

NAGY SEBESSÉGŰ KOMMUNIKÁCIÓS PORTOK ESD ELLENI VÉDELME PROTEK TVS DIÓDÁVAL

Az ESD tranziens olyan potenciális fenyegetést jelent az elektronikai készülékek I/O portjai számára, ami ellen a konstruktőrnek feltétlenül védekezni kell, mindemellett az alkalmazott megoldás nem befolyásolhatja jelentősen az átviteli sebességet. A TVS diódákról szóló általános írásunkban részletesen körüljártuk az elektrosztatikus feltöltődés elleni – tranziens szupresszordiódával való – védekezés alapjait. Ebben a cikkben szeretnénk konkrét megvalósítási példákon keresztül bemutatni a leggyakrabban használt I/O portok számára fejlesztett ESD védőeszközöket, valamint a vonatkozó szabványi előírásokat. Részletesen bemutatjuk az USD, HDMI és ethernetportok számára ajánlott eszközöket és megoldásokat

Túlfeszültség elleni védelem TVS diódával

Az elektronikai eszközök a külvilág felé I/O portokon keresztül kommunikálnak, melyek megfelelő védelem hiányában támadási felületet teremtenek az elektrosztatikus kisülés (ESD), az elektronikus gyors tranziens (EFT) vagy surge jellegű túlfeszültségek számára, potenciális fenyegetést jelentve a belső áramkört elemekre. Az alkalmazott túlfeszültségvédő eszközök ráadásul nem csökkenthetik a port adatátviteli sebességét. A tradicionális, egyszerű kondenzátoros védelem a nagy frekvencia miatt nem használható, mert az adatvonalak kapacitását minimális szinten kell tartani.

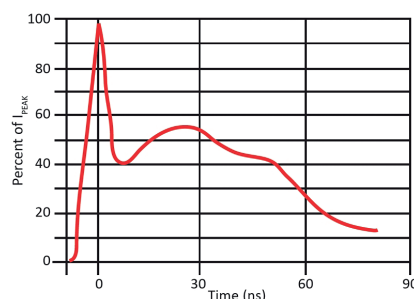
Adatátviteli sebességek		
Port jellege	Sebesség Mbit/S	Kapacitás pF
RS-232	0.20	< 50
T1	1.544	< 30
E2	2.048	
I2C	3.4	
Ethernet	10	
USB 1.1	12	< 20
E3	34.368	
RS-485	35	
T3	44.736	
Fast Ethernet	100	< 5
T5	400.352	< 3
USB 2.0	480	
E5	565.148	
IEEE-1394b	786.432	
GigabitE	1000	< 1
DVI	3960	
USB 3.0	5000	
DisplayPort	5400	
SATA 3.0	6000	
HDMI 1.3	10200	
HDMI 2.0	18000	

Az IEC 61000-4-2 szabvány definiálja az emberi test által keltett ESD-csemény lefo-

lyását, és feszültség tekintetében négy szintet különböztet meg, egészen 8 kV kontakt és 15 kV levegőkisülés-értékig. A szabvány célja, hogy a tervezőket segítse az elegendő mértékű védelem kiválasztásában, legyen bár a tranziens ESD, EFT, surge, villám vagy helytelen bekötés következménye.

Level	Contact Voltage (kV)	Air Discharge Voltage (kV)	Peak Contact Current (A)	Contact Current @30ns (A)	Contact Current @60ns (A)
Level 1	2	2	7.5	4	2
Level 2	4	4	15	8	4
Level 3	6	8	22.5	12	6
Level 4	8	15	30	16	8

Az emberi testmodell alapján definiált tranziens lefolyása az ábra szerinti: a felvétel 1 ns, míg a lefutás 60 ns körüli időtartamot vesz igénybe.



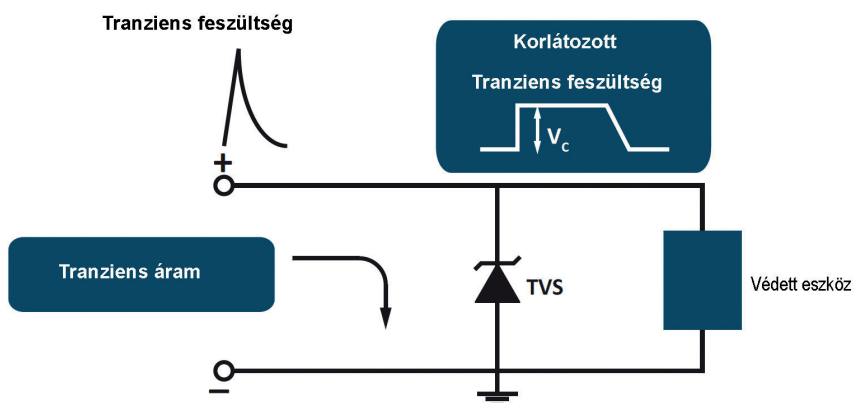
A félvezetőgyártók az 1-es szintű (Level 1) védelmet (1-2 kV) gyakran beépítik az eszközeikbe a gyártás során fellépő zavarok hatásának minimalizálására, azonban a valós körülmények között fellépő ESD akár 15 kV is lehet, ezért a beépített védelmet csak másodlagos szintnek szabad tekinteni, és szükség van egy primer védelemre is 8 kV kontakt és 15 kV levegő-kisülés-impulzusok ellen.

