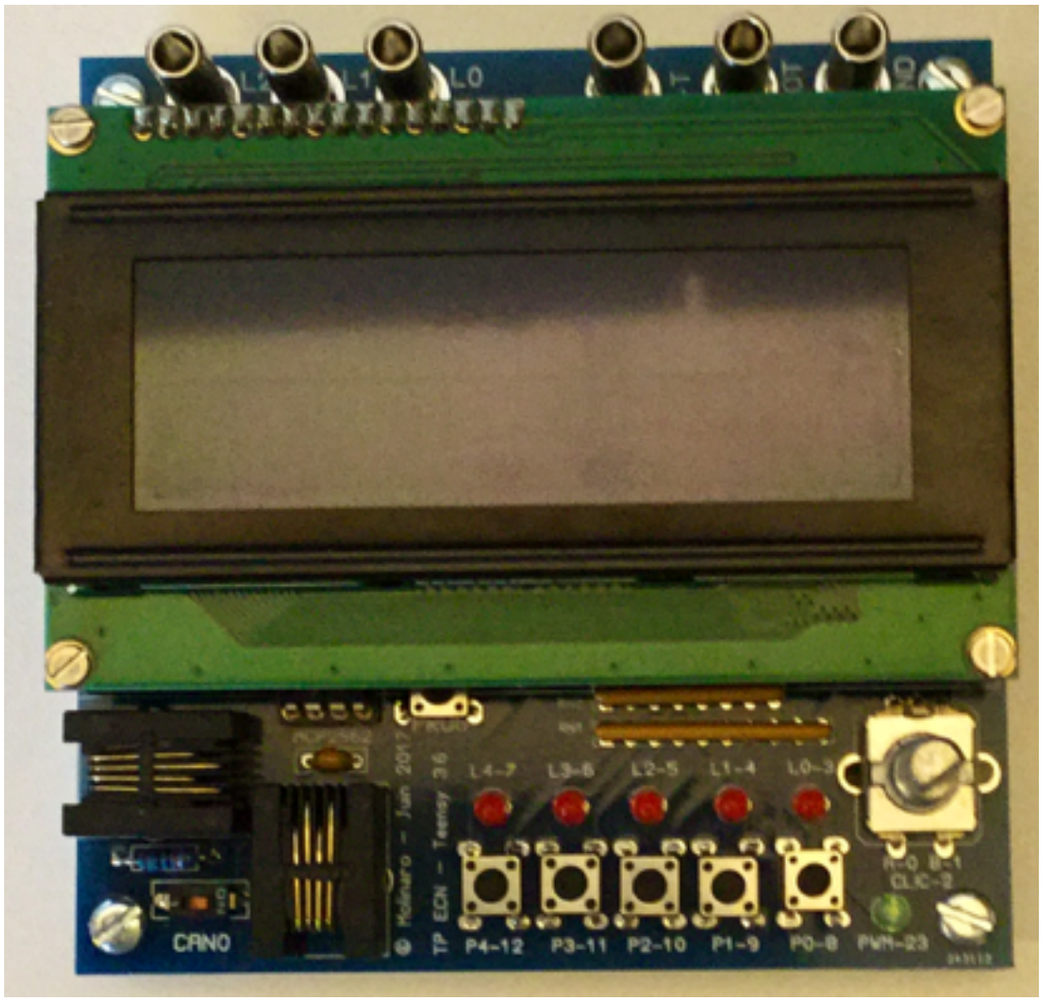
Temps Réel



Programme *16-synchronization-tools--wait-until*

Pierre Molinaro
Juin 2018

Description de cette étape

Nous allons étendre les outils de synchronisation avec la possibilité d'effectuer une attente jusqu'à une échéance. C'est une première extension, moins générale que les *commandes gardées*.

Ceci impose de faire des modifications importantes dans l'exécutif, que nous allons détailler dans les pages qui suivent.

Dupliquer le projet de l'étape précédente et renommez-le par exemple **16-synchronization +wait-until**.

