

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

## 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 électronique
- Envoyer un PCB en fabrication

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

- Le projet KiCad (avec les bibliothèques incluses)
- 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 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
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.

Le microcontrôleur ESP32 est parfaitement adapté car il intègre Wi-Fi et Bluetooth, ce qui est essentiel pour le fonctionnement du capteur connecté. L'ESP32-WROOM-32D sera celui choisi car il intègre une antenne

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

JTAG, le 61202021621 sera celui choisi

#### *Alimentation / Régulation de la tension*

3. 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 ?

Tension nominale d'une batterie lithium polymère : 3.7V à 3.8V

Tension variable ? Oui, une batterie Li-Po voit sa tension varier entre environ 3.0V (décharge) et 4.2V (pleine charge).

Tension d'alimentation du bus USB : 5V

Tension d'alimentation du microcontrôleur ESP32 : 3.3V

4. 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.

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

L'ESP32 consomme typiquement entre 180mA et 240mA en transmission Wi-Fi. Pour une marge de sécurité, il est recommandé de choisir un régulateur capable de délivrer minimum 340mA. Celui choisi sera le MCP1825S-3302E/DB

5. Quelle est la consommation du composant de régulation quand  $I_{OUT} = 0 \text{ mA}$  (=Quiescent current) ? Quand  $I_{OUT} = I_{MAX}$  ?

Courant de repos :  $85 \mu\text{A}$  pour le REG101NA-3.3/250.

Courant maximal :  $400 \text{ mA}$ , ce qui est suffisant pour alimenter l'ESP32 et les autres composants de la carte.

#### *Capteur thermique*

6. Choisissez un capteur thermique I<sup>2</sup>C. 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.

Le TMP117MAIDRVR est un bon choix, il respecte le cahier des charges (précision  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ). Il coûte 166€ pour 100 pièces soit 1.66€/pièce.

#### *Autres*

7. 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 : GCT USB4105-GF-A-060

Interrupteur : E.switch 500SSP1S2M2QEA.

LEDs : Würth Elektronik 150080SS75000, une rouge pour l'indicateur de charge, une verte pour l'indicateur de fin de charge, et une autre verte pour l'indicateur de mise sous tension.

8. Avez-vous besoins d'autres composants ? Si oui lesquels ?

Résistances et condensateurs pour limiter les courants et stabiliser les signaux.

Diodes de protection pour éviter les retours de courant indésirables lors de la charge de la batterie.

#### *Choix de la batterie*

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

Consommation en fonctionnement (pendant 3 secondes par heure) :

1. ESP32 en transmission Wi-Fi :

- Consommation :  $240 \text{ mA}$ .
- Durée : 3 secondes par heure.
- Consommation journalière  $\approx 4.8 \text{ mAh/jour}$ .

2. Capteur TMP117 (I<sup>2</sup>C) :

- Consommation :  $3.5 \mu\text{A}$ .

3. LED rouge (batterie faible ou charge en cours) :

- S'allume uniquement pendant la charge ou en cas de batterie faible.

- Consommation d'une LED avec PWM (10% duty cycle) : 2 mA.
- Durée : 3 secondes par heure.
- Consommation journalière  $\approx 0.004$  mAh/jour.

4. LED verte (système ON) :

- Active tout le temps lorsque le système est en marche.
- Consommation d'une LED avec PWM (10% duty cycle) : 2 mA.
- Durée : 1 heure par heure.
- Consommation journalière  $\approx 48$  mAh/jour.

Consommation en veille (pendant 59 minutes et 57 secondes par heure) :

5. ESP32 en veille (deep sleep) :

- Consommation : 10  $\mu$ A.
- Durée : 59 minutes 57 secondes par heure.
- Consommation journalière en veille  $\approx 0.24$  mAh/jour.

Consommation journalière totale :

- ESP32 en transmission Wi-Fi : 4.8 mAh/jour.
- Capteur TMP117 : négligeable.
- LED rouge avec PWM : 0.004 mAh/jour.
- LED verte ON (PWM) : 48 mAh/jour.
- ESP32 en veille : 0.24 mAh/jour.

Total = 4.8 mAh/jour + 0.004 mAh/jour + 48 mAh/jour + 0.24 mAh/jour  $\approx 53.04$  mAh/jour.

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

Pour une autonomie minimale de 7 jours, la batterie doit pouvoir fournir assez d'énergie pour alimenter le système pendant 7 jours.

- Consommation journalière : 53.04 mAh/jour.
- Consommation sur 7 jours = 53.04 mAh/jour \* 7 jours  $\approx 371.28$  mAh.

Pour garantir une marge de sécurité (facteur de sécurité de 1.5), la capacité nécessaire serait :

- Capacité nécessaire avec marge = 371.28 mAh \* 1.5  $\approx 557$  mAh.

Bloc batterie rechargeable RS PRO 3.6V NiMH 600mAh AAA x 3 sera la batterie choisie le connecteur, JST B2B-XH-A

### *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

Avec une capacité de 600 mAh, et un courant de charge maximal de 500 mA (via le port USB-C), le temps de charge nécessaire serait :

- Temps de charge = Capacité / Courant de charge  $\approx$  1.2 heures.

Ce temps de charge est bien inférieur à la contrainte du cahier des charges (moins de 4 heures).

Composant de gestion de charge :

Le MCP73831T-2DCI/MC reste un bon choix pour gérer la charge de la batterie. Il est compatible avec la charge à 500 mA via USB-C et assure une gestion sûre et efficace de la recharge.

### 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. Faites 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

3. Importer la Netlist dans l'éditeur de PCB. Regrouper les composants par catégorie : microcontrôleur, capteur thermique, régulation de la tension, recharge batterie, voyants, connecteurs.

4. Quel est le courant maximal possible dans la ligne d'alimentation ? Définissez une classe d'équipot pour l'alimentation en justifiant vos choix de largeur de pistes.

La piste doit faire au minimum 0.05mm de largeur.

5. Combien de couches pensez-vous utiliser pour respecter les contraintes de tailles ?  
2 (Front, Bottom)

6. Réaliser un routage complet. Avez-vous réussi à respecter la contrainte de taille ?

Oui

## 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

Prix pour	ESP32-WROOM-32D	MCP1825S-3302E/D B	TMP117MA IDRV R	GCT USB410 5-GF-A-060	E.switch 500SSP1 S2M2QE A	Wurth Elektronik 150080SS7 5000	JST B2B-XH-A	RS PRO 3.6V NiMH 600mAh AAA x 3	MCP73831T-2 DCI/M C
1	2,72	0,64	2,27	0,77	2,9	0,18	0,16	8,46	0,66
100	272	49,3	166	50,9	202	14	13,6	804	62,9
1000	2720	493	1300	417	1800	128	62	8040	629

4. Sur un site de fabricant de PCB de votre choix faites un devis pour 100 pièces / 1000 pièces en supposant que fabriquer des plans de 10 PCB.

5€ pour 10

61.53€ pour 100

36.99€ pour 1000

5. Faites une estimation du prix total de la fabrication du PCB.

88€ pour 10

392.2€ pour 100

929.78€ pour 1000