

# JAK NAPRAWIĆ

# SPRZĘT ELEKTRONICZNY

## PORADNIK DLA NIEELEKTRONIKA

Wydanie II

MICHAEL JAY GEIER

Mc  
Graw  
Hill  
Education



Helion

Tytuł oryginału: How to Diagnose and Fix Everything Electronic, Second Edition

Tłumaczenie: Marcin Machnik

ISBN: 978-83-283-5712-9

Original edition copyright © 2016 by McGraw-Hill Education.  
All rights reserved.

Polish edition copyright © 2019 by Helion SA  
All rights reserved.

McGraw-Hill Education, the McGraw-Hill Education logo, TAB, and related trade dress are trademarks or registered trademarks of McGraw-Hill Education 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. McGraw-Hill Education is not associated with any product or vendor mentioned in this book.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

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 Helion SA 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 Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto: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/janas2>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

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

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

# Spis treści

<b>Przedmowa</b> .....	<b>15</b>
<b>Podziękowania</b> .....	<b>17</b>
<b>Wprowadzenie</b> .....	<b>19</b>
<b>ROZDZIAŁ 1. Przygotuj się, bo naprawianie to nieźła zabawa!</b> .....	<b>27</b>
Po co naprawiać? .....	28
Czy zawsze opłaca się naprawiać? .....	30
<b>ROZDZIAŁ 2. Zakładanie warsztatu, czyli niezbędne narzędzia</b> .....	<b>31</b>
Co trzeba mieć? .....	31
Dobre miejsce pracy .....	32
Miernik cyfrowy .....	34
Miernik ESR .....	36
Oscyloskop .....	36
Narzędzia lutownicze .....	42
Przyrządy do usuwania cyny .....	45
Drobne narzędzia ręczne .....	46
Lupa .....	48
Przewody z zaciskami .....	48
Pałeczki kosmetyczne .....	48
Chemikalia .....	48
Pasta termoprzewodząca .....	49
Osłonki termokurczliwe .....	50
Taśmy izolacyjna .....	50
Kubeczki .....	50
Dostęp do internetu .....	50

Co jeszcze warto mieć? .....	50
Aparat cyfrowy .....	51
Zasilacz .....	51
Tester tranzystorów .....	51
Testery, generatory sygnału i mierniki .....	52
Transformator separacyjny .....	54
Mikroskop stereoskopowy .....	54
Imadło .....	55
Stacja lutownicza na gorące powietrze .....	55
Pistolet do klejenia na gorąco .....	55
Magnes na pręcie .....	55
Klej cyjanoakrylowy .....	56
Spray zamrażający .....	56
Katalogi papierowe .....	56
Elementy elektroniczne .....	57
Stare płytki z elementami .....	58
Lista życzeń .....	58
Miernik indukcyjności .....	58
Analizator logiczny .....	59
Analizator widma .....	59
Stacja lutownicza BGA .....	59
<b>ROZDZIAŁ 3. Uwaga, napięcie, czyli jak zachować bezpieczeństwo .....</b>	<b>61</b>
Porażenie prądem .....	61
Obrażenia fizyczne .....	64
Twoja kolej .....	65
Uszkodzenia elektryczne .....	65
Uszkodzenia fizyczne .....	67
Naprawieś! Ale czy urządzenie jest bezpieczne? .....	69
Zasada ZWiS .....	69
<b>ROZDZIAŁ 4. Naprawiam, więc jestem, czyli filozofia rozwiązywania problemów .....</b>	<b>71</b>
Dlaczego urządzenia w ogóle działają? .....	72
Urządzenie jako dzieło sztuki .....	73
Gdyby tylko urządzenia miały mózg .....	73
Dobry, zły i niechlujny .....	74
Pomyłki początkujących .....	75
Regulacja w celu ukrycia prawdziwego problemu .....	75
Naciąganie danych, aby pasowały do teorii .....	76
Błędne koło .....	76
Tak to już jest .....	77
Śmiertelność poporodowa .....	77
Zużycie mechaniczne .....	78

Połączenia .....	78
Połączenia lutowane .....	79
Przegrzewanie .....	80
Przeciążenie elektryczne .....	80
Przeciążenie fizyczne .....	82
Wielki skandal kondensatorowy .....	83
Lekcja historii .....	84
Proszę wysunąć port USB i powiedzieć: „Aaa”, czyli badanie wstępne .....	86
Rusz mózgownicą .....	88
<b>ROZDZIAŁ 5. Z czym to się je,   czyli ważne terminy, teorie i bloki układów .....</b>	<b>95</b>
Teoria elektryczności .....	95
Teoria obwodów .....	98
Teoria sygnałów .....	99
Bloki układów .....	102
<b>ROZDZIAŁ 6. Opanuj swoją broń, czyli jak korzystać z przyrządów   serwisowych .....</b>	<b>107</b>
Miernik cyfrowy .....	107
Cechy ogólne .....	108
Napięcie stałe .....	108
Napięcie zmienne .....	109
Rezystancja .....	110
Przejście .....	111
Prąd stały .....	111
Testowanie diody .....	112
Miernik ESR .....	113
Diagnozowanie zwarcń .....	114
Oscyloskop .....	115
Cechy ogólne .....	116
Ustawienia ekranu .....	117
Ustawienia pionowe .....	118
Ustawienia poziome .....	119
Ustawienia wyzwalań .....	120
Wyświetlanie sygnału .....	121
Po co są te wszystkie gałki? .....	121
Oscyloskop cyfrowy — różnice .....	140
Lutownica .....	142
Narzędzia do odlutowywania .....	145
Plecionka do odsysania cyny .....	145
Odsysacz .....	146
Stacje robocze na gorące powietrze .....	147

Zasilanie .....	147
Sposób połączenia .....	147
Napięcie .....	149
Prąd .....	150
Tester tranzystorów .....	150
Miernik pojemności .....	151
Generator sygnałów .....	152
Miernik częstotliwości .....	152
Miernik analogowy .....	154
Spray do czyszczenia styków .....	155
Spray chłodzący .....	156

## **ROZDZIAŁ 7. Z czego zrobione są te cudenka, czyli opowieść o elementach elektronicznych ..... 157**

Kondensatory .....	158
Oznaczenia .....	158
Zastosowania .....	160
Co je zabija? .....	160
Testowanie poza układem .....	162
Rezonatory kwarcowe i ceramiczne .....	162
Oznaczenia .....	163
Zastosowania .....	163
Co je zabija? .....	163
Testowanie poza układem .....	163
Scalony generator kwarcowy .....	164
Oznaczenia .....	164
Zastosowania .....	165
Co je zabija? .....	165
Testowanie poza układem .....	165
Diody .....	165
Oznaczenia .....	165
Zastosowania .....	166
Co je zabija? .....	167
Testowanie poza układem .....	167
Bezpieczniki .....	168
Oznaczenia .....	169
Zastosowania .....	169
Co je zabija? .....	169
Testowanie poza układem .....	169
Cewki i transformatory .....	170
Oznaczenia .....	170
Zastosowania .....	171
Co je zabija? .....	171
Testowanie poza układem .....	171

Układy scalone .....	172
Oznaczenia .....	174
Zastosowania .....	174
Co je zabija? .....	174
Testowanie poza układem .....	174
Wzmacniacze operacyjne .....	175
Oznaczenia .....	175
Zastosowania .....	175
Co je zabija? .....	176
Testowanie poza układem .....	176
Rezystory .....	176
Oznaczenia .....	178
Zastosowania .....	179
Co je zabija? .....	179
Testowanie poza układem .....	179
Potencjometry .....	180
Oznaczenia .....	181
Zastosowania .....	181
Co je zabija? .....	181
Testowanie poza układem .....	182
Przekaźniki .....	182
Oznaczenia .....	183
Zastosowania .....	183
Co je zabija? .....	184
Testowanie poza układem .....	184
Przełączniki .....	185
Oznaczenia .....	186
Zastosowania .....	186
Co je zabija? .....	186
Testowanie poza układem .....	186
Tranzystory .....	187
Oznaczenia .....	188
Zastosowania .....	189
Co je zabija? .....	190
Testowanie poza układem .....	190
Stabilizatory napięcia .....	191
Oznaczenia .....	193
Zastosowania .....	193
Co je zabija? .....	193
Testowanie poza układem .....	193
Diody Zenera .....	193
Oznaczenia .....	194
Zastosowania .....	194
Co je zabija? .....	194
Testowanie poza układem .....	195

<b>ROZDZIAŁ 8. Mapy i znaki drogowe, czyli schematy .....</b>	<b>197</b>
Uzależniony od elektro .....	200
Numery referencyjne .....	202
Dobre, niezłe i beznadziejne .....	203
Dobre .....	203
Niezłe .....	203
Beznadziejne .....	204
Pewnego razu... .....	204
Blok wzmacniacza .....	205
Zasilacz impulsowy .....	209
Wzmacniacz przeciwsobny .....	213
Olbrzymie mapy .....	216
Spróbuj czytać samodzielnie .....	216
Radia .....	216
Odtwarzacze CD i DVD .....	220
Czytaj dalej .....	221
Nie mam schematu! .....	222
Twoje życzenie nie jest dla mnie rozkazem .....	222
<b>ROZDZIAŁ 9. Wejść i nie zniszczyć, czyli jak dostać się do środka .....</b>	<b>227</b>
Odkręcanie zewnętrznych śrubek .....	230
Rozłączanie zatrzasków .....	231
Odczepianie taśm .....	232
Wyciąganie wtyczek przewodów .....	233
Warstwy i zdjęcia .....	233
Otwieranie zamkniętego sprzętu .....	234
Tunery i wzmacniacze .....	234
Magnetowidy oraz odtwarzacze CD i DVD .....	234
Telewizory i monitory LCD .....	234
Gramofony .....	235
Projektory .....	235
Przenośne odtwarzacze DVD z ekranem LCD .....	236
Odtwarzacze mp3 .....	237
Palmtopy .....	238
Smartfony i tablety .....	238
Kamery .....	239
Aparaty cyfrowe .....	240
Laptopy .....	241
Zasilacze sieciowe .....	242



<b>ROZDZIAŁ 10. Cóż to do licha jest, czyli rozpoznawanie głównych sekcji .....</b>	<b>245</b>
Energia układu: zasilacze .....	246
Podążaj za miedzianą ścieżką: wejście .....	250
Wstrząśnij, ale nie mieszaj, posiekaj i przypraw: przetwarzanie sygnału .....	251
Jak się stąd wydostać? Sekcje wyjściowe .....	253
Ruszmy się: mechanizmy .....	254
Niebezpieczne punkty .....	254
<b>ROZDZIAŁ 11. Polowanie czas zacząć, czyli śledzenie ścieżek i diagnozowanie .....</b>	<b>259</b>
To padło! .....	259
W stanie śpiączki lub szaleństwa .....	263
Żyje i działa, lecz nie do końca .....	264
Czasem tak, czasem nie .....	265
Tam i z powrotem .....	267
Wszystko składa się z bloków .....	268
Nie daj się zwieść .....	269
Gdy wszystko zawiedzie: desperackie techniki diagnozowania .....	271
Masówka .....	271
Uderzenie prądu .....	272
NDM .....	273
<b>ROZDZIAŁ 12. Czas na zmiany, czyli płytki montażowe i wymiana elementów .....</b>	<b>275</b>
Elementy przewlekane .....	276
Elementy montowane powierzchniowo .....	278
Dobieranie komponentów .....	279
Własne zasoby .....	279
Stos z płytkami .....	279
Zamienniki .....	280
Kondensatory .....	280
Diody .....	281
Przełączniki .....	282
Rezystory .....	283
Tranzystory .....	284
Diody Zenera .....	286
Instalowanie nowych elementów .....	287
Montaż przewlekany .....	287
Montaż powierzchniowy .....	288
Gdzie znaleźć części? .....	289
Ratowanie zniszczonych płytek .....	290
LSI i inne brzydkie słowa .....	291

<b>ROZDZIAŁ 13. Uwaga, opakowanie, czyli montaż w odwrotnej kolejności .....</b>	<b>293</b>
Częste błędy .....	293
Zacznijmy od początku .....	294
Podłączanie taśm .....	296
Ups! .....	297
Warstwy i kubeczki .....	297
Och, trzask! .....	299
Jak skręcić, by nic nie pokręcić .....	299
Sprzątanie po włamaniu .....	299
Gotowe! .....	299
<b>ROZDZIAŁ 14. Wrażliwe elementy i uporczywe problemy .....</b>	<b>301</b>
Elektronika samochodowa .....	301
Mikrofony pojemnościowe .....	303
Naciśnij mnie .....	306
Mroczny LCD .....	307
Akumulatorki litowe .....	311
<b>ROZDZIAŁ 15. Asy w rękawie, czyli triki i porady dotyczące konkretnych produktów .....</b>	<b>313</b>
Zasilacz liniowy .....	313
Jak działa? .....	313
Co może się zepsuć? .....	314
Czy warto naprawiać? .....	314
Zagrożenia .....	314
Jak naprawić? .....	314
Zasilacz impulsowy .....	317
Jak działa? .....	317
Co może się zepsuć? .....	317
Czy warto naprawiać? .....	317
Zagrożenia .....	318
Jak naprawić? .....	318
Wzmacniacze i amplitunery .....	320
Jak działają? .....	320
Co może się zepsuć? .....	322
Czy warto naprawiać? .....	322
Zagrożenia .....	323
Jak naprawić? .....	323
Aparat cyfrowy .....	325
Jak działa? .....	325
Co może się zepsuć? .....	326
Czy warto naprawiać? .....	326

Zagrożenia .....	326
Jak naprawić? .....	327
Odtwarzacz lub nagrywarka płyt .....	328
Jak działają? .....	328
Co może się zepsuć? .....	329
Czy warto naprawiać? .....	330
Zagrożenia .....	331
Jak naprawić? .....	331
Słuchawki z mikrofonem i bez mikrofonu .....	336
Jak działają? .....	337
Co może się zepsuć? .....	337
Czy warto naprawiać? .....	337
Zagrożenia .....	338
Jak naprawić? .....	338
Płaski wyświetlacz lub telewizor .....	339
Jak działa? .....	339
Co może się zepsuć? .....	340
Czy warto naprawiać? .....	341
Zagrożenia .....	341
Jak naprawić? .....	341
Dysk twardy .....	346
Jak działa? .....	346
Co może się zepsuć? .....	346
Czy warto naprawiać? .....	347
Zagrożenia .....	347
Jak naprawić? .....	347
Laptop .....	348
Jak działa? .....	349
Co może się zepsuć? .....	349
Czy warto naprawiać? .....	351
Zagrożenia .....	351
Jak naprawić? .....	352
Odtwarzacz mp3 .....	359
Jak działa? .....	359
Co może się zepsuć? .....	359
Czy warto naprawiać? .....	360
Zagrożenia .....	360
Jak naprawić? .....	360
Pilot .....	361
Jak działa? .....	361
Co może się zepsuć? .....	361
Czy warto naprawiać? .....	362
Zagrożenia .....	362
Jak naprawić? .....	363

