

Sistemas Operativos de Tiempo Real

Introducción a FreeRTOS



UTN FRA
Departamento de Ingeniería Electrónica
Técnicas Digitales II

Septiembre 2024

1 FreeRTOS

2 Memoria

- Segmentos de memoria
- Manejo de Heap
- Heap 4

3 Código fuente de FreeRTOS

- FreeRTOS como biblioteca
- FreeRTOSConfig.h

4 Scheduler

5 Tareas

- Tareas en FreeRTOS
- xTaskCreate
- Tarea con parámetros
- Handle de tareas
- Bloqueo por tiempo

6 Ejercicios

7 Referencias

Introducción a FreeRTOS

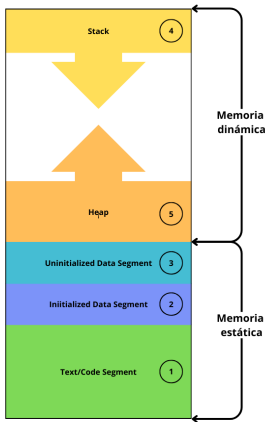
Por qué FreeRTOS?

- Tareas y pseudo paralelismo de ejecución.
- Gestión fina de tiempo.
- Prioridades de eventos y tareas.
- Lógica más modular.
- Manejo dinámico de recursos.
- Portado a múltiples plataformas.



Introducción a FreeRTOS

Segmentos de memoria



- 1 Text/Code Segment: instrucciones en Flash o EEPROM.
- 2 Initialized Data Segment: variables globales o estáticas inicializadas.
- 3 Uninitialized Data Segment: variables globales o estáticas no inicializadas o inicializadas con 0.
- 4 Stack: variables locales y registros del procesador con cada llamado de función.
- 5 Heap: RAM, variables inicializadas con *malloc()*.

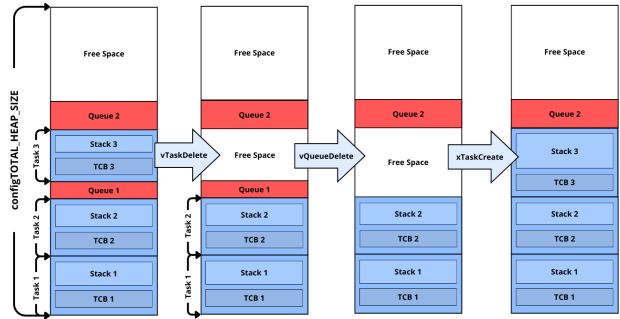
Opciones de Heap para FreeRTOS

- ① Heap 1: Crea pero no libera recursos.
- ② Heap 2: Libera recursos, no es eficiente en la reasignación de recursos.
- ③ Heap 3: Versión más segura y más estándar de *malloc()* y *free*.
- ④ Heap 4: Implementación más eficiente de Heap 2.
- ⑤ Heap 5: Soporta Heap fragmentada en bancos.

Introducción a FreeRTOS

Implementación de Heap 4

- Implementa *pvPortMalloc()* y *vPortFree()*.
- Bloques contiguos de memoria liberada hacen se pueden combinar.
- Util en aplicaciones con reasignación de recursos permanente.
- Menos propenso a la fragmentación de memoria.



