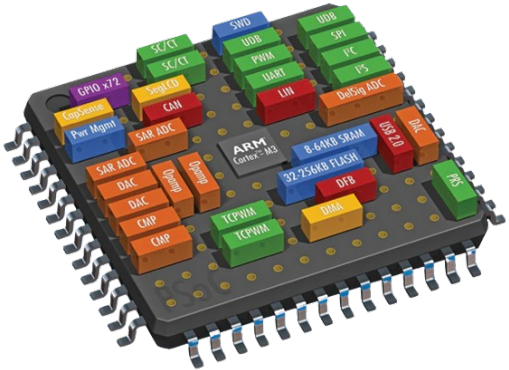
Aplicaciones de Sistemas Embebidos con Doble Núcleo

Fundamentos de Programación para Sistemas Embebidos

UTN FRA
Departamento de Ingeniería Electrónica
Laboratorio de Sistemas Embebidos

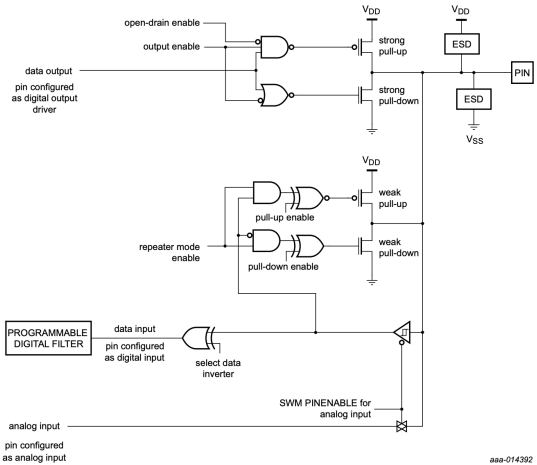
20 de agosto de 2024



Periféricos comunes

- General Purpose Input Output (GPIO)
- Analog to Digital Converter (ADC)
- Digital to Analog Converter (DAC)
- System Timer (Systick) y otros Timers
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART)
- Inter-Integrated Circuit (I2C)
- Serial Peripherial Interface (SPI)
- Universal Serial Bus (USB)

Cada pin tiene múltiples funciones asociadas. Se selecciona solo una de ellas de acuerdo a lo que se defina en la SWM y el IOCON.



Uso típico

```
// Estructura de configuracion para entrada
gpio_pin_config_t in_config = { kGPIO_DigitalInput };

// Habilito el puerto 0
GPIO_PortInit(GPIO, 0);

// Configuro el pin 4 como entrada
GPIO_PinInit(GPIO, 0, 4, &in_config);

// Leo el estado del pin 4
uint32_t state = GPIO_PinRead(GPIO, 0, 4);
```

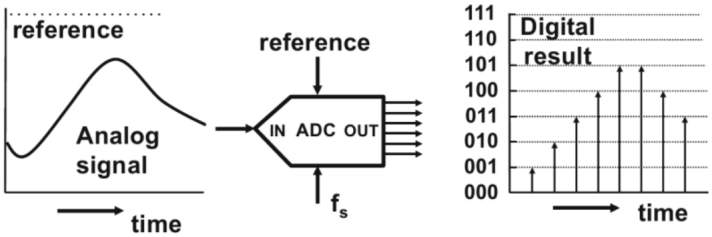
- Se usa la estructura del tipo gpio_pin_config_t con el valor kGPIO_DigitalInput.
- La función GPIO_PortInit permite habilitar el numero de puerto indicado.
- La función GPIO_PinInit configura un pin en particular.
- Se usa GPIO_PinRead para ver el estado del pin que será high (1) o low (0).

