

*Plano de Ensino de Disciplina*

**1. Identificação**

- Disciplina: EEL7312 – Tópicos Especiais em Eletrônica IV - Circuitos Integrados Digitais
- Carga horária: 72 horas-aula Teóricas: 60, Práticas: 12
- Horário/local: 613304 / sala INE314 – prédio do INE
- Semestre 2010.2
- Vagas: 12
- Caráter opcional a estudantes a partir da terceira fase
- Instrutores: Carlos Galup-Montoro (EEL), Márcio Cherem Schneider (EEL), colaboradores: José Luiz Güntzel (INE), Luiz Claudio Santos (INE).

**2. Cursos**

- Engenharia Elétrica
- Engenharia de Produção Elétrica
- Engenharia de Controle e Automação

**3. Pré-Requisitos**

- EEL 7020 – Sistemas Digitais

**4. Ementa**

- Modelagem simplificada de transistores NMOS e PMOS. O inversor CMOS: característica de transferência, atraso, consumo estático e dinâmico. Lógica combinacional, flip-flops e registradores em CMOS. Estruturas regulares: ULA, PLA, ROM. Princípios básicos de processos de fabricação. Regras geométricas e elétricas de projeto. “Scaling”. Variabilidade em tecnologias submicrométricas. Estilos full e semi-custom, lógica programável pelo usuário. Leiaute. Níveis de abstração, metodologias de projeto e ferramentas de EDA (simuladores, analisadores, extratores, ferramentas de verificação e síntese).

**5. Objetivos**

- **Geral:** Abordar os fundamentos de dispositivos MOS, circuitos CMOS e sistemas eletrônicos VLSI, sob uma perspectiva de projeto de sistemas digitais.
- **Específicos:**
  - Familiarizar os estudantes com as diferentes representações de projeto;
  - Familiarizar os estudantes com as diferentes alternativas de implementação de circuitos e sistemas digitais;
  - Familiarizar os estudantes com o fluxo de projeto de circuitos digitais, informando-os sobre as diferentes classes de ferramentas e sobre o seu uso em distintas metodologias.

**6. Conteúdo programático**

1. **Evolução tecnológica e representação de projeto** [2 horas-aula]
  - a. Desafios de projeto decorrentes da evolução tecnológica
  - b. Níveis de abstração para representação de projeto
2. **Métricas de qualidade de um circuito digital** [2 horas-aula]

- a. Custo do circuito integrado
  - b. Funcionalidade e robustez
  - c. Desempenho
  - d. Consumo de energia e potência
- 3. O processo de fabricação** [8 horas-aula]
- a. Fabricação de circuitos integrados CMOS
  - b. Regras de projeto
  - c. Encapsulamento de circuitos integrados
  - d. Tendências da tecnologia de processo
  - e. Variabilidade em tecnologias sub-micrométricas
- 4. Os dispositivos eletrônicos** [8 horas-aula]
- a. O diodo
  - b. O transistor MOS(FET)
- 5. Os meios de conexão** [6 horas-aula]
- a. Parâmetros das conexões: capacitância, resistência e indutância
  - b. Modelos elétricos de meios de conexão
- 6. O inversor CMOS** [8 horas-aula]
- a. Operação
  - b. Comportamento estático
  - c. Comportamento dinâmico
  - d. Potência e energia
  - e. Impacto do “scaling”
- 7. Circuitos combinacionais em CMOS** [6 horas-aula]
- a. Circuitos CMOS estáticos
  - b. Circuitos CMOS dinâmicos
- 8. Circuitos sequenciais em CMOS** [6 horas-aula]
- a. Latches e registradores estáticos
  - b. Latches e registradores dinâmicos
  - c. Circuitos sequenciais não-biestáveis
  - d. Alternativas de temporização
- 9. Alternativas de implementação para circuitos digitais** [6 horas-aula]
- a. Projeto “Full custom” e “Semi custom”
  - b. Projeto baseado em estruturas regulares (“arrays”)
- 10. Blocos aritméticos** [6 horas-aula]
- a. Somadores
  - b. Multiplicadores
  - c. Deslocadores
- 11. Memória e estruturas regulares** [8 horas-aula]
- a. Classificação das memórias e principais sub-componentes
  - b. O núcleo da memória
  - c. Confiabilidade e rendimento
  - d. Consumo de potência em memórias
  - e. Exemplos de memórias e estruturas regulares
- 12. Ferramentas de projeto** [6 horas-aula]
- a. Ferramentas de síntese automática
  - b. Ferramentas de análise
  - c. Ferramentas de verificação

## **7. Metodologia**

### **7.1. Instrumentos metodológicos**

A metodologia de ensino consiste em aulas expositórias e reflexivas dos principais conceitos de circuitos e sistemas integrados de acordo com o **material bibliográfico** adotado [1-3]. Os principais conceitos são ilustrados através de **exemplos e discussões** em sala de aula. Para fixação dos conceitos, o professor indica um conjunto de **exercícios** para serem resolvidos pelos

alunos fora do horário de aula assim como leituras complementares. A familiarização com ferramentas típicas de projeto é obtida a partir de **aulas de laboratório**.

