

## Michael Jay Geier

Tytuł oryginału: How to Diagnose and Fix Everything Electronic, 1/e

Tłumaczenie: Marcin Machnik

ISBN: 978-83-246-5074-3

Original edition copyright © 2011 by The McGraw-Hill Companies.  
All rights reserved.

Polish edition copyright © 2013 by Helion S.A.  
All rights reserved.

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

Wydawnictwo HELION  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](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/janase>

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 elektronika to niezła 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 .....                                                | 31        |
| Miernik cyfrowy .....                                                    | 34        |
| Oscyloskop .....                                                         | 35        |
| Zakup oscyloskopu .....                                                  | 40        |
| Lutownica .....                                                          | 41        |
| Lutownica do roztapiania plastiku .....                                  | 42        |
| Cyna .....                                                               | 43        |
| Przrządy do usuwania cyny .....                                          | 43        |
| Drobne narzędzia ręczne .....                                            | 45        |
| Lupa .....                                                               | 46        |
| Przewody z zaciskami .....                                               | 47        |
| Pałeczki kosmetyczne .....                                               | 47        |
| Spray do czyszczenia połączeń .....                                      | 47        |
| Alkohol .....                                                            | 47        |
| Nafta .....                                                              | 48        |
| Pasta termoprzewodząca .....                                             | 48        |
| Osłonki termokurczliwe .....                                             | 48        |
| Taśma izolacyjna .....                                                   | 49        |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Kubeczki .....                                      | 49 |
| Dostęp do internetu .....                           | 49 |
| Co jeszcze warto mieć? .....                        | 49 |
| Aparat cyfrowy .....                                | 49 |
| Zasilacz .....                                      | 50 |
| Tester tranzystorów .....                           | 50 |
| Miernik pojemności .....                            | 50 |
| Generator sygnałów .....                            | 51 |
| Miernik częstotliwości .....                        | 51 |
| Miernik analogowy .....                             | 52 |
| Transformator separacyjny .....                     | 53 |
| Mikroskop stereoskopowy .....                       | 53 |
| Imadło .....                                        | 54 |
| Pistolet do klejenia na gorąco .....                | 54 |
| Magnes na pręcie .....                              | 54 |
| Klej cyjanoakrylowy .....                           | 54 |
| Spray zamrażający .....                             | 55 |
| Katalogi papierowe .....                            | 55 |
| Elementy elektroniczne .....                        | 55 |
| Stare płytki z elementami .....                     | 56 |
| Lista życzeń .....                                  | 57 |
| Miernik indukcyjności .....                         | 57 |
| Analizator logiczny .....                           | 57 |
| Stacja lutownicza do montażu powierzchniowego ..... | 57 |
| Analizator widma .....                              | 58 |

### **ROZDZIAŁ 3. Uwaga, napięcie, czyli jak zachować bezpieczeństwo ..... 59**

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Porażenie prądem .....                                | 59 |
| Obrażenia fizyczne .....                              | 62 |
| Twoja kolej .....                                     | 63 |
| Uszkodzenia elektryczne .....                         | 63 |
| Uszkodzenia fizyczne .....                            | 65 |
| Naprawiłeś! Ale czy urządzenie jest bezpieczne? ..... | 66 |

### **ROZDZIAŁ 4. Naprawiam, więc jestem, czyli filozofia rozwiązywania problemów ..... 69**

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Dlaczego urządzenia w ogóle działają? .....         | 70 |
| Urządzenie jako dzieło sztuki .....                 | 71 |
| Gdyby tylko urządzenia miały mózg .....             | 71 |
| Dobry, zły i niechlujny .....                       | 72 |
| Pomyłki początkujących .....                        | 73 |
| Regulacja w celu ukrycia prawdziwego problemu ..... | 73 |
| Naciąganie danych, aby pasowały do teorii .....     | 74 |
| Błędne koło .....                                   | 74 |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tak to już jest .....                                                    | 74 |
| Śmiertelność poporodowa .....                                            | 75 |
| Zużycie mechaniczne .....                                                | 76 |
| Połączenia .....                                                         | 76 |
| Połączenia lutowane .....                                                | 77 |
| Przegrzewanie .....                                                      | 78 |
| Przeciążenie elektryczne .....                                           | 78 |
| Przeciążenie fizyczne .....                                              | 80 |
| Wielki skandal kondensatorowy .....                                      | 81 |
| Lekcja historii .....                                                    | 82 |
| Proszę wysunąć port USB i powiedzieć: „Aaa”, czyli badanie wstępne ..... | 84 |
| Rusz mózgownicą .....                                                    | 86 |

## **ROZDZIAŁ 5. Z czym to się je, czyli ważne terminy, teorie i bloki układów ..... 91**

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Teoria elektryczności ..... | 91 |
| Teoria obwodów .....        | 94 |
| Teoria sygnałów .....       | 95 |
| Bloki układów .....         | 99 |

## **ROZDZIAŁ 6. Opanuj swoją broń, czyli jak korzystać z przyrządów serwisowych ..... 103**

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Miernik cyfrowy .....              | 103 |
| Cechy ogólne .....                 | 104 |
| Napięcie stałe .....               | 104 |
| Napięcie zmienne .....             | 105 |
| Rezystancja .....                  | 106 |
| Przejście .....                    | 107 |
| Prąd stały .....                   | 107 |
| Testowanie diody .....             | 108 |
| Oscyloskop .....                   | 109 |
| Cechy ogólne .....                 | 109 |
| Ustawienia ekranu .....            | 110 |
| Ustawienia pionowe .....           | 111 |
| Ustawienia poziome .....           | 111 |
| Ustawienia wyzwalań .....          | 111 |
| Wyświetlanie sygnału .....         | 112 |
| Po co są te wszystkie gałki? ..... | 112 |
| Oscyloskop cyfrowy — różnice ..... | 131 |
| Lutownica .....                    | 132 |
| Narzędzia do odlutowywania .....   | 136 |
| Plecionka do odsysania cyny .....  | 136 |
| Odsysacz .....                     | 136 |
| Stacje robocze .....               | 137 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Zasilanie .....                   | 137 |
| Sposób połączenia .....           | 137 |
| Napięcie .....                    | 139 |
| Prąd .....                        | 140 |
| Tester tranzystorów .....         | 140 |
| Miernik pojemności .....          | 141 |
| Generator sygnałów .....          | 142 |
| Miernik częstotliwości .....      | 142 |
| Miernik analogowy .....           | 144 |
| Spray do czyszczenia styków ..... | 145 |
| Spray chłodzący .....             | 146 |

