Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos

Sistemas Operativos en Tiempo Real

Clase 5: Sincronización de tareas (2da parte)

ACSE
Asociación Civil para la Investigación, Promoción y Desarrollo de los Sistemas Electrónicos Embebidos
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad de Buenos Aires
CIM
CADIEEL

Problema: Acceso a recursos globales.

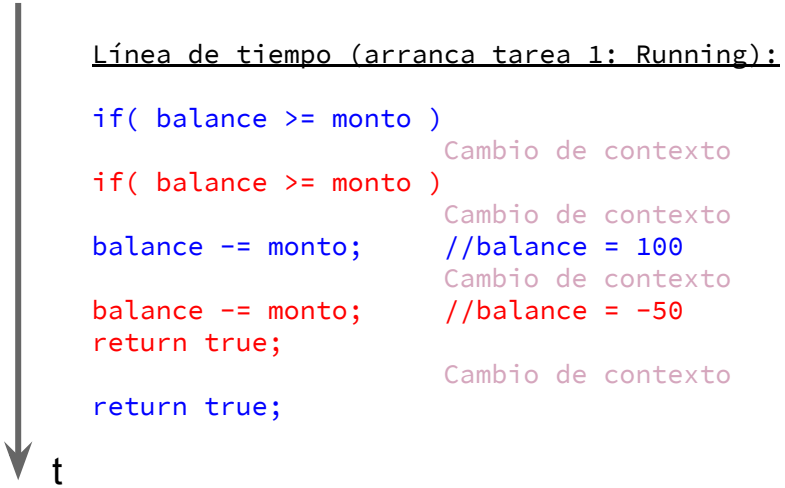
- Necesito utilizar un recurso global
  - ¿ Cómo se puede evitar el acceso concurrente al mismo?
- Ej: Una proceso envía bytes por un puerto serie, mientras que otro recibe comandos por USB una nueva configuración de ese puerto serial (baudrate, por ejemplo). Ambos no pueden "tocar" el periférico a la vez.
- Acceso concurrente significa acceder a un mismo recurso (RAM global, periférico, etc) por dos o más tareas "a la vez".
- Se necesita un mecanismo necesario para asegurar que un proceso acceda a un cierto recurso global en forma exclusiva al proceso.
- Pero... ¿ Que significa "a la vez" ?

Caso de estudio

```
int balance = 200; /* var compartida*/

bool QuitarFondos(int monto)
{
   if( balance >= monto )
   {
       balance -= monto;
       return true;
   }

   return false;
}
```

```
void Tarea1()
{
   /* codigo */
   int valor = RecibirPorUART(); //100
   if( QuitarFondos( valor) )
   {
      /* procedimiento de operación
         exitosa */
   }
   /* codigo */
}
```

```
void Tarea2()
{
   /* codigo */
   int valor = RecibirPorWeb(); //150
   if( QuitarFondos( valor ) )
   {
      /* procedimiento de operación
         exitosa */
   }
   /* codigo */
}
```

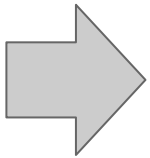


Condición de carrera:

Es una situación generada cuando el resultado de la ejecución de un grupo de tareas depende del orden en que éstas accedan a los recursos compartidos.

Ejemplo: Ocurre a nivel de assembler

```
uint32_t contador;

static void IncrementarCantidad()
{
    contador++;
}
```



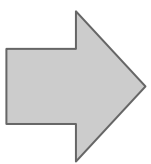
GCC para MSP430
Plataforma de 16 bits

```
IncrementarCantidad:
        MOV.W   &contador, R12
        MOV.W   &contador+2, R13
        MOV.W   R12, R14
        ADD     #1, R14 ; cy
        MOV.W   R13, R15
        ADDC    #0, R15
        MOV.W   R14, &contador
        MOV.W   R15, &contador+2
        NOP
        RET
```

