Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE-0624 Laboratorio de Microcontroladores

EIE
Escuela de
Ingeniería Eléctrica

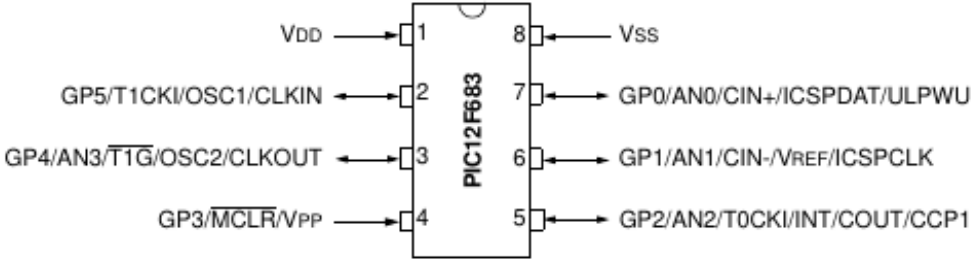
GPIOs y el PIC12F683

MSc. Marco Villalta Fallas - marco.villalta@ucr.ac.cr

II Ciclo 2024

Qué son los GPIOs?

- GPIO: *General Purpose Input Output*
- La gran mayoria de los pines en un MCU son GPIOs
- Pines que no son GPIOs: Vdd, Vss, MCLR (Reset), entradas de reloj, etc.
- Pines asignados a GPIOs comparten otras funciones
- Se agrupan en puertos (En el caso del PIC12F683 solo tiene un puerto)



Como funciona un GPIO?

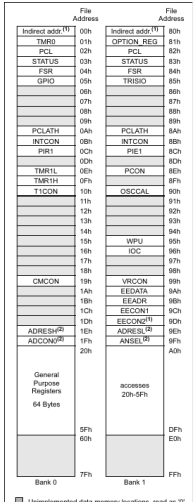
- Se operan muy similar entre ellos
- Generalmente se configura el funcionamiento de un GPIO a través de un registro
- Dependiendo del funcionamiento del MCU puede ser necesario modificar mas de un registro de configuración (**Importante: Leer la documentacion**)
- Configuracion de registro permite indicar cuales son entradas o salidas.
- Si se configura como entrada se realiza la lectura con polling o por medio de interrupciones(este se vera mas adelante)
- Si se configura como salida, se maneja el estado en el programa (1:Alto/0:Bajo)

Como se programa un GPIO en el PIC12F683?

En el PIC12F683 se utilizan varios registros para operarlos digitalmente.

- TRISIO: En este registro donde se indica el modo de operación de cada pin, un bit en alto(:1) lo pone como entrada y un bit en bajo(:0) lo pone como salida
- Con el registro GPIO se lee el estado del pin y se escribe al latch de salida
- Los registros ANSEL y/o CMCON debe de inicializarse para configurar un canal analógico como entrada digital.
- Dependiendo del pin se debe configurar el registro CONFIG.

FIGURE 2-2: DATA MEMORY MAP OF THE PIC12F629/675



Registro TRISIO

Registro para configurar flujo de datos

REGISTER 3-2: TRISIO — GPIO TRISTATE REGISTER (ADDRESS: 85h)

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	TRISIO5	TRISIO4	TRISIO3	TRISIO2	TRISIO1	TRISIO0
bit 7							bit 0

bit 7-6: **Unimplemented**: Read as '0'

bit 5-0: **TRISIO<5:0>**: General Purpose I/O Tri-State Control bit

1 = GPIO pin configured as an input (tri-stated)

0 = GPIO pin configured as an output.

Note: TRISIO<3> always reads 1.

Registro GPIO

Registro donde se guardo el estado del puerto GPIO

REGISTER 3-1: GPIO — GPIO REGISTER (ADDRESS: 05h)

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0
bit 7							bit 0

bit 7-6: **Unimplemented**: Read as '0'

bit 5-0: **GPIO<5:0>**: General Purpose I/O pin.

1 = Port pin is >V_{IH}

0 = Port pin is <V_{IL}

Registro CMCON

Registro donde se configura el comparador analógico, se debe modificar si se utilizan los pines GP0,GP1 y GP2 como entradas.

