



Zabezpieczenia ESD

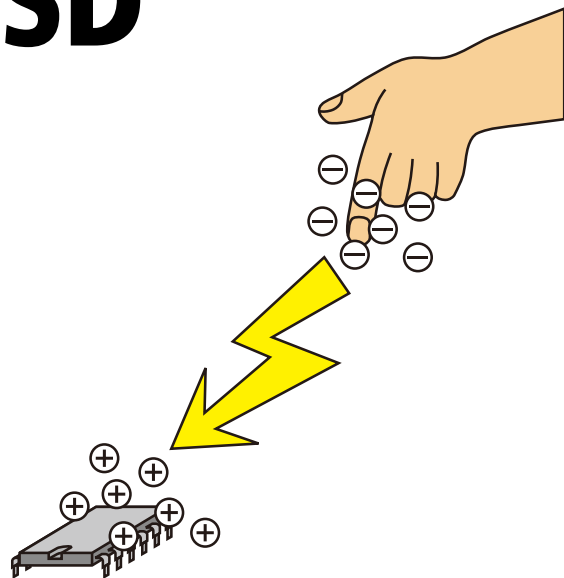
Jak chronić układy elektroniczne

Układy elektroniczne są sukcesywnie miniaturyzowane. Coraz mniejsze wymiary oraz wzrost upakowania elementów w strukturze półprzewodnikowej powoduje, że układy stają się bardziej wrażliwe na wyładowania elektrostatyczne. Zabezpieczenie ich przed skutkami takich wyładowań przynosi wymierne korzyści skutkujące obniżeniem kosztów produkcji (mniej wadliwych podzespołów), podwyższeniem jakości produktu oraz zwiększeniem zadowolenia potencjalnych klientów.

Wskutek zmniejszania się wymiarów układów elektronicznych wzrasta ich wrażliwość na wyładowania elektrostatyczne ESD lub wystąpienie przepięć. Wzrastające wymagania zabezpieczeń podzespołów przed ESD powodują zwiększenie kosztów ich produkcji. W związku z tym część firm produkujących podzespoły elektroniczne zgłosiła potrzebę obniżenia wysokich wymagań bezpieczeństwa ESD. Zmniejszenie wymagań ESD dla podzespołów wymusi na producentach systemów elektronicznych zwiększenie nakładów na zabezpieczenie własnych linii produkcyjnych.

Co to właściwie jest ESD?

Rozładowanie elektrostatyczne ESD (Electro-Static Discharge) polega na przepływie ładunków między obiektami o różnych potencjałach elektrycznych. Ładunki elektrostatyczne powstają, gdy dwa różne materiały są wzajemnie pocierane lub gdy są zbliżone. Do powstawania ładunków elektrycznych przyczyniają się m.in.: chodzenie po syntetycznej podłodze, pocieranie syntetycznych części ubrań, przesuwanie plastikowych pojemników, rozwijanie taśmy samoprzylepnej, itp. Powstałe wskutek tego napięcie elektrostatyczne charakteryzuje się dużą warto-



Rys. 1. Przepływ ładunku elektrostatycznego

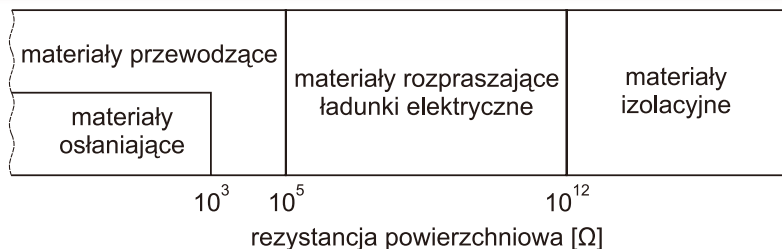
ścią. W typowym środowisku pracy przekracza 10 kV, ale przy małej wilgotności powietrza (poniżej 20%) może wynosić nawet 30 kV. W tab. 1 zestawiono wartości napięć elektrostatycznych występujących w różnych sytuacjach. Zbliżenie dwóch obiektów o różnych potencjałach powoduje przeskok ładunku w kierunku od potencjału ujemnego do potencjału dodatniego (rys. 1).

