

# NAGY SEBESSÉGŰ KOMMUNIKÁCIÓS PORTOK ESD ELLENI VÉDELME PROTEK TVS DIÓDÁVAL

Az ESD tranziens olyan potenciális fenyegetést jelent az elektronikai készülékek I/O port-ja 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 áramkörti 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.

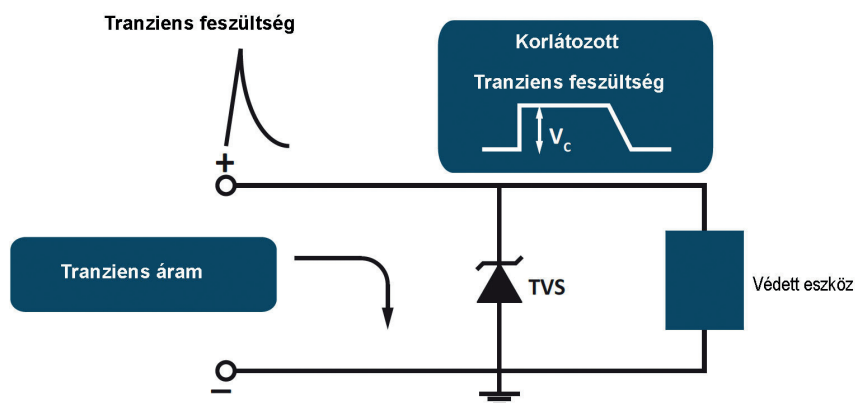
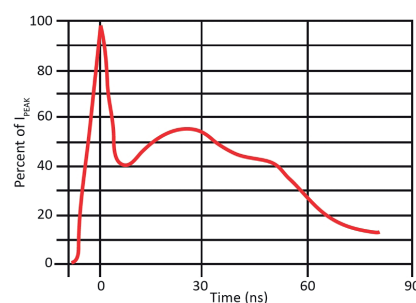
| Adatátviteli sebességek |                    |                 |
|-------------------------|--------------------|-----------------|
| Port jellege            | Sebesség<br>Mbit/S | Kapacitás<br>pF |
| RS-232                  | 0.20               | < 50            |
| T1                      | 1.544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

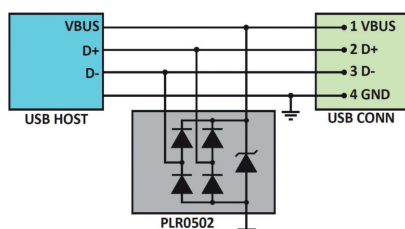
## Adatvonalak túlfeszültség-védelme

A tápegységekben megtalálható nagy-számú 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.

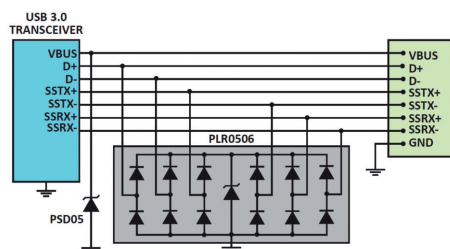
## USB portok védelme

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.



