



Les entrées, sorties numériques

[Mise à jour le 26/4/2021]



1. Généralités

« Dans un système à base de **microcontrôleur**, on appelle **entrées-sorties** les échanges d'informations entre le processeur et les périphériques qui lui sont associés. De la sorte, le système peut réagir à des modifications de son environnement, voire le contrôler. Elles sont parfois désignées par l'acronyme **I/O**, issu de l'anglais **Input/Output** ou encore **E/S** pour **entrées/sorties**. » Source Wikipédia

Pour éviter de faire référence à des valeurs électriques (tension ou intensité), on définit souvent l'état d'un signal numérique en utilisant la logique booléenne.

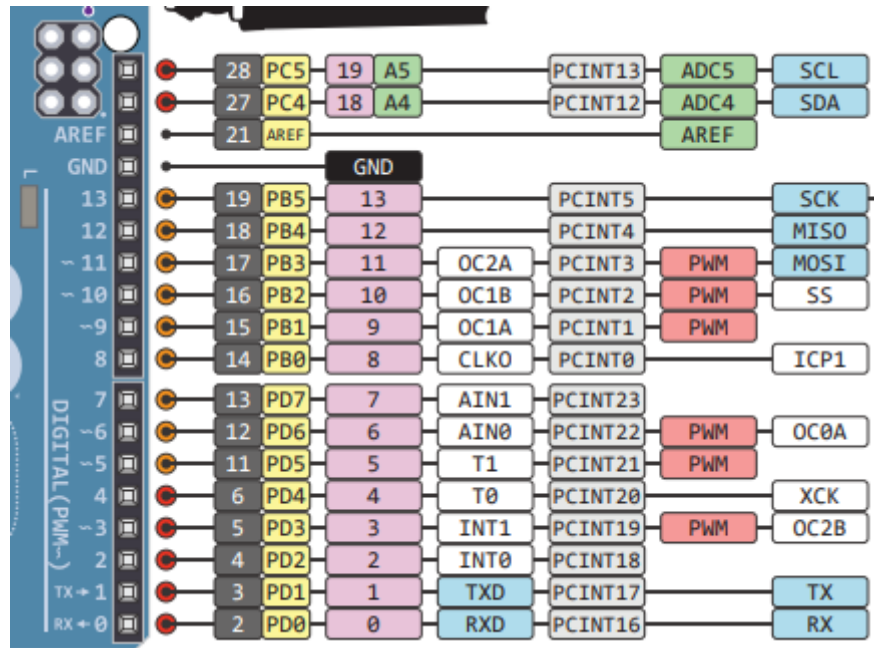
- **true** (« **1** » logique) correspondra par exemple à **5V** ou **3,3V**
- **false** (« **0** » logique) correspondra à **0V**.

Le nombre de broches d'un microcontrôleur est limité. Il est fréquent d'avoir plusieurs fonctionnalités sur une même broche.

Une sortie numérique conserve la dernière information qui lui a été envoyée. Elle se comporte comme une **mémoire**.

2. Les entrées/sorties numériques de la carte Arduino Uno

Les entrées, sorties numériques sont numérotées entre **0** et **13** sur la carte. Certaines peuvent assurer plusieurs fonctions. Le symbole ~ identifie les broches capables de délivrer un signal PWM.



Le **schéma** de la carte est téléchargeable [ici](#).

3. Programmation

3.1 Configurer une broche en entrée ou en sortie

Source : [pinMode\(\)](#) sur le site [arduino.cc](#)



Configurer une broche signifie qu'on précise qu'elle doit se comporter soit comme une entrée d'information, soit comme une sortie d'information.

Exemple

*.cpp

```
// Sauf exception la configuration d'une broche se fait dans la
// fonction setup()
void setup() {
    pinMode(13, OUTPUT); // la broche 13 se comporte comme une sortie
    pinMode(12, INPUT);  // la broche 12 se comporte comme une entrée,
                        // optionnel si la broche n'a pas été
    // préalablement configurée en sortie, car c'est le mode
    // par défaut
}
```

3.2 Lire l'état logique présent sur une broche

Source : [digitalRead\(\)](#) sur le site [arduino.cc](#)



La valeur lue sur une broche configurée en entrée doit être sauvegardée dans une **variable**.

Exemple

*.cpp

```
// L'opération de lecture se fait dans la fonction loop().  
void loop() {  
    int valeur = digitalRead(12); // l'état logique présent sur la  
    // broche 12 est sauvegardé  
    // dans la variable valeur  
}
```

3.3 Ecrire un état logique sur une broche

Source : [digitalWrite\(\)](#) sur le site [arduino.cc](#)



Un état logique **haut(HIGH)** ou **bas(LOW)** peut être écrit sur une broche préalablement configurée en sortie.

Exemple

*.cpp

```
void setup() {  
    pinMode(13, OUTPUT); // la broche 13 se comportera comme une  
    sortie  
}  
  
// L'opération d'écriture se fait dans la fonction loop().  
void loop() {  
    digitalWrite(13, HIGH); // La broche 13 présente un état logique  
    haut (par exemple 5V)  
}
```

3.4 Générer un signal PWM

Source : [analogWrite\(\)](#) sur le site [arduino.cc](#)



Seules les broches identifiées ci-dessous peuvent délivrer un signal PWM.

