

Ekonomiczny wykrywacz zwarć

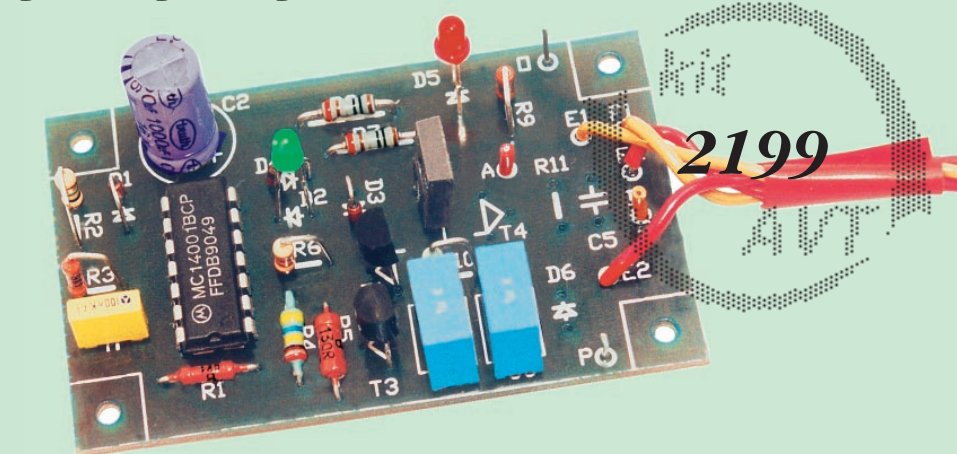
Do czego to służy?

Przedstawiany układ jest w zasadzie omomierzem, przeznaczonym do pomiaru bardzo małych oporności, w zakresie od pojedynczych miliomów do $0,2\Omega$, z rozdzielczością $0,0001\Omega$. Jest to przystawka do cyfrowego miernika uniwersalnego.

Przeznaczeniem przyrządu nie jest jednak tylko pomiar oporności, ale także, a może przede wszystkim, wykrywanie zwarć, na przykład na płytkach drukowanych, w montowanych układach i przy naprawach sprzętu. Każdy, kto miał kiedykolwiek kłopoty z odnalezieniem miejsca, gdzie zwarte są dwa obwody, doceni zalety opisanego przystawki. Czasem zdarza się, że podczas trawienia, na płytce drukowanej pozostanie cieniutkie jak włos połączenie, niewidoczne gołym okiem. Przykładowo zwarcie wystąpi między ścieżką masy a jakąś inną ścieżką. Zmontowany na takiej płytce układ nie będzie działał poprawnie. Czasem zwarcie powstanie w pracującym urządzeniu wskutek uszkodzenia jakiegoś elementu i wtedy też niełatwo znaleźć przyczynę.

Zwykły omomierz niewiele pomaga i zazwyczaj w takim wypadku trzeba przecinać ścieżki w różnych miejscach i sprawdzać, w której części obwodu występuje szukane zwarcie. Jest to metoda żmudna i niezbyt elegancka (ze względu na konieczność przecinania ścieżek).

Użycie opisanego prostego przyrządu pozwoli zlokalizować zwarcie szybko i bez cięcia ścieżek. Co ciekawe, nie trze-



ba wylutowywać elementów z płytki. Lokalizowanie zwarcia odbywa się na zasadzie szukania miejsc o jak najmniejszej oporności. Tylko początkującym może się wydawać, że ścieżki płytki drukowanej mają pomijalnie małą rezystancję. Cienkie ścieżki mają rezystancję rzędu kiludziesięciu miliomów (kilku setnych części oma). Już milimetr długości ścieżki ma rezystancję wykrywalną przez opisany przyrząd.

Aby zlokalizować zwarcie, wystarczy dotknąć sondami dwóch obwodów, między którymi ono występuje. Dołączony woltomierz cyfrowy pokaże jakąś wartość. Następnie jedną z sond należy dotknąć do innego punktu jednego z obwodów. Jeśli woltomierz pokaże wartość większą niż poprzednio, zwarcia należy szukać w przeciwnym kierunku. Dotknięcie punktu ścieżki bliższego miejsca zwarcia spowoduje zmniejszenie wskazania woltomierza. Oczywiście wska-

nie nie spadnie do zera. Nie jest to konieczne – chodzi o znalezienie punktów obydwu obwodów, między którymi rezystancja jest najmniejsza. Właśnie w tej okolicy kryje się zwarcie.

