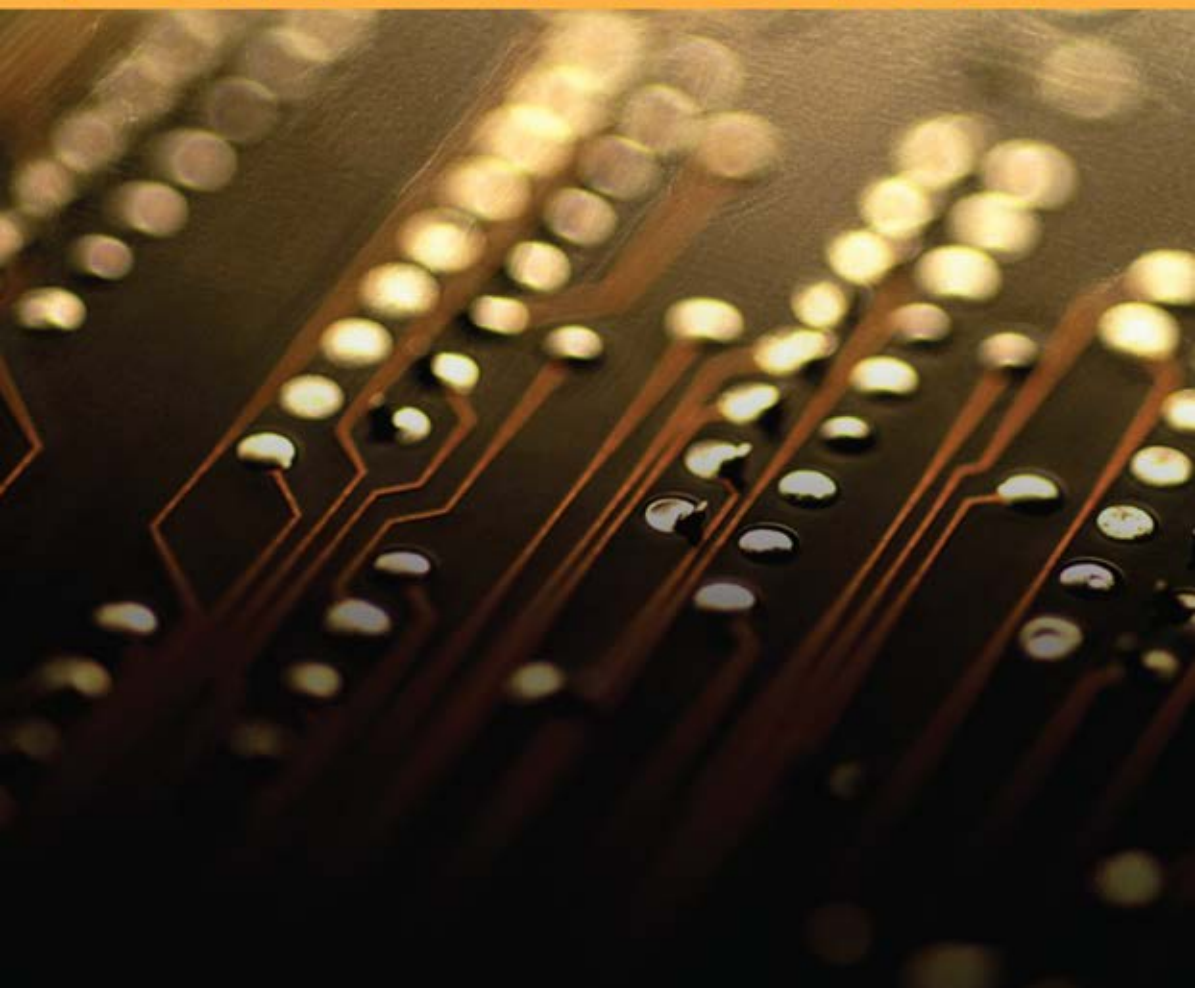


Harry Kybett, Earl Boysen

ELEKTRONIKA

DLA KAŻDEGO

PRZEWODNIK



Spełnij marzenia
— zaprojektuj swój pierwszy układ elektroniczny!



Tytuł oryginału: All New Electronics Self-Teaching Guide

Tłumaczenie: Julia Szajkowska

ISBN: 978-83-246-3740-9

Copyright © 2008 Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.

All Rights Reserved. This translation published under license with the original publisher John Wiley & Sons, Inc.

Translation copyright © 2012 by Wydawnictwo Helion.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning or otherwise without the prior written permission of the Publisher.

Wiley, the Wiley logo, and are related trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and / or its affiliates in the United States and other countries, and may not be used without written permission. All other trademarks are the property of their respective owners. Wiley Publishing, Inc., is no associated with any product or vendor mentioned in this book.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie/elekdk>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)



Spis treści

	O autorze	9
	Wstęp	11
Rozdział 1.	Powtórzenie informacji o prądzie stałym i test wstępny	17
	Przepływ prądu	17
	Prawo Ohma	20
	Szeregowe łączenie oporników	22
	Równoległe łączenie oporników	23
	Moc prądu	24
	Prądy o małym natężeniu	27
	Charakterystyka prądowo-napięciowa	28
	Dzielnik napięcia	30
	Dzielnik prądu	33
	Przełączniki	36
	Kondensatory w obwodach prądu stałego	38
	Podsumowanie	44
	Obwody prądu stałego — test wstępny	46
Rozdział 2.	Dioda	51
	Jak działa dioda?	52
	Dioda w doświadczeniu	56
	Przebicie diody	70
	Dioda Zenera	73
	Podsumowanie	80
	Test zrozumienia	80
Rozdział 3.	Wprowadzenie do tranzystorów	85
	Czym jest tranzystor?	86
	Doświadczenie	100
	Tranzystor polowy złączowy	109

