

# Circuitos Elétricos I E - Aula 00

## Introdução a Circuitos Elétricos




Prof. Iury Bessa

Universidade Federal do Amazonas  
Departamento de Eletricidade

# Teoria de Redes Eléctricas

---



Teoria  
Eletromagnética



Teoria das  
Redes Eléctricas

# Teoria de Redes Eléctricas

---



Teoria  
Eletromagnética



Teoria das  
Redes Eléctricas

A Teoria Eletromagnética ou **Teoria do Campo** é importante para explicar o **comportamento** de dispositivos eléctricos e analisar a **propagação da energia no espaço**

# Teoria de Redes Eléctricas

---



Teoria  
Eletromagnética



Teoria das  
Redes Eléctricas

É baseada nas leis postuladas sob a forma de equações diferenciais vetoriais: as **equações de Maxwell**

# Teoria de Redes Eléctricas

---



A Teoria de Redes Eléctricas ou **Teoria dos Circuitos** trata dos efeitos da **interligação** de dispositivos eléctricos cujas características e comportamento são conhecidos.

# Teoria de Redes Eléctricas

---



As leis básicas da Teoria dos Circuitos são baseadas em modelos matemáticos simplificados que podem ser deduzidos a partir de simplificações adequadas das Equações de Maxwell.

# Teoria de Redes Elétricas

---

A teoria das redes elétricas é baseada em duas restrições sobre as equações de Maxwell:

# Teoria de Redes Eléctricas

---

A teoria das redes eléctricas é baseada em duas restrições sobre as equações de Maxwell:

- As tensões em uma porta (par de terminais) é unívoca, ou seja, não depende do caminho eléctrico percorrido entre um terminal e outro. Isso implica em que o termo da Lei de Faraday relacionado a taxa de variação do fluxo magnético para qualquer caminho fechado fora do elemento é sempre nulo ( $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B^C}{dt} = 0$ )



# Teoria de Redes Eléctricas

---

A teoria das redes eléctricas é baseada em duas restrições sobre as equações de Maxwell:

- As tensões em uma porta (par de terminais) é unívoca, ou seja, não depende do caminho eléctrico percorrido entre um terminal e outro. Isso implica em que o termo da Lei de Faraday relacionado a taxa de variação do fluxo magnético para qualquer caminho fechado fora do elemento é sempre nulo ( $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B^C}{dt} = 0$ )
- A corrente total entrando no elemento é igual a corrente saindo. Portanto, o termo  $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l}$  é nulo para qualquer curva fechada fora do elemento.

# Circuitos Elétricos

---

Um circuito elétrico é um **interligação** de **elementos de circuito** formando pelo menos um **caminho fechado**.

Os elementos de circuito básicos são:

# Circuitos Elétricos

---

Um circuito elétrico é um **interligação** de **elementos de circuito** formando pelo menos um **caminho fechado**.

Os elementos de circuito básicos são:

- Geradores

# Circuitos Elétricos

---

Um circuito elétrico é um **interligação** de **elementos de circuito** formando pelo menos um **caminho fechado**.

Os elementos de circuito básicos são:

- Geradores
- Resistores

# Circuitos Elétricos

---

Um circuito elétrico é um **interligação** de **elementos de circuito** formando pelo menos um **caminho fechado**.

Os elementos de circuito básicos são:


- Geradores
- Resistores
- Capacitores
- Indutores

# Circuitos Eléctricos Distribuídos e Concentrados

---



Circuitos  
Distribuídos



Circuitos  
Concentrados

# Circuitos Elétricos Distribuídos e Concentrados

---



Circuitos a parâmetros distribuídos apresentam modelos dependentes das dimensões do circuito.

# Circuitos Eléctricos Distribuídos e Concentrados

---



Nestes circuitos, o tempo de propagação dos sinais eletromagnéticos envolvidos é relevante.



