



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

GUIA DE LABORATÓRIO DE SISTEMAS DIGITAIS

PARA O CURSO DE

ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Agosto/2004 – V2

## INTRODUÇÃO

Este guia foi preparado para auxílio às aulas de laboratório para o curso de Engenharia de Controle e Automação.

Sendo o laboratório parte integrante da disciplina teórica, pretende-se com o laboratório dar uma visão prática dos assuntos dados em aulas teóricas bem como consolidação de conhecimentos. Pretende-se ainda apresentar assuntos novos principalmente com respeito às ferramentas de auxílio a projetos.

O guia contém 15 aulas, orientadas para o livro texto “Introdução aos Sistemas Digitais” de Ercegovac, Lang e Moreno.

Todas as aulas constam de uma introdução com o objetivo da aula, uma introdução teórica remetendo o aluno para o livro texto com o assunto pertinente à aula, uma orientação para o pré-relatório que o aluno deverá sempre apresentar resolvido antes da aula e as tarefas a serem executadas no laboratório.

## RELAÇÃO DAS AULAS

**Laboratório 1 – Apresentação dos equipamentos do Laboratório.**

**Laboratório 2 – Contador de dois dígitos BCD.**

**Laboratório 3 – Portas lógicas TTL.**

**Laboratório 4 – Tutorial: Projeto e Simulação com Max+plus II.**

**Laboratório 5 – Tutorial: Projeto e Simulação com Max+plus II em VHDL.**

**Laboratório 6 – Especificação de Ssistemas Combinacionais.**

**Laboratório 7 – Especificação de Sistemas Combinacionais.**

**Laboratório 8 – Especificação de Sistemas Combinacionais.**

**Laboratório 9 – Especificação de Sistemas Combinacionais e análise de redes de portas .**

**Laboratório 10 – Dispositivos Lógicos Programáveis.**

**Laboratório 11 – Redes Combinacionais Multiníveis.**

**Laboratório 12 – Especificação de Sistemas Sequenciais Sincronos.**

**Laboratório 13 – Redes Sequenciais.**

**Laboratório 14 – Programação da FPGA.**

**Laboratório 15 – Módulos Padrão Combinacionais.**

## BIBLIOGRAFIA

Ercegovac, Lang e Moreno, “Introdução aos Sistemas Digitais”. Editora Bookman, 2000.  
Catálogos de componentes TTL do Laboratório de Sistemas Digitais.

## AULAS DE LABORATÓRIO

### **Laboratório 1 – Apresentação dos Equipamentos do Laboratório.**

#### Objetivo

Sendo os alunos de Sistemas Digitais pertencentes ao segundo período do curso e não tendo ainda conhecimentos de equipamentos eletrônicos pretende-se nesta e nas duas aulas seguintes mostrar e ensinar a operar os seguintes instrumentos:

Osciloscópio analógico,  
Gerador de frequência,  
Multímetro,  
Fontes de tensão.  
Protoboards.

Serão mostrados ainda os diversos tipos de circuitos integrados e os componentes a serem usados durante o curso como:

Display,  
Leds,  
Resistores,  
Capacitores,  
Chaves liga/desliga,  
Botões de pressão,  
Circuitos integrados DIP.

#### Pré-relatório

Sendo esta a primeira aula não haverá pré-relatório a ser apresentado.

## **Laboratório 2 – Contador de dois dígitos BCD**

### Objetivo

O objetivo desta aula é continuação da apresentação dos equipamentos e componentes de laboratório. Os alunos deverão montar e testar o funcionamento de um contador BCD de dois dígitos. Ao término da aula os alunos deverão saber manusear o osciloscópio para visualizar formas de onda, medir tensões, frequência de sinais. Deverão ainda saber usar o protoboard, multímetro, fontes e componentes necessários à montagem

### Introdução teórica

Para esta aula será usado o circuito integrado TTL, 7493 ou 7490 que são contadores binário/BCD de 4 bits. Os pinos do contador podem ser vistos do catalogo TTL no laboratório ou em sites de fabricantes na internet.

Para o decodificador BCD/7Segmentos será usado um módulo pré-montado a ser fornecido no laboratório.

