

# Az autóelektronikában használt interfészek adatvonalainak és tápellátásának félvezető-alapú túlfeszültségvédelme

Ian Doyle marketing menedzser – ProTek Devices

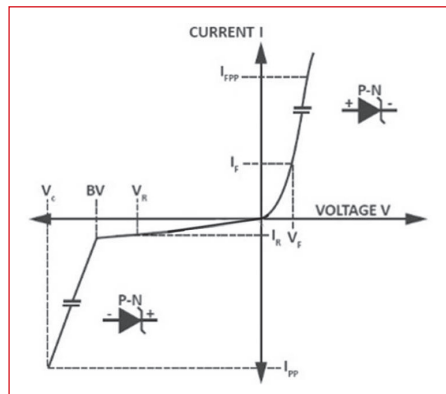
Kiss Zoltán export igazgató – Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH

**Az áramkörvédelem az elektronikus eszközök működését normális üzemi körülmények között nem befolyásolja, viszont rendkívül fontos szerepe van az élettartam, az üzembiztonság területén és a szabványoknak való megfelelés biztosítására. Az ESD, EFT, Surge és a „Load Dump” jellegű tranziensek olyan potenciális fenyegetést jelentenek az autóelektronikai eszközök I/O portjai számára, ami elleni védekezésről az áramkör tervezésekor feltétlenül gondoskodni kell, az alkalmazott megoldás azonban nem befolyásolhatja az átviteli sebességet. A tranziens szupresszor diódával való védekezés alapjait áttekintve és néhány példán keresztül szeretnénk bemutatni ezen eszközök alkalmazási lehetőségeit az autóelektronikában.**

## Túlfeszültség elleni védelem TVS diódával

Az elektronikai eszközök a külvilág felé I/O portokon keresztül kommunikálnak, amelyek adatvonalai és tápellátásuk – megfelelő védelem hiányában – potenciális támadási pontok az elektrosztatikus kisülés (ESD), az elektronikus gyors tranziens (EFT), a Surge és a „Load Dump” jellegű túlfeszültségek fellépése esetén. Az alkalmazott túlfeszültségvédő eszközök nem befolyásolhatják a port adatátviteli képességét, ami nagy sebesség esetén nehéz feladat. A tradicionális, egyszerű kondenzátoros védelem, és nagy kapacitással rendelkező (nagy méretű) túlfeszültségvédő eszközök a nagy frekvencia miatt nem használhatók, mert az adatvonalak parazitakapacitását minimális szinten kell tartani,

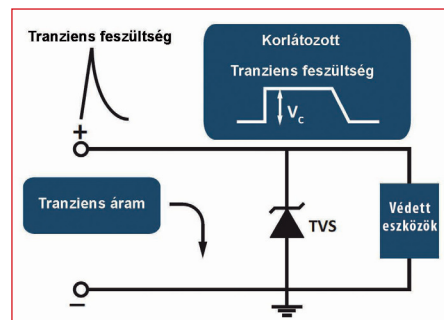
### 2. ábra Egyirányú TVS diódakarakterisztika



ellenkező esetben a védelmi eszköz kapacitív impedanciája, ami a frekvencia reciprokával arányos ( $Z_C \sim 1/2\pi fC$ ) olyan kis értékű lesz, hogy az jelvesztéshez vezetne. Ezért olyan kis méretű, kis kapacitású, de nagy energia elnyerésére alkalmas és pontos megszólalási feszültségű eszköz alkalmazására van szükség, ami egyaránt alkalmas a különböző túlfeszültségtípusok vonatkozásában a szabványok előírásainak betartatására, és emellett a NYÁK infrastruktúra költségét is alacsony szinten tartja.

