

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| CAPÍTULO 1. MICROCONTROLADORES | 19 |
| 1.1 MICROCONTROLADOR | 19 |
| 1.1.1 Controlador y microcontrolador..... | 19 |
| 1.1.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador | 21 |
| 1.1.3 Aplicaciones de los microcontroladores | 22 |
| 1.1.4 El mercado de los microcontroladores | 22 |
| 1.1.5 ¿Qué microcontrolador emplear?..... | 24 |
| 1.2 RECURSOS COMUNES A TODOS LOS MICROCONTROLADORES | 26 |
| 1.2.1 Arquitectura básica..... | 26 |
| 1.2.2 El procesador o UCP | 27 |
| 1.2.3 Memoria | 28 |
| 1.2.4 Puertas de entrada y salida | 30 |
| 1.2.5 Reloj principal..... | 30 |
| 1.3 RECURSOS ESPECIALES..... | 31 |
| 1.3.1 Temporizadores o <i>Timers</i> | 32 |
| 1.3.2 Perro guardián o <i>Watchdog</i> | 32 |
| 1.3.3 Protección ante fallo de alimentación o <i>Brownout</i> | 32 |
| 1.3.4 Estado de reposo o de bajo consumo | 32 |
| 1.3.5 Conversor de analógico a digital (A/D) | 33 |
| 1.3.6 Conversor de digital a analógico (D/A) | 33 |
| 1.3.7 Comparador analógico | 33 |
| 1.3.8 Modulador de anchura de impulsos o PWM..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 1.3.9 Puertas de Entrada/Salida (E/S) digitales..... | 33 |
| 1.3.10 Puertas de comunicación..... | 34 |
| 1.4 HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES..... | 34 |
| 1.4.1 Desarrollo del software..... | 35 |
| 1.4.2 Depuración..... | 35 |
| 1.4.3 Grabación..... | 36 |
| CAPÍTULO 2. MICROCONTROLADORES PIC | 39 |
| 2.1 MICROCONTROLADORES PIC | 39 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS COMUNES..... | 40 |
| 2.2.1 Arquitectura..... | 40 |
| 2.2.2 Segmentación..... | 40 |
| 2.2.3 Formato de las instrucciones..... | 41 |
| 2.2.4 Juego de instrucciones..... | 41 |
| 2.2.5 Todas las instrucciones son ortogonales..... | 41 |
| 2.2.6 Arquitectura basada en un “banco de registros”..... | 41 |
| 2.2.7 Diversidad de modelos de microcontroladores con prestaciones y recursos diferentes..... | 41 |
| 2.2.8 Herramientas de soporte potentes y económicas..... | 41 |
| 2.3 LAS GAMAS DE PIC..... | 42 |
| 2.3.1 La gama enana: PIC12C(F)XXX de 8 patitas..... | 42 |
| 2.3.2 Gama baja o básica: PIC16C5X con instrucciones de 12 bits..... | 43 |
| 2.3.3 Gama media: PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits..... | 45 |
| 2.3.4 Gama alta: PIC17CXXX con instrucciones de 16 bits..... | 47 |
| 2.3.5 Gama alta: PIC18CXXXX con instrucciones de 16 bits..... | 48 |
| 2.4 MICROCONTROLADOR PIC16F84..... | 48 |
| 2.4.1 Arquitectura interna..... | 48 |
| 2.4.2 Pines y funciones..... | 50 |
| 2.4.2.1 Puerto A..... | 50 |
| 2.4.2.2 Puerto B..... | 51 |
| 2.4.2.3 Pines adicionales..... | 51 |
| 2.5 MICROCONTROLADOR PIC16F877A..... | 52 |
| 2.5.1 Arquitectura interna..... | 52 |
| 2.5.2 Pines y funciones..... | 53 |
| 2.5.2.1 Puerto A..... | 54 |
| 2.5.2.2 Puerto B..... | 55 |
| 2.5.2.3 Puerto C..... | 55 |
| 2.5.2.4 Puerto D..... | 56 |