GCC para AVR
Plataforma de 8 bits

```
IncrementarCantidad():
        push r28
        push r29
        in r28,__SP_L__
        in r29,__SP_H__
        lds r24,contador
        lds r25,contador+1
        lds r26,contador+2
        lds r27,contador+3
        adiw r24,1
        adc r26,__zero_reg__
        adc r27,__zero_reg__
        sts contador,r24
        sts contador+1,r25
        sts contador+2,r26
        sts contador+3,r27
        nop
pop r29
        pop r28
        ret
```

```
static void DecrementarCantidad()
{
    contador--;
}
```



```
DecrementarCantidad:
        MOV.W   &contador, R12
        MOV.W   &contador+2, R13
        MOV.W   R12, R14
        ADD     #-1, R14 ; cy
        MOV.W   R13, R15
        ADDC    #-1, R15
        MOV.W   R14, &contador
        MOV.W   R15, &contador+2
        NOP
        RET
```

```
DecrementarCantidad():
        push r28
        push r29
        in r28,__SP_L__
        in r29,__SP_H__
        lds r24,contador
        lds r25,contador+1
        lds r26,contador+2
        lds r27,contador+3
        sbiw r24,1
        sbc r26,__zero_reg__
        sbc r27,__zero_reg__
        sts contador,r24
        sts contador+1,r25
        sts contador+2,r26
        sts contador+3,r27
        nop
pop r29
        pop r28
        ret
```

Compiler explorer: https://godbolt.org/

Concurrencia y condición de carrera

- Concurrencia: Es una propiedad fundada en la dinámica de un sistema intentando, desde diferentes contextos, acceder "al mismo tiempo" a un cierto recurso.

- Las tareas en un sistema operativo apropiativo son:
  - Asincrónicas
  - Independientes
  - Las instrucciones de las mismas se intercalan en cualquier orden a causa del cambio de contexto.

- Condición de carrera (race condition) : Ocurre cuando dos o más procesos acceden un recurso compartido sin control, de manera que el resultado combinado de este acceso depende del orden de llegada.

Sección Crítica

- La sección crítica es una porción de código que, de ejecutarse concurrentemente por varias tareas, se realice de manera serializado (y no intercalado como en los ejemplos anteriores).

- Esto significa que la ejecución de secciones críticas deben ser de exclusión mutua.

```
while( 1 )
{
    ENTRAR_EN_SECCION_CRITICA();
    /*
    Seccion critica
    */
    SALIR_DE_SECCION_CRITICA();
    /*
    Seccion NO critica
    */
}
```

Reglas para una Sección Crítica

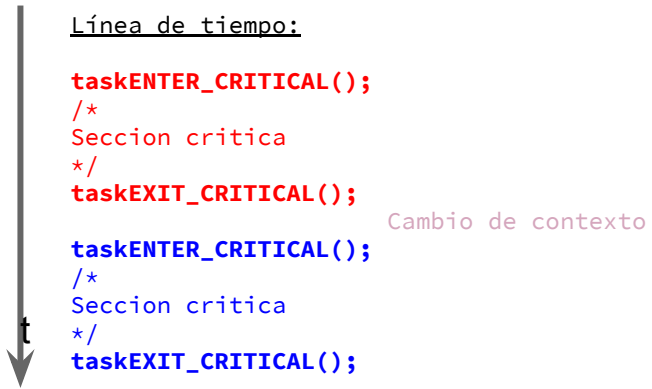
- Solo un contexto al mismo tiempo puede entrar en una sección crítica.
- Un contexto que quiera entrar en una sección crítica, no debe ser retrasado de forma indefinida.
- La ejecución de la sección crítica debe durar un tiempo reducido.
- Un contexto que está ejecutando código fuera de fuera de una sección crítica, no puede prevenir que otro entre.
- Cuando ningún contexto está dentro de la sección crítica, cualquier otro que quiera entrar, lo podrá hacer sin retraso.

