

SUMÁRIO

Leia também!	V
Dedicatória	VI
Agradecimentos	VI
Sobre o Autor	VII
Sobre a Pirataria	VII
Apresentação	VIII
 Parte 1 – Introdução	 1
 Capítulo 1 – Unidades de Medida	 3
Introdução	3
Grandezas Físicas	3
Prefixos	4
Notação Científica	6
Precisão	8
Regras de Arredondamento.....	10
Exemplos	11
Exercícios	15
 Capítulo 2 – Simbologia	 17
Introdução	17
Diagrama de Blocos	17
Conexões.....	21
Símbolos	23
Fontes de Alimentação	24
Interruptores e Relés	25
Resistores	25
Capacitores	26
Indutores.....	27

Transformadores	28
Diodos	29
Tiristores	29
Transistores	30
Instrumentos de Medida	31
Outros Componentes	31
Análise do Diagrama Esquemático	32
Exemplos	34
Exercícios	36
 Parte 2 – Eletricidade Básica	 37
 Capítulo 3 – O que é a Eletricidade?	 39
Introdução	39
Carga Elétrica	40
Eletrização	42
Exercícios	43
 Capítulo 4 – Tensão Elétrica Contínua	 45
Introdução	45
Pilhas e Baterias	45
Funcionamento de Pilhas e Baterias	47
Simbologia de Fontes de Tensão Contínua	50
Diferença de Potencial	51
Várias Fontes de Tensão Contínua em um Mesmo Circuito	53
Ligação de Fontes de Tensão Contínua em Série	53
Ligação de Fontes de Tensão Contínua em Paralelo	54
Lei das Malhas	55
Implicações Práticas da Lei das Malhas	59
Lei de Ohm	60
Tensão Contínua vs. Corrente Contínua	61
Exercícios	61

Capítulo 5 – Tensão Elétrica Alternada	63
Introdução	63
Formas de Onda	63
Forma de Onda Senoidal	64
Forma de Onda Senoidal Retificada	65
Forma de Onda Retangular	66
Forma de Onda Quadrada	67
Forma de Onda Triangular	68
Forma de Onda Dente de Serra.....	69
Forma de Onda Complexa	70
Forma de Onda Não Periódica	71
Ciclo, Semiciclo e Período	72
Frequência	75
Ciclo de Trabalho.....	75
Tensão de Pico e Tensão Pico a Pico	77
Tensão Eficaz (RMS)	77
Tensão Eficaz na Forma de Onda Senoidal.....	78
Tensão Eficaz na Forma de Onda Senoidal Retificada	79
Tensão Eficaz na Forma de Onda Retangular.....	79
Tensão Eficaz na Forma de Onda Quadrada	81
Tensão Eficaz na Forma de Onda Triangular	83
Tensão Eficaz na Forma de Onda Dente de Serra	84
Tensão Média	84
Tensão Média em Formas de Onda Bipolares Simétricas	85
Tensão Média na Forma de Onda Senoidal Retificada.....	85
Tensão Média na Forma de Onda Retangular	87
Tensão Média na Forma de Onda Quadrada	88
Tensão Média na Forma de Onda Triangular	89
Tensão Média na Forma de Onda Dente de Serra	90
Fator de Forma e Fator de Crista.....	90
Offset DC	91

Defasagem.....	94
A Rede Elétrica	97
Valor Nominal da Rede Elétrica	97
Frequência da Rede Elétrica	98
Fase e Neutro.....	99
Defasagem na Rede Elétrica	99
O Choque Elétrico	100
Aterramento	101
Por Que a Rede Elétrica Usa Tensão Alternada?.....	102
Tensão Alternada vs. Corrente Alternada.....	104
Simbologia de Fontes de Tensão Alternada.....	105
Lei de Ohm	105
Exercícios	106
 Capítulo 6 – Corrente Elétrica	107
Introdução	107
Representação: Sentido Eletrônico e Sentido Convencional.....	107
Circuito Aberto e Circuito Fechado	109
Curto-Circuito	110
Funcionamento da Corrente Elétrica.....	114
Lei dos Nós	114
Implicações Práticas da Lei dos Nós	118
Lei de Ohm	118
Exercícios	121
 Capítulo 7 – Resistência Elétrica	123
Introdução	123
Simbologia de Resistores	123
Condutores e Isolantes.....	124
Resistência de Condutores	125
Ligação de Resistores em Série	127
Ligação de Resistores em Paralelo.....	128