### Pré-relatório

Faça uma descrição dos sistemas binários e BCD. Para isso consulte o capítulo 2 do livro texto. Mostre como converter números binários para decimal, decimal para binário, binário para BCD e BCD para binário.

### Atividades no laboratório

Montar no protoboard o circuito contador BCD de um dígito dado pelo professor ligado a um sinal de baixa frequência ( 10 Hz) e observe se a contagem está correta.

Verifique no osciloscópio o sinal do oscilador e compare-o com os Sinais QA, QB, QC e QD. Qual a relação de frequência entre eles?

Interligue outro contador BCD igual ao montado formando um contador de 2 dígitos.

Cite algumas aplicações práticas para este circuito.

## Laboratório 3 – Portas Lógicas TTL.

### Objetivo

Dando continuidade ao ensino dos equipamentos de laboratório, o objetivo desta aula é apresentar as portas lógicas TTL, and, or, inversor, nand, nor, xor, xnor.

O aluno deverá ao término da aula conhecer todas as portas acima, os integrados que as contém, suas principais características elétricas.

### Introdução teórica

Consulte e estude o item 2.4 e o capítulo 3 do livro texto.

Consulte os catálogos TTL no laboratório e na WWW

### Pré-relatório

Apresente a tabela verdade para as portas and, or, inversor, nand, nor, xor, xnor.

Qual o número do integrado TTL que contém cada uma das portas acima?

Identificar os pinos dos circuitos integrados acima

Consulte o catálogo de uma das portas acima e responda:

Qual o valor da tensão de alimentação?

Qual a potência dissipada pelo circuito integrado(CI)?

Quais os valores das tensões de saída quando em estado '0' e '1'?

Quais os valores de tensão de entrada para '0' e '1'?

Qual a corrente fornecida na saída em '0' e '1'?

Para os itens acima consulte os catálogos TTL no laboratório e na WWW

### Atividades no laboratório

Montar e testar no protoboard as portas acima.

Utilize um LED e um resistor para ver a saída dos circuitos.

Aplicar uma onda quadrada na entrada de uma porta NAND e verificar no osciloscópio as formas de onda de saída e de entrada com a outra entrada em '0' e '1'.

Montar um circuito que implemente a função  $F = A \oplus B \oplus C$ . Teste e monte a tabela verdade.

Qual a função deste circuito?

## **Laboratório 4 – Tutorial: Projeto e Simulação com Max+plus II.**

### Objetivo

O objetivo desta aula é apresentar aos alunos o software da ALTERA MAX+PLUS II. Este aplicativo é um CAD que permite o projeto, simulação e gravação de circuitos eletrônicos digitais, FPLDs da ALTERA. Inicialmente será apresentado em cinco aulas como projetar, simular e implementar em PLD o projeto em esquemático. A seguir também em cinco aulas será mostrado como projetar, simular e implementar em PLD usando a linguagem VHDL. Ao final desta aula o aluno deverá estar familiarizado com o software permitindo a execução dos projetos das próximas aulas em esquemático.

### Introdução teórica

PLD são dispositivos lógicos programáveis existindo no mercado em vários tipos e tamanhos. Devido à complexidade destes circuitos existem diversos softwares no mercado que auxiliam no projeto, simulação e implementação de circuitos digitais. Um destes softwares é o MAX+PLUS II da Altera. Tutoriais a respeito podem ser encontrados na HP da Altera. [www.altera.com](http://www.altera.com) e em diversos sites na www.

O aluno deverá estudar os itens relacionados a PLD, item 5.7 do livro texto

### Pré-relatório

Para esta aula não será necessário apresentação de pré-relatório.

### Atividades no laboratório

O professor irá apresentar o funcionamento do software Max+PlusII e a seguir os alunos deverão implementar e simular um circuito dado.

## Laboratório 5 – Tutorial: Projeto e Simulação com Max+plus II em VHDL

### Objetivo

O Objetivo desta aula é apresentar aos alunos o projeto simulação e implementação de circuitos digitais usando a linguagem VHDL e o software da ALTERA Max+Plus II.

Ao final desta aula o aluno deverá estar familiarizado com o software permitindo a execução dos projetos das próximas aulas em VHDL.

