

Contenido



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE MEDIOS
BIBLIOTECA

1838

PREFACIO

xiii

Agradecimientos

xiv

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

1-1. Fuentes de tensión 1 1-2. Fuentes de corriente 2 1-3. Teorema de Thévenin 4 1-4. Teorema de Norton 6 1-5. Detección de averías 7 1-6. Aproximaciones 10

1

Capítulo 2 SEMICONDUCTORES

2-1. Conductores 17 2-2. Semiconductores 19 2-3. Cristales de silicio 20 2-4. Semiconductores intrínsecos 22 2-5. Dos tipos de flujo 23 2-6. Dopado de un semiconductor 24 2-7. Dos tipos de semiconductores extrínsecos 25 2-8. El diodo no polarizado 26 2-9. Polarización directa 28 2-10. Polarización inversa 30 2-11. Ruptura 32 • **Temas opcionales** 34 2-12. Niveles de energía 35 2-13. La barrera de energía 37 2-14. La barrera de potencial y la temperatura 40 2-15. Diodo con polarización inversa 41

17

Capítulo 3 TEORÍA DE LOS DIODOS

3-1. El símbolo eléctrico 49 3-2. La curva del diodo 49 3-3. La zona directa 50 3-4. La zona inversa 53 3-5. El diodo ideal 53 3-6. La segunda aproximación 54 3-7. La tercera aproximación 56 3-8. Cómo elegir una aproximación 57 3-9. Detección de averías 57 3-10. Pensamiento ascendente-descendente 59 3-11. Cómo leer una hoja de características 60 **Temas opcionales** 63 3-12. Dispositivos lineales 63 3-13. Cómo calcular la resistencia interna 63 3-14. Resistencia en continua de un diodo 64 3-15. Rectas de carga 65

49

Capítulo 4 CIRCUITOS CON DIODOS

4-1. El transformador de entrada 73 4-2. El rectificador de media onda 76 4-3. El rectificador de onda completa 79 4-4. El puente

73

rectificador 82 4-5. Filtro con condensador a la entrada 84
 4-6. Cálculo de otras magnitudes 89 4-7. Corriente inicial 91
 4-8. Detección de averías 91 4-9. Cómo leer una hoja de
 características 94 **Temas opcionales** 95 4-10. Fusibles 95
 4-11. Transformadores reales 95 4-12. Sugerencias para el diseño 96
 4-13. Corriente inicial 96 4-14. Filtros RC y LC 98
 4-15. Multiplicadores de tensión 99 4-16. El limitador 102 4-17. El
 cambiador de nivel de continua 104 4-18. El detector de pico a
 pico 105 4-19. El retorno para continua 106

Capítulo 5 DIODOS PARA APLICACIONES ESPECIALES

117

5-1. El diodo Zener 117 5-2. El regulador Zener con carga 121
 5-3. Dispositivos optoelectrónicos 126 5-4. El diodo Schottky 129
 5-5. El varicap 130 5-6. Los varistores 131 5-7. Cómo leer una hoja
 de características 131 5-8. Detección de averías 133 **Temas
 opcionales** 136 5-9. Rectas de carga 136 5-10. Segunda
 aproximación 137 5-11. Rizado 138 5-12. Punto límite de
 funcionamiento en la zona Zener 139 5-13. Sugerencias para el diseño con
 LED 141 5-14. Tiempo de recuperación inverso 141 5-15. El diodo
 Schottky 143 5-16. Características de los varicaps 143 5-17. Otros
 diodos 144

Capítulo 6 TRANSISTORES BIPOLARES

153

6-1. El transistor sin polarización 153 6-2. El transistor
 polarizado 154 6-3. Corrientes en un transistor 156 6-4. La conexión
 en EC 158 6-5. Curva característica de entrada 159 6-6. Curva
 característica de salida 160 6-7. Aproximaciones para el transistor 164
 6-8. Cómo leer la hoja de características 170 6-9. Detección de
 averías 174 **Temas opcionales** 176 6-10. Consideraciones de
 energía 176 6-11. Coeficiente alfa para continua 177 6-12. Relación
 entre alfa y beta 178 6-13. Curvas de entrada 178 6-14. Corte y
 ruptura 179 6-15. Tercera aproximación 180 6-16. Resistencia
 transversal de base 181 6-17. El modelo de Ebers-Moll 182
 6-18. Ejemplo de la tercera aproximación 183 6-19. Conexión en base
 común 185

