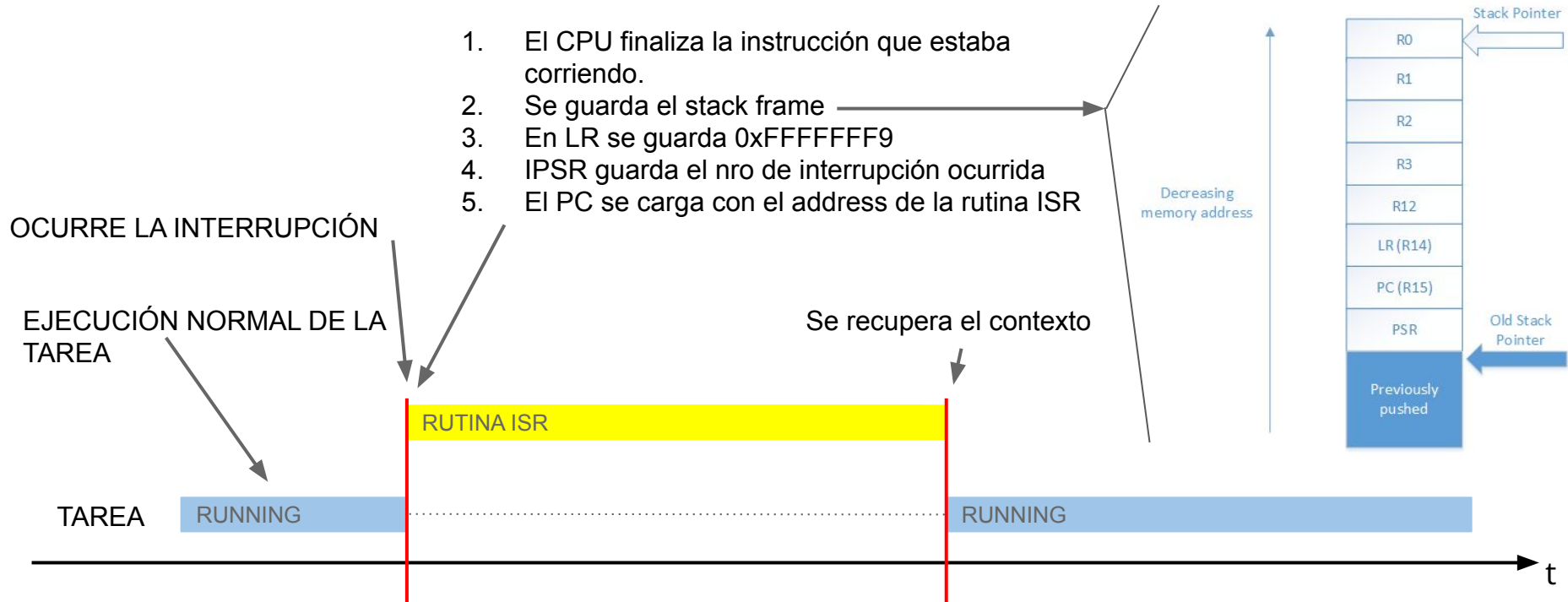


Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos

Sistemas Operativos en Tiempo Real

Gestión de Interrupciones.

¿QUÉ OCURRE DURANTE LAS ISRs?



Todo este proceso lo gestiona el hardware: **El RTOS no se entera!**

Tareas e Interrupciones

- Las tareas son elementos de software controladas por el RTOS.
- Los handler de interrupción, son controlados por el hardware. Su prioridad no tiene nada que ver con la prioridad asignada a las tareas.
- Los handler de interrupción pueden anidarse.
- Las tareas se ejecutan siempre y cuando no haya ningún handler de interrupción pendiente.
 - El handler de interrupción de menor prioridad (por hardware) será el techo de prioridad de todas las tareas implementadas.
 - O sea, cualquier handler interrumpirá a cualquier tarea, cualquiera sea su prioridad (salvo que las ISR estén enmascaradas)

¿ Cómo es el cambio de contexto ?

