

# Projet d'Électronique

## Lampe tactile à éclairage adaptatif

---

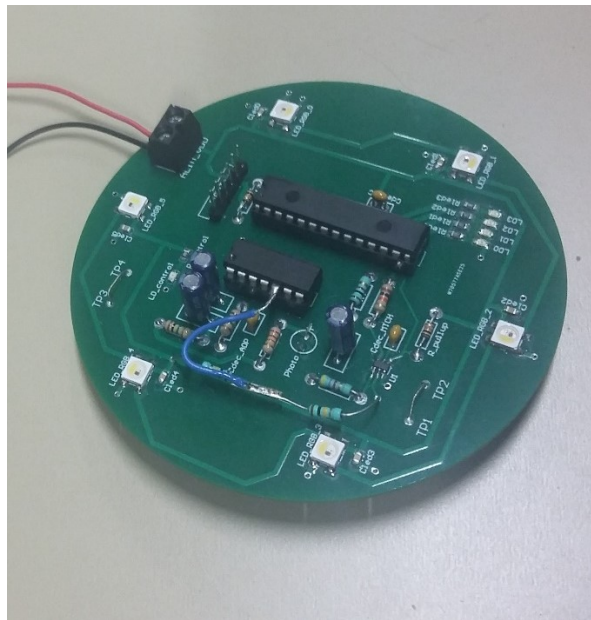
### 1. Objectifs du projet

L'objectif de ce projet est double :

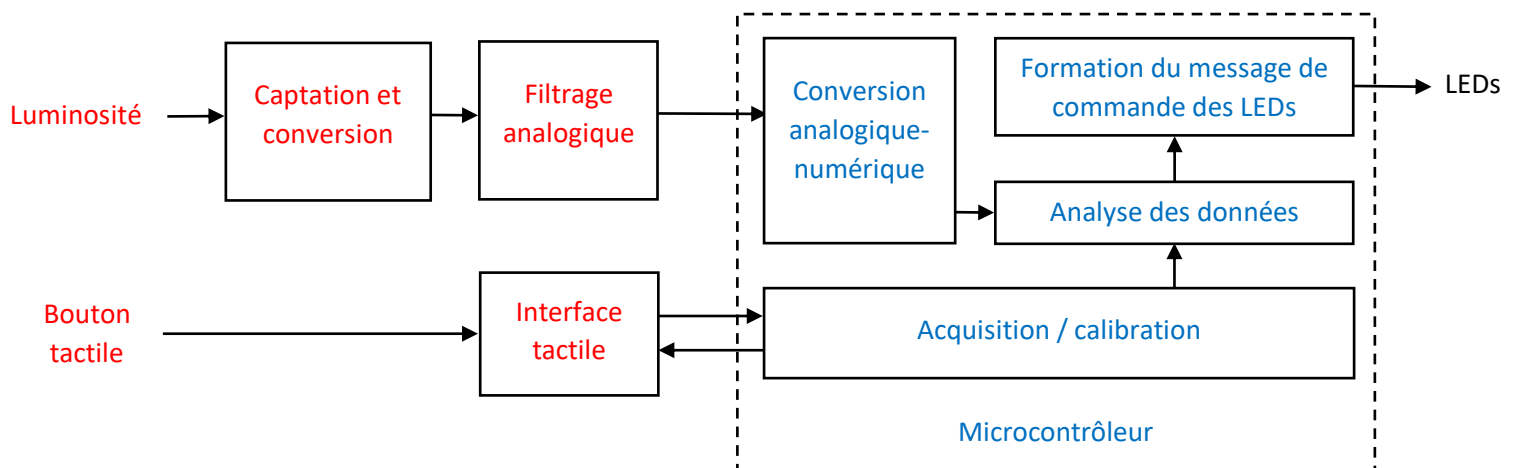
- Il permet de mettre au point, assembler et tester un montage électronique dont la fonction peut aisément être mise en évidence. Dans la continuité de la formation théorique, le but recherché est de mettre en pratique les connaissances acquises en électronique analogique et numérique, et faire découvrir par l'expérimentation les principales étapes de développement d'un système électronique.
- Il est représentatif des systèmes numériques actuels, pour lesquels on trouve :
  - la mise en forme du signal reçu analogique préparatoire à un traitement numérique,
  - le traitement numérique de l'information,
  - la mise en œuvre d'actionneurs en fonction de l'information reçue.

