INSTITUTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA UDELAR

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

Otros servicios de los RTOS

Sistemas embebidos para tiempo real

NEON
Network of Competence on Internet of Things

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Índice

- Introducción
- Comunicación entre tareas:
  - Queues (colas de mensajes)
  - Buzón (mailbox)
  - Eventos
- Gestión del tiempo
- Gestión dinámica de memoria
- Interrupciones en RTOS

Introducción

- Servicios básicos de RTOS
  - Planificador de tareas (multitarea)
  - Semáforos: comunicación y sincronización entre tareas
- Servicios adicionales para comunicación entre tareas:
  - Cola de mensajes (queue)
  - Buzón de correo (mailbox)
  - Tuberías (pipes)

Cola de mensajes

- Características:
  - Permite el envío de mensajes entre tareas.
  - Mensajes organizados como un buffer circular.
- Normalmente se usan cuando:
  - Se necesita un almacenamiento temporal para ráfagas de datos.
  - Existen varios generadores de datos y un sólo consumidor y no queremos bloquear a los generadores.
- Dos estrategias:
  - Se envía un puntero a los datos del mensaje (μC/OS-II)
  - Se copian los datos directamente (otros)

Cola de mensajes: Preguntas

- ¿Qué pasa si leemos cuando la cola esta vacía?
  - Más común: se bloquea a la tarea que llama.
  - Muchos RTOS ofrecen dos funciones para leer:
    - Lee de la cola y se bloquea si está vacía.
    - Lee de la cola y retorna (inmediatamente) un error si está vacía.
- ¿Qué pasa si queremos escribir y está llena?
  - Más común: se retorna un error.
    - Quien llama debe verificar el valor retornado: ¿Qué hacer?
  - Menos común: se bloquea hasta que haya lugar.
    - Obviamente esta versión no puede llamarse desde ISR.
  - Ninguna solución se adapta a todas la necesidades.

Cola de mensajes: ejemplo

- Registro de errores (logs)
  - Task1 y Task2: tareas de alta prioridad
    - requerimientos temporales exigentes
  - Si detectan errores necesitan registrarlos
    - almacenamiento en memoria no volátil o transmisión (demora mucho)
  - Solución: ErrorTask (tarea baja prioridad)
    - No afecta el tiempo de respuesta de Task1 y Task2
  - Comunicación de errores
    - Opción: cola de mensajes (se indica tipo error con un entero)

```
/* RTOS queue function prototypes */

void AddToQueue (int iData);
void ReadFromQueue (int *p_iData);

/* Task1: high priority*/
void Task1 (void)
{
    ...
    if (!! problem arises)
        vLogError (ERROR_TYPE_X);
    !! other things that need to be done
    ...
}

/* Task2: high priority */
void Task2 (void)
{
    ...
    if (!! problem arises)
        vLogError (ERROR_TYPE_Y);
    !! other things that need to be done
    ...
}
```

```
void vLogError (int iErrorType)
{
    AddToQueue (iErrorType);
}

static int cErrors;

/* ErrorTask: low priority*/
void ErrorsTask (void)
{
    int iErrorType;
    while (TRUE)
    {
        ReadFromQueue (&iErrorType);
        ++cErrors;
        !! Send cErrors, iErrorType
    }
}
```

Cola de mensajes: funciones

- Dos funciones reentrantes:
  - AddToQueue( )
    - Agrega un mensaje a la cola
  - ReadFromQueue( )
    - Obtiene un mensaje de la cola
- Repaso:
  - ¿Qué significa que las funciones sean reentrantes?
  - ¿Qué garantiza?

Buzones (mailbox)

- Características
  - Permite el pasaje de **un** mensaje entre tareas
  - Similar uso a la cola de mensaje

Buzones en μC/OS-II: resumen

- `OS_EVENT *OSMboxCreate(void *msg)`
  - Crea el buzón con el mensaje inicial `msg`.
- `void* OSMboxPend(OS_EVENT *pevent, INT16U timeout, INT8U *err)`
  - Espera a que llegue un mensaje y devuelve su dirección.
- `INT8U OSMboxPost(OS_EVENT *pevent, void *msg)`
  - Pone un mensaje al buzón. Si ya hay un mensaje devuelve un código de error.

