

Układy zabezpieczające obwody przenośnych urządzeń medycznych

Urządzenia przenośne do diagnostyki medycznej są bardzo przydatne w leczeniu chorób. Pozwalają na usprawnienie leczenia w szpitalach i przychodniach lekarskich oraz wręcz umożliwiają je w domach pacjentów. Jednakże urządzenia tego typu nie mogłyby istnieć bez odpowiednich obwodów zabezpieczających, dzięki którym ten sprzęt nie stanowi zagrożenia dla zdrowia lub życia pacjenta.

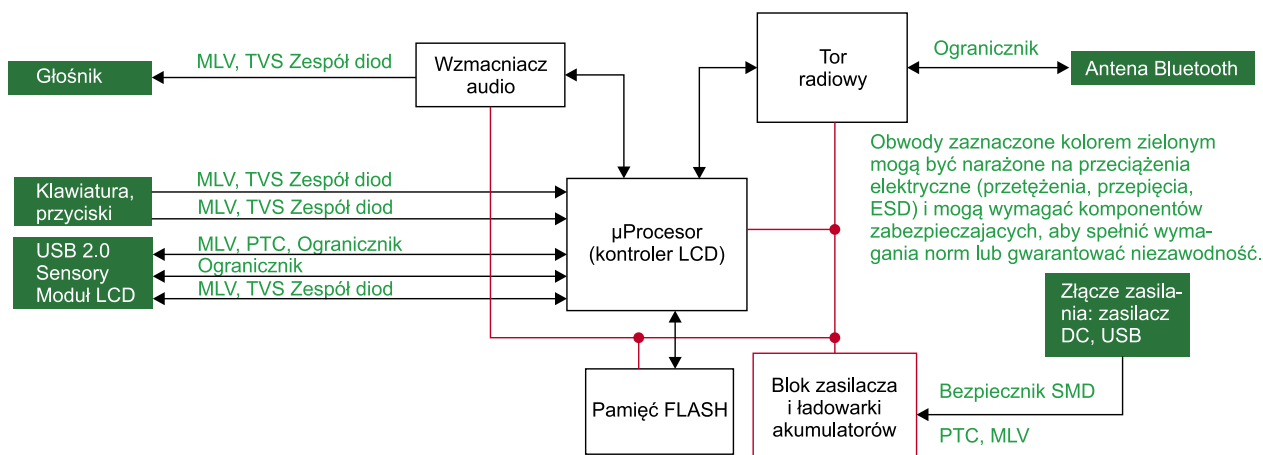
Przenośne urządzenia medyczne, takie jak mierniki poziomu glukozy, ciśnienia czy oksymetry, coraz częściej zapewniają możliwość nieprzerwanego monitorowania mierzonych wartości i przesyłania zebranych informacji do niemal dowolnego miejsca na świecie. Dzięki temu opieka medyczna staje się w praktyce łatwiej dostępna, a w rezultacie także tańsza. Jednakże wyposażenie urządzenia w interfejsy komunikacyjne na stałe dołączone do sieci wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na niezawodność sprzętu oraz

związane z nią bezpieczeństwo. Kluczowymi elementami projektu stają się zabezpieczenia nadprądowe i nadnapięciowe. Aby je wykonać poprawnie, trzeba odpowiednio dobrać komponenty interfejsów komunikacyjnych, obwodów zasilających i ładujących akumulatory, ogniwa zasilające, sensory, wyświetlacze, klawiatury i przyciski itd.

Typowe urządzenie medyczne

Na **rysunku 1** przedstawiono uproszczony schemat blokowy typowego przenośnego, ręcz-

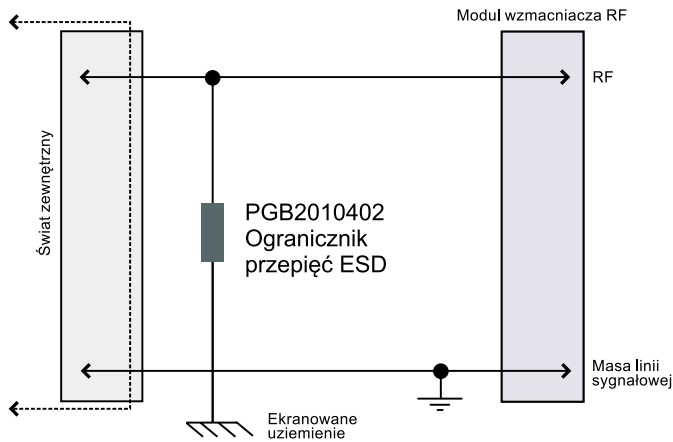
negu urządzenia medycznego. Typowe komponenty zabezpieczające zostały wyróżnione zieloną czcionką nad liniami połączeniowymi. Głównym zagrożeniem, na które trzeba uodpornić urządzenie, są duże ładunki elektrostatyczne. Gromadzą się one, np. gdy jego użytkownik idzie po dywanie. Ich rozładowywanie (ESD – electrostatic discharge) może powodować znaczące wzrosty prądów i napięć, które mogą przedostać się do wewnętrznych obwodów urządzenia. Problemатyczny jest też fragment układu odpowiadający za zasilanie – zarówno w sytuacji, gdy źródłem energii urządzenia jest bateria, jak i wtedy, gdy przyrząd jest dołączany bezpośrednio do sieci zasilającej. W tej drugiej sytuacji, urządzenie staje się ponadto narażone na nagłe bardzo duże skoki prądu i napięcia, wywołane uderzeniami piorunów oraz przez inne urządzenia dołączane do tej samej sieci zasilającej.



