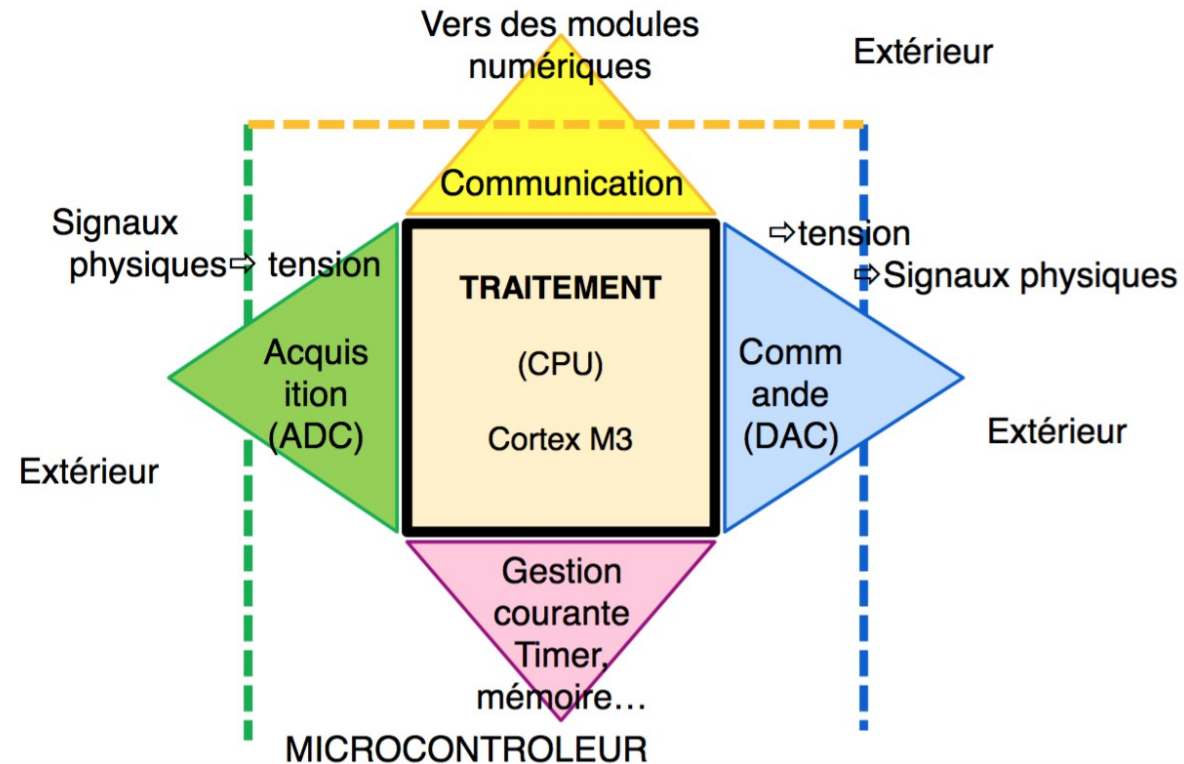


GPIO

- ❑ **GPIO - General Purpose Input Output**
 - ❑ Généralités / Fonctionnalité des GPIO
 - ❑ Configuration
 - ❑ Résumé
 - ❑ Documentation

