

Projet d'Électronique

Vumètre lumineux pour visualisation graphique de signaux audio

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

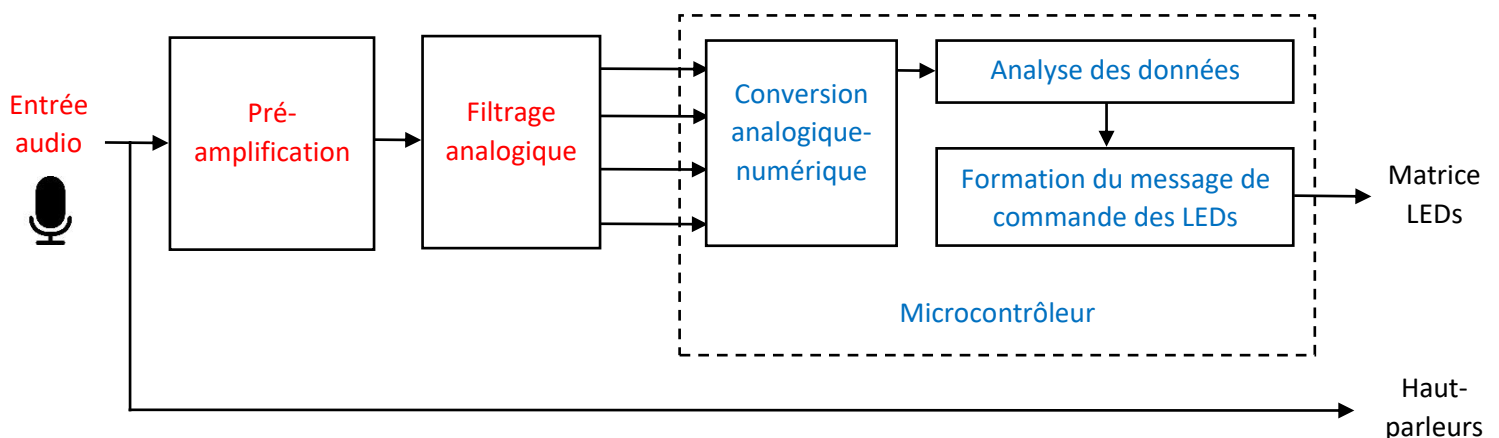
Le projet consiste à concevoir le circuit de traitement et d'affichage d'un signal audio sous la forme de niveaux lumineux. Le signal audio d'entrée est prélevé entre une source audio et des haut-parleurs actifs, afin de s'affranchir des problèmes d'adaptation d'impédance qui peuvent survenir avec des haut-parleurs passifs. Le signal est ensuite séparé en 4 bandes de fréquences : basses, médiums bas, médiums hauts et aigus. Ceci est réalisé grâce à une banque de filtres analogiques. Enfin, un microcontrôleur présent sur la carte va acquérir les signaux correspondant aux différentes bandes de fréquences et afficher ces valeurs sur une matrice de 64 LEDs RGBW (Red-Green-Blue-White) adressables individuellement.



Un démonstrateur sera mis à disposition afin de valider le bon fonctionnement du circuit. Ce démonstrateur contient :

- la matrice de 64 LEDs adressables individuellement,
- des enceintes actives permettant de vérifier la cohérence de l'affichage avec le signal audio.

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 utilisées dans la matrice 8x8 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.

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

Les filtres mis en place sont appelés des cellules de Sallen & Key. Chaque filtre devra être caractérisé complètement par une analyse théorique et une vérification expérimentale. Les bandes de fréquence à considérer sont les suivantes :

- **Basses** : < 250Hz
- **Médiums bas** : 250Hz – 1000Hz
- **Médiums hauts** : 1000Hz – 4000Hz
- **Aigus** : > 4000Hz

Neuf pattes du microcontrôleur sont prévues pour pouvoir commander de simples LEDs individuelles supplémentaires montées directement sur la carte électronique. Il y a une LED verte et huit LEDs rouges. Elles peuvent être utilisées selon le bon vouloir des concepteurs :

- pour indiquer que le système est sous tension,
- pour afficher la moyenne du signal sonore,
- pour afficher la valeur du signal dans une bande en particulier,
- 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 :

- 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

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.

