Topic 5

Operating Systems in Industrial Applications

5 Operating Systems

- La informatica industrial a menudo trata de la programacion de pequeños sistemas informáticos sin muchos recursos.
- Si aumentamos la complejidad del hardware o de los algoritmos a emplear, necesitaremos de otra aplicación que nos ofrezca las funciones del sistema
  - Sistema Operativo
    - Aplicación industrial
      - se ejecuta en modo usuario
    - Sistema Operativo
      - en modo supervisor

5 Operating Systems

- **Tarea o Proceso → Programa en ejecucion**
- **Tarea es cualquier programa que se encuentre cargado en memoria desde la que es procesado por la CPU.**
- **Caracteristicas de las tareas**
  - **Deben ser lo mas independientes posibles del resto de tareas. No deben compartir datos con otras tareas**
  - **Tendrá sistemas para** intercambiar informacion con es exterior (E/S) y con el resto de tareas (sincronizacion)
  - Dispondrá de areas de memoria propias

5 Operating Systems

- **Multitarea**
  - **Monotarea.**
    - **Sistema informatico que solo puede mantener simultaneamente un programa de aplicación cargado en memoria**
  - **Multitarea.**
    - **Permite a varios programas simultaneamente**
    - **Paralelismo de grano gordo. ->Dan la sensacion de que varios trabajos independientes se ejecutan en paralelo**
    -
    - **Se aprovecha los tiempos de espera de una tarea para que ejecuten instrucciones otras tareas**

5 Operating Systems

- **Procesos**
  - El Sistema Operativo se encarga de administrar el tiempo, sincronizar y comunicar entre si a los procesos
  - Permite a tareas trabajar mientras otras esperan otros eventos
  - En un mismo sistema pueden existir tareas de tiempo real con tareas sin requerimientos temporales estrictos
  - El Sistema Operativo es el encargado de asegurar que se cumplen los tiempos de las tareas de TR