Ligação de Resistores em Série e em Paralelo	130
Lei de Ohm	132
Exemplos	132
Exercícios	136
 Capítulo 8 – Impedância e Ressonância	139
Introdução	139
Lei de Ohm	140
Reatância Indutiva.....	140
Reatância Capacitiva.....	141
Defasagem.....	142
Notação.....	146
Cálculo de Impedância	147
Impedância em Circuitos Puramente Resistivos.....	147
Impedância em Circuitos Puramente Reativos	148
Impedância em Circuitos RLC em Série.....	150
Impedância em Circuitos RLC em Paralelo	154
Ressonância	158
Ressonância em Circuitos RLC em Série.....	160
Ressonância em Circuitos RLC em Paralelo	162
Fator de Qualidade.....	164
Fator de Qualidade em Circuitos RLC em Série	165
Fator de Qualidade em Circuitos RLC em Paralelo.....	166
Largura de Banda	167
Exercícios	173
 Capítulo 9 – Potência Elétrica.....	175
Introdução	175
Potência Total	178
Potência Aparente.....	180
Máxima Transferência de Potência	184
Unidades de Potência	186

Decibel.....	188
Pressão Sonora	190
Exercícios	192
 Capítulo 10 – Eletromagnetismo	193
Introdução	193
Interferência Eletromagnética.....	194
Regra da Mão Direita	196
Ímã.....	197
Eletroímã	198
Componentes Eletrônicos	199
 Parte 3 – Introdução à Análise de	
Circuitos Elétricos.....	201
 Capítulo 11 – Divisor de Tensão	203
Introdução	203
Fórmula do Divisor de Tensão	204
Exercícios	205
 Capítulo 12 – Divisor de Corrente	207
Introdução	207
Fórmula do Divisor de Corrente	208
Exercícios	210
 Capítulo 13 – Circuitos Delta e Estrela.....	211
Introdução	211
Conversão de Circuito Delta em Estrela.....	212
Exercícios	215
 Capítulo 14 – Teorema de Thévenin	217
Introdução	217

Cálculo de V_{TH}	218
Cálculo de R_{TH}	219
Cálculo da Corrente em R_X	219
Conversão de Thévenin em Norton	219
Exercícios	220
 Capítulo 15 – Teorema de Norton	221
Introdução	221
Cálculo de I_N	222
Cálculo da Corrente em R_X	224
Convertendo Norton em Thévenin	224
Exercícios	224
 Parte 4 – Medidas Elétricas.....	227
 Capítulo 16 – Galvanômetro	229
Introdução	229
Funcionamento	230
Simbologia de Galvanômetros	231
 Capítulo 17 – Ponte de Wheatstone.....	233
Introdução	233
Funcionamento	233
 Capítulo 18 – Amperímetro.....	237
Introdução	237
Como Construir um Amperímetro	237
Como Usar um Amperímetro	241
Amperímetro CA.....	242
Exercícios	243

Capítulo 19 – Voltímetro	245
Introdução	245
Como Construir um Voltímetro.....	245
Como Usar um Voltímetro	255
Sensibilidade	256
Exercícios	257
 Capítulo 20 – Ohmímetro.....	 259
Introdução	259
Como Construir um Ohmímetro	259
Como Usar um Ohmímetro	264
Exercícios	266
 Capítulo 21 – Multímetro.....	 267
Introdução	267
Multímetros Analógicos vs. Digitais	269
True RMS.....	271
Como Usar um Multímetro	272
Teste de Continuidade.....	273
Medida de Resistência	274
Medida de Tensão	275
Medida de Corrente.....	277
Funcionalidades Adicionais.....	279
Teste de Continuidade.....	280
Teste de Diodo.....	280
Teste de Transistor	280
Medida de Tensão de Pilhas e Baterias.....	280
Termômetro	281
Capacímetro	281
Indutímetro	281
Frequencímetro	281
Gerador de Onda Quadrada.....	281

