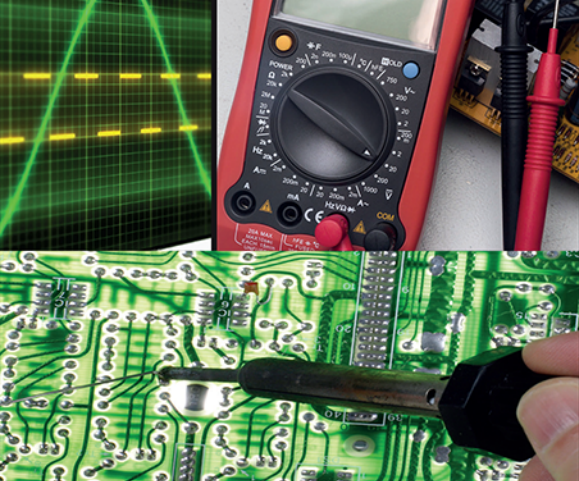
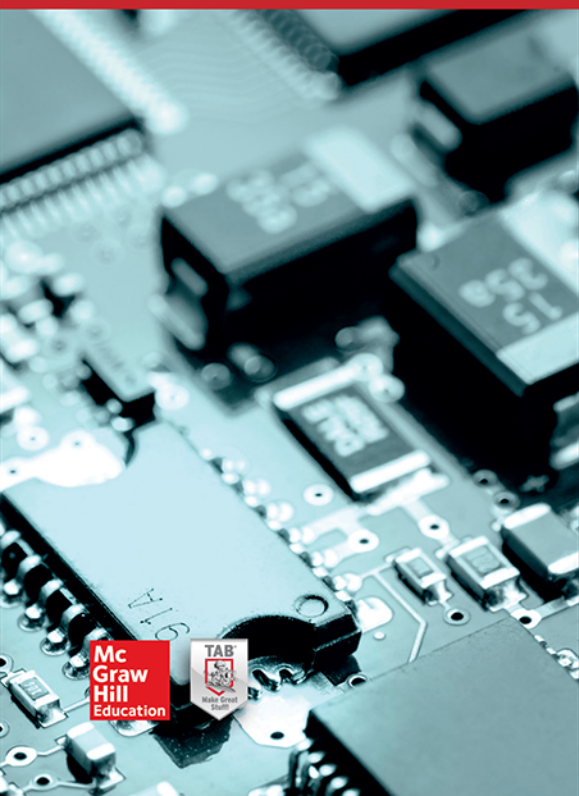




JAK NAPRAWIĆ

SPRZĘT ELEKTRONICZNY



PORADNIK DLA NIEELEKTRONIKA

Wydanie II

MICHAEL JAY GEIER

Mc
Graw
Hill
Education



Helion

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

Tłumaczenie: Marcin Machnik

ISBN: 978-83-283-9242-7

Original edition copyright © 2016 by McGraw-Hill Education.

All rights reserved.

Polish edition copyright © 2019, 2022 by Helion S.A.

All rights reserved.

McGraw-Hill Education, the McGraw-Hill Education logo, TAB, and related trade dress are trademarks or registered trademarks of McGraw-Hill Education and/or its affiliates in the United States and other countries and may not be used without written permission. All other trademarks are the property of their respective owners. McGraw-Hill Education is not associated with any product or vendor mentioned in this book.

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

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

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

Autor oraz wydawca 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 wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie/jana2v>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

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

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

Spis treści

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

Co jeszcze warto mieć?	50
Aparat cyfrowy	51
Zasilacz	51
Tester tranzystorów	51
Testery, generatory sygnału i mierniki	52
Transformator separacyjny	54
Mikroskop stereoskopowy	54
Imadło	55
Stacja lutownicza na gorące powietrze	55
Pistolet do klejenia na gorąco	55
Magnes na pręcie	55
Klej cyjanoakrylowy	56
Spray zamrażający	56
Katalogi papierowe	56
Elementy elektroniczne	57
Stare płytki z elementami	58
Lista życzeń	58
Miernik indukcyjności	58
Analizator logiczny	59
Analizator widma	59
Stacja lutownicza BGA	59

