

Eletrônica Linear Simplificada

*Princípios, Componentes e Aplicações
Práticas*

Juliano Coelho da Silva

AUTOR: Juliano Coelho da Silva

Com uma trajetória acadêmica robusta e uma carreira profissional marcada pela excelência, o autor é um especialista de destaque em diversas áreas da engenharia e manutenção industrial. Possui pós-graduações em Engenharia Elétrica com ênfase em Instalações Elétricas Industriais, Engenharia Eletrotécnica, Engenharia de Segurança do Trabalho, Dimensionamento de Circuitos Elétricos Industriais e Gestão da Manutenção Industrial, além de graduações em Engenharia de Produção e Telemática, e formação técnica em Eletrônica. Essa ampla base de conhecimentos, aliada a mais de 17 anos de experiência prática, permite ao autor abordar os desafios do setor com uma visão multidisciplinar e inovadora.

Ao longo de sua carreira, o autor tem se dedicado a compartilhar seu conhecimento por meio de treinamentos especializados, ministrando cursos em áreas como Termografia, Manutenção de Disjuntores, SPCS (Sistema de Proteção, Controle e Supervisão de Subestações) e Banco de Baterias. Seu método de ensino combina teoria e prática, garantindo que os profissionais capacitados estejam preparados para enfrentar os desafios reais do mercado.

Além disso, o autor disponibiliza conteúdos educativos de alta qualidade, como o curso "Termografia Aplicada à Manutenção Industrial", oferecido na plataforma Hotmart, e vídeos instrutivos em seu canal no YouTube. Esses materiais são uma extensão de seu compromisso com a educação e a disseminação de conhecimento técnico, proporcionando aos interessados a oportunidade de aprimorar suas habilidades e se manterem atualizados com as melhores práticas do setor.

Para conhecer mais sobre o trabalho do autor e acessar seus conteúdos exclusivos, visite os links abaixo e mergulhe em um universo de aprendizado técnico e prático, projetado para elevar sua expertise profissional:

- **Curso de Termografia Aplicada à Manutenção Industrial:**
<https://hotmart.com/pt-br/marketplace/produtos/termografia-aplicada-a-manutencao-industrial-2/J45140585A>
- **YouTube:**
<https://www.youtube.com/watch?v=eoOlfqJB2mo&t=6s>

Formação Acadêmica

Pós-Graduação em Neuropsicologia Clínica – PROMINAS (2023)

Pós-Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Instalações Elétricas Industriais – PROMINAS (2023)

Pós-Graduação em Psicanálise – PROMINAS (2023)

Pós-Graduação em Engenharia Eletrotécnica – UNINTER (2022)

Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho – PROMINAS (2022)

Pós-Graduação em Dimensionamento de Circuitos Elétricos Industriais – UNINTER (2021)

Pós-Graduação em Gestão da Manutenção Industrial – UNINTER (2021)

Graduação em Engenharia de Produção – UNIFAMETRO (2020)

Graduação Tecnólogo em Telemática – ESTÁCIO (2011)

Técnico em Eletrônica – CEPEP (2008)

Prefácio

A eletrônica linear é a base de todos os sistemas eletrônicos modernos, desde os mais simples circuitos até os mais complexos dispositivos que utilizamos no dia a dia. Este livro foi criado para guiar você, seja estudante, técnico ou engenheiro, pelos princípios fundamentais e pelos componentes essenciais que formam o coração da eletrônica analógica. Com uma abordagem clara e didática, exploramos desde os conceitos básicos, como a Lei de Ohm e o funcionamento de resistores, capacitores e indutores, até tópicos avançados, como amplificadores operacionais, filtros e osciladores. Cada capítulo foi cuidadosamente elaborado para oferecer não apenas a teoria, mas também exemplos práticos e projetos que permitem aplicar o conhecimento de forma imediata.

Nosso objetivo é desmistificar a eletrônica linear, tornando-a acessível e interessante para todos. Ao longo deste livro, você encontrará explicações detalhadas, ilustrações claras e dicas valiosas para montar e testar circuitos reais. Queremos que você não apenas entenda os conceitos, mas também se sinta confiante para criar e inovar. Este é o seu guia definitivo para dominar a eletrônica linear e transformar ideias em projetos que funcionam. Boa leitura e bons circuitos!

Preface

Linear electronics form the foundation of all modern electronic systems, from the simplest circuits to the most complex devices we use daily. This book was created to guide you, whether you are a student, technician, or engineer, through the fundamental principles and essential components that make up the heart of analog electronics. With a clear and didactic approach, we explore everything from basic concepts, such as Ohm's Law and the operation of resistors, capacitors, and inductors, to advanced topics like operational amplifiers, filters, and oscillators. Each chapter has been carefully crafted to offer not only theory but also practical examples and projects that allow you to apply the knowledge immediately.

