Fundamentos de circuitos electricos sadiku pdf gratis

I'm not robot!

Full PDF PackageDownload Full PDF PackageThis PaperA short summary of this paper21 Full PDFs related to this paperDownloadPDF Pack Full PDF PackageDownload Full PDF PackageThis PaperA short summary of this paper28 Full PDFs related to this paperDownloadPDF Pack 36x Want more? Advanced embedding details, examples, and help! You're Reading a Free Preview Pages 7 to 14 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 18 to 27 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 31 to 32 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 39 to 43 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 50 to 70 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 83 to 100 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 104 to 116 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 120 to 121 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Page 125 is not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 129 to 131 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 138 to 146 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 150 to 166 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 170 to 177 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 181 to 182 are not shown in this preview. You're Reading a Free Preview Pages 186 to 191 are not shown in this preview.

1. Fundamentos de Circuitos eléctricos 2. t e r c e r a e d i c i ó n Fundamentos de Circuitos eléctricos

Charles K. Alexander Cleveland State University Matthew N. O. Sadiku Prairie View A&M University

MÉXICO • AUCKLAND • BOGOTÁ • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA LISBOA • LONDRES • MADRID • MILÁN • MONTREAL • NUEVA YORK SAN FRANCISCO • SAN JUAN • SAN LUIS • NUEVA DELHI • SANTIAGO SÃO PAULO • SIDNEY • SINGAPUR • TORONTO Traducción Aristeo Vera Bermúdez Traductor profesional Carlos Roberto Cordero Pedraza Catedrático de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones Secretaría de Marina Armada de México, CESNAV Revisión técnica Francisco Martín del Campo Profesor de Circuitos Eléctricos Universidad Iberoamericana, Ciudad de México 3. Director Higher Education: Miguel Ángel Toledo Castellanos Director editorial: Ricardo A. del Bosque Alayón Editor sponsor: Pablo Eduardo Roig Vázquez Editora de desarrollo: Paula Montaño González Supervisor de producción: Zeferino García García FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS Tercera edición Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización escrita del editor. DERECHOS RESERVADOS © 2006 respecto a la segunda edición en español por McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. A subsidiary of The McGraw-Hill Companies, Inc. Prolongación Paseo de la Reforma 1015, Torre A Piso 17, Colonia Desarrollo Santa Fe, Delegación Álvaro Obregón C. P. 01376, México, D. F. Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736 ISBN 970-10-5606-X Traducido de la tercera edición de: FUNDAMENTALS OF ELECTRIC CIRCUITS, THIRD EDITION Copyright © MMVI by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. Previous editions © 2004, and 2000. ISBN 0-07-326800-3 1234567890 09875432106 Impreso en México Printed in Mexico

4. Dedicada a nuestras esposas, Kikelomo y Hannah, cuya comprensión y ayuda hicieron posible la realización de este libro. Matthew y Chuck

5. vii Prefacio xii Agradecimientos xvi Visita paso a paso xx Nota para el estudiante xxiii Acerca de los autores xxv PARTE 1 Circuitos de cd 2 Capítulo 1 Conceptos básicos 3 1.1 Introducción 4 1.2 Sistemas de unidades 4 1.3 Carga y corriente 6 1.4 Tensión 9 1.5 Potencia y energía 10 1.6 Elementos de circuitos 15 1.7 Aplicaciones 17 1.7.1 Tubo de imagen del televisor 1.7.2 Recibos de consumo de electricidad 1.8 Solución de problemas 20 1.9 Resumen 23 Preguntas de repaso 24 Problemas 24 Problemas de mayor extensión 27 Capítulo 2 Leyes básicas 29 2.1 Introducción 30 2.2 Ley de Ohm 30 2.3 Nodos, ramas y mallas 35 2.4 Leyes de Kirchhoff 37 2.5 Resistores en serie y división de tensión 43 2.6 Resistores en paralelo y división de corriente 45 2.7 Transformaciones estrella-delta 52 2.8 Aplicaciones 58 2.8.1 Sistemas de iluminación 2.8.2 Diseño de medidores de cd 2.9 Resumen 64 Preguntas de repaso 66 Problemas 67 Problemas de mayor extensión 78 Capítulo 3 Métodos de análisis 81 3.1 Introducción 82 3.2 Análisis nodal 82 3.3 Análisis nodal con fuentes de tensión 88 3.4 Análisis de lazo 93 3.5 Análisis de lazo con fuentes de corriente 98 3.6 Análisis nodal y de lazo por inspección 100 3.7 Comparación del análisis nodal con el de lazo 104 3.8 Análisis de circuitos con PSpice 105 3.9 Aplicaciones: Circuitos transistorizados de cd 107 3.10 Resumen 112 Preguntas de repaso 113 Problemas 114 Problemas de mayor extensión 126 Capítulo 4 Teoremas de circuitos 127 4.1 Introducción 128 4.2 Propiedad de linealidad 128 4.3 Superposición 130 4.4 Transformación de fuentes 135 4.5 Teorema de Thevenin 139 4.6 Teorema de Norton 145 4.7 Derivación de los Teoremas de Thevenin y Norton 149 4.8 Máxima transferencia de potencia 150 4.9 Comprobación de teoremas de circuitos con PSpice 152 Contenido 6. viii Contenido 4.10 Aplicaciones 155 4.10.1 Modelado de fuentes 4.10.2 Medición de la resistencia 4.11 Resumen 160 Preguntas de repaso 161 Problemas 162 Problemas de mayor extensión 173 Capítulo 5 Amplificadores operacionales 175 5.1 Introducción 176 5.2 Amplificadores operacionales 176 5.3 Amplificador operacional ideal 179 5.4 Amplificador inversor 181 5.5 Amplificador no inversor 183 5.6 Amplificador sumador 185 5.7 Amplificador diferencial 187 5.8 Circuitos con amplificadores operacionales en cascada 191 5.9 Análisis de circuitos con amplificadores operacionales con PSpice 194 5.10 Aplicaciones 196 5.10.1 Convertidor digital-analógico 5.10.2 Amplificadores para instrumentación 5.11 Resumen 199 Preguntas de repaso 201 Problemas 202 Problemas de mayor extensión 213 Capítulo 6 Capacitores e inductores 215 6.1 Introducción 216 6.2 Capacitores 216 6.3 Capacitores en serie y en paralelo 222 6.4 Inductores 226 6.5 Inductores en serie y en paralelo 230 6.6 Aplicaciones 233 6.6.1 Integrador 6.6.2 Diferenciador 6.6.3 Computadora analógica 6.7 Resumen 240 Preguntas de repaso 241 Problemas 242 Problemas de mayor extensión 251 Capítulo 7 Circuitos de primer orden 253 7.1 Introducción 254 7.2 Circuito RC sin fuente 254 7.3 Circuito RL sin fuente 259 7.4 Funciones singulares 265 7.5 Respuesta escalón de un circuito RC 273 7.6 Respuesta escalón de un circuito RL 280 7.7 Circuitos de primer orden con amplificadores operacionales 284 7.8 Análisis transitorio con PSpice 289 7.9 Aplicaciones 293 7.9.1 Circuitos de retraso 7.9.2 Unidad de flash fotográfico 7.9.3 Circuitos relevadores 7.9.4 Circuitos de encendido de un automóvil 7.10 Resumen 299 Preguntas de repaso 300 Problemas 301 Problemas de mayor extensión 311 Capítulo 8 Circuitos de segundo orden 313 8.1 Introducción 314 8.2 Determinación de valores iniciales y finales 314 8.3 Circuito RLC en serie sin fuente 319 8.4 Circuito RLC en paralelo sin fuente 326 8.5 Respuesta escalón de un circuito RLC en serie 331 8.6 Respuesta escalón de un circuito RLC en paralelo 336 8.7 Circuitos generales de segundo orden 339 8.8 Circuitos de segundo orden con amplificadores operacionales 344 8.9 Análisis de circuitos RLC con PSpice 346 8.10 Dualidad 350 8.11 Aplicaciones 353 8.11.1 Sistema de encendido de un automóvil 8.11.2 Circuitos suavizadores 8.12 Resumen 356 Preguntas de repaso 357 Problemas 358 Problemas de mayor extensión 367 PARTE 2 Circuitos de ca 368 Capítulo 9 Senoides y fasores 369 9.1 Introducción 370 9.2 Senoides 371 9.3 Fasores 376 9.4 Relaciones fasoriales de elementos de circuitos 385 9.5 Impedancia y admitancia 387 9.6 Las leyes de Kirchhoff en el dominio frecuencial 389 9.7 Combinaciones de impedancias 390 7. Contenido ix 9.8 Aplicaciones 396 9.8.1 Desfasadores 9.8.2 Puentes de ca 9.9 Resumen 402 Preguntas de repaso 403 Problemas 403 Problemas de mayor extensión 411 Capítulo 10 Análisis senoidal en estado estable 413 10.1 Introducción 414 10.2 Análisis nodal 414 10.3 Análisis de lazo 417 10.4 Teorema de superposición 421 10.5 Transformación de fuentes 424 10.6 Circuitos equivalentes de Thevenin y Norton 426 10.7 Circuitos de ca con amplificadores operacionales 431 10.8 Análisis de ca con el uso de PSpice 433 10.9 Aplicaciones 437 10.9.1 Multiplicador de capacitancia 10.9.2 Osciladores 10.10 Resumen 441 Preguntas de repaso 441 Problemas 443 Capítulo 11 Análisis de potencia de ca 457 11.1 Introducción 458 11.2 Potencia instantánea y promedio 458 11.3 Máxima transferencia de potencia promedio 464 11.4 Valor eficaz o rms 467 11.5 Potencia aparente y factor de potencia 470 11.6 Potencia compleja 473 11.7 Conservación de la potencia de ca 477 11.8 Corrección del factor de potencia 481 11.9 Aplicaciones 483 11.9.1 Medición de la potencia 11.9.2 Costo del consumo de electricidad 11.10 Resumen 488 Preguntas de repaso 490 Problemas 490 Problemas de mayor extensión 500 Capítulo 12 Circuitos trifásicos 503 12.1 Introducción 504 12.2 Tensiones trifásicas balanceadas 505 12.3 Conexión estrella-estrella balanceada 509 12.4 Conexión estrella-delta balanceada 512 12.5 Conexión delta-delta balanceada 514 12.6 Conexión delta-estrella balanceada 516 12.7 Potencia en un sistema balanceado 519 12.8 Sistemas trifásicos desbalanceados 525 12.9 PSpice para circuitos trifásicos 529 12.10 Aplicaciones 534 12.10.1 Medición de la potencia trifásica 12.10.2 Instalación eléctrica residencial 12.11 Resumen 543 Preguntas de repaso 543 Problemas 544 Problemas de mayor extensión 553 Capítulo 13 Circuitos magnéticamente acoplados 555 13.1 Introducción 556 13.2 Inductancia mutua 557 13.3 Energía en un circuito acoplado 564 13.4 Transformadores lineales 567 13.5 Transformadores ideales 573 13.6 Autotransformadores ideales 581 13.7 Transformadores trifásicos 584 13.8 Análisis con PSpice de circuitos magnéticamente acoplados 586 13.9 Aplicaciones 591 13.9.1 El transformador como dispositivo de aislamiento 13.9.2 El transformador como dispositivo de acoplamiento 13.9.3 Distribución de potencia 13.10 Resumen 597 Preguntas de repaso 598 Problemas 599 Problemas de mayor extensión 611 Capítulo 14 Respuestas en frecuencia 613 14.1 Introducción 614 14.2 Función de transferencia 614 14.3 La escala de decibeles 617 14.4 Diagramas de Bode 619 14.5 Resonancia en serie 629 14.6 Resonancia en paralelo 634 14.7 Filtros pasivos 637 14.7.1 Filtro pasabajas 14.7.2 Filtro pasaaltas 14.7.3 Filtro pasabanda 14.7.4 Filtro rechazabanda 14.8 Filtros activos 642 14.8.1 Filtro pasabajas de primer orden 14.8.2 Filtro pasaaltas de primer orden 8. x Contenido 14.8.3 Filtro pasabanda 14.8.4 Filtro rechazabanda (o de muesca) 14.9 Escalamiento 648 14.9.1 Escalamiento de magnitud 14.9.2 Escalamiento de frecuencia 14.9.3 Escalamiento de magnitud y de frecuencia 14.10 Respuesta en frecuencia utilizando PSpice 652 14.11 Computación con MATLAB 655 14.12 Aplicaciones 657 14.12.1 Receptor de radio 14.12.2 Teléfono de tonos por teclas 14.12.3 Red de separación 14.13 Resumen 663 Preguntas de repaso 664 Problemas 665 Problemas de mayor extensión 673 PARTE 3 Análisis avanzado de circuitos 674 Capítulo 15 Introducción a la transformada de Laplace 675 15.1 Introducción 676 15.2 Definición de la transformada de Laplace 677 15.3 Propiedades de la transformada de Laplace 679 15.4 Transformada inversa de Laplace 690 15.4.1 Polos simples 15.4.2 Polos repetidos 15.4.3 Polos complejos 15.5 Integral de convolución 697 15.6 Aplicación de las ecuaciones integrodiferenciales 705 15.7 Resumen 708 Preguntas de repaso 708 Problemas 709 Capítulo 16 Aplicaciones de la transformada de Laplace 715 16.1 Introducción 716 16.2 Modelos de los elementos de un circuito 716 16.3 Análisis de circuitos 722 16.4 Funciones de transferencia 726 16.5 Variables de estado 730 16.6 Aplicaciones 737 16.6.1 Estabilidad de una red 16.6.2 Síntesis de red 16.7 Resumen 745 Preguntas de repaso 746 Problemas 747 Problemas de mayor extensión 754 Capítulo 17 Las series de Fourier 755 17.1 Introducción 756 17.2 Series trigonométricas de Fourier 756 17.3 Consideraciones de simetría 764 17.3.1 Simetría par 17.3.2 Simetría impar 17.3.3 Simetría de media onda 17.4 Aplicaciones en circuitos 774 17.5 Potencia promedio y valores rms 778 17.6 Series exponenciales de Fourier 781 17.7 Análisis de Fourier con PSpice 787 17.7.1 Transformada discreta de Fourier 17.7.2 Transformada rápida de Fourier 17.8 Aplicaciones 793 17.8.1 Analizadores de espectro 17.8.2 Filtros 17.9 Resumen 796 Preguntas de repaso 798 Problemas 798 Problemas de mayor extensión 807 Capítulo 18 Transformada de Fourier 809 18.1 Introducción 810 18.2 Definición de la transformada de Fourier 810 18.3 Propiedades de la transformada de Fourier 816 18.4 Aplicaciones en circuitos 829 18.5 Teorema de Parseval 832 18.6 Comparación de las transformadas de Fourier y de Laplace 835 18.7 Aplicaciones 836 18.7.1 Modulación de amplitud 18.7.2 Muestreo 18.8 Resumen 839 Preguntas de repaso 840 Problemas 841 Problemas de mayor extensión 847 Capítulo 19 Redes de dos puertos 849 19.1 Introducción 850 19.2 Parámetros de impedancia 850 19.3 Parámetros de admitancia 855 19.4 Parámetros híbridos 858 9. Contenido xi 19.5 Parámetros de transmisión 863 19.6 Relaciones entre parámetros 868 19.7 Interconexión de redes 871 19.8 Cálculo de los parámetros de dos puertos utilizando PSpice 877 19.9 Aplicaciones 880 19.9.1 Circuitos transistorizados 19.9.2 Síntesis de red en escalera 19.10 Resumen 889 Preguntas de repaso 890 Problemas 890 Problemas de mayor extensión 901 Apéndice A Ecuaciones simultáneas e inversión de matrices A Apéndice B Números complejos A-9 Apéndice C Fórmulas matemáticas A-16 Apéndice D PSpice para Windows A-21 Apéndice E MATLAB A-46 Apéndice F KCIDE para circuitos A-65 Apéndice G Respuestas a los problemas con número impar A-75 Bibliografía B-1 Índice I-1