Registrador de Dados	282
Exercícios	282
Capítulo 22 – Osciloscópio	283
Introdução	283
Como Usar um Osciloscópio.....	284
Instalação.....	288
Pontas de Prova.....	288
Impedância	290
Exercícios	291
Parte 5 – Componentes Eletrônicos	293
Capítulo 23 – Interruptores e Relés	295
Introdução	295
Interruptores.....	296
Tipos Comuns	296
Push button.....	297
DIP Switch	298
Reed Switch	299
Chave Rotatória.....	300
Posições, Terminais, Cursos e Polos	300
Simbologia de Interruptores e Relés	302
Aplicações de Interruptores	303
Funções Lógicas.....	303
Inversão de Polaridade	304
Debouncing	304
Relés	306
Diodo de Proteção	309
Exercícios	309

Capítulo 24 – Resistores	311
Introdução	311
Simbologia de Resistores	311
Resistores Convencionais	312
Potência	313
Código de Cores	315
Rotulagem de Resistores	319
Valores Comerciais	320
Resistência Equivalente	324
Terminações Resistivas	325
Resistores SMD	326
Potência	327
Rotulagem de Resistores SMD	328
Potenciômetros	330
Resistor Dependente de Luz (LDR)	333
Termistores	334
Varistores	335
Aplicação de Varistores	335
Aspecto Físico	337
Exercícios	337
 Capítulo 25 – Capacitores	 339
Introdução	339
Simbologia de Capacitores	341
Aplicações de Capacitores	342
Filtros	342
Sintonizador	344
Osciladores	345
Capacitância Equivalente	345
Capacitores Cerâmicos	348
Classes de Capacitores Cerâmicos	349

Rotulagem de Capacitores Cerâmicos	350
Capacitores de Mica Prateada	356
Capacitores de Poliéster	356
Rotulagem de Capacitores de Poliéster	358
Capacitores Eletrolíticos de Alumínio	360
Polaridade de Capacitores Eletrolíticos de Alumínio	362
Construção de Capacitores Eletrolíticos de Alumínio	363
Vida Útil de Capacitores Eletrolíticos de Alumínio	364
Descarga de Capacitores Eletrolíticos	368
Rotulagem de Capacitores Eletrolíticos de Alumínio	368
Capacitores Eletrolíticos de Tântalo	370
Polaridade de Capacitores Eletrolíticos de Tântalo	371
Construção de Capacitores Eletrolíticos de Tântalo	372
Vida Útil de Capacitores Eletrolíticos de Tântalo	372
Falhas em Capacitores Eletrolíticos de Tântalo	374
Rotulagem de Capacitores Eletrolíticos de Tântalo	375
Capacitores Variáveis	375
Outros Tipos de Capacitor	375
Como Testar Capacitores	376
Exercícios	376
 Capítulo 26 – Indutores	 379
Introdução	379
Simbologia de Indutores	380
Funcionamento de Indutores	381
Aplicações de Indutores	384
Armazenamento de Energia	384
Filtros	384
Indutância Equivalente	384
Rotulagem de Indutores	385
Rotulagem de Indutores SMD	385

Código de Cores	386
Como Testar Indutores	387
Exercícios	388
Capítulo 27 – Transformadores.....	389
Introdução	389
Simbologia de Transformadores.....	390
Indutor Que Se Parece Com um Transformador.....	391
Construção de Transformadores	392
Relação de Espiras	392
Direção dos Enrolamentos.....	396
Material do Núcleo.....	397
Aplicações de Transformadores	398
Center Tap.....	398
Casamento de Impedância	399
Como Testar Transformadores	400
Exercícios	401
Capítulo 28 – Alto-Falantes e Microfones	403
Introdução	403
Alto-Falantes.....	403
Resposta de Frequência de Alto-Falantes	404
Polaridade de Alto-Falantes.....	405
Impedância de Alto-Falantes.....	405
Caixas de Som.....	408
Caixas de Som de Uma Via.....	409
Caixas de Som de Duas Vias.....	409
Caixas de Som de Três Vias.....	410
Impedância da Caixa de Som	410
Projeto da Caixa de Som.....	411
Filtros (<i>Crossovers</i>)	411
Filtros Passivos em Caixas de Som de Duas Vias.....	413