5 Operating Systems

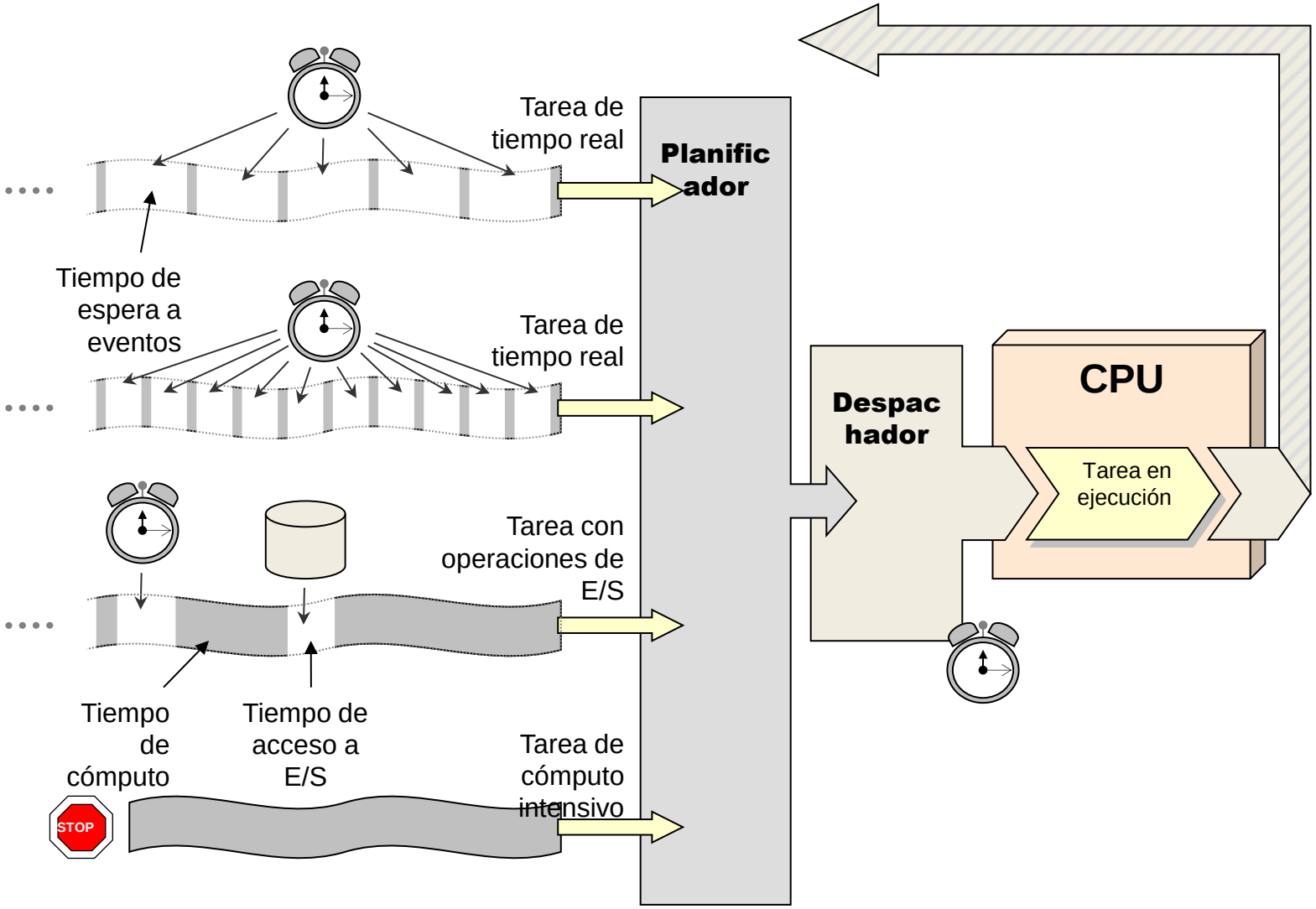


Figura -. Colaboración entre planificador y despachador.

5 Operating Systems

- **Procesos**
  - **Proceso→ Se pueden ver como contenedores de recursos**
    - **Tareas que ejecutan codigo**
    - **Memoria**
    - **Descriptores de archivos**
    - **Objetos que indican elementos software o hardware que se tienen en uso**

5 Operating Systems

- **Si una aplicación necesita realizar más de un trabajo,¿Cómo lo estructuramos?**
  - **Solucion 1**
    - Realizar una aplicación que vaya ejecutando en orden todos los trabajos que hay que realizar.
  - **Ventajas**
    - Sencillo
  - **Inconveniente**
    - No es eficiente. Si en uno de los trabajos se accede a hardware, toda la aplicación debe esperar a que el hardware responda

5 Operating Systems

- **Si una aplicación necesita realizar más de un trabajo,¿Cómo lo estructuramos?**
  - **Solucion 2**
    - Dividir toda la aplicación en trabajos, y asignar cada uno de ellos a un procesos.
    - Si necesito comunicar datos entre ellos, utilizar metodos de comunicación entre procesos (pipes, sockets, buffers de memoria,…)
  - **Ventajas**
    - Puede incrementar el rendimiento de la aplicación
    - Disminuye el tiempo de respuesta por la ejec. paralelo
  - **Inconveniente**
    - Se duplican los recursos
    - La comunicación entre procesos puede llegar a ser lenta

- **Si una aplicación necesita realizar más de un trabajo,¿Cómo lo estructuramos?**
  - **Solucion 3**
    - Permitir una ejecucion paralela de los diferentes trabajos **en el mismo proceso**
    - No necesito comunicar datos entre los flujos, ya que estos pueden acceder a todos los recursos
  - **Surgen para poder obtener esta solucion los subprocesos (o procesos ligeros o hilos)**

