



## ***Proposta de Plano da Disciplina***

**CRÉDITOS: 04**

**REQUISITOS: *Requisito Especial - Estruturas Algébricas***

**OBJETIVOS:** O cumprimento da disciplina busca capacitar o aluno, ao final do semestre a:

1. Projetar e analisar circuitos digitais nos níveis de abstração lógico e de transferência entre registradores.
2. Manipular adequadamente descrições de circuitos digitais combinacionais e seqüenciais através do emprego de ferramentas de captura, validação e síntese apropriadas.
3. Manipular adequadamente protótipos e implementações de circuitos digitais.
4. Dominar os modelos associados a circuitos digitais combinacionais e seqüenciais, sobretudo os oriundos da álgebra Booleana.
5. Diferenciar claramente circuitos digitais combinacionais de circuitos digitais seqüenciais quanto ao comportamento.
6. Empregar adequadamente as diferentes formas de representação de circuitos digitais combinacionais e seqüenciais.

### **EMENTA:**

Descrições em nível lógico de abstração. Circuitos combinacionais e seqüenciais. Descrições em nível de abstração de transferência entre registradores. Aritmética digital. Otimização combinacional. Processo de projeto de sistemas digitais. Taxonomia de sistemas digitais.

**Nº DA UNIDADE: 01**

**Nº HORAS AULA: 7%**

### **CONTEÚDO: INTRODUÇÃO**

- 1.1 Modelos e abstração
- 1.2 Teorias subjacentes a circuitos digitais: aritmética de base variada, lógica matemática e eletrônica básica
- 1.3 Aritmética de base variada
  - 1.3.1 Bases mistas e principais bases
  - 1.3.2 Conversões de base de inteiros positivos e reais positivos
  - 1.3.3 Representações com sinal - inteiro, racional e real
- 1.4 Modelagem lógica de problemas - funções primitivas e tabelas verdade
- 1.5 Realização física de funções lógicas - portas lógicas e circuitos digitais

### **PROCEDIMENTOS E RECURSOS:**

Esta Unidade introdutória deve reforçar a importância de manipular modelos formais abstratos durante a modelagem de problemas, além de introduzir os três ramos do



conhecimento envolvidos na análise e construção de sistemas digitais. As Seções 1.3 a 1.5 abordam ramos do conhecimento associados, com o objetivo de dar uma visão geral destes. Para trabalhar a aridez característica das teorias envolvidas, recomenda-se o uso extenso de exercícios nestas Seções. Atividades extra classe devem ser usadas como recursos para reforçar os conteúdos vistos em aula. Procurar introduzir uma aula de laboratório para apresentar ferramentas computacionais a serem empregadas e recursos para a construção e teste de circuitos digitais.

