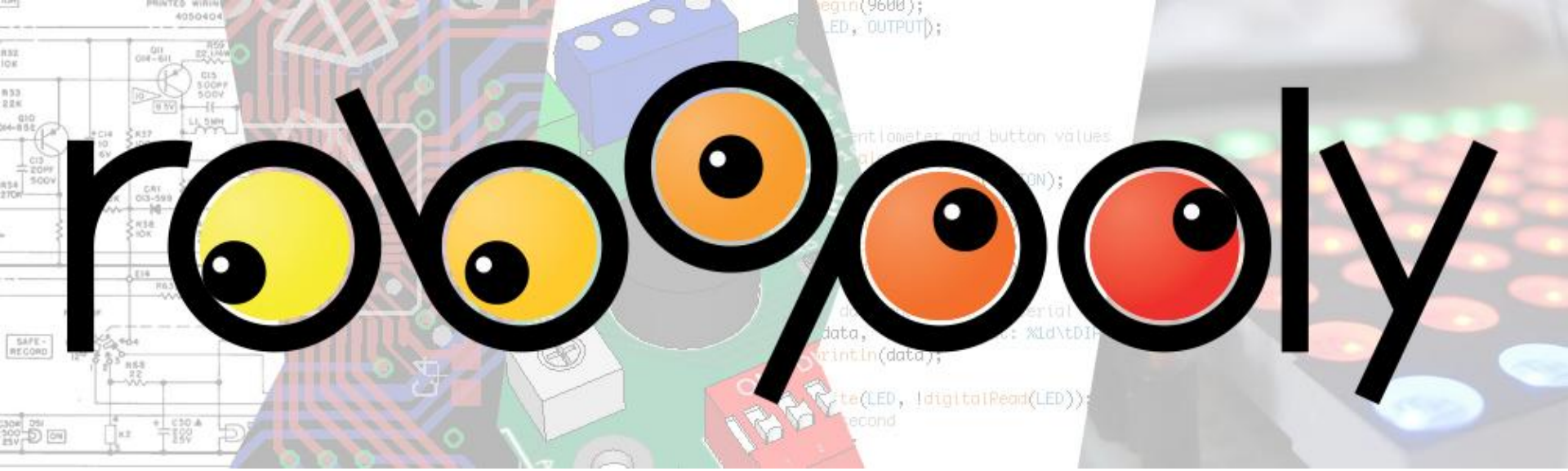


Interruptions

Les Timers

Déroulement du code (rappel)

- Le code en C/C++ est séquentiel
  - il s'execute "de haut en bas"

```
int nombre = 0;
nombre++;
Serial.println(nombre);     // 1
nombre += 8;
Serial.println(nombre*2); // 18
nombre = analogRead(A0);
Serial.println(nombre);     // ?
```

Prérequis: Binaire, hexa, decimal,

- **Décimal**: base 10
  - Celle que l'on utilise au quotidien
- **Hexadécimal**: base 16
  - (a,b,c,d,e,f) pour (10,11,12,13,14,15)
  - Différentiée par `0x` au début du nombre
  - Ex: `0x2e` = 2*16 + 14 = 48
- **Binaire**: base 2
  - Différentiée par `0b` au début du nombre
  - `0b00000001` = 1
  - `0b1010` = 12

Prérequis: Opérations bit à bit

- **OU** logique : `|`
  - `1 | 0 = 1`
  - `0 | 0 = 0`
- **ET** logique : `&`
  - `1 & 0 = 0`
  - `1 & 1 = 1`
- **NEGATION** : `~`
  - `~1 = 0`
  - `~0 = 1`
- **SHIFT** : `<<` et `>>`
  - `(1 << 2) = 0b100`
  - `(6 >> 1) = 0b011`
- **XOR** : `^`
  - `0^1 = 1,  0^0 = 0,  1^1 = 0`