# Circuitos Elétricos Distribuídos e Concentrados

---



Circuitos concentrados apresentam modelos simplificados onde seus elementos são considerados discretos e portanto suas dimensões desprezíveis.

# Circuitos Eléctricos Distribuídos e Concentrados

---



Para que um circuito seja considerado concentrado uma terceira restrição precisa ser atendida: o tempo de propagação das ondas eletromagnéticas através dos elementos deve ser desprezível se comparada aos períodos dos sinais circulantes.

# Circuitos Elétricos Distribuídos e Concentrados

---



Sejam  $d$  a maior dimensão do circuito,  $f$  a maior frequência circulante no circuito, e  $c$  a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas:

$$\tau \triangleq \frac{d}{c}, T = \frac{1}{f} \text{ e } \lambda = c \cdot f.$$

# Circuitos Eléctricos Distribuídos e Concentrados

---



Portanto, a terceira restrição pode ser expressa como:

$$\tau \ll T \leftrightarrow d \ll \lambda$$

# Circuitos Elétricos Distribuídos e Concentrados

---



Sempre que essa terceira restrição for atendida, as **Leis de Kirchhoff** são modelos válidos para a análise do circuito em questão.

# Circuitos Eléctricos Distribuídos e Concentrados

---

O foco desse curso será no estudo da teoria de redes aplicadas a circuitos concentrados, devido às seguintes razões:

# Circuitos Elétricos Distribuídos e Concentrados

---

O foco desse curso será no estudo da teoria de redes aplicadas a circuitos concentrados, devido às seguintes razões:

- Circuitos concentrados são mais simples de entender e projetar

# Circuitos Elétricos Distribuídos e Concentrados

---

O foco desse curso será no estudo da teoria de redes aplicadas a circuitos concentrados, devido às seguintes razões:

- Circuitos concentrados são mais simples de entender e projetar
- Circuitos concentrados são análogos a sistemas mecânicos composto por conjuntos de partículas interagindo;



# Circuitos Eléctricos Distribuídos e Concentrados

---

O foco desse curso será no estudo da teoria de redes aplicadas a circuitos concentrados, devido às seguintes razões:

- Circuitos concentrados são mais simples de entender e projetar
- Circuitos concentrados são análogos a sistemas mecânicos composto por conjuntos de partículas interagindo;
- A teoria de circuitos distribuídos pode ser baseada na teoria de circuitos concentrados.

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

- A) Conceitos Preliminares (6h)
- B) Circuitos Elétricos Simples (6h)
- C) Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)
- D) Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)
- E) Regime Permanente Senoidal (8h)
- F) Potência e Energia (6h)

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

## A) Conceitos Preliminares (6h)

- Análise, Linearidade, e Invariância no tempo
- Circuitos concentrados, comprimento de onda e dimensões dos circuitos
- Grandezas Elétricas Fundamentais e Sentidos de Referência
- Elementos de Circuitos
- Relações Fasoriais em Bipolos Ideais
- Definições, Propriedades Gerais e Leis de Kirchhoff
- Modelos de Dispositivos Físicos

## B) Circuitos Elétricos Simples (6h)

## C) Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)

## D) Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)

## E) Regime Permanente Senoidal (8h)

## F) Potência e Energia (6h)

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

**A) Conceitos Preliminares (6h)**

**B) Circuitos Elétricos Simples (6h)**

- Circuitos Resistivos
- Transformações Y- $\Delta$  e  $\Delta$ -Y
- Análise de Pequenos Sinais
- Circuitos com capacitores e indutores
- Funções singulares
- Integral de convolução

**C) Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)**

**D) Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)**

**E) Regime Permanente Senoidal (8h)**

**F) Potência e Energia (6h)**

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

- A) Conceitos Preliminares (6h)
- B) Circuitos Elétricos Simples (6h)
- C) Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)
  - Solução geral de equações diferenciais
  - Solução completa de circuitos
  - Circuitos de primeira ordem
  - Circuitos RLC LIT
  - Circuitos de ordem superior
  - Oscilação e estabilidade
  - Circuitos Não-lineares e Variantes com o tempo
- D) Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)
- E) Regime Permanente Senoidal (8h)
- F) Potência e Energia (6h)

