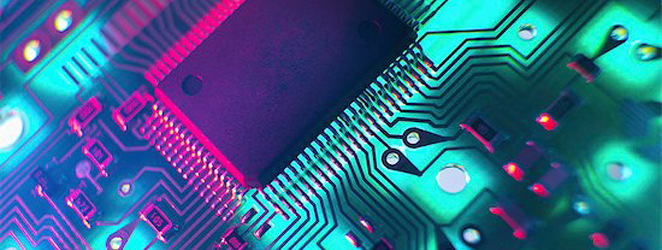


**ELECTRONICIEN/NE CFC  
 ELEKTRONIKER/IN-EFZ**



projectname

projectversion

**projecttitle**

Métier, Beruf

Pittet Loïc

year

EMF - Ecole des Metiers de Fribourg

SWITZERLAND

Table des matières

[1 Information 2](#_Toc72079929)

[1.1 Objectifs du projet 2](#_Toc72079930)

[1.2 Schéma de principe de l'environnement 2](#_Toc72079931)

[2 Planification 3](#_Toc72079932)

[2.1 Calendrier prévisionnelle des tâches à réaliser 3](#_Toc72079933)

[2.2 Calendrier réel des tâches réalisées 3](#_Toc72079934)

[3 Décision 4](#_Toc72079935)

[4 Réalisation 5](#_Toc72079936)

[4.1 Schéma bloc de l'électronique à développer 5](#_Toc72079937)

[4.2 Description des éléments principaux 5](#_Toc72079938)

[4.3 Schématique, Dimensionnement & simulation 5](#_Toc72079939)

[4.4 Rédaction du protocole de mise en service du prototype 5](#_Toc72079940)

[4.5 Liste de matériel 6](#_Toc72079941)

[4.6 Layout 6](#_Toc72079942)

[4.7 Firmware 7](#_Toc72079943)

[4.8 Software 7](#_Toc72079944)

[4.9 Phase de production en série 7](#_Toc72079945)

[4.10 Liste des outils utilisés et leur version 7](#_Toc72079946)

[5 Contrôle 8](#_Toc72079947)

[5.1 Validation ERC 8](#_Toc72079948)

[5.2 Validation DRC 8](#_Toc72079949)

[5.3 Validation Eurocircuits 8](#_Toc72079950)

[5.4 Validation par la mise en service du prototype 8](#_Toc72079951)

[6 Evaluation 9](#_Toc72079952)

[6.1 Etat du projet 9](#_Toc72079953)

[6.2 Liste des modifications pour la prochaine version 9](#_Toc72079954)

[6.3 Liste des délivrables 9](#_Toc72079955)

[6.4 Amélioration possible 9](#_Toc72079956)

[6.5 Conclusion et avis personnel 9](#_Toc72079957)

# Information

## Objectifs du projet

### Résumé du cahier des charges

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, nombre

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

## Schéma de principe de l'environnement

# Planification

## Calendrier prévisionnelle des tâches à réaliser

Une image contenant texte, mots croisés, capture d’écran, diagramme

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

## Calendrier réel des tâches réalisées

# Décision

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Date | Qui | Quoi | Pourquoi |
| 14.05.2025 | Berset, Pittet | Changer de capteur de lumière. | Capteur actuel plus disponible sur le marché avant 18 semaines… |
| 14.05.2025 | Berset, Pittet | Choix du moyen de faire du Bruit avec le PIC. 🡪 Bruit numérique par pseudo-aléatoire (LSFR) | Méthode la plus simple à mettre en place sans rajouter trop de composants. |
| 14.05.2025 |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# Réalisation

## Schéma bloc de l'électronique à développer

Une image contenant diagramme, texte, Dessin technique, Plan

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Le but de ce circuit est d’avoir une tension utilisable variable pour pouvoir l’utilisé comme tension comparatif à 2,5V. Pour ce faire, nous pouvons voir le conditionneur qui précède cette tension. Nous allons générer un petit bruit d’environ 20mV.

