# PROJET 1 – SNIOT : Conception d’un circuit imprimé d’un capteur thermique connecté

Matthieu PICOT SN2A

## Introduction

L’objectif est d’apprendre à concevoir un circuit imprimé à partir d’un cahier des charges. Vous allez apprendre à

* Sourcer des composants
* Faire des choix techniques en fonction des contraintes
* Réaliser une conception (schéma + routage) sur KiCad V7.0
* Mettre en application vos connaissances en électroniques
* Envoyer un PCB en fabrication

Beaucoup de choix techniques sont libres il faudra les justifier. Les rendus attendus sont :

* Le projet KiCad (avec les librairies inclues)
* Le rapport de projet rempli
* Les fichiers de fabrication pour l’usine

Vous êtes autorisé à utiliser toutes les ressources à votre disposition. Le plagiat est bien sûr interdit vous devez trouver votre propre conception et faire vos propres choix. Vous êtes néanmoins autorisé à vous aider mutuellement ! N’hésitez pas à solliciter de l’aide si besoin. Il est interdit d’utiliser un routeur automatique vous devez réaliser le routage du PCB à la main.

La partie rapport de projet est surtout là pour vous guider et vous aidez à vous poser les bonnes questions.

Vous pouvez travailler en binôme pour la partie Choix des composants / Schéma électronique mais vous devez rendre un routage par personne.

Durée du projet : 3 séances

## Cahier des charges

Nous souhaitons réaliser un capteur thermique connecté pour la surveillance de la température dans différentes salles de Seatech. Le capteur sera connecté au réseau Wifi de l’université pour remonter les données à un serveur. Vous êtes chargé de la conception du PCB pour l’envoi en fabrication.

**Attention : afin de faciliter la correction je vous impose d’utiliser un microcontrôleur de la série ESP32 avec une antenne wifi intégrée (cela vous évitera de faire du design d’antenne ce qui n’est pas du tout l’objectif du projet).**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Fonction** | **Nom** | **Description** |
| F1 | Mesure de la température | Mesure de la température ambiante une fois par heure avec une précision de +-0.1°C |
| F2 | Envoi de la température | Envoyer la température ambiante via une requête HTTP sur un serveur en utilisant le réseau WIFI |
| F3 | Alimentation | Alimentation sur batterie (Technologie Lithium/Polymer) avec une autonomie minimale de 7 jours |
| F4 | Recharge | Possibilité de recharger la batterie via un connecteur USB-C – 5V – 500mA max. La charge doit durer maximum 4 heures. Une LED rouge s’allume quand la batterie charge. Une LED verte s’allume quand la charge est terminée. La LED rouge est éteinte quand la charge est terminée |
| F5 | Mesure de la tension batterie | Mesure de la tension de la batterie une fois par heure. Une LED rouge s’allume en cas de batterie faible |
| F6 | Programmation | Interface de programmation pour le microcontrôleur |
| F7 | Interrupteur | Switch ON/OFF avec LED verte qui s’allume quand la carte est ON |

Vous devez essayer de trouver un bon rapport taille / prix de la carte. La taille maximale autorisée est de 50mmx50mm

## Rapport de projet

### Choix des composants et schéma électronique

#### Microcontrôleur

1. Pourquoi un microcontrôleur de la gamme ESP32 semble particulièrement adapté pour le projet ? Trouver un autre microcontrôleur qui pourrait être utilisé. Choisissez un module ESP32 avec antenne wifi intégré.

Un microcontrôleur de la gamme ESP32 est adapté à notre projet car il intègre la gestion du WIFI, il est aussi peu couteux, peu encombrant, et peu gourmand en énergie. De plus, certains modèles sont déjà équipés d’antenne.

Un autre microcontrôleur qui pourrait convenir serait un ESP8684 car certains modèles sont équipés d’une antenne WIFI intégrée.

Pour mon cas, je vais choisir un ESP32-C3-WROOM-02.