**Nº DA UNIDADE:** 02

**Nº HORAS AULA:** 22%

**CONTEÚDO: ÁLGEBRAS BOOLEANAS E OUTRAS REPRESENTAÇÕES DE CIRCUITOS DIGITAIS**

## 2.1 Introdução

### 2.1.1 Conjuntos e produtos Cartesianos

### 2.1.2 Variáveis e expressões: campo, tipo, variável de chaveamento

### 2.1.3 Funções de chaveamento: (co-)domínio, imagem, tipo, funções parciais

### 2.1.4 Funções de chaveamento primitivas: E, OU, NÃO, OU-EXCLUSIVO

## 2.2 Definição axiomática de álgebra Booleana

### 2.2.1 Exemplos de álgebras Booleanas

### 2.2.2 Suficiência de operações: E/OU/NÃO, NÃO-E, NÃO-OU, E/OU-EX

### 2.2.3 Dualidade

## 2.3 Teoremas fundamentais e derivados: de Morgan, consenso e outros

## 2.4 Formas de representação de funções Booleanas

### 2.4.1 Diagramas de Venn

### 2.4.2 Diagramas de Hasse

### 2.4.3 Tabelas verdade

### 2.4.4 Expressões Booleanas

#### 2.4.4.1 Somas de produtos e produtos de somas: cubos e anticubos

#### 2.4.4.2 Formas normais conjuntiva e disjuntiva

#### 2.4.4.3 Formas canônicas: mintermos e maxtermos

#### 2.4.4.4 Expressões limitadas a um operador: NÃO-E e NÃO-OU

### 2.4.5 Mapas de Karnaugh

#### 2.4.5.1 Primalidade e irredundância de funções

### 2.4.6 Diagramas de decisão binária

#### 2.4.6.1 A expansão de Shannon

#### 2.4.6.2 A forma canônica de Bryant

### 2.4.7 Funções incompletamente especificadas - “don’t cares” e seu emprego

### 2.4.8 Linguagens de descrição de hardware

## 2.5 Simplificação de expressões Booleanas

### 2.5.1 Via teoremas

### 2.5.2 Via mapas de Karnaugh

### 2.5.3 Outras formas de simplificação: métodos computacionais Quine-McCluskey e Espresso

## 2.6 Definição reticular de álgebra Booleana



## **PROCEDIMENTOS E RECURSOS:**

Nesta Unidade, o conceito formal de álgebra Booleana deve ser introduzido e discutido, e suas implicações exploradas em profundidade. Deve-se dar ênfase à familiarização do aluno com as diferentes formas de representação, demonstrando a aplicabilidade diferenciada destas, cada uma conduzindo a facilidade para determinada classe de manipulações de funções de chaveamento. Listas de exercícios e software educacional para manipulação de funções devem ser usados com generosidade. A base formal deve ser rigorosa, usando os conceitos desenvolvidos na disciplina requisito especial. Os conceitos de primalidade e irredundância devem ser apresentados conjuntamente com a noção de otimalidade da representação. O conceito de canonicidade deve conduzir à discussão da unicidade de representações de funções específicas. O fecho da Unidade, a definição reticular de álgebra Booleana, pressupõe a comparação com a definição axiomática inicial. Ainda nesta Unidade, aconselha-se empregar duas aulas de laboratório para familiarização com ferramentas computacionais de captura, validação e otimização e síntese de circuitos digitais.