Buzón: Ejemplo

- Tarea de impresión por display/pantalla
  - Una tarea encargada de administrar la impresión en un display
  - Comunicación entre la tarea de impresión y el resto de las tareas: vía un Buzón
- Estudio de caso:
  - rutina de interrupción del *timer* manda actualizar el tiempo mostrado en el *display*.

```c
#include <stdio.h>
#include "display.h"

/* Cabeceras de uC/OS-II */
#include <includes.h>

typedef struct{
 INTU8 hh;
 INTU8 mm;
 INTU8 ss;
} Time;

OS_EVENT *pMbox_time;
void main(void)
{
   /*bla bla bla*/
   pMbox_time = OSMboxCreate(NULL);
   /*bla bla bla*/

}
__interrupt void TimerISR (void)
{
   static Time time_act;
   time_act.ss++;
   if(time_act.ss == 60){
      ...
   }
   OSMboxPost(pMbox_time, &time_act);
}
```

```c
void TimePrint (void)
{
   char buf[10];
   Time time_copy, *pTime;
   int error;

   while(1){
      pTime = (Time *) OSMboxPend(
               pMbox_time, 0, &error);
      if(error == OS_NO_ERR){
         /* copia de dato compartido */
         __disableInt();
         time_copy = *pTime;
         __enableInt();
         sprintf(buf,
                  "\n%02d:%02d:%02d",
                  time_copy.hh,
                  time_copy.mm,
                  time_copy.ss);
         DisplayPutString(buf);
      }else{
         /* Procesar el error */
      }
   }
}
```

Pipes (tuberías, caño)

- Las tuberías (pipes) son similares a las colas.
- Las diferencias principales son:
  - Mensajes pueden ser de distinto tamaño.
  - Cada tarea puede escribir/leer un número arbitrario de bytes.
  - Normalmente se usan para cadenas de caracteres
- Es necesario establecer un protocolo:
  - Terminadas por un carácter nulo
  - Enviar el número de bytes total y luego el mensaje.
- µC/OS-II no dispone de esta funcionalidad.

Eventos

- Es una bandera booleana que una tarea puede:
  - Crear, Disparar (Set), Borrar (Reset), Esperar (Wait for)
- Generalmente manejados en grupos
- Características:
  - Varias tareas se pueden desbloquear con un mismo evento
  - Tarea se desbloquea por cualquier evento del grupo
  - Después ocurre el evento, todas las tareas son desbloqueadas y el evento se borra.

Comunicación entre tareas: comparación

- Semáforos
  - Más rápido y simple, pero información si/no (ocupado)
  - La tarea se bloquea en un único semáforo por vez.
- Eventos:
  - Un poco más complejo, pero más flexible.
  - Una tarea puede esperar por muchos eventos a la vez.
  - Múltiples tareas pueden desbloquearse por un evento.
- Colas de mensajes (y otros como buzones o pipes).
  - Más complejas (mayor procesamiento y mayor posibilidad de bugs), pero permiten enviar más información
  - La tarea solo se bloquea en una única cola.

Gestión del tiempo

- En los RTOS la gestión de tiempo es fundamental:
  - Rutinas de control deben ejecutarse periódicamente: T_s.
  - Ahorro de energía: actividades no críticas que se realizan cada cierto tiempo (no continuamente).
  - Diálogo con el hardware.
  - Gestión de timeouts.

Gestión del tiempo

- Interrupción periódica
  - Incrementa un contador: cuenta desde el arranque.
  - Cada incremento se denomina *tick* de reloj.
  - Configurable al compilar el kernel.
    - Para el µC/OS-II el tick es de 10 ms por defecto.
- Función retardo (delay)
  - Retarda la tarea por el periodo de tiempo especificado.
  - Se bloquea hasta que el tiempo expira.

Gestion del tiempo: μC/OS-II

- `void OSTimeDly(INT16U ticks)`
  - Se bloquea la tarea durante el número de ticks especificado.
- `void OSTimeDlyHMSM(INT8U horas, INT8U min, INT8U seg, INT8U mili)`
  - Se bloquea la tarea durante el tiempo especificado en horas, minutos, segundos y milisegundos.