Our goal is to demystify linear electronics, making it accessible and interesting for everyone. Throughout this book, you will find detailed explanations, clear illustrations, and valuable tips for assembling and testing real circuits. We want you not only to understand the concepts but also to feel confident in creating and innovating. This is your definitive guide to mastering linear electronics and turning ideas into working projects. Happy reading and successful circuits!

Sumário

Capítulo 1: Introdução à Eletrônica Linear	16
1.1 Definição de Eletrônica Linear e suas Aplicações	16
1.2 Diferença entre Sistemas Lineares e Não Lineares	17
1.3 Visão Geral dos Componentes Eletrônicos Básicos	18
Capítulo 2: Conceitos Fundamentais de Eletricidade	25
2.1 Teoria Atômica e Eletricidade.....	25
Capítulo 3: Resistores	30
3.1 Explicação: O que é um resistor e sua função em circuitos	30
3.2 Funcionamento: Lei de Ohm, dissipação de potência	31
3.3 Composição: Materiais usados (carbono, filme metálico, etc.)	33
Associação de Resistores	38
Cálculo de Corrente e Resistência Equivalente em Circuitos com Resistores.....	39
Varistor (VDR): Resistor Dependente de Tensão	41
Resistor Variável (Potenciômetro):	44
Resistores Especiais – LDR, NTC e PTC.....	45
Termistores: NTC e PTC.....	47
3.4 Construção: Como são fabricados	50
3.5 Teste: Uso de multímetro para medição de resistência	52
Capítulo 4: Capacitores	54
4.1 Explicação: O que é um capacitor e sua função	54
4.2 Funcionamento: Armazenamento de carga, constante de tempo RC	55
4.3 Composição: Dielétricos e placas condutoras	57
4.4 Construção: Tipos (cerâmica, eletrolítico, poliéster)	58
4.5 Teste: Medição de capacitância e verificação de falhas	59
Capítulo 5: Indutores	61
5.1 Explicação: O que é um indutor e sua função	61
5.2 Funcionamento: Indutância, reatância indutiva.....	62

5.3 Composição: Núcleos (ferrite, ar, etc.) e enrolamentos	63
5.4 Construção: Como são fabricados	65
5.5 Teste: Medição de indutância e verificação de curto-circuitos	66
Capítulo 6: Semicondutores e Diodos.....	68
6.1 Introdução aos Semicondutores	68
6.2 Diodos	71
Capítulo 7: Transistores Bipolares (BJT)	77
7.1 Explicação: O que é um transistor BJT e sua função	77
7.2 Funcionamento: Modos de operação (ativo, corte, saturação)	78
7.3 Composição: Estrutura NPN e PNP	80
7.4 Construção: Fabricação de transistores	82
7.5 Teste: Identificação de terminais e teste de funcionamento....	83
Capítulo 8: Transistores de Efeito de Campo (FET).....	85
8.1 Explicação: O que é um FET e sua função	85
8.2 Funcionamento: Tipos (JFET, MOSFET), modos de operação	86
8.3 Composição: Estrutura e materiais.....	88
8.4 Construção: Fabricação de FETs	89
Capítulo 9: Amplificadores Operacionais (Op-Amps)	92
9.1 Explicação: O que é um amplificador operacional	92
9.2 Funcionamento: Configurações básicas (inversor, não inversor, seguidor de tensão)	93
9.3 Composição: Circuito interno de um Op-Amp.....	95
9.4 Construção: Fabricação de Op-Amps	96
9.5 Teste: Montagem e teste de circuitos básicos	97
Capítulo 10: Circuitos Integrados (CI)	99
10.1 Introdução aos Circuitos Integrados	99
10.2 Funcionamento	100
10.3 Aplicações	102
10.4 Teste.....	103