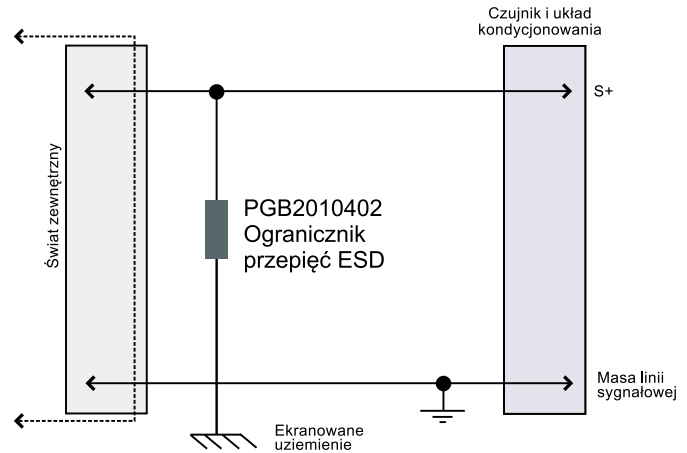
Rysunek 1. Uproszczony diagram blokowy typowego, przenośnego, ręcznego urządzenia medycznego

Tabela 1. Wybrane podzespoły zabezpieczające przed zbyt dużym napięciem oraz ich podstawowe cechy

Technologia	Zdolność odprowadzania dużych energii	Stosowane najczęściej do zabezpieczenia przed:	Prąd upływu	Pojemność	Dostępne obudowy	Zabezpieczane układy
MLV	Niska	ESD	Duży	Duża	SMD	Linie danych, klawiatury, analogowe sygnały audio i wideo
MOV	Bardzo duża	Piorunami	Duży	Duża	THT, SMD	Układy zasilania sieciowego
Polimerowe zabezpieczenia ESD	Niska	ESD	<0,01nA	<0,07 pF	SMD	HDMI, USB 2.0, DVI, FireWire, RF
Diody TVS	Duża	Piorunami	Duży	Duża	THT, SMD	Układy zasilania DC, linie sterujące
Bloki diod krzemowych	Niska	ESD	Mały	<0,65 pF	SMD	Linie danych, klawiatury, analogowe sygnały audio i wideo, HDMI, USB, FireWire



Rysunek 2. Zastosowanie polimerowego zabezpieczenia do ochrony wzmacniacza RF przed skokami napięcia indukowanymi na antenie



Rysunek 3. Ochrona obwodu sensora z użyciem zabezpieczenia polimerowego

Przegląd komponentów zabezpieczających

Na rynku są dostępne różnorodne komponenty zabezpieczające obwody elektryczne, ale inżynierowie bardzo często, z wygody i przyzwyczajenia, ograniczają się do wykorzystywania tylko jednego lub dwóch z nich. Przykładowo, bardzo często jedynym zabezpieczeniem nadprądowym w urządzeniach przenośnych jest mały bezpiecznik. Tymczasem pomocny może być także termistor PTC, który ograniczy przepływający prąd, gdy obciążenie zbyt

wzrośnie. Ma on tę zaletę, że gdy tylko obciążenie wróci do normalnego poziomu, samoczynnie się „zresetuje”, gdyż jego opór spadnie do pierwotnej wartości. Jest to dla użytkownika znacznie wygodniejsze rozwiązanie, gdyż nie wymaga wymiany bezpiecznika.

Jeszcze większy jest wybór podzespołów zabezpieczających przed przepięciami. Wykaz najbardziej popularnych zamieszczono w tabeli 1, wraz z ich podstawowymi cechami.

Pierwsze na liście są warystory, czyli rezystory o oporze zależnym od napięcia.

