# CURSO DE PROGRAMACIÓN E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC

Video 06 — Parte 6: Interfaz Digital con el PIC — Entradas y Salidas Digitales · Plataforma Oficial: cursosmecatronica.com

**Módulo:** Parte 6 — Interfaz Digital con el PIC: Entradas y Salidas Digitales
**Enfoque de Ingeniería:** Pull-Up/Pull-Down, OPTION_REG.7, Niveles TTL vs Schmitt Trigger, Optoacoplador PC817, BJT 2N2222, MOSFET IRLZ44N, ULN2803 y Relés

```
tau_RC = R · C | V_in = V_ind · R2 / (R1 + R2) | I_B = I_C / beta_forzado | R_B = (5.0 - 0.7) / I_B
```

## 1. Desarrollo Técnico Diapositiva por Diapositiva

### Diapositiva 01: Entradas Digitales al PIC: Configuraciones Pull-Up y Pull-Down

Prohibición de Entradas CMOS Flotantes y Dimensionamiento Típico con Resistores de 10 Kiloohmios

- **Turno 1 (Orus):** Toda entrada digital del PIC está construida con transistores de efecto de campo complementarios de altísima impedancia, del orden de megohmios: si dejamos un pin de entrada desconectado al aire actuará como antena captando ruido errático.
- **Turno 2 (Aoede):** Por ello, al conectar un interruptor o final de carrera de un solo polo debemos forzar siempre un estado de reposo definido mediante una resistencia de polarización, habitualmente de cuatro coma siete a diez kiloohmios.
- **Turno 3 (Orus):** En la configuración activa en bajo o pull up, la resistencia conecta el pin de entrada hacia cinco voltios entregando un uno en reposo, mientras que el interruptor cierra el camino hacia tierra generando un cero al accionarse.
- **Turno 4 (Aoede):** En la configuración inversa o pull down, la resistencia aterriza el pin a cero voltios en reposo y el interruptor inyecta cinco voltios al cerrarse; en la industria preferimos pull up para no tender cables largos de cinco voltios por la máquina.

### Diapositiva 02: Aprovechamiento de las Resistencias Pull-Up Internas del Puerto B

Activación Global mediante OPTION_REG.7 = 0 y Corriente Equivalente Débil de 50 a 400 Microamperios

- **Turno 1 (Orus):** Para simplificar las tarjetas impresas, los ocho terminales del puerto B del PIC dieciséis efe ochenta y cuatro incorporan internamente fuentes débiles de corriente hacia positivo que equivalen a resistencias pull up de entre veinte y cincuenta kiloohmios.
- **Turno 2 (Aoede):** Tras el encendido estas resistencias internas vienen desactivadas por defecto; para encenderlas todas de golpe basta escribir en PicBasic Pro la línea O P T I O N guion bajo R E G punto siete igual a cero.
- **Turno 3 (Orus):** Un detalle inteligente del hardware es que si uno de los pines del puerto B se configura como salida digital en TRIS B, su resistencia interna se desconecta automáticamente para no desperdiciar energía.
- **Turno 4 (Aoede):** Estas resistencias internas funcionan de maravilla para botones cercanos en el panel frontal, pero si el cable del sensor viaja varios metros junto a motores conviene añadir una resistencia externa más firme de dos coma dos kiloohmios.

### Diapositiva 03: Niveles Lógicos de Entrada: Buffers TTL frente a Disparador Schmitt Trigger

**Márgenes de Inmunidad al Ruido y Diferencias entre Pines Estándar y Terminales RA4 y RB0/INT**

- **Turno 1 (Orus):** ¿A partir de qué voltaje exacto interpreta el microcontrolador un cero o un uno lógico? Alimentado a cinco voltios, la mayoría de los pines de los puertos A y B poseen umbrales compatibles con lógica T T L.
- **Turno 2 (Aoede):** En una entrada tipo T T L cualquier tensión inferior a cero coma ocho voltios se garantiza como cero lógico, y cualquier tensión superior a dos coma cero voltios ya se reconoce válidamente como uno lógico.
- **Turno 3 (Orus):** Sin embargo, el pin erre a cuatro y el pin erre be cero cuando actúa como interrupción externa incorporan un comparador especial con histéresis denominado disparador Schmitt Trigger.
- **Turno 4 (Aoede):** Un buffer Schmitt exige superar cuatro coma cero voltios para subir a uno y caer por debajo de uno coma cero voltios para volver a cero, ofreciendo una inmunidad formidable frente a señales lentas o ruidosas.