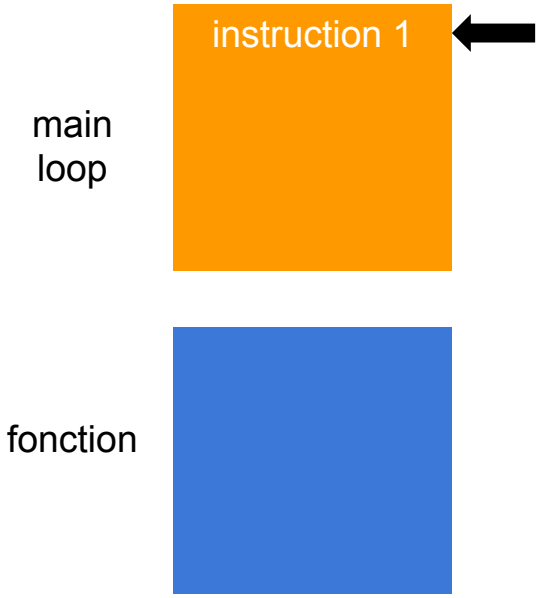
Prérequis: Opérations bit à bit

- Le uC contient des **registres** (paquets de bits) pouvant être modifiés par l'utilisateur.
- Exemples avec le bit 7 du registre `PORTC`
  - **Mettre à 1**:
    - `PORTC |= (1 << PORTC7);`
  - **Mettre à 0**:
    - `PORTC &= ~(1 << PORTC7);`
  - **Commuter**:
    - `PORTC ^= (1 << PORTC7);`
- Rappel: `x=x+1` équivalent à `x+=1`

  Marche aussi avec les opérateurs bits à bits

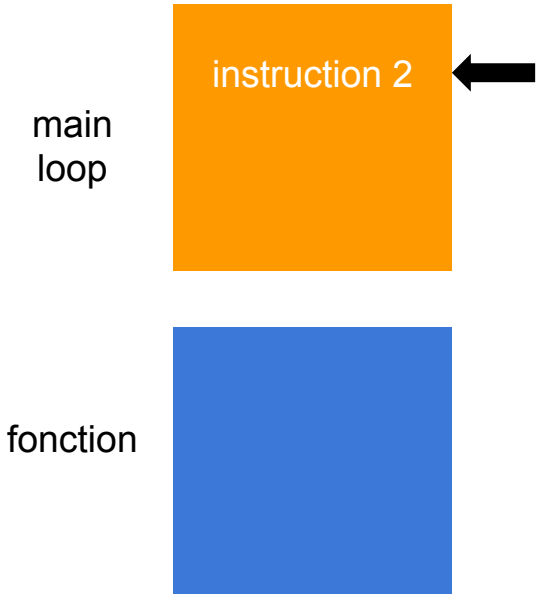
Les interruptions, pourquoi?

- Principe de base : interrompre le déroulement séquentiel du code
  - Rapidité d'action
  - Réaliser plusieurs taches en meme temps



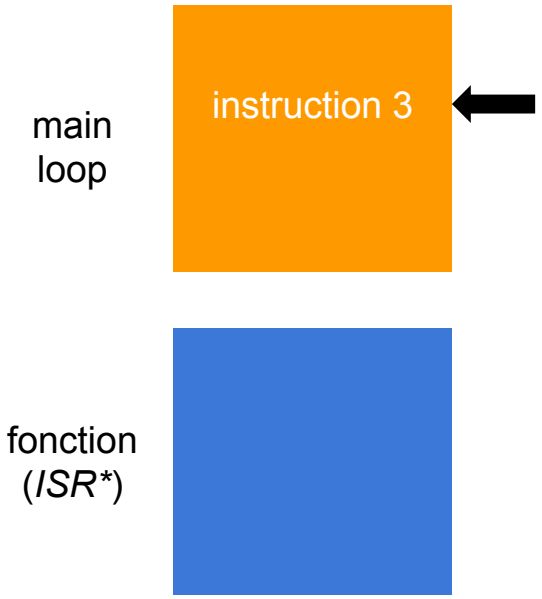
Les interruptions, pourquoi?