## **ROZDZIAŁ 7. Z czego zrobione są te cudenka, czyli opowieść o elementach elektronicznych ..... 147**

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| Kondensatory .....                     | 147 |
| Oznaczenia .....                       | 148 |
| Zastosowania .....                     | 149 |
| Co je zabija? .....                    | 150 |
| Testowanie poza układem .....          | 151 |
| Rezonatory kwarcowe i ceramiczne ..... | 151 |
| Oznaczenia .....                       | 152 |
| Zastosowania .....                     | 152 |
| Co je zabija? .....                    | 152 |
| Testowanie poza układem .....          | 153 |
| Scalony generator kwarcowy .....       | 153 |
| Oznaczenia .....                       | 154 |
| Zastosowania .....                     | 154 |
| Co je zabija? .....                    | 154 |
| Testowanie poza układem .....          | 154 |
| Diody .....                            | 154 |
| Oznaczenia .....                       | 155 |
| Zastosowania .....                     | 156 |
| Co je zabija? .....                    | 156 |
| Testowanie poza układem .....          | 156 |
| Bezpieczniki .....                     | 156 |
| Oznaczenia .....                       | 157 |
| Zastosowania .....                     | 158 |
| Co je zabija? .....                    | 158 |
| Testowanie poza układem .....          | 158 |
| Cewki i transformatory .....           | 158 |
| Oznaczenia .....                       | 159 |
| Zastosowania .....                     | 159 |
| Co je zabija? .....                    | 160 |
| Testowanie poza układem .....          | 160 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Układy scalone .....          | 160 |
| Oznaczenia .....              | 162 |
| Zastosowania .....            | 163 |
| Co je zabija? .....           | 163 |
| Testowanie poza układem ..... | 163 |
| Wzmacniacze operacyjne .....  | 163 |
| Oznaczenia .....              | 164 |
| Zastosowania .....            | 164 |
| Co je zabija? .....           | 164 |
| Testowanie poza układem ..... | 164 |
| Rezystory .....               | 165 |
| Oznaczenia .....              | 166 |
| Zastosowania .....            | 167 |
| Co je zabija? .....           | 167 |
| Testowanie poza układem ..... | 167 |
| Potencjometry .....           | 168 |
| Oznaczenia .....              | 169 |
| Zastosowania .....            | 169 |
| Co je zabija? .....           | 170 |
| Testowanie poza układem ..... | 170 |
| Przekaźniki .....             | 170 |
| Oznaczenia .....              | 171 |
| Zastosowania .....            | 172 |
| Co je zabija? .....           | 172 |
| Testowanie poza układem ..... | 172 |
| Przełączniki .....            | 173 |
| Oznaczenia .....              | 174 |
| Zastosowania .....            | 174 |
| Co je zabija? .....           | 174 |
| Testowanie poza układem ..... | 174 |
| Tranzystory .....             | 174 |
| Oznaczenia .....              | 176 |
| Zastosowania .....            | 177 |
| Co je zabija? .....           | 178 |
| Testowanie poza układem ..... | 178 |
| Stabilizatory napięcia .....  | 178 |
| Oznaczenia .....              | 180 |
| Zastosowania .....            | 180 |
| Co je zabija? .....           | 180 |
| Testowanie poza układem ..... | 180 |
| Diody Zenera .....            | 181 |
| Oznaczenia .....              | 181 |
| Zastosowania .....            | 182 |
| Co je zabija? .....           | 182 |
| Testowanie poza układem ..... | 182 |

## **ROZDZIAŁ 8. Mapy i znaki drogowe, czyli schematy ..... 183**

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Uzależniony od elektro .....                    | 186 |
| Numery referencyjne .....                       | 188 |
| Dobre, niezłe i beznadziejne .....              | 189 |
| Dobre .....                                     | 189 |
| Niezłe .....                                    | 190 |
| Beznadziejne .....                              | 190 |
| Pewnego razu... ..                              | 190 |
| Blok wzmacniacza .....                          | 191 |
| Zasilacz impulsowy .....                        | 195 |
| Wzmacniacz przeciwsoبنى .....                   | 198 |
| Olbrzymie mapy .....                            | 201 |
| Spróbuj czytać samodzielnie .....               | 201 |
| Radia .....                                     | 201 |
| Odtwarzacze CD i DVD .....                      | 202 |
| Czytaj dalej .....                              | 203 |
| Nie mam schematu! .....                         | 204 |
| Twoje życzenie nie jest dla mnie rozkazem ..... | 204 |

## **ROZDZIAŁ 9. Wejść i nie zniszczyć, czyli jak dostać się do środka ..... 209**

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Rozłączanie zatrząsków .....                  | 211 |
| Odczepianie taśm .....                        | 212 |
| Wyciąganie wtyczek przewodów .....            | 213 |
| Warstwy i zdjęcia .....                       | 213 |
| Otwieranie zamkniętego sprzętu .....          | 215 |
| Tunery i wzmacniacze .....                    | 215 |
| Magnetowidy oraz odtwarzacze CD i DVD .....   | 215 |
| Telewizory i monitory LCD .....               | 215 |
| Gramofony .....                               | 216 |
| Projektory .....                              | 217 |
| Przenośne odtwarzacze DVD z ekranem LCD ..... | 217 |
| Odtwarzacze mp3 .....                         | 218 |
| Palmtopy .....                                | 219 |
| Telefony komórkowe .....                      | 219 |
| Kamery .....                                  | 219 |
| Aparaty cyfrowe .....                         | 220 |
| Laptopy .....                                 | 221 |

## **ROZDZIAŁ 10. Cóż to, do licha, jest, czyli rozpoznawanie głównych sekcji ..... 225**

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Energia układu: zasilacze .....                                               | 226 |
| Podążaj za miedzaną ścieżką: wejście .....                                    | 229 |
| Wstrząśnij, ale nie mieszej, posiekaj i przypraw: przetwarzanie sygnału ..... | 230 |
| Jak się stąd wydostać? Sekcje wyjściowe .....                                 | 232 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Ruszmy się: mechanizmy ..... | 234 |
| Niebezpieczne punkty .....   | 236 |

## **ROZDZIAŁ 11. Polowanie czas zacząć, czyli śledzenie ścieżek i diagnozowanie ..... 237**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| To padło! .....                                                  | 237 |
| W stanie śpiączki lub szaleństwa .....                           | 240 |
| Żyje i działa, lecz nie do końca .....                           | 241 |
| Czasem tak, czasem nie .....                                     | 242 |
| Tam i z powrotem .....                                           | 244 |
| Wszystko składa się z bloków .....                               | 245 |
| Nie daj się zwieść .....                                         | 246 |
| Gdy wszystko zawiedzie: desperackie techniki diagnozowania ..... | 247 |
| Masówka .....                                                    | 247 |
| Uderzenie prądu .....                                            | 248 |
| NDM .....                                                        | 249 |

## **ROZDZIAŁ 12. Czas na zmiany, czyli płytki montażowe i wymiana elementów ..... 251**

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| Elementy przewlekane .....              | 252 |
| Elementy montowane powierzchniowo ..... | 254 |
| Dobieranie komponentów .....            | 254 |
| Własne zasoby .....                     | 255 |
| Stos z płytkami .....                   | 255 |
| Zamienniki .....                        | 255 |
| Instalowanie nowych elementów .....     | 262 |
| Montaż przewlekany .....                | 262 |
| Montaż powierzchniowy .....             | 263 |
| Gdzie znaleźć części? .....             | 264 |
| Ratowanie zniszczonych płytek .....     | 264 |
| LSI i inne brzydkie słowa .....         | 266 |

## **ROZDZIAŁ 13. Uwaga, opakowanie, czyli montaż w odwrotnej kolejności ..... 267**

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Częste błędy .....               | 267 |
| Zacznijmy od początku .....      | 268 |
| Podłączanie taśm .....           | 270 |
| Ups! .....                       | 271 |
| Warstwy i kubeczki .....         | 271 |
| Och, trzask! .....               | 271 |
| Skręcanie bez schrzanienia ..... | 272 |
| Gotowe! .....                    | 272 |

