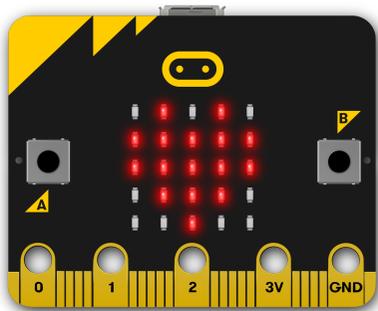


Vincent Le Mieux

Etendre les fonctionnalités d'un microcontrôleur



00000010



Table des matières

1	Introduction :.....	3
2	Retour sur la carte Micro:Bit.....	5
2.1	Le microcontrôleur Nordic NRF51822.....	5
2.1.1.	Schéma de mise en oeuvre.....	5
2.1.2.	Spécifications et valeurs limites d'utilisation.....	8
2.2	Alimentation du montage.....	11
2.2.1.	Les trois façons d'alimenter le microcontrôleur.....	11
2.2.2.	Alimentation et compatibilité du GPIO.....	14
2.3	Le connecteur d'extension :.....	18
2.3.1.	Vue globale du connecteur.....	18
2.3.2.	Les différentes façons de s'y connecter.....	19
3	Annexes.....	27

Typographie utilisée dans ce manuel :

Ce manuel a été intégralement composé avec le logiciel Writer de la suite bureautique LibreOffice. Les logiciels Gimp et Inkscape ont permis la gestion de certaines images. Merci à tous ces développeurs !

On y trouvera :

- du code écrit ainsi :

```
from microbit import *
i = 0
while i < 5 :
    display.set_pixel(i, 2, 9) # x va varier de 0 à 4 ; y fixé à 2
    i = i + 1
```

- *Des remarques écrites en violet avec une police mise en italique*
- Des exercices dont les solutions sont fournies à la fin de ce manuel. On reconnaîtra les exercices à cette typographie (en gras et bleu).

Dans les solutions, les parties de code à repérer tout particulièrement sont « fluotées » en jaune :

```
display.set_pixel(2,1,9)
display.set_pixel(2,2,9)
```

Pour aller plus loin, des remarques sont parfois ajoutées dans les corrections : il est important d'aller les voir.

Repérage : un exercice noté Exercice 4.3.2_2 signifie qu'il s'agit du deuxième exercice du paragraphe 4.3.2. Le corrigé reprend la même numérotation.

Quelques schémas trop grands pour la pagination A5 du manuel ont été mis en Annexe au format A4. Il pourra être judicieux d'en faire un tiré à part pour pouvoir les consulter facilement tout en lisant le texte d'accompagnement.

1 Introduction :

Ce manuel fait suite au premier ouvrage intitulé « *Découvrir le langage Python en programmant un microcontrôleur* » qu'il faudra avoir lu et expérimenté avant d'aborder celui-ci.

On pourra par contre, et ce sera même bienvenu, avancer en parallèle dans ce deuxième ouvrage, avec la lecture du troisième tome : « Utiliser un microcontrôleur en Sciences Physiques ».

Dans le premier volume, nous n'avons volontairement que travaillé avec une partie des ressources disponibles sur la carte BBC Microbit. Si cela a pu être suffisant pour découvrir en même temps le langage Python, le lecteur a pu se trouver limité dans des idées d'applications personnelles qui pouvaient lui venir à l'esprit parce que :

- le nombre de boutons poussoirs présents (2) est insuffisant
- l'afficheur a une résolution très faible, ce qui entraîne des images de piètre qualité, ou nécessite de faire défiler chiffre par chiffre une valeur numérique
- les capteurs disponibles ne répondent pas à l'application visée :
 - le capteur température intégré au microcontrôleur ne permet que la mesure de la température de l'air immédiatement au contact du microcontrôleur
 - le capteur de luminosité est trop grand et pixellisé (les 25 Leds de l'afficheur), de plus nous n'avons aucune information sur la fonction de transfert de ce capteur : qu'en est-il de sa dynamique ou de sa linéarité ?
 - on souhaite mesurer d'autres grandeurs physico-chimiques...

Tout cela nous amène à vouloir étendre les fonctionnalités de cette carte (d'où le titre de ce deuxième tome), et donc à apprendre à utiliser le connecteur d'extension qui est en lien direct avec le microcontrôleur.

De nombreuses cartes de développement ont vu le jour depuis l'arrivée du système Arduino, avec la volonté affichée de rendre simple et transparente

la réalisation d'une chaîne électronique programmable... Il est vrai que l'utilisation de modules additionnels que l'on a juste à clipser sur la carte, sans devoir passer par les étapes de type gravure de circuit imprimé et soudure de composants fait gagner un temps précieux et se trouve être d'une grande efficacité dans une phase d'apprentissage.

Par contre, c'est une erreur de croire que l'on peut s'engager sur cette voie sans connaître les caractéristiques du microcontrôleur utilisé, ses limites physiques ou celles imposées par le langage choisi. Cela ne peut qu'aboutir à des déconvenues dès lors que l'on tombera sur un comportement non prévu du système, ou que l'on voudra s'écarter un peu des chemins battus.

Par ailleurs, en tant qu'enseignant, il est nécessaire d'avoir une vision à la fois globale mais aussi précise du système pour être le plus à l'aise possible devant l'apprenant.

C'est là l'objectif de cet ouvrage.

Remarque : le titre de cet ouvrage « *Etendre les fonctionnalités d'un microcontrôleur* » pourra paraître trompeur vis à vis du contenu qui se restreint en fait à la seule carte BBC Micro:Bit... Le lecteur qui dispose d'une autre carte de développement, pourra mettre en application toutes les recommandations qui sont faites ici au niveau électrique, en allant chercher les informations équivalentes dans les fichiers de données constructeurs (les « *datasheets* » des composants utilisés)

2 Retour sur la carte Micro:Bit

2.1 Le microcontrôleur Nordic NRF51822

2.1.1. Schéma de mise en oeuvre

Le schéma 1, fourni en Annexe, ne représente qu'une partie de la carte BBC Micro:Bit, celle qui concerne le microcontrôleur que l'on utilisera (en fait il y a un deuxième microcontrôleur sur la carte, destiné à réaliser l'interface entre l'USB et celui-ci). Sur ce schéma nous avons entouré les principaux groupes fonctionnels. (En fait pas grand-chose comme c'est souvent le cas avec les microcontrôleurs, l'essentiel étant à l'intérieur du composant). On y trouve classiquement :

- Du découplage d'alimentation à l'aide de petits condensateurs destinés à éliminer les parasites transitoires sur les lignes d'alimentation. Celles-ci ne sont sensées véhiculer que de la tension continue (déjà filtrée et stabilisée en amont), mais entre le module d'alimentation et le microcontrôleur, il est possible que les lignes de cuivre du circuit imprimé récupèrent des perturbations électromagnétiques (notamment dans ces environnements numériques ou l'on réalise des commutations de niveaux à haute fréquence). Une petite capacité se comporte quasiment comme un court-circuit vis-à-vis des hautes fréquences, ce qui évacue ces parasites transitoires vers la masse. C'est l'occasion de rappeler que l'impédance d'un condensateur de capacité C est donnée par la relation :

$$Z = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

il faut donc que C soit petite pour que Z tende vers 0 quand la fréquence f de ces parasites est grande).