¿ Como resolver el problema? #1

- Deshabilitar Interrupciones GLOBALMENTE durante la sección crítica.
  - Es buena cuando se implementan rutinas del Kernel del OS o cuando se está diseñando alguna librería o driver.

- Esta acción deshabilita CUALQUIER TIPO de cambio de contexto

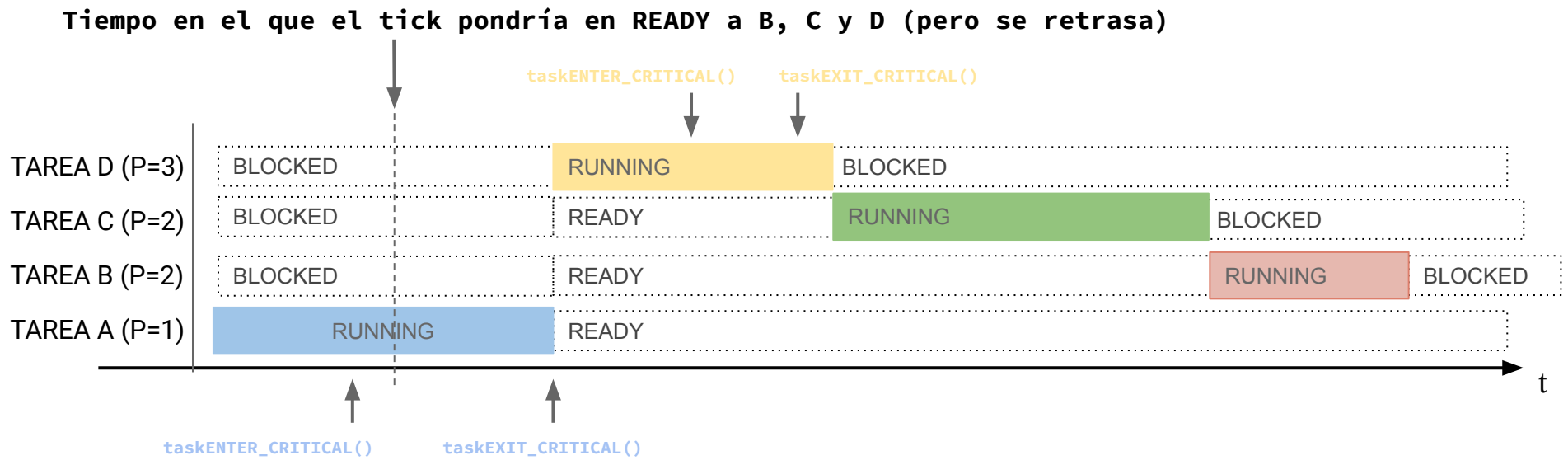
```
void FuncionCritica()
{
        taskENTER_CRITICAL();
        /*
        Seccion critica
        */
        taskEXIT_CRITICAL();
        /*
        Seccion NO critica
        */
}
```



- Desventajas
  - Esta acción podría atentar contra el tiempo de respuesta ante eventos críticos (si la SC tarda mucho en ejecutarse).

¿ Como resolver el problema? #1 EJ

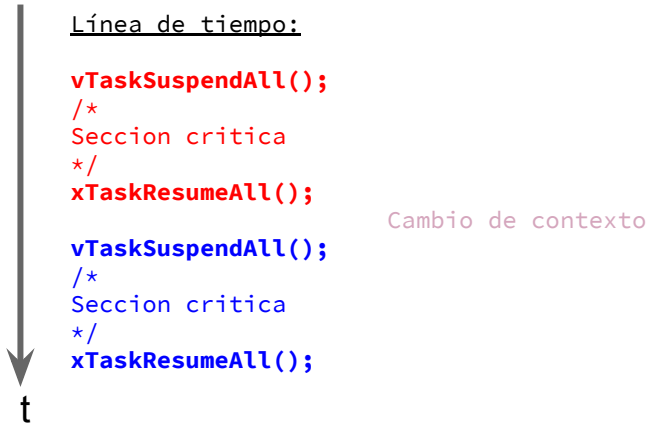
- Utilizando taskENTER_CRITICAL + taskEXIT_CRITICAL



