

PROBLEMAS

SEÇÃO 3.2 Resistência: Fios Circulares

- Converta para mils:
 - 0,5 polegada
 - 0,01 polegada
 - 0,004 polegada
 - 1 polegada
 - 0,02 pé
 - 0,01 cm
- Calcule a área em mils circulares (CM) de fios com os seguintes diâmetros:
 - 0,050 polegada
 - 0,016 polegada
 - 0,30 polegada
 - 0,1 cm
 - 0,003 pé
 - 0,0042 m
- A área em mils circulares é
 - 1600 CM
 - 900 CM
 - 40.000 CM
 - 625 CM
 - 7,75 CM
 - 81 CM

Qual o diâmetro de cada fio, em polegadas?
- Qual a resistência de um fio de cobre de 200 pés de comprimento e 0,01 polegada de diâmetro ($T = 20\text{ }^\circ\text{C}$)?
- Encontre a resistência de um fio de cobre com 50 jardas de comprimento e 0,0045 polegada de diâmetro ($T = 20\text{ }^\circ\text{C}$).
- Qual a área em mils circulares de um condutor de alumínio com 80 pés de comprimento e resistência de $2,5\ \Omega$?
 - Qual o seu diâmetro em polegadas?
- Pretende-se fabricar um resistor de $2,2\ \Omega$ com fio de nicromo. Se o fio disponível tem $1/32$ polegada de diâmetro, qual o comprimento de fio necessário?
- Qual a área em mils circulares de um fio de cobre que possui resistência $2,5\ \Omega$ e tem 300 pés de comprimento ($T = 20\text{ }^\circ\text{C}$)?
 - Sem realizar nenhum cálculo, determine se a área de um fio de alumínio será maior ou menor que a do fio de cobre. Explique.
 - Repita (b) para um fio de prata.
- Na Fig. 3.42 são mostradas três peças feitas de diferentes materiais.
 - Sem realizar nenhum cálculo, determine qual das três peças deverá ter maior resistência. Explique como chegou a essa conclusão.
 - Calcule a resistência de cada peça e compare com o resultado de (a) ($T = 20\text{ }^\circ\text{C}$).

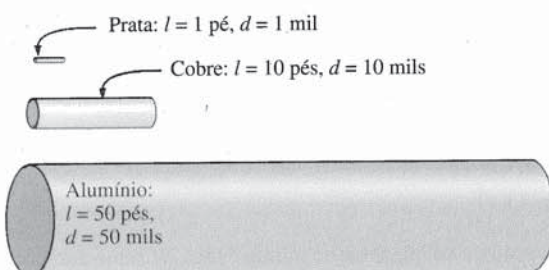


Fig. 3.42 Problema 9.

- Um fio de 1000 pés de comprimento tem uma resistência de $0,5\ \text{k}\Omega$ e uma área de $94\ \text{CM}$. De que material é feito o fio ($T = 20\text{ }^\circ\text{C}$)?
- Qual a resistência de uma barra de cobre com as dimensões mostradas na Fig. 3.43 ($T = 20\text{ }^\circ\text{C}$)?
 - Repita (a) para o alumínio e compare os resultados.

- Sem realizar nenhum cálculo, determine se a resistência da barra (de alumínio ou cobre) irá aumentar ou diminuir com o aumento em seu comprimento. Explique sua resposta.
- Repita (c) para um aumento da seção reta.

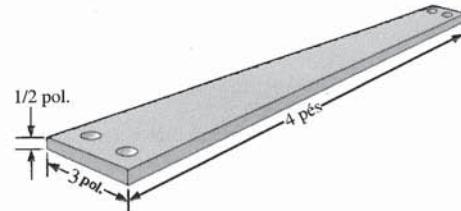


Fig. 3.43 Problema 11.

- Determine a resistência de um condutor de cobre se a sua seção reta é reduzida por um fator 4 e seu comprimento é duplicado. A resistência original era $0,2\ \Omega$. A temperatura permanece constante.
- Qual o novo valor de resistência de um fio de cobre se seu comprimento aumenta de 200 pés para 100 jardas, a área muda de $40.000\ \text{CM}$ para $0,04\ \text{pé}^2$ e a resistência original era $518,5\ \text{m}\Omega$?

SEÇÃO 3.3 Tabelas de Fios

- Usando a Tabela 3.2, encontre a resistência de 450 pés dos fios #11 e #14 AWG.
 - Compare as resistências dos dois fios.
 - Compare as seções retas dos dois fios.
- Usando a Tabela 3.2, encontre a resistência de 1800 pés dos fios #8 e #18 AWG.
 - Compare as resistências dos dois fios.
 - Compare as seções retas dos dois fios.
- Para o sistema da Fig. 3.44, a resistência de cada linha não pode exceder $0,006\ \Omega$ e a corrente máxima consumida pelo receptor é $110\ \text{A}$. Que fio (AWG) deve ser usado?
 - Repita o item (a) para uma resistência máxima de $0,003\ \Omega$, $d = 30$ pés e uma corrente máxima de $110\ \text{A}$.

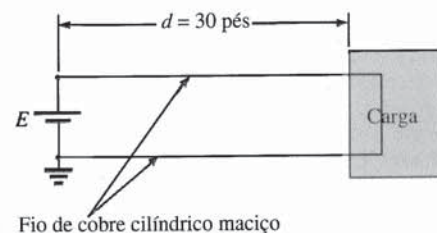


Fig. 3.44 Problema 16.

- A partir da Tabela 3.2, determine a corrente máxima permitida (A/CM) para um fio #0000 AWG.
 - Converta o resultado do item (a) para A/polegada².
 - Usando o resultado do item (b), determine a seção reta necessária para transportar uma corrente de $5000\ \text{A}$.

SEÇÃO 3.4 Resistência: Unidades Métricas

- Usando unidades métricas, determine o comprimento de um fio de cobre que possui resistência $0,2\ \Omega$ e diâmetro $1/10$ polegada.
- Repita o Problema 11 usando unidades métricas; em outras palavras, converta as dimensões fornecidas para unidades métricas antes de determinar a resistência.
- Se a resistência de uma amostra de óxido de estanho é $100\ \Omega$, qual a espessura da camada de óxido?
- Determine a largura de um resistor de carbono com uma resistência laminar igual a $150\ \Omega$, se seu comprimento é $1/2$ polegada e sua resistência é $500\ \Omega$.



- *22. Deduza o fator de conversão entre $\rho(\text{CM}\cdot\Omega/\text{pé})$ e $\rho(\Omega\cdot\text{cm})$
- Obtendo o valor de ρ para o fio da Fig. 3.45 em $\text{CM}\cdot\Omega/\text{pé}$.
 - Obtendo o valor de ρ para o mesmo fio em $\Omega\cdot\text{cm}$, depois de fazer as conversões necessárias.
 - Usando a equação $\rho_2 = k\rho_1$ para determinar o fator de conversão k se ρ_1 é a solução da parte (a) e ρ_2 é a solução da parte (b).

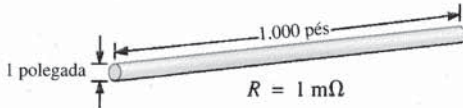


Fig. 3.45 Problema 22.

SEÇÃO 3.5 Efeitos de Temperatura

- A resistência de um fio de cobre é $2\ \Omega$ a $10\ ^\circ\text{C}$. Qual a sua resistência a $60\ ^\circ\text{C}$?
- A resistência de uma barra de alumínio é $0,02\ \Omega$ a $0\ ^\circ\text{C}$. Qual a sua resistência a $100\ ^\circ\text{C}$?
- A resistência de um fio de cobre é $4\ \Omega$ a $70\ ^\circ\text{F}$. Qual sua resistência a $32\ ^\circ\text{F}$?
- A resistência de fio de cobre é $0,76\ \Omega$ a $30\ ^\circ\text{C}$. Qual sua resistência a $-40\ ^\circ\text{C}$?
- Se a resistência de um fio de cobre é $0,04\ \Omega$ a $-30\ ^\circ\text{C}$, qual sua resistência a $0\ ^\circ\text{C}$?
- a. A resistência de um fio de cobre é $0,002\ \Omega$ à temperatura ambiente ($68\ ^\circ\text{F}$). Qual a sua resistência a $32\ ^\circ\text{F}$ (ponto de solidificação da água) e a $212\ ^\circ\text{F}$ (ponto de ebulição da água)?
b. Utilizando os dados do item (a), determine a variação da resistência para cada variação de 10° na temperatura, no intervalo entre a temperatura ambiente e $212\ ^\circ\text{F}$.
- a. A resistência de um fio de cobre é $0,92\ \Omega$ a $4\ ^\circ\text{C}$. Em que temperatura ($^\circ\text{C}$) ela será de $1,06\ \Omega$?
b. Em que temperatura ela será de $0,15\ \Omega$?
- a. Se a resistência de 1000 pés de um fio de cobre é $10\ \Omega$ à temperatura ambiente ($20\ ^\circ\text{C}$), qual será sua resistência a $50\ \text{K}$ (Kelvins)? Utilize a Eq. 3.6.
b. Repita o item (a) para uma temperatura de $38,65\ \text{K}$. Comente os resultados obtidos observando a curva da Fig. 3.14.
c. Qual é a temperatura do zero absoluto em graus Fahrenheit?
- a. Confirme o valor de α_{20} para o cobre na Tabela 3.6 substituindo o valor da temperatura absoluta inferida na Eq. 3.7.
b. Usando a Eq. (3.8), encontre a temperatura na qual a resistência de um condutor de cobre será de $1\ \Omega$, supondo que era de $0,8\ \Omega$ a $20\ ^\circ\text{C}$.
- Usando a Eq. (3.8), encontre a resistência de um fio de cobre a $16\ ^\circ\text{C}$, sabendo que sua resistência a $20\ ^\circ\text{C}$ é $0,4\ \Omega$.
- Determine a resistência de uma mola de 1000 pés feita de fio de cobre #12 colocada no deserto à temperatura de $115\ ^\circ\text{F}$.
- Um resistor de fio de $22\ \Omega$ possui um PPM de $+200$ para o intervalo de $-10\ ^\circ\text{C}$ a $+75\ ^\circ\text{C}$. Determine sua resistência a $65\ ^\circ\text{C}$.
- Determine o PPM do resistor de carbono de $10\ \Omega$ da Fig. 3.21 usando o valor de resistência determinado a $90\ ^\circ\text{C}$.

SEÇÃO 3.6 Supercondutores

- Visite uma biblioteca e procure uma tabela com as temperaturas críticas de vários materiais. Encontre pelo menos cinco materiais cujas temperaturas críticas não foram mencionadas neste livro. Escolha alguns materiais com temperaturas críticas relativamente altas.
- Encontre pelo menos um artigo sobre aplicações da supercondutividade no setor comercial e escreva um pequeno resumo, incluindo todos os fatos e números interessantes.
- Usando um valor de densidade de corrente de $1\ \text{MA}/\text{cm}^2$, necessário para fabricação de circuitos integrados, qual seria a corrente

em um fio doméstico #12? Compare o resultado com o limite permitido da Tabela 3.2.

- *39. Faça uma pesquisa sobre o detector de campo magnético SQUID e descreva seu modo básico de operação, além de uma ou duas aplicações.

SEÇÃO 3.7 Tipos de Resistores

- a. Qual a diferença aproximada entre as dimensões de um resistor de carbono de $1\ \text{W}$ e outro de $2\ \text{W}$?
b. Qual é, aproximadamente, a diferença entre as dimensões de um resistor de carbono de $1/2\ \text{W}$ e outro de $2\ \text{W}$?
- Se o resistor de $10\ \text{k}\Omega$ da Fig. 3.21 tem uma resistência de exatamente $10\ \text{k}\Omega$ à temperatura ambiente, qual a sua resistência aproximada a $-30\ ^\circ\text{C}$ e a $100\ ^\circ\text{C}$ (ponto de ebulição da água)?
- Repita o Problema 41 para uma temperatura de $120\ ^\circ\text{F}$.
- Se a resistência entre os terminais externos de um potenciômetro linear é $10\ \text{k}\Omega$, qual a resistência entre o contato deslizante (móvel) e um dos terminais externos, se a resistência entre o contato deslizante e o outro terminal externo é $3,5\ \text{k}\Omega$?
- Se o cursor de um potenciômetro linear se deslocou de um quarto do seu deslocamento máximo, qual a resistência entre o cursor e cada um dos terminais se a resistência total é $25\ \text{k}\Omega$?
- Desenhe as conexões necessárias para estabelecer uma resistência de $4\ \text{k}\Omega$ entre o contato deslizante e um dos terminais externos de um potenciômetro de $10\ \text{k}\Omega$, mantendo ao mesmo tempo zero ohms entre o outro terminal externo e o contato móvel.

SEÇÃO 3.8 Código de Cores e Valores dos Resistores

46. Determine os valores máximo e mínimo de resistência que os resistores com as faixas coloridas abaixo podem apresentar sem exceder a tolerância especificada pelo fabricante.

	1.ª faixa	2.ª faixa	3.ª faixa	4.ª faixa
a.	verde	azul	laranja	dourado
b.	vermelho	vermelho	marrom	prateado
c.	marrom	preto	preto	—

47. Encontre o código de cores para os seguintes resistores com tolerância de 10%:
- $220\ \Omega$
 - $4.700\ \Omega$
 - $68\ \text{k}\Omega$
 - $9,1\ \text{M}\Omega$
48. Há uma superposição entre resistores com 20% de tolerância? Para responder a esta pergunta, determine o intervalo de tolerância para um resistor de $10\ \Omega$ de 20% e um resistor de $20\ \Omega$ de 20% e verifique se os dois intervalos de tolerância se superpõem.
49. Repita o Problema 48 para resistores de 10% de tolerância com resistências de $10\ \Omega$ e $20\ \Omega$.

SEÇÃO 3.9 Condutância

- Encontre a condutância de cada um dos resistores abaixo:
 - $0,086\ \Omega$
 - $4\ \text{k}\Omega$
 - $2,2\ \text{M}\Omega$
- Encontre a condutância de um fio #18 AWG cujo comprimento é 1000 pés, supondo que ele é feito de
 - cobre
 - alumínio
 - ferro
- A condutância de um fio é $100\ \text{S}$. Se a seção reta do fio é aumentada em $2/3$ e seu comprimento reduzido do mesmo fator, encontre a nova condutância do fio, sabendo que a temperatura permaneceu constante.



SEÇÃO 3.10 Medidores de Resistência

53. Como você pode verificar o estado de um fusível utilizando um medidor de resistência?
54. Como você pode determinar os estados de “ligado” e “desligado” de uma chave usando um medidor de resistência?
55. Como você pode usar um medidor de resistência para verificar o estado de uma lâmpada incandescente?

SEÇÃO 3.11 Termistores

- *56. a. Determine a resistência de um termistor com as características da Fig. 3.36 a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Note que a escala é logarítmica. Se necessário, consulte uma referência onde exista uma escala logarítmica expandida.
 - b. O termistor tem um coeficiente de temperatura positivo ou negativo?
 - c. O coeficiente é um valor fixo para o intervalo de $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$? Por quê?
 - d. Qual a taxa de variação aproximada de ρ com a temperatura a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

GLOSSÁRIO

Célula fotocondutora Dispositivo semiconductor de dois terminais cuja resistência depende da intensidade da luz incidente em sua superfície exposta.

Código de Cores Sistema que utiliza faixas coloridas para indicar valores de resistência e tolerância dos resistores.

Coefficiente de temperatura da resistência negativo Valor que revela que a resistência do material irá diminuir com um aumento na temperatura.

Condutância (G) Uma indicação da facilidade com que uma corrente elétrica pode ser estabelecida em um material. É medida em siemens (S).

Coefficiente de temperatura da resistência positivo Valor que revela que a resistência do material irá aumentar com um aumento na temperatura.

Efeito Cooper O “emparelhamento” de elétrons enquanto se deslocam através de um meio.

Efeito Meissner Expulsão das linhas de campo magnético do interior de um material quando este se torna supercondutor.

Medidor de Resistência (Ohmímetro) Instrumento usado para medir valores de resistência.

Mil Circular (CM) A área da seção reta de um fio com um diâmetro de um mil.

Ohm (Ω) A unidade de medida de resistência.

Potenciômetro Dispositivo de três terminais através do qual podem ser variados os níveis de potencial de modo linear ou não-linear.

PPM/ $^{\circ}\text{C}$ Sensibilidade à temperatura de um resistor em partes por milhão por grau Celsius.

SEÇÃO 3.12 Célula Fotocondutora

- *57. a. Usando as características da Fig. 3.38, determine a resistência de uma célula fotocondutora a 10 e 100 pés-velas. Como no Problema 56, note que a escala é logarítmica.
 - b. A célula tem um coeficiente de iluminação positivo ou negativo?
 - c. O coeficiente tem um valor fixo para o intervalo de 0,1 a 1000 pés-velas? Por quê?
 - d. Qual a taxa de variação aproximada de R com a iluminação a 10 pés-velas?

SEÇÃO 3.13 Varistores

58. a. Observando a Fig. 3.40(a), determine a tensão entre os terminais do dispositivo para correntes de 0,5; 1; 3 e 5 mA.
 - b. Qual a variação total da tensão para o intervalo indicado de correntes?
 - c. Compare a razão entre os valores de corrente máxima e mínima acima com a razão correspondente dos valores de tensão.

Reostato Elemento cuja resistência entre os terminais pode ser variada de modo linear ou não-linear.

Resistência Uma medida da oposição à passagem de cargas elétricas através de um material.

Resistência laminar Definida por ρ/d , para filmes finos e projeto de circuitos integrados.

Resistividade (ρ) Constante de proporcionalidade entre a resistência de um material e suas dimensões físicas.

SQUID Dispositivo supercondutor de interferência quântica (Superconducting QUantum Interference Device)

Supercondutor Condutor de carga elétrica que possui, para efeitos práticos, resistência zero.

Temperatura absoluta inferida Temperatura correspondente ao ponto em que uma aproximação linear para a curva de variação da resistência com a temperatura intercepta o eixo das temperaturas.

Termistor Dispositivo semiconductor de dois terminais cuja resistência é sensível à temperatura.

Varistor Resistor não-linear, com resistência dependente da tensão a ele aplicada, utilizado para suprimir transientes de alta tensão.

Zero absoluto Temperatura na qual não há vibração das moléculas: $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.*

*Supondo válida a teoria cinética clássica. De acordo com a teoria quântica, aceita atualmente, mesmo a esta temperatura existem vibrações, chamadas *vibrações de ponto zero*. A existência destas vibrações causa efeitos mensuráveis. Ver, por exemplo, E. A. Power, *Introductory Quantum Electrodynamics*, Longmans, Londres, 1964, p. 31. (N.T.)



PROBLEMAS

SEÇÃO 4.1 A Lei de Ohm

- Qual a queda de tensão entre os terminais de um resistor de 6Ω se ele é percorrido por uma corrente de $2,5 \text{ A}$?
- Qual a corrente em um resistor de 72Ω se a ddp entre seus terminais é 12 V ?
- A tensão a ser aplicada aos terminais de um resistor é 6 V . Qual deve ser o valor da sua resistência se queremos limitar a corrente no circuito a $1,5 \text{ mA}$?
- Qual a corrente solicitada pelo motor de arranque de um carro ao dar a partida? A fem da bateria é 12 V , e a resistência do motor de arranque é $0,056 \Omega$.
- Se a corrente que percorre um resistor de $0,02 \text{ M}\Omega$ é $3,6 \mu\text{A}$, qual a queda de tensão através desse resistor?
- A leitura de um voltímetro é 62 V . Se a sua resistência interna vale $15 \text{ k}\Omega$, calcule a corrente que o atravessa.
- Um refrigerador operando em 120 V solicita $2,2 \text{ A}$. Qual o valor da sua resistência?
- Um relógio elétrico está ligado a uma rede residencial de 120 V . Se a resistência interna é $7,5 \text{ k}\Omega$, qual a corrente que percorre o relógio?
- Uma máquina de lavar opera em 120 V e é percorrida por uma corrente de $4,2 \text{ A}$. Qual a sua resistência interna?
- A corrente em um ferro de soldar é $0,76 \text{ A}$. Se a tensão aplicada é 120 V , qual a resistência do ferro?
- A corrente de entrada em um transistor é $20 \mu\text{A}$. Se a tensão aplicada na entrada é 24 mV , determine a resistência de entrada do transistor.
- A resistência interna de um gerador de cc é $0,5 \Omega$. Determine a queda na tensão de saída se ele é percorrido por uma corrente de 15 A .
- Se um aquecedor elétrico, quando ligado a uma fonte de 120 V , é percorrido por uma corrente de $9,5 \text{ A}$, qual a sua resistência interna?
 - Utilizando as relações básicas do Cap. 2, calcule a quantidade de energia que é convertida em calor em uma hora.

SEÇÃO 4.2 Gráficos V-I

- Trace as curvas características para um resistor de 100Ω e um de $0,5 \Omega$, em um gráfico como o da Fig. 4.6. Se quiser, faça uma cópia da figura.
- Faça um esboço da característica V-I para um componente cuja resistência interna vale 20Ω entre 0 V e 10 V e 2Ω para tensões mais elevadas. Utilize os eixos da Fig. 4.6. Se quiser, faça uma cópia da figura.
- Trace as curvas características V-I de um resistor linear de $2 \text{ k}\Omega$ e de outro de $50 \text{ k}\Omega$ utilizando um gráfico como o da Fig. 4.6. A escala horizontal deve ir de 0 V a 20 V e o eixo vertical deve ser graduado em mA . Se quiser, faça uma cópia da figura.
- Se a corrente que percorre um resistor sofrer uma variação de 400 mA , qual a variação na ddp entre seus terminais? A resistência do resistor é $2 \text{ k}\Omega$.
- Utilizando os eixos da Fig. 4.10, faça um esboço da curva característica de um componente cuja resistência interna vale 500Ω entre 0 V e 1 V , passando a valer 50Ω entre 1 V e 2 V . Para tensões mais elevadas, o valor desta resistência é -20Ω . O resultado é uma curva característica muito semelhante à do componente eletrônico conhecido como *diodo túnel*.
 - Utilizando a curva característica construída no item a, determine a corrente quando as tensões aplicadas forem $0,7 \text{ V}$, $1,5 \text{ V}$ e $2,5 \text{ V}$.

SEÇÃO 4.3 Potência

- Se um resistor dissipa 420 J em 7 min , qual a potência dissipada?
- A potência dissipada por um componente é 40 watts . Quanto tempo será necessário para que sejam dissipados 640 J ?

- Quantos joules uma pequena lâmpada de 2 W dissipa em 8 h ?
 - Qual o valor da energia calculada no item a em quilowatts-hora?
- A taxa de escoamento de carga através de um resistor de 10Ω é 300 coulombs por minuto. Qual a potência dissipada pelo resistor?
- Durante quanto tempo um resistor deve ser percorrido por uma corrente estacionária de 2 A para que ele dissipe uma quantidade de energia igual a 12 J ? A ddp entre os terminais do resistor é 3 V .
- Qual a potência entregue por uma bateria de 6 V se a taxa de escoamento de cargas é 48 C/min ?
- A corrente que percorre um resistor de 4Ω é 7 mA . Qual a potência dissipada pelo resistor?
- A queda de tensão entre os terminais de um resistor de 3Ω é 9 mV . Qual a potência dissipada pelo resistor?
- Se a potência dissipada por um resistor de 4Ω é 64 W , qual a corrente que atravessa o resistor?
- A resistência de um resistor de $0,5 \text{ W}$ é 1000Ω . Qual a maior intensidade de corrente que pode percorrer este resistor com segurança?
- Um resistor de $2,2 \text{ k}\Omega$ no interior de um aparelho de som estéreo dissipa 42 mW . Qual a ddp entre os terminais do resistor?
- Uma bateria de corrente contínua pode fornecer 45 mA mantendo uma tensão de 9 V . Qual a potência gerada pela bateria?
- Qual o valor da resistência de uma lâmpada de filamento de 100 W ligada a uma rede de 120 V quando ela está aquecida?
- Uma lavadora automática solicita uma corrente de $3,75 \text{ A}$. Se a sua potência é 450 W , qual a sua resistência interna e a tensão em que opera?
- Uma calculadora consome $0,4 \text{ mW}$ quando está em pleno funcionamento. Sabendo-se que ela utiliza uma bateria interna de 3 V ,
 - Qual a corrente solicitada pela calculadora?
 - Se a calculadora é projetada para operar 500 horas com a mesma bateria, qual é o número de ampères-horas desta bateria?
- Um resistor de $20 \text{ k}\Omega$ foi projetado para dissipar 100 W . Qual a maior corrente que pode percorrê-lo e qual a maior ddp que pode ser aplicada aos seus terminais?
- Construa o gráfico da potência em função da corrente para um resistor de 100Ω . Utilize uma escala de 0 a 1 W , com divisões de $0,1 \text{ W}$ para a potência e uma escala de 0 a 100 mA com divisões de 10 mA .
 - A curva obtida é linear?
 - Utilizando o gráfico obtido, determine a corrente quando a potência dissipada for 500 mW .
- Uma televisão portátil em preto e branco alimentada por uma bateria de 9 V consome $0,455 \text{ A}$.
 - Qual a potência da televisão?
 - Qual a resistência interna da televisão?
 - Qual a quantidade de energia consumida durante 6 horas de operação?
- Se a rede de energia elétrica fornece a uma residência 120 V e 100 A , qual a maior potência que pode ser consumida pelo usuário?
 - Os moradores da casa podem operar ao mesmo tempo, dentro dos limites de segurança, os aparelhos a seguir?
Um motor de 5 hp
Uma secadora de roupas de 3000 W
Um fogão elétrico de 2400 W
Um ferro de passar roupas a vapor de 1000 W

SEÇÃO 4.5 Eficiência

- Qual a eficiência de um motor com uma saída de $0,5 \text{ hp}$ se a potência de entrada é 450 W ?
- A eficiência declarada pelo fabricante de uma serra elétrica é $68,5\%$. Se a potência necessária para cortar uma tábuca é $1,8 \text{ hp}$, qual a corrente solicitada pela serra a uma fonte de 120 V ?
- Qual a eficiência do motor de uma secadora que entrega 1 hp quando a corrente e a tensão na entrada são 4 A e 220 V , respectivamente?



41. Um aparelho estéreo ligado a uma rede de 120 V solicita 2,4 A. Se a potência sonora de saída é 50 W,
- Quanta potência é perdida em forma de calor no interior do sistema?
 - Qual a eficiência do sistema?
42. Um motor elétrico opera a 220 V com 87% de eficiência. Se a potência de saída é 3,6 hp, qual a corrente solicitada pelo motor?
43. Um motor é projetado para entregar 2 hp.
- Se a sua eficiência é 90% e a tensão aplicada é 110 V, quantos watts o motor consome da fonte de alimentação?
 - Qual a corrente de entrada?
 - Qual seria a corrente de entrada se a eficiência do motor fosse apenas 7%?
44. A eficiência de um motor elétrico que opera um elevador é 90%. Se a tensão na entrada é 220 V, qual a corrente solicitada pelo motor quando a potência entregue é 15 hp?
45. Uma correia transportadora é operada por um motor de 2 hp. Se a eficiência do motor é 87% enquanto a da correia, devido a deslizamentos, é 75%, qual a eficiência do sistema como um todo?
46. Se dois sistemas em "cascata" têm cada um uma eficiência de 80%, qual a energia na saída, se a energia de entrada é 60 J?
47. A eficiência total de dois sistemas acoplados é 72%. Se a eficiência de um deles é 0,9, qual a eficiência percentual do outro?
- *48. Se as potências totais de entrada e saída em dois sistemas em cascata são 400 W e 128 W, respectivamente, qual a eficiência de cada sistema se um deles tem o dobro da eficiência do outro?
49.
 - Qual a eficiência total de um sistema formado por três subsistemas interligados cujas eficiências são 98%, 87% e 21%?
 - Se o subsistema menos eficiente fosse substituído por outro com 90% de eficiência, qual seria o aumento percentual na eficiência total?
50.
 - Efetue as seguintes conversões:
1 Wh para joules
1 kWh para joules
 - Discuta, com base nos resultados no item (a), quando é mais apropriado usar cada uma destas unidades.
- Se a ddp na entrada do sistema é 208 V, qual a corrente fornecida pela fonte?
 - Se a eficiência do sistema é 82%, quanta energia é perdida ou armazenada em 10 horas?
56.
 - Se a tarifa de energia elétrica fosse 9 centavos por kWh, durante quanto tempo poderíamos manter ligada uma televisão de 250 W para gastar o equivalente a 1 real?
 - Repita o cálculo do item anterior para o caso de um secadora de 4,8 kW.
 - Compare os resultados dos itens (a) e (b) e comente a respeito do efeito da potência de um aparelho sobre o custo relativo de sua utilização.
57. Qual o custo total de utilização dos eletrodomésticos a seguir, supondo que o kWh custa 9 centavos:
Aparelho de ar condicionado de 860 W durante 24 horas
Secadora de 4800 W durante 30 min
Máquina de lavar roupa de 400 W durante 1 hora
Máquina de lavar louça de 1200 W durante 45 min
- *58. Supondo uma tarifa de 9 centavos por kWh, qual o custo da utilização dos seguintes aparelhos:
Som estéreo de 110 W durante 4 horas
Projetor de 1200 W durante 20 min
Gravador de áudio de 60 W durante 1,5 horas
Televisor em cores de 150 W durante 3 horas e 45 minutos

SEÇÃO 4.8 Análise Computacional

PSpice (DOS)

59. Escreva um arquivo de entrada para um circuito como o da Fig. 4.26, com $E = 400$ mV e $R = 0,04$ M Ω . Use os comandos apropriados para gastar o mínimo possível de papel com o arquivo de saída.
60. Escreva um arquivo de entrada para um circuito como o da Fig. 4.26, invertendo a polaridade da bateria. Utilize $E = 0,02$ V e $R = 240$ Ω . Como no exercício anterior, utilize os comandos apropriados para reduzir ao mínimo a quantidade necessária de papel para imprimir o arquivo de saída.

PSpice (Windows)

61. Repita o Problema 59 utilizando o programa PSpice (Windows).
62. Repita o Problema 60 utilizando o programa PSpice (Windows).

Linguagens de Programação (C++, BASIC, PASCAL etc.)

63. Construa um programa que calcule o custo da utilização de cinco aparelhos diferentes durante intervalos de tempo variados, supondo uma tarifa de 9 centavos por quilowatt-hora.
64. Construa um programa que solicite como dados de entrada I , R e t e calcule V , P e W . Imprima os resultados com as unidades apropriadas.

SEÇÃO 4.6 Energia

51. Um resistor de 10 Ω está ligado a uma bateria de 15 V.
- Quanta energia, em joules, ele dissipa em 1 min?
 - Se o intervalo de tempo considerado for 2 min, a energia dissipada aumentará? E a potência dissipada?
52. Calcule a energia necessária em kWh para manter um motor de 230 W funcionando 12 horas por semana durante 5 meses.
53. Durante quanto tempo um aquecedor de 1500 W deve ficar ligado para consumir 10 kWh de energia?
54. Qual o custo da utilização de um rádio de 30 W durante 3 horas, se a tarifa é de 8 centavos por kWh?
55.
 - Um sistema elétrico converte 500 kWh em calor funcionando durante 10 horas. Qual a potência do sistema?

GLOSSÁRIO

Arquivo de entrada Arquivo que contém as instruções para o computador que definem o sistema a ser analisado e as operações a serem efetuadas.

Arquivo de saída Arquivo que exhibe os resultados da execução de um programa pelo computador.

Diodo Um dispositivo semicondutor que permite a passagem de corrente somente em um sentido quando opera entre certos limites especificados.

Disjuntor Dispositivo de proteção destinado a evitar que a corrente em um circuito exceda valores seguros. Quando um disjuntor desarma,

pode ser colocado novamente em condições de operação através de uma tecla ou botão.

Eficiência (η) Razão entre as potências de saída e de entrada de um sistema. O seu conhecimento nos permite avaliar o desempenho do sistema como conversor de energia.

Energia (W) Grandeza cuja variação corresponde à realização de um trabalho. Sua unidade no SI é o joule (J), que é equivalente ao watt-segundo (Ws).

Fusível Componente descartável cuja única função é evitar que a corrente em um circuito exceda valores seguros.

hp (horsepower) Unidade de potência equivalente a 746 watts.

Lei de Ohm Lei que descreve o comportamento de certos materiais, chamados ôhmicos, afirmando que, para estes materiais, a resistên-



cia é independente do valor e da polaridade da tensão aplicada. Não confundir com a definição de resistência ($R = V/I$).

Medidor de potência Instrumento que determina o valor da potência dissipada por um elemento de um circuito através da medida da corrente que o percorre e da ddp entre os seus terminais.

Medidor de quilowatts-hora Instrumento destinado a medir o consumo residencial ou industrial de energia elétrica.

Potência Trabalho realizado ou energia consumida por unidade de tempo. Sua unidade no SI é o watt (W), que equivale a 1 joule/segundo (J/s).

PROBLEMAS

SEÇÃO 5.2 Circuitos em Série

1. Calcule a resistência total (ou equivalente) e a corrente I para cada um dos circuitos da Fig. 5.70.

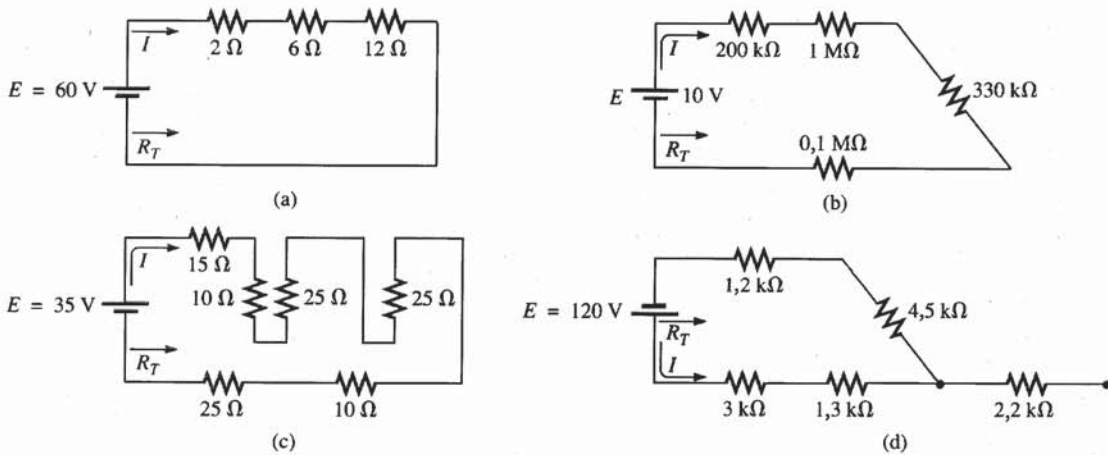


Fig. 5.70 Problema 1.

2. Nos circuitos que aparecem na Fig. 5.71 foi fornecido o valor da resistência total. Encontre, em cada um deles, a resistência desconhecida e a corrente I .