- un oscillateur à quartz de fréquence 16MHz. La fréquence d'horloge est une caractéristique importante car la vitesse d'exécution d'une instruction peut y être directement liée. Comme cela a été évoqué au paragraphe 2.2 Langage de programmation

dans le manuel « Découvrir le langage Python en programmant un microcontrôleur », le processeur ne comprend in fine que des codes machines, représentés plus simplement par des mnémoniques lorsque l'on travaille en langage d'assemblage. Voici un extrait de la table décrivant toutes les instructions machines du Cortex M0 (le coeur du microcontrôleur utilisé) :

Table 3-1 Cortex-M0 instruction summary

Operation	Description	Assembler	Cycles
Move	8-bit immediate	MOVS Rd, #<imm>	1
	Lo to Lo	MOVS Rd, Rm	1
	Any to Any	MOV Rd, Rm	1
	Any to PC	MOV PC, Rm	3
Add	3-bit immediate	ADDS Rd, Rn, #<imm>	1

On y donne pour chacune d'entre elles le nombre de cycles machine nécessaires à l'exécution de ces instructions de base. Les plus simples ne consommeront qu'un seul cycle machine (soit une durée de $1/16 \cdot 10^6 = 62,5$ ns), d'autres en consommeront plusieurs.

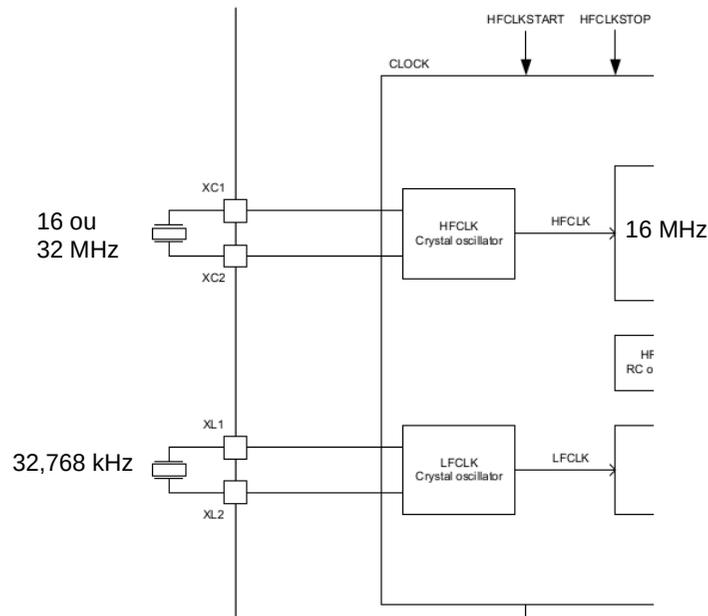
Remarques :

- c'est sur la connaissance de ces timings d'exécution que l'on peut régler finement la durée d'exécution d'une portion de programme en assembleur.

- la fréquence du quartz ne peut pas être choisie comme on le veut : le fabricant impose parfois une valeur ou une gamme de valeurs possibles. La plus grande fréquence possible n'est pas toujours celle qui est au final retenue. En effet, pour pouvoir réaliser des communications avec certains périphériques, il faut pouvoir disposer de fréquences spécifiques (dérivées du signal d'horloge origine!). C'est d'ailleurs la raison qui fait qu'une horloge de voiture peut se dérégler beaucoup plus vite qu'une montre à quartz. Dans une telle montre, on utilise un quartz dit horloger de fréquence 32768 Hz, qui après plusieurs divisions successives par deux donne une fréquence

de 1Hz pour « battre » la seconde. Les microcontrôleurs embarqués dans un véhicule peuvent nécessiter des fréquences d'horloges spécifiques dont les divisions n'aboutissent pas exactement à une fréquence d'1 Hz, d'où les dérives constatées au bout de plusieurs semaines. On peut faire aussi le même constat pour des appareils audio/vidéo affichant l'heure (s'ils ne sont pas remis automatiquement à l'heure par transfert de données)

Pour éviter ce problème et donc assurer un heure stable dans le temps, certains fabricants, dont Nordic pour le microcontrôleur utilisé sur la carte Micro:Bit, implantent la possibilité d'avoir deux sources d'horloges simultanées :



Sur la carte Micro:Bit, seul un quartz de 16MHz a été implanté entre XC1 et XC2, libérant les broches XL1 et XL2 (broches 45 et 46 en fait) pour être utilisées autrement : l'une dédiée au bouton B, l'autre servant à la communication avec l'accéléromètre.

On découvre également sur le schéma 1 en Annexe, un circuit spécifique à ce microcontrôleur pour faire de la communication radiofréquences à 2,4 GHZ (ex Bluetooth) et que nous n'avons pas mis en œuvre dans le premier manuel.

Pour finir, sur toute la partie droite du schéma, on a les différentes lignes constituant le GPIO (General Purpose Input Output = Entrées Sorties à usage général) du microcontrôleur, dont une partie va se retrouver disponible directement sur le connecteur d'extension. Il suffit de voir les « étiquettes » marquées sur chacune de ces lignes (schéma 1 en annexe) : on les retrouve sur les broches du connecteur (schéma 2 en annexe).

Il n'y a donc aucune protection électrique entre le connecteur d'extension et le microcontrôleur !!! Cette remarque impose de faire un point sur les caractéristiques électriques de la carte et du microcontrôleur.

2.1.2. Spécifications et valeurs limites d'utilisation

Le tableau suivant spécifie les valeurs d'utilisation normale ainsi que les valeurs limites à ne pas dépasser pour le microcontrôleur :

- en **noir** les valeurs limites (minimum MIN et maximum MAX) entre lesquelles le microcontrôleur peut fonctionner normalement, TYP étant la valeur typique dite encore nominale de fonctionnement.
- en **rouge** les valeurs extrêmes au delà desquelles il y a un risque majeur de destruction partielle ou totale du microcontrôleur. L'utilisation prolongée du composant à ces valeurs limites peut en affecter la fiabilité.

	MIN.	MIN.	TYP.	MAX.	MAX.	Unité
ALIM.						
V_{DD}	-0,3	1,8	3,0	3,6	+3,9	V
V_{SS}					0	V
GPIO						
V_{IO}	-0,3				$V_{DD}+0,3$	V
V_{IH}		$0,7 \cdot V_{DD}$		V_{DD}		V
V_{IL}		V_{SS}		0,3		V
V_{OH}		$V_{DD}-0,3$		V_{DD}		V
V_{OL}		V_{SS}		0,3		V
T°		-25	+25	+75		$^\circ\text{C}$

Tableau 1

V_{DD} : reliée à la ligne d'alimentation positive

V_{SS} : reliée à la masse de l'alimentation

V_{IO} : tension admissible sur une broche du GPIO

V_{IH} : Sur une entrée du GPIO, c'est la tension à appliquer pour qu'elle soit interprétée par le microcontrôleur comme étant un niveau 1

V_{IL} : Sur une entrée du GPIO, c'est la tension à appliquer pour qu'elle soit interprétée par le microcontrôleur comme étant un niveau 0

V_{OH} : tension générée pour un niveau haut (« 1 »), par le microcontrôleur, sur une sortie du GPIO

V_{OL} : tension générée pour un niveau haut (« 0 »), par le microcontrôleur, sur une sortie du GPIO

Exemple : si le microcontrôleur est alimenté par une tension $V_{DD} = 3,3 \text{ V}$

- ne pas appliquer sur une broche du GPIO une tension supérieure à

$$V_{IO} = V_{DD} + 0,3 \text{ V soit } 3,3 + 0,3 = 3,6 \text{ V}$$

- les niveaux logiques vont alors valoir :

	En entrée	En sortie
V_{IH}	2,3 à 3,3 V	
V_{IL}	0 à 0,3 V	
V_{OH}		3,0 à 3,3 V
V_{OL}		0 à 0,3 V
Visualisation graphique :		