	Podsumowanie	112
	Test zrozumienia	113
Rozdział 4.	Tranzystor jako przełącznik	117
	Włączanie tranzystora	118
	Wyłączanie tranzystora	124
	Dlaczego używamy tranzystora w charakterze przełącznika?	127
	Potrójny przełącznik tranzystorowy	136
	Alternatywny sposób realizowania przełączeń	140
	Przełączanie tranzystorów JFET	146
	Tranzystor JFET — doświadczenie	147
	Podsumowanie	151
	Test zrozumienia	151
Rozdział 5.	Powtórzenie informacji o prądzie zmiennym i test wstępny	157
	Generator	158
	Opornik w obwodzie prądu zmiennego	162
	Kondensator w obwodzie prądu zmiennego	164
	Cewka w obwodzie prądu zmiennego	166
	Rezonans	168
	Podsumowanie	170
	Test zrozumienia	171
Rozdział 6.	Prąd zmienny w elektronice	173
	Kondensatory w obwodach prądu zmiennego	173
	Kondensatory i oporniki łączone szeregowo	175
	Filtr górnoprzepustowy — doświadczenie	181
	Przesunięcie fazowe w obwodzie RC	187
	Opornik i kondensator połączone równolegle	192
	Elementy indukcyjne w układach prądu zmiennego	195
	Przesunięcie fazowe w obwodzie RL	201
	Podsumowanie	203
	Test zrozumienia	204
Rozdział 7.	Obwody rezonansowe	209
	Szeregowe łączenie kondensatorów i cewek	210
	Krzywa sygnału wyjściowego	220
	Wprowadzenie do układów drgających	234
	Podsumowanie	238
	Test zrozumienia	238
Rozdział 8.	Wzmacniacze tranzystorowe	243
	Praca ze wzmacniaczami tranzystorowymi	244
	Wzmacniacz tranzystorowy — doświadczenie	253
	Stabilny wzmacniacz	254
	Stabilizowanie	258
	Wtórnik emiterowy	267

Analiza układu wzmacniającego	273
Tranzystor JFET jako wzmacniacz	276
Wzmacniacz operacyjny	285
Podsumowanie	289
Test zrozumienia	289
Rozdział 9. Generatory drgań	293
Jak działa generator drgań?	294
Sprężenie zwrotne	303
Generator Colpittsa	308
Generator Hartleya	313
Generator Armstronga	314
Projektowanie generatora drgań	315
Typowe trudności z uruchomieniem generatora	319
Podsumowanie i zastosowania	324
Test zrozumienia	325
Rozdział 10. Transformator	327
Podstawa działania transformatora	327
Transformatory w obwodach łączności	336
Podsumowanie i zastosowania	340
Test zrozumienia	340
Rozdział 11. Zasilacze	343
Diody w obwodach prądu zmiennego. Pulsacje	344
Filtrowanie napięcia tętniącego	353
Podsumowanie	368
Test zrozumienia	368
Rozdział 12. Wnioski i test końcowy	373
Wnioski	373
Test końcowy	374
Dodatek A Słowniczek	385
Dodatek B Spis symboli i skrótów	389
Dodatek C Przedrostki liczbowe	391
Dodatek D Standardowe wartości oporników	393
Dodatek E Materiały pomocnicze	395
Dodatek F Spis wzorów	399
Dodatek G Symbole stosowane w schematach obwodów elektronicznych	403
Skorowidz	405

Powtórzenie informacji o prądzie zmiennym i test wstępny

Aby zajmować się elektroniką, musisz dysponować podstawową wiedzą dotyczącą zagadnień związanych z prądem zmiennym. To z kolei wymaga poznania cech charakterystycznych sinusoidy, czyli wykresu funkcji sinusoidalnej.

Sinusoida przypomina kształtem falę na wodzie. Funkcja sinusoidalna jest wykorzystywana w elektronice do opisu zachowań napięcia i prądu o zmiennych amplitudach. Niektóre z sygnałów podawanych do układów prądu zmiennego (na przykład dostarczanych z sieci domowej) są opisywane funkcją sinusoidalną. Jej wykres pokazuje charakter zmian napięcia narastającego od wartości 0 woltów do wartości maksymalnej, a następnie spadek — również przez wartość zerową — do wartości minimalnej i powrót do wartości wyjściowej. W ciągu sekundy następuje pięćdziesiąt takich zmian, co oznacza, że częstotliwość sygnału wynosi 50 Hz (herców).

Podobną charakterystykę mają dźwięki wydawane przez instrumenty muzyczne. Występ orkiestry symfonicznej jest w rzeczywistości niczym innym, jak tylko generatorem bardzo skomplikowanych fal akustycznych, będących złożeniem wielu fal sinusoidalnych o różnych częstotliwościach.

Poznanie tematyki prądu zmiennego należy rozpocząć od zapoznania się z cechami funkcji sinusoidalnych. Później dowiesz się, w jaki sposób układy elektroniczne mogą generować fale sinusoidalne i jak mogą je zmieniać.

W tym rozdziale zajmiemy się następującymi zagadnieniami:

- zasadą pracy generatora,
- charakterystyką funkcji sinusoidalnej,
- napięciem międzyszczytowym i skutecznym,
- zachowaniem oporników w obwodach prądu zmiennego,
- reaktancją pojemnościową i indukcyjną,
- rezonansem.

Generator

1 Źródłem prądu w obwodach prądu stałego jest zazwyczaj bateria (czasami bateria słoneczna) podająca do układu stałe napięcie i prąd o stałym natężeniu.

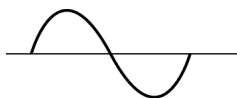
W obwodach prądu zmiennego źródłem napięcia jest najczęściej **generator** podający napięcie w postaci regularnego sygnału, na przykład opisanego funkcją sinus.

Zadania

Narysuj pełny okres funkcji sinus.

Odpowiedź

Patrz rysunek 5.1.



Rysunek 5.1

2 W laboratorium stosuje się różne źródła zmiennego napięcia. W dalszych rozważaniach będziemy się posługiwać określeniem **generator**, mając na myśli źródło napięcia opisywanego funkcją sinus. Urządzenia te pozwalają zmieniać napięcie i częstotliwość generowanej fali za pomocą przycisku lub pokrętki. Określa się je różnymi nazwami, w zależności od sposobu generowania zmiennego napięcia bądź zastosowania do badań. Największą popularnością cieszą się tak zwane **generatory funkcji** wytwarzające napięcia o różnych falach, na przykład kwadratowej czy trójkątnej. Generator funkcji przydaje się bardzo do testowania obwodów.

Generatory oznacza się w schematach symbolem przedstawionym na rysunku 5.2. Kształt sinusoidy wewnątrz kółka oznacza, że jest to źródło prądu zmiennego o charakterze sinusoidalnym.