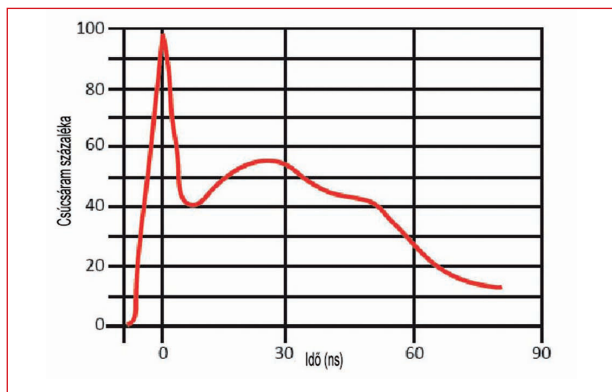
Egy népszerű megoldás erre a TVS dióda használata. A félvezető szilícium TVS diódák a Zener diódákhoz hasonló, de azokénál nagyobb keresztmetszetű P/N átmenettel rendelkeznek, amelynek mérete arányos a kezelni kívánt teljesítménnyel. Ezek az eszközök olyan „clamping” eszközök, amelyek alacsony impedanciás „Avalanche” P/N átmenetük megnyitásával a feszültségtűskéket a mögöttes elektronika által elviselhető mértékű szintre korlátozzák (clamping voltage). (1. és 2. ábra)

A TVS dióda U-I karakterisztikája nagyon hasonlít a Zener diódáéra, az alapvető különbség az, hogy míg a Zener dióda feszültség-stabilizálásra, addig a TVS dióda kifejezetten tranziens túlfeszültség elleni védelemre lett tervezve, hiszen a túláramot azonnal söntöli és a védendő áramkörre jutó maradék túlterhelést elviselhető szintre korlátozza.

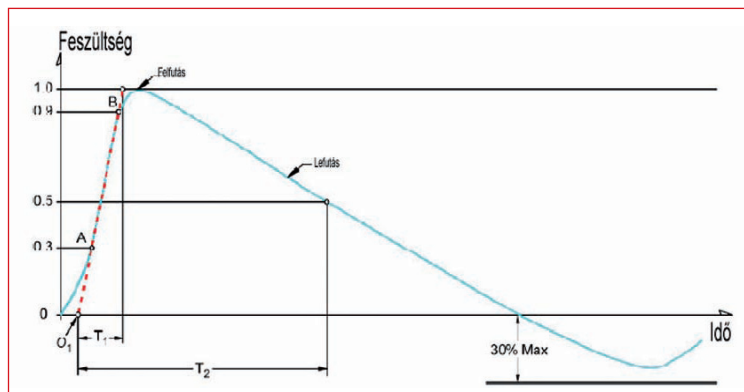


1. ábra A TVS dióda feszültségkorlátozó eszköz

Ahhoz, hogy hosszabb lefolyású tranziensek is elviselhetők legyenek a védőeszköz számára, a mérnökök választhatnak nagyobb méretű tokozást, amely jobban disszipálja a keletkező hőt, mert a chip-mérettől egészen a nagy modulokig találhatunk TVS diódát a gyártók kínálatában. Ugyan a TVS dióda maximális teljesítménye elmarad a fém-oxid varisztoroknál elérhető kiemelkedő értékektől, a maximális feszültség- és áramértékek több eszköz soros, vagy párhuzamos kapcsolásával tetszőlegesen növelhetők, miközben a MOV-val (fém-oxid varisztor) ellentétben pontosan beállítható a megszólalási feszültség, és korlátlanul ismételhető megszólalásszám jellemzi. A mai TVS dióda lehetővé teszi a viszonylag nagy Surge jellegű áramok elvezetését is. A TVS dióda meghibásodásakor rövidzárra kerül. A félvezető technológia miatt működése rendki-



3. ábra ESD jelalak, a tranziens időbeli lefolyása ns nagyságrendű



4. ábra Surge jellegű tranziens jelalak 8/20 us felfutási/lefutási idői

vül gyors és precíz, mert a válaszidő az elektronok sebességével arányos.

Mivel a helyesen megválasztott túlfeszültségvédő normál üzemi körülmények közt láthatatlan kell, hogy legyen, az esetleges nagy adatátviteli frekvenciákon ultra alacsony – pF nagyságrendű – kapacitású TVS diódákra van szükség, ilyen például a ProTek Devices GBLC08CLC eszköze, amelynek vonali kapacitása mindössze 0,4 pF. A szupresszor dióda unidirekcionális szervezésben DC vonalakhoz éppúgy használható, mint bidirekcionális változatokban váltakozó áramú applikációkhoz. Szemben a fém-oxid varisztorokkal, amelyek csak kezdetben, az első néhány megszólalásig mutatnak kielégítő szivárgási viselkedést a TVSD nem öregszik, a szivárgási áram karakterisztikája kiváló marad az idő előrehaladtával is. Válaszideje a nanoszekundum nagyságrendbe esik, és működését alacsony clamping faktor (~1,33) jellemzi.