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

**A)** Conceitos Preliminares (6h)

**B)** Circuitos Elétricos Simples (6h)

**C)** Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)

**D)** Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)

- Grafos de redes e Teorema de Tellegen
- Análise de Nós e Malhas e Análise de Cortes e Percursos Fechados
- Equações de estados
- Teorema da Transformação de Fontes
- Teorema da Substituição e Teorema da Superposição
- Teorema das Redes Equivalentes de Thevenín-Norton
- Teorema da Reciprocidade

**E)** Regime Permanente Senoidal (8h)

**F)** Potência e Energia (6h)

# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

- A) Conceitos Preliminares (6h)
- B) Circuitos Elétricos Simples (6h)
- C) Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)
- D) Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)
- E) Regime Permanente Senoidal (8h)
  - Fasores e EDO's
  - Impedância e Admitância
  - Resposta completa senoidal
  - Diagramas fasoriais
  - Análise do regime permanente senoidal de circuitos simples
  - Circuitos ressonantes
- F) Potência e Energia (6h)



# Conteúdo Programático

---

O curso de Circuitos Elétricos I E será dividido em seis módulos:

- A) Conceitos Preliminares (6h)
- B) Circuitos Elétricos Simples (6h)
- C) Circuitos de Primeira e Segunda Ordem (14h)
- D) Técnicas e Teoremas de Análise de Redes (12h)
- E) Regime Permanente Senoidal (8h)
- F) Potência e Energia (6h)
  - Potência Média e Valores Eficazes
  - Energia e Passividade
  - Potência no regime permanente senoidal
  - Conservação de potências real e reativa
  - Armazenamento em circuitos ressonantes
  - Máxima transferência de potência
  - Fator de potência e correção de FP

# Pré-requisitos e Literatura recomendada

---

# Pré-requisitos e Literatura recomendada

---

- Pré-requisitos:
  1. Física II E
  2. Conhecimentos básicos sobre Álgebra Complexa
  3. Conhecimentos básicos sobre soluções de EDO's

# Pré-requisitos e Literatura recomendada

---

- Pré-requisitos:
  1. Física II E
  2. Conhecimentos básicos sobre Álgebra Complexa
  3. Conhecimentos básicos sobre soluções de EDO's
- Literatura recomendada:
  1. DESOER, Charles A.; KUH, Ernest S.. Teoria básica de circuitos. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979. 823p.
  2. CLOSE, Charles M. Circuitos lineares. 2. ed. LTC, c1975.. Rio de Janeiro, RJ: xii, 550 p.
  3. ORSINI, Luiz de Queiroz; CONSONNI, Denise. Curso de circuitos elétricos: volume 1. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 286 p.

# Procedimentos de avaliação

---

# Procedimentos de avaliação

---

- **Avaliações Escritas:**
  - Individuais e com consulta livre
  - Peso 9
  - $AV_1$ : Módulos A e B
  - $AV_2$ : Módulos A, B e C
  - $AV_3$ : Módulos A, B, C e D
  - $AV_4$ : Módulos A, B, C, D, E e F

# Procedimentos de avaliação

---

- **Avaliações Escritas:**
  - Individuais e com consulta livre
  - Peso 9
  - $AV_1$ : Módulos A e B
  - $AV_2$ : Módulos A, B e C
  - $AV_3$ : Módulos A, B, C e D
  - $AV_4$ : Módulos A, B, C, D, E e F
- **Listas de Exercícios:** uma lista por módulo com peso unitário

