

Master IoT UCM - Prácticas RPI/ANIOT/LSI (25/26)

Práctica 2. Entorno de compilación. Uso de timers

Objetivos

El objetivo de esta práctica es familiarizarse con la estructura de componentes en que se basa la compilación de proyectos en ESP-IDF. Asimismo, aprovecharemos para utilizar *timers*. Trabajaremos los siguientes aspectos:

- Creación de componentes en nuestro proyecto.
- Incorporar componentes externos.
- Uso del componente `console` para tener un entorno interactivo.
- Familiarizarse con la API de *High Resolution Timers* en ESP-IDF.

Material de consulta

Para ver los detalles de cada aspecto de esta práctica se recomienda la lectura de los siguientes enlaces:

- [Documentación sobre el sistema de compilación](#)
- [Documentación sobre la librería Argtable](#)
- [Documentación sobre CMake](#)
- [API de High Resolution Timers](#)
- [API sobre GPIO en ESP-IDF](#)
- [Documentación del componente `console`](#)

Proyectos ESP-IDF

Tal y como hemos visto en clase, un proyecto ESP-IDF está formada de *componentes*. un componente es la unidad en la que se organiza el código en un proyecto ESP-IDF. Cada componente se compila formando una librería estática, que posteriormente se enlazarán junto al resto de componentes y al *kernel* de ESP-IDF para crear la aplicación. El código que incluyamos en la carpeta `main` no es más que otro componente, con pequeños matices que lo diferencian de otros.

Los elementos principales en ESP-IDF son:

- **Proyecto.** Un directorio que contiene todos los ficheros y

configuración para construir un “app” (ejecutable). Incluye elementos como tabla de partición, sistemas de ficheros y bootloader

- **Configuración de proyecto.** Se mantiene en el fichero `sdkconfig` en el directorio raíz del proyecto. Se modifica a través de `menuconfig`. Cada proyecto tiene un único fichero de configuración.
- **app.** Es un ejecutable resultado de la compilación/enlazado. De un proyecto se suelen crear 2 apps
- Project app: el ejecutable principal con nuestro código
- Bootloader app: el programa inicial que se encarga de cargar nuestro código
- **Componentes.** Partes modulares del código que se compilan como librerías estáticas (ficheros `.a`) y se enlazan en la app. Algunos componentes los proporciona ESP-IDF, pero pueden ser externos <https://components.espressif.com/> (aún no público)
- **Target.** Es el hardware para el que construimos la aplicación. Podemos comprobar los targets disponibles para una versión de ESP-IDF con el comando `idf.py -list-targets`

La compilación se basa en la herramienta [CMake](#), por lo que tendremos un fichero `CMakeLists.txt` para cada componente, y uno general para el proyecto. Así, la estructura general de un proyecto podría ser similar a:

```
- myProject/
  - CMakeLists.txt
  - sdkconfig
  - dependencies.lock
  - bootloader_components/ - boot_component/ - CMakeLists.txt
                                - Kconfig
                                - src1.c
  - components/ - component1/ - CMakeLists.txt
                                - Kconfig
                                - src1.c
                        - component2/ - CMakeLists.txt
                                - Kconfig
                                - src1.c
                                - include/ - component2.h
  - managed_components/ - namespace__component-name/ - CMakeLists.txt
                                - src1.c
                                - idf_component.yml
                                - include/ - src1.h
  - main/ - CMakeLists.txt
            - src1.c
            - src2.c
            - idf_component.yml
  - build/
```

El contenido mínimo del fichero `CMakeLists.txt` del proyecto (el que se encuentra en la carpeta `myProject` en el ejemplo anterior) es:

```
cmake_minimum_required(VERSION 3.5)
include($ENV{IDF_PATH}/tools/cmake/project.cmake)
project(sif7021)
```

Componentes

Un componente es cualquier directorio en `COMPONENT_DIRS` que contenga un fichero `CMakeLists.txt`. Puede ser un directorio sin `CMakeLists.txt` pero con subdirectorios, cada uno de ellos con su `CMakeLists.txt`. Se creará una librería estática para cada componente, cuyo nombre será, por defecto, el nombre del directorio. Cada componente puede, asimismo, tener su propio fichero `Kconfig`.