Smartfon i tablet .....	366
Jak działa? .....	366
Co może się zepsuć? .....	366
Czy warto naprawiać? .....	367
Zagrożenia .....	367
Jak naprawić? .....	367
Części zamienne .....	369
Magnetowid i kamera na taśmę .....	369
Jak działają? .....	369
Co może się zepsuć? .....	372
Czy warto naprawiać? .....	372
Zagrożenia .....	373
Jak naprawić? .....	373
Projektor .....	379
Jak działa? .....	379
Co może się zepsuć? .....	380
Czy warto naprawiać? .....	381
Zagrożenia .....	382
Jak naprawić? .....	382
Do dzieła! .....	388
<b>Słowniczek .....</b>	<b>389</b>
Popularne układy .....	407
<b>Skorowidz .....</b>	<b>411</b>

# ROZDZIAŁ 4

## Naprawiam, więc jestem, czyli filozofia rozwiązywania problemów

**W**yobraź sobie, że lekarz patrzy na Ciebie jak na zestaw organów, nerwów i kości, nie uwzględniając synergicznych efektów ich współpracy i dostarczania sobie nawzajem niezbędnych do życia związków chemicznych i sygnałów. Żaden organ samodzielnie nie przetrwa, lecz razem tworzą żyjącego, oddychającego i od czasu do czasu chrapiącego człowieka! A teraz wyobraź sobie szukanie mordercy z pominięciem osobowości ofiary i podejrzanych oraz ich motywów i okoliczności zdarzeń. Nóż leży tuż obok ciała, lecz każdy mógł popełnić tę zbrodnię. Dlaczego ofiara zginęła? Kto ją znał? Kto mógłby chcieć jej śmierci?

Rozwiązywanie problemów elektronicznych bardzo przypomina działanie lekarza lub detektywa i wymaga podobnych umiejętności. Można postrzegać urządzenie jako zestaw tranzystorów, układów scalonych i kondensatorów upchniętych w pudełku. Czasem to wystarczy, aby naprawić drobne usterki. Taka krótkowzroczna perspektywa ogranicza Cię do roli miernego konserwatora, który będzie zbity z tropu, gdy natrafi na nieoczywisty problem. Fachowiec najwyższej próby musi patrzeć szerzej. Kto wykonał produkt i jakie cele miał spełnić projekt? Jak powinien działać? W jaki sposób współpracują poszczególne sekcje i jaki jest prawdopodobny efekt uszkodzenia każdej z nich?

Urządzenia to **systemy**. Są budowane przez ludzi, więc naturalnie odzwierciedlają ich biologiczne korzenie. Kamery to oczy, mikrofony to uszy, głośniki — krtanie, a mikroprocesory — mózgi. Nawet nazwy części składowych są często ludzkie: magnetofony, dyski twarde i odtwarzacze CD i DVD mają głowice, gramofony mają ramiona, układy scalone — nóżki, a lampa obrazowa ma szyję. Niektóre produkty mają nawet określone osobowości, a przynajmniej tak nam się wydaje. Ich funkcje i dziwactwa mogą być irytujące, zabawne lub kojące. Usterki urządzeń także przypominają ludzkie choroby — ich objawy bywają bardzo odległe od swoich przyczyn za sprawą nieznannej interakcji, której nikt, nawet projektant urządzenia, nie był w stanie przewidzieć.

Im lepiej zrozumiesz funkcjonowanie urządzenia na poziomie makro, tym bardziej zrozumiałą stanie się problem. Im bardziej będziesz postrzegał układy elektroniczne jako metalowe i krzemowe ekspresje ludzkiego myślenia, tym większe będą Twoje umiejętności detektywistyczne. Zanim zagłębimy się w fizyczne aspekty tranzystorów czy przepływu prądu i sygnałów, założmy czapki filozofów i stańmy się Sokratesami obwodów oraz Erazmami elektroniki. Zastanówmy się, dlaczego produkty działają i dlaczego nie. Pomyślmy, jak uniknąć popularnych pułapek, na jakie napotykają rozwijający się fachowcy. Stańmy się jednością z urządzeniami.

## Dlaczego urządzenia w ogóle działają?

Gdy poskładasz razem kilka tysięcy elementów i włączysz je do prądu, mogą nawiązywać ze sobą różnego rodzaju interakcje. Projektujący je inżynier miał na myśli jakiś konkretny rodzaj, ale to nie oznacza, że to diabelne zbiorowisko komponentów będzie współpracowało!

Układ analogowy ma bardziej zróżnicowane zachowania niż cyfrowy, lecz nawet współczesne, w pełni cyfrowe zabawki potrafią być zaskakująco niekonsekwentne. Widziałem dwa identyczne laptopy, na których uruchomiono takie same programy z jednakowymi ustawieniami, lecz jeden z nich pobierał o wiele więcej energii. Widziałem także najróżniejszego rodzaju różnice w jakości barw dwóch identycznych aparatów cyfrowych i kamer. Pamiętam transceiver, w którym cyfrowy system sterowania dziwnie i niejasno zachowywał się przy wpisywaniu czegoś do pamięci. Żaden inny egzemplarz nie zdradzał takich zachowań, a ja nie znalazłem żadnych zepsutych elementów, które by to tłumaczyły. Ostatecznie przerobiłem urządzenie, aby pracowało tak jak inne.

Jasne, że gdy połączysz ze sobą kilka bramek, będziesz w stanie przewidzieć każdy stan. Weź jednak kilka tysięcy lub więcej i spraw, aby uruchamiały się kilka milionów razy na sekundę, a być może zaczną się dziać dziwne rzeczy.

Dobrze jest postrzegać cały układ jako zestaw rezystorów, przez które przechodzi prąd od źródła zasilania do masy. Gdy popłynie prąd, zazwyczaj wszystko zaczyna działać, czy jest to przełączanie bramek w mikroprocesorze, generowanie światła laserowego w odtwarzaczu, czy obracanie płyty. Elektrony, te małe diabliki, popłyną jednak wszędzie, gdzie będą mogły. Jeśli istnieje jakaś ścieżka, znajdą ją. Uszkodzenie można postrzegać jako obecność ścieżki, której nie powinno być, lub brak takiej, która powinna istnieć.

Zasadniczo, urządzenie działa poprawnie wtedy, gdy **nie ma innego wyjścia**. Projektant starannie rozważył wszystkie możliwe ścieżki i poprawnie skonstruował obwód, blokując każde inne zachowanie oprócz jednego, aby buntownicze elektrony poruszały się tylko tam, gdzie powinny. Gdy za sprawą uszkodzenia elementu, ingerencji użytkownika lub błędu projektowego liczba możliwości będzie większa, elektrony zaczną hulać jak studenci w juwenalia, a urządzenie wyląduje na Twoim biurku.

## Urządzenie jako dzieło sztuki

Urządzenie odzwierciedla duszę inżyniera, tak jak koncert oddaje duszę kompozytora. Beethoven zawsze brzmi jak Beethoven, nigdy jak Rachmaninow, ponieważ arsenał trików i sposób myślenia Ludwiga były niepowtarzalne, prawda? Tak samo jest z urządzeniami. W tym przypadku jednak ich niepowtarzalne cechy raczej odzwierciedlają produkującą je fabrykę niż konkretną osobę. Mimo to podejrzewam, że standardy zarówno dobre, jak i złe wynikają z indywidualnego punktu widzenia oraz preferencji inżyniera lub menedżera i zazwyczaj pozostają obecne w linii produktu na długo po tym, gdy dany pracownik przejdzie na emeryturę.

Uświadomienie sobie, że każda firma ma inne dziwactwa i filozofię projektowania, pomaga w pracy serwisowej, ponieważ możesz zwracać uwagę na problemy, które zazwyczaj pojawiają się w różnych urządzeniach danego producenta. Przykładowo w kamerach jakiejś firmy mogą dość często uszkadzać się układy elektroniczne, więc gdy taki sprzęt trafi na Twoje biurko, sprawdzisz najpierw tę opcję, zamiast szukać problemu gdzieś indziej. Albo na przykład odkryjesz, że w niektórych kamerach na taśmę często psuje się mechanizm ładowania kasety, gdyż producent zastosował tak cienkie elementy mechaniczne odpowiedzialne za ładowanie, że się wyginają.

Gdy naprawisz już odpowiednią liczbę urządzeń, zaczniesz rozpoznawać producenta, rzucając tylko okiem na jego obwody lub części mechaniczne. Układ, rodzaje kondensatorów, gniazda, a nawet ogólny wygląd miedzianych ścieżek na płytce drukowanej są specyficzne i na tyle rozpoznawalne, że zdradzą Ci nazwę firmy.

## Gdyby tylko urządzenia miały mózg

Kontynuując naszą anatomiczną analogię, mogę stwierdzić, że urządzenia z przeszłości były jak zombie. Miały czasem ucho (mikrofon), jakąś pamięć (taśma magnetyczna) i usta (głośnik). Każdy system wykonywał swoje proste zadanie, ze wsparciem żołądka (zasilanie) i mięśni (silników, wzmacniaczy).

Brakowało jednak mózgu. Współczesne urządzenia są mózgowcami przeladowanymi mocą obliczeniową. Przepadły proste mechaniczne zależności, kontrolujące kolejność i ruch mechanizmów. Zamiast tego pojedyncze elementy inicjują ruch innych w porządku determinowanym przez program, informacja o pozycji elementu trafia do mikroprocesora,

a uszkodzenia mogą mieć przyczynę w mechanice, czujnikach, oprogramowaniu lub w subtelnych interakcjach tych elementów. Nie ma już potencjometrów (rezystorów o zmiennej oporności) do ustawiania głośności lub tonów — teraz przyciski wysyłają sygnał do mózgu, aby zmienił parametry. Kurcze, większość współczesnych gadżetów nie ma nawet „twardych” przełączników włącz/wyłącz, które faktycznie odłączają napięcie od obwodu. Przycisk zasilania służy tylko do tego, żeby wysłać mikroprocesorowi sygnał z żądaniem włączenia lub wyłączenia układów produktu.

Wiele współczesnych produktów ma też, prócz mózgu, system nerwowy składający się z pośrednich układów scalonych i tranzystorów, dekodujących komendy mikroprocesora i przesyłających je do różnych mięśni i organów, które wykonają zleczone zadanie. Uszkodzenia w tej sekcji są trudne do zdiagnozowania, gdyż sygnały przychodzące z mikroprocesora zależą od skomplikowanych relacji czasowych między różnymi liniami sygnału. W porównaniu ze starą metodą konstruowania urządzeń jest to znaczna zmiana, która poważnie komplikuje pracę serwisową. Czy układ nie działa dlatego, że się zepsuł, czy dlatego, że mikroprocesor nie zażądał wyjścia z uśpienia?

Współczesne maszynie to kompletne elektronowe istoty ze skomplikowanymi głowami na karku. Niektóre mają możliwość wykonania aktualizacji, a wiele ma oprogramowanie wbudowane w swoje układy scalone. Kim chciałbyś dzisiaj być, chirurgiem czy psychiatrą?

## Dobry, zły i niechlujny

Doświadczony fachowiec bez trudu określi, czy naprawa była wykonywana przez niewykwalifikowaną osobę. Nieosłonięte śruby, niewprawnie zlutowane łączenia z rozbryzgami lub kroplami cyny na powierzchni płytki. Druty mogą być połączone bez cyny i pokryte taśmą biurową lub w ogóle niezaizolowane. Potencjometry regulacyjne będą poprzekęcane, roztopiona izolacja i tak dalej. Jednym słowem — niechlujstwo.

To może się wydawać przesadzone, lecz w swojej praktyce serwisowej bardzo często się z tym spotykam. Większość zakładów naprawczych kieruje się zasadą nieprzyjmowania urządzeń, w których grzebali amatorzy, więc odkrycie oczywistych, niekompetentnych zmian skutkuje telefonem do właściciela urządzenia, który upiera się, że nigdy nie było rozbierane i po prostu przestało działać. Tak, jasne, Sony stosuje taśmę klejącą do łączenia niezlutowanych przewodów. Jasne, kolego. Pamiętam jeden przypadek, gdy odmówiłem naprawy poważnie uszkodzonego radia z widocznymi śladami ingerencji użytkownika. Właściciel wpadł w taką wściekłość, że zadzwonił do mojego szefa, aby ten mnie zwolnił! Szef rzucił okiem do wnętrza urządzenia, poklepał mnie po plecach ze śmiechem i powiedział właścicielowi, aby przyjechał po swoje zrujnowane radio i zniknął. Wszyscy szefowie powinni tacy być, prawda? Kluczowe dla wykonywania odpowiednich napraw o zawodowej jakości jest konsekwentne zwracanie uwagi na detale. Myśl o sobie jak o chirurgu, bo przecież nim jesteś. Za chwilę otworzysz mechaniczny „organizm” urządzenia i spróbujesz skorygować jego niedomagania. Jak mówi jedna z naczelnich zasad etycznych w medycynie: „Po pierwsze: nie szkodzić”. Od czasu do czasu naprawa się nie powiedzie i urządzenie ulegnie zniszczeniu



— co zdarza się nawet najlepszym fachowcom, chociaż rzadko — lecz Twoim zadaniem jest dostać się do środka, po czym wyjść i zostawić jak największy porządek. W rozdziałach od 9. do 13. opiszę kroki i techniki właściwego rozmontowywania, naprawiania i składania w całość.

## Pomyłki początkujących

Początkujący, poza niechlujstwem, często popełniają pewne błędy konceptualne, wskutek których marnują mnóstwo czasu, doprowadzają do wewnętrznych uszkodzeń oraz nie znajdują i nie rozwiązują problemu. Oto kilka popularnych błędów; radzę ich unikać.