Uszkodzenia powstałe przy niepożądanym „przeskoku” ładunków elektrostatycznych można podzielić na dwa rodzaje:

- Pierwszym z nich jest tzw. uszkodzenie twarde. Jest to uszkodzenie, którego skutki

Tab. 1 Poziomy ładunków generowane w typowych sytuacjach

	Napięcie elektrostatyczne [V]	
	10...25%	65...90%
Wilgotność względna	10...25%	65...90%
Chodzenie po dywanie	35000	1500
Chodzenie po winylowej wykładzinie	12000	250
Pracownik przy biurku	6000	100
Krzesło z pianki poliuretanowej	18000	1500



Rys. 2. Klasyfikacja materiałów zabezpieczających przed ESD według rezystancji powierzchniowej

W ochronie ESD należy przestrzegać czterech reguł:

1. Załóż, że wszystkie aktywne elementy są wrażliwe na ESD.
2. Chwytaj element tylko w strefie EPA przy odpowiednim własnym uziemieniu.
3. Przechowuj i transportuj elementy wrażliwe na ESD w specjalnych pojemnikach ESD.
4. Sprawdzaj regularnie system ochrony ESD, poprzez system wewnętrzznego i zewnętrznego audytu.

ujawniają się natychmiastowo. Urządzenie jest niezdatne do dalszego użytkowania (jest to uszkodzenie trwałe) i nie przechodzi testów jakościowych.

- Drugim jest uszkodzenie miękkie. Urządzenie najczęściej przechodzi pomyślnie testy jakościowe w fabryce i jest zdatne do dalszego użytkowania, jednak jego parametry użytkowe są gorsze od typowych. Skutki uszkodzenia miękkiego mogą się ujawnić w trakcie eksploatacji urządzenia przez klienta. Urządzenie może być awaryjne lub nawet ulec trwałemu uszkodzeniu w krótkim czasie.

Istotnym problemem staje się więc odpowiednie zabezpieczenie zarówno samego układu elektronicznego jak i miejsca pracy, w którym są użytkowane podzespoły i produkowane układy wrażliwe na ESD. Uszkodzenia mogą bowiem powstać na każdym z etapów: produkcji, testowania, składowania, pakowania, transportu oraz użytkowania.

Materiały i zabezpieczenia ESD

Do zabezpieczenia przed skutkami ESD stosuje się materiały osłaniające, przewodzące, rozpraszające ładunki oraz materiały izolacyjne. Materiały te klasyfikowane są według ich rezystancji powierzchniowej (rys. 2).

Do materiałów osłaniających od rozładowań ESD zaliczane są materiały o rezystancji powierzchniowej (tzw. rezystancja na kwadrat – rezystancja kwadratowego wycinka materiału) mniejszej od 1 kΩ. Przykładem elementu osłaniającego przed rozładowaniami ESD jest klatka Faradaya, która tłumi oraz osłabia energię pola



Podstawowy symbol składa się z żółtej dłoni na czarnym trójkącie. Tak jest oznaczany sprzęt wrażliwy na rozładowania ESD

elektrycznego. Materiałami osłaniającymi najczęściej stosowanymi są metale oraz węgiel.

Zadaniem materiałów przewodzących (rezystancja powierzchniowa mniejsza od 100 kΩ) jest szybkie przemieszczanie ładunku przez materiał do uziemienia.

Materiały rozpraszające ładunki są definiowane jako takie, których rezystancja powierzchniowa jest z zakresu $10^5...10^{12}$ Ω. Ładunki spływają wolniej do uziemienia niż w przypadku materiałów przewodzących, ale wskutek tego następuje zmniejszenie niebezpiecznego, wysokiego potencjału elektrycznego.



Fot. 3. Opaska nadgarstkowa



Fot. 4. Odzież robocza ESD



Fot. 5. Rękawiczki ESD do kontaktu z wrażliwymi urządzeniami

Materiały izolacyjne, to materiały o rezystancji powierzchniowej większej od $10^{12} \Omega$. Ponieważ takie materiały są trudne do uziemienia, ładunki elektrostatyczne przez długi czas pozostają na ich powierzchni. Przykładami materiałów izolacyjnych są: szkło, powietrze, powszechnie stosowane opakowania plastikowe.