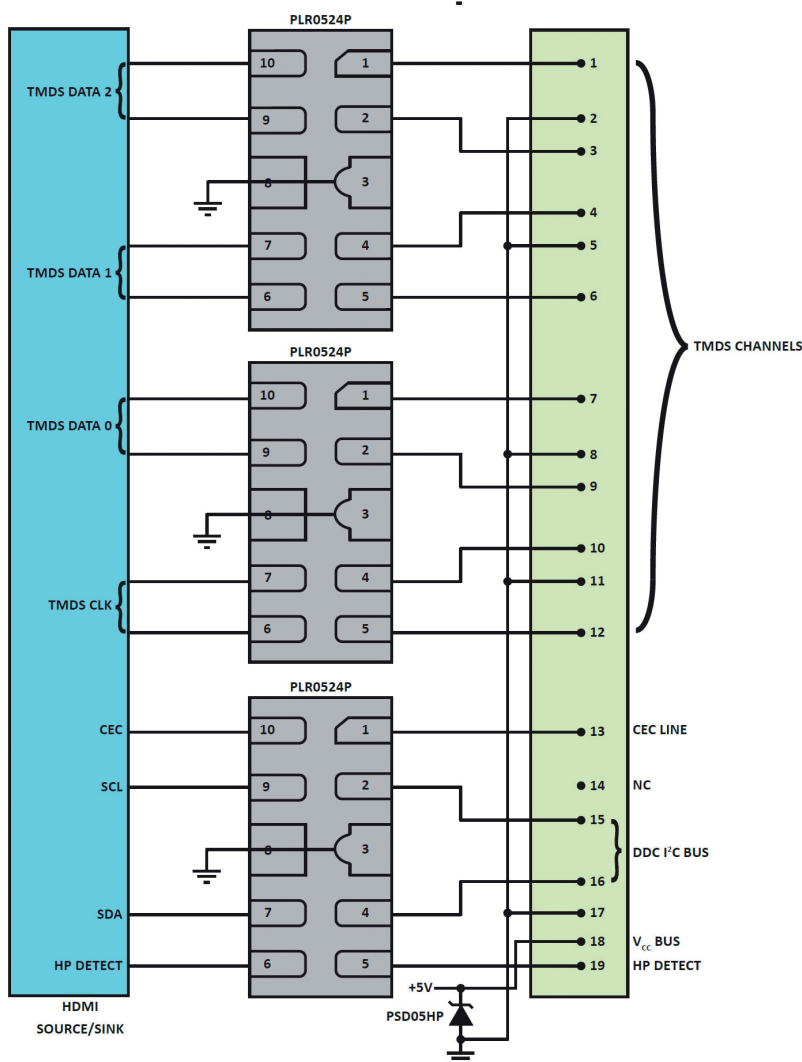
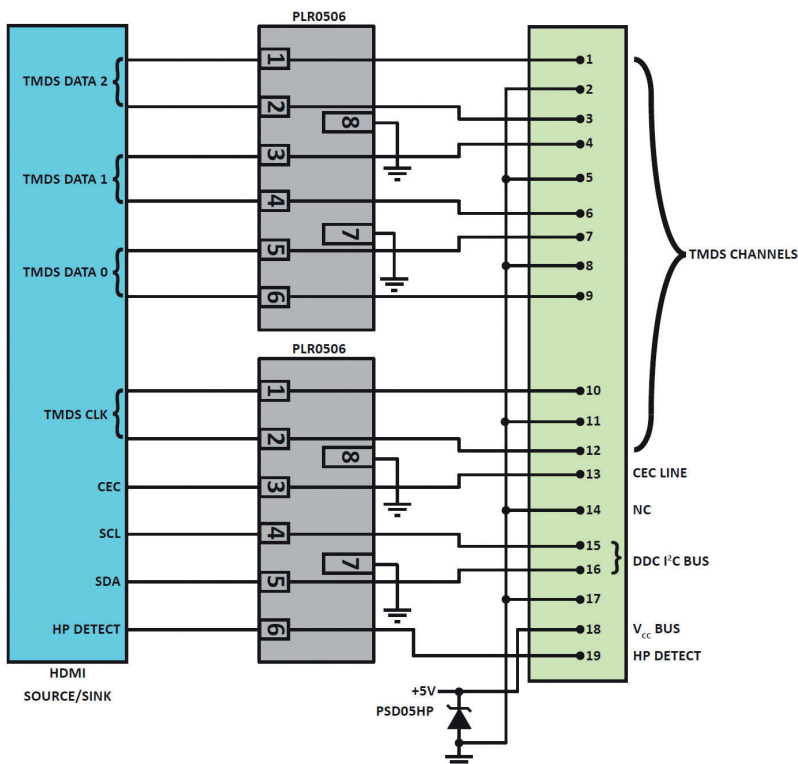
Az USB 3.0 2008. novemberi megjelenése generációs váltást hozott a technológia számára, az adatátviteli vonalakat megháromszorozta (3 differenciális érpár az eddigi 1 helyett), lefelé történő kompatibilitást biztosítva az USB 2.0 HS, FS és LS módjaival, míg bevezette a SuperSpeed nagy sebességű adatlink módot. Ez a konstrukció az eddiektől eltérő kábelspecifikációt eredményez, 3 differenciálisan csatolt jelvonalat (Tx+/Tx- download, Rx+/Rx- upload és D+/D-), valamint két külön vezetéket 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 video- és audiojelek egy kábelben való továbbítása-