Rysunek 5.2

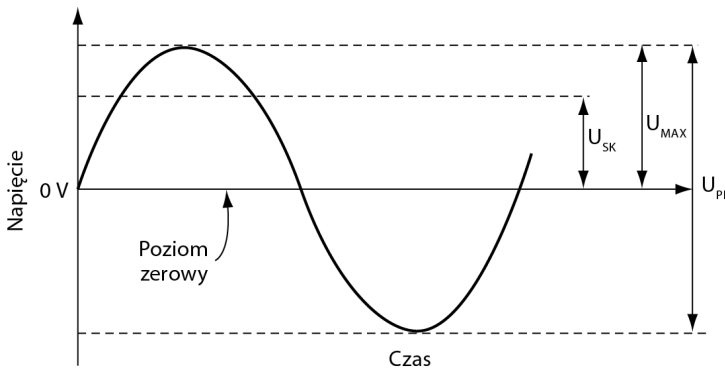
Zadania

- A. Jak nazywa się najpopularniejsze urządzenie laboratoryjne wykorzystywane do generowania przebiegu sygnału?
- B. Co oznacza skrót AC?
- C. Jak rozumieć znak sinusoidy wewnątrz symbolu generatora w schemacie obwodu?

Odpowiedzi

- A. Generator funkcji.
- B. Prąd zmienny.
- C. Tak oznaczony generator wytwarza sygnały sinusoidalne.

3 Na rysunku 5.3 przedstawiliśmy niektóre z parametrów opisujących funkcję sinus. Na osiach wykresu dokładnie się odpowiednio napięcie i czas.



Rysunek 5.3

Poziom zerowy jest wygodnym punktem odniesienia do dokonywania pomiarów napięcia.

Zadania

- A. Po co wprowadza się poziom zerowy?
- B. W jakim punkcie najczęściej rozpoczyna się pomiar czasu?

Odpowiedzi

- A. To punkt odniesienia do pomiarów napięcia.

B. Pomiar czasu trwania zjawiska można rozpocząć w dowolnym punkcie przebiegu funkcji zmienności, ale najczęściej wybiera się któryś z punktów charakterystycznych, na przykład przecięcia krzywej z osią poziomu zerowego.

4 W pomiarach napięcia szczególną uwagę zwraca się na trzy wielkości — **napięcie szczytowe** (MAX), **napięcie międzyszczytowe** (PP) oraz **napięcie skuteczne** (SK).

Podane niżej równania ujmują zależności pomiędzy napięciami szczytowym, międzyszczytowym oraz skutecznym w funkcji o przebiegu sinusoidalnym. Dla innych przebiegów (na przykład dla fali kwadratowej) zależności te są opisane innymi wzorami.

$$U_{MAX} = \sqrt{2} \cdot U_{SK},$$

$$U_{PP} = 2 \cdot U_{MAX} = 2\sqrt{2} \cdot U_{SK},$$

$$U_{SK} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_{MAX} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_{PP}}{2}.$$

Zapamiętaj też następujące zależności:

$$\sqrt{2} = 1,414, \quad \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707.$$

Zadanie

Znajdź napięcie skuteczne, jeśli napięcie międzyszczytowe wynosi 10 V.

Odpowiedź

$$U_{SK} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_{PP}}{2} = 0,707 \cdot \frac{10 \text{ V}}{2} = 3,535 \text{ V}.$$

5 Przeprowadź obliczenia dla napięcia opisywanego funkcją sinus.

Zadanie

Znajdź napięcie międzyszczytowe, jeśli napięcie skuteczne wynosi 2 V.

Odpowiedź

$$U_{PP} = 2\sqrt{2} \cdot U_{SK} = 2 \cdot 1,414 \cdot 2 \text{ V} = 5,656 \text{ V}.$$

6 Przeprowadź obliczenia dla napięcia opisywanego funkcją sinus.

Zadania

A. Znajdź U_{SK} , gdy $U_{PP} = 230 \text{ V}$.

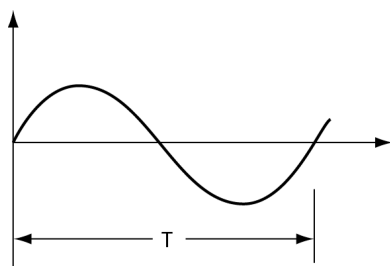
B. Znajdź U_{PP} , gdy $U_{SK} = 120 \text{ V}$.

Odpowiedzi

A. 81,33 V.

B. 340 V.

7 Funkcję okresową o przebiegu sinusoidalnym opisuje się charakterystycznym parametrem czasowym. Pełny przebieg funkcji dokonuje się po tak zwanym **okresie**. Sytuację tę ilustruje rysunek 5.4. Wszystkie inne pomiary czasowe są wielokrotnością okresu bądź jego ułamkiem.



Rysunek 5.4

Zadania

A. Jak nazywa się pełny przebieg funkcji sinusoidalnej?

B. Jak nazywa się czas pełnego przebiegu funkcji sinusoidalnej?

C. Jakim wzorem wyraża się zależność częstotliwości funkcji od czasu pełnego przebiegu?

D. Co jest jednostką częstotliwości?

E. Określ częstotliwość fali sinusoidalnej o okresie 0,5 ms. Jaka będzie częstotliwość fali o okresie 40 μs ?

F. Podaj okres fali o częstotliwości 60 Hz. Ile wynoszą okresy fal sinusoidalnych o częstotliwościach 12,5 Hz oraz 1 MHz?

Odpowiedzi

- A. Cykl.
- B. Okres, oznacza się go symbolem T .
- C. $f = \frac{1}{T}$.
- D. Podstawową jednostką częstotliwości jest jeden herc (Hz). Jeden herc jest równy jednemu cyklowi na sekundę.
- E. 2 kHz, 25 kHz.
- F. 16,7 ms, 80 μ s, 1 μ s.

8 Wskaż poprawne stwierdzenia.

Zadanie

Która z funkcji może opisywać sygnał prądu zmiennego?

- A. Funkcja o przebiegu sinusoidalnym.
- B. Funkcja będąca złożeniem wielu fal sinusoidalnych o różnych częstotliwościach i amplitudach.
- C. Linia prosta.