**Nº DA UNIDADE:** 03

**Nº HORAS AULA:** 28%

**CONTEÚDO:** CIRCUITOS DIGITAIS COMBINACIONAIS

### 3.1 Introdução

3.1.1 Valores digitais e sua relação com grandezas físicas – níveis lógicos

3.1.2 Realização física de portas lógicas

3.1.2.1 Lógica de chaves

3.1.2.2 Tecnologias de circuitos integrados - chaves CMOS

3.1.2.3 Outras tecnologias de implementação

3.2 Formas de representação de circuitos combinacionais

3.2.1 Diagramas de transistores

3.2.2 Diagramas de portas lógicas

3.2.3 Diagramas de tempos

3.2.3.1 Atrasos em portas lógicas - o modelo inercial

3.2.3.2 Problemas de temporização em circuitos digitais - “hazards”

3.2.4 O formato Espresso

3.2.5 Representação de funções de chaveamento x representação de circuitos

3.3 Circuitos combinacionais universais

3.3.1 Circuitos para aritmética inteira e circuitos lógicos

3.3.1.1 Somadores

3.3.1.2 Subtratores

3.3.1.3 Comparadores

3.3.1.4 Operadores lógicos - aplicações

3.3.2 Unidades lógico aritméticas

3.3.3 Decodificadores

3.3.3.1 Definição e exemplos

3.3.3.2 Uso na implementação genérica de circuitos combinacionais



### 3.3.4 Multiplexadores e Demultiplexadores

#### 3.3.4.1 Definição e exemplos

#### 3.3.4.2 Uso na implementação genérica de circuitos combinacionais

### 3.3.5 Níveis de abstração lógico e de transferência entre registradores

### 3.4 Memórias ROM

## **PROCEDIMENTOS E RECURSOS:**

Esta Unidade deve salientar a relação entre a realização física de circuitos digitais combinacionais e as definições formais de álgebras Booleanas da Unidade anterior. As não idealidades das implementações físicas e a dependência temporal das saídas com relação às entradas devem ser vistas como fenômenos não modeláveis diretamente pela teoria exposta na Unidade 02. Deve-se empregar o recurso de exercícios extra classe baseados no uso de ferramentas computacionais de apoio, tais como editores de esquemáticos simuladores e otimizadores. Deve-se empregar, sempre que possível, exemplos práticos de uso universal, tais como os SSI/MSI TTL, para ilustrar os conceitos. A apresentação da Unidade deve reforçar a idéia de que circuitos digitais são construídos de forma modular, através do emprego de blocos de base mais simples. Os níveis de abstração de chaves, lógico e de transferência entre registradores devem ser mencionados e diferenciados. Aulas práticas de demonstração de uso de ferramentas computacionais devem ser consideradas. Aconselha-se nesta Unidade a realização de duas aulas de laboratório, para familiarização com circuitos SSI/MSI combinacionais, para implementação de circuito representativo, tal como uma ULA e eventual uso de ferramentas de simulação e otimização.

**Nº DA UNIDADE:** 04

**Nº HORAS AULA:** 36%

## **CONTEÚDO: CIRCUITOS DIGITAIS SEQUENCIAIS**

### 4.1 Introdução

#### 4.1.1 A relação entre entradas e saídas em circuitos combinacionais

#### 4.1.2 Realimentação e memorização de informações - conceito de estado

#### 4.1.3 Exemplos de circuitos digitais seqüenciais simples

##### 4.1.3.1 Captura de 0 e captura de 1

##### 4.1.3.2 Bit de memória RAM

##### 4.1.3.3 Oscilador em anel

#### 4.1.4 Sinais de relógio (“clock”) – frequência, período, formas de onda

#### 4.1.5 Circuitos síncronos e circuitos assíncronos

##### 4.1.5.1 Problemas de temporização - corridas

### 4.2 Formas de representação de circuitos seqüenciais síncronos

#### 4.2.1 Diagramas de portas lógicas com realimentação

#### 4.2.2 Tabelas verdade modificadas

#### 4.2.3 Grafo de transição de estados – STG

#### 4.2.4 Tabela de transição de estados – STT

#### 4.2.5 O formato KISS2

### 4.3 Circuitos digitais seqüenciais de base



- 4.3.1 “Latches”
- 4.3.2 Biestáveis ou “flip-flops”
  - 4.3.2.1 Tipos básicos: SR, D, T, JK
  - 4.3.2.2 Sensibilidade ao relógio
  - 4.3.2.3 Exemplo de implementação
- 4.3.3 Exemplos de circuitos usando biestáveis
- 4.4 Circuitos digitais seqüenciais universais
  - 4.4.1 Registradores
  - 4.4.2 Registradores de deslocamento
  - 4.4.3 Contadores
    - 4.4.3.1 Conceitos
    - 4.4.3.2 Classificação e sinais especiais
    - 4.4.3.3 Exemplos
  - 4.4.4 Memórias RAM
- 4.5 Modelos para sistemas síncronos
  - 4.5.1 Máquina de estados - FSM – definições formais e exemplificação
  - 4.5.2 Máquinas de Mealy e Moore
  - 4.5.3 Classificação de sistemas digitais
- 4.6 O projeto de sistemas seqüenciais
  - 4.6.1 O problema de minimização de estados
  - 4.6.2 O problema de codificação de estados
  - 4.6.3 A implementação da parte combinacional
    - 4.6.3.1 Lógica dois níveis
    - 4.6.3.2 Lógica multinível