Cartes	Broche PWM	Fréquence
Uno, Nano, Mini	3, 5, 6, 9, 10, 11	490 Hz (broches 5 et 6: 980 Hz)

Exemple

*.cpp

```
void setup() {
  pinMode(11, OUTPUT);    // la broche 11 se comportera comme une
                           // sortie
}

// L'opération d'écriture se fait dans la fonction loop().
void loop() {
  analogWrite(11, 127); // La broche 11 délivre un signal PWM de
                        // fréquence F=490Hz
                        // et de rapport cyclique = 1/2
}
```

3.5 Temporisations

- **Sources** : [delay](#), [delayMicroseconds](#), [micros](#) et [millis](#) sur le site [arduino](#).

3.5.1 Temporisation bloquante

- de **n millisecondes** avec la fonction : `void delay(int millisecondes)`

*.cpp

```
// Le code met le programme en pause pendant une seconde avant de faire
// basculer l'état logique de la broche.

int ledPin = 13;           // LED connected to digital pin 13

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // sets the digital pin as output
}

void loop() {
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED on
delay(1000);                // waits for a second
digitalWrite(ledPin, LOW);  // sets the LED off
delay(1000);                // waits for a second
}
```

- de **n microsecondes** avec la fonction : `void delayMicroseconds(int microsecondes)` (Erreur = $\pm 3\mu s$)

*.cpp

```
// Le code configure la broche numéro 8 en sortie.
// Il envoie un train d'impulsions d'une période d'environ 100
microsecondes.
// L'approximation est due à l'exécution des autres instructions.

int outPin = 8;                // digital pin 8

void setup() {
  pinMode(outPin, OUTPUT);    // sets the digital pin as output
}

void loop() {
  digitalWrite(outPin, HIGH); // sets the pin on
  delayMicroseconds(50);      // pauses for 50 microseconds
  digitalWrite(outPin, LOW);  // sets the pin off
  delayMicroseconds(50);      // pauses for 50 microseconds
}
```

3.5.2 Temporisation non bloquante

- **Temps écoulé**, en **millisecondes**, depuis le démarrage du programme avec la fonction : `unsigned long millis()`



millis() renvoie le nombre de millisecondes écoulées depuis que la carte Arduino a commencé à exécuter le programme. Ce nombre va déborder (revenir à zéro), après environ 50 jours.

- *Structure d'une temporisation non bloquante*

*.cpp

```
// Répétition d'un bloc de code tous les intervalles de temps sans
bloquer le programme
unsigned long previousMillis = 0; // Mémoire le temps écoulé depuis
la dernière mesure
```

```
const long interval = 1000;           // Durée non bloquante souhaitée

void setup() {
    // Le contenu de setup dépend de l'application
}

void loop() {
    // Mesure du temps écoulé depuis que le programme s'exécute
    unsigned long currentMillis = millis();

    // Si l'attente souhaitée est atteinte on exécute le bloc de code
    if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
        // la mesure de temps actuelle devient la dernière mesure
        previousMillis = currentMillis;
        //
        // Bloc de code à exécuter tous les intervalles de temps
        //
    }
    //
    // sinon d'autres actions sont possibles
    //
}
```

- **Temps écoulé**, en **microsecondes**, depuis le démarrage du programme avec la fonction :
`unsigned long micros()`



micros() renvoie le nombre de microsecondes depuis que la carte Arduino a commencé à exécuter le programme. Ce nombre va déborder (revenir à zéro), après environ 70 minutes. Sur les cartes Arduino 16 MHz (par exemple Duemilanove et Nano), cette fonction a une résolution de quatre microsecondes (c'est-à-dire que la valeur renvoyée est toujours un multiple de quatre).

*.cpp

```
unsigned long time;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    Serial.print("Time: ");
    time = micros();

    Serial.println(time);
    delay(1000);
}
```

3.6 Interruption

3.6.1 Attacher une interruption

- **Source** : [attachInterrupt](#) sur le site Arduino.
- **Syntaxe**

*.cpp

```
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin), ISR, mode)
```

- **ISR** : gestionnaire d'interruption à appeler lorsque l'interruption se produit
- **pin** : broche de la carte (concernée par l'interruption)
- **mode** : définit le moment de déclenchement de l'interruption
 - **Paramètres**
 - **LOW** déclenche l'interruption chaque fois que la broche est à l'état bas,
 - **CHANGE** déclenche l'interruption chaque fois que la broche change de valeur,
 - **RISING** déclenche l'interruption sur un front montant,
 - **FALLING** déclenche l'interruption sur un front descendant.
- *Exemple*

*.cpp

```
// Le front montant du signal présent sur la broche 3 de la carte  
// Arduino Uno  
// déclenche l'exécution du sous-programme blink  
  
const byte ledPin = 11; // 00 du shield Tinkerkit  
const byte interruptPin = 3; // 05 du shield Tinkerkit  
volatile byte state = LOW;  
  
void setup() {  
    pinMode(ledPin, OUTPUT);  
    pinMode(interruptPin, INPUT_PULLUP);  
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), blink, CHANGE);  
}  
  
void loop() {  
    digitalWrite(ledPin, state);  
}  
  
void blink() {  
    state = !state;  
}
```



Le projet **PlatformIO** pour l'IDE **VSCode** de l'exemple ci-dessus est téléchargeable [ici](#)

3.6.2 Détacher une interruption

La fonction `detachInterrupt()` désactive l'interruption donnée.

- **Source** : [detachInterrupt](#) sur le site Arduino.
- **Syntaxe**

*.cpp

```
detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin))
```

From:

<https://webge.fr/dokuwiki/> - **WEBGE Wikis**

Permanent link:

<https://webge.fr/dokuwiki/doku.php?id=arduino:esnumeriques&rev=1659114919>

Last update: **2022/07/29 19:15**

