Vitor Amadeu Souza

Introdução a projetos em

Sistemas Embarcados

Do requisito ao projeto - Parte I

© 2024 by Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.
© 2024 by Vitor Amadeu Souza
Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem autorização prévia e escrita de **Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda.** Este livro publica nomes comerciais e marcas registradas de produtos pertencentes a diversas companhias. O editor utiliza as marcas somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários das marcas, sem nenhuma intenção de atingir seus direitos.

Agosto de 2024

Direitos reservados por:
Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda

Produção: Cerne Tecnologia e Treinamento
E-mail da Empresa: cerne@cerne-tec.com.br
Home Page: www.cerne-tec.com.br.com.br
Atendimento ao Consumidor: sac@cerne-tec.com.br
Contato com o Autor: vitor@cerne-tec.com.br



FEITO NO BRASIL

“Tu, Senhor, és a porção da minha herança e do meu cálice;

tu és o sustentáculo do meu quinhão.”

Sl 16:5

Sumário

I. Metodologia de desenvolvimento **7**

1. Introdução 7

II. Sistemas embarcados **9**

1. Introdução 9

2. Fontes de consulta 12

3. Ferramentas de Layout 13

4. Simulador 13

5. Fabricantes de PCI 14

6. Fornecedor de componentes eletrônicos 14

7. Fornecedor de invólucros plásticos 15

8. Fabricantes de FPGA/CPLD 15

9. Fabricantes de MCU 16

10. Ferramentas de software 16

III. Componentes Eletrônicos **17**

1. Introdução 17

2. LM7805 17

3. AMS1117 3V3 18

4. EPM3064SLC44-10 19

5. Cristal Oscilador 20

6. 74HC08 21

7. Diodo 1N4007 22

8. ULN2003 22

9. Relé SRD-12VDC 24

10. CD4511 25

IV. Portas lógicas **28**
1. Software LogicSim 28
2. Porta Lógica NOT 29
3. Porta Lógica AND 34
4. Porta Lógica OR 36
5. Porta Lógica NAND 39
6. Porta Lógica NOR 42
7. Porta Lógica XOR 45
8. Porta Lógica XNOR 47
9. Portas lógicas com mais entradas 50
10. Tipos de saída 53
11. Fan-out 54
12. Tipos de encapsulamento 55
13. Circuitos através de expressões booleanas 57
14. Expressões booleanas através de circuitos digitais 59
15. Universalidade da porta NAND 61
16. Universalidade da porta NOR 63
17. Complexidade de Circuitos Digitais 65
18. Família de Circuitos Digitais TTL 65
19. Família de Circuitos Digitais CMOS 68
20. Exercícios 69
V. Projetos de Sistemas Embarcados **93**
1. Introdução 93
2. I/O interno com CPLD 93
3. I/O externo com CPLD 96
4. Sistema embarcado para segurança de trabalho com CI 99

5. Sistema embarcado para segurança de trabalho com Arduino 102
6. Sistema embarcado para segurança de trabalho com CPLD 107
7. Indicador de andar com IHM com CI CD4511 111
8. Indicador de andar com IHM com Arduino 114
9. Indicador de andar com IHM com PIC 120
10. Indicador de andar com IHM com 8051 126
11. Indicador de andar com IHM com CPLD 133
12. Parada de ônibus com CPLD 138
13. Comparador BCD com CPLD 143
14. Seletor com CPLD 147
15. Voltímetro com Arduino 153
16. Seletor de energia solar/concessionária com Arduino 157
17. Display publicitário com Arduino 172
18. Semáforo com Arduino 178
19. Termômetro com Arduino 187
20. Termostato com Arduino 192
21. IHM com código Gray 198
22. Detector par ou ímpar de barramento de 16 bits com CPLD 203

Capítulo I
Metodologia de desenvolvimento

1. Introdução

Este livro mostra os passos para elaborar diversos projetos de sistemas embarcados fazendo uso de tecnologias como circuitos integrados, microcontroladores e CPLD. Como ferramenta de programação foi usado o Arduino IDE, Quartus II e MPLAB X usando a linguagem C e VHDL.