5 Operating Systems

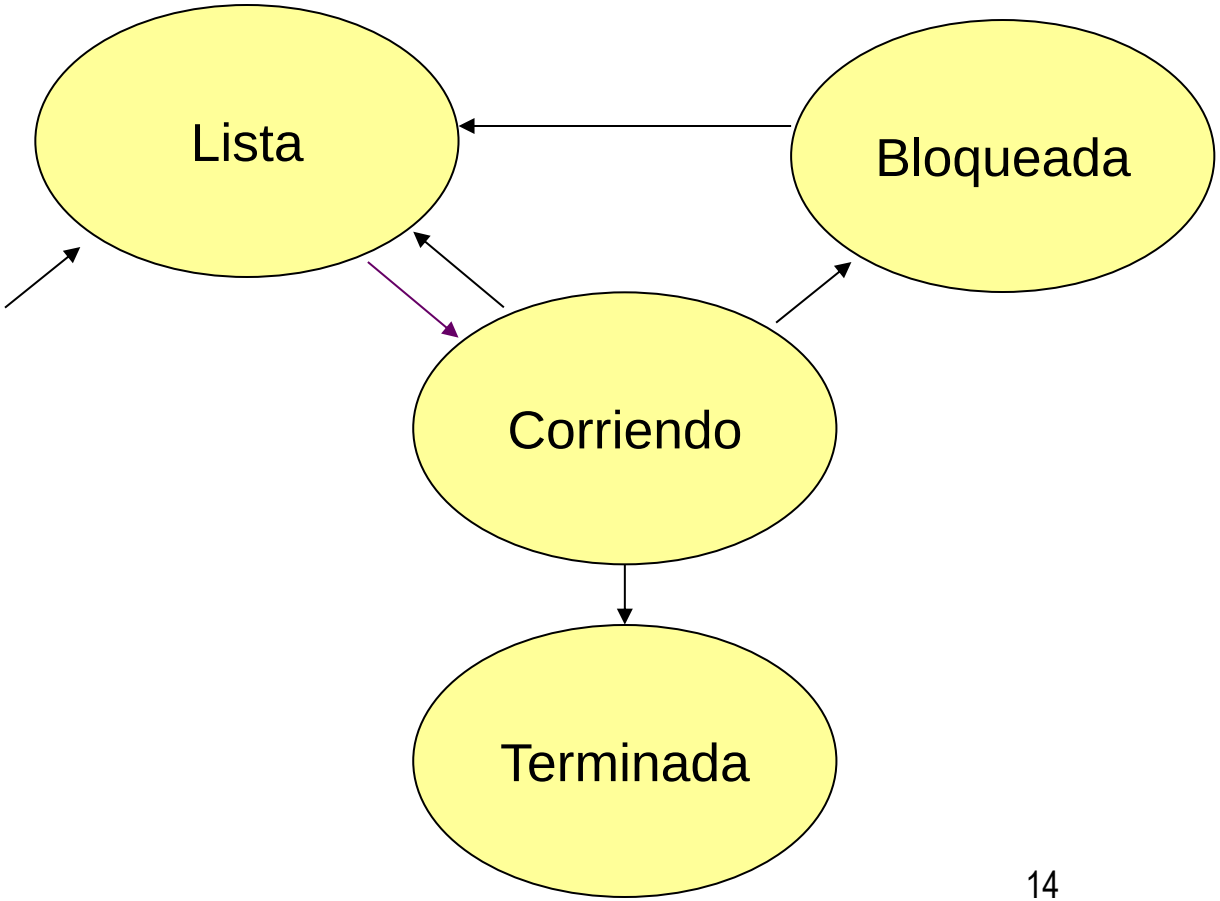
- El proceso es un contenedor de los recursos que utilice la aplicación
  - Memoria
  - Descriptores de archivos
  - Objetos que indican elementos software o hardware que se tienen en uso
  - Y..... Los hilos de los que haga uso

- **Hilos**
  - Cada proceso tendrá por lo menos un hilo
  - Los hilos son entes de ejecución de código, tareas que comparten recursos
  - Estado de un hilo lo define
    - Su propia pila
    - Los registros del procesador a nivel de usuario
    - Una estructura interna del núcleo con informacion adicional del estado del hilo
  - En la pila es donde se almacena la parte fundamental de su estado, que incluye fundamentalmente su estado

- **Hilos**
  - **Todos los recursos son compartidos por todos los hilos del proceso**
  - **Las variables globales y la memoria dinámica (como vimos está en la zona de memoria asignada a la parte de código) será compartida por todos los procesos→ Problema de concurrencia**