Capítulo 7 FUNDAMENTOS DE LOS TRANSISTORES

193

7-1. Variaciones de la ganancia de corriente 193 7-2. La recta de
 carga 194 7-3. El punto de trabajo 197 7-4. Comprobación de la
 recta de carga 199 7-5. Cómo reconocer la saturación 200 7-6. El
 transistor en conmutación 205 7-7. Polarización de emisor 206
 7-8. Excitadores para los LED's 210 7-9. El efecto de pequeños
 cambios 213 7-10. Detección de averías 214 **Temas
 opcionales** 216 7-11. Más acerca de la recta de carga 216 7-12. Más
 acerca del transistor en conmutación 219 7-13. El transistor como fuente de
 corriente 221 7-14. Más dispositivos optoelectrónicos 223

Capítulo 8 POLARIZACIÓN DE LOS TRANSISTORES

235

8-1. Polarización por divisor de tensión 235 8-2. Análisis del circuito de
 polarización por divisor de tensión 237 8-3. Recta de carga y punto Q para

el circuito de polarización por división de tensión 242 8-4. Polarización de emisor con dos fuentes de alimentación 244 8-5. Transistores *pnp* 246
 8-6. Otros tipos de polarización 250 8-7. Detección de averías 253
Temas opcionales 255 8-8. Más sobre la polarización por divisor de tensión 255 8-9. Polarización con realimentación de emisor 259
 8-10. Polarización con realimentación de colector 260 8-11. Polarización de emisor con dos fuentes de tensión 261

Capítulo 9 MODELOS EQUIVALENTES PARA SEÑAL 269

9-1. Condensador de acoplo 269 9-2. Condensador de desacoplo 273
 9-3. Superposición en amplificadores 275 9-4. Funcionamiento con pequeña señal 279 9-5. Resistencia para señal del diodo de emisor 282
 9-6. La ganancia para señal 285 9-7. Amplificador en EC 288
 9-8. Modelo para señal de un amplificador en EC 289 9-9. Parámetros para señal en las hojas de características 293 **Temas opcionales** 295
 9-10. Más acerca de los condensadores 295 9-11. Más acerca de la resistencia para señal de emisor 296 9-12. Significado de los parámetros *h* 297

Capítulo 10 AMPLIFICADORES DE TENSIÓN 309

10-1. Descripción general de un amplificador en EC 309 10-2. Ganancia de tensión 314 10-3. Cómo predecir la ganancia de tensión 320
 10-4. Análisis simplificado 323 10-5. Amplificador en emisor común con resistencia de emisor sin desacoplar 324 10-6. Etapas en cascada 331
 10-7. Detección de averías 337 **Temas opcionales** 339
 10-8. Impedancia de salida 339 10-9. Más acerca de la realimentación negativa 341 10-10. Etapas en cascada: el método de Thévenin 342
 10-11. Parámetros *h* 344 10-12. El amplificador en base común 346

Capítulo 11 AMPLIFICADORES DE POTENCIA 357

11-1. Recta de carga para señal 357 11-2. Límites para la excursión de señal 360 11-3. Funcionamiento en clase A 366 11-4. Limitación de potencia para un transistor 371 **Temas opcionales** 376 11-5. Saturación y corte para señal 376 11-6. Excursión de la señal de salida 377
 11-7. Más acerca del funcionamiento en clase A 379 11-8. Resistencia térmica 383