Nos projetos apresentados são apresentados os principais pontos para elaboração de um sistema embarcado, como o esquema elétrico, desenho da placa de circuito impresso (PCI), geração do arquivo Gerber para fabricação e codificação da solução embarcada. Ao longo da obra também é apresentado onde adquirir um invólucro para proteger o projeto elaborado.

É recomendado que o leitor tenha conhecimento dos assuntos abordados nas seguintes referências: Eletrônica Parte I e II, Introdução a Eletrônica Digital com VHDL (2023), Programando o PIC18F em C Com base no XC8 e MPLAB X (2014), Desenvolvendo projetos no Arduino Volume único (2017) e Desenho de esquema e

layout no EasyEDA (2018). Todos estes títulos são do mesmo autor e estão publicados na mesma editora.

Capítulo II

Sistemas embarcados

1. Introdução

Um sistema embarcado é um sistema dedicado composto de hardware e software que foi projetado para executar funções específicas em uma variedade de sistemas, como sistemas elétricos, mecânicos, hidráulicos, médico, robótica, automotivo, defesa, entretenimento dentre outros. Esses sistemas desempenham um papel fundamental em uma ampla gama de aplicações, desde a área médica até comunicação e entretenimento, tornando-se essenciais para a vida moderna devido à sua combinação de tamanho compacto, custo acessível e design simplificado.

As principais características dos sistemas embarcados incluem baixo consumo de energia, tamanho reduzido, baixo custo por unidade, operação especializada, baixo tempo de resposta, operação em tempo real, confiabilidade e segurança. Esses sistemas geralmente envolvem a coexistência de hardware e software, muitas vezes referida como firmware.

Os sistemas embarcados são amplamente utilizados em diversas aplicações, como relógios digitais, controladores lógicos programáveis (CLPs), eletrodomésticos, eletrônica automotiva, automação residencial, telefones celulares, robótica e muito mais. Esses sistemas podem ser classificados em quatro tipos principais: computação geral, sistemas de controle, processamento de sinais e comunicação/rede.

As interfaces dos sistemas embarcados variam de simples botões, LEDs e sinais sonoros a interfaces gráficas complexas, e em alguns casos, podem ser acessadas remotamente por meio de protocolos de comunicação, como Ethernet, USB, RS-232, I2C e outros.

Os sistemas embarcados se comunicam com o mundo externo por meio de uma variedade de periféricos, como interfaces seriais, cartões SD, rede Ethernet, GPIO, conversores ADC e DAC, barramentos especializados e interfaces wireless.

Esses sistemas consistem em partes essenciais, incluindo dispositivos de entrada e saída, bem como o sistema interno de processamento. Os processadores utilizados nos sistemas embarcados podem ser de duas classes principais: microprocessadores (MPU) e microcontroladores (MCU). Alguns

exemplos incluem ARM Cortex, AVR, PIC, Intel Atom, Qualcomm Snapdragon e outros. Outra tecnologia que também pode ser empregada é a de FPGA assim como CPLD.

Os sistemas embarcados também fazem uso de sensores para detectar eventos ou alterações em variáveis ambientais, como luz, som, velocidade, temperatura, pressão, aceleração e muito mais. Esses sensores geram sinais elétricos ou ópticos que são processados pelo sistema embarcado para controlar dispositivos ou enviar informações. Além disso, os sistemas embarcados utilizam dispositivos acionadores para controlar elementos externos, como relés, drivers de motores e LEDs. Esses acionadores desempenham um papel crucial na execução das funções desejadas.

Para programar sistemas embarcados, são usadas linguagens de programação de uso geral, como C, VHDL, Assembly, C++, Java e, em alguns casos, linguagens específicas do fabricante. Essas linguagens são usadas para desenvolver o software que executa nas unidades embarcadas.

O mercado de sistemas embarcados tem um futuro promissor, com previsões de crescimento significativo. Estima-se que o mercado global de sistemas embarcados alcance US$ 198,5 bilhões até 2019,

com a crescente adoção da "Internet das Coisas" e a produção contínua de eletrodomésticos e telefones celulares (Fonte: BCC Research e Statista).

Em resumo, os sistemas embarcados desempenham um papel fundamental em uma variedade de aplicações e estão destinados a desempenhar um papel ainda mais significativo no futuro, à medida que a tecnologia avança e a demanda por dispositivos interconectados continua a crescer.