El fichero `CMakeLists.txt` debe indicar las fuentes que se enlazarán en la librería y la ubicación de los ficheros de cabecera públicos del componente. Asimismo, puede indicar dependencias con otros componentes (si las hubiera)

```
idf_component_register(SRCS "foo.c" "bar.c"
INCLUDE_DIRS "include"
REQUIRES driver
)
```

La variable `COMPONENT_DIRS` indica los directorios en los que ESP-IDF buscará componentes. Creará bibliotecas para todos aquellos componentes que encuentre. Por defecto buscará en:

- `IDF_PATH/components`
- `PROJECT_DIR/components`
- `EXTRA_COMPONENT_DIRS`

Es posible reescribir la variable `COMPONENT_DIRS` para incluir algún directorio o, especialmente, para limitar la búsqueda de directorios.

La variable `EXTRA_COMPONENT_DIRS` nos permite incluir directorios adicionales en la búsqueda de componentes. Las rutas pueden ser absolutas o relativas al directorio del proyecto. Se indica en el *top-level* `CMakeLists.txt`, antes del `include`.

La variable `COMPONENTS` permita hacer explícita la lista de componentes que queremos incluir en el proyecto. Como decíamos anteriormente, por defecto serán todos aquellos que se encuentren en `COMPONENT_DIRS`. Su uso permite reducir el tamaño del binario final, lo que puede resultar conveniente en muchos proyectos.

Importar código externo como componente

Espressif tiene una [base de datos de componentes](#) que permite incorporar componentes *open-source* en nuestros proyectos ESP-IDF de forma sencilla. Podemos incluir un componente del registro mediante el comando `idf.py add-dependency <componentName>` o descargando el fichero de la web de componentes y copiándolo en nuestro proyecto. Bastará con copiar la carpeta descargada dentro de la carpeta `components` de nuestro proyecto. Asimismo, se puede crear un fichero `idf_component.yml` en el componente principal (directorio `main` por defecto) para indicar dependencias que se encuentran el registro de componentes de Espressif.

En ocasiones, encontraremos códigos no incluidos en el registro oficial de Espressif pero que pueden resultar útiles para nuestros desarrollos. Nuevamente, resulta aconsejable importar esos proyectos externos como componentes en nuestros proyectos. Y así lo haremos en la siguiente tarea:

Tarea

La placa de desarrollo ESP32-C3-DevKit-RUST-1 tiene dos sensores de temperatura. Uno está integrado en el propio ESP32-C3 (puedes encontrar su API en [la documentación de ESP-IDF](#)). El segundo está en la placa, tal y como se indica en [su documentación](#). Se trata de un sensor [SHTC3 de Sensirion](#) que está conectado al SoC mediante el bus I2C.

- Crea un nuevo proyecto a partir del template más sencillo que encuentres.
- A partir del código disponible en [este repositorio de Github](https://github.com/mauriciobarroso/shtc3) <https://github.com/mauriciobarroso/shtc3> crea un componente llamado `shtc3` para poder utilizar el sensor sin necesidad de consultar el *datasheet*. Los ficheros del repositorio ya están preparados para usarse como un componente en ESP-IDF v5.5.1 Sólo debes ubicarlos en la carpeta correcta.
- En el fichero principal de tu aplicación, deberás inicializar el driver del bus I2C y el propio sensor. Puedes usar el código que se proporciona a continuación.

```
shtc3_t tempSensor;
```

```
i2c_master_bus_handle_t bus_handle;

void init_i2c(void) {
    uint16_t id;
    i2c_master_bus_config_t i2c_bus_config = {
        .clk_source = I2C_CLK_SRC_DEFAULT,
        .i2c_port = I2C_NUM_0,
        .scl_io_num = 8,
        .sda_io_num = 10,
        .glitch_ignore_cnt = 7,
        .flags.enable_internal_pullup = true,
    };

    ESP_ERROR_CHECK(i2c_new_master_bus(&i2c_bus_config, &bus_handle));

    shtc3_init(&tempSensor, bus_handle, 0x70);
}
```

Tarea

En relación al código anterior:

- ¿Por qué *scl_io_num* es 8? ¿Por qué *sda_io_num* es 10? ¿Se pueden cambiar?
- ¿Por qué la llamada a *shtc3_init()* reciba 0x70 como tercer argumento?
- ¿Conseguiste compilar y enlazar el proyecto sin ningún cambio? Comprueba si el fichero CMakeLists.txt activa la propiedad `idf_build_set_property(MINIMAL_BUILD ON)`. Asegúrate también de haber incluido el fichero de cabecera del componente.