### Diapositiva 04: Acondicionamiento de Contactos y Señales Lentas con Red RC e Histéresis

**Constante de Tiempo Tau = R·C y Regeneración de Flancos Abruptos con Compuerta 74HC14**

- **Turno 1 (Orus):** Cuando un interruptor mecánico dispara directamente una interrupción por hardware en el pin erre be cero, no podemos usar una simple pausa de software antes de entrar porque cada rebote metálico volvería a gatillar el vector.
- **Turno 2 (Aoede):** En tales casos implementamos filtrado antirrebote en hardware: un resistor de diez kiloohmios y un capacitor cerámico de un microfaradio suavizan los rebotes con una constante de tiempo tau de diez milisegundos.
- **Turno 3 (Orus):** Nunca debemos conectar una rampa lenta de capacitor a una entrada digital común sin histéresis, pues al cruzar lentamente la zona intermedia los transistores internos entran en región lineal y pueden oscilar varias veces.
- **Turno 4 (Aoede):** Por eso enviamos esa señal filtrada directamente a una entrada Schmitt Trigger del propio PIC o la pasamos por un inversor séxtuple con histéresis setenta y cuatro hache ce catorce, entregando flancos cuadrados limpios.

### Diapositiva 05: Interfaz Segura de Entradas Industriales de 12V y 24V al PIC de 5V

**Divisores Resistivos, Diodos de Enclavamiento y Aislamiento Galvánico Total con Optoacoplador PC817**

- **Turno 1 (Orus):** En maquinaria industrial los sensores inductivos, fotoeléctricos y finales de carrera trabajan a doce o veinticuatro voltios: conectar esa tensión directamente a un pin del PIC destruiría el integrado de manera instantánea.
- **Turno 2 (Aoede):** Si ambos circuitos comparten tierra limpia en el mismo gabinete podemos reducir veinticuatro voltios a unos cuatro coma tres voltios mediante un divisor de tensión formado por dieciocho kiloohmios arriba y tres coma nueve kiloohmios abajo.
- **Turno 3 (Orus):** Aun mejor es añadir un diodo Zener de cuatro coma siete voltios en paralelo con la entrada para recortar picos transitorios antes de que superen los cinco coma cinco voltios máximos tolerados por los diodos internos.
- **Turno 4 (Aoede):** No obstante, en ambientes ruidosos la solución reina es el aislamiento galvánico mediante un optoacoplador como el pe ce ochocientos diecisiete: el sensor de veinticuatro voltios enciende un diodo infrarrojo interno y su fototransistor aislado conmuta el pin del PIC sin compartir tierras.

**Diapositiva 06: Salidas Digitales desde el PIC: Límites de Corriente por Pin y por Puerto**

Máximo de 25 mA Individuales, Tope Combinado de 50/80 mA en PORTA y 100/150 mA en PORTB

- **Turno 1 (Orus):** Pasemos al diseño de salidas digitales desde el microcontrolador: cada pin del PIC dieciséis efe ochenta y cuatro posee un par de transistores internos capaz de suministrar hacia afuera o drenar hacia tierra hasta veinticinco miliamperios absolutos.
- **Turno 2 (Aoede):** Sin embargo, existe una segunda restricción térmica en la hoja de datos que jamás debemos violar: no podemos exigir veinticinco miliamperios en los ocho pines del puerto B al mismo tiempo porque sumarían doscientos miliamperios.
- **Turno 3 (Orus):** El puerto A soporta como suma combinada máxima cincuenta miliamperios entregando corriente u ochenta miliamperios drenándola; mientras que el puerto B admite hasta cien miliamperios entregando o ciento cincuenta miliamperios drenando.
- **Turno 4 (Aoede):** Como criterio conservador de ingeniería limitamos cada salida directa del PIC a entre cinco y diez miliamperios para indicadores luminosos, e intercalamos siempre etapas amplificadoras externas para cualquier carga superior.

**Diapositiva 07: Conexión de LEDs en Modo Fuente y Sumidero y Displays de 7 Segmentos**

Cálculo de R = (VDD - Vf) / If y Multiplexado Temporal de Varios Dígitos con Transistores de Habilitación

- **Turno 1 (Orus):** Al excitar un diodo emisor de luz directamente desde un pin calculamos su resistencia serie restando a cinco voltios la caída directa del diodo, cerca de dos voltios en rojo, y dividiendo entre la corriente deseada de unos diez miliamperios, obteniendo trescientos treinta ohmios.
- **Turno 2 (Aoede):** Podemos conectarlo en modo fuente, donde el pin entrega cinco voltios y enciende con uno lógico, o en modo sumidero, donde el ánodo va a positivo y el pin drena corriente a tierra encendiendo con cero lógico.
- **Turno 3 (Orus):** Un visualizador numérico de siete segmentos agrupa simplemente siete barras luminosas de la letra a hasta la letra g más punto decimal, disponibles tanto en configuración de cátodo común como de ánodo común.
- **Turno 4 (Aoede):** Para gobernar cuatro dígitos sin gastar veintiocho pines unimos en paralelo los siete segmentos al puerto B y conmutamos un dígito a la vez mediante cuatro transistores gobernados por el puerto A a más de sesenta hercios.