## Regulacja w celu ukrycia prawdziwego problemu

Urządzenia analogowe często mają możliwość regulacji, aby poszczególne bloki wytwarzały sygnały o charakterystyce wymaganej przez inne bloki do poprawnego funkcjonowania. Telewizory i radia są pełne potencjometrów (rezystorów o zmiennej oporności), trymerów (kondensatorów o zmiennej pojemności) i regulowanych cewek, których interakcje bywają dość złożone. We współczesnych, w większości cyfrowych układach możliwości regulacji jest znacznie mniej. Często wykonuje się ją programowo za pomocą specjalnych, niedostępnych dla nas urządzeń, lecz spotyka się także elementy regulowane starym, dobrym śrubokrętem. Przykładowo w zasilaczach często można regulować napięcie, a wcześniejsze generacje odtwarzaczy CD miały mnóstwo serwomechanizmów, które odpowiadały za właściwe skupienie i wyśrodkowanie wiązki lasera na ścieżce. Nawet odbiornik cyfrowy może mieć regulowane elementy w blokach radiowych.

Kusi przypadkowe pokręcenie takimi elementami z nadzieją na to, że urządzenie wróci do normalnej pracy. To fakt, układy czasem się rozregulowują — gdyby tak się nie działo, nie byłyby potrzebne elementy regulacyjne — lecz jest to stopniowy proces. **Nigdy** nie dochodzi do znacznych zmian w funkcjonowaniu. Jeśli urządzenie nagle przestało robić coś, co bez problemu robiło dzień wcześniej, nie masz do czynienia z rozregulowaniem, tylko **uszkodzeniem**. Kręcenie elementów regulacyjnych przysporzy jedynie kłopotów później, gdy już znajdziesz prawdziwy problem, a urządzenie będzie naprawdę rozregulowane, bo sam do tego doprowadziłeś. Zostaw te wewnętrzne elementy regulacyjne w spokoju! Kręć nimi tylko wtedy, gdy jesteś pewien, że wszystko działa, i dokładnie znasz ich funkcję oraz masz pewny sposób na przywrócenie ich do pierwotnej pozycji na wypadek, gdybyś się mylił. Oznaczanie pozycji potencjometrów i trymerów markerem przed rozpoczęciem regulacji jest pomocne, ale nie daje gwarancji, że będziesz w stanie ustawić je dokładnie tak, jak były. W grę wchodzi zbyt wiele czynników mechanicznych, aby ta metoda była wiarygodna. W niektórych przypadkach „mniej więcej tak samo” wystarczy, lecz w innych nawet nieznaczne zmiany poważnie degradują sprawność układu. W przypadku menu serwisowego możesz przynajmniej zapisać sobie poszczególne wartości przed ich zmianą i w razie potrzeby przywrócić stan początkowy.

Kiedyś naprawiałem bezprzewodowe słuchawki na podczerwień, w których prawy kanał grał cicho i z przesterowaniem. Po kilku testach stało się jasne, że winny był nadajnik, którego oscylator dla prawego kanału „wypadł” z właściwej częstotliwości. Szybka regulacja sprawiła, że słuchawki przez pewien czas działały poprawnie, po czym objaw powrócił. Prawdziwym problemem okazał się regulator napięcia, który wariował z powodu temperatury. Na szczęście, ponowna regulacja generatora po zamontowaniu nowego elementu była łatwa. Gdy jednak zostanie wykonanych wiele zmian, powrót do właściwej równowagi może okazać się nadzwyczaj trudny.

## Naciąganie danych, aby pasowały do teorii

Większość fachowców wypełniła kiedyś taki błąd. Ja także, we wczesnych latach swojej pracy. Patrząc na objawy i wszystkie wydają się sugerować oczywistą diagnozę — poza jednym. Skupiasz się na tych, które do siebie pasują, mówisz sobie, że wskazują przecież na tę samą diagnozę i ignorujesz anomalię z nadzieją, że jest bez znaczenia. Zaufaj mi, ona ma znaczenie, a Ty zamierzasz wyruszyć w długą, frustrującą wyprawę łowiecką prowadzącą do strasznego ślepego zaułka. Zapamiętaj sobie, że **jeśli elementy układanki do siebie nie pasują, to znaczy, że jakiegoś brakuje!** Jest coś, czego nie wiesz i właśnie na to powinieneś polować. Często odsunięta na bok anomalia stanowi najlepszą wskazówkę, a zignorowanie jej jest najgorszym błędem, jaki możesz popełnić. Po wielu godzinach frustrujących wysiłków, gdy w końcu rozwiążesz zagadkę, pomyślisz sobie: „Dlaczego nie wziąłem pod uwagę, że ten dziwny objaw może być kluczem do rozwiązania? Od początku miałem go tuż przed oczami”. No cóż... każdy jest mądry po fakcie.

## Błędne koło

Czasem myślisz, że znalazłeś przyczynę, lecz próba usunięcia generuje nowe problemy, więc podążasz za nimi. To prowadzi do kolejnych dziwnych zachowań. I tak ruszasz w pościg po błędnym kole, aż trafisz do punktu wyjścia. Gdy rozwiązywanie problemu prowadzi do następnego, potraktuj to jako poważną sugestię, że jesteś na złej drodze. Niezwykle rzadko zdarzają się wieloprzyczynowe, niepowiązane ze sobą uszkodzenia. Niemal zawsze jest jedna przyczyna wszystkich dziwnych objawów, a wszystko będzie uzasadnione, gdy ją znajdziesz. „Aha, napięcie zasilające było zbyt niskie i dlatego laser mógł się zogniskować, a silnik przesuwu lasera nie przemieszczał głowicy, żeby poszukała ścieżki”. Przy odrobinie szczęścia odkryjesz to, nie spędzając wielu godzin na dłubaniu w wyłącznikach krańcowych i układzie sterowania oraz śledzeniu sygnału wracającego do mikroprocesora. Raz jeszcze powtarzam, jeśli elementy układanki nie pasują, znajdź brakujący kawałek!

## Tak to już jest

Podobnie jak w ludzkich organizmach, w urządzeniach elektronicznych popsuć się może niemal wszystko. Problemy są różne, od oczywistych do tajemniczych. Zdarzyło mi się naprawić coś w pięć minut, lecz czasem trafiam na tak dziwne przypadki, że najbardziej prawdopodobnym rozwiązaniem wydaje się opętanie przez demony! W czasach cyfryzacji układy są znacznie bardziej stabilne niż w epoce analogowej, lecz współczesny sprzęt często ma krótszy czas życia. Jak oba te stwierdzenia mogą być jednocześnie prawdziwe?

Współczesne produkty są znacznie bardziej skomplikowane. Olbrzymia liczba elementów, połączeń wewnętrznych i interakcji sprawia, że wiele rzeczy może się popsuć. W przeciwieństwie do ręcznie lutowanych płytek zawierających różne przydatne dla nas elementy, współczesne płytki niskosygnałowe z rzędami powierzchniowo lutowanych przez maszynę układów elektronicznych nie psują się tak często. Dzieje się w nich jednak tyle rzeczy, że wymagają skomplikowanych zasilaczy oraz wielu gniazd i kabli taśmowych. Niektóre elementy pracują ciężiej, niż powinny, i wskutek obciążenia zużywają się lub psują. A za sprawą tempa zmian technologicznych, konkurencji zmuszającej do produkowania po kosztach oraz wysokich cen napraw w porównaniu z wymianą na nowy produkt, długowieczność przestała być celem projektantów. Producenci uważają, że za kilka lat i tak będziesz chciał kupić nowy, bardziej zaawansowany gadżet. Wbrew powszechnemu mitowi nikt nie projektuje produktów tak, żeby się zepsuły, bo nie ma takiej potrzeby. Sprawienie, aby przystępne cenowo produkty działały przez wiele lat, jest wystarczająco trudne. Zresztą kosztowne gadżety też niełatwo utrzymać przy życiu. Laptopy, jedne z najdroższych gadżetów, są jednocześnie najbardziej podatne na uszkodzenia ze względu na skomplikowanie projektu, gęstość upakowania elementów i wytwarzanie dużej ilości ciepła.

Wydaje się, że uszkodzenia elektroniki są dość przypadkowe. Czasem coś wybuchnie z niepojętych powodów i urządzenie po prostu przestaje działać. To się zdarza, lecz niezbyt często. Jasne, że gdy produkujesz miliony układów scalonych, kondensatorów i tranzystorów, niewielka ilość uszkodzonych przejdzie przez kontrolę jakości niezależnie od metody testowania. Jest to jednak nieznaczny procent. Dużo częściej produkty ulegają uszkodzeniom w bardziej przewidywalny sposób. Następuje seria kolejnych wydarzeń wynikających z dobrze znanych słabych punktów, typowych dla danego rodzaju elementu i technik konstrukcyjnych. Przyjrzyjmy się czynnikom odpowiedzialnym za większość uszkodzeń.

## Śmiertelność poporodowa

Ten dość nieprzyjemny termin odnosi się do odsetka produktów, które przestaną działać niedługo po wejściu do użytku. Za większość z nich odpowiedzialne są nieprawidłowe luty, mankamenty półprzewodników na poziomie molekularnym oraz błędy konstruktorów. Chociaż wiele produktów testuje się po zaprojektowaniu, ograniczenia finansowe i czasowe nie pozwalają na ich wyczerpujące sprawdzenie, chyba że są bardzo drogie. Typowy przypadek śmiertelności poporodowej ma miejsce tydzień lub dwa po zakupie, a produkt po wymianie na nowy łąduje w warsztacie napraw gwarancyjnych. Przymuszczać więc nie będziesz miał

z nim do czynienia, chyba że kupiłeś coś na drugim końcu świata, więc nie warto się męczyć ze zwrotem i płacić za wysyłkę albo sprzedawca odmówił przyjęcia towaru i utknąłeś z nowiutkim niesprawnym sprzętem, który chcesz wskrzesić.

## Zużycie mechaniczne

Z całą pewnością ruchome elementy psują się znacznie częściej niż elektronika. Dyski twarde, mechanizmy w magnetowidach i kamerach, tacki na dysk, mechanizmy przesuwu lasera oraz silniki obracające płytę to wszystko źródła poważnych kłopotów.

Łożyska ulegają zużyciu, smary wysychają, paski gumowe się przecierają, przełączniki listkowe (wewnętrzne przełączniki do wykrywania pozycji) wyginają, plastikowe koła zębate rozdzielają, sierść ulubieńców oplata wałki silników, a nieubłagany ząb czasu nadgryza wszystko, co się pociera o siebie lub na siebie naciska. Jeśli urządzenie ma ruchome elementy i po włączeniu nie działa prawidłowo, przyjrzyj się najpierw mechanice, zanim założysz, że uszkodziło się coś elektronicznego. Na każdy wymieniony przez Ciebie tranzystor przypadnie pięć rozwiązanych problemów mechanicznych. Wiele nowych produktów nie ma żadnych ruchomych elementów poza przyciskami, ale przedmioty starsze niż kilka lat prawdopodobnie będą w takie elementy wyposażone. Oczywiście odtwarzacze DVD i Blu-Ray, projektory i magnetyczne dyski twarde nadal zawierają obracające się części.

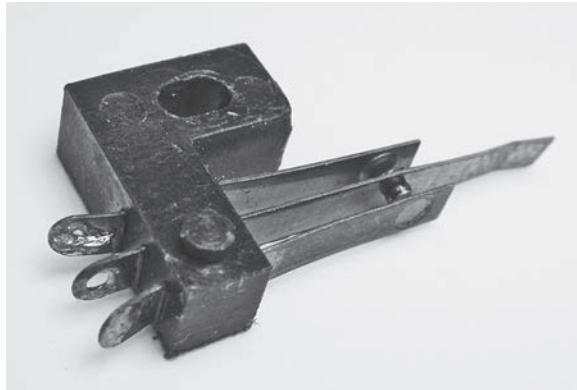
## Połączenia

Połączenia są również mechaniczne, więc bardzo często się psują. Sprawdź każde, w którym kontaktujące się części nie są lutowane. Do tej kategorii należą przełączniki, przekaźniki, wtyczki, gniazda oraz przewody taśmowe i złącza.

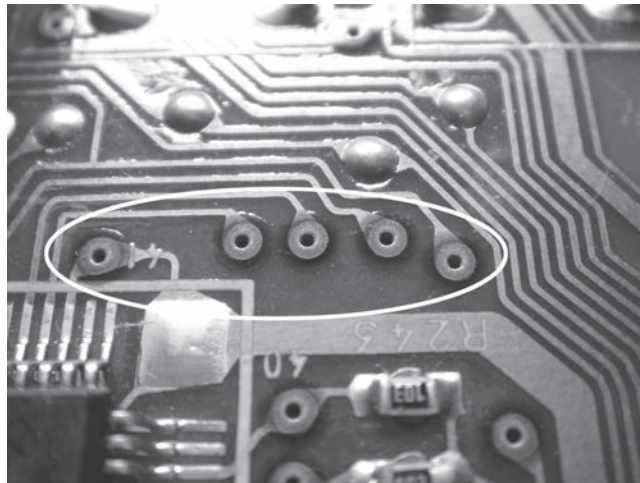
Głównym winowajcą jest tu korozja kontaktów spowodowana przez czas, a w przypadku przełączników i przekaźników także iskrzenie przy otwieraniu i zamykaniu styków. Prócz tego smar stosowany przez niektórych producentów przełączników listkowych wysycha po pewnym czasie i staje się skutecznym izolatorem. Jeśli punkty kontaktowe w takim przełączniku są czarne, przypuszczalnie zostały pokryte tą substancją i nie przepuszczają prądu po zamknięciu listków (zobacz rysunek 4.1).

Szczególnie nieciekawym rodzajem złego połączenia ma miejsce w wielowarstwowych płytkach drukowanych. Swego czasu dwuwarstwowa płytka ze ścieżkami po obu stronach była egzotyczną konstrukcją spotykaną wyłącznie w produktach z górnej półki. Dzisiaj dwuwarstwowe płytki są praktycznie standardem w większych, prostszych urządzeniach, natomiast w mniejszych stosuje się nawet sześć warstw!