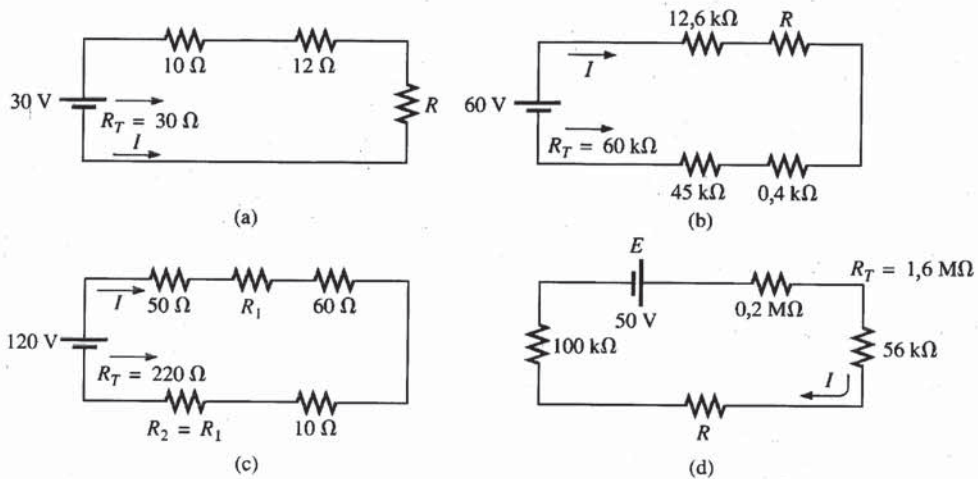


Fig. 5.71 Problema 2.

3. Calcule a tensão aplicada E necessária para que a corrente em cada um dos circuitos da Fig. 5.72 seja a indicada.

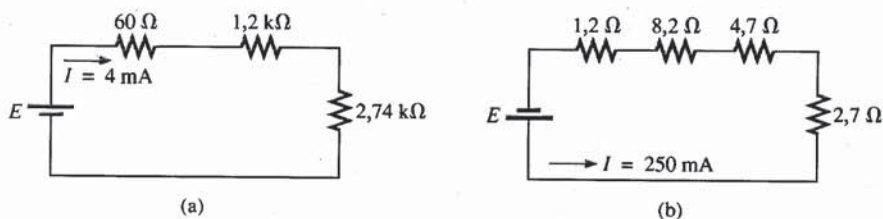


Fig. 5.72 Problema 3.

- *4. Determine, em cada um dos circuitos que aparecem na Fig. 5.73, a corrente I , a tensão da fonte E , a resistência desconhecida e a ddp entre os terminais de cada elemento.

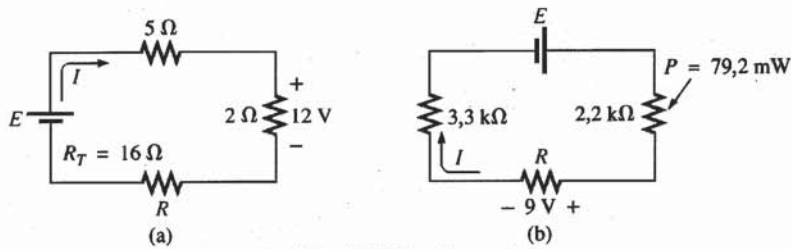


Fig. 5.73 Problema 4.

SEÇÃO 5.3 Fontes de Tensão em Série

5. Determine a intensidade e o sentido da corrente I nos dois circuitos da Fig. 5.74. Antes de calcular a corrente, modifique cada um dos circuitos, para que contenha somente uma bateria.

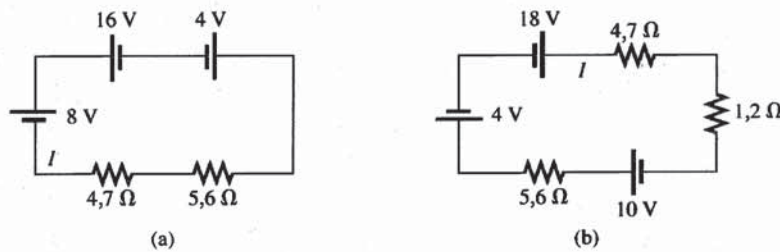


Fig. 5.74 Problema 5.

- *6. Calcule a tensão E e a resistência R nos circuitos da Fig. 5.75. Indique o sentido da corrente resultante.

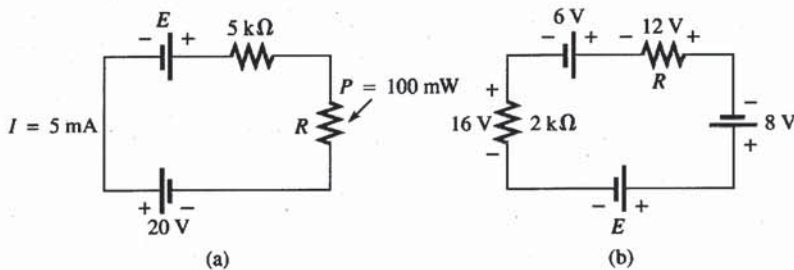


Fig. 5.75 Problema 6.

SEÇÃO 5.4 Lei de Kirchhoff para Tensões

7. Nos circuitos da Fig. 5.76, calcule o valor e a polaridade de V_{ab} . Cada uma das "caixas" pode conter uma carga, uma fonte de potência ou uma combinação das duas.

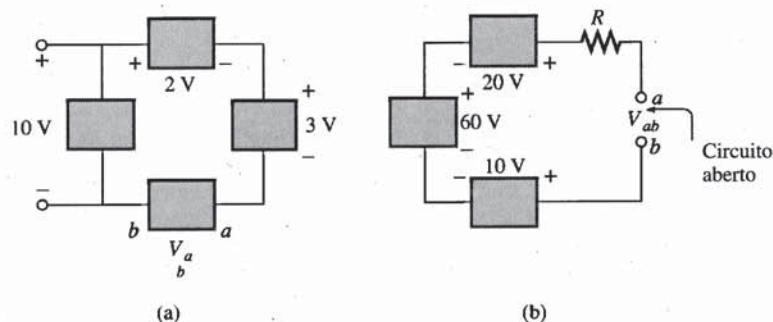


Fig. 5.76 Problema 7.

8. Embora os circuitos que aparecem na Fig. 5.77 não sejam circuitos em série, determine as tensões desconhecidas utilizando a lei de Kirchhoff para tensões.

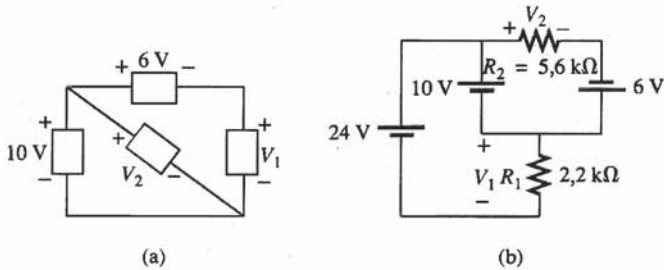


Fig. 5.77 Problema 8.

9. Calcule, no circuito da Fig. 5.78, a corrente I e a ddp V_1 .

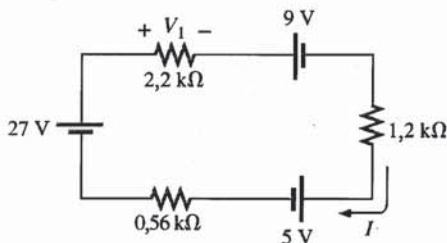


Fig. 5.78 Problema 9.

- b. Verifique se os valores obtidos confirmam a lei de Kirchhoff para tensões.
 c. Calcule a potência dissipada em cada resistor, verificando se a potência fornecida pela fonte é igual à potência total dissipada.
 d. Se você dispuser de resistores de 1/2, 1 e 2 W, qual a menor especificação de potência que pode ser usada para os resistores deste circuito?

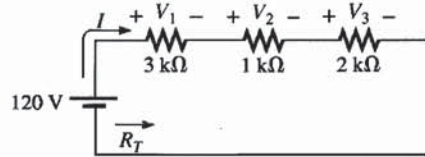


Fig. 5.79 Problema 10.

11. Repita os cálculos do Problema 10 para o circuito da Fig. 5.80.

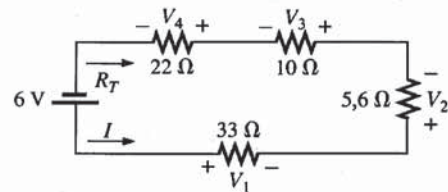


Fig. 5.80 Problema 11.

10. Para o circuito da Fig. 5.79:
 a. Calcule a resistência total, a corrente e as quedas de tensão nos três resistores.

- *12. Utilizando as informações fornecidas, calcule as grandezas desconhecidas nos circuitos da Fig. 5.81.

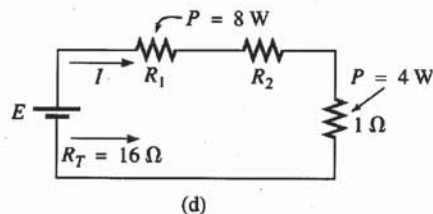
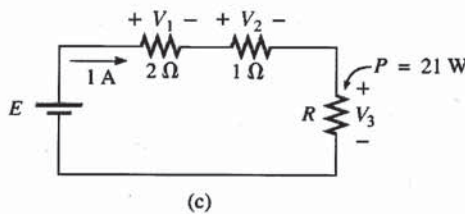
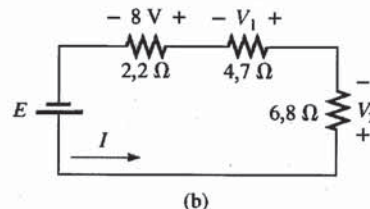
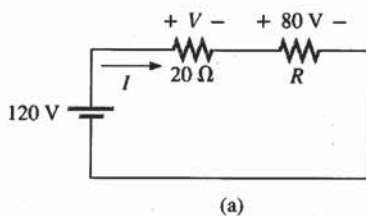


Fig. 5.81 Problema 12.

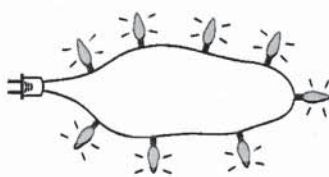


Fig. 5.82 Problema 13.

13. Oito lâmpadas para árvore de Natal são ligadas em série, como na Fig. 5.82.
 a. Se o conjunto for ligado a uma fonte de 120 V, qual a corrente que percorrerá o circuito, sabendo-se que a resistência interna de cada lâmpada é $28 \frac{1}{8} \Omega$?
 b. Calcule a potência fornecida a cada lâmpada.
 c. Calcule a ddp entre os terminais de cada lâmpada.
 d. Se uma das lâmpadas queimar (ou seja, seu filamento se romper), o que acontecerá com as outras lâmpadas?

- *14. Determine a resistência desconhecida no circuito da Fig. 5.83, de acordo com os dados fornecidos.

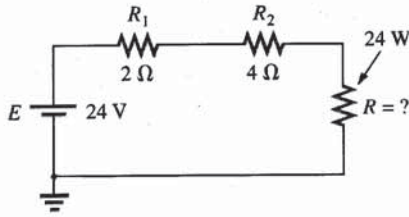


Fig. 5.83 Problema 14.

SEÇÃO 5.6 Regra do Divisor de Tensão

15. Utilizando a regra dos divisores de tensão, encontre V_{ab} (incluindo a polaridade) nos circuitos da Fig. 5.84.

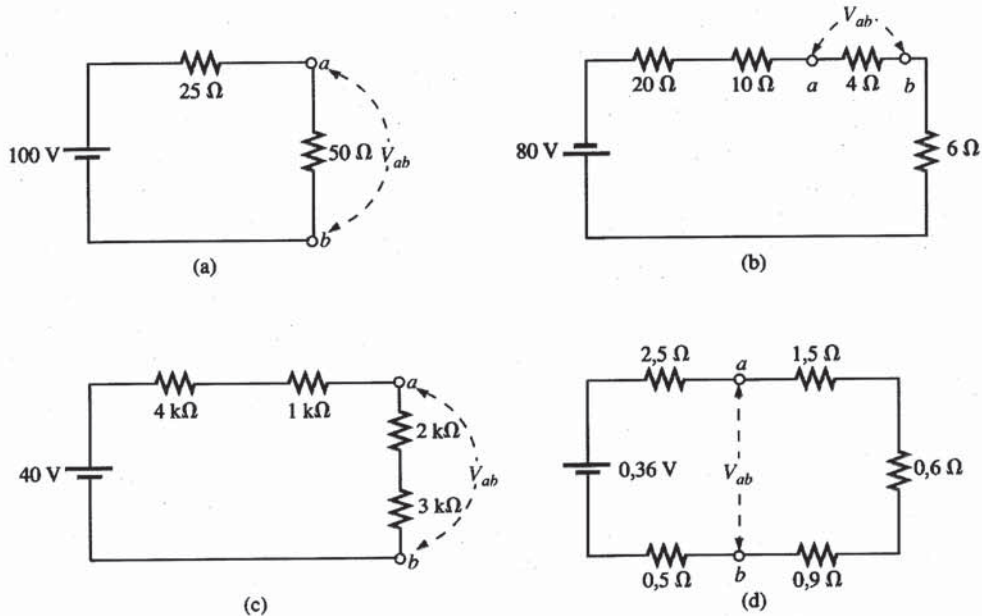


Fig. 5.84 Problema 15.

16. Considere os circuitos da Fig. 5.85. Encontre, em cada um deles, o valor da resistência desconhecida utilizando a regra dos divisores de tensão e os dados fornecidos.

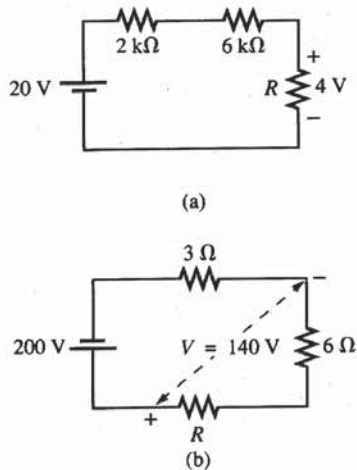


Fig. 5.85 Problema 16.

17. Com referência à Fig. 5.86:

- a. Calcule V_2 simplesmente observando que $R_2 = 3R_1$.
b. Calcule V_1 .

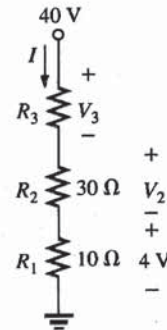


Fig. 5.86 Problema 17.

- c. Determine R_3 por inspeção, observando apenas os valores relativos de V_3 e V_2 ou V_1 .
d. Calcule a corrente I drenada pela fonte.
e. Calcule a resistência R_3 utilizando a definição de resistência e compare com o resultado do item (c).
18. Utilizando as informações dadas na Fig. 5.87, calcule as resistências R_1 e R_3 .

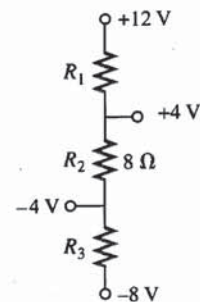


Fig. 5.87 Problema 18.

19. a. Projete um circuito divisor de tensão que torne possível a utilização de uma lâmpada de 8 V e 50 mA em um automóvel que utiliza uma bateria de 12 V.
 b. Se estiverem à disposição resistores de 1/4 W, 1/2 W e 1 W, qual a menor especificação de potência que poderá ser usada?
20. Determine os valores de R_1 , R_2 , R_3 e R_4 para o divisor de tensão ilustrado na Fig. 5.88 se a corrente fornecida pela fonte é 16 mA.

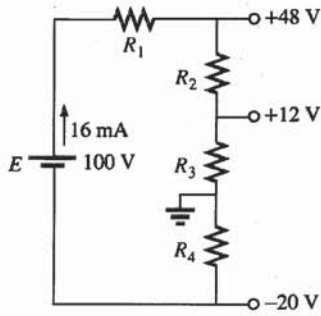


Fig. 5.88 Problema 20.

21. Complete o projeto do divisor de tensão da Fig. 5.89 de modo que $V_{R_1} = (1/5)V_{R_2}$ para $I = 4$ mA.

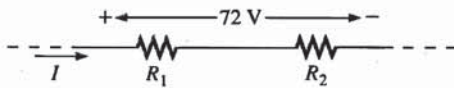


Fig. 5.89 Problema 21.

22. Calcule a ddp entre os terminais de cada resistor na Fig. 5.90 se $R_1 = 2R_3$ e $R_2 = 7R_3$.

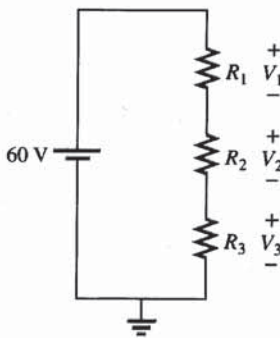


Fig. 5.90 Problema 22.

23. a. Calcule o valor das resistências no circuito da Fig. 5.91 sabendo que $V_{R_2} = 3V_{R_1}$ e $V_{R_3} = 4V_{R_2}$.
 b. Se a corrente I fosse 10 μ A, quais seriam os valores de R_1 , R_2 e R_3 ? Compare com os resultados do item (a).

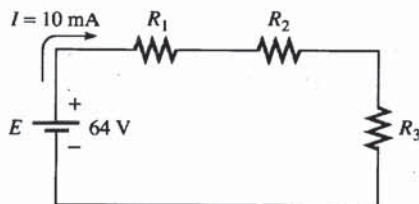


Fig. 5.91 Problema 23.

SEÇÃO 5.7 Notação

24. Nos circuitos ilustrados na Fig. 5.92, determine as tensões V_a , V_b e V_{ab} .

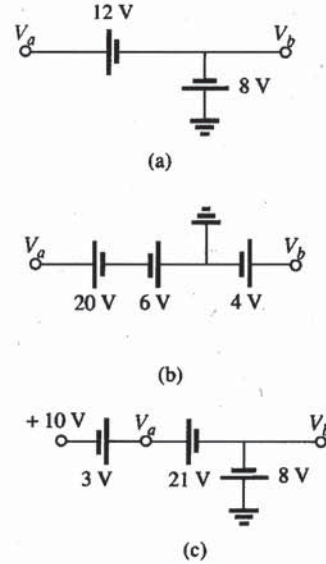


Fig. 5.92 Problema 24.

25. Determine o valor e o sentido da corrente I , assim como o valor e a polaridade da tensão V , nos circuitos da Fig. 5.93.

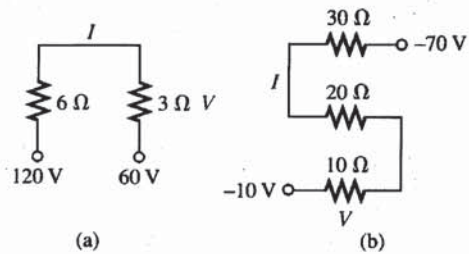


Fig. 5.93 Problema 25.

26. Determine as tensões V_a e V_1 para os circuitos da Fig. 5.94.

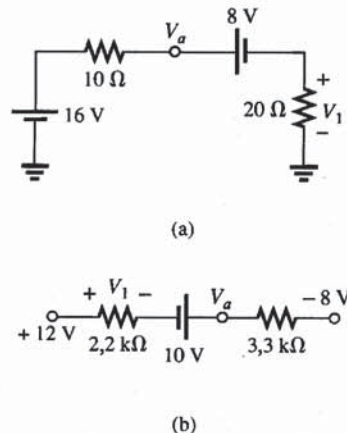


Fig. 5.94 Problema 26.

*27. No circuito da Fig. 5.95, determine as tensões:

- a. V_a, V_b, V_c, V_d e V_e
- b. V_{ab}, V_{bc}, V_{cd} e V_{de}
- c. V_{ac} e V_{db}

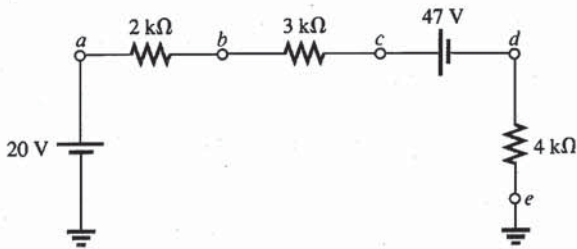


Fig. 5.95 Problema 27.

*28. No circuito da Fig. 5.96, determine as tensões:

- a. V_a, V_b, V_c e V_d
- b. V_{ab}, V_{bc}, V_{cd}
- c. V_{ab} e V_{ca}

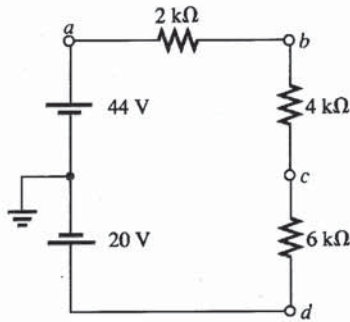


Fig. 5.96 Problema 28.

*29. Determine, no circuito integrado da Fig. 5.97, $V_0, V_4, V_7, V_{10}, V_{20}, V_{30}, V_{67}, V_{56}$ e I (módulo e sentido).

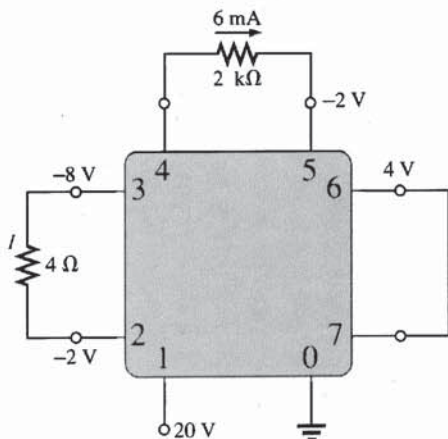


Fig. 5.97 Problema 29.

*30. No circuito integrado da Fig. 5.98, calcule $V_0, V_{03}, V_2, V_{23}, V_{12}$ e I_i .

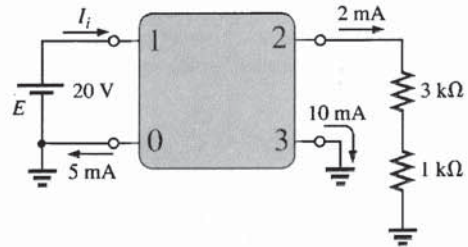


Fig. 5.98 Problema 30.

SEÇÃO 5.8 Resistência Interna de Fontes de Tensão

- 31. Calcule a resistência interna de uma bateria cuja tensão de saída, sem carga, é 60 V, sabendo que ela fornece uma corrente de 2 A quando conectada a uma carga de 28 Ω.
- 32. Ache a tensão V_C e a dissipação de potência na resistência interna no circuito da Fig. 5.99.
- 33. Calcule a resistência interna de uma bateria cuja tensão de saída sem carga é 6 V e que, quando ligada a uma resistência de 1/2 kΩ, fornece 10 mA de corrente.

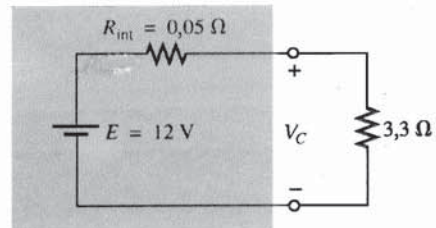


Fig. 5.99 Problema 32.

SEÇÃO 5.9 Regulação de Tensão

- 34. Determine a regulação de tensão para a bateria do Problema 31.
- 35. Calcule a regulação de tensão para a fonte da Fig. 5.99.

SEÇÃO 5.11 Análise Computacional

PSpice (DOS)

- 36. Escreva um arquivo de entrada para obter as tensões e a corrente no circuito da Fig. 5.79.
- 37. Escreva um arquivo de entrada para obter as tensões entre os terminais dos resistores da Fig. 5.96.

PSpice (Windows)

- 38. Utilizando um diagrama esquemático, calcule a corrente I e a tensão entre os terminais dos resistores do circuito da Fig. 5.70(a).
- 39. Utilizando um diagrama esquemático, calcule V_{ab} no circuito da Fig. 5.84(d).

Linguagens de Programação (C++, BASIC, PASCAL etc.)

- 40. Escreva um programa para calcular a resistência equivalente de um número qualquer de resistores em série.

41. Escreva um programa que aplique a regra dos divisores de tensão a um circuito com uma fonte e dois resistores em série. A regra deve ser aplicada a cada um dos resistores.
42. Escreva um programa que construa uma tabela para a corrente e a potência dissipada no resistor R_C do circuito na Fig. 5.100, com R_C variando de 1Ω até 20Ω . O programa deve também exibir o valor de R_C que torna máxima a potência dissipada neste resistor.

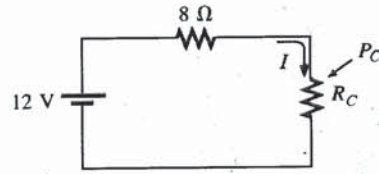


Fig. 5.100 Problema 42.

GLOSSÁRIO

Circuito Combinação de um certo número de componentes ligados entre si de modo que exista pelo menos um caminho fechado para a corrente.

Circuito em série Configuração na qual os componentes têm somente um ponto em comum e cada terminal não está ligado a um terceiro componente através do qual exista escoamento de cargas.

Lei de Kirchhoff para tensões A soma algébrica das quedas de tensão em uma malha fechada é nula.

Ramo Parte de um circuito constituída apenas por elementos em série.

Malha fechada Qualquer caminho contínuo que deixa um ponto em um sentido e retorna ao mesmo ponto vindo do sentido oposto, sem deixar o circuito.

Regra dos divisores de tensão Método através do qual podemos calcular as tensões em um circuito sem precisar obter primeiro a corrente.

Regulação de tensão (RT) Valor, normalmente expresso em forma de porcentagem, que indica a variação na tensão de saída de uma fonte causada por variações da carga.

Resistência interna Resistência inerente a qualquer fonte de energia elétrica.

Sentido convencional da corrente Sentido da corrente elétrica em um circuito, tomado por definição como o sentido contrário ao do movimento dos elétrons.

Sentido eletrônico Sentido do movimento dos elétrons em um circuito.

Chapter 6 - Two Parallel Resistors

**** CIRCUIT DESCRIPTION

```

VE 1 0 27V
R1 1 0 9
R2 1 0 18
.DC VE 20 30 1
.PRINT DC I(R1) I(R2)
.OPTIONS NOPAGE
.END
    
```

**** DC TRANSFER CURVES

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

VE	I (R1)	I (R2)
2.000E+01	2.222E+00	1.111E+00
2.100E+01	2.333E+00	1.167E+00
2.200E+01	2.444E+00	1.222E+00
2.300E+01	2.556E+00	1.278E+00
2.400E+01	2.667E+00	1.333E+00
2.500E+01	2.778E+00	1.389E+00
2.600E+01	2.889E+00	1.444E+00
2.700E+01	3.000E+00	1.500E+00
2.800E+01	3.111E+00	1.556E+00
2.900E+01	3.222E+00	1.611E+00
3.000E+01	3.333E+00	1.667E+00

Fig. 6.59 Arquivos de entrada e de saída para o circuito da Fig. 6.57, com E variando de 20 a 30 V.

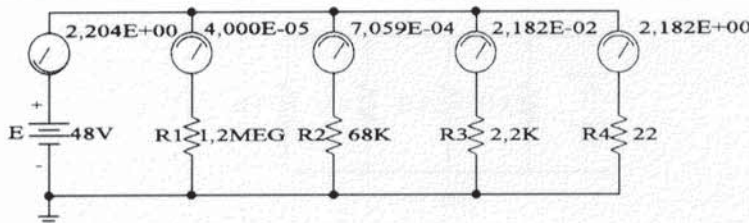


Fig. 6.60 Aplicação do PSpice (Windows) a um circuito em paralelo com uma grande faixa de variação para os valores das resistências.

notação de ponto flutuante podem acomodar números desde de 20 μA até 2,182 A. Além disso, note a rapidez com que a corrente aumenta quando a resistência diminui. A faixa de valores das resistências sugere, simplesmente por observação do circui-

to, que a resistência total terá um valor muito próximo ao da menor resistência (22 Ω). Como a corrente fornecida pela fonte é 2,204 A, a resistência equivalente será $R_T = E/I_F = 48 \text{ V}/2,204 \text{ A} = 21,78 \Omega$, o que confirma a análise acima.

PROBLEMAS

SEÇÃO 6.2 Elementos em Paralelo

1. Para cada uma das configurações da Fig. 6.61, determine quais dos elementos estão em série e quais estão em paralelo.
2. Para o circuito da Fig. 6.62:
 - a. Quais os elementos em paralelo?
 - b. Quais os elementos em série?
 - c. Quais os ramos em paralelo?

SEÇÃO 6.3 Condutância e Resistência Totais

3. Ache a condutância e a resistência totais para os circuitos da Fig. 6.63.
4. Na Fig. 6.64 especificamos os valores das condutâncias totais dos circuitos. Encontre as resistências desconhecidas.
5. Na Fig. 6.65 fornecemos a resistência total de cada circuito. Calcule os valores da resistência desconhecida.
- *6. Calcule as resistências desconhecidas na Fig. 6.66, sabendo que $R_2 = 5R_1$ e $R_3 = R_3 (1/2)R_1$.
- *7. Determine o valor de R_1 no circuito da Fig. 6.67.

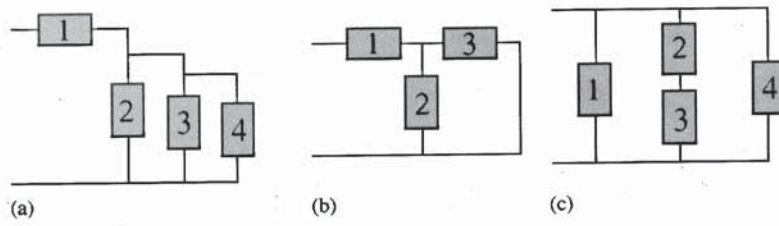


Fig. 6.61 Problema 1.

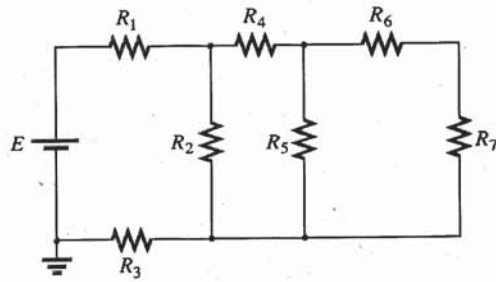


Fig. 6.62 Problema 2.

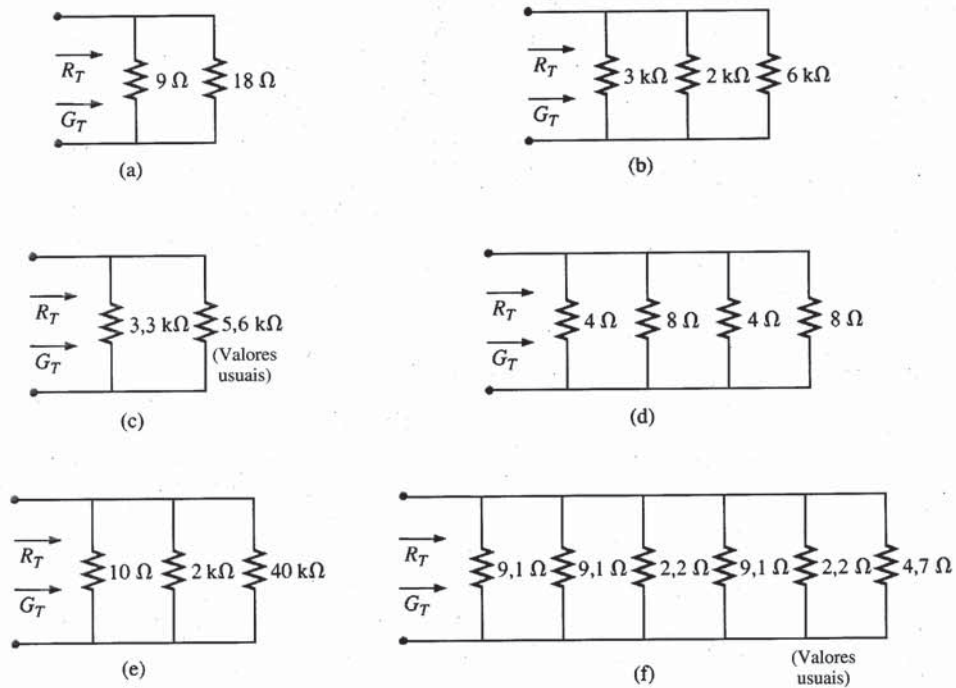


Fig. 6.63 Problema 3.

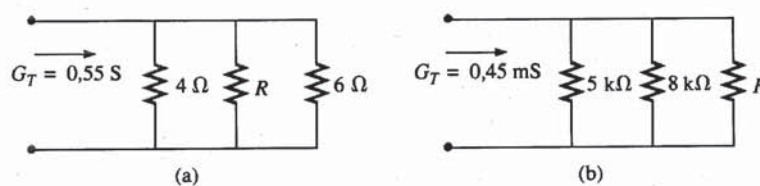


Fig. 6.64 Problema 4.

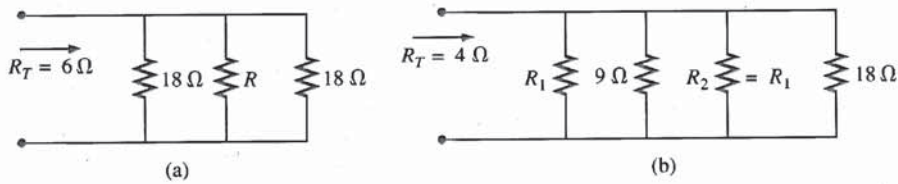


Fig. 6.65 Problema 5.

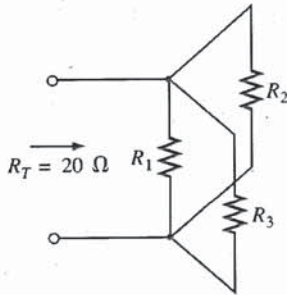


Fig. 6.66 Problema 6.

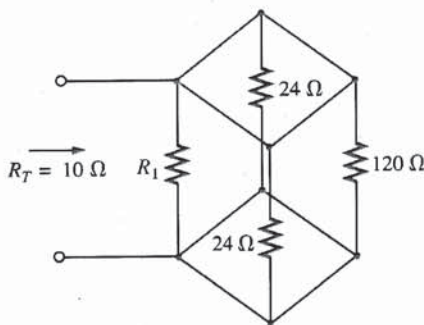


Fig. 6.67 Problema 7.

9. Repita o Problema 8 para o caso do circuito da Fig. 6.69.

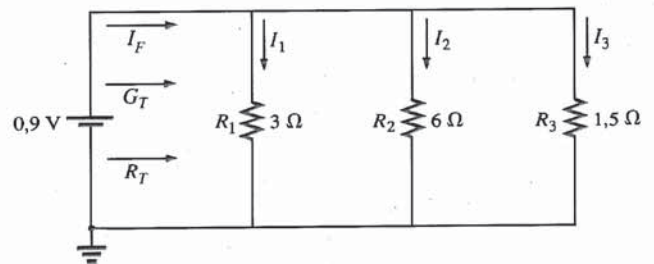


Fig. 6.69 Problemas 9 e 37.