Az ESD-védelem kiválasztásánál figyelembe kell venni a következőket:

- Az eszközre jellemző triggerfeszültség, mely alatt a védelem láthatatlan.
- A védőeszköz ún. „overshoot” feszültsége, ahol az megszólal.
- A feszültségkorlát mértéke (clamping voltage), melyre a védőeszköz a kimene-tén megfelelő feszültséget korlátozza.

Adatvonalak túlfeszültség-védelme

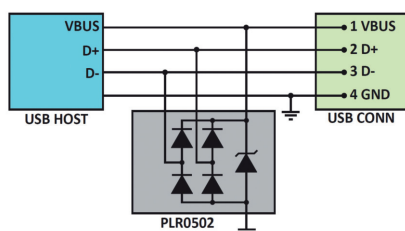
A tápegységekben megtalálható nagyszámú induktív és kapacitív passzív komponens jelenléte miatt ezek az eszközök általában immúnisak az ESD-re, igaz, a tápvonalakat védeni szokták. Az adatvonalakon alkalmazott túlfeszültségvédő eszközök kapacitása azonban komoly problémát jelent magas baud rate esetén. A soros ellenállás a terhelés kapacitásával együtt alkotja az első szűrőt, mely lassítja a jel fel- és lefutását. A hatásos ellenállás csökkentése lehetséges a rézkeresztmetszetek növelésével, de a nagy sebességek eléréséhez az igazi megoldást a kapacitás csökkentése jelenti.



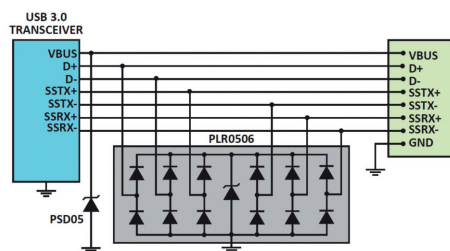
USB portok védelme

Az univerzális soros buszrendszerek nagyarányú elterjedése ipari szabvánnyá tette ezt a megoldást a számítástechnikai és szórakoztatóelektronikai termékek piacán. Mára nemcsak az adatátvitelben, de a készülékek töltésében is jelentős szerepet kapott. A hot-swap jelleg és a rendkívül sok lehetséges meghibásodás miatt ezeket az eszközöket túláram és túlfeszültség ellen is védeni kell. Az USB 1.1 12 Mibit/s, a 2.0-s szabvány 480 Mibit/s, az új 3.0 szabvány pedig akár 5 Gbit/s adatátviteli sebességet támogat, emiatt rendkívül fontos a kis kapacitású TVS dióda alkalmazása.

Az USB 1.1 és 2.0 védelmére a Protek Devices a PLR0502 eszközt fejlesztette ki, mely SOT-543 tokozásban az 5 V-os V_{bus} vonal ESD-védelmét szolgálja. Mindezt 0,6 pF kapacitásértékkel teszi, szinte alig jelen lévő szívárgási árammal, így használata akár a 2.0-ás szabvány 480 Mibit/s adatátvitel mellett sem jelent problémát.