## 2. Présentation du sujet

Le projet consiste à concevoir le circuit d'une source lumineuse à éclairage adaptatif, c'est-à-dire que l'intensité lumineuse de la source s'adapte à la lumière ambiante. Son éclairage peut ainsi être plus fort dans la pénombre pour plus de lumière, et plus faible en plein jour pour économiser de l'énergie. Un phototransistor permet de capter l'intensité lumineuse environnante, puis cette information est traitée et envoyée à un microcontrôleur qui va alors adapter la luminosité de 6 LEDs RGBW (Red-Green-Blue-White) adressables individuellement. Un bouton tactile est également installé sur le circuit afin de pouvoir allumer la lampe et changer le mode d'éclairage, par exemple.



Le schéma-bloc suivant montre le fonctionnement de principe de l'ensemble du système :



### 3. Cahier des charges

Le circuit complet est alimenté par une tension  $V_{DD}$  de 5V. Certains composants sont fragiles, donc cette valeur de tension devra être scrupuleusement respectée.

Le système s'articule autour d'un microcontrôleur MICROCHIP référence PIC18F25K40 dans la carte de commande.

Le programme du microcontrôleur doit être développé en assembleur.

**ATTENTION** : beaucoup de registres nécessaires à la configuration des fonctionnalités utilisées dans le projet sont situés hors de l'Access Bank. Il faudra donc faire attention lors de la configuration des différents modules à la localisation dans la mémoire des registres utilisés.

Les LEDs RGBW utilisées sur la carte ont pour référence SK6812RGBW. Ces LEDs utilisent un protocole particulier pour recevoir de l'information en série, peu importe leur nombre. Ce protocole devra être imité en utilisant une seule sortie du microcontrôleur. Plus d'informations sur ce protocole sont données en annexe de ce document.

**ATTENTION** : ces LEDs sont extrêmement fragiles ! Elles sont facilement mises hors d'usage si elles sont mal connectées, merci de faire attention à leur branchement. Plus de détails sont donnés en annexe.

Un phototransistor de référence TEPT4400 est utilisé afin de recueillir l'information de luminosité ambiante.

L'étage de filtrage analogique du signal lumineux ambiant s'articule autour de l'utilisation d'amplificateurs opérationnels, regroupés par 4 dans un boîtier. La référence de ce composant est MCP6274.

Le filtre mis en place s'apparente à une structure appelée cellule de Sallen & Key. Ce filtre devra être caractérisé complètement par une analyse théorique et une vérification expérimentale. Son utilité devra être déterminée expérimentalement sur une platine de test (piste de travail : tester avec la lumière provenant d'un néon de la salle).

Un bouton tactile est installé afin de pouvoir interagir avec le circuit. Ce bouton est appairé à un composant MICROCHIP MTCH101 afin de transformer ce signal en un signal numérique au microcontrôleur. Ce composant doit être calibré par le microcontrôleur selon la datasheet fournie afin d'obtenir le fonctionnement voulu.

Cinq pattes du microcontrôleur sont prévues pour pouvoir commander de simples LEDs vertes individuelles supplémentaires montées directement sur la carte électronique. Elles peuvent être utilisées selon le bon vouloir des concepteurs :

- pour indiquer que le système est sous tension,
- pour afficher le mode d'éclairage,
- pour afficher une représentation de la luminosité ambiante,
- etc.

**Toute autre proposition intéressante est bienvenue !**

## 4. Matériel fourni en début de projet

### 4.1. Appareils de mesure fournis

Chaque groupe de projet travaillera sur 2 paillasse de test. Sur chaque paillasse, plusieurs appareils de mesure sont mis à disposition pour les différents tests à effectuer :

- 1 oscilloscope 2 voies minimum
- 1 générateur DC double voie (ou 2 générateurs DC simple voie)
- 1 générateur de signaux basse fréquence (GBF)

De plus, pour connecter les montages aux appareils de mesure, chaque étudiant aura à sa disposition un kit personnel contenant :

- 1 breadboard (platine de connexion entre composants)
- 1 sonde d'oscilloscope
- 2 câbles « banane » courts (1 rouge et 1 noir)
- 2 câbles « banane » longs (1 rouge et 1 noir)
- 4 fiches « banane » démontables
- 1 tournevis

Il est à noter que ce kit sera distribué uniquement aux étudiants de CSI3 non doublants. Les autres étudiants devront apporter le kit qui leur a déjà été donné dans leur scolarité.