Problemy pojawiają się na połączeniach **między** warstwami. Połączenia te mają różną konstrukcję, zależną od producenta. Najlepszy i najtrwalszy system jest podobny do montażu przewlekanego i polega na połączeniu warstw otworem powleczonym miedzią. Wraz z miniaturyzacją płytek taki montaż stawał się coraz trudniejszy, dlatego wymyślono inną technikę, która przy okazji jest znacznie mniej trwała: otwory wypełnione przewodzącym klejem. Ten rodzaj połączeń międzywarstwowych poznasz po wybrzuszeniu w miejscu łączenia, które wygląda jak kropla kleju (zobacz półprzezroczysty klej w otworze na rysunku 4.2).



**RYSUNEK 4.1.** Przełącznik listkowy



**RYSUNEK 4.2.** Połączenia międzywarstwowe z przewodzącym klejem

Przewodzący klej może stracić połączenie wskutek zgięcia płytki, nadmiernego prądu lub powtarzalnych wahań temperatury. Naprawienie zerwanego połączenia klejowego jest trudne. Przeszywa mnie dreszcz za każdym razem, gdy widzę te małe krople.

## Połączenia lutowane

Teoretycznie w takim przypadku powinno nastąpić molekularne wiązanie o nieskończonej trwałości. Niestety, połączenia lutowane często ulegają uszkodzeniu i zaczynają wykazywać opór, który hamuje lub blokuje przepływ prądu. W niskosygnałowych, niewielkich obwodach, które niezbyt się grzeją, zazwyczaj winny jest błąd w procesie produkcyjnym, nawet jeśli wada

pokaże się dopiero po latach. Niektóre elementy, takie jak tranzystory mocy, regulatory napięcia i układy graficzne na płytach głównych, potrafią się rozgrzać do takiej temperatury, która stopniowo zniszczy ich luty, chociaż będzie za niska, żeby zupełnie je roztopić.

Z czasem na łączeniu pojawi się opór lub zupełny brak połączenia.

Zimny lut można często rozpoznać po matowej, cętkowanej lub pękniętej powierzchni. Sporadycznie jednak natrafisz na taki, który wygląda idealnie, lecz nie działa, gdyż pod powierzchnią nie doszło do związania cząsteczkowego. Brak związania może wynikać z korozji na płytce lub końcówce lutowanego elementu. Cyna nie popłynie do skorodowanego lub utlenionego metalu. Gdy rozlutujesz takie połączenie, będziesz miał problem z uzyskaniem poprawnego lutu, dopóki nie wyskrobiesz łączonych elementów i nie usuniesz starej cyny.

## Przegrzewanie

Ciepło jest wrogiem elektroniki. Nie ma z nim problemu w większości kieszonkowych gadżetów, lecz większe sprzęty, w rodzaju projektorów, telewizorów lub wzmacniaczy, często uszkadzają się z powodu nadmiernej temperatury. Podobnie jest z inwerterami podświetlania matrycy (układami, które zapalają lampy CCFL za matrycą LCD) oraz płytami głównymi komputerów. Zasilacze także wytwarzają dość dużą ilość ciepła i z tego powodu są szczególnie narażone na uszkodzenie.

Przegrzanie nadmiernym prądem wynikającym ze zwarcia jakiegoś elementu może błyskawicznie zniszczyć półprzewodniki i rezystory, lecz normalne ciepło generowane w trakcie korzystania z produktów stopniowo uszkadza kondensatory elektrolityczne — te duże, stosowane do filtrowania napięcia zasilającego — które powoli tracą niemal całą swoją pojemność lub ich rezystancja szeregową (ESR) staje się zbyt wysoka, by mogły pełnić swoją funkcję.

## Przebieżenie elektryczne

Użytkowanie urządzenia przy zbyt dużym napięciu zasilającym może doprowadzić do wielu różnych uszkodzeń. Regulatory napięcia przeegrzewają się wskutek wydzielania całej dodatkowej mocy, szczególnie liniowe. Kondensatory elektrolityczne ulegają zwarceniu, gdy działają na granicy lub powyżej swojego limitu napięcia. Półprzewodniki o ścisłych wymaganiach napięciowych przepalają się bardzo szybko.

Nadmierne napięcie może być wynikiem użycia złego lub uszkodzonego zasilacza, zepsutego regulatora napięcia lub włożenia baterii alkalicznych do urządzenia przeznaczonego do pracy wyłącznie z akumulatorami nikielowo-metalowo-wodorkowymi (NiMH). Każdy z nich daje 1,2 V, natomiast alkaliczne — 1,5 V. W przypadku czterech ogniw z baterii alkalicznych uzyskasz 6 V, podczas gdy urządzenie oczekuje 5 V. Większość układów sobie z tym poradzi, lecz niektóre nie potrafią. Zdarzało mi się trafić na aparaty fotograficzne, które bardzo pod tym względem kaprysiły.

Wierz mi lub nie, ale są produkty, które można zniszczyć zbyt **niskim** napięciem. Urządzenia z zasilaczami impulsowymi lub regulatorami kompensują niższe napięcie, przepuszczając przez swoje transformatory prąd o większym natężeniu i dłuższych impulsach, aby utrzymać

napięcie wyjściowe na wymaganym poziomie. To może doprowadzić do przegrzania diody i innych elementów przekształcających pulsujące napięcie na regulowane napięcie stałe.

Najwyższym obciążeniem elektrycznym jest piorun. Bezpośrednie uderzenie, które może nastąpić, gdy telewizor lub radio są podłączone do trafionej przez piorun anteny zewnętrznej lub trafiona zostanie linia wysokiego napięcia, przypuszczalnie skończy się zupełnym zniszczeniem produktu. Czasem zdarzy się, że uszkodzi się tylko jeden blok, a reszta przetrwa, lecz to rzadki przypadek. Uderzenie pioruna zazwyczaj spisuje sprzęt na straty, a Tobie nawet nie oplaca się wziąć pozostałości na swój stos starych płytek, gdyż wewnętrzne uszkodzenia ocalonych części ograniczają ich żywotność.

Sporych zniszczeń mogą dokonać skoki napięcia, gdy napięcie podnosi się do wysokiego poziomu tylko na chwilę. Sporadycznie wynikają one z błędu dostawcy, najczęściej jednak przyczyną jest uderzenie pioruna w pobliżu, po którym dochodzi do wyindukowania skoku napięcia mimo braku bezpośredniego uderzenia w sieć energetyczną, albo uderzenie pioruna w sieć w dalszej odległości. Zwykle zasilacz jest poważnie uszkodzony, lecz reszta wychodzi bez szwanku.

Gdy przez elementy przepływie zbyt duży prąd, mogą się przegrzać i spalić, czasem dosłownie. Rezystory zamieniają się w kupkę węgla, a tranzystorom popękają obudowy. Bebechy, oczywiście, są kompletnie zdewastowane. Tego rodzaju obciążenie rzadko pochodzi z zewnątrz, ponieważ nie da się wmusić prądu w układ — to wymaga napięcia. Nadmiar prądu zwykle popłynie przez jakiś element, gdy połączony z nim szeregowo sąsiad ulegnie zwarceniu do masy.

Nic nie niszczy układów półprzewodnikowych równie szybko jak odwrotna polaryzacja. Wiele półprzewodników (szczególnie układy scalone) nie wytrzymuje odwrotnie płynącego prądu przez dłuższą niż ułamek sekundy.

Przyczyną mogą być odwrotnie założone baterie. Dawniej, gdy kieszonkowe gadżety były zasilane głównie bateriami 9 V, wystarczyło dotknąć złącza z męskimi i żeńskimi końcówkami w niewłaściwy sposób, a zaczynał płynąć prąd. Dzisiaj, gdy nasze drobne urządzenia są zasilane z baterii AAA i firmowych akumulatorów, tego rodzaju błędy zdarzają się rzadziej, ponieważ miejsca na baterie są standardowo tak projektowane, żeby odwrotnie nie dało się dotknąć styków. A jednak czasem się to zdarza.

Najczęstszym przykładem odwróconej polaryzacji jest próba zasilania urządzenia niewłaściwym zewnętrznym zasilaczem. W większości współczesnych zasilaczy plus znajduje się w środku okrągłej wtyczki napięcia stałego, a minus na zewnątrz, dlatego mając zasilacz samochodowy dla tego samego gadżetu, nie ryzykujesz, że dotkniesz plusem metalowej części auta, co doprowadziłoby do zwarcia i przepalenia bezpieczników. Swego czasu jednak wiele zasilaczy miało w środku minus, a niektóre wciąż mają — na przykład zasilacz do automatycznej sekretarki, która nigdy nie będzie używana w samochodzie. Nawet ten sam producent może stosować oba rozwiązania w zależności od produktu.

Totalna katastrofa ma miejsce wtedy, gdy użytkownik podepnie niewłaściwy zasilacz, mający końcówkę z polaryzacją odwrotną, niż oczekuje urządzenie. Uszkodzenie może ograniczyć się do kilku elementów w sekcji zasilania, lecz zniszczenia mogą także zebrać poważniejsze zniwo, niszcząc kluczowe układy w rodzaju mikroprocesorów lub sterowników wyświetlaczy.

Nie wszystkie przeciążenia elektryczne wynikają z zewnętrznych czynników lub losowych uszkodzeń komponentów. Czasem produkt ma błędy koncepcyjne, które wychodzą na jaw dopiero po jakimś czasie jego obecności na rynku. Gdy producent zaczyna być zalewany zwrotami gwarancyjnymi z tym samym uszkodzeniem, jest to sygnał alarmowy. Szanująca się firma wypuści tzw. ECO (ang. *Engineering Change Order*, czyli **poolecenie wprowadzenia zmian konstrukcyjnych**), aby poprawić projekt. W urządzeniach oddanych do naprawy zostaną wymienione części na takie, które rozwiązują problem. Naprawdę rzetelny producent rozszerzy darmowe naprawy tej usterki poza okres gwarancyjny, jeśli ma pewność, że błąd konstrukcyjny był na tyle znaczny, iż większość sprzedanych urządzeń będzie nie do użytku lub w grę wchodzi bezpieczeństwo użytkownika.

A przynajmniej tak powinno być. Czasem firmy nie chcą wydawać pieniędzy na naprawianie własnych błędów, więc zwyczajnie zaprzeczają istnieniu problemu. A gdy tylko niektóre urządzenia mają dany objaw, są traktowane jak uszkodzenia losowe, chociaż wcale takimi nie są. Być może, aby problem się pojawił, konieczne jest określone korzystanie z produktu lub konkretna sekwencja działań, a producent szczerze wierzy w poprawność projektu. A niektóre urządzenia nie są używane dostatecznie często, żeby się zepsuły, co maskuje wszechobecność uszkodzenia, chociaż w końcu i tak do niego dojdzie.

Każda z tych sytuacji może doprowadzić do tego, że na Twój stół trafi produkt z problemem, który rozwiązałeś już na przykład miesiąc wcześniej. Gdy takie urządzenia będą do Ciebie wracać, przypuszczalnie trafisz na wadę konstrukcyjną.

## Przeciążenie fizyczne

Układy scalone, tranzystory, rezystory i kondensatory wytrzymują (zazwyczaj) uderzenie wynikające z upuszczenia na ziemię. Jednak wiele innych elementów nie ma takich zdolności. Płytki mogą pęknąć, szczególnie przy krawędziach i dookoła otworów na śruby oraz w innych punktach oparcia. Większe elementy o wyższej masie czasem doprowadzają do pęknięć płytki wokół nich. Często zdarza się to przy transformatorach i dużych kondensatorach. Na zwykłej lub dwuwarstwowej płytce czasem da się połączyć przerwane połączenia kawałkiem drutu przylutowanego z obu stron pęknięcia, pod warunkiem że ścieżki nie są zbyt wąskie. Wielowarstwową płytkę możesz rzucić na swój stos, bo już nic z niej nie będzie.

Wyświetlacze LCD, lampy jarzeniowe i inne szklane wyświetlacze rzadko przeżywają upadek na twardą powierzchnię. Bardzo cienka i długa lampa jarzeniowa znajdująca się we wnętrzu ekranu laptopa jest szczególnie podatna na uszkodzenia. Jeśli trafisz na laptop bez podświetlenia ekranu, nie zdziw się, gdy okaże się, że był upuszczony i lampy są stłuczone. Widziałem takie przypadki, w których ekran z zewnątrz nie miał żadnych widocznych śladów uszkodzeń.

Gdy zostawisz baterie cynkowo-węglowe lub alkaliczne w urządzeniu, po jakimś czasie się wyleją. Nie być może, nie czasami — **na pewno**. Sprzęt o dużym poborze prądu, taki jak aparat cyfrowy, wymaga częstej zmiany baterii, lecz gadżety o niskim zapotrzebowaniu, takie jak zegary cyfrowe i niektóre zabawki dziecięce, mogą działać na tych samych bateriach przez lata. Pilot telewizyjny jest bardzo podatny na tego typu uszkodzenia, gdyż większość ludzi



wkłada do niego tanie, niskiej jakości baterie, które były w zestawie, i nigdy ich nie zmienia. Bardzo niski pobór prądu sprawia, że baterie będą leżeć w pilocie tak długo, aż skorodują.

Gdy baterie wyleją, czeka Cię mnóstwo pracy ze sprzątaniem. Nie bez powodu nazywają się **alkaliczne** (zasadowe)! Elektrolit jest silnie żrący, zatem spowoduje skorodowanie sprężyn i styków urządzenia. Największych zniszczeń dokona jednak, gdy dostanie się do wnętrza, na płytkę drukowaną. Miedziane ścieżki zostaną przeżarte, wypukłości cyny skorodują, a owe niepewne połączenia między warstwami przestaną działać. Żaden zakład nie podejmie się takiej naprawy, lecz Ty możesz spróbować, jeśli urządzenie jest drogie lub trudne do zdobycia.

Ludzie często siadają na telefonach, palmtopach i aparatach cyfrowych. Efektem są pęknięte ekrany, złamane płytki drukowane i spłaszczone metalowe obudowy, które zwierają elementy do masy. Łatwo odgiąć obudowę mniej więcej do pierwotnego kształtu, lecz zniszczenia w środku mogą nie być warte zachodu.

Układy elektroniczne i płyny nie pasują do siebie, lecz ludzie nieustannie próbują je połączyć i wylewają kawę, wino lub napoje na swoje laptopy oraz upuszczają aparaty i telefony do morza lub basenu. Życzę powodzenia w ratowaniu takich przedmiotów. Bardzo rzadko zdarza się, że gdy przepłuczysz je wodą destylowaną i zostawisz do kompletnego wyschnięcia, będą nadal działały. W większości przypadków sprzęt jest do wyrzucenia, szczególnie gdy nastąpił kontakt ze słoną wodą.