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ROZDZIAŁ 14. Asy w rękawie, czyli triki i porady dotyczące konkretnych produktów .....</b> | <b>273</b> |
| Zasilacz impulsowy .....                                                                      | 273        |
| Jak działa? .....                                                                             | 273        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 274        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 274        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 274        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 275        |
| Wzmacniacze i amplitunery .....                                                               | 276        |
| Jak działają? .....                                                                           | 276        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 277        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 278        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 278        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 279        |
| Odtwarzacz lub nagrywarka płyt .....                                                          | 281        |
| Jak działają? .....                                                                           | 281        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 282        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 283        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 283        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 284        |
| Płaski ekran .....                                                                            | 289        |
| Jak działa? .....                                                                             | 289        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 290        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 290        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 291        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 291        |
| Dysk twardy .....                                                                             | 292        |
| Jak działa? .....                                                                             | 292        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 292        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 293        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 293        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 293        |
| Laptop .....                                                                                  | 294        |
| Jak działa? .....                                                                             | 294        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 295        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 296        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 297        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 297        |
| Odtwarzacz mp3 .....                                                                          | 303        |
| Jak działa? .....                                                                             | 303        |
| Co może się zepsuć? .....                                                                     | 303        |
| Czy warto naprawiać? .....                                                                    | 303        |
| Zagrożenia .....                                                                              | 304        |
| Jak naprawić? .....                                                                           | 304        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Magnetowid i kamera .....  | 304        |
| Jak działają? .....        | 304        |
| Co może się zepsuć? .....  | 307        |
| Czy warto naprawiać? ..... | 307        |
| Zagrożenia .....           | 308        |
| Jak naprawić? .....        | 308        |
| Projektor .....            | 319        |
| Jak działa? .....          | 319        |
| Co może się zepsuć? .....  | 320        |
| Czy warto naprawiać? ..... | 321        |
| Zagrożenia .....           | 322        |
| Jak naprawić? .....        | 322        |
| Do dzieła! .....           | 327        |
| <b>Słowniczek .....</b>    | <b>329</b> |
| Popularne układy .....     | 342        |
| <b>Skorowidz .....</b>     | <b>345</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 zrozumiałe 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, załóżmy 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 przypadkowe 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 diabluki, 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 filozofie 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 przeładowanymi 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 elektroniczne 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 na przykład pokryte taśmą biurową. Potencjometry regulacyjne będą poprzekręcane, 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 stworzysz mechaniczny „organizm” urządzenia i spróbujesz skorygować jego niedomagania. Jak mówi jedna z naczelnych 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 możliwość regulacji jest znacznie powszechniejsza. Często wykonuje się ją programowo za pomocą specjalnych, niedostępnych urządzeń, lecz spotyka się także elementy regulowane starym, dobrym śrubokrętem. Przykładowo w zasilaczach często można regulować napięcie, a wcześniejsze generacje odtwarzaczy CD miały mnóstwo serwo mechanizmów, 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.

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 popełniła kiedyś taki błąd. Ja także, we wczesnych latach swojej pracy. Patrzysz 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 straszliwego 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. Nikt nie projektuje produktów tak, żeby się zepsuły, bo nie musi. 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. Inaczej mówiąc, nic nie jest idealne! Przyjrzyjmy się czynnikom odpowiedzialnym za większość uszkodzeń!

## Śmiertelność poporodowa

Ten dość nieprzyjemny termin odnosi się do odsetka produktów, które przestaną działać niedługo po wyjściu z serwisu. 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 ląduje w warsztacie napraw gwarancyjnych. Przypuszczalnie 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

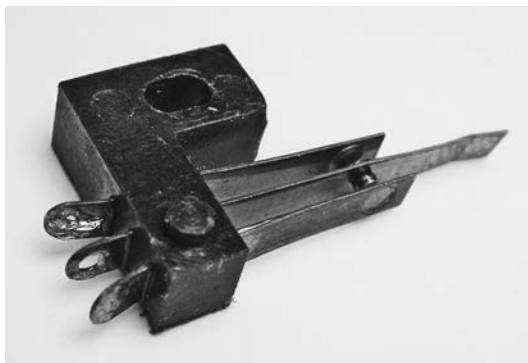
Dotychczas ruchome elementy psują się znacznie częściej niż elektronika. Dyski twarde, mechanizmy w magnetowidach i kamerach, tacki na dysk, mechanizmy przesuwu lasera oraz silniki obracające płytę to wszystko źródła poważnych kłopotów.

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.

## 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.

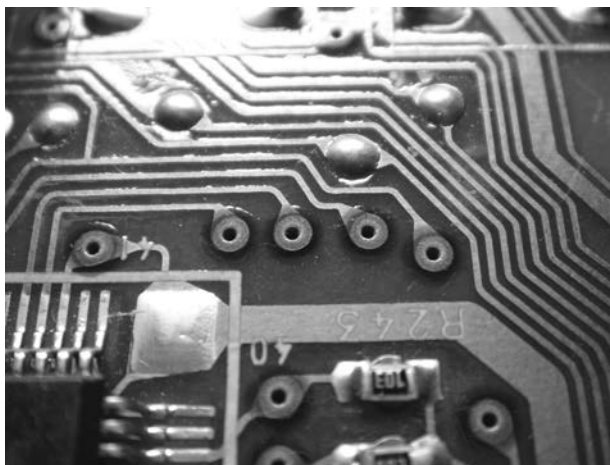
Głównym winowajcą jest tu korozja kontaktów spowodowana przez czas, a w przypadku przełączników i przekaźników także iskrzenie przy otwieraniu i zamykaniu styków. Prócz tego smar stosowany przez niektórych producentów przełączników listkowych wysycha po pewnym czasie i staje się skutecznym izolatorem.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



**RYСУNEK 4.1.** Przełącznik listkowy

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 w większych, prostszych urządzeniach praktycznie standardem, 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 powleczonej 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). 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.



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

## 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 płycie 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 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.

## Przeciążenie elektryczne

Użytkowanie urządzenia przy zbyt dużym napięciu zasilającym może doprowadzić do wielu różnych uszkodzeń. Regulatory napięcia przegrzewają 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 niklowo-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.

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 trafiającej 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 opłaca 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 i wyindukowanie skoku napięcia, chociaż nie doszło do 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 przepłyne 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 zwarcia do masy.

Nic nie niszczy układów półprzewodnikowych równie szybko jak odwrotna polaryzacja. Wiele półprzewodników (szczególnie układy scalone) nie wytrzymały odwrotnie płynącego prądu przez dłuższy 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 **polecenie 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 inne punkty 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 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 się nie mieszają, 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, niszczą 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 przeciśnięte 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 wybuchały, 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 okresu gwarancyjnego. 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. Przepuszczalnie nie bez wpływu na to zjawisko była wyższa temperatura lutowania bezołowiowego.

Wniesiono sporo pozwów, a niektórzy producenci podjęli kroki zaradcze, aby przeczyścić 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.

## Lekcja historii

Dobry lekarz wie, że warto przyjrzeć 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.

Oplaca 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 znęcania?** 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 i lata? Utknęła w nim kaseta 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 przepuszczalnie 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 uszkodzają 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 zupełnym 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 uszkodzają 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 nieznaczające 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 przyłutowane do płytki. Przepalony bezpiecznikiemal 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 kusilo, **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 nieokiełznane 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 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, od 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 mózgownicą**

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 wziąłem 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.

Wyeliminowałem 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. 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 syntezytor częstotliwości. Być może miał jakieś problemy, ale nie był podejrzanym numer jeden. Spójrzmy bliżej. Syntezytor generuje sygnał oscylatora, który miesza się z sygnałem przychodzącym z anteny i daje w efekcie sygnał częstotliwości pośredniej, który jest z kolei wzmacniony 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 wyrył 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 kwarcy 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 ręką 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 cudo 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 wybrzuszoną 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 próby warsztatowej 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, mój czytelniku, serwisowanie elektroniki jest nie tylko zabawne, lecz także niewiarygodnie ekonomiczne.

### Karabinowy odtwarzacz maszynowy

Ten odtwarzacz DVD wydobyłem 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 zębatki jedna o drugą, aż do zupełnego zderzenia. Wyobrażałem sobie bezzębny 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 skrzyłem 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 nieokiełznanej 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. Obserwowałem zmianę rezystancji od nieskończoności (przerwa w obwodzie) do niemal zera (zamknięty obwód), gdy powoli obróciłem 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. Jakiegokolwiek 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 14. 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

AC, *Patrz* prąd zmienny  
analizator logiczny, 57  
analizator widma, 58  
aparat cyfrowy, 49  
    demontaż, 220