Gestión del tiempo: Preguntas

- ¿Cuán precisos son los retardos?
- ¿Cómo se logran tiempos más precisos?
- ¿Son útiles los *timeout* de los semáforos, colas, etc.?

Gestión dinámica de memoria

- Funciones: malloc() y free() de la stdlib
  - No son apropiadas para sistemas de tiempo real
    - lentas
    - tiempos de ejecución no predecibles.
- RTOS disponen de funciones alternativas
  - Pools de memoria: buffers de tamaño fijo
  - Comportamiento predecible
  - Ciertas limitaciones

Gestión de memoria: µC/OS-II

- La memoria se divide en particiones y cada partición se divide en bloques del mismo tamaño.
- La aplicación puede obtener bloques de una partición.

- `OS_MEM *OSMemCreate(void *addr, INT32U nblks, INT32U blksize, INT8U *err).`
  - Crea una partición de memoria.
- `void *OSMemGet(OS_MEM *pmem, INT8U *err)`
  - Obtiene un bloque de memoria.
- `INT8U OSMemPut(OS_MEM *pmem, void *pblk)`
  - Devuelve un bloque de memoria.

Interrupciones en RTOS

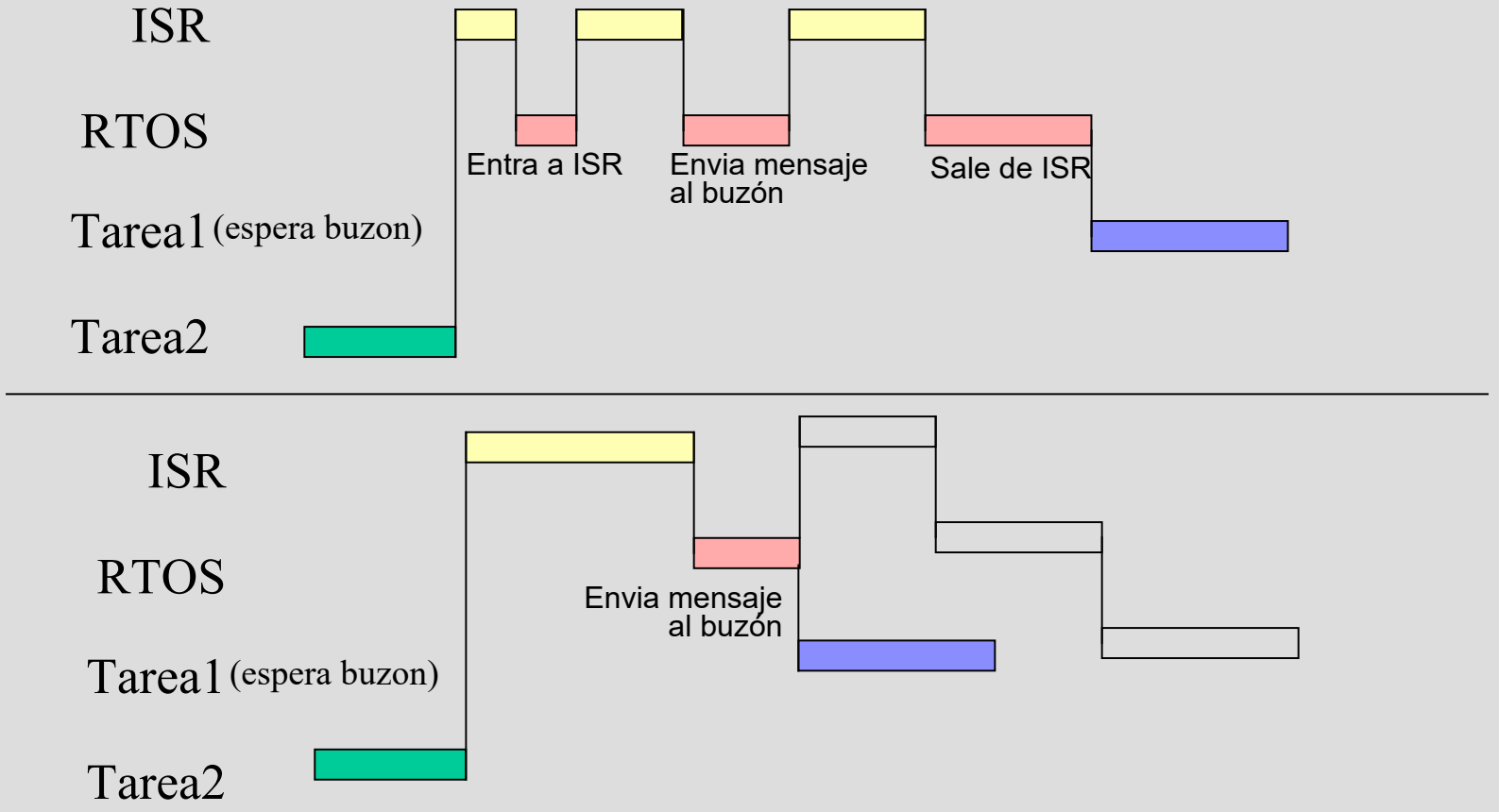
- Pregunta: ¿Qué sucede si en las ISR se llama funciones que…
  - puedan bloquearse?
    - Tomar semáforos, leer de colas, esperar por eventos
  - pueda hacer conmutar tareas?
    - Liberar semáforos, escribir en colas, disparar eventos
- Reglas dentro de las ISR