Uso típico

- Se usa la estructura del tipo gpio_pin_config_t con el valor kGPIO_DigitalOutput.
- Se puede en la estructura anterior, dar un valor de salida por defecto.
- Se usa GPIO_PinWrite para escribir un valor en el pin que será high (1) o low (0).

```
// Configuracion para salida, salida en 0 por defecto
gpio_pin_config_t out_config = { kGPIO_DigitalOutput, 0 };

// Habilito el clock del GPIO 1
GPIO_PortInit(GPIO, 1);

// Configuro el pin 0 del GPIO 1 como salida
GPIO_PinInit(GPIO, 1, 0, &out_config);

// Escribo un 1 en el pin 0
GPIO_PinWrite(GPIO, 1, 0, 1);
```

- Convierten señales analógicas a valores discretos.
- Una resolución de 12 bits implica 2^{12} o 4096 valores discretos de resultado para una señal de 0 a 3,3V.
- Un total de 12 canales multiplexados.
- Velocidad de muestreo de 1,2Ms/s.



- Se elige la entrada analógica para el pin con SWM_SetFixedPinSelect.
- Se elige la fuente de clock y prescaler del ADC con CLOCK_Select y CLOCK_SetClkDivider.
- Se alimenta el hardware del ADC con POWER_DisablePD.
- Una calibración de clock es necesaria antes de inicializar el ADC, esto se hace con ADC_DoSelfCalibration.

```
// Habilito funcion analogica para el canal 5 (P0_21)
CLOCK_EnableClock(kCLOCK_Swm);
SWM_SetFixedPinSelect(SWM0, kSWM_ADC_CHN5, true);
CLOCK_DisableClock(kCLOCK_Swm);

// Elijo clock desde el FRO con divisor de 1
CLOCK_Select(kADC_Clk_From_Fro);
CLOCK_SetClkDivider(kCLOCK_DivAdcClk, 1);

// Prendo el ADC
POWER_DisablePD(kPDRUNCFG_PD_ADC0);

// Obtengo frecuencia deseada y calibro ADC
uint32_t freq = CLOCK_GetFreq(kCLOCK_Fro);
ADC_DoSelfCalibration(
    ADC0,
    CLOCK_GetClkDivider(kCLOCK_DivAdcClk)
);
```

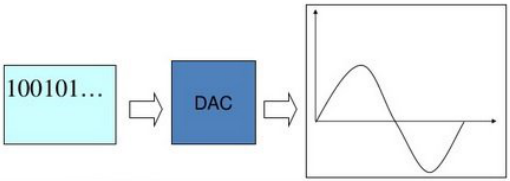
```
// Configuracion por defecto del ADC
adc_config_t adc_config;
ADC_GetDefaultConfig(&adc_config);
ADC_Init(ADC0, &adc_config);

// Configuro y habilito secuencia A
adc_conv_seq_config_t adc_sequence = {
    .channelMask = 1 << 5,  // Canal 5 habilitado
    .triggerMask = 0,
    .triggerPolarity = kADC_TriggerPolarityPositiveEdge,
    .enableSyncBypass = false,
    .interruptMode = kADC_InterruptForEachConversion
};

ADC_SetConvSeqAConfig(ADC0, &adc_sequence);
ADC_EnableConvSeqA(ADC0, true);
```

- Para por defecto el ADC usamos ADC_GetDefaultConfig y ADC_Init.
- Las secuencias son conversiones continuas de uno o muchos canales. Se configuran el/los canales en el campo channelMask de la estructura adc_conv_seq_config_t.
- Se pueden configurar fuentes de disparo y si las interrupciones son por canal o secuencia.
- La secuencia se configura y habilita con ADC_SetConvSeqAConfig y ADC_EnableConvSeqA.

