
Cours micro pic18 IUT GEII

cours micro pic 18 v0.4.odp



Licence



Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.0 France

Vous êtes libres :

- * de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public
- * de modifier cette création, selon les conditions suivantes :

Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original.

Pas d'Utilisation Commerciale.

Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.

Partage des Conditions Initiales à l'Identique.

Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

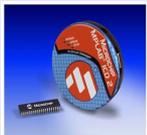
- * A chaque réutilisation ou distribution, vous devez faire apparaître clairement aux autres les conditions contractuelles de mise à disposition de cette création.
- * Chacune de ces conditions peut être levée si vous obtenez l'autorisation du titulaire des droits. Ce qui précède n'affecte en rien vos droits en tant qu'utilisateur (exceptions au droit d'auteur : copies réservées à l'usage privé du copiste, courtes citations, parodie...)
voir le contrat complet sous : <http://fr.creativecommons.org/contrats.htm>



Plan du cours

- ▶ Matériels et logiciels nécessaires
- ▶ Hello world pic18
- ▶ Structure logicielle d'une application / Machine d'états
- ▶ Utiliser un écran lcd à base de contrôleur HD44780
- ▶ Les entrées/sorties logiques
- ▶ Le module convertisseur analogique/numérique (adc)
- ▶ Les interruptions
- ▶ Gestion du temps
- ▶ Générer un signal PWM avec un module CCP
- ▶ Liaison série asynchrone module UART
- ▶ Écrire un driver pour un périphérique I2C

Matériel et logiciels nécessaires

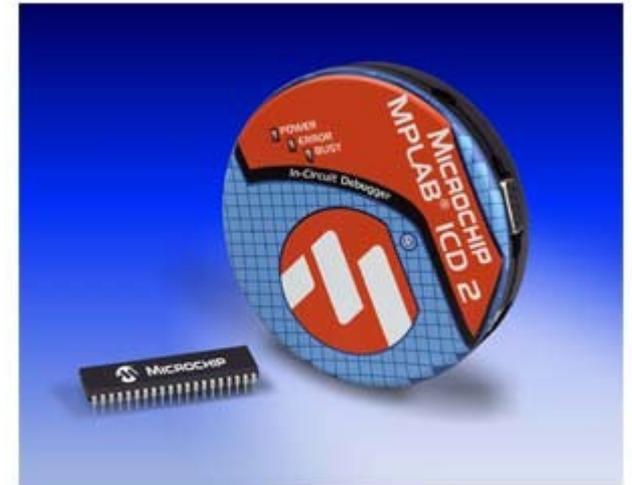


Matériels nécessaires

- ▶ **ICD2 : debugger / programmeur**

Il permet de charger un programme dans le micro (programmeur) et de contrôler son exécution, de voir et de modifier des variables, de placer des points d'arrêt (debugger).

(vérifier que le pic utilisé est compatible icd2)



- ▶ On peut également utiliser un simple programmeur (picstart plus) mais la mise au point sera fastidieuse !

Connections ICD2/PC/Cible

▶ Liaison ICD2<>PC par le bus USB

l'ICD est alimenté par l'USB , la cible doit posséder sa propre alimentation.

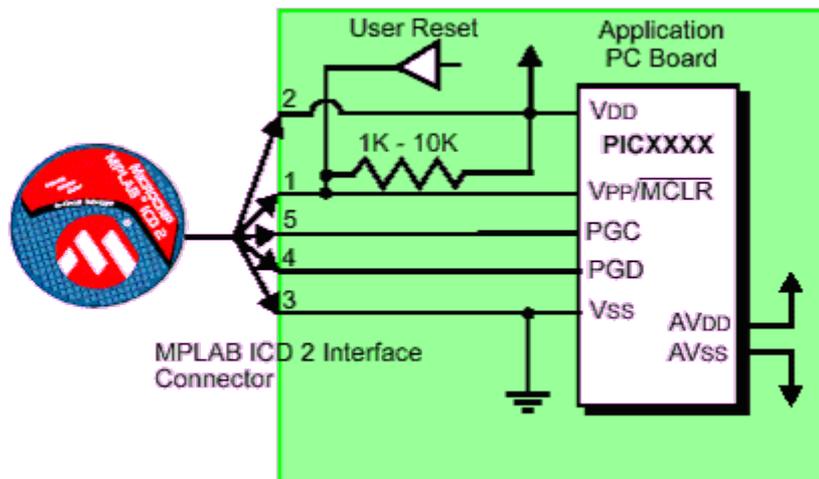
▶ Liaison ICD2<>PC par le port série RS232

L'ICD doit être alimenté par l'alimentation fournie.

L'ICD peut alimenter la cible en validant une option dans le menu :Debugger->setting->Power
(pour une faible consommation seulement)

Matériels nécessaires

- ▶ Une carte cible munie d'un connecteur icd2 (rj12).



CONNECTOR AS VIEWED
FROM THE TOP OF PCB

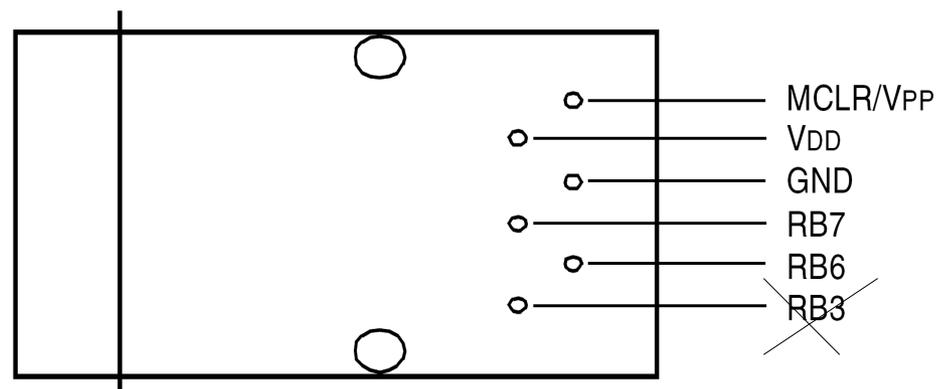


Schéma minimum de démarrage

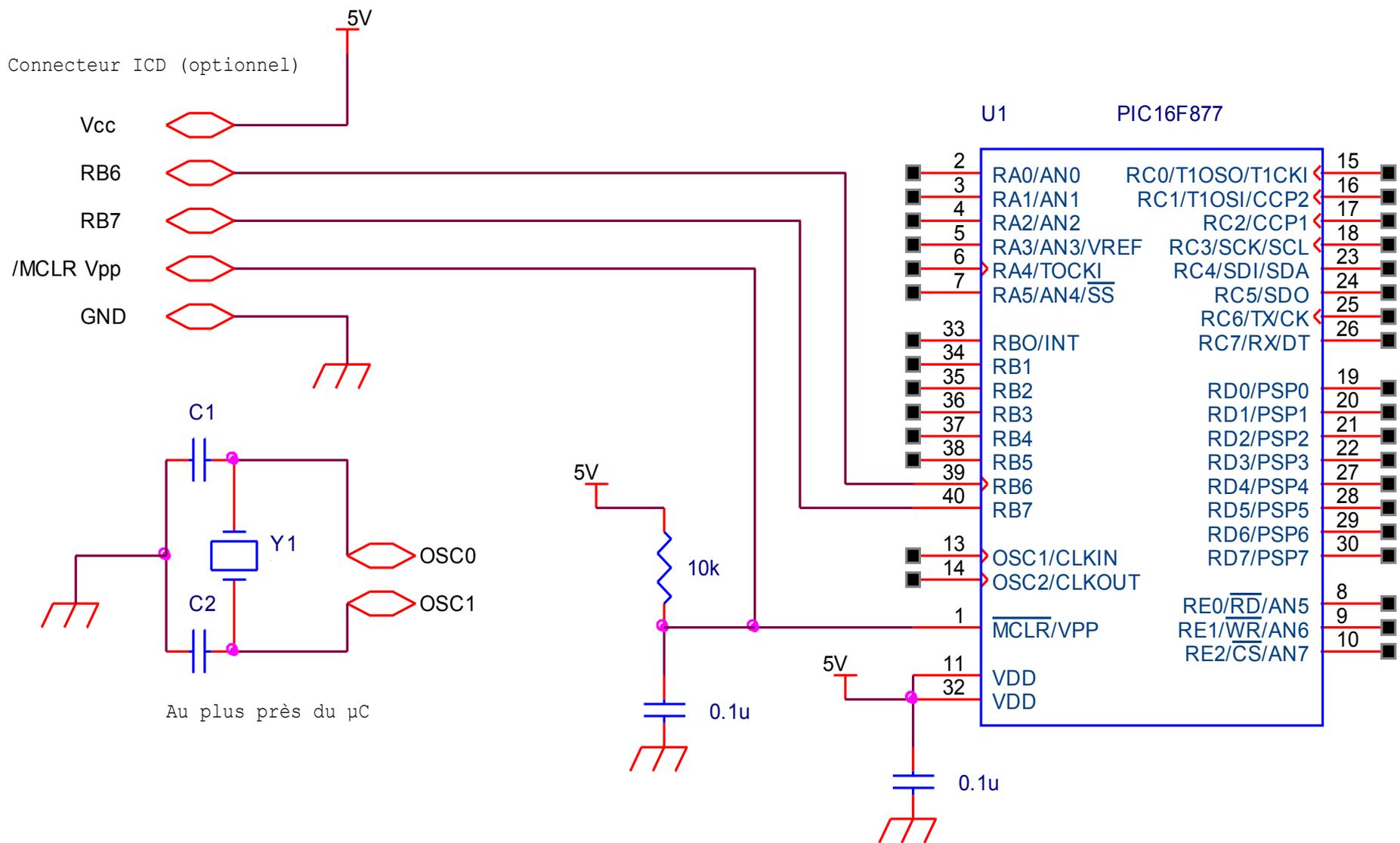


Schéma minimum de démarrage

- Si la tension Vdd s'établit assez rapidement, on peut se passer du circuit RC de Reset et relier directement la broche /Reset à Vdd (si on utilise pas l'icd).
- Pour une application où la précision sur les durées n'est pas critique, on peut utiliser un circuit RC pour générer l'horloge.
- L'utilisation du programmeur/débugger ICD2 fait perdre l'usage de :

2 broches E/S (RB6 et RB7)
2 niveaux de pile (sur 31 possibles)
512 octets de mémoire programme
10 octets de mémoire data.



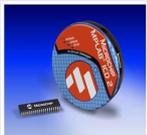
Documentations

PIC 18FXX2 Data Sheet DS39564b.pdf

MPLAB-C18-Getting-Started_51295f.pdf

MPLAB-C18-Users-Guide_51288j.pdf

MPLAB-C18-Libraries_51297f.pdf



Logiciels nécessaires

- ▶ L'environnement MPLAB IDE (www.microchip.com)
- ▶ Le compilateur C18 (www.microchip.com)
- ▶ Pour le lcd de la carte picdem2+ la librairie `xlcdv.vv.lib` et son fichier entête `xlcdv.vv.h` correspondant.
(arlotto.univ-tln.fr)

N'hésitez pas à télécharger la version la plus récente :
Les mises en jours sont fréquentes et corrigent
de nombreux bugs.

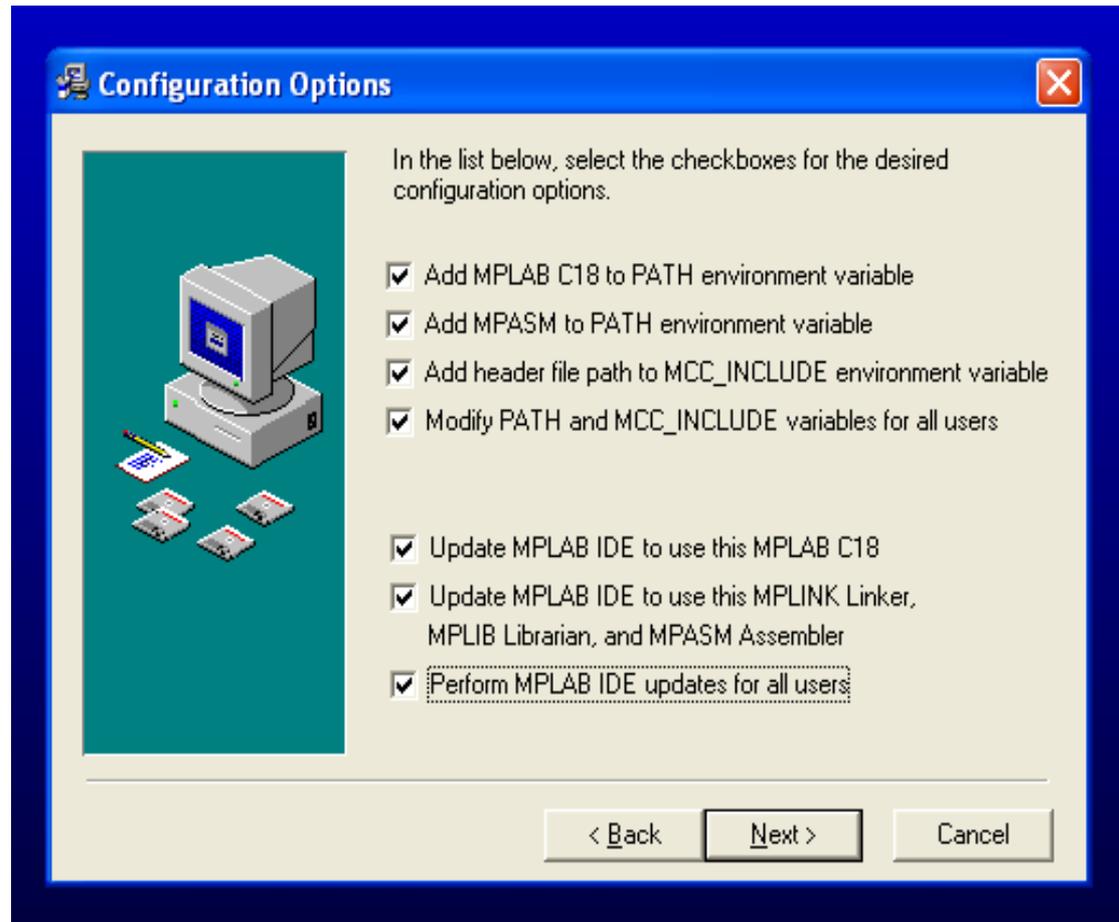
- ▶ Pour ce cours on utilise :

mplab v7.31 **c18 v3.02** (linker 4.02) **xlcd100.lib**



Installation

- ▶ MPLAB : pré-installer les drivers usb
- ▶ C18 : cocher toutes les options et respecter le répertoire par défaut



Hello world pic18



Hello world pic18

- ▶ Créer un projet avec Project->Project Wizard...
- ▶ Choisir le bon pic (18f452)
- ▶ Choisir le langage : Microchip C18 Toolsuite
- ▶ Créer un répertoire pour chaque projet
- ▶ Ajouter en copiant un linker script au projet.
le script sample du pic correspondant convient la plupart du temps si vous n'utilisez pas de librairie supplémentaire (ici 18f452.lkr)
- ▶ Terminez

Hello World pic18

- ▶ Créez le fichier HelloWorld.c et ajoutez-le au projet

```
#include <p18cxxx.h>
```

```
// bits de configuration
```

```
#pragma config OSC = HS // dépend de l'oscillateur utilisé
```

```
#pragma config WDT = OFF // pas de wd pour debug
```

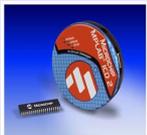
```
#pragma config LVP = OFF // pas de lvp pour l'icd
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
PORTBbits.RB3 = 0 ;
```

```
TRISBbits.TRISB3 = 0 ; // RB3 en sortie
```



Hello World pic18

```
for(;;) {  
  if(PORTAbits.RA4==0) {  
    PORTBbits.RB3 = 1 ;  
  }  
  else {  
    PORTBbits.RB3 = 0 ;  
  }  
} // fin for  
} // fin main
```

- ▶ Compilez et linkez : Projet->Build All
- ▶ Corrigez vos erreurs éventuelles (puis Build All à nouveau)

Hello World pic18

- ▶ Debugger->Select Tool->MPLAB ICD2
connecter l'icd (Reset and connect icd)
- ▶ Chargez le programme sur la cible : Debugger->Program
- ▶ Lancez le programme : Debugger->Run
- ▶ Essayez le !!

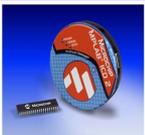
A ce stade le programme est chargé dans la cible mais elle n'est pas autonome : le pic attend l'ordre de l'icd pour démarrer.

Pour rendre la cible autonome :

- ▶ Choisir l'icd en tant que "programmer" (Programmer->Select Programmer)
- ▶ Recompiler et recharger le programme.



Modèle de programmation



Structure d'un programme

- ▶ Le programme embarqué dans le micro a la particularité de démarrer à la mise sous tension du système et de ne s'arrêter qu'à la coupure de l'alimentation. C'est donc un programme qui après une séquence d'initialisation tourne en *une boucle infinie*.
- ▶ Cette boucle peut être interrompue par des *interruptions*
- ▶ Les *tâches* de l'application sont exécutés en séquences les unes après les autres dans un ordre prédéfini.

Les tâches sont ici des séquences d'instruction qui répondent aux différentes fonctionnalités de l'application. Ce ne sont pas des boucles infinies.



Interruption

Une interruption est un évènement matériel* qui déclenche *très rapidement* l'exécution d'une partie de programme (appelée programme d'interruption). Après l'exécution du programme d'interruption, le μP reprend l'exécution normale du programme interrompu.

* : sur certains μP , il existe aussi des évènements logiciels (division par 0, erreur d'adresse, instruction spéciale,...) qui peuvent déclencher une interruption : on parle alors d'interruption logicielle (ou synchrone).

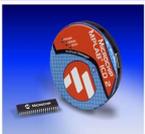
Interruption

Une interruption est un évènement matériel* qui déclenche *très rapidement* l'exécution d'une partie de programme (appelée programme d'interruption). Après l'exécution du programme d'interruption, le μP reprend l'exécution normale du programme interrompu.

* : sur certains μP , il existe aussi des évènements logiciels (division par 0, erreur d'adresse, instruction spéciale,...) qui peuvent déclencher une interruption : on parle alors d'interruption logicielle (ou synchrone).

Modèle boucle infinie/ interruptions (superloop background/foreground)

```
void main(void)
{
    séquence d'initialisation ;
    ....;
    autorisation éventuelle des interruptions ;
    for( ;;)
    {
        Tâche n°1 ;
        Tâche n°2 ;
        ....;
        Tâche n° N ;
    }
}
```



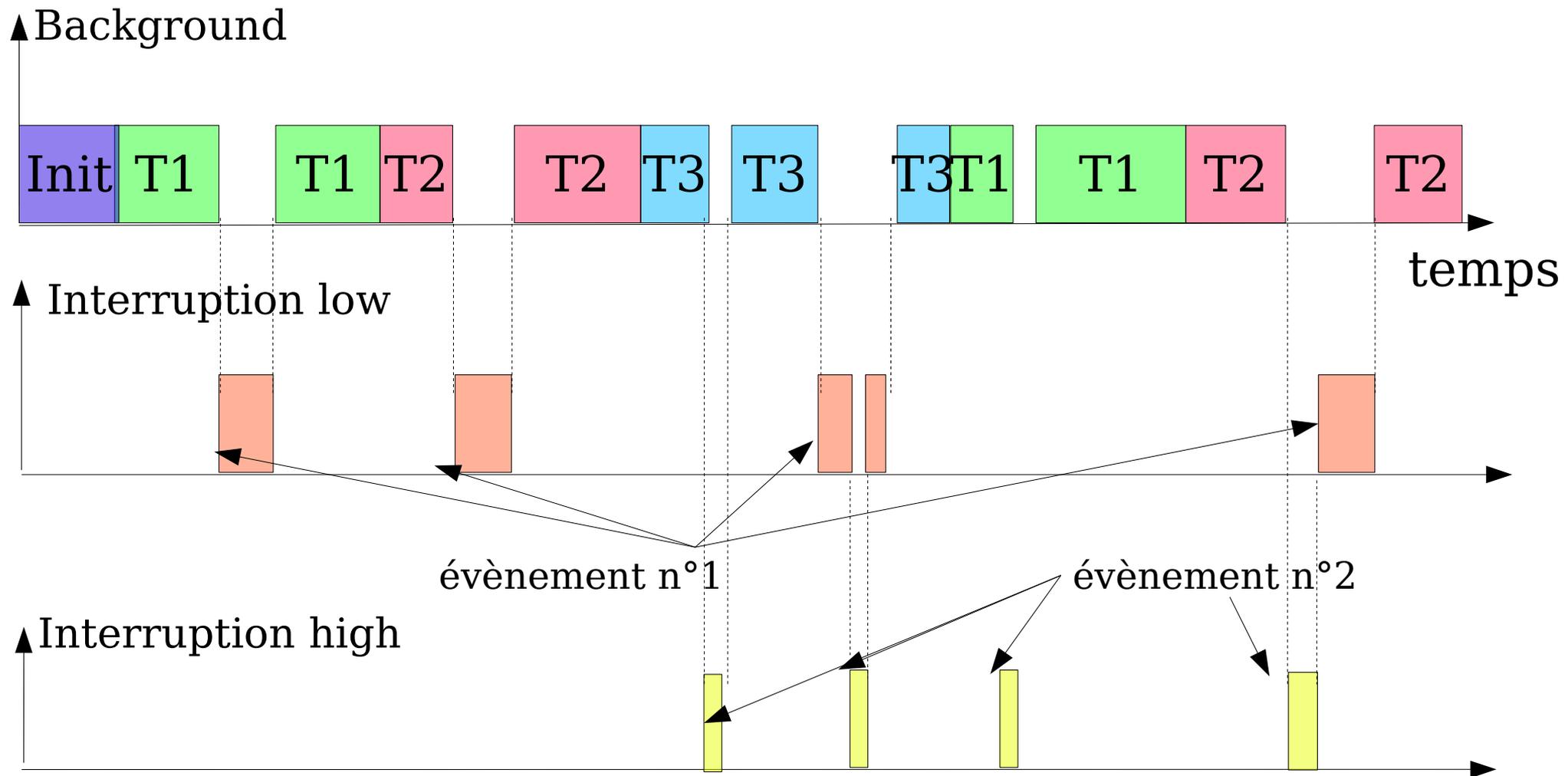
Modèle boucle infinie/ interruptions

```
#pragma interrupt InterruptHandlerHigh  
void InterruptHandlerHigh ()  
{  
.....;  
}
```

```
#pragma interrupt InterruptHandlerLow  
void InterruptHandlerLow ()  
{  
.....;  
}
```

Sur un pic18, il ne peut y avoir que deux fonctions d'interruptions

Timing boucle infinie / interruptions



(Voir cours temps réel)

Timing boucle infinie/interruption

- ▶ Un tâche doit être effectuée le plus rapidement possible car son exécution retarde l'exécution des autres tâches.

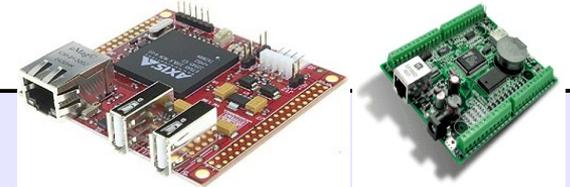
Temps de réponse d'une tâche \leq Temps de parcours de la boucle générale. (T_{boucle})

T_{boucle} n'est pas constant.

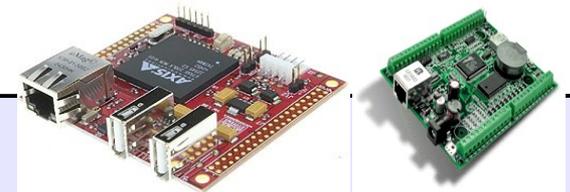
- ▶ On peut manquer des évènements dont la durée est inférieure au temps de boucle !

Programmation boucle infinie/interruptions

- ▶ Les actions "urgentes" sont traitées par interruption.
- ▶ Les routines d'interruptions sont les plus courtes possibles.
- ▶ Les traitements dans la boucle infinie (tâches) sont les plus courts possibles car une tâche "longue" retarde toutes les autres.
- ▶ Lorsqu'une tâche se bloque, elle bloque toutes les autres tâches : Il faut un mécanisme logiciel pour attendre des événements sans boucle while (ni for) : *machine d'états*.
- ▶ Si un tâche boucle accidentellement, le système se fige. Un *watch dog* matériel permet de resetter le système.
- ▶ L'initialisation doit également être très courte en cas de reset par un watch dog.



Attendre sans boucler



Attendre sans boucler

Dans beaucoup de systèmes on doit *attendre* un événement avant de passer à la suite des opérations.

Souvent les spécifications s'énoncent ainsi :

Mettre le four en marche jusqu'à ce que la température atteigne 180°C

Attendre l'arrêt complet (vitesse nulle)
avant d'ouvrir la porte

Mettre le moteur en marche
Attendre deux minutes
Arrêter le moteur

Attendre sans boucler

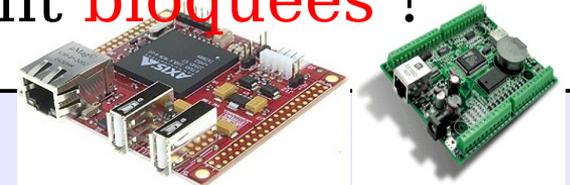
Attendre l'arrêt complet (vitesse nulle) avant d'ouvrir la porte

```
while(vitesse()!=0);  
PORTBbits.RB3=1; // ouvrir porte
```

Mettre le four en marche tant que la température n'a pas atteint 180°C

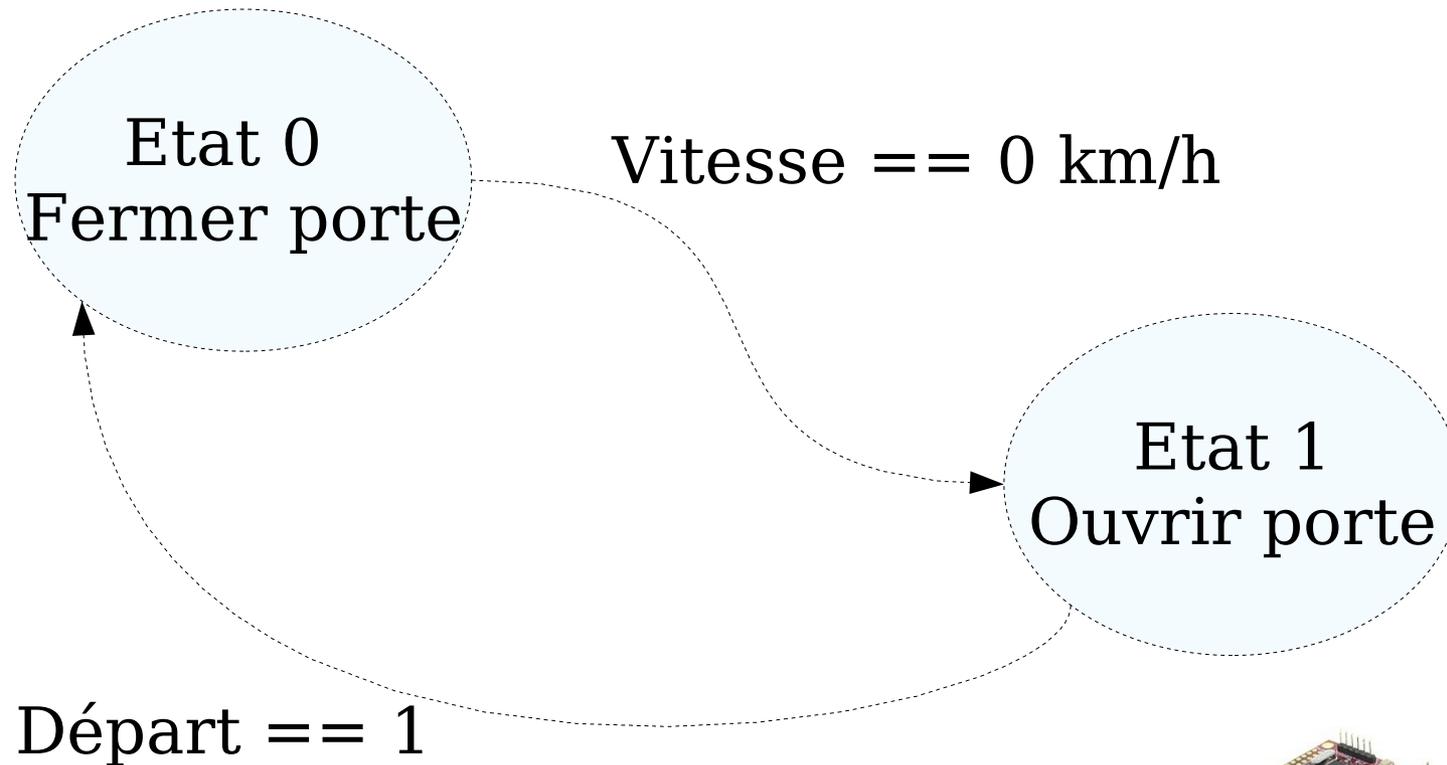
```
PORTBbits.RB2=1; // four en marche  
while(temperature() $<$ 180);  
PORTBbits.RB3=0; // arrêt four
```

Avec ces lignes de programme
les autres tâches seraient **bloquées** !



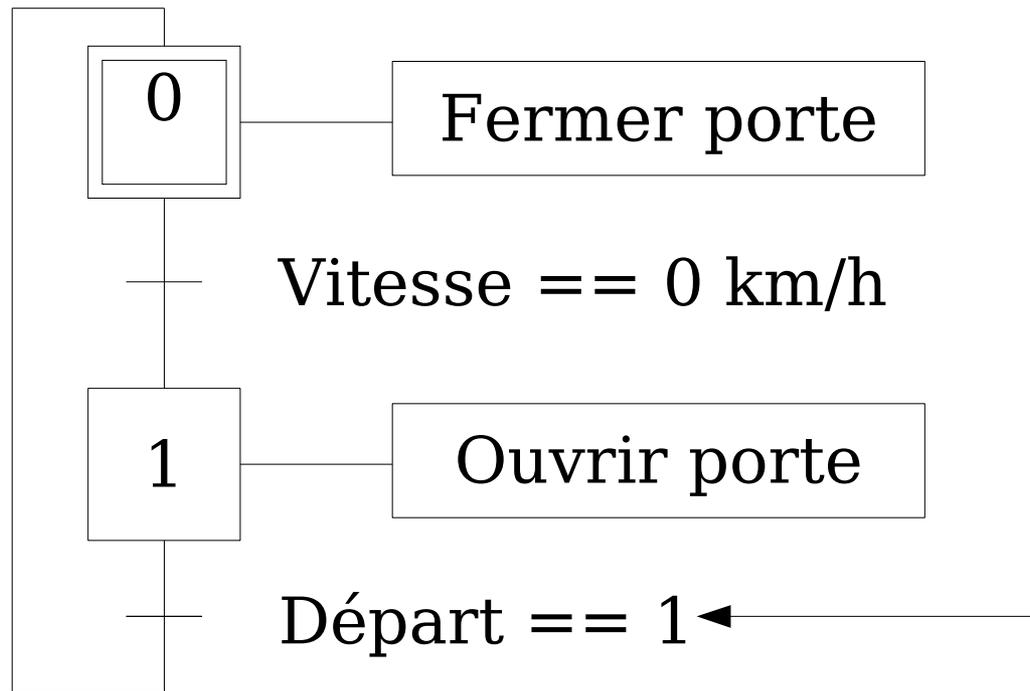
Attendre sans boucler

Une solution est de créer une *machine d'état* que ne passe à l'état suivant que lorsque la condition est réalisée



Attendre sans boucler

En France, on a coutume d'utiliser la représentation GRAFCET.



Un Etat est appelé ici étape

Une transition est une équation logique placée entre deux étapes



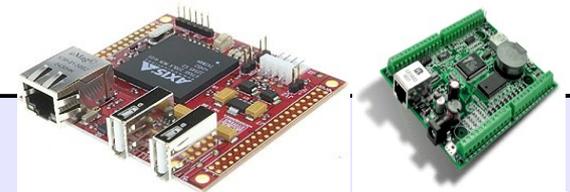
Règles d'évolution d'un grafcet

Lorsqu'une étape possède plusieurs étapes suivantes, on s'imposera la condition :

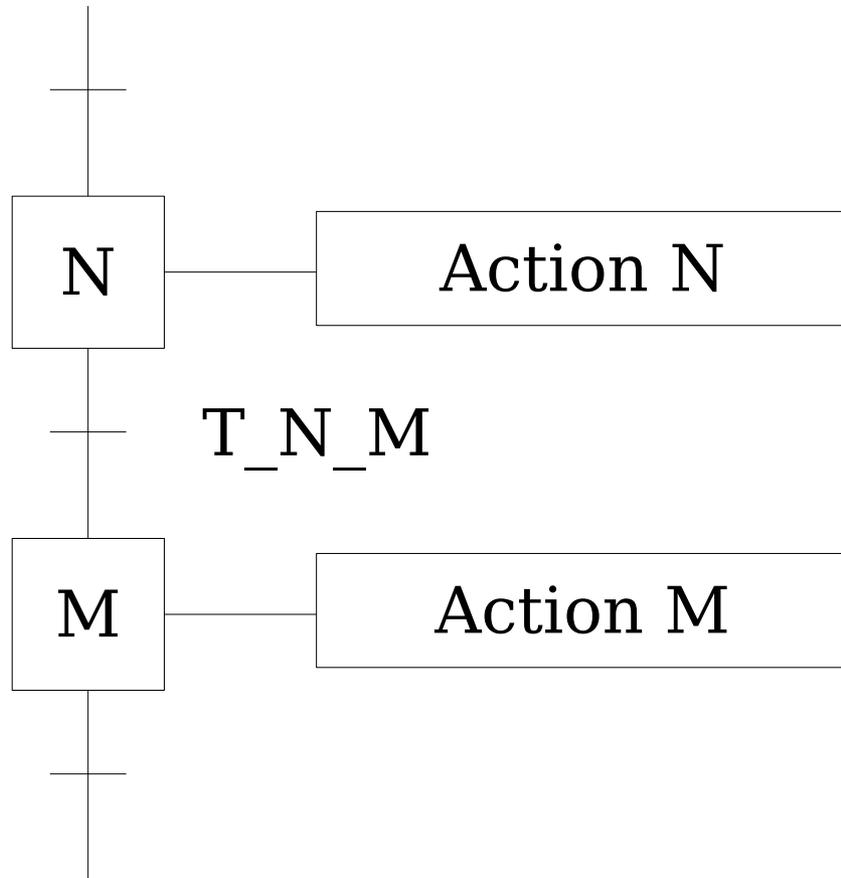
$$\text{Somme des transitions} = 1$$

Ainsi on est forcé à examiner tous les cas lors de la conception du grafcet.

Lors de la programmation l'ordre d'évaluation des transitions n'aura pas d'importance.



Règles d'évolution d'un grafcet

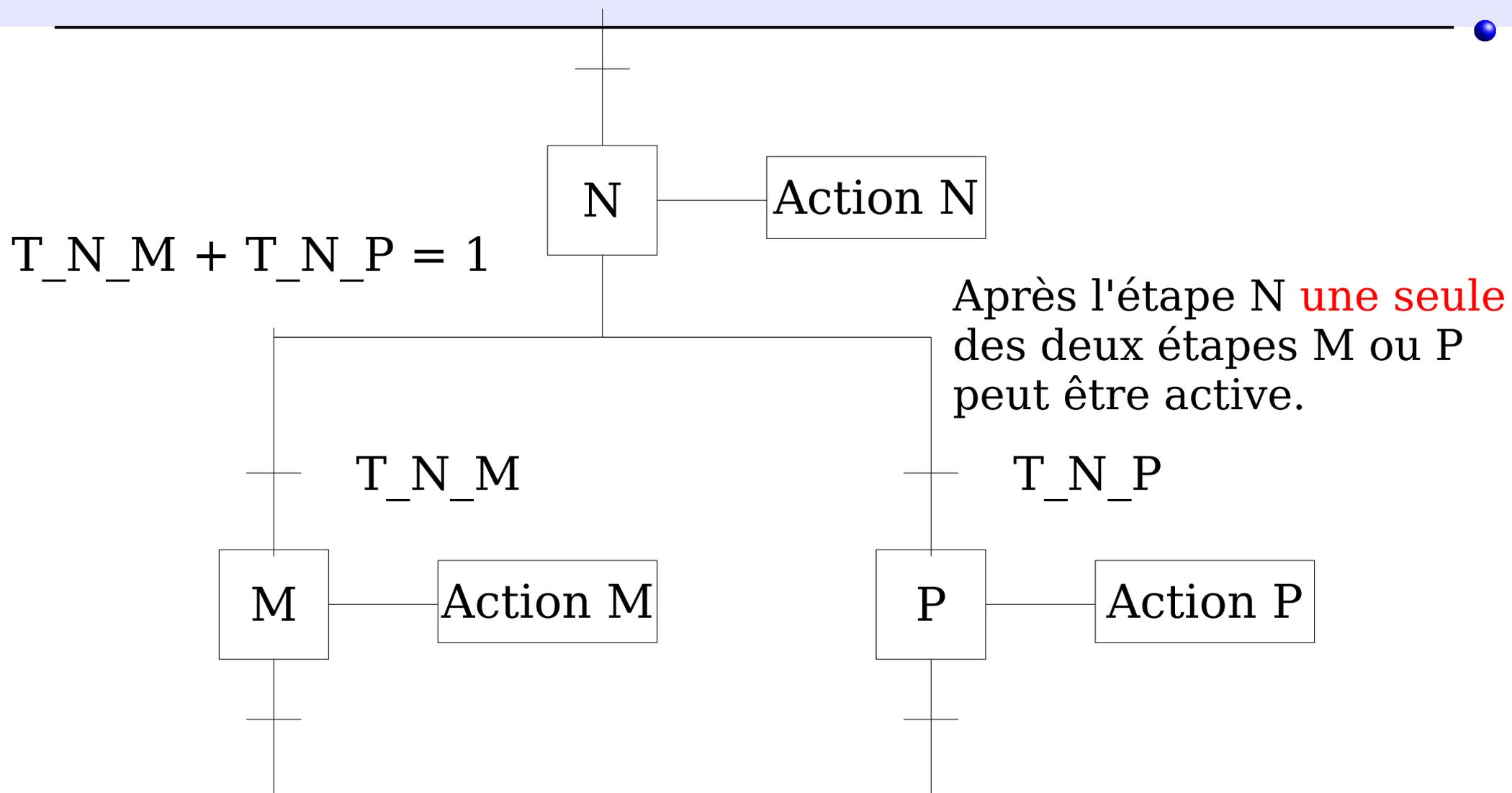


Lorsque l'étape N est active et que la transition T_{N_M} est vraie :

L'étape N est désactivée et l'étape M devient active

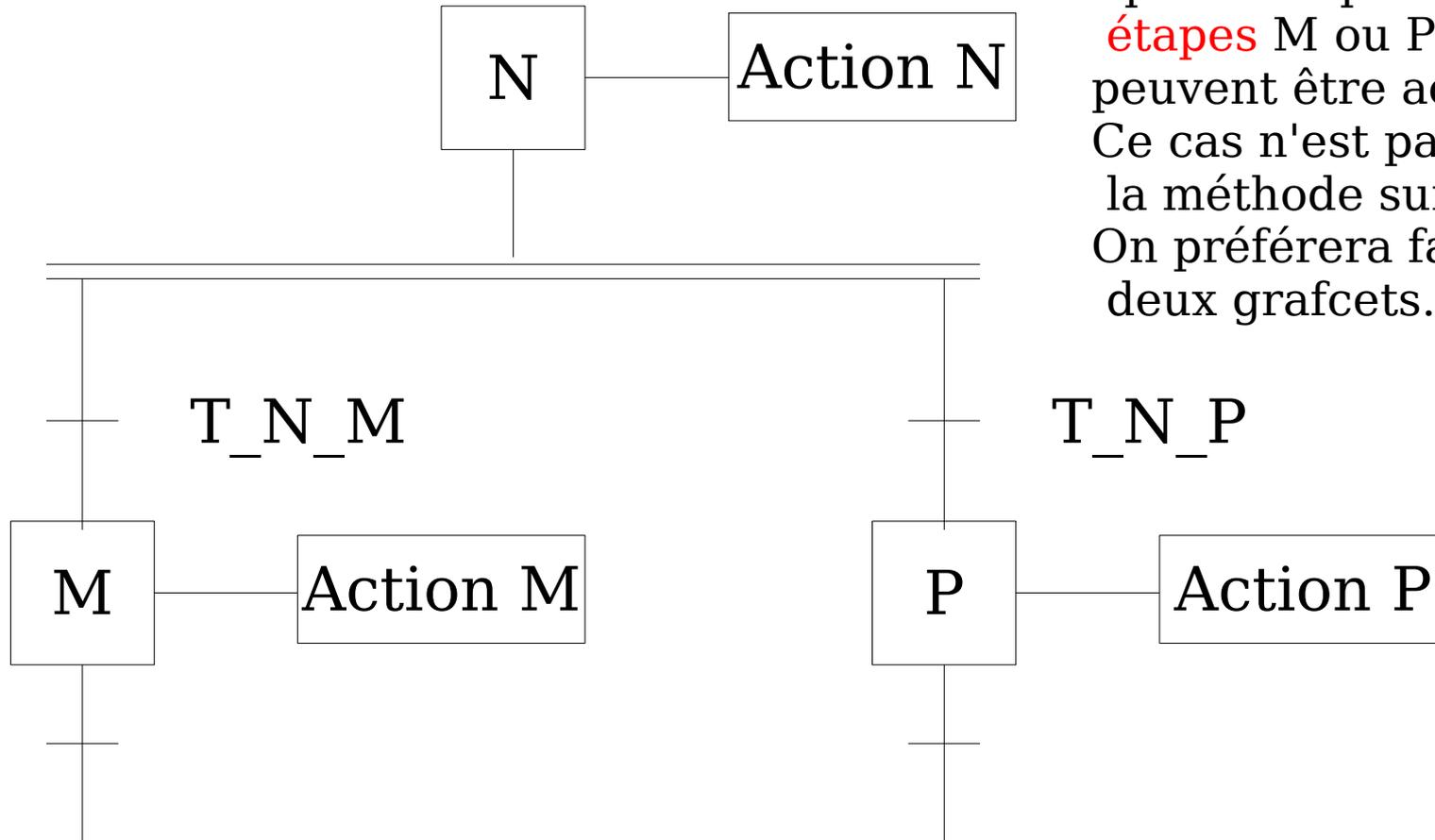


Divergence en OU



Divergence en ET

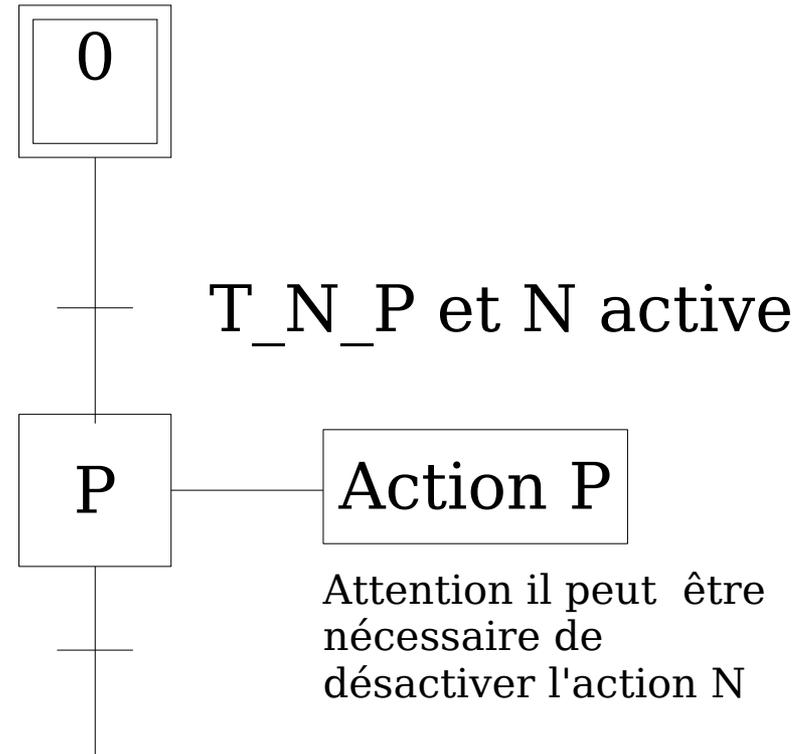
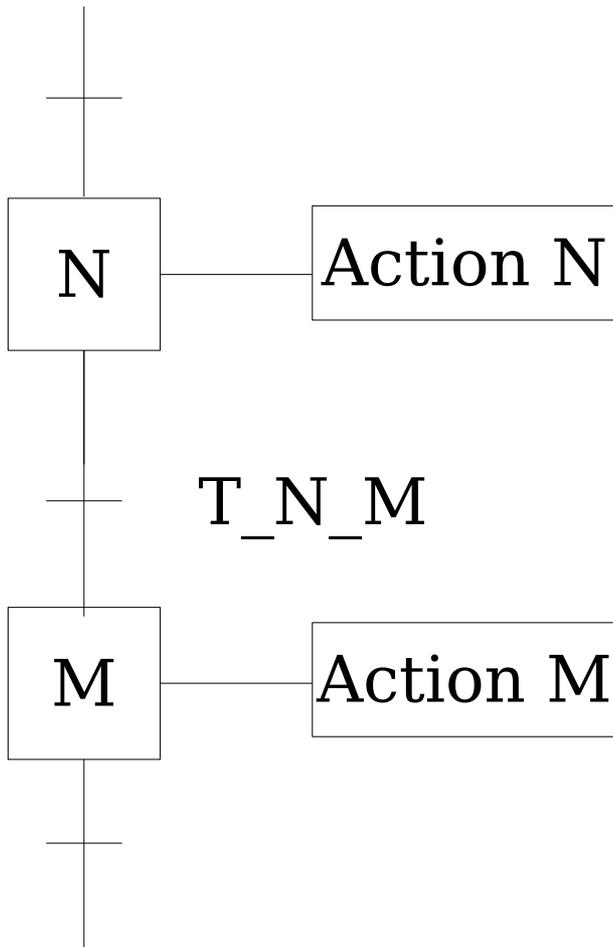
La condition $T_N_M + T_N_P = 1$
n'est plus respectée.



Après l'étape N **les deux étapes** M ou P peuvent être actives. Ce cas n'est pas traité par la méthode suivante. On préférera faire deux grafquets.

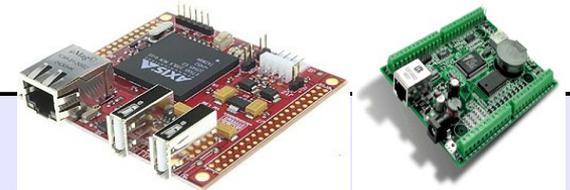


Divergence en ET simulée



Codage d'un grafcet en C

- ▶ Une variable (entière) contient le numéro de l'étape courante (en général initialisée à 0)
- ▶ Le grafcet est codé dans une structure switch...case
Un cas par étape + un clause default en cas de problème logiciel.
- ▶ Le traitement d'une étape est effectué par un cas de la structure switch..case.
- ▶ Le grafcet "avance" éventuellement d'une étape à chaque exécution du switch...case (une fois par tour de boucle générale).



Codage d'un grafcet en C

```
int etape = 0 ; //initialisation
.....;
for( ; ; ) {
.....;
switch (etape) {
    case 0 :
        // traiter étape 0 ;
        break ;
    case 1 :
        // traiter étape 1 ;
        break ;
    case N :
        .....;
        break ;
    default : // erreur !!
        .....;
}
.....;
}
```

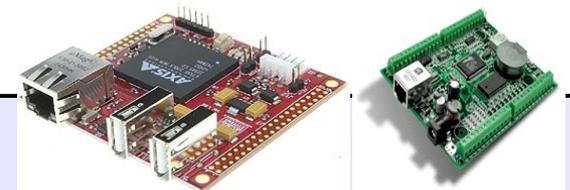


Codage d'un grafcet en C

Traitement d'une étape :

```
case N :  
    action N ;  
    if ( T_N_M ) {  
        etape = M ; }  
    else {  
        if ( T_N_P ) {  
            etape = P ; }  
        }  
    break ;
```

On exécute l'action de l'étape courante et ensuite on évalue les transitions vers les étapes suivantes. Si une transition est vraie on change simplement la valeur de la variable qui contient le numéro de l'étape courante.



clause default

Normalement on ne peut pas arriver dans la clause default.

Si on y arrive c'est que la variable etape est **corrompue** !
C'est alors est une défaillance critique du logiciel.

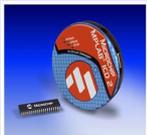
Il faut :

mettre le système en sécurité, prévenir,
redémarrer si nécessaire.

Ce cas doit être prévu dès la conception.

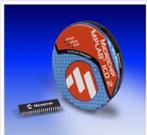


Les Périphériques du 18F452



Périphériques du 18F452

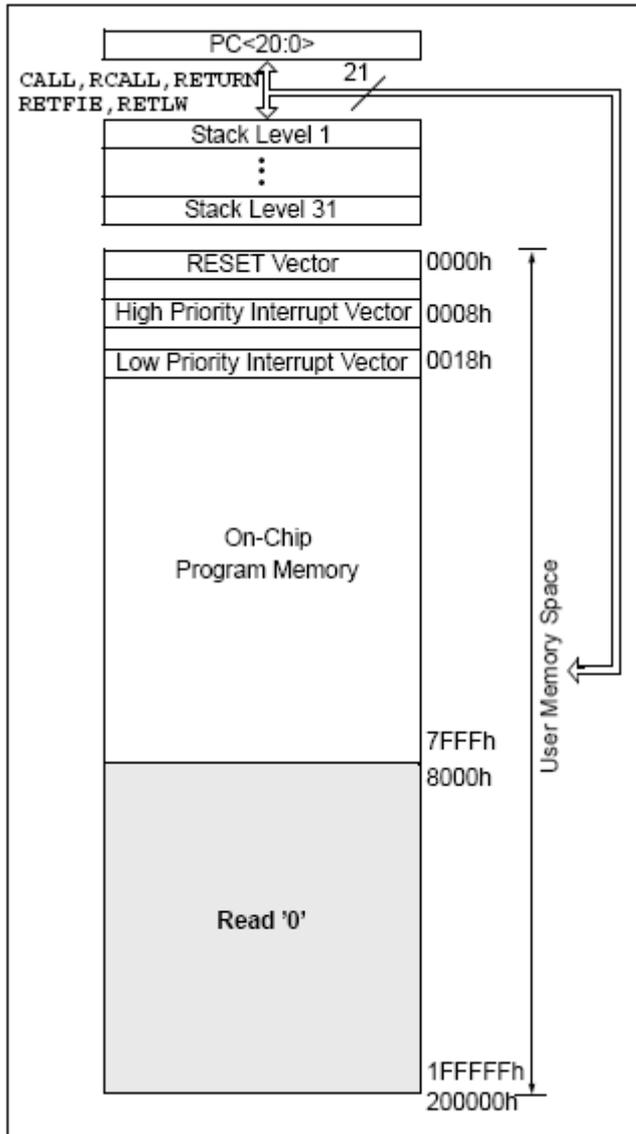
- ▶ 5 ports d'entrées sorties logiques (jusqu'à 34 broches E/S)
- ▶ 4 timers (2 de 8bits , 2 de 16bits)
- ▶ 2 modules PWM , capture , compare (génération et mesures de signaux)
- ▶ 1 port série synchrone (I2C ou SPI)
- ▶ 1 port série asynchrone (UART)
(utilisable en USB, RS232 , RS485 avec un adaptateur externe)
- ▶ 1 convertisseur analogique numérique 10 bits (jusqu'à 8 canaux d'entrées)
- ▶ watch dog , détection tension alimentation basse
- ▶ fréquence horloge modifiable par programme
- ▶ 2560 de mémoire EEPROM



Fonctionnement Interne



La mémoire programme (Flash)



21 bits d'adresses =
2 Mo d'espace adressable

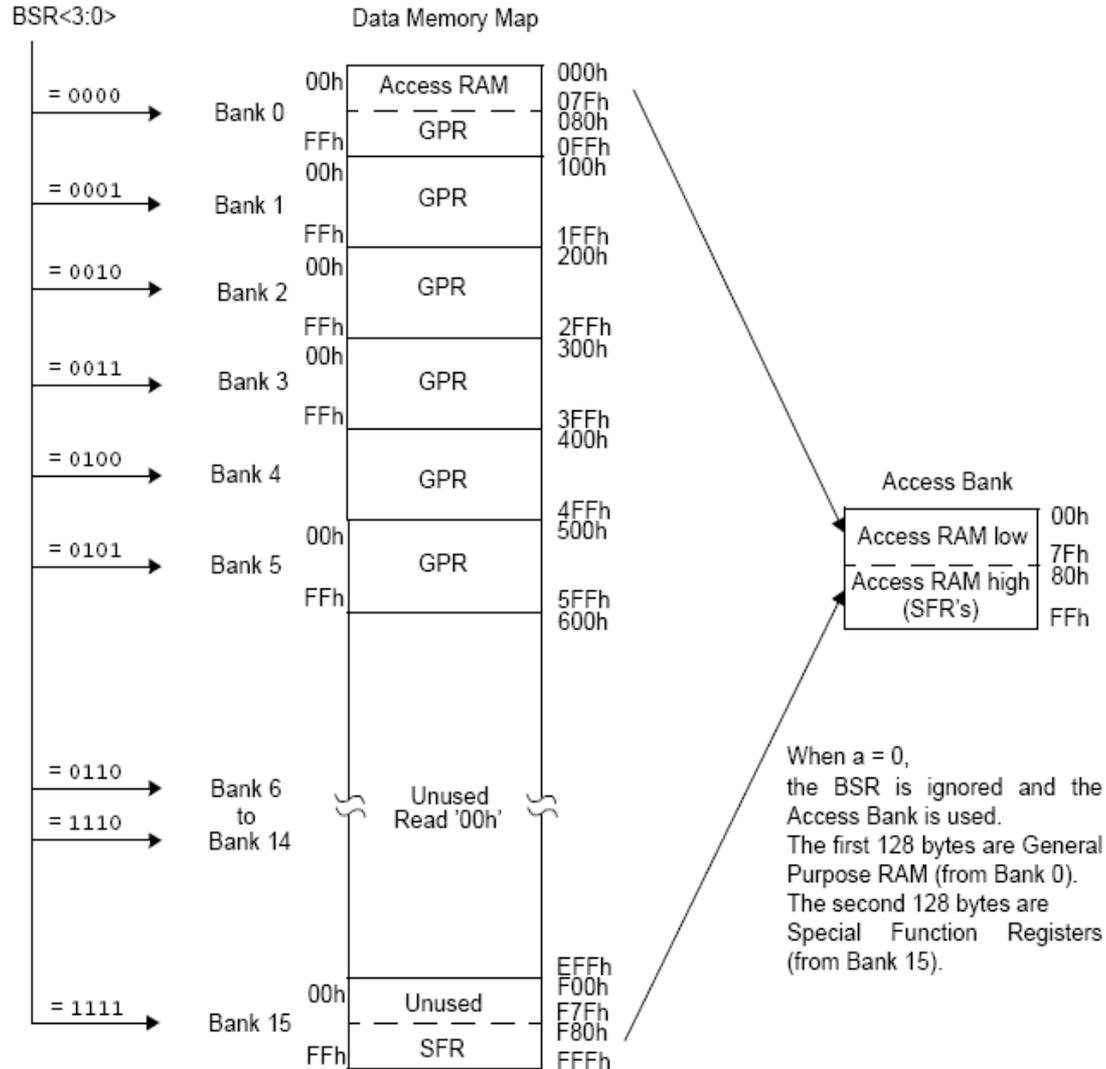
Sur 18F452 seulement
32ko implémentés
(de 0x0000 à 0x7FFF)

Au Reset PC = 0x000000

Les instructions sont codées sur
16 bits (2 cases).
Les instructions commencent donc
toujours à une adresse paire.

32ko => 16k instructions

La mémoire de données (Ram data memory)

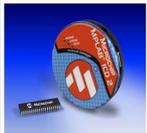


12 bits d'adresses
0x000 à 0xFFF

8 bits de données
soit 4ko possibles

Seulement 1536o
existent sur le 18F452

When a = 1, the BSR is used to specify the RAM location that the instruction uses.



La mémoire de données (Ram data memory)

Elle est organisée en 16 banques de 256o: bank0 à bank15.
On change de banque lorsque le chiffre héxa de poids fort change :

bank0 0x000 – 0x0FF (256o)

bank1 0x100 – 0x1FF

bank2 0x200 – 0x2FF

....

bank15 0xF00 – 0xFF

} Seules les banques 0 à 5
existent sur le 18F452
 $6 \times 256o = 1536o = 1.5ko$

La zone 0xF80 – 0xFFFF est allouée aux SFR : registre dédiés
à une fonction (port E/S, configuration périphériques, ...)

SFR : special fonction register

GP : General Purpose (case mémoire à usage général)



La mémoire de données (Ram data memory)

Le BSR Bank Select Register est un SFR qui contient le poids fort de l'adresse RAM utilisée (la banque).

Un zone particulière de 256o constituée des 128 premiers octets de la banque 0 et des 128 SFR est appelée ACCESS BANK.

Cette zone permet d'accéder à des registres GP et SFR sans devoir changer de banque (pas de modification du BSR)

Pour optimiser la durée et la taille des programmes, les compilateurs C essayent de placer les variables le plus souvent utilisées et les résultats de calculs intermédiaires dans la zone ACCESS BANK.



Fonctionnement

Une instruction est d'abord lue en mémoire puis exécutée.

Ce processus prend deux cycles :

- un cycle pour la lecture en mémoire programme (fetch)
- un cycle pour l'exécution et la sauvegarde du résultat.

L'architecture de harvard permettant l'accès simultané aux deux mémoires, le pic exécute un cycle fetch sur la prochaine instruction pendant le cycle d'exécution de l'instruction en cours.

Ainsi la plupart des instructions sont exécutées en un cycle.

Relation Cycle / Horloge

Un cycle dure 4 périodes de l'horloge
dénommées : Q1,Q2,Q3,Q4.

$$\mathbf{T_{cy} = 4 \cdot T_{osc}}$$

$T_{osc} = 1/F_{osc}$ F_{osc} : fréquence de l'horloge

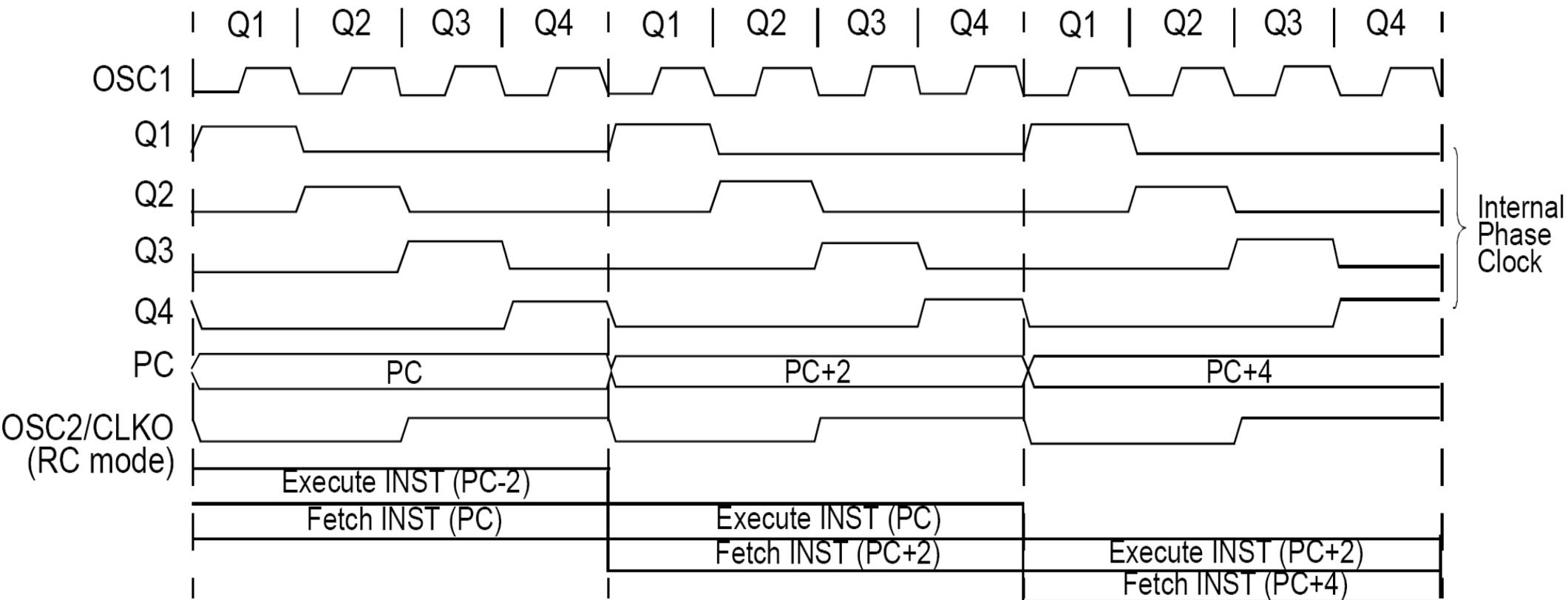
Exemple :

avec un quartz à 4 Mhz , un cycle dure $1\mu s$

$F_{osc}=4Mhz$ d'où $T_{osc}=0.125\mu s$

et $T_{cy} = 4 \times 0.125\mu s = 1\mu s$

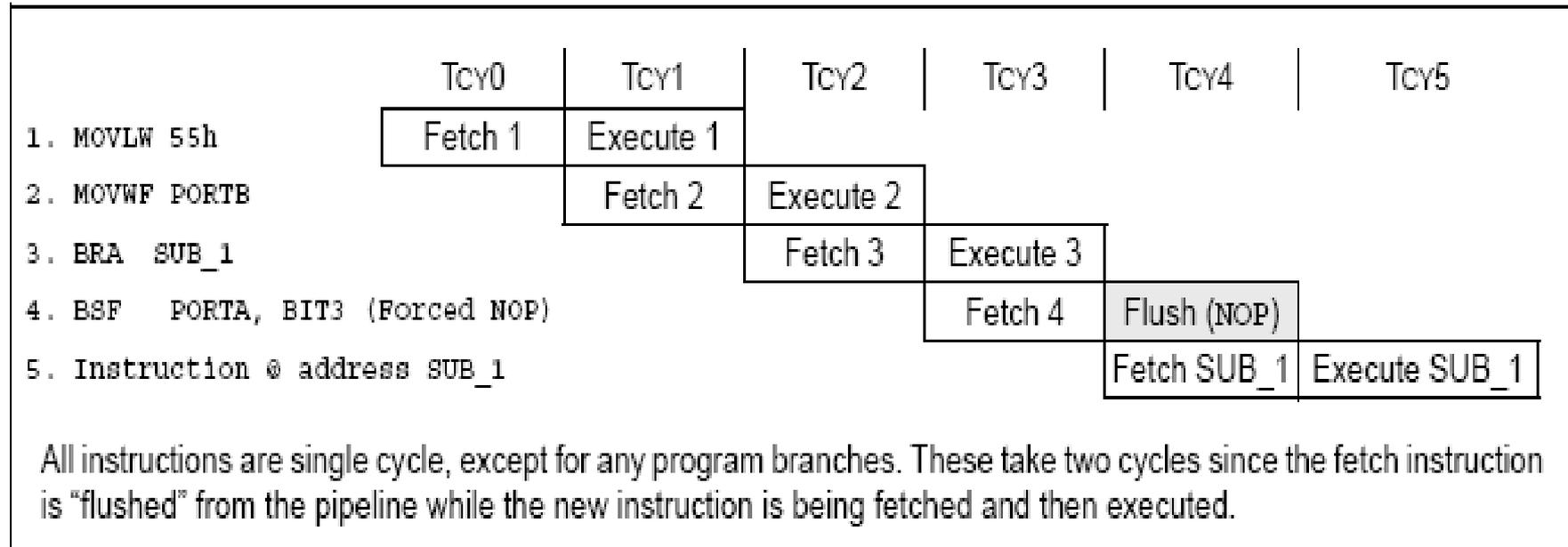
Cycles machines



Un cycle "Fetch" : le PC est incrémenté sur Q1 puis l'instruction est lue (Q2,Q3) et placée dans le registre d'instructions (Q4). A la fin d'un cycle fetch le PC est incrémenté de 2 unités (instruction sur 16bits) et pointe l'adresse de la prochaine instruction.

Cycles machines

EXAMPLE 4-2: INSTRUCTION PIPELINE FLOW



Un cycle d'exécution :

Q1 configuration par le registre d'instruction (décodage)

Q2 lecture de l'opérande (data memory read)

Q3 calcul

Q4 écriture du résultat (destination write)

pipeline

Grace à l'architecture de harvard, pendant l'exécution d'une instruction, on lit l'instruction suivante. Ainsi la plupart des instructions s'exécute en un seul cycle.

Rupture de séquence :

Les instructions de branchement (goto, call) et les instructions de branchement conditionnel provoquent des modifications du PC qui fait que l'instruction suivante qui avait été lue n'est plus valable.

Un cycle (fetch) est nécessaire pour aller lire l'instruction à la nouvelle adresse avant de l'exécuter.

Une instruction vide (nop) est exécutée à la place de l'instruction lue en avance dans le pipeline.

Les instructions qui modifient le PC nécessitent donc 2 cycles.

Chaîne de développement



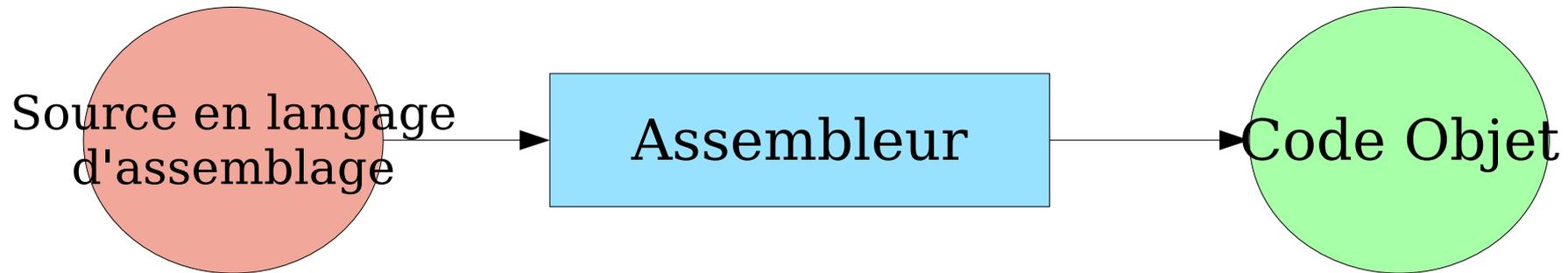
Chaîne de développement



```
int x,y ;  
    ....  
if(x!=0){  
    y=x++;  
}
```

Le code *objet* est le code source traduit en instructions de processeur. Ce code n'est pas exécutable car il manque les adresses des différentes zone mémoires (sections). C'est un code dit *relogeable*. (Les adresses réellement utilisées seront fixées lors de l'édition de liens)

Chaîne de développement



```
Deb :  
movlw 5  
goto Loop  
....  
addwf X  
subf Y,w  
Loop:
```

Le langage d'assemblage est un langage composé d'instructions du processeur écrites en *mnémonique*.

Chaque type de processeurs possède son propre langage d'assemblage.

Compilateur C

Le compilateur transforme le code source C en code source assembleur avant de produire le code objet.

Source C → Source Assembleur → Code Objet

On peut généralement examiner le code source assembleur généré par un compilateur par l'option -S (stop).

Ex : gcc -S test.c

On estime qu'un compilateur C produit un programme 5 à 10% plus gros et moins rapide qu'un programme écrit en langage d'assemblage par un bon programmeur.



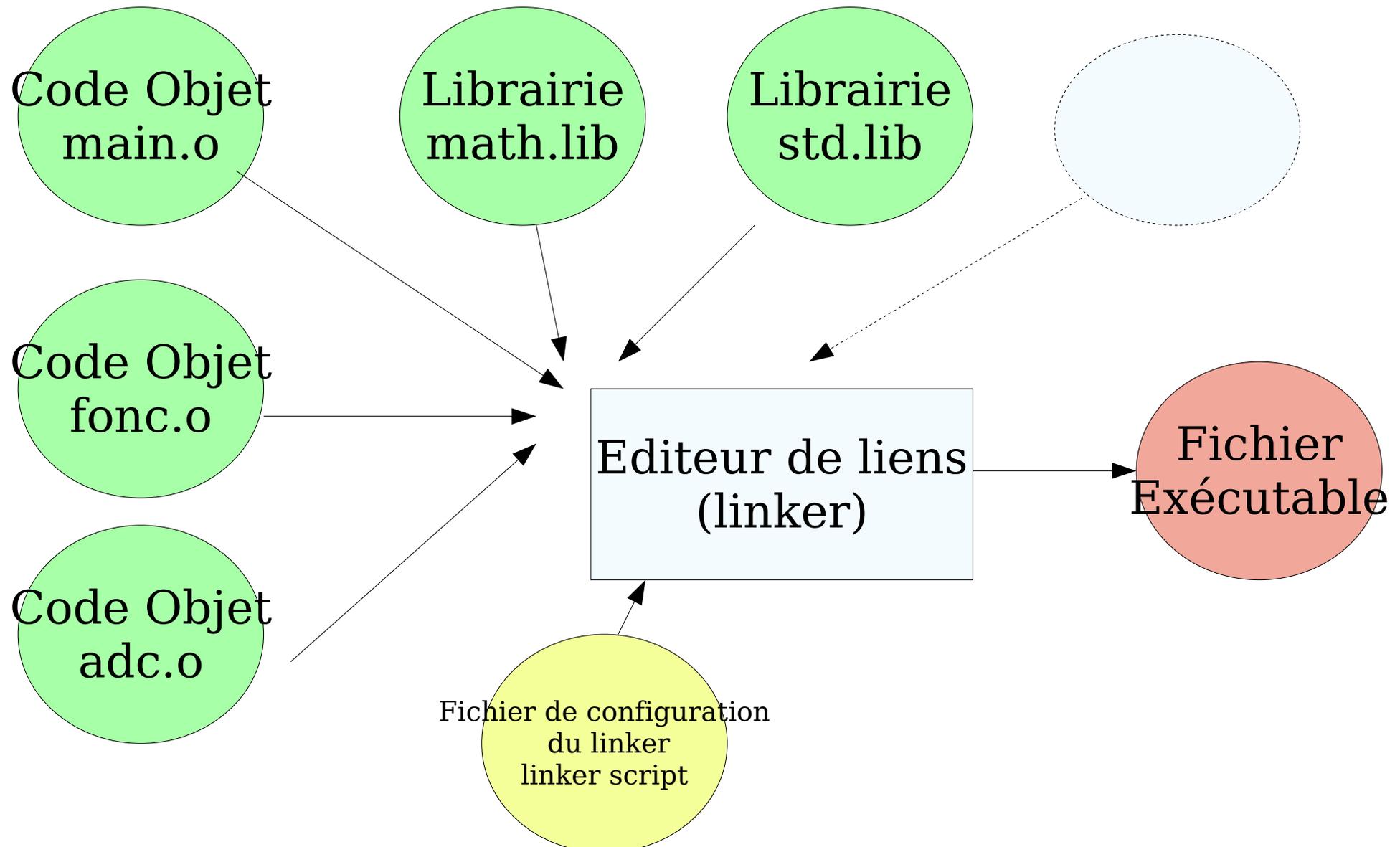
Editeur de liens

L'éditeur de liens (linker) rassemble les fichiers objets issus des fichiers sources (C , assembleur ou autre) ainsi que des fichiers de bibliothèques (standard ou spécifiques) pour former le fichier exécutable.