ROZDZIAŁ 3. Uwaga, napięcie, czyli jak zachować bezpieczeństwo 61

Porażenie prądem	61
Obrażenia fizyczne	64
Twoja kolej	65
Uszkodzenia elektryczne	65
Uszkodzenia fizyczne	67
Naprawiłeś! Ale czy urządzenie jest bezpieczne?	69
Zasada ZWiS	69

ROZDZIAŁ 4. Naprawiam, więc jestem, czyli filozofia rozwiązywania problemów 71

Dlaczego urządzenia w ogóle działają?	72
Urządzenie jako dzieło sztuki	73
Gdyby tylko urządzenia miały mózg	73
Dobry, zły i niechlujny	74
Pomyłki początkujących	75
Regulacja w celu ukrycia prawdziwego problemu	75
Naciąganie danych, aby pasowały do teorii	76
Błędne koło	76
Tak to już jest	77
Śmiertelność poporodowa	77
Zużycie mechaniczne	78

Połączenia	78
Połączenia lutowane	79
Przegrzewanie	80
Przeciążenie elektryczne	80
Przeciążenie fizyczne	82
Wielki skandal kondensatorowy	83
Lekcja historii	84
Proszę wysunąć port USB i powiedzieć: „Aaa”, czyli badanie wstępne	86
Rusz mózgownicą	88

ROZDZIAŁ 5. Z czym to się je, czyli ważne terminy, teorie i bloki układów 95

Teoria elektryczności	95
Teoria obwodów	98
Teoria sygnałów	99
Bloki układów	102

ROZDZIAŁ 6. Opanuj swoją broń, czyli jak korzystać z przyrządów serwisowych 107

Miernik cyfrowy	107
Cechy ogólne	108
Napięcie stałe	108
Napięcie zmienne	109
Rezystancja	110
Przejście	111
Prąd stały	111
Testowanie diody	112
Miernik ESR	113
Diagnozowanie zwarć	114
Oscyloskop	115
Cechy ogólne	116
Ustawienia ekranu	117
Ustawienia pionowe	118
Ustawienia poziome	119
Ustawienia wyzwalania	120
Wyświetlanie sygnału	121
Po co są te wszystkie gałki?	121
Oscyloskop cyfrowy — różnice	140
Lutownica	142
Narzędzia do odlutowywania	145
Plecionka do odsysania cyny	145
Odsysacz	146
Stacje robocze na gorące powietrze	147

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ROZDZIAŁ 4

Naprawiam, więc jestem, czyli filozofia rozwiązywania problemów

Wyobraź 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 nieznanej 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, założmy czapki filozofów i stańmy się Sokratesami obwodów oraz Erazmami elektroniki. Zastanówmy się, dlaczego produkty działają i dlaczego nie. Pomyślmy, jak uniknąć popularnych pułapek, na jakie napotykają rozwijający się fachowcy. Stańmy się jednością z urządzeniami.

Dlaczego urządzenia w ogóle działają?

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

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

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

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

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

Urządzenie jako dzieło sztuki

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

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

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

Gdyby tylko urządzenia miały mózg

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

Brakowało jednak mózgu. Współczesne urządzenia są mózgowcami 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 zmienić parametry. Kurcze, większość współczesnych gadżetów nie ma nawet „twardych” przełączników włącz/wyłącz, które faktycznie odłączają napięcie od obwodu. Przycisk zasilania służy tylko do tego, żeby wysłać mikroprocesorowi sygnał z żądaniem włączenia lub wyłączenia układów produktu.