Primitive `P_until`

C'est un exemple typique de ce que l'on veut écrire. La primitive **P_until** effectue une attente jusqu'à une échéance. C'est une méthode qui sera rajoutée à la classe **Semaphore**, et dont l'appel s'écrit :

```
bool r = s.P_until (MODE_ échéance) ;
```

Le fonctionnement est le suivant :

- si, au moment de l'appel le sémaphore est strictement positif, le sémaphore est décrémenté, et la primitive retourne immédiatement avec la valeur **true** ;
- si, au moment de l'appel le sémaphore est nul, et l'échéance est atteinte ou dépassée, et la primitive retourne immédiatement avec la valeur **false** ;
- sinon, la primitive est bloquante, la tâche est en attente sur le sémaphore et l'échéance, jusqu'à ce que :
  - la tâche est débloquée suite à l'invocation de **V** par une autre tâche ; la valeur **true** est retournée ;
  - la tâche est débloquée parce que l'échéance est atteinte ; la valeur **false** est retournée.

Dans tous les cas, la valeur de retour indique l'évènement qui a permis de passer la primitive :

- **true** si c'est le sémaphore ;
- **false** si c'est l'échéance.

Modifications à apporter à l’exécutif

Modifications à apporter à l'exécutif

Maintenant, une tâche peut se retrouver bloquée dans deux listes :

- la liste des tâches bloquées de l'outil de synchronisation ;
- la liste des tâches bloquées sur échéance.

Lors du déblocage par l'outil de synchronisation, il faut :

- enlever la tâche la liste des tâches bloquées sur échéance ;
- retourner la valeur **true**.

Lors du déblocage par l'atteinte de l'échéance, il faut :

- enlever la tâche la liste des tâches bloquées sur l'outil de synchronisation ;
- retourner la valeur **false**.

La valeur booléenne retournée est stockée temporairement dans un nouveau champ du descripteur de tâche, **mUserResult**.

Descripteur de tâches

Ajouter les champs **mBlockingList** et **mUserResult** au descripteur de tâche (fichier **xtr.cpp**) :

```
typedef struct TaskControlBlock {
//--- Context buffer
  TaskContext mTaskContext ; // SHOULD BE THE FIRST FIELD
//--- This field is used for deadline
  uint32_t mDeadline ;
//--- Task blocking list (nullptr if task is not blocked)
  TaskList * mBlockingList ;
//--- Task index
  uint8_t mTaskIndex ;
//--- User result
  bool mUserResult ;
} TaskControlBlock ;
```

Par défaut, ces champs sont initialisés par des zéros binaires, ce qui correspond aux valeurs **nullptr** et **false**.

Fonctions `kernel_setUserResult` et `getUserResult`

Ces deux fonctions sont à ajoutées dans le fichier **xtr.cpp** :

```
void kernel_setUserResult (KERNEL_MODE_ const bool inUserResult) {
  XTR_ASSERT_NON_NULL_POINTER (gRunningTaskControlBlockPtr) ;
  gRunningTaskControlBlockPtr->mUserResult = inUserResult ;
}

bool getUserResult (USER_MODE) {
  XTR_ASSERT_NON_NULL_POINTER (gRunningTaskControlBlockPtr) ;
  return gRunningTaskControlBlockPtr->mUserResult ;
}
```

Ajouter aussi la déclaration du prototype de ces fonctions dans **xtr.h** :

```
void kernel_setUserResult (KERNEL_MODE_ const bool inUserResult) ;

bool getUserResult (USER_MODE) asm ("get.user.result") ;
```

L'annotation **asm** suggère que la seconde est appelée par des routines assembleur.

CENTRALE NANTES

Fonction kernel_makeTaskReady

Ajouter l'argument **inUserResult** à la fonction **kernel_makeTaskReady** (fichier **xtr.cpp**) :

```
static void kernel_makeTaskReady (IRQ_MODE_
                                  TaskControlBlock * inTaskPtr,
                                  const bool inUserResult) {
  XTR_ASSERT_NON_NULL_POINTER (inTaskPtr) ;
  gReadyTaskList.enterTask (MODE_ inTaskPtr) ;
  inTaskPtr->mUserResult = inUserResult ;
}
```

Ensuite, pour tous les appels de cette fonction, ajouter comme nouvel argument la valeur **true**, sauf pour l'appel situé dans **irq_makeTasksReadyFromCurrentDate** où il faut ajouter **false**.