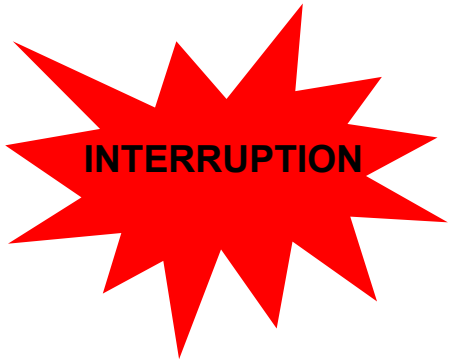
- Principe de base : interrompre le déroulement séquentiel du code
  - Rapidité d'action
  - Réaliser plusieurs taches en meme temps



Les interruptions, pourquoi?

- Principe de base : interrompre le déroulement séquentiel du code
  - Rapidité d'action
  - Réaliser plusieurs taches en meme temps



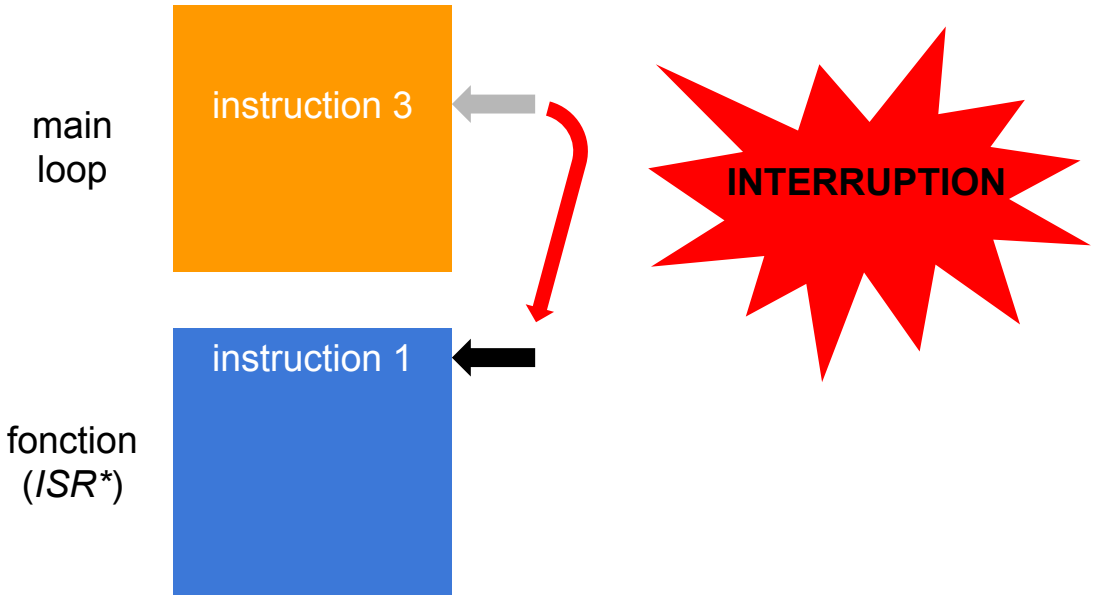


Signal **interne** (Timers) ou **externe** (capteurs, lignes de communication comme SPI ou I2C)

**ISR = Interrupt Service Routine (vecteur d'interruption)*

Les interruptions, pourquoi?

- Principe de base : interrompre le déroulement séquentiel du code
  - Rapidité d'action
  - Réaliser plusieurs taches en meme temps