  1) NO llamar funciones que puedan bloquearse

  2) NO llamar funciones que puedan hacer conmutar tareas

Interrupciones: 2da regla

NO llamar funciones que pueda hacer conmutar tareas



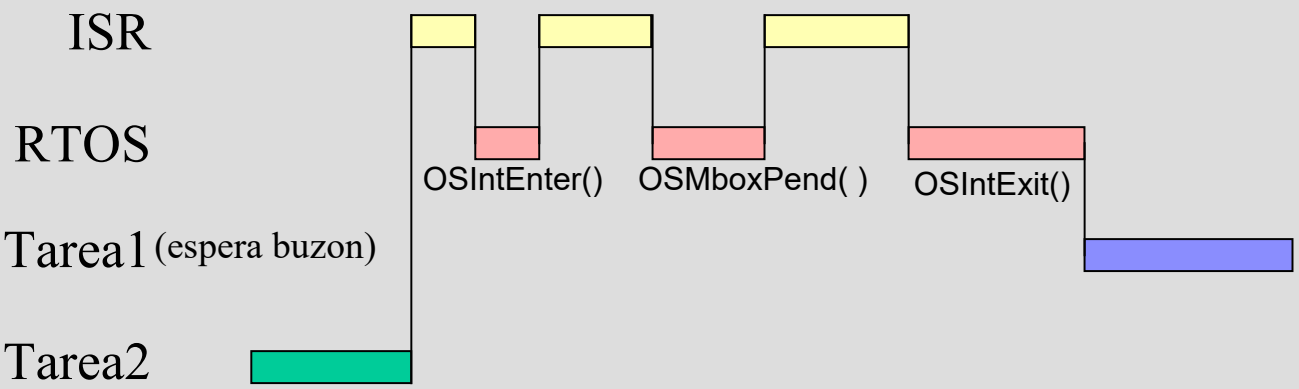
Interrupciones en RTOS

- Modificación 2da Regla:
  - No llamar funciones que puedan hacer conmutar tareas sin que el RTOS sepa que se está en una ISR.

- Diferentes estrategias:
  1. RTOS intercepta todas las interrupciones y luego llama a la ISR proporcionada por la aplicación.
  2. Avisar al RTOS de la entrada y salida de la ISR. Existen funciones especiales para su llamada desde las ISR.

Interrupciones en RTOS: µC/OS-II

- `void OSIntEnter(void)`
  - Indica al RTOS que se empieza a ejecutar una ISR.
- `void OSIntExit(void)`
  - Indica al RTOS que se termina de ejecutar la ISR.



Bibliografía

- “An Embedded Software Primer”, David E. Simon
  - Chapter 7: More Operating System Services