Filtros Passivos em Caixas de Som de Três Vias	417
Impedância Equivalente de Alto-Falantes e Caixas de Som	421
Casamento de Impedância	423
Potência de Alto-Falantes	425
Sensibilidade	426
Microfones	429
Tipos de Microfones	429
Microfones Dinâmicos	429
Microfones de Fita	430
Microfones Condensadores	431
Microfones de Eletreto	432
Resposta de Frequência de Microfones	433
Polaridade de Microfones	433
Impedância de Microfones	434
Balanceado vs. Desbalanceado	434
Exercícios	434
Capítulo 29 – Diodos	437
Introdução	437
Simbologia de Diodos	438
Funcionamento de Dispositivos Semicondutores	439
Diodo de Junção	443
Características Técnicas de Diodos de Junção	444
Nomenclatura de Diodos de Junção	448
Modelos Populares de Diodos de Junção	448
Diodo de Junção SMD	449
Aplicações do Diodo de Junção	449
Circuitos Retificadores	450
Forçando uma Queda de Tensão	451
Proteção Contra Descarga de Solenoides	451
Como Testar Diodos de Junção	452

Teste de Diodos de Junção Com Multímetro Analógico	452
Teste de Diodos de Junção Com Multímetro Digital	453
LED (Diodo Emissor de Luz)	454
Displays de Sete Segmentos	456
Como Testar LEDs	457
Diodo Zener	458
Características Técnicas do Diodo Zener	458
Aplicações do Diodo Zener	459
Valores Comerciais de Diodos Zener	460
Rotulagem de Diodos Zener	460
Como Testar Diodos Zener	461
Diodo Schottky	461
Rotulagem de Retificadores Schottky	462
Como Testar Diodos Schottky	463
Diodo Tunnel	463
Diodo PNP	464
DIAC (Diodo para Corrente Alternada)	465
Diodo Varicap	466
Exercícios	466
 Capítulo 30 – Tiristores	467
Introdução	467
Simbologia de Tiristores	468
SCR (Retificador Controlado de Silício)	468
Características Técnicas de SCRs	469
Funcionamento de SCRs	470
TRIAC (Triodo para Corrente Alternada)	470
Aplicações de Tiristores	471
Proteção Contra Sobretenção do Tipo <i>Crowbar</i>	471
Dimmer	473
Nomenclatura de Tiristores	475

Modelos Populares de Tiristores	476
Capítulo 31 – Transistores	477
Introdução	477
Encapsulamento	478
Simbologia de Transistores	480
Nomenclatura de Transistores	480
Transistor Bipolar (BJT)	483
Estrutura	483
Configurações do Transistor Bipolar (BJT)	484
Características Técnicas de Transistores Bipolares (BJT)	485
Modelos Populares de Transistores Bipolares (BJT)	487
Aplicações do Transistor Bipolar (BJT)	489
Transistor Bipolar Como Amplificador	489
Seleção do Transistor	491
Corte e Saturação	494
Método Prático para Projeto de Amplificadores	497
PNP vs. NPN	498
Classes de Amplificadores	498
Transistor Bipolar Como Chave	501
Transistor Bipolar Como Regulador de Tensão	503
Como Testar Transistores Bipolares	504
Teste de Transistores Bipolares Com Multímetro Analógico	504
Teste de Transistores Bipolares Com Multímetro Digital	505
Como Testar Transistores Com Pinagem Desconhecida	506
Transistor Darlington	506
Transistor de Efeito de Campo (FET)	507
Aplicações do Transistor de Efeito de Campo (FET)	508
MOSFET	508
Características Técnicas de FETs e MOSFETs	510
Como Testar FETs e MOSFETs	510

