Sommaire

Objectifs

1. Comprendre la notion des interruptions
2. Différence entre pooling et interruption
3. Connaitre et apprendre à configurer les registres d'interruptions
4. Savoir programmer son routine d'interruption
5. Savoir la procédures d'utilisation d'une interruption externe

Définition

Une interruption comme définition est un événement qui permet d'interrompre le programme principal (la fonction loop()) pour exécuter la fonction (ou routine) d'interruption. Lorsqu'une interruption est désactiver (ou masquer), la fonction loop() qui sera exécuter par défaut d'une façon infinie. Dans le cas échéant, la routine d'interruption se déclenche dès l'apparition d'un évènement.

Notion du pooling (sans interrurption) – Exemple

La technique de pooling consiste à l'utilisation normale de la boucle loop() sans faire appel aux interruptions. On scrute les entrées d'une façon itérative puis on déclenche les sorties (actions) en fonctions des entrées. Le temps de mise à jour des sorties dépend étroitement du moment de l'apparition de l'évènement (exemples: surintensité dans un moteur détecté par un capteur, défaut dans un détecteur, emballement de la température d'une batterie, robot à proximité du mure, fin de course, etc.) et l'emplacement de l'instruction en cours dans le programme. Dans ce cas, il faut agir immédiatement. Une latence peut entrainer des conséquences graves. Si par exemple l'évènement est apparu au début du programme, mais le traitement du défaut se trouve à la fin de la boucle loop dans un programme constitué de 200 lignes d'une durée totale d'une seconde (le temps d'exécution de la fonction loop()). Dans ces conditions, la gestion de l'évènement ne sera effectuée qu'après une secondes !

```
loop()
{
  Lecture des capteurs;       10 ms
  Calcule;                    20 ms
  Inst 3;                     20 ms
  ...                         50 ms
  if (V>= Vmax) Arret Moteur;
  Inst n;                     30 ms
```

```
}
```

Notion de l'interruption – Exemple

Interrompe la boucle loop() et exécution immédiate à l'ordre du microseconde de la routine d'interruption.

```
loop()
{
  Inst 1;   10 ms
  Inst 2;   1 ms
  Inst 3;   20 ms
  ...       30 ms
  Int n;    50 ms
}

IntISR(V>=Vmax)
{
  Arret Moteur;
}
```

Qu'est-ce qu'un évènement ?

Un événement peut être un signal électrique Tout Ou Rien (TOR) issu d'un détecteur qui se trouve à l'extérieur de la carte Arduino dites évènement matériel. Il peut être aussi logiciel générer un périphérique propre à la carte Arduino (Microcontrôleur). Un événement matériel peut être déclenché par :

- Un front montant (passage du 0 à 1 d'un pin digital) ou bien un front descendant (passage du 1 à 0 d'un pin digital). Dans ce cas, la routine d'interruption par transition du signal électrique entrant. Autrement dit, une seule exécution par cycle. Lorsqu'on utilise un bouton poussoir, le programme s'exécute d'interruption se déclenche une

seule fois dès qu'on appuie sur le bouton (transition 0=>1 ou 1=>0). Il faut relâcher le bouton et appuie de nouveau pour recommencer le cycle.
- Niveau logique 1 (pin à 5V par exemple) ou niveau logique 0 (pin à la masse). Dans ce cas, la routine d'interruption s'exécute en boucle tant que le pin est à 1 ou à 0 contrairement à l'utilisation des fronts.

Un évènement logiciel un signal généré par un périphérique propre au microcontrôleur (Exemple : débordement d'un TIMER (Overflow), réception par liaison UART, liaison I2C, fin de conversion du convertisseur A/N, etc.). En résumé, 99% des périphériques du µC dispose d'une ou plusieurs interruptions. La carte Arduino Mego dispose de 57 sources d'interruptions (voir la page 101-102 du datasheet).