¿ Como resolver el problema? #2

- Deshabilitar cambio de contexto de tareas

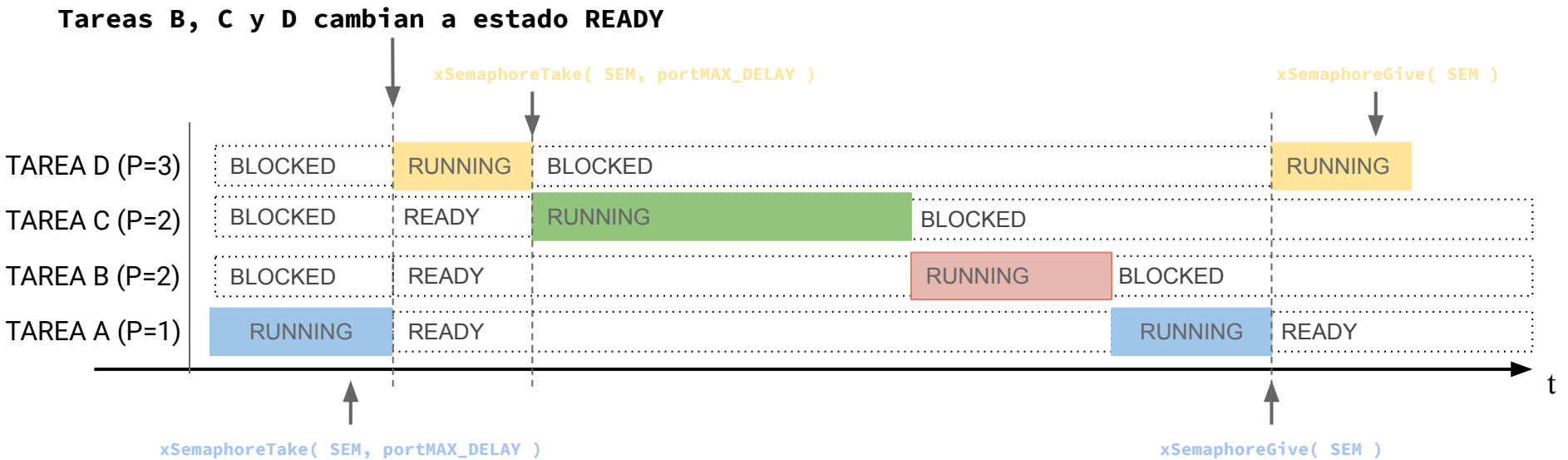
```
void FuncionCritica()
{
        vTaskSuspendAll();
        /*
        Seccion critica
        */
        xTaskResumeAll();
        /*
        Seccion NO critica
        */
}
```



- Desventajas
  - No previene que otras interrupciones accedan a los recursos globales.

¿ Como resolver **(MAL)** el problema?

- Utilizando un semáforo binario, se puede "abrir" y "cerrar" la sección crítica con xSemaphoreTake y xSemaphoreGive respectivamente.
  - Esto hace que el segundo proceso que quiera "entrar" en la sección crítica, quede bloqueado hasta que el primero que entró, libere al semáforo.



Inversion de prioridades

- Ocurre cuando dos tareas de diferente prioridad comparten un recurso. El recurso es accedido por la tarea de más baja prioridad y sin haberlo liberado, la tarea de alta prioridad comienza a ejecutarse. La tarea de alta prioridad va a querer usar el recurso, y como lo tiene “tomado” la otra, se bloquea, cediendo el CPU a la tarea de baja prioridad.

- Para minimizar este efecto, FreeRTOS incluye un tipo especial de semáforo binario llamado MUTEX que solo sirve para proteger (por exclusión mutua) a una sección crítica, minimizando el efecto de la inversión de prioridades.