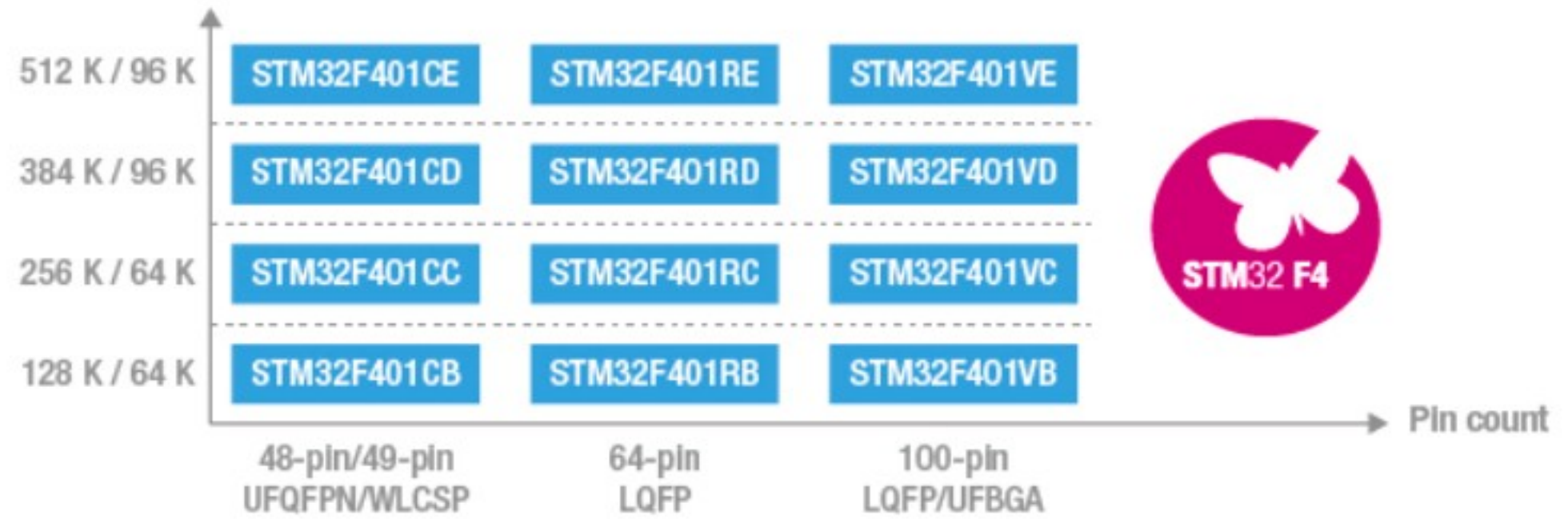
❑ A quoi servent les broche d'E/S ?

- Elles sont les interfaces entre le microcontrôleur (et ses périphériques internes) et son environnement