ESP-IDF: High Resolution Timer

Un *Timer* es un temporizador que podemos programar para que nos *avise* transcurrido un cierto tiempo. Es similar a una cuenta atrás con alarma y es un mecanismo perfecto para planificar tareas periódicas. El *aviso* será asíncrono, por lo que no sabemos en qué punto de nuestro código estaremos cuando se dispare la alarma.

ESP-IDF ofrece un API para el uso de *timers* que, a su vez, utilizan los *timers* de 64 bits disponibles en el hardware para garantizar una precisión de hasta 50us.

Cuando programamos un *timer* podemos optar por 2 comportamientos:

- *One-shot* (`esp_timer_start_once()`), que programará el *timer* para que genere una única alarma transcurrido el plazo establecido.
- *Continuo* (`esp_timer_start_periodic()`) que re-programará el *timer* de forma automática cada vez que la cuenta llegue a 0. Este mecanismo es el idóneo para muestreos periódicos.

Cuando el *timer* genere la alarma, se ejecutará un *callback*, una función que habremos definido previamente (y asociado a ese *timer*). Dicha función se ejecutará en el contexto de una tarea específica (`ESP_TIMER_TASK`) o en el de una rutina de tratamiento de interrupción (`ESP_TIMER_ISR`). En nuestro caso, es aconsejable usar el primer mecanismo (tarea específica).

En la [documentación de ESP-IDF](#) podéis encontrar el resto de llamadas relevantes para crear y configurar *timers*. Es muy recomendable, asimismo, estudiar los [ejemplos disponibles en la distribución](#)

A continuación se incluye un ejemplo de uso, extraído de la distribución de ESP-IDF:

```
void app_main() {
    ...
    const esp_timer_create_args_t periodic_timer_args = {
        .callback = &periodic_timer_callback,
        .name = "periodic" };
    esp_timer_handle_t periodic_timer; esp_timer_create(&periodic_time
    ...
    esp_timer_start_periodic(periodic_timer, 500000); ....
    esp_timer_stop(periodic_timer); ...
    esp_timer_delete(periodic_timer);
}

static void periodic_timer_callback(void* arg) {
    int64_t time_since_boot = esp_timer_get_time();
    printf("Periodic timer called, time since boot: %lld us", time_sinc
}
```

Encendido de LEDs con GPIO y timer

La placa de desarrollo ESP32-C3-DevKit-RUST-1 tiene dos LEDs, uno de ellos conectado

Tarea

Configura el GPIO asociado al LED (GPIO 7) como salida. Programa un *timer* para cambiar el estado del LED cada segundo.