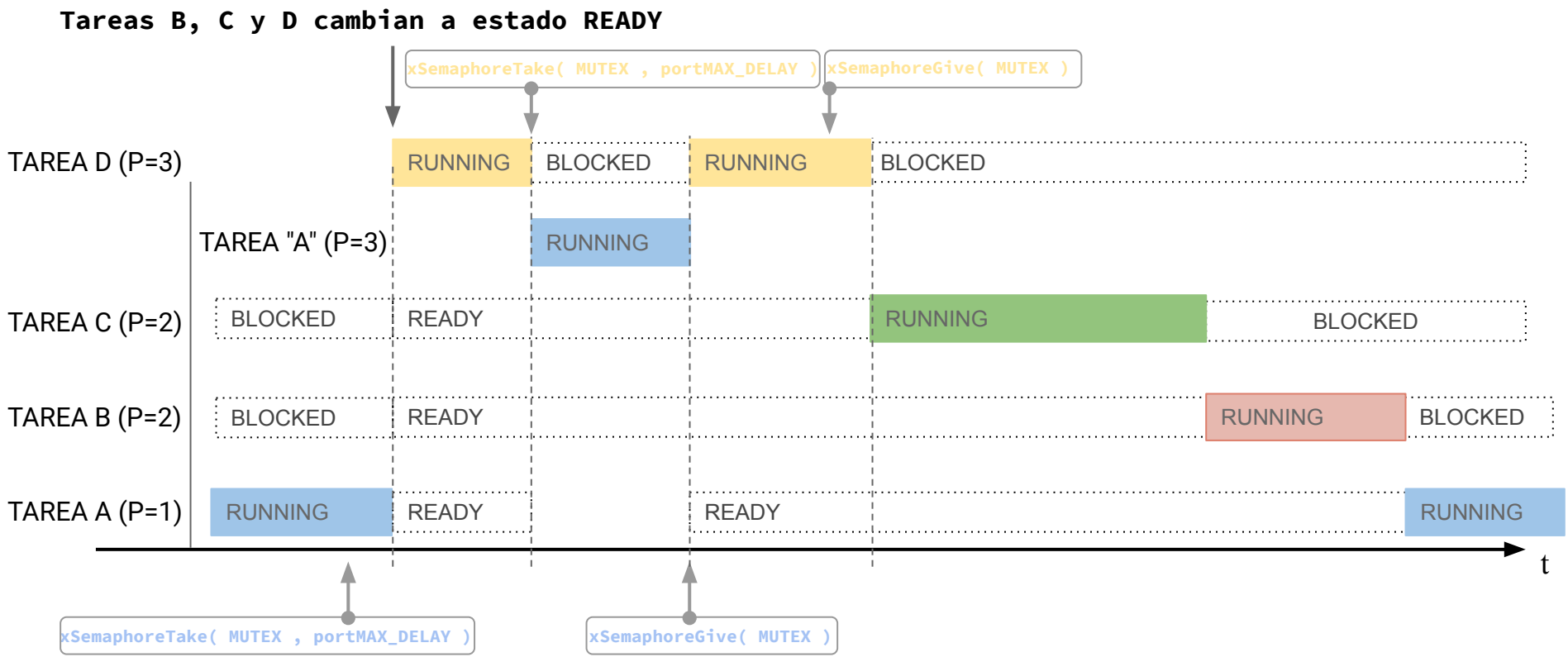
  El algoritmo usado es el de Priority Inheritance

Mutex

- El MUTEX es equivalente a un Semáforo Binario, pero con la diferencia que incluye el algoritmo de "priority inheritence" para minimizar el efecto la inversión de prioridades (no se puede evitar al 100%)
- Algoritmo:
  - La herencia de prioridad se basa en el siguiente mecanismo:
    Si una tarea de cierta prioridad (HPT) desea tomar un recurso ya tomado por una tarea de prioridad menor (LPT), entonces eleva la prioridad de LPT, para que al bloquear a HPT, el cambio de contexto se realice a LPT, y que ésta libere el recurso lo mas rapido posible. Al liberarlo, la LPT obtiene su prioridad original.
- Usa la misma API de semáforos, salvo la función para crearlo:

  SemaphoreHandle_t **xSemaphoreCreateMutex**(void)

Resolución con Mutex



¿ Como resolver el problema? #3

- Utilizando mutex
  - Tiene sentido cuando un recurso se utiliza durante un tiempo considerable desde varias tareas, de distintas prioridades.
  - Permite los cambios de contexto

```
SemaphoreHandle_t mut = xSemaphoreCreateMutex();

void FuncionCritica()
{
        xSemaphoreTake( mut , portMAX_DELAY );
        /*
        Seccion critica
        */
        xSemaphoreGive( mut );
        /*
        Seccion NO critica
        */
}
```

Línea de tiempo:

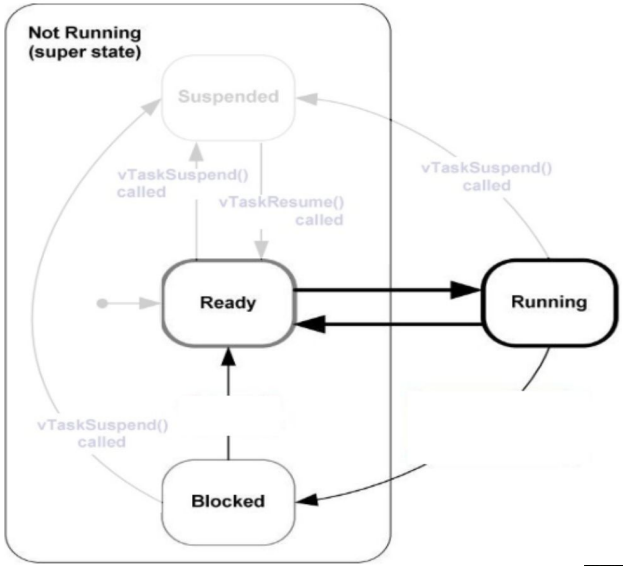
```
xSemaphoreTake( SEM, portMAX_DELAY );
/*
Seccion critica
*/
xSemaphoreGive( SEM );
                        Cambio de contexto
xSemaphoreTake( SEM, portMAX_DELAY );
/*
Seccion critica
*/
xSemaphoreGive( SEM );
```

Problemas en el uso de bloqueos

- La utilización de recursos del RTOS que dejen a tareas a la espera de eventos asincrónicos, hace al sistema elegible a problemáticas en su ejecución.

- Los problemas que se mencionan aquí están asociados a una falencia por parte del programador.

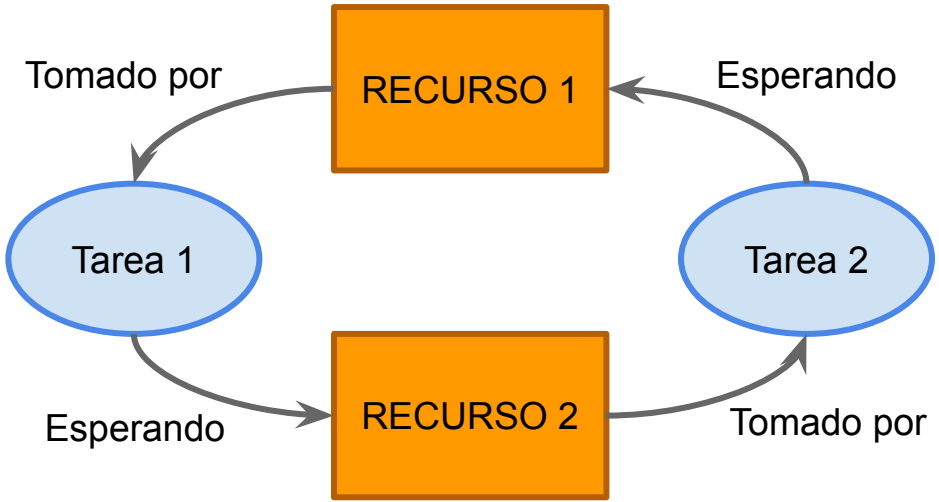
- En general están relacionados con:
  - Mala asignación de prioridades
  - Indebido uso de semáforos u otros elementos de sincronización entre tareas.
  - Eventos externos.