- Datasheet Arduino Mega (Microcontrôleur ATmega2560)
- Datasheet Arduino Uno (Microcontrôleur ATmega328)

Les sources d'interruptions de la carte Arduino Mega (57)

Vecteur	Source	Définition
1	RESET	**External Pin, Power-on Reset, etc.**
2	INT0	External Interrupt Request 0
3	INT1	External Interrupt Request 1
4	INT2	External Interrupt Request 2
5	INT3	External Interrupt Request 3
6	INT4	External Interrupt Request 4
7	INT5	External Interrupt Request 5
8	INT6	External Interrupt Request 6
9	INT7	External Interrupt Request 7
10	PCINT0	**Pin Change Interrupt Request 0**
11	PCINT1	**Pin Change Interrupt Request 1**
12	PCINT2	**Pin Change Interrupt Request 2**
13	WDT	Watchdog Time-out Interrupt
14	TIMER2 COMPA	**Timer/Counter2 Compare Match A**
15	TIMER2 COMPB	**Timer/Counter2 Compare Match B**
16	TIMER2 OVF	**Timer/Counter2 Overflow**
17	TIMER1 CAPT	**Timer/Counter1 Capture Event**
18	TIMER1 COMPA	**Timer/Counter1 Compare Match A**
19	TIMER1 COMPB	**Timer/Counter1 Compare Match B**
20	TIMER1 COMPC	**Timer/Counter1 Compare Match C**
21	TIMER1 OVF	**Timer/Counter1 Overflow**
22	TIMER0 COMPA	**Timer/Counter0 Compare Match A**
23	TIMER0 COMPB	**Timer/Counter0 Compare match B**
24	TIMER0 OVF	**Timer/Counter0 Overflow**
25	SPI, STC	SPI Serial Transfer Complete
26	USART0 RX	**USART0 Rx Complete**
27	USART0 UDRE	**USART0 Data Register Empty**
28	USART0 TX	**USART0 Tx Complete**
29	ANALOG COMP	Analog Comparator
30	ADC	ADC Conversion Complete
31	EE READY	**EEPROM Ready**
32	TIMER3 CAPT	Timer/Counter3 Capture Event
33	TIMER3 COMPA	Timer/Counter3 Compare Match A
34	TIMER3 COMPB	Timer/Counter3 Compare Match B
35	TIMER3 COMPC	Timer/Counter3 Compare Match C
36	TIMER3 OVF	Timer/Counter3 Overflow
37	USART1 RX	**USART1 Rx Complete**
38	USART1 UDRE	**USART1 Data Register Empty**
39	USART1 TX	**USART1 Tx Complete**
40	TWI	2-wire Serial Interface
41	SPM READY	Store Program Memory Ready
42	TIMER4 CAPT	**Timer/Counter4 Capture Event**
43	TIMER4 COMPA	**Timer/Counter4 Compare Match A**
44	TIMER4 COMPB	**Timer/Counter4 Compare Match B**
45	TIMER4 COMPC	**Timer/Counter4 Compare Match C**
46	TIMER4 OVF	**Timer/Counter4 Overflow**
47	TIMER5 CAPT	**Timer/Counter5 Capture Event**
48	TIMER5 COMPA	**Timer/Counter5 Compare Match A**
49	TIMER5 COMPB	**Timer/Counter5 Compare Match B**
50	TIMER5 COMPC	**Timer/Counter5 Compare Match C**
51	TIMER5 OVF	**Timer/Counter5 Overflow**
52	USART2 RX	USART2 Rx Complete
53	USART2 UDRE	USART2 Data Register Empty
54	USART2 TX	USART2 Tx Complete
55	USART3 RX	USART3 Rx Complete
56	USART3 UDRE	USART3 Data Register Empty
57	USART3 TX	USART3 Tx Complete