2. Fontes de consulta

O mercado de sistemas embarcados está em constante evolução com novos lançamentos e soluções em hardware e software. Desta forma, sugiro para efeito de atualização e conhecimento a visita periódica aos endereços listados abaixo.

Nome	Endereço
Newton Braga	https://www.newtoncbraga.com.br/
Embarcados	https://embarcados.com.br/
Sérgio Prado	https://sergioprado.org/
Circuit Cellar	https://circuitcellar.com/
Embedded	https://www.embedded.com/
Hackaday	https://hackaday.com/

3. Ferramentas de Layout

Para elaborar placas de circuito impresso (PCI) há várias soluções no mercado, sendo algumas pagas e outras gratuitas. Acompanhe.

Nome	Endereço	Solução
EasyEDA	https://easyeda.com/pt	Gratuito
KiCAD	https://www.kicad.org/	Gratuito
Proteus	https://www.labcenter.com/	Pago
Altium	https://www.altium.com/	Pago

Nesta obra foi usado como referência o EasyEDA para elaborar os projetos de sistemas embarcados.

4. Simulador

Algumas IDEs já vem com simulador embutido como é o caso do Quartus II e do MPLAB X. Para o Arduino, cito as opções listadas abaixo.

Nome	Endereço
Wokwi	https://wokwi.com/
TinkerCad	https://www.tinkercad.com/

5. Fabricantes de PCI

De posse do layout do projeto de sistema embarcado é possível gerar o arquivo de fabricação no formato Gerber e colocar a placa em produção. A seguir alguns fabricantes de PCI no Brasil.

Fabricante	Endereço
TEC-CI	https://tec-ci.com.br/
Micropress	https://www.micropress.com.br/
Griffus	https://www.griffuspcb.com.br/index.html
Giga Eletrônica	https://www.gigaeletronica.com.br/

6. Fornecedor de componentes eletrônicos

Além de fornecedores locais é possível comprar componentes eletrônicos de diversos fornecedores globais, como os listados a abaixo.

Fabricante	Endereço
Farnell	https://www.farnell.com/
Digikey	https://www.digikey.com.br/
Mouser	https://br.mouser.com/

7. Fornecedor de invólucros plásticos

Após confeccionar o projeto de sistema embarcado é necessário acomodar a placa em um invólucro. Uma sugestão de produtor deste tipo de material no Brasil está listado a seguir.

Fabricante	Endereço
Patola	https://www.patola.com.br/

Por ser caixas plásticas genéricas, pode ser necessário fazer algum tipo de usinagem para a sua acomodação em um projeto embarcado.

Hoje em dia com o advento do uso da impressora 3D, outra possibilidade é elaborar uma caixa sob medida para um projeto embarcado.

8. Fabricantes de FPGA/CPLD

Atualmente há vários fabricantes de tecnologia FPGA/CPLD. Recentemente, a ALTERA tradicional fabricante das família Cyclone foi adquirida pela Intel e outro player como a Xilinx foi comprada pela AMD.

Fabricante	Endereço
Actel/Microsemi/Microchip	https://www.microsemi.com/
Altera/Intel	https://www.intel.com/content/www/

	us/en/products/details/fpga/cyclone.html

9. Fabricantes de MCU

Nesta obra os microcontroladores (MCU) da Microchip foram usados nas versões AVR, PIC e 8051. É importante lembrar que a linha AVR e 8051 eram inicialmente fabricados pela Atmel que foi adquirida pela Microchip.

Fabricante	Endereço
Microchip	https://www.microchip.com/

10. Ferramentas de software

Para o desenvolvimento desta obra, vários softwares foram usados. A seguir o link de cada uma para download e instalação.