REGISTER 6-1: CMCON — COMPARATOR CONTROL REGISTER (ADDRESS: 19h)

U-0	R-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	COUT	—	CINV	CIS	CM2	CM1	CM0
bit 7							bit 0

bit 7 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 6 **COUT**: Comparator Output bit
When CINV = 0:
1 = VIN+ > VIN-
0 = VIN+ < VIN-
When CINV = 1:
1 = VIN+ < VIN-
0 = VIN+ > VIN-

bit 5 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 4 **CINV**: Comparator Output Inversion bit
1 = Output inverted
0 = Output not inverted

bit 3 **CIS**: Comparator Input Switch bit
When CM2:CM0 = 110 or 101:
1 = VIN- connects to CIN+
0 = VIN- connects to CIN-

bit 2-0 **CM2:CM0**: Comparator Mode bits
Figure 6-2 shows the Comparator modes and CM2:CM0 bit settings

Registro ANSEL

Registro donde se configura conversión y selección analógica, se debe modificar si se utiliza cualquier pin como entrada.

REGISTER 7-2: ANSEL — ANALOG SELECT REGISTER (ADDRESS: 9Fh)

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	ADCS2	ADCS1	ADCS0	ANS3	ANS2	ANS1	ANS0
bit 7							bit 0

bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'.

bit 6-4 **ADCS<2:0>:** A/D Conversion Clock Select bits

000 = Fosc/2
001 = Fosc/8
010 = Fosc/32
x11 = FRC (clock derived from a dedicated internal oscillator = 500 kHz max)
100 = Fosc/4
101 = Fosc/16
110 = Fosc/64

bit 3-0 **ANS3:ANS0:** Analog Select bits
(Between analog or digital function on pins AN<3:0>, respectively.)

1 = Analog input; pin is assigned as analog input(1)
0 = Digital I/O; pin is assigned to port or special function

Note 1: Setting a pin to an analog input automatically disables the digital input circuitry, weak pull-ups, and interrupt-on-change. The corresponding TRISIO bit must be set to Input mode in order to allow external control of the voltage on the pin.

Registro CONFIG

- El PIC12F683 inicia por defecto con el watchdog timer habilitado (WDT).
- GPIO3 por defecto inicia configurado como MCLRE (reset).
- El registro CONFIG se encuentro fuera del espacio de memoria del programa, pertenece al espacio de configuración de memoria.
- Tipicamente el espacio de configuración de memoria se accesa durante la programación.

REGISTER 9-1: CONFIG — CONFIGURATION WORD (ADDRESS: 2007h)

R/P-1	R/P-1	U-0	U-0	U-0	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1
BG1	BG0	—	—	—	CPD	CP	BODEN	MCLRE	PWRTE	WDTE	FOSC2	FOSC1	FOSC0
bit 13													bit 0

bit 13-12 **BG1:BG0**: Bandgap Calibration bits for BOD and POR voltage[1]
00 = Lowest bandgap voltage
11 = Highest bandgap voltage

bit 11-9 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 8 **CPD**: Data Code Protection bit[2]
1 = Data memory code protection is disabled
0 = Data memory code protection is enabled

bit 7 **CP**: Code Protection bit[3]
1 = Program Memory code protection is disabled
0 = Program Memory code protection is enabled

bit 6 **BODEN**: Brown-out Detect Enable bit[4]
1 = BOD enabled
0 = BOD disabled

bit 5 **MCLRE**: GP3/$\overline{MCLR}$ pin function select[5]
1 = GP3/$\overline{MCLR}$ pin function is $\overline{MCLR}$
0 = GP3/$\overline{MCLR}$ pin function is digital I/O, $\overline{MCLR}$ internally tied to VDD

