

Zwykłe i niezwykłe elementy stykowe

Czym różnią się między sobą pary przełączników, pokazane na fotografii wstępnej?

Niektóre przełączniki w poszczególnych parach wyglądają tak samo, inne różnią się rodzajem dźwigni i wyprowadzeń. Być może pierwszy raz w życiu widzisz niektóre spośród typów przełączników pokazanych na fotografii i chętnie zastosujesz je w konstruowanym właśnie urządzeniu.

Czy jest obojętne, które zastosujesz? Czy jedynym kryterium będzie sposób mocowania i wygląd dźwigni?



Jeśli masz jakieś wątpliwości, odwróć kartkę i zajrzyj na następną stronę. Zobaczysz te same przełączniki, pokazane z innej strony. Zwróć uwagę na napisy na przełącznikach – staranie je przeanalizuj.

Okazuje się, że nieróżniące się na pozór elementy mają inne parametry graniczne i przeznaczone są do zupełnie innych zastosowań. Przede wszystkim połowa przełączników ma napis 0,4VA. Oznaczenie 0,4VA wskazuje jednoznacznie, że obciążalność styków jest bardzo mała. Iloczyn prądu i napięcia pracy nie powinien więc przekraczać 0,4VA, czyli na przykład 20V, 20mA albo 5V, 80mA.

Na pozostałych przełącznikach są napisy określające maksymalny prąd i napięcie pracy, na przykład 2A 250VAC, 5A 120VAC – to są elementy przeznaczone do pracy przy większych mocach.

Nie są to wcale wszystkie istotne różnice. W swej praktyce spotkasz wiele innych typów przełączników, przycisków i innych elementów zawierających styki. Czy na przykład nie zdziwi Cię zapis w katalogu wskazujący, że *minimalne* obciążenie styku wynosi, powiedzmy 0,5mA, 1V? A co wiesz o zależności trwałości styków od rodzaju obciążenia?

Przyjrzyjmy się bliżej niektórym zagadnieniom związanym z przełącznikami.

Materiał styków

Styki przełączników i przycisków wykonywane są z różnych materiałów. Wielu, może nawet większość początkujących elektroni-

ków jest przekonana, że najlepsze są styki złote lub złocone, bo przecież złoto nie rdzewieje, ma najlepszą przewodność elektryczną, a fakt, że stosuje się inne materiały styków, wynika tylko z oszczędności.

Pogląd taki jest z gruntu fałszywy. Najmniej ważny jest tu fakt, że złoto ma przewodność nieco gorszą niż miedź czy srebro, nieco lepszą niż aluminium. Marginalne znaczenie ma też cena złota, która w sumie wcale nie jest taka wysoka, a przecież styki nie muszą być zbudowane z bryłek cennego kruszcu – wystarczy styk pozłacany, czyli cienka warstewka szlachetnego metalu.

Prawdą jest jedynie to, że złoto się nie utlenia i powierzchnia pozostaje czysta nawet w obecności różnych gazów i par.

Dlaczego więc złoto nie jest powszechnie stosowane?

Złocone styki są stosowane bardzo często. Trzeba jednak wiedzieć, że oprócz zalet mają też istotne wady.

Łuk elektryczny

Początkujący adepci elektroniki wyobrażają sobie, że najwyższe dopuszczalne napięcie na stykach zależy od przerwy między nimi. Duże napięcie spowoduje, ich zdaniem,

Skróty dotyczące elementów stykowych

NO – Normally Open - styki normalnie otwarte
NC – Normally Closed - styk normalnie zwarty

CO – ChangeOver - przełączny

SPST Single Pole Single Throw – jednobiegunowy (pojedynczy) zwierny albo rozwierny

SPDT Single Pole Double Throw - jednobiegunowy (pojedynczy) przełączny

DPST Double Pole Single Throw - dwubiegunowy (podwójny) zwierny albo rozwierny

DPDT Double Pole Double Throw - dwubiegunowy (podwójny) przełączny

3PDT - trzybiegunowy (potrójny) przełączny

4PDT – czterobiegunowy (poczwórny) przełączny

SP4T – jednobiegunowy (pojedynczy) czteropozycyjny

SP9T - jednobiegunowy (pojedynczy) dziewięciopozycyjny

break before make – najpierw rozwiera, potem zwiernia (popularne)

make before break – najpierw zwiernia (wszystkie), potem rozwiera (rzadko spotykane)

przebiecie, czyli powstanie łuku elektrycznego między kontaktami.