Fototransistor	510
Transistor Unijunção (UJT).....	511
Características Técnicas de Transistores Unijunção (UJT).....	512
Aplicação de Transistores Unijunção (UJT)	513
Exercícios	514
 Capítulo 32 – Circuitos Integrados	517
Introdução	517
Construção.....	518
Encapsulamento	519
Nomenclatura	522
Simbologia de Circuitos Integrados	524
Como Testar Circuitos Integrados	524
Amplificadores Operacionais	525
Alimentação do Amplificador Operacional.....	527
Configurações do Amplificador Operacional	528
Amplificador Não Inversor.....	529
Amplificador Inversor	530
Seguidor de Sinal	531
Amplificador Diferencial.....	532
Somador	533
Outras Configurações	534
O Circuito Integrado 741.....	534
Temporizadores	535
O Circuito Integrado 555.....	535
Multivibrador Astável com o 555	536
Multivibrador Monoestável com o 555	537
Reguladores de Tensão.....	538
Optoisoladores.....	543
Contador de Década.....	543
Exercícios	547

Parte 6 – Circuitos Clássicos	549
Capítulo 33 – Fontes de Alimentação.....	551
Introdução	551
Eficiência.....	552
Fontes de Alimentação Lineares	553
Estágio de Redução da Tensão da Rede Elétrica	555
Cálculo do Valor do Fusível.....	557
Estágio de Retificação	558
Estágio de Filtragem.....	559
Estágio de Regulação de Tensão	563
Fontes de Alimentação Chaveadas	565
Estágio de Filtragem de Transientes.....	567
Circuito PFC Passivo	568
Estágio de Retificação, Dobrador de Tensão e Filtragem	568
Circuito PFC Ativo	569
Estágio de Chaveamento	570
Etapa de Retificação (Secundário).....	575
Estágio de Filtragem (Secundário).....	576
Estágio de Realimentação.....	577
Circuitos de Proteção	577
Exercícios	578
Capítulo 34 – Multiplicadores de Tensão	581
Introdução	581
Dobrador de Tensão de Meia-Onda.....	581
Dobrador de Tensão de Onda Completa.....	582
Triplicador de Tensão, Quadruplicador de Tensão e Outros	584
Exercícios	585
Capítulo 35 – Filtros.....	587
Introdução	587

Tipos de Filtros	587
Modelos de Filtros	588
Número de Ordem	591
Arbitragem de Valores.....	592
Filtros Passa-Baixa	592
Filtros Passa-Baixa Passivos	593
Filtro Passa-Baixa RL	595
Filtro Passa-Baixa RC.....	595
Filtros Passa-Baixa LC e CL	596
Filtros Passa-Baixa π e T	596
Filtros Passa-Baixa Ativos	597
Filtros Passa-Alta	598
Filtros Passa-Alta Passivos.....	599
Filtro Passa-Alta RL	600
Filtro Passa-Alta RC.....	600
Filtros Passa-Alta LC e CL	601
Filtros Passa-Alta π e T.....	602
Filtros Passa-Alta Ativos	602
Filtros Passa-Faixa.....	603
Filtros Passa-Faixa Passivos	603
Filtro Passa-Faixa RC	604
Filtro Passa-Faixa RLC em Série	606
Filtro Passa-Faixa RLC em Paralelo	607
Filtros Passa-Faixa Ativos.....	607
Filtros Rejeita-Faixa	608
Filtros Rejeita-Faixa Passivos.....	608
Filtros Rejeita-Faixa Ativos	609
Rejeição de uma Faixa de Frequência	609
Rejeição de uma Frequência Específica	610
Exercícios	612

Capítulo 36 – Geradores de Formas de Onda	613
Introdução	613
Gerador de Onda Quadrada ou Retangular	613
Multivibrador Astável com Transistores	613
Multivibrador Astável com um Amplificador Operacional	616
Gerador de Onda Triangular	618
Gerador de Onda Senoidal.....	619
Gerador de Funções	621
Exercícios	623
 Apêndice – Desenvolvimento dos Exercícios Propostos	 625