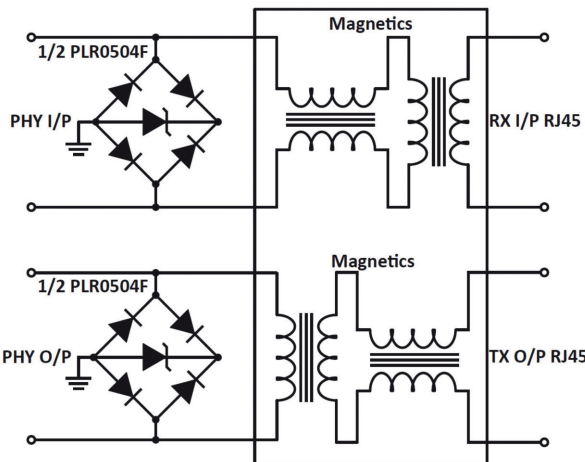
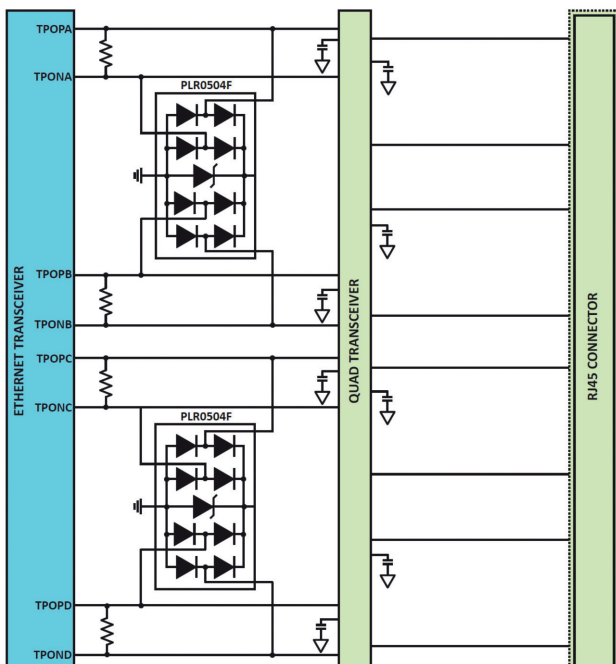
ra fejlesztették ki, ennél fogva igen gyors, 18 Gbit/s adatátviteli sebesség jellemzi. Mivel ez a port jellemzően fogyasztási termékekben használatos, gyakorlatilag elegendő



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 védődióda, 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  $\mu$ 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                      |

