



Ładunek elektrostatyczny, czyli rady dla hodowców słoni

Ładunki elektrostatyczne przyczyniły się do przedwczesnej śmierci niejednego układu scalonego. Poniżej przedstawiamy kilka praktycznych wskazówek, w jaki sposób zapewnić długie życie układowi scalonemu, i powody, dlaczego słonie powinny trzymać się z dala od wrażliwych układów scalonych.

Na temat elektryczności statycznej ciągle jeszcze krążą poglądy, które przypominają stosunek człowieka do pierwszej (parowej) kolei żelaznej w dziewiętnastym wieku. Nawet uznani przyrodnicy byli wówczas zdania, że przy prędkościach 100km/h i większych ciało ludzkie musiałoby się rozpaść. Tymczasem nauka wyjaśniła coś lepszego. Nie chodzi o prędkość, ale o zmianę prędkości. Gdy jedzie się samochodem z szybkością 100km/h, to nie jest to jeszcze nic szczególnego. Jednak gdy jedzie się 100km/h w kierunku muru, to z pewnością co nieco może się wydarzyć, bo prędkość zmniejszy się raptownie ze 100km/h do zera...

Z elektrycznością sprawa ma się bardzo podobnie. Każdy już kiedyś poczuł elektryczność statyczną na własnej skórze, gdy spacerował po wykładzinie podłogowej z włókien syntetycznych. Ładowanie odbywa się stopniowo i niezauważalnie, ale jak tylko dotknie się klamki albo poda dłoń gościowi, który jest naładowany do innego potencjału, dosłownie przeskakuje iskra.

W trakcie błyskawicznego zmniejszania się ładunku, w miejscu dotknięcia odczuwamy nieprzyjemne uszczyknięcie. Ale przyczyną tego nie jest różnica napięcia, ale udar prądu, który przepływa w wyniku tej różnicy. Prąd rozładowania można zmniejszyć, jeśli pierwszy kontakt z klamką lub ręką gościa odbędzie się poprzez rezystor o wartości 10kΩ lub 100kΩ. Prąd jest wtedy wystarczająco mały, aby nie było nieprzyjemnego uszczyknięcia, a jedynie wyrównywanie potencjałów trwa nieco dłużej.

Wrażliwość

Przyrządy półprzewodnikowe są jeszcze bardziej wrażliwe niż ludzie. Co dla człowieka jest tylko nieprzyjemnym uszczyknięciem, w ich przypadku łatwo może doprowadzić do nienaprawialnego uszkodzenia i w ten sposób do

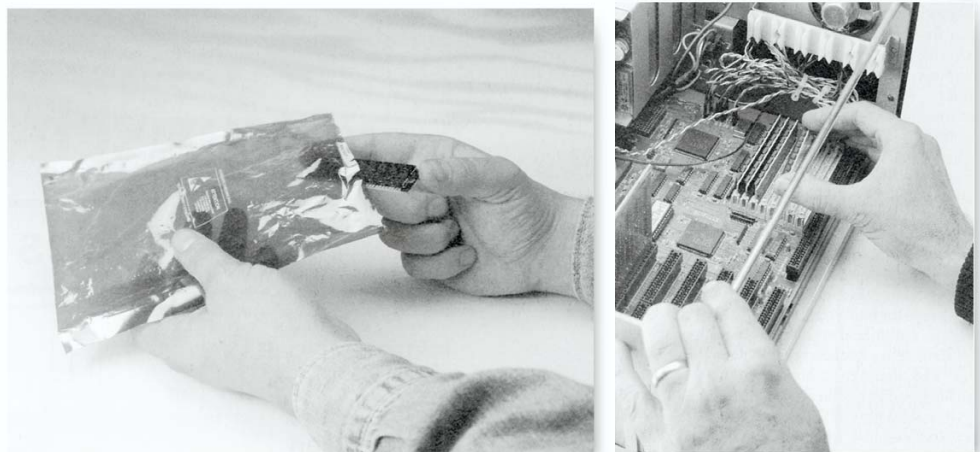
przedwczesnej śmierci. Drogo zdobyte układy scalone mają już potem tylko wartość złomu.

Teraz nauka wyjaśniła już, że potencjały na przyrządach półprzewodnikowych rzędu 1000V i więcej nie prowadzą do ich zniszczenia, dopóki otoczenie ma taki sam lub podobny potencjał, a więc nie ma żadnej lub istnieje tylko niewielka różnica potencjałów. Natomiast znacznie różniące się potencjały mogą spowodować spontaniczne przebiecie wewnętrznej warstwy izolacyjnej układu scalonego, albo przepływa tak duży prąd wyrównawczy, że część półprzewodnikowej struktury dosłownie się roztopia.

