

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

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

6 Circuitos en paralelo 151

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

7 Circuitos en serie-paralelo 185

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

8 Métodos de análisis 223

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

9 Teoremas de redes 273

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

III

Capacitancia e inductancia 315

10 Capacitores y capacitancia 317

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

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

11-1	Introducción	346
11-2	Ecuaciones de carga del capacitor	349
11-3	Capacitor con un voltaje inicial	354
11-4	Ecuaciones de descarga del capacitor	355
11-5	Circuitos más complejos	356
11-6	Una aplicación de la temporización RC	363
11-7	Respuesta al pulso de circuitos RC	365
11-8	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 Φ determinar NI	396
12-11	Circuitos magnéticos serie-paralelo	400
12-12	Circuitos magnéticos en serie: a partir de NI determinar Φ	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

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

V

Redes de impedancia **571**

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

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

19 Métodos de análisis de ca **627**

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

20 Teorema de redes de ca **663**

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

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

21 Resonancia **705**

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

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

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

23 Transformadores y circuitos acoplados **795**

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

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