Introducción a FreeRTOS

FreeRTOS como biblioteca

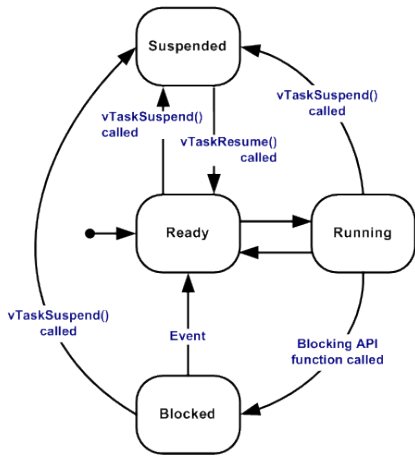
- 1 Podemos descargar la última versión de FreeRTOS desde la página oficial. Vamos a trabajar con la versión **202210.01 LTS**.
- 2 En MCUXpresso, creamos un proyecto nuevo para el LPC845 (sin el SDK) como *C Static Library*.
- 3 Del código fuente descargado de FreeRTOS copiamos los siguientes archivos dentro de *FreeRTOS-Kernel* en los directorios del proyecto:
 - Todos los *.c* van al directorio *src*.
 - Todos los *.h* en *include* van al directorio *inc*.
 - Los *.c* en *portable/GCC/ARM_CM0* van al directorio *src*.
 - Los *.h* en *portable/GCC/ARM_CM0* van al directorio *inc*.
 - El archivo *heap_4.c* en *portable/GCC/MemMang* va al directorio *src*.
- 4 Dentro de *inc*, creamos un archivo llamado *FreeRTOSConfig.h* con el contenido de este link.

El archivo *FreeRTOSConfig.h* es el que establece algunos parámetros del sistema operativo. Entre algunos importantes tenemos:

- **configTICK_RATE_HZ** que define la frecuencia de tick del sistema. Normalmente en 1000 por lo que define ticks de 1ms.
- **configMINIMAL_STACK_SIZE** define cuanto stack se reserva (en words) para la tarea IDLE.
- **configTOTAL_HEAP_SIZE** define cuantos bytes de la memoria RAM se reserva para el heap del sistema operativo.

Introducción a FreeRTOS

Tareas en FreeRTOS



- Son funciones que nunca terminan ni retornan.
- Tienen posibles estados de *ready*, *running*, *suspended* y *blocked*.
- Tienen stack propio.
- Tienen prioridades asociadas.
- Se pueden crear y eliminar dinámicamente.

Introducción a FreeRTOS

xTaskCreate - Prototipo

La API `xTaskCreate` se encarga de reservar y registrar los recursos necesarios para correr una tarea.

- 1 `pvTaskCode` es la función que se va a usar de tarea.
- 2 `pcName` es el nombre de la tarea en el debugger.
- 3 `usStackDepth` es la cantidad de words del stack de la tarea.
- 4 `pvParameters` es un puntero a datos que se puedan pasar a la tarea a través de `void *params`.
- 5 `uxPriority` es la prioridad de la tarea.
- 6 `pxCreatedTask` es el handle de la tarea.

```
BaseType_t xTaskCreate(  
    TaskFunction_t pvTaskCode,  
    const char * const pcName,  
    configSTACK_DEPTH_TYPE usStackDepth,  
    void * pvParameters,  
    UBaseType_t uxPriority,  
    TaskHandle_t * pxCreatedTask  
);
```

Introducción a FreeRTOS

xTaskCreate - Ejemplo

```
#include "task.h"

// API para crear una tarea
xTaskCreate(
    task_fn,      // Funcion a usar
    "Task",      // Nombre para debug
    64,          // Stack size
    NULL,        // Parametros
    1,           // Prioridad
    NULL         // Sin handle
);

// En algun lado del programa

/**
 * @brief Tarea de ejemplo
 */
void task_fn(void *params) {
    while(1) {
        // Nunca termina
    }
}
```

- *task_fn* para a ser la función que trabaja de tarea.
- En el debugger, vamos a encontrarla con el nombre "Task".
- Se asignaron 64 words (256 bytes) de stack.
- No se pasan parámetros a la tarea (NULL).
- La prioridad es 1 (por encima de IDLE).
- No hay handle para la tarea.

Introducción a FreeRTOS

xTaskCreate - Parámetros

- Se pueden pasar parámetros a las tareas casteando el dato como puntero a *void*.
- Esto es útil para poder crear varias tareas con la misma función.
- El parámetro debe ser casteado al tipo correcto dentro de la tarea.

```
/**
 * @brief Estructura para un LED
 */
typedef struct {
    uint32_t port;
    uint32_t pin;
} led_t;
```

```
/**
 * @brief Tarea template
 */
void task_template(void *params) {
    // Casteo al tipo de dato
    led_t led = *(led_t*) params;

    while(1) {
        GPIO_PortToggle(GPIO, led.port, 1 << led.pin);
    }
}
```

Introducción a FreeRTOS

xTaskCreate - Parámetros

Esta posibilidad hace ofrece una gran ventaja de que se puedan crear tareas más eficientes a partir de una misma función.

```
// Estructura para una tarea
led_t led_1 = { 1, 0 };

// Creo tarea del mismo template
xTaskCreate(
    task_template,      // Misma tarea de template
    "LED-1",
    configMINIMAL_STACK_SIZE,
    (void*) &led_1,     // Cambia el dato enviado
    tskIDLE_PRIORITY + 1,
    NULL
);
```

```
// Estructura para una tarea
led_t led_2 = { 1, 2 };

// Creo tarea del mismo template
xTaskCreate(
    task_template,      // Misma tarea de template
    "LED-2",
    configMINIMAL_STACK_SIZE,
    (void*) &led_2,     // Cambia el dato enviado
    tskIDLE_PRIORITY + 1,
    NULL
);
```

Introducción a FreeRTOS

xTaskCreate - Handle

- Las variables `TaskHandle_t` guardan una referencia a una tarea.
- Algunas APIs de FreeRTOS usan estas referencias para cambiar propiedades de la tarea. Entre ellas:
 - `vTaskDelete()` que elimina una tarea.
 - `uxTaskPriorityGet()` que obtiene la prioridad de una tarea.
 - `vTaskPrioritySet()` que setea un nuevo valor de prioridad.
 - `vTaskResume()` que reanuda una tarea suspendida.
 - `vTaskSuspend()` que suspende una tarea.

```
// Handle para tarea
TaskHandle_t handle;

// API para crear una tarea
xTaskCreate(
    task_fn,      // Funcion a usar
    "Task",      // Nombre para debug
    128,         // Stack size
    NULL,        // Parametros
    1,           // Prioridad
    &handle      // Referencia a handle
);

// Cambio de prioridad a 2
vTaskPrioritySet(handle, 2);
// Elimino tarea
vTaskDelete(handle);
```

Introducción a FreeRTOS

Bloqueo por tiempo

Si `configTICK_RATE_HZ` vale 1000, el tick es de 1ms y coinciden los ms con los ticks.

```
// Bloqueo por 500 ticks (500 ms)
vTaskDelay(500);
```

Al usar el `vTaskDelayUntil()` hay que obtener la cantidad de ticks del RTOS.

```
// Obtengo la cantidad de ticks actuales
TickType_t xLastWakeTime = xTaskGetTickCount();
vTaskDelayUntil(&xLastWakeTime, 250)
```

Si `configTICK_RATE_HZ` no es 1000, podemos obtener los ticks para una cantidad de ms con una macro:

```
// Ticks para 500 ms
uint32_t ticks = pdMS_TO_TICKS(500);
```

- `vTaskDelay()` bloquea la tarea por una determinada cantidad de ticks.
- `vTaskDelayUntil()` bloquea la tarea por una cantidad específica de ticks.
- `vTaskDelay()` bloquea relativo a cuando se llama la API, `vTaskDelayUntil()` bloquea la tarea por esa cantidad de ticks desde que la tarea se corre.

Algunas propuestas para practicar

- 1 En un proyecto llamado **04_reloj**, hacer un programa que cuente de 00 a 59 en el display 7 segmentos cada 1 segundo. Al llegar a 60 debe volver a empezar en 00.
 - 2 En un proyecto llamado **04_alarma**, armar un sistema de dos tareas donde, al presionar un botón, active una tarea que haga sonar el buzzer. Con otro botón, se activa una tarea que lo apaga.
-

Cada ejercicio que se resuelva, subirlo al repositorio personal del curso.

Algunos recursos útiles

- Manual del LPC845
- Manual del LPC845 Breakout Board
- Documentación del SDK del LPC845
- Esquemático del kit del laboratorio
- RTOS Fundamentals - FreeRTOS
- The FreeRTOS Reference Manual
- Mastering the FreeRTOS Real Time Kernel
- RTOS Task Scheduling and Prioritization
- FreeRTOS Memory Management