Uzbrojeni w tę wiedzę możemy sformułować zasady bezpiecznego obchodzenia się z przyrządami półprzewodnikowymi. Najważniejsza z praktycznego punktu widzenia reguła

mówi, że różnica potencjałów między człowiekiem i chipem musi zostać w bezpieczny sposób wyrównana, zanim dłoń dotknie elementu.

Przykład: Kupiliśmy w sklepie komputerowym nowy moduł pamięci do naszego peceta. Torebka, w którą jest zapakowany moduł, ma nieznaną wartość potencjału elektrostatycznego. Ponieważ jest ona wykonana z przewodzącej folii z tworzywa sztucznego, różnica potencjałów między opakowaniem i modulem jest wyrównana. Po przyniesieniu do domu, zapakowany moduł, transportowany w kieszeni kurtki, ma najprawdopodobniej inny potencjał niż ręka, która właśnie tam sięga. Wyrównania potencjałów dokonuje się mocno chwytną opakowanie. Dopiero teraz można bezpiecznie wyjąć moduł z torebki. Ponieważ potencjały zostały wyrównane, można mocno chwycić



moduł bez ryzyka uszkodzenia. Jest to nawet zalecane, ponieważ dzięki przewodzącemu połączeniu, między ręką i modulem nie może wytworzyć się żadna nowa różnica potencjałów. Jest również lepiej, gdy mocno chwycimy moduł palcami, niż będziemy go ostrożnie wyciągać z opakowania przy pomocy izolowanej pęsety!

Następnym krokiem jest wmontowanie modułu do komputera. Zarówno obudowa PC, jak i jego masa mają nieznaną pojemność. Z tego powodu trzeba teraz dotknąć obudowy PC drugą ręką (nie tą z modulem!), tam, gdzie możliwe jest przewodzące połączenie. Plastikowa listwa albo lakierowana ściana obudowy jest naturalnie do tego nieodpowiednia. Ponieważ ciało ludzkie to (kiepski, bo kiepski, ale jednak) przewodnik, różnica potencjałów między komputerem i modulem wyrównuje się. Podczas gdy jedna ręka utrzymuje

przewodzące połączenie z komputerem, druga może umieścić moduł w podstawie.

Matka Ziemia?

Niektórzy praktycy zapytają teraz, czy nie lepiej byłoby najpierw uziemić moduł? Ziemia jest neutralna, więc później nic właściwie nie powinno się zdarzyć. Na to pytanie obrazowo można odpowiedzieć tak:

Pod wieżą Eiffla można poczuć się dokładnie tak samo dobrze, jak na jej najwyższej platformie, chyba że ktoś spadnie stamtąd w dół. W tłumaczeniu na układy scalone oznacza to, że układowi scalonemu jest obojętne, jaki ma potencjał – tak długo, póki potencjał ten pozostaje stały. Gdy jest pewne, że zarówno komputer, jak i zapakowany moduł są na potencjale ziemi, nie trzeba wyrównywać potencjałów. Potencjał ziemi nie jest więc niezbędnie konieczny, ale może uprościć manipulowanie układem.

Człowiek i słoń

Jak duży szok elektrostatyczny może wytrzymać przeciętny układ scalony? Na pytanie to nie daje się odpowiedzieć dokładnie, a jedynie w przybliżeniu.

Dla producentów półprzewodników nie jest tajemnicą, że wielu ich klientów to ludzie nie dbali i nieuważni. Mimo wszystkich wskazówek i ostrzeżeń, wiele układów ulegało kiedyś uszkodzeniu przez to, że przy transporcie obchodzono się z nimi zbyt niedbale. Z tego powodu, praktycznie wszystkie wrażliwe przyrządy półprzewodnikowe są dziś wyposażane w obwody zabezpieczające, zapobiegające uszkodzeniom przez "średnie" ładunki elektrostatyczne ciała ludzkiego. Jako przykład można wymienić układy logiczne z serii HC(T): Te układy scalone mogą wytrzymać bez szwanku różnice potencjałów do 2000V!

Z dobrym przybliżeniem można założyć, że ciało ludzkie

względem jego otoczenia ma pojemność mniej więcej 100...150pF. Ten "kondensator" w styczności z układem scalonym rozładowuje się. Słoń, z powodu swej wielkości i masy, ma większą pojemność, czyli może zmagazynować w swym "ciele-kondensatorze" wielokrotnie większy ładunek. Gdyby słoń w takich samych warunkach dotknął układu scalonego, ten miałby niewielkie szanse przeżycia. Również jeśli ciało ludzkie naładuje się do znacznie większego potencjału niż 2000V, jego kontakt z układem scalonym bez wątpienia go zniszczy.

Wewnętrzne obwody zabezpieczające układu scalonego są z reguły tak zaprojektowane, że wytrzymują prądy rzędu kilkuset miliamperów przez okres kilku mikrosekund. Praktyka pokazała, że jest to wystarczające niemal we wszystkich przypadkach.