D'autres types de câble (BNC vers « banane » ou câbles jack par exemple) peuvent être utilisés sur demande à un encadrant de projet.

Pour vérifier et mesurer des valeurs de résistances ou de capacités, des multimètres et un impédancemètre sont à disposition, sur demande à un encadrant de projet, au fond de la salle de TP.

#### 4.2. Composants fournis pour le projet

En début de projet, les composants clairement indiqués sur les schémas vous sont fournis. Ils sont récapitulés dans la liste suivante.

1 circuit imprimé à souder

1 microcontrôleur MICROCHIP PIC18F25K40 + son support DIL 28 broches

1 quadruple amplificateur opérationnel MICROCHIP MCP6274 + son support DIL 14 broches

1 photodiode TEPT4400

1 driver capacitif MICROCHIP MTCH101

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

6 LEDs RGB SK6812

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

6 condensateurs 100nF – package 0805

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

5 LEDs vertes – package 0805

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

5 résistances 2.2kΩ – package 0805

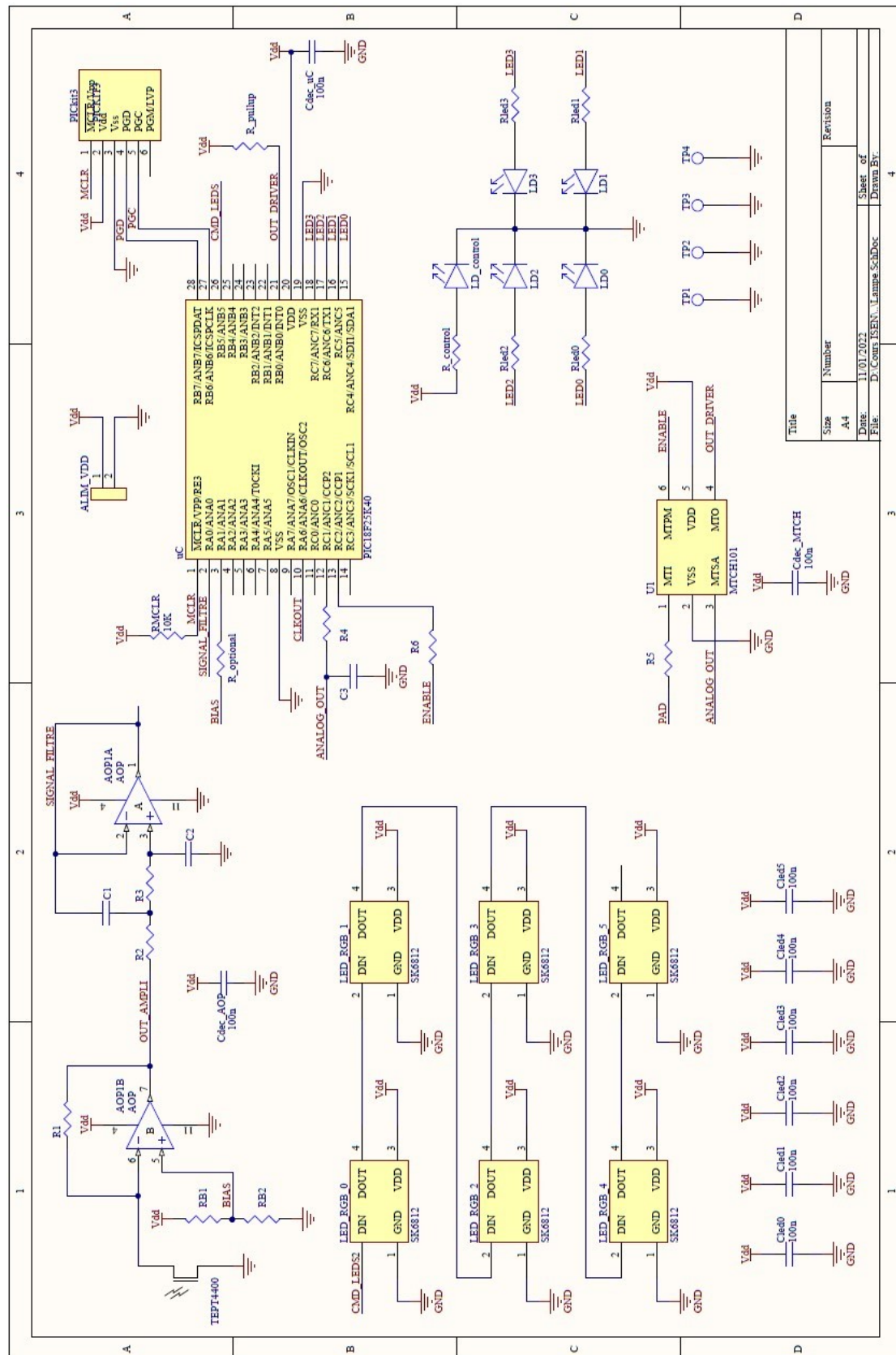
(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