Hilos

Estados de un hilo



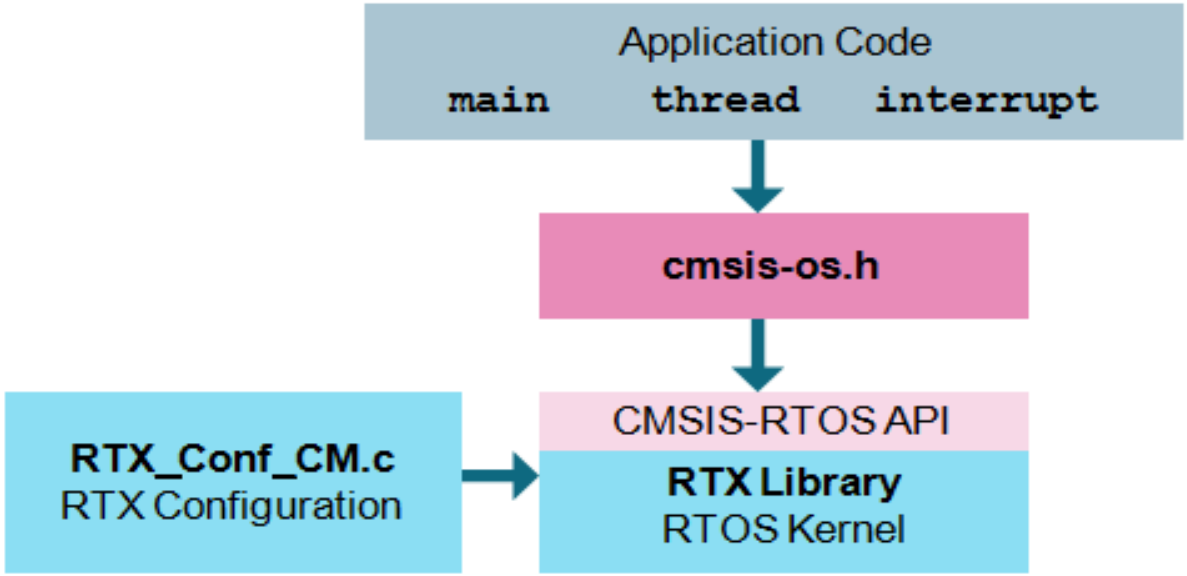
5 Operating Systems

- **Creacion de Hilos.**
  - Los sistemas operativos multihilados ofrecen a los usuarios la forma de crear hilos.
  - Nosotros en esta asignatura nos vamos a basar en un Sistema Operativo soportado por Cortex-M3: RTX.
  - RTX es un sistema operativo de tiempo real creado para dispositivos basados en el procesador Cortex-M. El Kernel de RTX se puede utilizar para crear aplicaciones que realizan varias tareas al mismo tiempo. Permite la programacion de aplicaciones de usuario usando el estándar de C y C++ y compilados con ARMCC, GCC o IAR compilator.

5 Operating Systems

Creacion de Hilos.

- El CMSIS-RTOS es una API (Interfaz de programación de aplicaciones) común para RTOS. Proporciona una interfaz de programación estándar que es portátil para muchos RTOS y por lo tanto permite que las plantillas de Software, middleware, bibliotecas y otros componentes soportados por RTOS
- El RTX CMSIS-RTOS gestiona los recursos del micro implementa el concepto de hilos paralelos que se ejecutan simultáneamente.



Creacion de Hilos.

- osThreadId osThreadCreate (const osThreadDef_t *thread_def, void *argument)
  - Crea un hilo y lo añadie a la lista de Hilos Activos en el estado de READY
  - **Parameters:**
    - [entrada] thread_def Puntero a una definicion de hilo realizada mediante osThreadDef y referenciada con osThread.
    - [entrada] argument Puntero a una variable que se pasa a la funcion del hilo como un argumento de entrada. t.
  - **returns:** ID del hilo para referenciar por otras funciones o NULL en caso de error.

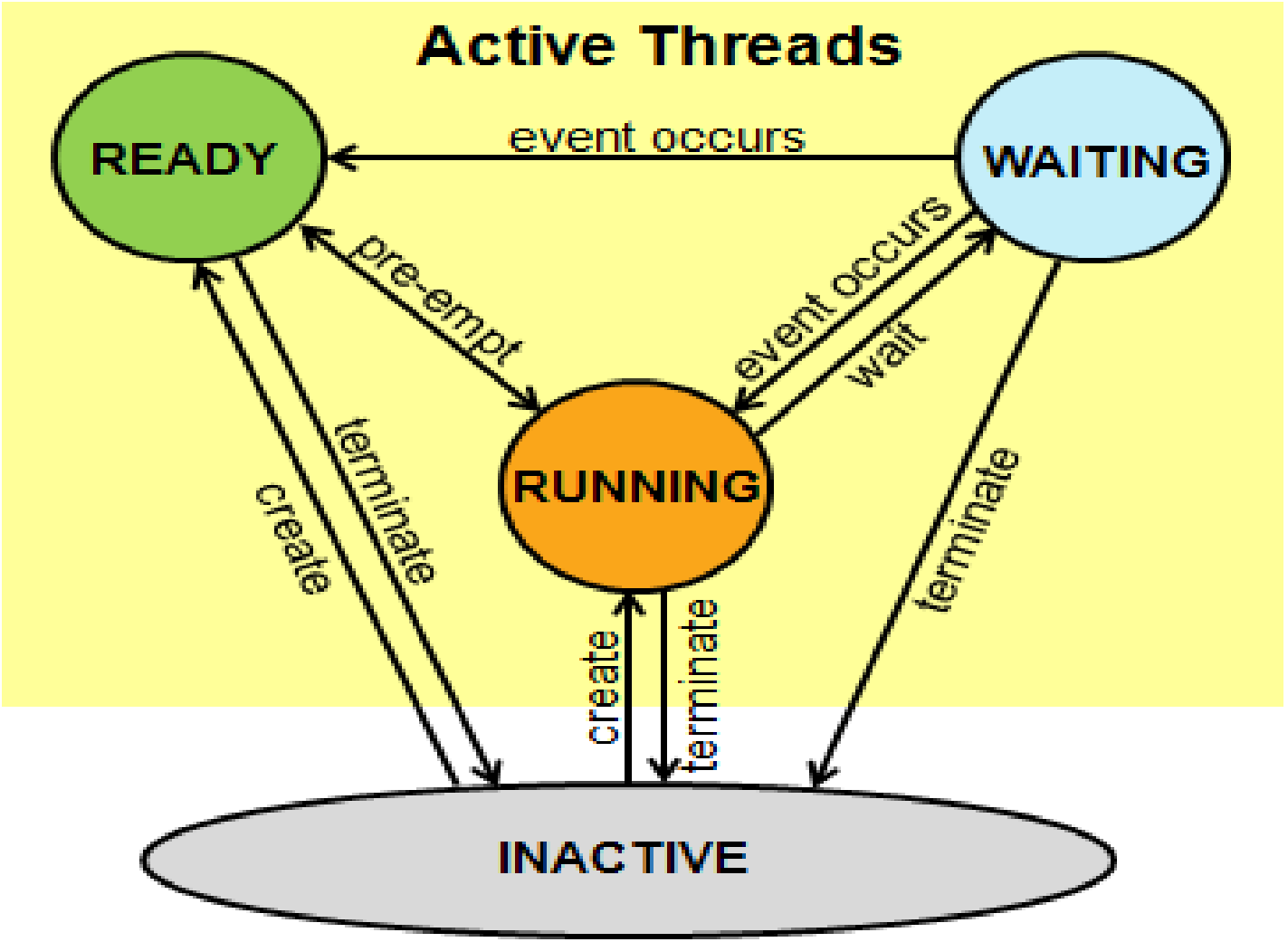
- **Inicia hilo asignado a una funcion y lo añade a la lista hilos activos, estableciendo su estado como READY. La función del hilo recibe el *argumento* como argumento de la función cuando se ésta se inicia. Cuando la prioridad de la función del hilo creado es superior al hilo RUNNING, el hilo creado comienza inmediatamente y se convierte en el nuevo hilo RUNNING** .