## B

bezpieczeństwo, 59  
    demontaż, 210  
        elementy przewlekane, 252  
        LSI, 266  
    odczepianie taśm, 212  
    otwieranie sprzętu, 215  
    reguły, 210  
    rozłączanie zatrząsków, 211  
    warstwy i zdjęcia, 213  
    wyciąganie wtyczek, 213  
niebezpieczne punkty, 236  
obrażenia fizyczne, 62  
    magnetowidy i kamery, 308  
    odtwarzacze i nagrywarki płyt, 62, 283  
    odtwarzacze mp3, 62, 304  
    piecyk gitarowy, 62  
    projektory, 62, 322

    telewizory LCD, 291  
    wzmacniacze, 62  
porażenie prądem, 59  
    kondensatory, 61  
    lampa rtęciowa, 62  
    laptopy, 297  
    masa, 60  
    monitory, 61  
    napięcie, 60  
    natężenie prądu, 60  
    projektory, 322  
    reguła jednej ręki, 60  
    telewizory CRT, 61  
    telewizory LCD, 61, 291  
    telewizory plazmowe, 61  
    wzmacniacze i amplitunery, 278  
    zasilacze impulsowe, 60, 274  
bezpieczeństwo urządzeń, 63  
    po naprawie, 66  
        izolacja kabla, 66  
        kabel zasilający, 67  
        prawidłowe złożenie, 66  
        regulacja prądu spoczynkowego, 67  
uszkodzenia elektryczne, 63  
    diody zabezpieczające, 63  
    duża impedancja, 64  
    ładunek elektrostatyczny, 64

bezpieczeństwo urządzeń  
 odwrócona polaryzacja, 63  
 pierścień uziemiający, 63  
 sprzężenie zmiennoprądowe, 64  
 właściwe napięcie, 64  
 zwarcie, 63  
 uszkodzenia fizyczne, 65  
 demontaż, 65  
 urwanie taśmy z kablami, 65  
 zatrzaski, 65  
 bezpieczniki, 156, 157  
 czas zadziałania, 157  
 maksymalne bezpieczne napięcie, 156  
 maksymalny bezpieczny prąd, 156  
 oznaczenia, 157  
 powody uszkodzeń, 158  
 prąd przepalenia, 156  
 symbole, 157  
 testowanie poza układem, 158  
 zastosowania, 158  
 bezpośrednia synteza cyfrowa, 101

## C

cewki, 93, 158, 159  
 dławiki, 159  
 indukcyjność, 93  
 oznaczenia, 159  
 PG, 317  
 powody uszkodzeń, 160  
 reaktancja, 93  
 rezonujące, 230  
 symbole, 159  
 testowanie poza układem, 160  
 transformator, 93  
 zastosowania, 159  
 crowbar, 198  
 cyfrowy syntezaator częstotliwości, 101  
 syntezaator hybrydowy, 101  
 pętla synchronizacji fazowej, 101  
 cyna, 43  
 bezołowiowa, 43  
 spoiwa lutownicze, 43  
 stop lutowniczy, 43  
 wymiary, 43  
 częstotliwość, 93  
 herc, 93

czytanie schematów, 190  
 bloki, 190  
 elementy aktywne, 191  
 elementy sprzęgające, 191  
 przetwarzania, 191  
 przepływ sygnału, 190  
 przykładowy blok wzmacniacza, 191  
 charakterystyka częstotliwościowa, 193  
 element aktywny, 191  
 masa, 191  
 polaryzacja bazy, 192  
 przepuszczający kondensator sprzęgający, 194  
 przepuszczający tranzystor, 195  
 przerwa na elemencie, 194  
 punkty wejścia i wyjścia, 191  
 stała czasowa, 193  
 transformator, 193  
 wejście sygnałowe, 191  
 wyjście, 191  
 wzmocnienie tranzystora, 192  
 zasilanie, 191  
 zepsuty transformator, 193  
 zwarcie elementu, 194  
 przykładowy wzmacniacz przeciwsobny, 198  
 blok wejściowy, 199  
 pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego, 199  
 przerwa na elemencie, 200  
 szyny zasilania, 199  
 tranzystory sterujące, 200  
 układ polaryzujący, 199  
 uszkodzony blok wejściowy, 200  
 wzmocnienie prądowe, 199  
 zniekształcenie punktu przejścia, 199  
 zwarcie elementu, 200  
 przykładowy zasilacz impulsowy, 195  
 modulator szerokości impulsów, 196  
 przepalony bezpiecznik, 198  
 tranzystor przełączający, 196  
 tyrystor, 198  
 crowbar, 198  
 uszkodzony modulator, 198  
 uszkodzony mostek prostowniczy, 197  
 uszkodzony tranzystor przełączający, 198  
 współczynnik wypełnienia, 196  
 zasilanie sieciowe, 196  
 radia, 201  
 bloki częstotliwości pośredniej, 202

dekoder AM, 202  
 dekodek FM, 202  
 front end, 201  
 lokalny generator drgań, 201  
 mieszacz, 201  
 syntezytor częstotliwości, 201  
 odtwarzacze CD i DVD, 202  
 głowica lasera, 202  
 przedwzmacniacz, 202  
 serwomechanizmy, 202  
 silnik obracający dysk, 203  
 silnik przesuwu, 203  
 stała prędkość liniowa, 202  
 sekcje, 190  
 ekrany LCD, 191  
 głośniki, 191  
 wyjściowe, 191  
 zasilania, 191

## D

DDS, *Patrz* bezpośrednia synteza cyfrowa  
 demontaż, 210  
 elementy montowane powierzchniowo, 254  
 elementy przewlekane, 252  
 odcięcie nóżki, 253  
 LSI, 266  
 odczepianie taśm, 212  
 otwieranie sprzętu, 215  
 aparaty cyfrowe, 220  
 gramofony, 216  
 kamery, 219  
 laptopy, 221  
 magnetowidy, 215  
 monitory LCD, 215  
 odtwarzacze CD i DVD, 215  
 odtwarzacze mp3, 218  
 palmtopy, 219  
 projektory, 217  
 przenośne odtwarzacze DVD, 217  
 telefony komórkowe, 219  
 telewizory LCD, 215  
 tunery, 215  
 wzmacniacze, 215  
 reguły, 210  
 rozłączanie zatrząsków, 211  
 warstwy i zdjęcia, 213  
 wyciąganie wtyczek, 213

diagnozowanie, *Patrz* rozwiązywanie  
 problemów elektronicznych  
 diody, 154  
 LED, 196  
 zastosowania, 156  
 napięcie przewodzenia, 257  
 napięcie wsteczne, 257  
 oznaczenia, 155  
 podwójne, 155  
 powody uszkodzeń, 156  
 prąd przewodzenia, 257  
 prostownicze, 155  
 oznaczenia, 155  
 wymiana, 257  
 zastosowania, 156  
 prostowniki mostkowe, 155  
 oznaczenia, 155  
 zastosowania, 156  
 symbole, 155  
 szczytowe napięcie wsteczne, 155  
 szybkość, 257  
 testowanie poza układem, 156  
 wymiana, 257  
 napięcie przewodzenia, 257  
 napięcie wsteczne, 257  
 prąd przewodzenia, 257  
 prostownicze, 257  
 szybkość diody, 257  
 zastosowania, 156  
 Zenera, 181  
 napięcie przebicia, 261  
 napięcie Zenera, 261  
 oznaczenia, 181  
 powody uszkodzeń, 182  
 symbol, 181  
 testowanie poza układem, 182  
 wydajność prądowa, 261  
 wymiana, 261  
 zastosowania, 182  
 DMM, 34  
 dysk twardy, 292  
 możliwe uszkodzenia, 292  
 opłacalność naprawy, 293  
 sposoby naprawy, 293  
 punkty lutownicze, 294  
 sygnały z głowic, 293  
 sposób działania, 292  
 zagrożenia, 293