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

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

Dobry, zły i niechlujny

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

To może się wydawać przesadzone, lecz w swojej praktyce serwisowej bardzo często się z tym spotykam. Większość zakładów naprawczych kieruje się zasadą nieprzyjmowania urządzeń, w których grzebali amatorzy, więc odkrycie oczywistych, niekompetentnych zmian skutkuje telefonem do właściciela urządzenia, który upiera się, że nigdy nie było rozbierane i po prostu przestało działać. Tak, jasne, Sony stosuje taśmę klejącą do łączenia niezlutowanych przewodów. Jasne, kolego. Pamiętam jeden przypadek, gdy odmówiłem naprawy poważnie uszkodzonego radia z widocznymi śladami ingerencji użytkownika. Właściciel wpadł w taką wściekłość, że zadzwonił do mojego szefa, aby ten mnie zwolnił! Szef rzucił okiem do wnętrza urządzenia, poklepał mnie po plecach ze śmiechem i powiedział właścicielowi, aby przyjechał po swoje zrujnowane radio i zniknął. Wszyscy szefowie powinni tacy być, prawda? Kluczowe dla wykonywania odpowiednich napraw o zawodowej jakości jest konsekwentne zwracanie uwagi na detale. Myśl o sobie jak o chirurgu, bo przecież nim jesteś. Za chwilę otworzysz mechaniczny „organizm” urządzenia i spróbujesz skorygować jego niedomagania. Jak mówi jedna z 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 możliwości regulacji jest znacznie mniej. Często wykonuje się ją programowo za pomocą specjalnych, niedostępnych dla nas urządzeń, lecz spotyka się także elementy regulowane starym, dobrym śrubokrętem. Przykładowo w zasilaczach często można regulować napięcie, a wcześniejsze generacje odtwarzaczy CD miały mnóstwo serwomechanizmów, które odpowiadały za właściwe skupienie i wyśrodkowanie wiązki lasera na ścieżce. Nawet odbiornik cyfrowy może mieć regulowane elementy w blokach radiowych.

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

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

Naciąganie danych, aby pasowały do teorii

Większość fachowców 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 przeciw na tę samą diagnozę i ignorujesz anomalię z nadzieją, że jest bez znaczenia. Zaufaj mi, ona ma znaczenie, a Ty zamierzasz wyruszyć w długą, frustrującą wyprawę łowiecką prowadzącą do strasznego ślepego zaułka. Zapamiętaj sobie, że **jeśli elementy układanki do siebie nie pasują, to znaczy, że jakiegoś brakuje!** Jest coś, czego nie wiesz i właśnie na to powinieneś polować. Często odsunięta na bok anomalia stanowi najlepszą wskazówkę, a zignorowanie jej jest najgorszym błędem, jaki możesz popełnić. Po wielu godzinach frustrujących wysiłków, gdy w końcu rozwiążesz zagadkę, pomyślisz sobie: „Dlaczego nie wziąłem pod uwagę, że ten dziwny objaw może być kluczem do rozwiązania? Od początku miałem go tuż przed oczami”. No cóż... każdy jest mądry po fakcie.