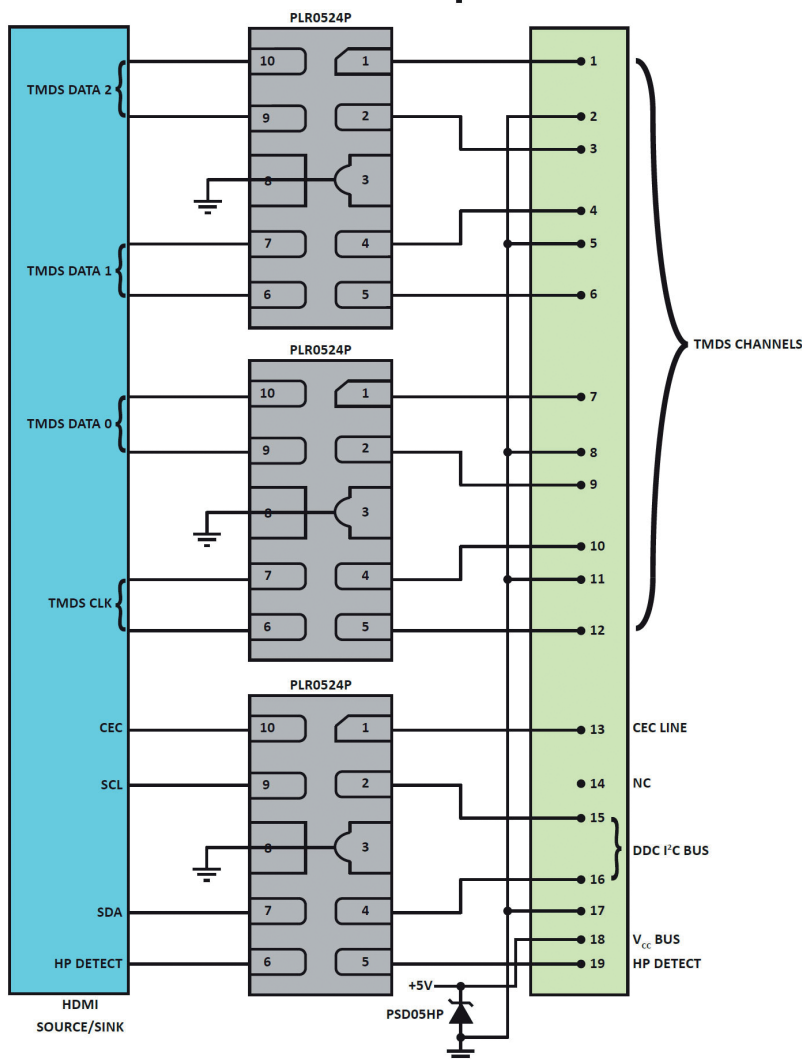
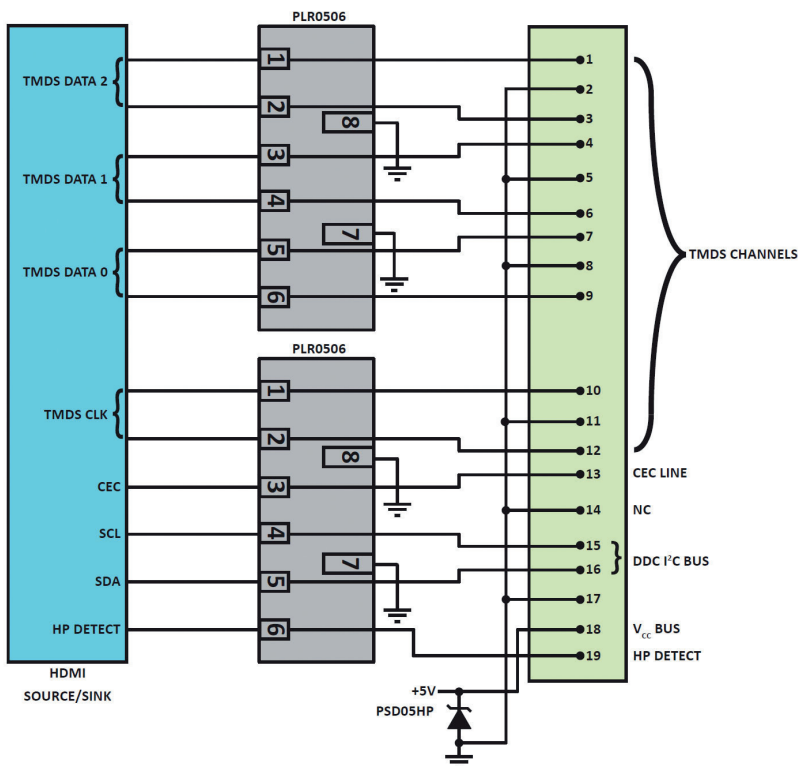
Az USB 3.0 2008. novemberi megjelenése generációs váltást hozott a technológia számára, az adatátviteli vonalakat megháromszorozta (3 differenciális érpár az eddigi 1 helyett), lefelé történő kompatibilitást biztosítva az USB 2.0 HS, FS és LS módjaival, míg bevezette a SuperSpeed nagy sebességű adatlink módot. Ez a konstrukció az eddiegiektől eltérő kábelspecifikációt eredményez, 3 differenciálisan csatolt jelvonalat (Tx+/Tx-download, Rx+/Rx-upload és D+/D-), valamint két külön vezeték a V_{cc} és a GND számára. A Protek TVS megoldása a PLR0506, mely DFN-8 tokozásban 6 vonal számára kínál ESD-védelmet 0,8 pF kapacitással. Kiegészítésként a V_{bus} vonal megvédhető a GBLC05C vagy PSD05C eszközökkel.



HDMI portok védelme

A HDMI-szabványt a nagy felbontású videó- és audiojelek egy kábelben való továbbításá-

ra fejlesztették ki, ennél fogva igen gyors, 18 Gbit/s adatátviteli sebesség jellemzi. Mivel ez a port jellemzően fogyasztási termékekben használatos, gyakorlatilag elegendő



az ESD-védelem alkalmazása. A Protek két, megoldást kínál a 12 adatvonal védelmére, két 6-vonalas PLR0506 vagy három, négyvonalas PLR0524P mátrixot használhatunk. Mindkét megoldás igényli a V_{bus} vonal ESD és surge elleni védelmét egy diszkrét védődíóda, a PSD05HP beépítésével.