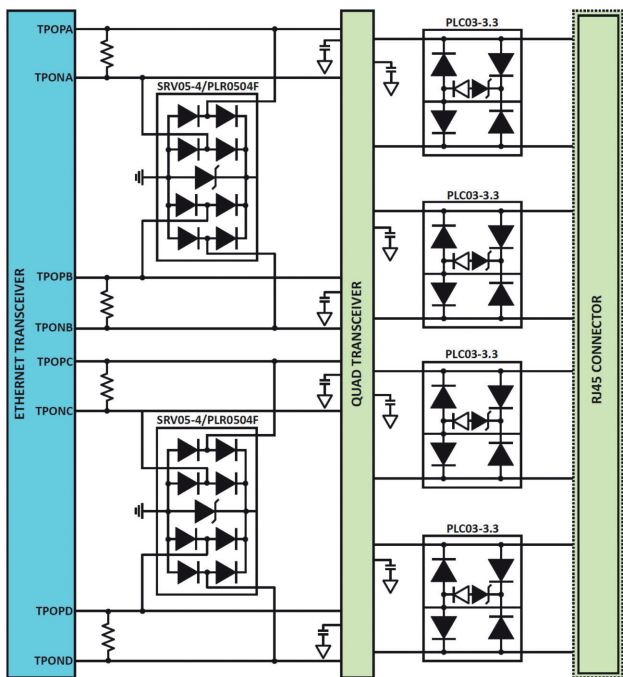
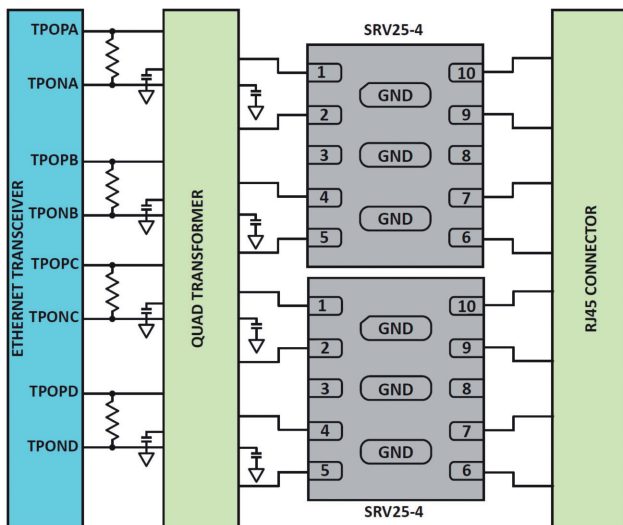
A transzformátor primer oldalán történő védekezés célja az RJ45 csatlakozón keresztül érkező nagy energiájú zavar minimalizálása, ha a transzformátor nem jelent önmagában elég védelmet. Egy SRV25-4 eszköz az RJ45 csatlakozó közelében való elhelyezése 25 kV ESD és 40 A 8/20  $\mu$ s surge elleni védelmet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





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  $\mu$ s surge kapacitása pedig 140 A. A TVS dióda meghibásodásakor rövidzárra kerül. A félvezető 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 szerelésben 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 ( $\sim 1,33$ ) jellemzi.

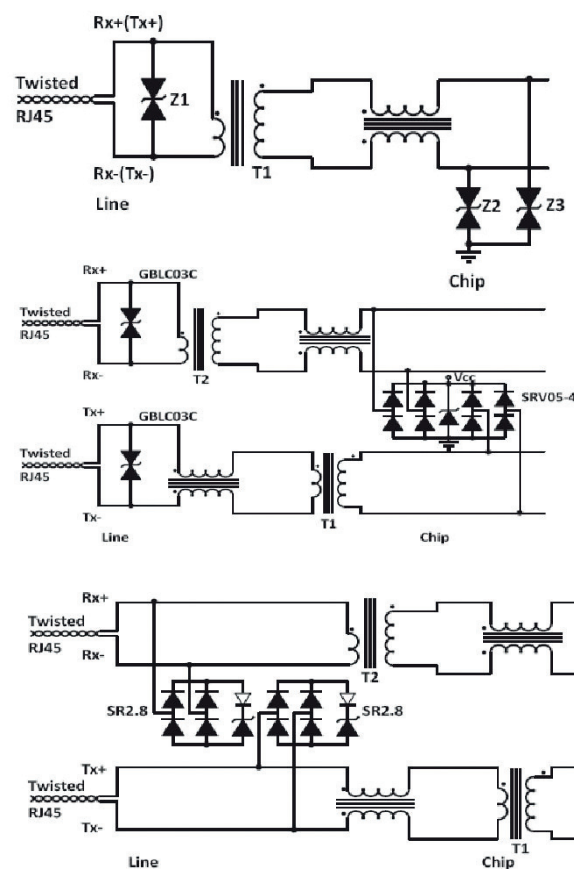
## Villám okozta tranziensek TVSD-védelme