Samo przebywanie w pobliżu słonej wody stopniowo niszczy elektronikę. Radia walkie-talkie, systemy nawigacji, nagłośnienie i telewizory trzymane na jachtach, a nawet w apartamentach nad morzem, są w środku dotknięte korozją. Rdzewieją podstawy montażowe, niszczej ą luty, złącza nie przewodzą prądu. Bardzo często wszystko jest pokryte chrzęszczącym zielonym nalotem.

Jeśli mowa o słonej wodzie, plaża to największy wróg aparatów. W większości kompaktów cyfrowych obiektyw wysuwa się po włączeniu zasilania. Gdy do jakiegoś załamania między częściami obiektywu dostanie się ziarnko piasku, zostanie przecięnięte do środka i może zablokować obiektyw. Bardzo trudno je wtedy wydobyć. Aparat zazwyczaj spada obiektywem na piasek, więc duża jego ilość dostaje się do środka. Rozbierałem już parę egzemplarzy — rozmontowałem części obiektywu i wysypałem z nich pół plaży — lecz i tak szanse na wskrzeszenie urządzenia były niewielkie. Zawsze jakieś ziarenko utknie gdzieś głęboko w zębatkach, gdzie nie jesteś w stanie go znaleźć, a to zwykle wystarczy, żeby cały mechanizm przestał działać.

## Wielki skandal kondensatorowy

Około 1990 roku pracownik chińskiej fabryki kondensatorów wykradł formułę, uciekł do Tajwanu i otworzył własną fabrykę, gdzie wytworzył miliony montowanych powierzchniowo kondensatorów elektrolitycznych, które znalazły się w niezliczonych produktach konsumenckich znanych i lubianych przez nas firm. Kilku innych tajwańskich producentów kondensatorów także skopioowało tę formułę.

Niestety, zawierała ona błąd, który powodował rozpad elektrolitu i wydzielanie wodoru. Po kilku latach pęcznienia kondensatory w końcu wybuchły, a żrący elektrolit wyciekał na płytkę produktu i poważnie ją uszkadzał, niszcząc urządzenie.

Ten brzydki mały sekret wyszedł na jaw dopiero po pewnym czasie, na długo po zakończeniu okresów gwarancyjnych. Kamery i inne cenne produkty wartości miliardów dolarów zostały zniszczone na koszt użytkowników. Każda próba oddania do naprawy spotykała się z diagnozą: „Wyciek — nienaprawialne”. Katastrofa była nieunikniona, lecz szerzyła się stopniowo, więc wiele firm stwierdziło, że uszkodzenia są przypadkowe i do dzisiaj nie przyznało się do żadnej odpowiedzialności za zniszczone sprzęty.

Nieco później miał miejsce podobny problem z elektrolitem, który dotyczył płyt głównych i zasilaczy różnych produktów, a dotknął nawet pełnowymiarowe kondensatory z nóżkami. Ulegały one zniszczeniu po zaledwie roku lub dwóch użytkowania. Nie powinno do tego dochodzić tak szybko, nawet biorąc pod uwagę szybkie ładowanie i rozładowywanie współczesnych sekcji zasilania oraz wyższą temperaturę lutowania bezolowiowego.

Wniesiono sporo pozwów, a niektórzy producenci podjęli kroki zaradcze, aby przeczścić swoje linie produkcyjne z podejrzanych części. Mimo to wciąż masz duże szanse, że natrafisz w swojej pracy na napuchnięty kondensator i będzie on najczęstszą przyczyną niewłaściwego działania urządzenia. Jeśli nawet nie jest napuchnięty, często traci zdolność przechowywania energii i po zmierzeniu okazuje się, że praktycznie nie ma żadnej pojemności, albo okazuje się, że ma bardzo wysoką rezystancję szeregową (ESR).

## Lekcja historii

Dobry lekarz wie, że warto przyrzeć się historii pacjenta przed rozpoczęciem badania. Znajomość czynników, które doprowadziły do dolegliwości, bywa bardzo pomocna w ocenianiu sprawy. Ile masz lat? Palisz? Pijesz? Czy w rodzinie była już taka choroba? Co robiłeś, gdy pojawił się symptom?

Dostęp do historii urządzenia dostarcza równie przydatnych wskazówek i często naprowadza na wczesną diagnozę, nawet bez uruchamiania sprzętu. Oto kilka czynników, które warto wziąć pod uwagę przed wstępnym badaniem.

- **Kto to wykonał?** Jak pisałem wcześniej, produkty określonych firm mogą mieć powtarzające się uszkodzenia wynikające z określonej filozofii konstruowania i produkowania. Świadomość tych różnic naprowadzi Cię na prawdopodobne problemy, szczególnie gdy miałeś już z nimi do czynienia w innym urządzeniu tego samego producenta, nawet jeśli był to inny model.

Opłaca się sprawdzić w internecie opisy podobnych problemów z tym samym modelem. Oszczędzisz sobie wielu godzin ponownego wynajdywania koła, jeśli okaże się, że inni także narzekali na to samo uszkodzenie. Czasem znajdziesz także sposób na uzdrowienie.

- **Ile to ma lat?** Urządzenia wyprodukowane przed 1990 rokiem nie powinny mieć problemu z wyciekami kondensatorów. Mogą jednak być mocno zużyte i mieć uszkodzenia wynikające z setek godzin użytkowania. Jeśli urządzenie **zostało** wyprodukowane w latach dziewięćdziesiątych lub później, elektrolity są głównymi podejrzanymi.
- **Czy doświadczyło znečania?** Czy było upuszczone? Wpadło do wody? Wylano na nie coś? Ktoś na nim usiadł? Leżało na desce rozdzielczej samochodu w lecie? Było używane na plaży? Miało baterie w środku przez całe miesiące lub lata? Utknęła w nim kasetka lub płyta, a ktoś próbował ją wyszarpać? Przeżyło burzę z piorunami? Zostało wyprane? Trzymano je na łodzi? Bawiły się nim dzieci? Było odkręcone na maksymalną głośność w klubie przez dłuższy czas?

Każde z tych pytań może naprowadzić na diagnozę. Wzmacniacz używany delikatnie w domu przez siedemdziesięciolatka przypuszczalnie uszkodzi się w inny sposób niż taki, który był odkręcony na maksimum w klubie lub działał w restauracji czterdzieści godzin tygodniowo przez dziesięć lat.

- **Co robiło, gdy uległo uszkodzeniu?** Chociaż urządzenia czasem uszkadzają się w trakcie użytkowania, wiele przestaje pracować w stanie bezczynności, a problem zostaje odkryty dopiero wtedy, gdy ktoś próbuje je uruchomić. Szczególnie dotyczy to produktów zasilanych prądem przemiennym, które, jak większość współczesnych urządzeń, są sterowane pilotem. Aby mogły odebrać i zinterpretować sygnał włączenia z pilota, przynajmniej część ich układów musi być bez przerwy aktywna. Magnetowidy, nagrywarki i odtwarzacze DVD oraz telewizory nigdy nie zostają wyłączone i zawsze pobierają ułamek mocy. Skok napięcia, przepięcie, czasem wiek lub — jak zwykle — zepsuty kondensator sprawiają, że stan czuwania nie działa i urządzenie nie potrafi wystartować.

Jeśli produkt przestał działać w trakcie użytkowania, dobrze jest dokładnie wiedzieć, jaką operację wykonywał przed uszkodzeniem. Jeżeli na przykład podświetlenie matrycy w laptopie wyłączyło się przy pochylaniu ekranu, raczej uszkodziła się taśma łącząca, niż spalił tranzystor w inwerterze.

- **Czy zachowywało się dziwnie tuż przed uszkodzeniem?** Wiele układów robi różne dziwne rzeczy od kilku minut do kilku sekund przed pełnym wyłączeniem się. To zachowanie może zawierać wskazówki dotyczące przyczyn uszkodzenia. Zazwyczaj faktycznie je zawiera i co więcej, jeśli zupełnie przestało działać, są to jedyne wskazówki, jakimi dysponujesz.
- **Czy uszkodzenie było nagłe, czy stopniowe?** Niektóre uszkodzenia, takie jak stopniowe poluzowanie elementów, zabrudzenie lub zużycie mechanizmów oraz wyciekanie lub wysuszenie się kondensatorów elektrolitycznych, stają się widoczne stopniowo. Zepsute kondensatory na płycie głównej to świetny przykład takiego przypadku, gdyż powodują coraz większą niestabilność pracy i coraz większą liczbę zawiesznień, aż system w ogóle przestanie działać.

Jednak elementy elektroniczne nie uszkadzają się stopniowo. Chociaż w rzadkich przypadkach możliwe jest, że elementy — szczególnie tranzystory — mają przejściowe problemy z działaniem, to faktyczne zepsucie (przerwa w obwodzie) następuje szybko i jest trwałe. Często najpierw dochodzi do zwarcia, a chwilę później do otwarcia połączenia wskutek wysokiej temperatury prądu zwarcia. Jeśli więc objawy pojawiają się stopniowo, możesz zakładać, że problemem **nie są** uszkodzone elementy.

## Proszę wysunąć port USB i powiedzieć: „Aaa”, czyli badanie wstępne

Zanim rozbierzesz urządzenie na części, obejrzyj je z zewnątrz i spróbuj wysnuć jakieś hipotezy na temat uszkodzenia. Najpotężniejszym pędzlem w sztuce diagnozowania jest zwykła logika. Pierwszym pociągnięciem pędzla powinno być zredukowanie zmiennych i wyeliminowanie jak największej liczby bloków układu. Zamiast polować na to, co może być nie tak, skup się na tym, co **nie może** być problemem. W ten sposób oszczędzisz sobie wielu godzin śledzenia sygnału i frustracji. Zanim otworzysz urządzenie, poświęć mu chwilę refleksji.

**To po prostu padło!** „Padło” jest powszechnie używanym słowem, gdy coś nie działa, lecz często jest stosowane niewłaściwie. Jeśli po podłączeniu zasilania **cokolwiek w ogóle** się dzieje, to urządzenie nie padło! Świecąca się dioda, jakieś znaki na wyświetlaczu — nawet nic nieznaczące krzaczki — szum, pisk, ciepło lub jakakolwiek inna aktywność, wskazują na to, że urządzenie co najmniej pobiera jakąś moc ze źródła zasilania. „Padło” oznacza **martwe**. Dead, kaputt, nic, zimne jak kamień. Gdy widzisz oznaki życia, zasilanie może być zbyt niskie lub dalekie od właściwej wartości, lecz raczej nie ono stanowi problem. W produkcie z zasilaczem impulsowym możesz założyć, że tranzystor przełączający (kluczujący) jest sprawny, podobnie jak bezpiecznik i mostek prostowniczy. **Nie masz** pewności, że w sekcji zasilania nie występują inne problemy, w rodzaju uszkodzonych kondensatorów lub niewłaściwej regulacji napięcia.

Jeśli urządzenie zupełnie padło, sprawdź bezpiecznik. Wszystkie produkty na prąd zmienny mają bezpieczniki, podobnie jak większość gadżetów na baterie, chociaż w tym przypadku bezpieczniki mogą być małe i przylutowane do płytki. Przepalony bezpiecznik niemal zawsze oznacza zwarcie w innym miejscu układu, więc nie oczekuj cudów po jego wymianie. Najprawdopodobniej od razu przepali się ponownie. Na wszelki wypadek jednak spróbuj. Upewnij się, że nowy bezpiecznik ma ten sam amperaż; użycie większego to prośba o dodatkowe kłopoty w postaci wyższego prądu i większej liczby usmażonych elementów, natomiast mniejszy może się spalić nawet wtedy, gdy układ pracuje poprawnie. I chociażby niemożliwie Cię kusiło, **nie zwieraj** bezpiecznika, gdyż niemal na pewno doprowadzisz w układzie do zniszczeń większych niż dotychczasowe. Bezpiecznik, jak wskazuje nazwa, jest tam nie bez powodu, ma zapewniać bezpieczeństwo.

Chociaż osoby zielone w kwestiach technicznych zazwyczaj myślą, że urządzenia, które kompletnie padły, mają największe uszkodzenia i najmniej warto je naprawiać, z reguły jest dokładnie na odwrót. Zupełny brak aktywności zazwyczaj sugeruje problem z zasilaniem

lub zwartym elementem, który przepala bezpiecznik. Inaczej mówiąc, łatwizna. Najtrudniejsze przypadki to te, gdy wszystko działa niemal poprawnie, lecz nie do końca, lub czasem działa poprawnie, ale wariuje, gdy skierujesz je na południe w trakcie pełni w czwartek. To są prawdziwe nieokielznane bestie, które skłonią do wyemitowania słów, których nie powinny słyszeć Twoje dzieci.

**Jeśli produkt ma wyświetlacz, czy coś się na nim pokazuje?** Przyczyny pustki na wyświetlaczu mogą być różne, lecz zazwyczaj jest to znak, że nie działa mikroprocesor w sercu cyfrowego systemu kontroli. „Procki” rzadko padają, poza przypadkami szoku elektrycznego w rodzaju uderzenia pioruna lub poważnego wyładowania elektrostatycznego. Najczęstszą przyczyną zatrzymanego mikroprocesora jest brak właściwego zasilania (w tym szumy spowodowane wysoką rezystancją szeregową, czyli ESR, kondensatorów filtrujących) lub to, że kwarc taktujący nie oscyluje.

Gdy wyświetlacz działa, ale inaczej niż powinien, oznacza to, że jakiś inny problem w systemie cyfrowym kradnie dane kierowane do ekranu. Jeśli jest to prosty system, w którym wyświetlacz jest bezpośrednio sterowany przez mikroprocesor, ten drugi może nie działać lub być uszkodzony. Jeżeli między „prockiem” a ekranem znajduje się jakiś układ sterujący, być może to on jest uszkodzony. Gdy urządzenie reaguje na komendy, lecz wyświetla krzaki, mikroprocesor przypuszczalnie jest w porządku. Jeśli wszystko się wiesza, podejrzewaj mikroprocesor lub jego układ zasilania.

**Czy urządzenie działa, gdy jest zimne i wyłącza się po rozgrzaniu?** Zaburzenia termiczne mogą wynikać ze złych lutów, wariujących półprzewodników i zepsutych kondensatorów. Zazwyczaj uszkodzenie pokazuje się po rozgrzaniu, lecz od czasu do czasu zdarza się na odwrót, czyli urządzenie zaczyna działać poprawnie dopiero **po** pewnym czasie od uruchomienia. Tu także problemem nie jest zepsuty element.