10. Repita o Problema 8 para o circuito da Fig. 6.70, que foi construído utilizando valores usuais para as resistências.

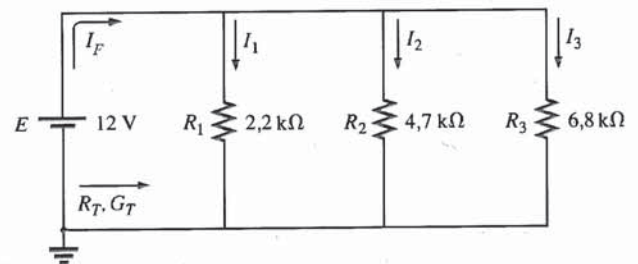


Fig. 6.70 Problema 10.

SEÇÃO 6.4 Circuitos em Paralelo

8. No circuito da Fig. 6.68:
 - a. Calcule a condutância e a resistência totais.
 - b. Determine I_F e a corrente em cada um dos ramos em paralelo.
 - c. Verifique que a soma das correntes nos ramos é igual à corrente entregue pela fonte.
 - d. Calcule a potência dissipada em cada resistor e verifique se a potência entregue pela fonte é igual à potência dissipada total.
 - e. Se você dispõe de resistores de 0,5 W, 1 W, 2 W e 50 W, que valor mínimo escolheria para cada resistor?

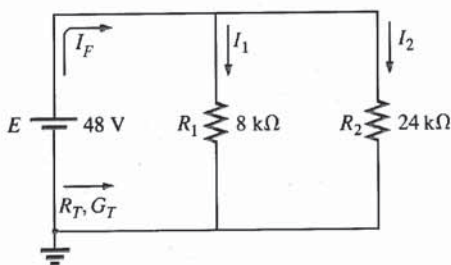


Fig. 6.68 Problema 8.

11. Um circuito de lâmpadas para árvore de Natal consiste em oito lâmpadas em paralelo, como vemos na Fig. 6.71.



Fig. 6.71 Problema 11.

- a. Se o circuito for ligado a uma fonte de 120 V e a resistência de cada lâmpada for 1,8 k Ω , qual a corrente que percorre cada lâmpada?
- b. Determine a resistência total do circuito.
- c. Calcule a potência entregue a cada lâmpada.
- d. Se uma das lâmpadas queimar, qual será o efeito sobre as outras lâmpadas?
- e. Compare a configuração em paralelo da Fig. 6.71 com a configuração em série da Fig. 5.82. Quais as vantagens e desvantagens relativas da ligação em paralelo quando comparada com a ligação em série?

12. Na Fig. 6.72 vemos um trecho de um circuito residencial.

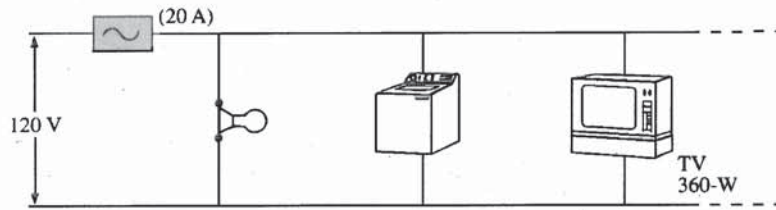
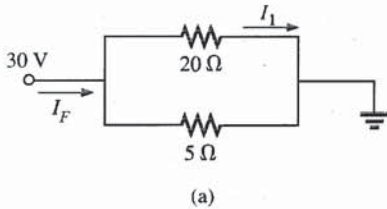
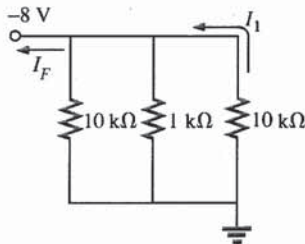


Fig. 6.72 Problemas 12 e 39.

- a. Qual a corrente em cada um dos ramos em paralelo?
 - b. Qual a corrente total solicitada a partir da fonte? O disjuntor de 20 A abrirá?
 - c. Qual a resistência equivalente do sistema?
 - d. Determine a potência entregue pela fonte e compare-a com a potência total consumida pelas cargas.
13. Determine as correntes I_1 e I_F nos circuitos da Fig. 6.73.



(a)



(b)

Fig. 6.73 Problema 13.

14. Determine o valor de R_1 no circuito da Fig. 6.74.

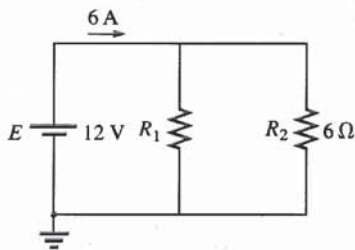


Fig. 6.74 Problema 14.

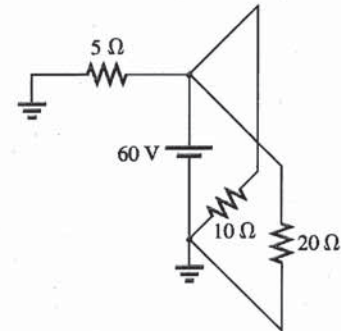


Fig. 6.75 Problemas 15 e 38.

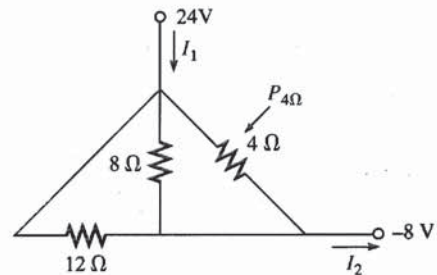


Fig. 6.76 Problema 16.

14. Determine o valor de R_1 no circuito da Fig. 6.74.

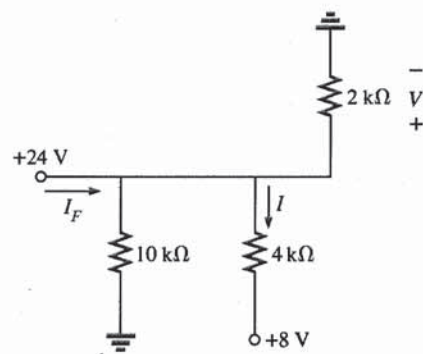


Fig. 6.77 Problema 17.

- *15. Determine a potência entregue pela fonte de corrente contínua na Fig. 6.75.
- *16. No circuito da Fig. 6.76:
 - a. Calcule I_1 .
 - b. Calcule a potência dissipada no resistor de 4 Ω.
 - c. Calcule I_2 .
- *17. Para o circuito da Fig. 6.77:
 - a. Calcule a corrente I .
 - b. Determine a voltagem V .
 - c. Calcule a corrente entregue pela fonte I_F .

SEÇÃO 6.5 Lei de Kirchhoff para a Corrente

18. Calcule todas as correntes desconhecidas (módulo e sentido) nos circuitos da Fig. 6.78.
- *19. Utilizando a LKC, calcule as correntes desconhecidas no circuito da Fig. 6.79.
20. No circuito da Fig. 6.80, calcule as resistências R_1 e R_3 , a resistência equivalente R_T e a tensão da fonte E .
- *21. Calcule as quantidades desconhecidas nos circuitos da Fig. 6.81.

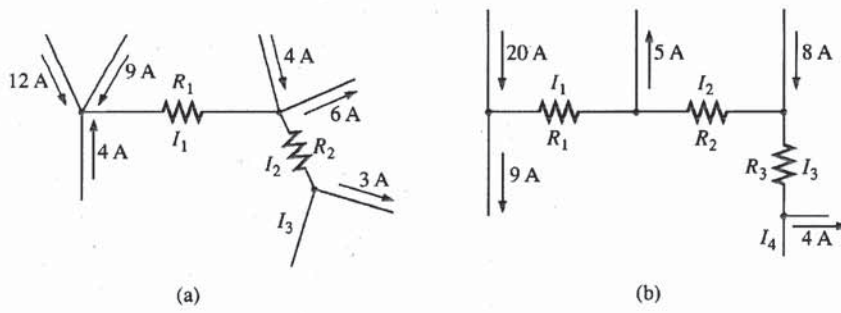


Fig. 6.78 Problemas 18 e 40.

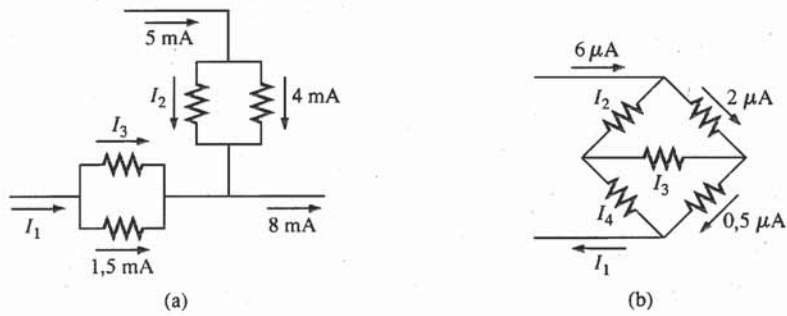


Fig. 6.79 Problema 19.

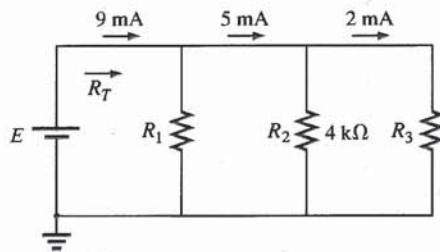


Fig. 6.80 Problema 20.

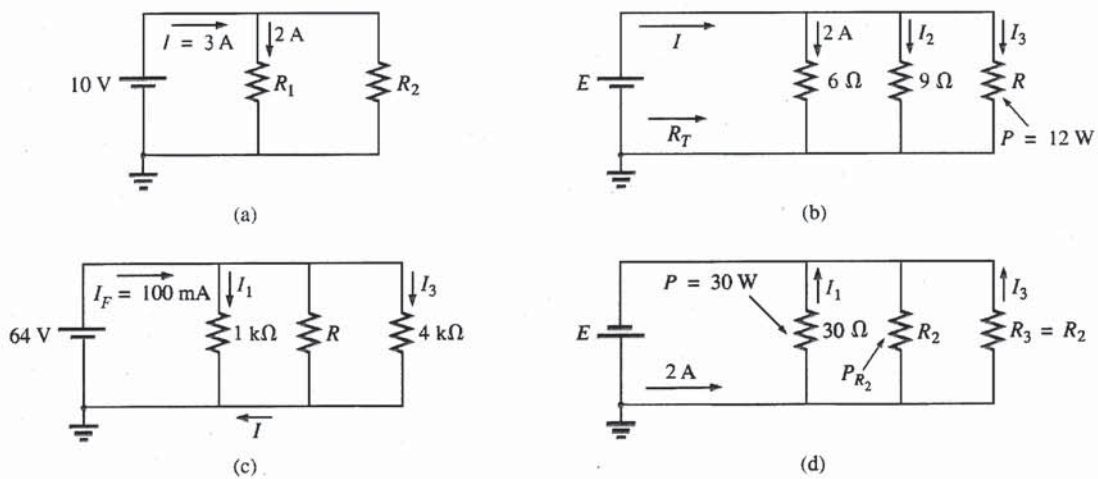


Fig. 6.81 Problema 21.

SEÇÃO 6.6 Regra do Divisor de Corrente

22. No circuito da Fig. 6.82, determine a corrente em cada ramo utilizando somente a razão entre os valores da resistência. Após isto, calcule a corrente total I_T .

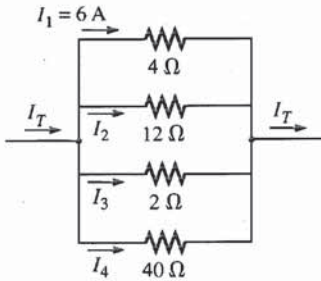


Fig. 6.82 Problema 22.

23. Utilizando a regra do divisor de corrente, calcule as correntes desconhecidas no circuito da Fig. 6.83.

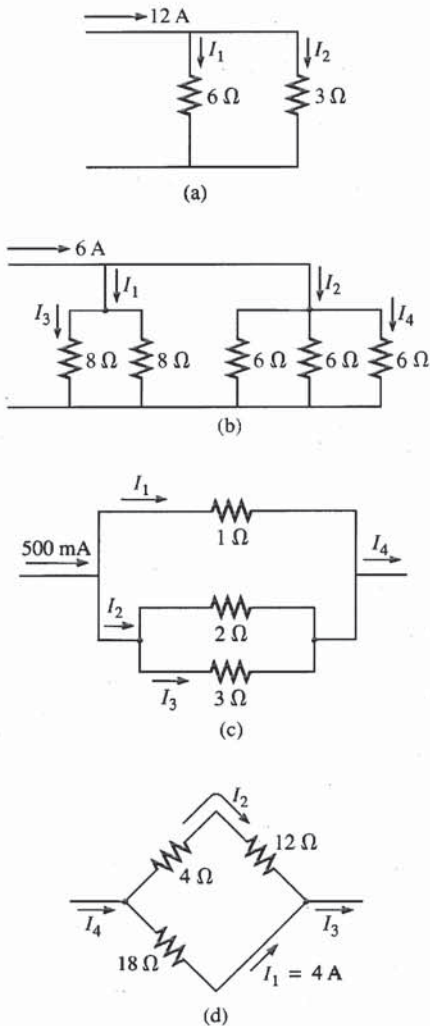


Fig. 6.83 Problema 23.

*24. Os itens (a), (b) e (c) deste problema devem ser feitos mentalmente. O objetivo é obter uma solução sem efetuar uma longa série de cálculos. No circuito da Fig. 6.84:

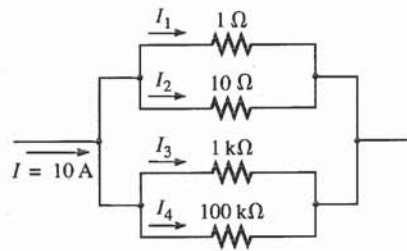


Fig. 6.84 Problema 24.

- a. Qual o valor aproximado de I_1 , levando em conta o valor das resistências?
 - b. Qual o valor das razões I_1/I_2 e I_3/I_4 ?
 - c. Qual o valor das razões I_2/I_3 e I_1/I_4 ?
 - d. Calcule I_1 e compare com o resultado do item (a).
 - e. Calcule I_4 e a razão I_1/I_4 . Compare com o resultado do item (c).
25. Calcule as quantidades desconhecidas nos circuitos da Fig. 6.85.

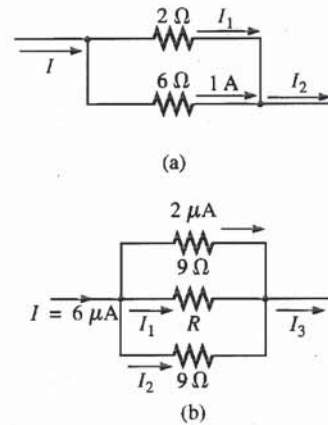


Fig. 6.85 Problema 25.

*26. Calcule o valor da resistência R no circuito da Fig. 6.86, tal que $I_1 = 3I_2$.

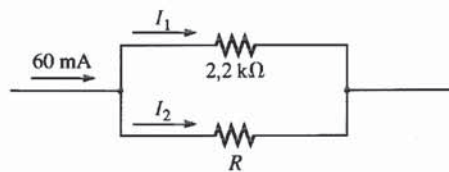


Fig. 6.86 Problema 26.

*27. Calcule as quantidades desconhecidas na Fig. 6.87 sabendo que $I_2 = 4I_1$ e $I_3 = 3I_2$.

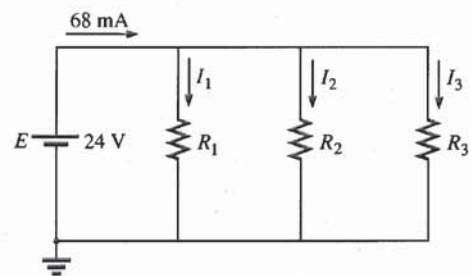


Fig. 6.87 Problema 27.

SEÇÃO 6.7 Fontes de Tensão em Paralelo

28. Supondo as fontes idênticas, determine I_1 e I_2 no circuito da Fig. 6.88.

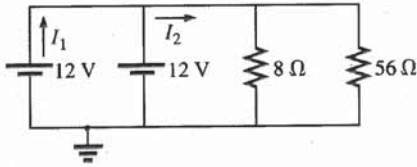


Fig. 6.88 Problema 28.

29. Determine I e R no circuito da Fig. 6.89, supondo as fontes idênticas.

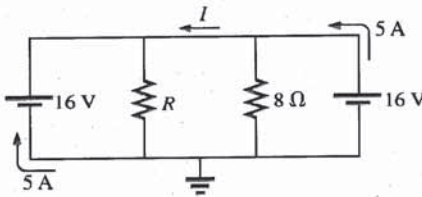


Fig. 6.89 Problema 29.

SEÇÃO 6.8 Circuitos Abertos e Curtos-Circuitos

30. No circuito da Fig. 6.90:
- Determine I_F e V_L .
 - Determine I_F se R_L for "curto-circuitado".
 - Determine V_L se R_L for substituído por um circuito aberto.

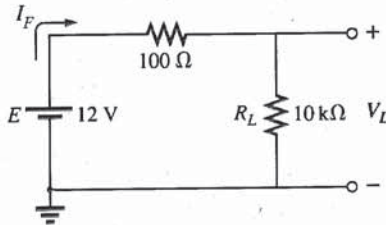


Fig. 6.90 Problema 30.

31. No circuito da Fig. 6.91:
- Qual a tensão no circuito aberto V_L ?
 - Se o resistor de $2,2\text{ k}\Omega$ é substituído por um curto, qual o novo valor de V_L ?
 - Se o circuito for aberto no resistor de $4,7\text{ k}\Omega$, qual o novo valor de V_L ?

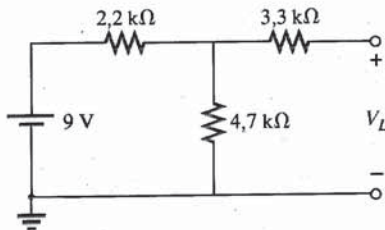


Fig. 6.91 Problema 31.

- *32. No circuito da Fig. 6.92, determine:
- As correntes de curto-circuito I_1 e I_2 .
 - As tensões V_1 e V_2 .
 - A corrente da fonte I_F .

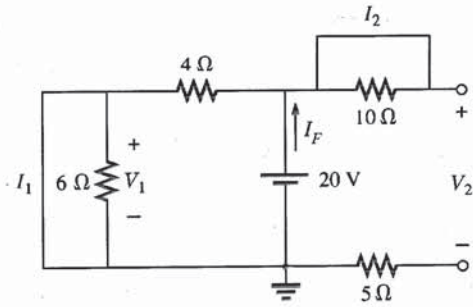


Fig. 6.92 Problema 32.

SEÇÃO 6.9 Efeito da Ligação de um Voltímetro

33. No circuito da Fig. 6.93:
- Determine V_2 .
 - Qual a leitura de um MMD de resistência interna $11\text{ M}\Omega$, se o utilizarmos para medir V_2 ?
 - Repita o item (b), supondo agora um medidor analógico na escala de 10 V , sendo a sua razão $\Omega/\text{V} = 20.000$. Compare o resultado com o do item (b). Qual a razão da diferença?
 - Repita o item (c) com $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ e $R_2 = 200\text{ k}\Omega$.
 - Que conclusões, com base nos resultados acima, você obtém acerca do uso de um voltímetro?

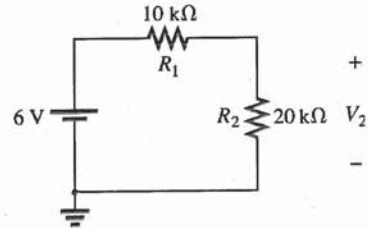


Fig. 6.93 Problemas 33 e 42.

SEÇÃO 6.10 Técnicas para Pesquisar Defeitos

34. Com base nos dados da Fig. 6.94, diga se o circuito está operando corretamente. Em caso negativo, tente descobrir por quê.

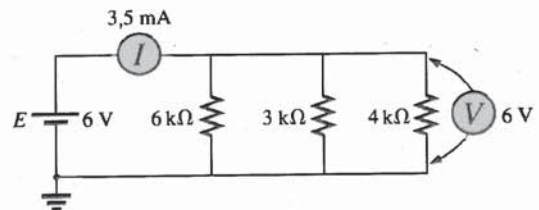


Fig. 6.94 Problema 34.

35. No circuito da Fig. 6.95, a leitura $V_a = 8,8\text{ V}$ está correta? Em caso negativo, qual dos componentes está conectado de modo incorreto?

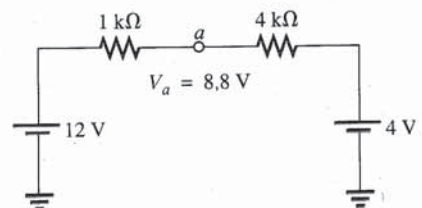


Fig. 6.95 Problema 35.

36. a. A tensão V_a no circuito da Fig. 6.96 é -1 V . Se ela passar subitamente para 20 V , o que pode ter acontecido ao circuito? Localize a área onde está o problema.
- b. Se V_a for 6 V em vez de -1 V , tente explicar o que está errado com o circuito.

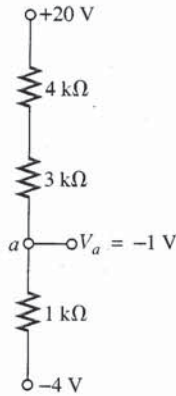


Fig. 6.96 Problema 36.

GLOSSÁRIO

- Circuito aberto** Ausência de ligação direta entre dois pontos de um circuito.
- Curto-circuito** Ligação direta entre dois pontos, de resistência muito baixa, que pode alterar significativamente o comportamento de um elemento ou sistema.
- Circuito paralelo** Configuração em que os elementos têm dois pontos em comum.

SEÇÃO 6.11 Análise Computacional

PSpice (DOS)

37. Escreva um arquivo de entrada para calcular a corrente através de cada resistor da Fig. 6.69.
38. Escreva um arquivo de entrada para calcular a corrente fornecida pela fonte e a corrente em cada resistor da Fig. 6.75.

PSpice (Windows)

39. Utilizando um esquema, calcule todas as correntes no circuito da Fig. 6.72.
40. Utilizando um esquema, calcule as quantidades desconhecidas na Fig. 6.78.

Linguagens de Programação (C++, BASIC, PASCAL etc.)

41. Escreva um programa que calcule a resistência e a condutância totais de qualquer número de elementos em paralelo.
42. Escreva um programa que faça uma tabela da tensão V_2 na Fig. 6.93, medida por um medidor analógico de resistência interna $200\text{ k}\Omega$, à medida que R_2 varia de $10\text{ k}\Omega$ a $200\text{ k}\Omega$, em intervalos de $10\text{ k}\Omega$.

Lei de Kirchhoff para a corrente A soma algébrica para as correntes que entram e saem de um nó é nula.

Nó Encontro de dois ou mais ramos.

Razão Ohm/volt Razão utilizada para determinar a sensibilidade à corrente e a resistência interna de um medidor.

Regra do divisor de corrente Método para obter as correntes que percorrem elementos em paralelo sem determinar primeiro a ddp entre seus terminais.



to-circuito ou um circuito aberto. Se, por exemplo, não existirem os resistores R_5 e R_6 , isto é, se o circuito tiver apenas duas malhas, basta entrar com valores de R_5 e R_6 muito elevados em comparação com as resistências dos outros elementos do circuito; deste modo eles se comportarão como circuitos abertos para efeito de análise. Esta situação é ilustrada na Fig. 7.60, onde supo-

mos uma fonte negativa de 60 V. Os valores das correntes são negativos porque o sentido definido no programa é oposto do real. A corrente I_6 é praticamente zero, como deveria ser no caso de R_5 e R_6 não existirem. Se apenas R_1 , R_3 , R_5 ou R_6 estivesse faltando, deveríamos inserir um curto-circuito equivalente. Se estivesse faltando R_2 ou R_4 , deveria ser inserido um circuito aberto equivalente.

```

Enter R1: 10
Enter R2: 220
Enter R3: 12
Enter R4: 100
Enter R5: 1e30
Enter R6: 1e30
Enter E: -60

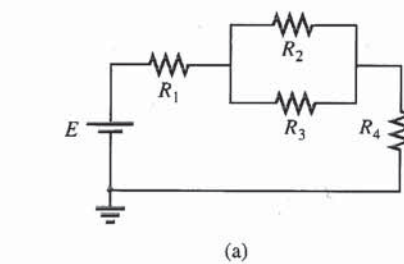
The total resistance is 84.216866 ohms.
The source current is -0.712446 Amperes.
I3 equals -0.472103 Amperes.
I6 equals -2.360515e-29 Amperes.
    
```

Fig. 7.60 Resultado do programa em C++ para o circuito em cascata da Fig. 7.57 sem os resistores R_5 e R_6 .

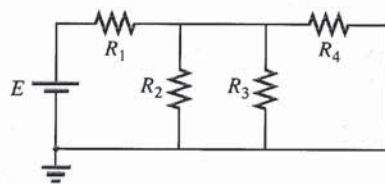
PROBLEMAS

SEÇÃO 7.2 Exemplos Descritivos

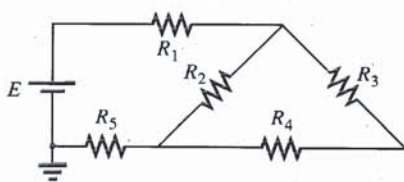
- Nos circuitos a seguir (Fig. 7.61), quais os elementos que estão em série e quais os que estão em paralelo? Em outras palavras, quais os elementos que são percorridos pela mesma corrente (série) e quais os que estão submetidos à mesma ddp (paralelo)? Restrinja a análise a elementos isolados, não incluindo nenhuma combinação de elementos.
- Determine R_T para os circuitos da Fig. 7.62.



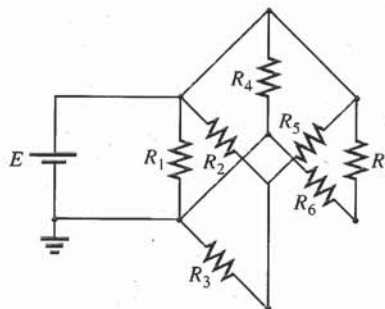
(a)



(b)

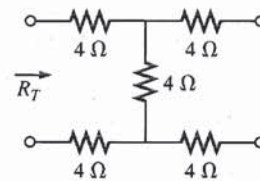


(c)

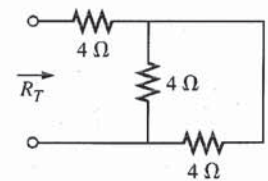


(d)

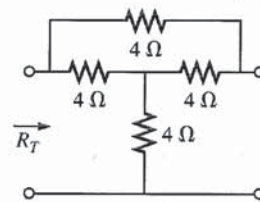
Fig. 7.61 Problema 1.



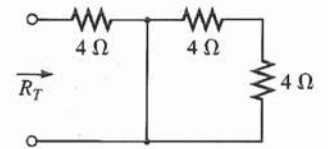
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 7.62 Problema 2.



3. Considere o circuito da Fig. 7.63.
 - a. Temos $I = I_3 = I_6$? Justifique sua resposta.
 - b. Se $I = 5 \text{ A}$ e $I_1 = 2 \text{ A}$, calcule I_2 .
 - c. A igualdade $I_1 + I_2 = I_4 + I_5$ é verdadeira? Justifique.
 - d. Se $V_1 = 6 \text{ V}$ e $E = 10 \text{ V}$, calcule V_2 .
 - e. Se $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$ e $R_4 = 1 \Omega$, calcule a resistência total.
 - f. Se as resistências dos resistores são as fornecidas no item (e) e $E = 10 \text{ V}$, qual o valor de I em ampères?
 - g. Utilizando os valores dados em (e) e (f), calcule a potência fornecida pela bateria E e dissipada pelos resistores R_1 e R_2 .

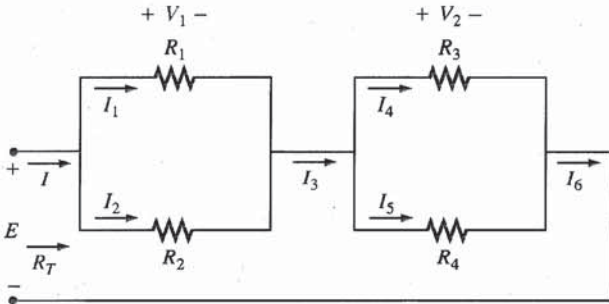


Fig. 7.63 Problema 3.

4. Calcule, no circuito da Fig. 7.64:

- a. R_T .
- b. I e I_1 .
- c. V_3 .

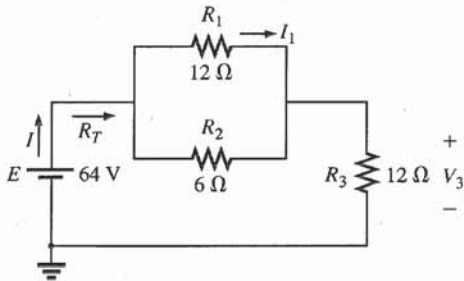


Fig. 7.64 Problema 4.

5. Obtenha, considerando o circuito da Fig. 7.65:

- a. R_T .
- b. I_F , I_1 e I_2 .
- c. V_a .

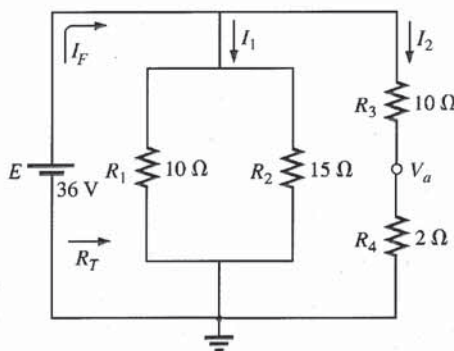


Fig. 7.65 Problema 5.

6. Determine, no circuito da Fig. 7.66, as correntes I_1 e I_2 .

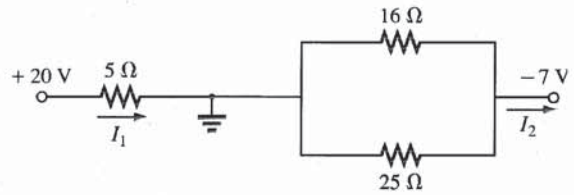


Fig. 7.66 Problema 6.

7. a. Ache a intensidade e o sentido das correntes I , I_1 , I_2 e I_3 no circuito da Fig. 7.67.
b. Indique os sentidos das correntes na mesma figura.

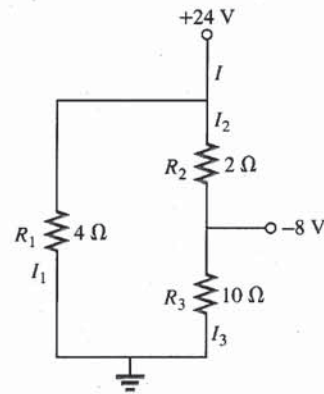


Fig. 7.67 Problema 7.

- *8. Para o circuito da Fig. 7.68:

- a. Determine as correntes I_3 , I_1 , I_3 e I_4 .
- b. Calcule V_a e V_{bc} .

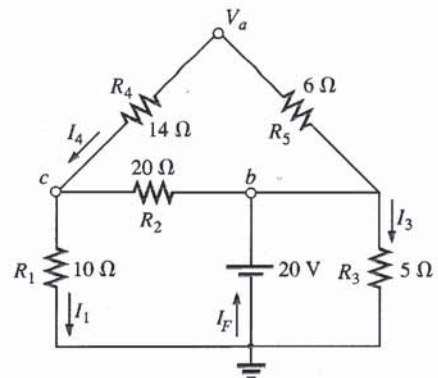


Fig. 7.68 Problema 8.

9. Determine, no circuito da Fig. 7.69:

- a. A corrente I_1 .
- b. As correntes I_2 e I_3 .
- c. As tensões V_a e V_b .

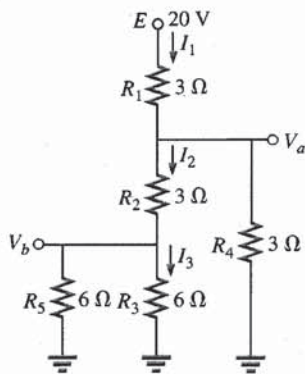


Fig. 7.69 Problema 9.

10. Calcule, no circuito da Fig. 7.70:
- As correntes I e I_6 .
 - As tensões V_1 e V_5 .
 - A potência fornecida ao resistor de $6\text{ k}\Omega$.

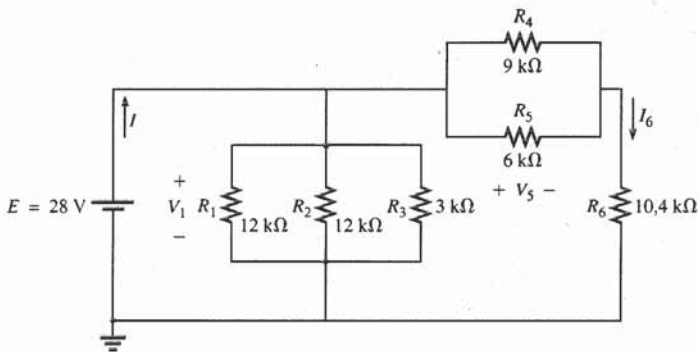


Fig. 7.70 Problema 10.

- *11. Calcule, para o circuito em série-paralelo da Fig. 7.71:
- A corrente I .
 - As correntes I_3 e I_9 .
 - A corrente I_8 .
 - A ddp V_{ab} .

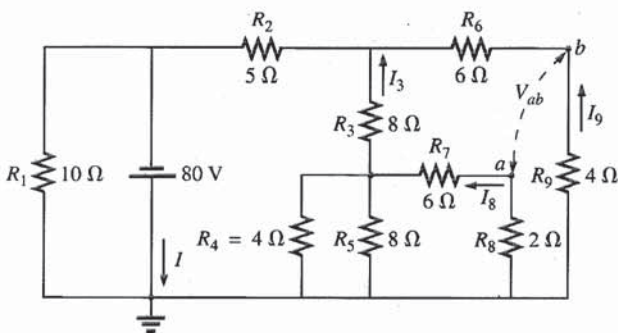


Fig. 7.71 Problema 11.

- *12. Determine os valores estáticos de tensão e corrente para o circuito com um transistor da Fig. 7.72, levando em conta que $V_{BE} = 0,7\text{ V}$, $V_E = 2\text{ V}$, e $I_C = I_E$. Em outras palavras,
- Determine I_E e I_C .
 - Calcule I_B .
 - Determine V_B e V_C .
 - Calcule V_{CE} e V_{BC} .

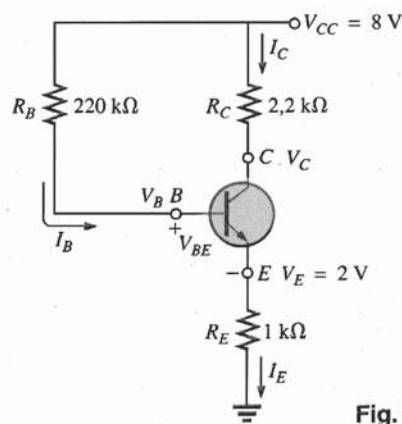


Fig. 7.72 Problema 12.