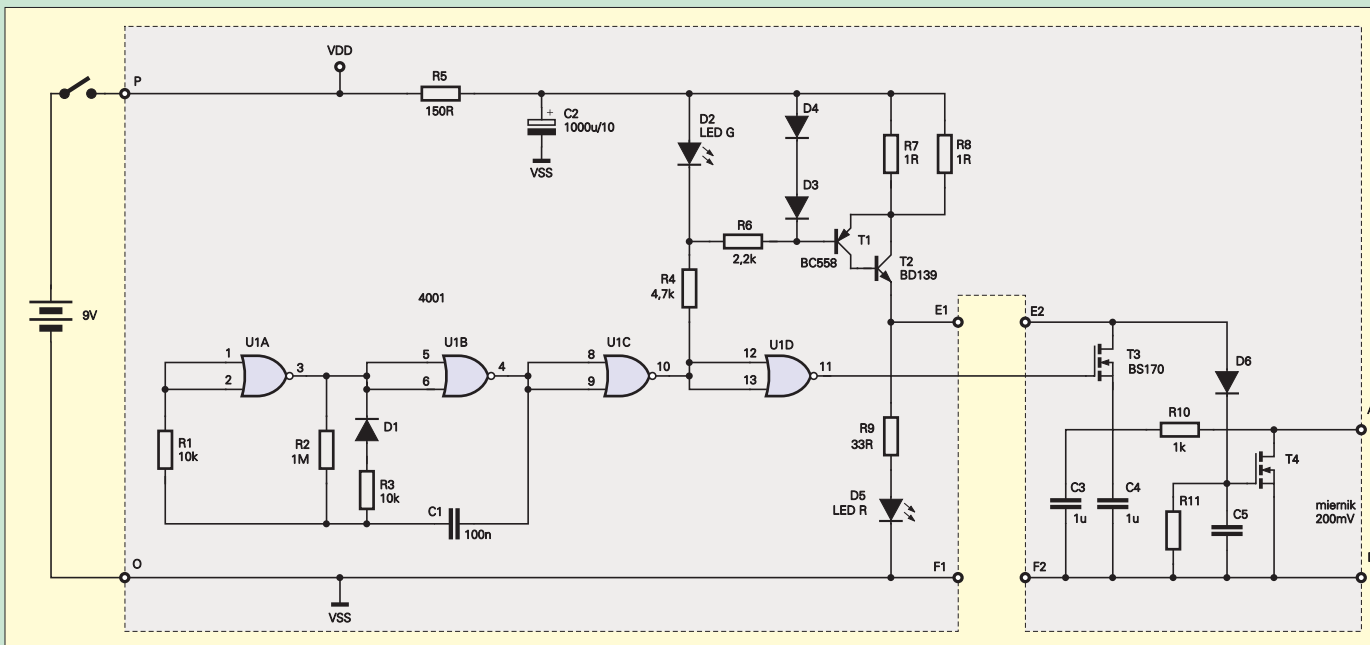
Szczerze mówiąc, opis procedury na papierze jest bardziej skomplikowany, niż praktyka. Kto raz weźmie podobny wykrywacz zwarć do ręki i przeprowadzi eksperyment, na przykład łącząc ze sobą dwa obwody na płytce drukowanej i „szukając” zwarcia, momentalnie zrozumie o co w tym chodzi i doceni zalety opisywanego przyrządu.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazano na rysunku 1. Na pierwszy rzut oka wygląda dość dziwnie, ale nie ma tu żadnych skomplikowanych obwodów.

Przede wszystkim należy poznać zasadę działania przyrządu. Pomiar bardzo małych rezystancji z dobrą rozdzielczo-

Rys. 1. Schemat ideowy



cią dokonywany jest przez pomiar spadku napięcia na tej rezystancji przy przepływie dużego prądu. Wartość tego prądu wynosi ni mniej ni więcej tylko 1 amper! Jest to możliwe przy zasilaniu układu z małej baterii 9-woltowej, a to dzięki impulsowemu sposobowi pomiaru. Tak duży prąd płynie tylko przez krótki czas, natomiast przez większość czasu prąd nie płynie. Za włączanie prądu odpowiedzialny jest generator z bramkami U1A i U1B z układu CMOS 4001. Częstotliwość generatora nie jest krytyczna. Dzięki obecności diody D1 i rezystora R3, przebiegiem wyjściowym generatora nie jest przebieg prostokątny o wypełnieniu 50%, tylko dodatnie szpilki. Czas trwania szpilki wynosi mniej więcej 0,01 okresu generatora. W ten sposób przy wartości prądu w impulsie równej 1A, średni pobór prądu z baterii wynosi około 10mA, co nawet dla zwykłej baterii 6F22 nie jest dużym obciążeniem. Warto jednak zauważyć, że duży prąd nie jest pobierany wprost z baterii (uniemożliwiłaby to jej duża rezystancja wewnętrzna), tylko z kondensatora C2, który tu jest jakby pomocniczym źródłem zasilania o dużej wydajności.