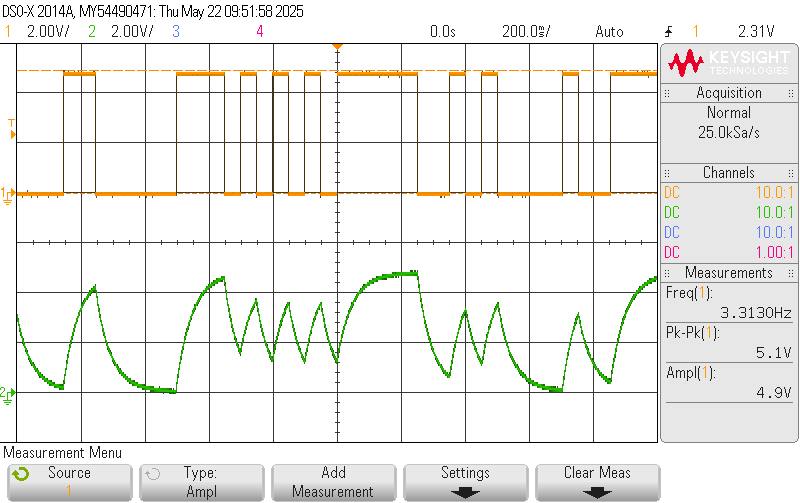
La première partie est constitué de deux capteurs de lumières (phototransistor). Un premier capteur est là pour avoir une tension de référence qui ne changera jamais (à part si un nuage vient perturber la lumière ambiante.) Cette tension sera soustraite de l’autre capteur pour que cette tension ne soit jamais positive (à voir après pourquoi). A savoir que si la lumière capté baisse, le courant baisse et en conséquence la tension aussi. Donc si l’on cache ce second capteur, la tension de référence sera de toute façon plus grande. C’est pourquoi que la tension de sortie sera négative ou nulle.

Nous allons ensuite passer cette tension de sortie du soustracteur dans un **additionneur inverseur**. C’est pourquoi il nous fallait une tension négative après le soustracteur pour pouvoir retrouver une tension positive à la sortie de l’additionneur. A cette tension, nous allons ajouter une composante continue de **-2,5V** pour pouvoir travailler autour de la tension de seuil qui est de 2.5V au lieu de travailler sur une tension pratiquement nulle.

Et pour terminer, un bruit d’environ 20mV est ajouté au signal pour pouvoir voir l’effet du bruit sur un comparateur avec et sans hystérèse. Ce bruit est généré grâce à la méthode de Bruit Numérique par Pseudo-Aléatoire (LFSR). J’utilise un PIC dans lequel j’ai codé un registre à décalage. Le bit 1,4 et 6 sont récupéré et sont passé dans une porte XOR pour avoir un nouveau bit « aléatoire » sur le 8ème bit. Ce qui nous permet de presque avoir un bruit **pseudo**-aléatoire. Cependant, nous ne pouvons pas traiter cette tension tel quel. C’est pourquoi nous allons créer un filtre passe-bas pour avoir une tension un peu plus **analogique** et non numérique.

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.



Le signal orange montre la sortie sur PIC. Nous pouvons observer sur le signal vert la tension filtrée en passe-bas.

Après que ces trois tensions sont additionnées, nous pouvons la traiter dans une entrée de notre comparateur. Nous allons comparer cette tension d’entrée variable à une tension de seuil fixe de 2,5V. Voilà pourquoi nous avions ajouté un offset de 2.5V auparavant.

### Schéma bloc de l'électronique à développer 2

## Une image contenant diagramme, texte, ligne, Plan Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Cette proposition a été jugé trop compliqué à gérer la partie PWM.

Le but était de reset le programme avec un bouton lorsque la lumière ambiante change. Mais dans un atelier, il y’a du mouvement, des zones d’ombres et s’en parler des perturbations externes tels que les nuages, un coucher de soleil, une lampe…

Cette version avait été imaginer pour que le PIC s’occupe de tout en interne.

### Schéma bloc de l'électronique à développer 3

Une image contenant diagramme, texte, Plan, Dessin technique

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Solution abordable mais pas très pratique puisqu’à chaque fois qu’un évènement vient perturber la lumière, il faut réajuster la tension (de référence) avec un trimmer (donc manuellement) par exemple la tension de la lumière actuelle. Par exemple lorsqu’un nuage passe devant le soleil, cela va biaiser les mesures. Pareil si quelqu’un éteint la lumière…

Cette solution est un entre deux entre la version PWM et la version choisie.