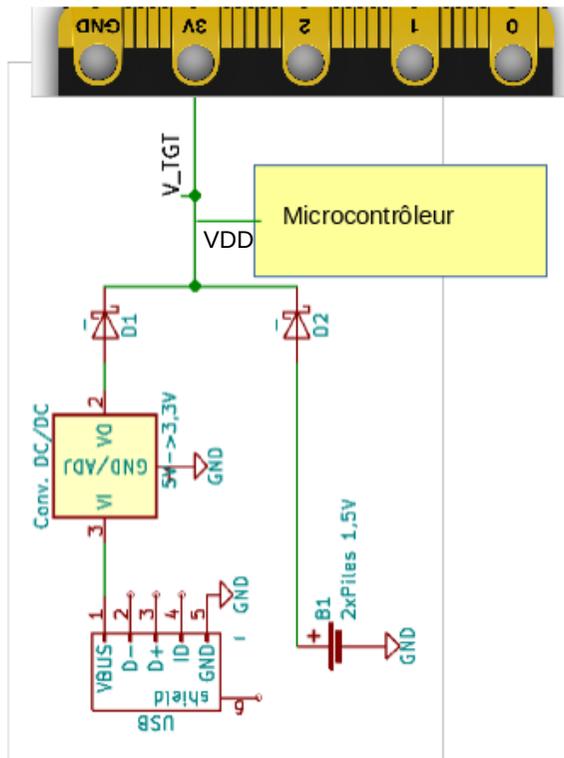
Tableau 2

2.2 Alimentation du montage

2.2.1. Les trois façons d'alimenter le microcontrôleur

Le schéma 1 en annexe montre que le microcontrôleur Nordic est alimenté au niveau de ses broches V_{DD} par une ligne référencée V_TGT provenant de la partie alimentation de la carte, dont on donne ci-dessous une représentation simplifiée. Le microcontrôleur peut être alimenté :

- par le câble USB relié au PC
- par un coupleur de piles (2x1,5V)
- par un montage externe connecté sur la broche « 3V »



En effet ces trois voies d'alimentation se retrouvent en un même point noté V_TGT .

Retenir que la valeur de la tension V_{DD} dont on a parlé au paragraphe 2.1.2 est égale à la tension présente sur cette ligne V_TGT qui conditionne donc également les niveaux de tension admissibles sur les broches du GPIO !!!

Analysons ce circuit d'alimentation :

- Par le câble USB :

Un câble USB véhicule non seulement des données mais aussi du courant pour alimenter le montage auquel il est connecté. Ce courant électrique se fait sous une tension de 5 volts avec une intensité maximum de 500 mA. Cette tension de 5V est trop grande pour alimenter le microcontrôleur Nordic. Il faut donc intercaler un circuit de conversion DC/DC (continu/continu) pour ici abaisser la tension à 3,3V. Des circuits spécifiques DC/DC existent. Les concepteurs ont préféré se servir d'un module existant sur le deuxième microcontrôleur de la carte (celui qui sert d'interface entre l'USB et le microcontrôleur Nordic). Cependant l'intensité disponible en sortie de ce convertisseur est limitée.

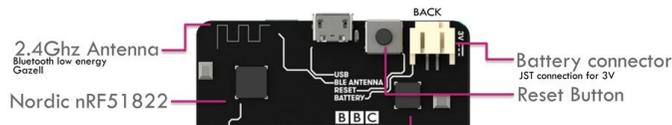
Si on a l'habitude de décoder un schéma électronique, on pourra consulter en Annexe les schémas 3 et 4. Pour suivre plus facilement le cheminement, on a entouré en vert les différentes étiquettes affectées à cette ligne d'alimentation : au niveau du connecteur USB, elle est notée $VBUS_IF$ et devient $VBUS_IF2$ après passage dans une résistance de limitation de courant et arrive dans le module convertisseur de tension DC/DC du deuxième microcontrôleur de la carte. Cela ressort sur la broche nommée $VOUT3.3$ avec l'étiquette $+3.3V_IF$. On passe alors au schéma 4 : après traversée de la diode $D1$ elle est notée V_TGT . (Les changements d'appellation sont nécessaires à cause des changements de valeur de cette tension tout au long de ce chemin)

La notice de la carte Micro:Bit indique que la carte admet jusqu'à 120 mA par cette source d'alimentation, mais qu'elle en consomme une trentaine elle même. Donc :

90 mA, ce sera l'intensité maximale disponible pour faire fonctionner un montage additionnel si celui-ci est alimenté par les broches « 3V » et « GND » du connecteur d'extension lorsque l'on travaille avec le cordon USB.

- Par le connecteur pour piles (« Battery connector ») :

Ce petit connecteur permet de relier un boîtier contenant deux piles « 1,5V » mises en série, soit une tension totale de « 3V » :



L'alimentation par piles permet une autonomie de mouvement de la carte Micro:Bit. Par contre il y a un petit souci dont il faut avoir conscience : le f.é.m d'une pile n'est pas constante durant toute sa durée de vie et le marquage « 1,5V » est plutôt une indication moyenne. Lorsqu'elle est neuve elle est voisine de 1,7 V et tombe autour de 1 V lorsque la pile est « usée ». Par ailleurs, en fonctionnement, la tension disponible aux bornes de la pile suit une loi du type :

$$U_{PN} = E - r.I$$

ce qui donne une tension inférieure à le f.é.m E (r étant la résistance interne de la pile). Si on reprend le tableau 1 des spécifications électriques :

	MIN.	MIN.	TYP.	MAX.	MAX.	Unité
GPIO						
V_{IO}	-0,3				$V_{DD}+0,3$	V
V_{IH}		$0,7 \cdot V_{DD}$		V_{DD}		V
V_{IL}		V_{SS}		0,3		V
V_{OH}		$V_{DD}-0,3$		V_{DD}		V
V_{OL}		V_{SS}		0,3		V

il faut avoir conscience que les valeurs des niveaux liés à V_{DD} varieront à la baisse au fur et à mesure de l'usure des piles utilisées.

Par ailleurs, pour des raisons d'économie, on peut vouloir mettre des « piles » rechargeables. La f.é.m de ces batteries, lorsqu'elles sont rechargées est plus basse que celle d'une pile alcaline neuve : autour de 1,2 ou 1,3 V.

Remarque : lorsque l'on regarde le schéma simplifié de l'alimentation, on constate que les deux lignes que l'on vient de décrire se rejoignent mais protégées l'une de l'autre par deux diodes (D1 et D2). Il s'agit de deux diodes à très faibles chute de tension (autour de 0,1 V pour ces modèles de type Schottky au lieu des 0,7 V pour de simples diodes au silicium). On pourra mesurer effectivement cette petite perte de tension : avec l'alimentation par USB on a pour V_{TGT} entre 3,1 et 3,2 V au lieu des 3,3 V.

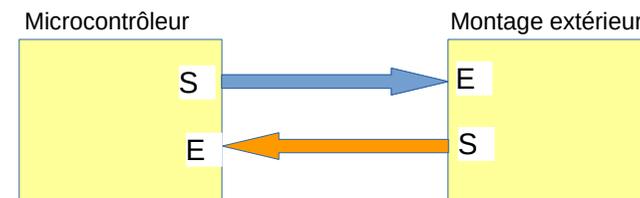
- La dernière possibilité, c'est l'alimentation de la carte Micro:Bit par celle du montage externe, reliée alors au broches « 3V » et « GND » du connecteur...

Il faudra être sûr de soi car là il n'y a aucune protection : si l'on applique une tension supérieure à 3,9V ou si on fait une inversion de branchement on aura destruction de composants de la carte !

Nous déconseillons fortement cete possibilité, sauf si l'alimentation externe est réalisée avec un régulateur 3,3V avec impossibilité pour l'utilisateur de faire une inversion des polarités au niveau de la carte Micro:Bit.

2.2.2. Alimentation et compatibilité du GPIO

On rappelle tout d'abord un grand principe : une sortie est connectée à une entrée.



La connexion d'un montage extérieur au GPIO se réalisera dans des conditions satisfaisantes si on sait répondre aux questions suivantes :

1. la tension appliquée par une sortie de l'un restera-t-elle dans les limites tolérées par l'entrée de l'autre ?
2. Une tension appliquée comme étant un niveau 1 par la sortie de l'un sera-t-elle interprétée correctement comme un niveau logique 1 par l'entrée de l'autre ? Même question pour un niveau 0 (problème beaucoup moins fréquent)
3. L'entrée attaquée ne réclame-t-elle pas une intensité plus grande que ce que peut délivrer la sortie de l'autre circuit ?

