CURSO DE PROGRAMACIÓN E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC

Video 08 — Parte 8: Consideraciones Prácticas — Depuración, Fuentes, Baterías y Prototipado · Plataforma Oficial: cursosmecatronica.com

Módulo: Parte 8 — Consideraciones Prácticas: Depuración, Fuentes, Baterías y Prototipado
Enfoque de Ingeniería: Inspección Óhmica y 4 Signos Vitales PIC, LM7805 vs LDO vs Buck, Desacoplo 100 nF, Alcalinas/NiMH/LiPo (mAh y Tasa C) y Protoboard a PCB

```
P_dis = (V_in - 5.0) · I_carga | t_autonomia ≈ 0.8 · C_mAh / I_mA | I_max_desc = C_Ah · Tasa_C
```

1. Desarrollo Técnico Diapositiva por Diapositiva

Diapositiva 01: Procedimiento de Depuración I: Inspección en Frío sin el Chip Insertado

Detección Temprana de Cortocircuitos, Polaridad Invertida y Errores de Hilera en Protoboard

- **Turno 1 (Orus):** Incluso los diseñadores más experimentados enfrentan circuitos que no responden al primer intento; la diferencia entre el éxito rápido y dañar componentes radica en seguir un procedimiento metódico de depuración.
- **Turno 2 (Aoede):** La primera fase se ejecuta siempre sin energía y con el microcontrolador aún fuera de su zócalo: cotejamos conexión por conexión contra el diagrama esquemático impreso marcando con lápiz de color cada nodo verificado.
- **Turno 3 (Orus):** Con el multímetro en modo continuidad u óhmetro medimos la resistencia entre el riel positivo de cinco voltios y tierra: nunca debe marcar cero ohmios ni valores sospechosamente bajos que delaten un puente accidental.
- **Turno 4 (Aoede):** Recién entonces energizamos la tarjeta todavía sin insertar el PIC y verificamos con el voltímetro que en el pin catorce del zócalo existan exactamente cinco coma cero voltios estables respecto al pin cinco de tierra.

Diapositiva 02: Procedimiento de Depuración II: Los Cuatro Signos Vitales del PIC

Alimentación VDD = 5V, Pin MCLR en Nivel Alto, Oscilación del Cristal, Fusibles y LED Heartbeat

- **Turno 1 (Orus):** Cuando un PIC ya insertado y grabado parece completamente muerto, jamás cambiamos piezas al azar: revisamos en orden estricto sus cuatro signos vitales de supervivencia hardware.
- **Turno 2 (Aoede):** Signo vital uno: medir directamente sobre las patitas metálicas cinco y catorce del integrado entre cuatro coma setenta y cinco y cinco coma veinticinco voltios. Signo vital dos: confirmar cinco voltios firmes en el pin cuatro de reinicio.
- **Turno 3 (Orus):** Signo vital tres: verificar que el oscilador de cristal tenga sus capacitores cortos a tierra y que en el grabador se haya seleccionado fusible X T y no R C; con punta atenuada diez por en osciloscopio veremos cuatro megahercios en el pin dieciséis.
- **Turno 4 (Aoede):** Signo vital cuatro: incluir siempre en todo proyecto un diodo emisor de luz latido o heartbeat que cambie de estado en el lazo principal para saber de un vistazo si el procesador está corriendo o se ha reiniciado.

Diapositiva 03: Procedimiento de Depuración III: Aislamiento Hardware vs Software

Uso de Punta Lógica, Voltímetro, Trazas de Estado en Pantalla LCD y Mensajes Seriales SEROUT

- **Turno 1 (Orus):** Si el microcontrolador late correctamente pero un actuador no se mueve o un sensor no responde, dividimos el problema a la mitad justo en la patita del integrado para aislar si el fallo está en el software o en la electrónica externa.
- **Turno 2 (Aoede):** Por ejemplo, si el software ordena encender un relé y medimos cinco voltios en el pin de salida del PIC pero la bobina no cierra, el código es inocente y buscamos la falla en la resistencia de base, el transistor o la fuente de doce voltios.
- **Turno 3 (Orus):** Si por el contrario el pin jamás sube a cinco voltios, la falla es lógica: revisamos si olvidamos configurar TRIS como salida, si otra rutina sobrescribe el puerto o si la condición de entrada nunca se está cumpliendo.
- **Turno 4 (Aoede):** Para observar qué ocurre dentro de las variables en plena marcha imprimimos valores temporales en una esquina de la pantalla L C D o enviamos líneas de diagnóstico hacia la computadora mediante una sola instrucción SEROUT.