Procédure d’utilisation d’une interruption

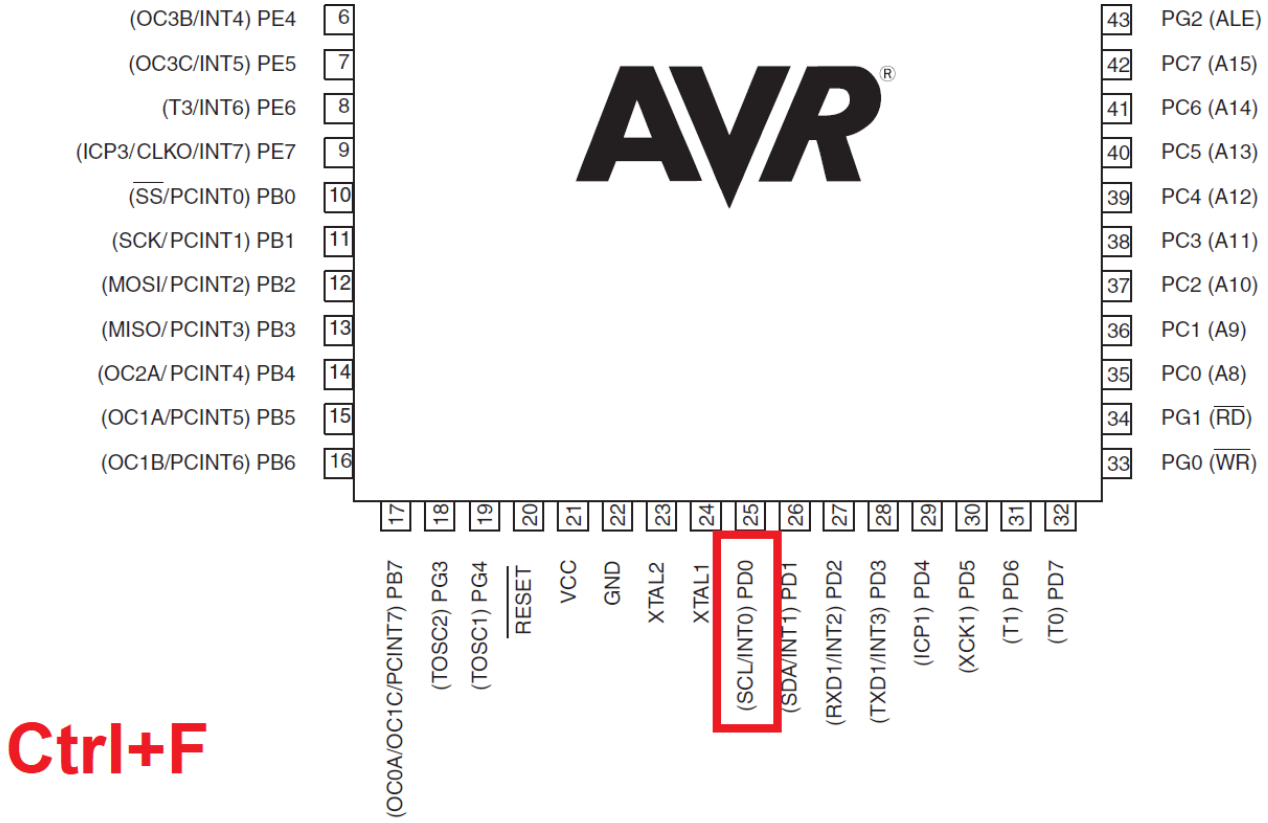
Dans cet exemple on se focalise sur l’interruption externe INT0. La démarche est identique pour les autres types interruptions.

1. Définit le type de l’interruption

- **Pin externe : INT0**
- Périphériques (TIMERS, ADC, UART, etc.)

2. Chercher le pin correspond à l’interruption en fonction du type de la carte Arduino

Faire correspondre l’interruption INT0, INT1, etc. avec le pin physique est une étape importante. L’emplacement du pin dépendre du type du microcontrôleur. Il faut se référencer au datasheet pour ne pas se tromper de l’emplacement du pin. Ici, on va utiliser l’interruption INT0 en utilisant la carte Arduino Mega. Ci-dessous l’extrait de l’emplacement du pin. Utiliser « Ctrl+F » avec le mot clé « INT0 » pour retrouver des informations relatives à l’interruptions INT0 dans le datasheet.



3. Câbler votre montage et configurer le pin dédié en entrée

Configure le pin dédié en entrée en utilisant la fonction pinMode() ou bien le registre DDRx en positionnant le bit concerné à « 0 » : Exemple DDRD=0x00 (8 bits du port D en entrée). Ci-dessous la mapping des pins de la carte Arduino Mega2560:

Pin Arduino	Port Mapping
0	PORTE 0
1	PORTE 1
2	PORTE 4
3	PORTE 5
4	PORTG 5
5	PORTE 3
6	PORTH 3
7	PORTH 4
8	PORTH 5
9	PORTH 6
10	PORTB 4
11	PORTB 5
12	PORTB 6
13	PORTB 7
14	PORTJ 1
15	PORTJ 0
16	PORTH 1
17	PORTH 0
18	PORTD 3
19	PORTD 2
20	PORTD 1
21	**PORTD 0**
22	PORTA 0
23	PORTA 1
24	PORTA 2
25	PORTA 3
26	PORTA 4
27	PORTA 5
28	PORTA 6
29	PORTA 7
30	PORTB 7
31	PORTB 6
32	PORTB 5
33	PORTB 4
34	PORTB 3
35	PORTB 2
36	PORTB 1
37	PORTB 0
38	PORTD 7
39	PORTG 2
40	PORTG 1
41	PORTG 0
42	PORTL 7
43	PORTL 6
44	PORTL 5
45	PORTL 4
46	PORTL 3
47	PORTL 2
48	PORTL 1
49	PORTL 0
50	PORTB 3
51	PORTB 2
52	PORTB 1
53	PORTB 0