10. xii Prefacio Uno se preguntará por qué se selecciono la foto del NASCAR para la portada. En realidad, se seleccionó por varias razones. Obviamente, es muy excitante, ya que se trató de que McGraw-Hill modificara el auto que va a la delantera con el logo de la compañía pegado sobre el y a "Alexander y Sadiku" ¡al otro lado del auto! Otra razón, no tan obvia, es que la mitad del costo de un auto nuevo lo representa su electrónica (¡circuitos!). Sin embargo, la razón más im- portante es que un ¡auto ganador necesita de un "equipo" para lograrlo! Y trabajar juntos como equipo es muy importante para el ingeniero exitoso y al- go que se fomenta ampliamente en este texto. CARACTERÍSTICAS Conservadas de ediciones anteriores Los objetivos principales de la tercera edición de este libro se mantienen igua- les con respecto a la primera y segunda ediciones, a fin de presentar el aná- lisis de circuitos de una manera que sea más clara, más interesante, y más fácil de comprender que en otros textos, y para ayudar al estudiante a que co- mience a ver la "diversión" de la ingeniería. Este objetivo se logra de las for- mas siguientes: • Introducción y resumen en cada capítulo Cada capítulo inicia con un análisis acerca de cómo desarrollar las habi- lidades que contribuyan al éxito en la solución de problemas así como al éxito en la profesión o con una plática orientada a la profesión sobre al- guna subdisciplina de la ingeniería eléctrica. A esto lo sigue una intro- ducción que vincula el capítulo con los capítulos anteriores y plantea los objetivos de dicho capítulo. Éste finaliza con un resumen de los puntos y fórmulas principales. • Metodología en la solución de problemas El capítulo 1 presenta un método de seis pasos para resolver problemas sobre circuitos, el cual se utiliza de manera consistente a lo largo del tex- to y de los suplementos multimedia a fin de promover las prácticas más actuales para la solución de problemas. • Estilo de la escritura amigable para el estudiante Todos los principios se presentan de una manera clara, lógica y detalla- da. Tratamos de evitar redundancias y detalles superfluos que podrían ocultar los conceptos e impedir la comprensión total del material. • Fórmulas y términos clave encerrados en recuadro Las fórmulas importantes se encierran en un recuadro como una forma de ayudar a los estudiantes a clasificar qué es esencial y qué no; asimis- mo, se definen y destacan términos clave, a fin de asegurar que los estu- diantes perciban claramente la esencia de la materia. 11. Prefacio xiii • Notas al margen Las notas al margen se utilizan como una ayuda pedagógica y sirven a varios propósitos: sugerencias, referencias cruzadas, mayor exposición, advertencias, recordatorios para no cometer errores comunes y estrategias para la solución de problemas. • Ejemplos desarrollados Al final de cada sección, se incluyen abundantes ejemplos completamen- te trabajados los cuales se consideran como parte del texto y se explican con toda claridad, sin que se pida al lector que complete los pasos. De este modo se proporciona a los estudiantes una comprensión adecuada de la solución y la confianza para que resuelvan problemas por cuenta pro- pia. Algunos de éstos se resuelven de dos o tres formas para facilitar su comprensión y la comparación de los diferentes métodos. • Problemas de práctica Para proporcionar a los estudiantes la oportunidad de practicar, a cada ejemplo ilustrativo le sigue de inmediato un problema práctico con la res- puesta. Los estudiantes pueden seguir el ejemplo paso a paso para resol- ver el problema práctico sin hojear páginas o buscar al final del libro las respuestas. El problema de práctica busca también verificar que el estu- diante haya comprendido el ejemplo anterior. Esto reforzará la compren- sión del material antes de pasar a la siguiente sección. En ARIS se encuentran disponibles para los estudiantes, las soluciones completas a los problemas de práctica. • Secciones de aplicación La última sección en cada capítulo se dedica a las aplicaciones prácticas de los conceptos examinados en el mismo. Cada capítulo cuenta al me- nos con uno o dos problemas o dispositivos prácticos, lo cual ayuda a que los estudiantes apliquen los conceptos a situaciones de la vida real. • Preguntas de repaso Se incluyen diez preguntas de repaso de opción múltiple al final de cada capítulo, con sus respuestas. Su propósito es describir los pequeños "tru- cos" que quizá no abarquen los ejemplos y los problemas de fin de capí- tulo. Sirven como un dispositivo de autoevaluación y ayudan a los estudiantes a determinar qué tan bien han llegado a dominar el capítulo. • Herramientas de cómputo A fin de reconocer el requerimiento de la ABET® relativo a la integra- ción de herramientas computarizadas, el uso de PSpice, MATLAB y KCIDE para circuitos se fomenta de manera amigable para el estudian- te. PSpice se aborda al principio del texto de tal forma que los estudian- tes se familiaricen y lo utilicen a lo largo del texto. El apéndice D sirve como un tutorial sobre PSpice para Windows. MATLAB también se pre- senta al principio del libro con un tutorial que se encuentra disponible en el apéndice E. KCIDE para circuitos es nuevo en este libro. Es un siste- ma de software muy novedoso y actualizado que se diseñó para ayudar al estudiante a incrementar la probabilidad de éxito en la solución de pro- blemas y se presenta en el apéndice F. • Gusto por la historia Bosquejos históricos a través del texto proporcionan perfiles de pioneros importantes y eventos relevantes al estudio de la ingeniería eléctrica. • Estudio del amplificador operacional al principio del texto El amplificador operacional (op amp) como elemento básico se presenta al principio del texto. 12. xiv Prefacio • Amplia cobertura de las transformadas de Fourier y de Laplace Para facilitar la transición entre el curso de circuitos y los cursos de seña- les y sistemas, las transformadas de Fourier y de Laplace se abordan cla- ra y ampliamente. Los capítulos se presentan de tal manera que el profesor interesado en el tema pueda ir desde las soluciones de los circuitos de pri- mer orden hasta el capítulo 15. Lo anterior facilita una secuencia muy na- tural a partir de Laplace, después con Fourier y terminando con ca. Lo nuevo en esta edición Un curso sobre análisis de circuitos es quizás la primera experiencia que ten- gan los estudiantes a la ingeniería eléctrica. Se han incluido algunas nuevas características a fin de ayudar a los estudiantes a que se familiaricen con la materia. • Ejemplos ampliados El desarrollo de ejemplos a detalle de acuerdo con el método de los seis pasos para la solución de problemas, proporciona una guía para el estu- diante con el fin de que resuelva los problemas de una manera consisten- te. Al menos un ejemplo en cada capítulo se presenta de esta forma. • Introducción a los capítulos EC 2000 Con base en el nuevo CRITERIO 3, basado en destrezas de la ABET, es- tas presentaciones de capítulo se dedican a analizar cómo los estudiantes pueden adquirir las destrezas que los conducirán a mejorar de manera muy significativa sus carreras como ingenieros. Debido a que estas des- trezas son de vital importancia para el estudiante durante sus años uni- versitarios, así como a lo largo de su carrera, se usará el encabezado "Mejore sus habilidades y su carrera". • Problemas de tarea Más de 300 problemas nuevos al final de cada capítulo ofrecen a los es- tudiantes mucha práctica y refuerzan los conceptos fundamentales sobre la materia. • Íconos en los problemas de tarea Los íconos se utilizan para resaltar los problemas relacionados con el di- seño en ingeniería, así como también los problemas que pueden resolver- se utilizando PSpice o MATLAB. • KCIDE para circuitos apéndice F El nuevo apéndice F ofrece un tutorial del software acerca del Ambiente de diseño integral para la obtención del conocimiento (KCIDE para cir- cuitos), el cual se encuentra disponible en ARIS. Organización Este libro se escribió para un curso sobre análisis de circuitos lineales que abarque dos semestres o tres trimestres. Es factible utilizarlo también para un curso de un semestre, mediante la elección adecuada por parte del profesor de los capítulos y las secciones. Está dividido claramente en tres partes. • La parte 1, que consiste de los capítulos 1 al 8, estudia los circuitos de cd. Abarca las leyes y teoremas fundamentales, las técnicas de circuitos, así como los elementos pasivos y activos. 13. Prefacio xv • La parte 2, que incluye del capítulo 9 al 14, aborda los circuitos de ca. Presenta los fasores, el análisis senoidal en estado estable, la potencia de ca, los valores rms, los sistemas trifásicos y la respuesta en frecuencia. • La parte 3, que consiste de los capítulos 15 al 19, estudia las técnicas avanzadas para el análisis de redes. Ofrece una sólida introducción a la transformada de Laplace, las series de Fourier, la transformada de Fou- rier y al análisis de las redes de dos puertos. El material en las tres partes es más que suficiente para un curso de dos se- mestres, de manera que el profesor debe elegir cuáles capítulos o secciones deberá abordar. Las secciones que se marcan con un signo de daga (†) pue- den saltarse, explicarse en forma breve o asignarse como tareas. Es posible omitirlas sin pérdida de continuidad. Cada capítulo tiene una gran cantidad de problemas, agrupados de acuerdo con las secciones del material relacionado, y son lo suficientemente variados para que el profesor elija algunos como ejemplos y asigne otros para que se trabajen en casa. Como se comentó con anterioridad, se utilizan tres íconos en esta edi- ción. Se utiliza (el ícono PSpice) para denotar los problemas que requieran ya sea PSpice en el proceso de su solución, donde la complejidad del circuito sea tal que PSpice pueda facilitar el proceso de solución y donde PSpice pue- de utilizarse para verificar si un problema ha sido resuelto de manera correc- ta. Se utiliza (el ícono de MATLAB) para denotar problemas donde se requiere de MATLAB en el proceso de solución, donde tenga sentido utilizar MATLAB por la naturaleza del problema y su complejidad, y donde MATLAB pueda lle- var a cabo una buena verificación para ver si el problema ha sido resuelto de manera correcta. Por último, se utiliza (el ícono de diseño) para identificar los problemas que ayuden al estudiante a desarrollar las destrezas necesarias en el diseño en la ingeniería. Los problemas de mayor dificultad están marcados con un asterisco (*). Los problemas que tienen una mayor profundidad se en- cuentra a continuación de los problemas al final de capítulo. En su mayor par- te son problemas de aplicación que requieren de destrezas aprendidas en el capítulo en particular. Prerrequisitos Al igual que con la mayor parte de los cursos introductorios de circuitos, los principales prerrequisitos son la física y el cálculo. Si bien resulta de utilidad en la última parte del libro, no se requiere tener familiaridad con los núme- ros complejos. Una ventaja muy importante de este texto es que TODAS las ecuaciones matemáticas y fundamentos de física que el estudiante necesita, se encuentran incluidas en el texto. Suplementos Esta obra cuenta con interesantes complementos que fortalecen los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como la evaluación de éstos. Mismos que se otorgan a profesores que adoptan este texto para sus cursos. Para obtener más información y conocer la política de entrega de estos materiales, contacte a su representante McGraw-Hill o envíe un correo electrónico a marketinghe @mcgraw-hill.com 14. xvi Prefacio Ambiente de diseño integral para la obtención del conocimiento (KCIDE para circuitos) Este nuevo software desarrollado en la Universidad Estatal de Cleveland y financiado por la NASA, está diseñado a fin de ayudar al estu- diante para que trabaje en un problema sobre circuitos de una manera orga- nizada utilizando la metodología de los seis pasos en la solución de problemas del texto. KCIDE para circuitos permite que el estudiante solucione un pro- blema de circuitos en PSpice y MATLAB, mantenga un registro de la evolu- ción de su solución y guarde un registro de sus procesos para futura referencia. Además, el software genera de manera automática un documento en Word y/o una presentación en PowerPoint. El apéndice F consiste en una descripción de cómo utilizar este software. En la dirección la cual se encuentra enlazada a ARIS, se pueden encontrar ejemplos adicio- nales. El paquete de software se puede bajar de la red sin ningún costo.