Wyobrażenie takie jest nieprawdziwe. Rzeczywiście łuk może powstać, ale już ćwierć milimetra przerwy wystarczy, by napięcie przebiecia było rzędu 1000V.

Niezbyt trafne jest też wyobrażenie, że o maksymalnym prądzie styków decyduje rezystancja, a ściślej grzanie się styków i przełącznika wskutek przepływu przez nią prądu. Owszem, takie ograniczenie daje o sobie znać, ale dopiero przy prądach rzędu 10 i więcej amperów.

Prawdą jest natomiast, że maksymalne wartości napięcia i prądu są ściśle związane z powstawaniem łuku elektrycznego. Mianowicie w **trakcie rozłączania styków**, przez które płynie prąd, może powstać, i często **powstaje, łuk elektryczny**. Wprawdzie jest to niewielka iskierka, ale powstająca przy tym wysoka temperatura powoduje zdeformowanie powierzchni, a nawet przeniesienie drobnej części materiału na drugi styk.

Po pewnym czasie użytkowania powierzchnia styków robi się nierówna, co powoduje wzrost rezystancji, a w końcu zwykle prowadzi do uszkodzenia i braku kontaktu.

Ogólnie biorąc, czym większy prąd płynie przez styk w chwili rozłączania i czym większe napięcie wystąpi na rozwartym styku, tym silniejszy będzie łuk, dłużej się utrzyma, a żywotność przełącznika będzie mniejsza.

Łuk może też powstać podczas łączenia styków – w tym wypadku powstaje głównie wskutek drgań styków i wynikającego z tego krótkotrwałego rozłączania, w czasie kilku

czy kilkunastu milisekund, zanim powstanie „czyste” zwarcie.

Ponadto duży impuls prądowy w chwili włączania (lampy żarowe, silniki, obciążenia pojemnościowe) też jest szkodliwy, a w skrajnym przypadku może wręcz zgrzać styki.

Łuk nie występuje przy rozłączaniu styków mało obciążonych. Można przyjąć, że nie pojawi się, jeśli napięcie nie przekracza 20V, a prąd 200mA. Mówimy wtedy o tak zwanym „obwodzie suchym”, ang. *dry circuit*.

Poszczególne materiały mają różną odporność na wspomniane szkodliwe zjawiska powodujące niszczenie styków. Na przykład złoto jest materiałem miękkim i nie nadaje się do styków pracujących przy dużych napięciach i prądach. W takich warunkach złoczone czy nawet złote styki ulegną szybkiemu wypaleniu. Styki złoczone są powszechnie stosowane w obwodach gdzie występują małe napięcia (do 20...30V) i małe prądy (do 1A), zwłaszcza w „obwodach suchych”, gdzie napięcie nie przekracza 20V, a moc 0,4VA i nie powstaje łuk.

Przy większych prądach powszechnie stosowane jest srebro i stopy srebra, przy jeszcze większych (15A i więcej) różne stopy zawierające srebro, kadm, ewentualnie inne dodatki.

Takie styki są twardsze i mają większą odporność na łuk elektryczny. Niestety, ze względu na utlenianie powierzchni i inne czynniki, nie zaleca się pracy przy bardzo małych napięciach i prądach. Może to się wydać dziwne, ale tak jest – w odpowiedzialnych obwodach przy małych prądach,

rzędu mikroamperów oraz małych napięciach, rzędu miliwoltów, nie powinny być stosowane popularne przełączniki ze stykami srebrnymi, a jedynie przełączniki ze stykami złotymi. Tylko złoto zapewnia znakomite właściwości i długoczasową stabilność przy bardzo małych prądach. Warto o tym pamiętać, bo w katalogach przełączników zwykle nie podaje się minimalnego prądu i napięcia styków.

Warto nadmienić, że niektóre firmy produkują przełączniki uniwersalne. Mają one srebrne styki, pokryte cieniutką warstwąką złota. Przy małych prądach i napięciach złote pokrycie zapewnia doskonale parametry. Przy większych prądach i napięciach warstewka złota wprawdzie szybko ulega uszkodzeniu, ale srebro nadal zapewnia dobre właściwości. Oczywiście taki uniwersalny styk po pracy z dużymi prądami nie nadaje się do małych prądów, bo warstewka złota ulega nieodwracalnemu zniszczeniu.

