

Contenido

Los números entre paréntesis después de cada nombre de sección identifican las secciones anteriores de prerrequisito. El símbolo † identifica las secciones, dentro de los capítulos, que se pueden aplazar u omitir sin pérdida de continuidad.

CAPÍTULO 1 VARIABLES Y LEYES DE CIRCUITOS 1

1.1 Corriente, voltaje y potencia 3

Carga y corriente • Energía y voltaje • Potencia eléctrica • Prefijos de magnitud

1.2 Fuentes y cargas (1.1) 11

Curvas $i-v$ • Fuentes ideales • Dispositivos y modelos

1.3 Ley de Ohm y resistores (1.2) 16

Resistores y resistencia • Disipación de potencia • Resistividad • Modelos de parámetros concentrados

1.4 Leyes de Kirchhoff (1.3) 23

Ley de las corrientes de Kirchhoff • Ley de los voltajes de Kirchhoff

1.5 Análisis de circuitos elementales (1.4) 29

Circuitos en serie • Circuitos en paralelo • Análisis de variables de rama

1.6 Resumen 35

Problemas 36

CAPÍTULO 2 PROPIEDADES DE LOS CIRCUITOS RESISTIVOS 40

- 2.1 Resistencias en serie y en paralelo (1.5) 41**
Resistencias en serie y potenciómetros • Resistencias en paralelo
 • Escaleras resistivas
- 2.2 Dualidad (2.1) 50**
- 2.3 Circuitos con fuentes controladas (2.2) 53**
Fuentes controladas • Resistencia equivalente generalizada
- 2.4 Linealidad y superposición (2.3) 60**
Circuitos y elementos lineales • Principio de proporcionalidad
 • Teorema de superposición
- 2.5 Redes de Thévenin y de Norton (2.4) 66**
Teoremas de Thévenin y de Norton • Resistencia de Thévenin
 • Conversiones de fuente
- 2.6 Resumen 78**
- Problemas 79**

CAPÍTULO 3 APLICACIONES DE LOS CIRCUITOS RESISTIVOS 85

- 3.1 Fuentes reales y transferencia de potencia (2.5) 86**
Modelos de fuente y carga • Transferencia de potencia y eficiencia
- 3.2 Modelos de amplificador (3.1) 93**
- 3.3 Amplificadores operacionales (3.1) 97**
Amplificadores operacionales • Circuitos amplificadores operacionales no inversores • Amplificadores operacionales ideales
 • Circuitos amplificadores operacionales inversores y sumadores
- 3.4 Resistencias internas de amplificadores operacionales † (3.3) 109**
- 3.5 Medidores de corriente directa y mediciones † (3.1) 113**
Voltímetros y amperímetros • Errores de medición • Óhmetros
 • Mediciones de nulos y puentes
- 3.6 Resumen 124**
- Problemas 125**

CAPÍTULO 4 MÉTODOS DE ANÁLISIS SISTEMÁTICO 131**4.1 Análisis de nodos (2.5) 132**

Voltajes de nodos • Ecuaciones matriciales de nodo • Fuentes de voltaje flotantes

4.2 Análisis de mallas (4.1) 148

Corrientes de mallas • Ecuaciones matriciales de mallas • Fuentes de corriente interiores

4.3 Análisis sistemático con fuentes controladas (4.2) 162

Análisis de mallas • Análisis de nodos

4.4 Aplicaciones del análisis sistemático (4.3) 169

Resistencia equivalente • Parámetros de Thévenin

4.5 Análisis de nodos con amplificadores operacionales ideales † (3.2, 4.3) 174**4.6 Transformaciones delta-Y † (4.4) 177****4.7 Resumen 180****Problemas 182****CAPÍTULO 5 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y CIRCUITOS DINÁMICOS 190****5.1 Capacitores (3.1) 191**

Capacitancia y corriente de desplazamiento • Relaciones voltaje-corriente • Capacitancia en paralelo y en serie • Tipos de capacitores

5.2 Inductores (5.1) 204

Inductancia y voltaje inducido • Relaciones corriente-voltaje • Inductancia en serie y en paralelo

5.3 Circuitos dinámicos (5.2) 212

Ecuaciones diferenciales para circuito • Respuesta natural • Respuesta forzada • Respuesta completa

5.4 Resumen 228**Problemas 229**

CAPÍTULO 6 CIRCUITOS DE CA 233

- 6.1 Fasores y el estado estacionario de ca (5.3) 235**
Senoides y fasores • Números complejos • Fórmula de Euler
 • *Condiciones de estado estable de ca*
- 6.2 Impedancia y admitancia (6.1) 249**
Impedancia y admitancia de elementos • Impedancia y admitancia equivalentes • Redes de ca en escalera
- 6.3 Análisis de circuitos de ca (4.3, 6.2) 261**
Proporcionalidad • Redes de Thévenin y Norton • Ecuaciones de nodos y mallas
- 6.4 Diagramas de fasores y resonancia (6.3) 271**
Diagramas de fasores • Resonancia en serie • Resonancia en paralelo
- 6.5 Superposición de ca (6.3) 281**
- 6.6 Puentes de impedancia † (6.4) 283**
- 6.7 Resumen 285**
- Problemas 288**