Błędne koło

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

Tak to już jest

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

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

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

Śmiertelność poporodowa

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

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

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

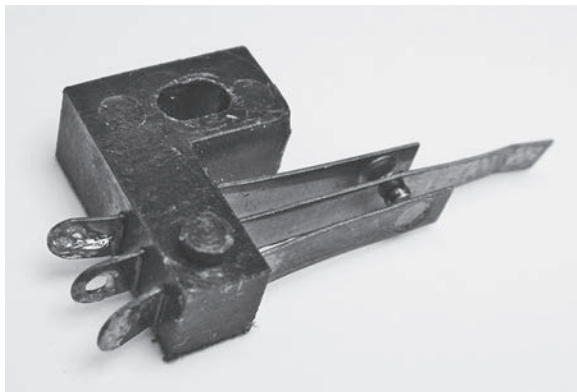
Połączenia

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

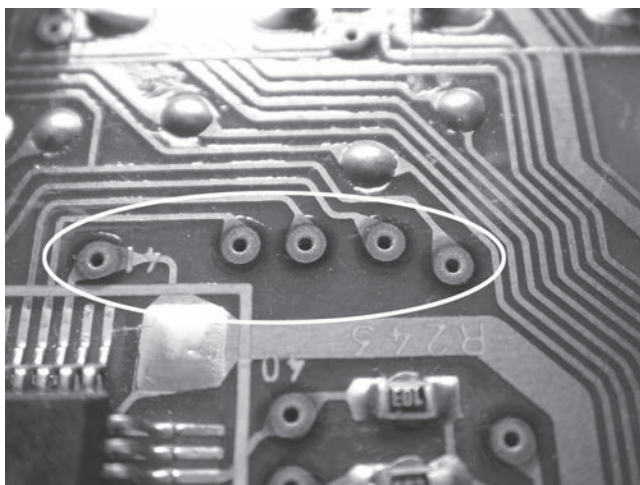
Głównym winowajcą jest tu korozja kontaktów spowodowana przez czas, a w przypadku przełączników i przekaźników także iskrzenie przy otwieraniu i zamykaniu styków. Prócz tego smar stosowany przez niektórych producentów przełączników listkowych wysycha po pewnym czasie i staje się skutecznym izolatorem.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

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

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



RYSUNEK 4.1. Przełącznik listkowy



RYSUNEK 4.2. Połączenia międzywarstwowe
z przewodzącym klejem

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

Połączenia lutowane

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

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

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

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

Przegrzewanie

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

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

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 nikielowo-metalowo-wodorkowymi (NiMH). Każdy z nich daje 1,2 V, natomiast alkaliczne — 1,5 V. W przypadku czterech ogniw z baterii alkalicznych uzyskasz 6 V, podczas gdy urządzenie oczekuje 5 V. Większość układów sobie z tym poradzi, lecz niektóre nie potrafią. Zdarzało mi się trafić na aparaty fotograficzne, które bardzo pod tym względem kaprysiły.

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

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

Najwyższym obciążeniem elektrycznym jest piorun. Bezpośrednie uderzenie, które może nastąpić, gdy telewizor lub radio są podłączone do trafionej przez piorun anteny zewnętrznej lub trafiona zostanie linia wysokiego napięcia, przypuszczalnie skończy się zupełnym zniszczeniem produktu. Czasem zdarzy się, że uszkodzi się tylko jeden blok, a reszta przetrwa, lecz to rzadki przypadek. Uderzenie pioruna zazwyczaj spisuje sprzęt na straty, a Tobie nawet nie 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, po którym dochodzi do wyindukowania skoku napięcia mimo braku bezpośredniego uderzenia w sieć energetyczną, albo uderzenie pioruna w sieć w dalszej odległości. Zwykle zasilacz jest poważnie uszkodzony, lecz reszta wychodzi bez szwanku.

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

Nic nie niszczy układów półprzewodnikowych równie szybko jak odwrotna polaryzacja. Wiele półprzewodników (szczególnie układy scalone) nie wytrzymuje odwrotnie płynącego prądu przez dłużej 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 akumulatorek, 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 trafiłeś na wadę konstrukcyjną.

Przeciążenie fizyczne

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

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

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

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

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

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

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

Samo przebywanie w pobliżu słonej wody stopniowo niszczy elektronikę. Radia walkie-talkie, systemy nawigacji, nagłośnienie i telewizory trzymane na jachtach, a nawet w apartamentach nad morzem, są w środku dotknięte korozją. Rdzewieją podstawy montażowe, 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 wybuchły, a żrący elektrolit wyciekał na płytkę produktu i poważnie ją uszkadzał, niszcząc urządzenie.

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

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

Lekcja historii

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

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

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

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 znechania?** Czy było upuszczone? Wpadło do wody? Wylano na nie coś? Ktoś na nim usiadł? Leżało na desce rozdzielczej samochodu w lecie? Było używane na plaży? Miało baterie w środku przez całe miesiące lub lata? Utknęła w nim 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 przypuszczalnie uszkodzi się w inny sposób niż taki, który był odkręcony na maksimum w klubie lub działał w restauracji czterdzieści godzin tygodniowo przez dziesięć lat.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

lub zwartym elementem, który przepala bezpiecznik. Inaczej mówiąc, łatwizna. Najtrudniejsze przypadki to te, gdy wszystko działa niemal poprawnie, lecz nie do końca, lub czasem działa poprawnie, ale wariuje, gdy skierujesz je na południe w trakcie pełni w czwartek. To są prawdziwe 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 (w tym szumy spowodowane wysoką rezystancją szeregową, czyli ESR, kondensatorów filtrujących) lub to, że kwarc taktujący nie oscyluje.