bit 4 **PWRTE**: Power-up Timer Enable bit
1 = PWRT disabled
0 = PWRT enabled

bit 3 **WDTE**: Watchdog Timer Enable bit
1 = WDT enabled
0 = WDT disabled

bit 2-0 **FOSC2:FOSC0**: Oscillator Selection bits
111 = RC oscillator: CLKOUT function on GP4/OSC2/CLKOUT pin, RC on GP5/OSC1/CLKIN
110 = RC oscillator: I/O function on GP4/OSC2/CLKOUT pin, RC on GP5/OSC1/CLKIN
101 = INTOSC oscillator: CLKOUT function on GP4/OSC2/CLKOUT pin, I/O function on GP5/OSC1/CLKIN
100 = INTOSC oscillator: I/O function on GP4/OSC2/CLKOUT pin, I/O function on GP5/OSC1/CLKIN
011 = EC: I/O function on GP4/OSC2/CLKOUT pin, CLKIN on GP5/OSC1/CLKIN
010 = HS oscillator: High-speed crystal/resonator on GP4/OSC2/CLKOUT and GP5/OSC1/CLKIN
001 = XT oscillator: Crystal/resonator on GP4/OSC2/CLKOUT and GP5/OSC1/CLKIN
000 = LP oscillator: Low power crystal on GP4/OSC2/CLKOUT and GP5/OSC1/CLKIN

Configuración de CONFIG

- Es posible configurar el registro CONFIG con instrucciones de preprocesador (macros o pragmas).
- Típicamente estas macros están definidas en los encabezados del microcontrolador utilizadas por el compilador.
- Se debe revisar documentación del archivo de encabezado, del compilador y la hoja de datos del microcontrolador.
- En el caso del compilador sdcc se puede definir al principio del código fuente (por fuera del main() o en otro archivo de encabezado) la configuración de este registro:

```
typedef unsigned int word;
word __at 0x2007 __CONFIG = ( macro1 & macro2 & etc .....);
```

Como se configuran los GPIOs?

- Antes de usar un pin se debe configurar como entrada o salida.
- Es posible configurar los pines bit a bit o todos a la vez

```
TRISIO = 0x00; //Se configuran todos como salidas
GPIO = 0x00; //Se ponen todas las salidas en bajo
```

Escritura de bits/registros en C?

Existen varios métodos para escribir registros en C:

- Método de sobreescritura de registro. No es muy recomendado porque puede sobreescribir configuraciones previas realizadas en el mismo programa, propenso a provocar pulgas

```
TRISIO = 0b00000000;
```

- Método de enmascarado de bits. Buena forma para no modificar bits previamente configurados.

```
GPIO &= (0b11111000); //Se limpian los 3 bits mas bajos sin afectar
```

- Método por campo de bit. Se modifica el bit o bits uno a uno

```
GPIObits.GP0 = 0 //Tambien se puede hacer con GP0 = 0; //Puede dar p
```

Se recomienda realizar la siguiente lectura sobre operaciones básicas a nivel de bit: `https://www.electronicshub.org/bitwise-operators-in-microcontroller-programming/`

Escritura/lectura de E/S digitales

- Luego de configurar los pines se pueden leer/escribir sus estados, lo que requiere agregar componentes para garantizar un comportamiento estable.
- Siempre es importante revisar las capacidades eléctricas de los puertos.

12.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

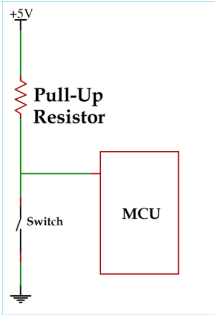
Absolute Maximum Ratings†

Ambient temperature under bias	-40 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on V_{DD} with respect to V_{SS}	-0.3 to +6.5V
Voltage on $\overline{MCLR}$ with respect to V_{SS}	-0.3 to +13.5V
Voltage on all other pins with respect to V_{SS}	-0.3V to (V_{DD} + 0.3V)
Total power dissipation(1)	800 mW
Maximum current out of V_{SS} pin	300 mA
Maximum current into V_{DD} pin	250 mA
Input clamp current, I_{IK} (V_I < 0 or V_I > V_{DD})	± 20 mA
Output clamp current, I_{OK} (V_O < 0 or V_O > V_{DD})	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by all GPIO	125 mA
Maximum current sourced all GPIO	125 mA

Escritura/lectura de E/S digitales

Lectura digital - Pull-up

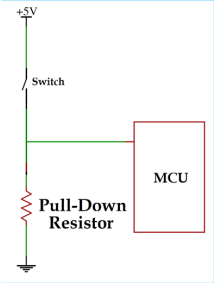
- Un pin puede estar en Alto, Bajo o flotando, no se recomienda (usar pull o/y down resistors)
- En configuracion pull-up el estado es en alto hasta que ocurre un evento que lo pone en bajo
- El estado logico del pin es 1 hasta que el boton se presiona. Se conoce como entrada con logica negativa.