Pozwalają one przekierować prąd powstały w wyniku skoku napięcia tak, by ominął wrażliwe komponenty. Produkowane są dwa podstawowe rodzaje warystorów:

MLV (multi-layer varistor), które pozwalają ochronić urządzenie przed skokami napięć, w wyniku których wydziela się mała lub średnia ilość energii (w granicach od 0,05 do 2,5 dżuła). Skutecznie chronią przed przepięciami w systemach pracujących z napięciami do 120 V DC. Są często stosowane do ochrony przed wyładowania-

REKLAMA

Nowa seria oscyloskopów Tektronix THS3000



**Częstotliwość
próbkowania
do 5 GS/s**

**4 izolowane
kanały**

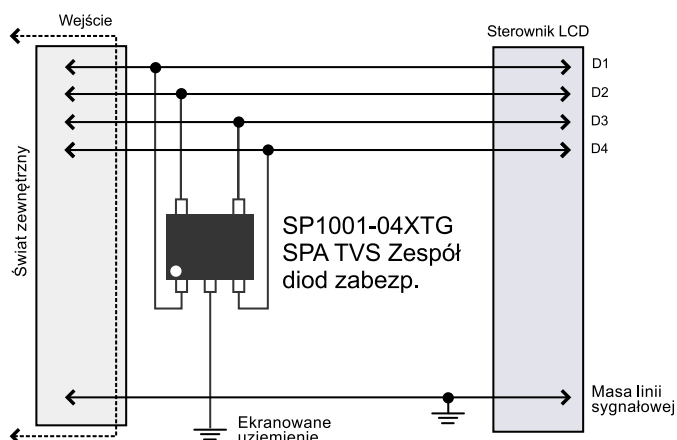
**Do 7 godzin pracy
na baterii**



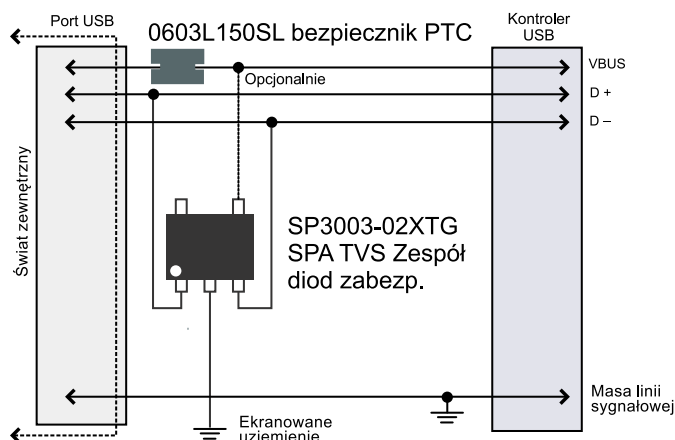
Tektronix

Siedziba Firmy: 54-413 Wrocław, ul. Klecińska 125, tel. 71 783 63 60, fax 71 783 63 61
Biuro Handlowe: 03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 74, tel. 22 675 75 42

tespol@tespol.com.pl • www.tespol.com.pl



Rysunek 4. Zabezpieczenie sterownika LCD z użyciem bloku diod krzemykowych



Rysunek 5. Schemat kompletnego układu zabezpieczeń interfejsu USB urządzenia przenośnego

mi ESD, w urządzeniach zasilanych bateryjnie.

MOV (metal oxide varistor), które pozwalają chronić urządzenie przed skokami napięć, w wyniku których wydzielą się duża moc. Są stosowane w urządzeniach dołączanych do sieci elektrycznej i umożliwiają odprowadzenie energii do około 10 tysięcy dżuli. Stanowią też podstawową ochronę przed piorunami.

Kolejnym rodzajem zabezpieczenia są polimerowe ograniczniki ESD (Polymeric ESD Suppressors), które dobrze sprawdzają się w szybkich cyfrowych interfejsach komunikacyjnych oraz w liniach RF. Wynika to z faktu, że mają niewielką pojemność (około 0,07 pF) i mały prąd upływu, który nie przekracza 0,01 nA. Dzięki temu nie zniekształcają sygnałów wysokoczęstotliwościowych.

W zabezpieczeniach linii zasilania stałoprądowego świetnie sprawdzają się transile - diody TVS (Transient Voltage Suppression). Ich złącza p-n są znacznie większe w przekroju niż normalnych diod, co pozwala im na przewodzenie bez uszkodzenia bardzo dużych prądów do uziemienia. Są w stanie ochronić urządzenie przed skokami prądów i napięć o mocy w zakresie od 400 W do 15 kW i w szybszej reagują na skoki napięć niż warystory. Czas ich reakcji wynosi kilka pikosekund.

W przypadku, gdy jest konieczne uzyskanie niskiego progu napięciowego, po którym włącza się układ zabezpieczający, warto zastosować zespoły diod krzemykowych umieszczonych w jednej obudowie i połączonych ze sobą równolegle. Pozwalają one chronić przed ESD linie sygnałów cyfrowych i analogowych, a ponadto mają niewielkie wymiary.