Inne właściwości

Wszystkie przełączniki są skutecznie uszczelnione od strony kontaktów lutowniczych. Mało które są natomiast uszczelnione od strony manipulatora (dźwigni). Do wnętrza przełącznika, podczas (automatycznego) montażu i czyszczenia lub potem w trakcie eksploatacji mogą dostać się płyny lub opary, które się skroplą. Coś takiego zdarza się i jest przyczyną kłopotów, które pojawiają się po pewnym czasie eksploatacji.

Aby je wyeliminować, można zastosować wersje szczelne (*sealed*). Przełączniki oznaczone na fotografii 2 literkami B, C, D, E są uszczelnione w pełni i mogą być zanurzane w kąpielach czyszczących, co jest istotne w trakcie automatycznego montażu na płytach drukowanych. Nie boją się także trudnych warunków eksploatacji.

Parametry graniczne

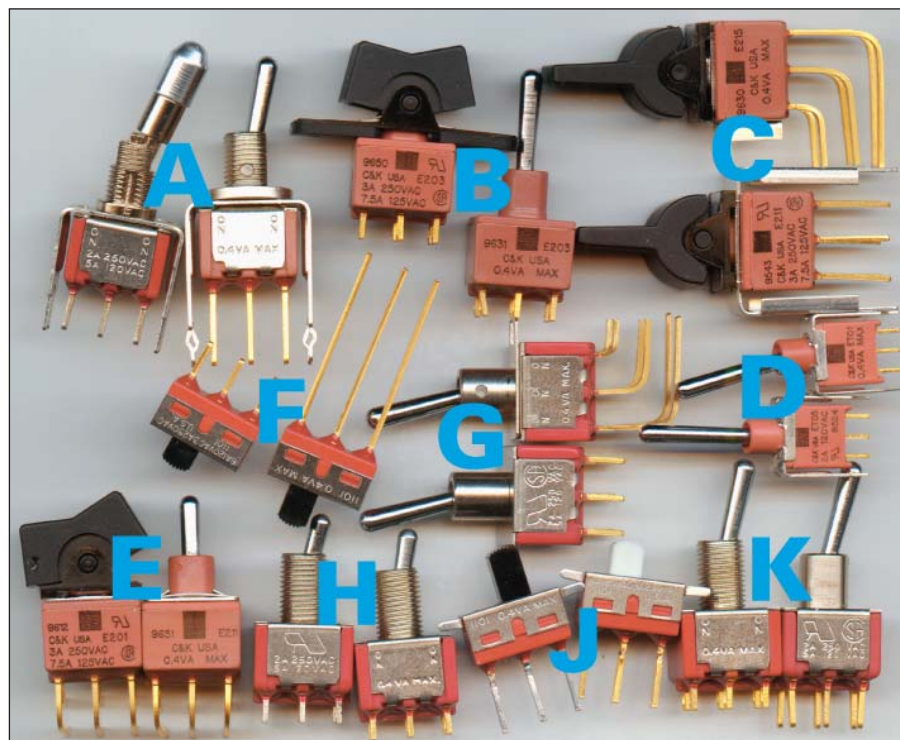
Domyślasz się, że trwałość styków zależy od warunków pracy. A jak wobec tego rozumieć maksymalny prąd i napięcie, podawane w katalogach oraz na przełącznikach?

Niewątpliwie w małym przełączniku, obciążonym nadmiernie dużym prądem i pracującym przy wysokim napięciu, styki szybko ulegną wypaleniu. Czy jednak istnieje jakaś graniczna wartość napięcia i prądu, zapewniająca bezawaryjną pracę przez czas nieograniczony?

W zasadzie odpowiedź brzmi: NIE!

Nie ma żadnej wartości granicznej, obowiązuje tu prosta zasada: czym mniejszy prąd i napięcie, tym większa trwałość, i na odwrót. Podane w katalogu maksymalne napięcie i prąd to wartości, przy których przełącznik powinien bezawaryjnie połączyć i rozłączyć obwód określoną liczbę razy. Zwykle liczba ta to kilkadziesiąt tysięcy.

Fot. 2



„Typowy” przełącznik pokazany na fotografii 2 w prawym dolnym rogu ma według katalogu następujące parametry: prąd maksymalny: 5A przy 125VAC albo 28VDC (obciążenie rezystancyjne); 2A przy 250VAC (obciążenie rezystancyjne).

Identyczna z wyglądu wersja ze stykami złożonymi ma obciążalność maksymalną 0,4VA, przy czym napięcie nie powinno przekraczać 20V, by wykluczyć powstawanie łuku podczas wyłączania.