- *13. Na Fig. 7.73 vemos o circuito de polarização básico para o transistor de efeito de campo (FET, field-effect transistor), um componente muito usado hoje em dia em equipamentos eletrônicos. (Polarização significa simplesmente a aplicação de tensões contínuas para estabelecer um conjunto particular de condições de operação.) Mesmo que você não esteja familiarizado com o FET, você poderá realizar, utilizando somente as leis básicas introduzidas neste capítulo e as informações fornecidas pela figura, a seguinte análise:
- Determinar as tensões V_G e V_G .
 - Calcular as correntes I_1 , I_2 , I_D e I_F .
 - Determinar V_{DF} .
 - Calcular V_{DC} .

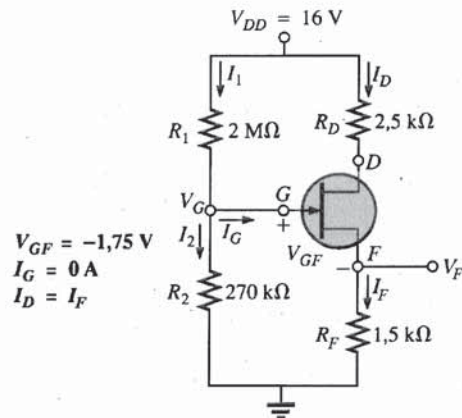


Fig. 7.73 Problema 13.

- *14. Determine, para o circuito da Fig. 7.74:
- R_T .
 - V_a .
 - V_1 .
 - V_2 .
 - I (dando também o seu sentido).

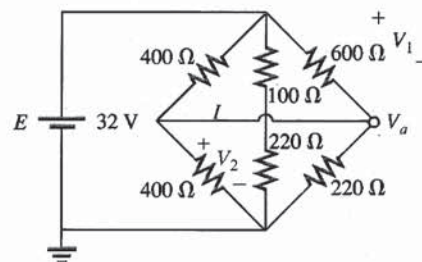


Fig. 7.74 Problema 14.



15. No circuito da Fig. 7.75:
 a. Determine a corrente I .
 b. Encontre V .

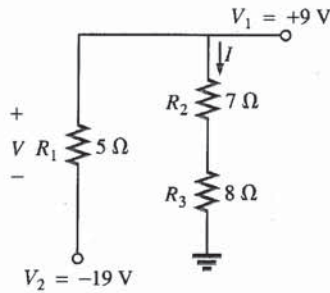


Fig. 7.75 Problema 15.

- *19. No circuito da Fig. 7.79:
 a. Determine R_T combinando as resistências entre si.
 b. Calcule V_1 e V_4 .
 c. Calcule I_3 , dando o seu sentido.
 d. Determine I_F encontrando a corrente que percorre cada um dos componentes e aplicando em seguida a lei de Kirchhoff para correntes. Calcule R_T usando $R_T = E/I_F$ e compare o resultado com o do item (a).

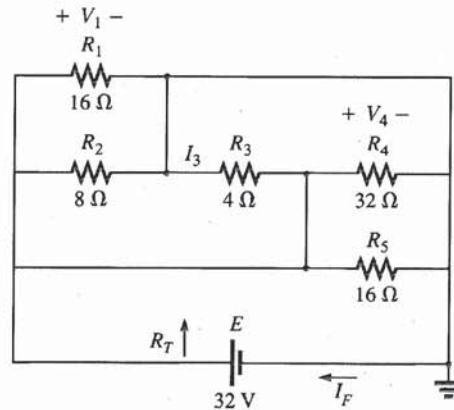


Fig. 7.79 Problema 19.

- *16. Calcule a corrente I e as tensões V_a , V_b e V_{ab} para o circuito da Fig. 7.76.

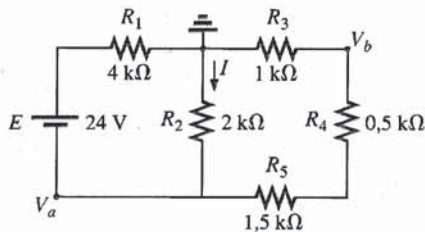


Fig. 7.76 Problema 16.

20. Determine no circuito da Fig. 7.80:
 a. A tensão V_{ab} . (Sugestão: Use a lei de Kirchhoff para tensões.)
 b. A corrente I .

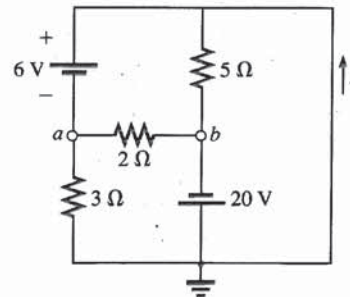


Fig. 7.80 Problema 20.

17. Na configuração da Fig. 7.77:
 a. Encontre as correntes I_2 , I_6 e I_8 .
 b. Calcule as tensões V_4 e V_8 .

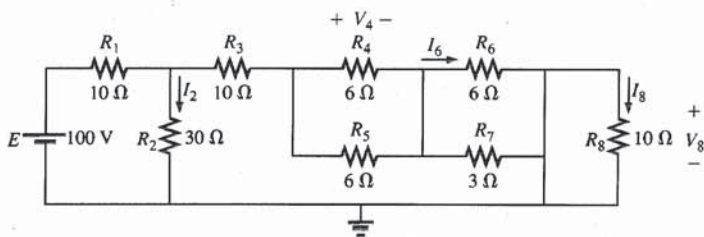


Fig. 7.77 Problema 17.

18. Determine V e I para o circuito da Fig. 7.78.

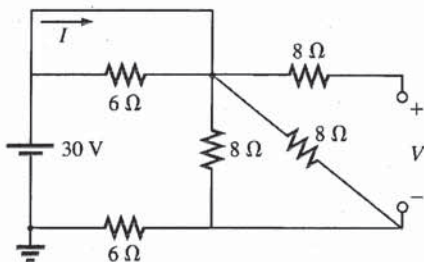


Fig. 7.78 Problema 18.

- *21. Para o circuito da Fig. 7.81:
 a. Calcule a corrente I .
 b. Obtenha a tensão de circuito aberto V .

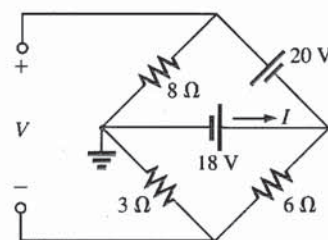


Fig. 7.81 Problema 21.



- *22. Calcule a resistência R_3 no circuito da Fig. 7.82, se a corrente que atravessa esta resistência é 2 A.

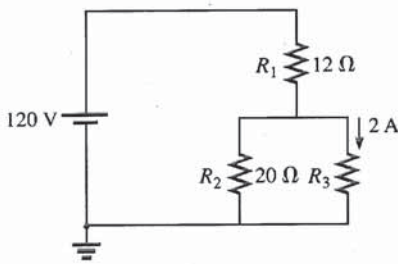


Fig. 7.82 Problema 22.

- *23. Se todos os resistores no cubo da Fig. 7.83 são de 10 Ω, qual é a resistência total do circuito? (Sugestão: faça algumas hipóteses básicas a respeito da forma como a corrente se distribui pelas resistências que compõem o cubo.)

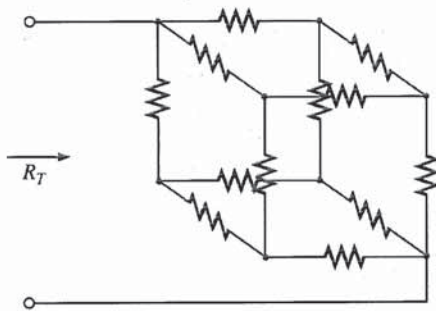


Fig. 7.83 Problema 23.

- *24. Na Fig. 7.84 a leitura do voltímetro é $V = 27$ V:
 a. O circuito funciona corretamente?
 b. Em caso negativo, qual a possível causa da leitura incorreta?

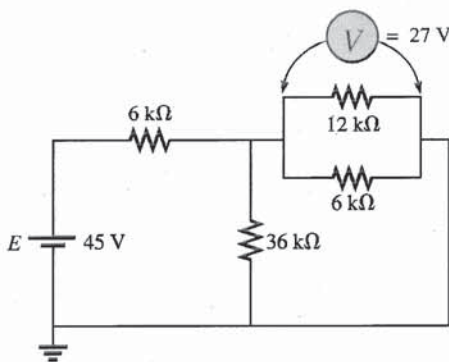


Fig. 7.84 Problema 24.

SEÇÃO 7.3 Circuitos em Cascata

25. Determine, para o circuito em cascata da Fig. 7.85:
 a. A corrente I .
 b. A corrente I_7 .
 c. As tensões V_3 , V_5 e V_7 .
 d. A potência entregue a R_7 , comparando-a com a potência entregue pela fonte de 240 V.

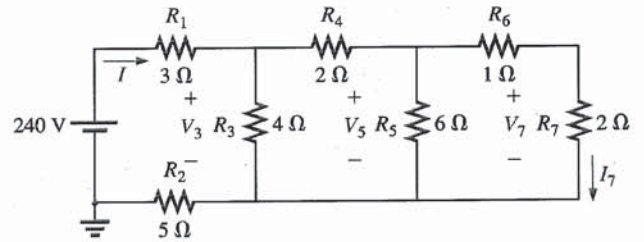


Fig. 7.85 Problema 25.

26. No circuito em cascata da Fig. 7.86:
 a. Determine R_T .
 b. Calcule I .
 c. Calcule I_8 .

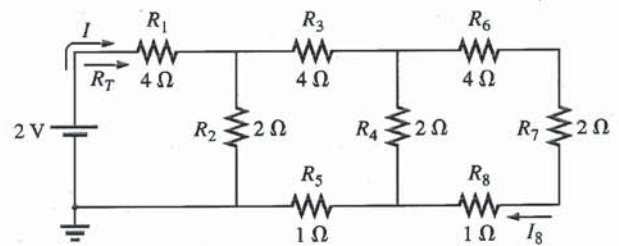


Fig. 7.86 Problema 26.

- *27. Determine a potência fornecida à carga de 10 Ω da Fig. 7.87.

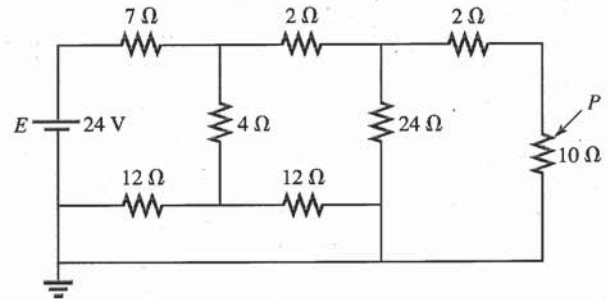


Fig. 7.87 Problema 27.

- *28. Para a configuração de cascata múltiplas da Fig. 7.88:
 a. Determine I .
 b. Calcule I_4 .

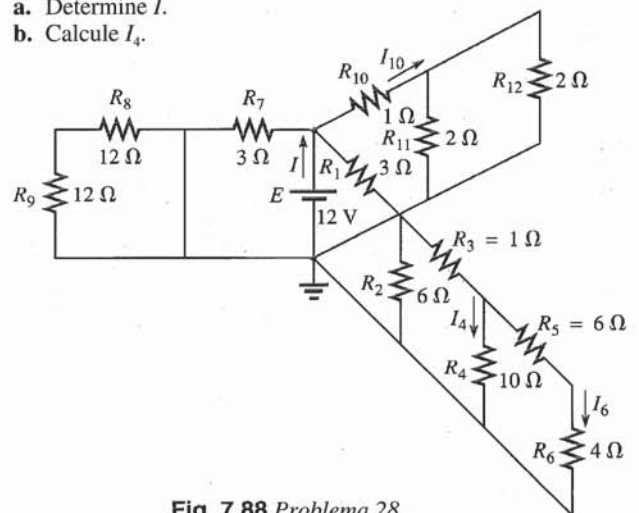


Fig. 7.88 Problema 28.



- c. Obtenha I_6 .
- d. Encontre I_{10} .

SEÇÃO 7.4 Fonte com Divisor de Tensão (Com Carga e Sem Carga)

29. Dada a fonte com divisor de tensão da Fig. 7.89:
- a. Calcule a tensão da fonte E .
 - b. Determine os resistores de carga R_{C1} e R_{C2} .
 - c. Determine os resistores do divisor de tensão R_1 , R_2 e R_3 .

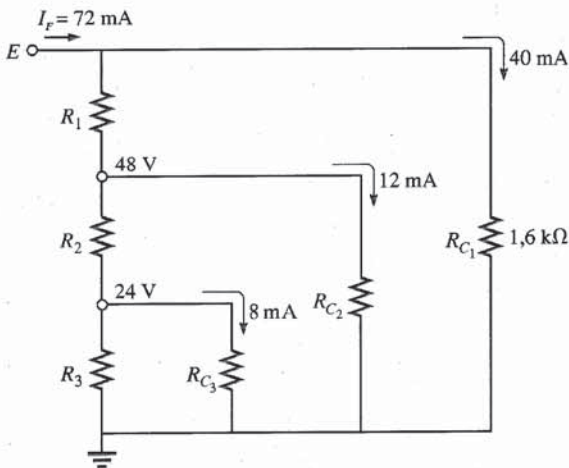


Fig. 7.89 Problema 29.

- *30. Determine os resistores da fonte com divisor de tensão para o circuito da Fig. 7.90. Calcule também a dissipação de potência necessária para cada resistor, comparando os valores entre si.

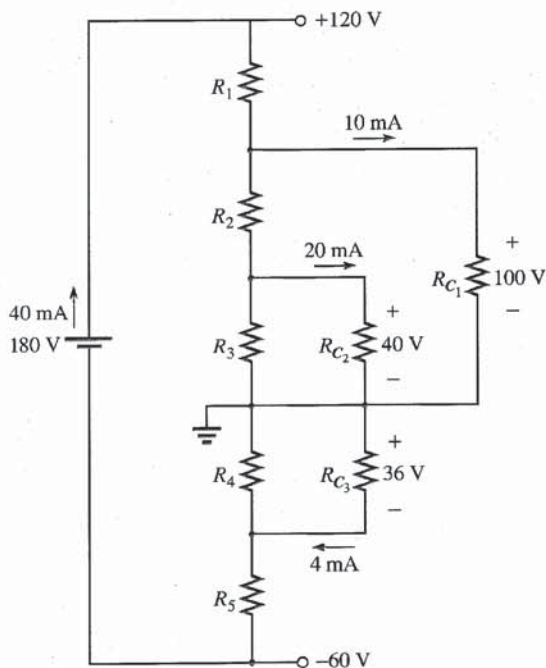


Fig. 7.90 Problema 30.

SEÇÃO 7.5 Ligação de uma Carga a um Potenciômetro

- *31. Para o sistema da Fig. 7.91:
- a. O projeto parece ser aceitável, à primeira vista?
 - b. Na ausência da carga de $10\text{ k}\Omega$, quais são os valores de R_1 e R_2 de modo que a ddp entre os terminais de R_2 seja 3 V ?
 - c. Determine os valores de R_1 e R_2 quando a carga é conectada e compare com o resultado do item (b).

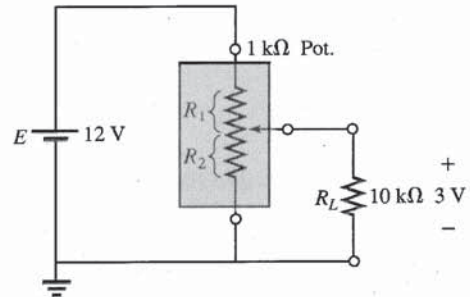


Fig. 7.91 Problema 31.

- *32. Para o potenciômetro da Fig. 7.92:
- a. Quais são, na ausência de cargas, as tensões V_{ab} e V_{bc} ?
 - b. Se forem conectadas as cargas na figura, quais os novos valores de V_{ab} e V_{bc} ?
 - c. Qual a potência dissipada pelo potenciômetro com as cargas indicadas na figura?
 - d. Qual a potência dissipada pelo potenciômetro na ausência de carga? Compare com o resultado do item (c).

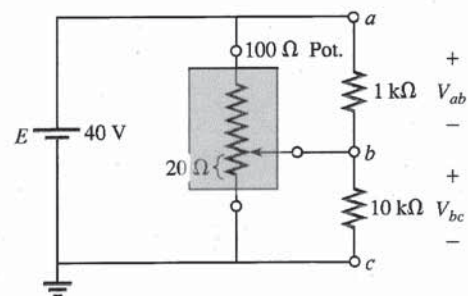


Fig. 7.92 Problema 32.

SEÇÃO 7.6 Projeto de Amperímetros, Voltímetros e Ohmímetros

33. Um galvanômetro de d'Arsonval é especificado como sendo de 1 mA , $100\ \Omega$.
- a. Qual é a sensibilidade de corrente?
 - b. Projete um amperímetro para 20 A utilizando este galvanômetro. Desenhe o circuito com o valor dos componentes.
34. Utilizando um galvanômetro de d'Arsonval de $50\ \mu\text{A}$, $1000\ \Omega$, projete um miliamperímetro com escalas de 25 , 50 e 100 mA . Desenhe o circuito com o valor dos componentes.
35. As especificações de um galvanômetro de d'Arsonval são $50\ \mu\text{A}$, $1000\ \Omega$.

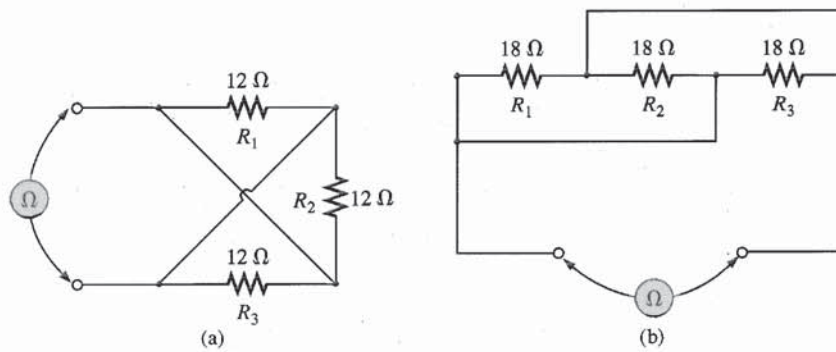


Fig. 7.93 Problema 40.

- a. Projete, desenhando os circuitos com os valores dos componentes um voltímetro de 15 V.
- b. Qual a razão Ω/V para este voltímetro?
36. Projete, utilizando um galvanômetro de d'Arsonval de 1 mA, 100 Ω , um voltímetro com escalas de 5, 50 e 500 V. Desenhe o circuito com os valores dos componentes.
37. Um medidor digital tem uma resistência interna de 10 M Ω na escala de 0,5 V. Se você quisesse construir um voltímetro analógico, utilizando um galvanômetro de d'Arsonval, com a mesma resistência interna na mesma escala de voltagem, qual deveria ser a sensibilidade de corrente?
- *38. a. Projete um ohmímetro em série utilizando um galvanômetro de 100 μA , 1000 Ω , um ajuste de zero com valor máximo igual a 2 k Ω , uma bateria de 3 V e um resistor em série cujo valor deve ser determinado.
- b. Calcule a resistência necessária no caso de deflexões de 3/4 da escala, 1/2 da escala e 1/4 da escala.
- c. Utilizando os resultados do item (b), desenha a escala a ser utilizada com este ohmímetro.
39. Descreva a estrutura e o modo de operação de um megohmímetro.
- *40. Quais as leituras do ohmímetro nas configurações da Fig. 7.93?

GLOSSÁRIO

Circuito em cascata Circuito que consiste em uma série de combinações em série-paralelo e que tem a aparência de uma escada.

Circuito em série-paralelo Circuito que consiste em uma combinação de ramos em série e em paralelo.

Galvanômetro de d'Arsonval Bobina com núcleo de ferro montada em rolamentos entre os pólos de um ímã permanente. Um ponteiro

SEÇÃO 7.8 Análise Computacional

PSpice (DOS)

41. Escreva o arquivo de entrada para o circuito da Fig. 7.8, solicitando os valores de I_1 , I_3 e I_6 .
42. Escreva o arquivo de entrada para o circuito da Fig. 7.18 de modo a obter V_1 , V_2 e I .

PSpice (Windows)

43. Utilizando um diagrama esquemático, determine V_1 , V_3 , V_{ab} e I_f para o circuito da Fig. 7.16.
44. Determine, utilizando um diagrama esquemático, I_r , I_5 e V_7 para o circuito da Fig. 7.22.

Linguagens de Programação (C++, BASIC, PASCAL etc.)

45. Escreva um programa para obter a solução completa para o circuito da Fig. 7.6, isto é, dados todos os parâmetros, calcule a corrente, tensão e potência associadas a cada elemento.
46. Escreva um programa para calcular todas as grandezas pedidas no Exemplo 7.8, dados os parâmetros do circuito.

ligado ao núcleo móvel indica a intensidade da corrente que passa pela bobina.

Megohmímetro Instrumento destinado a medir resistências muito altas, na faixa dos megohms.

Ohmímetro em série Instrumento para medir resistências no qual o galvanômetro é ligado em série com a resistência desconhecida.

Transistor Componente eletrônico semiconductor com três terminais, que pode ser usado para amplificação ou chaveamento.



```

10 REM ***** PROGRAM 8-1 *****
20 REM *****
30 REM Program to evaluate the loop currents for a
40 REM 2-loop network.
50 REM *****
60 REM
100 PRINT "For a 2-loop network"
110 PRINT "enter the following data:"
120 PRINT
Input 130 INPUT "R1="; R1
      140 INPUT "R2="; R2
      150 INPUT "R3="; R3
      160 INPUT "Voltage, E1="; E1
      170 INPUT "Voltage, E2="; E2
      180 PRINT
Calc. 190 REM Calculate I1 and I2
      200 D = R1 * R2 + R1 * R3 + R2 * R3
      210 I1 = (E1 * (R2 + R3) - E2 * R3) / D
      220 I2 = (-E2 * (R1 + R3) + E1 * R3) / D
Output 230 PRINT "The loop currents are:"
      240 PRINT "I1="; I1; "A"
      250 PRINT "I2="; I2; "A"
      260 END
    
```

```

For a 2-loop network
enter the following data:

R1=? 2
R2=? 1
R3=? 4
Voltage, E1=? 2
Voltage, E2=? 6

The loop currents are:
I1=-1 A
I2=-2 A
Ok

RUN
For a 2-loop network
enter the following data:

R1=? 1E3
R2=? 2.2E3
R3=? 3.3E3
Voltage, E1=? -5.4
Voltage, E2=? 8.6

The loop currents are:
I1=-4.551724E-03 A
I2=-4.294671E-03 A
    
```

Fig. 8.89 Programa em BASIC para calcular as correntes de malha no circuito da Fig. 8.88.

ver um programa em BASIC do que obter uma solução usando o PSpice. Na verdade, esta questão pode ser abordada a partir de vários pontos de vista. O importante, porém, é que o leitor conheça as vantagens e desvantagens de trabalhar com um programa já pronto ou com uma linguagem de programação.

O primeiro exemplo da Fig. 8.89 emprega os mesmos valores do Exemplo 8.11, enquanto o segundo utiliza resistores na faixa de kilohm e uma fonte inversa.

PROBLEMAS

SEÇÃO 8.2 Fontes de Corrente

1. Encontre a tensão V_{ab} (incluindo a polaridade) entre os terminais da fonte de corrente ideal da Fig. 8.90.
2. a. Determine V para a fonte de corrente da Fig. 8.91(a) com uma resistência interna de $10\text{ k}\Omega$.
b. A fonte do item (a) pode ser substituída pela fonte de corrente ideal da Fig. 8.91(b), já que a resistência interna da fonte é muito maior que a da carga. Determine a tensão V na Fig.

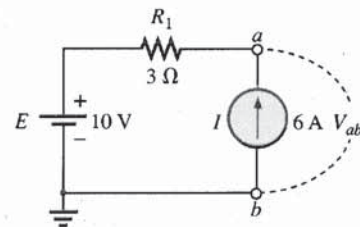


Fig. 8.90 Problema 1.

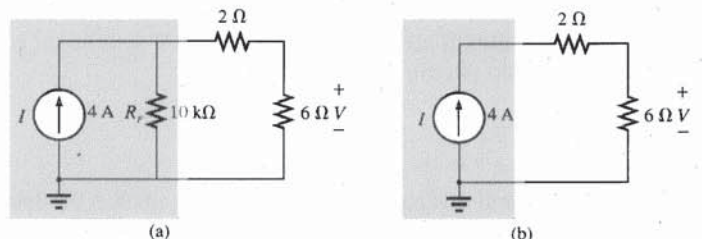


Fig. 8.91 Problema 2.



8.91(b) e compare-a com a obtida no item (a). O uso da fonte de corrente ideal é uma boa aproximação?

3. Para o circuito da Fig. 8.92:
 - a. Encontre as correntes I_1 e I_r .
 - b. Encontre as tensões V_r e V_3 .
4. Encontre a tensão V_3 e a corrente I_2 para o circuito da Fig. 8.93.

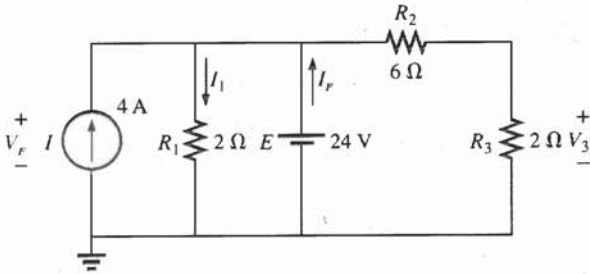


Fig. 8.92 Problema 3.

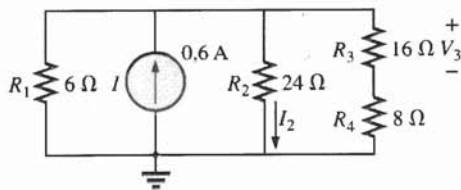


Fig. 8.93 Problema 4.

SEÇÃO 8.3 Conversões de Fonte

5. Converta as fontes de tensão da Fig. 8.94 para fontes de corrente.

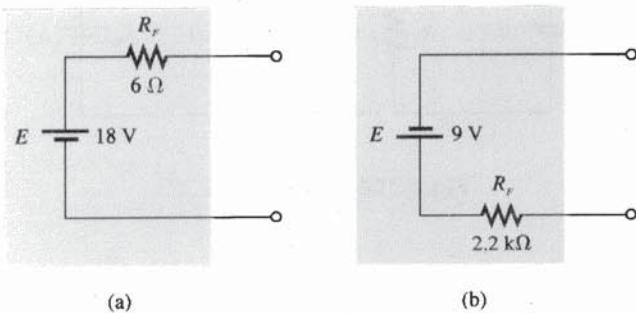


Fig. 8.94 Problema 5.

6. Converta as fontes de corrente da Fig. 8.95 para fontes de tensão.

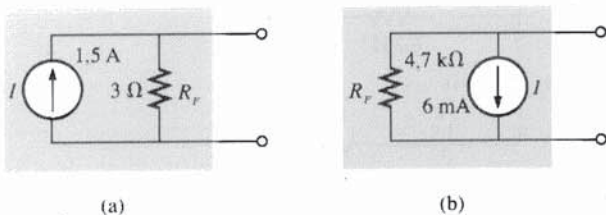


Fig. 8.95 Problema 6.

7. Para o circuito da Fig. 8.96:

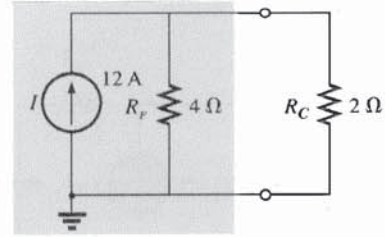


Fig. 8.96 Problema 7.

- a. Encontre a corrente no resistor de 2 Ω.
 - b. Converta a fonte de corrente e o resistor de 4 Ω para uma fonte de tensão e calcule novamente a corrente no resistor de 2 Ω. Compare os resultados.
8. Para a configuração da Fig. 8.97:

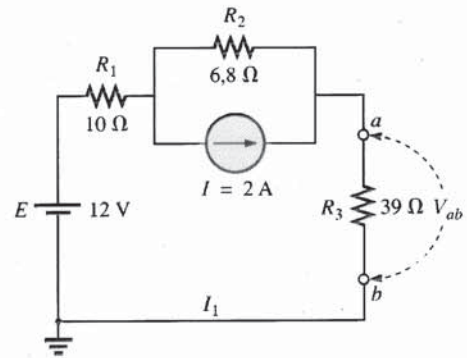


Fig. 8.97 Problema 8.

- a. Converta a fonte de corrente e o resistor de 6,8 Ω para uma fonte de tensão.
- b. Encontre a intensidade e o sentido da corrente I_1 .
- c. Encontre a tensão V_{ab} , incluindo a polaridade.

SEÇÃO 8.4 Fontes de Corrente em Paralelo

9. Encontre a tensão V_2 e a corrente I_1 para o circuito da Fig. 8.98.

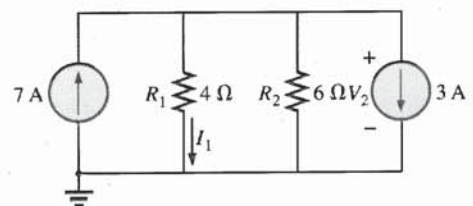


Fig. 8.98 Problema 9.

10. a. Converta as fontes de tensão da Fig. 8.99 para fontes de corrente.

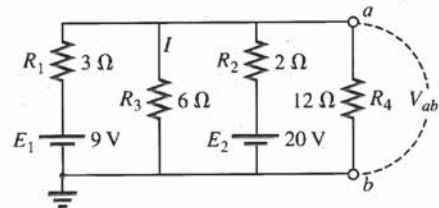


Fig. 8.99 Problema 10.



- b. Encontre a tensão V_{ab} , incluindo a polaridade.
 c. Encontre a intensidade e o sentido da corrente I .
 11. Para o circuito da Fig. 8.100:

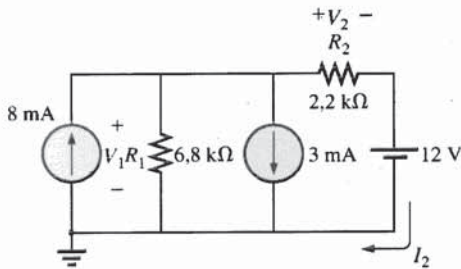
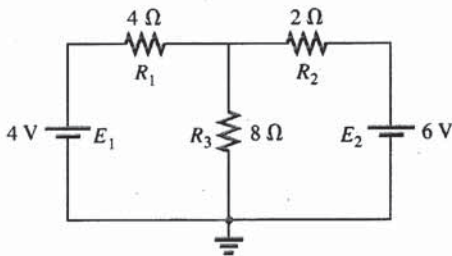


Fig. 8.100 Problema 11.

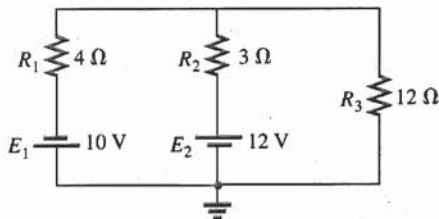
- a. Converta a fonte de tensão para uma fonte de corrente.
 b. Reduza o circuito a uma única fonte de corrente e determine a tensão V_1 .
 c. Usando os resultados da letra (b), determine V_2 .
 d. Calcule a corrente I_2 .

SEÇÃO 8.6 Análise das Correntes nos Ramos

12. Usando a análise das correntes nos ramos, encontre a intensidade e o sentido das correntes nos resistores dos circuitos da Fig. 8.101.



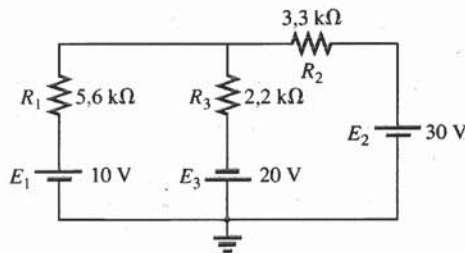
(a)



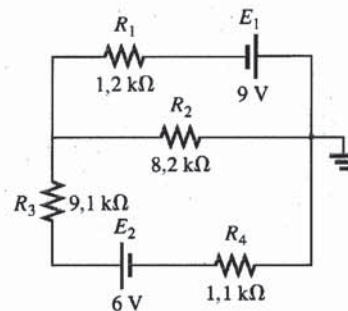
(b)

Fig. 8.101 Problemas 12, 17, 25, 54 e 57.

- *13. Usando a análise das correntes nos ramos, encontre as correntes nos resistores dos circuitos da Fig. 8.102. Todos os resistores possuem valores comerciais.



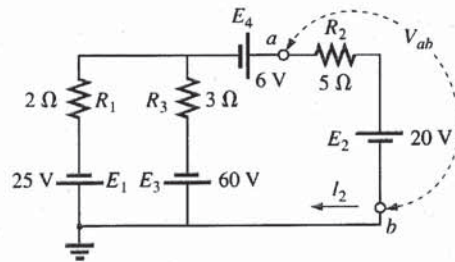
(I)



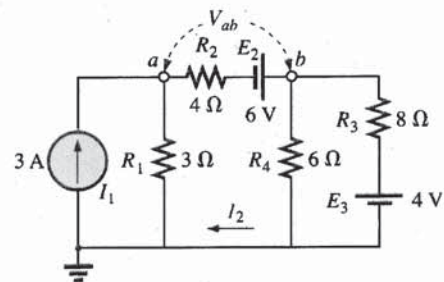
(II)

Fig. 8.102 Problemas 13, 18 e 26.

- *14. Para os circuitos da Fig. 8.103, determine a corrente I_2 usando a análise das correntes nos ramos e encontre a tensão V_{ab} .



(I)



(II)

Fig. 8.103 Problemas 14, 19 e 27.

- *15. Para o circuito da Fig. 8.104:

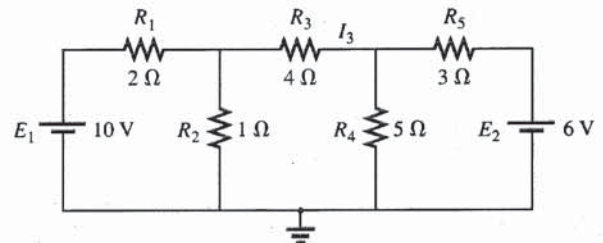


Fig. 8.104 Problemas 15 e 28.

- a. Escreva as equações necessárias para obter as correntes nos ramos.