5 Operating Systems

Creacion de Hilos.

- La definicion de un hilo se realiza en dos fases:
  - Primero se define la funcion que va a ejecutar
    - void FuncionHilo(void const *arg);
  - A continuacion se define el tipo de hilo
    - osThreadDef (funtion_name,priority,instancias,stacksize)
- La prioridad del hilo tendra los valores
  - osPriorityIdle = -3,
    osPriorityLow = -2,
    osPriorityBelowNormal = -1,
    osPriorityNormal = 0,
    osPriorityAboveNormal = +1,
    osPriorityHigh = +2,
    osPriorityRealtime = +3,
    osPriorityError = 0x84
- Instancias: numero maximo de hilos con esta definicion que se crearan.
- StackSize. Tamaño de la pila del hilo (en bytes). 0->Tamaño standar.

5 Operating Systems



Creacion de Hilos.

- **Example**

```
#include "cmsis_os.h“

void Thread_1 (void const *arg); // function prototype for Thread_1
osThreadDef (Thread_1, osPriorityNormal, 1, 0); // define Thread_1

void ThreadCreate_example (void) {
osThreadId id;
id = osThreadCreate (osThread (Thread_1), NULL); // create the thread
if (id == NULL)
                    { // handle thread creation
                   // Failed to create a thread
                   }
osThreadTerminate (id); // stop the thread
}
```

Creacion de Hilos.

- osThreadId osThreadGetId (void)
  - Retorna el identificador osThreadId del hilo que la llama
- osStatus osThreadTerminate (osThreadId thread_id)
  - Finaliza la ejecucion del hilo que la llama y lo borra de la lista de Hilos Activos.
- osStatus osThreadSetPriority (osThreadId thread_id, osPriority priority)
  - Cambia la prioridad del hilo thread_id a la prioridad priority.

Concurrencia

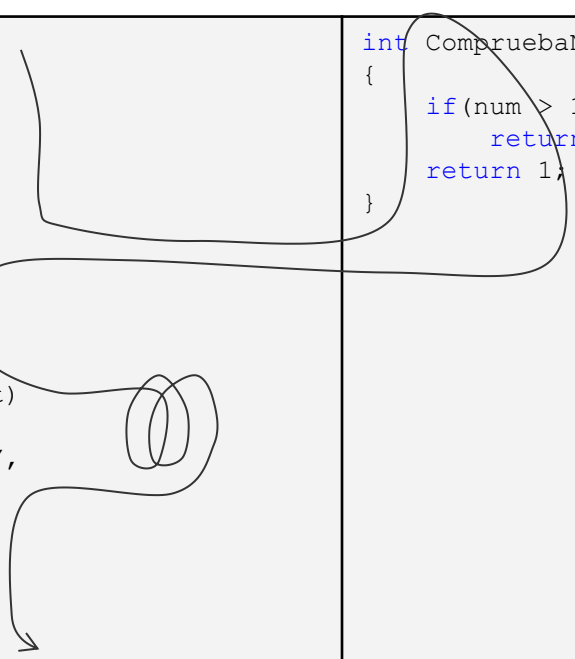
- Si dos sistemas pretenden usar simultaneamente un mismo recurso se dice que lo usan concurrentemente
- Eso puede provocar errores
  - de codigo→ modificaciones de la memoria compartida.
  - Dispositivo hardware→corrupcion de datos