**Diapositiva 08: Etapa de Potencia con Transistor Bipolar NPN en Corte y Saturación**

Diseño de Base del 2N2222 o TIP120 para Conmutar Zumbadores, Lámparas, Solenoides y Motores Pequeños

- **Turno 1 (Orus):** Cuando nuestra carga requiere cien, trescientos o quinientos miliamperios, o trabaja a doce o veinticuatro voltios, empleamos un transistor bipolar ene pe ene como el clásico dos ene veintidós veintidós operando estrictamente como interruptor.
- **Turno 2 (Aoede):** El emisor del transistor se une a la referencia común de tierra, la carga se conecta entre la fuente positiva de potencia y el colector, y el pin del PIC excita la base a través de una resistencia calculada.
- **Turno 3 (Orus):** Para garantizar saturación franca con mínima caída colector emisor dividimos la corriente de carga entre una ganancia forzada conservadora de diez o veinte, y aplicamos ley de Ohm restando los cero coma siete voltios base emisor a los cinco voltios del pin.
- **Turno 4 (Aoede):** Por ejemplo, para conmutar una bobina de doscientos miliamperios inyectamos unos diez miliamperios en la base mediante un resistor de cuatrocientos treinta o cuatrocientos setenta ohmios, protegiendo cómodamente la salida del microcontrolador.

**Diapositiva 09: Conmutación de Alta Corriente con MOSFET de Nivel Lógico y ULN2803**

Activación por Tensión a 5V tipo IRLZ44N y Ocho Pares Darlington con Diodos Integrados en un Solo Chip

- **Turno 1 (Orus):** Si la carga supera un amperio, como un calefactor, una tira de iluminación potente o un motor de corriente continua, un transistor bipolar común disiparía demasiado calor; allí preferimos un transistor MOSFET de canal ene de nivel lógico.
- **Turno 2 (Aoede):** Debemos elegir específicamente un modelo con letra L de nivel lógico en su matrícula, como el i erre ele zeta cuarenta y cuatro ene, cuya compuerta cierra totalmente el canal con los cinco voltios del PIC presentando miliohmios de resistencia.
- **Turno 3 (Orus):** Colocamos tan solo cien ohmios en serie con la compuerta para amortiguar picos capacitivos y diez kiloohmios de compuerta a tierra para mantener apagada la carga mientras el PIC arranca con sus pines en alta impedancia.
- **Turno 4 (Aoede):** Y cuando necesitamos manejar hasta ocho relés, electroválvulas o motores paso a paso unipolares desde el puerto B completo, el circuito integrado u ele ene veintiocho cero tres ofrece ocho pares Darlington de quinientos miliamperios con resistencias de base y diodos supresores ya integrados.

**Diapositiva 10: Cargas Inductivas y de Red Alterna: Relés con Diodo Flyback y SSR**

Supresión del Pico Inductivo con 1N4007 y Conmutación Silenciosa por Cruce por Cero en 110/220 VAC

- **Turno 1 (Orus):** Toda bobina de relé, electroválvula o motor almacena energía magnética que al cortarse abruptamente genera una sobretensión inversa de cientos de voltios capaz de perforar el transistor de salida y reiniciar el microcontrolador.
- **Turno 2 (Aoede):** Por ello es una ley inquebrantable soldar un diodo rectificador de libre circulación, como el uno ene cuatro mil siete, en paralelo directo con la bobina pero polarizado en inversa: cátodo al positivo y ánodo al colector.
- **Turno 3 (Orus):** Mediante los contactos aislados del relé electromecánico gobernamos bombas o luminarias de ciento diez o doscientos veinte voltios de corriente alterna con aislamiento total entre la red eléctrica y los cinco voltios lógicos.
- **Turno 4 (Aoede):** Cuando requerimos conmutación frecuente sin desgaste mecánico ni chispas electromagnéticas empleamos un relé de estado sólido con disparo en cruce por cero, el cual se excita directamente desde un pin del PIC como si fuera un simple diodo emisor de luz.