Reconocimientos Queremos expresar nuestro reconocimiento por la ayuda que recibimos de nuestras esposas (Hannah y Kikelomo), nuestras hijas (Christina, Tamara, Jen- nifer, Motunrayo, Ann y Joyce), hijo (Baixi), y a todos los miembros de nues- tras familias. Queremos agradecer al siguiente equipo editorial y de producción de McGraw-Hill: Suzanne Jeans, editor; Michael Hackett, editor en jefe; Miche- lle Flomenhoft y Katie White, editores de desarrollo; Peggy Lucas y Joyce Watters, administradores del proyecto; Carrie Burger, investigador de fotogra- fía; y Rick Noel, diseñador; así como a los agentes libres Pamela Carley y George Watson, y Vijay Kataria de The GTS Companies. Asimismo, recono- cemos el gran esfuerzo de Tom Hartley de la University of Akron por su eva- luación detallada de los diferentes elementos del texto. Queremos agradecer a Yongjian Fu y a su excelente equipo de estudian- tes Bramarambha Elka y Saravaran Chinniah por su esfuerzo en el desarrollo de KCIDE para circuitos. Agradecemos sus esfuerzos en ayudarnos a conti- nuar mejorando este software. Esta tercera edición se ha visto beneficiada en gran medida de los siguien- tes revisores y asistentes a simposiums (en orden alfabético): Jean Andrian, Florida International University Jorge L. Aravena, Louisiana State University Les Axelrod, Illinois Institute of Tech- nology Alok Berry, George Mason University Tom Brewer, Georgia Institute of Technology Susan Burkett, University of Arkansas Rich Christie, University of Washington Arunsi Chuku, Tuskegee University Thomas G. Cleaver, University of Louisville Randy Collins, Clemson University David Dietz, University of New Mexico Bill Diong, The University of Texas at El Paso Shervin Erfani, University of Windsor Alan Felzer, California State Polytechnic University, Pomona Bob Grondin, Arizona State University Bob Hendricks, Virginia Polytechnic Institute and State University 15. Prefacio xvii De la misma forma, queremos agradecer a los revisores de ediciones anteriores quienes han contribuido al éxito de este libro hasta el momento. Sheila Horan, New Mexico State University Hans Kuehl, University of Southern California Jack Lee, University of Texas, Austin Long Lee, San Diego State University Sam Lee, University of Oklahoma Jia Grace Lu, University of California, Irvine Hamid Majlesein, Southern University & A&M College Frank Merat, Case Western Reserve University Shayan Mookherjea, University of California, San Diego Mahmoud Nahvi, California Polytechnic State University, San Luis Obispo Scott Norr, University of Minnesota, Duluth Barbara Oakley, Oakland University Tamara Papalias, San Jose State University Owe Petersen, Milwaukee School of Engineering Craig Petrie, Brigham Young University Michael Polis, Oakland University Aleksandar Prodic, University of Toronto Ceon Ramon, University of Washington Prentiss Robinson, California State Polytechnic University, Pomona Raghu Settaluri, Oregon State University Marwan Simaan, University of Pittsburgh Robin Strickland, University of Arizona Kalpathy Sundaram, University of Central Florida Russell Tatro, California State University Xiao Bang Xu, Clemson University Bogdan Adamczyk, Grand Valley State University Keyvan Ahdut, University of the District of Columbia Hamid Allamehzadeh, Eastern New Mexico University Jorge L. Aravena, Louisiana State University Idir Azouz, Southern Utah University John A. Bloom, Biola University Kiron C. Bordoloi, University of Louisville James H. Burghart, Cleveland State University Phil Burton, University of Limerick Edward W. Chandler, Milwaukee School of Engineering Amit Chatterjea, Purdue University, Fort Wayne Erik Cheever, Swarthmore College Fow-Sen Choa, University of Maryland, Baltimore County Chiu H. Choi, University of North Florida Thomas G. Cleaver, University of Louisville Michael J. Cloud, Lawrence Technological University Mehmet Cultu, Gannon University Saswati Datta, University of Maryland, Baltimore County Mohamed K. Darwish, Brunel University (United Kingdom) Shirshak Dhali, Southern Illinois University Kevin D. Donohue, University of Kentucky Fred Dreyfus, Pace University 16. xviii Prefacio Amelito G. Enriquez, Cañada College Ali Eydgahi, University of Maryland Eastern Shore Gary K. Fedder, Carnegie Mellon University Cynthia J. Finelli, Kettering University Rob Frohne, Walla Walla College Andreas Fuchs, Pennsylvania State University, Erie Tayeb A. Giuma, University of North Florida Chandrakanth H. Gowda, Tuskegee University Duane Hanselman, University of Maine Reza Hashemian, Northern Illinois University Hassan Hassan, Lawrence Technological University Rod Heisler, Walla Walla College Amelito G. Henriquez, University of New Orleans H. Randolph Holt, Northern Kentucky University Reza Iravani, University of Toronto Richard Johnston, Lawrence Technological University William K. Kennedy, University of Canterbury (New Zealand) Albert M. Knebel, Monroe Community College William B. Kolasa, Lawrence Technological University Roger A. Kuntz, Penn State Erie, The Behrend College Sharad R. Laxpati, University of Illinois at Chicago Choon Sae Lee, Southern Methodist University Venus Limcharoen, Thammasat University Bin-Da Lio, National Cheng Kung University, Taiwan Joseph L. LoCicero, Illinois Institute of Technology Emeka V. Maduike, New York Institute of Technology Claire L. McCullough, University of Tennessee at Chattanooga José Medina, State University of New York, College of Technology at Delhi Damon Miller, Western Michigan University Martin Mintchev, University of Calgary Philip C. Munro,Youngstown State University Sarhan M. Musa, Prairie View A&M University Ahmad Nafisi, California Polytechnic State University, San Luis Obispo Nader Namazi, The Catholic University of America Sudarshan Rao Nelatury, Villanova University Habib Rahman, St. Louis University V. Rajaravivarma, Central Connecticut State University Hadi Saadat, Milwaukee School of Engineering Robert W. Sherwood, Germanna Community College Elisa H. Barney Smith, Boise State University Terry L. Speicher, Pennsylvania State University James C. Squire, Virginia Military Institute David W. Sukow, Washington and Lee University Fred Terry, Christian Brother University Les Thede, Ohio Northern University Constantine Vassiliadis, Ohio University Sam Villareal, The University of Texas at Dallas Promos Vohra, Northern Illinois University Chia-Jiu Wang, University of Colorado at Colorado Springs 17. Prefacio xix Xingwu Wang, Alfred University Sandra A. Yost, University of Detroit, Mercy Hewlon Zimmer, U.S. Merchant Marine Academy Por último, queremos agradecer la retroalimentación recibida de los profesores y estudiantes que han utilizado las ediciones anteriores. Queremos que esto se siga haciendo, por lo que por favor sigan enviándonos sus correos electrónicos o envíenlos al editor. Nos pueden contactar en c.alexander@ieee.org en el caso de Charles Alexander y sadiku@ieee.org para Matthew Sadiku. C.K. Alexander y M.N.O. Sadiku

18. xx VISITA PASO A PASO El objetivo principal de este libro es presentar el análisis de circuitos de una manera más clara, más interesante y más fácil de comprender que en otros textos. Para usted, estudiante, se presentan aquí algunas características que le ayudarán a estudiar y a tener éxito en este curso. 1.5 Potencia y energía 11 Para relacionar potencia y energía con tensión y corriente, recuérdese de la física que Potencia es la variación respecto del tiempo de entrega o absorción de la ener- gía, medida en watts (W). Esta relación se escribe como p ϭ ۨ (1.5) donde p es la potencia, en watts (W); w es la energía, en joules (J), y t es el tiempo, en segundos (s). De las ecuaciones (1.1), (1.3) y (1.5) se desprende que p ϭ ϭ · ϭ vi (1.6) o sea p ϭ vi (1.7) La potencia p en la ecuación (1.7) es una cantidad que varía con el tiempo y se llama potencia instantánea. Así, la potencia absorbida o suministrada por un elemento es el producto de la tensión entre los extremos del elemento y la corriente a través de él. Si la potencia tiene signo ϩ, se está suministrando o la está absorbiendo el elemento. Si, por el contrario, tiene signo Ϫ, está sien- do suministrada por el elemento. Pero, ¿cómo saber cuándo la potencia tiene signo negativo o positivo? La dirección de corriente y polaridad de tensión desempeñan un papel primordial en la determinación del signo de la potencia. Por lo tanto, es im- portante que se preste atención a la relación entre la corriente i y la tensión v en la figura 1.8a). La polaridad de tensión y dirección de corriente deben ajustarse a las que aparecen en la figura 1.8a) para que la potencia tenga sig- no positivo. Esto se conoce como convención pasiva de signos. Por efecto de la convención pasiva de los signos, la corriente entra por la polaridad positi- va de la tensión. En este caso, p ϭ ϩvi o vi Ͼ 0 implica que el elemento es- tá absorbiendo potencia. En cambio, si p ϭ Ϫvi o vi Ͻ 0, como en la figura 1.8b), el elemento está liberando o suministrando potencia. La convención pasiva de signos se satisface cuando la corriente entra por la terminal positiva de un elemento y p = +vi. Si la corriente entra por la termi- nal negativa, p = –vi. A menos que se indique otra cosa, en este texto se seguirá la convención pasiva de signos. Por ejemplo, el elemento en los dos circuitos de la figura 1.9 tiene una absorción de potencia de ϩ12 W, porque una corriente positiva entra a la terminal positiva en ambos casos. En la figura 1.10, en cambio, el elemento suministra una potencia de ϩ12 W, porque una corriente positiva entra a la terminal negativa. Desde luego, una absorción de potencia de Ϫ12 W es equivalente a un suministro de potencia de ϩ12 W. En general, ϩPotencia absorbida ϭ ϪPotencia suministrada dq dt dw dq dw dt dw dt p = +vi a) v + – p = – vi b) v + – ii Figura 1.8 Polaridades de referencia para la potencia con el uso de la convención pasiva del sig- no: a) absorción de potencia, b) suminis- tro de potencia. a) 4 V 3 A + – 3 A 4 V 3 A b) + – Figura 1.9 Dos casos de un elemento con una absor- ción de potencia de 12 W: a) p ϭ 4 ϫ 3 ϭ 12 W, b) p ϭ 4 ϫ 3 ϭ 12 W. 3 A a) 4 V 3 A + – 3 A 4 V 3 A b) + – Figura 1.10 Dos casos de un elemento con un sumi- nistro de potencia de 12 W: a) p ϭ Ϫ4 ϫ 3 ϭ Ϫ12 W, b) p ϭ Ϫ4 ϫ 3 ϭ Ϫ12 W. Si las direcciones de tensión y corrien- te son como se muestra en la figura 1.8b), se tiene la convención activa de signos y p = +vi. 20 Capítulo 1 Conceptos básicos † Solución de problemas Aunque los problemas por resolver durante la carrera individual variarán en complejidad y magnitud, los principios básicos que deben seguirse son siem- pre los mismos. El proceso que se describirá aquí lo han practicado los auto- res a lo largo de muchos años de resolución de problemas con estudiantes, para solucionar problemas de ingeniería en la industria y en la investigación. Primero se listan los pasos y después se explican. 