

Microcontroladores e FPGAs

Aplicações em Automação

**Edward David Moreno Ordonez
Cesar Giacomini Penteadó
Alexandre César Rodrigues da Silva**

Sumário

Dedicatória	11
Agradecimentos	11
Sobre os Autores	12
Prefácio	15
Parte I – Apresentação e Comparação de Microcontroladores.....	17
Capítulo 1 – Microcontrolador PIC16F628, da Microchip	18
1.1 Principais Características do Microcontrolador PIC16F628.....	18
1.1.1 Principais Características dos Periféricos do PIC 16F628.....	20
1.2 Seleção de Osciladores do PIC 16F628.....	21
1.3 Modos de Reset do PIC 16F628	22
1.3.1 POR (Power-On Reset).....	23
1.3.2 BOD (Brown-Out Detect).....	24
1.3.3 OST (Oscillator Start-up Timer)	25
1.3.4 WDT (Watchdog Timer)	25
1.4 Interrupções do PIC 16F628	25
1.5 Módulo CCP (Capture/Compare/PWM)	26
1.6 Timers – Temporizadores.....	28
1.7 Modo SLEEP.....	29
Capítulo 2 – Microcontrolador MC68HC908, da Motorola	30
2.1 Principais Características do MC68HC908JL8.....	30
2.2 MON (Módulo Monitor ROM)	33
2.3 Módulo KBI (Keyboard Interrupt Module).....	34
2.4 Módulo TIM (Timer Interface Module)	34
2.5 Módulo SIM (System Integration Module)	36
2.6 Módulo COP (Computer Operating Properly)	39
2.7 Módulo LVI (Low Voltage Inhibit).....	39
2.8 Módulo BREAK	39
2.9 Módulo OSC	40
Capítulo 3 – Microcontrolador COP8CCE9, da National	42
3.1 Características do Microcontrolador COP	42
3.2 Economia de Energia – Modos HALT e IDLE.....	45
3.3 Detector de Condições Ilegais.....	45
3.4 Timers – Temporizadores.....	46
3.4.1 Timer Tx: Processor Independent PWM Mode do COP8CBE9.....	47
3.4.2 Timer Tx: External Event Counter Mode do COP8CBE9.....	47
3.4.3 Timer Tx: Input Capture Mode do COP8CBE9.....	48
3.5 Conjunto de Portas	48

3.6 Multi-Input Wake-Up	50
3.7 Virtual EEPROM	50
3.8 In-System Programming	51
3.9 Microwire/Plus ISP	52
3.10 Interrupções	53
3.11 Monitor Watchdog/Clock	54
Capítulo 4 – Microcontrolador AT89C51, da Atmel	55
4.1 Características do AT89C51	55
4.2 Modos de Oscilação	57
4.3 Registradores de Funções Especiais – SFR	57
4.4 Timers/Counters – Temporizadores e Contadores	59
4.4.1 Clock de Saída Programável	62
4.4.2 Programmable Watchdog Timer	62
4.5 SPI do AT89S8252	62
4.6 Interrupções do AT89S8252	63
4.7 Estrutura de Nível de Prioridade	64
4.8 Modo Idle e Modo Power Down	64
Capítulo 5 – Periféricos de Microcontroladores	65
5.1 Principais Periféricos de Microcontroladores	65
5.2 Microcontroladores Java	68
Parte II – Desenvolvimento de Aplicações com Base em Microcontrolador	71
Capítulo 6 – Introdução a Sensores e Conversores A/D	72
6.1 Teoria Básica sobre Sensores	73
6.2 Exemplos de Sensores Usados em Automação	77
6.2.1 Sensor de Fim de Curso (chave-limite)	77
6.2.2 Sensor Indutivo	78
6.2.3 Sensor Capacitivo	81
6.2.4 Sensor Fotoelétrico	82
6.2.5 Sensor Ultra-Sônico	86
6.3 Condicionamento de Sinal e Conversor A/D	87
6.3.1 Condicionamento de Sinal	87
6.3.2 Conversão Analógica para Digital	91
6.4 Conversor A/D do Microcontrolador HC908	94
6.5 Desenvolvimento do Programa para o Microcontrolador	95
6.6 Interface entre o Microcontrolador e o Dispositivo Atuador	96
Capítulo 7 – Sistema de Estufa para Pintura de Peças	100
7.1 Introdução	100
7.2 Módulo para o Posicionamento da Peça para a Pintura	103
7.2.1 Acionamento do Motor de Passo	104
7.2.2 Estágio de Potência para o Acionamento do Motor de Passo	106
7.2.3 Sensor de Infravermelho para Indicar o Posicionamento da Peça	107
7.3 Módulo para o Controle da Pintura e do Nível de Tinta do Reservatório	109
7.4 Módulo para o Controle de Temperatura e Secagem da Peça	111
7.4.1 Conversor A/D	112
7.4.2 Sensor de Temperatura	112
7.4.3 Condicionamento do Sinal para o Sensor de Temperatura	113
7.4.4 Conversão Hexadecimal para Decimal	114
7.4.5 Circuito com Estágio de Potência	114
7.4.6 Aquecedor e Resfriador	115
7.4.7 Controle e Tomada de Decisão	116
7.5 Código-Fonte dos Módulos Desenvolvidos	118

Capítulo 8 – Medida de Pressão na Faixa das Intracranianas.....	132
8.1 Medições de Pressão PIC.....	133
8.2 Definição do Problema	134
8.3 Medição da Pressão (Manômetro de Coluna de Água).....	134
8.3.1 Tipos de Referência de Pressão.....	136
8.3.2 Unidade de Medida de Pressão.....	137
8.3.3 Sensor de Pressão MPX5100 da Motorola	137
8.3.4 Especificação do Sensor de Pressão	137
8.4 Sistema de Transmissão	138
8.5 Kit de Desenvolvimento com o Microcontrolador M68HC11EVBU.....	140
8.5.1 Programa de Gerenciamento do Sistema.....	142
8.5.2 Equação do Circuito de Condicionamento de Sinal	144
8.6 Funcionamento do Sistema	147
8.7 Validação do Manômetro	149
8.8 Descrição dos Programas.....	152
8.8.1 Código Assembly para Aquisição de Dados do Sensor	152
8.8.2 Programa para Aquisição de Dados.....	158
8.8.3 Código C++ para Porta Serial COM2 do Computador.....	163
Capítulo 9 – Projeto de um Inclinômetro para Veículos Off-Road	166
9.1 Introdução.....	166
9.2 Definição do Problema	167
9.3 Sensor ADXL-105JQC (Acelerômetro).....	168
9.3.1 Especificação do Acelerômetro.....	168
9.3.2 Princípio de Funcionamento do Acelerômetro	169
9.4 Inclinômetro Completo para Veículo Off-Road.....	173
9.5 Descrição do Software Desenvolvido	178
Capítulo 10 – Medidor de Temperatura com Uso de Termostato Digital Programável.....	182
10.1 Introdução	182
10.2 Termostato Digital Programável DS1821 da Dallas.....	183
10.2.1 Características do Sensor DS1821.....	184
10.3 Protocolo 1-Wire da Dallas.....	186
10.3.1 Comunicação Mestre-Escravo.....	187
10.4 Medidor de Temperatura Completo.....	189
10.5 Descrição do Software Desenvolvido	190
Parte III – Integração entre Microcontroladores e FPGAs.....	195
Capítulo 11 – Compilador PicBasicPro	196
11.1 Breve Apresentação do PICBASIC	196
11.2 Sintaxe das Declarações do PICBASIC.....	198
11.2.1 Direção das PORTAS.....	198
11.2.2 Variáveis.....	198
11.2.3 Aliases.....	199
11.2.4 Arrays.....	200
11.2.5 Constantes	200
11.2.6 Constantes Numéricas	200
11.2.7 Pinos	201
11.2.8 INCLUDE	201
11.2.9 DEFINE	201
11.2.10 DEVICE	202
11.2.11 Operadores Matemáticos	202

11.3 Sintaxe dos Principais Comandos do PICBASIC.....	204
11.3.1 @.....	204
11.3.2 ADCIN.....	205
11.3.3 ASM... ENDASM.....	205
11.3.4 BRANCH.....	205
11.3.5 BUTTON.....	206
11.3.6 CALL.....	207
11.3.7 CLEAR.....	208
11.3.8 CLEARWDT.....	208
11.3.9 COUNT.....	208
11.3.10 DISABLE INTERRUPT.....	209
11.3.11 DTMFOUT.....	210
11.3.12 END.....	210
11.3.13 FOR... NEXT.....	210
11.3.14 FREQOUT.....	211
11.3.15 GOSUB.....	211
11.3.16 GOTO.....	212
11.3.17 HPWM.....	213
11.3.18 HSERIN.....	213
11.3.19 HSEROUT.....	216
11.3.20 I2CREAD.....	217
11.3.21 I2CWRITE.....	218
11.3.22 IF.. THEN.....	220
11.3.23 INPUT.....	222
11.3.24 LCDOUT.....	222
11.3.25 LOOKDOWN.....	225
11.3.26 LOOKDOWN2.....	225
11.3.27 LOOKUP.....	226
11.3.28 LOOKUP2.....	227
11.3.29 NAP.....	227
11.3.30 ON INTERRUPT.....	228
11.3.31 OUTPUT.....	232
11.3.32 OWIN.....	232
11.3.33 OWOUT.....	233
11.3.34 PAUSE.....	234
11.3.35 PAUSEUS.....	234
11.3.36 PEEK.....	235
11.3.37 PEEKCODE.....	236
11.3.38 POKE.....	236
11.3.39 POKECODE.....	237
11.3.40 POT.....	237
11.3.41 PULSIN.....	239
11.3.42 PULSOUT.....	240
11.3.43 PWM.....	240
11.3.44 RANDOM.....	241
11.3.45 READ.....	241
11.3.46 READCODE.....	242
11.3.47 RESUME.....	242
11.3.48 RETURN.....	243
11.3.49 REVERSE.....	244
11.3.50 SELECT CASE.....	244
11.3.51 SERIN.....	245

11.3.52 SERIN2	247
11.3.53 SEROUT	249
11.3.54 SEROUT2	251
11.3.55 SHIFTIN	254
11.3.56 SHIFTOUT	255
11.3.57 SLEEP	257
11.3.58 SOUND	257
11.3.59 STOP	258
11.3.60 SWAP	258
11.3.61 TOGGLE	259
11.3.62 WHILE... WEND	259
11.3.63 WRITE	260
11.3.64 XIN	261
11.3.65 XOUT	262
11.4 Programas Básicos	264
11.5 Programas Avançados	265
Capítulo 12 – Conceitos de VHDL e FPGAs	275
12.1 Estrutura Interna de um FPGA	275
12.2 Roteamento e Configuração de um FPGA	277
12.3 VHDL – Descrição Estrutural e Comportamental	278
12.4 Exemplo dos Estilos de Descrições em VHDL	279
12.4.1 Descrição Algorítmica	279
12.4.2 Descrição de Fluxo de Dados	280
12.4.3 Descrição Estrutural	280
12.5 Elementos Sintáticos do VHDL	280
12.6 Exemplos de Circuitos em VHDL	281
12.6.1 Porta AND	281
12.6.2 Multiplexadores	282
12.6.3 Decodificadores	284
12.6.4 Comparadores	287
12.6.5 Estatísticas de Recursos Usados em FPGAs	289
Capítulo 13 – Periféricos de Microcontroladores em FPGAs	292
13.1 Principais Periféricos de Microcontroladores	292
13.2 Periféricos Descritos em VHDL e Implementados em FPGA	294
13.3 Código VHDL do Periférico PWM	298
13.4 Código VHDL do Periférico de Captura	299
13.5 Código VHDL do Periférico de Timer	303
13.6 Código VHDL do Periférico de Prescaler	305
Capítulo 14 – Arquiteturas Alternativas para Microcontroladores	308
14.1 Arquitetura–I: Um Microcontrolador Educacional	309
14.2 Arquitetura–II: Uma CPU Auxiliar	310
14.3 Arquitetura–III, Unidade de Processamento para Emular Periféricos	312
14.4 Arquitetura–IV, UPEMs Paralelas	314
14.5 Análise Qualitativa das Arquiteturas Propostas	315
Capítulo 15 – Arquitetura Interna de uma UPEM	317
15.1 Especificação das UPEMs	317
15.2 Definição do Conjunto ISA	319
15.3 Arquitetura para Cada Unidade de Processamento	323
15.4 Código VHDL da CPU da UPEM	326

Capítulo 16 – Integração de Microcontroladores com Projetos em FPGAs	343
16.1 Programas de Emulação em uma UPEM: do PICBASIC ao VHDL.....	344
16.2 UPEMs: Recursos utilizados no FPGA XC2S200	346
16.3 Ambiente de Testes e Validações Práticas.....	349
16.3.1 Primeiro Teste Real: Função de um Periférico de Timer	351
16.3.2 Segundo Teste Real: Função de um Periférico de Captura	352
16.3.3 Terceiro Teste Real: Função de um Periférico de Transmissão Serial	353
16.3.4 Quarto Teste Real: Função de um Periférico Gerador de PWM.....	355
16.3.5 Quinto Teste Real: Duas UPEMs em Paralelo	358
16.3.6 Sexto Teste Real: Uma UPEM Enviando um Texto ao Display LCD	359
16.3.7 Sétimo Teste Real: Integração entre uma UPEM e um PIC16F628.....	361
Apêndice A – Lista de Termos, Abreviaturas e Siglas	367
Apêndice B – Referências Bibliográficas	370