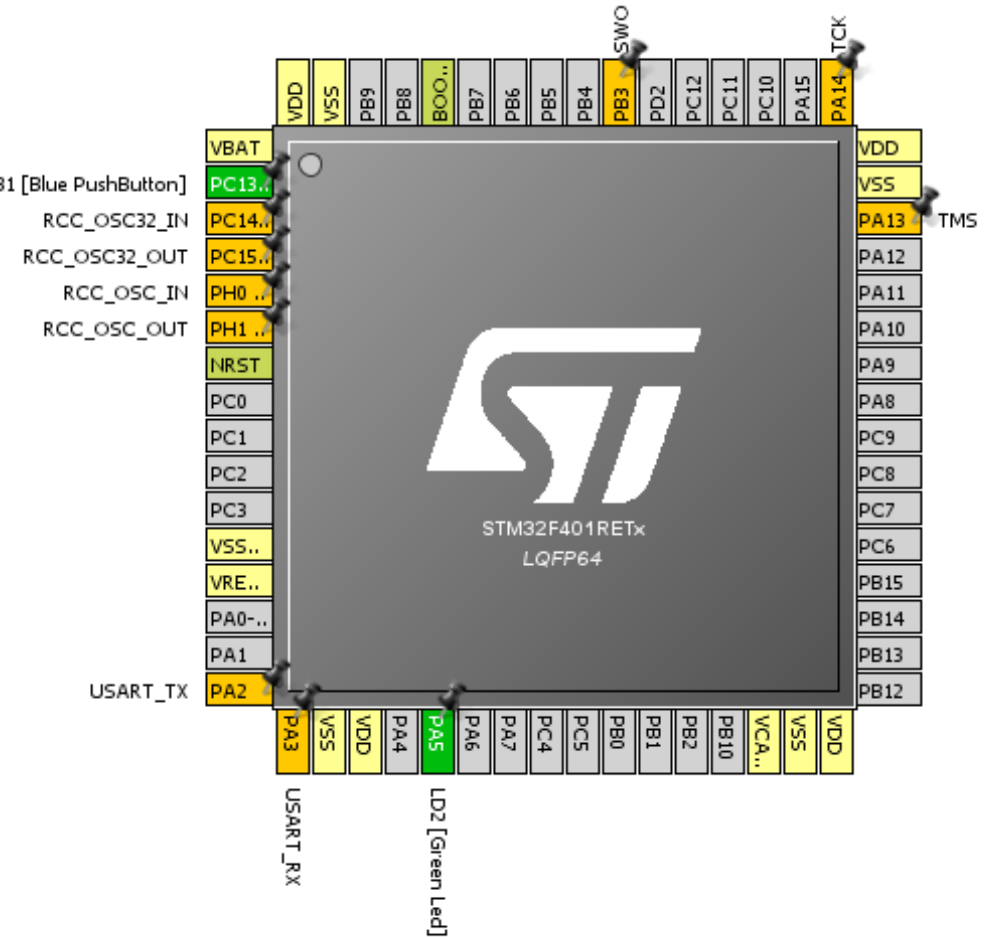


Généralités

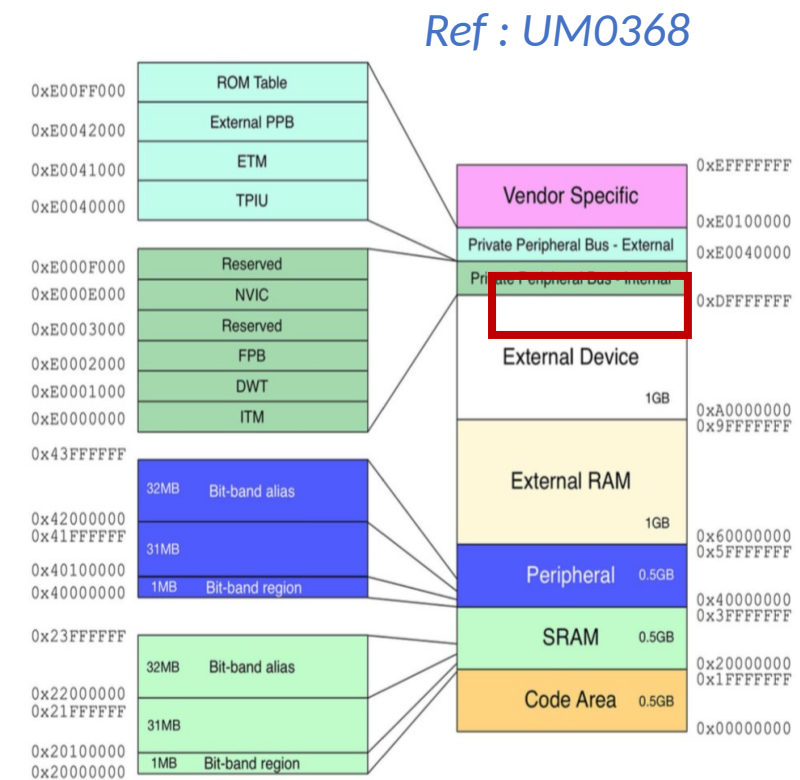
□ La famille des STM32F446 est dotée de plusieurs configurations et package conditionnant le nombre de broches d'E/S disponibles.



- Le STM32F446RE utilisé en TP est basé sur un boîtier de type LQFP et possède 64 broches (nucleo-64).
- Comment connecter plusieurs de périphériques externes via un nombre limité de broches d'E/S?



- ❑ Les broches d'E/S d'un microcontrôleur :
 - ❑ Sont **bidirectionnelles et configurables** :
 - ❑ Chaque broche supporte différents modes de fonctionnement :
 - ❑ Entrée
 - ❑ Sortie
 - ❑ Analogique
 - ❑ Autres fonctionnalités
 - ❑ Sont regroupées sur des ports, de GPIOA à GPIOE
 - ❑ Tous les ports d'E/S sont configurés à l'aide de registres dédiés, placés dans l'espace mémoire :