Se llama a Scheduler, y se busca de la cola de Ready la 1ra tarea de más prioridad

Se guarda el contexto de A
Se cambia de estado a Blocked

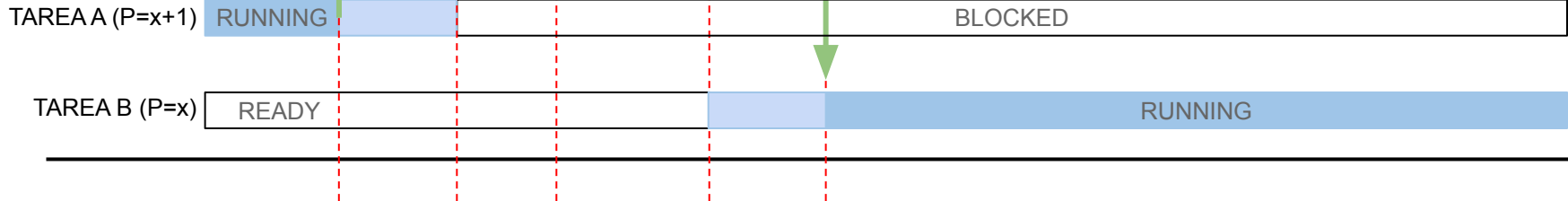
Se recupera el contexto de B.
Se quita a B de la cola de tareas en ready y se cambia a Running.

El retorno de la rutina de ISR, el contexto cargado en el stack se recupera.

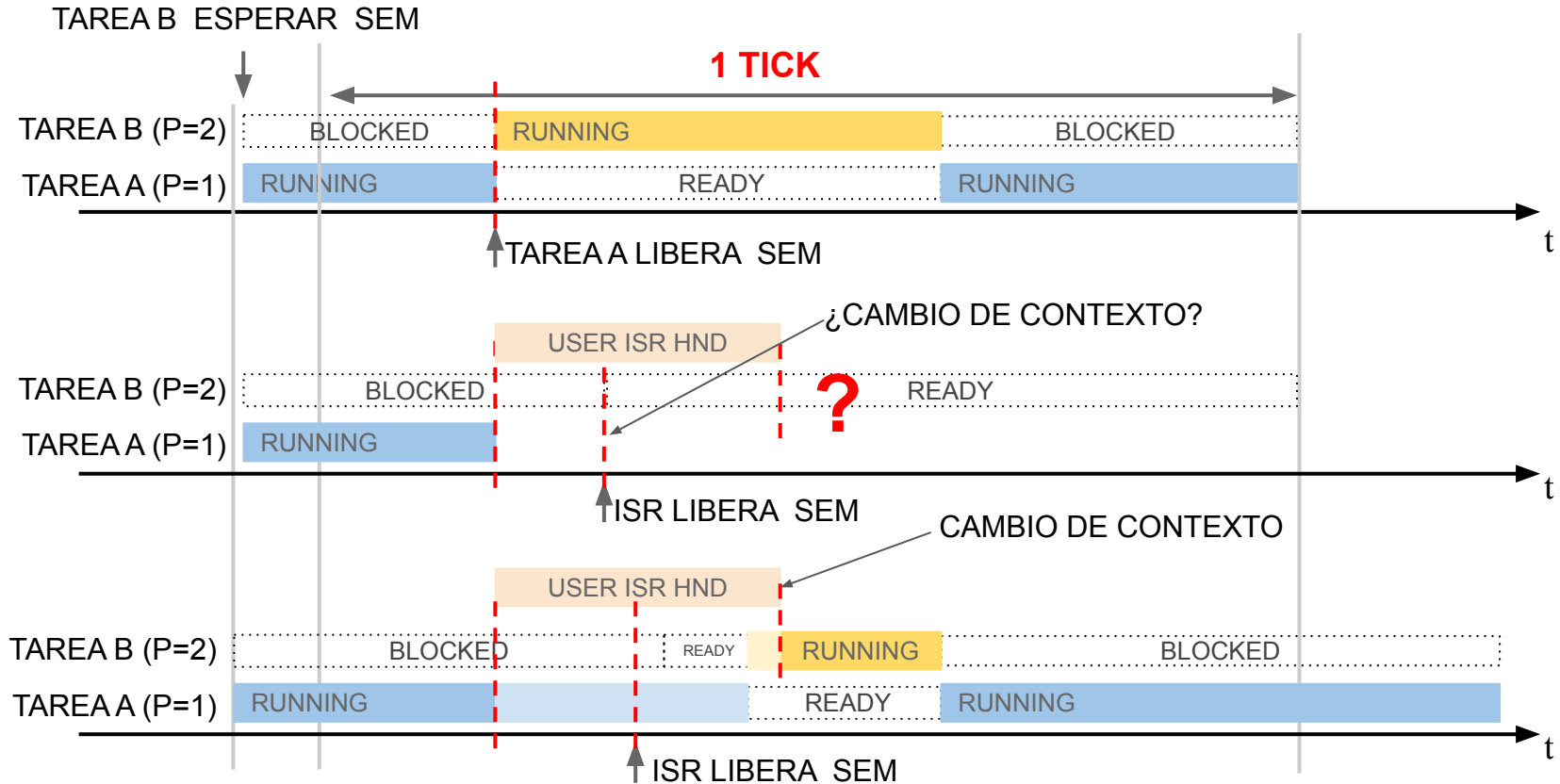
Tarea A llama a API bloqueante

ISR USADA POR RTOS

El código de este Handler, es parte de la parte portable Kernel del RTOS!