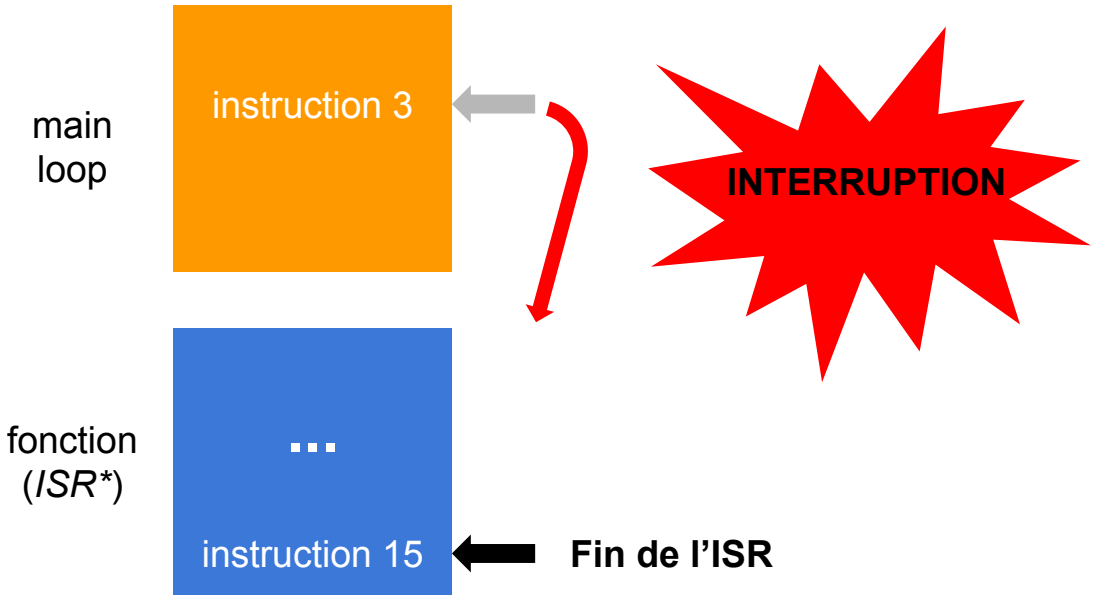


Signal **interne** (Timers) ou **externe** (capteurs, lignes de communication comme SPI ou I2C)

**ISR = Interrupt Service Routine (vecteur d'interruption)*

Les interruptions, pourquoi?

- Principe de base : interrompre le déroulement séquentiel du code
  - Rapidité d'action
  - Réaliser plusieurs taches en meme temps

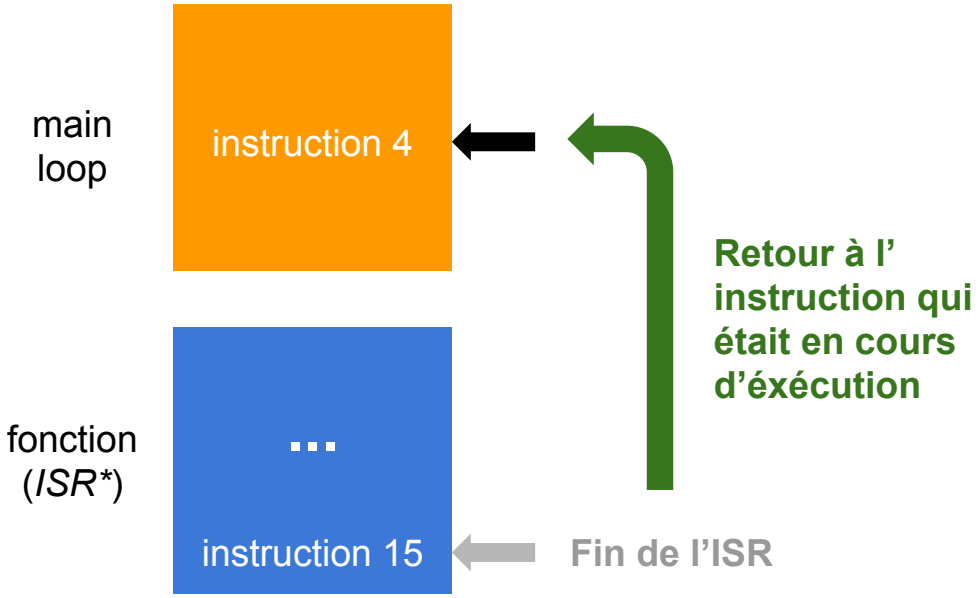


Signal **interne** (Timers) ou **externe** (capteurs, lignes de communication comme SPI ou I2C)

**ISR = Interrupt Service Routine (vecteur d'interruption)*

Les interruptions, pourquoi?