Ethernetportok védelme

Az ethernetport védelmének első eleme maga az elválasztó transzformátor, mely elsődlegesen a jelfeldolgozó elektronika és az adatvonalak elválasztását biztosítja. Egy átlagos ethernet-transzformátor általában képes elviselni 200-300 A 2/10 μ s tranziens, ha ez elegendő, akkor csak szekunder oldali védelemre van szükség, hogy az ethernet IC-t megvédjük a telítésig átvitt tranziens energiától, ami azt túlterhelné. TVS diódás megoldást másodlagos védelemként használhatunk, ilyen például a PLR0504F eszköz.

Applikáció	Kombinált TVS	Diszkrét TVS	Alternatívák
DVI	PLR0502, PLR0508	PLR0521, GBLC03/05CI	PLR0504F, PLR0506, PLR0524
Fast Ethernet	SRV05-4, PLC03-6	GBLC03/05C	PLR3304, SRV05-4M, SRV05-4LC
GigabitE	PLR0524, SRV25-4	GBLC03CIHP, GBLC03/05CI	SLVU2.8-4, SRV05-4
HDMI	PLR0506, PLR0524P	PLR0521, GBLC03/05CI	PLR0504F
IPC	DSOT0502	GBLC03/05CI, PLR0521	PSOTxx/C, GBLCxx/C
RS-485	PSM712, PSLC12C	PSD12	485ELC
SATA 3.0	PLR0524	PLR0521, GBLC03/05CI	PLR0506
Smart Battery	DSOT0502	PSD05, P0402FC05C, PSOT05C	VSMF05LC
T1/E1	PLC03-3.3, PLR3304	GBLC03/05C	PLC03-6, SRV05-4
T3/E3	PLC03-3.3, PLR3304	GBLC03/05C	PLC03-6, SRV05-4
USB 2.0	PLR0502, PLR0524, PLR0506	PLR0521, GBLC03/05CI	PLR0504F
USB 3.0	PLR0506, PLR0524	PLR0521, GBLC03/05CI	PLR0502