| 2.5.2.5 Puerto E..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.2.6 Pines adicionales..... | 57 |
| 2.6 MICROCONTROLADOR PIC18F2550..... | 57 |
| 2.6.1 Arquitectura interna..... | 57 |
| 2.6.2 Pines y funciones..... | 58 |
| 2.6.2.1 Puerto A..... | 59 |
| 2.6.2.2 Puerto B..... | 60 |
| 2.6.2.3 Puerto C..... | 60 |
| 2.6.2.4 Puerto E..... | 61 |
| 2.6.2.5 Pines adicionales..... | 61 |
| 2.7 MICROCONTROLADOR PIC18F4550..... | 61 |
| 2.7.1 Arquitectura Interna..... | 61 |
| 2.7.2 Pines y funciones..... | 62 |
| 2.7.2.1 Puerto A..... | 63 |
| 2.7.2.2 Puerto B..... | 64 |
| 2.7.2.3 Puerto C..... | 65 |
| 2.7.2.4 Puerto D..... | 65 |
| 2.7.2.5 Puerto E..... | 66 |
| 2.7.2.6 Pines adicionales..... | 66 |
| CAPÍTULO 3. COMANDOS PIC BASIC PRO..... | 67 |
| 3.1 @..... | 67 |
| 3.2 ADCIN..... | 68 |
| 3.3 BRANCH..... | 68 |
| 3.4 BUTTON..... | 69 |
| 3.5 CALL..... | 71 |
| 3.6 CLEAR..... | 71 |
| 3.7 CLEARWDT..... | 72 |
| 3.8 COUNT..... | 72 |
| 3.9 DATA..... | 72 |
| 3.10 DTMFOUT..... | 73 |
| 3.11 EEPROM..... | 75 |
| 3.12 END..... | 75 |
| 3.13 FOR... NEXT..... | 75 |
| 3.14 FREQOUT..... | 76 |
| 3.15 GOSUB..... | 77 |
| 3.16 GOTO..... | 77 |
| 3.17 HIGH..... | 78 |
| 3.18 I2CREAD..... | 78 |
| 3.19 I2CWRITE..... | 79 |

| | |
|--|------------|
| 3.20 IF... THEN | 80 |
| 3.21 INPUT..... | 81 |
| 3.22 LCDIN | 81 |
| 3.23 LCDOUT | 82 |
| 3.24 LOW | 83 |
| 3.25 NAP..... | 83 |
| 3.26 ON INTERRUPT | 84 |
| 3.27 OUTPUT..... | 85 |
| 3.28 PAUSE..... | 85 |
| 3.29 PAUSEUS..... | 86 |
| 3.30 POT | 86 |
| 3.31 PULSIN..... | 87 |
| 3.32 PULSOUT..... | 87 |
| 3.33 PWM..... | 88 |
| 3.34 RANDOM..... | 89 |
| 3.35 READ..... | 89 |
| 3.36 RETURN..... | 89 |
| 3.37 REVERSE..... | 90 |
| 3.38 SELECT CASE..... | 90 |
| 3.39 SERIN2 | 91 |
| 3.40 SEROUT2..... | 93 |
| 3.41 SHIFTIN | 94 |
| 3.42 SHIFTOUT | 96 |
| 3.43 SLEEP..... | 97 |
| 3.44 SWAP | 98 |
| 3.45 TOOGLE..... | 98 |
| 3.46 TRIS | 98 |
| 3.47 WHILE... WEND..... | 99 |
| 3.48 WRITE..... | 100 |
| CAPÍTULO 4. INSTALACIÓN DE SOFTWARE..... | 101 |
| 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO | 101 |
| 4.1.1 El Editor CodeDesigner Lite..... | 101 |
| 4.1.2 El Compilador PicBasic Pro..... | 101 |
| 4.1.3 El Programador EPIC..... | 102 |
| 4.2 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO | 103 |
| 4.2.1 Paso 1: instalación de las herramientas de desarrollo..... | 103 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.2 Paso 2: configuración de las herramientas de desarrollo | 122 |
| 4.3 EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN | 124 |
| 4.3.1 Paso 1: idea clara de lo que se va a desarrollar | 124 |
| 4.3.2 Paso 2: edición del programa | 125 |
| 4.3.3 Paso 3: compilación del programa | 126 |
| 4.3.4 Paso 4: grabación del microcontrolador..... | 127 |
| 4.3.5 Paso 5: prueba de la aplicación | 128 |
| CAPÍTULO 5. CONEXIÓN DEL PUERTO SERIE CON VISUAL BASIC | 129 |
| 5.1 EL PUERTO SERIE RS-232C..... | 129 |
| 5.2 MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0..... | 131 |