- Principe de base : interrompre le déroulement séquentiel du code
  - Rapidité d'action
  - Réaliser plusieurs taches en meme temps



**ISR = Interrupt Service Routine (vecteur d'interruption)*

Interruptions, généralités

- Les variables modifiées dans une interruption doivent etre déclarées *volatile*
  - `volatile char button_counter;`

- Les interruptions doivent être aussi courtes que possible

- Ne **pas** utiliser `millis()` ou `delay()` dans une interruption

Interruptions, the Arduino way

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

- `pin` peut valoir 0,1,2,3,7
- `ISR` est le nom de la fonction à appeler, sans paramètres et ne renvoie rien
- `mode` peut etre:
  - `CHANGE` (flanc montant ou descendant)
  - `RISING` (flanc montant)
  - `FALLING` (flanc descendant)
  - `LOW`

Interruptions, the Arduino way

```
volatile char interrupted;

void button_interrupt();

void setup() {
  pinMode(3, INPUT); // set the pin to INPUT
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), button_interrupt, FALLING); // attach interrupt
  Serial.begin(9600);
  interrupts(); // enable interrupt

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if(interrupted)
  {
    Serial.println("There's been an interrupt");
    interrupted = 0;
  }
}

void button_interrupt() // interrupt routine
{
  interrupted = 1;
}
```

Interruptions, the Arduino way

- `detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin))`
  - pour supprimer une interruption

- `interrupts()`
  - activer les interruptions

- `noInterrupts()`
  - désactiver les interruptions (temporairement par exemples)

Interruptions, the AVR way

- **On sait exactement ce qu'il se passe**
  - Souvent Arduino ne renseigne pas sur ce qu'il désactive => Incompatibilités de certaines librairies sans que cela soit documenté!
- Plus **complexe**, il faut chercher le datasheet
- Plus **puissant** car plus d'interruptions disponibles: PCINT, ICP (même si certaines librairies Arduino les rendent disponibles)

Interruptions, the AVR way

- Plusieurs **registres à modifier pour le setup**
  - `EICRA`/`EICRB` pour définir le mode d'interruption
  - `EIMSK` pour activer certaines interruptions
  - `cli()`/`sei()` pour toutes les dés/activer
  - `ISR(INTn_vect)` noms des ISR

- Ça a l'air compliqué vu comme ça
- Le **datasheet** est clair et explique tout ceci (s'habituer à le lire)

Interruptions, the AVR way

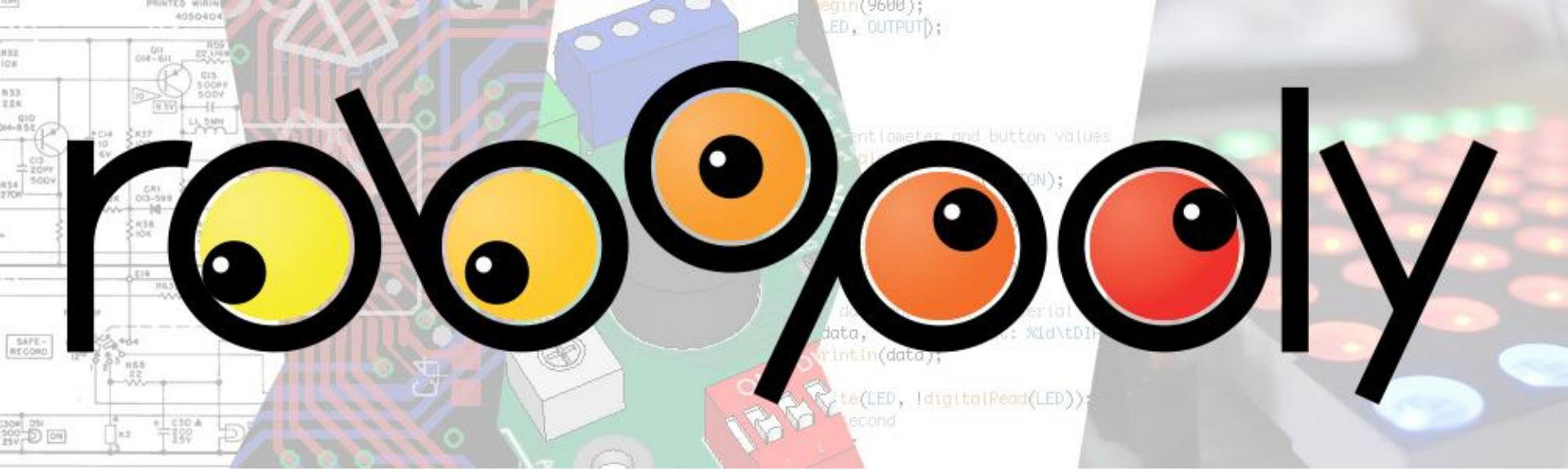
```
volatile char interrupted;


void setup() {
  cli();
  Serial.begin(9600);
  DDRB &= ~(1 << PORTB0); // set PORTB to input (done by default))
  EICRA |= (1 << ISC01); // set interrupt 0 on falling edge
  EICRA &= ~(1 << ISC00); // same
  EIMSK |= (1 << INT0); // enable interrupt 0
  sei();

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if(interrupted)
  {
    Serial.println("There's been an interruption");
    interrupted = 0;
  }
}


ISR(INT0_vect)
{
  unsigned char sreg = SREG; // save SREG
  interrupted = 1;
  SREG = sreg; //restore SREG
}
```