1 support droit mâle 6 contacts pour connecter le programmeur

+ résistances et condensateurs divers...

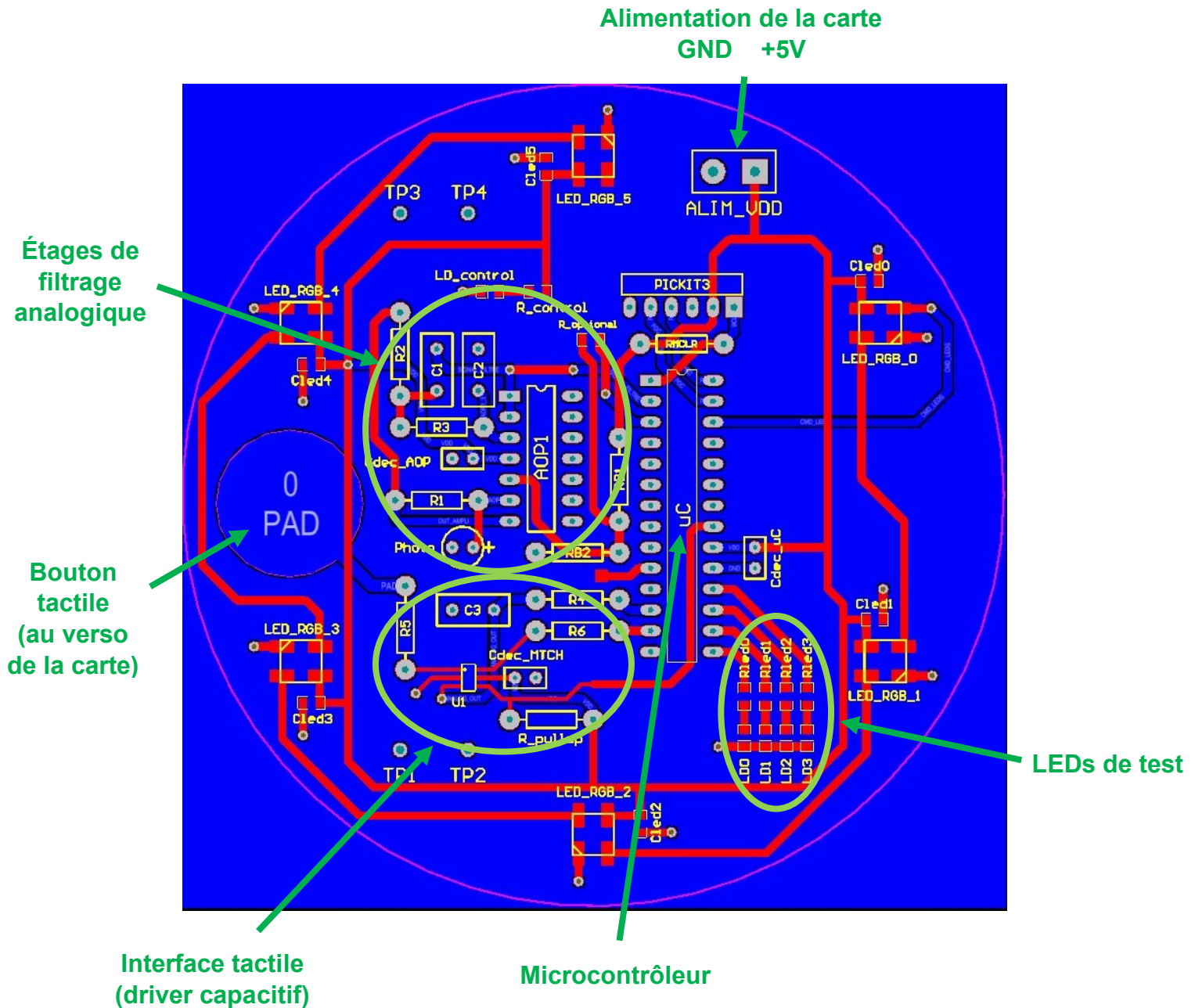
## 5. Schéma électrique des circuits

Le schéma électrique du circuit est le suivant (également disponible sur Teams) :



## 6. Disposition des composants sur les circuits imprimés

L'implantation des composants sur le circuit imprimé est la suivante (également disponible sur Teams) :



Remarque : Les points de test TP1 à TP4 servent à souder des points de connexion pour à se connecter à la masse du circuit, par exemple avec la masse de l'oscilloscope.

## 7. Méthodologie – Validation

Le travail est à effectuer en binôme.

**ATTENTION : en fin de projet, vous devrez être en mesure de comprendre et d'expliquer l'ensemble du travail de votre groupe de projet, pas seulement le vôtre !**

La structure du montage n'est pas à concevoir : elle vous est donnée, mais c'est à vous de comprendre le principe de fonctionnement et d'expliquer le rôle des différents éléments.

Le circuit sera monté sur un circuit imprimé double face (fourni en début de projet).

Les valeurs de certaines capacités sont fixées. **Attention au sens de montage des composants polarisés !**

Les valeurs des résistances et des capacités restantes sont à déterminer. **Il n'y a pas qu'une seule solution !**

Vous devez mettre au point le montage et dimensionner les différentes parties afin de remplir la fonction souhaitée.

Pour la partie analogique, il vous est demandé de caractériser individuellement tous les filtres ainsi dimensionnés. **Vous devrez ainsi fournir les diagrammes de Bode de chacun des montages que vous mettrez en place.**

Remarques :