Zabezpieczenie personelu

W celu ochrony przed ładunkami elektrostatycznymi o dużej wartości konieczne jest zastosowanie odpowiednich materiałów przewodzących i rozpraszających. Ważne jest również zastosowanie systemu uziemienia wyrównującego potencjał elektryczny podzespołów i personelu. Bezpieczne stanowisko to takie, w którym uziemienie łączy stanowisko pracy z ziemią, w celu wyrównania ich potencjałów. Bardzo ważne jest również przeszkolenie personelu w zakresie stosowania się do zaleceń ochrony elektrostatycznej.

Najważniejszym elementem uziemienia osoby pracującej z podzespołami jest opaska nadgarstkowa (fot. 3). Jest ona skutecznym sposobem na odprowadzenie ładunków z ciała. Opaska jest połączona przewodem miedzianym z uziemieniem lub punktem uziemiania, czyli tzw. punktami EBP (Earth Bonding Point).

W wielu przypadkach konieczne jest używanie specjalnego, przewodzącego obuwia lub przewodzącej opaski na buty. Aby ochrona ESD była prawidłowa, obuwie powinno mieć kontakt z matą ESD lub uziemioną i przewodzącą podłogą. Podłogi z materiału izolacyjnego utrzymują



Fot. 7. Bezpieczne stanowisko pracy

ładunek na swojej powierzchni, przez co mogą powodować wyładowania elektrostatyczne.

Elementem podwyższającym stopień zabezpieczenia ESD jest specjalna odzież robocza (fot. 4). Zaszyte w materiale przewodzące włókna tworzą klatkę Faradaya, dzięki której otrzymujemy ochronę w postaci tłumienia statycznych pól elektrycznych. Wszystkie części odzieży powinny mieć połączenie elektryczne, co zapewnia odpowiednie odprowadzanie ładunków.

Uzupełnieniem zabezpieczeń ESD, zwłaszcza w przypadku szczególnie wrażliwych elementów, są rękawiczki ESD (fot. 5). Niechroniona dłoń nie zapewnia odpowiednio szybkiego odprowadzania ładunków.

Wilgotność powietrza

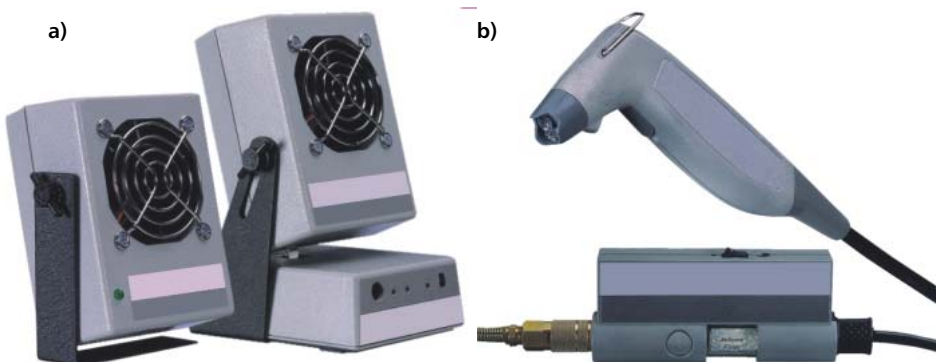
Jednym z najistotniejszych czynników środowiskowych w ochronie ESD jest względna wilgotność powietrza R_h (relative humidity).

Niska wilgotności powietrza (poniżej 30%) sprzyja gromadzeniu ładunków elektrycznych na powierzchni izolatorów (ważnym jest więc pomiar temperatury otoczenia i względnej wilgotności powietrza). W takich przypadkach stosuje się jonizatory. Stosuje się je również w przypadku, gdy nie jest możliwe zastosowanie uziemienia, poprzez system odpowiedniego okablowania lub gdy to okablowanie uniemożliwia bądź znacząco utrudnia pracę.