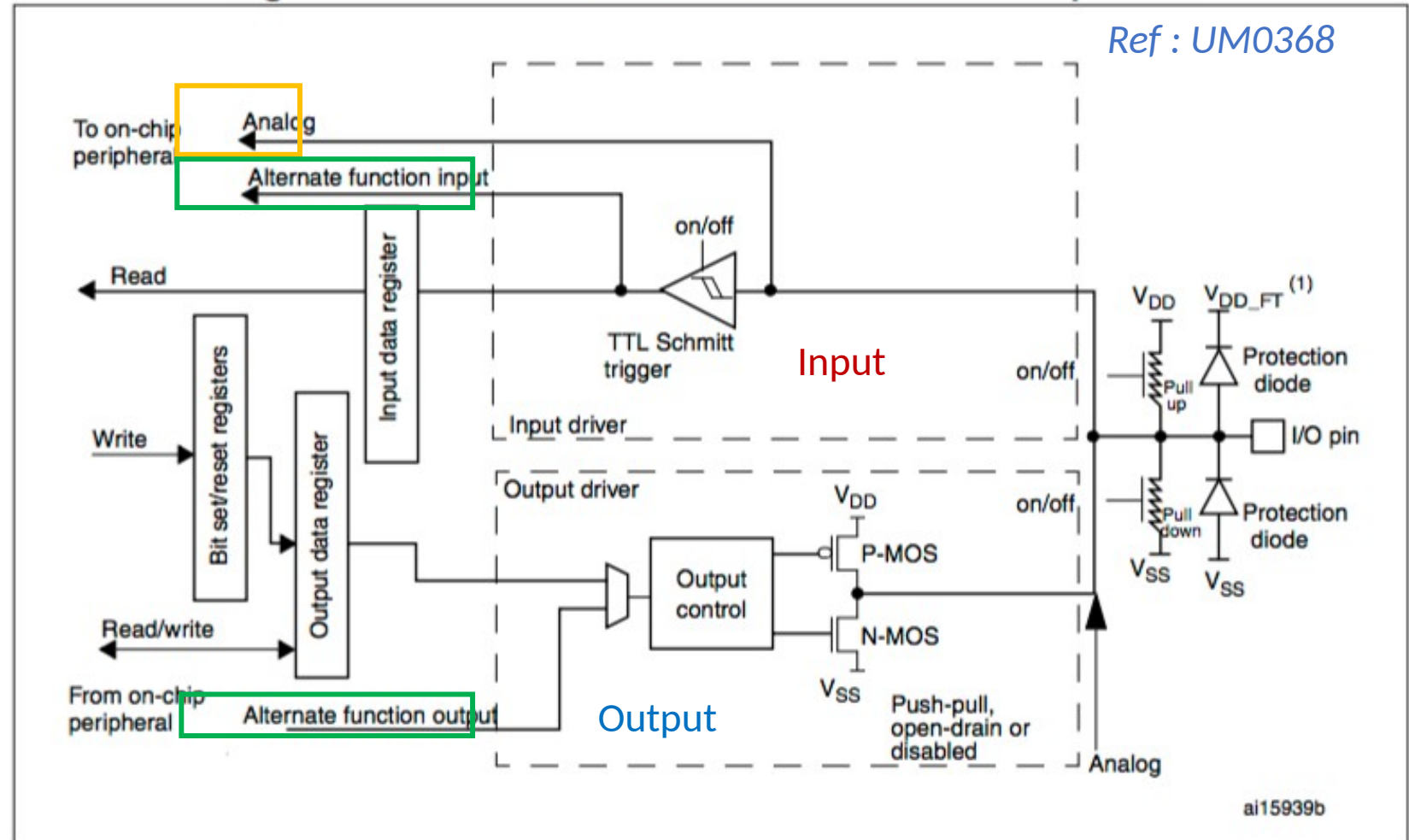


Généralités

Figure 16. Basic structure of a five-volt tolerant I/O port bit

Ref : UM0368

- ❑ Structure d'une broche d'un port d'E/S
- ❑ 4 modes :
 - ❑ **Input**
 - ❑ **Output**
 - ❑ **Analog**
 - ❑ **Fonction alternative**



❑ Les broches d'E/S d'un microcontrôleur :