Diapositiva 04: Opciones de Fuente de Alimentación I: Regulador Lineal Clásico LM7805

Tensión de Entrada Mínima de 7.5V, Capacitores de Estabilidad, Diodo Protector y Disipación Térmica

- **Turno 1 (Orus):** Analicemos las opciones para alimentar proyectos PIC: en equipos fijos conectados a la red eléctrica lo más seguro es partir de un adaptador externo certificado que entregue entre nueve y doce voltios de corriente continua.
- **Turno 2 (Aoede):** A la entrada de nuestra tarjeta colocamos primero un diodo uno ene cuatro mil siete en serie para proteger todo el sistema contra inversión accidental de polaridad, seguido del célebre regulador lineal de tres terminales ele eme setenta y ocho cero cinco.
- **Turno 3 (Orus):** Este regulador exige un margen mínimo de caída llamado dropout de unos dos coma cinco voltios, por lo que su entrada debe permanecer siempre por encima de siete coma cinco voltios, flanqueado por capacitores de cero coma treinta y tres y cero coma un microfaradios.
- **Turno 4 (Aoede):** Debemos calcular siempre el calor disipado multiplicando la caída de tensión por la corriente: alimentar con doce voltios una carga de trescientos miliamperios disipa dos coma un vatios en el regulador, haciendo obligatorio atornillarle un disipador de aluminio.

Diapositiva 05: Opciones de Fuente II: Reguladores LDO de Baja Caída y Convertidores Buck

Maximización de Autonomía en Baterías con LDO de 0.3V de Caída y Alta Eficiencia Conmutada > 88%

- **Turno 1 (Orus):** El regulador tradicional setenta y ocho cero cinco presenta dos desventajas en sistemas modernos o portátiles: desperdicia mucha energía en calor al bajar desde veinticuatro voltios y deja de regular apenas una batería cae por debajo de siete voltios.
- **Turno 2 (Aoede):** Cuando alimentamos desde cuatro celdas en serie de seis voltios empleamos un regulador lineal de baja caída, conocido como L D O por sus siglas, como el ele eme veintinueve cuarenta, capaz de entregar cinco voltios limpios con apenas medio voltio de margen.
- **Turno 3 (Orus):** Además existen reguladores lineales micropotencia con corriente de reposo propia de microamperios, frente a los cinco miliamperios que consume permanentemente un setenta y ocho cero cinco incluso cuando el PIC duerme.
- **Turno 4 (Aoede):** Y si partimos de doce o veinticuatro voltios industriales con corrientes de medio amperio o más, la opción óptima es un regulador conmutado reductor tipo Buck, el cual supera el ochenta y ocho por ciento de eficiencia trabajando prácticamente frío.

Diapositiva 06: Capacitores de Desacoplo y Separación de Rieles Lógicos y de Potencia

Cerámico Multicapa de 100 nF Pegado a VDD-VSS y Prevención de Caídas Brown-Out al Arrancar Motores

- **Turno 1 (Orus):** Hay un componente humilde cuya ausencia explica la mitad de los fallos fantasma en proyectos con microcontroladores: el capacitor cerámico de desacoplo de cien nanofaradios, marcado comercialmente con el código ciento cuatro.
- **Turno 2 (Aoede):** Cada vez que el reloj interno conmuta miles de transistores en nanosegundos demanda pulsos bruscos de corriente que la inductancia de los cables largos desde la fuente no alcanza a suplir a tiempo.
- **Turno 3 (Orus):** Soldar o insertar ese capacitor cerámico de cien nanofaradios lo más pegado físicamente posible entre los pines catorce y cinco del PIC actúa como un depósito local instantáneo que mantiene limpia la alimentación interna.
- **Turno 4 (Aoede):** De igual modo, jamás alimentamos servomotores o solenoides pesados desde el mismo regulador pequeño de cinco voltios del microcontrolador: usamos un regulador separado para potencia uniendo únicamente las tierras en un punto común.

Diapositiva 07: Características de Baterías I: Celdas Primarias Alcalinas y de Litio

Tensión Nominal por Celda, Curva de Descarga Descendente, Resistencia Interna y Regla de Serie/Paralelo

- **Turno 1 (Orus):** Para diseñar equipos autónomos o robots móviles debemos conocer a fondo las características electroquímicas de las baterías, comenzando por las celdas primarias no recargables alcalinas y de litio.
- **Turno 2 (Aoede):** Una celda alcalina cilíndrica tamaño doble A entrega uno coma cinco voltios recién estrenada, pero su curva de descarga es inclinada y desciende gradualmente hasta cero coma nueve voltios al agotarse su energía útil.
- **Turno 3 (Orus):** En contraste, la popular batería rectangular alcalina de nueve voltios encierra seis celdas diminutas en serie con alta resistencia interna y apenas quinientos miliamperios hora, agotándose muy rápido si se le conectan motores o relés.
- **Turno 4 (Aoede):** Recordemos la ley básica de bancos de baterías: conectar celdas idénticas en serie suma sus voltajes manteniendo la misma capacidad en miliamperios hora, mientras que el paralelo suma capacidades exigiendo circuitos de balanceo.