- **Il faut souder les composants CMS (montés en surface) avant tous les autres.** Ce sont en effet les plus petits composants, qu'il sera plus facile de souder sur un circuit imprimé vierge.
- **Il vaut mieux souder les composants permettant le bon fonctionnement du microcontrôleur en début de projet.** Vous aurez ainsi une plateforme de programmation plus fiable et moins sujette aux faux contacts que sur une plaquette d'essai. Ces composants sont :
  - o Le support DIP28 pour pouvoir y enficher le microcontrôleur,
  - o La résistance « RMCLR » de 10kΩ branchée sur le Master Reset,
  - o Le condensateur de découplage « Cdec\_uC » de 100nF,
  - o Le support de programmation pour brancher le PicKit3.
- A contrario, **il est déconseillé de souder les composants de la partie analogique sur le circuit imprimé en tout début de projet** : il est plus pratique de dimensionner et tester les différentes parties en utilisant les plaquettes d'essai.
- **Il est déconseillé de tester le programme du microcontrôleur « d'un seul bloc ».** Mieux vaut développer des programmes simples de test qui seront faciles à valider.
- **Dans un premier temps, l'alimentation du circuit sera à fournir par le programmeur. Une alimentation externe ne sera autorisée à être apportée qu'une fois que le reste du circuit sera fonctionnel.**

En fin de projet, une validation du circuit sera effectuée avec des encadrants : vous présenterez et expliquerez le dimensionnement de votre montage durant la phase de recette. A vous de montrer de la façon la plus convaincante que votre système fonctionne correctement **et que vous avez compris le rôle de tous les éléments**. Vous aurez accès pour cela à tout le matériel que vous avez pu utiliser durant la semaine de projet : générateurs, oscilloscope, etc.