Odpowiedzi

A i B.

Opornik w obwodzie prądu zmiennego

9 Prąd zmienny może przepływać przez różne elementy układu, tak jak prąd stały. Oporniki w obwodzie reagują na przepływ prądu zmiennego tak samo jak na przepływ prądu stałego.

Zadanie

Założmy, że do obwodu podawany jest sygnał zmienny o napięciu międzyszczytowym 10 V, przepływający przez dziesięcioomowy opornik. Jaki prąd popłynie przez ten opornik?

Odpowiedź

Skorzystaj z prawa Ohma:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10 \text{ V}}{10 \Omega} = 1 \text{ A}_{\text{pp}}.$$

Ponieważ podano napięcie międzyszczytowe, obliczony prąd jest również wielkością międzyszczytową.

10 Do obwodu z dwudziestoomowym opornikiem podawany jest sygnał o napięciu skutecznym 10 V.

Zadanie

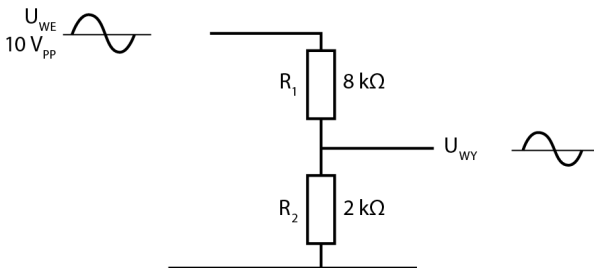
Oblicz prąd płynący przez opornik.

Odpowiedź

$$I = \frac{10 \text{ V}}{20 \Omega} = 0,5 \text{ A}_{\text{sk}}.$$

Ponieważ w zadaniu podano napięcie skuteczne, wyznaczona wartość natężenia jest również wartością skuteczną.

11 Do obwodu z dzielnikiem napięcia podawany jest sygnał zmienny o napięciu międzyszczytowym równym 10 V (rysunek 5.5).



Rysunek 5.5

Zadanie

Określ napięcie wyjściowe U_{wy} .

Odpowiedź

$$U_{WY} = U_{WE} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \text{ V} \cdot \frac{2 \text{ k}\Omega}{8 \text{ k}\Omega + 2 \text{ k}\Omega} = 10 \text{ V} \cdot \frac{2 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ V}_{PP}.$$

Kondensator w obwodzie prądu zmiennego

12 Kondensator stawia opór przepływowi prądu zmiennego.

Zadania

- A. Jak nazywa się opór stawiany przepływowi prądu przez kondensator?
- B. Do jakiej wielkości charakteryzującej obwody prądu stałego można przyrównać ten parametr?

Odpowiedzi

- A. Reaktancja.
- B. Można porównać ją do rezystancji.

13 Reaktancję, tak samo jak rezystancję, opisuje się odpowiednim wzorem.

Zadania

- A. Podaj wzór na reaktancję.
- B. Opisz zmienne użyte w równaniu.
- C. W jaki sposób zmienia się reaktancja kondensatora, gdy częstotliwość sygnału rośnie?

Odpowiedź

- A. $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$.
- B. X_C — reaktancja pojemnościowa podawana w omach,
 f — częstotliwość sygnału podawana w hercach,
 C — pojemność kondensatora podawana w faradach.
- C. Wraz ze wzrostem częstotliwości reaktancja kondensatora spada.

14 Przyjmij, że pojemność kondensatora wynosi $1\ \mu\text{F}$, a częstotliwość sygnału podawanego przez generator — $1\ \text{kHz}$.

Zadanie

Znajdź reaktancję kondensatora. (Uwaga: $\frac{1}{2\pi}$ to około 0,159).

Odpowiedź

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C},$$

$$f = 1\ \text{kHz} = 10^3\ \text{Hz},$$

$$C = 1\ \mu\text{F} = 10^{-6}\ \text{F}.$$

Zatem:

$$X_C = \frac{0,159}{10^3 \cdot 10^{-6}} = 160\ \Omega.$$

15 Przeprowadź teraz dwa proste obliczenia. Wyznacz reaktancję kondensatora X_{C1} dla sygnału o częstotliwości $1\ \text{kHz}$ oraz reaktancję X_{C2} dla drugiej, podanej w zadaniu częstotliwości.

Zadania

Oblicz X_{C1} oraz X_{C2} .

A. $C = 0,1\ \mu\text{F}$, $f = 100\ \text{Hz}$

B. $C = 100\ \mu\text{F}$, $f = 2\ \text{kHz}$

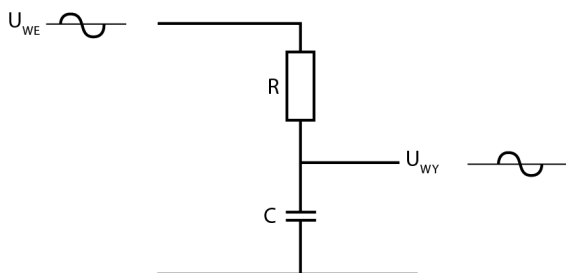
Odpowiedzi

A. Dla częstotliwości $f = 100\ \text{kHz}$ $X_{C1} = 1600\ \Omega$, dla częstotliwości $f = 100\ \text{Hz}$ $X_{C2} = 16\ 000\ \Omega$.

B. Dla częstotliwości $f = 100\ \text{kHz}$ $X_{C1} = 1,6\ \Omega$, dla częstotliwości $f = 2\ \text{kHz}$ $X_{C2} = 0,8\ \Omega$.

Układ zawierający szeregowo połączone opornik i kondensator (w sposób przedstawiony na rysunku 5.6) działa jako dzielnik napięcia.

Wprawdzie ten dzielnik podaje na wyjściu zmniejszone napięcie, tak samo jak dzielnik zbudowany z dwóch oporników, ale różni się od tego ostatniego jedną zasadniczą cechą. Gdybyś sprawdził sygnały wejściowy i wyjściowy na



Rysunek 5.6

oscylloskopie, przekonałbyś się, że są one przesunięte w stosunku do siebie. O takich sygnałach mówimy, że są „przesunięte w fazie”. **Faza** to bardzo istotne pojęcie, niezbędne do zrozumienia pewnych aspektów działania układów elektronicznych. W rozdziale 6. omówimy szczegółowo związek pojęcia fazy i wybranych obwodów prądu zmiennego. Do zagadnień związanych z fazą powrócimy też podczas dyskusji o wzmacnianiu sygnałów.