## Schématique, Dimensionnement & simulation

### Schématique globale

Une image contenant texte, diagramme, Parallèle, Plan

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

### Dimensionnement

Pour une tension de 2.5V à lumière ambiante, il faut calculer la résistance à partir d’une autre choisi « aléatoirement ». Dans notre cas, nous mesurons la tensions (à la lumière ambiante) sur une résistance de 6.8kOhms. Nous pouvons ainsi déterminer la résistance pour 2.5V.

Dimensionnement Résistance série du capteur de lumière :

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Une image contenant texte, diagramme, ligne, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Une image contenant texte, Police, blanc, écriture manuscrite

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Dimensionnement Résistance de Bruit :

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Tracé

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Une image contenant texte, Police, reçu, blanc

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Le but de ce diviseur de tension entre R16 et R19 est d’abaisser la tension pour ensuite pouvoir abaisser la valeur de R14 et éviter qu’elle soit trop grande.

Dimensionnement Condensateur du filtre passe-bas :

Pour une fréquence de coupure d’environ 50Hz et une résistance de 50kOhms mesuré sur plaque d’essais (Potentiomètre en série avec le condo pour pouvoir ajuster au mieux ) :

Une image contenant texte, Police, ligne, capture d’écran

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Après test, la constante de temps est jugée trop courte.

🡪x10 sur C 🡪680nF

Une image contenant texte, Police, reçu, blanc

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Il faut réajuster le condensateur pour garder la même constance de temps avec les nouvelles résistances.

Pour le soustracteur, nous avons besoin d’un gain de 1V/V

C’est pourquoi nous avons les mêmes valeurs de résistances pour R5,R9,R11 et R13.

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Plan

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

#### Estimation du courant de consommation du système

A lumière ambiante :

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Plan

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

A lumière maximale :

Une image contenant diagramme, Plan, ligne, texte

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

A lumière minimale :

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Plan

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

## Rédaction du protocole de mise en service du prototype

### Protocole de mise en service

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etape | Quoi faire | Valeur attendue | Valeur mesurée | Erreur | Validée | Mes. Ref. |
| 1 | Implanter les connecteurs d’alimentations  Mesurer les tensions d’alimentations  … | - +5V  -5V | - | - |  | - |
| 2 | Implanter les condensateurs de découplages et la diode de protection  Mesurer les tensions d’alimentations | +5V  -5V |  | …% |  |  |
| 3 | Implanter le bloc Soustracteur  Mesurer la tension d’entrée et de sortie du bloc | Ue = ~2.5V  Us =~0V |  |  |  |  |
| 4 | Implanter le bloc Additionneur Inverseur  Mesurer la tension d’entrée et de sortie du bloc | - Ue = ~0V  Us = ~2,5V | - | - |  | - |
| 5 | Implanter le bloc Générateur de bruit  Mesurer la tension de sortie du bloc | Us = ~1,6V |  |  |  |  |
| 6 | Implanter le bloc Comparateur à Hystérèse  Mesurer la tension d’entrée et de sortie du bloc  Mesurer la tension sur la PIN 2 | Ue = ~2.5V  Us = ~0V  ~2.5V |  |  |  |  |
| 7 | Mesure tension d’entrée et de sortie du comparateur avec Q2 complètement dans le noir | Ue = ~5V  Us = ~5V |  |  |  |  |
| 8 | Mesure tension d’entrée et de sortie du comparateur avec Q2 un peu caché | 5V > Ue > 2.5V  Us = ~5V |  |  |  |  |
| 9 | Mesure du courant d’entrée |  |  |  |  |  |

### Mesure1

#### But de la mesure

#### Schéma de mesure

#### Liste des composants

#### Liste des instruments et leurs réglages

#### Tableaux des valeurs mesurées

### Mesure2

#### But de la mesure

#### Schéma de mesure

#### Liste des composants

#### Liste des instruments et leurs réglages

#### Tableaux des valeurs mesurées

## Liste de matériel

Une image contenant texte, capture d’écran, menu

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

## Layout

### Contraintes (Rules Check)

J’ai essayé de mettre une clearance la plus grande possible. Malheureusement, comme il y’a des ICs sur le PCB, il n’est pas possible de faire plus grand que 0.2mm sinon les pads de l’IC vont crier lors du DRC.