Ref : UM0368

❑ **Pour une entrée :**

- ❑ Le microcontrôleur agit comme un voltmètre, il observe le potentiel de la broche.
- ❑ Une broche configurée en entrée présente donc une **impédance élevée** (courant parcourant la broche très faible)
- ❑ Le potentiel peut varier en fonction du circuit connecté ; on parle alors d'entrée flottante
 - ❑ **Besoin de fixer le potentiel de repos (éviter les entrées flottantes)**
 - ❑ **Utilisation de résistance de tirage (Pull-Up ou Pull-Down)**

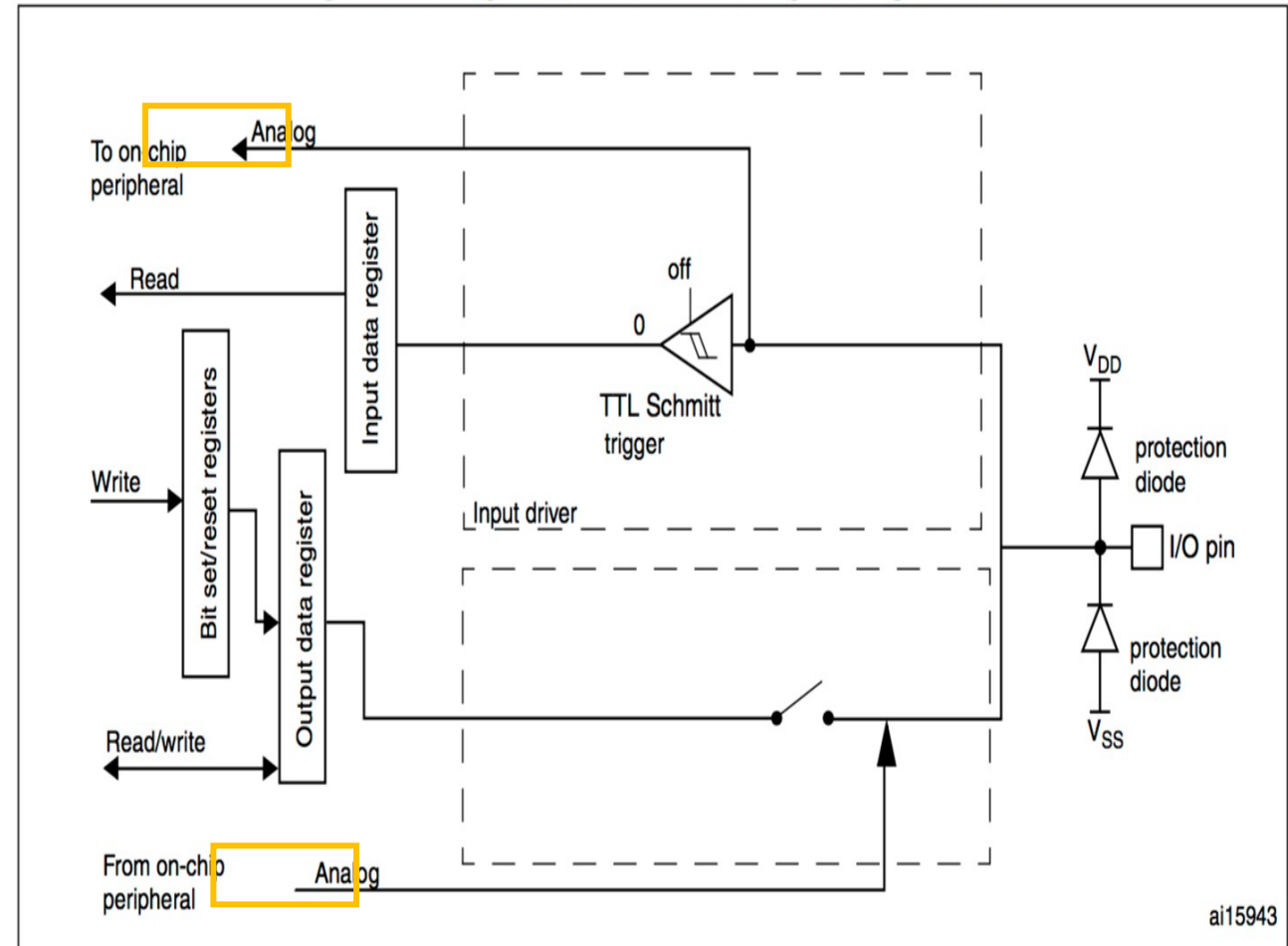
NB : Lors du reset, toutes les broches d'E/S d'un uC sont généralement configurées en entrées