Escritura/lectura de E/S digitales

Lectura digital - Pull-down

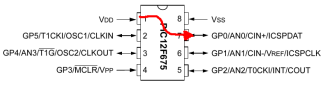
- En configuración pull-down el estado es en bajo hasta que ocurre un evento que lo pone en alto
- El estado lógico del pin es 0 hasta que el botón se presiona. Se conoce como entrada con lógica positiva.
- En los MCU algunos pines vienen con estas resistencias configurables con un registro. Se debe revisar bien el valor y la carga que pueden llevar.



Escritura/lectura de E/S digitales

Escritura digital - Current sourcing

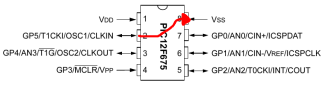
- Corriente va de Vdd (+5V), pasa por pin y llega a GND.
- Cuando pines de salida estan como current source el pin esta como fuente (+5V) manejando la carga
- En un MCU los pines pueden manejar cargas pequeñas (20mA)



Escritura/lectura de E/S digitales

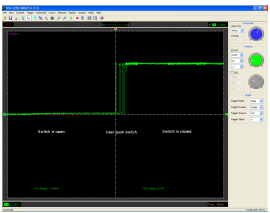
Escritura digital - Current sinking

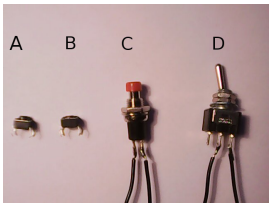
- Corriente va de Vss (0V), pasa por pin y llega a Vss.
- Cuando pines de salida están como current sink el pin esta como drenaje (GND) manejando la carga
- En un MCU los pines pueden manejar cargas pequeñas (20mA)



Escritura/lectura de E/S digitales

Manejo de rebotes





- Switches tienen efecto de rebote
- Rebotes generan falsas lecturas
- Deben filtrarse por HW o SW
- `https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/switch-bounce-how-to-deal-with-it/`

Flujo de un programa de un MCU

Usualmente un programa para un microcontrolador esta compuesto por dos partes:

- Inicializacion de periféricos y MCU: Se establecen los modos de operación del microcontrolador y sus periféricos antes de usarse.
- Ejecución de acciones: Son las instrucciones que realiza el microcontrolador de forma cíclica.

Generación de números aleatorios

Existen varios métodos con los microcontroladores para generar números aleatorios:

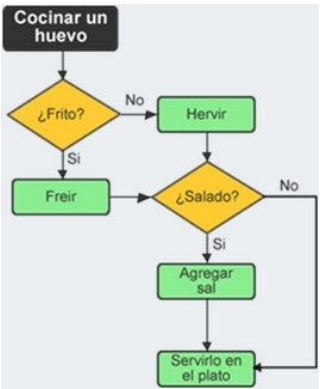
- Con una unidad RNG.
- Lectura de convertidores A/D.
- Con lfsr (linear-feedback shift register)
- Algoritmo Blum-Blum-Shub (BBS)
- Por software con contadores

Hola PIC

```
#include <pic14/pic12f683.h>
typedef unsigned int word;
word __at 0x2007 __CONFIG = (_BODEN_OFF);
void delay (unsigned int tiempo);
void main(void)
{
    TRISIO = 0x00;//Poner todos los pines como salidas
    GPIO = 0x00;//Poner todos en bajo
    unsigned int time = 100;

    //Loop forever
    while ( 1 ){
                GPIO0 = 0x00;//Esto se puede hacer tmb con GP0=0x00(no recomendado) o enmascarando
                delay(time);
                GPIO0 = ~GPIO0;//Esto es con el metodo de campo de bit
                delay(time);
    }
}

void delay(unsigned int tiempo)
{
        unsigned int i;
        unsigned int j;

        for(i=0;i<tiempo;i++)
          for(j=0;j<1275;j++);
}
```

Diagrama de flujo

- El diagrama de flujo o diagrama de actividades es la representación gráfica del algoritmo o proceso.
- Unico punto de inicio y final.



Recomendaciones para el laboratorios

- Leer con calma la hoja de datos del microcontrolador
- Leer documentación de librería/archivos de encabezado
- Ir paso por paso
- Preguntar