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, logo

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Une image contenant texte, capture d’écran, diagramme, carte

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

J’ai défini une BoardOutlineClearance de 0.5mm pour éviter de positionner des composants trop proches du bord. C’est une sécurité pour éviter d’avoir des dommages dû à la fraise de découpage.

#### Largeurs des pistes de cuivre

Pour la largeur de piste, j’ai mis une largeur de piste assez grande (0.762mm) pour les pistes d’alimentation tel que le -5V et le GND. Pour le reste des pistes, elles ont une largeur de 0.4mm. Ces pistes sont normalement assez grandes pour pouvoir accueillir au maximum 10mA.

Une image contenant texte, capture d’écran, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

#### Diamètres des vias

Comme nous avons des pistes maximales de 0.762mm, on ne peut pas mettre de vias de diamètre plus petit. C’est pourquoi j’ai décidé de mettre des vias de diamètre 1mm pour avoir de bonnes connexions. Sur Altium, les vias sont configuré de base avec des freins thermiques. Je l’ai enlevé pour avoir une meilleure connexion.

Une image contenant capture d’écran, texte, Graphique, graphisme

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

### Empreintes spécifiques

Une image contenant capture d’écran, cercle, texte, conception

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect. Une image contenant conception

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Cette empreinte est un connecteur banane pour pouvoir facilement brancher les alimentations. Il y’en 1 en noir pour le GND, un rouge pour le +5V et un jaune pour le -5V.

Une image contenant texte, capture d’écran, cercle, conception

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Une image contenant texte, capture d’écran, Rectangle, diagramme

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Dans le projet, nous utilisons plusieurs AOP que ce soit comme soustracteur, additionneur ou encore comme comparateur, cela en fait 3. Nous avons donc choisi d’utiliser 2 ICs dual. Le comparateur est sur la version THT pour que les apprentis puissent le manipuler / le voir sur le TOP. Et le soustracteur ainsi que l’additionneur sont sur une version SMD qui sera présente sur le BOT car ceci représente le conditionneur, chose que les apprentis n’ont pas besoin de voir sur la couche TOP.

Une image contenant cercle, texte, capture d’écran, Graphique

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Une image contenant plastique

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Voici l’empreinte du capteur de lumière (photo-transistor). Il faut faire attention à la polarité.

#### Microcontrôleur

Une image contenant texte, capture d’écran, diagramme, Rectangle

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Une image contenant Rectangle, capture d’écran, conception, carré

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Une image contenant texte, ligne, capture d’écran, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Nous utilisons le PIC 16F15214-I/SN parce que nous avons très peu d’I/O (un seul). Donc pas nécessaire de prendre un PIC trop grand inutilement. Sur le PIC, nous avons les connexions pour le connecteur de programmation soit : ICSPDAT sur RA0 (Pin 7), ICSPCLK sur RA1 (Pin 6), MCLR sur RA3 (pin 4) et la sortie du PIC sur RA5(Pin 2). Un condensateur de découplage(100nF) a été connecté aux bornes d’alimentations de celui-ci pour lisser la tension et éviter des pics de tensions et donc des surtensions. Nous utilisons ce PIC précisément parce-que nous l’avons déjà employé à l’EMF donc le PIC est connu et déjà testé.

Une image contenant capture d’écran, Graphique, cercle, conception

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Une image contenant texte, Police, nombre, capture d’écran

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Ceci est le connecteur de programmation. C’est un connecteur TagConnect assez utile puisqu’après que la programmation ait été implémenter, aucune contrainte mécanique peut venir perturber le PCB. Seul bémol, il faut acheter un câble spécial qui coûte assez cher…

## Firmware

uint8\_t lfsr = 0xAC; // Seed non nul

void main(void)

{

    InitPic();

    while (1)

    {

        uint8\_t out = lfsr\_next();

        LATAbits.LATA0 = out;  // Écrit sur RA0

        \_\_delay\_ms(50);        // Ajuster selon le besoin

    }

}

uint8\_t lfsr\_next(void)