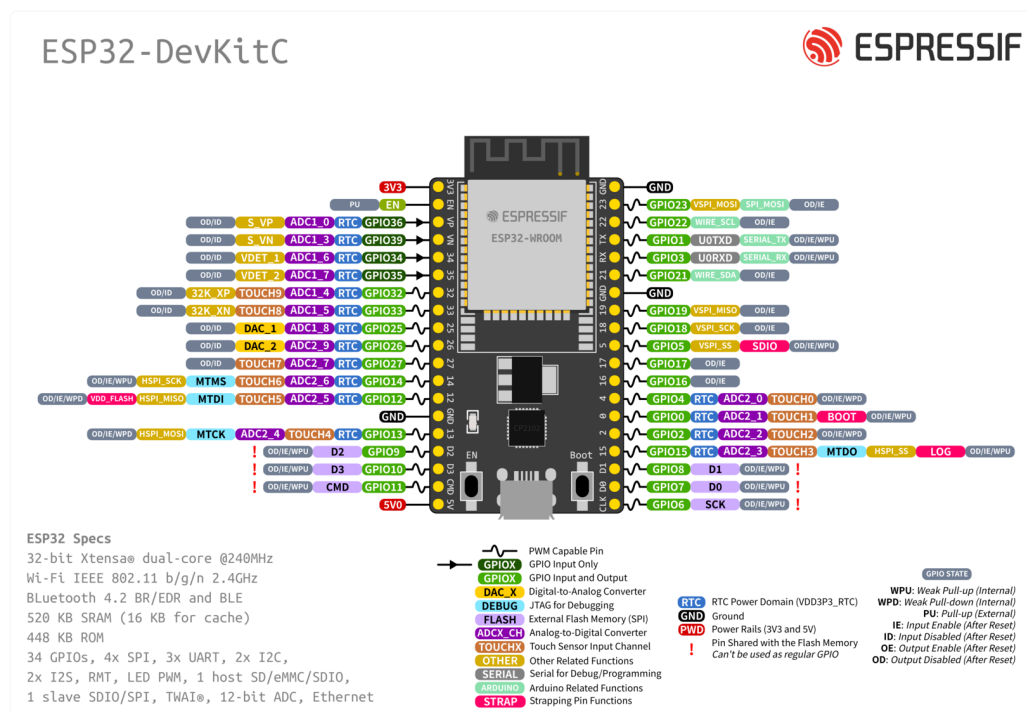
Controladores GPIO

Los controladores de GPIO (*General Purpose Input-Output*) permiten controlar ciertos pines de nuestro dispositivo para usarlos como entrada (por ejemplo, para conectar un botón) o salida (por ejemplo para conectar un LED) o con funciones *especiales* (que forme parte de un bus serie, por ejemplo).

Placa ESP32-DevKitC v4

El SoC ESP32 que usamos proporciona 40 GPIO *pads* (el SoC no tiene pines propiamente dichos, sino conectores, normalmente de superficie, que se deminan *pad*). El módulo WROOM-32 que usamos expone 38 de ellos, que son accesibles a través de los pines (los conectores físicos a ambos lados de la placa) que incorpora nuestra placa DevKitC.

En la siguiente figura se muestra la disposición de los pines en la placa ESP32-DevKitC que usamos en nuestras prácticas:

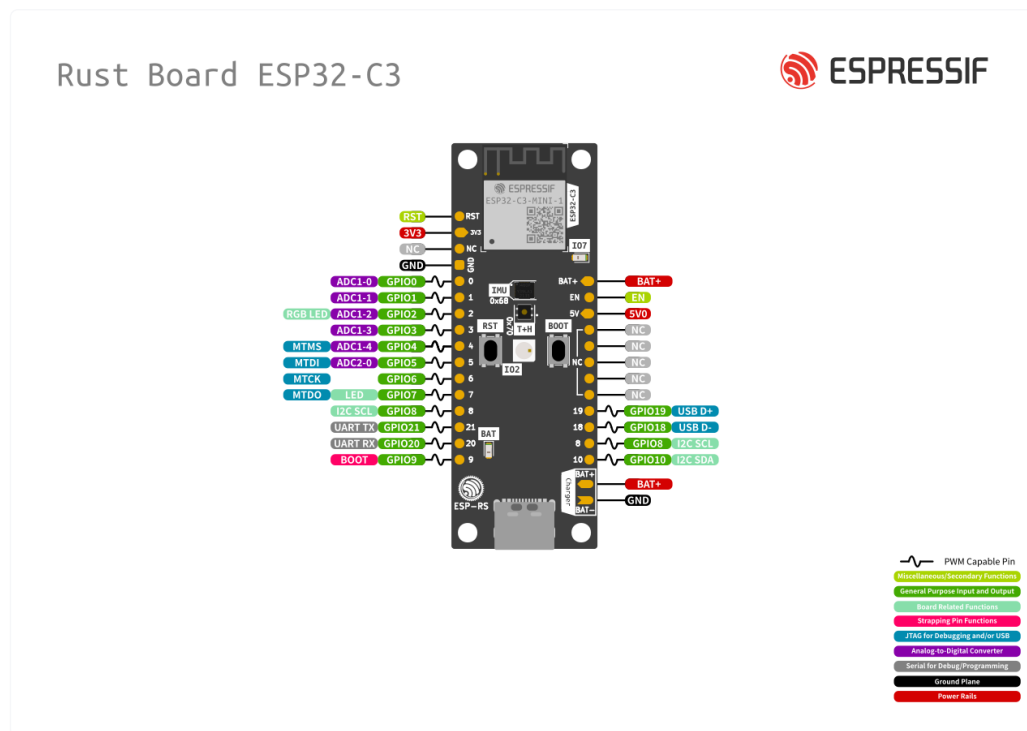


En [la web de Espressif](https://www.espressif.com/) se pueden encontrar más detalles de la placa.