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 ( $R_1$ ,  $R_2$ ), valamint gázkiüléses csöveket vagy tirisz-

tor surge-szupresszorokat (TSS) alkalmaznak ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ), 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 feszültségküszöbét. A vonatkozó normák és előírások szerint a másodiklagos védelem akár 1500 V feszültséget és 100 A (8/20  $\mu$ s, 10/1000  $\mu$ s és 10/700  $\mu$ 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 ( $Z_1$ ) 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

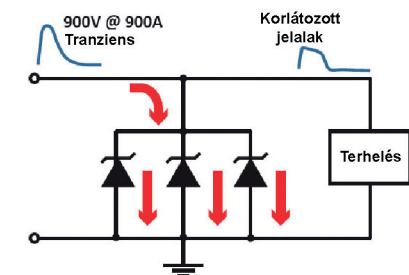
„steering” diódamátrixot építenek a chipoldalra, melyek kis átmenet menti kapacitásértékük miatt nagy sebességű adatvonalakon segítik a belépőveszteségek csökkentését.

## 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  $\mu$ s) értelmezhető. A 10/1000  $\mu$ s hullámot 10  $\mu$ s felfutás utáni exponenciális csökkenés jellemzi. az 50%-os értékre való csökkenés ideje 1000  $\mu$ s. Azokban az alkalmazásokban, ahol az így értelmezett túlfeszültség-impulzus meghaladja a limitet, a TVS diódákat párhuzamosan kötve 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 transziens 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.

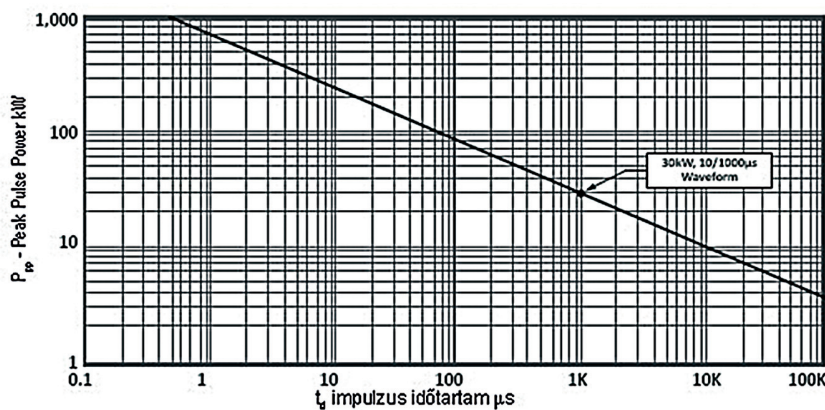
## Csúcs impulzusteljesítmény

### – Peak pulse power ( $P_{pp}$ )

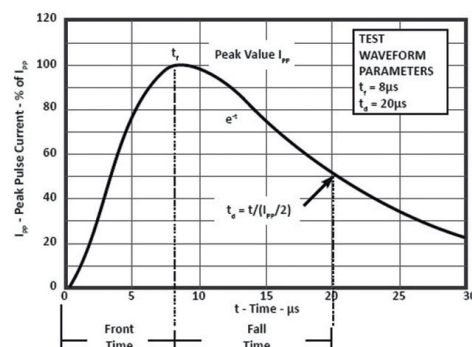
A TVS eszközöket adott hullámalak mellett az általuk elviselhető impulzusteljesítményük alapján kategorizáljuk. A teljesítmény nagyban függ a transziensimpulzus időtartamától ( $t_d$ ), így annak növekedésével a névleges teljesítmény ( $P_{pp}$ ) csökken, ahogy az ábrán látható

Az impulzus időtartama a felfutás (a csúcs elérésének ideje) és lefutás (a csúcstarték 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