Capítulo 11: Fontes de Alimentação	105
11.1 Explicação: O que é uma fonte de alimentação.....	105
11.2 Funcionamento: Retificação, filtragem, regulação	105
11.3 Composição: Componentes principais	107
11.5 Teste: Medição de tensão e corrente de saída	109
Capítulo 12: Técnicas de Montagem e Teste	110
12.1 Protoboard vs. PCB	110
12.2 Técnicas de Soldagem.....	112
12.3 Uso de Instrumentos de Medição	113
12.4 Identificação e Solução de Problemas Comuns	115
Capítulo 13: Projetos Práticos	117
13.1 Exemplos de Circuitos Lineares Simples.....	117
13.2 Passo a Passo para Montagem e Teste.....	121
13.3 Análise de Resultados e Ajustes	123
Tabelas de Valores de Componentes.....	125
Tabela 1: Resistores (Código de Cores)	125
Tabela 2: Resistores SMD (Código de 3 Dígitos)	125
Tabela 3: Capacitores (Valores Comuns).....	126
Tabela 4: Capacitores SMD (Código de 3 Dígitos)	126
Tabela 5: Indutores (Código de Cores)	127
Tabela 6: Indutores SMD (Código de 3 Dígitos)	128
Links e Recursos para Aprofundamento	128
Recursos Online	128
Referências Bibliográficas	130

Um exemplo clássico de aplicação da eletrônica linear é o amplificador operacional (op-amp), que é um componente chave em muitos circuitos eletrônicos. O op-amp é projetado para amplificar sinais de forma linear, e sua versatilidade permite que ele seja usado em uma variedade de configurações, como amplificadores inversores, não inversores, somadores e integradores. A linearidade do op-amp é crucial para garantir que o sinal de saída seja uma réplica amplificada do sinal de entrada, sem introduzir distorções ou ruídos.

1.2 Diferença entre Sistemas Lineares e Não Lineares

A principal diferença entre sistemas lineares e não lineares reside na forma como eles respondem a diferentes entradas. Em um sistema linear, a saída é diretamente proporcional à entrada, e o princípio da superposição se aplica. Isso significa que se duas entradas são aplicadas simultaneamente, a saída será a soma das saídas que seriam produzidas por cada entrada individualmente. Matematicamente, isso pode ser expresso como:

$$y(t) = k \cdot x(t)$$

onde $y(t)$ é a saída, $x(t)$ é a entrada, e k é uma constante de proporcionalidade.

Figura 2 – linear vs digital



Por outro lado, em sistemas não lineares, a relação entre a entrada e a saída não é proporcional, e o princípio da superposição não se aplica. Isso significa que a resposta do sistema a uma combinação de entradas não pode ser prevista simplesmente somando as respostas individuais. Sistemas não lineares podem exibir comportamentos complexos, como saturação, histerese e até caos, que são difíceis de prever e controlar.

Um exemplo de sistema linear é um resistor, onde a tensão V é diretamente proporcional à corrente I , de acordo com a lei de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

onde R é a resistência, uma constante. Por outro lado, um diodo é um exemplo de componente não linear, pois a relação entre a tensão e a corrente não é proporcional. A corrente através de um diodo aumenta exponencialmente com a tensão aplicada, e o diodo só conduz corrente em uma direção, o que introduz uma não linearidade no sistema.

A distinção entre sistemas lineares e não lineares é crucial para o design de circuitos eletrônicos. Enquanto os sistemas lineares são mais fáceis de analisar e projetar, os sistemas não lineares podem oferecer funcionalidades adicionais, como modulação de frequência e conversão de energia, que são essenciais em muitas aplicações modernas.

1.3 Visão Geral dos Componentes Eletrônicos Básicos

Os componentes eletrônicos básicos são os blocos de construção fundamentais de qualquer circuito eletrônico. Eles podem ser classificados em duas categorias principais: componentes passivos e componentes ativos. Os componentes passivos incluem resistores, capacitores e indutores, que não introduzem energia no circuito, mas sim armazenam ou dissipam energia. Os componentes ativos, como transistores e diodos, são capazes de introduzir energia no circuito e controlar o fluxo de corrente.

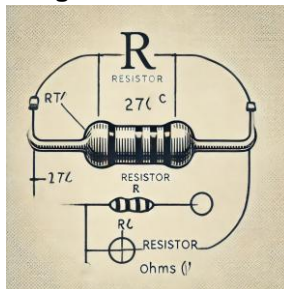
1.3.1 Resistores

Os resistores são componentes passivos que limitam o fluxo de corrente em um circuito, convertendo energia elétrica em calor. A resistência R de um resistor é medida em ohms (Ω) e é dada pela lei de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

onde V é a tensão aplicada e I é a corrente que flui através do resistor. Resistores são usados em uma variedade de aplicações, como divisores de tensão, limitadores de corrente e terminações de linha.

Figura 3 – Resistor



1.3.2 Capacitores

Os capacitores são componentes passivos que armazenam energia em um campo elétrico. A capacitância C de um capacitor é medida em farads (F) e é dada por:

$$C = \frac{Q}{V}$$

onde Q é a carga armazenada e V é a tensão aplicada. Capacitores são usados em filtros de frequência, acoplamento de sinais e armazenamento de