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

2 quadruples amplificateurs opérationnels MICROCHIP MCP6274 + leurs supports DIL 14 broches

2 embases jack stéréo 3.5mm

1 embase Molex mâle 3 contacts

1 diode Schottky B340LA-13-F – package SMA

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

4 diodes 1N4148

8 LEDs rouge – package 0805

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

1 LED verte – package 0805

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

9 résistances 2.2kΩ – package 0805

(Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

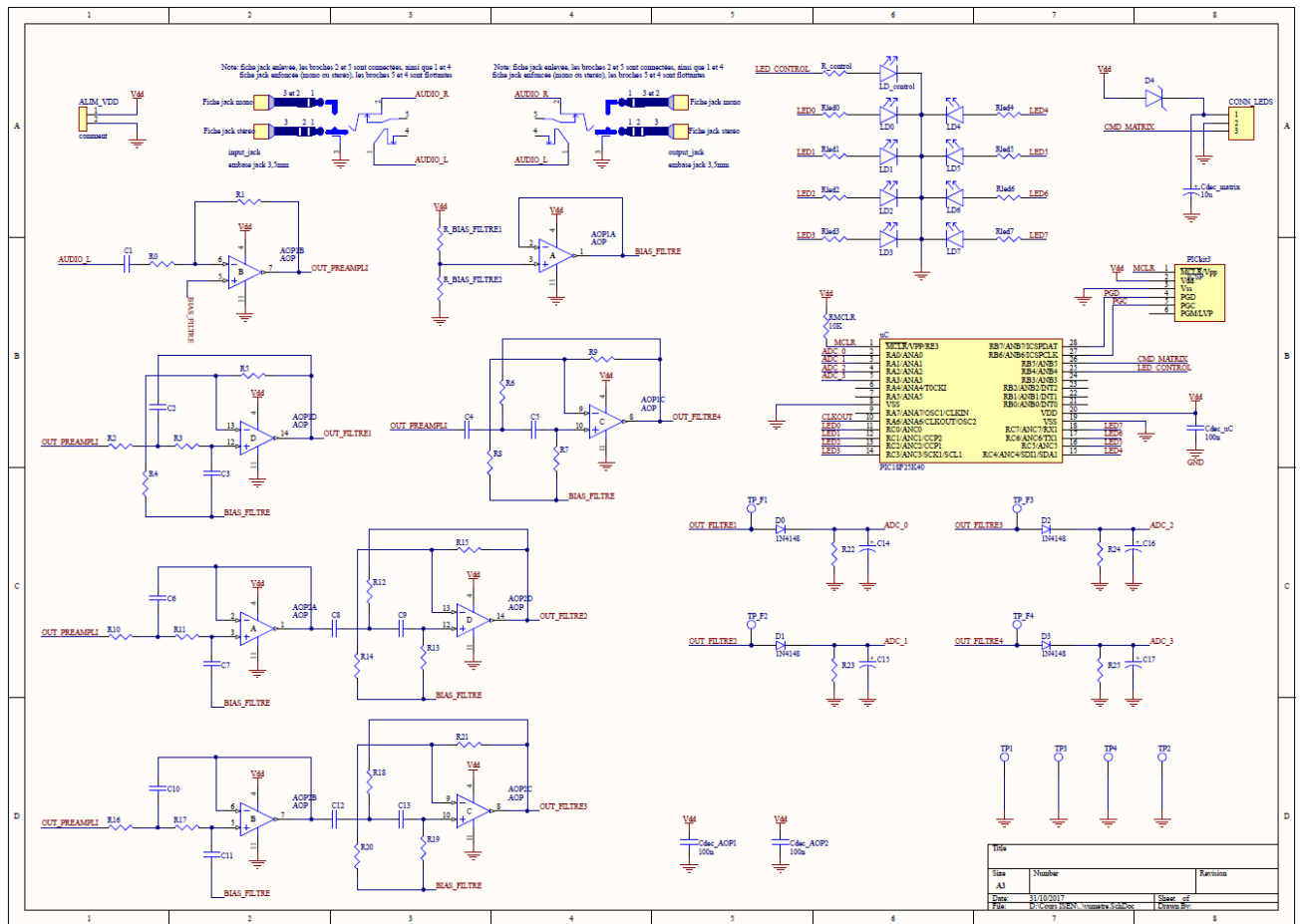
1 condensateur 10μF / 63V polarisé (technologie : électrolyte)