Deadlock

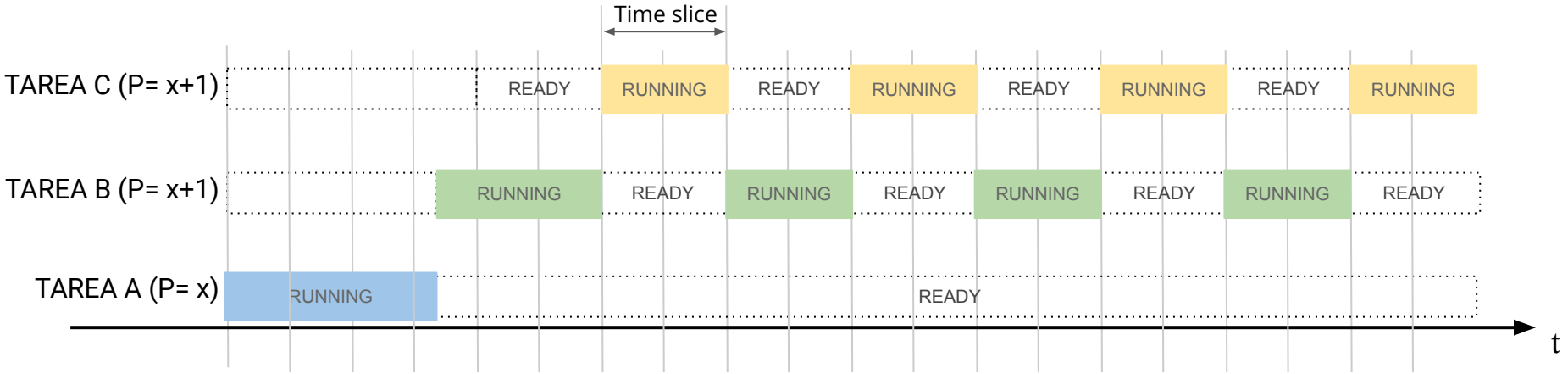
- Ocurre cuando dos (o más) tareas toman recursos utilizados por el otro hilo. Esto puede provocar que ambos hilos esperen la liberación del recurso tomado por el otro y se bloqueen indefinidamente.

```
Tarea 1                 Tarea 2

Tomar ( S1 );           Tomar( S2 );
Tomar ( S2 );           Tomar( S1 );




Liberar( S2 );          Liberar( S1 );
Liberar( S1 );          Liberar( S2 );
```



Starvation

- Ocurre cuando un proceso permanentemente está negando un recurso a otro para para que funcione.
  - ej : 2 tareas de igual prioridad se planifican según un algoritmo de round robin, y otra, de menor prioridad, no obtiene tiempo de CPU nunca.



Bibliografia

- The FreeRTOS™ Kernel
- FreeRTOS Kernel Documentation
- Introducción a los Sistemas operativos de Tiempo Real, Alejandro Celery - 2014
- Concurrencia - Sincronización, CAPSE, Franco Bucafusco, 2017
- FreeRTOS - Temporización, Cusos INET, Franco Bucafusco, 2017
- Condición de carrera, Wikipedia, Consultado 19/05/17
- Condiciones de Carrera o Competencia Consultado 24/9/21

Licencia

"Sincronización de Tareas en FreeRTOS (parte 2)"