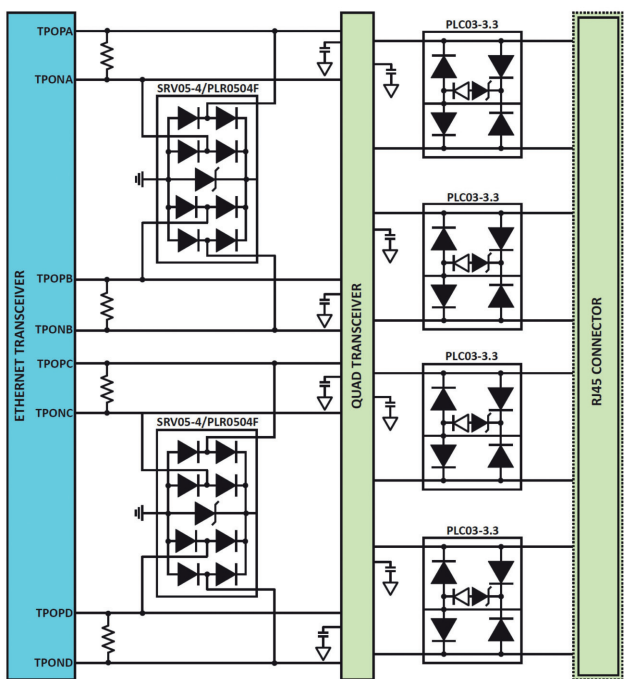
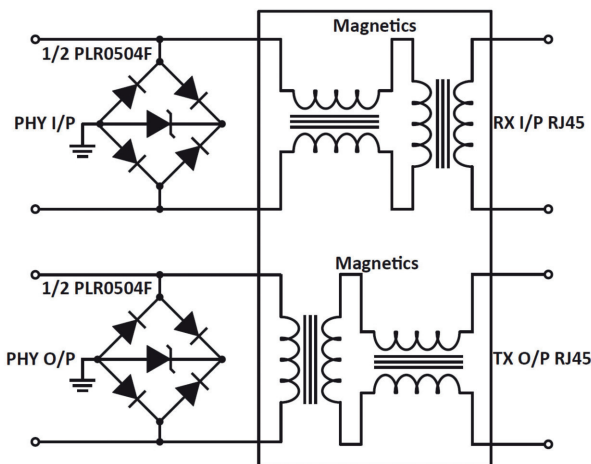
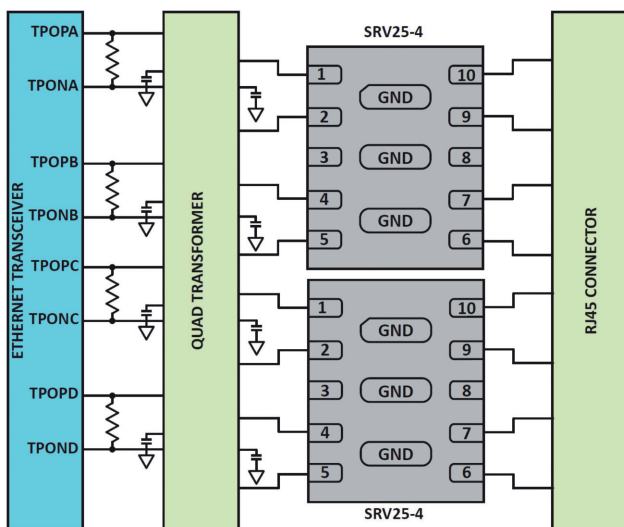
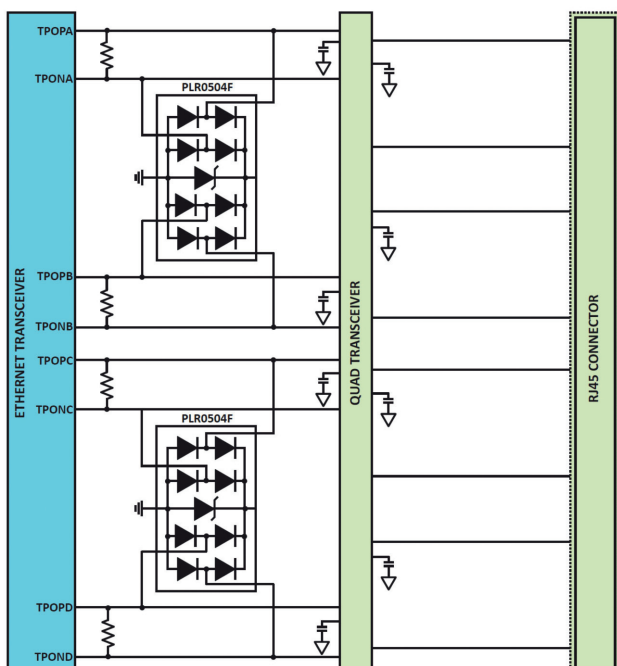
A transzformátor primer oldalán történő védekezés célja az RJ45 csatlakozón keresztül érkező nagy energiájú zavar minimalizálása, ha a transzformátor nem jelent önmagában elég védelmet. Egy SRV25-4 eszköz az RJ45 csatlakozó közelében való elhelyezése 25 kV ESD és 40 A 8/20 μ s surge elleni védelmet nyújt, emellett a 3,5 pF kapacitása elegendően alacsony a nagyszegű adatátvitelhez.

Alternatív megoldás lehet a PLC03-3.3 (3,3 V-os rendszerekhez), vagy PLC03-6

(5 V-os rendszerekhez) használata, melyek integrált TVS diódát és diódahidat is tartalmaznak.

A különböző portok védelmére fejlesztett dedikált megoldások közül a helyes kiválasztásához igyekszik segítséget adni a fenti táblázat is.

KISS ZOLTÁN KELET-EURÓPAI ÉRTÉKESÍTÉSI VEZETŐ, ENDRICH BAUELEMENTE VERTRIEBS GMBH, BUDAPESTI IRODA
WWW.ENDRICH.HU



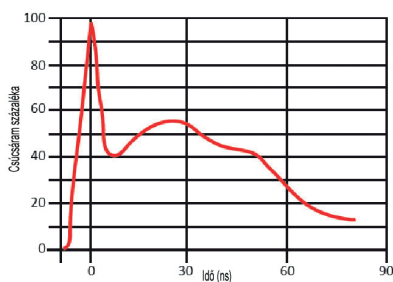
TÚLFESZÜLTÉS-VÉDELEM TVS ESZKÖZÖKKEL

Amikor egy elektromos áramkörön vagy alkatrészén a feszültség a megengedhető maximális érték fölé növekszik, az a tranziens hosszától és jellegétől (tüske, vagy surge) függő mértékben károsodhat. Ezeket a túlfeszültség-tranzienseket természeti jelenségek (pl. villámzás), illetve emberi tényezők (például elektrosztatikus feltöltődés, nagy induktív fogyasztók kapcsolása, illetve egyéb áramkörök működése közben fellépő elektromágneses interferencia) is okozhatják. A termék tervezésekor a funkcionális dizájn mellett a hatékony védekezés is a konstruktőr feladata. A Protek Devices által kínált Avalanche diódák (szupresszordiódák – TVS) nagyfokú flexibilitást biztosítanak a túlfeszültség-védelem területén, hiszen 2,8 V–400 V-ig elérhető típusok közül választhatunk, 80 W–30 kW teljesítmény mellett

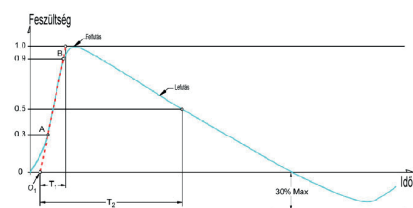
A túlfeszültség típusai

A tranziens túlfeszültségek három alaptípusba sorolhatók: elektrosztatikus feltöltődés (ESD), a „Surge” és a „Load dump” jellegű zavarok.