### Túlfeszültség típusok és szabványok – ESD, Surge, Load Dump

Az IEC 61000-4-2 szabvány definiálja az emberi test által keltett ESD esemény lefolyását, és feszültség tekintetében négy szintet különböztet meg, egészen 8 kV kontakt és 15 kV levegőkisülés-értékgig. A szabvány célja, hogy a tervezőket segítse az elegendő mértékű védelem kiválasztásában.

Az emberi test modell (Human Body Model) alapján definiált tranziens lefolyása a 3. ábra szerinti, a felfutás 1 ns alatti és a lefutás 60 ns körüli időtartamot vesz igénybe. (3. ábra)

Sok esetben találkozunk azzal a jelenséggel, hogy a tervezőmérnök nem gondoskodik a teljes megoldásra vonatkozó – az előírt szabványnak megfelelő – ESD védelemről, mert úgy véli, hogy elegendő a kiválasztott IC adatlapja szerinti beépített védelem, további védekezésre nincsen szükség. A félvezetőgyártók gyakran csak 1-es szintű (Level 1) védelmet (1-2 kV)

építenek be az eszközeikbe a gyártás során fellépő zavarok hatásának minimalizálására, azonban a valós körülmények közt 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 levegőkisülés-impulzusok ellen.

Az ESD védelem kiválasztásánál figyelembe kell venni a következőket:

- Az eszközre jellemző triggerfeszültség, amely alatt a védelem láthatatlan;
- A védőeszköz ún. „overshoot” feszültsége, ahol az megszólal;
- A feszültségkorlát mértéke (clamping voltage), amelyre a védőeszköz a kimenetén megjelenő feszültséget korlátozza (4. ábra).

A Surge az ESD-nél nagyságrendekkel hosszabb (mikroszekundum nagyságrendű) és nagyobb energiájú zavar, amelyet általában villámcsapás vagy kapcsolási tranziens okozhat. A hatékony védekezéshez kétszintű védelemre van szükség, a primer rendszer „crowbar” jellegű túlfeszültségvédelmet tartalmaz, ezek az eszközök az energia nagy részét magukon keresztül söntölik a föld felé, míg a második vonalban „clamping” eszközökkel lehet védekezni az átjutó villám vagy kapcsolás okozta túlfeszültség ellen. Ebben a második vonalban van létjogosultsága a TVS-alapú védelmeknek.

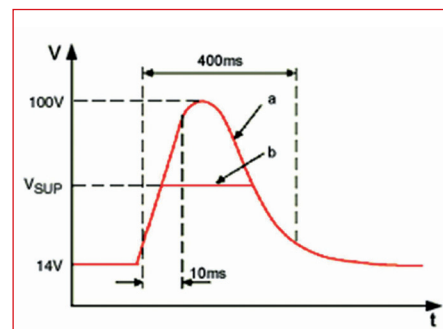
A második vonalban használt TVSD a gyors válaszideje és az alacsony „clamping” feszültsége miatt hatékonyan csökkenti elviselhető szintre a védendő készülékben a primer védelmen átjutó tranziens, ezzel kompenzálva a GDT nagy megszólalási feszültségkülöbségét. A vonatkozó normák és előírások szerint a másodlagos 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, hogy elviseljen.

A harmadik kritikus túlfeszültségfajta – az úgynevezett Load Dump – általában úgy keletkezik, hogy nagy induktivitású

forrásról a terhelést hirtelen lekapcsolják. Jellemző esete ennek, amikor a gépjármű akkumulátorát véletlenül hirtelen lekapcsoljuk a generátorról, miközben az töltődik. A tekercsekben felhalmozódott energia hosszú, általában milliszekundum nagyságrendű tranziens túlfeszültséget okoz, amelyet a felfutás után lassú lefutás és nagy energia jellemez. A jelszint elérheti a 174 V-ot és akár 400 ms is lehet a lefutás ideje (5. ábra).