- b. Utilizando a lei de Kirchoff para correntes, reduza o conjunto a três equações.
 - c. Reescreva as equações em um formato que possa ser resolvido usando determinantes de terceira ordem.
 - d. Obtenha no resistor R_3 .
- *16. Para o circuito com um transistor da Fig. 8.105:

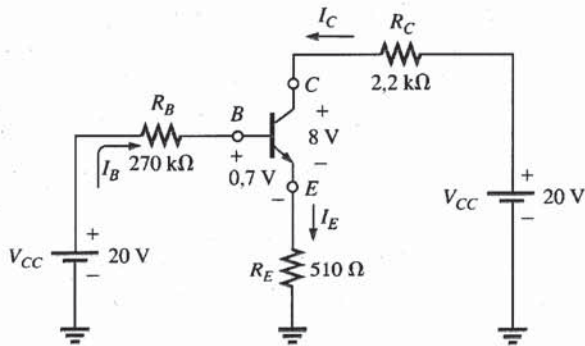


Fig. 8.105 Problema 16.

- a. Encontre as correntes I_B , I_C e I_E sabendo que $V_{BE} = 0,7\text{ V}$ e $V_{CE} = 8\text{ V}$.
- b. Encontre as tensões V_B , V_C e V_E em relação à terra.
- c. Qual a relação entre a corrente de saída I_C e a corrente de entrada I_B ? [Nota: Na análise de transistores, esta relação é chamada de beta estático do transistor (β_{dc}).]

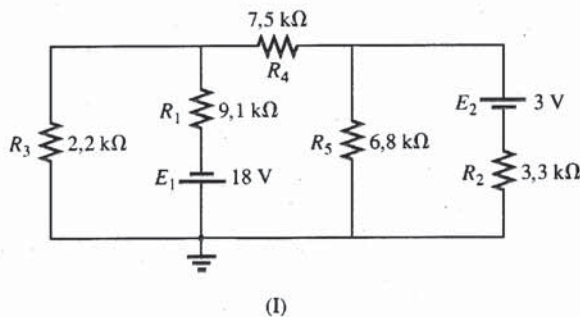


Fig. 8.107 Problemas 22, 30 e 55.

SEÇÃO 8.7 Método das Malhas (Abordagem Geral)

- 17. Encontre as correntes nos resistores dos circuitos da Fig. 8.101.
- 18. Encontre as correntes nos resistores dos circuitos da Fig. 8.102.
- 19. Encontre as correntes de malha e a tensão V_{ab} para cada circuito da Fig. 8.103. Use correntes de malha no sentido horário.
- 20. a. Encontre a corrente I_3 para o circuito da Fig. 8.104 usando a análise de malhas.
b. Com base nos resultados da letra (a), como você pode comparar a aplicação do método das malhas com o método das correntes nos ramos?
- *21. Usando o método das malhas, determine a corrente no resistor de $5\ \Omega$ para cada circuito da Fig. 8.106 e em seguida determine a voltagem V_a .

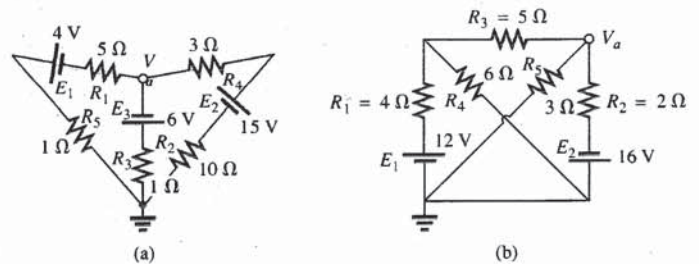
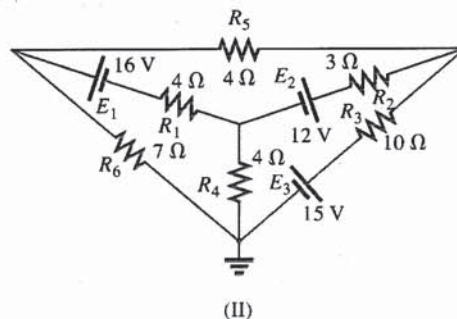
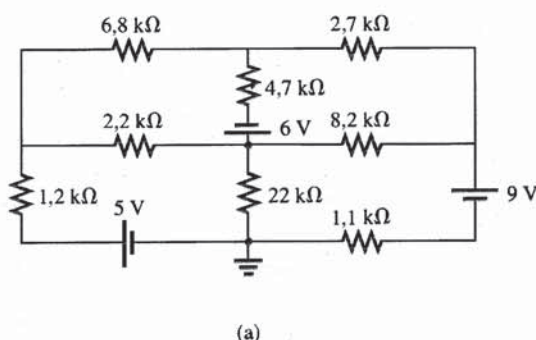


Fig. 8.106 Problemas 21 e 29.

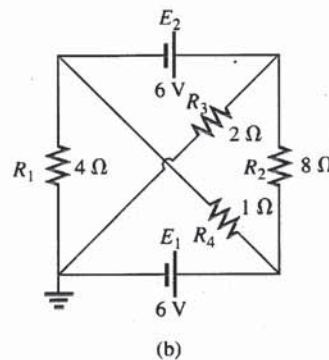
- *22. Escreva as equações de malha para cada um dos circuitos da Fig. 8.107 e, usando determinantes, encontre as correntes de malha em cada circuito. Use correntes de malha no sentido horário.



- *23. Escreva as equações de malha para cada um dos circuitos da Fig. 8.108 e, usando determinantes, obtenha as correntes de malha em cada circuito.



(a)



(b)

Fig. 8.108 Problemas 23, 31 e 58.



*24. Usando a abordagem da supermalha, encontre as correntes em todos os elementos dos circuitos da Fig. 8.109.

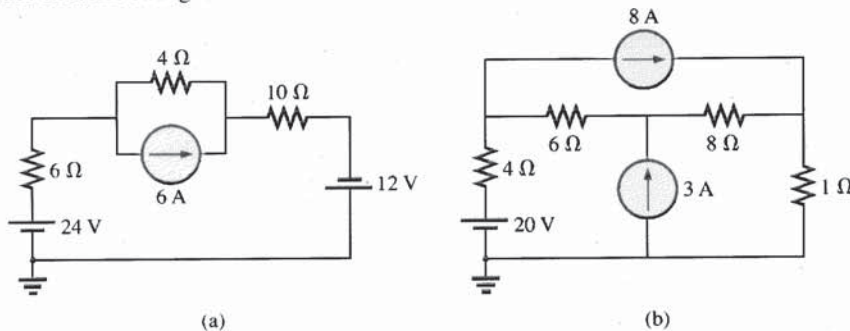


Fig. 8.109 Problema 24.

SEÇÃO 8.8 Método das Malhas (Abordagem Padronizada)

- 25. Usando a abordagem padronizada, escreva as equações de malha para os circuitos da Fig. 8.101. Existe simetria? Usando determinantes, calcule as correntes de malha.
- 26. a. Usando a abordagem padronizada, escreva as equações de malha para os circuitos da Fig. 8.102.
b. Usando determinantes, calcule as correntes de malha.
c. Determine a intensidade e o sentido das correntes em todos os resistores.
- 27. a. Usando a abordagem padronizada, escreva as equações de malha para os circuitos da Fig. 8.103.
b. Usando determinantes, obtenha as correntes de malha.
c. Determine a intensidade e o sentido das correntes em todos os resistores.

- 28. Determine a corrente I_3 para o circuito da Fig. 8.104 usando o método das malhas e compare com a solução do Problema 15.
- 29. Usando o método das malhas, determine $I_{5\Omega}$ e V_a para o circuito da Fig. 8.106(b).
- 30. Usando o método das malhas, determine as correntes de malha para os circuitos da Fig. 8.107.
- 31. Usando o método das malhas, determine as correntes de malha para os circuitos da Fig. 8.108.

SEÇÃO 8.9 Método dos Nós (Abordagem Geral)

- 32. Escreva as equações de nó para os circuitos da Fig. 8.110 e, usando determinantes, calcule as tensões nodais. Existe simetria?
- 33. a. Escreva as equações nodais para os circuitos da Fig. 8.111.
b. Usando determinantes, obtenha as tensões nodais.
c. Determine as intensidades e as polaridades das tensões entre os terminais de todos os resistores.

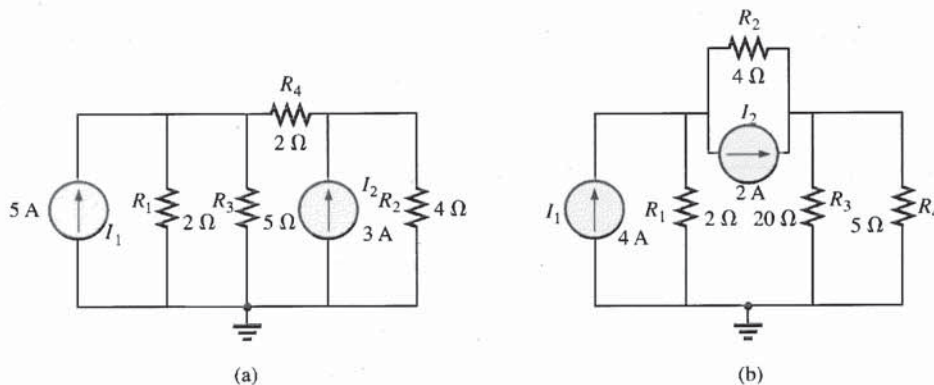


Fig. 8.110 Problemas 32 e 38.

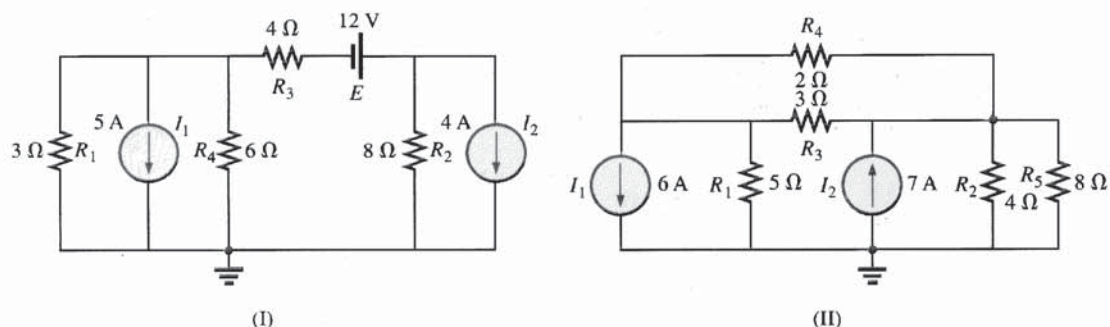


Fig. 8.111 Problemas 33, 39 e 56.



34. a. Escreva as equações nodais para os circuitos da Fig. 8.107.
 b. Usando determinantes, obtenha as tensões nodais.
 c. Determine as intensidades e as polaridades das tensões entre os terminais de todos os resistores.
- *35. Para os circuitos da Fig. 8.112, escreva as equações nodais e obtenha as tensões correspondentes.

SEÇÃO 8.10 Método dos Nós (Abordagem Padronizada)

38. Usando a abordagem padronizada, escreva as equações nodais para os circuitos da Fig. 8.110. Existe simetria? Usando determinantes, calcule as tensões nodais.

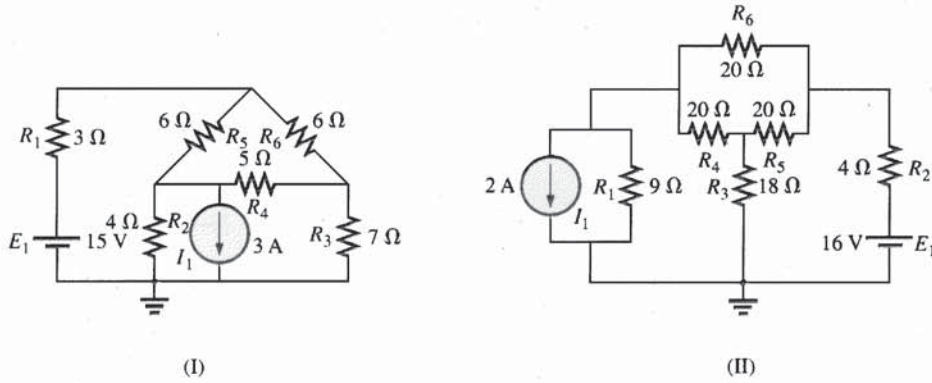


Fig. 8.112 Problemas 35 e 40.

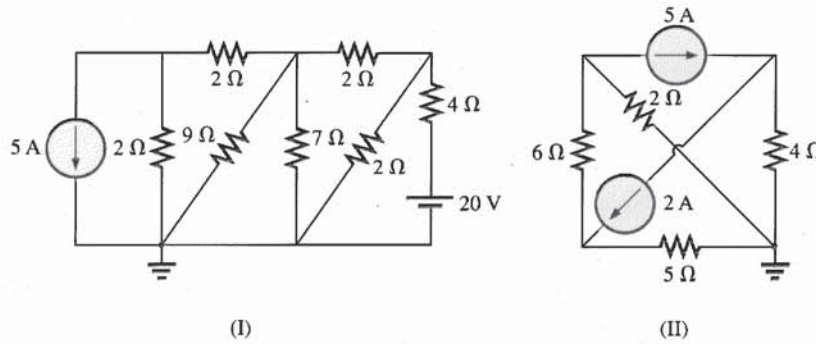


Fig. 8.113 Problemas 36 e 41.

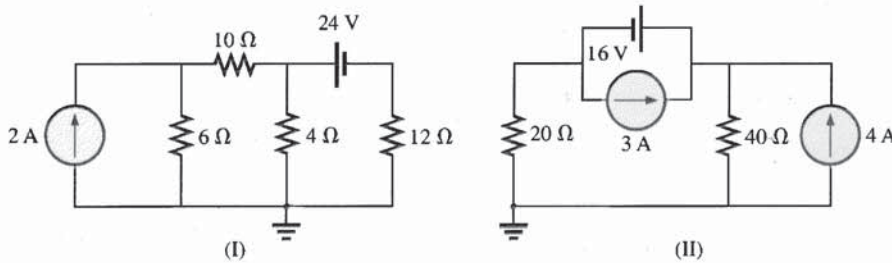


Fig. 8.114 Problemas 37 e 59.

36. a. Determine as tensões nodais para os circuitos da Fig. 8.113.
 b. Encontre a tensão entre os terminais de todas as fontes de corrente.
- *37. Usando a abordagem do supernó, determine as tensões nodais para os circuitos da Fig. 8.114.
39. a. Escreva as equações nodais para os circuitos da Fig. 8.111.
 b. Encontre as tensões nodais.
 c. Encontre as intensidades e polaridades das tensões entre os terminais de todos os resistores.
40. a. Escreva as equações nodais para os circuitos da Fig. 8.112.



- b. Resolva-as para obter as tensões nodais.
 - c. Encontre a intensidade e polaridade das tensões entre os terminais de todos os resistores.
41. Determine as tensões nodais para os circuitos da Fig. 8.113 e em seguida determine as tensões entre os terminais de todas as fontes de corrente.

SEÇÃO 8.11 Circuitos em Ponte

42. Para o circuito em ponte da Fig. 8.115:
- a. Escreva as equações de malha usando a abordagem padronizada.
 - b. Determine a corrente em R_5 .
 - c. O circuito está equilibrado?
 - d. A Eq. 8.4 é satisfeita?
43. Para o circuito da Fig. 8.115:

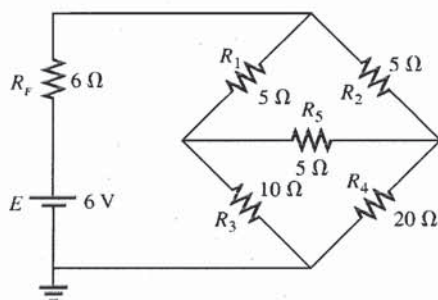


Fig. 8.115 Problemas 42 e 43.

- a. Escreva as equações nodais usando a abordagem padronizada.
 - b. Determine a corrente em R_5 .
 - c. O circuito está equilibrado?
 - d. A Eq. 8.4 é satisfeita?
44. Para o circuito em ponte da Fig. 8.116:
- a. Escreva as equações de malha usando a abordagem padronizada.
 - b. Determine a corrente em R_5 .
 - c. O circuito está equilibrado?
 - d. A Eq. 8.4 é satisfeita?

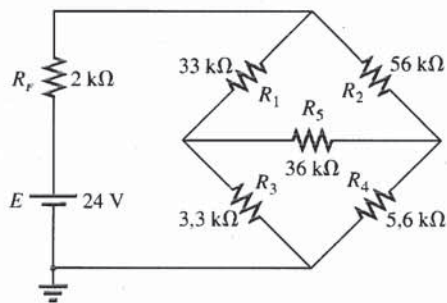
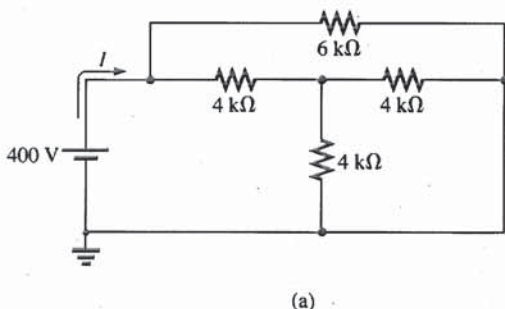
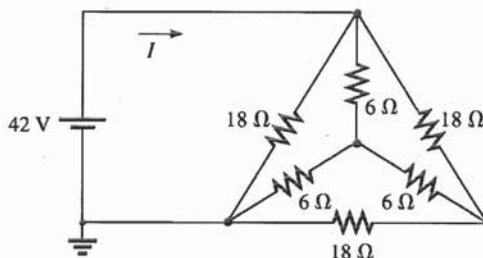


Fig. 8.116 Problemas 44 e 45.



(a)



(b)

Fig. 8.120 Problema 49.

45. Para o circuito em ponte da Fig. 8.116:
- a. Escreva as equações de nó usando a abordagem padronizada.
 - b. Determine a corrente em R_5 .
 - c. O circuito está equilibrado?
 - d. A Eq. 8.4 é satisfeita?
46. Escreva as equações nodais para a configuração em ponte da Fig. 8.117. Use a abordagem padronizada.

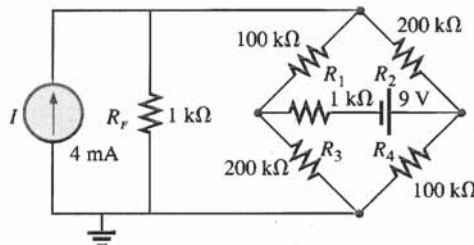


Fig. 8.117 Problema 46.

- *47. Determine a corrente na resistência interna da fonte, R_f , para os dois circuitos da Fig. 8.118, usando o método das malhas ou o método dos nós. Explique as razões da sua escolha.

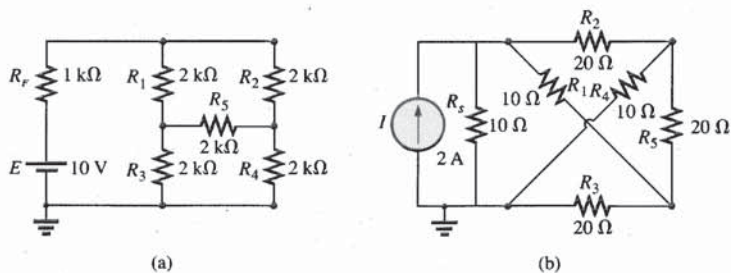


Fig. 8.118 Problema 47.

SEÇÃO 8.12 Conversões Y-Δ (T-π) e Δ-Y (π-T)

48. Usando uma conversão Δ-Y ou Y-Δ, encontre a corrente I nos circuitos da Fig. 8.119.
- *49. Repita o Problema 48 para os circuitos da Fig. 8.120.

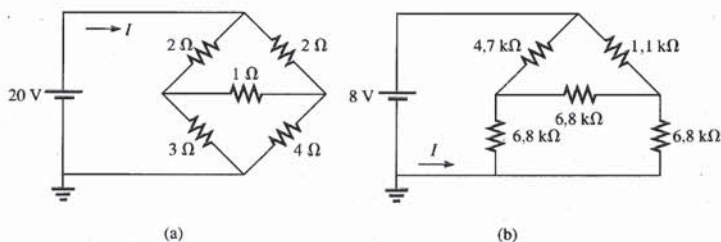


Fig. 8.119 Problema 48.



*50. Determine a corrente I para o circuito da Fig. 8.121.

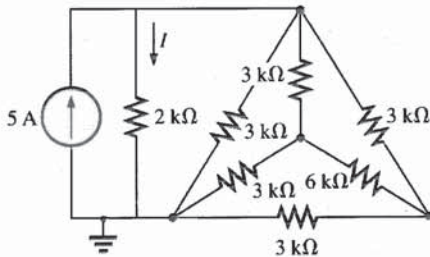


Fig. 8.121 Problema 50.

*51. a. Substitua a configuração T da Fig. 8.122 (composta de resistores de 6 kΩ) por uma configuração π.

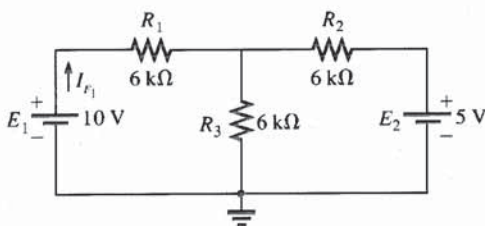


Fig. 8.122 Problema 51.

b. Obtenha a corrente fornecida pela fonte, I_{F_1} .

*52. a. Substitua a configuração π da Fig. 8.123 (composta de resistores de 3 kΩ) por uma configuração T.

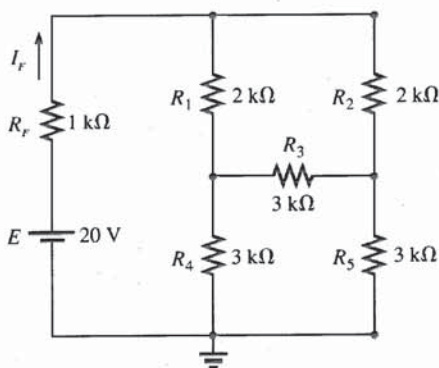


Fig. 8.123 Problema 52.

b. Obtenha a corrente I_f .
*53. Usando conversões Δ-Y ou Y-Δ, determine a resistência total do circuito da Fig. 8.124.

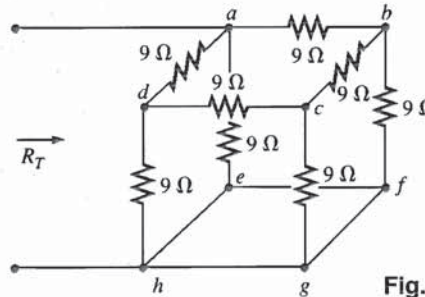


Fig. 8.124 Problema 53.

SEÇÃO 8.13 Análise Computacional

PSpice (DOS)

- 54. Escreva um arquivo de entrada do PSpice para o circuito da Fig. 101(b) de modo a obter as três correntes de ramo.
- 55. Escreva um arquivo de entrada do PSpice para o circuito da Fig. 8.107(I) para obter a tensão V_{R_4} e a corrente I_{R_2} .
- 56. Escreva um arquivo de entrada do PSpice para o circuito da Fig. 111(II) de modo a obter V_{R_4} .

PSpice (Windows)

- 57. Usando um diagrama esquemático, encontre as correntes em todos os elementos da Fig. 8.101.
- 58. Usando um diagrama esquemático, encontre as correntes de malha para o circuito da Fig. 8.108(a).
- 59. Usando um diagrama esquemático, determine as tensões nodais para o circuito da Fig. 8.114(II).

Linguagens de Programação (C++, BASIC, PASCAL etc.)

- 60. Dadas duas equações simultâneas, escreva um programa para determinar os valores das incógnitas.
- 61. Escreva um programa para calcular as duas correntes de malha do circuito da Fig. 8.25 (quaisquer que sejam os valores dos componentes) usando o método das malhas e determinantes.
- 62. Escreva um programa para calcular as tensões nodais do circuito da Fig. 8.42 (quaisquer que sejam os valores dos componentes) usando o método dos nós e determinantes.

GLOSSÁRIO

Circuito em Ponte Circuito cuja aparência lembra um losango e no qual não existem dois elementos em série ou paralelo.

Configuração Delta (Δ) ou Pi (π) Circuito formado por três ramos, que possui a aparência da letra grega delta (Δ) ou da letra grega pi (π).

Configuração Ípsilon (Y) ou Tê (T) Circuito formado por três ramos, que possui a aparência da letra Y ou da letra T.

Corrente de Malha Corrente que associamos a cada malha distinta de um circuito que pode, individualmente ou em combinação com outras correntes de malha, definir todas as correntes nos ramos do circuito.

Fontes de Corrente Fontes que fornecem uma corrente fixa a um circuito e cuja tensão entre os terminais depende do circuito ao qual estão conectadas.

Método das Correntes nos Ramos Técnica para determinar as correntes nos ramos de um circuito com mais de uma malha.

Método das Malhas Técnica para determinar as correntes de malha de um circuito que resulta em um número reduzido de equações, quando comparado com o método das correntes dos ramos.

Método dos Determinantes Técnica matemática para encontrar as soluções de duas ou mais equações lineares simultâneas.

Método dos Nós Técnica para determinar as tensões nodais de um circuito.

Nó Uma junção de dois ou mais ramos em um circuito.



```

For the network of Fig. 9.122
enter the following data:

R1=? 6
R2=? 3
R3=? 8
RL=? 10
Supply voltage, E=? 48
and supply current, I=? 2

Using Thevenin's Theorem:
Rth= 10 ohms
and Eth= 20 volts

      RL      IL      VL      PL      PD      n%
      ---      ---      ---      ---      ---      ---
      2      1.666667  3.333333  5.555556  33.33333  16.66667
      4      1.428572  5.714286  8.163265  28.57143  28.57143
      6      1.25      7.5      9.375     25      37.5
      8      1.111111  8.888889  9.876544  22.22222  44.44445
Rth= 10      1      10      10      20      50
      12      .9090909    10.90909  9.917356  18.18182  54.54546
      14      .8333333    11.66667  9.722221  16.66667  58.33333
      16      .7692308    12.30769  9.467456  15.38462  61.53847
      18      .7142858    12.85714  9.183674  14.28572  64.28571
      20      .6666667    13.33333  8.888889  13.33333  66.66666
    
```

Fig. 9.123 Arquivos de entrada e de saída em BASIC para o circuito da Fig. 9.122. (continuação)

uma tabela de valores dos parâmetros de saída que vai de $R_{Th}/5$ até $2R_{Th}$ em incrementos de $R_{Th}/5$ (linha 330). Como R_{Th} vale 10Ω , a faixa de variação de R_C vai de 2Ω a 20Ω em intervalos de 2Ω . As linhas de 130 a 180 solicitam os parâmetros do circuito, enquanto as linhas de 200 a 210 calculam R_{Th} . A determinação de E_{Th} é feita da linha 220 à linha 260 utilizando o teorema da superposição; a impressão de E_{Th} e R_{Th} é feita da linha 270 até a linha 290. As linhas 310 e 320 criam um cabeçalho para a listagem, com o comando TAB simplesmente especificando a margem esquerda do texto e os espaços entre as colunas. A faixa de variação de R_C é especificada na linha 330, e todos os cálculos necessários são efetuados nas linhas de 340 a 360. A linha 390 especifica que se R_C foi igual a R_{Th} o comentário " $R_{Th} =$ " deverá ser introduzido no início da linha correspondente, como vemos na figura. As linhas 400 e 410 efetuam a impressão dos valores de todas as grandezas, enquanto a linha 420 envia o programa de volta à linha 330 para repetir os cálculos com o valor seguinte de R_C .

Note que obtemos a potência máxima quando $R_C = R_{Th} = 10 \Omega$, e nestas condições temos uma eficiência de 50%. PF simboliza a potência fornecida pela fonte, enquanto PL simboliza a potência recebida pela carga.

PROBLEMAS

SEÇÃO 9.2 Teorema da Superposição

1. a. Utilizando o teorema da superposição, calcule as correntes nos resistores do circuito da Fig. 9.124.
 b. Calcule as potências fornecidas pelas duas fontes a R_1 .
 c. Utilizando o valor da corrente total que atravessa R_1 , calcule a potência total dissipada por R_1 .
 d. Podemos aplicar a superposição para calcular esta potência? Explique.
2. Calcule a corrente I no resistor de 10Ω , usando o teorema da superposição, para os circuitos na Fig. 9.125.

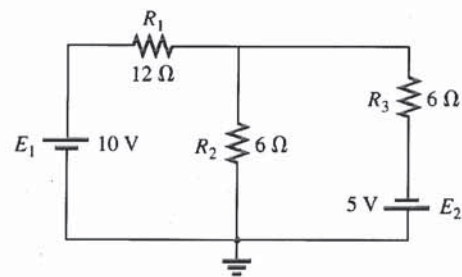


Fig. 9.124 Problema 1.

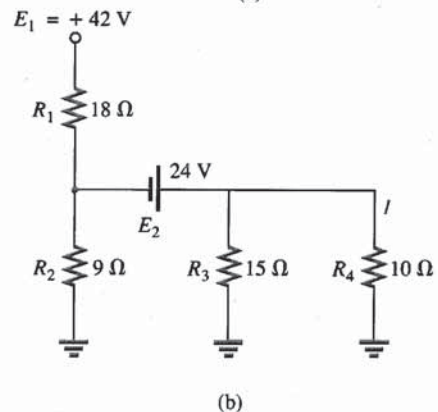
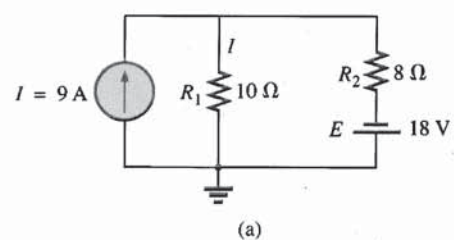
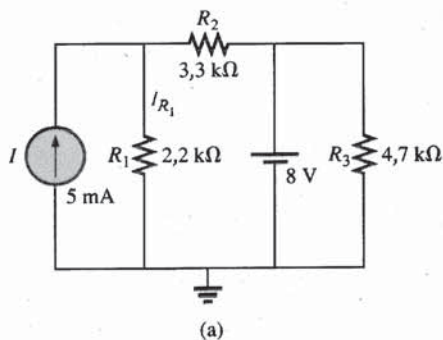


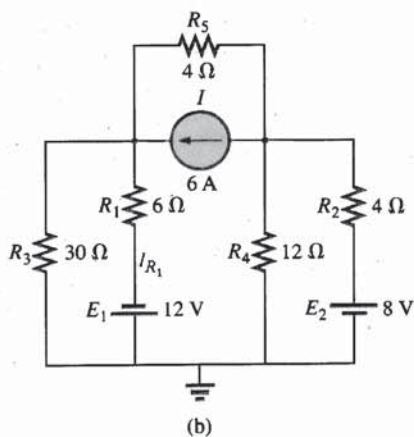
Fig. 9.125 Problemas 2, 37 e 44.



*3. Obtenha, utilizando o teorema da superposição, a corrente em R_1 nos circuitos da Fig. 9.126.



(a)



(b)

Fig. 9.126 Problema 3.

4. Calcule a tensão V_2 no circuito da Fig. 9.127, usando o teorema da superposição.

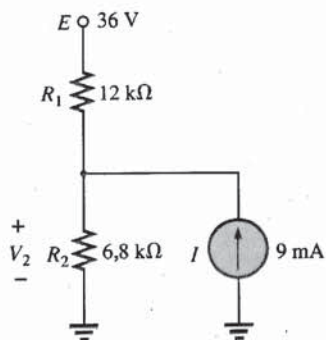


Fig. 9.127 Problemas 4 e 40.

SEÇÃO 9.3 Teorema de Thévenin

5. a. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para o circuito externo ao resistor R da Fig. 9.128.
 b. Calcule a corrente em R para R igual a 2,30 e 100 Ω .

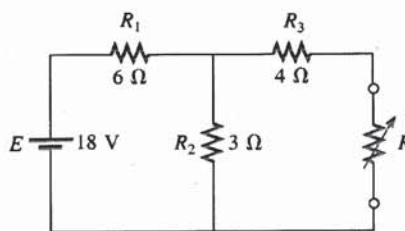
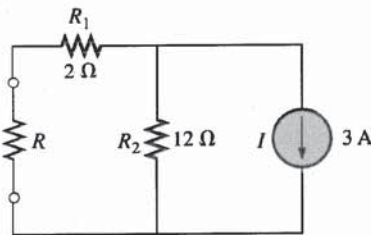
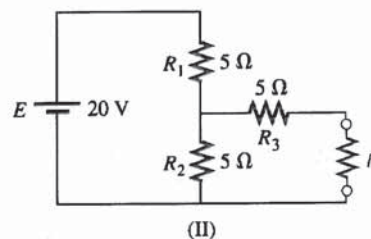


Fig. 9.128 Problema 5.

6. a. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para o circuito externo ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.129.
 b. Calcule a potência fornecida a R para R igual a 2 Ω e 100 Ω .



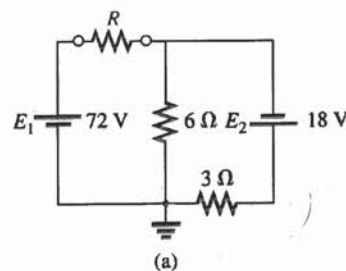
(I)



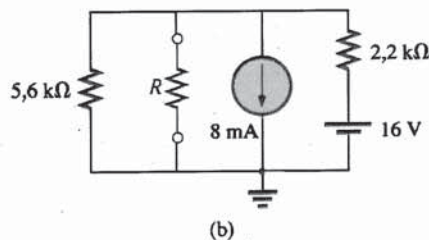
(II)

Fig. 9.129 Problemas 6, 13, 19 e 38.

7. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para o circuito externo ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.130.



(a)



(b)

Fig. 9.130 Problemas 7, 14 e 20.



*8. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para o circuito externo ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.131.

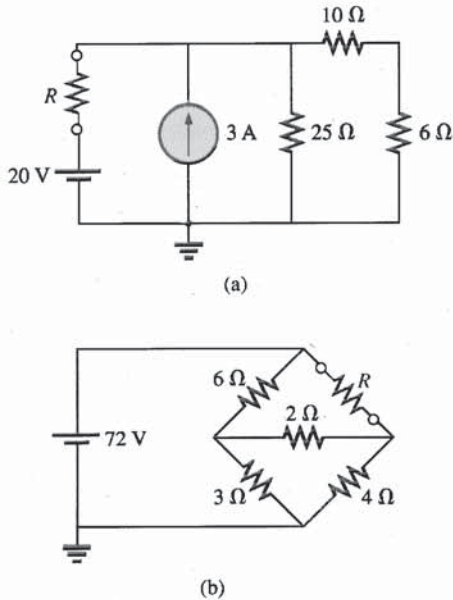


Fig. 9.131 Problemas 8, 15, 21, 39, 41, 42 e 45.

*9. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para as partes dos circuitos da Fig. 9.132 externas aos pontos a e b .