Cewka w obwodzie prądu zmiennego

16 Cewka indukcyjna, zwana też zwojnicą, jest zazwyczaj wykonana z drutu nawiniętego na rdzeń z miękkiego żelaza. Czasami zwoje umieszcza się na rdzeniu z materiału nieprzewodzącego.

Zadania

- Powiedz, czy reaktancja cewki w obwodzie prądu zmiennego jest duża, czy mała. Odpowiedź uzasadnij.
- Czy rezystancja cewki w obwodzie prądu stałego jest duża, czy mała?
- Co łączy reaktancję w obwodzie prądu zmiennego z rezystancją w obwodzie prądu stałego?
- Podaj wzór na obliczanie reaktancji indukcyjnej.

Odpowiedzi

- Reaktancja cewki (X_L) w obwodzie prądu zmiennego potrafi przyjmować dość wysokie wartości, ponieważ wokół cewki powstaje pole elektromagnetyczne, które generuje prąd płynący w kierunku przeciwnym do prądu będącego źródłem pola.
- Rezystancja cewki (r) umieszczonej w obwodzie prądu stałego jest zazwyczaj dosyć niska, równa oporowi drutu, z którego wykonany jest ten element.

C. Nic.

D. $X_L = 2\pi fL$, gdzie L — indukcyjność cewki wyrażana w henrach. Zgodnie z równaniem reaktancja cewki będzie rosła wraz ze wzrostem częstotliwości przepływającego przez nią sygnału.

17 Przyjmij, że indukcyjność cewki wynosi 10 H, a częstotliwość sygnału to 100 Hz.

Zadanie

Oblicz reaktancję cewki.

Odpowiedź

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 100 \text{ Hz} \cdot 10 \text{ H} = 6280 \Omega.$$

18 Spróbuj rozwiązać teraz następujące dwa zadania. W każdym przypadku znajdź reaktancję cewki dla 1 kHz X_{L1} oraz reaktancję X_{L2} dla drugiej podanej częstotliwości.

Zadania

A. $L = 1 \text{ mH}$ (0,001 H), $f = 10 \text{ kHz}$.

B. $L = 0,01 \text{ mH}$, $f = 5 \text{ MHz}$.

Odpowiedzi

A. $X_{L1} = 6,28 \cdot 10^3 \cdot 0,001 = 6,28 \Omega.$

$$X_{L2} = 6,28 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,001 = 62,8 \Omega.$$

B. $X_{L1} = 6,28 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} = 0,0628 \Omega.$

$$X_{L2} = 6,28 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} = 314 \Omega.$$

Obwód zawierający cewkę i opornik połączone szeregowo działa jak dzielnik napięcia, tak samo jak miało to miejsce w przypadku połączonych ze sobą szeregowo opornika i kondensatora. Także w tym przypadku zależność pomiędzy napięciem wejściowym a napięciem wyjściowym nie jest tak prosta jak przy dzielniku zbudowanym z samych oporników. Tego rodzaju obwody omówimy szczegółowo w rozdziale 6.

Rezonans

19 Obliczenia, które wykonywałeś w poprzednio omówionych zadaniach, wykazały, że reaktancja pojemnościowa spada ze wzrostem częstotliwości sygnału, natomiast reaktancja indukcyjna wzrasta, gdy częstotliwość sygnału rośnie. Dla połączonych szeregowo cewki i kondensatora istnieje jedna częstotliwość sygnału, przy której ich reaktancje są sobie równe.

Zadania

- A. Jak nazywa się ta częstotliwość?
- B. Podaj wzór pozwalający obliczyć jej wartość. Aby go poznać, przyjmij $X_L = X_C$ i wyznacz z niego częstotliwość.

Odpowiedzi

A. Częstotliwość rezonansowa.

B. $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$. Po przekształceniu tego równania i wyznaczeniu z niego f otrzymasz wzór pozwalający obliczyć częstotliwość rezonansową f_R :

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

20 Kondensator i cewka połączone równolegle również dzielą pewną częstotliwość rezonansową, jednak w tym przypadku wyznaczenie jej nie jest tak proste jak przy połączeniu szeregowym. Analizowanie połączenia równoległego jest utrudnione, ponieważ cewka zawsze charakteryzuje się pewną opornością wewnętrzną, co utrudnia prowadzenie obliczeń. Jednak w określonych warunkach analiza połączenia równoległego staje się podobna do analizy połączenia szeregowego. Ma to miejsce, gdy reaktancja cewki wyrażona w omach jest przynajmniej dziesięć razy większa od wewnętrznego oporu tego elementu (r). Wtedy wzór pozwalający wyznaczyć częstotliwość rezonansową przyjmuje postać identyczną z tym wyznaczanym dla połączenia szeregowego. W dalszych rozważaniach będziesz często korzystać z tego przybliżenia.

Zadania

Sprawdź, czy dla podanych parametrów cewek ich reaktancja jest dziesięciokrotnie wyższa od ich wewnętrznej rezystancji. Częstotliwość rezonansowa jest podana w zadaniu.

A. $f_R = 25 \text{ kHz}$, $L = 2 \text{ mH}$, $r = 20 \Omega$.

B. $f_R = 1 \text{ kHz}$, $L = 33,5 \text{ mH}$, $r = 30 \Omega$.

Odpowiedzi

A. $X_L = 314 \Omega$, co oznacza, że reaktancja jest przeszło dziesięć razy większa od oporu wewnętrznego.

B. $X_L = 210 \Omega$, co oznacza, że reaktancja jest mniej niż dziesięć razy większa od oporu wewnętrznego.

UWAGA W rozdziale 7. znajdziesz informacje dotyczące połączeń równoległych i szeregowych obwodów rezonansowych. Przedstawimy wtedy wiele przydatnych sposobów rozwiązywania tych problemów.

21 Określ częstotliwość rezonansową (f_R) dla podanych cewek i kondensatorów przy połączeniu szeregowym i równoległym. Przyjmij, że opór wewnętrzny cewek jest tak mały, że można go pominąć.

Zadania

Wyznacz wartość f_R .