CAPÍTULO 7 POTENCIA DE CA Y CIRCUITOS TRIFÁSICOS 294

- 7.1 Potencia en circuitos de ca (6.4) 295**
Potencia promedio • Valores rms • Transferencia máxima de potencia
- 7.2 Sistemas de potencia (7.1) 304**
Potencia real y reactiva • Potencia compleja y factor de potencia
 • *Wáttmetro*
- 7.3 Circuitos trifásicos balanceados (7.2) 316**
Fuentes trifásicas y conjuntos simétricos • Cargas Y balanceadas • Cargas delta balanceadas • Mediciones de potencia
- 7.4 Circuitos trifásicos desbalanceados † (7.3) 331**
Cargas compuestas • Cargas desbalanceadas en Y y en delta
- 7.5 Circuitos residenciales e instalaciones eléctricas † (7.1) 335**
Entrada de servicio de voltaje dual • Instalación eléctrica y conexión a tierra

7.6 Resumen 341

Problemas 343

CAPÍTULO 8 TRANSFORMADORES E INDUCTANCIA MUTUA 348

8.1 Transformadores ideales (7.1) 349

*Propiedades de los transformadores ideales • Redes referidas
• Acoplamiento de impedancia*

8.2 Acoplamiento magnético e inductancia mutua (8.1) 360

*Circuitos magnéticos • Autoinductancia e inductancia mutua
• Almacenamiento de energía y acoplamiento unitario*

8.3 Circuitos con inductancia mutua (8.2) 368

Análisis de impedancia • Redes π y T equivalentes • Otras redes equivalentes

8.4 Transformadores de potencia † (7.2, 8.3) 378

Pérdidas y eficiencia • Mediciones de parámetros

8.5 Resumen 384

Problemas 386

CAPÍTULO 9 RESPUESTA TRANSITORIA 392

9.1 Respuestas transitorias de primer orden (5.3) 393

Respuesta de entrada cero • Respuesta al escalón • Respuesta al impulso • Respuestas transitorias de cd conmutada

9.2 Respuestas transitorias de ca conmutadas † (6.2, 9.1) 408

9.3 Respuesta natural de segundo orden (6.1, 9.1) 410

Ecuaciones para circuito de segundo orden • Respuesta sobreamortiguada • Respuesta subamortiguada • Respuesta críticamente amortiguada

9.4 Respuestas transitorias de segundo orden (9.3) 422

Condiciones iniciales • Respuestas transitorias de cd conmutadas

9.5 Resumen 429

Problemas 431

CAPÍTULO 10 FUNCIONES DE RED Y ANÁLISIS EN EL DOMINIO s 436**10.1 Frecuencia compleja e impedancia generalizada (6.3, 9.3) 437**

Frecuencia compleja • Impedancia y admitancia generalizadas
 • *Análisis de impedancia*

10.2 Funciones de red (10.1) 445

Funciones de red y ecuaciones de circuito • Funciones de red y análisis de impedancia

10.3 Funciones de red con inductancia mutua † (8.3, 10.2) 454**10.4 Análisis en el dominio s (10.2) 455**

Polos y ceros • Respuesta forzada y vectores en plano s • Respuesta natural y estabilidad

10.5 Escalamiento de redes † (10.4) 465**10.6 Resumen 469****Problemas 471****CAPÍTULO 11 RESPUESTA DE FRECUENCIA Y FILTROS 476****11.1 Respuesta de frecuencia (10.4) 477**

Relación de amplitud y desplazamiento de fase • Curvas de respuesta de frecuencia

11.2 Filtros (11.1) 484

Filtros pasabajas y pasaaltas • Filtros pasabanda y de muesca

11.3 Circuitos de filtros con amplificador operacional † (3.2, 11.2) 495**11.4 Diagramas de Bode (11.2) 499**

Funciones factorizadas y decibelés • Factores de primer grado
 • *Factores cuadráticos*

11.5 Diseño para respuesta de frecuencia † (11.4) 512

11.6 Filtros Butterworth † (11.3, 11.4) 514

Filtros Butterworth pasabajas • Filtros de Butterworth pasaaltas
• *Diseños con amplificador operacional*

11.7 Resumen 524**Problemas 526****CAPÍTULO 12 ANÁLISIS MEDIANTE LAS SERIES DE FOURIER 532****12.1 Formas de onda periódicas y series de Fourier (11.2) 533**