Capítulo 12 SEGUIDOR DE EMISOR 393

12-1. Amplificador en colector común 393 12-2. Modelo para señal de un amplificador en CC 395 12-3. Ganancia de tensión 398
 12-4. Máxima excursión de señal 403 12-5. Conexión en cascada de EC y de CC 409 12-6. Transistor Darlington 411 12-7. Funcionamiento en clase B 412 12-8. Fórmulas de potencia en la clase B 416
 12-9. Polarización de amplificadores en clase B 420 12-10. Excitación para un amplificador clase B 422 **Temas opcionales** 427 12-11. Impedancia de salida 427 12-12. Regulación de tensión mejorada 429

Capítulo 13 TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO 439

13-1. El JFET 439 13-2. Polarización del JFET 440
 13-3. Características de salida 444 13-4. Característica de transferencia 447 13-5. Aproximaciones del JFET 449 13-6. El

MOSFET de empobrecimiento 455 13-7. El MOSFET de enriquecimiento 460 13-8. Cómo leer las hojas de características 467
Temas opcionales 469 13-9. Otro tipo de saturación 469
 13-10. Deducción matemática 469 13-11. Otra forma de ver las curvas de salida 470

Capítulo 14 CIRCUITOS CON FET 479

14-1. JFET autopolarizado 479 14-2. Solución gráfica para la autopolarización 482 14-3. Solución con la curva universal del JFET 485 14-4. Transconductancia 487 14-5. Amplificación con JFET 490 14-6. El interruptor analógico con JFET 495
 14-7. Amplificadores con MOSFET de empobrecimiento 498
 14-8. Aplicaciones del MOSFET de enriquecimiento 500 14-9. Otros circuitos de polarización para JFET 504 **Temas opcionales** 506
 14-10. Impedancia de salida del seguidor de fuente 506 14-11. Otras aplicaciones del FET 507

Capítulo 15 TIRISTORES 527

15-1. El diodo de cuatro capas 527 15-2. El rectificador controlado de silicio 533 15-3. Variantes del SCR 541 15-4. Tiristores bidireccionales 544 15-5. El transistor unión 548 15-6. Detección de averías 551 **Temas opcionales** 552 15-7. Más aplicaciones de los tiristores 552

Capítulo 16 EFECTOS DE LA FRECUENCIA 567

16-1. Respuesta en frecuencia de un amplificador 567 16-2. Condensador de acoplo de la entrada 569 16-3. Condensador de acoplo de la salida 574 16-4. Condensador de desacoplo del emisor 578
 16-5. Circuito de desacoplo del colector 583 16-6. Teorema de Miller 586 16-7. Análisis del transistor bipolar en altas frecuencias 588
 16-8. Respuesta global con la frecuencia 595 16-9. Decibelios 597
 16-10. Ganancia de tensión en decibelios 600 16-11. Ganancia de tensión fuera de las frecuencias medias 603 **Temas opcionales** 608
 16-12. Demostración del teorema de Miller 608 16-13. Análisis del FET en altas frecuencias 609 16-14. dBm 613 16-15. Ganancias de tensión y de potencia 614 16-16. Diagramas de Bode 615 16-17. Más acerca de la respuesta del amplificador 620 16-18. Relación tiempo de subida-ancho de banda 623 16-19. Efectos parásitos 625 16-20. Múltiples frecuencias de corte 628

Capítulo 17 TEORÍA DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL 639

17-1. Circuitos integrados 639 17-2. El amplificador diferencial 643
 17-3. Dos características de entrada 649 17-4. Análisis para señal de un amplificador diferencial 653 17-5. Tensión de offset de salida 659
 17-6. Ganancia en modo común 665 **Temas opcionales** 671 17-7. El espejo de corriente 671 17-8. El amplificador diferencial con espejos de corriente 673

Capítulo 18 **MÁS TEORÍA DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL** **683**

- 18-1. Respuesta en la frecuencia para pequeña señal 683 18-2. Respuesta en la frecuencia para gran señal 687 18-3. Ancho de banda a plena potencia 692 18-4. El amplificador operacional 695
 18-5. Características del amplificador operacional 700 
 18-6. Amplificadores operacionales comunes 707 **Temas opcionales** 709
 18-7. Otros CI's lineales 709