#### **PROCEDIMENTOS E RECURSOS:**

Esta Unidade deve salientar a relação e diferenciação de circuitos digitais combinacionais e seqüenciais. Deve-se mostrar, por exemplo, que todo sistema combinacional pode ser visto como um sistema seqüencial. Convém também mencionar que qualquer problema computável pode, em tese, ser resolvido através de sistemas seqüenciais ou através de sistemas puramente combinacionais. Deve-se salientar a importância de dominar o comportamento temporal em sistemas seqüenciais, a partir da introdução do conceito de estado de um sistema. Além disto cabe mencionar o efeito temporal em sistemas combinacionais, através da exploração do conceito de "hazards". Como recurso aconselhado, devem ser usadas ferramentas computacionais, tais como simuladores, para ilustrar a relação temporal entre sinais de um circuito digital. Exercícios extra classe baseados no uso de ferramentas computacionais de apoio tais como editores de esquemáticos, simuladores e otimizadores seqüenciais. A exemplo da Unidade anterior, deve usar extensamente exemplos práticos, tais como os módulos SSI/MSI TTL para ilustrar os conceitos fundamentais. A evolução da Unidade prevê um misto de teoria e prática com sistemas seqüenciais, visando a familiarização com a realidade física e sua relação como o embasamento teórico. Aconselha-se para esta Unidade a realização de duas aulas de laboratório, uma voltada para a construção



de e o emprego de registradores e contadores e uma para máquinas de estado.

**Nº DA UNIDADE:** 05

**Nº HORAS AULA:** 7%

**CONTEÚDO: PROJETO DE CIRCUITOS DIGITAIS**

- 5.1. Estudo de Caso de um Circuito Digital
- 5.2. Projeto e Implementação de um Circuito Digital

**PROCEDIMENTOS E RECURSOS:**

Esta Unidade é o fecho da disciplina. Ela deve se basear nos conceitos explorados em todas unidades anteriores e conduzir o aluno a demonstrar seus conhecimentos através de um projeto e implementação de um circuito digital completo, o trabalho prático da disciplina, após a demonstração de um estudo de caso pelo docente. Aconselha-se aqui o emprego de quatro aulas em laboratório.

**AVALIAÇÃO:**

$$G1 = (P1 + P2 + TP) / 3$$

Onde:

- P1** – Prova que abrange as unidades 1 e 2 e 3
- P2** – Prova que abrange as unidades 3, 4 e 5
- TP** - Nota de Trabalhos Práticos

**BIBLIOGRAFIA:**

• **LIVRO(S) TEXTO**

1. HILL, F. J. & PETERSON, G. R. “Computer aided logical design with emphasis on VLSI”. John Wiley & Sons, New York, 4th edition, 1993.

• **LIVRO(S) REFERENCIADO(S)**

2. ERCEGOVAC, M.; LANG, T.; MORENO, J. H. Introdução aos Sistemas Digitais. Bookman, SP, 2000.
3. TAUB, H.. Circuitos Digitais e Microprocessadores. Makron Books – 1984.
4. BROWN, F. M. Boolean Reasoning: the logic of Boolean equations. Kluwer Academic Publishers, 1990.
5. ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A.. PC Um Guia Prático de Hardware e Interfaceamento. MZ Editora. 1999.
6. BIGNELL, J. W. & DONOVAN, R. L. Eletrônica Digital – Makron Books – 1995.
7. KATZ, R. H. “Contemporary logic design”. Benjamin Cummings /Addison-Wesley Publishing Company, 699 páginas, 1994.
8. CHANG, K. C., Digital Design and Modeling with VHDL and Synthesis.IEEE Computer Society Press, 1997.



9. HAYES, J. P. “Introduction to digital logical design”. Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
10. ROTH Jr., C. H. “Fundamentals of logic design”. PWS Publishing Company, 1995.
11. DAVIO, M.; DESCHAMPS, J. P. & THAYSE, A. “Digital systems with algorithm implementation”. John Wiley & Sons, 1983.
12. MANO, M. M. “Digital design”. Prentice-Hall, 1991.
13. *DataSheets* de Fabricantes de Circuitos Lógicos – Consultar site de fabricantes tais como Texas Instruments e National Semiconductors ou sites de procura para tais documentos em <http://www.datasheetlocator.com> ou <http://www.chipcenter.com>.

• **SOFTWARE DE APOIO:**

1. ALTERA Max-Plus-II - (Ferramenta de síntese e validação de circuitos digitais)
2. Outros programas específicos, tais como ESPRESSO, NOVA, STAMINA, etc.