# Procedimentos de avaliação

---

- **Avaliações Escritas:**
  - Individuais e com consulta livre
  - Peso 9
  - $AV_1$ : Módulos A e B
  - $AV_2$ : Módulos A, B e C
  - $AV_3$ : Módulos A, B, C e D
  - $AV_4$ : Módulos A, B, C, D, E e F
- **Listas de Exercícios:** uma lista por módulo com peso unitário
- **Participação das aulas de monitoria**



# Procedimentos de avaliação

---

- **Avaliações Escritas:**
  - Individuais e com consulta livre
  - Peso 9
  - $AV_1$ : Módulos A e B
  - $AV_2$ : Módulos A, B e C
  - $AV_3$ : Módulos A, B, C e D
  - $AV_4$ : Módulos A, B, C, D, E e F
- **Listas de Exercícios:** uma lista por módulo com peso unitário
- **Participação das aulas de monitoria**
- **Eliminação da menor nota das avaliações**

# Média Final

---

# Média Final

---

- Média dos Exercícios Escolares (MEE):

$$MEE = \frac{9 \cdot \sum_{i=1}^4 (AV_i + PM_i) - 9 \cdot \min (AV_i + PM_i) + \sum_{j=1}^6 LE_j}{33}$$

Onde  $AV_i$  é a nota da  $i$ -ésima avaliação,  $PM_i$  é a pontuação bônus (monitoria) e  $LE_j$  é a nota da  $j$ -ésima lista de exercícios

# Média Final

---

- Média dos Exercícios Escolares (MEE):

$$MEE = \frac{9 \cdot \sum_{i=1}^4 (AV_i + PM_i) - 9 \cdot \min(AV_i + PM_i) + \sum_{j=1}^6 LE_j}{33}$$

Onde  $AV_i$  é a nota da  $i$ -ésima avaliação,  $PM_i$  é a pontuação bônus (monitoria) e  $LE_j$  é a nota da  $j$ -ésima lista de exercícios

- Média Final (resolução nº 023/2017 – CONSEPE):

$$MF = \frac{2 \cdot MEE + PF}{3}$$

# Média Final

---

- Média dos Exercícios Escolares (MEE):

$$MEE = \frac{9 \cdot \sum_{i=1}^4 (AV_i + PM_i) - 9 \cdot \min(AV_i + PM_i) + \sum_{j=1}^6 LE_j}{33}$$

Onde  $AV_i$  é a nota da  $i$ -ésima avaliação,  $PM_i$  é a pontuação bônus (monitoria) e  $LE_j$  é a nota da  $j$ -ésima lista de exercícios

- Média Final (resolução nº 023/2017 – CONSEPE):

$$MF = \frac{2 \cdot MEE + PF}{3}$$

- Conforme RESOLUÇÃO Nº 023/2017 - CONSEPE - "Art. 10 - O discente que obtiver o mínimo de 75% (setenta e cinco por cento) de frequência e Média dos Exercícios Escolares (MEE) igual ou superior a 8,0 (oito vírgula zero) será considerado aprovado na disciplina e dispensado da prova final (PF), resguardado o direito de realizá-la."

# Atendimento aos alunos

---

# Atendimento aos alunos

---

- **Atendimento com o professor**
  - Horário: Quarta-feira, 10:00 às 12:00
  - Local: Laboratório de Automação Industrial e Robótica
  - E-mail: [iurybessa@ufam.edu.br](mailto:iurybessa@ufam.edu.br)

# Atendimento aos alunos

---

- **Atendimento com o professor**
  - Horário: Quarta-feira, 10:00 às 12:00
  - Local: Laboratório de Automação Industrial e Robótica
  - E-mail: iurybessa@ufam.edu.br
- **Atendimento com o monitor:**
  - Nome: Alan Tácio Magalhães
  - Horário: Quarta-feira e Sexta-feira, 16:00 às 18:00
  - Local: Laboratório de Automação Industrial e Robótica
  - E-mail: alantaciom@gmail.com