| 5.3 PRUEBAS CON CABLE PARA PUERTO SERIE | 132 |
| 5.3.1 Construcción del cable para puerto serie | 132 |
| 5.3.2 Primera prueba | 133 |
| 5.3.3 Segunda prueba | 137 |
| 5.3.4 Tercera Prueba..... | 140 |
| 5.4 PRUEBAS DE CONEXIÓN ENTRE COMPUTADOR Y MICROCONTROLADOR | 143 |
| 5.4.1 Transmisión de datos al computador desde el microcontrolador (PIC-PC)..... | 145 |
| 5.4.1.1 Primera prueba..... | 145 |
| 5.4.1.1.1 Utilizando el Hyper Terminal..... | 146 |
| 5.4.1.1.2 Utilizando Visual Basic..... | 151 |
| 5.4.1.2 Segunda prueba..... | 152 |
| 5.4.1.2.1 Prueba con HyperTerminal..... | 152 |
| 5.4.1.2.2 Prueba con Visual Basic..... | 156 |
| 5.4.1.3 Tercera prueba | 158 |
| 5.4.1.3.1 Prueba con HyperTerminal..... | 159 |
| 5.4.1.3.2 Prueba con Visual Basic..... | 160 |
| 5.4.2 Transmisión de datos al microcontrolador desde el computador (PC-PIC)..... | 161 |
| 5.4.2.1 Prueba con Visual Basic | 163 |
| CAPÍTULO 6. VISUALIZACIÓN DE DATOS | 167 |
| 6.1 VISUALIZADOR DE 7 SEGMENTOS | 167 |
| 6.1.1 Funcionamiento del visualizador de 7 segmentos..... | 167 |
| 6.1.2 Interfaz con el microcontrolador | 169 |
| 6.2 DECODIFICADOR 7447 | 171 |
| 6.2.1 Funcionamiento del decodificador 7447 | 172 |
| 6.2.2 Interfaz con el microcontrolador | 173 |
| 6.3 PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)..... | 176 |
| 6.3.1 Funcionamiento de la pantalla de cristal líquido..... | 177 |

| | |
|--|------------|
| 6.3.2 Interfaz con el microcontrolador | 178 |
| CAPÍTULO 7. ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES | 183 |
| 7.1 ENTRADAS DIGITALES | 183 |
| 7.1.1 Acondicionamiento de señal: interfaz electrónica | 187 |
| 7.1.2 Interruptor electrónico..... | 189 |
| 7.1.3 Entradas digitales de 8 bits..... | 193 |
| 7.1.4 Usando el 74151 | 195 |
| 7.2 SALIDAS DIGITALES | 198 |
| 7.2.1 Acondicionamiento de señal: interfaz electrónica | 198 |
| 7.2.2 Salidas digitales de 8 bits | 202 |
| 7.2.3 Usando el 74164..... | 205 |
| CAPÍTULO 8. CONVERTOR A/D | 211 |
| 8.1 CONVERTOR ADC0804 | 211 |
| 8.1.1 Funcionamiento del ADC0804 | 212 |
| 8.1.2 Interfaz con el microcontrolador | 213 |
| 8.1.3 Traducir a voltios | 215 |
| 8.2 CONVERTOR ADC08031 | 218 |
| 8.2.1 Funcionamiento del ADC08031 | 219 |
| 8.2.2 ¿Cómo programar de acuerdo con el diagrama de tiempo?..... | 219 |
| 8.2.3 Interfaz con el microcontrolador | 220 |
| 8.2.4 Traducir a voltios | 222 |
| 8.3 CONVERTOR ADC08032 | 223 |
| 8.3.1 Funcionamiento del ADC08032 | 223 |
| 8.3.2 ¿Cómo programar de acuerdo con el diagrama de tiempo?..... | 225 |
| 8.3.3 Interfaz con el microcontrolador | 225 |
| 8.3.4 Traducir a voltios | 230 |
| 8.4 MULTIPLEXOR ANALÓGICO 4051 | 232 |
| 8.4.1 Lectura de 4 canales analógicos | 233 |
| 8.4.2 Lectura de 8 canales analógicos | 236 |
| 8.5 CONVERTOR A/D INTERNO | 237 |
| 8.5.1 Funcionamiento del convertor interno del PIC16F877A | 238 |
| 8.5.2 Programación del A/D interno para la lectura de un canal | 239 |