Az elektrosztatikus kisülés két eltérő töltési szintű, illetve potenciálú tárgy közelítése, vagy egymáshoz érése folytán a szigetelő dielektrikum (levegő) átütésekor, általában szikra formájában megjelenő zavar. Általában 2–15 kV (1–4 szint) kisülési feszültség, rövid (ns) lefolyás és relatív kis energia jellemzi.

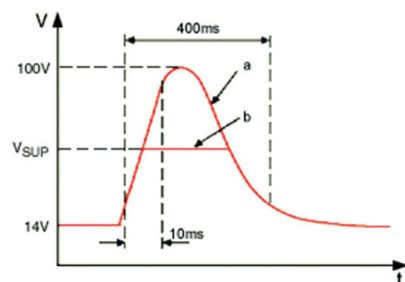


A surge az ESD-nél nagyságrendekkel hosszabb (mikroszekundum) zavar, melyet általában kapcsolási tranziensek, vagy villámütés okozhatnak és nagy energia jellemzi.



A Load dump jellegű túlfeszültség általában úgy keletkezik, hogy nagy induktív-

tású forrásról a terhelést hirtelen lekapcsolják, például jellemző esete ennek, amikor a gépjármű akkumulátora hirtelen lekapcsolódik a generátorról. A tekercsekben felhalmozódott energia hosszú, általában milliszekundum nagyságrendű tranziens túlfeszültséget okoz, melyet a felütés után lassú lefutás és nagy energia jellemz.



Tranziens túlfeszültség-szupresszorok

A félvezető diódaalapú Avalanche TVS (transient voltage suppressor) eszközök P/N-átmenete a Zener-diódákéhoz hasonlít, azonban nagyobb keresztmetszettel rendelkeznek, melynek mérete arányos a kezelni kívánt teljesítménnyel. Ahhoz, hogy hosszabb lefolyású tranziensek is elviselhetők legyenek a védőeszköz számára, a mérnökök választhatnak nagyobb méretű tokozást, amely jobban disszipálja a keletkező hőt, mert chip-mérettől egészen nagy modulokig találhatunk TVS diódát a gyártó kínálatában. Bár a TVS dióda esetén kisebb hibaáram engedhető meg, mint a fém-oxid varistoroknál, a maximális feszültség és áramértékek több eszköz soros, vagy párhuzamos kapcsolásával tetszőlegesen növelhető. A mai

endrich
components of life



LI-ION primer telepek és tölthető akkumulátorok – EVE BATTERY Ltd.

- Primer telepek :
Li-SOCl₂ Li-MnO₂ Li-FeS₂
Gombelemek, AA/AAA ceruzaelemek
Telepek extrém hőmérsékletre :
-40 °C to +150 °C
Super Pulse Capacitors (SPC)
- Tölthető Li-ion akkumulátorok

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH



Tel.: (+361) 297-4191
z.kiss@endrich.com
www.endrich.com

TVS diódák lehetővé teszik a viszonylag nagy surge jellegű áramok elvezetését, például a Protek Devices 2700SM78CA terméke 18 kA maximális áramot visel el, egy 12 V-os névleges feszültségű 600 W-os dióda 8/20 μ s surge kapacitása pedig 140 A. A TVS dióda meghibásodásakor rövidzárra kerül. A félvezetős technológia miatt működése rendkívül gyors és precíz, mert a válaszidő az elektronok sebességével arányos. Mivel a helyesen megválasztott túlfeszültség-védő normál üzemi körülmények közt láthatatlan kell, hogy legyen, az esetleges nagy adatátviteli frekvenciákon ultra alacsony – pF nagyságrendű – kapacitású TVS diódákra van szükség, ilyen pl. a GBLC08CLC, melynek vonali kapacitása mindössze 0,4 pF. A szupresszordióda unidirekcionális szervezésben DC vonalakhoz éppúgy használható, mint bidirekcionális változatokban váltakozó áramú applikációkhoz. Szemben a fém-oxid varisztorokkal (MOV), melyek csak kezdetben, az első néhány megszólalásig mutatnak kielégítő szívárgási viselkedést, a TVSD nem öregszik, a szívárgási áram karakterisztikája az idő előrehaladtával is kiváló marad. Válaszideje a ns nagyságrendbe esik, és működését alacsony clampingfaktor (~1,33) jellemzi.