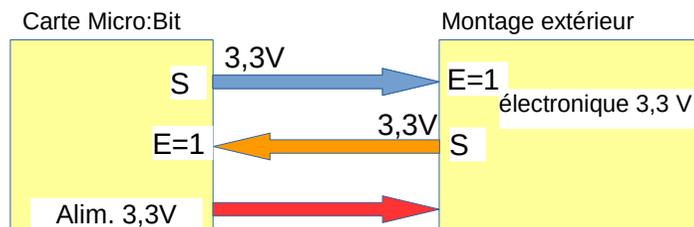
Une partie de la réponse à cette dernière question se trouve dans la « datasheet » du composant : l'intensité maximum que peut délivrer une sortie du microcontrôleur est de **5 mA** ... ce à quoi s'ajoute le fait qu'il ne peut y avoir plus de trois sorties à délivrer simultanément une telle intensité !

Lorsque l'on veut acheter un module d'extension extérieur, il y a nécessité de vérifier que ce module sera bien compatible. en effet, il existe des modules « génériques » sensés servir pour différentes cartes de développement, mais initialement conçus pour le système Arduino qui fonctionne en 5V.

Analysons différents cas de figure :

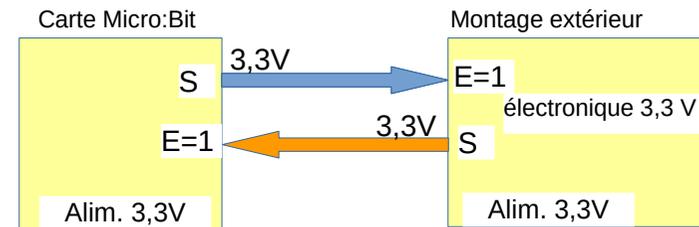
1. Montage extérieur « 3,3 V » alimenté par la carte Micro:Bit

Si l'on conçoit soit même son propre montage extérieur, c'est assurément vers ce type de configuration que l'on doit se tourner :



Oui si :

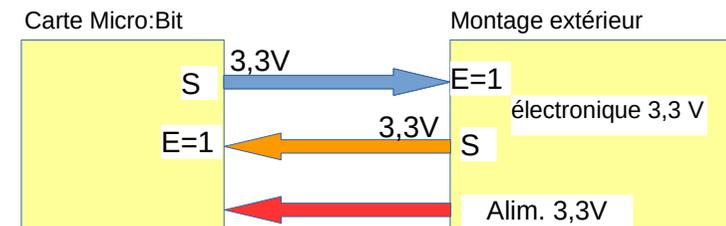
- la consommation du montage extérieur reste inférieure à 90 mA si l'alimentation provient du câble USB
 - l'électronique du montage extérieur est bien compatible 3,3V
2. Montage extérieur ayant sa propre alimentation 3,3 V :



Oui si :

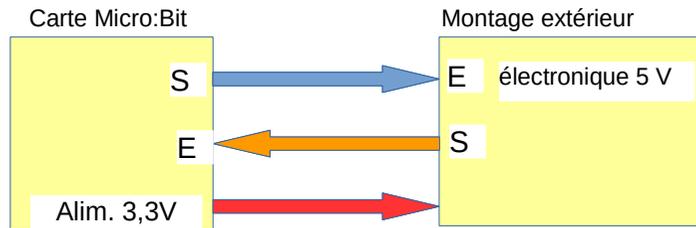
- la consommation du montage extérieur est supérieure aux 90 mA restant disponibles lorsque l'alimentation provient du câble USB
- l'électronique du montage extérieur est bien compatible 3,3V

On aurait alors intérêt à alimenter la carte Micro:Bit avec cette alimentation extérieure (Attention : avec les réserves exprimées au 2.2.1). Cela donnerait le montage suivant :



Oui : si on s'est assuré au niveau de la carte Micro:Bit de l'impossibilité d'inversion de polarité de l'alimentation extérieure

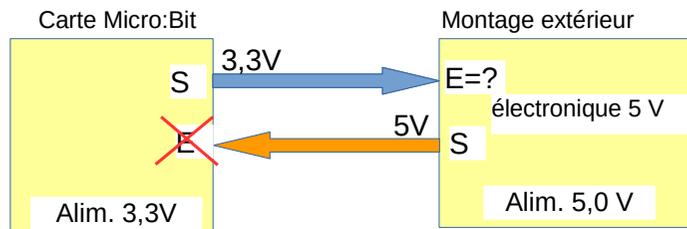
3. Montage extérieur « 5 V » alimenté par la carte Micro:Bit



ATTENTION risque de non fonctionnement ou de dysfonctionnement du montage extérieur, la tension d'alimentation de 3,3V étant insuffisante. Consulter la notice en espérant qu'elle soit précise sur ce sujet.

A priori, pas de risque à essayer sauf si le montage extérieur dispose d'un convertisseur DC/DC 3,3V → 5V auquel cas une sortie du montage extérieur, mise au niveau 1, génèrerait une tension de 5V sur l'entrée correspondante de la carte Micro:Bit ce qui risquerait de la détruire ! (Cela serait identique en fait au cas ci-dessous).

4. Montage extérieur ayant sa propre alimentation 5V

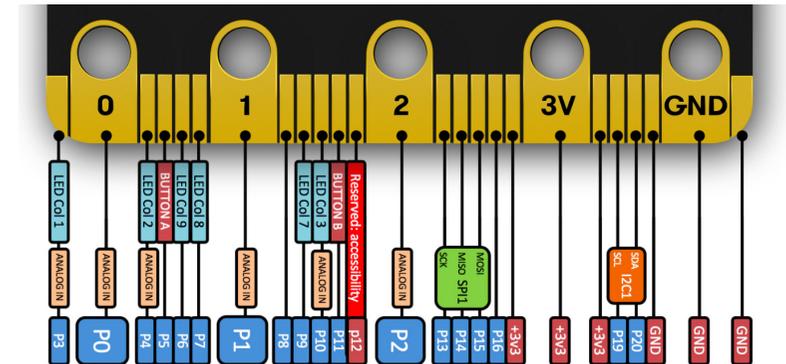


NON !!! Car :

- un niveau 1 en sortie de la carte Micro:Bit pourrait ne pas être interprété convenablement...
- ...mais surtout, un niveau 1 appliqué sur une sortie du montage extérieur, c'est une tension de 5,0V que l'on retrouve sur l'entrée correspondante de la carte Micro:Bit ce qui risque d'entraîner sa destruction

La solution consisterait en la mise en place d'une interface d'adaptation de niveaux entre la carte Micro:Bit et le montage extérieur... Le jeu en vaut-il la chandelle ??? N'est-il pas plus simple de chercher une solution moderne en 3,3V ?

2.3 Le connecteur d'extension :



2.3.1. Vue globale du connecteur

Le connecteur d'extension présente un total de « 25 » broches pour étendre les fonctionnalités de la carte. En fait plusieurs sont redondantes et liées à l'alimentation (trois broches de masse (GND) et trois pour la ligne positive 3,3V), ce qui en soit n'est pas inutile, mais ne participe pas directement à la communication avec l'extérieur. A ces six broches, il faut ajouter encore une ligne numéroté P12 et indiquée « Reserved accessibility »... ce qui n'incite pas à chercher à l'utiliser). Il nous reste donc toutes les broches représentées en bleu sur ce schéma, soit un total de 18 broches qui constituent ce que l'on appelle le GPIO de la carte.

On peut remarquer que certaines broches peuvent avoir des fonctions différentes :

- toutes peuvent être des entrées ou sorties numériques
- six d'entre elles peuvent servir d'entrée analogique (marquées « Analog In »). Associées en interne à un convertisseur analogique-numérique (CAN), elles permettent la réalisation de mesures sur

des grandeurs analogiques, et donc à travers un capteur, permettront des mesures de grandeurs physico-chimiques.