- ❑ Les broches d'E/S d'un microcontrôleur :
 - ❑ **Pour une sortie :**
 - ❑ C'est le microcontrôleur qui impose le potentiel de la broche
 - ❑ Généralement '0' → 0V et '1' → généralement 3,3V ou 5V
 - ❑ La broche se comporte comme une source de tension et ne peut délivrer qu'un courant limité
 - ❑ *Deux configurations possibles : Push-Pull ou Drain-Ouvert*

Le mode Analogique

- Permet de lire ou délivrer un signal analogique
- Attention à ne pas appliquer de tension trop élevée ou négative:
 - Risque d'endommager le microcontrôleur
 - *Se référer à la doc. constructeur si besoin*

Figure 21. High impedance-analog configuration



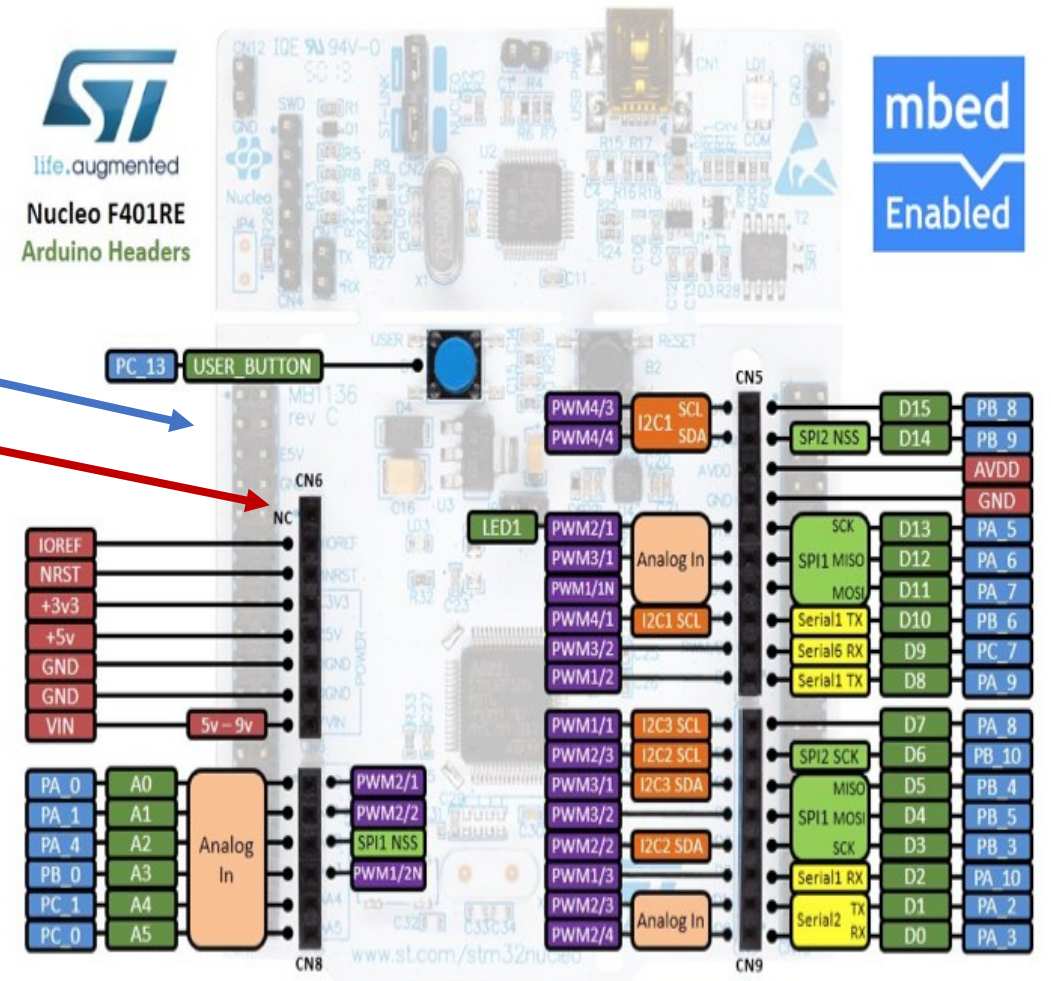


- Les fonctions alternatives des broches des GPIOs :
 - Permet d'ajouter des fonctionnalités aux broches d'E/S
 - Timer
 - I2C
 - USART
 - SPI
 - ADC
 - USB
 - JTAG
 - Capteur de température
 - Audio PLL (8kHz-192kHz)
 - ...

Configuration des GPIOs

□ Pour le STM32F446RE, des connecteurs additionnels compatibles **Arduino** et **ST morpho** sont disponibles

□ L'utilisation de ces broches se fait par configuration des broches d'entrées-sorties



Fonctionnalités des GPIOs

- ☐ Sélection des fonctions alternatives : **Le multiplexage**
 - Sélection d'une fonction parmi 16 possibles via les registres GPIOx_AFRL(H)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
AFRL7[3:0]				AFRL6[3:0]				AFRL5[3:0]				AFRL4[3:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
AFRL3[3:0]				AFRL2[3:0]				AFRL1[3:0]				AFRL0[3:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Pour chaque broche, 4 bits de sélection permettant le pilotage du multiplexeur et donc le choix parmi 16 (2^4) fonctions alternatives (0-15)

□ Registres **de contrôle** des ports

- Le contrôle des ports s'effectue via 4 registres 32-bits spécifiques :
 - GPIOx_MODER