Capítulo 19 **AMPLIFICADORES OPERACIONALES CON REALIMENTACIÓN NEGATIVA** **719**

- 19-1. Realimentación de tensión del amplificador no inversor 719
 19-2. Ganancias de tensión en lazo abierto y en lazo cerrado 726
 19-3. Impedancias de entrada y de salida 729 19-4. Otras ventajas de la realimentación negativa 732 19-5. Realimentación proporcional a la tensión de salida en el amplificador inversor 739 19-6. Ancho de banda 746
Temas opcionales 752 19-7. El valor exacto de la cantidad de realimentación 752 19-8. Más sobre la realimentación de tensión en el amplificador inversor 752 19-9. Realimentación proporcional a la corriente de salida en el amplificador no inversor 753 19-10. Realimentación de corriente en el amplificador inversor 756 19-11. Más sobre el ancho de banda en lazo cerrado 757

Capítulo 20 **CIRCUITOS LINEALES CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL** **767**

- 20-1. Amplificador no inversor de tensión 767 20-2. Amplificador inversor de tensión 773 20-3. Circuitos inversores con amplificador operacional 780 20-4. El amplificador sumador 787 20-5. Buffers de corriente para amplificadores de tensión 789 20-6. Fuentes de corriente controladas por tensión 791 20-7. Amplificadores diferenciales y de instrumentación 795 20-8. Filtros activos 797 **Temas opcionales** 801 20-9. Control automático de ganancia (CAG) 801 20-10. Fuente de corriente Howland 804 20-11. Más sobre filtros activos 805

Capítulo 21 **CIRCUITOS NO LINEALES CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL** **819**

- 21-1. Circuitos activos con diodos 819 21-2. Comparadores 826
 21-3. Báscula de Schmitt 833 21-4. El integrador 838
 21-5. Convertidores de formas de onda 842 21-6. Generadores de señal 847 **Temas opcionales** 850 21-7. Conversor analógico digital 850 21-8. Comparador de ventana 851 21-9. Más acerca de la báscula de Schmitt 853 21-10. El diferenciador 856 21-11. Otro generador de ondas triangulares 858

Capítulo 22 **OSCILADORES** **867**

- 22-1. Teoría de los osciladores sinusoidales 867 22-2. El oscilador en puente de Wien 869 22-3. Otros osciladores *RC* 876 22-4. El oscilador Colpitts 879 22-5. Otros osciladores *LC* 886 22-6. Cristales de cuarzo 889 22-7. Oscilaciones no deseadas 895 **Temas**

opcionales 901 22-8. Otras formas de reducir AB a la unidad 901
 22-9. El temporizador 555 903

Capítulo 23 FUENTES DE ALIMENTACIÓN REGULADAS 921

23-1. Regulación con realimentación de tensión 921 23-2. Limitación de corriente 927 23-3. Características de las fuentes de alimentación 933
 23-4. Reguladores integrados de tres terminales 939 23-5. Amplificación de la corriente de salida 948 23-6. Convertidor CC-CC 952
 23-7. Reguladores conmutados 954 **Temas opcionales** 959
 23-8. Limitación de la corriente en cortocircuito con reducción de corriente 959 23-9. Salida regulada con limitación de la corriente 962

Capítulo 24 CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN 973

24-1. El funcionamiento en clase C 973 24-2. Relación de potencia de los amplificadores de clase C 982 24-3. Multiplicadores de frecuencia 986
 24-4. Armónicos 987 24-5. Mezcladores de frecuencia 995
 24-6. Ruido 998 24-7. Modulación de amplitud 1000 24-8. Índice de modulación 1003 24-9. El espectro de AM 1005
 24-10. Demodulador de AM 1007 24-11. El receptor superheterodino 1008 24-12. Modulación de frecuencia 1009

APÉNDICE (HOJAS DE CARACTERÍSTICAS) 1016

GLOSARIO 1021

RESPUESTA A LOS PROBLEMAS IMPARES 1033

ÍNDICE 1040