### Introdução teórica

VHDL é uma linguagem de descrição de hardware e juntamente com VERILOG tornaram-se padrão. São linguagens populares que permitem aos projetistas de circuitos digitais um meio de descrever hardwares digitais para propósitos de especificação, simulação, descrição implementação e síntese.

Diversos tutoriais podem ser encontrados facilmente na WWW. Veja “Introdução ao VHDL” em [www.cpdee.ufmg.br/~parma](http://www.cpdee.ufmg.br/~parma).

O item 2.6 do livro texto dá uma introdução na linguagem. Os capítulos seguintes avançam no estudo de VHDL.

### Pré-relatório

Estude o capítulo 2.6 do livro texto e responda às perguntas abaixo:

O que é um módulo uma entidade e uma arquitetura?

O que são sinais e variáveis?

Quais os tipos de dados em VHDL?

O que são expressões em VHD?

Quais os operadores em VHDL?

Quais as expressões de controle de fluxo dm VHDL?

O que são os processos?

O que são bibliotecas?

Dê alguns exemplos de programas.

### Atividades no laboratório

O professor irá apresentar o funcionamento do software Max+PlusII e a seguir os alunos deverão implementar e simular um circuito dado em esquemático .GDF e a seguir em VHDL.

## **Laboratório 6 – Especificação de Sistemas Combinacionais**

### Objetivo

O objetivo dos três laboratórios seguintes é a especificação de sistemas combinacionais. O aluno deverá saber especificar em alto nível um sistema combinacional, obter uma descrição binária codificando as entradas e saídas e obter uma expressão de chaveamento simplificada na forma de soma de produtos ou produto de somas. Deverá também saber implementar e simular o circuito no MAX+PLUS II

### Introdução teórica

O assunto é abordado no capítulo 2 do livro texto "Especificação de Sistemas Combinacionais". Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios do exemplo 2.18 e 2.19 do livro texto, página 33. Para isso obtenha uma especificação de alto nível, obtenha uma descrição binária codificando entradas e saídas e obtenha uma expressão de chaveamento simplificada na forma de soma de produtos.

### Atividades no laboratório

Desenhe o circuito dos exercícios resolvidos no MAX+PLUS II em .GDF e compile e simule o circuito. Verifique se os resultados estão corretos.

## **Laboratório 7 – Especificação de Sistemas Combinacionais**

### Objetivo

Este laboratório é uma continuação do anterior. O aluno deverá saber especificar em alto nível um sistema combinacional, obter uma descrição binária codificando as entradas e saídas e obter uma expressão de chaveamento simplificada na forma de soma de produtos ou produto de somas. Deverá também saber implementar e simular o circuito no MAX+PLUS II

### Introdução teórica

O assunto é abordado no capítulo 2 do livro texto "Especificação de Sistemas Combinacionais". Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios 2.46 e 2.48 do livro texto, pagina 53, conforme solicitado. Simplifique as equações obtidas. Faça um esboço de um programa em VHDL que apresente a solução dos dois exercícios. Para isso use apenas instruções lógicas e dados do tipo BIT ou BIT\_VECTOR. Não use instruções aritméticas ou funções do tipo MOD.

### Atividades no laboratório

Digite o código em VHDL para a solução dos dois exercícios acima. Compile e simule o programa. Verifique se os resultados estão corretos.

## **Laboratório 8 – Especificação de Sistemas Combinacionais**

### **Objetivo**

Este laboratório é uma continuação do anterior. O aluno deverá saber especificar em alto nível um sistema combinacional, obter uma descrição binária codificando as entradas e saídas e obter uma expressão de chaveamento simplificada na forma de soma de produtos ou produto de somas. Deverá também saber implementar e simular o circuito no MAX+PLUS II

### **Introdução teórica**

O assunto é abordado no capítulo 2 do livro texto "Especificação de Sistemas Combinacionais". Estude todo o capítulo antes da aula.

### **Pré-relatório**

Resolva os exercícios 2.49 e 2.50 do livro texto, pagina 53 conforme solicitado. Simplifique as equações obtidas. Faça um esboço de um programa em VHDL que apresente a solução dos dois exercícios. Para isso use apenas instruções lógicas e dados do tipo BIT ou BIT\_VECTOR. Não use instruções aritméticas ou funções do tipo MOD.

### **Atividades no laboratório**

Digite o código em VHDL para a solução dos dois exercícios acima. Compile e simule o programa. Verifique se os resultados estão corretos.