Aos alunos que desejarem aprofundar-se em tópicos avançados baseados nos conceitos cobertos nesta disciplina, sugere-se **material bibliográfico complementar** [2].

Nas aulas de laboratório, está prevista a participação de estagiário de docência.

## 7.2. Pressupostos da metodologia

A metodologia adotada pressupõe que os alunos de um curso diurno não se limitem a comparecer às aulas, mas utilizem um número de horas, no mínimo igual ao número de horas-aula, para as atividades extra-classe associadas a esta disciplina (leitura, resolução de exercícios e uso de ferramentas computacionais de projeto).

Pressupõe-se que os alunos tenham estudado as páginas indicadas do livro-texto e tenham resolvido, como atividade extra-classe, os exercícios propostos pelo professor.

## 8. Avaliação de aprendizagem

### 8.1. Instrumentos de avaliação

A avaliação da aprendizagem é realizada através de três provas escritas, um conjunto de relatórios de aulas de laboratório

As duas primeiras (P1 e P2) são provas regulares e a última (REC) é uma prova substitutiva que serve para duas funções: recuperação de prova(s) perdida(s) e recuperação de nota (conforme detalhamento abaixo). Os tópicos do conteúdo programático são assim provisoriamente avaliados:

- P1: Tópicos de 1 a 6
- P2: Tópicos 1 a 12
- REC: Tópicos de 1 a 12

Para a realização das três provas, serão alocadas 06 horas-aula da carga da disciplina.

A cada laboratório corresponde um relatório a ser entregue ao final da aula. Os relatórios podem ser realizados por grupos de no máximo dois alunos. A ausência do(a) estudante implica em lhe ser atribuída nota zero no respectivo relatório. O(a) aluno(a) que chegar atrasado(a) às aulas de laboratório (fora do intervalo de tolerância estabelecido pelo professor) ou se ausentar dela antes de concluir os experimentos terá sua nota no relatório multiplicada por 0,5 para refletir sua participação parcial.

A avaliação global das aulas de laboratório será representada por uma nota LB, calculada como a média aritmética das notas obtidas nos relatórios.

### 8.2. Critérios para aprovação/reprovação

- a) O aluno que não comparecer a no mínimo 75% das aulas será considerado **reprovado por frequência insuficiente**, de acordo com o artigo 73, do Capítulo I, Seção IX do Regimento Geral da UFSC. Neste caso, a nota final será  $NF = 0,0$ .
- b) O critério de aprovação baseia-se na média aritmética simples MF das notas obtidas nas 2 primeiras provas e no laboratório, ou seja:  
 $MF = (P1 + P2 + LB)/3$ .
- c) Será considerado **aprovado** o aluno com frequência suficiente com  $MF \geq 6,0$ . Neste caso, a nota final atribuída ao aluno aprovado será:  $NF = MF$ .
- d) Será considerado **reprovado** o aluno com frequência suficiente com  $MF < 3$ . Neste caso, a nota final atribuída ao aluno reprovado será:  $NF = MF$ .

### 8.3. Mecanismo de recuperação de prova perdida

Se o(a) aluno(a) faltar a alguma das duas primeiras provas por motivo justificável, devidamente comprovado, deverá requerer junto à Secretaria do EEL, de acordo com o prazo regimental, a

autorização para recuperar a prova. Decorrido o prazo sem qualquer requerimento, será atribuída nota zero à prova perdida. Se a justificativa for julgada procedente pelo EEL, o(a) aluno(a) fica automaticamente convocado(a) a fazer a prova REC, como prova substitutiva. Neste caso, será atribuída à(s) prova(s) perdida(s) a mesma nota obtida em REC e será então efetuado o cálculo de MF, conforme o item 8.2b. No caso de FI, o aluno perderá o direito a fazer a prova REC a título de prova substitutiva.

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no semestre (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre (REC), sendo a nota final (NF) calculada conforme parágrafo 3º do artigo 71 desta resolução, ou seja:  $NF = (MF + REC) / 2$ .

## 9. Cronograma

O cronograma de ensino e avaliação será publicado (e atualizado conforme a necessidade), no início do semestre, na URL: <http://www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5442.htm>. A menos de algum excepcional, as datas das provas são:

- P1: 01 de outubro de 2010.
- P2: 03 de dezembro de 2010.
- REC: 10 de dezembro de 2010.

As provas serão realizadas sempre no horário das 15:10 às 16:50 (sendo precedidas por duas aulas regulares).

## 10. Bibliografia básica

[1] Jan M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, “Digital Integrated Circuits: a Design Perspective”, 2nd edition, Prentice Hall, USA, 2003.

## 11. Bibliografia complementar

[2] Neil Weste and David Harris, “CMOS VLSI Design: A System and Circuit Perspective”, 3<sup>rd</sup> edition, Addison Wesley, USA.