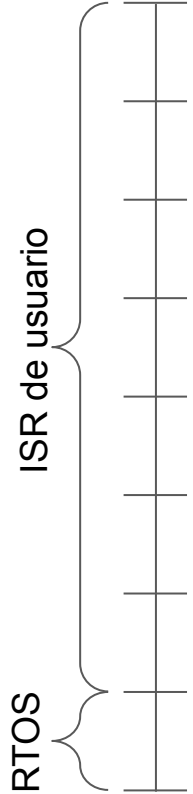


¿Cómo se integran las ISR de usuario al RTOS ?

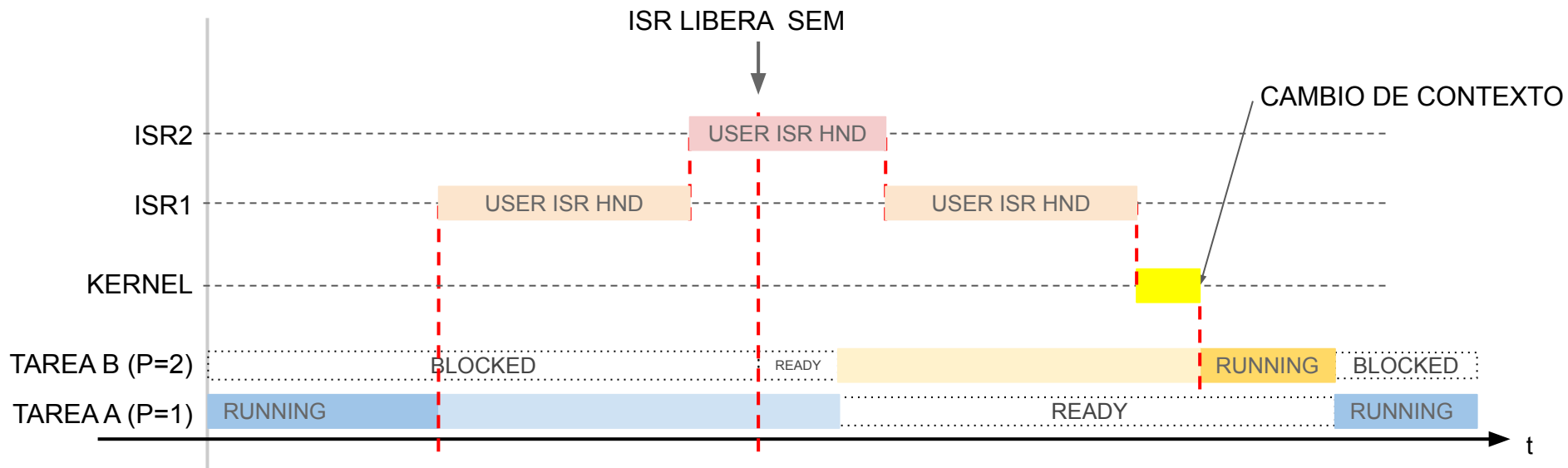


¿ Que ISRs Utiliza el RTOS ?

- Los cambios de contexto ocurren en la ISR de la menor prioridad de hardware.
 - En ARM las prioridades se pueden cambiar.
 - En otras plataformas, que no poseen recursos de hardware para correr un RTOS, se las arreglan con instrucciones de ASM.
- Las interrupciones utilizadas por un OS, dependen de la plataforma.
 - Por ej: Algunos RTOS sobre ARM utilizan solo en PendSV para generar el contexto. Otros, además de PendSV, también utilizan al SVC.



ISR de usuario + ISR de kernel



Interrupciones en FreeRTOS



- Todas las funciones de la API que se pueden usar en un handler de interrupción finalizan con **FromISR()**
- Todas las funciones **...FromISR()** llaman al scheduler, para conocer cuál es la siguiente tarea a ejecutar.
- A todas las funciones **...FromISR()** habrá que pasarle un nuevo parámetro que indicará si hay que realizar un cambio de contexto o no.
- Como NO SE PUEDE utilizar bloqueos
--> NINGUNA de las funciones **...FromISR()** poseen el timeout.