## E

ECO, 79

elektryczność, 91

  częstotliwość, 93

  herc, 93

  kondensator, 93

  magnetyzm, 93

  moc, 92

  wat, 92

  napiecie, 92

  wolt, 92

  obwód, 94

  pojemność, 93

  polaryzacja, 93

  prawo Ohma, 92

  prąd elektryczny, 92

    amper, 92

    stały, 93

    zmienny, 93

  przewodnictwo, 92

  rezystancja, 92

    om, 92

energia elektryczna, 91

## G

generator, 51, 100 142

  generator funkcji, 51

  stosowanie, 142

  szum fazowy, 101

  taktowanie, 100

## I

impedancja, 93

  reaktancja, 93

  rezystancja, 93

indukcyjność, 93

  cewka, 93

izolator, 263

## K

klatki kluczowe, 305

kondensatory, 93, 147

  bezpieczeństwo, 61

  ceramiczne, 147

  oznaczenia, 149

  powody uszkodzeń, 150

  zastosowania, 149

elektrolityczne, 147, 255

  oznaczenia, 149

  pojemność, 256

  powody uszkodzeń, 150

  temperatura, 257

  wymiana, 255

  zastosowania, 149

filtrujące, 95

foliowe, 149

  oznaczenia, 149

  powody uszkodzeń, 150

  zastosowania, 149

łączenie, 256

  równoległe, 256

  szeregowe, 256

nastawne, 147, 230

  powody uszkodzeń, 151

  zastosowania, 149

odsprężający, 95

oznaczenia, 148

pojemność, 93

  połączenie równoległe, 256

  połączenie szeregowe, 256

polistyrenowe, 147

powody uszkodzeń, 150

reaktancja, 93

rodzaje, 148

SMT, 254

symbole, 148

tantalowe, 147

  oznaczenia, 149

  powody uszkodzeń, 151

  wymiana, 257

  zastosowania, 149

testowanie poza układem, 151

waraktor, 230

wymiana, 255

  elektrolityczne, 255

  napiecie, 255

  pojemność, 256

  rozmiar, 255

  tantalowe, 257

  temperatura, 257

  zastosowania, 149

## L

laptopy, 294  
  demontaż, 221  
  inteligentna bateria, 296  
  możliwe uszkodzenia, 295  
  opłacalność naprawy, 296  
  sposoby naprawy, 297  
    klawiatury, 302  
    problem z napędem, 301  
    problemy z ekranem, 299  
    problemy z ładowaniem, 298  
    zawieszenia, 297  
  sposób działania, 294  
  zagrożenia, 297  
lokalny generator drgań, 201  
lutownica, 41, 132  
  dobór mocy, 41  
  stacja bazowa, 42  
  technika lutowania, 132  
    pobielanie grotu lutownicy, 132  
    poprawny lut, 133  
    zimny lut, 132, 134  
  temperatury, 41  
  wybór, 42

## M

magnetowidy i kamery, 304  
  cyfrowa podstawa czasu, 305  
  demontaż, 215  
  klatki kluczowe, 305  
  mechanika urządzenia VHS, 309  
  możliwe uszkodzenia, 307  
  obwiednia RF, 314  
  opłacalność naprawy, 307  
  pętla synchronizacji fazy, 305  
  przełącznik trybu pracy, 311  
  serwomechanizmy, 306  
    głowicy obrotowej, 306  
    przesuwu taśmy, 306  
  skanowanie helikalne, 304  
  sposoby naprawy, 308  
    czyszczenie, 311  
    nagrywanie cyfrowe, 316  
    problemy z barwami, 318  
    problemy z dźwiękiem, 318  
    problemy z serwomechanizmem, 317

  problemy ze śledzeniem ścieżek, 313  
  zablokowana taśma, 308  
  sposób działania, 304  
  ścieżka kontrolna, 306  
  zagrożenia, 308  
magnetyzm, 93  
  cewka, 93  
  elektryczność, 93  
  indukcyjność, 93  
  obwód, 94  
  reaktancja, 93  
  transformator, 93  
miernik analogowy, 52, 144  
  miernik tranzystorowy, 52  
  stosowanie, 144  
    sprawdzenie kondensatora, 144  
    ustawianie zakresu, 144  
    woltomierz lampowy, 52  
miernik cyfrowy, 34, 103  
  badanie przejścia, 107  
  cechy, 104  
  pomiar napięcia, 104  
    napięcie stałe, 104  
    napięcie zmienne, 105  
  pomiar prądu, 107  
  podłączenie przyrządu, 107  
  pomiar rezystancji, 106  
    najniższy zakres, 106  
  testowanie diody, 108  
miernik częstotliwości, 51, 142  
  bufor, 144  
  czas otwarcia bramki, 142  
  częstotliwość odniesienia, 143  
  podłączanie miernika, 144  
  punkty przejścia przez zero, 142  
  stosowanie, 142  
  zerowe dudnienie, 143  
miernik indukcyjności, 57  
miernik pojemności, 50, 141  
  stosowanie, 141  
miernik uniwersalny, 34  
  analogowy, 34  
  cyfrowy, 34  
  parametry, 34  
  indukcyjność, 35  
  napięcie, 34  
  pojemność, 35  
  prąd, 34  
  rezystancja, 34

miernik uniwersalny  
 precyzja, 35  
 wiarygodność, 35  
 wybór, 35  
 mikroskop stereoskopowy, 53  
 moc, 92  
 wat, 92  
 modulacja szerokości impulsów, 97, 179  
 montaż, 267  
 częste błędy, 267  
 podłączanie taśm, 270  
 powierzchniowy, 263  
 lutowanie rozpliwowe, 266  
 plecionka do usuwania cyny, 263  
 przewlekany, 262  
 pasta termoprzewodząca, 262  
 radiator, 262  
 termistor, 263  
 zestaw montażowy izolatora, 262  
 ułożenie kabli i przewodów, 269  
 warstwy i kubeczki, 271  
 multimetr, *Patrz* miernik cyfrowy

## N

napięcie, 92  
 stabilizacja, 95  
 kondensator filtrujący, 95  
 kondensator odsprzęgający, 95  
 stałe, 95  
 symbol, 187  
 wolt, 92  
 zmienne, 95  
 prostowanie, 95  
 symbol, 187  
 naprawa urządzeń, *Patrz* rozwiązywanie problemów elektronicznych

## O

obwód, 94  
 bloki, 95  
 elementy aktywne, 95  
 elementy pasywne, 95  
 elementy sprzęgające, 95  
 napięcie stałe, 95  
 napięcie zmienne, 95  
 prostowanie, 95  
 otwarty, 94

połączenie równoległe, 94  
 gałąź, 94  
 połączenie szeregowo, 94  
 rezonansowy, 159, 193  
 stała czasowa, 159  
 stabilizacja napięcia, 95  
 kondensator filtrujący, 95  
 kondensator odsprzęgający, 95  
 zamknięty, 94  
 zwarcie, 94  
 odtwarzacze lub nagrywarki płyt, 202, 281  
 centralny detektor, 281  
 demontaż, 215  
 fototranzystor, 281  
 głowica optyczna, 202, 287  
 możliwe uszkodzenia, 282  
 opłacalność naprawy, 283  
 otwieranie, 215  
 prędkość obrotowa, 281  
 przebieg eye pattern, 288  
 przedwzmacniacz, 202  
 serwomechanizmy, 202  
 silnik przesuwu, 203  
 silnik obracający dysk, 203  
 soczewki, 282  
 sposoby naprawy, 284  
 problemy z blokadą płyty i wrzecionem, 285  
 problemy z laserem, 286  
 problemy z odtwarzaniem, 285  
 problemy z tacką, 284  
 sposób działania, 281  
 stała prędkość liniowa, 202  
 układ CLV, 281  
 zagrożenia, 283  
 odtwarzacze mp3, 303  
 demontaż, 218  
 konwerter cyfrowo-analogowy, 303  
 możliwe uszkodzenia, 303  
 opłacalność naprawy, 303  
 sposoby naprawy, 304  
 sposób działania, 303  
 zagrożenia, 304  
 opór elektryczny, *Patrz* rezystancja  
 optoizolator, *Patrz* dioda LED  
 oscyloskop, 35, 109  
 analogowy, 36  
 ekran CRT, 36  
 gniazda wejściowe, 37