Mapping pour ATmega8 et ATmega168

- B (digital pin 8 to 13)
- C (analog input pins)
- D (digital pins 0 to 7)

4. Activation de l’interruption globale (SREG)

SREG – AVR Status Register

The AVR Status Register – SREG – is defined as:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x3F (0x5F)	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 – I: Global Interrupt Enable**

SREG: AVR Status Register – Activer/Désactiver l’interruption globale

Bit 7 – I: Global Interrupt Enable (0x80

- SREG|=0x80 // Activation (Positionner le bit 7 à “1”)
- SREG&=0x7f // Désactivation (Forcer le bit 7 à “0”)

Ou bien

- sei(): Set interrupt – Activation
- cli(): clear interrup – Désactivation (masquer)

5. Validation de l’interruption (EIMSK)

La validation d’une interruption spécifique est opérée dans le registre EIMSK et positionner le bit concerne à ‘1’. Le nombre des interruptions va dépendre du type de la carte (nano, mini, mega, etc.). Consulter le datasheet pour être sure des interruptions disponibles. Dans le cas de la carte arduino Mega, il dispose de 8 interruptions INT0-INT7, deux pour Arduino uno (INT0 et IN1) seulement!

EIMSK – External Interrupt Mask Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x1D (0x3D)	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0	EIMSK
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bits 7:0 – INT7:0: External Interrupt Request 7 - 0 Enable**

EIMSK – External Interrupt Mask Register

Bit 7 6 5 4 3 2 1 0

0x1D INT7 INT6 INT5 INT4 INT3 INT2 INT1 **INT0**

- EIMSK|=0x01; // Validation de l'interruption INT0
- Ou bien EIMSK =0x01; (non recommandée)

6. Choix du mode de la détection de l'évènement

D'une autre façon, comment la routine d'interruption sera réveillée lorsqu'un évènement se présent dans le pin dédié (par front ou niveau logique). Les registres EICRA/ EICRB permettent de configurer le mode de déclanchement des interruptions INT0, INT1,..., INT7. Chaque registre permet de configurer 4 interruptions EICRA (INT0-INT3), EICRB (INT4, INT4).

EICRA – External Interrupt Control Register A

The External Interrupt Control Register A contains control bits for interrupt sense control.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x69)	ISC31	ISC30	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	EICRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bits 7:0 – ISC31, ISC30 – ISC00, ISC00: External Interrupt 3 - 0 Sense Control Bits**

EICRA/EICRB

Bit 7 6 5 4 3 2 1 0

ISC31 ISC30 ISC21 ISC20 ISC11 ISC10 ISC01 ISC00

- ISCn1 ISCn0
- 0 0 **niveau** bas ‘0’ dans INTn
- 0 1 **front montant** & **descedan** dans INTn (changement d’états: passage du 0 à 1 ou bien 1 à 0)
- 1 0 **Front descendant** dans INTn
- 1 1 **Front montant** dans INTn

Dans notre exemple, on utilise l’interruption INT0 alors les bits ISC01 et ISC00 qui sont concernés. Dans le cas de déclanchement par front montant, il faut positionner les deux bits à ‘1’. Autrement dit il faut charger le registre EICRA avec 0x03 de la façon suivante: EICRA=0x03 ou bien EICRA|=0x03;

7. Enfin, il faut programmer la fonction (routine) de l’interruption

Interrupt sub-routine (ISR) est la fonction par défaut utiliser pour programmes les interruptions. Elle ne prend aucun argument en entrée et elle ne retourne aucun résultat. En revanche, il faut bien préciser le vecteur d’interruption. Chaque interruption dispose d’un vecteur qui lui propre. La carte Arduino Mega dispose de 57 interruptions, chaque interruption est caractérisée par son vecteur et adresse. Consultez le datasheet du microcontrôleur pour connaitre les vecteurs (voir la page 101 pour la carte Arduino Mega). Vous pouvez dupliquer la fonction autant de fois, il faut juste préciser le vecteur pour différencier entre les routines. Ci-dessous et un exemple d’utilisation de la fonction ISR().

Syntaxe de de définition de la routine d'interruption

```
ISR(Nom_vect)

{

  // Ici le code de votre interruption

}
```

Exemple

```
ISR(INT0_vect)

{

  // Programme INT0

}

ISR(INT1_vect)

{

  // Programme INT1

}



ISR(INT2_vect)

{
```

```
  // Programme INT2

}
```

[Total : 0 Moyenne : 0/5]