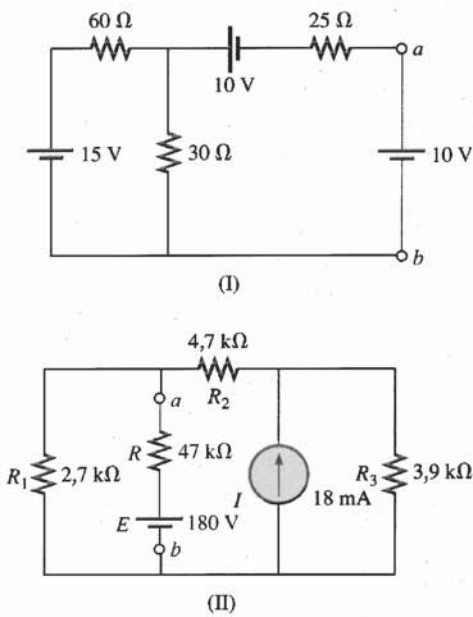


Fig. 9.132 Problemas 9 e 16.

*10. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para o circuito externo ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.133.

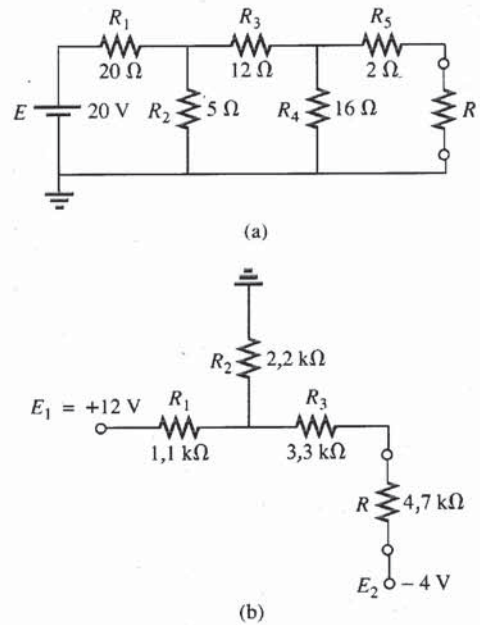


Fig. 9.133 Problemas 10 e 17.

*11. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para a parte do circuito externa ao resistor de carga R_C da Fig. 9.134.

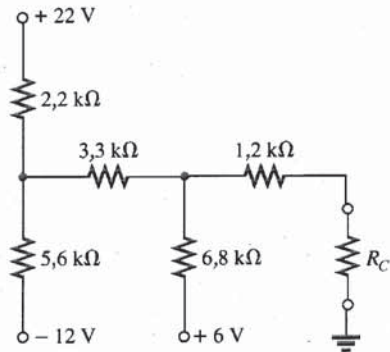


Fig. 9.134 Problema 11.

*12. Para o circuito com um transistor da Fig. 9.135,

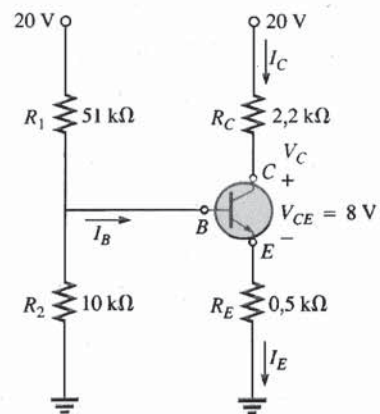


Fig. 9.135 Problema 12.



- a. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para a parte do circuito à esquerda do terminal da base (B).
- b. Sabendo que $I_C = I_E$ e $V_{CE} = 8\text{ V}$, calcule I_E .
- c. Usando os resultados das partes (a) e (b), calcule a corrente de base I_B para $V_{BE} = 0,7\text{ V}$.
- d. Qual o valor da tensão V_C ?

- 22. a. No circuito da Fig. 9.137, calcule o valor de R que torna máxima a potência dissipada em R .
- b. Determine o valor desta potência.
- c. Trace um gráfico da potência dissipada em R em função de R para R igual a $\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 1\frac{3}{4}$ e 2 vezes o valor obtido no item (a).

SEÇÃO 9.4 Teorema de Norton

- 13. Desenhe o circuito equivalente de Norton para o circuito externo ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.129.
- 14. a. Encontre o equivalente de Norton para o circuito externo ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.130.
- b. Faça a conversão para o circuito equivalente de Thévenin e compare os valores assim obtidos de E_{Th} e R_{Th} com os encontrados no Problema 7.
- 15. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para a parte do circuito externa ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.131.
- 16. a. Desenhe o circuito equivalente de Thévenin para a parte do circuito externa ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.132.
- b. Faça a conversão para o circuito equivalente de Thévenin e compare os valores assim obtidos de E_{Th} e R_{Th} com os encontrados no Problema 9.
- 17. Desenhe o circuito equivalente de Norton para a parte do circuito externa ao resistor R nos circuitos da Fig. 9.133.
- 18. Desenhe o circuito equivalente de Norton para as partes dos circuitos da Fig. 9.136 externas ao ramo ab .

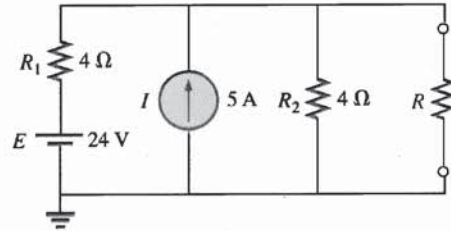


Fig. 9.137 Problemas 22 e 46.

- *23. Determine a resistência R_1 na Fig. 9.138 para que a potência dissipada em R_4 seja máxima. Pense!

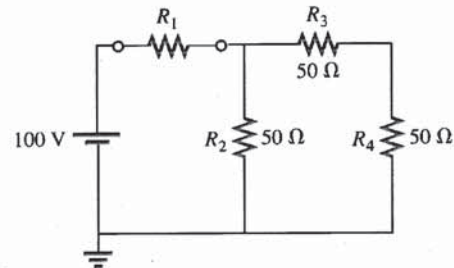


Fig. 9.138 Problema 23.

SEÇÃO 9.5 Teorema da Transferência Máxima de Potência

- 19. a. Encontre, para os circuitos da Fig. 9.129, o valor de R que torna máxima a potência dissipada em R .
- b. Calcule o valor desta potência para cada circuito.
- 20. a. Encontre, nos circuitos da Fig. 9.130, o valor de R que torna máxima a potência dissipada em R .
- b. Calcule o valor desta potência para cada circuito.
- 21. Para os circuitos da Fig. 9.131, encontre o valor de R que torna máxima a potência dissipada em R e o valor desta potência.

- *24. a. Qual o valor de R_2 na Fig. 9.139 para que a potência dissipada em R_4 seja máxima?
- b. É possível fazer alguma afirmativa geral acerca de situações como as descritas neste problema e no anterior?

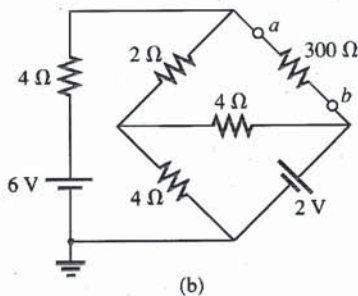
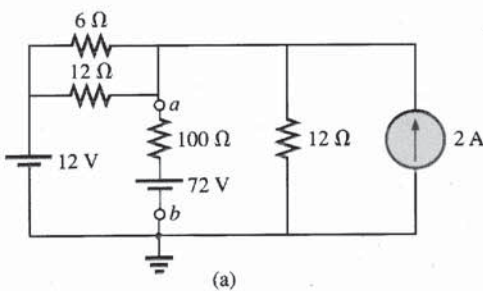


Fig. 9.136 Problemas 18 e 43.

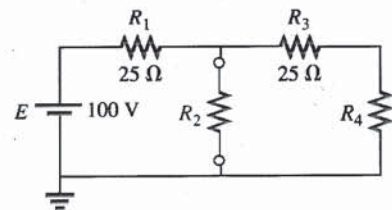


Fig. 9.139 Problema 24.

- 25*. Determine o valor de R no circuito da Fig. 9.140 que torna máxima a potência fornecida ao resistor de $100\ \Omega$.

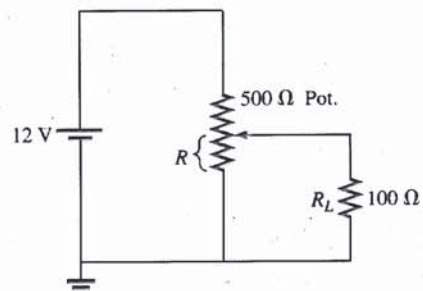


Fig. 9.140 Problema 25.



SEÇÃO 9.6 Teorema de Millman

26. Calcule, usando o teorema de Millman, a tensão entre os terminais de R_C e a corrente que o atravessa, no circuito da Fig. 9.141.

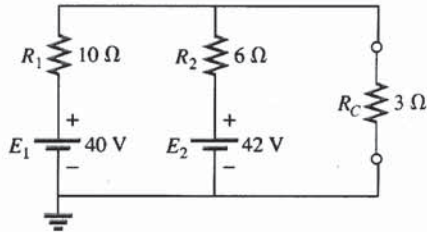


Fig. 9.141 Problema 26.

27. Repita o Problema 26 para o circuito da Fig. 9.142.

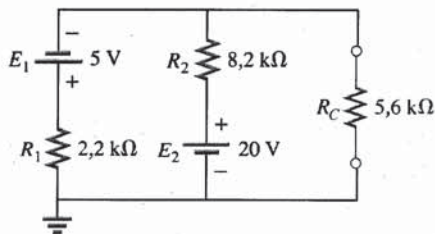


Fig. 9.142 Problema 27.

28. Repita o Problema 26 para o circuito da Fig. 9.143.

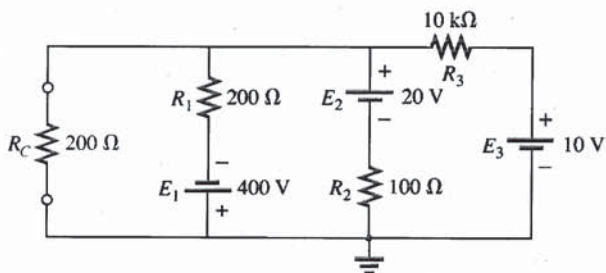


Fig. 9.143 Problema 28.

29. Utilizando o dual do teorema de Millman, calcule a corrente no resistor R_C na Fig. 9.144 e a ddp entre seus terminais.

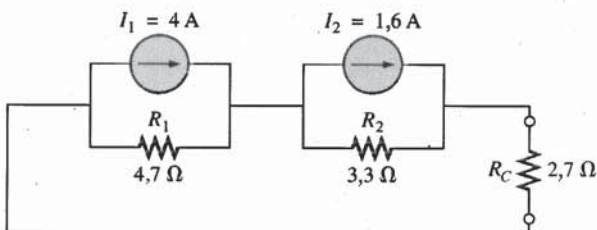


Fig. 9.144 Problema 29.

*30. Refaça o Problema 29 para o circuito da Fig. 9.145.

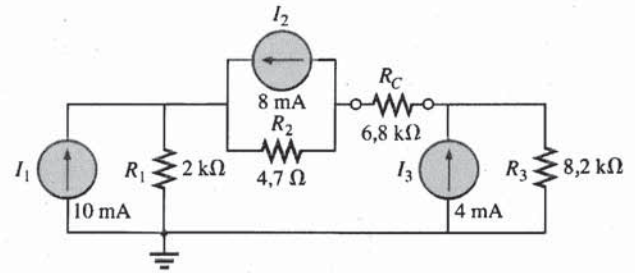


Fig. 9.145 Problema 30.

SEÇÃO 9.7 Teorema da Substituição

31. Usando o teorema da substituição, desenhe três ramos equivalentes ao ramo ab do circuito da Fig. 9.146.

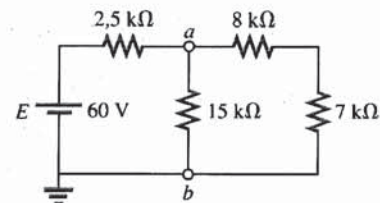


Fig. 9.146 Problema 31.

32. Repita o Problema 31 para o circuito da Fig. 9.147.

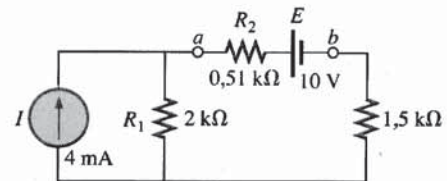


Fig. 9.147 Problema 32.

*33. Repita o Problema 31 para o circuito da Fig. 9.148. Cuidado!

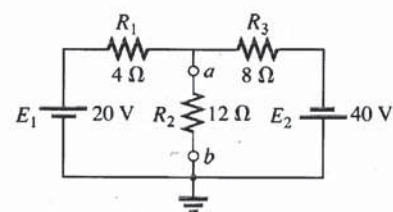
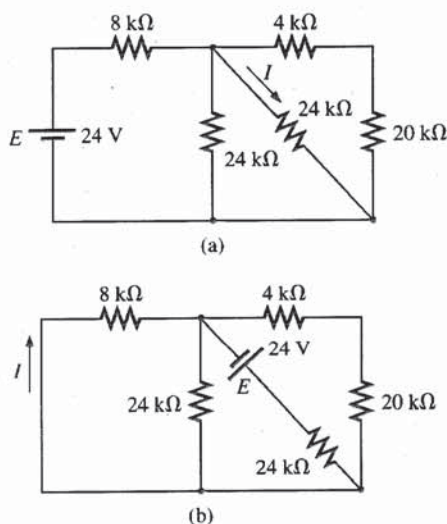


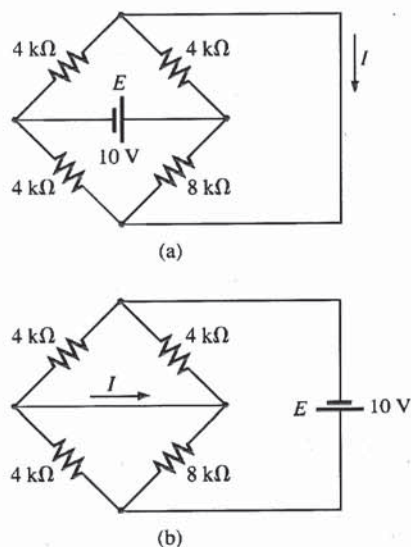
Fig. 9.148 Problema 33.

SEÇÃO 9.8 Teorema da Reciprocidade

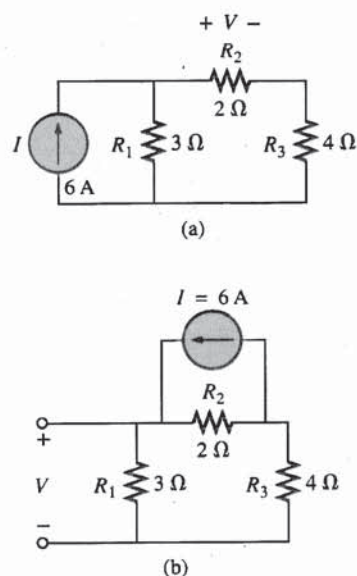
34. a. Determine a corrente I no circuito da Fig. 9.149(a).
 b. Repita o item (a) para o circuito da Fig. 9.149(b).
 c. Suas respostas são compatíveis com o teorema da reciprocidade?


Fig. 9.149 Problema 34.

35. Repita o Problema 34 para os circuitos da Fig. 9.150.


Fig. 9.150 Problema 35.

36. a. Determine a tensão V para o circuito da Fig. 9.151(a).
 b. Repita o item (a) para o circuito da Fig. 9.151(b).
 c. Suas soluções concordam com o dual do teorema da reciprocidade?


Fig. 9.151 Problema 36.

38. Escreva o arquivo de entrada necessário para determinar o circuito equivalente de Thévenin para a parte do circuito da Fig. 9.192(II) externa ao resistor R .
 39. Escreva o arquivo de entrada necessário para determinar o circuito equivalente de Norton do circuito externo ao resistor R na Fig. 9.131(a).

PSpice (Windows)

40. Determine, utilizando um esquema, a tensão V_2 e as tensões parciais que para ela contribuem no circuito da Fig. 9.127.
 41. Utilizando um esquema, determine o circuito equivalente de Thévenin para o circuito da Fig. 9.131(b).
 *42. a. Utilizando um esquema, obtenha o gráfico da potência fornecida ao resistor R da Fig. 9.131(a), para R variando de 1 a 50 Ω .
 b. Determine, a partir do gráfico, o valor de R que torna máxima a potência dissipada por R e o valor desta potência.
 c. Compare os resultados da parte (a) com a solução numérica.
 d. Construa o gráfico V_R e I_R em função de R e determine seus valores quando a potência fornecida a R é máxima.
 *43. Substitua o resistor de 300 Ω da Fig. 9.131(b) por um resistor variável e faça um gráfico da potência dissipada por ele em função do seu valor. Determine a faixa de valores para a resistência por tentativa e erro em vez de resolver o circuito analiticamente. Use os resultados para determinar o circuito equivalente de Norton. A corrente de Norton pode ser obtida a partir da máxima potência transferida para a carga.

Linguagens de Programação (C++ , BASIC, PASCAL etc.)

44. Escreva um programa para determinar a corrente no resistor de 10 Ω da Fig. 9.125(a) (para quaisquer valores dos componentes) utilizando o teorema de superposição.
 45. Escreva um programa para resolver o Problema 8, circuito (b), para quaisquer valores dos componentes.
 *46. Escreva um programa para resolver o Problema 22 e montar uma tabela da potência dissipada em R para os valores enumerados no item (c).

SEÇÃO 9.9 Análise Computacional
PSpice (DOS)

37. Escreva o arquivo de entrada necessário para calcular a corrente I e as correntes parciais que a constituem no circuito da Fig. 9.125(b), usando o teorema da superposição.



GLOSSÁRIO

.PROBE Comando do PSpice para obter arquivos de saída contendo gráficos e valores que não seriam obtidos de outro modo.

Teorema de Millman Método que emprega conversões de fonte para determinar variáveis desconhecidas em circuitos com várias malhas.

Teorema de Norton Teorema que permite reduzir qualquer circuito de corrente contínua linear de dois terminais a uma fonte de corrente e um resistor em paralelo.

Teorema da reciprocidade Teorema segundo o qual, em circuitos com uma única fonte, a corrente em qualquer ramo é igual à corrente no ramo onde a fonte estava originalmente, se esta mesma fonte for transferida para o ramo em que a corrente foi medida inicialmente.

Teorema da substituição Teorema segundo o qual se a corrente que atravessa qualquer ramo de um circuito de corrente contínua bilate-

ral e a ddp entre os terminais deste ramo são conhecidas, podemos substituí-lo por qualquer combinação de elementos que mantenha inalteradas a corrente e a ddp.

Teorema da superposição Teorema aplicável a circuitos lineares, segundo o qual podemos considerar os efeitos de cada fonte de modo independente. A tensão e a corrente resultantes são obtidas através da soma algébrica das correntes e das tensões produzidas individualmente pelas fontes.

Teorema da transferência máxima de potência Teorema usado para determinar a resistência de uma carga para que a potência fornecida a esta mesma carga seja máxima.

Teorema de Thévenin Teorema que permite a redução de qualquer circuito de corrente contínua linear de dois terminais a uma fonte de tensão e um resistor em série.

Apêndice I

RESPOSTAS DE ALGUNS PROBLEMAS SELECIONADOS COM NUMERAÇÃO ÍMPAR

Capítulo 1

5. 3 h
7. CGS
9. MKS = CGS = 20°C
K = SI = 293,15
11. 45,72 cm
13. (a) 15×10^3 (b) 30×10^{-3}
(c) $7,4 \times 10^6$ (d) $6,8 \times 10^{-6}$
(e) 402×10^{-6} (f) 200×10^{-12}
15. (a) 10^4 (b) 10
(c) 10^9 (d) 10^{-2}
(e) 10 (f) 10^{31}
17. (a) 10^{-1} (b) 10^{-4}
(c) 10^9 (d) 10^{-9}
(e) 10^{42} (f) 10^3
19. (a) 10^6 (b) 10^{-2}
(c) 10^{32} (d) 10^{-63}
21. (a) 10^{-6} (b) 10^{-3}
(c) 10^{-6} (d) 10^9
(e) 10^{-16} (f) 10^{-1}
23. (a) 0,006 (b) 400
(c) 5000, 5, 0,005
(d) 0,0003, 0,3, 300
25. (a) 90 s (b) 144 s
(c) $50 \times 10^3 \mu\text{s}$
(d) 160 mm (e) 120 ns
(f) 41,898 dias (g) 1,02 m
27. (a) 2,54 m (b) 1,219 m
(c) 26,7 N (d) 0,1348 lb.
(e) 4921,26 ft
(f) 3,2187 m (g) 8530,17 jardas
29. $670,62 \times 10^6$ mph
31. 2,045 s
33. 67,06 dias
35. 3600
37. 345,6 m
39. 0,02 milhas/min
41. (a) $4,74 \times 10^{-3}$ Btu
(b) $7,098 \times 10^{-4}$ m³
(c) $1,2096 \times 10^5$ s
(d) 2113,38 pints

Capítulo 2

3. (a) 18 mN (b) 2 mN
(c) 180 μN
7. (a) 72 mN
(b) $Q_1 = 20 \mu\text{C}$, $Q_2 = 40 \mu\text{C}$
9. 3,1 A
11. 90 C
13. 0,5 A

15. 1,194 A > 1 A (sim)
17. (a) 1,248 milhões
(b) 0,936 milhões. A opção (a).
19. 252 J
21. 4 C
23. 3,533 V
25. 5 A
27. 25 h
29. 0,773 h
31. a de 60 Ah pode fornecer 50% mais corrente.
33. 545,45 mA, 129,6 kJ
43. 600 C

Capítulo 3

1. (a) 500 mils (b) 10 mils
(c) 4 mils (d) 1000 mils
(e) 240 mils (f) 3,937 mils
3. (a) 0,04 in. (b) 0,03 in.
(c) 0,2 in. (d) 0,025 in.
(e) 0,00278 in. (f) 0,009 in.
5. 73,33 Ω
7. 3,581 ft
9. (a) $R_{\text{prata}} > R_{\text{cobre}} > R_{\text{alumínio}}$
(b) prata 9,9 Ω ,
cobre 1,037 Ω ,
alumínio 0,34 Ω
11. (a) 21,71 $\mu\Omega$ (b) 35,59 $\mu\Omega$
(c) aumenta (d) diminui
13. 942,28 m Ω
15. (a) #8:1,1308 Ω , #18:11,493 Ω
(b) #18:#8 = 10,164:1 \approx 10:1,
#18:#8 = 1:10,164 \approx 1:10
17. (a) 1,087 mA/CM
(b) 1,384 kA/in.²
(c) 3,6127 in.²
19. (a) 21,71 $\mu\Omega$ (b) 35,59 $\mu\Omega$
21. 0,15 in.
23. 2,409 Ω
25. 3,67 Ω
27. 0,046 Ω
29. (a) 40,29°C (b) -195,61°C
31. (a) $\alpha_{20} \approx 0,00393$
(b) 83,61°C
33. 1,751 Ω
35. 142,86
41. -30°C:10,2 k Ω ,
100°C:10,15 k Ω
43. 6,5 k Ω
47. (a) Vermelho Vermelho Marrom Prateado
(b) Amarelo Violeta Vermelho Prateado

- (c) Azul Cinza Laranja Prateado
(d) Branco Marrom Verde Prateado
49. sim
51. (a) 0,1566 S (b) 0,0955 S
(c) 0,0219 S
57. (a) 10 fc:3 k Ω , 100 fc:0,4 k Ω
(b) neg. (c) não-escalas logarítmicas
(d) -321,43 Ω/fc

Capítulo 4

1. 15 V
3. 4 k Ω
5. 72 mV
7. 54,55 Ω
9. 28,571 Ω
11. 1,2 k Ω
13. (a) 12,632 Ω (b) 4,1 MJ
17. 800 V
19. 1 W
21. (a) 57.600 J
(b) 16×10^{-3} kWh
23. 2 s
25. 196 μW
27. 4 A
29. 9,61 V
31. 0,833 A, 144,06 Ω
33. (a) 0,133 mA (b) 66,5 mAh
35. (c) $\approx 70,7$ mA
37. (a) 12 kW
(b) 10.130 W < 12.000 W (sim)
39. 16,34 A
41. (a) 238 W (b) 17,36%
43. (a) 1657,78 W
(b) 15,07 A
(c) 19,38 A
45. 65,25%
47. 80%
49. (a) 17,9%
(b) 76,73%, 328,66% de aumento
51. (a) 1350 J
P (b) W dobra, P permanece a mesma
53. 6,67 h
55. (a) 50 kW (b) 240,38 A
(c) 90 kWh
57. S2,19

Capítulo 5

1. (a) 20 Ω , 3 A
(b) 1,63 M Ω , 6,135 μA
(c) 110 Ω , 318,2 mA
(d) 10 k Ω , 12 mA

3. (a) 16 V (b) 4,2 V
 5. (a) 0,388 A (CW)
 (b) 2,087 A (CCW)
 7. (a) 5 V (b) 70 V
 9. 3,28 mA, 7,22 V
 11. (a) 70,6 Ω, 85 mA (CCW),
 $V_1 = 2,8045$ V,
 $V_2 = 0,4760$ V,
 $V_3 = 0,850$ V,
 $V_4 = 1,870$ V
 (b)-(c) $P_1 = 0,2384$ W,
 $P_2 = 0,0405$ W,
 $P_3 = 0,0723$ W,
 $P_4 = 0,1590$ W
 (d) $\frac{1}{2}$ W (todos)
 13. (a) 225 Ω, 0,533 A
 (b) 8 W
 (c) 15 V
 15. Todos V_{ab}
 (a) 66,67 V (b) -8 V
 (c) 20 V (d) 0,18 V
 17. (a) 12 V (b) 24 V
 (c) 60 Ω (d) 0,4 A
 (e) 60 Ω
 19. (a) $R_s = 80$ Ω
 (b) $0,2$ W $< \frac{1}{4}$ W
 21. $R_1 = 3$ kΩ, $R_2 = 15$ kΩ
 23. (a) $R_1 = 0,4$ kΩ, $R_2 = 1,2$ kΩ,
 $R_3 = 4,8$ kΩ
 (b) $R_1 = 0,4$ MΩ,
 $R_2 = 1,2$ MΩ,
 $R_3 = 4,8$ MΩ
 25. (a) I (sentido horário) = 6,667 A,
 $V = 20$ V
 (b) I (sentido horário) = 1 A,
 $V = 10$ V
 27. (a) 20 V, 26 V, 35 V,
 -12 V, 0 V
 (b) -6 V, -47 V, 9 V
 (c) -15 V, -38 V
 29. $V_0 = 0$ V, $V_4 = 10$ V,
 $V_7 = 4$ V, $V_{10} = 20$ V,
 $V_{23} = 6$ V, $V_{30} = -8$ V,
 $V_{67} = 0$ V, $V_{56} = -6$ V,
 I (para cima) = 1,5 A
 31. 2 Ω
 33. 100 Ω
 35. 1,52%

Capítulo 6

1. (a) 2, 3, 4 (b) 2, 3 (c) 1, 4
 3. (a) 6 Ω, 0,1667 S
 (b) 1 kΩ, 1 mS
 (c) 2,076 kΩ, 0,4817 mS
 (d) 1,333 Ω, 0,75 S
 (e) 9,948 Ω, 100,525 mS
 (f) 0,6889 Ω, 1,4516 S
 5. (a) 18 Ω (b) $R_1 = R_2 = 24$ Ω
 7. 120 Ω
 9. (a) 0,8571 Ω, 1,1667 S

- (b) $I_s = 1,05$ A, $I_1 = 0,3$ A,
 $I_2 = 0,15$ A, $I_3 = 0,6$ A
 (d) $P_1 = 0,27$ W,
 $P_2 = 0,135$ W,
 $P_3 = 0,54$ W,
 $P_{del.} = 0,945$ W
 (e) $R_1, R_2 = \frac{1}{2}$ W, $R_3 = 1$ W
 11. (a) 66,67 mA (b) 225 Ω
 (c) 8 W
 13. (a) $I_s = 7,5$ A, $I_1 = 1,5$ A
 (b) $I_s = 9,6$ mA, $I_1 = 0,8$ mA
 15. 1260 W
 17. (a) 4 mA (b) 24 V
 (c) 18,4 mA
 19. (a) $I_1 = 3$ mA, $I_2 = 1$ mA,
 $I_3 = 1,5$ mA
 (b) $I_2 = 4$ μA, $I_3 = 1,5$ μA,
 $I_4 = 5,5$ μA, $I_1 = 6$ μA
 21. (a) $R_1 = 5$ Ω, $R_2 = 10$ Ω
 (b) $E = 12$ V, $I_2 = 1,333$ A,
 $I_3 = 1$ A, $R_3 = 12$ Ω,
 $I = 4,333$ A
 (c) $I_1 = 64$ mA, $I_3 = 16$ mA,
 $I_2 = 20$ mA, $R = 3,2$ kΩ,
 $I = 36$ mA
 (d) $E = 30$ V, $I_1 = 1$ A,
 $I_2 = I_3 = 0,5$ A,
 $R_2 = R_3 = 60$ Ω,
 $P_{R_2} = 15$ W
 23. (a) $I_1 = 4$ A, $I_2 = 8$ A
 (b) $I_1 = 2$ A, $I_2 = 4$ A,
 $I_3 = 1$ A, $I_4 = 1,333$ A
 (c) $I_1 = 272,73$ mA,
 $I_2 = 227,27$ mA,
 $I_3 = 90,91$ mA,
 $I_4 = 500$ mA
 (d) $I_2 = 4,5$ A, $I_3 = 8,5$ A,
 $I_4 = 8,5$ A
 25. (a) $I = 4$ A, $I_2 = 4$ A,
 $I_1 = 3$ A
 27. $R_1 = 6$ kΩ, $R_2 = 1,5$ kΩ,
 $R_3 = 0,5$ kΩ
 29. $I = 3$ A, $R = 2$ Ω
 31. (a) 6,13 V
 (b) 9 V
 (c) 9 V
 33. (a) 4 V (b) 3,997 V
 (c) 3,871 V (d) 3 V
 (e) R_m deve ser a maior possível
 35. Não! A polaridade da fonte de 4V
 está invertida.