Oba typy przełączników mają trwałość elektryczną 50 000 operacji (cykli) załącz/wyłącz przy podanym obciążeniu maksymalnym. Początkowa rezystancja styku, mierzona przy napięciu 2...4VDC, 100mA, nie przekracza 10mΩ. Rezystancja izolacji wynosi co najmniej 1GΩ, a wytrzymałość na przebicie (między stykami oraz stykami a obudową) wynosi co najmniej 1500VRMS.

Fotografia 3 pokazuje dwa podobne łączniki o większej obciążalności – także i tu obciążalność jest zdecydowanie różna.



Fot. 3

Warunki pracy

Czasem w katalogach podaje się *trwałość mechaniczną*, wyrażoną w liczbie cykli pracy. Zwykle trwałość mechaniczna przełącznika jest rzędu kilku milionów cykli lub nawet więcej. Związana jest ona ze zmęczeniem materiału sprężystych części przełącznika.

Natomiast przełączniki obciążone elektrycznie będą mieć dużo mniejszą trwałość, rzędu kilkuset, a raczej kilkudziesięciu tysięcy cykli.

Rysunek 1 pokazuje typową trwałość pewnego łącznika dużej mocy przy różnym obciążeniu. Jak widać, trwałość zależy nie tylko od napięcia, ale także od przesunięcia fazy, czyli tzw. kosinusa φ.

Musisz wiedzieć, że trwałość jest lepsza przy prądzie zmiennym, a dużo gorsza przy prądzie stałym. Wynika to z faktu, że przy prądzie zmiennym część rozłączeń nastąpi przy chwilowym małym napięciu i prądzie, a łuk sam będzie gasł, gdy chwilowe napięcie okresowo będzie zmniejszać się do zera. Ponadto przy prądzie stałym może następować powolne przenoszenie materiału z jednego styku na drugi (być może nawet spotkasz w jakimś katalogu zalecaną biegunowość przy prądzie stałym).

Gaszenie łuku, a więc także trwałość, zależy także od odległości między stykami po rozwarciu – czym ta odległość większa, tym szybciej gaśnie łuk. Konstruując urządzenie, można zastosować wersję przełącznika ze zwiększonym odstępem między rozwartymi stykami.

Różnice dopuszczalnych wartości przy prądzie stałym i zmiennym mogą być zadziwiająco duże. Dla pewnego przełącznika ze stykami srebrnymi maksymalne prądy i napięcia wynoszą: 22A@480VAC, 0,25A@250VDC, 0,5A@125VDC, a dla wersji ze stykami złożonymi tylko: 1A@125VAC, 1A@30VDC.

Trwałość styków oraz związana z tym maksymalna wartość napięcia i prądu silnie zależą też od obciążenia. **Tabela 1** dotyczy *prądu stałego* i przełącznika o dopuszczalnym prądzie styków normalnie zwartych (NC) równej 30A i styków normalnie otwartych (NO) – 15A. Pokazuje maksymalne prądy pracy przy różnych napięciach i różnej odległości między stykami dopuszczalne dla zachowania nominalnej trwałości. Warto odnotować zadziwiająco małe wartości dopuszczalne przy sterowaniu obciążeń indukcyjnych i ich zależność od wielkości przerwy. Wynika to z przepięć i łuku powstającego podczas przerywania prądu w indukcyjności. Dla napięć zmiennych zależności są łagodniejsze, ale i wtedy trwałość zależy silnie od napięcia i charakteru obciążenia.

Parametry i... parametry

Żeby dać pełniejszy obraz zagadnienia, koniecznie trzeba wspomnieć o dodatkowych właściwościach i sposobach wyznaczania parametrów granicznych. Na przykład wyniki testu trwałości mechanicznej ogromnie zależą od sił działających na przełącznik podczas przeprowadzania testów. W rezultacie liczbowe wyniki podawane przez różne firmy mogą być podobne, a rzeczywista trwałość i inne walory użytkowe będą