A. $C = 1 \mu\text{F}$, $L = 1 \text{ H}$.

B. $C = 0,2 \mu\text{F}$, $L = 3,3 \text{ H}$.

Odpowiedzi

$$\text{A. } f_R = \frac{0,159}{\sqrt{10^{-6} \cdot 1}} = 160 \text{ Hz}.$$

$$\text{B. } f_R = \frac{0,159}{\sqrt{3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}}} = 6,2 \text{ kHz}.$$

22 Rozwiąż teraz dwa ostatnie zadania.

Zadania

Wyznacz wartość f_R .

A. $C = 10 \mu\text{F}$, $L = 1 \text{ H}$.

B. $C = 0,0033 \mu\text{F}$, $L = 0,5 \text{ H}$.

Odpowiedzi

A. $f_R = 50 \text{ Hz}$ (w przybliżeniu).

B. $f_R = 124 \text{ kHz}$.

Znajomość zagadnienia rezonansu staje się niezbędna, jeżeli chcesz analizować bardziej złożone układy elektroniczne, na przykład filtry czy oscylatory.

Filtry to obwody elektroniczne mogące blokować wybrane częstotliwości lub przekazywać dalej sygnały o określonych częstotliwościach. Stosuje się je powszechnie między innymi w radioodbiornikach i odbiornikach telewizyjnych. **Oscylatory** to obwody generujące ciągły sygnał wyjściowy bez konieczności podawania im sygnału wejściowego. Oscylatory stosowane w obwodach rezonansowych wytwarzają fale o przebiegu sinusoidalnym. (Więcej na temat oscylatorów dowiesz się z rozdziału 9.).

Podsumowanie

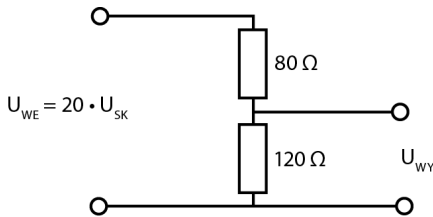
Poniżej znajdziesz zestawienie najważniejszych informacji z tego rozdziału.

- W obwodach prądu zmiennego bardzo często wykorzystuje się sygnały o przebiegu sinusoidalnym.
- Najczęściej stosowanym generatorem sygnałów jest tak zwany generator funkcji.
- $U_{MAX} = \sqrt{2} \cdot U_{SK}, U_{PP} = 2\sqrt{2} \cdot U_{SK}.$
- $f = \frac{1}{T}.$
- $I_{PP} = \frac{U_{PP}}{R}, I_{SK} = \frac{U_{SK}}{R}.$
- Reaktancja pojemnościowa jest opisywana wzorem $X_C = \frac{1}{2\pi fC}.$
- Reaktancję indukcyjną oblicza się z równania $X_L = 2\pi fL.$
- Częstotliwość rezonansowa jest opisywana wzorem $f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$

Test zrozumienia

Podane niżej zadania sprawdzą Twoją znajomość zagadnień przedstawionych w tym rozdziale. Do prowadzenia obliczeń użyj osobnej kartki papieru. Później porównaj otrzymane wyniki z odpowiedziami umieszczonymi na końcu rozdziału.

- Na podstawie podanych wartości maksymalnych i międzyszczytowych wyznacz wartości skuteczne danych wielkości.
 - $U_{MAX} = 12 \text{ V}$, $U_{SK} =$
 - $U_{MAX} = 80 \text{ mV}$, $U_{SK} =$
 - $U_{PP} = 100 \text{ V}$, $U_{SK} =$
- Na podstawie podanej wartości skutecznej wyznacz odpowiednie wartości międzyszczytowe i maksymalne.
 - $U_{SK} = 120 \text{ V}$, $U_{MAX} =$
 - $U_{SK} = 100 \text{ mV}$, $U_{MAX} =$
 - $U_{SK} = 12 \text{ V}$, $U_{PP} =$
- Na podstawie danej wartości wyznacz okres lub częstotliwość.
 - $T = 16,7 \text{ ms}$, $f =$
 - $f = 15 \text{ kHz}$, $T =$
- Znajdź całkowity prąd płynący przez przedstawiony na rysunku 5.7 układ oraz spadek napięcia na oporniku R_2 (U_{WY}).



Rysunek 5.7

- Wyznacz reaktancję dla podanych elementów.
 - $C = 0,16 \mu\text{F}$, $f = 12 \text{ kHz}$, $X_C =$
 - $L = 5 \text{ mH}$, $f = 30 \text{ kHz}$, $X_L =$
- Znajdź częstotliwość rezonansową podanych elementów.
 - $C = 1 \mu\text{F}$, $X_C = 200 \Omega$, $f =$
 - $L = 50 \mu\text{H}$, $X_L = 320 \Omega$, $f =$
- Ile będzie wynosić częstotliwość rezonansowa kondensatora i cewki połączonych szeregowo i opisanych wartościami z podpunktów A i B zadania 5.?

8. Ile wyniosłaby częstotliwość rezonansowa kondensatora i cewki połączonych równolegle i opisanych wartościami z podpunktów A i B zadania 6.? Przy jakim założeniu otrzymany wynik będzie poprawny?

Odpowiedzi do testu zrozumienia

Jeśli otrzymane odpowiedzi nie zgadzają się z kluczem, powtórz problemy podane w nawiasach, zanim przejdziesz do następnego rozdziału.

1.	A.	8,5 V (wartość skuteczna).	(problemy 4 – 6)
	B.	56,6 V (wartość skuteczna).	
	C.	35,4 V (wartość skuteczna).	
2.	A.	169,7 V (wartość maksymalna).	(problemy 4 – 6)
	B.	141,4 mV (wartość maksymalna).	
	C.	33,9 V (wartość międzyszczytowa).	
3.	A.	60 Hz.	(problem 7.)
	B.	66,7 μ s.	
4.		$I = 0,1$ A (wartość skuteczna).	(problemy 9 – 11)
		$U_{wy} = 12$ V (wartość skuteczna).	
5.	A.	82,9 Ω .	(problemy 14. i 17.)
	B.	942,5 Ω .	
6.	A.	795,8 Hz.	(problemy 14. i 17.)
	B.	1,02 kHz.	
7.		5,63 kHz.	(problem 19.)
8.		711,8 Hz. Należy założyć, że wewnętrzny opór cewki jest tak mały, iż można go pominąć.	(problem 20.)