Capítulo 7

1. (a) em série: $E, R_1, e R_4$,
 em paralelo: R_2 e R_3
 (b) em série: E e R_1 ,
 em paralelo: R_2 e R_3
 (c) em série: $E, R_1, e R_5$;
 R_3 e R_4
 em paralelo: nenhum elemento

- (d) em série: R_6 e R_7 ,
 em paralelo: $E, R_1, e R_4$;
 R_2 e R_5
 3. (a) sim (LKC) (b) 3 A
 (c) sim (LKC) (d) 4 V
 (e) 2 Ω (f) 5 A
 (g) $P_1 = 12$ W, $P_2 = 18$ W,
 $P_{def.} = 50$ W
 5. (a) 4 Ω
 (b) $I_s = 9$ A, $I_1 = 6$ A, $I_2 = 3$ A
 (c) 6 V
 7. $I_1 = 6$ A, $I_2 = 16$ A, $I_3 = 0,8$ A,
 $I = 22$ A
 9. (a) 4 A
 (b) $I_2 = 1,333$ A, $I_3 = 0,6665$ A
 (c) $V_a = 8$ V, $V_b = 4$ V
 11. (a) 5 Ω, 16 A
 (b) $I_{R_2} = 8$ A, $I_3 = I_9 = 4$ A
 (c) $I_8 = 1$ A (d) 14 V
 13. (a) $V_G = 1,9$ V, $V_s = 3,65$ V
 (b) $I_1 = I_2 = 7,05$ μA,
 $I_D = 2,433$ mA
 (c) 6,268 V
 (d) 8,02 V
 15. (a) 0,6 A
 (b) 28 V
 17. (a) $I_2 = 1,667$ A, $I_6 = 1,111$ A,
 $I_8 = 0$ A
 19. (a) 1,882 Ω
 (b) $V_1 = V_4 = 32$ V
 (c) 8 A ←
 (d) 1,882 Ω
 21. (a) 6,75 A
 (b) 32 V
 23. 8,333 Ω
 25. (a) 24 A
 (b) 8 A
 (c) $V_3 = 48$ V, $V_5 = 24$ V,
 $V_7 = 16$ V
 (d) $P(R_7) = 128$ W,
 $P(E) = 5760$ W
 27. 4,44 W
 29. (a) 64 V
 (b) $R_{L_2} = 4$ kΩ,
 $R_{L_3} = 3$ kΩ
 (c) $R_1 = 0,5$ kΩ,
 $R_2 = 1,2$ kΩ,
 $R_3 = 2$ kΩ
 31. (a) sim (b) $R_1 = 750$ Ω,
 $R_2 = 250$ Ω
 (c) $R_1 = 745$ Ω, $R_2 = 255$ Ω
 33. (a) 1 mA (b) $R_{derivacao} = 5$ mΩ
 35. (a) $R_s = 300$ kΩ,
 (b) 20.000
 37. 0,05 μA

Capítulo 8

1. 28 V
 3. (a) $I_1 = 12$ A, $I_s = 11$ A
 (b) $V_s = 24$ V, $V_3 = 6$ V

5. (a) 3 A, 6 Ω (b) 4,091 mA, 2,2 k Ω
7. (a) 8 A (b) 8 A
9. 9,6 V, 2,4 A
11. (a) 5,4545 mA, 2,2 k Ω
(b) 17,375 V (c) 5,375 V
(d) 2,443 mA
13. (I) para cima: $I_{R_1} = 1,445$ mA;
para baixo: $I_{R_3} = 9,958$ mA;
para a esquerda: $I_{R_2} = 8,513$ mA
(II) para a direita: $I_{R_1} = 2,0316$ mA;
para a esquerda: $I_{R_2} = 0,8$ mA;
para cima: $I_{R_3} = 1,2316$ mA
para a esquerda: $I_{R_4} = 1,2316$ mA
15. (d) para a esquerda: 63,694 mA
17. (a) para a esquerda: $I_{R_1} = 0,1429$ A;
para a esquerda: $I_{R_2} = 0,7143$ A
para baixo: $I_{R_3} = 0,5714$ A
(b) para baixo: $I_{R_1} = 3,0625$ A;
para baixo: $I_{R_3} = 0,1875$ A
para cima: $I_{R_2} = 3,25$ A
19. (I) $I_1 = 1,8701$ A;
 $I_2 = -8,5484$ A;
 $V_{ab} = -22,74$ V
(II) $I_2 = 1,274$ A;
 $I_3 = 0,26$ A;
 $V_{ab} = -0,904$ V
21. (a) 72,16 mA, -4,433 V
(b) 1,953 A, -7,257 V
23. (a) Todas no sentido horário
 $I_1 = 0,0321$ mA
 $I_2 = -0,8838$ mA
 $I_3 = -0,968$ mA
 $I_4 = -0,639$ mA
(b) Todas no sentido horário
 $I_1 = -3,8$ A
 $I_2 = -4,2$ A
 $I_3 = 0,2$ A
25. (a) No sentido horário
 $I_1 = -\frac{1}{3}$ A, $I_2 = -\frac{5}{6}$ A
(b) No sentido horário
 $I_1 = -3,0625$ A,
 $I_2 = 0,1875$ A
27. (I) (a) Sentido horário
(b) $I_1 = 1,871$ A,
 $I_2 = -8,548$ A
(c) $I_{R_1} = 1,871$ A,
 $I_{R_2} = -8,548$ A,
 $I_{R_3} = 10,419$ A
29. $I_{5\Omega}$ (para a direita) = 1,9535 A,
 $V_a = -7,26$ V
31. (a) Todas no sentido horário
 $I_1 = 0,0321$ mA,
 $I_2 = -0,8838$ mA,
 $I_3 = -0,968$ mA,
 $I_4 = -0,639$ mA
(b) Todas no sentido horário
 $I_1 = 3,8$ A, $I_2 = -4,2$ A,
 $I_3 = 0,2$ A
33. (I) (b) $V_1 = -14,86$ V,
 $V_2 = -12,57$ V
(c) $V_{R_1} = V_{R_4} =$
 $V_1 = -14,86$ V,
 $V_{R_2} = V_2 = -12,57$ V,
 $V_{R_3} = 9,71$ V (+ -)
(II) (b) $V_1 = -2,556$ V,
 $V_2 = 4,03$ V
(c) $V_{R_1} = V_1 = -2,556$ V,
 $V_{R_2} = V_{R_3} = V_2 = 4,03$ V,
 $V_{R_4} = V_{R_5} = V_2 - V_1$
 $= 6,586$ V
35. (I) $V_1 = 7,238$ V,
 $V_2 = -2,453$ V,
 $V_3 = 1,405$ V
(II) $V_1 = -6,64$ V,
 $V_2 = 1,288$ V,
 $V_3 = 10,676$ V
37. (a) $V_1 = 10,083$ V,
 $V_2 = 6,944$ V,
 $V_3 = -17,056$ V
(b) $V_1 = 48$ V, $V_2 = 64$ V
39. (b) (I) $V_1 = -14,86$ V,
 $V_2 = -12,57$ V
(II) $V_1 = -2,556$ V,
 $V_2 = 4,03$ V
(c) (I) $V_{R_1} = V_{R_4} = -14,86$ V,
 $V_{R_2} = -12,57$ V,
 $V_{R_3} = V_1 + 12 - V_2$
 $= 9,71$ V
(II) $V_{R_1} = -2,556$ V,
 $V_{R_2} = V_{R_5} = 4,03$ V,
 $V_{R_3} = V_{R_4} = V_2 - V_1$
 $= 6,586$ V
41. (I) $V_1 = -5,311$ V,
 $V_2 = -0,6219$ V,
 $V_3 = 3,751$ V,
 $V_{-5A} = -5,311$ V
(II) $V_1 = -6,917$ V,
 $V_2 = 12$ V,
 $V_3 = 2,3$ V,
 $V_{5A} = V_2 - V_1 = 18,917$ V,
 $V_{2A} = V_3 - V_2 = -9,7$ V
43. (b) $V_{R_5} = 0,1967$ V
(c) não
(d) não
45. (b) $I_{R_5} = 0$ A
(c) não
(d) não
47. (a) 3,33 mA
(b) 1,177 A
49. (a) 133,33 mA
(b) 7 A
51. (b) 0,833 mA
53. 4,2 Ω
- (b) para baixo: 3,11 A
5. (a) 6 Ω , 6 V
(b) 2 Ω : 0,75 A,
30 Ω : 0,1667 A,
100 Ω : 0,0566 A
7. (I) 2 Ω , 84 V (II) 1,579 k Ω ,
-1,149 V
9. (I) 45 Ω , -5 V (II) 2,055 k Ω ,
16,772 V
11. 4,041 k Ω , 9,733 V
13. (I): 14 Ω , 2,571 A,
(II): 7,5 Ω , 1,333 A
15. (a) 9,756 Ω , 0,95 A
(b) 2 Ω , 30 A
17. (a) 10 Ω , 0,2 A
(b) 4,033 k Ω , 2,9758 mA
19. (I) (a) 14 Ω
(b) 23,14 W
(II) (a) 7,5 Ω
(b) 3,33 W
21. (a) 9,756 Ω , 2,2 W
(b) 2 Ω , 450 W
23. 0 Ω
25. 500 Ω
27. 39,3 μ A, 220 mV
29. 2,25 A, 6,075 V
35. (a) 0,357 mA (b) 0,357 mA
(c) sim

Capítulo 10

1. 9×10^3 N/C
3. 70 μ F
5. 50 V/m
7. 8×10^3 V/m
9. 937,5 pF
11. mica
13. (a) 10^6 V/m (b) 4,96 μ C
(c) 0,0248 μ F
15. 29.035 V
17. (a) 0,5 s (b) $20(1 - e^{-t/0,5})$
(c) 1τ : 12,64 V, 3τ : 19 V,
5 τ : 19,87 V
(d) $i_C = 0,2 \times 10^{-3} e^{-t/0,5}$
 $v_R = 20e^{-t/0,5}$
19. (a) 5,5 ms
(b) $100(1 - e^{-t/(5,5 \times 10^{-3})})$
(c) 1τ : 63,21 V, 3τ : 95,02 V,
5 τ : 99,33 V
(d) $i_C = 18,18 \times 10^{-3} e^{-t/(5,5 \times 10^{-3})}$
 $v_R = 60e^{-t/(5,5 \times 10^{-3})}$
21. (a) 10 ms
(b) $50(1 - e^{-t/(10 \times 10^{-3})})$
(c) $10 \times 10^{-3} e^{-t/(10 \times 10^{-3})}$
(d) $v_C \cong 50$ V, $i_C = 0$ A
(e) $v_C = 50e^{-t/(4 \times 10^{-3})}$
 $i_C = -25 \times 10^{-3} e^{-t/(4 \times 10^{-3})}$
23. (a) $80(1 - e^{-t/(1 \times 10^{-6})})$
(b) $0,8 \times 10^{-3} e^{-t/(1 \times 10^{-6})}$
(c) $v_C = 80e^{-t/(4,9 \times 10^{-6})}$
 $i_C = 0,163 \times 10^{-3} e^{-t/(4,9 \times 10^{-6})}$

Capítulo 9

1. (a) Sentido horário: $I_{R_1} = \frac{5}{8}$ A, $I_{R_2} = 0$ A,
Sentido horário: $I_{R_3} = \frac{5}{8}$ A
(b) E_1 : 5,33 W, E_2 : 0,333 W
(c) 8,333 W (d) não
3. (a) para baixo: 4,4545 mA

25. (a) $10 \mu\text{s}$ (b) 3 kA (c) sim
 27. (a) $v_C = 52 \text{ V} - 40 \text{ V} e^{-t/123,8\text{ms}}$
 $i_C = 2,198 \text{ mA} e^{-t/123,8\text{ms}}$
 29. $1,386 \mu\text{s}$
 31. $R = 54,567 \text{ k}\Omega$
 33. (a) $v_C = 60(1 - e^{-t/0,2\text{s}})$,
 $0,5 \text{ s}: 55,07 \text{ V}$, $1 \text{ s}: 59,596 \text{ V}$
 $i_C = 60 \times 10^{-3} e^{-t/0,2\text{s}}$
 $0,5 \text{ s}: 4,93 \text{ mA}$,
 $1 \text{ s}: 0,404 \text{ mA}$
 $v_{R_1} = 60 e^{-t/0,2\text{s}}$
 $0,5 \text{ s}: 4,93 \text{ V}$, $1 \text{ s}: 0,404 \text{ V}$
 (b) $t = 0,405 \text{ s}$; mais $1,387 \text{ s}$
 35. (a) $19,634 \text{ V}$
 (b) $2,31 \text{ s}$
 (c) $1,155 \text{ s}$
 37. (a) $v_C = 3,275(1 - e^{-t/52,68\text{ms}})$
 $i_C = 1,216 \times 10^{-3} e^{-t/52,68\text{ms}}$
 39. (a) $v_C = 27,2 - 25,2 e^{-t/18,26\text{ms}}$
 $i_C = 3,04 \text{ mA} e^{-t/18,26\text{ms}}$
 41. $0-4 \text{ ms}: 0,3 \text{ mA}$,
 $4-6 \text{ ms}: 0,9 \text{ mA}$,
 $6-7 \text{ ms}: 3 \text{ mA}$,
 $7-10 \text{ ms}: 0 \text{ mA}$,
 $10-13 \text{ ms}: -3,2 \text{ mA}$,
 $13-15 \text{ ms}: 1,8 \text{ mA}$
 43. $0-4 \text{ ms}: 0 \text{ V}$,
 $4-6 \text{ ms}: -8 \text{ V}$,
 $6-16 \text{ ms}: 20 \text{ V}$,
 $16-18 \text{ ms}: 0 \text{ V}$,
 $18-20 \text{ ms}: -12 \text{ V}$,
 $20-25 \text{ ms}: 0 \text{ V}$
 45. $V_1 = 10 \text{ V}$, $Q_1 = 60 \mu\text{C}$,
 $V_2 = 6,67 \text{ V}$, $Q_2 = 40 \mu\text{C}$,
 $V_3 = 3,33 \text{ V}$, $Q_3 = 40 \mu\text{C}$
 47. (a) $56,54 \text{ V}$
 (b) $42,405 \text{ V}$
 (c) $14,135 \text{ V}$
 (d) $43,46 \text{ V}$
 (e) $433,44 \text{ ms}$
 49. 8640 pJ
 51. (a) 5 J
 (b) $0,1 \text{ C}$
 (c) 200 A
 (d) 10 kW
 (e) 10 s

Capítulo 11

1. $\Phi: 5 \times 10^4 \text{ linhas}$
 $5 \times 10^4 \text{ linhas}$, $B: 8 \text{ gauss}$,
 $51,616 \text{ linhas}$
 3. (a) $0,04 \text{ T}$
 5. $952,4 \times 10^3 \text{ Ae/Wb}$
 7. $2624,67 \text{ Ae/m}$
 9. $2,133 \text{ A}$
 11. (a) $N_1 = 60 \text{ t}$
 (b) $13,34 \times 10^{-4} \text{ Wb/Am}$
 13. $2,687 \text{ A}$
 15. $1,35 \text{ N}$
 17. (a) $2,028 \text{ A}$ (b) $\cong 2 \text{ N}$

Capítulo 12

1. $4,25 \text{ V}$
 3. 14 espiras
 5. $15,65 \mu\text{H}$
 7. (a) $2,5 \text{ V}$ (b) $0,3 \text{ V}$
 (c) 200 V
 9. $0-3 \text{ ms}: 0 \text{ V}$, $3-8 \text{ ms}: 1,6 \text{ V}$,
 $8-13 \text{ ms}: -1,6 \text{ V}$,
 $13-14 \text{ ms}: 0 \text{ V}$,
 $14-15 \text{ ms}: 8 \text{ V}$,
 $15-16 \text{ ms}: -8 \text{ V}$,
 $16-17 \text{ ms}: 0 \text{ V}$
 11. $0-5 \mu\text{s}: 4 \text{ mA}$, $10 \mu\text{s}: -8 \text{ mA}$,
 $12 \mu\text{s}: 4 \text{ mA}$, $12-16 \mu\text{s}: 4 \text{ mA}$,
 $24 \mu\text{s}: 0 \text{ mA}$
 13. (a) $2,27 \mu\text{s}$
 (b) $5,45 \times 10^{-3}(1 - e^{-t/2,27\mu\text{s}})$
 (c) $v_L = 12e^{-t/2,27\mu\text{s}}$
 $v_R = 12(1 - e^{-t/2,27\mu\text{s}})$
 (d) $i_L: 1\tau = 3,45 \text{ mA}$,
 $3\tau = 5,179 \text{ mA}$,
 $5\tau = 5,413 \text{ mA}$,
 $v_L: 1\tau = 4,415 \text{ V}$,
 $3\tau = 0,598 \text{ V}$,
 $5\tau = 0,081 \text{ V}$
 15. (a) $i_L = 0,882 \times 10^{-3}(1 - e^{-t/0,735\mu\text{s}})$,
 $v_L = 6e^{-t/0,735\mu\text{s}}$
 (b) $i_L = 0,882 \times 10^{-3}e^{-t/0,333\mu\text{s}}$
 $v_L = -13,23e^{-t/0,333\mu\text{s}}$
 17. (a) $i_L = 1,765 \text{ mA} - 4,765 \text{ mA} e^{-t/588,24\mu\text{s}}$
 $v_L = 16,2 \text{ V} e^{-t/588,24\mu\text{s}}$
 19. (a) $i_L = -0,692 \text{ mA} - 2,308 \text{ mA} e^{-t/19,23\mu\text{s}}$
 $v_L = 24 \text{ V} e^{-t/19,23\mu\text{s}}$
 21. $25,68 \mu\text{s}$
 23. (a) $i_L = 3,638 \times 10^{-3}(1 - e^{-t/6,676\mu\text{s}})$,
 $v_L = 5,45 e^{-t/6,676\mu\text{s}}$
 (b) $2,825 \text{ mA}$, $1,2186 \text{ V}$
 (c) $i_L = 2,825 \times 10^{-3}e^{-t/2,128\mu\text{s}}$
 $v_L = -13,27 e^{-t/2,128\mu\text{s}}$
 25. (a) $0,243 \text{ V}$
 (b) $29,47 \text{ V}$
 (c) $18,96 \text{ V}$
 (d) $2,025 \text{ ms}$
 27. (a) 20 V
 (b) $12 \mu\text{A}$
 (c) $5,376 \mu\text{s}$
 (d) $0,366 \text{ V}$
 29. $i_L = -3,478 \text{ mA} - 7,432 \text{ mA} e^{-t/173,9\mu\text{s}}$
 $v_L = 51,28 \text{ V} e^{-t/173,9\mu\text{s}}$
 31. (a) 8 H
 (b) 4 H
 33. $L: 4 \text{ H}$, 2 H
 $R: 5,7 \text{ k}\Omega$, $9,1 \text{ k}\Omega$
 35. $V_1 = 16 \text{ V}$, $V_2 = 0 \text{ V}$,
 $I_1 = 4 \text{ mA}$

37. $V_1 = 10 \text{ V}$
 $I_1 = 2 \text{ A}$
 $I_2 = 1,33 \text{ A}$
 39. $W_C = 360 \mu\text{J}$
 $W_L = 12 \text{ J}$

Capítulo 13

1. (a) 10 ms (b) 2 (c) 100 Hz
 (d) amplitude = 5 V ,
 $V_{p-p} = 6,67 \text{ V}$
 3. 10 ms , 100 Hz
 5. (a) 60 Hz (b) 100 Hz
 (c) $29,41 \text{ Hz}$ (d) 40 kHz
 7. $0,25 \text{ s}$
 9. $T = 50 \mu\text{s}$
 11. (a) $\pi/4$ (b) $\pi/3$ (c) $\frac{2}{3}\pi$
 (d) $\frac{3}{2}\pi$ (e) $0,989\pi$ (f) $1,228\pi$
 13. (a) $3,14 \text{ rad/s}$
 (b) $20,94 \times 10^3 \text{ rad/s}$
 (c) $1,57 \times 10^6 \text{ rad/s}$
 (d) $157,1 \text{ rad/s}$
 15. (a) 120 Hz , $8,33 \text{ ms}$
 (b) $1,34 \text{ Hz}$, $746,27 \text{ ms}$
 (c) $954,93 \text{ Hz}$, $1,05 \text{ ms}$
 (d) $9,95 \times 10^{-3} \text{ Hz}$, $100,5 \text{ s}$
 17. $104,7 \text{ rad/s}$
 23. $0,4755 \text{ A}$
 25. $11,537^\circ$, $168,463^\circ$
 29. (a) v atrasada em relação a i de 10°
 (b) i atrasada em relação a v de 70°
 (c) i atrasada em relação a v de 80°
 (d) i atrasada em relação a v de 150°
 31. (a) $v = 25 \text{ sen}(\omega t + 30^\circ)$
 (b)
 $i = 3 \times 10^{-3} \text{ sen}(6,28 \times 10^3 t - 60^\circ)$
 33. $\frac{1}{3} \text{ ms}$
 35. $0,388 \text{ ms}$
 37. (a) $0,4 \text{ ms}$
 (b) $2,5 \text{ kHz}$
 (c) -25 mV
 39. (a) $1,875 \text{ V}$ (b) $-4,778 \text{ mA}$
 41. (a) $40 \mu\text{s}$
 (b) 25 kHz
 (c) $17,13 \text{ mV}$
 43. (a) $2 \text{ sen } 377t$
 (b) $100 \text{ sen } 377t$
 (c) $84,87 \times 10^{-3} \text{ sen } 377t$
 (d) $33,95 \times 10^{-6} \text{ sen } 377t$
 45. $2,16 \text{ V}$
 47. 0 V
 49. (a) $T = 40 \mu\text{s}$, $f = 25 \text{ kHz}$,
 $V_{av} = 20 \text{ mV}$,
 $V_{eff} = 28,28 \text{ mV}$
 (b) $T = 100 \mu\text{s}$, $f = 10 \text{ kHz}$,
 $V_{av} = -0,3 \text{ V}$,
 $V_{eff} = 0,212 \text{ V}$

Capítulo 14

3. (a) $3770 \text{ cos } 377t$
 (b) $452,4 \text{ cos } (754t + 20^\circ)$

- (c) $4440,63 \cos(157t - 20^\circ)$
 (d) $200 \cos t$
5. (a) $210 \text{ sen } 754t$
 (b) $14,8 \text{ sen}(400t - 120^\circ)$
 (c) $42 \times 10^{-3} \text{ sen}(\omega t + 88^\circ)$
 (d) $28 \text{ sen}(\omega t + 180^\circ)$
7. (a) $1,592 \text{ H}$ (b) $2,654 \text{ H}$
 (c) $0,8414 \text{ H}$
9. (a) $100 \text{ sen}(\omega t + 90^\circ)$
 (b) $8 \text{ sen}(\omega t + 150^\circ)$
 (c) $120 \text{ sen}(\omega t - 120^\circ)$
 (d) $60 \text{ sen}(\omega t + 190^\circ)$
11. (a) $1 \text{ sen}(\omega t - 90^\circ)$
 (b) $0,6 \text{ sen}(\omega t - 70^\circ)$
 (c) $0,8 \text{ sen}(\omega t + 10^\circ)$
 (d) $1,6 \text{ sen}(377t + 130^\circ)$
13. (a) $\infty \Omega$ (b) $530,79 \Omega$
 (c) $265,39 \Omega$ (d) $17,693 \Omega$
 (e) $1,327 \Omega$
15. (a) $9,31 \text{ Hz}$ (b) $4,66 \text{ Hz}$
 (c) $18,62 \text{ Hz}$ (d) $1,59 \text{ Hz}$
17. (a) $6 \times 10^{-3} \text{ sen}(200t + 90^\circ)$
 (b) $33,96 \times 10^{-3} \text{ sen}(377t + 90^\circ)$
 (c) $44,94 \times 10^{-3} \text{ sen}(374t + 300^\circ)$
 (d) $56 \times 10^{-3} \text{ sen}(\omega t + 160^\circ)$
19. (a) $1334 \text{ sen}(300t - 90^\circ)$
 (b) $37,17 \text{ sen}(377t - 90^\circ)$
 (c) $127,2 \text{ sen } 754t$
 (d) $100 \text{ sen}(1600t - 170^\circ)$
21. (a) C (b) $L = 254,78 \text{ mH}$
 (c) $R = 5 \Omega$
25. $318,47 \text{ mH}$
27. $5,067 \text{ nF}$
29. (a) 0 W (b) 0 W
 (c) $122,5 \text{ W}$
31. 192 W
33. $40 \text{ sen}(\omega t - 50^\circ)$
35. (a) $2 \text{ sen}(157t - 60^\circ)$
 (b) $318,47 \text{ mH}$ (c) 0 W
37. (a) $i_1 = 2,828 \text{ sen}(10^4 t + 150^\circ)$,
 $i_2 = 11,312 \text{ sen}(10^4 t + 150^\circ)$
 (b) $i_F = 14,14 \text{ sen}(10^4 t + 150^\circ)$
39. (a) $5 \angle 36,87^\circ$
 (b) $2,83 \angle 45^\circ$
 (c) $16,38 \angle 77,66^\circ$
 (d) $806,23 \angle 82,87^\circ$
 (e) $1077,03 \angle 21,80^\circ$
 (f) $0,00658 \angle 81,25^\circ$
 (g) $11,78 \angle -49,82^\circ$
 (h) $8,94 \angle 153,43^\circ$
 (i) $61,85 \angle -104,04^\circ$
 (j) $101,53 \angle -39,81^\circ$
 (k) $4326,66 \angle 123,69^\circ$
 (l) $25,495 \times 10^{-3} \angle -78,69^\circ$
41. (a) $15,033 \angle 86,19^\circ$
 (b) $60,208 \angle 4,76^\circ$
 (c) $0,30 \angle 88,09^\circ$
 (d) $2002,5 \angle -87,14^\circ$
 (e) $86,182 \angle 93,73^\circ$
 (f) $38,694 \angle -94^\circ$
43. (a) $11,8 + j 7$
 (b) $151,9 + j 49,9$

- (c) $4,72 \times 10^{-6} + j 71$
 (d) $5,2 + j 1,6$
 (e) $209,3 + j 311$
 (f) $-21,2 + j 12$
 (g) $7,03 + j 9,93$
 (h) $95,698 + j 22,768$
45. (a) $6 \angle -50^\circ$
 (b) $0,2 \times 10^{-3} \angle 140^\circ$
 (c) $109 \angle -230^\circ$
 (d) $76,471 \angle -80^\circ$
 (e) $4 \angle 0^\circ$
 (f) $0,71 \angle -16,49^\circ$
 (g) $4,21 \times 10^{-3} \angle 161,1^\circ$
 (h) $18,191 \angle -50,91^\circ$
47. (a) $x = 4, y = 3$
 (b) $x = 4$
 (c) $x = 3, y = 6$ ou $x = 6, y = 3$
 (d) 30°
49. (a) $56,569 \text{ sen}(377t + 20^\circ)$
 (b) $169,68 \text{ sen } 377t$
 (c) $11,314 \times 10^{-3} \text{ sen}(377t + 120^\circ)$
 (d) $7,07 \text{ sen}(377t + 90^\circ)$
 (e) $1696,8 \text{ sen}(377t - 120^\circ)$
 (f) $6000 \text{ sen}(377t - 180^\circ)$
51. $i_1 = 2,537 \times 10^{-5} \text{ sen}(\omega t + 96,79^\circ)$
53. $i_F = 18 \times 10^{-3} \text{ sen } 377t$

Capítulo 15

1. (a) $6,8 \Omega \angle 0^\circ$
 (b) $754 \Omega \angle 90^\circ$
 (c) $15,7 \Omega \angle 90^\circ$
 (d) $265,25 \Omega \angle -90^\circ$
 (e) $318,47 \Omega \angle -90^\circ$
 (f) $200 \Omega \angle 0^\circ$
3. (a) $88 \times 10^{-3} \text{ sen } \omega t$
 (b) $9,045 \text{ sen}(377t + 150^\circ)$
 (c) $2547,02 \text{ sen}(157t - 50^\circ)$
5. (a) $4,24 \Omega \angle -45^\circ$
 (b) $3,04 \text{ k}\Omega \angle 80,54^\circ$
 (c) $1617,56 \Omega \angle 88,33^\circ$
7. (a) $10 \Omega \angle 36,87^\circ$
 (c) $I = 10 \text{ A} \angle -36,87^\circ$,
 $V_R = 80 \text{ V} \angle -36,87^\circ$,
 $V_L = 60 \text{ V} \angle 53,13^\circ$
 (f) 800 W (g) $0,8$ atrasado
9. (a) $1660,27 \Omega \angle -73,56^\circ$
 (b) $8,517 \text{ mA} \angle 73,56^\circ$
 (c) $V_R = 4,003 \text{ V} \angle 73,56^\circ$,
 $V_L = 13,562 \text{ V} \angle -16,44^\circ$
 (d) $34,09 \text{ mW}$, $0,283$ adiantado
11. (a) $3,16 \text{ k}\Omega \angle 18,43^\circ$
 (c) $3,18 \mu\text{F}$, $6,37 \text{ H}$
 (d) $I = 1,3424 \text{ mA} \angle 41,57^\circ$,
 $V_R = 4,027 \text{ V} \angle 41,57^\circ$,
 $V_L = 2,6848 \text{ V} \angle 131,57^\circ$,
 $V_C = 1,3424 \text{ V} \angle -48,43^\circ$
 (g) $5,406 \text{ mW}$
 (h) $0,9487$ atrasado

13. (a) 40 mH (b) 220Ω
15. (a) $V_1 = 37,97 \text{ V} \angle -51,57^\circ$,
 $V_2 = 113,92 \text{ V} \angle 38,43^\circ$
 (b) $V_1 = 55,80 \text{ V} \angle 26,55^\circ$,
 $V_2 = 12,56 \text{ V} \angle -63,45^\circ$
17. (a) $I = 39 \text{ mA} \angle 126,65^\circ$,
 $V_R = 1,17 \text{ V} \angle 126,65^\circ$,
 $V_C = 25,86 \text{ V} \angle 36,65^\circ$
 (b) $0,058$ adiantado
 (c) $45,63 \text{ mW}$
 (g) $Z_T = 30 \Omega - j 512,2 \Omega$
19. $Z_T = 3,2 \Omega + j 2,4 \Omega$
25. (a) $Z_T = 3 \Omega + j 8 \Omega$,
 $Y_T = 41,1 \text{ mS} - j 109,5 \text{ mS}$
 (b) $Z_T = 60 \Omega - j 70 \Omega$,
 $Y_T = 7,1 \text{ mS} + j 8,3 \text{ mS}$
 (c) $Z_T = 200 \Omega - j 100 \Omega$,
 $Y_T = 4 \text{ mS} + j 2 \text{ mS}$
27. (a) $Y_T = 538,52 \text{ mS} \angle -21,8^\circ$
 (c) $E = 3,71 \text{ V} \angle 21,8^\circ$,
 $I_R = 1,855 \text{ A} \angle 21,8^\circ$,
 $I_L = 0,742 \text{ A} \angle -68,2^\circ$
 (f) $6,88 \text{ W}$
 (g) $0,928$ atrasado
 (h) $e = 5,25 \text{ sen}(377t + 21,8^\circ)$,
 $i_R = 2,62 \text{ sen}(377t + 21,8^\circ)$,
 $i_L = 1,049 \text{ sen}(377t - 68,2^\circ)$,
 $i_s = 2,828 \text{ sen } 377t$
29. (a) $Y_T = 129,96 \text{ mS} \angle -50,31^\circ$
 (c) $I_s = 7,8 \text{ A} \angle -50,31^\circ$,
 $I_R = 5 \text{ A} \angle 0^\circ$,
 $I_L = 6 \text{ A} \angle -90^\circ$
 (f) 300 W
 (g) $0,638$ atrasado
 (h) $e = 84,84 \text{ sen } 377t$,
 $i_R = 7,07 \text{ sen } 377t$,
 $i_L = 8,484 \text{ sen}(377t - 90^\circ)$,
 $i_s = 11,03 \text{ sen}(377t - 50,31^\circ)$
31. (a) $Y_T = 0,416 \text{ mS} \angle 36,897^\circ$
 (c) $L = 10,61 \text{ H}$, $C = 1,326 \mu\text{F}$
 (d) $E = 8,498 \text{ V} \angle -56,897^\circ$,
 $I_R = 2,833 \text{ mA} \angle -56,897^\circ$,
 $I_L = 2,125 \text{ mA} \angle -146,897^\circ$,
 $I_C = 4,249 \text{ mA} \angle 33,103^\circ$
 (g) $24,078 \text{ mW}$
 (h) $0,8$ adiantado
 (i) $e = 12,016 \text{ sen}(377t - 56,897^\circ)$,
 $i_R = 4 \text{ sen}(377t - 56,897^\circ)$,
 $i_L = 3 \text{ sen}(377t - 146,897^\circ)$,
 $i_C = 6 \text{ sen}(377t + 33,103^\circ)$
33. (a) $I_1 = 18,09 \text{ A} \angle 65,241^\circ$,
 $I_2 = 8,528 \text{ A} \angle -24,759^\circ$
 (b) $I_1 = 11,161 \text{ A} \angle 0,255^\circ$,
 $I_2 = 6,656 \text{ A} \angle 153,690^\circ$
39. (a) $R_p = 94,73 \Omega$,
 $X_p = 52,1 \Omega$ (C)
 (b) $R_p = 4 \text{ k}\Omega$,
 $X_p = 4 \text{ k}\Omega$ (C)
41. (a) $E = 176,68 \text{ V} \angle 36,44^\circ$,
 $I_R = 0,803 \text{ A} \angle 36,44^\circ$,
 $I_L = 2,813 \text{ A} \angle -53,56^\circ$

- (b) 0,804 atrasado
 (c) 141,86 W
 (f) $I_C = 1,11 \text{ A} \angle 126,43^\circ$
 (g) $Z_T = 142,15 \Omega + j 104,96 \Omega$
 43. $R = 4 \Omega, X_L = 3,774 \Omega$

Capítulo 16

1. (a) $1,2 \Omega \angle 90^\circ$
 (b) $10 \text{ A} \angle -90^\circ$
 (c) $10 \text{ A} \angle -90^\circ$
 (d) $I_2 = 6 \text{ A} \angle -90^\circ,$
 $I_3 = 4 \text{ A} \angle -90^\circ$
 (e) $60 \text{ V} \angle 0^\circ$
3. (a) $Z_T = 3,87 \Omega \angle -11,817^\circ,$
 $Y_T = 0,258 \text{ S} \angle 11,817^\circ$
 (b) $15,504 \text{ A} \angle 41,817^\circ$
 (c) $3,985 \text{ A} \angle 82,826^\circ$
 (d) $47,809 \text{ V} \angle -7,174^\circ$
 (e) $910,71 \text{ W}$
5. (a) $0,375 \text{ A} \angle 25,346^\circ$
 (b) $70,711 \text{ V} \angle -45^\circ$
 (c) $33,9 \text{ W}$
7. (a) $1,423 \text{ A} \angle 18,259^\circ$
 (b) $26,574 \text{ V} \angle 4,763^\circ$
 (c) $54,074 \text{ W}$
9. (a) $Y_T = 0,099 \text{ S} \angle -9,709^\circ$
 (b) $V_1 = 20,4 \text{ V} \angle 30^\circ,$
 $V_2 = 10,887 \text{ V} \angle 58,124^\circ$
 (c) $1,933 \text{ A} \angle 11,109^\circ$
11. $33,201 \text{ A} \angle 38,89^\circ$
13. $139,71 \text{ mW}$

Capítulo 17

3. (a) $Z = 21,93 \Omega \angle -46,85^\circ,$
 $E = 10,97 \text{ V} \angle 13,15^\circ$
 (b) $Z = 5,15 \Omega \angle 59,04^\circ,$
 $E = 10,3 \text{ V} \angle 179,04^\circ$
5. (a) $5,15 \text{ A} \angle -24,5^\circ$
 (b) $0,442 \text{ A} \angle 143,48^\circ$
7. (a) $13,07 \text{ A} \angle -33,71^\circ$
 (b) $48,33 \text{ A} \angle -77,57^\circ$
9. $-3,165 \times 10^{-3} \text{ V} \angle 137,29^\circ$
11. $I_{1k\Omega} = 10 \text{ mA} \angle 0^\circ$
 $I_{2k\Omega} = 1,667 \text{ mA} \angle 0^\circ$
13. $I_L = 1,378 \text{ mA} \angle -56,31^\circ$
15. (a) $V_1 = 19,86 \text{ V} \angle 43,8^\circ,$
 $V_2 = 8,94 \text{ V} \angle 106,9^\circ$
 (b) $V_1 = 19,78 \text{ V} \angle 132,48^\circ,$
 $V_2 = 13,37 \text{ V} \angle 98,78^\circ$
17. $V_1 = 220 \text{ V} \angle 0^\circ$
 $V_2 = 96,664 \text{ V} \angle -12,426^\circ$
 $V_3 = 100 \text{ V} \angle 90^\circ$
19. (à esquerda) $V_1 = 14,62 \text{ V} \angle -5,86^\circ$
 (em cima) $V_2 = 35,03 \text{ V} \angle -37,69^\circ$
 (à direita) $V_3 = 32,4 \text{ V} \angle -73,34^\circ$
 (no meio) $V_4 = 5,677 \text{ V} \angle 23,53^\circ$
21. $2,253 \text{ V} \angle 17,628^\circ$
23. $-10,667 \text{ V} \angle 0^\circ$
25. $-2451,92 E_i$

27. (a) Não
 (b) $1,76 \text{ mA} \angle -71,54^\circ$
 (c) $7,03 \text{ V} \angle -18,46^\circ$
29. Sim
31. $R_x = R_2 R_3 / R_1$
 $L_x = R_2 L_3 / R_1$
33. (a) $11,57 \text{ A} \angle -67,13^\circ$
 (b) $36,9 \text{ A} \angle 23,87^\circ$

Capítulo 18

1. (a) $6,095 \text{ A} \angle -32,115^\circ$
 (b) $3,77 \text{ A} \angle -93,8^\circ$
3. $i = 0,5 \text{ A} + 1,581 \text{ sen}(\omega t - 26,565^\circ)$
5. $6,261 \text{ mA} \angle -63,43^\circ$
7. $-22,09 \text{ V} \angle 6,34^\circ$
9. $19,62 \text{ V} \angle 53^\circ$
11. $V_s = 10 \text{ V} \angle 0^\circ$
13. (a) $Z_{Th} = 21,312 \Omega \angle 32,196^\circ$
 $E_{Th} = 2,131 \text{ V} \angle 32,196^\circ$
 (b) $Z_{Th} = 6,813 \Omega \angle -54,228^\circ$
 $E_{Th} = 57,954 \text{ V} \angle 11,099^\circ$
15. (a) $Z_{Th} = 4 \Omega \angle 90^\circ$
 $E_{Th} = 4 \text{ V} + 10 \text{ V} \angle 0^\circ$
 (b) $I = 0,5 \text{ A} + 1,118 \text{ A} \angle -26,565^\circ$
17. (a) $Z_{Th} = 4,472 \text{ k}\Omega \angle -26,565^\circ$
 $E_{Th} = 31,31 \text{ V} \angle -26,565^\circ$
 (b) $I = 6,26 \text{ mA} \angle 63,435^\circ$
19. $Z_{Th} = 4,44 \text{ k}\Omega \angle -0,031^\circ$
 $E_{Th} = -444,45 \times 10^3 \text{ I} \angle 0,255^\circ$
21. $Z_{Th} = 5,099 \text{ k}\Omega \angle -11,31^\circ$
 $E_{Th} = -50 \text{ V} \angle 0^\circ$
23. $Z_{Th} = -39,215 \Omega \angle 0^\circ$
 $E_{Th} = 20 \text{ V} \angle 53^\circ$
25. $Z_{Th} = 607,42 \Omega \angle 0^\circ$
 $E_{Th} = 1,62 \text{ V} \angle 0^\circ$
27. (a) $Z_N = 21,312 \Omega \angle 32,196^\circ,$
 $I_N = 0,1 \text{ A} \angle 0^\circ$
 (b) $Z_N = 6,813 \Omega \angle -54,228^\circ,$
 $I_N = 8,506 \text{ A} \angle 65,324^\circ$
29. (a) $Z_N = 9,66 \Omega \angle 14,93^\circ,$
 $I_N = 2,15 \text{ A} \angle -42,87^\circ$
 (b) $Z_N = 4,37 \Omega \angle 55,67^\circ,$
 $I_N = 22,83 \text{ A} \angle -34,65^\circ$
31. (a) $Z_N = 9 \Omega \angle 0^\circ,$
 $I_N = 1,333 \text{ A} + 2,667 \text{ A} \angle 0^\circ$
 (b) $12 \text{ V} + 2,65 \text{ V} \angle -83,66^\circ$
33. $Z_N = 5,1 \text{ k}\Omega \angle -11,31^\circ,$
 $I_N = -1,961 \times 10^{-3} \text{ V} \angle 11,31^\circ$
35. $Z_N = 5,1 \text{ k}\Omega \angle -11,31^\circ,$
 $I_N = 9,81 \text{ mA} \angle 11,31^\circ$
37. $Z_N = 6,63 \text{ k}\Omega \angle 0^\circ$
 $I_N = 0,792 \text{ mA} \angle 0^\circ$
39. (a) $Z_c = 8,32 \Omega \angle 3,18^\circ,$
 $1198,2 \text{ W}$
 (b) $Z_c = 1,562 \Omega \angle -14,47^\circ,$
 $1,614 \text{ W}$
41. $40 \text{ k}\Omega, 25 \text{ W}$
43. (a) 9Ω (b) 20 W
45. (a) $1,414 \text{ k}\Omega$ (b) $0,518 \text{ W}$
49. $25,77 \text{ mA} \angle 104,4^\circ$