A gépjárműelektronika-tervezők jól ismerik az ISO 16750 szabványt, amely a közúti gépjárművek elektronikai berendezéseinek vizsgálatát írja le. Az ISO 16750-2 ennek kiegészítése, 2012 óta hatályos és a fenti gépjárművek számára potenciálisan veszélyes környezeti hatásokkal foglalkozik, valamint meghatározza a szükséges ellenőrzési tesztek és javaslatokat tesz az egységek beépítési helyére a járműben. A szabványban foglaltak szerint a túlfeszültség mértéke akár 202 V és lefolyása 400 ms is lehet. Feltételezve, hogy a soros ellenállás értéke 1~2 ohm, a fellépő Surge-áram meghaladhatja akár az 50 amper is, 350 ms hosszan, amivel a tervezőknek tisztában kell lenni. A szabvány előírásainak való megfeleléshez 10 impulzusból álló percnként ismételt tesztet kell kiállni a Load Dump elleni védelemnek úgy, hogy közben ekkora áramot kell tudni kezelni anélkül, hogy az ellenállás változna (drift) a vonalon (6. ábra).

5. ábra Load dump jellegű tranziens, 100 ms nagyságrendű lefolyás

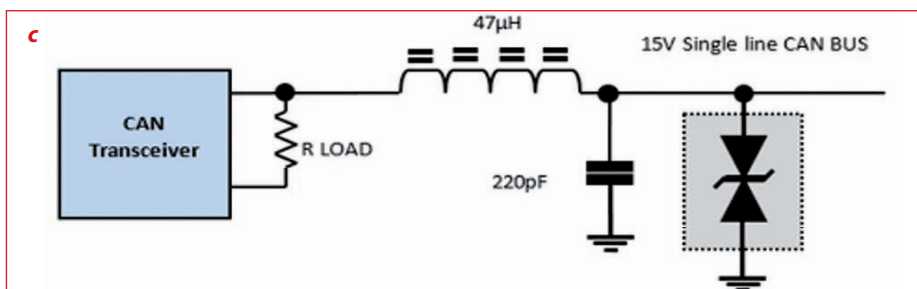
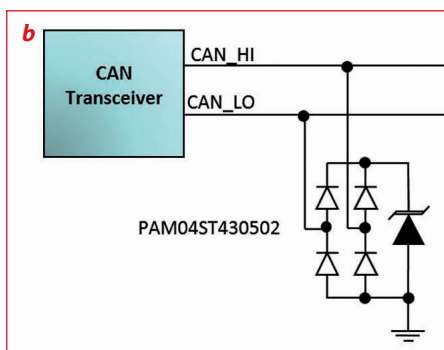
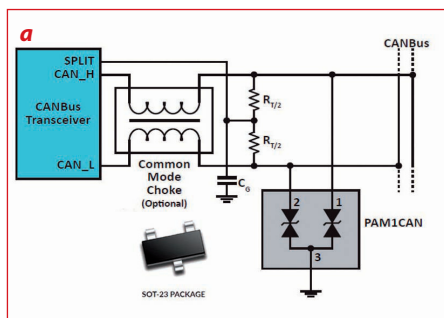


| Időtartama    | Legfőbb oka                           | Feszültség amplitúdó | Energia | Gyakoriság          |
|---------------|---------------------------------------|----------------------|---------|---------------------|
| 200-400 ms    | Load Dump                             | < 125 V              | > 10 J  | Ritka               |
| Állandó       | Hibás feszültségszabályzó             | 18 V                 |         | Ritka               |
| < 320 $\mu$ s | Induktív terhelés kapcsolása          | 80V – 300V           | < 1 J   | Gyakori             |
| 200 ms        | Generátor lekapcsolása                | – 100V – 40V         | < 1 J   | Minden leállításkor |
| 90 ms         | Indítási impulzus, akku lekapcsolódik | < 75 V               | < 0,5 J | < 500 Hz Ritka      |
| 1 ms          | Kábelköteg (induktív) átcsatolás      | < 200 V              | < 1 J   | Gyakori             |
| < 60 ns       | ESD                                   | <15 kV               | < 10 mJ | Ritka               |