Skorowidz

A

admitancja przejściowa, 282
amper, 27
amperomierz, 57
amplituda, 176
analiza układu wzmacniającego, 273
anoda, 52

B

baza, 87
bipolarny tranzystor złączowy, 85
BJT, bipolar junction transistor, 85
Boysen Earl, 9
bramka, 109, 146

C

cewka indukcyjna, 166
indukcyjność, 167
reaktancja, 166
rezystancja, 166
charakterystyka
prądowo-napięciowa, 28
prądowo-napięciowa diody, 37
wzmacniacza idealnego, 286
wzmacniacza operacyjnego, 286
cykl, 162, 359
częstotliwość, 168
dolna, 221
drgań, 293
górna, 221
rezonansowa, 168, 214, 305

D

dioda 1N4001, 59
dioda baza-emiter, 88
dioda baza-kolektor, 88
dioda idealna, 56
dioda Zenera, 73
napięcie przebicia, 74
diody, 51, 347
półprzewodnikowe, 80
przebiecie, 70
spalenie, 77
spolaryzowane w kierunku przewodzenia, 54
wstecznie spolaryzowane, 55
długość fali, 359
dobór oporników, 260
dobór oporników stabilizacyjnych, 272
dobroć niska, 229
dobroć obwodu, 225
dobroć wysoka, 229
dodatnie sprzężenie zwrotne, 295, 383
dodawanie wektorów, 189
domieszkowanie, 52
dopasowanie impedancyjne, 336
dren, 109
drgania, 295
drugie prawo Kirchhoffa, 32, 45
dzielnik napięcia, 30, 167
dzielnik prądu, 33

E

efekt tranzystorowy, 93
elektrony, 19
emiter, 87

F

faza, 166, 329
filtr, 170, 173
 dolnoprzepustowy, 184
 górnoprzepustowy, 181
 środkowoprzepustowy, 223
 środkowozaporowy, 223
filtrowanie jednokrotne, 361
filtrowanie napięcia tętniącego, 353
funkcja arcus tangens, 189
funkcja sinusoidalna, 157
funkcja wykładnicza, 40

G

generator, 158
generator drgań, 293, 307, 383
 Armstronga, 304, 314
 Colpittsa, 305, 308
 Hartleya, 304, 313
 projektowanie, 316
 uruchamianie, 319
generator funkcji, 158
generowanie przepływu prądu, 18

H

henr, 167

I

impedancja, 177
 dzielnika napięcia, 218
 linii, 336
 obwodu LC, 322
 obwodu RLC, 211
 układu, 218
 wewnętrzna, 298
 wyjściowa, 269
 wyjściowa transformatora, 337
indukcyjność cewki, 167
izolator, 51

J

JFET, junction field effect transistors, 85

K

kanal N, 109
katoda, 52
kąt nachylenia prostej, 29
kąt przesunięcia fazowego, 189, 190, 202
kierunek przepływu elektronów, 19
kierunek przepływu prądu, 19, 53
kiloom, 27

kolektor, 87
kondensator, 38, 164
 łączenie równoległe, 42
 łączenie szeregowo, 43
kondensator emiterowy, 263
krzywa przejściowa, 277
krzywa rezonansowa uniwersalna, 231
krzywa sygnału wyjściowego, 220
krzywa U-I, 57

L

lampa próżniowa, 51
liczba zwojów, 331
linia, 336
logika boolowska, 117

Ł

ładowanie kondensatora, 40
łączny opór układu, 31

M

megaom, 27
metoda Armstronga, 304
metoda Colpittsa, 304
metoda Hartleya, 304
mikroamper, 27
miliamper, 27
moc, 25, 45
moc wyjściowa transformatora, 335
moc znamionowa, 26
moc źródła, 44
MOSFET, metal oxide silicon field effect transistor, 85

N

napięcie, 20, 44
 bramka – źródło, 284
 dren – źródło, 278
 kolektor – emiter, 102, 248
 kolektora, 244
 maksymalne, 233
 międzyszczytowe, 160, 333
 nasycenia, 119
 odcięcia, 149
 progowe diody, 61
 przewodzenia, 62
 skuteczne, 160, 333
 stałe, 244
 szczytowe, 160, 213
 średnie, 364
 wejściowe, 30
 wyjściowe, 31, 197
 wyjściowe transformatora, 330, 335

natężenie, 20, 27, 35
 natężenie całkowite, 34

O

obciążenie, 118, 354
 obciążenie rezonansowe, 299
 obciążenie tranzystora, 285
 obszar progowy, 61
 obszar typu P, 88
 obwód drgający, 238
 obwód LC, 301
 obwód RC, 187
 obwód RL, 201
 obwód RLC, 210
 obwód zasilacza, 355
 odczep środkowy, 330, 334
 okres, 161
 opornik, 26, 44, 162
 łączenie równoległe, 23, 44
 łączenie szeregowo, 22, 44
 opornik sprzężenia zwrotnego, 288
 opornik stabilizujący, 258
 oporność obciążenia, 251
 oporność wejściowa tranzystora, 251
 opór, 23, 30
 opór układu, 23
 opór wewnętrzny, 269
 opór zastępczy, 23, 24, 193
 oscylatory, 170, 234
 oscylator sinusoidalny, 293
 osłabianie sygnału, 179