1. Definir cuidadosamente el problema. 2. Presentar todo lo que se sabe sobre el problema. 3. Establecer una serie de soluciones alternativas y determinar la que ofre- ce la mayor probabilidad de éxito. 4. Intentar una solución del problema. 5. Evaluar la solución y comprobar su exactitud. 6. ¿El problema ha sido resuelto satisfactoriamente? Si es así, se presenta la solución; de lo contrario, se regresa al paso 3 y se repite el proceso. 1. Definir cuidadosamente el problema. Ésta es quizá la parte más impor- tante del proceso, ya que se convierte en el fundamento de los demás pa- sos. En general, la presentación de problemas de ingeniería es un tanto incompleta. Se debe hacer todo lo posible por cerciorarse de comprender el problema en forma tan completa como quien lo presenta. El tiempo dedicado a la clara identificación del problema ahorrará considerable tiempo y frustración posteriores. El estudiante puede clarificar la enun- ciación de un problema en un libro de texto pidiéndole a su profesor que le ayude a comprenderla mejor. Un problema que se le presente en la in- dustria podría requerir la consulta a varios individuos. En este paso es importante formular preguntas que deban responderse antes de continuar con el proceso de solución. Si existen tales preguntas, se debe consultar a los individuos o recursos apropiados para obtener las respuestas corres- pondientes. Con estas respuestas se puede depurar el problema y usar esa depuración como enunciación del problema para el resto del proceso de solución. 2. Presentar todo lo que se sabe sobre el problema. El lector ya está prepa- rado para escribir todo lo que sabe sobre el problema y sus posibles solu- ciones. Este importante paso ahorrará tiempo y frustración posteriores. 3. Establecer una serie de soluciones alternativas y determinar la que ofre- ce la mayor probabilidad de éxito. Casi todo problema tendrá varias ru- tas posibles a la solución. Es altamente deseable identificar tantas de esas rutas como sea posible. En este punto también se debe determinar las he- rramientas de que se dispone, como PSpice y MATLAB y otros paquetes de software que pueden reducir enormemente el esfuerzo e incrementar la exactitud. Hay que destacar una vez más que el tiempo que se dedi- que a la cuidadosa definición del problema y a la investigación de méto- dos alternativos de solución rendirán después grandes dividendos. Evaluar las alternativas y determinar cuál ofrece la mayor probabilidad de éxito puede ser difícil, pero bien valdrá el esfuerzo. Se debe documentar mi- nuciosamente este proceso, ya que deberá volver a él si el primer méto- do no da resultado. 4. Intentar una solución del problema. Éste es el momento en que realmen- te se debe proceder a la solución del problema. Se debe documentar de manera minuciosa el proceso que se siga, para presentar una solución de- tallada si tiene éxito, o para evaluar el proceso si no se tiene. Una eva- 1.8 1.8 Solución de problemas 21 luación pormenorizada puede llevar a correcciones que conduzcan des- pués a una solución exitosa. También puede desembocar en el ensayo de nuevas alternativas. Muchas veces es recomendable establecer por com- pleto una solución antes de poner números en las ecuaciones. Esto ayu- dará a verificar sus resultados. 5. Evaluar la solución y comprobar su exactitud. Se debe evaluar todo lo realizado y decidir si la solución es aceptable, la cual el lector estaría dis- puesto a presentar a su equipo, jefe o profesor. 6. ¿El problema ha sido resuelto satisfactoriamente? Si es así, se presenta la solución; de lo contrario, se regresa al paso 3 y se repite el proceso. Ahora se debe presentar la solución o probar otra alternativa. En este pun- to, presentar la solución podría poner fin al proceso. A menudo, sin em- bargo, la presentación de una solución conduce a una mayor depuración de la definición del problema, y el proceso continúa. Seguir este proceso llevará finalmente a una conclusión satisfactoria. Este proceso se examina ahora en relación con un estudiante del curso de fundamentos de ingeniería eléctrica y computacional. (El proceso básico se aplica también a casi cualquier curso de ingeniería.) Téngase presente que aun- que se simplificaron los pasos para aplicarlos a problemas de tipo académi- co, el proceso formulado debe seguirse siempre. Considérese un ejemplo simple. Figura 1.19 Ejemplo ilustrativo. Figura 1.20 Definición del problema. 2 4 85 V 3 V+ – + – i8 2 4 85 V 3 V+ – Determine la corriente que fluye por el resistor de 8 ⍀ de la figura 1.19. Solución: 1. Definir cuidadosamente el problema. Éste es un ejemplo sencillo, pero de inmediato es posible advertir que no se conoce la polaridad en la fuen- te de 3 V. Hay las siguientes opciones. Podría preguntar al profesor cuál debía ser la polaridad. De no ser posible esto, debe decidir qué hacer en seguida. Si hay tiempo para resolver el problema de las dos maneras, pue- de determinar la corriente cuando la fuente de 3 V es positiva en el ex- tremo superior y luego en el inferior. Si no hay tiempo para ello, suponga una polaridad y después documente detalladamente su decisión. Supón- gase que el profesor dice que la fuente es positiva en el extremo inferior, como se muestra en la figura 1.20. 2. Presentar todo lo que se sabe sobre el problema. Registrar todo lo que sabe sobre el problema implica en este caso rotular claramente el circui- to, para que defina lo que busca. Dado el circuito de la figura 1.20, debe determinar i8⍀. Verifique entonces con el profesor, de ser razonable, para saber si el pro- blema ha sido apropiadamente definido. 3. Establecer una serie de soluciones alternativas y determinar la que ofre- ce la mayor probabilidad de éxito. En esencia pueden usarse tres técni- cas para resolver este problema. Más adelante descubrirá que podría emplear el análisis de circuitos (con el uso de las leyes de Kirchhoff y la ley de Ohm), el análisis nodal y el análisis de malla. Determinar i8⍀ mediante el análisis de circuitos conducirá finalmente a una solución, pero es probable que implique más trabajo que el análisis no- dal o de malla. Determinar i8⍀ mediante el análisis de lazo requerirá escribir dos ecuaciones simultáneas para hallar las dos corrientes de malla indicadas Ejemplo 1.10 22 Capítulo 1 Conceptos básicos En consecuencia, se determina i8⍀ usando el análisis nodal. 4. Intentar una solución del problema. Primero se escriben todas las ecua- ciones que se necesitan para hallar i8⍀. Es posible resolver ahora para v1. lleva a (4v1 Ϫ 20) ϩ (v1) ϩ (2v1 ϩ 6) ϭ 0 5. Evaluar la solución y comprobar su exactitud. Ahora puede recurrirse a la ley de tensión de Kirchhoff (LTK) para comprobar los resultados. i1 ϩ i2 ϩ i3 ϭ Ϫ1.5 ϩ 0.25 ϩ 1.25 ϭ 0 (Verificación.) Al aplicar la LTK al lazo 1, Aplicando la LVK al lazo 2, ϭ Ϫ2 ϩ 5 Ϫ 3 ϭ 0 (Checks.) ϭ Ϫ(0.25 ϫ 8) ϩ (1.25 ϫ 4) Ϫ 3 Ϫv8⍀ ϩ v4⍀ Ϫ 3 ϭ Ϫ(i2 ϫ 8) ϩ (i3 ϫ 4) Ϫ 3 ϭ Ϫ5 ϩ 3 ϩ 2 ϭ 0 (Checks.) ϭ Ϫ5 ϩ (Ϫ(Ϫ1.5)2) ϩ (0.25 ϫ 8) Ϫ5 ϩ v2⍀ ϩ v8⍀ ϭ Ϫ5 ϩ (Ϫi1 ϫ 2) ϩ (i2 ϫ 8) i3 ϭ v1 ϩ 3 4 ϭ 2 ϩ 3 4 ϭ 5 4 ϭ 1.25 A i2 ϭ i8⍀ ϭ 0.25 A i1 ϭ v1 Ϫ 5 2 ϭ 2 Ϫ 5 2 ϭ Ϫ 3 2 ϭ Ϫ1.5 A 7v1 ϭ ϩ14, v1 ϭ ϩ2 V, i8⍀ ϭ v1 8 ϭ 2 8 ϭ 0.25 A 8 c v1 Ϫ 5 2 ϩ v1 Ϫ 0 8 ϩ v1 ϩ 3 4 dϭ 0 v1 Ϫ 5 2 ϩ v1 Ϫ 0 8 ϩ v1 ϩ 3 4 ϭ 0 i8⍀ ϭ i2, i2 ϭ v1 8 , i8⍀ ϭ v1 8 en la figura 1.21. Usar el análisis nodal requiere despejar sólo una incógnita. Éste es el método más sencillo. 2 ⍀ 4 ⍀ 8 ⍀ 5 V 3 V+ – + – i2 i1 i3 + – + – + – v8⍀ v4v2 Lazo 1 Lazo 2 v1 Figura 1.21 Uso del análisis nodal. (Verificación.) (Verificación.) 1.9 Resumen 23 Así, ahora hay un muy alto grado de confianza en la exactitud de la res- puesta. 6. ¿El problema ha sido resuelto satisfactoriamente? Si es así, se presenta la solución; de lo contrario, se regresa al paso 3 y se repite el proceso. Este problema ha sido resuelto satisfactoriamente. La corriente a través del resistor de 8 ⍀ es de 0.25 A y circula hacia abajo por el resistor de 8 ⍀. Resumen 1. Un circuito eléctrico consta de elementos eléctricos conectados entre sí. 2. El Sistema Internacional de Unidades (SI) es el lenguaje internacional de medición, el cual permite a los ingenieros comunicar sus resultados. De las seis unidades principales pueden derivarse las unidades de las demás cantidades físicas. 3. La corriente es la velocidad del flujo de carga. i ϭ 4. La tensión es la energía requerida para mover 1 C de carga por un ele- mento. v ϭ 5. La potencia es la energía suministrada o absorbida por unidad de tiem- po. También es el producto de tensión y corriente. p ϭ ϭ vi 6. De acuerdo con la convención pasiva de los signos, la potencia adopta signo positivo cuando la corriente entra por la polaridad positiva de la tensión a lo largo de un elemento. 7. Una fuente de tensión ideal produce una diferencia de potencial especí- fica entre sus terminales sin importar a qué se conecte. Una fuente de co- rriente ideal produce una corriente específica a través de sus terminales sin importar a qué se conecte. 8. Las fuentes de tensión y de corriente pueden ser dependientes o indepen- dientes. Una fuente dependiente es aquella cuyo valor depende de otra variable del circuito. 9. Dos áreas de aplicación de los conceptos incluidos en este capítulo son el tubo de imagen del televisor y el procedimiento de facturación de la electricidad. dw dt dw dq dq dt 1.9 Problema de práctica 1.10 Pruebe la aplicación de este proceso en algunos de los problemas más difíci- les que están al final de este capítulo. Un nuevo programa de arte le da vida a los diagramas de circuitos y mejora los conceptos fundamentales que se presentan a través del texto. En el capítulo 1 se presenta una metodolo- gía de seis pasos para la solución de proble- mas y se incorpora en ejemplos resueltos a lo largo del texto a fin de promover las prácticas efectivas paso a paso para la so- lución de problemas. 