- kanały wejściowe, 36
- Leader LBO-518, 36
- obsługa, 109
- opóźnienie podstawy czasu, 37
- pamięć, 36
- próbkiowanie, 36
- wybór, 36
- wyświetlanie sygnału, 36
- cechy, 109
- cyfrowy, 37
  - aliasing, 37, 131
  - kanały wejściowe, 37
  - obsługa, 131
  - obwiednia, 38
  - odczyt ekranu, 131
  - opóźnienie podstawy czasu, 37
  - pomiar wykresów, 39
  - próbkiowanie, 37
  - rozdzielczość, 38
  - rozmyty chaos, 38
  - sposoby gromadzenia danych, 131
  - Tektronix TDS-220, 37
  - wady, 37
  - Window Zone, 131
  - wybór, 39
  - wyświetlacz LCD, 37
  - zalety, 39
  - zatrzymanie wykresu, 37
- odchylanie, 109
- odchylanie pionowe, 35
- podłączanie, 109
- pokrętła kursorów, 130
- przebieg, 35
- regulowanie napięcia, 109
- siatka, 110
  - kalibracja, 110
- ustawienia i regulacja ekranu, 110, 112
  - astygmatyzm (Astig), 111, 113
  - jasność (intensywność), 110, 112
  - obrót, 113
  - ostrość, 111, 113
  - podświetlenie skali, 113
  - wyszukiwanie plamki, 113
- ustawienia opóźnionej podstawy czasu, 126
  - mnożnik opóźnienia podstawy czasu, 126, 129
  - opóźniona podstawa czasu, 127
  - Start after delay/Start triggered, 128
  - tryb wyświetlania w poziomie, 127
- ustawienia pionowe, 111, 113
  - AC, 117
  - czułość, 111
  - czułość wejścia pionowego, 114
  - DC, 117
  - GND, 116
  - kompensacja sondy, 114
  - kondensator sprzęgający, 118
  - ograniczenie zakresu częstotliwościowego, 120
  - pozycja pionowa, 120
  - pozycjonowanie w pionie kanału 1, 111
  - składowa stała, 117
  - składowa zmienna, 117
  - sposób sprzężenia, 111
  - sprzężenie wejścia, 116
  - tłumienie niskich częstotliwości, 118
  - tryb Alternate, 121
  - tryb Chop, 121
  - tryb odchylania pionowego, 120
  - tryb X-Y, 122
  - wybór kanału, 111
  - zmienna czułość, 116
  - zwiększenie impedancji, 115
- ustawienia poziome, 111, 124
  - Auto, 125
  - Normal, 125
  - podstawa czasu, 111, 125
  - pozycja pozioma, 124
  - pozycjonowanie w poziomie, 111
  - Pull X10, 126
  - Single, 125
  - tryb przemiatania, 111, 125
  - zmienny czas, 126
- ustawienia wyzwalania, 111, 122
  - AC, 123
  - Alt, 122
  - DC, 123
  - External, 123
  - HF reject, 123
  - lampka Trigger Lock, 122
  - LF reject, 123
  - Line, 122
  - poziom, 111, 124
  - sprzężenie, 111, 123
  - TV-H, 124
  - wstrzymanie, 124
  - zbocze, 124
  - źródło, 111, 122

## oscylloskop

- wyświetlanie sygnału, 112
- regulacja ekranu, 112
- ustawienia opóźnionej podstawy czasu, 126
- ustawienia pionowe, 113
- ustawienia poziome, 124
- ustawienia wyzwalania, 122
- wyzwalanie, 109
- zakres obsługiwanych częstotliwości, 35
- zakup, 40
- sondy, 40

**P**

## pasta termoprzewodząca, 48

- stosowanie, 262

## pętla synchronizacji fazowej, 101

## pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego, 199

## pojemność, 93

## polaryzacja, 93

- częstotliwość, 93

herc, 93

- prąd zmienny, 93

## polecenie wprowadzenia zmian

- konstrukcyjnych, *Patrz* ECO

## potencjometri, 168

- liniowe, 169

- logarytmiczne, 169

- montażowe, 168

- oznaczenia, 169

- powody uszkodzeń, 170

- reostaty, 168

- symbole, 169

- testowanie poza układem, 170

- zastosowania, 169

## prawo Ohma, 92

## prąd elektryczny, 92

- amper, 92

- polaryzacja, 93

- częstotliwość, 93

- stały, 93

- minus, 93

- plus, 93

- zmienny, 93

- częstotliwość, 93

- indukcyjność, 93

- polaryzacja, 93

- reaktancja, 93

## projektory, 319

- balast, 320

- cyfrowy układ mikroluster, 319

- możliwe uszkodzenia, 320

- opłacalność naprawy, 321

- otwieranie, 217

- polaryzatory, 320

- sposoby naprawy, 322

- krople na obrazie, 326

- problemy z balastem, 324

- problemy z kołem barw, 325

- problemy z lampą, 323

- problemy z przegrzewaniem, 324

- problemy z przetwarzaniem obrazu, 326

- problemy z tunelem światła, 325

- ścieżka optyczna, 322

- sposób działania, 319

- tunel światła, 321

- zagrożenia, 62, 322

## przebieg piłokształtny, 97

## przebieg prostokątny, 96, 97

- czas narastania, 96

- czas opadania, 96

- współczynnik wypełnienia, 97

## przekątniki, 170

- DPDT, 171

- dwupółłożeniowe, 171

- dwutorowe, 171

- oznaczenia, 171

- maksymalny prąd styków, 171

- napięcie pracy, 171

- położenie, 171

- powody uszkodzeń, 172

- styki, 170

- symbole, 171

- testowanie poza układem, 172

- zastosowania, 172

## przełączniki, 173

- kontakty, 173

- oznaczenia, 174

- położenie, 173

- powody uszkodzeń, 174

- rodzaje, 173

- styki, 173

- symbole, 173

- testowanie poza układem, 174

- tor, 173

- zastosowania, 174

przetwornik, 230  
  analogowo-cyfrowy, 98  
  próbka, 98  
przewodnictwo, 92  
przyrządy do usuwania cyny, 43  
  Chip Quik, 45  
  odsysacz sprężynowy, 44  
    stosowanie, 137  
  odsysacz z gruszką, 44, 136  
    stosowanie, 136  
  plecionka, 44, 136  
    stosowanie, 136, 252, 254, 263  
  rozlutownica, 44  
PWM, *Patrz* modulacja szerokości impulsów

## R

radiator, 262  
reaktancja, 93  
  cewka, 93  
  impedancja, 93  
  kondensator, 93  
rezonatory kwarcowe i ceramiczne, 151  
  oznaczenia, 152  
  powody uszkodzeń, 152  
  symbole, 152  
  testowanie poza układem, 153  
  zastosowania, 152  
  zjawisko piezoelektryczne, 151  
rezystancja, 92  
  impedancja, 92  
  om, 92  
rezystory, 165  
  drutowe, 165  
    wymiana, 258  
  łączenie, 258  
    równoległe, 258  
    szeregowe, 258  
  metalizowane, 166  
  metalowo-tlenkowe, 166  
  oznaczenia, 166  
    numeryczne, 167  
  pasek pierwszej cyfry, 166  
  pasek tolerancji, 166  
potencjometri, 168  
  liniowe, 169  
  logarytmiczne, 169  
  montażowe, 168  
  reostaty, 168

powody uszkodzeń, 167  
rezystancja, 92  
  połączenie równoległe, 258  
  połączenie szeregowo, 258  
symbol, 166  
testowanie poza układem, 167  
węglowe kompozytowe, 165  
  wymiana, 258  
węglowe warstwowe, 166  
wymiana, 258  
  drutowy, 258  
  niskoszumowe, 258  
  węglowe kompozytowe, 258  
  zastosowania, 167  
rozwiązywanie problemów elektronicznych, 28,  
  69, 237  
  badanie wstępne, 83  
  eliminowanie zmiennych, 85  
  martwe urządzenie, 84  
  pustka na wyświetlaczu, 84  
  słabe połączenie, 85  
  zaburzenia termiczne, 85  
błędy początkujących, 73  
  błędne koło problemów, 74  
  ignorowanie anomalii, 74  
  niepotrzebna regulacja, 73  
budowa blokowa, 245  
  diody Zenera, 245  
  element aktywny, 245  
  kondensator elektrolityczny, 245  
  punkty testowe, 245  
  rezystor, 246  
czynniki odpowiedzialne za uszkodzenia, 75  
  przeciążenie elektryczne, 78  
  przeciążenie fizyczne, 80  
  przegrzewanie, 78  
  rozpad elektrolitu, 81  
  śmiertelność poporodowa, 75  
  wada konstrukcyjna, 79  
  zerwane połączenia, 76  
  zimny lut, 77  
  zużycie mechaniczne, 76  
desperackie techniki, 247  
  masówka, 247  
  NDM, 249  
  uderzenie prądu, 248  
martwe urządzenie, 237  
  baterie do podtrzymywania pamięci, 239  
  bezpiecznik, 237