W każdym razie dodatnie szpilki z wyjścia generatora przez odwracającą bramkę U1C uruchamiają źródło prądowe, zbudowane z tranzystorami T1 i T2. Zielona dioda LED D2 jest wstępnym stabilizatorem napięcia. Na rezystorach R7 i R8 napięcie w czasie wspomnianej szpilki wynosi około 0,5V. Przy odpowiednim dobraniu wypadkowej wartości R7 i R8 uzyskuje się wartość prądu w impulsie równą 1 amper.

W czasie normalnej pracy, punkty E1 i E2 są połączone (dając punkt E), podobnie jak punkty F1 i F2 (dające punkt F). Badaną małą rezystancję włącza się mie-

dzy punkty E i F. Przykładowo, na badanej rezystancji równej $0,065234\Omega$, podczas przepływu prądu pojawi się napięcie równe 65,234mV. Napięcie to należy zapamiętać i podać na woltomierz. Służą temu kondensatory C3 i C4 oraz tranzystor T3. W czasie, gdy prąd płynie przez badaną rezystancję, tranzystor T3 jest otwarty i kondensatory C3, C4 ładują się do napięcia występującego na badanej oporności. Gdy prąd przestanie płynąć, tranzystor T3 zostanie zamknięty, ale na kondensatorach pozostanie „zapamiętane” napięcie. Napięcie to na bieżąco podawane jest do woltomierza, dołączonego do punktów A i B. Koniecznie musi to być woltomierz cyfrowy na zakresie 200mV. Po pierwsze chodzi o to, by miał on dużą rezystancję wewnętrzną, by kondensatory C3 i C4 nie rozładowały się zbyt szybko przez tę rezystancję (cyfrowe multimetry mają zwykle rezystancję wejściową równą $10M\Omega$). Po drugie, woltomierz musi mieć dobrą rozdzielczość. Na przykład mierząc przykładowe napięcie 65,234mV na zakresie 200mV, uzyska się odczyt 65,2mV, co da rozdzielczość równą 0,1 milioma!!! Nie inaczej, tylko $0,0001\Omega$. I tu jasno widać, że przyrząd naprawdę jest w stanie wykryć niewielkie zmiany oporności, występujące na długości ścieżki czy przewodu.

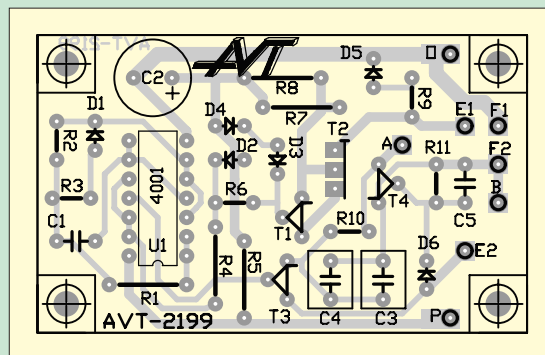
Wyjaśnienia wymaga obecność diody D5 i rezystora R9. Dioda D5 świeci się tylko wtedy, gdy punkty E i F są rozwarne. Przy włączeniu badanej małej rezystancji dioda ta zgaśnie.

Występujące na schemacie elementy T4, C5, D6 i R11 przewidziane były do obwodu zabezpieczenia. W praktyce okazało się, że są one niepotrzebne i elementów tych nie trzeba montować.

Przyrząd nadaje się do pomiaru rezystancji nie większych niż $0,3\Omega$. Teoretycznie zakres pomiarowy powinien sięgać około $1,5\Omega$ (dopóki nie zacznie przewodzić dioda D5). Trzeba jednak pamiętać, że tranzystory MOSFET mają dodatkową pasożytniczą strukturę – diodę włączoną anodą do źródła, katodą do drenu. W czasie, gdy przez badaną rezystancję nie płynie prąd, napięcie na niej jest równe zero i kondensatory, które w czasie przepływu prądu zostaną naładowane do napięcia większego niż 0,4V, zostałyby przez tę diodę rozładowane mniej więcej do 0,4V. Właśnie z tego względu, przyrządem nie można mierzyć rezystancji większych niż $0,3\Omega$, bo odczyt dołączonego woltomierza obarczony byłby dużym błędem.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na rysunku 2. Montaż nie powinien sprawić trudności. Kolejność lutowania jest dowolna, jedynie układ scalony i tranzystor T3 należy wlutować na końcu.