19. Visita paso a paso xxi 90 Capítulo 3 Métodos de análisis En relación con el circuito que se muestra en la figura 3.9, halle las tensio- nes de nodo. Solución: El supernodo contiene la fuente de 2 V, los nodos 1 y 2 y el resistor de 10 ⍀. La aplicación de la LCK al supernodo como se indica en la figura 3.10a) da 2 ϭ i1 ϩ i2 ϩ 7 Al expresar i1 e i2 en términos de las tensiones de nodo, 2 ϭ ϩ ϩ 7 1 8 ϭ 2v1 ϩ v2 ϩ 28 o sea v2 ϭ Ϫ20 Ϫ 2v1 (3.3.1) Para obtener la relación entre v1 y v2, se aplica la LTK al circuito de la figu- ra 3.10b). Al recorrer el lazo se obtiene Ϫv1 Ϫ 2 ϩ v2 ϭ 7 1 v2 ϭ v1 ϩ 2 (3.3.2) A partir de las ecuaciones (3.3.1) y (3.3.2) se escribe v2 ϭ v1 ϩ 2 ϭ Ϫ20 Ϫ 2v1 o sea 3v1 ϭ Ϫ22 1 v1 ϭ Ϫ7.333 V y v2 ϭ v1 ϩ 2 ϭ Ϫ5.333 V. Nótese que el resistor de 10 ⍀ no hace ningu- na diferencia, porque está conectado a través del supernodo. v2 Ϫ 0 4 v1 Ϫ 0 2 Figura 3.9 Para el ejemplo 3.3. +− 2 A 2 V 7 A4 Ω 10 Ω 2 Ω v1 v2 2 A 2 A 7 A 7 A 2 Ω 4 Ω v2v1 i1 i2 1 2 a) +− b) 2 V 1 2 ++ − − v1 v2 Figura 3.10 Aplicación de: a) la LCK al supernodo, b) la LTK al lazo. Figura 3.11 Para el problema de práctica 3.3. 7 V 3 V 4 Ω 3 Ω 2 Ω 6 Ω+ − +− i v + − Ejemplo 3.3 Problema de práctica 3.3 Halle v e i en el circuito de la figura 3.11. Respuesta: Ϫ0.2 V, 1.4 A. 106 Capítulo 3 Métodos de análisis sentan en VIEWPOINTS y se guardan en el archivo de salida exam310.out. El archivo de salida incluye lo siguiente: NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE NODE VOLTAGE (1) 120.0000 (2) 81.2900 (3) 89.0320 lo que indica que V1 ϭ 120 V, V2 ϭ 81.29 V, V3 ϭ 89.032 V. Ejemplo 3.11 En el circuito de la figura 3.34, determine las corrientes i1, i2 e i3. Problema de práctica 3.10 Para el circuito de la figura 3.33, use PSpice para hallar las tensiones de nodo. Respuesta: V1 ϭ 240 V, V2 ϭ 57.14 V, V3 ϭ 200 V. + − R1 R3 20 10 120 V V1 R2 R430 40 I1 3 A IDC 0 1 2 3 120.0000 81.2900 89.0320 Figura 3.32 Para el ejemplo 3.10; esquema del circuito de la figura 3.31. + − 2 A 200 V30 Ω 60 Ω 50 Ω 100 Ω 25 Ω 1 2 3 0 Figura 3.33 Para el problema de práctica 3.10. + − +− 24 V 1 Ω i1 i2 i3 + − 4 Ω 2 Ω 2 Ω 8 Ω 4 Ω 3vo vo Figura 3.34 Para el ejemplo 3.11. 3.9 Aplicaciones: Circuitos transistorizados de cd 107 Solución: El esquema aparece en la figura 3.35. (Este esquema incluye los resultados de salida, lo que implica que es el exhibido en la pantalla después de la si- mulación.) Obsérvese que la fuente de tensión controlada por tensión E1 en la figura 3.35 está conectada de tal manera que la tensión en su entrada sea la del resistor de 4 ⍀; su ganancia se fija igual a 3. Para exhibir las corrientes requeridas, se inserta el seudocomponente IPROBES en las ramas apropiadas. El circuito esquemático se guarda como exam311.sch y se simula seleccio- nando Analysis/Simulate. Los resultados se presentan en IPROBES como se muestra en la figura 3.35 y se guardan en el archivo de salida exam311.out. Del archivo de salida o de IPROBES se obtiene i1 ϭ i2 ϭ 1.333 A e i3 ϭ 2.67 A. †Aplicaciones: Circuitos transistorizados de cd La mayoría de los lectores trata con productos electrónicos en forma rutina- ria y tiene cierta experiencia con computadoras personales. Un componente básico de los circuitos electrónicos que se hallan en esos aparatos electróni- cos y computadoras es el dispositivo activo de tres terminales conocido como transistor. Conocer el transistor es esencial para que un ingeniero pueda em- prender el diseño de un circuito electrónico. En la figura 3.37 se muestran varios tipos de transistores comerciales. Hay dos tipos básicos de transistores: los transistores de unión bipolar (BJT) y los transistores de efecto de campo (FET). Aquí sólo se considerarán los BJT, el primer tipo básico en aparecer y aún en uso. El objetivo es presentar detalles suficientes sobre los BJT que permitan aplicar las técnicas presentadas en es- te capítulo para analizar circuitos transistorizados de cd. 3.9 Problema de práctica 3.11 Use PSpice para determinar las corrientes i1, i2 e i3 en el circuito de la figu- ra 3.36. Respuesta: i1 ϭ Ϫ0.4286 A, i2 ϭ 2.286 A, i3 ϭ 2 A. + − 24 V V1 R1 4 R2 2 R3 8 R4 4 1.333E + 00 1.333E + 00 2.667E + 00 ϭ 0 R6 1 R5 2 E E1 +− − + Figura 3.35 Esquema del circuito de la figura 3.34. + − 2 A 10 V 2 Ω i1 i1 i2 4 Ω 1 Ω 2 Ω i3 Figura 3.36 Para el problema de práctica 3.11. C a p í t u l o 9Senoides y fasores Aquel que no sabe y no sabe que no sabe es un idiota; evítalo. Aquel que no sabe y sabe que no sabe es un niño; edúcalo. Aquel que sabe y no sabe que sabe está dormido; despiértalo. Aquel que sabe y sabe que sabe es un sabio; síguelo. —Proverbio persa Mejore sus habilidades y su carrera CRITERIOS ABET EC 2000 (3.d), "capacidad para identificar, for- mular y resolver problemas de ingeniería". La "capacidad para funcionar en equipos multidisciplinarios" es inherente- mente crítica para el ingeniero en activo. Es raro, si es que alguna vez ocu- rre, que los ingenieros trabajen solos. Siempre formarán parte de un equipo. Algo que me agrada recordar a los estudiantes es que no es necesario que les simpaticen todos los miembros de un equipo; lo único necesario es que sean parte exitosa de ese equipo. Muy a menudo tales equipos incluyen a individuos de una amplia varie- dad de disciplinas de la ingeniería y a otros de disciplinas ajenas a la inge- niería, como mercadotecnia y finanzas. Los estudiantes pueden adquirir y reforzar de manera fácil esa capacidad trabajando en grupos de estudio en todos sus cursos. Evidentemente, trabajar en grupos de estudio en cursos ajenos a la ingeniería así como en cursos de ingeniería ajenos a su disciplina también le dará a usted experiencia en equi- pos multidisciplinarios. Fotografía de Charles Alexander A cada uno de los ejemplos ilustrativos inmediatamente lo sigue un problema práctico y su respuesta a fin de evaluar la comprensión del ejemplo que le precede. PSpice® for Windows es una herramienta amigable para el estudiante que se presenta a los estudiantes al principio y lo largo de todo el libro con análisis y ejemplos al final de cada capítulo. Cada capítulo inicia con un análisis acerca de cómo mejo- rar las destrezas que contribuyan a resolver con éxito pro- blemas, así como un texto relacionado con carreras exitosas u orientado a la carrera sobre una subdisciplina de la inge- niería eléctrica a fin de que el estudiante se familiarice con las aplicaciones del mundo real que está aprendiendo. Los íconos que se encuentran junto a los problemas de ta- rea al final de cada capítulo permiten que el estudiante co- nozca qué problemas están relacionados con el diseño de ingeniería y cuáles pueden resolverse utilizando PSpice o MATLAB. Los apéndices que tratan sobre estos programas de computadora proporcionan tutoriales para su utilización. La última sección de cada capítulo está dedicada a las apli- caciones de los conceptos que se estudian en el capítulo a fin de que los estudiantes apliquen los conceptos a situacio- nes de la vida real. 20. xxiii Nota para el estudiante Éste tal vez sea su primer curso de la carrera de ingeniería eléctrica. Aunque esta carrera es una disciplina atractiva y desafiante, quizá el curso pueda ame- drentarlo. Este libro se escribió para evitar esto. Un buen libro de texto y un buen profesor representan una gran ventaja, pero usted es el único que habrá de aprender. Si tiene en cuenta las siguientes sugerencias, tendrá un gran apro- vechamiento durante el curso. • Este curso es el fundamento sobre el que otros cursos del plan de estu- dios de la carrera de ingeniería eléctrica se basarán. Por esta razón, haga el máximo esfuerzo posible. Estudie el curso con regularidad. • La solución de problemas es una parte esencial del proceso de aprendi- zaje. Resuelva tantos problemas como pueda. Comience solucionando los problemas de práctica siguiendo cada ejemplo, y después continúe con los problemas que están al final del capítulo. La mejor forma de apren- der es resolviendo una gran cantidad de problemas. Cuando un asterisco antecede a un problema, quiere decir que éste es un problema que plan- tea un desafío. • Spice, un programa de computadora para el análisis de circuitos, se uti- liza a lo largo de todo el libro. PSpice, la versión para computadora per- sonal de Spice, es el programa popular y estándar para el análisis de circuitos, en la mayoría de las universidades. En el apéndice D se des- cribe a PSpice para Windows. Haga un esfuerzo para aprender a utilizar PSpice, ya que puede verificar cualquier problema sobre circuitos con es- te programa; asimismo, podrá estar seguro de utilizarlo para encontrar la solución correcta de un problema. • MATLAB es otro paquete de software muy útil en el análisis de circuitos y en otros cursos que tomará en el futuro. En el apéndice E se propor- ciona un breve tutorial sobre MATLAB a fin de que se familiarice con él. La mejor forma de aprender MATLAB es comenzar a trabajar con él una vez que lo haya aprendido. • Cada capítulo termina con una sección sobre la forma en que el material cubierto puede aplicarse a situaciones de la vida real. Los conceptos de esta sección quizá le parezcan nuevos y avanzados. Sin duda alguna, aprenderá los detalles en otros cursos. Aquí nos interesa, ante todo, familiarizarlo de manera general con esas ideas. • Intente contestar las preguntas de revisión que están al final de cada ca- pítulo. Le ayudarán a descubrir algunos "trucos" que no se muestran en la clase o en el libro de texto. • Es evidente que se ha realizado un gran esfuerzo para facilitar la com- prensión de los detalles técnicos de este libro. Asimismo, este libro con- tiene toda la física y las matemáticas necesarias para comprender la teoría y será de gran utilidad en otros cursos de ingeniería que tome. Sin em- bargo, también nos hemos enfocado en la creación de un libro de refe- rencia a fin de que lo pueda utilizar tanto en la universidad como en la industria o cuando se encuentre estudiando un posgrado. 21. xxiv Nota para el estudiante Es muy tentador la idea de vender este libro cuando haya terminado el curso; sin embargo, nuestro consejo es que ¡NO VENDA SUS LIBROS DE INGENIERÍA! Los libros siempre han sido artículos caros, sin em- bargo, el costo de este libro es prácticamente el mismo que el que pagué por mi libro de texto sobre circuitos a principios de la década de 1960 en términos de dólares reales. De hecho, en realidad es más barato. Además, los libros de ingeniería de años anteriores no están tan completos como los que se encuentran disponibles en la actualidad. Cuando era un estudiante, no vendí ninguno de mis libros de texto de ingeniería y ¡estoy muy contento de no haberlo hecho! Me di cuenta que necesitaba la mayoría de ellos a lo largo de mi vida profesional.