Interruptions

Les Timers

Les timers, comment?

- Ce sont des **compteurs internes** du uC (sur 8, 10 ou 16 bits généralement)
- **Vitesse d'incrémentation** du compteur variable (multiple de la fréquence du uC)

- Peuvent **déclencher des interruptions** (internes) lorsque:
  - il y a **overflow** du compteur
  - le compteur atteint une **valeur choisie**

Les timers, pourquoi?

- Réaliser plusieurs taches en meme temps
- Faire du PWM (moteurs par ex.)
- Respect des timings:

```
while(1){
    if(condition)
        // do some very long stuff
    else
        // do some short stuff
    digitalWrite(LED, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(LED, LOW);
    delay(100);
}
```

La LED **ne clignotera pas à une fréquence fixe** (5 Hz) car la durée des instructions dans la condition varie

Les timers, the Robopoly way

```
setTimer(callback, interval, callNumber);
```

- `callback`: pointeur de fonction
- `interval`: nombre de periodes de 100ms entre 2 appels de `callback`
- `callNumber`: nombre de fois qu'on appelle la fonction

- Maximum 4 timers
- **Pas de servos**! (utilisent le même Timer…)
- 65s entre 2 appels maximum
- 256 appels maximum
- Renvoie l'ID de votre fonction

Les timers, the Robopoly way

- `unSetTimer(callback_id)`
  - enleve la fonction identifiée par `callback_id` de la liste d'appels

- Lisez le Readme pour plus de détails

- Toujours **vérifier les comptabilités** entre les libraries (Servos, setSpeed, setTimer, etc…)

Les timers, the Robopoly way

```
void led_toggle();

void setup() {
  setTimer(led_toggle, 10);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  interrupts();

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

}


void led_toggle()
{
  digitalWrite(LED, !digitalRead(LED));
}
```

Les timers, the AVR way

- Moins de magie, **on sait exactement ce qu'il se passe**
- Plus complexe, il faut chercher dans le datasheet
- Meilleur controle des timings!

Les timers, the AVR way

- **Interruption** lorsque:
  - il y a **overflow** du compteur
  - le compteur atteint une **valeur choisie** (fonctionne par comparaison de valeur)

- Les **registres importants**:
  - `TCCR`: Timer configuration
  - `TCNT`: Timer counter (valeur du timer)
  - `TIMSK`: Timer interruptions mask
  - `OCRi`: Output comparison

Les timers, the AVR way

```
#define LED PORTC7 // LED is on PORTC, 7th pin


void setup() {
  Serial.begin(9600);
  DDRC |= (1 << LED); // LED to output

  cli(); // disable interrupts
  PRR0 &= ~(1 << PRTIM1); // enable timer1, enabled by default
  TIMSK1 |= (1 << OCIE1A); //  enable output compare A
  TCCR1A &= ~((1 << COM1A1) | (1 << COM1A0) | (1 << WGM11) | (1 << WGM10)); // remove pwm pins
  TCCR1B |= ((1 << CS12) | (1 << CS10)) ; // prescaler to 1024, 15 625 Hz counter
  TCCR1B &= ~((1 << CS11)  | (1 << WGM13) | (1 << WGM12)); // prescaler & remove PWM pins
  TCNT1 = 0; // set counter to 0
  OCR1A = 0x3d09; // 0x3d09 is 15 625 in hex
  sei(); // enable interrupts

}
ISR(TIMER1_COMPA_vect)
{
  char _sreg = SREG; // save sreg
  OCR1A = TCNT1 + 0x3d09; // next interrupt in 1 s


  PORTC ^= (1 << LED); // toggle LED
  SREG = _sreg; // restore sreg

}
```