Rys. 2. Schemat montażowy

Dla początkujących zagadką może być występowanie na płytce oddzielnych punktów E1 i E2 oraz F1 i F2.

Ponieważ przyrząd przeznaczony jest do pomiaru bardzo małych rezystancji, warto uwzględnić i wyeliminować wpływ rezystancji przewodów, ścieżek i połączeń wykrywacza, która dodałaby się do badanej rezystancji.

Aby wyeliminować wpływ rezystancji przewodów zastosowano pomiar czteropunktowy. Rysunek 3 przedstawia zasadę pomiaru czteropunktowego. Czerwonym kolorem zaznaczono obwód, w którym płynie duży prąd (1A). Jeśli przewody pomiarowe (czy sygnałowe, dołączone do punktów E2, F2) zostaną połączone do końcówek sond, to wyeliminowany zostanie wpływ rezystancji przewodów „prądowych”, dołączonych do punktów E1 i E2. w kondensatorach C3, C4 zostanie zapamiętane napięcie występujące na badanej rezystancji, a nie suma tego napięcia ze spadkami napięć na przewodach. Rezystancja przewodów prowadzących od punktów E1 i F1 do sond może być większa od badanej rezystancji.

Dla zmniejszenia rezystancji styku między sondą a mierzonym obiektem, należy zastosować sondy z ostrymi czubkami. Sondy w miarę możliwości nie powinny być wykonane z miękkiej miedzi, tylko z jakiegoś twardszego stopu (mosiądz, brąz, itp.). W modelu wykorzystano szpilki pochodzące z krosownicy jakiegoś urządzenia telekomunikacyjnego.

Fotografia modelu pokazuje, jak czteropunktowy pomiar zrealizowano w praktyce. Brązowe przewody (prądowe) dołączone są do punktów E1, F1, natomiast czerwone przewody sygnałowe, dolutowane blisko czubków sond, dołączone są do punktów E2, F2.

c.d. na str. 58

Wykaz elementów

Rezystory

- R1, R3: $10k\Omega$
- R2: $1M\Omega$
- R4: $4,7k\Omega$
- R5: 150Ω
- R6: $2,2k\Omega$
- R7, R8: 1Ω
- R9: 33Ω
- R10: $1k\Omega$ lub zwora

Kondensatory

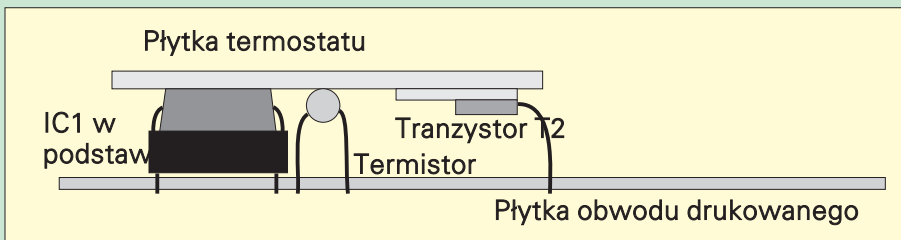
- C1: $100nF$
- C2: $1000\mu F/10V$
- C3, C4: $1\mu F$

Półprzewodniki

- D1, D3, D4: 1N4148
- D2: LED zielona
- D5: LED czerwona
- T1: BC558B
- T2: BD139
- T3: BS170
- U1: 4001

Pozostałe

- T4, C5, D6, R11: nie montować



Rys. 4.

cyjnej danego producenta. W zależności od serii i producenta napięcie to może zawierać się w przedziale 7,1...7,3V, co powoduje konieczność pomiaru napięć wyjściowych układu. Pomiarów najlepiej dokonać po dłuższym okresie wygrzewania układu, nawet po kilkudniowym. Należy też pamiętać, że nasz układ jest gotowy do pracy dopiero po ok. 1 min od włączenia zasilania.