[Como se indica en la documentación de ESP-IDF](#), algunos de esos pines tiene un propósito específico. Por ejemplo, GPIO6-11 y 16-17 no deben usarse porque están internamente conectados a la memoria SPI flash. También nos indica que los pines del canal 2 del ADC (ADC2) NO deben usarse mientras se utiliza Wi-Fi. Es muy conveniente leer todas las restricciones para evitar problemas en nuestros desarrollos.

Placa Rust Board ESP32-C3

En la siguiente figura se muestra la disposición de los pines en la placa ESP32-Rust board que usamos en nuestras prácticas:



En [la web de la placa](#) se pueden encontrar más detalles sobre los componentes, esquemáticos, BOM...

Entre otra documentación podéis encontrar el esquemático de la placa, que permite conocer a qué pines del SoC se conectan los diferentes elementos (LEDs, botones) de la placa:



El siguiente código, [extraído del ejemplo de GPIO proporcionado en la distribución ESP-IDF](#), muestra cómo configurar los pines GPIO18 y GPIO19 como salida. Observa cómo se construye la máscara de bits `GPIO_OUTPUT_PIN_SEL` para indicar a `gpio_config()` qué pines se configuran.

Posteriormente, podemos establecer el valor lógico de la salida con una llamada similar a `gpio_set_level(GPIO_OUTPUT_IO_1, valor);`, siendo `valor` igual a 0 ó 1.

De forma similar el siguiente código configura los pines 4 y 5 como entrada:

```
#define GPIO_INPUT_IO_0 4
#define GPIO_INPUT_IO_1 5
#define GPIO_INPUT_PIN_SEL ((1ULL<<GPIO_INPUT_IO_0) | (1ULL<<GPIO_
gpio_config_t io_conf;
io_conf.pin_bit_mask = GPIO_INPUT_PIN_SEL;
io_conf.mode = GPIO_MODE_INPUT;
gpio_config(&io_conf);
```

Posteriormente, podremos leer el valor lógico de esos pines con una llamada a `gpio_get_level()`.

Busca información

En relación al código anterior: en la configuración anterior, los pines de entrada deben muestrearse periódicamente para conocer su estado. Investiga cómo configurar los pines como entrada de modo que generen una interrupción cuando se produce un flanco (subida, bajado o ambos).

Ejercicio final

Completa este ejercicio después de haber resuelto los anteriores. Recuerda que, en todo caso, no es necesario entregar esta práctica.

Tareas

Partiendo del ejemplo *Blink* (usando el denominado *LED_STRIP* en GPIO 2, no como la usamos el primer día), crea una aplicación que:

- Incluya el componente `shtc3` en tu proyecto.
- Muestree la temperatura cada segundo utilizando un *timer*.
- Muestre el progreso de la temperatura en el LED programable de la placa. Si la temperatura es inferior a 20 grados, estará apagado. Por cada grado que suba la temperatura, se modificará el color/intensidad del LED.
 - Para variar el color/intensidad, sólo debes cambiar los 3 últimos argumentos de la llamada `led_strip_set_pixel()` del código de ejemplo.
- Se programará un segundo timer que mostrará por pantalla (puerto serie) la última medida de temperatura realizada cada

10 segundos.

- [Opcional] Configura el GPIO 9, al que está conectado el botón BOOT, para que genere interrupciones cuando soltemos el botón. ¿Qué valor lógico se lee del GPIO 9 con el botón pulsado?. Consulta [la documentación de GPIO](#) y el [ejemplo de GPIO genérico](#) para entender cómo configurar un GPIO como entrada por interrupciones.
- [Opcional] En lugar de usar el componente `shtc3` descargado, busca un componente similar en el **ESPRegistry** y configura el proyecto para usar dicho componente.

Documentation built with [MkDocs](#).