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

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

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

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

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

Zazwyczaj zdarza się to, gdy pilot zostanie czymś obłany i jeden lub więcej przycisków się zewrze. Dla pilota oznacza to, że są one bez przerwy naciskane, więc wysła 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.

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

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

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

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

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

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

Milczące fale krótkie

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

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

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

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

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

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

Skonany projektor

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

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

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

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

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

Karabinowy odtwarzacz maszynowy

Ten odtwarzacz DVD 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 pełnego zderzenia. Wyobrażałem sobie bezżębny bałagan, jaki panowałby w środku, gdybym zostawił je włączone na długo. Brr!

Po otwarciu obudowy zacząłem szukać typowego układu z przełącznikiem listkowym, lecz go nie znalazłem! Czyżby ten model miał czujniki optyczne? Niestety, po nich też nie było śladu. Delikatnie 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. Czekałem na zmianę rezystancji od nieskończoności (przerwa w obwodzie) do niemal zera (zamknięty obwód), powoli obracając silnik, aby przesunął głowicę w stronę przełącznika. Głowica dotarła do swojego mechanicznego limitu i nie mogła przesunąć się ani milimetr dalej, lecz przełącznik się nie zamknął. A więc na tym polegał problem.

Po odsunięciu głowicy zobaczyłem przyczynę. Była tak głupia, że trudno mi było sobie wyobrazić, iż nikt na nią nie wpadł. Małe metalowe ramię na głowicy lasera, którego zadaniem było aktywowanie przełącznika, zostało zagięte — nieznacznie, lecz wystarczająco, aby nie przyciskało przełącznika odpowiednio mocno. Odgiąłem je równie delikatnie i miałem odtwarzacz DVD! No prawie. Niestety, trzy małe śrubki trzymające mechanizm wrzeciona służyły jednocześnie do regulowania pionowego ustawienia dysku względem lasera, przesuwającego się po całym promieniu, a ja musiałem odkręcić te trzy śrubki, żeby usunąć wrzeciono. 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 15. dowiesz się, jak to zrobić), podłączyłem oscyloskop i ustawiłem wiązkę, starannie regulując te trzy śrubki, aż uzyskałem poprawny sygnał w każdym miejscu dysku. Ale to, że byłem zmuszony do naruszenia niezwykle ważnej regulacji, aby dostać się do przełącznika listkowego, było naprawdę dziwnym pomysłem konstrukcyjnym!

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

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

Skorowidz

A

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

B

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

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

C

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

D

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

E

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

F

fale krótkie, 90
 front end, 103

G

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

H

herc, 97

I

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

J

jasność, 121

K

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

L

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

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

M

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

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

N

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

O

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

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

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

P

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

pojemność, 97
 polaryzatory, 380
 połączenia, 78
 lutowane, 79
 równoległe, 98
 szeregowe, 98
 pomyłki, 75
 porażenie prądem, 61
 port USB, 86
 potencjometri, 180
 oznaczenia, 181
 testowanie poza układem, 182
 zastosowania, 181
 prawo Ohma, 96
 prąd, 150
 stały, 97
 zmienny, 97
 problemy
 niskosygnałowe, 324
 z balastem, 384
 z blokadą płyty, 332
 z blokami wyjściowymi, 323
 z ekranem, 354
 z kołem barw, 386
 z lampą, 383
 z laserem, 334
 z ładowaniem, 353
 z napędem, 357
 z odtwarzaniem, 333
 z przegrzewaniem, 385
 z przetwarzaniem obrazu, 387
 z tacką, 331
 z tunelem światła, 386
 z zasilaniem, 323
 ze śledzeniem ścieżek, 377
 projektor, 91, 379
 DLP, 380
 działanie, 379
 krople na obrazie, 387
 LCD, 379
 linie na panelu LCD, 387
 naprawa, 381, 382
 problemy
 z balastem, 384
 z kołem barw, 386