Fonction irq_makeTasksReadyFromCurrentDate

La fonction **irq_makeTasksReadyFromCurrentDate** (fichier **xtr.cpp**) est appelée à chaque interruption temps-réel ; si une tâche est débloquée, il faut la retirer de la liste des tâches bloquées d'un outil de synchronisation ; le champ **mBlockingList** du descripteur de tâche désigne cette liste, ou vaut **nullptr** si la tâche n'est pas bloquée sur un outil de synchronisation :

```
static void irq_makeTasksReadyFromCurrentDate (IRQ_MODE_
                                               const uint32_t inCurrentDate) {
  TaskList::Iterator iterator (MODE_ gDeadlineWaitingTaskList) ;
  TaskControlBlock * taskPtr ;
  while ((taskPtr = iterator.nextTask (MODE_))) {
    if (inCurrentDate >= taskPtr->mDeadline) {
    //--- Remove task from blocking list
      if (nullptr != taskPtr->mBlockingList) {
        taskPtr->mBlockingList->removeTask (MODE_ taskPtr) ;
        taskPtr->mBlockingList = nullptr ;
      }
    //--- Remove task from deadline list
      gDeadlineWaitingTaskList.removeTask (MODE_ taskPtr) ;
    //--- Make task ready
      kernel_makeTaskReady (MODE_ taskPtr, false) ;
    }
  }
}
```

CENTRALE NANTES

Fonction kernel_blockRunningTaskInList

La fonction **kernel_blockRunningTaskInList** (fichier **xtr.cpp**) bloque la tâche appelante dans la liste passée en argument. Il faut maintenant affecter l'adresse de cette liste au champ **mBlockingList** du descripteur de tâche :

```
void kernel_blockRunningTaskInList (KERNEL_MODE_ TaskList & ioWaitingList) {
  XTR_ASSERT_NON_NULL_POINTER (gRunningTaskControlBlockPtr) ;
//--- Insert in task list
  ioWaitingList.enterTask (MODE_ gRunningTaskControlBlockPtr) ;
  gRunningTaskControlBlockPtr->mBlockingList = & ioWaitingList ;
//--- Block task
  kernel_makeNoTaskRunning (MODE) ;
}
```

Fonction irq_makeTaskReadyFromList

La fonction **kernel_blockRunningTaskInList** (fichier **xtr.cpp**) rend prête la tâche bloquée la plus prioritaire dans la liste passée en argument. Il faut maintenant retirer la tâche de la liste des tâches bloquées sur échéance (la fonction **removeTask** n'a pas d'effet si la tâche n'est pas bloquée sur échéance) :

```
bool irq_makeTaskReadyFromList (IRQ_MODE_ TaskList & ioWaitingList) {
  TaskControlBlock * taskPtr = ioWaitingList.removeFirstTask (MODE) ;
  const bool found = taskPtr != nullptr ;
  if (found) {
    taskPtr->mBlockingList = nullptr ;
  //--- Remove from deadline list
    gDeadlineWaitingTaskList.removeTask (MODE_ taskPtr) ;
  //--- Make task ready
    kernel_makeTaskReady (MODE_ taskPtr, true) ;
  }
  return found ;
}
```

Fonction kernel_blockRunningTaskInListAndDeadline

C'est une nouvelle fonction à ajouter (fichier **xtr.cpp**) : elle effectue le blocage de la tâche appelante sur un outil de synchronisation et une échéance :

```
void kernel_blockRunningTaskInListAndDeadline (KERNEL_MODE_
                                               TaskList & ioWaitingList,
                                               const uint32_t inDeadline) {
  XTR_ASSERT_NON_NULL_POINTER (gRunningTaskControlBlockPtr) ;
//--- Insert in task list
  ioWaitingList.enterTask (MODE_ gRunningTaskControlBlockPtr) ;
//--- Insert in deadline list
  gRunningTaskControlBlockPtr->mDeadline = inDeadline ;
  gDeadlineWaitingTaskList.enterTask (MODE_ gRunningTaskControlBlockPtr) ;
//--- Block task
  kernel_makeNoTaskRunning (MODE) ;
}
```

Ajouter aussi la déclaration du prototype de cette fonction dans **xtr.h** :

```
void kernel_blockRunningTaskInListAndDeadline (KERNEL_MODE_
                                               TaskList & ioWaitingList,
                                               const uint32_t inDeadline) ;
```

CENTRALE NANTES

Modifications à apporter aux outils de synchronisation

Le sémaphore de Dijkstra : déclaration de `P_until`

Pas de modification des primitives existantes.