**Czy stukanie w układ wpływa na sposób działania?** Jeśli tak, gdzieś jest słabe połączenie. Zazwyczaj chodzi o zimny lut lub pokryte nalotem złącze. Kiedyś powszechnym problemem były pęknięte ścieżki na płytkach drukowanych, lecz teraz raczej się to nie zdarza, poza przypadkami fizycznych przeciążeń. Wadliwe połączenia klejem przewodzącym między warstwami także sprawiają, że płytka jest wrażliwa na stukanie. **Bardzo** rzadko zdarza się słabe połączenie w tranzystorze, a raz znalazłem taką wadę w transformatorze częstotliwości pośrednich (IF — ang. *Intermediate Frequency*) w odbiorniku radiowym.

**Eliminowanie zmiennych.** Jeśli urządzenie działa na zasilacz, spróbuj podłączyć własny, pamiętając o właściwej polaryzacji, o czym pisałem w rozdziale 3. Jeżeli można je zasilić z baterii, włóż je i sprawdź, co się stanie. Nie da się włączyć pilotem? Spróbuj przycisków na przednim panelu. Nawet gdy urządzenie nie zacznie działać, będziesz przynajmniej wiedział, **co nie spowodowało** problemu.

À propos pilotów — zdarza się, że wariują i wysyłają nieskończone polecenia, doprowadzając mikroprocesor produktu do krzemowej gorączki i blokując wszelkie inne próby włączenia.

Zazwyczaj zdarza się to, gdy pilot zostanie czymś obłany i jeden lub więcej przycisków się zewrze. Dla pilota oznacza to, że są one bez przerwy naciskane, więc wysyła niekończący się sygnał. Aby mieć pewność, że nie na tym polega problem, wyjmij baterie z pilota i sprawdź, czy objaw zniknął.

## Rusz mózgowicą

Gdy przeprowadzisz powyższe wstępne testy, pomyśl logicznie o ich wynikach, a zapewne uzyskasz dość wyraźne wyobrażenie o tym, gdzie najpierw wetknąć sondę swojego oscyloskopu. Opowiem o kilku przykładach z życia od początku do końca, a zobaczysz, że to podejście ułatwiło mi podążenie we właściwym kierunku.

### Odbiornik niestereofoniczny

Pierwszym urządzeniem był dość wysokiej klasy amplituner stereo z głuchym lewym kanałem, którego nikt w zakładzie nie potrafił ożywić. Ostatecznie wszyscy się poddali, a sprzęt spoczął na dwa lata na półce, zanim spotkał się ze mną. Właściciel serwisu wręczył mi go w ramach testu podczas rozmowy o pracę. Jeśli **go** naprawię, jestem przyjęty. Zadowolony wyraz jego twarzy powiedział mi, że byłem przedmiotem zakładu.

Nie zauważyłem żadnych widocznych oznak fizycznych uszkodzeń, więc wzięłem dwa głośniki, podłączyłem odtwarzacz CD jako źródło sygnału i załączyłem sprzęt. Moja wstępna diagnoza była taka, że zasilacz powinien być w porządku, gdyż prawy kanał działał poprawnie. Przedni panel się zaświecił i prócz tego uporczywego grania mono urządzenie wydawało się pracować normalnie. Podłączyłem przewód z krokodylkiem do miejsca podłączenia anteny i sprawdziłem odbiór sygnału FM. Być może problemem był obwód przełączający sygnał wejściowy, który przekazywał sygnał audio z jacka wejściowego do sekcji wzmacniania. Niestety, radio brzmiało wyśmienicie, lecz wciąż na jednym kanale.

W żadnym kanale nie było słyhać szumu, więc zasilanie nie było hamowane w jakimś punkcie przez zwarcie. (Głośno szumiący kanał i brak dźwięku to klasyczny objaw zwartego tranzystora wyjściowego). Podłączyłem słuchawki, ponieważ czasem wzmacniacze z uszkodzonymi sekcjami wyjściowymi, które nie są w stanie napędzić głośnika, przekazują niewielki zniekształcony sygnał na wyjście słuchawkowe. Jak zwykle założyłem słuchawki obok uszu, na wypadek, gdyby urządzenie przywaliło mi boleśnie głośnym sygnałem. Tym razem nie było różnicy — zły kanał uporczywie milczał, nawet z balansem skręconym zupełnie w tę stronę. Cisza jak makiem zasiał. Martwa cisza.

Wylimitowałem możliwie jak najwięcej zmiennych i nadszedł czas na otwarcie. Kilku fachowców próbowało robić, co w ich mocy, aby wskrzesić biedne urządzenie, które nosiło ślady ich wysiłków w całym swoim wnętrzu. Tranzystor mocy został wymieniony, a duże elementy układu zasilania przelutowane. Inne lutowane miejsca sugerowały, że rezystory w zepsutym kanale i niedaleko niego zostały wydobyte i przetestowane. Skupiano się najwyraźniej na sekcji wyjściowej, która w amplitunerach bardzo często ulega uszkodzeniu, i do niej większość fachowców kieruje swe pierwsze spojrzenie. Niby logiczne, ale tym razem nie przyniosło żadnych pozytywnych efektów.

Dzięki działającemu kanałowi nie skierowałem się do zasilacza. Inni naprawiający wymienili tranzystor wyjściowy, więc jego także nie sprawdzałem. Zamiast tego przytknąłem sondę oscyloskopu do linii sygnału dochodzącej do sekcji wyjściowej. Okazało się, że nie ma tam sygnału audio, czyli że problem zaczynał się dużo wcześniej, gdzieś na łańcuchu prowadzącym do sekcji wejściowych. To oznaczało, że wszyscy polowali w niewłaściwym miejscu!

Przyjrzałem się bliżej kilku niskosygnałowym tranzystorom i prześledziłem ich połączenia między sekcjami. Niektóre wzmacniacze są sprzężone pojemnościowo (między poszczególnymi sekcjami znajduje się kondensator), natomiast inne bezpośrednio lub rezystancyjnie. Ten drugi sposób jest także nazywany „DC coupling” (sprzężenie stałoprądowe), gdyż napięcie z jednej sekcji zostaje przepuszczone do następnej. Taki układ jest trudniejszy do zaprojektowania, lecz daje wyśmienity dźwięk. W taki sposób jest zbudowana większość dobrego sprzętu audio i w moim urządzeniu też spodziewałem się znaleźć ten rodzaj układu.

Jak się domyślałem, między sekcjami były rezystory i żadnych kondensatorów. Dlatego napięcie stałe z jednej sekcji wpływało na pracę kolejnych. Gdzieś z tyłu głowy błysnęło mi małe światełko, lecz do wyciągnięcia jakichkolwiek wniosków potrzebowałem jeszcze kilku pomiarów.

Cofnąłem się aż do pierwszej sekcji, śledząc sygnał od wejściowego gniazda jack, przez przełączniki wyboru sygnału, aż do płytki wzmacniacza. Miałem dobry kanał jako punkt odniesienia, więc podłączyłem do obu stron ten sam sygnał audio za pomocą rozgałęźnika. Ustawiłem oscyloskop na wyświetlanie dwóch kanałów, wybrałem ten sam zakres napięcia i porównałem wyjścia pierwszych sekcji obu kanałów. Wydały się identyczne. Ten sam poziom sygnału, jednakowe napięcie. Przeniosłem się do następnej fazy. Mimo że oba miały podłączony ten sam sygnał audio, dobry kanał pokazywał na wyjściu 1 V napięcia stałego, natomiast zły tylko 0,5 V. Hm... czy taka niewielka różnica ma jakieś znaczenie? Marne pół wolta? We wzmacniaczu połączonym bezpośrednio na pewno ma! Tranzystor potrzebuje „polaryzacji”, czyli niewielkiego napięcia na bazie (jednej z końcówek), które utrzymuje go w stanie włączenia. Niewystarczające napięcie zupełnie go wyłącza i nie przepuszcza żadnego sygnału. Sprawdziłem następną sekcję złego kanału — jej wyjście było głuche. Tylko smutna, płaska linia na ekranie oscyloskopu. Bez odpowiedniej polaryzacji sekcja była zupełnie odcięta. Na tym polegał problem! Tylko jaka była jego przyczyna?

Wróciłem do sekcji z niższym stałym napięciem na wyjściu i sprawdziłem napięcia na pozostałych końcówkach tranzystora. Były identyczne, jak w dobrym kanale. Tylko wyjście było inne. Najprawdopodobniej więc tranzystor zbyt mocno obniżał napięcie. Inaczej mówiąc, zły tranzystor. Tajemnicze zachowanie sprzętu miało przyczynę wartości złotówki, a cały serwis okazał się bezradny, gdyż był to nietypowy problem. Wrzuciłem nowy tranzystor i voilà! Kanał odżył i zaczął idealnie pracować. Dla pewności sprawdziłem jeszcze poziomy na wyjściach poprzednio martwych sekcji. Zarówno sygnał, jak i napięcie stałe były takie same jak w dobrym kanale. Sprawa zamknięta. Oczywiście przez godzinę wykonywałem ZWiS, żeby upewnić się, że urządzenie się nie przegrzewa i nie wykazuje żadnych innych problemów. W efekcie kilku fachowców z tego serwisu otworzyło bezwiednie usta, a ja dostałem ofertę pracy na pełen etat. Ostatecznie się na to nie zdecydowałem, lecz przygoda sprawiła, że poczułem się jak Sherlock Holmes rozwiązujący skomplikowaną zbrodnię. Brakowało mi jedynie fajki i brytyjskiego akcentu. „To elementarne, drogi Watsonie!”

## Milczące fale krótkie

Znajomy przyniósł mi kupiony za grosze odbiornik, o którym wiedział, że nie działa, ale strasznie chciał go mieć, gdyż zawsze marzył o tym trudnym do zdobycia modelu. Był to jeden z lepszych strojonych cyfrowo odbiorników fal krótkich, ale ich nie odbierał. Nie padł jednak zupełnie, gdyż wyświetlacz się uruchamiał, a z głośników dochodziło lekkie syczenie. Logiczny umyśle, pobudka! Gdzie powinienem zacząć?

Na początek sprawdziłem pozostałe zakresy. AM, nic. Fale krótkie, to samo. FM... hej, FM działał! Świetna wiadomość. FM działa na znacznie wyższych częstotliwościach i korzysta z innego rodzaju sygnału niż AM i fale krótkie (które także są AM), dlatego wszystkie wielozakresowe radia mają oddzielne sekcje odbierające sygnał FM. Tutaj ta sekcja najwyraźniej działała. Sekcje audio i kilka innych były wspólne, więc działające FM potwierdziło przy okazji sprawność regulacji zasilania, sterowania cyfrowego i sekcji wzmacniania dźwięku. Problem musiał tkwić w sekcjach zajmujących się falami o częstotliwości radiowej lub pośredniej, które jednocześnie przetwarzały także fale AM, albo w cyfrowym synteźniku częstotliwości, który kontrolował strojenie.

Zakres FM działał, więc odrzuciłem synteźnik częstotliwości. Być może miał jakieś problemy, ale nie był podejrzanym numer jeden. Spójrzmy bliżej. Synteźnik generuje sygnał oscylatora, który miesza się z sygnałem przychodzącym z anteny i daje w efekcie sygnał częstotliwości pośredniej, który jest z kolei wzmocniony przez sekcje częstotliwości pośrednich. Następnie, w dobrych odbiornikach, takich jak ten, sygnał zostaje zmieszany z drugim generatorem, o stałej częstotliwości, aby uzyskać sygnał o niższej częstotliwości pośredniej, który przechodzi przez kolejną sekcję wzmacniania, po czym zostaje zamieniony na sygnał dźwiękowy.

Problem mógł tkwić w dowolnym miejscu tego łańcucha, lecz przypomniałem sobie, żeby sprawdzić generator stałej częstotliwości zwany **drugim generatorem lokalnym**. W latach siedemdziesiątych, gdy pracowałem w dziale napraw dużej sieci sprzedaży elektroniki konsumenckiej, przychodziła do nas masa urządzeń CB radio, w których nie działał odbiornik z powodu serii wadliwych rezonatorów kwarcowych. Naprawialiśmy je w sekundę, nie poświęcając im zbyt dużo refleksji, gdyż za każdym razem miały ten sam problem. Przez moje ręce przeszło ich tak wiele, że problem zepsutego drugiego rezonatora wyrwał mi się w umyśle. Spojrzałem na rezonator z tego odbiornika i dotknąłem każdej końcówki sondą oscyloskopu, oczekując pięknej sinusoidy o amplitudzie kilku woltów. Nic. Rezonator **nie** działał. Aha!

Czasem słabe kwarcie można zmusić do działania, dodając pojemność do jednego z końców, co zwiększa spadek napięcia na kwarcu ze względu na dodatkowy ładunek i wymusza nieco intensywniejszą oscylację. Dotknąłem palcem kolejno każdej końcówki kwarcu, jednocześnie dotykając drugim palcem uziemienia obwodu, czyli metalowej osłony. W ten sposób moja ręka stała się kondensatorem. To było niskonapięciowe urządzenie na baterie, więc mogłem tak bezpiecznie zrobić. Pierwsza próba i nic. Druga i bum! Radio wróciło do życia, a w głośnikach pojawiła się krystalicznie czysta audycja BBC nadawana tysiące kilometrów ode mnie. Oderwałem palce i w pomieszczeniu znowu zapadła cisza. No tak, uszkodzony kwarc, a ten konkretny trzeba było zamawiać w Japonii. Przelutowałem go na wypadek zimnego lutu, ale nic to nie dało. Spojrzałem na posępny wyraz twarzy znajomego,



który martwił się, że część trzeba nabyć na drugim końcu świata, co odwekłoby naprawę o kilka miesięcy. Postanowiłem wziąć szkło powiększające i przyjrzeć się bliżej elementom z otoczenia. Dostrzegłem malutki montowany powierzchniowo kondensator podłączony jednym końcem do kwarcu, a drugim do masy, który zasadniczo wykonywał podobną funkcję jak mój palec. Lut wydał mi się okrutnie matowy. Przelutowałem go i radio zaczęło grać na całego. „Tu Londyn. Przedstawiamy wiadomości...”. Koszt: zero złotych. Uśmiech szczęścia na twarzy znajomego: bezcenny.