## rozwiązywanie problemów elektronicznych

- kondensatory elektrolityczne, 238
- mikroprocesor, 239
- napięcia na wyjściach sekcji zasilania, 238
- napięcia wyjściowe, 238
- zasilacz, 237
- metody pracy, 244
  - pojęcie hybrydowe, 245
  - praca od wejścia, 244
  - praca wstecz, 244
- niektóre funkcje nie działają, 241
  - elektrolity, 241
  - elementy ruchome, 242
  - sekcja zasilania, 241
- opłacalność, 30
- powody, 29
- przejściowe problemy mechaniczne, 243
  - pęknięcia płytek, 243
  - pęknięcia ścieżka, 243
  - połączenia między warstwami, 243
  - przerwywające połączenie wewnętrzne, 243
  - zimne luty, 243
  - złe połączenia, 243
- przejściowe problemy termiczne, 242
  - elektrolity, 242
  - elementy niskosygnałowe, 242
  - luty, 243
  - procesory komputerów, 242
  - spray chłodzący, 242
  - stabilizatory napięcia, 242
  - tranzystory mocy, 242
  - układy graficzne, 242
- przykładowe diagnozy, 85
  - amplituner stereo, 85
  - odbiornik fal krótkich, 87
  - odtwarzacz DVD, 89
  - projektor DLP, 88
- urządzenie śpi lub szaleje, 240
  - kondensator, 240
  - kondensator elektrolityczny, 241
  - mikroprocesor, 241
  - napięcia zasilające, 240
  - zakłócenia, 240
- zasada działania urządzeń, 70
- znajomość historii urządzenia, 82
  - producent, 82
  - sposób uszkodzenia, 83
  - sposób użytkowania, 82
  - wiek, 82

**S**

- scalony generator kwarcowy, 153
  - oznaczenia, 154
  - powody uszkodzeń, 154
  - symbole, 154
  - testowanie poza układem, 154
  - włącznik wyjścia, 153
  - zastosowania, 154
- schematy, 183
  - blokowy, 183, 184, 201
  - czytanie schematów, 190
  - ideowy, 183, 184
  - numery referencyjne, 188
    - standardowe oznaczenia, 189
  - rysunek płytki z elementami, 183, 185
  - symbole, 186
    - antena, 187
    - bateria, 187
    - chassis, 187
    - głośnik, 188
    - gniazdo, 188
    - masa, 187
    - napięcie stałe, 187
    - napięcie zmienne, 187
    - ścieżki, 187
    - uziemiaenie, 187
- serwomechanizmy, 202
- siła elektromotoryczna, *Patrz* napięcie sinusoidalne, 96
- skanowanie helikalne, 304
- spray do czyszczenia połączeń, 47
  - stosowanie, 145
- spray zamrażający, 55
  - stosowanie, 146
- stabilizatory napięcia, 178
  - diody Zenera, 181
  - impulsowe, 179
    - modulacja szerokości impulsów, 179
  - liniowe, 178
    - tranzystor szeregowy, 178
  - oznaczenia, 180
  - powody uszkodzeń, 180
  - symbol, 180
  - testowanie poza układem, 180
  - zastosowania, 180

sygnał, 95  
  amplituda, 95  
  analogowy, 95  
  cykl, 96  
  częstotliwość fali, 96  
  przebieg, 96  
  przesunięcie fazowe, 97  
  sinusoida, 96  
cyfrowy, 98  
  przetwornik analogowo-cyfrowy, 98  
  stany, 98  
cykl, 96  
  okres, 96  
częstotliwość fali, 96  
  harmoniczne, 96  
niemodulowany, 230  
przebieg, 96  
  pilokształtny, 97  
  prostokątny, 96, 97  
  sinusoida, 96  
  przesunięcie fazowe, 97  
syntezy częstotliwości, 201

## T

telewizory LCD, 204  
  demontaż, 215  
  fotodetektor, 205  
  linia zasilająca, 206  
  możliwe uszkodzenia, 290  
  otwieranie, 215  
  opłacalność naprawy, 290  
  sposoby naprawy, 291  
    inwertery podświetlenia, 291  
    przepalony bezpiecznik, 291  
  sposób działania, 289  
  sprawdzanie pilota, 204  
    moduł odbiorczy sygnałów, 205  
  sprawdzanie tranzystora, 206  
  sygnały, 230  
    komponentowy, 230  
    kompozytowy, 230  
    S-video, 230  
    zespolony, 230  
  zagrożenia, 61, 291  
telewizory plazmowe, 289  
  możliwe uszkodzenia, 290  
  opłacalność naprawy, 290  
  sposoby naprawy, 291  
  sposób działania, 289  
  zagrożenia, 61, 291  
termistor, 263  
tester tranzystorów, 50, 140  
  dynamiczny, 50  
  prąd wsteczny, 50  
  przybliżone wzmocnienie, 50  
  punkt odcięcia wysokich częstotliwości, 50  
  stosowanie, 140  
transformatory, 93, 159  
  oznaczenia, 159  
  powody uszkodzeń, 160  
  separacyjne, 53  
  symbole, 159  
  testowanie poza układem, 160  
  uzwojenie pierwotne, 193  
  uzwojenie wtórne, 193  
  zastosowania, 159  
tranzystory, 174  
  bipolarne, 175  
    baza, 175  
    emiter, 175  
    kolektor, 175  
    NPN, 175  
    PNP, 175  
    polaryzacja, 175  
    wzmocnienie, 175  
  napięcie zasilania, 259  
  oznaczenia, 176  
  polowe z izolowaną bramką (MOSFET), 176  
    kanał typu N, 176  
    kanał typu P, 176  
    kanał wzbogacany, 176  
    kanał zubażony, 176  
    polaryzacja, 176  
  polowe złączowe (JFET), 176  
    bramka, 176  
    dren, 176  
    źródło, 176  
  powody uszkodzeń, 178  
  przełączające, 196  
  punkt odcięcia wysokich częstotliwości, 261  
  symbole, 177  
  testowanie poza układem, 178  
  wymiana, 258  
    maksymalne napięcie między elektrodami,  
      261

tranzystory  
  moc, 261  
  napięcie zasilania, 259  
  numer tranzystora, 259  
  oznaczenia płytki, 259  
  polaryzacja bramki, 260  
  punkt odcięcia wysokich częstotliwości, 261  
  wzmocnienie, 175, 260  
  zastosowania, 177  
trymery, *Patrz* kondensatory nastawne  
tyrystor, 198

## U

układ elektroniczny, 95, 99  
  bezpośrednia synteza cyfrowa, 101  
  bloki, 95  
  elementy aktywne, 95  
  elementy pasywne, 95  
  elementy sprzęgające, 95  
  wzmacniacz, 99  
  cyfrowy synteza częstotliwości, 101  
  generator, 100  
  serwomechanizm, 102  
  stabilizatory napięcia, 102  
  waraktor, 101  
  wzmacniacz, 99  
układ przetwarzania sygnału, 230  
  sekcja analogowego przetwarzania, 231  
  sekcja cyfrowego przetwarzania, 231  
  sekcje sterowania cyfrowego, 232  
układ zasilania, 226  
  baterie, 226  
  diody, 227  
  kondensatory elektrolityczne, 227  
  przetwornice napięcia, 226  
  stabilizatory napięcia, 227  
  systemy regulacji, 226  
inwerter, 229  
płytki sekcji zasilania, 228  
zasilacz impulsowy, 226, 229  
  filtr liniowy, 229  
  kondensator elektrolityczny, 229  
  kondensator filtrujący, 229  
  prostownik, 229  
  tranzystor przełączający, 229

  zasilacz transformatorowy, 226  
  fizyczne wyłączniki, 227  
  impulsowy, 227  
  liniowy, 227  
układy scalone, 101, 160  
  analogowe, 160  
  bezpośrednia synteza cyfrowa, 101  
  cyfrowe, 160  
  LSI, 161  
  oznaczenia, 162  
  powody uszkodzeń, 163  
  zwarcie wewnętrzne, 163  
SSI, 161  
stabilizatory napięcia, 102  
  impulsowe, 102  
  liniowe, 102  
symbole, 162  
testowanie poza układem, 163  
zastosowania, 163  
układy wejściowe, 229  
  antena, 229  
  cewki rezonujące, 230  
  gniazdo wejściowe, 230  
  kabel, 229  
  kondensator nastawny, 230  
  przetwornik, 230  
  fototranzystor, 230  
  głowica magnetyczna, 230  
  głowica optyczna, 230  
  mikrofon, 230  
  wkładka gramofonu, 230  
  wzmacniacz niskosygnałowy, 230  
  sygnał niemodulowany, 230  
  waraktor, 230  
układy wyjściowe, 232  
  wzmocnienie prądowe, 232