Software	Endereço
EasyEDA	https://easyeda.com/pt
MPLAB X	https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide#tabs
XC8	https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-xc-compilers
Quartus II	https://www.intel.com/content/www/us/en/software-kit/666221/intel-quartus-ii-web-edition-design-software-version-13-1-for-windows.html?
mikroC 8051	https://www.mikroe.com/mikroc-8051

Capítulo III

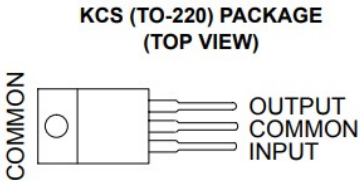
Componentes Eletrônicos

1. Introdução

Para elaborar os projetos propostos nesta literatura, diversos componentes foram utilizados. A seguir é feita uma breve explanação sobre eles, deixando como referência o link do datasheet específico.

2. LM7805

O LM7805 é um regulador de tensão capaz de regular uma tensão de entrada entre 7V e 25V para uma tensão de saída de 5V. Suporta uma corrente de até 1,5A segundo o datasheet, entretanto esquenta por efeito Joule quando a corrente regulada é elevada. Está disponível em diversos tipos de encapsulamento, sendo que ao longo desta obra o modelo mais usado foi o TO-220.



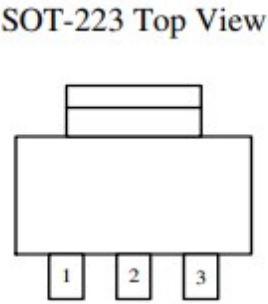
LM7805 encapsulamento TO-220

Coloco a seguir o datasheet deste componente como referência.

https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf

3. AMS1117 3V3

O AMS1117 3V3 é um regulador de tensão capaz de regular uma tensão de entrada entre de até 15V para uma tensão de saída de 3V3. Suporta uma corrente de até 1,0A segundo o datasheet, entretanto esquenta por efeito Joule quando a corrente regulada é elevada. Está disponível em diversos tipos de encapsulamento, sendo que ao longo desta obra o modelo mais usado foi o SOT-223.



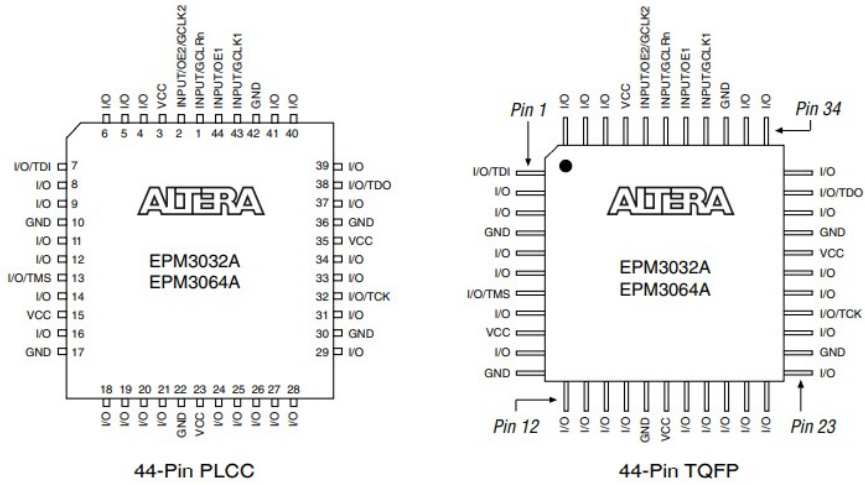
AMS1117 3V3 encapsulamento SOT-223

Coloco a seguir o datasheet deste componente como referência.

http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf

4. EPM3064SLC44-10

O CPLD da Altera EPM3064SLC44-10 foi a tecnologia usada para elaborar projetos embarcados. Acompanhe a sua pinagem.



EPM3064A encapsulamento PLCC e TQFP

Disponível em dois tipos de encapsulamento PLCC e TQFP. Ao longo da obra, o encapsulamento TQFP foi utilizado.

Coloco a seguir o datasheet deste componente como referência.

https://br.mouser.com/datasheet/2/612/m3000a-1299426.pdf

5. Cristal Oscilador

Para que o MCU ou CPLD funcionem eles necessitam de um sinal de clock de modo a sincronizar os circuitos sequenciais pertinentes aos mesmos. Uma solução é a apresentada abaixo, onde alimenta-se o oscilador DIP com uma alimentação de 3V3 e obtém-se na saída um sinal de relógio de 20 MHz.



Cristal oscilador de 20MHz

Coloco a seguir o datasheet deste componente como referência.