Jonizatory powietrza działają na zasadzie rozsiewania w atmosferze dodatnich i ujemnych jonów. Jony wchodzą w kontakt z powierzchniami, na których znajdują się dodatnie i ujemne ładunki, dzięki temu niebezpieczne ładunki są neutralizowane. Ochronę jonową można podzielić na lokalną i kompletną. W ochronie lokalnej stosowane są jonizatory stanowiskowe i pistoletowe (fot. 6). Kontrola kompletna polega na kontroli warunków środowiskowych całego pomieszczenia. Należy zwrócić uwagę na ilość ozonu wytwarzanego przez jonizator. Maksymalny, dopuszczalny poziom wytwarzanego ozonu nie może przekraczać: $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Strefa EPA

Strefa EPA (ESD Protected Area) jest to przestrzeń, w której nie występują przedmioty lub działania powodujące uszkodzenia urządzeń wrażliwych na ESD. Wszelkie niebezpieczne wyładowania i ładunki są przenoszone poza obszar EPA. W strefie EPA maksymalne, dopuszczalne natężenie pola elektrycznego wynosi 100 V/cm .



Fot. 6. Jonizatory do ochrony lokalnej: a) stanowiskowe, b) pistoletowe

Tab. 2 Normy dotyczące zabezpieczeń ESD

Oznaczenie	Opis
IEC 61340-5-1	Ochrona urządzeń elektronicznych przed zjawiskiem elektrostatyczności – Zalecenia Ogólne
IEC 61340-5-2	Ochrona urządzeń elektronicznych przed zjawiskiem elektrostatyczności – Zalecenia dla użytkowników
IEC 61340-4-1	Rezystancja elektryczna powłoki podłogi oraz montaż podłóg
ANSI/ESD S20.20-1999	Ochrona elektronicznych i elektrycznych elementów, montażu i urządzeń (darmowy dostęp do norm na www.esda.org)
ANSI/ESD S541-2003	Materiały do pakowania elementów wrażliwych na ESD (darmowy dostęp do norm na www.esda.org)



Fot. 8. Pojemniki do bezpiecznego przechowywania układów elektronicznych



Ważne jest odpowiednie przygotowanie bezpiecznego stanowiska pracy (fot. 7). Należy z niego usunąć wszystkie zbędne przedmioty, a w szczególności jedzenie, torby, napoje. Przed wejściem do strefy EPA każda osoba powinna sprawdzić za pomocą testera osobiste wyposażenie uziemiające.

Elementy zabezpieczenia ESD należy okresowo sprawdzać. Opaska nadgarstkowa powinna być sprawdzana codziennie, gdyż jest to jeden z kluczowych elementów zabezpieczenia elektrostatycznego personelu. Przegląd okablowania i poprawności połączenia mat z uziemieniem musi być przeprowadzany systematycznie (raz na tydzień). Należy też dbać o czystość powierzchni mat ESD, używając do tego celu specjalistycznych środków. Powszechnie stosowane środki czystości pozostawiają niewidoczną warstwę izolacyjną na powierzchni maty i mogą powodować gromadzenie ładunków elektrycznych. Zalecenia dotyczące systemów ochrony ESD zawarte są w normie IEC 61340-5-1. Pozostałe normy dotyczące zabezpieczeń ESD wymieniono w tab. 2.

Bezpieczeństwo podzespołów i urządzeń

Urządzenia wrażliwe na wyładowania elektrostatyczne powinny być przechowywane z zachowaniem szczególnej ostrożności. Do transportu komponentów najczęściej używane są przewodzące pianki, które zapobiegają wystawianiu różnicy potencjałów większej niż kilka woltów pomiędzy wyprawadzeniami (fot. 8). W przypadku zmontowanych płytek PCB stosuje się rozpraszające lub przewodzące kuwety, tacki lub uchwyty do ich magazynowania (fot. 9). Pojedyncze pakiety elektroniczne przechowuje się w odpowiednich torebkach, które powinny utrzymywać niski poziom ładunku, a więc powinny być zrobione z materiału rozpraszającego lub przewodzącego.

Maciej Gołaszewski, EP
maciej.golaszewski@ep.com.pl

Więcej na temat ochrony ESD, szkoleń personelu i materiałów ochronnych:

Renex, al. Kazimierza Wielkiego 6E
 87-800 Włocławek, tel.: 054 231 10 05,
 054 411 25 55, fax: 054 411 25 56,
office@renex.com.pl, www.renex.com.pl,
 Centrum Edukacji Elektroników Renex EEC,
office@ipctraining.pl, www.ipctraining.pl

R E K L A M A

AVT414 Uniwersalna karta portów we/wy na USB

USB UNIVERSAL SERIAL BUS

AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
 tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl

www.sklep.avt.pl