Tabela 1

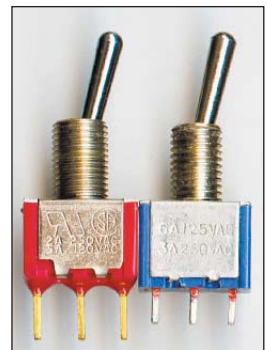
Obciążenie maksymalne przy prądzie stałym [A]							
Odległość między stykami [mm]	Napięcie stałe [V]	Styk zwrotny (NO) grzejnik	Styk rozdzielnik (NC) grzejnik	Styk zwrotny (NO) żarówka	Styk rozdzielnik (NC) żarówka	Styk zwrotny (NO) silnik	Styk rozdzielnik (NC) silnik
0,25	6...8	15	20	1,5	3	8	8
	24...30	2	2	1,5	2	1	1
	220...230	0,2	0,2	0,2	0,2	0,02	0,02
0,5	6...8	15	20	1,5	3	15	20
	24...30	6	6	1,5	3	5	5
	220...230	0,2	0,2	0,2	0,2	0,03	0,03
1,0	6...8	15	20	1,5	3	15	20
	24...30	10	10	1,5	3	10	10
	220...230	0,3	0,3	0,3	0,3	0,05	0,05
1,75	6...8	15	20	1,5	3	15	20
	24...30	15	20	1,5	3	10	10
	220...230	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2

się ogromnie różnić. Także podawane wartości maksymalnego prądu i napięcia wcale nie charakteryzują do końca właściwości elementu, jeśli nie podano, jakiej trwałości dotyczą.

Fotografia 4 pokazuje dwa podobne przełączniki. Ten niebieski, produkcji chińskiej, można kupić już za kilkadziesiąt groszy, czerwony, produkcji amerykańskiej firmy C&K, kosztuje około czterech złotych.

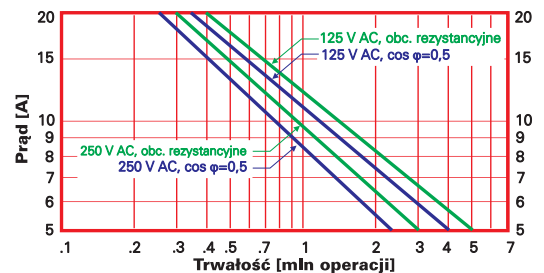
Każdy, kto choć raz miał do czynienia z jednym i z drugim, doceni zalety droższego przełącznika firmowego (czerwonego). Niebieski korpus wykonany jest ze zwykłego tworzywa sztucznego, które mięknie pod wpływem temperatury. W rezultacie podczas lutowania bardzo łatwo całkowicie zepsuć przełącznik lub radykalnie pogorszyć jego właściwości. Podczas lutowania, po rozgrzaniu styki przemieszczają się, a to na pewno pogorszy właściwości; można je też z łatwością wyjąć.

Okazuje się, że niektóre z nich mają zaśniedziałe końcówki lutownicze i trzeba je przed lutowaniem oskrobać. Bez takiego oskrobienia porządne przylutowanie przewodów jest bardzo trudne.



Fot. 4

Rys. 1



Natomiast czerwony korpus wykonany jest z odpornego na temperaturę tworzywa (DAP), które skutecznie zapobiega przesuńnięciu czy wyrwaniu styków podczas lutowania. Nic dziwnego, że czerwony przełącznik ma oznaczenia świadczące o certyfikatach agencji amerykańskiej: Underwriters Laboratories Inc. (odwrócone stylizowane litery UR) oraz kanadyjskiej: Canadian Standards Association (stylizowane litery CSA).

Kuchnia konstruktora

Powyższe rozważania nie świadczą, że wszystkie niebieskie przełączniki są gorsze od czerwonych. O jakości nie decyduje kolor obudowy, tylko sposób produkcji i zastosowane materiały. Obecnie u dystrybutorów dostępne są najróżniejsze przełączniki, przyciski i inne łączniki różnych firm. Niektóre można zobaczyć na **fotografii 5**. Szczegółowe ich omówienie zajęłoby wiele miejsca. Warto jednak mieć świadomość, że poszczególne typy łączników mają określone przeznaczenie. Nieco inaczej są zbudowane przełączniki przeznaczone do urządzeń motoryzacyjnych, gdzie napięcie pracy zazwyczaj wynosi kilkanaście woltów, a prądy w niektórych obwodach bywają duże. Inaczej są wykonane przełączniki przeznaczone do urządzeń zasilanych z sieci 220V, gdzie z kolei napięcie jest stosunkowo wysokie, a prądy zwykle niezbyt duże.

Także małe przyciski mają styki przeznaczone do różnych obciążeń.

Jakie więc stosować przyciski i przełączniki? Czy warto płacić kilka złotych za przełącznik znanej firmy? A może wystarczy taki za kilkadziesiąt groszy?