Diapositiva 08: Características de Baterías II: Químicas Recargables NiCd, NiMH y Li-Ion/LiPo

Voltaje de Meseta de 1.2V vs 3.7V, Capacidad en mAh, Tasa de Descarga C y Cálculo de Autonomía

- **Turno 1 (Orus):** En aplicaciones de consumo continuo o robótica empleamos baterías secundarias recargables: las celdas de níquel cadmio y níquel metal hidruro entregan una meseta muy plana de uno coma dos voltios por celda, no uno coma cinco.
- **Turno 2 (Aoede):** Cuatro celdas recargables de níquel metal hidruro en serie suman cuatro coma ocho voltios nominales y cerca de cinco coma cuatro recién cargadas, permitiendo alimentar muchos circuitos lógicos de cinco voltios con altísima eficiencia.
- **Turno 3 (Orus):** Por su parte, las celdas de iones de litio y polímero de litio ofrecen la mayor densidad energética con tres coma siete voltios nominales y cuatro coma dos voltios a plena carga, exigiendo siempre circuito protector contra sobredescarga.
- **Turno 4 (Aoede):** Para estimar la autonomía dividimos la capacidad en miliamperios hora entre el consumo medio del sistema multiplicando por un factor práctico de cero coma ocho, y verificamos que los picos de motores respeten la tasa máxima C de descarga.

Diapositiva 09: Buenas Prácticas de Prototipado en Matriz de Contactos Protoboard

Rieles Partidos, Calibre de Alambre 22 AWG, Límites de Corriente y Tratamiento de Pines No Usados

- **Turno 1 (Orus):** Al construir prototipos en matriz de contactos protoboard cuidemos detalles mecánicos que evitan falsos contactos: utilicemos alambre sólido calibre veintidós tendido al ras de la placa y reservemos código estricto de colores rojo para cinco voltios y negro para tierra.
- **Turno 2 (Aoede):** Verifiquemos siempre con continuidad si los rieles laterales largos de alimentación de nuestra protoboard están interrumpidos a mitad de camino de fábrica, colocando puentes cortos para energizar ambos extremos.
- **Turno 3 (Orus):** Nunca hagamos circular corrientes mayores a medio amperio por las laminillas elásticas internas de la protoboard ni insertemos terminales gruesos de reguladores o relés a la fuerza porque deforman permanentemente las pinzas metálicas.
- **Turno 4 (Aoede):** Respecto a los pines del PIC que sobren sin usar en un proyecto, jamás los dejemos como entradas flotantes: configurémoslos en TRIS como salidas puestas en cero lógico, o como entradas atadas a tierra mediante resistencias.

Diapositiva 10: Del Prototipo al Equipo Definitivo: Placa Perforada, PCB y Gabinete

Uso de Zócalos Torneados, Pistas Anchas de Potencia, Plano de Tierra, Alivio de Tensión y Conector ICSP

- **Turno 1 (Orus):** La protoboard es una herramienta magnífica de laboratorio temporal, pero las vibraciones mecánicas y la oxidación impiden usarla dentro de una máquina definitiva: el paso siguiente es migrar a placa perforada soldada o a circuito impreso.
- **Turno 2 (Aoede):** En la placa definitiva nunca soldamos directamente el PIC de dieciocho pines al cobre: soldamos primero un zócalo de calidad, preferiblemente de contactos torneados, que evita recalentar el silicio y permite reemplazarlo en segundos.
- **Turno 3 (Orus):** Al trazar el circuito impreso diseñamos pistas gruesas para alimentación y cargas de potencia, colocamos un plano continuo de cobre conectado a tierra para blindar contra interferencias e incluimos un cabezal de cinco pines para programación en circuito.
- **Turno 4 (Aoede):** Montamos finalmente la tarjeta sobre separadores aislantes dentro de un gabinete firme con borneras atornillables y prensaestopas para los cables externos, culminando un producto electrónico de verdadera calidad profesional.

2. Código Fuente en PicBasic Pro (picbasic_pro_video_08.pbp)

```
' ================================================================================
' CURSO: PROGRAMACION E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC (cursosmecatronica.com)
' Video 08 — Parte 8: Consideraciones Prácticas — Depuración, Fuentes, Baterías y Prototipado
' Enfoque: Inspección Óhmica y 4 Signos Vitales PIC, LM7805 vs LDO vs Buck, Desacoplo 100 nF,
Alcalinas/NiMH/LiPo (mAh y Tasa C) y Protoboard a PCB
' Ecuaciones Clave: P_dis = (V_in - 5.0) · I_carga  |  t_autonomia ≈ 0.8 · C_mAh / I_mA  |  I_max_desc = C_Ah ·
Tasa_C
' 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, ["V08 Ciclo=", #ContadorCiclos, " Est=", #Estado, 13, 10]
    PAUSE 100
    GOTO LazoPrincipal
    END
```

3. Referencia en Ensamblador MPASM (ensamblador_mpasm_video_08.asm)

```
; ==========================================================================
; CURSO: PROGRAMACION E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC (cursosmecatronica.com)
; Video 08 – Parte 8: Consideraciones Prácticas – Depuración, Fuentes, Baterías y Prototipado – 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_08.c)

```c
/* ============================================================================
 * CURSO: PROGRAMACION E INTERFAZ DE MICROCONTROLADORES PIC (cursosmecatronica.com)
 * Video 08 — Parte 8: Consideraciones Prácticas — Depuración, Fuentes, Baterías y Prototipado — 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);
    }
}
```