5 Operating Systems

Código en lenguaje C

```c
int main(int argc, char** argv)
{
    int iNum, iCubo, iCont;
    printf("Introduzca un n°:");
    scanf("%d", &iNum);
    iCubo = iNum;
    if(!CompruebaNumero(iNum))
    {
        printf("Número no válido");
        return -1;
    }
    for(iCont = 0; iCont < 2; ++iCont)
        iCubo *= iNum;
    printf( "\nEl cubo de %d es %d\n",
            iNum, iCubo);
    return 0;
}
```

```c
int CompruebaNumero(int num)
{
    if(num > 1000)
        return 0;
    return 1;
}
```



5 Operating Systems

Código en lenguaje C

```c
int main(int argc, char** argv)
{
    int iNum, iCubo, iCont;
    printf("Introduzca un n°:");
    scanf("%d", &iNum);
    iCubo = iNum;
    if(!CompruebaNumero(iNum))
    {
        printf("Número no válido");
        return -1;
    }
    for(iCont = 0; iCont < 2; ++iCont)
        iCubo *= iNum;
    printf( "\nEl cubo de %d es %d\n",
            iNum, iCubo);
    return 0;
}
```

```c
int CompruebaNumero(int num)
{
    if(num > 1000)
        return 0;
    return 1;
}
void __attribute__ ((interrupt))
timer_interrupt (void)
{
    int num = GetVal();
    if(!CompruebaNumero(num))
        return;
    PutVal(num >> 2);
}
```

- g_num=gnum+num
  - MOV D0,Mem(g_num)
  - MOV D1,Mem(num)
  - ADD D0,D1
  - MOV Mem(g_num),D0

- **Concurrencia**
  - **En las zonas de código que usan variables globales o recursos compartidos, para evitar problemas se puede hacer el acceso indivisible o atómico→ deshabilitar interrupciones (no permitido en modo usuario)**

5 Operating Systems

Código en lenguaje C

```c
#include <stdio.h>
volatile int g_num;
int CompruebaNumero(int num);
int main()
{
    int iNum, iCubo, iCont;
    printf("Introduzca un n°:");
    scanf("%d", &iNum);
    iCubo = iNum;
    if(!CompruebaNumero(iNum))
    {
        printf("Número no válido");
        return -1;
    }
    for(iCont = 0; iCont < 2; ++iCont)
        iCubo *= iNum;
    printf( "\nEl cubo de %d es %d\n",
            iNum, iCubo);
    return g_num;
}
```

```c
int CompruebaNumero(int num)
{
    if(num > 10)
    {
    DeshabilitarInt();
   g_num = g_num + num;
    HabilitarInt();
        return 0;
    }
    return 1;
}
void __attribute__((interrupt))
timer_interrupt (void)
{
    int num = GetVal();
    if(!CompruebaNumero(num))
        return;
    PutVal(num >> 2);
}
```

- **Hilos**
  - **Las variables locales de un hilo no se comparten con otros hilos, aunque son físicamente accesibles desde otro hilo dentro del proceso.→El núcleo no las protege porque pertenecen al mismo proceso**

5 Operating Systems

- **Hilos**
  - **Ventajas**
    - Comparticion de recursos dentro del proceso
    - Rápidez de creación y destrucción de los hilos→ Se reserva espacio para una pila
    - Agil conmutacion entre los hilos que están dentro del mismo procesos.
    - Si un hilo dentro de un proceso se bloquea se puede pasar al siguiente hilo del mismo proceso y así no se bloquea toda la aplicación.
    - Se puede asignar prioridades a hilos del mismo proceso
    - Se puede dedicar hilos a cálculos de larga duración sin tener que paralizar a todo el proceso

- **Hilos**
  - **Inconveniente**
    - **Al compartir recursos, si no se programa con cuidado, la actuación de un hilo sobre un recurso puede corromper el uso del recurso de otro hilo del mismo proceso.**
    - **Ejemplo, Si dos hilos del mismo proceso esperan un dato cada uno de un lugar comun (buffer), si no se hace esta espera con cuidado, puede ocurrir que cada hilo se lleve el dato que espera el otro.**
    - **Ejemplo2, Problema visto de concurrencia en variables globales**

- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Son los mecanismos que se ofrecen por el Sistema Operativo o por una biblioteca de funciones para permitir la sincronización entre hilos.**
    - **Obtención de resultados de forma ordenada**
    - **Compartición de recursos.**
    - **Excluir ejecuciones entre hilos.**
    - **Permiten detener y reiniciar hilos**

- **Objetos de Sincronizacion**
  - Clasicamente, se define tres objetos de sincronizacion.
    - Semaforos contadores
    - Mutex
    - Variables condicionales
  - El objeto mas habitual es el semaforo
    - Permite ejecucion en exclusion mutua
    - Se puede usar a nivel de hilos y de procesos.