1 support coudé mâle 6 contacts pour connecter le programmeur

+ résistances et condensateurs divers...

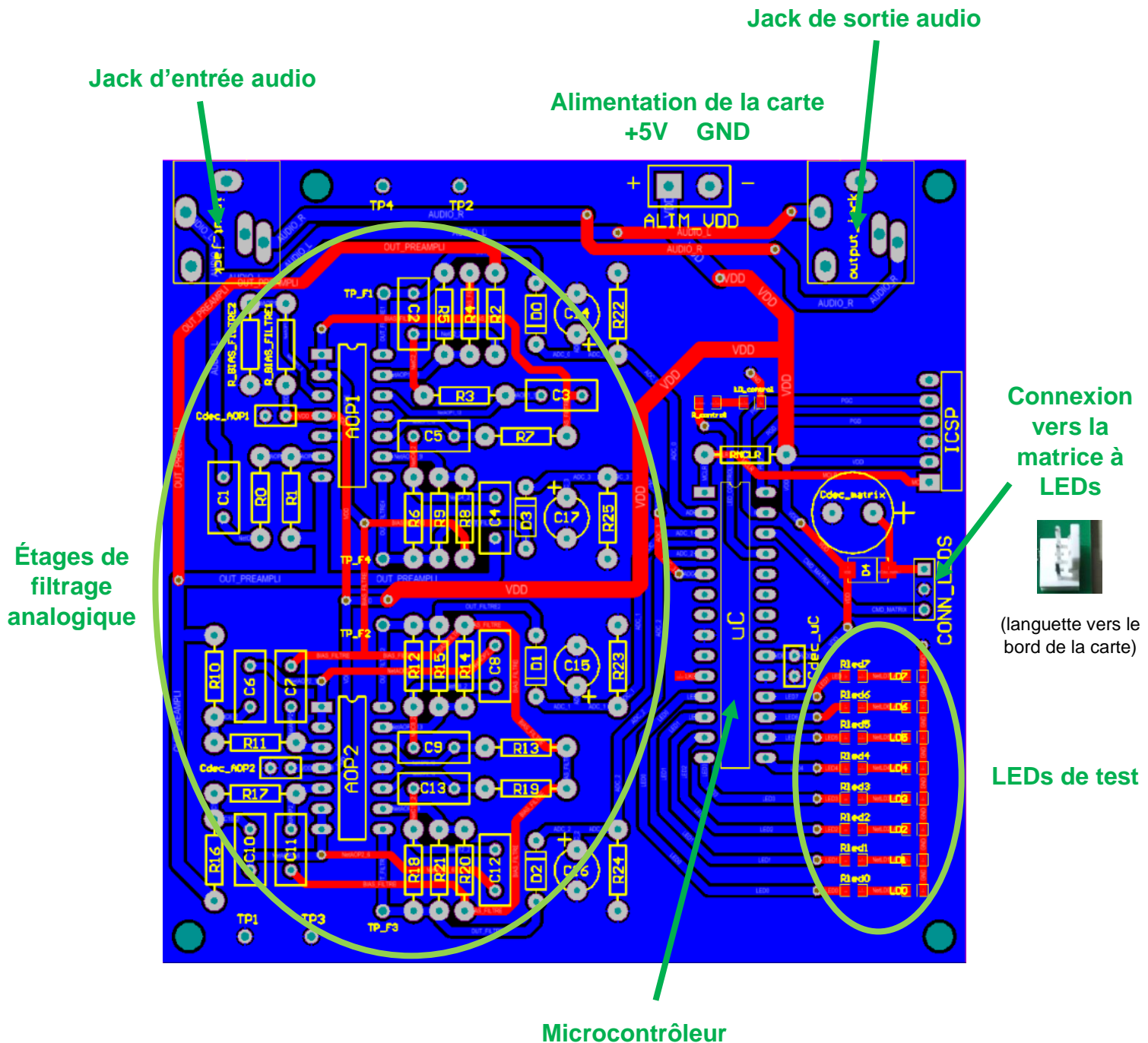
5. Schéma électrique des circuits

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



6. Disposition des composants sur les circuits imprimés

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



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. Les points de test TP_F1 à TP_F4 servent à vérifier à l'oscilloscope les signaux générés par les différents filtres.

7. Méthodologie – Validation

Le travail est à effectuer en trinôme. Idéalement, un binôme s'occupera de la conception du traitement analogique, un autre de la conception du programme du microcontrôleur.

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.

Les valeurs de certaines capacités sont fixées. **Attention au sens de montage des condensateurs 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.**

Pour tester votre programme de contrôle des LEDs, plutôt que de vous connecter directement à une des matrices, un ruban de 3 LEDs montées en série vous sera fourni en début de projet. **Vous ne pourrez avoir accès à une matrice pour les tests que si vous montrez que vous arrivez à contrôler les LEDs de ce ruban !**