Aller plus loin...

- Plus d'infos sur:
  - Polycopié de *Microcontroleurs* (disponible en lecture au local)
  - www.avrfreaks.net
  - "Comprendre les microcontroleurs" sur Coursera (Pas de date de future session)

Calendrier du semestre

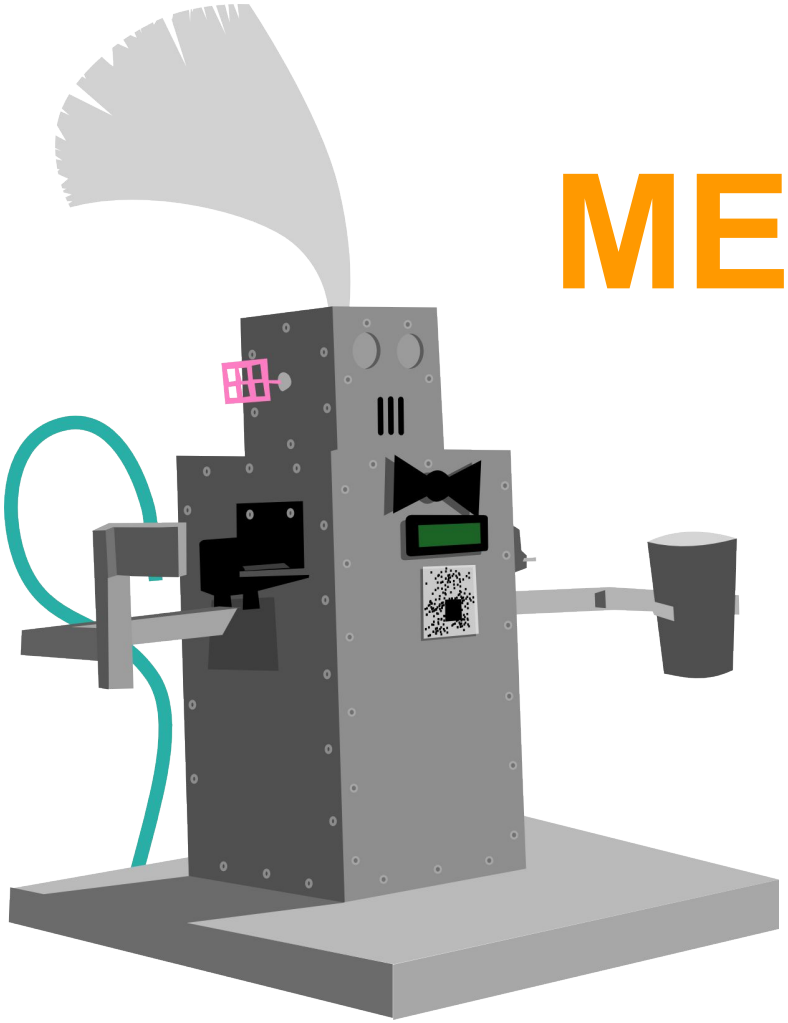
- **Prochain démon**
  - Lundi 7 février , 12h15 en ELA1
  - Sujet: Encodeurs
- **Workshop III**
  - Samedi 5 mars en haut du BM
  - Utile pour se préparer au concours
- **Grand Concours**
  - Samedi 19 mars en SG1

Contact/Infos

Contact principal
robopoly@epfl.ch

Site officiel - toutes les infos et slides sont la!
robopoly.epfl.ch

Facebook - pour suivre l'actualité du club!
www.facebook.com/robopoly



MERCI!

Questions?