| 8.5.3 Programación del A/D interno para la lectura de tres canales | 241 |
| 8.5.4 Programación del A/D interno para la lectura de ocho canales | 246 |
| CAPÍTULO 9. CONVERTOR D/A | 249 |
| 9.1 COMBINACIÓN R-2R | 249 |

| | |
|---|------------|
| 9.2 CONVERSIONOR DAC0808 | 251 |
| 9.2.1 Funcionamiento del DAC0808 | 251 |
| 9.2.2 Interfaz con el microcontrolador | 252 |
| 9.2.3 Traducir a voltios | 253 |
| 9.3 CONVERSIONOR DAC0800 | 256 |
| 9.3.1 Funcionamiento del DAC0800 | 257 |
| 9.3.2 Interfaz con el microcontrolador | 257 |
| 9.3.3 Traducir a voltios | 258 |
| 9.4 POTENCIÓMETRO DIGITAL DS1267 | 261 |
| 9.4.1 Funcionamiento del DS1267 | 261 |
| 9.4.2 Interfaz con el microcontrolador | 262 |
| 9.4.3 Traducir a voltios | 264 |
| 9.5 MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO: PWM | 268 |
| CAPÍTULO 10. MEMORIAS SERIALES Y PROTOCOLO I2C | 275 |
| 10.1 MEMORIAS SERIALES | 275 |
| 10.1.1 Características de las memorias seriales | 275 |
| 10.1.2 Aplicaciones | 276 |
| 10.2 MEMORIA SERIAL 24LC256 | 277 |
| 10.2.1 Características del bus | 278 |
| 10.2.2 Direccionamiento y operación de la memoria | 279 |
| 10.2.3 Operación de escritura | 279 |
| 10.2.4 Operación de lectura | 280 |
| 10.2.5 Descripción de pines | 281 |
| 10.3 INTERFAZ CON EL MICROCONTROLADOR | 282 |
| 10.3.1 Lectura de la memoria 24LC256 | 282 |
| 10.3.2 Escritura de la memoria 24LC256 | 284 |
| 10.4 APLICACIÓN CON EL MICROCONTROLADOR | 284 |
| CAPÍTULO 11. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA | 287 |
| 11.1 SISTEMA ELECTRÓNICO DE COMUNICACIÓN | 287 |
| 11.2 TRANSMISIÓN DE DATOS | 288 |
| 11.3 TRANSMISOR DE RF TWS-434 | 289 |
| 11.3.1 Diagrama de pines del transmisor TWS-434 | 290 |
| 11.4 RECEPTOR DE RF RWS-434 | 290 |
| 11.4.1 Diagrama de pines del receptor RWS-434 | 291 |
| 11.5 ANTENAS PARA EL TRANSMISOR Y EL RECEPTOR | 291 |
| 11.6 CODIFICADOR Y DECODIFICADOR DE 4 BITS | 292 |

| | |
|---|------------|
| 11.6.1 Codificador HT-12E y decodificador HT-12D | 292 |
| 11.6.2 Diagrama de pines del codificador HT-12E..... | 292 |
| 11.6.3 Diagrama de pines del codificador HT-12D | 293 |
| 11.7 CODIFICADOR Y DECODIFICADOR DE 8 BITS | 293 |
| 11.7.1 Codificador HT-640 y decodificador HT-648L..... | 293 |
| 11.7.2 Diagrama de pines del codificador HT-640 | 294 |
| 11.7.3 Diagrama de pines del codificador HT-648L..... | 294 |
| 11.8 CIRCUITOS DE PRUEBA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN PARALELA.. | 295 |
| 11.9 CIRCUITOS DE PRUEBA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN SERIE..... | 297 |
| 11.9.1 Prueba con Visual Basic..... | 300 |
| CAPÍTULO 12. MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA | 301 |
| 12.1 MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA | 301 |
| 12.2 CIRCUITOS DE CAMBIO DE GIRO..... | 302 |
| 12.2.1 Circuito puente en H | 302 |
| 12.2.2 Circuito basado en relé..... | 304 |
| 12.2.3 Conexión de motores de c.c. y microcontrolador para un cambio de giro | 306 |
| 12.3 CONTROL DE VELOCIDAD | 310 |
| 12.3.1 Conexión de motores de c.c. y microcontrolador para variar la velocidad..... | 311 |
| CAPÍTULO 13. MOTORES PASO A PASO..... | 317 |
| 13.1 MOTOR PASO A PASO | 317 |
| 13.2 MOTOR PASO A PASO BIPOLAR | 318 |
| 13.2.1 Circuito integrado L293D | 319 |
| 13.2.2 Circuito de control de motor PaP bipolar con L293D | 320 |
| 13.2.3 Control del motor PaP bipolar con el microcontrolador | 321 |
| 13.3 MOTOR PASO A PASO UNIPOLAR | 332 |
| 13.3.1 Circuito integrado ULN2803 | 332 |
| 13.3.2 Circuito de control de motor PaP unipolar con ULN2803..... | 333 |
| 13.3.3 Configuración con transistores y diodos | 335 |
| 13.3.4 Control del motor PaP unipolar con el microcontrolador | 335 |
| CAPÍTULO 14. SERVOMOTOR | 347 |
| 14.1 SERVOMOTOR..... | 347 |
| 14.2 ESTRUCTURA INTERNA Y FUNCIONAMIENTO | 348 |
| 14.2.1 Control de posición | 349 |
| 14.2.2 Utilización | 350 |
| 14.2.3 Terminales..... | 351 |
| 14.2.4 Control del servomotor con el microcontrolador | 351 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 15. RELOJ DE TIEMPO REAL | 363 |
| 15.1 CIRCUITO INTEGRADO DS1302 | 363 |
| 15.1.1 Funcionamiento del DS1302..... | 364 |
| 15.1.2 Resumen de comandos del DS1302..... | 365 |
| 15.1.3 Interfaz con el microcontrolador | 368 |
| CAPÍTULO 16. TECLADOS..... | 371 |
| 16.1 EL TECLADO MATRICIAL | 371 |
| 16.1.1 Funcionamiento del teclado matricial..... | 372 |
| 16.1.2 Interfaz con el microcontrolador | 373 |
| 16.2 CIRCUITO INTEGRADO 74C922..... | 376 |
| 16.2.1 Conexión del teclado matricial 4x4..... | 377 |
| 16.2.1 Interfaz con el microcontrolador | 378 |
| CAPÍTULO 17. GPS..... | 381 |
| 17.1 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL | 381 |
| 17.2 PARTES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL | 382 |
| 17.3 FUNCIONAMIENTO DEL GPS | 383 |
| 17.4 APLICACIONES DEL GPS..... | 384 |
| 17.5 MÓDULO RECEPTOR DE GPS DE PARALLAX | 385 |
| 17.5.1 Diagrama de pines del GPS de Parallax..... | 386 |
| 17.5.2 Lista de comandos del GPS de Parallax..... | 386 |
| 17.5.3 Interfaz con el microcontrolador | 387 |
| 17.6 MANIPULANDO EL GOOGLE MAPS | 394 |
| CAPÍTULO 18. USB..... | 399 |
| 18.1 BUS UNIVERSAL EN SERIE (USB)..... | 399 |
| 18.1.1 Características de transmisión..... | 401 |
| 18.1.2 Diagrama de pines del conector USB A | 401 |
| 18.1.3 Conectores y especificaciones..... | 402 |
| 18.2 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO PARA APLICACIÓN USB..... | 403 |
| 18.2.1 MPLAB IDE | 403 |
| 18.2.2 MicroCode Studio | 412 |
| 18.3 CREACIÓN DE APLICACIÓN USB | 426 |
| 18.3.1 Generación del proyecto..... | 426 |
| 18.3.2 Circuito básico de comunicación por USB por medio del PIC18F4550 | 431 |
| 18.3.3 Apertura del proyecto..... | 432 |
| 18.3.4 Desarrollo de aplicación: entrada y salida de 8 bits | 437 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 445 |
| MATERIAL ADICIONAL | 447 |
| ÍNDICE ALFABÉTICO..... | 449 |