Au final, le circuit sera monté sur un circuit imprimé double face (fourni en début de projet).

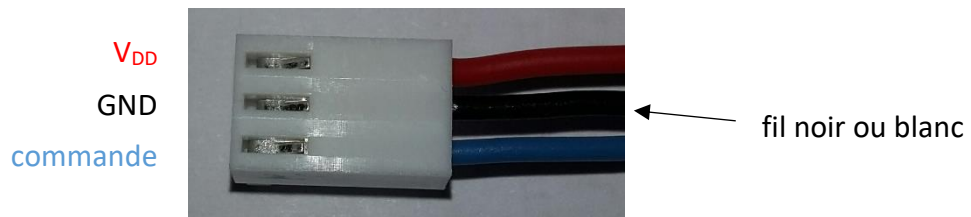
Remarques :

- 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.
- De même, pour la mise au point du système, il sera plus aisé d'observer le fonctionnement du montage en appliquant un signal d'entrée issu d'un générateur de tension et en pilotant par exemple une simple résistance.
- A contrario, 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.
- 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 avant de les compléter.

En fin de projet, une validation du circuit sera effectuée avec un encadrant : 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 pourrez, si besoin, utiliser un des démonstrateurs du projet.

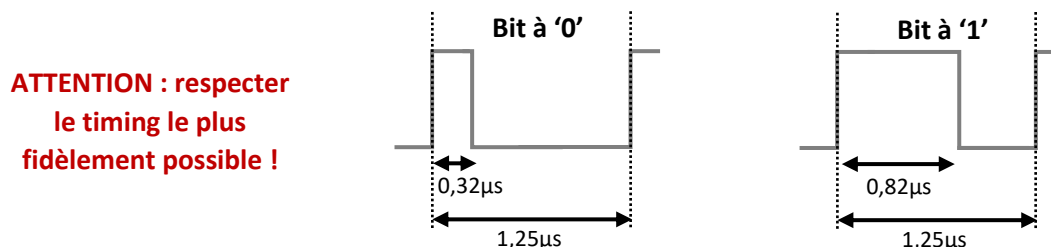
8. Annexe : adressage des LEDs RGBW

Les LEDs RGBW utilisées dans la matrice 8x8 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 2048 bits pour envoyer une commande à la matrice toute entière. Il n'y a besoin d'envoyer tous les bits de commande qu'une seule fois pour mettre à jour la matrice à LEDs, c'est-à-dire qu'il n'y a pas besoin de le répéter en boucle.