P

pasmo przenoszenia, 221
 pierwsze prawo Kirchhoffa, 35, 45
 PIV, peak inverse voltage, 72
 pojedynczy przełącznik dwupozycyjny, 36
 pojedynczy przełącznik jednopozycyjny, 36
 pojemność całkowita, 43, 45
 polaryzacja diody, 350
 pole magnetyczne, 236
 potencjometr, 58
 poziom zerowy, 159
 półprzewodnik, 51
 prawa Kirchhoffa, 32, 35, 45
 prawo Ohma, 20, 44
 prąd
 bazy, 90, 114, 120, 245, 257
 bramki, 114
 drenu, 116, 277
 elektryczny, 18
 emitera, 257
 kolektora, 96, 120, 244, 257
 nasycenia, 148, 278
 obciążenia, 118

 płynący przez diodę, 66
 rdzenia, 116
 stały, 28, 46
 wyjściowy transformatora, 335
 zmienny, 162
 projektowanie generatora, 316
 prosta obciążenia, 247
 prostowanie, 348
 prostowanie pełnookresowe, 351
 prostownik pełnookresowy, 350, 351
 prostownik półokresowy, 348
 PRV, peak reverse voltage, 72
 przebiecie, 71
 przebieg sygnału, 188, 368
 przebieg sygnału wyjściowego, 345
 przebieg zmienności napięcia, 349
 przeciwfaza, 329
 przedrostki, 391
 przekładnia transformatora, 331, 339
 przełączanie, 117
 przełączanie tranzystorów JFET, 146
 przełącznik, 112
 elektryczny, 237
 mechaniczny, 36, 138, 140
 tranzystorowy, 117, 127
 tranzystorowy potrójny, 136
 tranzystorowy wielopozomowy, 130
 przesunięcie fazowe, 188, 189, 201
 pulsacje, 344
 punkt nasycenia, 248
 punkt odcięcia, 248
 punkt pracy, 254

R

reaktancja, 164, 177
 cewki, 166, 196, 210, 216
 cewki i kondensatora, 213
 indukcyjna, 166, 170
 kondensatora, 164, 210
 pojemnościowa, 164, 170, 174
 rezonans, 168, 209
 rezystancja, 26, 177
 cewki, 166
 diody, 61
 lampy, 74
 zastępcza, 23
 rezystory mocy, 393
 rozładowanie kondensatora, 356
 równoległe łączenie, 23, 42
 różnica faz, 188

S

schemat
 dzielnika napięcia, 195
 generatora Armstronga, 314

schemat
 generatora Colpittsa, 308
 generatora Hartleya, 313
separator obciążeń, 270
simens, 282
sinusoida, 157
skuteczność transformatora, 335
spadek napięcia, 30, 45, 64
spalenie diody, 77
sprężenie zwrotne, 237, 288, 303
stabilizowanie punktu pracy, 245, 259
stabilizowanie tranzystora, 245
stabilizowanie wzmacniacza, 296
stała czasowa, 39, 45, 357
stałoprądowe napięcie kolektora, 251
stan nasycenia, 106
stan tranzystora, 112
stopień wzmocnienia, 301
sygnał wyjściowy, 281
symbole, 389
symbole graficzne, 403
szczytowe napięcie wsteczne, 72
szeregowe łączenie, 22, 43
szeregowy obwód RLC, 211
szerokość pasma przenoszenia, 223, 224
szerokość połówkowa, 221

T

temperatura, 256
testowanie obwodów, 158
tętniący sygnał stały, 353
transformator, 327
 obniżający napięcie, 332
 podnoszący napięcie, 332
 separacyjny, 332
transkonduktancja, 282
tranzystor, 86, 144
 2N3643, 101, 102
 bipolarny, 85
 BJT, 109, 112
 JFET, 109, 112, 147, 276
 nnp, 90
 polowy, 85
 polowy złączowy, 85, 109
 pnp, 90
 włączanie, 122
 wyłączanie, 124
typ N, 52
typ P, 52

U

ujemne sprężenie zwrotne, 294, 383
układ
 drgający, 234
 elektryczny, 44

oscylatora, 294
RLC, 215
scalony, 128, 285
stabilizujący, 277
wzmacniacza, 255
wzmacniającego, 264
uruchamianie generatora, 319
uzwojenie pierwotne, 327
uzwojenie wtórne, 328

W

wartości oporów, 393
wartość maksymalna sygnału, 358
woltomierz, 57
wspólna baza, 298
wspólne źródło, 279
wspólny emiter, 296
wspólny kolektor, 267
współczynnik
 kierunkowy prostej, 30, 248
 wzmocnienia stałoprądowego, 249
 wzmocnienia zmiennoprądowego, 249
wtórnik emiterowy, 267, 270
wygasanie drgań, 237
wykres wskazowy, 189, 202
wzmacniacz
 dwustopniowy, 266
 jednotranzystorowy, 243
 JFET, 279
 niestabilny, 252
 operacyjny, 243, 285
 stabilny, 254
 wspólnej bazy, 298
wzmocnienie
 napięciowe, 255, 281
 napięciowe wzmacniacza, 251, 265, 283, 297
 prądowe, 97, 113, 115
wzory, 399
wzrost wzmocnienia, 301

Z

zasilacze, 343
złącze baza-emiter, 125
złącze p-n, 52
zmienné napięcie wyjściowe, 251
zniekształcenia, 295

Ż

źródło, 109
źródło napięcia, 158

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

Skutecznie projektuj układy elektroniczne!

Czy zastanawiałeś się kiedykolwiek, jak działają otaczające Cię urządzenia elektroniczne? Kim są osoby, które potrafią je zaprojektować, wykonać i zagwarantować ich poprawne funkcjonowanie? A może marzyłeś, żeby zbudować swój własny układ elektroniczny?

Aha, kiwasz twierdząco głową. A zatem ta książka musi znaleźć się w Twoim koszyku! Ma ona już blisko trzydziestoletnią historię i trzymało ją w rękach wielu elektroników hobbystów. Dzięki przejrzystym opisom i licznym przykładom nawet kompletny laik błyskawicznie opanuje przedstawiony materiał. Równania opisujące prąd stały i zmienny, prawo Ohma, oporniki, diody i tranzystory to tylko część elementów świata elektroniki, które już za chwilę przestaną być Ci obce! Dołącz do grona elektroników i spełnij marzenia o budowaniu własnych układów elektronicznych!

Poznaj świat elektroniki:

- równania opisujące prąd stały i zmienny
- prawo Ohma
- możliwości oporników
- zasady działania generatorów

Nr katalogowy: 8533



Księgarnia internetowa:
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:
0 801 339900



0 601 339900

helion.pl
księgarnia
internetowa

Sprawdź najnowsze promocje:
• <http://helion.pl/promocje>
Książki najchętniej czytane:
• <http://helion.pl/bestsellery>
Zamów informacje o nowościach:
• <http://helion.pl/novosci>



Helion

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
<http://helion.pl>

sięgnij po WIĘCEJ



KOD KORZYŚCI

Cena:
59,00 zł



ISBN 978-83-246-3740-9

9 788324 637409

Informatyka w najlepszym wydaniu