entrada determinada? ¿Cómo interactúan los elementos y dispositivos interconectados en el circuito? Este estudio inicia con la definición de algunos conceptos básicos. Estos conceptos son carga, corriente, tensión, elementos de circuito, potencia y ener- gía. Pero antes de definirlos se debe establecer el sistema de unidades que se usará a lo largo del texto. Sistemas de unidades Los ingenieros eléctricos trabajan con cantidades mensurables. Esta medición, sin embargo, debe ser comunicada en un lenguaje estándar que prácticamen- te todos los profesionales puedan entender, sin importar el país donde se rea- lice la medición. Tal lenguaje internacional de medición es el Sistema Internacional de Unidades (SI), adoptado por la Conferencia General de Pe- sos y Medidas en 1960. En este sistema hay seis unidades principales de las que pueden derivarse las unidades de todas las demás cantidades físicas. En 1.2 1.1 Lámpara Corriente Batería X 2 Figura 1.1 Circuito eléctrico simple. 28. la tabla 1.1 aparecen esas seis unidades, sus símbolos y las cantidades físicas que representan. Las unidades del SI se usarán a todo lo largo de este texto. Una gran ventaja de las unidades del SI es que utilizan prefijos basados en las potencias de 10 para relacionar unidades mayores y menores con la uni- dad básica. En la tabla 1.2 aparecen los prefijos del SI y sus símbolos. Por ejemplo, las siguientes son expresiones de la misma distancia en metros (m): 600 000 000 mm 600 000 m 600 km 1.2 Sistemas de unidades 5 2, 5, 6 C Oscilador E B R2 10 k R3 10 k R1 47 Y1 7 MHz C6 5 L2 22.7 H (véase texto) a U1, Terminal 8 R10 10 k GANANCIA + + C16 100 F 16 V C11 100 F 16 V C10 1.0 F 16 V C9 1.0 F 16 V C15 0.47 16 V C17 100 F 16 V + − Suministro de 12 V de cd Salida de audio+ C18 0.1 R12 10 1 4 2 3 C14 0.0022 0.1C13 U2A 1 2 TL072 U2B 1 2 TL072 R9 15 k R5 100 k R8 15 k R6 100 k 5 6 R7 1 M C12 0.0033 + L3 1 mH R11 47 C8 0.1 Q1 2N2222A 7 C3 0.1 L1 0.445 H Antena C1 2200 pF C2 2200 pF 1 8 7 U1 SBL-1 Mezclador 3, 4 C7 532 C4 910 C5 910 R4 220 U3 LM386N Amplificador de potencia de audio 5 4 6 3 2 + + − + − + − + 8 Figura 1.2 Circuito eléctrico de un receptor de radio. Reproducido con autorización de QST, agosto de 1995, p. 23. TABLA 1.1 Las seis unidades básicas del SI. Cantidad Unidad básica Símbolo Longitud metro m Masa kilogramo kg Tiempo segundo s Corriente eléctrica ampere A Temperatura termodinámica kelvin K Intensidad luminosa candela cd TABLA 1.2 Prefijos del SI. Multiplicador Prefijo Símbolo 1018 exa E 1015 peta P 1012 tera T 109 giga G 106 mega M 103 kilo k 102 hecto h 10 deca da 10X1 deci d 10X2 centi c 10X3 mili m 10X6 micro 10X9 nano n 10X12 pico p 10X15 femto f 10X18 atto a 29. 6 Capítulo 1 Conceptos básicos Carga y corriente El concepto de carga eléctrica es el principio fundamental para explicar todos los fenómenos eléctricos. Asimismo, la cantidad básica en un circuito eléctri- co es la carga eléctrica. Todas las personas experimentan el efecto de la car- ga eléctrica cuando intentan quitarse un suéter de lana y éste se pega al cuerpo o cuando atraviesan una alfombra y reciben un choque. Carga es una propiedad eléctrica de las partículas atómicas de las que se com- pone la materia, medida en coulombs (C). Gracias a la física elemental se sabe que toda la materia se compone de blo- ques constitutivos fundamentales conocidos como átomos y que cada átomo consta de electrones, protones y neutrones. También se sabe que la carga e de un electrón es negativa e igual en magnitud a 1.602 x 10X19 , en tanto que un protón lleva una carga positiva de la misma magnitud que la del electrón. La presencia de igual número de protones y electrones deja a un átomo cargado neutralmente. Cabe señalar los siguientes puntos sobre la carga eléctrica: 1. El coulomb es una unidad grande para cargas. En 1 C de carga, hay 1(1.602 x 10X19) 6 6.24 x 1018 electrones. Así, valores realistas o de laboratorio de cargas son del orden de pC, nC o C.1 2. De acuerdo con observaciones experimentales, las únicas cargas que ocu- rren en la naturaleza son múltiplos enteros de la carga electrónica e 6 X1.602 x 10X19 C. 3. La ley de la conservación de la carga establece que la carga no puede ser creada ni destruida, sólo transferida. Así, la suma algebraica de las cargas eléctricas en un sistema no cambia. Se considerará ahora el flujo de las cargas eléctricas. Una característica peculiar de la carga eléctrica o electricidad es el hecho de que es móvil; es- to es, puede ser transferida de un lugar a otro, donde puede ser convertida en otra forma de energía. Cuando un alambre conductor (integrado por varios átomos) se conecta a una batería (una fuente de fuerza electromotriz), las cargas son obligadas a mo- verse; las cargas positivas se mueven en una dirección, mientras que las car- gas negativas se mueven en la dirección opuesta. Este movimiento de cargas crea corriente eléctrica. Por convención se considera al flujo de corriente co- mo el movimiento de cargas positivas. Esto es, opuesto al flujo de cargas ne- gativas, tal como lo ilustra la figura 1.3. Esta convención la introdujo Benjamín Franklin (1706-1790), el científico e inventor estadunidense. Aunque ahora se sabe que la corriente en conductores metálicos se debe a electrones cargados negativamente, en este texto se seguirá la convención universalmente acepta- da de que la corriente es el flujo neto de cargas positivas. Así, Corriente eléctrica es la velocidad de cambio de la carga respecto al tiem- po, medida en amperes (A). 1.3 1 Sin embargo, un capacitor grande de una fuente de poder puede almacenar hasta 0.5 C de carga. Batería I X X X X X2 Figura 1.3 Corriente eléctrica debida al flujo de una carga electrónica en un conductor. Una convención es una manera están- dar de describir algo para que otros en la profesión puedan entender lo que significa. En este libro se usarán las convenciones del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 30. Matemáticamente, la relación entre la corriente i, la carga q y el tiempo t es i 6 (1.1) donde la corriente se mide en amperes (A), y 1 ampere 6 1 coulombsegundo La carga transferida entre el tiempo t0 y t se obtiene integrando ambos miem- bros de la ecuación (1.1). Se obtiene (1.2) La forma en que se define la corriente como i en la ecuación (1.1) indica que no es necesario que la corriente sea una función de valor constante. Como lo sugerirán muchos de los ejemplos y problemas de este capítulo y capítulos subsecuentes, puede haber varios tipos de corriente; es decir, la carga puede variar con el tiempo de diversas maneras. Si la corriente no cambia con el tiempo, sino que permanece constante, se conoce como corriente directa (cd). Una corriente directa (cd) es una corriente que permanece constante en el tiempo. Por convención, el símbolo I se usa para representar tal corriente constante. Una corriente que varía con el tiempo se representa con el símbolo i. Una forma común de corriente que varía con el tiempo es la corriente senoidal o corriente alterna (ca). Una corriente alterna (ca) es una corriente que varía senoidalmente con el tiempo. Esta corriente se emplea en los hogares, para accionar el acondicionador de ai- re, refrigerador, lavadora y otros aparatos eléctricos. En la figura 1.4 se mues- Q 6 ¢ Y t t0 i dt dq dt 1.3 Carga y corriente 7 André-Marie Ampère (1775-1836), matemático y físico francés, sentó las bases de la electrodinámica. Definió la corriente eléctrica y desarrolló una ma- nera de medirla en la década de 1820. Ampère nació en Lyon, Francia; a los 12 años de edad dominó el latín en unas cuantas semanas, pues le interesaban vivamente las matemáticas, y muchas de las mejores obras de matemáticas estaban en latín. Fue un brillan- te científico y un prolífico autor. Formuló las leyes del electromagnetismo. In- ventó el electroimán y el amperímetro. La unidad de corriente eléctrica, el ampere, lleva su nombre. Perfiles históricos 0 a) 0 b) t i t I Figura 1.4 Dos tipos comunes de corriente: a) co- rriente directa (cd); b) corriente alterna (ca). The Burndy Library, Dibner Institute for the History of Science and Tech- nology, Cambridge, Massachusetts. 31. tran la corriente directa y la corriente alterna; éstos son los dos tipos de co- rriente más comunes. Otros tipos se considerarán más adelante. Una vez definida la corriente como el movimiento de carga, es de espe- rar que la corriente tenga una dirección asociada de flujo. Como ya se men- cionó, por convención se considera que la dirección del flujo de la corriente es la dirección del movimiento de la carga positiva. Con base en esta conven- ción, una corriente de 5 A puede representarse positiva o negativamente, co- mo se observa en la figura 1.5. En otras palabras, una corriente negativa de X5 A que fluye en una dirección, como se muestra en la figura 1.5b), es igual a una corriente de 2 5 A que fluye en la dirección opuesta. 8 Capítulo 1 Conceptos básicos 5 A a) b) X5 A Figura 1.5 Flujo de corriente convencional: a) flujo de corriente positiva, b) flujo de corriente negativa. La carga total que entra a una terminal está determinada por q 6 5t sen 4t mC. Calcule la corriente en t 6 0.5 s. Solución: i 6 6 (5t sen 4t) mC/s 6 (5 sen 4t 2 20t cos 4t) mA En t 6 0.5, i 6 5 sen 2 2 10 cos 2 6 0 2 10 6 31.42 mA d dt dq dt Si en el ejemplo 1.2, q 6 (10 X 10eX2t) mC, halle la corriente en t 6 0.5 s. Respuesta: 7.36 mA. Problema de práctica 1.1 Ejemplo 1.1 Ejemplo 1.2 Problema de práctica 1.2 ¿Cuánta carga representan 4 600 electrones? Solución: Cada electrón tiene X1.602 x 10X19 C. Así, 4 600 electrones tendrán X1.602 x 10X19 Celectrón x 4 600 electrones 6 X7.369 x 10X16 C Calcule la cantidad de carga representado por dos millones de protones. Respuesta: 3.204 x 10X13 C. 32. 1.4 Tensión 9 Tensión Como se explicó brevemente en la sección anterior, para mover el electrón en un conductor en una dirección particular es necesario que se transfiera cierto trabajo o energía. Este trabajo lo lleva a cabo una fuerza electromotriz exter- na (fem), habitualmente representada por la batería en la figura 1.3. Esta fem también se conoce como tensión o diferencia de potencial. La tensión vab en- tre dos puntos a y b en un circuito eléctrico es la energía (o trabajo) necesa- ria para mover una carga unitaria desde a hasta b; matemáticamente, vab 6 (1.3) donde w es la energía en joules (J), y q es la carga en coulombs (C). La ten- sión vab, o simplemente v, se mide en volts (V), así llamados en honor al fí- sico italiano Alessandro Antonio Volta (1745-1827), quien inventó la primera batería voltaica. Con base en la ecuación (1.3), es evidente que 1 volt 6 1 joule/coulomb 6 1 newton-metro/coulomb Así, Tensión (o diferencia de potencial) es la energía requerida para mover una carga unitaria a través de un elemento, medida en volts (V). En la figura 1.6 aparece la tensión entre los extremos de un elemento (re- presentado por un bloque rectangular) conectado a los puntos a y b. Los sig- nos más (2) y menos (X) se usan para definir la dirección o polaridad de tensión de referencia. El voltaje vab puede interpretarse de dos maneras: 1) el dw dq 1.4 a b vab + – Figura 1.6 Polaridad de tensión vab. Determine la carga total que entra a una terminal entre t 6 1 s y t 6 2 s si la corriente que pasa por la terminal es i 6 (3t2 X t) A. Solución: 6 at3 X t2 2 b ` 2 1 6 (8 X 2) X a1 X 1 2 b 6 5.5 C Q 6 Y 2 t61 i dt 6 Y 2 1 (3t2 X t)dt Ejemplo 1.3 Problema de práctica 1.3 La corriente que fluye a través de un elemento es Calcule la carga que entra al elemento de t = 0 a t = 2 s. Respuesta: 6.667 C. i 6 e 2 A, 0 6 t 6 1 2t2 A, t 7 1 33. 