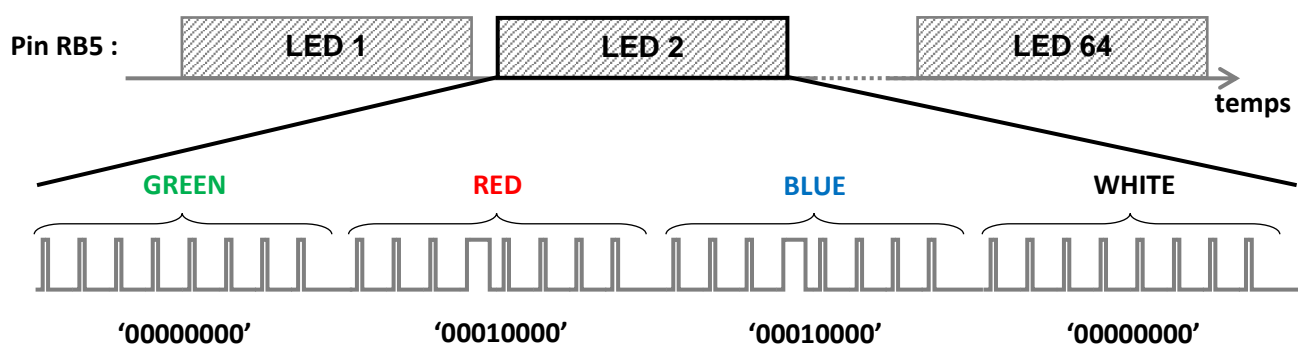


Ces 2048 bits sont envoyés en série (c'est-à-dire via un seul signal, étalés dans le temps) sur la patte RB5 du microcontrôleur selon le protocole décrit dans le paragraphe suivant.

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 :

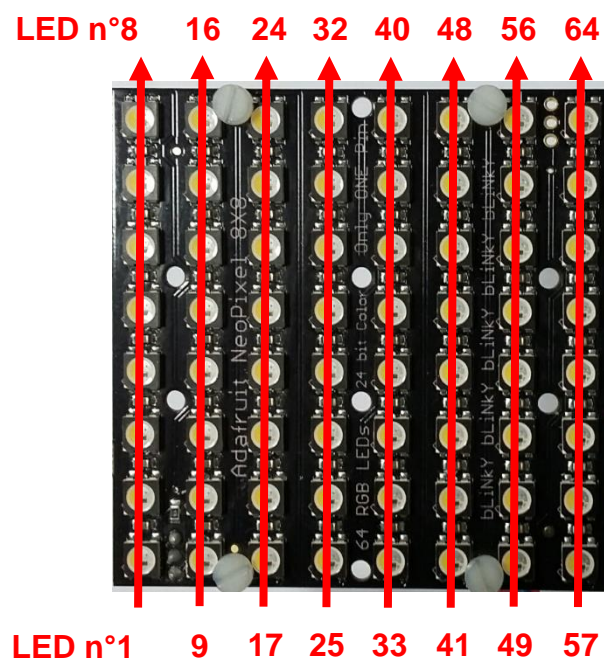


Dans l'exemple ci-dessus, la LED n°2 s'allume en violet (un peu de rouge + un peu de bleu).

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).

Enfin, les LEDs sont ordonnées dans la matrice comme sur la figure suivante :



L'orientation de cette figure correspond bien à l'orientation de la matrice sur le démonstrateur.