1. Quelle est la procédure pour programmer le microcontrôleur ? En déduire l’interface nécessaire qu’il faudra prévoir sur la carte.

Pour programmer le microcontrôleur, il faut prévoir une interface permettant de communiquer notre code entre notre PC et le microcontrôleur.

Pour mon cas, le ESP32-C3-WROOM-02 intègre un contrôleur USB sur les pins GPIO18 & 19.

#### Alimentation / Régulation de la tension

1. Quelle est la tension nominale d’une batterie lithium polymère ? La tension d’une batterie est-elle variable ? Quelle est la tension d’alimentation du bus USB ? Quelle est la tension d’alimentation du microcontrôleur ESP32 ? Qu’en déduisez-vous sur la tension de fonctionnement de la carte ?

La tension nominale d’une batterie lithium polymère est de 3,7 V. La tension d’une batterie varie selon les conditions de décharge. La tension d’alimentation du bus USB est de 5V. Le microcontrôleur ESP32 possède une tension d’alimentation typique de 3,3 V. Il faudra alors une batterie suffisante permettant à la fois d’alimenter le microcontrôleur et le bus USB.

1. Quelle est la consommation du microcontrôleur en transmission Wifi ? Prenez une marge d’environ 100mA et choisissez un composant de régulation de la tension de fonctionnement de la carte de type LDO.

En transmission WIFI, le microcontrôleur consomme 280 mA (380mA avec la marge) au maximum. Pour mon LDO, je choisis de partir sur le TPS7A21 (<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps7a21.pdf?HQS=dis-mous-null-mousermode-dsf-pf-null-wwe&ts=1729496665660&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.mouser.fr%252F>) avec les caractéristiques suivantes :

* IQ = 6.5 µA (Quiescent current)
* Voltage d’entrée : 2.0 V à 6.0 V
* Voltage de sortie : 0.8 V à 5.5 V
* Intensité de sortie : 0 à 500 mA

***Bonus****: Quel est le risque avec le choix d’un LDO ? Pouvez-vous proposer un autre choix pour le composant de régulation ?*

Le risque majeur avec le choix d’un LDO va être la perte de puissance sous forme de chaleur à cause d’une trop grosse différence entre la tension d’entrée et de sortie. Dans ce cas-là, on pourrait choisir un régulateur Buck à la place, qui sera bien mieux efficace pour des différences de tension importantes entre l’entrée et la sortie.

1. Quelle est la consommation du composant de régulation quand I\_OUT = 0 mA (=Quiescent current) ? Quand I\_OUT = I\_MAX ?

Le TPS7A21 consomme 6.5 µA quand il est au repos. Pour le cas d’un LDO, IIN ≈ IOUT donc si IOUT=I\_max alors IIN ≈ I\_max ≈ 380 mA.

#### Capteur thermique

1. Choisissez un capteur thermique I²C. Vérifier que celui-ci est en stock chez un distributeur. Quel est son prix pour 100 pièces ? Justifier le choix du composant en fonction du cahier des charges.

Je choisis d’utiliser le TMP117 car il possède une précision de 0.05°C sur la plage de température de -20°C à 50°C, respectant ainsi le cahier des charges. Celui-ci est disponible sur le site de Mouser pour un prix unitaire de 3,58 € si on en achète 100.

#### Autres

1. Trouvez des références pour les composants suivants : connecteur USB-C, interrupteur, voyants lumineux (LEDs). Justifier en vous appuyant sur le cahier des charges

* Connecteur USB-C : DX07S016JA1R1500 (https://eu.mouser.com/datasheet/2/206/JAE\_Electronics\_01282020\_DX07-1729578.pdf)
* Interrupteur : 1K2 (<https://www.farnell.com/datasheets/2010029.pdf>)
* Leds : 2 leds rouges APT2012LSECK/J3-PRV + 2 leds verte APT2012LZGCKs

1. Avez-vous besoins d’autres composants ? Si oui lesquels ?

Il sera également nécessaire de rajouter plusieurs résistances, condensateurs et bobines. Et optionnellement, rajouter un composant pour mesurer la tension de la batterie une fois par heure.