Pozostałą jeszcze do omówienia sprawą wartości temperatury, do jakiej ma się rozgrzewać płytka termostatu i co za tym idzie układ scalony IC1. Musi to być temperatura w każdym przypadku wyższa, niż przewidywana temperatura pomieszczenia, w którym dokonywać będziemy sprawdzania woltomierzy. Należy sądzić, że w naszym klimacie odpowiednia bę-

dzie temperatura ok. 40...45°C, którą ustawimy za pomocą potencjometru montażowego PR2. Do wykonania tej czynności nie będzie nam oczywiście, potrzebny termometr. Wystarczy „pomiar” temperatury dokonany za pomocą dotknięcia palcem: płytka termostatu powinna być wyraźnie gorąca, ale nie może parzyć.

Układ powinien być zasilany ze źródła napięcia stałego 15...20VDC lub przemiennego 11...15VAC o wydajności prądowej ponad 0,5A.

Zbigniew Raabe

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2226.

Wykaz elementów

Rezystory

- PR1: potencjometr montażowy Helitrim 5kΩ
- PR2: potencjometr montażowy miniaturowy 220kΩ
- R8, R9 : 220kΩ
- RT1: ok. 22kΩ/20°C
- R1, R2, R7: 10kΩ
- R3: objaśnienie w tekście
- R4: objaśnienie w tekście
- R10: objaśnienie w tekście
- R11: objaśnienie w tekście
- R5: 1Ω
- R6: 5,6kΩ

Kondensatory

- C1: 1nF
- C2: 220μF/16
- C5, C3: 100nF
- C4: 1000μF/25
- C6: 100nF

Półprzewodniki

- BR1: mostek prostowniczy 1A
- IC1: uAA723 (LM723 lub inny odpowiednik)
- IC2: 78L05
- IC3: 7812
- T1: BC548 lub odpowiednik
- T2: BD140

Pozostałe

- CON1: ARK3 miniaturowe
- CON2: ARK2
- JP1 3 goldpiny + jumper

Ekonomiczny wykrywacz zwarc (c.d. ze str. 55)

Taki pomiar czteropunktowy wcale nie jest jednak konieczny. Kto chce, może zewrzeć na płytce punkty E1 z E2 oraz F1 z F2 i zastosować pojedyncze przewody prowadzące do sond. Wskazania dołączonego miernika będą większe, bo do rezystancji badanej dojdzie rezystancja przewodów i sond. Ilustruje to rysunek 4.

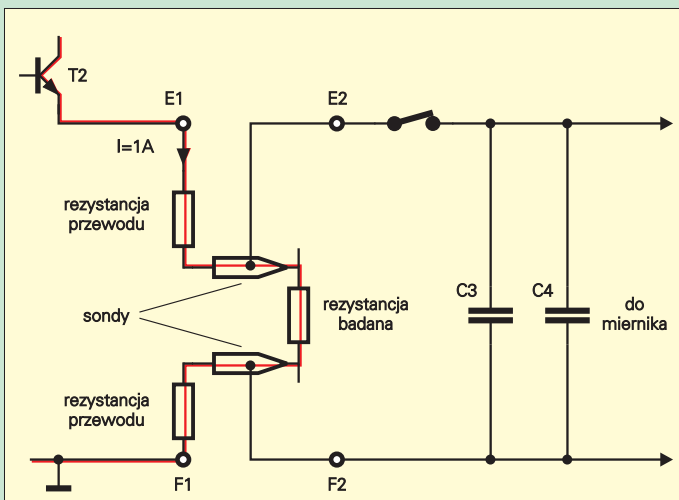
Podczas prób okazało się, że w egzemplarzu modelowym prąd pracy wynosi około 0,85A i wyniki pokazywane na wyświetlaczu dołączonego woltomierza nie odpowiadają ściśle wartości mierzonej rezystancji. Aby uzyskać prąd równy 1A należałoby dokładnie dobrać wartości rezystorów R7 i R8 (dodać kolejny rezystor równoległe do R7 i R8). W praktyce

takie dobieranie wcale nie jest konieczne, bo podczas wyszukiwania zwarcia nie chodzi o poznanie dokładnej wartości badanej rezystancji, tylko o znalezienie miejsca o najmniejszej oporności.

Model pobiera w czasie pomiaru prąd równy 13mA, a przy braku rezystancji mierzonej, czyli rozwarciu sond, gdy świeci dioda D5, pobór prądu wynosi 3mA.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Rys. 3. Zasada pomiaru czteropunktowego



Rys. 4. Wpływ rezystancji przewodów