## **Laboratório 9 – Especificação de Sistemas Combinacionais e Análise de Redes de Portas**

### Objetivo

Projetar, analisar, simular redes de portas lógicas de circuitos combinacionais.

### Introdução teórica

O assunto é abordado nos capítulos 2, 3 e 4 do livro texto”. Estude todos os capítulos antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios 4.10 e 4.11 do livro texto, pagina 96 conforme solicitado. Simplifique as equações obtidas.

Implemente o circuito com uma rede de apenas portas NAND.

### Atividades no laboratório

Desenhe no MAX+PLUS II, em GDF os circuitos obtidos e verifique a tabela verdade.

## **Laboratório 10 – Dispositivos Lógicos Programáveis**

### Objetivo

O Objetivo da aula é estudar os dispositivos lógicos programáveis ( PLDs).

O aluno deverá entender o funcionamento e as aplicações dos PLDs.

### Introdução teórica

PLDs são dispositivos lógicos programáveis e são encontradas em diversas configurações e tamanhos.

O assunto é abordado no capítulo 5 do livro texto”. Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios 5.18 e 5.19 do livro texto conforme solicitado

Compare as vantagens e desvantagens de projetos usando PLDs e lógica discreta.

### Atividades no laboratório

O aluno deverá programar uma GAL16V8, para a implementação dos problemas dos exercícios acima, usando o software PALASM. A seguir deverá ser montado em protoboard um circuito para testar o funcionamento.

## **Laboratório 11 – Redes Combinacionais Multiníveis.**

### Objetivo

O Objetivo da aula é estudar redes digitais combinacionais multiníveis. Serão estudados módulos comparadores e redes com multiplexadores.

### Introdução teórica

O assunto é abordado no capítulo 5 do livro texto”. Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios 6.6, 6.11 e 6.12 paginas 142 e 143 do livro texto.

### Atividades no laboratório

Implementar em modo gráfico usando o MAX+PLUS II os exercícios resolvidos acima.

## **Laboratório 12 – Especificação de Sistemas Sequenciais Síncronos.**

### Objetivo

Definição, descrição e especificação de sistemas sequenciais síncronos.

### Introdução teórica

O assunto é abordado no capítulo 7 do livro texto”. Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios 2.50(considerar como um sistema sequencial) e 7.19 do livro texto conforme solicitado.

Apresente um diagrama de estados da solução dos dois exercícios.

Faça um esboço do programa de VHDL

### Atividades no laboratório

Implemente em VHDL os exercícios acima. Simule e verifique seu funcionamento.

## **Laboratório 13 – Redes Sequenciais**

### Objetivo

Análise, definição, descrição, especificação e projeto de redes sequenciais

### Introdução teórica

O assunto é abordado no capítulo 8 do livro texto”. Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva o exemplo da figura 8.32 do livro texto, página 203 usando a) Flip-flop JK e b) um Flip-flop por estado.

Faça um esboço do programa em VHDL para a solução do problema

### Atividades no laboratório

Implemente em VHDL os exercícios acima. Simule e verifique seu funcionamento.

## **Laboratório 14 – Programação da FPGA**

### Objetivo

Projeto simulação e implementação de circuitos digitais com FPGA

### Introdução teórica

O projeto com FPGA vem sendo estudado durante todo o curso com o uso do MAX+PLUS II. Até o momento os alunos tem projetado e simulado os circuitos. Nesta aula será feita a gravação da FPGA.

### Pré-relatório

Projete um decodificador de BCD para display de 7-Segmentos.

### Atividades no laboratório

O aluno deverá simular o projeto acima em GDF e depois implementar em FPGA usando o módulo de laboratório da ALTERA.

## **Laboratório 15 – Módulos Padrão Combinacionais**

### Objetivo

Implementação de módulos padrão de grande uso em sistemas combinacionais.

### Introdução teórica

O assunto é abordado no capítulo 9 do livro texto. Estude todo o capítulo antes da aula.

### Pré-relatório

Resolva os exercícios 9.3, 9.15 e 9.16, Flip-flop por estado.

### Atividades no laboratório

Implemente em VHDL os exercícios acima. Simule e verifique seu funcionamento.