Ejemplo de Handler



```
void vTimerISR( )
{
    static unsigned char contador= 0;

    BaseType_t despertito_tarea_mas_prioritaria = pdFALSE;

    /* decremento contador */
    contador++;

    if( contador>= MAX )
    {
        /* libera un semaforo */

        xSemaphoreGiveFromISR( xSemaphore, &despertito_tarea_mas_prioritaria );

        /* resetea contador */
        Contador = 0;
    }

    /* si una tarea de mayor prioridad se despertó, se realiza el cambio de contexto */

    portYIELD_FROM_ISR( despertito_tarea_mas_prioritaria );
}
```

Ejemplo:



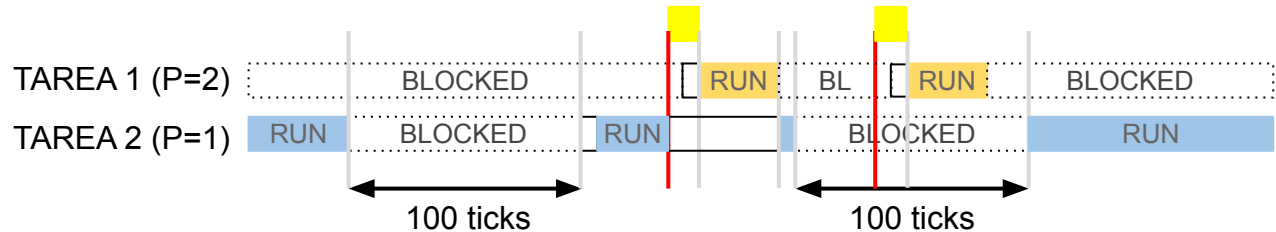
```
void tarea1(void *p)
{
    while(1)
    {
        xSemaphoreTake( SEM , portMAX_DELAY );
        /* código crítico */
    }
}
```

```
void GPIO0_Handler( )
{
    BaseType_t desperto = pdFALSE;

    xSemaphoreGiveFromISR( SEM , &desperto );

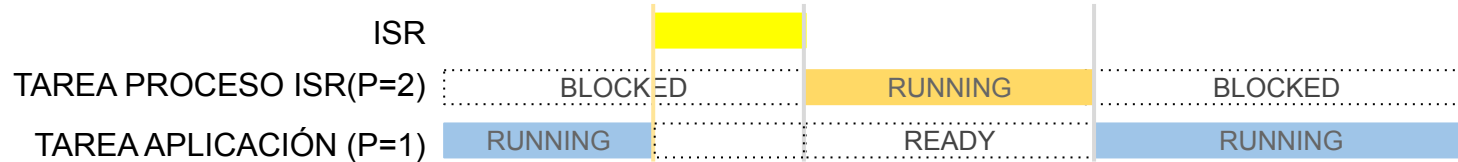
    portYIELD_FROM_ISR( desperto );
}
```

```
void tarea2(void *p) /* p2 < p1 */
{
    while(1)
    {
        vTaskDelay( 100 );
        /* código no tan importante */
    }
}
```



- Los handlers deben ser **lo más corto posible** porque:
 - Cualquier tarea va a ser retrasada por la ejecución del mismo.
 - El tiempo de ejecución de un handler puede agregarle mucha latencia variable a una tarea crítica.
 - Interrupciones múltiples, podrían empeorar el escenario.

Deferred Interrupt Handling

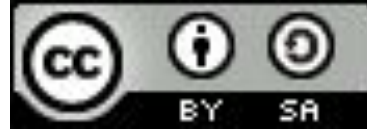


- El Handler de ISR registra el evento de HW y limpia registros. Señaliza via cola o semáforo de la ocurrencia del evento.
- Una tarea de prioridad mayor al resto, procesa el evento.
- Se utiliza cuando:
 - Se necesitan procesamiento de ISR con tiempo de ejecución largos
 - Existe algún beneficio en usar API normal en vez de usar ...FromISR.
 - Se aceptan algunas latencias extras en el procesamiento de la ISR (menor determinismo)

Bibliografia

- [Amazon FreeRTOS - Interrupt management](#)
- Introducción a los Sistemas operativos de Tiempo Real, Alejandro Celery - 2014
- Interrupciones, CAPSE, Franco Bucafusco, 2017
- Interrupciones - Ejemplos con FreeRTOS, CESE, Franco Bucafusco, 2017
- [Deferred Interrupt Handling](#)

Licencia



"Gestión de Interrupciones en FreeRTOS"

Por Mg. Ing. Franco Bucafusco, se distribuye bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)