- cinq peuvent être utilisées pour des communications série de type SPI ou I2C

Enfin, plusieurs d'entre elles se trouvent partagées avec l'afficheur 5x5 Leds ou les boutons poussoirs.

2.3.2. Les différentes façons de s'y connecter

1- A l'aide fiches bananes :



Cinq broches du connecteurs ont été élargies et percées pour pouvoir être utilisées avec des fiches bananes au format standard de 4 mm.

Les deux de droite concernent l'alimentation :

- « 3V », la ligne positive
- « GND » (= ground), la masse (0V)

On peut se servir de ces deux bornes pour alimenter le montage externe à partir de la carte Micro:Bit, ou à l'inverse, alimenter la carte Micro:Bit à partir de l'alimentation du montage externe (Bien relire le paragraphe 2.2.2 si on a un doute : attention avec des élèves débutants qui ont vite fait d'inverser ce type de fils...)

Les trois autres bornes, notées 0, 1, et 2 peuvent être utilisées en entrée ou sortie numérique ou bien encore, en entrée analogique. Notons qu'il existe une troisième façon de se servir de ces bornes : comme un bouton poussoir en se servant du corps humain comme « conducteur » en appuyant simultanément sur l'une de ces bornes et sur la borne de masse...

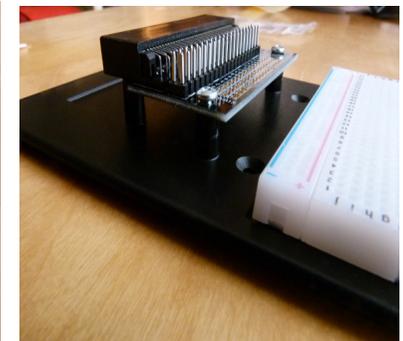
Retenons que cette possibilité de connexion par fiches bananes permet de se connecter à moindre frais sur un montage traditionnel d'électricité, mais qu'il faudra être sûr des niveaux générés ou admis par ce montage externe :

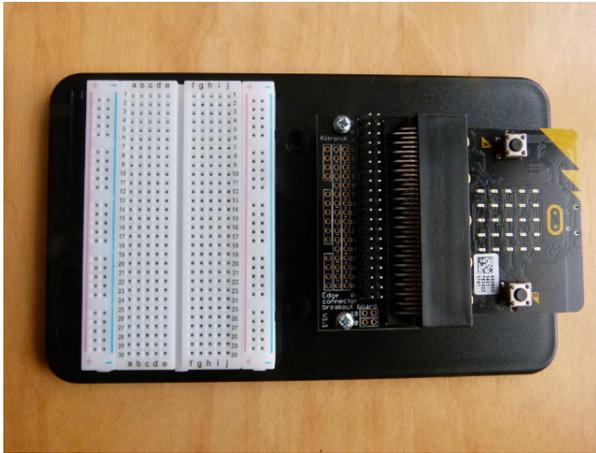


2- Avec un kit de prototypage :

Ci-dessous le kit de prototypage de la marque Kitronic :

Sur la plaque support, on vient fixer un connecteur (pour recevoir la carte Micro:Bit) et une plaque d'expérimentation qui accueillera les composants du montage expérimental. Deux types de fils sont fournis : femelle-mâle pour relier le connecteur à la plaque d'expérimentation et mâle-mâle pour réaliser des jonctions sur la carte d'expérimentation

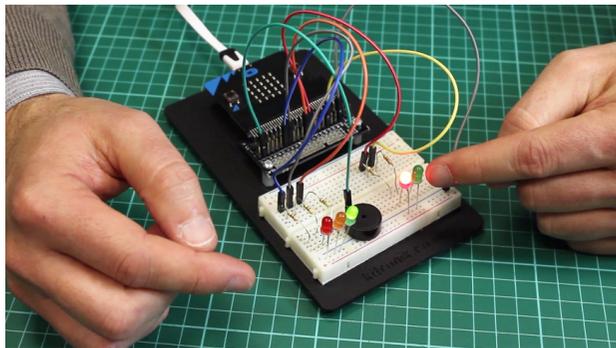




Le kit assemblé avec une carte Micro:Bit
(attention : non fournie dans le kit)

Ce type de matériel, comme son nom l'indique, est destiné à du prototypage, soit pour faire des expérimentations, soit pour mettre au point un montage avant de passer à la version définitive sur circuit imprimé. Très pratique quand on dispose d'un stock varié de composants, ce type de kit nécessite cependant une certaine habitude pour ne pas faire d'erreurs (le montage réalisé se trouve directement relié au GPIO du microcontrôleur, sans aucune protection)

Exemple d'utilisation :



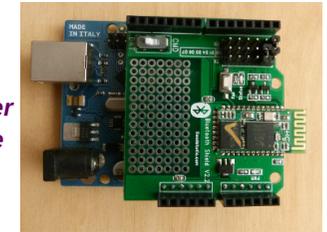
Source : Kitronik

3- Avec des modules d'extension du commerce :

Suite au développement des cartes de développement clé en main (Arduino, Micro:Bit, Beagle etc) de nombreuses sociétés se sont positionnées sur le développement de modules d'extension avec deux modèles différents :

- module d'extension adapté à la carte de développement :

Ci-contre une carte Arduino accueillant une carte d'extension (un « shield ») Bluetooth

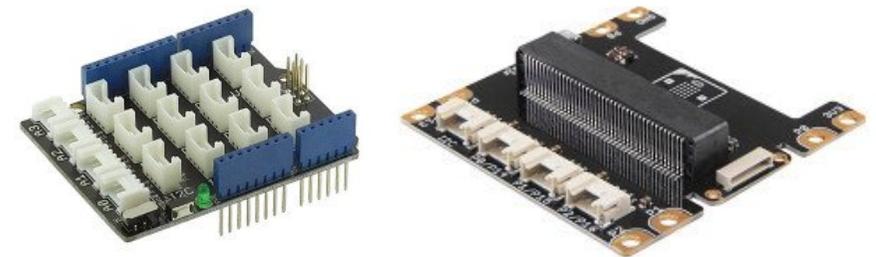


Cette carte d'extension ne peut fonctionner qu'avec une carte Arduino ou ou une carte compatible

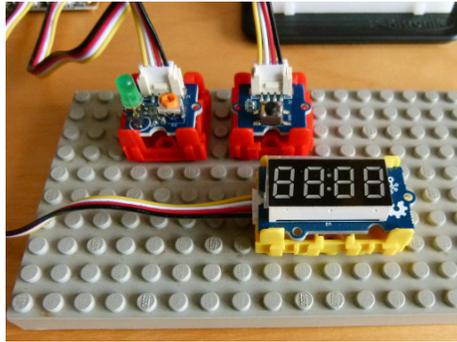
- module d'extension adapté à une carte de connexion spécifique à la carte de développement. Les modules d'extensions peuvent alors être réutilisés sur d'autres cartes de développement, moyennant l'achat de la carte de connexion spécifique.

Ci-dssous un exemple avec le système Grove que nous utiliserons dans ce manuel :

- à gauche le « shield » d'extension pour Arduino
- à droite le shield d'extension pour Micro:Bit (qui lui n'accepte que quatres modules)

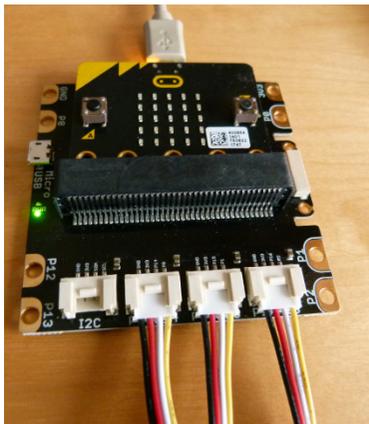


Chacun de ces shields dispose de petits connecteurs qui permettent de connecter différents modules (et il y en a des dizaines différents, de plus à des prix très raisonnables !). Avec ce dispositif, aucune soudure à faire, pas de risque de branchement inversé : la solution la plus simple pour démarrer.