### **Janvier 2022 – Semaine 3**

---

Cette phase de validation aura lieu pendant la dernière demi-journée de projet pour tous les groupes. Par souci d'équité entre les groupes, le travail sur le projet s'arrêtera le vendredi matin.

## 8. Annexe 1 : édition des bits de configuration dans le PIC18F25K40

Afin de charger une configuration par défaut dans le PIC18F25K40 permettant son bon fonctionnement, il est nécessaire d'éditer les bits de configuration du microcontrôleur. Pour ce faire, vous pourrez vous reporter à la fin du sujet du TP Microcontrôleur de novembre/décembre (annexe 4). Les bits à éditer pour le PIC18F25K40 sont les suivants :

- CONFIG1L :

**FEXTOSC = OFF** ; Pas d'oscillateur externe

**RSTOSC = n'importe quelle source d'oscillateur interne**

- CONFIG3L :

**WDTE = OFF**

- CONFIG4H :

**LVP = OFF**

Les autres bits de configuration peuvent être laissés dans leur état par défaut.

Si vous souhaitez changer la fréquence d'horloge du microcontrôleur plus tard dans le programme, il suffit de changer le contenu du registre OSCFRQ (attention, il n'est pas dans l'Access Bank !). Si la valeur choisie par défaut vous convient, il n'y a sinon rien à faire de plus.

## 9. Annexe 2 : exemple de configuration de l'ADC dans le PIC18F25K40

Le module ADC du PIC18F25K40 contient beaucoup plus d'options, plus ou moins intéressantes dans notre cas d'étude, que celui des microcontrôleurs PIC18F45K20 utilisé lors des séances de TP précédentes. Afin de rendre son utilisation plus aisée, vous trouverez ci-dessous un exemple de code permettant la configuration du module ADC, à compléter selon vos besoins (les bits/valeurs à compléter sont indiqués par des `_`). Vous pourrez vous référer pour cela aux pages 441 à 457 de la datasheet du PIC18F25K40. Vous trouverez de plus un exemple de code de conversion à la page 430. Attention, ce code est générique pour toute la famille des PIC18. Si un commentaire de ce code est contradictoire avec la description d'un registre dans la datasheet, c'est cette dernière qu'il faut privilégier.

; début de la configuration

```
MOVLB    0x__      ; sélection de la banque d'adresse
MOVLW    b'_____'
MOVWF    ADPCH, 1    ; sélection du channel ADC
MOVLW    b'000_00__'
MOVWF    ADREF, 1    ; configuration des références analogiques
MOVLW    b'_____'
MOVWF    ADCLK, 1    ; configuration de l'horloge de l'ADC :  $1\mu s \leq T_{AD} \leq 6\mu s$ 
MOVLW    b'11111111'
MOVWF    ADPRE, 1    ; configuration du temps de précharge (max. par défaut)
MOVWF    ADACQ, 1    ; configuration du temps d'acquisition (max. par défaut)
CLRF     ADCAP, 1    ; pas de capacité additionnelle
MOVLW    b'00000000'
MOVWF    ADACT, 1    ; pas d'activation auto. de l'ADC sur événement
MOVLW    b'00000000'
MOVWF    ADCON3, 1    ; pas d'interruption sur l'ADC
MOVLW    b'00000000'
MOVWF    ADCON2, 1    ; configuration de l'ADC en mode basique
MOVLW    b'00000000'
MOVWF    ADCON1, 1    ; configuration des options de précharge
MOVLW    b'_0000_00'
MOVWF    ADCON0      ; configuration générale et format du résultat
```