 z lampą, 383
 z przegrzewaniem, 385
 z przetwarzaniem obrazu, 387
 z tunelem światła, 386
 usterki, 380
 zagrożenia, 382
 żółty obraz, 387
 prostownik mostkowy, 58
 próbkowanie, 39
 ekwiwalentne, 40
 przebieg prostokątny, 100
 przeciążenie
 elektryczne, 80
 fizyczne, 82
 przedwzmacniacz, 304
 przegrzewanie, 80
 przekaźniki, 182, 282
 oznaczenia, 183
 testowanie poza układem, 184
 zastosowania, 183
 przełączniki, 185
 oznaczenia, 186
 testowanie poza układem, 186
 zastosowania, 186
 przesunięcie fazowe, 101
 przetwarzanie sygnału, 251
 przetwornik
 analogowo-cyfrowy, 102
 cyfrowo-analogowy, 217
 przewody z zaciskami, 48
 przyciski, 306, 307
 przyrządy serwisowe, 107
 punkty testowe sygnałów cyfrowych, 268
 PWM, Pulse-Width Modulation, 100

R

radio, 216
 programowalne, 219
 ratowanie płytek, 290
 reaktancja, 97
 regulacja, 75
 regulatory, 105

rezonans, 103
 rezonatory
 ceramiczne, 162
 kvarcowe, 162
 oznaczenia, 163
 testowanie poza układem, 163
 zastosowania, 163
 rezystancja, 96
 rezystory, 176, 283
 oznaczenia, 178
 testowanie poza układem, 179
 zastosowania, 179
 rozdzielczość, 39
 rozlutownica z pompką próżniową, 46
 rozłączanie zatrząsków, 231
 rozpoznawanie głównych sekcji, 245
 rozwiązywanie problemów, 71
 rysunek płytki z elementami, 197, 199

S

scalony generator kwarcowy, 164
 schemat blokowy, 197, 198
 superheterodyny, 217
 schematy ideowe, 197
 beznadziejne, 204
 dobre, 203
 mikrofon pojemnościowy, 305
 mostek H, 221
 niezłe, 203
 prosty zasilacz impulsowy, 213
 superheterodyna AM, 219
 wzmacniacz przeciwsobny, 214
 zasilacz impulsowy, 210
 sekcja
 analogowego
 przetwarzania sygnału, 252
 sterowania cyfrowego, 252

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

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

Ś

ścieżka optyczna, 383
 śledzenie ścieżek, 259
 śrubokręty, 46

T

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

U

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

W

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

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

Z

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

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

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



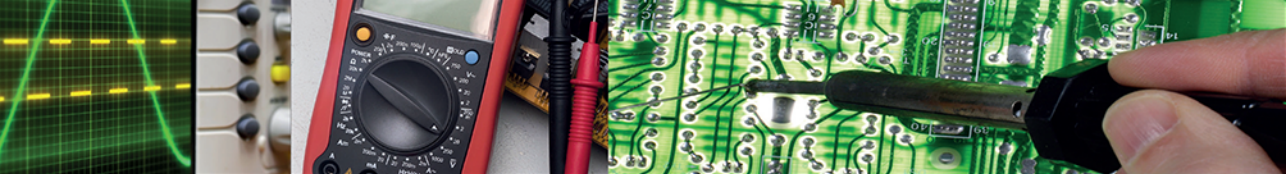
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

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

GRUPA
Helion 



ELEKTRONIKA: ROMANS NA CAŁE ŻYCIE!

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

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

W tej książce między innymi:

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

MICHAEL JAY GEIER

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

Helion

helion.pl

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

INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU

Sprawdź nasze szkolenia!

SZKOLENIA

AKADEMIA IT & BUSINESS

WWW.SZKOLENIA.HELION.PL

KOD KORZYŚCI
Śięgnij po więcej!

ISBN 978-83-283-9242-7

9 788328 392427

Cena: 79,00 zł