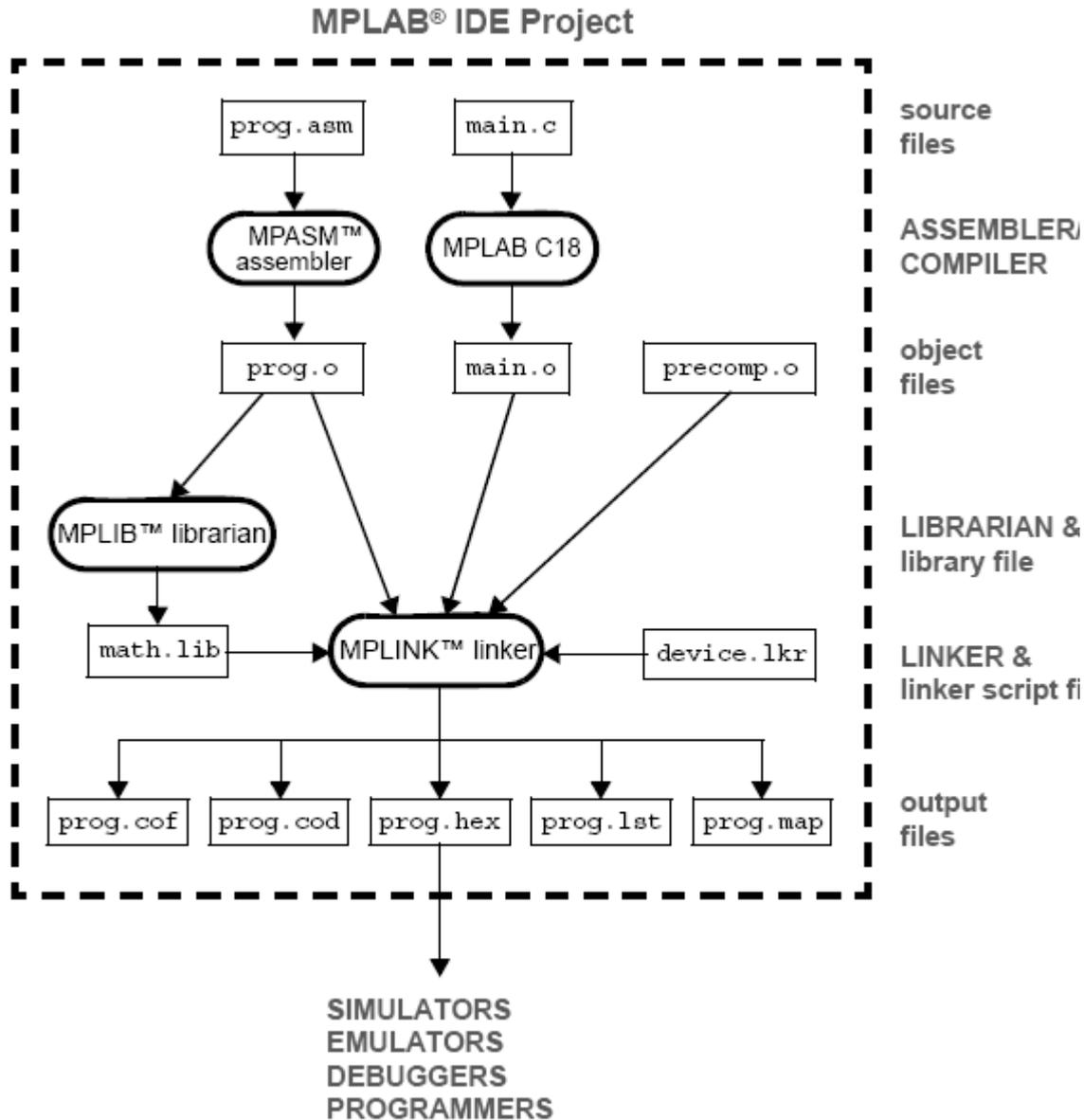
Il utilise pour cela les valeurs des adresses des différentes sections (code,data,...) qui sont spécifiques à la carte ou au microcontrôleur utilisé.

Ces adresses lui sont fournies par un fichier de configuration (linker script)

Chaîne de développement



Chaîne de développement



Configuration linker pour 18f452

LIBPATH .

FILES **c018i.o** //code de démarrage

FILES **clib.lib** //bibliothèque standard

FILES **p18f452.lib** //lib bibliothèque spécifique f452

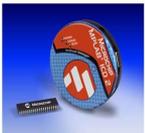
section programme

CODEPAGE	NAME=vectors	START=0x0	END=0x29	PROTECTED
CODEPAGE	NAME=page	START=0x2A	END=0x7FFF	
CODEPAGE	NAME=idlocs	START=0x200000	END=0x200007	PROTECTED
CODEPAGE	NAME=config	START=0x300000	END=0x30000D	PROTECTED
CODEPAGE	NAME=devid	START=0x3FFFFFFE	END=0x3FFFFFFF	PROTECTED
CODEPAGE	NAME=eedata	START=0xF00000	END=0xF000FF	PROTECTED

ACCESSBANK	NAME=accessram	START=0x0	END=0x7F	
DATABANK	NAME=gpr0	START=0x80	END=0xFF	} section Ram data memory
DATABANK	NAME=gpr1	START=0x100	END=0x1FF	
DATABANK	NAME=gpr2	START=0x200	END=0x2FF	
DATABANK	NAME=gpr3	START=0x300	END=0x3FF	
DATABANK	NAME=gpr4	START=0x400	END=0x4FF	
DATABANK	NAME=gpr5	START=0x500	END=0x5FF	
ACCESSBANK	NAME=accesssfr	START=0xF80	END=0xFFFF	PROTECTED

SECTION NAME=CONFIG ROM=config

STACK SIZE=0x100 RAM=gpr5



Du C à l'assembleur puis dans le μ P

Portions de programme C :

```
char x , y ;
```

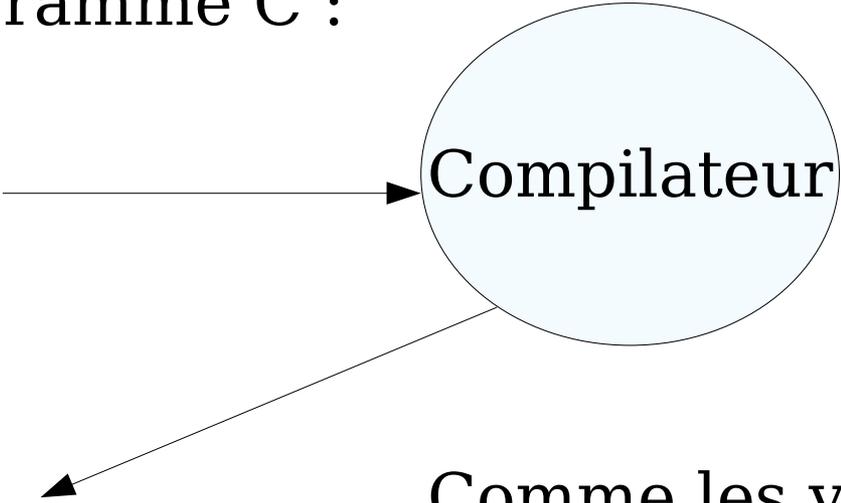
```
....;
```

```
x=3;
```

```
y=x + 2 ;
```

```
....;
```

Compilateur



Instructions μ P

```
movlw 3
```

```
movwf 0x000
```

```
movf 0x000 , w
```

```
addlw 2
```

```
movwf 0x001
```

Comme les véritables
adresses sont inconnues
à ce stade, on prend 0 comme
base. par exemple :
0x000 pour x , 0x001 pour y

Du C à l'assembleur puis dans le μ P

x = 3 ;

movlw 3 déplace (move) la constante (literal) 3 dans w
movwf 0x000 déplace w dans la mémoire (file) d'@ 0x000

y = x + 2 ;

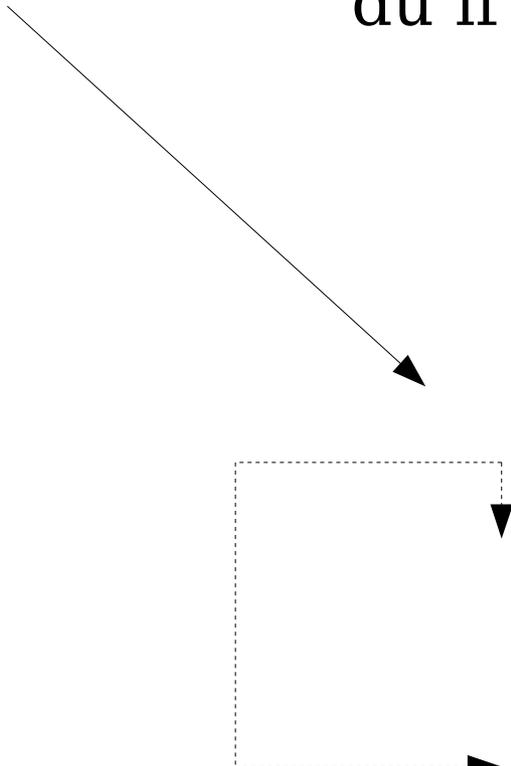
movf 0x000 , w move file 0x000 (x) dans w (w=x)
addlw 2 add literal 2 to w result in w (w=w+2)
movwf 0x001 move w to file 0x001 (y) (y=w)

NB : si ces deux instructions C se suivent, l'instruction **movf 0x000,w** est inutile. C'est le rôle de l'optimiseur de s'en apercevoir et de la supprimer pour rendre le programme plus court et plus rapide.

Du C à l'assembleur puis dans le μ P

```
if( x == y ){  
y=122;  
x++;  
}
```

On va soustraire x de y.
si le bit n°2 (Z) du registre d'état (0xFD8)
ne vaut pas 1 on saute les instructions
du if (bnz : branch if not Zero)



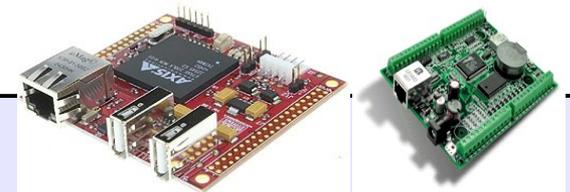
```
0x000000 movf 0x000,w (w=x)  
0x000002 subwf 0x001,w (w=y-w)  
0x000004 bnz 0x003  
0x000006 movlw 122  
0x000008 mowf 0x001  
0x00000A incf 0x000,1  
0x00000C .....
```

Et dans le μ P

Address	Opcode	Disassembly
00E6	0000	NOP
00E8	5100	MOVF x, W, BANKED
00EA	5D01	SUBWF y, W, BANKED
00EC	E103	BNZ 0xf4
00EE	0E7A	MOVLW 0x7a
00F0	6F01	MOVWF y, BANKED
00F2	2B00	INCF x, F, BANKED
00F4	0000	NOP
00F6	0000	NOP

Contenu de la mémoire programme

Les interruptions



Programmation temps réel

© Copyright 2005, Philippe Arlotto

Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 license

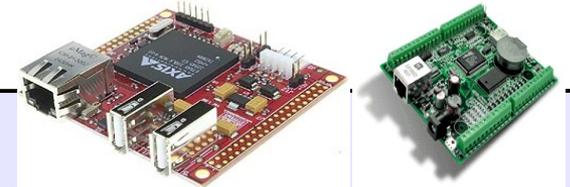
<http://arlotto.univ-tln.fr>

10 mai 2006



Programmation boucle infinie/interruptions

- ▶ Les actions "urgentes" sont traitées par interruption.
- ▶ Les routines d'interruptions sont les plus courtes possibles.
- ▶ Les traitements dans la boucle infinie (tâches) sont les plus courts possibles car une tâche "longue" retarde toutes les autres.
- ▶ Lorsqu'une tâche se bloque, elle bloque toutes les autres tâches : Il faut un mécanisme logiciel pour attendre des événements sans boucle while (ni for) : *machine d'états*.
- ▶ Si un tâche boucle accidentellement, le système se fige. Un *watch dog* matériel permet de resetter le système.
- ▶ L'initialisation doit également être très courte en cas de reset par un watch dog.



Les interruptions

▶ **Traitement immédiat**

Le traitement associé à l'interruption est effectué directement dans la routine d'interruption.

Utilisé pour des événements urgents dont le traitement est court.
Ex : arrêt d'urgence, mesure de temps, temporisations....

▶ **Traitement différé**

La routine d'interruption positionne simplement une variable (globale) qui sera utilisée par une tâche pour effectuer le traitement associé. Le temps de réponse est alors le temps de réponse de la tâche mais l'évènement ne peut être manqué.

Utilisé pour des événements à ne pas manquer mais dont le traitement est plus long.

▶ **Traitement mixte** (une partie immédiate, une partie différée)

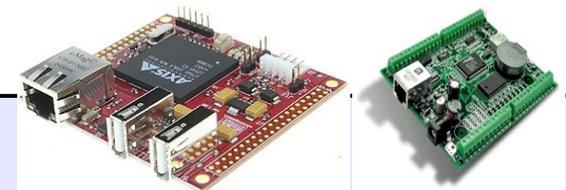


Interruptions : Traitement différé

```
unsigned char it;
void main(void) {
    .....;
    for( ;;) {
        .....;
        if ( it )
        {
            traitement ;
            it=0;
        }
        ..... ;
    }
}
```

```
#pragma code
#pragma interrupt isr
void isr(void)
{
    if(bit F){
        it = 1 ;
        RAZ bit F ; }
}
```

Rq : Si it vaut 1 lorsque, on arrive dans la routine c'est qu'on a manqué le traitement d'une interruption (overflow) On peut tester it et signaler une erreur.