Objetos de Sincronizacion

- **Semaforo**
  - **Se trata de una variable entera sobre la cual se pueden realizar dos operaciones**
    - Incrementar→ V
    - Decrementar→ P
  - **Si el valor del semaforo es >0,**
    - una operación V suma 1 ese valor
    - una operación P resta 1 a ese valor

Objetos de Sincronizacion

- **Semaforo**
  - **Si el valor del semaforo es =0,**
    - El hilo que intentara hacer una operación P quedaría bloqueado
    - Para poder desbloquearse, otro hilo deberia hacer la operación V sobre ese semaforo.→ En este caso, el **primer** hilo de la cola se desbloquearia y continuaria su ejecucion.

- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Semaforo**
    - **Se usa mucho para limitar el numero máximo de hilos que pueden acceder simultaneamente a un recurso compartido.**
    - **Para esto, se inicializa el semaforo con el valor maximo de hilos que pueden acceder simultaneamente.**

Objetos de Sincronizacion

- **Semaforo**

```
semaforo sem = INICIA_SEMAFORO(3);


// Función llamada asíncronamente desde distintos hilos
void *acceso_a_recurso(void * pArg)
{
    decrementa(&sem);
    // Accede al recurso durante un intervalo de tiempo prolongado
    incrementa(&sem);
    return 0;
}
```

- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Semaforo**
    - **Dos tipos de semaforos**
      - Semaforo binario (mutex)→ Solo un hilo puede acceder a un recurso
      - Semaforo contador →Permite el acceso de varios hilos al recurso. Se pueden construir utilizando mutex.

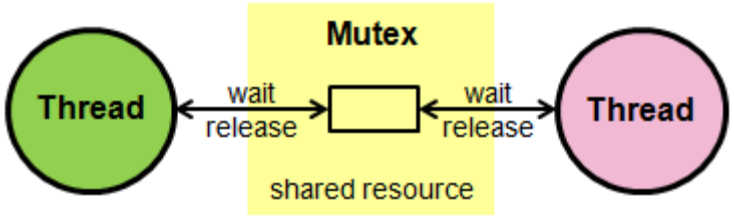
- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Mutex**
    - **Se asimila a un semaforo binario**
    - **Se usan para**
      - proteger la entrada a una seccion critica
      - Suspender un hilo
      - Sincronizar dos o mas hilos
    - **RTX ofrece funciones y estructuras para utilizar este objeto de sincronizacion**

5 Operating Systems

Objetos de Sincronizacion

- **Mutex**
- **Definiciones**
  - **osMutexDef (name)** Define un Mutex.
- **Funciones**
  - **osMutexId osMutexCreate (const osMutexDef_t *mutex_def)**
    - Crea e inicializa un objeto mutex definido mediante osMutexDef.
  - **osStatus osMutexDelete (osMutexId mutex_id)**
    - Elimina un objeto Mutex creado previamente con osMutexCreate
  - **osStatus osMutexWait (osMutexId mutex_id, uint32_t millisec)**
    - Realiza la operación P sobre el mutex. En caso de suspenderse, el tiempo maximo en el que permanecera suspedido sera millisec (si es 0, es hasta que otro hilo haga la operación V)
  - **osStatus osMutexRelease (osMutexId mutex_id)**
    - Realiza la operacion V sobre el mutex.

- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Mutex**
  - **Las funciones de gestión Mutex no se pueden llamar desde rutinas de servicio de interrupción (ISR).**



Objetos de Sincronizacion.

- **Example**

```
#include "cmsis_os.h"
    osMutexDef (MutexDefin); // Mutex name definition
    main {
    osMutexId mutex_id;
    osStatus status
    mutex_id = osMutexCreate (osMutex (MutexDefin));
    if (mutex_id != NULL) {  // Mutex object created
                                }
    status=osMutexWait (mutex_id,0);
    //  Accesss to the shared resource

    //End of the access to the shared resource
    status=osMutexRelease (mutex_id);

    stauts= osMutexCreate (osMutex (mutex_id));
    if(status != osOK) //Failure
    }
```

Objetos de Sincronizacion

- **Señales**
  - **Es un objeto de sincronizacion que permite notificar sucesos entre hilos**
    - Funciones de espera a eventos
    - Funcion de notificacion de eventos
  - **Un hilo se queda en el estado de WAITING hasta que otro hilo le notifica que ya debe salir de ese estado y pasar al estado de READY**
  - **RTX ofrece funciones y estructuras para utilizar este objeto de sincronizacion**