Formas de onda periódicas • Serie de Fourier trigonométrica
• *Serie de Fourier exponencial • Simetría de una forma de onda*

**12.2 Análisis espectral de las formas de onda
periódicas (12.1) 547**

Espectros de líneas • Relaciones de tiempo y frecuencia
• *Derivación e integración*

12.3 Análisis espectral de circuitos (12.2) 558

*Respuesta periódica de estado estacionario • Distorsión de la forma
de onda • Ecuación*

12.4 Resumen 569**Problemas 571****CAPÍTULO 13 ANÁLISIS MEDIANTE TRANSFORMADAS DE LAPLACE 575****13.1 Transformadas de Laplace (10.4) 577**

*Definición • Propiedades de la transformada • Solución
de ecuaciones diferenciales*

13.2 Inversión de transformadas (13.1) 589

*Expansiones en fracciones parciales • Polos complejos • Polos
repetidos • Retardo • Valores iniciales y finales*

13.3 Análisis de circuitos con transformadas (13.2) 602

Respuesta de estado cero • Respuesta natural y respuesta forzada
• *Respuesta de entrada cero • Respuesta completa*

**13.4 Análisis de transformadas con inductancia
mutua † 8.3, 13.3) 614**

13.5 Impulsos y convolución † (13.3) 617

Impulsos • Transformadas con impulsos • Convolución y respuesta al impulso

13.6 Resumen 632**Problemas** 634**CAPÍTULO 14 REDES DE DOS PUERTOS** 641**14.1 Parámetros de redes de dos puertos y de impedancia (10.4)** 642

Conceptos de redes de dos puertos • Parámetros de impedancia • Redes recíprocas

14.2 Parámetros de admitancia, híbridos y de transmisión
*Parámetros de admitancia • Parámetros híbridos • Parámetros de transmisión • Conversión de parámetros***14.3 Análisis de circuito con redes de dos puertos (11.2, 14.2)** 663
*Redes de dos puertos terminados • Redes de dos puertos interconectados***14.4 Resumen** 672**Problemas** 674**CAPÍTULO 15 ANÁLISIS CON VARIABLES DE ESTADO** 679**15.2 Introducción a las variables de estado (13.3)** 680
*Variables de estado • Ecuaciones de estado y salida • Ventajas del análisis de variables de estado***15.2 Ecuaciones de estado de circuito (15.1)** 685
*Circuitos propios e impropios • Ecuaciones para circuitos propios***15.3 Circuitos impropios † (15.2)** 692**15.4 Solución con transformadas de las ecuaciones de estado (15.2)** 696

Respuesta de entrada cero • Respuesta completa • Matriz de función de transferencia

15.5 Resumen 707**Problemas** 708

APÉNDICE A ALGEBRA MATRICIAL 712**A.1 Ecuaciones en forma de matriz y determinantes 713***Notación matricial y ecuaciones • Determinantes • Regla de Cramer***A.2 Operaciones con matrices (A.1) 720***Adición y multiplicación • Matrices inversas y adjuntas***APÉNDICE B ANÁLISIS DE CIRCUITOS CON PSpICE 725****B.1 Introducción a PSpice (4.1) 727***Fundamentos de PSpice • Archivos de circuito • Salida de datos de PSpice
• Ejecución de PSpice • Ejecución de Probe***B.2 Circuitos resistivos (B.1) 739***Fuentes controladas y amplificadores operacionales • Análisis mediante
función de transferencia • Parámetros variables • Subcircuitos***B.3 Circuitos de ca (6.4, B.1) 749***Archivos de circuitos de ca • Circuitos trifásicos • Transformadores
e inductancia mutua***B.4 Respuestas transitorias (9.3, B.1) 756***Archivos de circuitos para el análisis de respuestas transitorias
• Fuentes variables con el tiempo • Interruptores***B.5 Respuesta de frecuencia (11.1, B.3) 766****B.6 Resumen de PSpice 768****Problemas 776****APÉNDICE C ANÁLISIS DE CIRCUITOS CON MATLAB 783****C.1 Introducción a MATLAB (2.5, A.1) 784***Fundamentos de MATLAB • Archivos M • Ayuda de MATLAB***C.2 Circuitos resistivos (4.3, C.1) 789***Solución de ecuaciones simultáneas • Ecuaciones de nodos y mallas***C.3 Circuitos de ca (6.3, C.2) 793***Números complejos y fasores • Circuitos de ca en configuración de
escalera • Ecuaciones de nodos y malla de ca*

Prefacio

C.4 Respuesta de frecuencia (11.4, C.3) 798
Curvas de respuesta de frecuencia • Gráficas de Bode

C.5 Transformadas de Laplace (13.2, C.3) 801

TABLAS DE RELACIONES MATEMÁTICAS 804

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS 807

RESPUESTAS DE PROBLEMAS SELECCIONADOS 831

ÍNDICE 835