

# Contenido

Prefacio  
Al estudiante

x  
xvi

## I Conceptos fundamentales de cd

1

### 1 Introducción

3

- 1-1 Introducción 4
- 1-2 El sistema SI de unidades 6
- 1-3 Conversión de unidades 8
- 1-4 Notación de potencias de diez 10
- 1-5 Prefijos, notación de ingeniería y resultados numéricos 12
- 1-6 Diagramas de circuitos 14
- 1-7 Análisis de circuitos mediante computadoras y calculadoras 16

Problemas 18

### 2 Voltaje y corriente

25

- 2-1 Revisión de la teoría atómica 26
- 2-2 La unidad de carga eléctrica: el coulomb 30
- 2-3 Voltaje 31
- 2-4 Corriente 34
- 2-5 Fuentes de voltaje de cd prácticas 36
- 2-6 Medición de voltaje y corriente 41
- 2-7 Interruptores, fusibles e interruptores automáticos 44

Problemas 46

### 3 Resistencia

51

- 3-1 Resistencia de conductores 52
- 3-2 Tabla de alambres eléctricos 54

- 3-3 Resistencia de alambres: milésima circular 57
- 3-4 Efectos de la temperatura 61
- 3-5 Tipos de resistores 63
- 3-6 Código de colores de resistores 67
- 3-7 Medición de resistencia: el óhmetro 69
- 3-8 Termistores 72
- 3-9 Celdas fotoconductoras 73
- 3-10 Resistencia no lineal 74
- 3-11 Conductancia 76
- 3-12 Superconductores 77
- Problemas 78

### 4 Ley de Ohm, potencia y energía 85

- 4-1 Ley de Ohm 86
- 4-2 Polaridad del voltaje y dirección de la corriente 90
- 4-3 Potencia 92
- 4-4 Convención de la dirección de la potencia 96
- 4-5 Energía 97
- 4-6 Eficiencia 99
- 4-7 Resistencias no lineales y dinámicas 102
- 4-8 Análisis de circuitos con ayuda de la computadora 103

Problemas 109

## II

### Análisis básico de cd 115

#### 5 Circuitos en serie 117

117

- 5-1 Circuitos en serie 118
- 5-2 Ley de voltaje de Kirchhoff 120
- 5-3 Resistores en serie 121
- 5-4 Fuentes de voltaje en serie 124

<b>vi</b>	<b>Contenido</b>	
<b>5-5</b>	Intercambio de componentes en serie	124
<b>5-6</b>	Regla del divisor de voltaje	126
<b>5-7</b>	Tierra del circuito	128
<b>5-8</b>	Notación de subíndices de voltaje	129
<b>5-9</b>	Resistencia interna de fuentes de voltaje	133
<b>5-10</b>	Efectos de carga del amperímetro	135
<b>5-11</b>	Análisis de circuitos por computadora	137
	Problemas	140

## **6 Circuitos en paralelo 151**

<b>6-1</b>	Circuitos en paralelo	152
<b>6-2</b>	Ley de corriente de Kirchhoff	153
<b>6-3</b>	Resistores en paralelo	156
<b>6-4</b>	Fuentes de voltaje en paralelo	162
<b>6-5</b>	Regla del divisor de corriente	162
<b>6-6</b>	Análisis de circuitos en paralelo	167
<b>6-7</b>	Efectos de carga en el voltímetro	169
<b>6-8</b>	Análisis por computadora	171
	Problemas	174

## **7 Circuitos en serie-paralelo 185**

<b>7-1</b>	La red en serie-paralelo	186
<b>7-2</b>	Análisis de circuitos en serie-paralelo	187
<b>7-3</b>	Aplicaciones de los circuitos en serie-paralelo	193
<b>7-4</b>	Potenciómetros	200
<b>7-5</b>	Efectos de carga de los instrumentos	202
<b>7-6</b>	Análisis de circuitos por computadora	206
	Problemas	212

## **8 Métodos de análisis 223**

<b>8-1</b>	Fuentes de corriente constante	224
<b>8-2</b>	Conversiones de fuentes	226
<b>8-3</b>	Fuentes de corriente en paralelo y en serie	229
<b>8-4</b>	Análisis de corriente de rama	231
<b>8-5</b>	Análisis de mallas (lazos)	235
<b>8-6</b>	Análisis de nodos	242
<b>8-7</b>	Conversión delta-Y (Pi-T)	248
<b>8-8</b>	Redes puente	254
<b>8-9</b>	Análisis de circuitos por computadora	261
	Problemas	264

## **9 Teoremas de redes 273**

<b>9-1</b>	Teorema de superposición	274
<b>9-2</b>	Teorema de Thévenin	277
<b>9-3</b>	Teorema de Norton	283
<b>9-4</b>	Teorema de transferencia de máxima potencia	290
<b>9-5</b>	Teorema de sustitución	295
<b>9-6</b>	Teorema de Millman	297
<b>9-7</b>	Teorema de reciprocidad	298
<b>9-8</b>	Análisis de circuitos por computadora	300
	Problemas	306

## **III**

## **Capacitancia e inductancia 315**

### **10 Capacitores y capacitancia 317**

<b>10-1</b>	Capacitancia	318
<b>10-2</b>	Factores que afectan la capacitancia	319
<b>10-3</b>	Campos eléctricos	322
<b>10-4</b>	Dieléctricos	324
<b>10-5</b>	Efectos no ideales	325
<b>10-6</b>	Tipos de capacitores	326
<b>10-7</b>	Capacitores en paralelo y en serie	330
<b>10-8</b>	Corriente y voltaje en el capacitor	333
<b>10-9</b>	Energía almacenada por un capacitor	336
<b>10-10</b>	Fallas en el capacitor y solución de problemas	336
	Problemas	337

### **11 Carga, descarga del capacitor y circuitos formadores de onda simples 345**

<b>11-1</b>	Introducción	346
<b>11-2</b>	Ecuaciones de carga del capacitor	349
<b>11-3</b>	Capacitor con un voltaje inicial	354
<b>11-4</b>	Ecuaciones de descarga del capacitor	355
<b>11-5</b>	Circuitos más complejos	356
<b>11-6</b>	Una aplicación de la temporización RC	363
<b>11-7</b>	Respuesta al pulso de circuitos RC	365
<b>11-8</b>	Análisis transitorio por computadora	369
	Problemas	374

**12 Magnetismo y circuitos magnéticos 383**

- 12-1 La naturaleza de un campo magnético 384
- 12-2 Electromagnetismo 386
- 12-3 Flujo magnético y densidad de flujo 387
- 12-4 Circuitos magnéticos 388
- 12-5 Espacios de aire, desbordamiento y núcleos laminados 390
- 12-6 Elementos en serie y en paralelo 391
- 12-7 Circuitos magnéticos con excitación de cd 391
- 12-8 Intensidad de campo magnético y curvas de magnetización 392
- 12-9 Ley de circuitos de Ampère 395
- 12-10 Circuitos magnéticos en serie: a partir de  $\Phi$  determinar  $NI$  396
- 12-11 Circuitos magnéticos serie-paralelo 400
- 12-12 Circuitos magnéticos en serie: a partir de  $NI$  determinar  $\Phi$  401
- 12-13 Fuerza debida a un electroimán 403
- 12-14 Propiedades de los materiales magnéticos 404
- 12-15 Medición de campos magnéticos 405
- Problemas 406

**13 Inductancia e inductores 411**

- 13-1 Inducción electromagnética 412
- 13-2 Voltaje inducido e inducción 413
- 13-3 Autoinductancia 416
- 13-4 Cálculo del voltaje inducido 418
- 13-5 Inductancias en serie y en paralelo 419
- 13-6 Consideraciones prácticas 420
- 13-7 Inductancia y estado estable de cd 422
- 13-8 Energía almacenada por una inductancia 424
- 13-9 Sugerencias para la solución de problemas con inductores 425
- Problemas 425

**14 Transitorios inductivos 433**

- 14-1 Introducción 434
- 14-2 Transitorio de corriente creciente 436
- 14-3 Interrupción de la corriente en un circuito inductivo 440
- 14-4 Transitorios desenergizantes 442
- 14-5 Circuitos más complejos 444
- 14-6 Transitorios  $RL$  con computadora 449
- Problemas 453

**IV Conceptos fundamentales de ca 459**

**15 Fundamentos de ca 461**

- 15-1 Introducción 462
- 15-2 Generación de voltajes de ca 463
- 15-3 Convención de voltaje y corriente para ca 465
- 15-4 Frecuencia, periodo, amplitud y valor pico 467
- 15-5 Relaciones angular y gráfica para las ondas seno 471
- 15-6 Voltajes y corrientes como funciones del tiempo 475
- 15-7 Introducción a los fasores 479
- 15-8 Formas de onda de ca y valor promedio 487
- 15-9 Valores efectivos (rms) 492
- 15-10 Tasa de cambio de una onda seno (derivada) 497
- 15-11 Medición de voltaje y corriente de ca 497
- 15-12 Análisis de circuitos por computadora 499
- Problemas 501

**16 Elementos  $R, L$  y  $C$  y el concepto de impedancia 511**

- 16-1 Repaso de números complejos 512
- 16-2 Números complejos en análisis de ca 518
- 16-3 Circuitos  $R, L$  y  $C$  con excitación sinusoidal 523
- 16-4 Resistencia y ca sinusoidal 523
- 16-5 Inductancia y ca sinusoidal 524
- 16-6 Capacitancia y ca sinusoidal 527
- 16-7 El concepto de impedancia 530
- 16-8 Análisis de circuitos de ca por computadora 533
- Problemas 536

**17 Potencia en circuitos de ca 543**

- 17-1 Introducción 544
- 17-2 Potencia hacia una carga resistiva 545
- 17-3 Potencia hacia una carga inductiva 546
- 17-4 Potencia hacia una carga capacitiva 547
- 17-5 Potencia en circuitos más complejos 549
- 17-6 Potencia aparente 551
- 17-7 La relación entre  $P, Q$  y  $S$  552
- 17-8 Factor de potencia 555

<b>17-9</b>	Medición de potencia de ca	559
<b>17-10</b>	Resistencia efectiva	561
<b>17-11</b>	Relaciones de energía para ca	562
<b>17-12</b>	Análisis de circuitos por computadora	563
	Problemas	564

## V

### **Redes de impedancia** **571**

#### **18 Circuitos en serie-paralelo de ca** **573**

<b>18-1</b>	Ley de Ohm para circuitos de ca	574
<b>18-2</b>	Circuitos en serie de ca	579
<b>18-3</b>	Ley de voltaje de Kirchhoff y la regla del divisor de voltaje	586
<b>18-4</b>	Circuitos en paralelo de ca	588
<b>18-5</b>	Ley de corriente de Kirchhoff y la regla del divisor de corriente	593
<b>18-6</b>	Circuitos en serie-paralelo	596
<b>18-7</b>	Efectos de la frecuencia	599
<b>18-8</b>	Aplicaciones	604
<b>18-9</b>	Análisis de circuitos por computadora	607
	<i>Problemas</i>	613

#### **19 Métodos de análisis de ca** **627**

<b>19-1</b>	Fuentes dependientes	628
<b>19-2</b>	Conversión de fuentes	629
<b>19-3</b>	Análisis de mallas (lazos)	632
<b>19-4</b>	Análisis de nodos	637
<b>19-5</b>	Conversiones delta en Y y Y en delta	643
<b>19-6</b>	Redes de puente	646
<b>19-7</b>	Análisis de circuitos por computadora	651
	Problemas	655

#### **20 Teorema de redes de ca** **663**

<b>20-1</b>	Teorema de superposición. Fuentes independientes	664
<b>20-2</b>	Teorema de superposición. Fuentes dependientes	667
<b>20-3</b>	Teorema de Thévenin. Fuentes independientes	669
<b>20-4</b>	Teorema de Norton. Fuentes independientes	673

<b>20-5</b>	Teoremas de Thévenin y Norton para fuentes dependientes	678
<b>20-6</b>	Teorema de máxima transferencia de potencia	686
<b>20-7</b>	Análisis de circuitos por computadora	690
	Problemas	695

#### **21 Resonancia** **705**

<b>21-1</b>	Resonancia en serie	707
<b>21-2</b>	Factor de calidad, $Q$	708
<b>21-3</b>	Impedancia de un circuito resonante en serie	711
<b>21-4</b>	Potencia, ancho de banda y selectividad de un circuito resonante en serie	712
<b>21-5</b>	Conversión serie-paralelo $RL$ y $RC$	719
<b>21-6</b>	Resonancia en paralelo	725
<b>21-7</b>	Análisis de circuitos por computadora	733
	Problemas	737

#### **22 Filtros y el diagrama de Bode** **747**

<b>22-1</b>	El decibel	748
<b>22-2</b>	Sistemas de múltiples etapas	754
<b>22-3</b>	Funciones de transferencia $RC$ y $RL$ simples	756
<b>22-4</b>	El filtro pasabajas	766
<b>22-5</b>	El filtro pasaaltas	772
<b>22-6</b>	<i>El filtro pasabanda</i>	777
<b>22-7</b>	El filtro supresor de banda	780
<b>22-8</b>	Análisis de circuitos por computadora	781
	Problemas	785

#### **23 Transformadores y circuitos acoplados** **795**

<b>23-1</b>	Introducción	796
<b>23-2</b>	Transformadores de núcleo de hierro: el modelo ideal	799
<b>23-3</b>	Impedancia reflejada	805
<b>23-4</b>	Especificaciones del transformador de potencia	807
<b>23-5</b>	Aplicaciones del transformador	808
<b>23-6</b>	Transformadores de núcleo de hierro prácticos	814
<b>23-7</b>	Pruebas de los transformadores	817
<b>23-8</b>	Efectos del voltaje y la frecuencia	819
<b>23-9</b>	Circuitos débilmente acoplados	820
<b>23-10</b>	Circuitos acoplados magnéticamente con excitación sinusoidal	824

<b>23-11</b>	Impedancia acoplada	826		
<b>23-12</b>	Análisis de circuitos por computadora	827		
	Problemas	830		
<b>24</b>	<b>Sistemas de tres fases</b>		<b>839</b>	
<b>24-1</b>	Generación de voltaje trifásico	840		
<b>24-2</b>	Conexiones básicas de circuitos trifásicos	841		
<b>24-3</b>	Relaciones trifásicas básicas	844		
<b>24-4</b>	Ejemplos	852		
<b>24-5</b>	Potencia en sistemas balanceados	856		
<b>24-6</b>	Medición de potencia en circuitos trifásicos	861		
<b>24-7</b>	Cargas desbalanceadas	863		
<b>24-8</b>	Cargas en sistemas de potencia	867		
<b>24-9</b>	Análisis de circuitos por computadora	867		
	Problemas	870		
<b>25</b>	<b>Formas de onda no sinusoidales</b>		<b>879</b>	
<b>25-1</b>	Formas de onda compuestas	881		
<b>25-2</b>	Serie de Fourier	882		
<b>25-3</b>	Serie de Fourier de formas de onda comunes	887		
<b>25-4</b>	Espectro de frecuencias	892		
<b>25-5</b>	Respuesta del circuito a una forma de onda no sinusoidal	897		
<b>25-6</b>	Análisis de circuitos por computadora	901		
	Problemas	903		
	<b>APÉNDICE A</b>			
	<b>PSpice y Multisim</b>			<b>909</b>
	<b>APÉNDICE B</b>			
	<b>Matemáticas en análisis de circuitos: un curso breve</b>			<b>914</b>
	<b>APÉNDICE C</b>			
	<b>Teorema de máxima transferencia de potencia</b>			<b>922</b>
	<b>APÉNDICE D</b>			
	<b>Respuestas a los problemas impares</b>			<b>925</b>
	<b>Glosario</b>			<b>937</b>
	<b>Índice</b>			<b>942</b>