Zabezpieczenia nadprądowe

Najbardziej popularnym z zabezpieczeń nadprądowych są bezpieczniki. Dostępne są odmiany działające błyskawicznie oraz o określonym czasie zwłoki. Te ostatnie pozwalają ograniczyć częstotliwość wymiany bezpieczników, gdyż nie przepalają się, gdy układ zostanie poddany krótkotrwałemu impulsowi prądowemu. W urządzeniach przenośnych warto skorzystać

z niewielkich bezpieczników przeznaczonych do montażu powierzchniowego.

Jak wspomniano, alternatywą dla bezpieczników są np. termistory PTC, które nie uszkodzają się po każdym zadziałaniu. Obecnie popularnością cieszą się termistory polimerowe (PPTC), których charakterystyka rezystancji w funkcji temperatury silnie się ugina, dzięki czemu próg zadziałania zabezpieczenia jest określony bardziej precyzyjnie. Do aplikacji przenośnych idealne będą termistory w obudowach 0805 lub 0603 przystosowanych do montażu SMT.

Większość z omówionych komponentów zabezpieczających jest dostępna w różnych obudowach, zarówno do montażu powierzchniowego, jak i przewlekane (w tym równolegle lub prostopadłe do płytki drukowanej). W wielu wypadkach dostępność odpowiedniej wersji obudowy może mieć kluczowe znaczenie dla wyboru danego podzespołu. Ponadto, dobierając komponent zabezpieczający, warto zwrócić uwagę na cechy podane w tabeli 1.

Przykłady obwodów zabezpieczających

Prezentujemy kilka przykładowych obwodów zabezpieczających, w których użyto wymienionych wcześniej komponentów.

Nierzadko priorytetem jest ochrona interfejsów komunikacyjnych. Ma ona szczególne znaczenie dla producentów, którzy chcieliby wykonać urządzenia zgodne z zaleceniami grupy Continua Health Alliance. Opublikowana w 2009 roku specyfikacja Continua Version 1 definiuje wymagania odnośnie do interfejsów Bluetooth i USB, które mają zapewniać stałą bezprzewodową i przewodową komunikację pomiędzy urządzeniem pomiarowym a zakładem opieki medycznej.

Jak pokazano na rysunku 1, interfejs radiowy urządzenia przenośnego może być narażony na wyładowania ESD i inne skoki napięcia indukowane na antenie. Obwód przedstawiony na rysunku 2 pokazuje, w jaki sposób zastosować polimerowy układ zabezpieczający, który ochroni wzmacniacz radiowy przed ESD.

Należy zabezpieczyć także czujniki, które narażone są na wyładowania elektrostatyczne spowodowane ładunkami zgromadzonymi na ciele pacjenta. W tym celu można użyć zabezpieczenia polimerowego lub zespołu diod, jak pokazano na rysunku 3. O ile obie te metody charakteryzują się małym prądem upływu, o tyle diody mają niższe napięcie zadziałania, dzięki czemu w praktyce reagują szybciej i pozwalają zminimalizować ewentualne zniszczenia. Natomiast niewielki prąd upływu jest bardzo ważny, by maksymalnie wydłużyć żywotność zastosowanej baterii urządzenia przenośnego. W tym zakresie nieco lepsze są zabezpieczenia polimerowe, które nie mają typowego złącza diodowego. Dodatkowo, mają one najmniejszą pojemność. Komponenty tego typu produkowane przez firmę Littelfuse mają bardzo małe wymiary. Są dostępne w obudowach 0402 i 0201.

Wyładowania elektrostatyczne mogą też poważnie uszkodzić wyświetlacze. Ponieważ szyna danych wyświetlacza raczej nie przesyła danych z prędkością większą niż 20 Mb/s, wystarczy, aby zastosowane zabezpieczenie miało pojemność nie większą niż 40 pF, aby sygnał nie był zniekształcany. W tej sytuacji można zastosować zespół równolegle połączonych diod krzemykowych, tak jak to pokazano na rysunku 4.

Port USB może służyć zarówno do transmisji danych, jak i do zasilania i ładowania akumulatora urządzenia, więc należy go zabezpieczyć przed wyładowaniami elektrostatycznymi i dużymi prądami. Schemat układu, który spełnia te założenia, przedstawiono na rysunku 5. Zapewnia on pełną ochronę interfejsu USB.

Oczywiście, trzeba też pamiętać o ewentualnym zabezpieczeniu baterii lub akumulatorów, mikrokontrolera, wyjść i wejść audio oraz klawiszy. Firma Littelfuse oferuje komponenty pozwalające na ochronę każdego z tych elementów, a jednocześnie dostarcza informacje pomocne w wyborze potrzebnych podzespołów.

Marcin Karbowiczek, EP

Artykuł opracowano na podstawie materiałów firmy Littelfuse