On va ajouter la primitive **P_until**. D'abord, sa déclaration dans la classe **Semaphore** (fichier **Semaphore.h**) :

```
//$bool-service semaphore.P_until

  public: bool P_until (USER_MODE_
                        const uint32_t inDeadline) asm ("semaphore.P_until") ;

  public: void sys_P_until (KERNEL_MODE_
                            const uint32_t inDeadline) asm ("service.semaphore.P_until") ;
```

Deux points sont à souligner :

- une nouvelle annotation de service : `//$bool-service` ; celle-ci signifie que la primitive va renvoyée une valeur booléenne — **P_until** est déclarée renvoyant **bool** — qui est en fait la valeur du champ **mUserResult** ;
- la fonction d'implémentation du service **sys_P_until** ne renvoie pas de valeur booléenne, elle déclarée avec **void**.

Le sémaphore de Dijkstra : implémentation de sys_P_until

Ajouter l'implémentation de la primitive **sys_P_until** dans le fichier **Semaphore.cpp** :

```
void Semaphore::sys_P_until (KERNEL_MODE_ const uint32_t inDeadline) {
  const bool userResult = mValue > 0 ;
  kernel_setUserResult (MODE_ userResult) ; // SOULD BE CALLED BEFORE TASK BLOCKING
  if (userResult) {
    mValue -= 1 ;
  }else if (inDeadline > millis ()) {
    kernel_blockRunningTaskInListAndDeadline (MODE_ mWaitingTaskList, inDeadline) ;
  }
}
```

Rappelons le fonctionnement de la primitive **P_until** décrit au début de ce document :

- si, au moment de l'appel le sémaphore est strictement positif, le sémaphore est décrémenté, et la primitive retourne immédiatement avec la valeur **true** ; [**kernel_setUserResult** est appelée avec la valeur **true**]
- si, au moment de l'appel le sémaphore est nul, et l'échéance est atteinte ou dépassée, et la primitive retourne immédiatement avec la valeur **false** ; [**kernel_setUserResult** est appelée avec la valeur **false**]
- sinon, la primitive est bloquante [**kernel_setUserResult** est appelée avec une valeur sans importance], la tâche est en attente sur le sémaphore et l'échéance, jusqu'à ce que :
  - la tâche est débloquée suite à l'invocation de **V** par une autre tâche [**irq_makeTaskReadyFromList** est appelé, ce qui provoque l'appel de **kernel_setUserResult** avec la valeur **true**] ; la valeur **true** est retournée ;
  - la tâche est débloquée parce que l'échéance est atteinte [**irq_makeTasksReadyFromCurrentDate** est appelé, ce qui provoque l'appel de **kernel_setUserResult** avec la valeur **false**]; la valeur **false** est retournée.

Le sémaphore de Dijkstra : appels svc engendrés

Après compilation, on examine le fichier engendré **zSOURCES/interrupt-handlers.s** (les numéros attribués aux appels **svc** peuvent être différents) :

```
semaphore.P:
  .fnstart
  svc #7
  bx  lr

...........

semaphore.P_until:
  .fnstart
  svc #8
  b   get.user.result
```

Pour la primitive **P**, l'annotation `//$service` engendre un appel qui se termine par un retour (instruction **bx lr**).

Pour la primitive **P_until**, l'annotation `//$bool-service` engendre un appel qui se termine par un branchement à la fonction **get.user.result**.

Travail à faire

Imaginer un programme qui met en évidence le fonctionnement de la primitive **P_until**.

Pour ceux qui sont en avance : implémenter les primitives d'attente temporisées sur les autres outils de synchronisation présentés à l'étape précédente.