## V

VOM, 34

## W

waraktor, 101, 230  
warsztat, 31  
  alkohol, 47  
  analizator logiczny, 57

- analizator widma, 58
- aparat cyfrowy, 49
- cyna, 43
- drobne narzędzia ręczne, 45
  - cażki, 46
  - kleszczyki chirurgiczne, 46
  - kombinerki, 46
  - śrubokręty, 45
- elementy elektroniczne, 55
  - bezpieczniki, 55
  - diody, 56
  - kondensatory, 55
  - prostownik mostkowy, 56
  - regulatory napięcia, 55
  - rezystory, 55
  - tranzystory, 56
- generator sygnałów, 51
- imadło, 54
- katalogi, 55
- klej cyjanoakrylowy, 54
- kubeczki, 49
- listwy zasilające, 34
- lupa, 46
- lutownica, 41
- magnes na pręcie, 54
- miernik, 34
  - miernik uniwersalny, 34
- miernik analogowy, 52
- miernik częstotliwości, 51
- miernik indukcyjności, 57
- miernik pojemności, 50
- mikroskop stereoskopowy, 53
- nafta, 48
- oscylloskop, 35
  - analogowy, 36
  - cyfrowy, 37
- osłonki termokurczliwe, 48
- oświetlenie, 34
  - światło punktowe, 34
  - światło żarowe, 34
- pałeczki kosmetyczne, 47
- pasta termoprzewodząca, 48
- pistolet do klejenia na gorąco, 54
- plytki z elementami, 56
- przewody z zaciskami, 47
- przyrządy do usuwania cyny, 43
  - Chip Quik, 45
  - odsysacze, 44
  - plecionka, 44
  - rozlutownica, 44
- spray do czyszczenia połączeń, 47
- spray zamrażający, 55
- stacja lutownicza, 57
- stół warsztatowy, 32
- taśma izolacyjna, 49
- tester tranzystorów, 50
- transformator separacyjny, 53
- zasilacze, 50
- wtórnik emiterowy, 99
- wzmacniacz, 99
  - bramki cyfrowe, 100
  - charakterystyka częstotliwościowa, 193
  - częstotliwości pośrednich, 100
    - selektywność odbiornika, 100
  - front end, 100
  - generator, 100
  - komplementarny, 99
  - napięciowy, 99
  - nieliniowy, 100
    - pełne nasycenie, 100
    - pełne odcięcie, 100
  - odwracający, 191
  - operacyjny, 163
    - oznaczenia, 164
    - powody uszkodzeń, 164
    - symbol, 164
    - testowanie poza układem, 164
    - zastosowania, 164
  - prądowy, 99
    - wtórnik emiterowy, 99
  - przeciwsobny, 199
  - rezonansowy, 100
  - selektywny, 100
  - spolaryzowany, 100
  - wzmocnienie, 99, 192
    - liniowość, 99
    - obcinanie, 99
  - zakres liniowy, 100
- wzmacniacze i amplitunery, 276
  - blok wyjściowy, 277
  - demontaż, 215
  - filtr wygładzający, 276
  - kontrola tonów, 277
  - możliwe uszkodzenia, 277
  - opłacalność naprawy, 278
  - przedwzmacniacz, 277

## wzmacniacze i amplitunery

sposoby naprawy, 279

pętla masy, 281

problemy niskosygnałowe, 280

problemy z blokami wyjściowymi, 279

problemy z zasilaniem, 279

sposób działania, 276

subwoofer, 277

woofer, 277

wzmocnienie mocy, 276

zagrożenia, 278

**Z**

zasilacze, 50, 226

impulsowe, 53, 196, 227, 273

bezpieczeństwo, 60

możliwe uszkodzenia, 274

opłacalność naprawy, 274

sposoby naprawy, 275

sposób działania, 273

zagrożenia, 274

inwerter, 229

liniowe, 196, 227

napięcie, 50

przetwornica napięcia, 229

sposób połączenia, 137

polaryzacja wtyku, 137

wtyk koncentryczny, 137, 138

transformatorowe, 53, 226

ustawianie napięcia, 139

wydajność prądowa, 50, 140

zimny lut, 77, 132, 134

# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



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

Zmień swoją stronę WWW  
w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

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

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

# Poznaj zasady działania urządzeń elektronicznych!

W tym praktycznym przewodniku urodzony specjalista od elektroniki dzieli się sprawdzonymi technikami i bezcennymi obserwacjami. Ta książka pokazuje, jak naprawić wszelkiego rodzaju urządzenia tranzystorowe — od nowoczesnych gadżetów cyfrowych po hołubione analogowe produkty czasów minionych — i przedłużyć im życie.

Zaczniesz od wyboru niezbędnych narzędzi oraz przyrządów pomiarowych i zorganizowania warsztatu. Następnie poznasz wszystkie elementy i dowiesz się, jak tworzą obwody, bloki i sekcje w urządzeniu. Potem nauczysz się je rozbić, diagnozować jego niedomagania, wymieniać elementy i z powrotem je składać. Przykłady z życia pomogą Ci w zrozumieniu omawianych tematów. Znajdziesz tu też porady i triki dotyczące konkretnych urządzeń, takich jak odtwarzacze dysków optycznych, komputery i rejestratory wideo.

- Zorganizuj sobie warsztat i wyposaż go w narzędzia oraz przyrządy pomiarowe
- Zadbaj o osobiste bezpieczeństwo i uniknij dodatkowych uszkodzeń mechanicznych czy elektrycznych w urządzeniach
- Poznaj jednostki elektryczne, obwody i sygnały
- Korzystaj z przyrządów pomiarowych, w tym miernika cyfrowego, generatora sygnałów, miernika częstotliwości i oscyloskopu
- Naucz się odczytywać schematy blokowe i ideowe oraz rysunki montażowe
- Dowiedz się, jak rozbić urządzenia i rozpoznawać ich sekcje czy bloki
- Szukaj problemu i diagnozuj aż do poziomu pojedynczego komponentu
- Wykonaj montaż w odwrotnej kolejności

**Michael Jay Geier** już w wieku ośmiu lat zaczął prowadzić lokalny serwis elektroniczny, który został opisany w „The Miami News”. Później pracował w wielu serwisach jako specjalista ds. sytuacji kryzysowych, rozwiązujący sprawy, z którymi nie poradzili sobie inni fachowcy. Pomagał też w opracowywaniu komputerowych systemów syntezy mowy dla dzieci z porażeniem mózgowym. Jego artykuły techniczne były publikowane w „Electronic Engineering Times”, „Desktop Engineering”, „IEEE Spectrum”, „The Envisioning Newsletter”, „73 Amateur Radio Today” oraz „Radio Fun”.

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Nr katalogowy: 13308

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

Zamówienia telefoniczne:  
**0 801 339900**  
**0 601 339900**



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

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

sięgnij po **WIĘCEJ**



KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-246-5074-3



9 788324 650743

cena: 59,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu