

Contenido

Introducción	XVII
Material de apoyo en la web	XVIII

Capítulo 1

Diseño de circuitos impresos PCB.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. ¿Qué es una PCB?.....	3
1.3. Proceso de implementación en PCB de un circuito eléctrico	5
1.3.1. Fase de diseño.	5
1.3.2. Fase de fabricación	6
1.3.3. Fase de ensamblaje.....	8
1.3.4. Fase de test	8
1.4. ¿Qué es una norma IPC?.....	8
1.5. Empresas de diseño, manufactura e innovación electrónica	10
1.6. ¿Cuál es la importancia de diseñar de acuerdo con la manufactura?.....	12
1.7. Diseño de una PCB profesional, estándar IPC 2221	13
1.8. Planeación del diseño de la PCB	16
1.8.1. Componentes THT y SMT	16
1.8.2. Conociendo CircuitMaker.....	17
1.9. Simulación y videotutorial	19
1.10. Protoboard.....	19
1.11. Cuestionario	20
Práctica 1. Diseño de una PCB bajo estándares internacionales	23

Capítulo 2

El multímetro y conceptos esenciales	31
2.1. Introducción.....	32
2.2. ¿Qué es un multímetro?.....	32
2.3. Recomendaciones y cuidados para medir correctamente con el multímetro.....	33
2.4. Medición correcta de corriente y voltaje	34
2.4.1. Medición de corriente	34
2.4.2. Medición de voltaje.....	35
2.5. ¿Qué es un nodo?.....	36
2.6. Diferencias entre circuito en serie y circuito en paralelo.....	36
2.7. Efecto de carga en una medición	37
2.8. Lo que debemos saber sobre el circuito abierto y cortocircuito	40
2.8.1. Circuito abierto	40

VIII Contenido

2.8.2. Cortocircuito	40
2.9. Código de colores	43
2.10. Diferencias entre tierra y neutro	45
2.11. FEM frente a voltaje.....	47
2.12. Lo que debemos saber sobre una descarga eléctrica.....	47
2.13. Diferencias entre fuente real y fuente ideal	48
2.14. Simulación y videotutorial.....	49
2.15. Cuestionario	52
2.16. Problemas del capítulo.....	53
Práctica 2. Utilización del multímetro.....	55

Capítulo 3

Resistencia y conductores eléctricos	61
3.1. Introducción.....	62
3.2. ¿Qué es resistencia?	62
3.3. Conductores eléctricos.....	63
3.4. Efecto del radio y longitud en la resistencia, ley de Ohm.....	64
3.5. Efecto de la temperatura.	64
3.6. Resistencia y conductancia	65
3.6.1. Tipos de resistores.....	65
3.6.2. Tipos de potenciómetros	67
3.6.3. Lectura de un potenciómetro	67
3.7. Resistencia equivalente en serie y en paralelo	69
3.7.1. Circuito en serie	69
3.7.2. Circuito en paralelo.....	70
3.7.3. Conductancia	71
3.8. Aplicaciones del resistor.....	72
3.9. Semiconductores.....	72
3.9.1. Modelo de las bandas	73
3.9.2. Clases de semiconductores.....	74
3.10. Simulación y videotutorial.....	75
3.11. Cuestionario	76
Práctica 3. Ley de Ohm.....	79

Capítulo 4

Voltaje, corriente y potencia	85
4.1. Introducción.....	86
4.2. ¿Qué es voltaje y qué es corriente?	86
4.2.1. Voltaje.....	86
4.2.2. Corriente	89
4.3. Corriente, voltaje, magnetismo y movimiento electrónico.....	90
4.4. Fuentes reguladas de voltaje.....	90

4.5. Potencia	91
4.5.1. Fundamentos, prefijos y sufijos	91
4.6. Energía eléctrica y lectura de un medidor de electricidad.....	92
4.6.1. Energía.....	92
4.6.2. Energía eléctrica.....	92
4.6.3. Lectura de un medidor de electricidad de agujas.....	95
Actividad de aprendizaje en clase: energía eléctrica	97
4.7. Calcular la energía eléctrica en el hogar	98
Actividad de aprendizaje en clase: lectura de contador demandómetro	101
4.8. Ahorro de energía en el hogar.....	103
4.8.1. Auditoría energética.....	105
Actividad de aprendizaje en clase: auditoría eléctrica en casa.....	107
4.9. Eficiencia en circuitos eléctricos.....	108
4.10. Aplicaciones en la vida real.....	109
4.11. Simulación y videotutorial.....	109
4.12. Cuestionario	111

Capítulo 5

Leyes de Kirchhoff.....	113
5.1. Introducción.....	114
5.2. Leyes de Kirchhoff.....	114
5.3. Primera ley de Kirchhoff: ley de voltajes.....	115
5.3.1. Divisor de voltaje.....	123
5.3.2. Fuentes de voltaje en serie	124
5.3.3. Notación de tierra y notación de subíndice	124
5.3.4. Regulación de voltaje	126
5.4. Aplicaciones de resistencias en serie.....	129
Actividad de aprendizaje en clase: circuito en serie.....	130
5.5. Segunda ley de Kirchhoff: ley de corrientes.....	132
5.5.1. Divisor de corriente	137
5.5.2. Fuentes de corriente, ¿por qué en paralelo?	140
5.6. Circuito abierto y cortocircuito.....	140
Actividad de aprendizaje en clase: circuito paralelo	141
5.7. Aplicaciones en la vida real.....	143
5.8. Videotutorial.....	144
5.9. Cuestionario	145
5.10. Problemas del capítulo.....	146
Práctica 4. Leyes de Kirchhoff.....	151

Capítulo 6

Análisis de circuitos en serie-paralelos.....	157
--	------------

X Contenido

6.1. Introducción.....	158
6.2. Resistencia en serie-paralelo equivalente.....	158
6.3. Cortocircuito y circuito abierto en redes en serie-paralelo.....	162
Actividad de aprendizaje en clase: cortocircuito y circuito abierto en circuitos en serie-paralelo.....	167
6.4. Análisis de circuitos en serie-paralelo.....	168
6.5. Análisis de circuitos mediante conversión de fuentes.....	177
6.5.1. Fuentes de corriente.....	177
6.5.2. Conversión de fuentes.....	177
6.5.3. Fuentes de corriente en paralelo.....	178
6.5.4. Fuentes de corriente en serie.....	178
Actividad de aprendizaje en clase: análisis en serie-paralelo y conversión de fuentes.....	182
6.6. Conversión estrella-delta y delta-estrella.....	184
Actividad de aprendizaje en clase: conversión estrella-delta.....	189
6.7. Análisis de mallas.....	191
6.8. Análisis de nodos.....	194
Actividad de aprendizaje en clase: análisis de mallas y nodos.....	198
6.9. Simulación y videotutorial.....	199
6.10. Problemas del capítulo.....	199
Práctica 5. Análisis de redes serie-paralelo en cortocircuito y circuito abierto.....	207
Capítulo 7	
Teorema de redes en DC.....	213
7.1. Introducción.....	214
7.2. Teorema de superposición.....	214
Actividad de aprendizaje en clase: teorema de superposición.....	219
7.3. Teoremas de Thévenin y Norton.....	220
7.3.1. Teorema de Thévenin.....	220
7.3.2. Teorema de Norton.....	221
Actividad de aprendizaje en clase: Teoremas de Thévenin y Norton.....	230
7.4. Máxima transferencia de potencia.....	231
Actividad de aprendizaje en clase: máxima transferencia de potencia.....	236
7.5. Teorema de Millman.....	238
7.6. Simulación y videotutorial.....	238
7.7. Cuestionario.....	239
7.8. Problemas del capítulo.....	240
Práctica 6. Teorema de superposición.....	245
Práctica 7. Equivalente de Thévenin.....	249

Práctica 8. Equivalente de Norton 253
Práctica 9. Teorema de máxima transferencia de potencia 257

Capítulo 8

El capacitor..... 263
 8.1. Introducción 264
 8.2. Capacitancia y dieléctricos..... 264
 8.2.1. Capacitancia..... 264
 8.2.2. Dieléctrico 266
 8.2.3. Tipos de capacitores y lectura de códigos 269
 8.3. Comportamiento del capacitor en DC 272
 8.3.1. Análisis transitorio: curva de carga..... 273
 8.3.2. Análisis transitorio: curva de descarga..... 276
 8.4. Condiciones iniciales en circuito RC 280
 8.5. Capacitores en serie-paralelo..... 284
 8.5.1. Energía almacenada en un capacitor 285
 8.5.2. Análisis de capacitores DC en serie..... 286
 8.5.3. Análisis de capacitores DC en paralelo 288
 8.6. Aplicaciones de los capacitores 292
 8.6.1. Corrección del factor de potencia..... 292
 8.6.2. Arranque de motores eléctricos 292
 8.6.3. Filtro de señal (rectificación) 293
 8.6.4. Limitador de corriente DC 294
 8.7. Simulación y videotutorial 295
 8.8. Cuestionario 296
 8.9 Problemas del capítulo..... 297
Práctica 10. El capacitor, curvas de carga-descarga 301

Capítulo 9

El inductor..... 307
 9.1. Introducción 308
 9.2. Inductancia 308
 9.2.1. Construcción del inductor 309
 9.2.2. Clasificación y diseño de inductores 311
 9.2.3. Energía almacenada en un inductor 312
 9.2.4. Tipos de inductores..... 313
 Actividad de aprendizaje en clase: inductancia 315
 9.3. Introducción a la inducción electromagnética 316
 9.3.1. Ley de Faraday..... 316
 9.3.2. Ley de Lenz..... 317
 Actividad de aprendizaje en clase: ley de Faraday
 y ley de Lenz..... 319

XII Contenido

9.4. Comportamiento del inductor en DC.....	320
9.4.1. Análisis transitorio: curva de carga.....	320
9.4.2. Análisis transitorio: curva de descarga.....	322
9.5. Condiciones iniciales en circuito RL	327
9.6. Inductor en serie-paralelo.....	329
9.6.1. Análisis de inductores DC en serie.....	330
Actividad de aprendizaje en clase: análisis DC de inductores	334
9.7. Análisis del inductor mediante simulación	336
9.8. Aplicaciones de los inductores.....	337
9.9. Cuestionario.....	338
9.10. Problemas del capítulo.....	338
Práctica 11. El inductor, curvas de carga-descarga	343

Nota: Los capítulos 10 al 15 se encuentran en la página web del libro

Capítulo 10

Simulación y medición de señales alternas

10.1. Introducción	
10.2. Antecedentes históricos de la corriente eléctrica	
10.3. Conceptos preliminares: sistema eléctrico de potencia	
10.3.1. Generación	
10.3.2. Inducción electromagnética	
10.4. Onda senoidal	
10.4.1. Parámetros de medición de una onda senoidal	
10.4.2. Desfase senoidal	
Actividad de aprendizaje en clase: teorema de superposición	
10.4.3. Números complejos y señal senoidal	
Actividad de aprendizaje en clase: número complejo y forma polar	
10.4.4. Señal senoidal como fasor	
10.5. El osciloscopio	
10.5.1. La señal en el osciloscopio: su importancia	
10.5.2. Tipos de osciloscopio	
10.5.3. Sistemas y controles del osciloscopio	
10.5.4. ¿Qué se puede medir con un osciloscopio?	
10.5.5. Medición en la pantalla del osciloscopio	
10.5.6. Puntas de osciloscopio	
10.5.7. Calibración del osciloscopio (punta)	
10.5.8. Técnicas de medida con osciloscopio	
10.5.9. Figuras de Lissajous	
Actividad de aprendizaje en clase: mediciones en osciloscopio	
10.5.10. Selección de un osciloscopio	
10.6. Simulación y videotutorial	

10.7. Cuestionario

10.8. Problemas del capítulo

Práctica 12. Medición de parámetros con osciloscopio

Capítulo 11

Análisis de circuitos RL y RC en dominio de frecuencia

11.1. Introducción

11.2. Impedancias R, L y C

11.2.1. Diagrama de impedancias R, L y C

11.2.2. Operación de fasores

11.3. Impedancia RL en paralelo

11.3.1. Impedancia de un circuito RL en serie

11.3.2. Potencia en circuitos AC

11.3.3. Admitancia de un circuito RL paralelo

11.3.4. Admitancia de un circuito en RC paralelo

Actividad de aprendizaje en clase: circuito RL y RC

11.4. Impedancia RLC en serie y en paralelo

11.4.1. Impedancia del circuito RLC en serie

11.4.2. Admitancia RLC en paralelo

Actividad de aprendizaje en clase: Circuito RLC en serie y en paralelo

11.5. Sistema de potencia y circuito inductivo

11.6. Filtros de diagrama de Bode

11.6.1. Ventaja del diagrama de Bode

11.6.2. Filtro ideal

11.6.3. Filtros de primer orden

11.6.4. Filtro RC pasa bajas

11.6.5. Filtro RL pasa altas

11.6.6. Filtro RC pasa altas

11.6.7. Filtro RL pasa bajas

11.6.8. Filtro pasa banda

Actividad de aprendizaje en clase: diagrama de Bode

11.7. Simulación en el dominio de frecuencia

11.7.1. Simulación de filtro RC pasa bajas

11.8. Aplicaciones a la vida real

11.9. Cuestionario

11.10. Problemas del capítulo

Capítulo 12

Análisis de redes AC y sistemas de potencia

12.1. Introducción

12.2. Análisis de redes AC en serie-paralelo

12.2.1. Divisor de voltaje en AC

XIV Contenido

- 12.2.2. Divisor de corriente en AC
- 12.2.3. Circuitos en serie-paralelo
- 12.2.4. Superposición
- 12.2.5. Thévenin y Norton
- 12.2.6. Máxima transferencia de potencia
- 12.3. Demanda de un sistema eléctrico de potencia
- 12.4. Potencia frente a carga eléctrica
- 12.5. Diagrama unifilar
- 12.6. Sistemas de transmisión de energía eléctrica
 - 12.6.1. Sistemas interconectados
- 12.7. Impedancia en líneas de transmisión: pérdidas de potencia y eficiencia
- 12.8. Incremento de potencia frente a impedancia
- 12.9. Regulación de voltaje en sistemas de potencia
- 12.10. Sistemas de distribución de energía eléctrica
- 12.11. Sistema tarifario en México
 - 12.11.1. Factor de potencia
- 12.12. Utilización en la industria y residencial
- 12.13 Conceptos relevantes sobre un sistema nacional de energía eléctrica
- 12.14. Videotutorial
- 12.15. Cuestionario
- 12.16. Problemas del capítulo

Práctica 13. Circuitos AC, simulación virtual

Capítulo 13

Potencia y factor de potencia

- 13.1. Introducción
- 13.2. Potencia y energía
 - 13.2.1. Potencia promedio
 - 13.2.2. Potencia AC en un circuito resistivo
 - 13.2.3. Potencia AC en un circuito inductivo
 - 13.2.4. Potencia AC en un circuito capacitivo
- 13.3. Potencia en redes en serie-paralelo AC
 - 13.3.1. Potencia activa
 - 13.3.2. Potencia reactiva
 - 13.3.3. Potencia aparente
- 13.4. Capacitores en baja y alta tensión
- 13.5. Factor de potencia
- 13.6. Triángulo de potencia
- 13.7. Corrección del factor de potencia
- 13.8. Sistemas con múltiples cargas

- 13.8.1 Tipos de compensación
- 13.9. Aplicación en la industria
 - 13.9.1. Banco de capacitores en circuitos trifásicos
- 13.10. Cuestionario
- 13.11. Problemas del capítulo

Capítulo 14

Sistemas polifásicos

- 14.1. Introducción
- 14.2. Sistema de potencia
- 14.3. Ley de Faraday
- 14.4. Generación de una FEM: aplicando las leyes de Lenz y Ampere
- 14.5. El transformador
- 14.6. Sistema monofásico frente a sistema trifásico
 - 14.6.1. Sistema monofásico
 - 14.6.2. Sistema trifásico balanceado
 - 14.6.3. Generador de conexión estrella frente a conexión delta
 - 14.6.4. Cargas conectadas en estrella
 - 14.6.5. Cargas conectadas en delta
 - 14.6.6. Sistemas balanceados, diagrama vectorial de voltaje y corriente
- 14.7. Conexión trifásica Y- Δ y Δ -Y
- 14.8. Sistemas trifásicos balanceados y potencia trifásica
 - 14.8.1. Cálculo de potencia en sistemas balanceados
- 14.9. Método de vatímetros para medir potencia
- 14.10. Sistema trifásico desbalanceado
- 14.11. Aplicaciones: tierra y neutro en redes AC
 - 14.11.1. Sistemas aterrizados
- 14.12. Cuestionario
- 14.13. Problemas del capítulo

Práctica 14. Comprobación de la ley de inducción de Faraday

Capítulo 15

Semiconductores: estudio del diodo y del transistor

- 15.1. Introducción
- 15.2. Estructura de la materia
- 15.3 El enlace metálico: modelo de gas electrónico y modelo de bandas
 - 15.3.1. Modelo de gas-electrónico
 - 15.3.2. Modelo de bandas
- 15.4. Semiconductor: diodo
 - 15.4.1. Semiconductor intrínseco
 - 15.4.2. Semiconductor extrínseco
 - 15.4.3. La unión P-N y N-P

XVI Contenido

- 15.5. Curva característica del diodo
 - 15.5.1. Circuito equivalente del diodo
 - 15.5.2. Circuitos con diodos
 - 15.5.3. Filtrado de una señal rectificada
 - 15.5.4. Diodo Zener y estabilización de voltaje
 - 15.6. Cuestionario
 - 15.7. El transistor de unión bipolar
 - 15.7.1. Operación del transistor
 - 15.7.2. Parámetros α y β
 - 15.7.3. Análisis de la curva de operación del transistor
 - 15.7.4. Potencia en un transistor
 - 15.7.5. Configuraciones del transistor
 - 15.7.6. Tipos de transistores y encapsulado
 - 15.8. Polarización del transistor
 - 15.8.1. Punto de operación del transistor
 - 15.9. Análisis del amplificador
 - 15.10. Simulación y videotutorial
 - 15.11. Cuestionario
 - 15.12 Problemas del capítulo
 - Práctica 15. Rectificación con diodos y diodo Zener**
 - Práctica 16. Transistor BTJ como amplificador**
- Bibliografía**