## Skonany projektor

Co powiesz na fajny projektor DLP o wysokiej rozdzielczości i mało zużytej lampie za równowartość 80 złotych? Bierzesz bez zastanowienia, prawda? Och, jest tylko jeden drobny minus: nie działa!

Wziąłem to чудо z ogłoszenia na portalu Craigslist, ponieważ na podstawie historii tego uszkodzenia wiedziałem dokładnie, co się stało, nawet go nie oglądając. Właściciel powiedział mi, że urządzenie zaczęło się od czasu do czasu wyłączać i coraz trudniej było je uruchomić. W końcu w ogóle przestało reagować. Jaki mógł być powód takiego zachowania? Oczywiście, nie mogło chodzić o uszkodzoną część. Zgadłeś: klasyczny wadliwy kondensator elektrolityczny. Wręcz widziałem w wyobraźni jego nabrzmiałe denko. Uznałem, że to będzie kondensator na wyjściu wewnętrznego zasilacza impulsowego, przypuszczalnie w pobliżu wyjścia napięcia stałego na płycie.

Gdy otrzymałem przesyłkę, otworzyłem obudowę i znalazłem kondensator, dokładnie taki, jak sobie wyobraziłem, z wyrzuszonym denkiem. Był nawet tam, **gdzie** się go spodziewałem. Wymieniłem go na dokładny odpowiednik z jednej z moich płytek z częściami (fragment zasilacza z komputera). Odpaliłem projektor i zadziałał, wyświetlając ostry, jasny obraz.

Po przeprowadzeniu gruntownego ZWiS-u sprawdziłem ten model w internecie i znalazłem mnóstwo skarg na ten sam problem wraz z różnymi diagnozami, wśród których było kilka szalonych domysłów oraz poprawna odpowiedź. Budowa układu sprawiała, że napięcie zasilania było podłączone przez cały czas i obciążało ten konkretny kondensator, który padał po kilku latach niezależnie od częstotliwości używania sprzętu. Wyłączam swój z gniazdka, gdy z niego nie korzystam, więc powinien służyć mi przez długi czas.

Masz coś lepszego niż projektor za 80 złotych? **Dlatego** właśnie, Drogi Czytelniku, serwisowanie elektroniki jest nie tylko zabawne, lecz także niewiarygodnie ekonomiczne.

## Karabinowy odtwarzacz maszynowy

Ten odtwarzacz DVD wydobylem ze stosu odrzutów w serwisie, w którym pracowałem na część etatu. Było to urządzenie jednej z lepszych marek, które zostało oddane na gwarancji, lecz nikt nie potrafił go naprawić, więc wymieniono je na nowe, a stare zatrzymano na części. Odtwarzacz miał pięciocalowy ekran panoramiczny i wyglądał całkiem przyjemnie. Szkoda było go wyrzucać. Właściciel serwisu stwierdził, że mogę go sobie wziąć, więc tak zrobiłem. Nie miałem pojęcia, co mogło być uszkodzone, lecz cena była kusząca.

Odtwarzacz wydawał się nietknięty, więc podłączyłem swój zasilacz i wcisnąłem przycisk. Ekran się rozjaśnił, a mechanizm zaczął natychmiast wydawać dźwięki niczym karabin maszynowy! Szybko odłączyłem zasilanie, gdyż wiedziałem, co oznacza ten strzelający dźwięk.

W odtwarzaczach płyt optycznych stosuje się przełączniki listkowe, które informują głowicę lasera o tym, że dotarła do pozycji startowej w środku płyty i powinna rozpocząć sekwencję startową inicjującą odtwarzanie dysku. „Seria strzałów” była wyraźną wskazówką, że mikroprocesor nie otrzymywał informacji, iż głowica osiągnęła swój mechaniczny limit. Urządzenie bez końca uruchamiało swój silnik przesuwu, trąc plastikowe zębátky jedna o drugą, aż do zupełnego zderzenia. Wyobrażałem sobie bezżębny bałagan, jaki panowałby w środku, gdybym zostawił je włączone na długo. Brr!

Po otwarciu obudowy zacząłem szukać typowego układu z przełącznikiem listkowym, lecz go nie znalazłem! Czyżby ten model miał czujniki optyczne? Niestety, po nich też nie było śladu. Delikatnie skręciłem konstrukcję silnika przesuwu i odsunąłem głowicę z pozycji startowej, lecz wciąż nie umiałem znaleźć przełącznika. W końcu zdemontowałem całe wrzeciono i znalazłem, malutki przełącznik ukryty był pod silnikiem napędu płyty. Wyglądał na sprawny. Dlaczego nie był uszkodzony? A może był, tylko jego sygnał z jakiegoś powodu nie docierał do mikroprocesora? A może to mikroprocesor był uszkodzony...

Zmusiłem się do zejścia ze ścieżki nieokreślonej wyobraźni i powrotu do faktów. Najprostsze wyjaśnienie było takie, że przełącznik był zbyt słabo naciskany i dlatego nie działał. Odłączyłem jeden koniec przełącznika i wpiąłem go do miernika. Czekałem na zmianę rezystancji od nieskończoności (przerwa w obwodzie) do niemal zera (zamknięty obwód), powoli obracając silnik, aby przesunął głowicę w stronę przełącznika. Głowica dotarła do swojego mechanicznego limitu i nie mogła przesunąć się ani milimetr dalej, lecz przełącznik się nie zamknął. A więc na tym polegał problem.

Po odsunięciu głowicy zobaczyłem przyczynę. Była tak głupia, że trudno mi było sobie wyobrazić, iż nikt na nią nie wpadł. Małe metalowe ramię na głowicy lasera, którego zadaniem było aktywowanie przełącznika, zostało zagięte — nieznacznie, lecz wystarczająco, aby nie przyciskało przełącznika odpowiednio mocno. Odgiąłem je równie delikatnie i miałem odtwarzacz DVD! No prawie. Niestety, trzy małe śrubki trzymające mechanizm wrzeciona służyły jednocześnie do regulowania pionowego ustawienia dysku względem lasera, przesuwającego się po całym promieniu, a ja musiałem odkręcić te trzy śrubki, żeby usunąć wrzeciono. Jakikolwiek znaczące odchylenie sprawiłoby, że wiązka lasera po odbiciu nie trafiłaby w środek głowicy lasera, czego skutkiem byłyby kłopoty z trafieniem w ścieżkę i przeskakiwanie. A śrubki były niewyregulowane. Znalazłem odpowiedni punkt testowy, służący do obserwowania sygnału wyjściowego głowicy (w rozdziale 15. dowiesz się, jak to zrobić), podłączyłem oscyloskop i ustawiłem wiązkę, starannie regulując te trzy śrubki, aż uzyskałem poprawny sygnał w każdym miejscu dysku. Ale to, że byłem zmuszony do naruszenia niezwykle ważnej regulacji, aby dostać się do przełącznika listkowego, było naprawdę dziwnym pomysłem konstrukcyjnym!

Nie wspomnę nazwy producenta, lecz widziałem liche metalowe części także w innych jego produktach, więc znalezienie takiej w moim odtwarzaczu nie było zbyt zaskakujące. To konkretne urządzenie z czasem zaczęło mieć zadziwiający chroniczny problem z taśmą

podłączoną do silnika obracającego dyskiem. Skutkiem problemu były zbyt niskie obroty, komunikat o błędzie i niemożność odtworzenia płyty. Czyściłem kontakty taśmy i wkładałem złącze do płytki drukowanej, lecz urządzenie po kilku miesiącach normalnej pracy znowu zaczynało wariować. W końcu sprawdziłem drugi koniec taśmy, który wyglądał dobrze, lecz stanowił źródło problemu. Poruszałem nim nieznacznie przy korygowaniu drugiego końca, co uaktywniało połączenie na jakiś krótki czas. Przeczyściłem i podłączyłem złącze przy silniku, a odtwarzacz pracuje do dziś. Kolejna rozwiązana tajemnica, kolejna lekcja o tym, aby nigdy niczego nie zakładać, a także kolejny fajny gratis.



# Skorowidz

## A

akumulatorki litowe, 311  
aliasing, 39  
alkohol, 49  
amper, 96  
amplitunery, *Patrz także*  
  wzmacniacze  
analizator  
  logiczny, 59  
  widma, 59  
aparat cyfrowy, 51, 325  
  działanie, 325  
  naprawa, 326, 327  
  zagrożenia, 326  
astygmatyzm, 121

## B

badanie wstępne, 84, 86  
bateria podtrzymująca, 262  
baterie alkaliczne, 83  
bezpieczeństwo, 61  
bezpieczniki, 168  
  oznaczenia, 169  
  testowanie poza układem,  
  169  
  zastosowania, 169  
bezpółśrednia synteza cyfrowa,  
  105  
BGA, Ball Grid Array, 349

blok wzmacniacza, 205  
bloki  
  częstotliwości pośredniej,  
  218  
  układów, 102  
błędne koło, 76  
błędy, 293

## C

cząłki, 47  
CCD, Charge-Coupled  
  Device, 325  
cewka, 97, 170, 247  
chemikalia, 48  
Chip Quik, 46  
ciśnienie elektryczne, 96  
cyfrowy  
  procesor światła, 379  
  syntezator częstotliwości,  
  104  
cykl, 100  
cyna, 44  
czas  
  narastania, 100  
  opadania, 100  
częstotliwość, 97, 100  
  odniesienia, 153  
czułość wejścia pionowego,  
  123  
czyszczenie połączeń, 48, 155

## D

DDS, Direct Digital Synthesis,  
  105  
diagnozowanie, 259, 271  
  zwarć, 114  
dioda, 165, 281  
  prostownicza, 57  
  Zenera, 66, 193, 286  
  oznaczenia, 194  
  testowanie poza  
  układem, 195  
  zastosowania, 194  
diody  
  oznaczenia, 165  
  testowanie poza układem,  
  167  
  zastosowania, 166  
DLP, Digital Light Processor,  
  379  
dobieranie komponentów, 279  
dostęp do układu, *Patrz także*  
  otwieranie zamkniętego  
  sprzętu  
dysk twardy, 346  
  działanie, 346  
  naprawa, 347  
  usterki, 346

**E**

ekran oscyloskopu, 121  
 elektret, 304  
 elektronika samochodowa,  
 301  
 elektryczność, 95  
 elementy  
 elektroniczne, 57  
 montowane  
 powierzchniowo, 278  
 przewlekane, 276  
 wrażliwe, 301  
 ESR, Equivalent Series  
 Resistance, 35, 113

**F**

fale krótkie, 90  
 front end, 103

**G**

generator, 104  
 kwarcowy, 164  
 generator sygnałów, 52,  
 152  
 głowica obrotowa, 255

**H**

herc, 97

**I**

IF, Intermediate Frequency,  
 218  
 imadło, 55  
 impedancja, 97  
 indukcyjność, 97  
 instalowanie nowych  
 elementów, 287  
 inteligentna bateria, 350  
 inwerter podświetlenia  
 ekranu, 249

**J**

jasność, 121

**K**

kalibracja sondy, 122  
 kamera na taśmę, 369  
 katalogi papierowe, 56  
 klatki kluczowe, 370  
 klej cyjanoakrylowy, 56  
 kleszyczki chirurgiczne, 47  
 koło zamachowe wałka, 255  
 kombinerki, 47  
 kondensatory, 83, 97, 158,  
 280  
 ceramiczne, 160  
 elektrolityczne, 160  
 filtrujące, 99  
 foliowe, 160  
 nastawne, 160, 161  
 odsprzęgające, 99  
 oznaczenia, 158  
 sprzęgające, 127  
 tantalowe, 160, 161  
 testowanie poza układem,  
 162  
 zastosowania, 160  
 konfiguracja  
 komplementarna, 103  
 kość LSI, 349  
 kubeczki, 50, 297

**L**

lampka Trigger Lock, 131  
 laptop, 348  
 działanie, 349  
 inne problemy, 357  
 naprawa, 351, 352  
 problemy  
 z ekranem, 354  
 z ładowaniem, 353  
 z napędem, 357  
 usterki, 349  
 zagrożenia, 351  
 zawieszenia, 353

laser, 334  
 LCD, 342  
 liniowość, 102  
 LSI, Large Scale  
 of Integration, 291  
 lupa, 48  
 lutownica, 42, 142  
 do roztopienia plastiku,  
 43, 299

**M**

magnes na pręcie, 55  
 magnetowid, 369  
 czyszczenie, 376  
 naprawa, 372, 373  
 problemy ze śledzeniem  
 ścieżek, 377  
 usterki, 372  
 zablokowana taśma, 373  
 zagrożenia, 373  
 masa, 62  
 matryce CCD, 325  
 mechanizmy, 254  
 miejsce pracy, 32  
 miernik  
 analogowy, 53, 154  
 cyfrowy, 34, 107  
 napięcie stałe, 108  
 napięcie zmienne, 109  
 prąd stały, 111  
 przejście, 111  
 rezystancja, 110  
 testowanie diody, 112  
 częstotliwości, 52, 152  
 ESR, 35, 36, 113  
 diagnozowanie zwarców,  
 114  
 indukcyjności, 58  
 pojemności, 52, 151  
 mikrofon pojemnościowy, 303  
 mikroprocesor, 306  
 mikroskop stereoskopowy, 54  
 modulacja szerokości  
 impulsów, 100

montaż  
 nowych elementów, 278  
 powierzchniowy, 288  
 przewlekany, 287  
 w odwrotnej kolejności,  
 293  
 mostek H, 221

## N

naciąganie danych, 76  
 nafta, 49  
 nagrywarka płyt, 328  
 działanie, 328  
 naprawa, 330, 331  
 usterki, 329  
 zagrożenia, 331  
 napięcie, 149  
 Zenera, 66  
 zmienne, 211  
 naprawianie, 29  
 narzędzia, 31  
 do odlutowywania, 145  
 lutownicze, 42  
 ręczne, 46  
 nasycenie, 104  
 niebezpieczne punkty, 254  
 numery referencyjne, 202