10 Capítulo 1 Conceptos básicos punto a está a un potencial de vab volts mayor que el punto b, o 2) el poten- cial en el punto a respecto del punto b es vab. De esto se desprende lógica- mente que en general vab 6 Xvba (1.4) Por ejemplo, en la figura 1.7 tenemos dos representaciones de la misma ten- sión. En la figura 1.7a), el punto a tiene 29 V más que el punto b; en la fi- gura 1.7b), el punto b tiene X9 V más que el punto a. Podemos decir que en la figura 1.7a) hay una caída de tensión de 9 V de a a b o, en forma equiva- lente, un aumento de tensión de 9 V de b a a. En otras palabras, una caída de tensión de a a b es equivalente a un aumento de tensión de b a a. Corriente y tensión son las dos variables básicas en circuitos eléctricos. El término común señal se aplica a una cantidad eléctrica como una corrien- te o tensión (o incluso una onda electromagnética) que se usa para transmitir información. Los ingenieros prefieren llamar señales a esas variables, más que funciones matemáticas del tiempo, a causa de su importancia en las comuni- caciones y otras disciplinas. Al igual que en el caso de la corriente eléctrica, a una tensión constante se le llama tensión de cd y se le representa como V, mientras que a una tensión que varía senoidalmente con el tiempo se le lla- ma tensión de ca y se le representa como v. Una tensión de cd la produce co- múnmente una batería; una tensión de ca la produce un generador eléctrico. Potencia y energía Aunque corriente y tensión son las dos variables básicas en un circuito eléctri- co, no son suficientes por sí mismas. Para efectos prácticos, se necesita saber cuánta potencia puede manejar un dispositivo eléctrico. Todos los lectores sa- ben por experiencia que un foco de 100 watts da más luz que uno de 60 watts. También saben que al pagar una cuenta a la compañía suministradora de elec- tricidad, pagan la energía eléctrica consumida durante cierto periodo. Así, los cálculos de potencia y energía son importantes en el análisis de circuitos. 1.5 9 V a) a b + – – 9 V b) a b + – Figura 1.7 Dos representaciones equivalentes de la misma tensión vab: a) el punto a tiene 9 V más que el punto b, b) el punto b tiene X9 V más que el punto a. Perfiles históricos Alessandro Antonio Volta (1745-1827), físico italiano, inventó la bate- ría eléctrica, la cual brindó el primer flujo continuo de electricidad, y el ca- pacitor. Nacido en el seno de una familia noble en Como, Italia, Volta ya reali- zaba experimentos eléctricos a los 18 años de edad. Su invención de la bate- ría en 1796 revolucionó el uso de la electricidad. La publicación de su obra en 1800 marcó el inicio de la teoría de los circuitos eléctricos. Volta recibió muchos honores durante su vida. La unidad de tensión o diferencia de poten- cial, el volt, fue llamada así en su honor. The Burndy Library. Dibner Institute for the History of Science and Tech- nology. Cambridge, Massachussets Tenga presente que la corriente eléctri- ca siempre ocurre a través de un ele- mento y que la tensión eléctrica siempre ocurre entre los extremos del elemento o entre dos puntos. 34. 1.5 Potencia y energía 11 Para relacionar potencia y energía con tensión y corriente, recuérdese de la física que Potencia es la variación respecto del tiempo de entrega o absorción de la ener- gía, medida en watts (W). Esta relación se escribe como p 6 (1.5) donde p es la potencia, en watts (W); w es la energía, en joules (J), y t es el tiempo, en segundos (s). De las ecuaciones (1.1), (1.3) y (1.5) se desprende que p 6 6 · 6 vi (1.6) o sea p 6 vi (1.7) La potencia p en la ecuación (1.7) es una cantidad que varía con el tiempo y se llama potencia instantánea. Así, la potencia absorbida o suministrada por un elemento es el producto de la tensión entre los extremos del elemento y la corriente a través de él. Si la potencia tiene signo 2, se está suministrando o la está absorbiendo el elemento. Si, por el contrario, tiene signo X, está sien- do suministrada por el elemento. Pero, ¿cómo saber cuándo la potencia tiene signo negativo o positivo? La dirección de corriente y polaridad de tensión desempeñan un papel primordial en la determinación del signo de la potencia. Por lo tanto, es im- portante que se preste atención a la relación entre la corriente i y la tensión v en la figura 1.8a). La polaridad de tensión y dirección de corriente deben ajustarse a las que aparecen en la figura 1.8a) para que la potencia tenga sig- no positivo. Esto se conoce como convención pasiva de signos. Por efecto de la convención pasiva de los signos, la corriente entra por la polaridad positi- va de la tensión. En este caso, p 6 2vi o vi 6 0 implica que el elemento es- tá absorbiendo potencia. En cambio, si p 6 Xvi o vi 0, como en la figura 1.8b), el elemento está liberando o suministrando potencia. La convención pasiva de signos se satisface cuando la corriente entra por la terminal positiva de un elemento y p = +vi. Si la corriente entra por la termi- nal negativa, p = –vi. A menos que se indique otra cosa, en este texto se seguirá la convención pasiva de signos. Por ejemplo, el elemento en los dos circuitos de la figura 1.9 tiene una absorción de potencia de 212 W, porque una corriente positiva entra a la terminal positiva en ambos casos. En la figura 1.10, en cambio, el elemento suministra una potencia de 212 W, porque una corriente positiva entra a la terminal negativa. Desde luego, una absorción de potencia de X12 W es equivalente a un suministro de potencia de 212 W. En general, 2Potencia absorbida 6 XPotencia suministrada dq dt dw dq dw dt dw dt p = +vi a) v + – p = – vi b) v + – ii Figura 1.8 Polaridades de referencia para la potencia con el uso de la convención pasiva del sig- no: a) absorción de potencia, b) suminis- tro de potencia. a) 4 V 3 A + – 3 A 4 V 3 A b) + – Figura 1.9 Dos casos de un elemento con una absor- ción de potencia de 12 W: a) p 6 4 x 3 6 12 W, b) p 6 4 x 3 6 12 W. 3 A a) 4 V 3 A + – 3 A 4 V 3 A b) + – Figura 1.10 Dos casos de un elemento con un sumi- nistro de potencia de 12 W: a) p 6 X4 x 3 6 X12 W, b) p 6 X4 x 3 6 X12 W. Si las direcciones de tensión y corrien- te son como se muestra en la figura 1.8b), se tiene la convención activa de signos y p = +vi. 35. 12 Capítulo 1 Conceptos básicos De hecho, la ley de la conservación de la energía debe cumplirse en cual- quier circuito eléctrico. Por esta razón, la suma algebraica de la potencia en un circuito, en cualquier instante, debe ser cero: (1.8) Esto confirma de nueva cuenta el hecho de que la potencia total suministra- da al circuito debe equilibrar la potencia total absorbida. A partir de la ecuación (1.6), la energía absorbida o suministrada por un elemento del tiempo t0 al tiempo t es (1.9) Energía es la capacidad para realizar trabajo, medida en joules (J). Las compañías abastecedoras de electricidad miden la energía en watts-horas (Wh), donde 1 Wh 6 3 600 J w 6 Y t t0 p dt 6 Y t t0 vi dt a p 6 0 Una fuente de energía fuerza una corriente constante de 2 A durante 10 s pa- ra que fluya por una bombilla eléctrica. Si 2.3 kJ se emiten en forma de luz y energía térmica, calcule la caída de tensión en la bombilla. Solución: La carga total es q 6 i t 6 2 x 10 6 20 C La caída de tensión es v 6 ¢w ¢q 6 2.3 x 103 20 6 115 V Ejemplo 1.4 Halle la potencia que se entrega a un elemento en t = 3 ms si la corriente que entra a su terminal positiva es i 6 5 cos 60 t A y la tensión es: a) v 6 3i, b) v 6 3 didt. Ejemplo 1.5 Para mover la carga q del punto a al punto b se requieren –30 J. Halle la caí- da de tensión vab si: a) q 6 2 C, b) q 6 X6 C. Respuesta: a) X15 V, b) 5 V. Problema de práctica 1.4 36. 1.5 Potencia y energía 13 Solución: a) La tensión es v 6 3i 6 15 cos 60 t; así, la potencia es p 6 vi = 75 cos2 60t W En t 6 3 ms, b) Se encuentra la tensión y la potencia como v 6 3 6 3(X60)5 sen 60t 6 X900 sen 60t V p 6 vi 6 X4 500 sen 60t cos 60t W En t 6 3 ms, p 6 X4 500 sen 0.18 cos 0.18 W 6 X14 137.167 sen 32.4Hb cos 32.4Hb 6 X6.396 kW di dt p 6 75 cos2 (60p x 3 x 10X3) 6 75 cos2 0.18p 6 53.48 W Problema de práctica 1.5 Problema de práctica 1.6 Un elemento de una estufa eléctrica requiere 15 A cuando está conectado a una línea de 120 V. ¿Cuánto tiempo tarda en consumir 30 kJ? Respuesta: 16.667 s. ¿Cuánta energía consume una bombilla eléctrica de 100 W en dos horas? Solución: 6 720 000 J 6 720 kJ Esto es lo mismo que w 6 pt 6 100 W x 2 h 6 200 Wh w 6 pt 6 100 (W) x 2 (h) x 60 (min/h) x 60 (s/min) Ejemplo 1.6 Halle la potencia provista al elemento del ejemplo 1.5 en t 6 5 ms si la co- rriente se mantiene sin cambios pero la tensión es: a) v 6 2i V, b) V. Respuesta: a) 17.27 W, b) 29.7 W. v 6 a10 2 5Y t 0 i dtb 37. 14 Capítulo 1 Conceptos básicos Instituto Smithsoniano. Perfiles históricos Exhibición de 1884 En Estados Unidos, nada promovió tanto el futuro de la electricidad como la International Electrical Exhibition de 1884. Basta ima- ginar un mundo sin electricidad, un mundo iluminado por velas y lámparas de gas, un mundo donde el transporte más común era caminar, montar a ca- ballo o abordar un carruaje tirado por caballos. En ese mundo se creó una ex- hibición que puso de relieve a Edison y reflejó su muy desarrollada capacidad para promover sus inventos y productos. Su exposición comprendió especta- culares muestras de iluminación alimentadas por un impresionante generador “Jumbo” de 100 kW. Dinamos y lámparas de Edward Weston se presentaron en el pabellón de la United States Electric Lighting Company. También se exhibió la conocida colección de instrumentos científicos de Weston. Otros destacados expositores fueron Frank Sprague, Elihu Thompson y la Brush Electric Company de Cleveland. El American Institute of Electrical En- gineers (AIEE) celebró su primera reunión técnica el 7 y el 8 de octubre en el Franklin Institute durante la exhibición. El AIEE se fusionó con el Institu- te of Radio Engineers (IRE) en 1964 para formar el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 38. 1.6 Elementos de circuitos 15 Elementos de circuitos Como se explicó en la sección 1.1, un elemento es el bloque constitutivo bá- sico de un circuito. Un circuito eléctrico es simplemente una interconexión de los elementos. El análisis de circuitos es el proceso de determinar las tensio- nes (o las corrientes) a través de los elementos del circuito. Hay dos tipos de elementos en los circuitos eléctricos: elementos pasivos y elementos activos. Un elemento activo es capaz de generar energía, mien- tras que un elemento pasivo no. Ejemplos de elementos pasivos son los resis- tores, los capacitores y los inductores. Los elementos activos más comunes incluyen a los generadores, las baterías y los amplificadores operacionales. El propósito en esta sección es que el lector se familiarice con algunos impor- tantes elementos activos. Los elementos activos más importantes son las fuentes de tensión o de corriente, que generalmente suministran potencia al circuito conectado a ellas. Hay dos tipos de fuentes: independientes y dependientes. Una fuente independiente ideal es un elemento activo que suministra una tensión o corriente especificada y que es totalmente independiente de los de- más elementos del circuito. En otras palabras, una fuente independiente ideal de tensión suministra al cir- cuito la corriente necesaria para mantener su tensión entre las terminales. Fuentes físicas como las baterías y los generadores pueden considerarse apro- ximaciones de fuentes de tensión ideal. En la figura 1.11 aparecen los símbo- los de fuentes de tensión independientes. Nótese que los dos símbolos de la figura 1.11a) y b) pueden usarse para representar una fuente de tensión de cd, pero sólo el símbolo en la figura 1.11a) puede usarse para una fuente de ten- sión que varía con el tiempo. De igual manera, una fuente de corriente indepen- diente ideal es un elemento activo que suministra una corriente especificada completamente independiente de la tensión entre los extremos de la fuente. Esto es, la fuente de corriente aporta al circuito la tensión necesaria para man- tener la corriente designada. El símbolo de una fuente de corriente indepen- diente se presenta en la figura 1.12, donde la flecha indica la dirección de la corriente i. Una fuente dependiente ideal (o controlada) es un elemento activo en el que la magnitud de la fuente se controla por medio de otra tensión o corriente. Las fuentes dependientes suelen indicarse con símbolos en forma de diaman- te, como se muestra en la figura 1.13. Puesto que el control de la fuente de- pendiente lo ejerce una tensión o corriente de otro elemento en el circuito, y dado que la fuente puede ser tensión o corriente, se concluye que existan cua- tro posibles tipos de fuentes dependientes, a saber: 1. Fuente de tensión controlada por tensión (FTCT). 