## 2. Código Fuente en PicBasic Pro (picbasic_pro_video_06.pbp)

```
' ================================================================================
' CURSO: PROGRAMACION E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC (cursosmecatronica.com)
' Video 06 — Parte 6: Interfaz Digital con el PIC — Entradas y Salidas Digitales
' Enfoque: Pull-Up/Pull-Down, OPTION_REG.7, Niveles TTL vs Schmitt Trigger, Optoacoplador PC817, BJT 2N2222,
MOSFET IRLZ44N, ULN2803 y Relés
' Ecuaciones Clave: tau_RC = R · C  |  V_in = V_ind · R2 / (R1 + R2)  |  I_B = I_C / beta_forzado  |  R_B = (5.0
- 0.7) / I_B
' Microcontrolador Objetivo: PIC16F84A @ 4.000 MHz (1 ciclo = 1 us)
' ================================================================================
@ DEVICE pic16F84A, XT_OSC, WDT_OFF, PWRT_ON, PROTECT_OFF
Include "modedefs.bas"
DEFINE OSC 4

' --- Declaracion de Pines y Variables ---
EntradaSensor  VAR PORTA.0
SalidaRele     VAR PORTB.0
LedHeartbeat   VAR PORTB.7
TxDiagnostico  VAR PORTA.1
ContadorCiclos VAR WORD
Estado         VAR BYTE

' --- Inicializacion Segura de Puertos (Estado antes que Direccion TRIS) ---
PORTA = %00000000
PORTB = %00000000
OPTION_REG.7 = 0            ' Pull-ups internos activos en PORTB
TRISA = %00000001           ' RA0 entrada, resto salidas
TRISB = %00000000           ' PORTB como salidas digitales
ContadorCiclos = 0
Estado = 0

' --- Lazo Principal Determinista ---
LazoPrincipal:
    TOGGLE LedHeartbeat
    ContadorCiclos = ContadorCiclos + 1
    IF EntradaSensor = 0 THEN
        PAUSE 20            ' Filtro antirrebote 20 ms
        IF EntradaSensor = 0 THEN
            HIGH SalidaRele
            Estado = 1
        ENDIF
    ELSE
        LOW SalidaRele
        Estado = 0
    ENDIF
    SEROUT TxDiagnostico, T2400, ["V06 Ciclo=", #ContadorCiclos, " Est=", #Estado, 13, 10]
    PAUSE 100
    GOTO LazoPrincipal
    END
```

## 3. Referencia en Ensamblador MPASM (ensamblador_mpasm_video_06.asm)

```
; ==========================================================================
; CURSO: PROGRAMACION E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC (cursosmecatronica.com)
; Video 06 – Parte 6: Interfaz Digital con el PIC – Entradas y Salidas Digitales – Referencia de Bajo Nivel
MPASM (PIC16F84A)
; ==========================================================================
    LIST        P=16F84A
    #INCLUDE    <P16F84A.INC>
    __CONFIG    _XT_OSC & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _CP_OFF

    CBLOCK  0x0C
        W_TEMP
        STATUS_TEMP
        CONTADOR
    ENDC

    ORG     0x0000
    GOTO    INICIO

    ORG     0x0004              ; Vector de Interrupcion Hardware
    MOVWF   W_TEMP              ; Salvado de contexto
    SWAPF   STATUS, W
    MOVWF   STATUS_TEMP
    BCF     INTCON, INTF        ; Limpiar bandera RB0/INT
    SWAPF   STATUS_TEMP, W
    MOVWF   STATUS
    SWAPF   W_TEMP, F
    SWAPF   W_TEMP, W
    RETFIE

INICIO:
    BCF     STATUS, RP0         ; Banco 0
    CLRF    PORTA
    CLRF    PORTB
    BSF     STATUS, RP0         ; Banco 1
    MOVLW   B'00000001'
    MOVWF   TRISA               ; RA0 entrada
    CLRF    TRISB               ; PORTB salidas
    BCF     STATUS, RP0         ; Regresar a Banco 0

BUCLE:
    BTFSS   PORTA, 0
    BSF     PORTB, 0
    BTFSC   PORTA, 0
    BCF     PORTB, 0
    GOTO    BUCLE
    END
```

## 4. Equivalencia en Lenguaje C XC8 (firmware_xc8_video_06.c)

```c
/* ============================================================================
 * CURSO: PROGRAMACION E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC (cursosmecatronica.com)
 * Video 06 – Parte 6: Interfaz Digital con el PIC – Entradas y Salidas Digitales – Equivalencia en C Embebido (XC8)
 * ============================================================================ */
#include <xc.h>
#define _XTAL_FREQ 4000000UL

#pragma config FOSC = XT, WDTE = OFF, PWRTE = ON, CP = OFF

void main(void) {
    PORTA = 0x00;
    PORTB = 0x00;
    OPTION_REGbits.nRBPU = 0;   /* Pull-ups internos activos en PORTB */
    TRISA = 0b00000001;         /* RA0 como entrada */
    TRISB = 0b00000000;         /* RB0..RB7 como salidas */

    while (1) {
        PORTBbits.RB7 ^= 1;     /* LED Heartbeat */
        if (PORTAbits.RA0 == 0) {
            __delay_ms(20);
            if (PORTAbits.RA0 == 0) {
                PORTBbits.RB0 = 1;
            }
        } else {
            PORTBbits.RB0 = 0;
        }
        __delay_ms(100);
    }
}
```