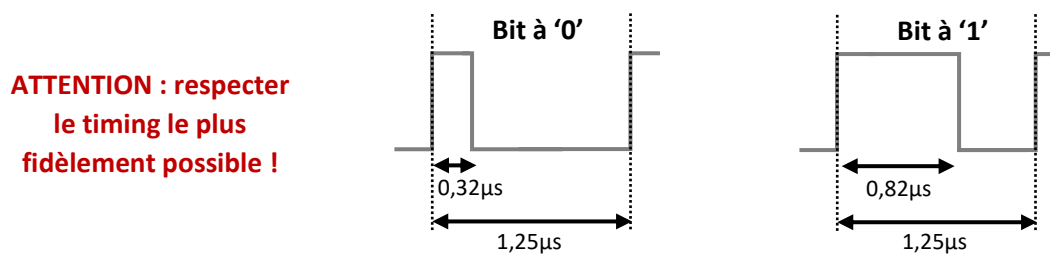
; fin de la configuration

## 10. Annexe 3 : adressage des LEDs RGBW

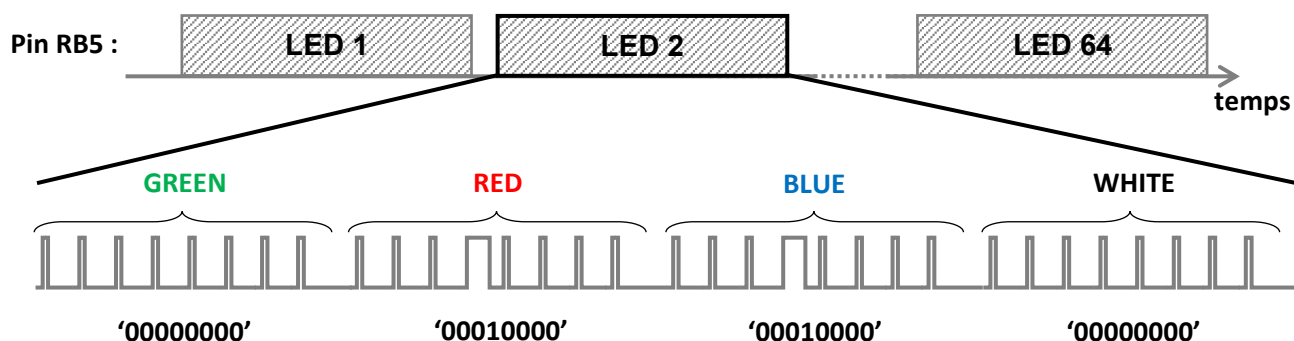
Les LEDs RGBW utilisées ont pour référence SK6812RGBW. Dans chaque boîtier de LED RGBW se trouvent 4 LEDs individuelles (une rouge, un vert, une bleue et une blanche), et un système gérant leur intensité. En mélangeant les couleurs de chacune des LEDs individuelles, il est possible d'obtenir une multitude de couleurs globales pour la LED RGBW. L'intensité de chaque couleur des LEDs individuelles est codée sur 8 bits, de la valeur 0 (LED éteinte) à la valeur 255 (LED complètement allumée). Il faut donc commander chaque LED RGBW sur 32 bits, ce qui donne 192 bits pour envoyer une commande à toutes les LEDs. Il n'y a besoin d'envoyer tous les bits de commande qu'une seule fois pour tout mettre à jour, c'est-à-dire qu'il n'y a pas besoin de le répéter en boucle.

Ces 192 bits sont envoyés en série (c'est-à-dire via un seul signal, étalés dans le temps) sur la patte RB5 du microcontrôleur selon le protocole décrit dans le paragraphe suivant.

Chaque bit est codé par une impulsion, c'est-à-dire une succession d'un état haut puis d'un état bas du signal de commande pendant un certain temps. La somme des temps à l'état haut et à l'état bas reste identique pour coder un bit à '0' ou à '1', la différence se fait sur la répartition entre état haut et état bas, comme le montre le schéma suivant :



Le signal de commande de la matrice a donc l'allure suivante :



Dans l'exemple ci-dessus, la LED n°2 s'allume en violet (un peu de rouge + un peu de bleu).

**Remarque :** la datasheet des LEDs SK6812RGBW indique qu'il faut commencer par la commande de la couleur rouge. Or, par expérience, c'est bien la commande de la couleur verte à envoyer en premier, comme montré dans la page précédente.

**Attention :** La luminosité de ces LEDs est très forte (et la LED est donc gourmande en énergie). Dans le signal de commande, ne pas envoyer la valeur '255' pour allumer une couleur de la LED, mais préférer des valeurs de l'ordre de grandeur de quelques dizaines (les valeurs '16' ou '32' fonctionnent très bien).