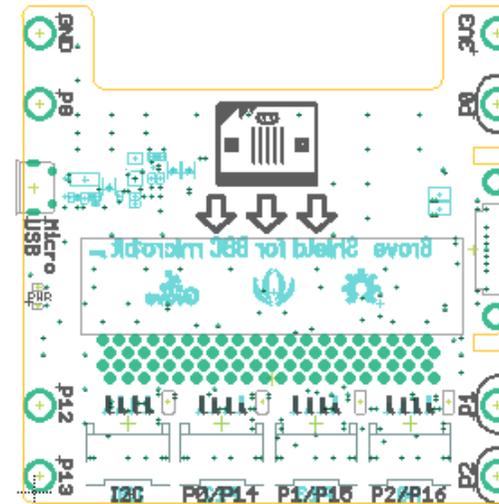


Une bonne idée : presque tous les modules de la marque Grove peuvent s'insérer dans un support compatible avec les plaques Lego ! Ici : un module Led verte, un module bouton poussoir et un module de quatre afficheurs 7 segments

Un exemple d'utilisation : la carte Micro:Bit vient s'insérer dans le shield d'extension ; ici les câbles des trois modules de la photo précédente.



Remarque : la faible distance entre la carte Micro:Bit et le shield ne permet pas l'utilisation de coques de protection trop encombrantes pour la carte Micro:Bit.



Tous les modules sont reliés avec le même type de câble constitué de 4 fils :

- **pin 1** - Jaune (ligne de signal N°1 ; celle utilisée si le module nécessite une seule ligne de signal)
- **pin 2** - Blanc (ligne de signal N°2 , si une deuxième est nécessaire au fonctionnement du module)
- **pin 3** - Rouge - VCC donc 3,3V pour la carte Micro:Bit ...mais 5V sur Arduino
- **pin 4** - Noir - GND ... la masse

Les connecteurs pour circuit imprimé étant disponibles à la vente, il est donc possible de créer ses propres modules.

Pour la carte Micro:Bit, la platine de liaison (Shield Grove pour micro:bit Réf : 103100063) permet la connexion de 4 modules :

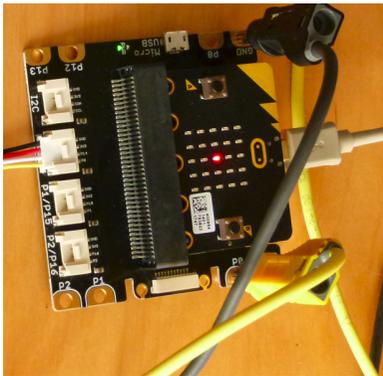
- un module supportant le protocole de communication série I2C
- 3 modules généraux travaillant en digital ou en analogique

D'après le principe de câblage évoqué ci-dessus, on constate qu'un module Grove occupe systématiquement 2 lignes de données (même si parfois une seule n'est réellement utilisée). Pour le shield Grove utilisé ici, ce sont les broches :

- P19 et P20 sur le connecteur I2C (il permet de faire fonctionner certains périphériques utilisant cette norme de communication série)
- P0 et P14 sur le connecteur 2
- P1 et P15 sur le connecteur 3
- P2 et P16 sur le connecteur 4

Nous utiliserons quelques uns de ces modules Grove, ce qui sera l'occasion d'approfondir nos connaissances sur le langage Python

Ce module dispose aussi de bornes bananes 4 mm pour pouvoir alimenter un montage externe (bornes « GND » et « 3V3 ») ou utiliser des signaux sur les broches P0,P1,P2,P8,P12,P13 et GND. Ci-dessous on avait besoin de récupérer le signal P0 utilisé par le module ultrason qui était branché sur le connecteur P0/P14. Cela a été fait à l'aide de fiches bananes (entre la pastille P0 et la pastille de masse GND). Cela nous a permis d'envoyer ce signal vers un oscilloscope pour l'analyser :

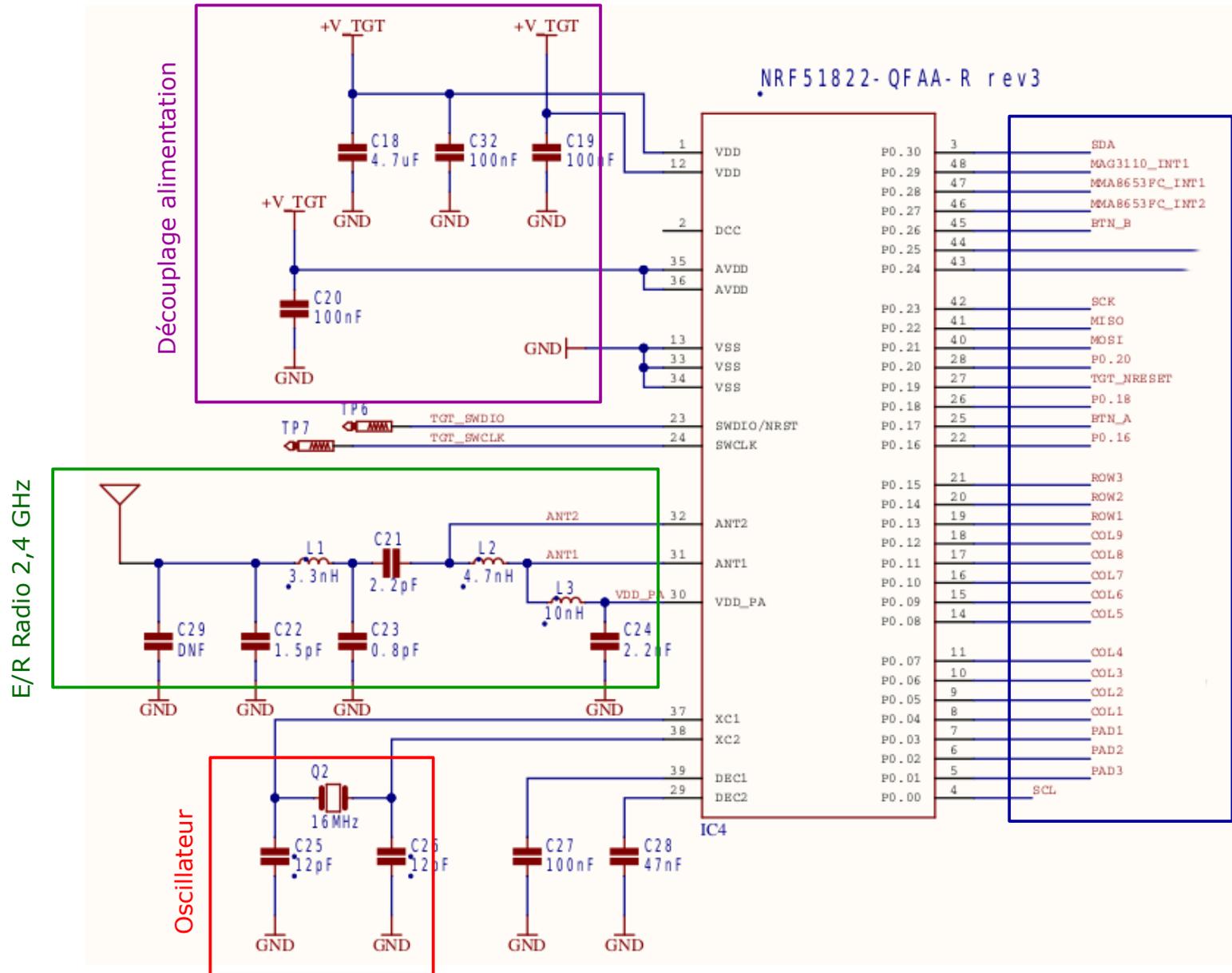


A noter également la présence d'une prise USB supplémentaire, qui ne sert pas à véhiculer des données) mais qui peut servir à alimenter les modules externes si les 90 mA que peut fournir la carte BBC Micro:Bit ne suffisent pas.