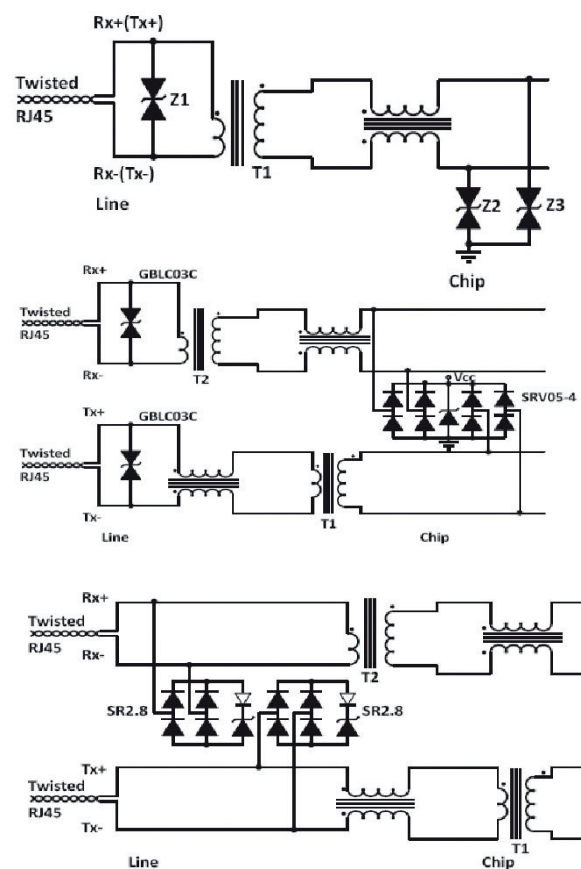
Villám okozta tranziensek TVSD-védelme

A villám okozta túlfeszültségek a kültéri elektronikák legkomolyabb ellenségei a maguk 20 kA csúcsáramukkal, mindemellett intenzíven változó elektromos és mágneses tereket keltenek, melyek a közeli adat- és tápvezetékekbe jelentős feszültséget indukálnak. Ezek aztán a kapcsolt készülékekben kárt tehetnek. Általában a hatékony védekezéshez kétszintű védelemre van szükség, a primer rendszer „crowbar” jellegű túlfeszültség-védelmet tartalmaz, ezek az eszközök az energia nagy részét magukon keresztül söntölik a föld felé, még a második vonalban „clamping” eszközökkel lehet védekezni az átjutó villám vagy kapcsolás okozta túlfeszültség ellen. Az első szintű védelemnél az ábrán látható módon áramkorlátozó („dumping”) ellenállásokat (R1, R2), valamint gázkiszülékes csöveket vagy tirisz-

tor surge-szupresszorokat (TSS) alkalmaznak (Z1, Z2), még a második vonalban, a beltéri eszközök közelében van létjogosultsága a TVS-alapú védelmeknek.

A szabványok szerint a primer szakaszban olyan eszközöket kell választani, melyek az 5 kV-nál nagyobb feszültséget és a TSS esetén 250 A, GDT esetén 10–20 kA surge-áramot is képesek el viselni.

A második vonalban használt TVSD gyors válaszideje és alacsony „clamping” feszültsége okán hatékonyan csökkenti a védendő készülék által elviselhető szintre a primer védelmen átjutó tranziens, ezzel kompenzálva a GDT nagy megszólalási feszültségküszöbjét. A vonatkozó normák és előírások szerint a másodlagos védelem akár 1500 V feszültséget és 100 A (8/20 μ s, 10/1000 μ s és 10/700 μ s hullámformájú) „surge”-áramot kell elviseljen.



Mint az ábrán bemutatott példa ethernetvédelme kapcsán is megfigyelhető transzformátor mindkét oldalán szokásos védekezni. Az elválasztó transzformátor vonal felőli oldalán alacsony kapacitású TVS (Z1) biztosít közös módusú tranziensek elleni védelmet, míg a szekunder – chip felőli – oldalon az esetlegesen átindukált zavarokat két további TVS söntöli a föld felé, ezzel megvédve az IC-t. Egy másik alkalmazott megoldás, amikor

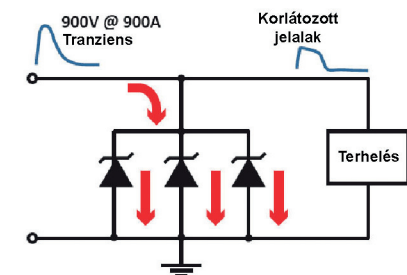
„steering” diódamátrixot építenek a chipoldalra, melyek kis átmenet menti kapacitásértékük miatt nagy sebességű adatvonalakon segítik a belépőveszteségek csökkentését.