{

    uint8\_t bit = ((lfsr >> 7) ^ (lfsr >> 5) ^ (lfsr >> 4) ^ (lfsr >> 3)) & 1;

    lfsr = (lfsr << 1) | bit;

    return lfsr & 1;  // Renvoie le LSB

}

## Phase de production en série

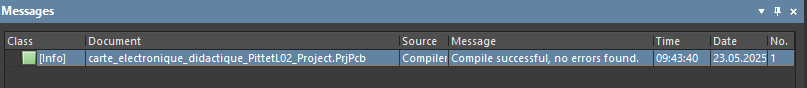
### Rédaction du protocole de mise en service de post-production

### Rédaction du mode d’emploi utilisateur

## Liste des outils utilisés et leur version

# Contrôle

## Validation ERC

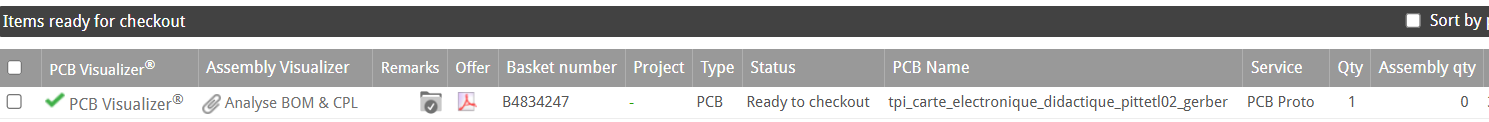


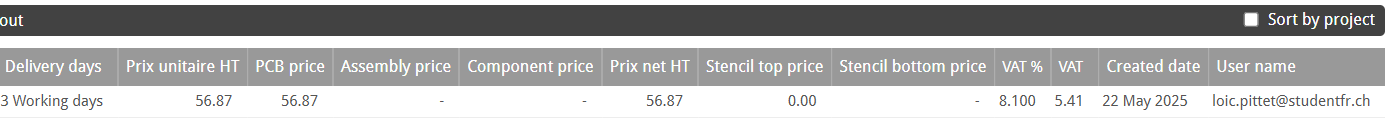
## Validation DRC

Une image contenant texte, capture d’écran, Police, ligne

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

## Validation Eurocircuits





## Validation par la mise en service du prototype

# Evaluation

## Etat du projet

## Liste des modifications pour la prochaine version

## Liste des délivrables

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| pcb | **Schématique (.pdf)** | | |
|  | Fichier : | projectname-pcb-schema-vx.x.x.pdf | annexé Flèche : pivoter à droite |
|  | Répertoire : | .\projectname\pcb\pdf\ |  |
| pcb | **Plan d’implantation (.pdf)** | |  |
|  | Fichier : | projectname-pcb-implantation-bot-vx.x.x.pdf | annexé Flèche : pivoter à droite |
|  | Fichier : | projectname-pcb-implantation-top-vx.x.x.pdf | annexé Flèche : pivoter à droite |
|  | Répertoire : | .\projectname\pcb\pdf\ |  |
| pcb | **Gerber (.zip)** | |  |
|  | Fichier : | projectname-pcb-gerber-vx.x.x.zip |  |
|  | Répertoire : | .\projectname\pcb\ |  |
| fwr | **Firmware (.hex)** | |  |
|  | Fichier : |  |  |
|  | Répertoire : |  |  |
| swr | **Software (.exe)** | |  |
|  | Fichier : |  |  |
|  | Répertoire : |  |  |
| mec | **Plan mécanique (.pdf)** | |  |
|  | Fichier : |  |  |
|  | Répertoire : |  |  |
| rpt | **Liste de matériel (.pdf)** | |  |
|  | Fichier : | projectname-pcb-bom-vx.x.x.pdf | annexé Flèche : pivoter à droite |
|  | Répertoire : | .\projectname\pcb\bom\ |  |

## Amélioration possible

## Conclusion et avis personnel

### Signatures

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Lieu: | EMF, 1705 Fribourg, Switzerland | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| Date: |  | myname myfirstname |

### Sources

* <https://www.fr.ch/emf>

### Version de ce document

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| version | date | qui | modification |
| V1.0.0 | 20210510 | gauchl | Première version |
|  |  |  |  |

### Annexes