#### Choix de la batterie

1. Faites une estimation de la consommation de la carte en veille et en fonctionnement (transmission wifi + mesure température).

Composants à prendre en compte :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Composants | Veille | Fonctionnement |
| ESP32 | 5 µA | 380 mA |
| Capteur temp. | 0.5 µA | 3.5 µA |
| LDO | 6.5 µA | X |
| Leds | 2 mA | 2 mA |

Consommation en 1h

Veille : 3550s

* Deep sleep (3195s) = 12.5 µA \* (3195/3600) = 10.65 µA
* Led s’allume (355s) = 22.0.12 mA \* (355/3600) = 2.17 mA

Fonctionnement : 10s

* 400 mA \* (10/3600) = 1.1 mA

Total = 10.65 µA + 2.17 mA + 1.1 mA = 3.28 mA en moyenne sur 1 heure

Capacité Batterie = 168h \*3.28 mA = 551.04 mAh

Si on agit sur l’allumage de la Led, on peut réduire davantage la consommation.

Pour mon cas, je vais prendre une marge de 1.5 donc prendre une batterie d’environ 1.1 Ah.

1. Dimensionner la capacité nécessaire de la batterie pour respecter le cahier des charges. Trouver une référence de batterie lithium polymère correspondant.

Capacité Batterie = 168h \*3.28 mA = 551.04 mAh

Si on agit sur l’allumage de la Led, on peut réduire davantage la consommation.

Pour mon cas, je vais prendre une marge de 1.5 donc prendre une batterie d’environ 1.1 Ah.

Référence de la batterie : LP-503562-1S-3 | <https://www.farnell.com/datasheets/1666648.pdf>

#### Recharge de la batterie

Connaissant la capacité de la batterie, choisissez parmi les composants suivant Justifier en vous appuyant sur le cahier des charges (vérifier que le temps de charge de la batterie respecte le cahier des charges) :

* + MCP73831T-2DCI/MC
  + MM9Z1I638BM2EP
  + BQ7790518PWR

Parmi les composants proposés, seul le 1er surligné en Jaune est adapté pour la charge des Batteries Lithium-Polymère.

### Réalisation du PCB

#### Schéma

1. Télécharger les symboles et les empreintes de tous les composants que vous avez choisis. S’ils ne sont pas présents dans les bases de données en ligne vous devez réaliser vous-même le symbole et l’empreinte ou choisir un autre composant.
2. Réaliser le schéma électronique complet de la carte. Faite une copie d’écran de chaque partie du schéma : microcontrôleur, capteur thermique, régulation de la tension, recharge batterie, voyants, connecteurs. Assurez-vous de ne rien oublier y compris les capacités de découplages !

#### Routage

1. Importer la Netlist dans l’éditeur de PCB. Regrouper les composants par catégorie : microcontrôleur, capteur thermique, régulation de la tension, recharge batterie, voyants, connecteurs.
2. Quelle est le courant maximale possible dans la ligne d’alimentation ? Définissez une classe d’équipot pour l’alimentation en justifiant vos choix de largeur de pistes.
3. Combien de couches pensez-vous utiliser pour respecter les contraintes de tailles ?
4. Réaliser un routage complet. Avez-vous réussi à respecter la contrainte de taille ?

### Fabrication

1. Exporter les fichiers de fabrication pour le sous-traitant de circuit imprimé
2. Exporter les fichiers de fabrication pour le sous-traitant d’assemblage
3. A partir de la BOM faites une estimation du prix des composants pour 100 pièces / 1000 pièces
4. Sur un site de fabricant de PCB de votre choix faites un devis pour 100 pièces / 1000 pièces en supposant que fabriquons des flans de 10 PCB.
5. Faites une estimation du prix total de la fabrication du PCB.