Plus de détails sur tous les modules disponibles sur les sites de revendeurs ou ici : http://wiki.seeedstudio.com/Grove_System/

3 Annexes

Schéma 1 : Schéma d'utilisation du microcontrôleur NORDIC NRF51822



Connexions vers les périphériques (notamment vers le connecteur d'extension)

Schéma 2 : Le connecteur d'extension

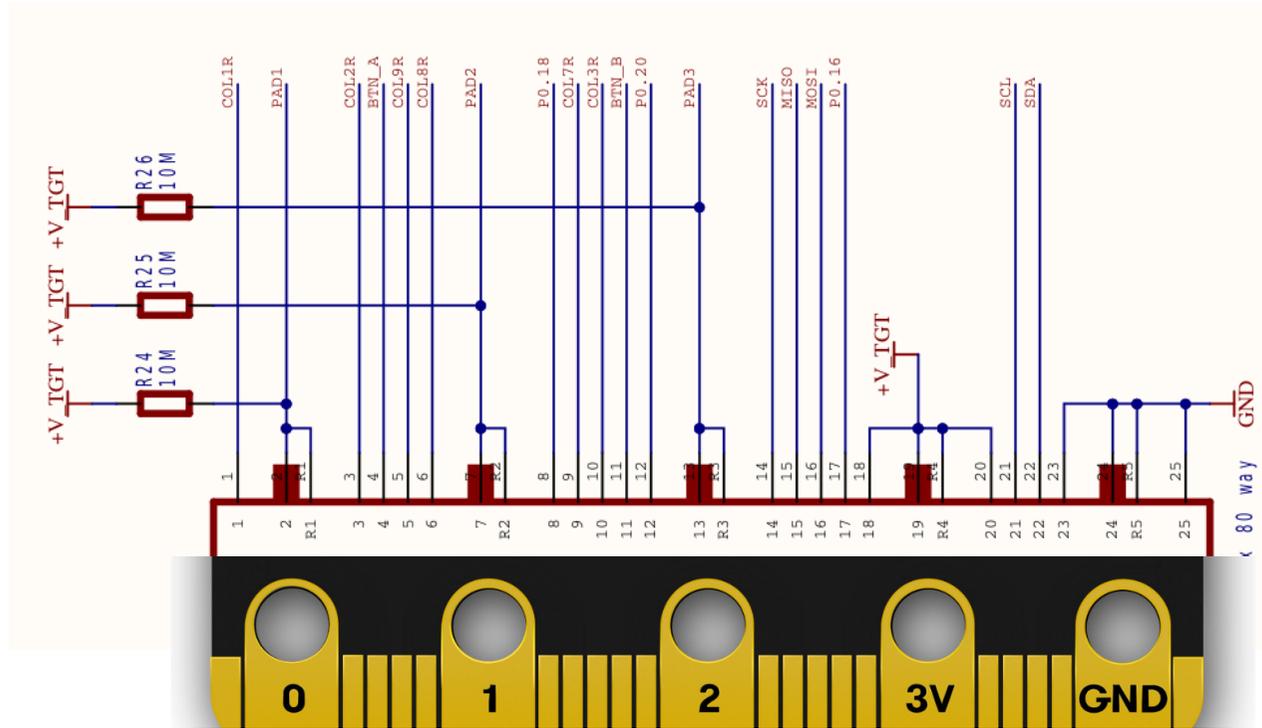


Schéma 3 : Interface

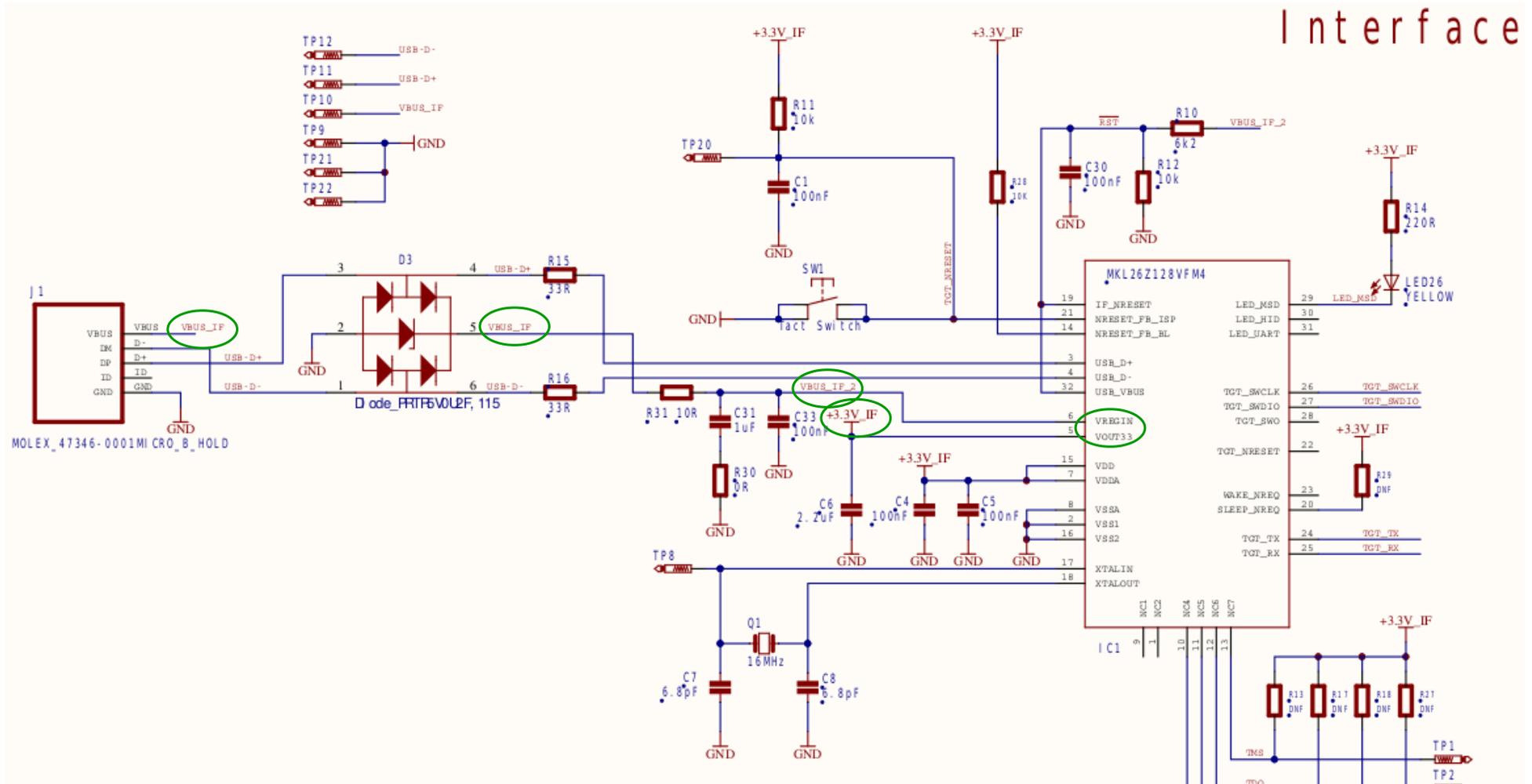


Schéma 4 : Alimentation (suite)