⇒ Direction (mode) des I/Os (input, output, AF, analog)
 - GPIOx_OTYPER
⇒ Définit le type de la sortie (push-pull, drain-ouvert)
 - GPIOx_OSPEEDR
⇒ Définit la vitesse de commutation de la sortie
 - GPIOx_PUPDR
⇒ Sélection du pull-up/pull-down

☐ Registre GPIOx_MODER : sélection du mode

- 4 valeurs possibles pour chaque broche
 - '00' Input (reset state)
 - '01' General purpose output mode
 - '10' Alternate Function mode
 - '11' Analog mode

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
MODER15[1:0]		MODER14[1:0]		MODER13[1:0]		MODER12[1:0]		MODER11[1:0]		MODER10[1:0]		MODER9[1:0]		MODER8[1:0]	
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MODER7[1:0]		MODER6[1:0]		MODER5[1:0]		MODER4[1:0]		MODER3[1:0]		MODER2[1:0]		MODER1[1:0]		MODER0[1:0]	
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

- ❑ Mécanisme de verrouillage des GPIO
 - Il est possible de figer la configuration d'un port via l'écriture d'une séquence binaire spécifique (LOCK) dans le registre GPIOx_LCKR
 - Verrouillage des registres de contrôle (GPIOx_MODER, GPIOx_OTYPER, GPIOx_OSPEEDR, GPIOx_PUPDR, GPIOx_AFRL et AFRH)
 - Déblocage au prochain reset

- ❑ Les GPIOs sont l'interface du microcontrôleur avec le monde extérieur.
- ❑ Les broches d'E/S sont
 - ❑ configurables;
 - ❑ bidirectionnelles;
 - ❑ regroupées sur des ports.

- ❑ On souhaite allumer une LED présente sur le port B (broche 12) dès que l'on détecte un état haut sur la broche 2 du port A.
 - ⇒ En Théorie : Quels sont les registres à configurer et comment ?
 - ⇒ En Pratique : Réaliser le programme via mbed

- ST Microelectronics, *STM32F401xB/C and STM32F401xD/E advanced ARM-based 32-bit MCUs*, RM0368, Reference Manual, May 2015
http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/5d/b1/ef/b2/a1/66/40/80/DM00096844.pdf/files/DM00096844.pdf/jcr:content/translations/en.DM00096844.pdf