Capítulo 19

1. (a) 120 W
 (b) $Q_T = 0 \text{ VAR}, S_T = 120 \text{ VA}$
 (c) $0,5 \text{ A}$
 (d) $I_1 = \frac{1}{6} \text{ A}, I_2 = \frac{1}{3} \text{ A}$
3. (a) $400 \text{ W}, -400 \text{ VAR}(C),$
 $565,69 \text{ VA}, 0,7071 \text{ adiantado}$
 (c) $5,66 \text{ A} \angle 135^\circ$
5. (a) $500 \text{ W}, -200 \text{ VAR}(C),$
 $538,52 \text{ VA}$
 (b) $0,928 \text{ adiantado}$
 (d) $10,776 \text{ A} \angle 21,875^\circ$
7. (a) $R: 200 \text{ W}, L.C: 0 \text{ W}$
 (b) $R: 0 \text{ VAR}, C: 80 \text{ VAR},$
 $L: 100 \text{ VAR}$
 (c) $R: 200 \text{ VA}, C: 80 \text{ VA},$
 $L: 100 \text{ VA}$
 (d) $200 \text{ W}, 20 \text{ VAR}(L),$
 $200,998 \text{ VA}, 0,995 \text{ (atrasado)}$
 (f) $10,05 \text{ A} \angle -5,73^\circ$
9. (a) $R: 38,99 \text{ W}, L: 0 \text{ W}, C: 0 \text{ W}$
 (b) $R: 0 \text{ VAR}, L: 126,74 \text{ VAR},$
 $C: 46,92 \text{ VAR}$
 (c) $R: 38,99 \text{ VA}, L: 126,74 \text{ VA},$
 $C: 46,92 \text{ VA}$
 (d) $38,99 \text{ W}, 79,82 \text{ VAR}(L),$
 $88,83 \text{ VA}, 0,439 \text{ (atrasado)}$
 (f) $0,31 \text{ J}$
 (g) $W_L = 0,32 \text{ J}, W_C = 0,12 \text{ J}$
11. (a) $Z = 2,30 \Omega + j 1,73 \Omega$
 (b) 4000 W
13. (a) $900 \text{ W}, 0 \text{ VAR}, 900 \text{ VA}, 1$
 (b) $9 \text{ A} \angle 0^\circ$
 (d) $Z_1: R = 0 \Omega, X_C = 20 \Omega$
 $Z_2: R = 2,83 \Omega, X = 0 \Omega$
 $Z_3: R = 5,66 \Omega, X_L = 4,717 \Omega$
15. (a) $1100 \text{ W}, 2366,26 \text{ VAR},$
 $2609,44 \text{ VA}, 0,4215 \text{ (adiantado)}$
 (b) $521,89 \text{ V} \angle -65,07^\circ$
 (c) $Z_1: R = 1743,38 \Omega,$
 $X_C = 1307,53 \Omega$
 $Z_2: R = 43,59 \Omega, X_C = 99,88 \Omega$
17. (a) $7,81 \text{ kVA}$
 (b) $0,640 \text{ (atrasado)}$
 (c) $65,08 \text{ A}$
 (d) $1105 \mu\text{F}$
 (e) $41,67 \text{ A}$
19. (a) $128,14 \text{ W}$
 (b) $a-b: 42,69 \text{ W}, b-c: 64,03 \text{ W},$
 $a-c: 106,72 \text{ W}, a-d: 106,72 \text{ W},$
 $c-d: 0 \text{ W}, d-e: 0 \text{ W},$
 $f-e: 21,34 \text{ W}$
21. (a) $5 \Omega, 132,03 \text{ mH}$
 (b) 10Ω
 (c) $15 \Omega, 262,39 \text{ mH}$

Capítulo 20

1. (a) $\omega_s = 250 \text{ rad/s},$
 $f_s = 39,79 \text{ Hz}$

- (b) $\omega_s = 3535,53 \text{ rad/s}$,
 $f_s = 562,7 \text{ Hz}$
 (c) $\omega_s = 21.880 \text{ rad/s}$,
 $f_s = 3482,31 \text{ Hz}$
3. (a) $X_L = 40 \Omega$
 (b) $I = 10 \text{ mA}$
 (c) $V_R = 20 \text{ mV}$, $V_L = 400 \text{ mV}$,
 $V_C = 400 \text{ mV}$
 (d) $Q_s = 20$ (alto)
 (e) $L = 1,27 \text{ mH}$, $C = 0,796 \mu\text{F}$
 (f) $BP = 250 \text{ Hz}$
 (g) $f_2 = 5,125 \text{ kHz}$,
 $f_1 = 4,875 \text{ kHz}$
5. (a) $BP = 400 \text{ Hz}$
 (b) $f_2 = 6200 \text{ Hz}$,
 $f_1 = 5800 \text{ Hz}$
 (c) $X_L = X_C = 45 \Omega$
 (d) $P_{FC} = 375 \text{ mW}$
7. (a) $Q_s = 10$
 (b) $X_L = 20 \Omega$
 (c) $L = 1,59 \text{ mH}$, $C = 3,98 \mu\text{F}$
 (d) $f_2 = 2100 \text{ Hz}$, $f_1 = 1900 \text{ Hz}$
9. $L = 13,26 \text{ mH}$, $C = 27,07 \text{ nF}$
 $f_2 = 8460 \text{ Hz}$, $f_1 = 8340 \text{ Hz}$
11. (a) $f_s = 1 \text{ MHz}$
 (b) $BP = 160 \text{ kHz}$
 (c) $R = 720 \Omega$, $L = 0,7162 \text{ mH}$,
 $C = 35,37 \text{ pF}$
 (d) $R_T = 56,25 \Omega$
13. (a) $f_p = 159,155 \text{ kHz}$
 (b) $V_C = 4 \text{ V}$
 (c) $I_L = I_C = 40 \text{ mA}$
 (d) $Q_p = 20$
15. (a) $f_s = 11.253,95 \text{ Hz}$
 (b) $Q_t = 1,77$ (nãõ)
 (c) $f_p = 9.280,24 \text{ Hz}$,
 $f_m = 10.794,41 \text{ Hz}$
 (d) $X_L = 5,83 \Omega$, $X_C = 8,57 \Omega$
 (e) $Z_{Tp} = 12,5 \Omega$
 (f) $V_C = 25 \text{ mV}$
 (g) $Q_p = 1,46$, $BP = 6,356 \text{ kHz}$
 (h) $I_C = 2,92 \text{ mA}$, $I_L = 3,54 \text{ mA}$
17. (a) $X_C = 30 \Omega$
 (b) $Z_{Tp} = 225 \Omega$
 (c) $I_C = 0,6 \text{ A} \angle 90^\circ$,
 $I_L \cong 0,6 \text{ A} \angle -86,19^\circ$
 (d) $L = 0,239 \text{ mH}$,
 $C = 265,26 \text{ nF}$
 (e) $Q_p = 7,5$, $BP = 2,67 \text{ kHz}$
19. (a) $f_s = 7,118 \text{ kHz}$,
 $f_p = 6,647 \text{ kHz}$, $f_m = 7 \text{ kHz}$
 (b) $X_L = 20,88 \Omega$, $X_C = 23,94 \Omega$
 (c) $Z_{Tp} = 55,56 \Omega$
 (d) $Q_p = 2,32$, $BP = 2,865 \text{ kHz}$
 (e) $I_L = 99,28 \text{ mA}$,
 $I_C = 92,73 \text{ mA}$
 (f) $V_C = 2,22 \text{ V}$
21. (a) $f_p = 3558,81 \text{ Hz}$
 (b) $V_C = 138,2 \text{ V}$
 (c) $P = 691 \text{ mW}$
 (d) $BP = 575,86 \text{ Hz}$
23. (a) $X_L = 98,54 \Omega$

- (b) $Q_t = 8,21$
 (c) $f_p = 8,05 \text{ kHz}$
 (d) $V_C = 4,83 \text{ V}$
 (e) $f_2 = 8,55 \text{ kHz}$,
 $f_1 = 7,55 \text{ kHz}$
25. $R_s = 3,244 \text{ k}\Omega$, $C = 31,66 \text{ nF}$
27. (a) $f_p = 251,65 \text{ kHz}$
 (b) $Z_{Tp} = 4,444 \text{ k}\Omega$
 (c) $Q_p = 14,05$
 (d) $BP = 17,91 \text{ kHz}$
 (e) 20 nF : $f_p = 194,93 \text{ kHz}$,
 $Z_{Tp} = 49,94 \Omega$, $Q_p = 2,04$,
 $BP = 95,55 \text{ kHz}$
 (f) 1 nF : $f_p = 251,65 \text{ kHz}$,
 $Z_{Tp} = 13,33 \text{ k}\Omega$, $Q_p = 21,08$,
 $BP = 11,94 \text{ kHz}$
 (g) Circuito; $L/C = 100 \times 10^3$
 parte (e): $L/C = 1 \times 10^3$
 parte (f): $L/C = 400 \times 10^3$
 (h) sim, $L/C \uparrow$, $BP \downarrow$

Capítulo 21

1. (a) esquerda: $1,54 \text{ kHz}$,
 direita: $5,623 \text{ kHz}$
 (b) em cima: $0,2153 \text{ V}$,
 em baixo: $0,5248 \text{ V}$
3. (a) 1000 (b) 10^{12}
 (c) 1585 (d) $1,096$
 (e) 10^{10} (f) $1513,56$
 (g) $10,023$ (h) $1.258.925,41$
5. $1,681$
 7. $-0,301$
 9. (a) $1,845$
 (b) $18,45$
11. $13,01$
 13. $38,49$
 15. $24,08 \text{ dB}_s$
19. (a) $0,1f_c: 0,995$, $0,5f_c: 0,894$,
 $f_c: 0,707$, $2f_c: 0,447$,
 $10f_c: 0,0995$
 (b) $0,1f_c: -5,71^\circ$, $0,5f_c: -26,57^\circ$,
 $f_c: -45^\circ$, $2f_c: -63,43^\circ$,
 $10f_c: -84,29^\circ$
21. $C = 0,265 \mu\text{F}$,
 $250 \text{ Hz}: A_v = 0,895$,
 $\theta = -26,54^\circ$,
 $1000 \text{ Hz}: A_v = 0,4475$,
 $\theta = -63,41^\circ$
23. (a) $f_c = 3,617 \text{ kHz}$,
 $f_c: A_v = 0,707$, $\theta = 45^\circ$,
 $2f_c: A_v = 0,894$, $\theta = 26,57^\circ$
 $0,5f_c: A_v = 0,447$, $\theta = 63,43^\circ$
 $10f_c: A_v = 0,0995$, $\theta = 5,71^\circ$
 $\frac{1}{10}f_c: A_v = 0,0995$,
 $\theta = 84,29^\circ$
25. $R = 795,77 \Omega \rightarrow 797 \Omega$,
 $f_c: A_v = 0,707$, $\theta = 45^\circ$
 $1 \text{ kHz}: A_v = 0,458$, $\theta = 63,4^\circ$
 $4 \text{ kHz}: A_v \cong 0,9$, $\theta = 26,53^\circ$
27. (a) $f_{c1} = 795,77 \text{ Hz}$,
 $f_{c2} = 1989,44 \text{ Hz}$
 $f_{c1}: V_o = 0,656V_i$,
 $f_{c2}: V_o = 0,656V_i$
 $f_{\text{centro}} = 1392,60 \text{ Hz}: V_o = 0,711V_i$
 $500 \text{ Hz}: V_o = 0,516V_i$,
 $4 \text{ kHz}: V_o = 0,437V_i$
- (b) $BP \cong 2,9 \text{ kHz}$,
 $f_{\text{centro}} = 1,94 \text{ kHz}$
29. (a) $f_s = 100,658 \text{ kHz}$
 (b) $Q_s = 18,39$, $BP = 5473,52 \text{ Hz}$
 (c) $f_s: A_v = 0,93$,
 $f_1 = 97.921,24 \text{ Hz}$,
 $f_2 = 103.394,76 \text{ Hz}$,
 $f = 95 \text{ kHz}: A_v = 0,392$,
 $f = 105 \text{ kHz}: A_v = 0,5$
 (d) $f = f_s$, $V_o = 0,93 \text{ V}$,
 $f = f_1 = f_2$, $V_o = 0,658 \text{ V}$
31. (a) $Q_s = 12,195$
 (b) $BP = 410 \text{ Hz}$,
 $f_2 = 5205 \text{ Hz}$,
 $f_1 = 4795 \text{ Hz}$
 (c) $f_s: V_o = 0,024V_i$
 (d) não será modificada
33. (a) $f_p = 726,44 \text{ kHz}$ (atenuação)
 $f = 2,013 \text{ MHz}$ (transmissão)
35. (a-b) $f_c = 6772,55 \text{ Hz}$
 (c) $f_c: -3 \text{ dB}$, $\frac{1}{2}f_c: -6,7 \text{ dB}$,
 $2f_c: -0,969 \text{ dB}$,
 $\frac{1}{10}f_c: -20,04 \text{ dB}$,
 $10f_c: -0,043 \text{ dB}$
 (d) $f_c: 0,707$, $\frac{1}{2}f_c: 0,4472$,
 $2f_c: 0,894$
 (e) $f_c: 45^\circ$, $\frac{1}{2}f_c: 63,43^\circ$, $2f_c: 26,57^\circ$
37. (a-b) $f_c = 13,26 \text{ kHz}$
 (c) $f_c: -3 \text{ dB}$, $\frac{1}{2}f_c: -0,97 \text{ dB}$,
 $2f_c: -6,99 \text{ dB}$,
 $\frac{1}{10}f_c: -0,043 \text{ dB}$,
 $10f_c: -20,04 \text{ dB}$
 (d) $f_c: 0,707$, $\frac{1}{2}f_c: 0,894$,
 $2f_c: 0,447$
 (e) $f_c: -45^\circ$, $\frac{1}{2}f_c: -26,57^\circ$,
 $2f_c: -63,43^\circ$
39. (a) $f_1 = 663,15 \text{ Hz}$, $f_c = 468,1 \text{ Hz}$
 $0 < f < f_c: +6 \text{ dB/oitava}$,
 $f > f_c: -3,03 \text{ dB}$
 (b) $f_1: 45^\circ$, $f_c: 54,78^\circ$, $\frac{1}{2}f_1: 63,43^\circ$,
 $2f_1: 84,29^\circ$
41. (a) $f_1 = 19.894,37 \text{ Hz}$
 $f_c = 1.989,44 \text{ Hz}$
 $0 < f < f_c: 0 \text{ dB}$,
 $f_c < f < f_1: -6 \text{ dB/oitava}$,
 $f > f_1: -20 \text{ dB}$
 (b) $f_c: -39,29^\circ$,
 $10 \text{ kHz}: -52,06^\circ$,
 $f_1: -39,29^\circ$
43. (a) $f_1 = 964,58 \text{ Hz}$,
 $f_c = 7.334,33 \text{ Hz}$
 $0 < f < f_1: -17,62 \text{ dB}$,
 $f_1 < f < f_c: +6 \text{ dB/oitava}$,
 $f > f_c: 0 \text{ dB}$
 (b) $f_1: 39,35^\circ$, $1,3 \text{ kHz}: 43,38^\circ$,
 $f_c: 39,35^\circ$

45. (a) $f = 180 \text{ Hz} \cong -3 \text{ dB}$,
 $f = 18 \text{ kHz}: -3,105 \text{ dB}$
 (b) $100 \text{ Hz}: 97^\circ$,
 $1,8 \text{ kHz}: 0,12^\circ \cong 0^\circ$,
 $18 \text{ kHz}: -61,8^\circ$
47. $A_v = -120/[(1 - j 50/f)(1 - j 200/f)(1 - jf/36 \text{ kHz})]$
49. $f_c = 2 \text{ kHz}$, $0 < f < f_c$: 0 dB ,
 $f > f_c$: -6 dB/oitava ,
51. $f_1 = 1 \text{ kHz}$, $f_2 = 2 \text{ kHz}$,
 $f_3 = 3 \text{ kHz}$
 $0 < f < f_1$: 0 dB ,
 $f_1 < f < f_2$: $+6 \text{ dB/oitava}$,
 $f_2 < f < f_3$: $+12 \text{ dB/oitava}$,
 $f > f_3$: $13,06 \text{ dB}$
53. (a) alto-falante de graves: $0,673$
 alto-falante de agudos: $0,678$
 (b) alto-falante de graves: $0,015$
 alto-falante de agudos: $0,337$
 (c) alto-falante de frequências
 intermediárias: $0,998 \cong 1$

Capítulo 22

1. (a) positivos (b) 2 V
 (c) $0,2 \text{ ms}$ (d) 6 V (e) $6,5\%$
3. (a) positivos
 (b) 10 mV
 (c) $3,2 \text{ ms}$ (d) 20 mV
 (e) $3,4\%$
5. V_2 de $(V_1 - V_2)/V = 0,1$ é
 $13,571 \text{ mV}$
7. (a) $120 \mu\text{s}$ (b) $8,333 \text{ kHz}$
 (c) máximo = 440 mV ,
 mínimo = 80 mV
9. $f_{rp} = 125 \text{ kHz}$,
 Ciclo de operação = $62,5\%$
11. (a) $8 \mu\text{s}$
 (b) $2 \mu\text{s}$
 (c) 125 kHz
 (d) 0 V
 (e) $3,464 \text{ mV}$
13. $18,88 \text{ mV}$
15. 117 mV
17. $v_o = 4(1 + e^{-t/20\text{ms}})$
19. $i_C = -8 \times 10^{-3} e^{-t}$
21. $i_C = 4 \times 10^{-3} e^{-t/0,2\text{ms}}$
 (a) $5\tau = T/2$ (b) $5\tau = \frac{1}{3}(T/2)$
 (c) $5\tau = 10(T/2)$
23. $0 - T/2: v_C = 20 \text{ V}$,
 $T/2 - T: v_C = 20e^{-t/\tau}$,
 $T - \frac{3}{2}T: v_C = 20(1 - e^{-t/\tau})$
 $\frac{3}{2}T - T: v_C = 20e^{-t/\tau}$
25. $Z_p = 4,573 \text{ M}\Omega \angle -59,5^\circ$,
 $Z_s = 0,507 \text{ M}\Omega \angle -59,5^\circ$

Capítulo 23

1. (a) $120,1 \text{ V}$ (b) $120,1 \text{ V}$
 (c) $12,01 \text{ A}$ (d) $12,01 \text{ A}$
3. (a) $120,1 \text{ V}$ (b) $120,1 \text{ V}$
 (c) $16,98 \text{ A}$ (d) $16,98 \text{ A}$
5. (a) $\theta_2 = -120^\circ$, $\theta_3 = 120^\circ$

- (b) $V_{an} = 120 \text{ V} \angle 0^\circ$,
 $V_{bn} = 120 \text{ V} \angle -120^\circ$,
 $V_{cn} = 120 \text{ V} \angle 120^\circ$
- (c) $I_{an} = 8 \text{ A} \angle -53,13^\circ$,
 $I_{bn} = 8 \text{ A} \angle -173,13^\circ$,
 $I_{cn} = 8 \text{ A} \angle 66,87^\circ$
- (e) 8 A (f) $207,85 \text{ V}$
7. $V_\phi = 127 \text{ V}$, $I_\phi = 8,98 \text{ A}$,
 $I_L = 8,98 \text{ A}$
9. (a) $E_{AN} = 12,7 \text{ kV} \angle -30^\circ$,
 $E_{BN} = 12,7 \text{ kV} \angle -150^\circ$,
 $E_{CN} = 12,7 \text{ kV} \angle 90^\circ$
 (b) $I_{an} = 11,285 \text{ A} \angle -97,54^\circ$,
 $I_{bn} = 11,285 \text{ A} \angle -217,54^\circ$,
 $I_{cn} = 11,285 \text{ A} \angle 22,46^\circ$
 (c) $I_L = I_\phi$
 (d) $V_{an} = 12,154,28 \text{ V} \angle -29,34^\circ$,
 $V_{bn} = 12,154,28 \text{ V} \angle -149,34^\circ$,
 $V_{cn} = 12,154,28 \text{ V} \angle 90,66^\circ$
11. (a) $120,1 \text{ V}$ (b) 208 V
 (c) $13,364 \text{ A}$ (d) $23,15 \text{ A}$
13. (a) $\theta_2 = -120^\circ$, $\theta_3 = +120^\circ$
 (b) $V_{ab} = 208 \text{ V} \angle 0^\circ$,
 $V_{bc} = 208 \text{ V} \angle -120^\circ$,
 $V_{ca} = 208 \text{ V} \angle 120^\circ$
 (d) $I_{ab} = 9,455 \text{ A} \angle 0^\circ$,
 $I_{bc} = 9,455 \text{ A} \angle -120^\circ$,
 $I_{ca} = 9,455 \text{ A} \angle 120^\circ$
 (e) $16,376 \text{ A}$ (f) $120,1 \text{ V}$
15. (a) $\theta_2 = -120^\circ$, $\theta_3 = 120^\circ$
 (b) $V_{ab} = 208 \text{ V} \angle 0^\circ$,
 $V_{bc} = 208 \text{ V} \angle -120^\circ$,
 $V_{ca} = 208 \text{ V} \angle 120^\circ$
 (d) $I_{ab} = 86,67 \text{ A} \angle -36,87^\circ$,
 $I_{bc} = 86,67 \text{ A} \angle -156,87^\circ$,
 $I_{ca} = 86,67 \text{ A} \angle 83,13^\circ$
 (e) $150,11 \text{ A}$ (f) $120,1 \text{ V}$
17. (a) $I_{ab} = 15,325 \text{ A} \angle -73,30^\circ$,
 $I_{bc} = 15,325 \text{ A} \angle -193,30^\circ$,
 $I_{ca} = 15,325 \text{ A} \angle 46,7^\circ$
 (b) $I_{Aa} = 26,54 \text{ A} \angle -103,31^\circ$,
 $I_{Bb} = 26,54 \text{ A} \angle 136,68^\circ$,
 $I_{Cc} = 26,54 \text{ A} \angle 16,69^\circ$
 (c) $E_{AB} = 17,013,6 \text{ V} \angle -0,59^\circ$,
 $E_{BC} = 17,013,77 \text{ V} \angle -120,59^\circ$,
 $E_{CA} = 17,013,87 \text{ V} \angle 119,41^\circ$
19. (a) 208 V (b) $120,09 \text{ V}$
 (c) $7,076 \text{ A}$ (d) $7,076 \text{ A}$
21. $V_\phi = 69,28 \text{ V}$, $I_\phi = 2,89 \text{ A}$,
 $I_L = 2,89 \text{ A}$
23. $V_\phi = 69,28 \text{ V}$, $I_\phi = 5,77 \text{ A}$,
 $I_L = 5,77 \text{ A}$
25. (a) 440 V (b) 440 V
 (c) $29,33 \text{ A}$ (d) $50,8 \text{ A}$
27. (a) $\theta_2 = -120^\circ$, $\theta_3 = +120^\circ$
 (b) $V_{ab} = 100 \text{ V} \angle 0^\circ$,
 $V_{bc} = 100 \text{ V} \angle -120^\circ$,
 $V_{ca} = 100 \text{ V} \angle 120^\circ$
 (d) $I_{ab} = 5 \text{ A} \angle 0^\circ$,
 $I_{bc} = 5 \text{ A} \angle -120^\circ$,
 $I_{ca} = 5 \text{ A} \angle 120^\circ$
 (e) $8,66 \text{ A}$

29. (a) $\theta_2 = -120^\circ$, $\theta_3 = 120^\circ$
 (b) $V_{ab} = 100 \text{ V} \angle 0^\circ$,
 $V_{bc} = 100 \text{ V} \angle -120^\circ$,
 $V_{ca} = 100 \text{ V} \angle 120^\circ$
 (d) $I_{ab} = 7,072 \text{ A} \angle 45^\circ$,
 $I_{bc} = 7,072 \text{ A} \angle -75^\circ$,
 $I_{ca} = 7,072 \text{ A} \angle 165^\circ$
 (e) $12,25 \text{ A}$
31. 2160 W , 0 VAR , 2160 VA ,
 $F_p = 1$
33. $7210,67 \text{ W}$, $7210,67 \text{ VAR}(C)$,
 $10,197,42 \text{ VA}$, $0,707$ adiantado
35. $7,263 \text{ kW}$, $7,263 \text{ kVAR}$,
 $10,272 \text{ kVA}$, $0,707$ atrasado
37. $287,93 \text{ W}$, $575,86 \text{ VAR}(L)$,
 $643,83 \text{ VA}$, $0,4472$ atrasado
39. 900 W , $1200 \text{ VAR}(L)$, 1500 VA ,
 $0,6$ atrasado
41. $Z_\phi = 12,98 \Omega - j 17,31 \Omega$
43. (a) $9237,6 \text{ V}$ (b) 80 A
 (c) $1276,8 \text{ kW}$
 (d) $0,576$ atrasado
 (e) $I_{Aa} = 80 \text{ A} \angle -54,83^\circ$
 (f) $V_{an} = 7773,45 \text{ V} \angle -4,87^\circ$
 (g) $Z_\phi = 62,52 \Omega + j 74,38 \Omega$
 (h) F_p (de todo o sistema) = $0,576$,
 F_p (da carga) = $0,643$ (ambos
 atrasados)
 (i) $93,98\%$
45. (b) $P_T = 5899,64 \text{ W}$,
 $P_{medidor} = 1966,55 \text{ W}$
49. (a) $120,09 \text{ V}$
 (b) $I_{an} = 8,492 \text{ A}$, $I_{bn} = 7,076 \text{ A}$,
 $I_{cn} = 42,465 \text{ A}$
 (c) $4928,5 \text{ W}$, $4928,53 \text{ VAR}(L)$,
 $6969,99 \text{ VA}$, $0,7071$ atrasado
 (d) $I_{an} = 8,492 \text{ A} \angle -75^\circ$,
 $I_{bn} = 7,076 \text{ A} \angle -195^\circ$,
 $I_{cn} = 42,465 \text{ A} \angle 45^\circ$
 (e) $I_N = 34,712 \text{ A} \angle -42,972^\circ$

Capítulo 24

1. (I) a. não b. não c. sim d. não
 e. sim
 (II) a. sim b. sim c. sim d. sim
 e. não
 (III) a. sim b. sim c. não d. sim
 e. sim
 (IV) a. não b. não c. sim d. sim
 e. sim
7. (a) $19,04 \text{ V}$ (b) $4,53 \text{ A}$
9. $71,872 \text{ W}$
11. (a) $i = 2 + 2,08 \text{ sen}(400t - 33,69) + 0,5 \text{ sen}(800t - 53,13^\circ)$
 (b) $2,508 \text{ A}$
 (c) $v_R = 24 + 24,96 \text{ sen}(400t + 33,69^\circ) + 6 \text{ sen}(800t - 53,13^\circ)$
 (d) $30,092 \text{ A}$

- (e) $v_L = 16,64 \text{ sen}(400t + 56,31^\circ) + 8 \text{ sen}(800t + 36,87^\circ)$
 (f) 13,055 V (g) 75,481 W
 13. (a) $i = 1,2 \text{ sen}(400t + 53,13^\circ)$
 (b) 0,848 A
 (c) $v_R = 18 \text{ sen}(400t + 53,13^\circ)$
 (d) 12,73 V
 (e) $v_C = 18 + 23,98 \text{ sen}(400t - 36,87^\circ)$
 (f) 24,73 V (g) 10,79 W
 15. $v_o = 2,257 \times 10^{-3} \text{ sen}(377t + 93,66^\circ) + 1,923 \times 10^{-3} \text{ sen}(754t + 1,64^\circ)$
 17. $i_T = 30 + 30,27 \text{ sen}(20t + 7,59^\circ) + 0,5 \text{ sen}(40t - 30^\circ)$

Capítulo 25

1. (a) 0,2 H
 (b) $e_p = 1,6 \text{ V}$, $e_s = 5,12 \text{ V}$
 (c) $e_p = 15 \text{ V}$, $e_s = 24 \text{ V}$
 3. (a) 158,02 mH
 (b) $e_p = 24 \text{ V}$, $e_s = 1,8 \text{ V}$
 (c) $e_p = 15 \text{ V}$, $e_s = 24 \text{ V}$
 5. 1,354 H
 7. $\mathbf{I}_1 (R_1 + j X_{L_1}) + \mathbf{I}_2 (j X_m) = \mathbf{E}_1$
 $\mathbf{I}_1 (j X_m) + \mathbf{I}_2 (j X_{L_2} + R_L) = 0$
 9. (a) 3,125 V (b) 391,02 μWb
 11. 56,31 Hz
 13. 400 Ω
 15. 12,000t
 17. (a) 20 Ω
 (b) 40 Ω

- (d) 0,351 A $\angle -6,71^\circ$
 (e) 28,1 V $\angle -6,71^\circ$
 (g) 30 V
 19. (a) $Z_p = 280,71 \Omega \angle -85,91^\circ$
 (b) $I_p = 0,427 \text{ A} \angle 85,91^\circ$
 (c) $V_{R_e} = 8,54 \text{ V} \angle 85,91^\circ$
 $V_{X_e} = 17,08 \text{ V} \angle 175,91^\circ$
 $V_{X_C} = 136,64 \text{ V} \angle -4,09^\circ$
 21. $Z_i = 7980 \Omega \angle 89,98^\circ$
 23. (a) 20 (b) 83,33 A (c) 4,167 A
 (d) $a = \frac{1}{20}$, $I_s = 4,167 \text{ A}$,
 $I_p = 83,33 \text{ A}$
 25. (a) 25 V $\angle 0^\circ$, 5 A $\angle 0^\circ$
 (b) 80 $\Omega \angle 0^\circ$ (c) 20 $\Omega \angle 0^\circ$
 27. (a) $\mathbf{E}_2 = 40 \text{ V} \angle 60^\circ$,
 $\mathbf{E}_3 = 30 \text{ V} \angle 60^\circ$,
 $\mathbf{I}_3 = 3 \text{ A} \angle 60^\circ$
 (b) $R_1 = 64,52 \Omega$
 29. $[\mathbf{Z}_1 + \mathbf{X}_{L_1}]\mathbf{I}_1 - \mathbf{Z}_{M_{12}}\mathbf{I}_2 + \mathbf{Z}_{M_{13}}\mathbf{I}_3 = \mathbf{E}_1$,
 $\mathbf{Z}_{M_{12}}\mathbf{I}_1 - [\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3 + \mathbf{X}_{L_2}]\mathbf{I}_2 + \mathbf{Z}_2\mathbf{I}_3 = 0$,
 $\mathbf{Z}_{M_{13}}\mathbf{I}_1 - \mathbf{Z}_2\mathbf{I}_2 + [\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_4 + \mathbf{X}_{L_3}]\mathbf{I}_3 = 0$

Capítulo 26

1. $Z_i = 986,84 \Omega$
 3. (a) $I_{i_1} = 10 \mu\text{A}$
 (b) $Z_{i_2} = 4,5 \text{ k}\Omega$
 (c) $E_{i_3} = 6,9 \text{ V}$
 5. $Z_o = 44,59 \text{ k}\Omega$
 7. $Z_o = 10 \text{ k}\Omega$
 9. (a) $A_v = -392,98$
 (b) $A_{v_T} = -320,21$
 11. (a) $A_{v_{NL}} = -2398,8$
 (b) $E_i = 50 \text{ mV}$
 (c) $Z_i = 1 \text{ k}\Omega$
 13. (a) $A_G = 6,067 \times 10^4$
 (b) $A_{G_T} = 4,94 \times 10^4$
 15. (a) $A_{v_T} = 1500$
 (b) $A_{i_T} = 187,5$
 (c) $A_{i_1} = 15$, $A_{i_2} = 12,5$
 (d) $A_{i_T} = 187,5$
 17. (a) $z_{11} = (\mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3)/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3)$,
 $z_{12} = \mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3)$,
 $z_{21} = z_{12}$,
 $z_{22} = (\mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3 + \mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_3)/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3)$
 19. (a) $y_{11} = (\mathbf{Y}_1\mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_1\mathbf{Y}_3)/(\mathbf{Y}_1 + \mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)$,
 $y_{12} = -\mathbf{Y}_1\mathbf{Y}_2/(\mathbf{Y}_1 + \mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)$,
 $y_{21} = y_{12}$,
 $y_{22} = (\mathbf{Y}_1\mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_2\mathbf{Y}_3)/(\mathbf{Y}_1 + \mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)$
 21. $h_{11} = \mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_2/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2)$,
 $h_{21} = -\mathbf{Z}_1/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2)$,
 $h_{12} = \mathbf{Z}_1/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2)$,
 $h_{22} = (\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3)/(\mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3 + \mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_3)$
 23. $h_{11} = (\mathbf{Y}_1 + \mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)/(\mathbf{Y}_1\mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_1\mathbf{Y}_3)$,
 $h_{21} = -\mathbf{Y}_2/(\mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)$,
 $h_{12} = \mathbf{Y}_2/(\mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)$,
 $h_{22} = \mathbf{Y}_2\mathbf{Y}_3/(\mathbf{Y}_2 + \mathbf{Y}_3)$
 25. (a) 47,62 (b) -99
 27. $Z_i = 9,219,5 \Omega \angle -139,4^\circ$,
 $Z_o = 29,07 \text{ k}\Omega \angle -86,05^\circ$
 29. $h_{11} = 2,5 \text{ k}\Omega$, $h_{12} = 0,5$,
 $h_{21} = -0,75$, $h_{22} = 0,25 \text{ mS}$