Interruptions sur PIC18

Les différentes sources d'interruptions peuvent être soit :

Désactivées

Activées et assignées au vecteur de priorité haute
(0x000008)

r

Activées et assignées au vecteur de priorité basse
(0x000018)



Interruptions sur pic18

Chaque source d'interruption* possède trois bits qui contrôlent son fonctionnement :

- ▶ Un bit F (Flag) qui indique que l'événement s'est produit.
- ▶ Un bit E (Enable) qui autorise le programme à se dérouter vers le vecteur d'interruption (qui est fonction du bit P) lorsque F passe à 1.
- ▶ Un bit P (Priority) qui sélectionne le vecteur utilisé par la source correspondante (1 : High vector / 0 Low vector)

*sauf INT0 qui n'a pas de bit P (priorité toujours High)



Interruptions sur pic18

Le pic possède deux modes de fonctionnement :

RCONbits.IPEN=0 ;

Mode par défaut compatible Mid-Range (PIC16) :

Les priorités ne sont pas utilisées (bits P sans effet).

Seul le vecteur High (0x000008) est utilisé.

Les interruptions sont autorisées par INTCONbits.GIE et INTCONbits.PEIE (cf DS39564B ch 8.0 fig 8-1)

RCONbits.IPEN=1 ;

Les bits P fixent le vecteur utilisé par chaque source.

INTCONbits.GIEH autorise les sources assignées au vecteur haute priorité.

INTCONbits.GIEL autorise les sources assignées au vecteur basse priorité.



Mise en oeuvre avec C18

- ▶ 1/ Dans la séquence d'initialisation, autoriser la source a produire une interruption : Soit en mettant le bit E à 1, soit en passant des paramètres d'activation à la fonction Open du périphérique. Fixer la priorité par le bit P.
- ▶ 2/ En fin de séquence d'initialisation, autoriser globalement les interruptions selon le mode par GIE/PEIE ou par GIEH/GIEL.
- ▶ 3/ Ecrire une ou deux fonctions d'interruption.
void isr_high_vector(void);
void isr_low_vector(void);
- ▶ 4/ Placer un branchement (goto) vers les fonctions d'interruption aux adresses des vecteurs 8 et 18.

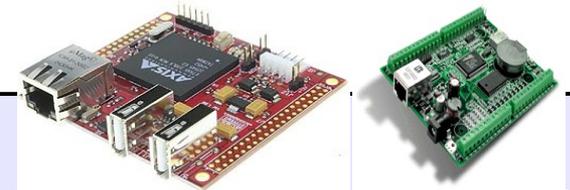


Mise en oeuvre avec C18

La fonction gestionnaire d'interruption doit :
tester chaque bit F pouvant déclencher l'interruption
Effectuer le traitement correspondant (rapidement!)

Remettre à zéro le bit F.

```
#pragma code
#pragma interrupt InterruptHandlerHigh
void InterruptHandlerHigh () {
  if (bit F source x ) {
    Traitement correspondant à la source x ;
    bit F source x = 0 ; }
  if (bit F source y ) {
    Traitement correspondant à la source y ;
    bit F source y = 0 ; }
  ....;
}
```



Placement des branchements

```
#pragma code InterruptVectorHigh = 0x08
void
InterruptVectorHigh (void)
{
    _asm
        goto InterruptHandlerHigh //jump to interrupt routine
    _endasm
}
```

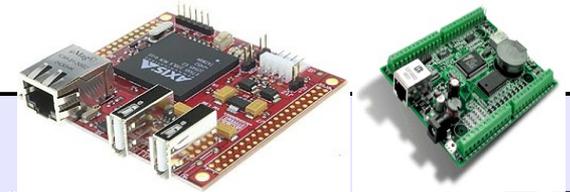
Idem pour le vecteur 0x18



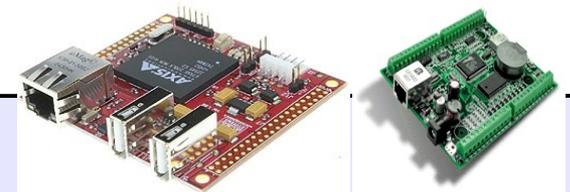
Exemples

<http://arlotto.univ-tln.fr/pic/pic18/interruptions/>

http://arlotto.univ-tln.fr/pic/pic18/liaison_serie/



Gestion du temps



Programmation temps réel

© Copyright 2005, Philippe Arlotto

Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 license

<http://arlotto.univ-tln.fr>

10 mai 2006



Temporisations

- ▶ Temporisations basées sur la durée des instructions
- ▶ Temporisations basées sur la durée de la boucle générale
- ▶ Temporisations basées sur une interruption périodique



Temporisations basées sur la durée des instructions

Ces temporisations consistent à répéter des instructions jusqu'à obtenir la durée voulue. On peut les réaliser à partir d'une boucle for (ou plusieurs imbriqués pour des durées plus longues) :

```
for (i=0; i <3000; i++) ;
```

Les durées obtenues sont précises et stables (basées sur l'horloge du μ P : quartz).

L'inconvénient majeur est de **bloquer la suite** du programme pendant la durée de la temporisation.

A réserver à des durées très faibles devant le temps de réponse souhaité.



Temporisation basé sur la durée de la boucle générale

Il suffit de déclencher un traitement une fois tous les N tours de la boucle générale. La durée obtenue est $N \cdot T_{\text{boucle}}$.

```
unsigned int n ;
n=0;
.....;
for(;;) {
.....;
n++;
if(n>=N) {
    Action périodique ;
    n = 0 ;
}
.....;
}
```

C'est simple à mettre en oeuvre mais c'est peu précis car T_{boucle} varie.



Temporisations basées sur une interruption périodique

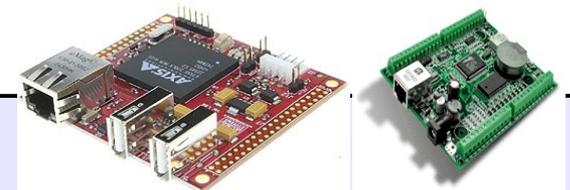
Principe:

Un timer génère un interruption périodique tous les dT .
Dans la routine d'interruption, on incrémente
une variable.

Quand cette variable a variée de N , c'est qu'il s'est écoulé
la durée $N.dT$.

Ce principe peut être implémenté de différentes manières
selon que l'on souhaite effectuer : des actions périodiques,
des actions à des dates déterminées, des actions
de durées déterminés, ...

C'est précis et non bloquant.



Une bibliothèque de temporisation

Une temporisation est vue comme l'association d'un *compteur* et d'un *état* (on peut utiliser une structure en C).

L'état peut prendre les valeurs suivantes :

STOP : la temporisation est arrêtée

START : la temporisation démarre

RUNNING : la temporisation est en cours

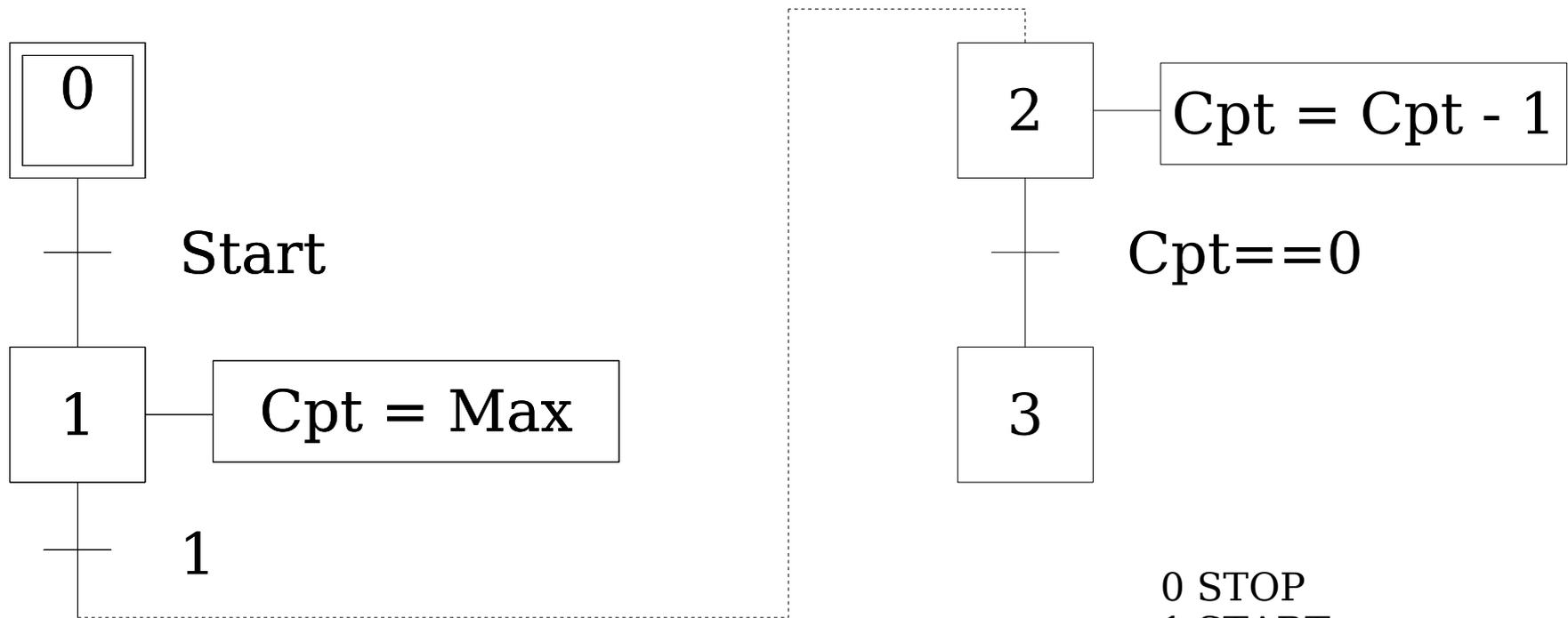
DONE : la temporisation est échue

Le compteur est une variable entière qui :
est chargée à sa valeur maximale (durée de la temporisation)
lorsque la temporisation est dans l'état START.
est décrementée à intervalle régulier dans l'état RUNNING
fait passer l'état à DONE lorsqu'elle vaut zéro



Une bibliothèque de temporisation

La temporisation est régie par le grafcet suivant qui est exécuté à intervalle régulier :



- 0 STOP
- 1 START
- 2 RUNNING
- 3 DONE



Une bibliothèque de temporisation

Le grafcet est écrit dans une fonction `timer_tick()` qui est :

- soit appelée régulièrement dans une fonction d'IT,
- soit appelée dans la boucle infinie mais ne s'exécutant que lorsque `SEC_TIMER` à changée depuis la dernière exécution.

La condition start est simplement réalisée par l'appel d'une fonction qui place le grafcet dans l'état `START` et charge la valeur maximale dans le compteur.



Une bibliothèque de temporisation

L'interface est réalisée par les fonctions suivantes :

```
void timer_start(int time); // lance la tempo pour time sec  
int timer_done(void) ; // retourne vrai si la tempo est échue
```

on peut rajouter les fonctions suivantes :

```
void timer_stop(void) ; // interrompt le décompte de la temporisation.  
void timer_restart(void) ; // relance la temporisation  
void timer_more(unsigned long time); // ajoute time secondes  
à une temporisation en cours.
```

En utilisant un tableau de structures et en ajoutant un numéro de temporisation en paramètre de chaque fonction, on peut aisément créer de nombreux temporisateurs indépendants.



Une bibliothèque de temporisation

Ces fonctions se révèlent très pratiques :

```
void main(void){
unsigned long time;
int x ;
brdInit();
x=0; ledOut(2,x);
  timer_start(5);
for( ;; )
{
  timer_tick();
  ....;

  if (timer_done())
  {
    x=1-x ;
    ledOut(2,x);
    timer_start(5-2*x);
  }
}
} // rien n'est bloquant !!
```

La led 2 clignote 5 sec
éteinte / 3 sec allumée