Konstruktor, a tym bardziej hobbysta, nie muszą w każdym przypadku studiować katalogów. Będą pamiętać, że wszelkie styki zło-

te i złożone mogą i powinny pracować przy małych prądach. Nie nadają się do prądów dużych, powyżej 1A i do napięć ponad 100V, bo wtedy ich żywot będzie krótki.

W praktyce okazuje się, że styki złożone tak naprawdę są potrzebne tylko w miejscach, gdzie występują jednocześnie i małe prądy i małe napięcia. Będą to różne przyrządy pomiarowe i aparatura audio najwyższej klasy, a głównie te obwody, gdzie występują małe sygnały. W tych przypadkach naprawdę warto postarać się o złożone styki.

W pozostałych przypadkach stosowane będą elementy ze stykami wykonanymi z innych materiałów, głównie ze srebra. Jak wspomniano, styki srebrne przeznaczone są do większych obciążeń, ale mogą spokojnie pracować przy małych prądach we wszelkich obwodach sterujących. Jeśli są to obwody sterujące, gdzie nie ma małych sygnałów analogowych, gdzie występują jedynie sygnały logiczne (jest/nie ma), nie trzeba się specjalnie bać o utlenianie styków.

Zawsze warto pamiętać, że podane wartości maksymalne zazwyczaj dotyczą trwałości rzędu kilkudziesięciu tysięcy cykli. Dla zwiększenia trwałości warto pracować przy mniejszym obciążeniu.

Ogólnie biorąc, trzeba wziąć pod uwagę przede wszystkim niezawodność oraz cenę.

Cenę każdy bierze pod uwagę, gorzej z niezawodnością. Jednak prawdziwy konstruktor nie zlekceważy tematu styków. Co prawda polskie relacje cen i płac nie sprzyjają powszechnemu stosowaniu wyrobów markowych, jednak warto wiedzieć, że zazwyczaj oszczędności na jakości podzespołów są tylko pozorne. W przypadku produkcji seryjnej niezawodność jest niezmiernie ważna. A wynika ona z niezawodności wszystkich części składowych danego urządzenia. Przy-

Fot. 5



pomina się tu zasada najsłabszego ogniwa łańcucha: obwody elektroniki mogą być znakomite, a o rzeczywistej atrakcyjności i jakości wyrobu końcowego zadecydują "prymitywne" podzespoły stykowe. Niejeden producent urządzeń elektronicznych przekonał się, że próba zaoszczędzenia paru złotych na elementach stykowych po pewnym czasie mści się boleśnie dużą liczbą reklamacji, a nawet spadkiem zaufania do firmy. Są też przypadki odwrotne – liczba reklamacji spada niemal do zera po zastosowaniu porządných elementów stykowych.

W przypadku pojedynczego urządzenia mało kto zastanawia się nad trwałością, zwłaszcza że rządzą tu zasady statystyki i nie sposób przewidzieć, jak się zachowa dany

egzemplarz. Dlatego w pojedynczym, amatorskim modelu część osób zechce zastosować tani przełącznik kupiony za złotówkę lub nawet taniej (ale od razu warto zakupić drugi na wypadek uszkodzenia podczas lutowania i trzeci na wymianę za jakiś czas). Jeśli natomiast komuś zależy na trwałości, stałości parametrów, a także na wyglądzie zewnętrznym, wyda kilka złotych więcej i będzie miał pewność, że przełączniki nie będą najsłabszym punktem całej konstrukcji.

Podsumowanie

Po lekturze artykułu może i Ty, Czytelniku, zupełnie inaczej spojrzysz na zamieszczoną na drugiej stronie reklamę sklepu Euroelektronika, oferującego między innymi takie

i wiele innych przełączników. Przeglądając katalogi i oferty (np.: ELFA, Conrad, Schuricht, RS) nie będziesz już się dziwić, że przełącznik kosztuje kilka czy nawet kilkanaście złotych.

Jeśli zechcesz wykonać urządzenie, które ma długo i niezawodnie pracować, poważnie zastanowisz się, czy zastosować taniutki, chińskie przełączniki po złotówce, czy wydasz znacznie więcej na solidne przełączniki porządnej marki.

Piotr Górecki

Od Redakcji. Zdjęcia w artykule pochodzą z materiałów udostępnionych przez p. Tomasza Widomskiego, prezesa firmy Elproma Elektronika Sp. z o. o. (www.elproma.com.pl).