- Se inicia una secuencia de conversiones con ADC_DoSoftwareTriggerConvSeqA.
- La función que devuelve el resultado de la conversión cuando está listo es ADC_GetChannelConversionResult y requiere una estructura del tipo adc_result_info_t.
- El valor del resultado se encuentra en el campo result de la estructura.

```
// Inicio conversion por software
ADC_DoSoftwareTriggerConvSeqA(ADC0);

// Estructura de resultado de la conversion
adc_result_info_t adc_info;

// Espero a terminar la conversion
while(!ADC_GetChannelConversionResult(
    ADC0, 5, &adc_info
));

// Resultado de la conversion
uint16_t adc_result = adc_info.result;
```

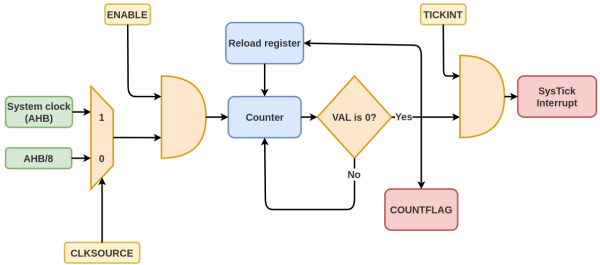
- Convierten valores digitales en un registro a valores de tensión analógicos.
- Una resolución de 10 bits implica 2^{10} o 1024 valores analógicos posibles entre 0 y 3,3V.
- Dos salidas posibles con una tasa de refresco de hasta 1 MHz.



```
// Configuro la salida del DAC al P0_17
CLOCK_EnableClock(kCLOCK_Swm);
SWM_SetFixedPinSelect(SWM0, kSWM_DAC_OUT0, true);
CLOCK_DisableClock(kCLOCK_Swm);

// Habilito la funcion de DAC en el P0_17
CLOCK_EnableClock(kCLOCK_Iocon);
IOCON_PinMuxSet(IOCON, 0, IOCON_PIO_DACMODE_MASK);
CLOCK_DisableClock(kCLOCK_Iocon);

// Prendo el DAC
POWER_DisablePD(kPDRUNCFG_PD_DAC0);

// Configuro el DAC con 1us de refresco
dac_config_t dac_config = { kDAC_SettlingTimeIs1us };
DAC_Init(DAC0, &dac_config);

// Escribo un valor en el DAC (1,65V de salida)
DAC_SetBufferValue(DAC0, 512);
```

- Se usan funciones como SWM_SetFixedPinSelect y IOCON_PinMuxSet para elegir la función de DAC para un pin.
- El hardware DAC tiene que alimentarse con POWER_DisablePD.
- Se configura el funcionamiento del DAC con DAC_Init a partir de alguna estructura de configuración.
- Se usa DAC_SetBufferValue para indicar un valor de 10 bits que se desea a la salida del DAC.

1. Estándar en todos los Cortex-M y generan interrupciones cuando llega a cero el contador.
2. Se pueden cargar valores de hasta 2^{24} en el contador y el valor cargado responde a $ticks = T_{systick} \times f_{systick}$.



```
// Configuro SysTick para 1 ms
SysTick_Config(SystemCoreClock / 1000);


/**
 * @brief Handler para interrupcion de SysTick
 */
void SysTick_Handler(void) {
    // Esta interrupcion se llama cada 1 ms

    // TODO
}
```

- Se puede usar la variable SystemCoreClock para independizarse del valor de clock ya que esta variable tiene el valor del clock del CPU.
- Se puede dividir por la frecuencia deseada del Systick ($1ms = 1/1000$) para evitar el uso de números con decimales.
- Cada vez que se vence el Systick se llama al handler de una interrupción llamada SysTick_Handler. Esta función se define por fuera del main.

Algunas propuestas para practicar

1. En un proyecto llamado **02_systick_blinky**, hacer un programa en el que el LED Azul parpadee cada 500ms y el LED D1 cada 1500ms.
2. En un proyecto llamado **02_custom_blinky**, hacer un programa que haga que el LED Rojo parpadee de 100ms a 2s de acuerdo a lo indicado por el potenciómetro R22.
3. En un proyecto llamado **02_sine_wave_generator**, generar una senoidal de 1KHz de la mayor amplitud posible, con un offset de 1,65V en la salida PIO0_29.

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
- Analog to Digital Converter (ADC) Basics
- Systick Timer Armv7-M System Tick Timer