5 Operating Systems

- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Señales**
  - **Definiciones**
    - **#define osFeature_Signals 16**
      - número máximo de flags de señal disponibles por hilo.
  - **Funciones**
    - **int32_t osSignalSet (osThreadId thread_id, int32_t signals)**
      - Señaliza al hilo thread_id los flags indicados en signals.
    - **int32_t osSignalClear (osThreadId thread_id, int32_t signals)**
      - Desactiva los flags de señal signals en el hilo thread_id.
    - **os_InRegs osEvent osSignalWait (int32_t signals, uint32_t millisecs)**
      - Suspende el hilo en ejecución hasta que los flags indicados en la variable signals sean señalizadas por otro hilo, o pasen mas de mas de millisec milisegundos (0 ->espera hasta que sea señalizado sin limite de tiempo)

- **Objetos de Sincronizacion**
  - **Señales**
  - **RTX permite que las funciones de gestión de Señales puedan ser llamadas desde rutinas de servicio de interrupción (ISR).**

Objetos de sincronizacion

- **Example**

```
#include "cmsis_os.h"
void threadX (void const *argument);
osThreadId main_id;
osThreadId threadX_id;
osThreadDef(threadX, osPriorityNormal, 1, 0);

void threadX (void const *argument) {
for (;;) {
   /* Wait for completion of do-this */
   osSignalWait(0x0004, osWaitForever);   /* do-that */
   /* Pause for 20 ms until signaling event to main thread */
   osDelay(20);
   /* Indicate to main thread completion of do-that */
   osSignalSet(main_id, 0x0004);
        }
}
```

```
/*----------------------------------------------------------------------
 *   Main Thread
 *----------------------------------------------------------------------*/
int main (void) {

 /* Get main thread ID */
 main_id = osThreadGetId();
 /* Create thread X */
 threadX_id = osThreadCreate(osThread(threadX), NULL);
 for (;;) {    /* do-this */
  /* Indicate to thread X completion of do-this */
  osSignalSet(threadX_id, 0x0004);
  /* Wait for completion of do-that */
  osSignalWait(0x0004, osWaitForever);
  /* Wait now for 50 ms */
  osDelay(50);
 }
```

Objetos de Sincronizacion

Semaforos

- **Es otro objeto de sincronizacion de hilos y procesos**
- **Se asimila a una variable que almacena valores no negativos, sobre la que se pueden hacer dos operaciones**
  - Incrementar→ V
  - Decrementar→ P
- **Si el valor del semaforo es >0,**
  - una operación V suma 1 ese valor
  - una operación P resta 1 a ese valor
- **Si el valor del semaforo es =0,**
  - El hilo que intentara hacer una operación P quedaría bloqueado
  - Para poder desbloquearse, otro hilo deberia hacer la operación V sobre ese semaforo.→ En este caso, el **primer** hilo de la cola se desbloquearia y continuaria su ejecucion

Objetos de Sincronizacion

- Semaforos
- Definiciones
  - #define osFeature_Semaphore 65535
    - Maximo valor que puede tener un determinado semaforo
  - #define osSemaphoreDef(name)
    - Define un objeto semaforo.
  - #define osSemaphore(name)
    - Accede a una definicion de un objeto semaforo

5 Operating Systems

Objetos de Sincronizacion

- **Semaforos**
- **Funciones**
  - **osSemaphoreId osSemaphoreCreate (const osSemaphoreDef_t *semaphore_def, int32_t count)**
    - Crea e inicializa un objeto semaforo.
  - **osStatus osSemaphoreDelete (osSemaphoreId semaphore_id)**
    - Elimina un objeto semafor creado previamente con osSemaporeCreate
  - **osStatus osSemaphoreWait (osSemaphoreId semaphore_id, uint32_t millisec)**
    - Realiza la operación P sobre el semaforo. En caso de suspenderse, el tiempo maximo en el que permanecera suspedido sera millisec (si es 0, es hasta que otro hilo haga la operación V)
  - **osStatus osSemaphoreRelease (osSemaphoreId semaphore_id)**
    - Realiza la operacion V sobre el semaforo.

Objetos de sincronizacion

- **Example**

```
#include "cmsis_os.h"
    osSemaphohreDef (SemaphoreDefin); // Semaphore name definition
    main {
    osSemaphoreId semaphore_id;
    osStatus status
    semaphore_id = osSemaphoreCreate (osSemaphore (SemaphoreDefin),1);
    if (semaphore_id != NULL) {                  // Semaphore object created
                                    }
    status=osSemaphoreWait (semaphore_id,0);
    //  Accesss to the shared resource

    //End of the access to the shared resource
    status=osSemaphoreRelease (semaphore_id);

    stauts= osSemaphoreCreate (osSemaphore (semaphore_id));
    if(status != osOK) //Failure
    }
```