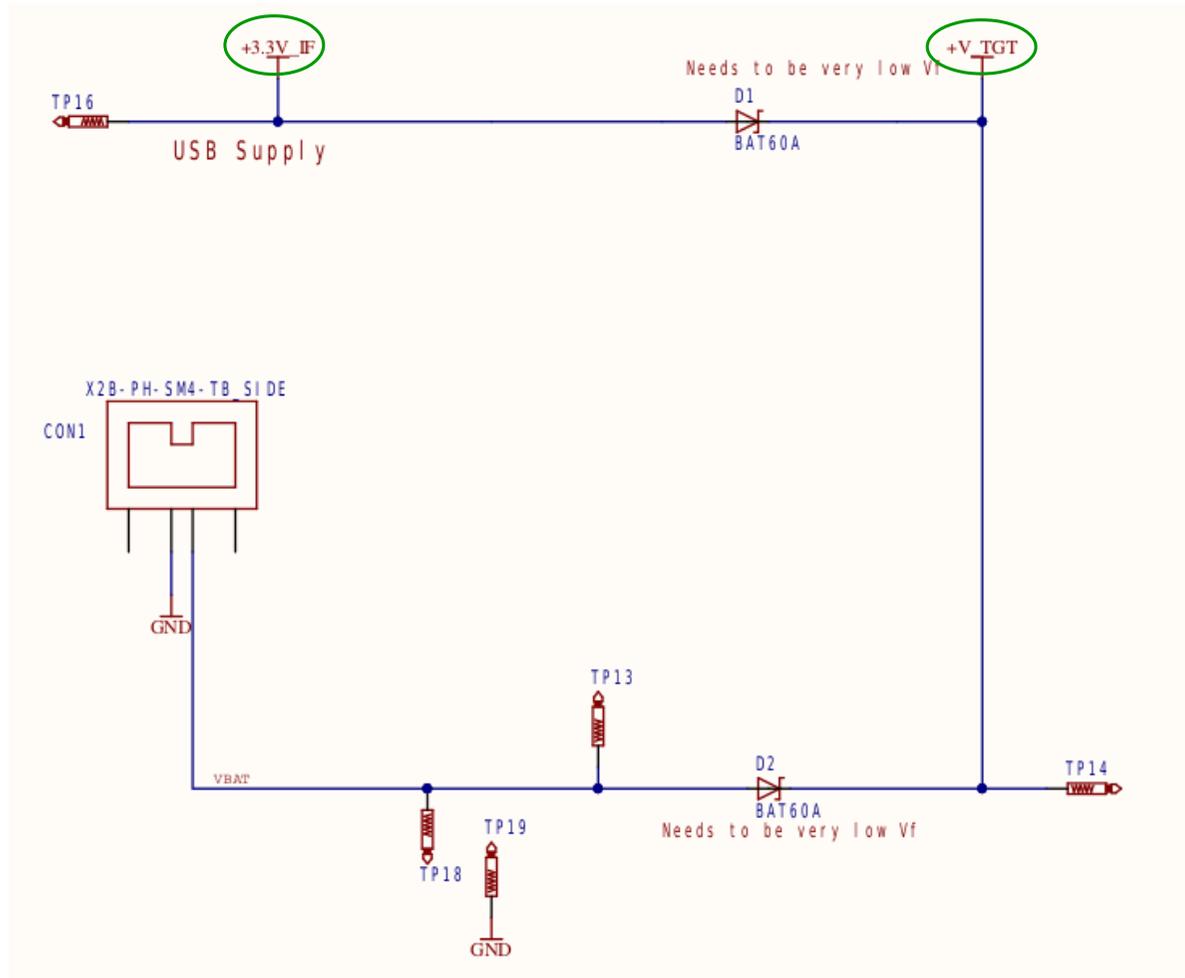
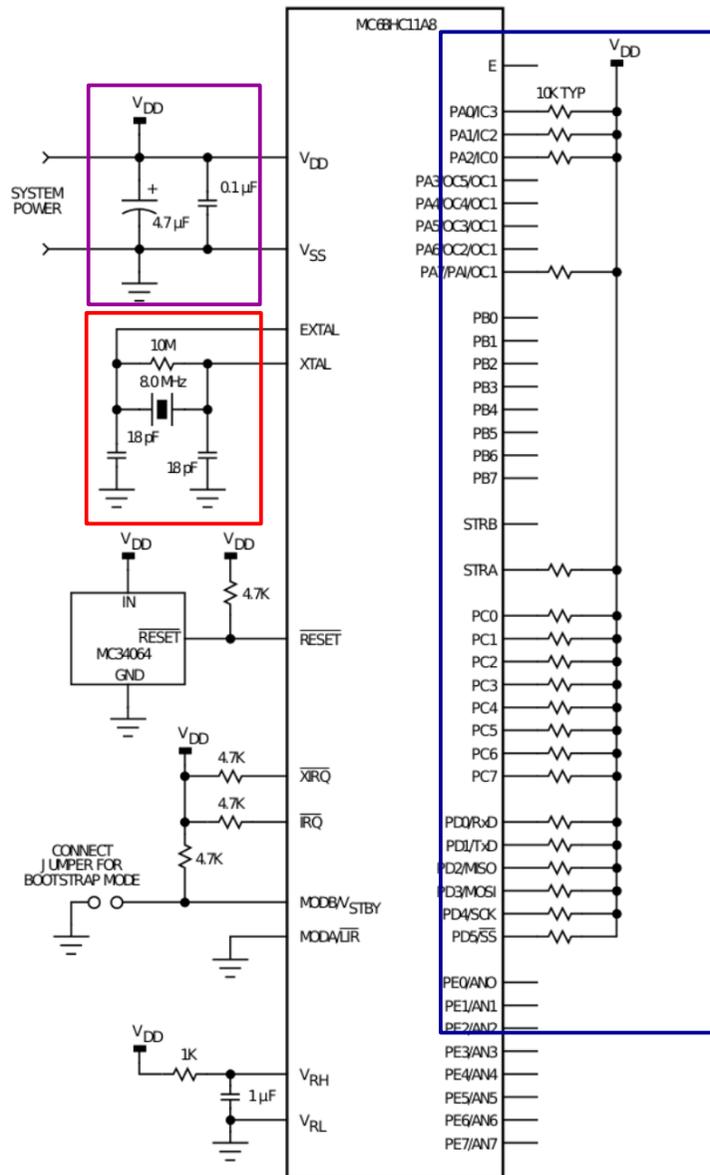


Schéma 5 : D'hier à aujourd'hui...



Le schéma ci-contre représente un microcontrôleur qui a eu son heure de gloire dans les années 90 (le Motorola 68HC11). . En comparant avec le schéma d'utilisation du Nordic ci-dessus, on retrouve des similarités ! Il y a eu cependant de grosses évolutions dans les fonctionnalités disponibles mais surtout au niveau des consommations électriques.

La photo ci-dessous met en comparaison ces deux microcontrôleurs d'un point de vue visuel : tous deux disposent d'une cinquantaine de broches (48 pour l'un et 52 pour l'autre). Le 68HC11 n'était pas si facile que cela à souder, alors inutile d'espérer le faire de façon manuelle avec le Nordic ! Tous ces composants de surface (CMS) se soudent dans des fours à refusion, une technique coûteuse pour un amateur, d'où l'essor de toutes les cartes de développement prêtes à l'emploi, telles qu'Arduino ou pour nous ici la BBC Micro:Bit

La réduction des dimensions a d'autres incidences notamment au niveau de l'évacuation de la chaleur (par la surface ou par les broches) et donc au niveau des limites électriques admissibles. Remarque sur le schéma 1 qu'il y a deux broches V_{DD} et broches de masse V_{SS} alors qu'il n'y a qu'un seul V_{DD} ou V_{SS} sur cet ancien microcontrôleur: ceci certainement dû à la finesse des broches actuelles qui ne permettent pas de véhiculer de « grosses » intensités. Or ce sont les lignes d'alimentation qui véhiculent les plus fortes intensités, et la ligne V_{SS} encore plus que V_{DD} puisque du courant peut revenir par les broches du GPIO mises en entrée