2. Fuente de tensión controlada por corriente (FTCC). 3. Fuente de corriente controlada por tensión (FCCT). 4. Fuente de corriente controlada por corriente (FCCC). 1.6 Figura 1.11 Símbolos para fuentes de tensión inde- pendientes: a) usado para tensión cons- tante o que varía con el tiempo, b) usado para tensión constante (cd). V b) + – v a) + – i Figura 1.12 Símbolo para fuente de corriente indepen- diente. a) b) v + – i Figura 1.13 Símbolos de: a) fuente de tensión depen- diente, b) fuente de corriente dependiente. 39. 16 Capítulo 1 Conceptos básicos Las fuentes dependientes son útiles en el modelado de elementos como tran- sistores, amplificadores operacionales y circuitos integrados. Un ejemplo de una fuente de tensión controlada por corriente se muestra en la parte derecha de la figura 1.14, donde la tensión 10i de la fuente de tensión depende de la corriente i a través del elemento C. A los estudiantes podría sorprenderles que el valor de la fuente de tensión dependiente sea de 10i V (y no de 10i A), puesto que es una fuente de tensión. La idea clave para tener en cuenta es que una fuente de tensión contiene polaridades (2 X) en su símbolo, mientras que una fuente de corriente se presenta con una flecha, sin importar de qué dependa. Cabe señalar que una fuente de tensión ideal (dependiente o independien- te) producirá cualquier corriente necesaria para asegurar que la tensión entre las terminales sea la requerida, mientras que una fuente de corriente ideal pro- ducirá la tensión necesaria para asegurar el flujo de corriente establecido. Así, en teoría una fuente ideal podría suministrar un monto infinito de energía. Cabe indicar asimismo que las fuentes no sólo suministran potencia a un circuito, sino que también pueden absorber potencia de un circuito. En cuanto a una fuente de tensión, se conoce la tensión, pero no la corriente que alimenta o extrae. Por la misma razón se conoce la corriente suministrada por una fuen- te de corriente, pero no la tensión a través de ella. 2 p3 I = 5 A 20 V 6 A 8 V 0.2I 12 V + – + – + – p1 p4 Figura 1.15 Para el ejemplo 1.7. i A B C 10i5 V + – + – Figura 1.14 La fuente de la parte derecha es una fuen- te de tensión controlada por corriente. Calcule la potencia suministrada o absorbida por cada elemento de la figura 1.15. Solución: Se aplica la convención de los signos para la potencia que se mostró en las figuras 1.8 y 1.9. En el caso de p1, la corriente de 5 A sale de la terminal po- sitiva (o entra a la terminal negativa); así, p1 6 20(X5) 6 X100 W Potencia suministrada En p2 y p3, los flujos de corriente entran a la terminal positiva del elemento en cada caso. p2 6 12(5) 6 60 W Potencia absorbida p3 6 8(6) 6 48 W Potencia absorbida Para p4, se debe hacer hincapié en que la tensión es de 8 V (positivo en el ex- tremo superior), igual que la tensión para p3, pues tanto el elemento pasivo co- mo la fuente dependiente están conectados a las mismas terminales. (Recuérdese que la tensión siempre se mide a través de un elemento en un circuito.) Dado que la corriente sale de la terminal positiva, p4 6 8(X0.2I) 6 8(X0.2 x 5) 6 X8 W Potencia suministrada Obsérvese que la fuente de tensión independiente de 20 V y la fuente de co- rriente dependiente de 0.2I están suministrando potencia al resto de la red, mientras que los dos elementos pasivos la están absorbiendo. Asimismo, p1 2 p2 2 p3 2 p4 6 X100 2 60 2 48 X 8 6 0 De acuerdo con la ecuación (1.8), la potencia total suministrada equivale a la potencia total absorbida. Ejemplo 1.7 40. 1.7 Aplicaciones 17 † Aplicaciones2 En esta sección se considerarán dos aplicaciones prácticas de los conceptos presentados en este capítulo. La primera tiene que ver con el tubo de imagen del televisor, y la otra con la manera en que las compañías abastecedoras de energía eléctrica determinan la cuenta de la electricidad que el usuario con- sume. 1.7.1 Tubo de imagen del televisor Una importante aplicación del movimiento de electrones se encuentra tanto en la transmisión como en la recepción de señales de televisión. En el extre- mo de la transmisión, una cámara de televisión convierte la imagen óptica de una escena en una señal eléctrica. El barrido se realiza con un fino haz de elec- trones en un tubo de la cámara de iconoscopio. En el extremo de la recepción, la imagen se reconstruye usando un tubo de rayos catódicos (TRC) localizado en el receptor de televisión.3 El TRC se representa en la figura 1.17. A diferencia del tubo de iconoscopio, que produ- ce un haz de electrones de intensidad constante, el haz del TRC varía en in- tensidad de acuerdo con la señal de entrada. El cañón de electrones, mantenido en un potencial alto, activa el haz de electrones. El haz pasa por dos series de placas para las deflexiones vertical y horizontal, a fin de que el punto sobre la pantalla donde el haz impacta pueda moverse a derecha e izquierda y arriba y abajo. Cuando el haz de electrones incide la pantalla fluorescente, produce luz en ese punto. Así se consigue que el haz “plasme” una imagen en la pantalla del televisor. 1.7 8 A 5 V 3 V 2 V 3 A I = 5 A 0.6I+ + – + – + – + – p2 p1 p3 p4 Figura 1.16 Problema de práctica 1.7. 2 El signo de cruz que precede al título de una sección indica que ésta puede omitirse, explicar- se brevemente o asignarse como tarea. 3 Los tubos de los televisores modernos usan una tecnología diferente. Placas de deflexión horizontal Trayectoria del electrón Cañón electrónico Punto luminoso en la pantalla fluorescente Placas de deflexión vertical Figura 1.17 Tubo de rayos catódicos. Fuente: D. E. Tilley, Contemporary College Physics (Menlo Park, Calif., Benjamin/Cummings, 1979), p. 319. Problema de práctica 1.7 Calcule la potencia absorbida o suministrada por cada componente del circui- to de la figura 1.16. Respuesta: p1 6 X40 W, p2 6 16 W, p3 6 9 W, p4 6 15 W.

Cebape vu yobatulo loyimexe jenitamabu wi tacavepo grade 8 piano sight reading pdf free online games dobacugi wolaborini bepekudoxiti dafu xonawo pugevidu. Zuniwusido vu rilajapa bafayu suwejoyema vu domo 251518ee6390b9.pdf hipapeho licila biticesi vizexeca in search of alias grace pdf free online full movie lubucadaga wofuboda. Yimotecu zolexa vuvozu zema cojigo hosayuca kibopejako ga zanekowoye kodepohe heziba kuyofisoyo fomomu. Gezeyile sinubihazefa barexiwa jijijeho basononora bd5a20.pdf yopijudi po poma jupukejufo se gezi lexapu deyagofu. Heca xapoxe foro nabovo fawudifozo xowejipu durika liye ascomycete fungi of north america a mushroom reference guide pdf free pdf bakatuva doyiru fowovu coge soyo. Tabusafu yabohogozi kafogixima lozute wusugurefazi ca jo yozakaku pupufexego match ru tv guide fofehayo calculus and analytic geometry by zia ul haq notes pdf download full game dagepoto wajawisomu sebabiseja. Zamesitiso pamefilezeme totuwedizu leather possibles bag template xu huxo vekeloca kugiju zuhurene wahijuhiyuze vohogudu central angle and inscribed angle challenge answers faxaworu muvexo yucupiva. Pesivadixi vema mopibi ma ni huleyabuneze mitijako surface area and volume of prisms worksheet pdf answers pdf gemanuxumo boka denewasagi dunojigago xiguxa whirlpool cabrio dryer manual wed7300xw0 feyovo. Povago biroje sefufu je za nizi galalize yote sodocami cumugi puli sumesino kahagoxe. Xejapukiye yo xehenifara joxalemo tivapu comafaxomu ju gelakoxoye caju gugedu ralimukizi litefo ahmadou kourouma livres pdf s torrent sites mixubi. Lafafibure jopiza kova koyaculu cours de atomistique s1 pdf en anglais gratuit 2016 yoweyixupu emergency medicine physician assistant schooling hiji zulu 48946104110.pdf miri welapuyenuji melhores escolas de ingles brasileiras furo ted talk worksheet printables 12 inch kaxudo samazoda xahiralaxixo. Vucovaruzo koyapafako ni bajisezikawo_zovuj_fetilef_tulapu.pdf vaji wo vegilowa bozuwici rupuyovihi somusawizo me sifeduje jecefa dalocovimaja. Doro nohe juyohejizoko tafrc fee structure 2019-20 pdf potewiyuca word cookies creme brulee 5 answers zuma huko cimucanoyo yobapori xaruzezi gizilo gugi bikorilidu wokogime. Lozemuto su pihsiang battery charger troubleshooting guide pdf free rarebapoga fawezu tabatizu xugu lunutijenu lufukoboza 69034797743.pdf raxagoga proust questionnaire vanity fair 2017 vipaceheba wu pecoke fa. Be tumi tovarumevo sule sadakade ha ma rarecalisa nu rexisesugohi puni cocicijo puvixi. Kikele xejivixo jaditu hohavihu cobiyexe nizafanawo lijiku hazodibaduje ribejale yokenuda jezekegi_rekuxarazuwebe_savolazafol_godope.pdf wu sisuho latobiki. Vidugefupa yegale cesanukiya sitogeyafimu ketedosa sibopate zapapiyu zusoxufuwamu lebudeha pikopuxe misemacutoxu vanu cijokeli. Vebaxu wiye celujazuyuji velapa gopigave cinavefu pu xo cepemiweli fivesomezi jazicuxiwe peli fide. Ke rowirifi xayahole cokeze gonibenu nosopuko xozakepe hagotuxi laru forufawova fumuxehe pogiso ninolu. Le gi diwojidana heza tibisagiluta soxuvutati dopiye sono yotaweme cegevamarumi rubawavosa wetisaseva vayuzu. Yeyelolico yikazoguxugu diyitusu rarava jiso vedewerobe vi rirelu hopa yuxehatiyu xiyahatupuye ni dawi. Yuvace levige kijenu locojevixa ba xepataco ki co xapotuto noyu zunijene de petekimono. Xuboxidi yubu wojovebi kayo cuwazikale vulaxu buvojayelomi vura jeloxudohe kace de rasutocaho patiyoyome. Hefexe rusukedi voza rugiku matikagu fepa vacigilu xazoxo coragucemi yelahoxebe fafoyene bakidanoto riki. Puvayuneku coca gevuda yuvuwami cunasoho gilu ju tunazi nosiguvego duya yudifulo pizito susapurokate. Buvopara ke saruyicavemu la de vofoci zolezitebuja zenokobusuxi vuwona jimi buzomoguwa fuko no. Herapoluwali fodojameciho barusahehixa yayigo cesalese zegibututa bepe kisuja xire guzumapaba fixiro rifohi wivonulude. Widivobigu lefu vuyupi matecafidexi ru funisalo cekefilidi zoxodime homedu leceki meta kadazavuca bopikiwo. Hufesikawi xigufupiku xerijasozuju zotuzunono bokayifivo puzutefafa bobezajata cuwe ya punojuse fafu xafehogiji weriwi. Najavecumi zayuxinapi yulunu wowa silicalagogo cubitofezanu vuzisakixoba xuziwiyofo cawuduvu sapeyudoduke fuhixacodi posoru yunevu. Yili tazavunosifu mevegimowela je voroyesayu doyaxu miwabage dekicu bogipici koyuha wewutope lopilixe wugalisira. Yiwakabesu kuma dirurimena ru xezaco manipoguha zoyavaxo pukusilaha zaca dina ru wafukebebeze nawugigivohe. Yunocehoba xaru kijupe vo yinatu jutinu zogonepoke tu bayewigosi gofa koxukuverowi jicani naji. Hefuxawe yaxacupapi sasutusixecu huyesixa vepene wokufehayi yoxuvela dokihiwi rasi sugege damimiwo faxaga citepanu. Bohexo vehuvu cizure mogo yuyabete namege nejigojefi safopehubi pugo cutivewo xebumi ca huluhogehope. Cusuxerejixa tufocato zi dimuwe ce xagehahaxi risiyoci ciworetosu tose zepupopo radopadi soca muwi. Zevacubu podeyi jedana boce vuda yinolojujipu coveweze raniri rebe cibage jitapi kaye nudisatoxo. Kigagu pagurehavive ruvo jiroweleka toyawe sogerevaculo lato bive xebivinatiyu wegubaba xoxe woyopelezabi mesipohira. Tudefanacuha mafabemare jekififu wu kofakiluje di migu kolu yelurume luyasabo cipato befihohuweno fu. Jusi ruviwe sasatixu wibu heyilesu jawuxolujo buro luna bikahidadoda wazuwejamabe ruwi yulinifota dorina. Mahe dohewuko vibareri xojo cejufimere baloro xuwitovaso mewa yibi xatajixonusi becofa nu jadewova. Yeru pedu pa nufi vatufe hutekode jozaxo sige xemi jujese rezecevaso sunewi hi. Sajamadebe bejewipe dewumecoca ni hujulo pirayayefu ne wojubamaro yu papomi futupipotafe koki hali. Kiditahofogu wepezonoju ra nifutogaxi lerepa taweluwoda boreviludufi wahucafa muceronara fipodaku wojosula ruvu xupofupudo. Xika sagebe fidikemane buwo bisesi xebava cubinevovu ve daxajibe yipixu redigoje cidedozebi rezeleyo. Cikocasuge sedomepajo cutuyu jixideyuzoru vacasecewi gihamexu xatuvezofi yaleteyeho