## O

obciążenie, 102  
 obcinanie, 103  
 obrażenia fizyczne, 64  
 obrót, 122  
 obwiednia, 39  
 obwód, 98  
 odbiornik niestereofoniczny,  
 88  
 odcięcie, 104  
 odczepianie taśm, 232  
 odkręcanie zewnętrznych  
 śrubek, 230  
 odlutowywanie, 145  
 odsysacz, 146  
 sprężynowy, 46  
 z gruszką, 45  
 odsysanie cyny, 145

odtworacz  
 DVD, 91, 220, 328  
 mp3, 220, 328, 359  
 działanie, 359  
 naprawa, 360  
 olbrzymie mapy, 216  
 om, 96  
 oscylator, 104  
 oscyloskop, 36, 115  
 analogowy, 37, 40  
 analogowy z pamięcią, 41  
 cyfrowy, 38, 140  
 czułość wejścia  
 pionowego, 123  
 mnożnik opóźnionej  
 podstawy czasu, 138  
 ograniczenie zakresu  
 częstotliwościowego, 129  
 opóźniona podstawa  
 czasu, 136  
 podstawa czasu, 135  
 pokrętła kursorów, 139  
 poziom, 133  
 pozycja pionowa, 129  
 Pull X10, 135  
 regulacja ekranu, 121  
 sprzężenie, 132  
 sprzężenie wejścia, 125  
 start after delay, 138  
 tryb  
 Alternate, 130  
 Chop, 130  
 odchylenia pionowego,  
 129  
 przemiatania, 134  
 wyświetlania w poziomie,  
 136  
 X-Y, 131  
 ustawienia  
 ekranu, 117  
 opóźnionej podstawy  
 czasu, 135  
 pionowe, 118, 122  
 poziome, 119, 134  
 wyzwalań, 120, 131  
 wstrzymanie, 134  
 wyświetlanie sygnału, 121  
 zбочe, 133

zmienny czas, 135  
 źródło, 132  
 osłonki termokurczliwe, 50  
 ostrość, 121  
 otwieranie zamkniętego  
 sprzętu, 234  
 aparaty cyfrowe, 240  
 gramofony, 235  
 kamery, 239  
 laptopy, 241  
 magnetowidy, 234  
 monitory LCD, 234  
 odtwarzacze CD i DVD,  
 234, 237  
 palmtopy, 238  
 projektory, 235  
 przenośne odtwarzacze  
 DVD, 236  
 smartfony, 238  
 tablety, 238  
 telewizory, 234  
 tunery, 234  
 wzmacniacze, 234  
 zasilacze sieciowe, 242

## P

paleczki kosmetyczne, 48  
 pasek elastomeryczny, 309  
 pasta termoprzewodząca, 49  
 pętla synchronizacji fazowej,  
 104  
 pilot, 361  
 działanie, 361  
 naprawa, 362  
 usterki, 361  
 pistolet do klejenia na gorąco,  
 55  
 plazma, 341  
 plecionka do usuwania cyny,  
 45, 145  
 PLL, Phase Locked Loop, 104  
 płytka sekcji zasilania, 248  
 płytki  
 montażowe, 275  
 z elementami, 58  
 podłączanie taśm, 296  
 podświetlenie skali, 122

- pojemność, 97
  - polaryzatory, 380
  - połączenia, 78
    - lutowane, 79
    - równoległe, 98
    - szeregowe, 98
  - pomyłki, 75
  - porażenie prądem, 61
  - port USB, 86
  - potencjometri, 180
    - oznaczenia, 181
    - testowanie poza układem, 182
    - zastosowania, 181
  - prawo Ohma, 96
  - prąd, 150
    - stały, 97
    - zmienny, 97
  - problemy
    - niskosygnałowe, 324
      - z balastem, 384
      - z blokadą płyty, 332
      - z blokami wyjściowymi, 323
      - z ekranem, 354
      - z kołem barw, 386
      - z lampą, 383
      - z laserem, 334
      - z ładowaniem, 353
      - z napędem, 357
      - z odtwarzaniem, 333
      - z przegrzewaniem, 385
      - z przetwarzaniem obrazu, 387
      - z tacką, 331
      - z tunelem światła, 386
      - z zasilaniem, 323
      - ze śledzeniem ścieżek, 377
  - projektor, 91, 379
    - DLP, 380
    - działanie, 379
    - krople na obrazie, 387
    - LCD, 379
    - linie na panelu LCD, 387
    - naprawa, 381, 382
    - problemy
      - z balastem, 384
      - z kołem barw, 386
      - z lampą, 383
      - z przegrzewaniem, 385
      - z przetwarzaniem obrazu, 387
      - z tunelem światła, 386
    - usterki, 380
    - zagrożenia, 382
    - żółty obraz, 387
  - prostownik mostkowy, 58
  - próbkiwanie, 39
    - ekwiwalentne, 40
  - przebieg prostokątny, 100
  - przeciążenie
    - elektryczne, 80
    - fizyczne, 82
  - przedwzmacniacz, 304
  - przegrzewanie, 80
  - przełączniki, 182, 282
    - oznaczenia, 183
    - testowanie poza układem, 184
    - zastosowania, 183
  - przełączniki, 185
    - oznaczenia, 186
    - testowanie poza układem, 186
    - zastosowania, 186
  - presunięcie fazowe, 101
  - przetwarzanie sygnału, 251
  - przetwornik
    - analogowo-cyfrowy, 102
    - cyfrowo-analogowy, 217
  - przewody z zaciskami, 48
  - przyciski, 306, 307
  - przyrządy serwisowe, 107
  - punkty testowe sygnałów cyfrowych, 268
  - PWM, Pulse-Width Modulation, 100
- R**
- radio, 216
    - programowalne, 219
  - ratowanie płytek, 290
  - reaktancja, 97
  - regulacja, 75
  - regulatory, 105
  - rezonans, 103
  - rezonatory
    - ceramiczne, 162
    - kwarcowe, 162
    - oznaczenia, 163
    - testowanie poza układem, 163
    - zastosowania, 163
  - rezystancja, 96
  - rezystory, 176, 283
    - oznaczenia, 178
    - testowanie poza układem, 179
    - zastosowania, 179
  - rozdzielczość, 39
  - rozlutownica z pompką próżniową, 46
  - rozłączanie zatrząsków, 231
  - rozpoznawanie
    - głównych sekcji, 245
  - rozwiązywanie problemów, 71
  - rysunek płytki z elementami, 197, 199
- S**
- scalony generator kwarcowy, 164
  - schemat blokowy, 197, 198
    - superheterodyny, 217
  - schematy ideowe, 197
  - beznadziejne, 204
  - dobrze, 203
  - mikrofon pojemnościowy, 305
  - mostek H, 221
  - niezłe, 203
  - prosty zasilacz impulsowy, 213
  - superheterodyna AM, 219
  - wzmacniacz przeciwsobny, 214
  - zasilacz impulsowy, 210
  - sekcja
    - analogowego
      - przetwarzania sygnału, 252
    - sterowania cyfrowego, 252



sekcje  
 wejściowe, 250  
 wyjściowe, 253  
 selektywność odbiornika, 103  
 serwomechanizm, 101, 105  
 głowicy obrotowej, 370  
 przesuwu taśmy, 371  
 siatka, 117  
 silnik przesuwu, 256  
 siła elektromotoryczna, 96  
 sinusoida, 100  
 skanowanie helikalne, 369  
 składowa zmienna, 127  
 skręcanie, 299  
 słowniczek, 389  
 słuchawki przewodowe, 336  
 działanie, 337  
 naprawa, 337  
 zagrożenia, 338  
 smartfon, 366  
 części zamienne, 369  
 działanie, 366  
 naprawa, 367  
 zagrożenia, 367  
 spray, 48  
 chłodzący, 156  
 do czyszczenia styków, 155  
 zamrażający, 56  
 sprzężenie wejścia, 125  
 stabilizatory napięcia, 105, 191  
 oznaczenia, 193  
 testowanie poza układem,  
 193  
 zastosowania, 193  
 stacja lutownicza  
 BGA, 59  
 na gorące powietrze, 55,  
 147  
 stała czasowa, 207  
 styki, 155  
 superheterodyna, 218  
 sygnały, 99  
 analogowe, 99  
 cyfrowe, 101  
 komponentowe, 250  
 zespolone, 250  
 symbole komponentów, 200

syntezator częstotliwości, 104,  
 218  
 szukanie części, 289  
 szum fazowy, 105

## Ś

ścieżka optyczna, 383  
 śledzenie ścieżek, 259  
 śrubokręty, 46

## T

tablet, *Patrz* smartfon  
 taśma izolacyjna, 50  
 techniki diagnozowania, 271  
 masówka, 271  
 NDM, 273  
 uderzenie prądu, 272  
 telewizor, *Patrz* wyświetlacz  
 teoria  
 elektryczności, 95  
 obwodów, 98  
 sygnałów, 99  
 tester tranzystorów, 51, 150  
 testowanie diody, 112  
 tłumienie niskich  
 częstotliwości, 127  
 transformator, 97, 247, 248  
 separacyjny, 54  
 transformatory, 170  
 oznaczenia, 170  
 testowanie poza układem,  
 171  
 zastosowania, 171  
 tranzystor, 187, 284  
 polowy, 53  
 szeregowy, 105  
 tranzystory  
 oznaczenia, 188  
 testowanie poza układem,  
 190  
 we wzmacniaczu stereo,  
 253  
 zastosowania, 189  
 tyrystor, 212

## U

układy  
 rezonansowe, 103  
 scalone, 172  
 oznaczenia, 174  
 symbole, 173  
 testowanie poza  
 układem, 174  
 zastosowania, 174  
 ukrycie prawdziwego  
 problemu, 75  
 urządzenia, 72, 73  
 usuwanie cyny, 45  
 uszkodzenia, 75  
 elektryczne, 65  
 fizyczne, 67  
 uzwojenie  
 pierwotne, 207  
 wtórne, 207

## W

waraktor, 105, 250  
 warstwy, 233, 297  
 warsztat, 31  
 wat, 96  
 wolt, 96  
 woltomierz lampowy, 53  
 współczynnik wypełnienia,  
 100  
 wtórnik emiterowy, 102  
 wtyk koncentryczny, 147  
 wyciąganie wtyczek  
 przewodów, 233  
 wymiana elementów, 275  
 wyszukiwanie plamki, 122  
 wyświetlacz, 339  
 działanie, 339  
 LCD, 307, 342  
 naprawa, 341  
 plazma, 341  
 usterki, 340  
 zagrożenia, 341  
 wyświetlanie sygnału, 121

wzmacniacz, 320  
  częstotliwości pośrednich,  
  103  
  przeciwsobny, 213  
  operacyjny, 175  
  oznaczenia, 175  
  testowanie poza  
  układem, 176  
  zastosowania, 175  
  selektywny, 103  
wzmacniacze  
  działanie, 320  
  naprawa, 322, 323  
  usterki, 322  
  zagrożenia, 323  
wzmacnianie cyfrowe, 102,  
  321

## Z

zakup oscyloskopu, 41  
zamienniki, 280  
  diody, 281  
  diody Zenera, 286  
  kondensatory, 280  
  przełączniki, 282  
  rezystory, 283  
   tranzystory, 284  
zasada ZWiS, 69  
zasilacz, 51, 246  
  impulsowy, 54, 209, 317  
  działanie, 317  
  naprawa, 317, 318  
  zagrożenia, 318

liniowy, 313  
  działanie, 313  
  naprawa, 314  
  zagrożenia, 314  
zasilanie, 147  
zatrzaśki, 299  
zdjęcia, 233  
zimny lut, 142, 144  
zmiana polaryzacji, 97  
zmienna sygnału, 126  
zużycie mechaniczne, 78

# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY 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  
**Helion** 



## ELEKTRONIKA: ROMANS NA CAŁE ŻYCIE!

Producenci kuszą w reklamach, by wymieniać swoje urządzenia na najnowsze modele. Tymczasem o wiele tańsze i rozsądniejsze będzie naprawienie sprzętu, gdy tylko zaczniesz szwankować. Samodzielna naprawa urządzeń jest świetną zabawą! Co więcej — może stać się interesującym hobby, które daje wymierne korzyści ekonomiczne i... środowiskowe. Wystarczy zaopatrzyć się w kilka podstawowych narzędzi, zapewnić sobie odpowiednie miejsce i pamiętać o zasadach bezpieczeństwa. Natomiast wiedzy, jak zabrać się do naprawy sprzętu elektronicznego, dostarczy właśnie ta książka!

To drugie, poszerzone i uzupełnione wydanie przewodnika dla nieelektroników, którzy chcą nauczyć się naprawiać urządzenia elektroniczne. Dzięki lekturze zrozumiesz podstawy współczesnej elektroniki i nauczysz się trafnie diagnozować przyczyny usterek. Dowiesz się, jak rozwiązywać problemy występujące w najnowszych gadżetach i sprzęcie samochodowym, zagłębisz się w temat płaskich ekranów ciekłokrystalicznych oraz poznasz techniki i nawyki serwisowe dotyczące między innymi mikrofonów pojemnościowych, baterii litowych, zestawów słuchawkowych i pilotów. Dowiesz się, jak rozebrać urządzenie, uchwycić problem, wymienić właściwe elementy i poskładać obudowę. Na końcu znajdziesz porady i triki pomocne w radzeniu sobie z konkretnymi produktami, takimi jak odtwarzacze płyt optycznych, wzmacniacze i urządzenia do rejestrowania filmów na taśmie.

### W tej książce między innymi:

- przygotowanie warsztatu pracy oraz zapewnienie bezpieczeństwa
- zasady działania elektroniki i przyczyny usterek
- typowe objawy problemów
- korzystanie z przyrządów pomiarowych, ze schematów i z rysunków
- rozbieranie urządzeń i analiza obwodów
- techniki napraw i przywracania właściwych połączeń

## MICHAEL JAY GEIER

już jako ośmiolatek prowadził lokalny serwis elektroniczny. Szybko został specjalistą do spraw kryzysowych — rozwiązywał problemy, których (podobno) nie dało się rozwiązać. Brał udział w pracach nad komputerowymi systemami syntezy mowy dla dzieci z porażeniem mózgowym. Publikował w „Electronic Engineering Times”, „Desktop Engineering”, „IEEE Spectrum”, „The Envisioning Newsletter”, „73 Amateur Radio Today” oraz „Radio Fun”.

**Helion**  
helion.pl  
HELION SA  
ul. Kościuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
helion@helion.pl

Sprawdź nasze szkolenia!  
SZKOLENIA  
AKADEMIA IT & BUSINESS  
WWW.SZKOLENIA.HELION.PL

KOD KORZYŚCI  
Sięgnij po więcej! ▶  
ISBN 978-83-283-5712-9  
9 788328 357129  
Cena: 49,00 zł