ESD elleni védelem

Az elektrosztatikus kisülés egy rövid időtartamú egyszeri, nagyfeszültségű és -áramú zavar. Alacsony adatátviteli sebességű vonalakra a flipchip tokozás javasolt olcsósága és kis mérete okán, míg nagy sebességek esetén alacsony kapacitású változatok ajánlatosak (SR2.8, SVLU2.8-4, GBLCxxC és SRV05-4). TVS/Steering-diódakombináció is alkalmazható a vonal-vonal közti ESD tranziensek ellen.

TVS eszközök párhuzamosítása a teljesítmény növelése érdekében

A Protek TVS diódái 2,8–400 V feszültségekre és 80 W–30 kW teljesítményre fejlesztették ki. Ezek az eszközök azonban sikeresen használhatók ennél nagyobb feszültség- és teljesítményértékek mellett is, ha sorba vagy párhuzamosan kötjük őket. A névleges teljesítmény egy szabványban elfogadott tranziens-hullámforma mellett (pl. 10/1000 μ s értelmezhető. A 10/1000 μ s hullámot 10 μ s felütás utáni exponenciális csökkenés jellemzi. az 50%-os értékre való csökkenés ideje 1000 μ s. Azokban az alkalmazásokban, ahol az így értelmezett túlfeszültség-impulzus meghaladja a limitet, a TVS diódákat párhuzamosan kötvé a feszültség változatlan értéke mellett az egyenkénti áramérték korlátozható. Nagyon



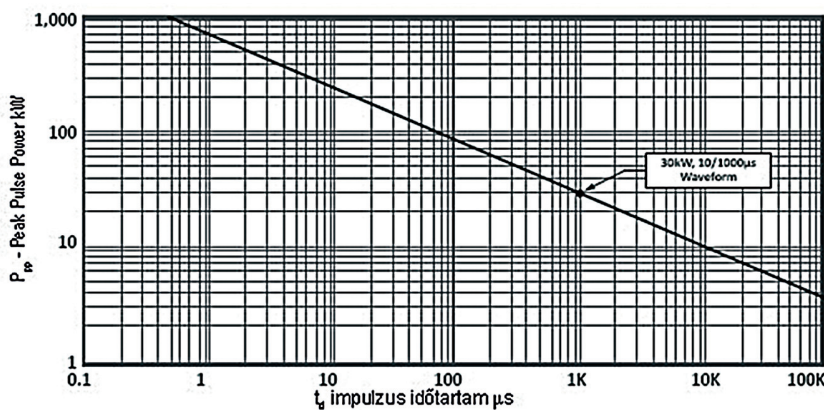
fontos azonban az alkalmazott diódák összeválogatása a „clamping”-feszültség tekintetében, mivel a diódáknak ideálisan közel egyforma tranzienst áramokat kell vezetniük, még akkor is, ha a három dióda cikkszám, illetve gyártói kódja megegyezik, letörési feszültségük, szivárgási áramaik és clamping-feszültségeik eltérőek lehetnek, ami miatt a válogatás nem kerülhető el.

Csúcs impulzusteljesítmény – Peak pulse power (P_{pp})

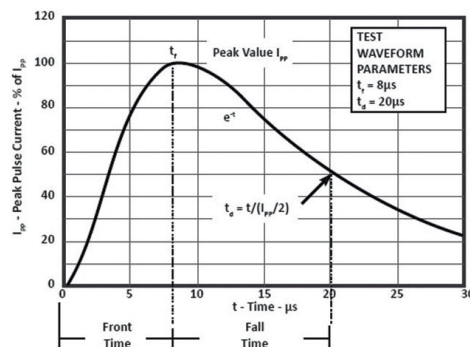
A TVS eszközöket adott hullámalak mellett az általuk elviselhető impulzusteljesítményük alapján kategorizáljuk. A teljesítmény nagyban függ a tranzienstimpulzus időtartamától (t_i), így annak növekedésével a névleges teljesítmény (P_{pp}) csökken, ahogy az ábrán látható

Az impulzus időtartama a felfutás (a csúcs elérésének ideje) és lefutás (a csúcserték 50%-ának eléréséhez szükséges idő) összesített mértékéből adódik.

A maximális Peak Pulse Power a clamping-feszültség és az áram maximális értékének szorzatából kalkulálható. Mivel a clamping-feszültség (a dióda P/N-átmenetén maximálisan megengedhető feszültség



határértéke) általában konstans, nem függ az időtől, a teljesítménygörbe felfogható úgy is, mint a maximális áram időfüggése. Az adott impulzushosszra értelmezhető I_{pp} meghatározásának legegyszerűbb módja az, ha P_{pp} értékét elosztjuk az időfüggetlen „clamping”-feszültség maximális értékével.



KISS ZOLTÁN KELET-EURÓPAI ÉRTÉKESÍTÉSI VEZETŐ, ENDRICH BAUELEMENTE VERTRIEBS GMBH, BUDAPESTI IRODA
WWW.ENDRICH.HU