6. ábra A járműelektronikában előforduló tranziensek

A védekezés egyik lehetséges módja az automatikus kapcsolás, a tranziens megjelenésekor a védelem meghatározott időre lekapcsolja a DC-DC konverter és az egyéb mögöttes elektronika bemenetéről a feszültséget, majd fix késleltetéssel a tranziens feltételezett lefutása után visszakapcsolja azt. Ez a soros Load Dump védelem általában precíziós programozható feszültségreferenciát használ a pontos leválasztáshoz. Egy ilyen elektronika általában számos komponensből áll, és bonyolult felépítésű. Ha lenne olyan védelem, amely a felszabaduló energiát képes elnyelni, akkor lényegesen egyszerűsödne a feladat.

7. ábra CAN busz túlfeszültség elleni védelem



A ProTek Devices a tápfeszültség félvezető tranziens szupresszor diódával való sőtörlése útján ad választ erre a kihívásra, olyan diszkrét alkatrészt alkotott, amely – az ISO 16750-1 előírásainak megfelelően – képes kezelni tíz egymást követő alkalommal a 350-400 ms hosszan tartó 30-60 A nagyságú Surge áramot tíz percen keresztül.

Ez a diszkrét TVS diódás Load Dump elleni védelem jelentős előnyökkel bír:

- Egyszerűsített áramkör – a korábbi 16 alkatrész egy diszkrét eszközzel helyettesíthető.
- Alacsony indulási költségek – rövidebb BOM, alacsonyabb gyártásindítási költségek.
- Kisebb nyomtatott áramköri lap – DO218AB tokozás.
- Alacsonyabb szállítási határidő, mert csak egy terméket kell beszerezni.
- Kiváló MTBF kalkulálható: az egyetlen DO218AB tokozású alkatrész sokkal kevesebb hibalehetőséget jelent.
- A gyártási költségek a kevésbé bonyolult tesztállomás szükségessége miatt is csökkenthetők.

### Adatvonalak túlfeszültségvédelme

A tápegységekben megtalálható nagyszámú induktív és kapacitív passzív alkatrész jelenléte miatt ezek az eszközök általában immunisak az ESD-re, a tápvonalakat Surge és Load Dump ellen szokták védeni. Az adatvonalakon alkalmazott túlfeszültségvédő eszközök kapacitása azonban komoly problémát jelent magas baud rate esetén. A soros ellenállás a terhelés kap-

citásával együtt alkotja az első szűrőt, amely lassítja a jel fel és lefutását. A hatásos ellenállás csökkentése lehetséges a réz keresztmetszetek növelésével, de a kapacitás csökkentése jelenti az igazi megoldást a nagy sebességek eléréséhez.

### CAN-busz védelme TVS diódával

A CAN-busz egy üzenetalapú soros buszrendszer, amely elsősorban járműipari alkalmazásokhoz került kifejlesztésre. Adatátviteli sebessége elérheti az 1 Mbit/s értéket, általában 40 m alatti hosszúságú fizikai hálózaton. A ProTEK integrált TVS diódás túlfeszültségvédelmi megoldást fejlesztett ki ESD és a kapcsolási nagyfeszültségű tranziensek elleni védekezésre. A PAM1CAN eszköz mindkét adatvonal védelmét ellátja.

Jellemzői:

- IEC 61000-4-2  $\pm 8$  kV érintés,  $\pm 15$  kV levegőikísülés
- IEC 61000-4-4 EFT 40A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 Surge másodlagos villámlás, 3 A @ 8/20  $\mu$ s
- AEC-Q101 tanúsított
- 1  $\times$  PAM1CAN SOT-23 tokozás
- Stand-Off feszültség  $V_{WM}$ : 24 V
- Letörési feszültség  $BV_{MIN}$ : 25,4 V
- $V_C$  @ IP: 70 V @ 3 A
- Szívárgási áram  $I_R$ : 0,05  $\mu$ A
- Max. kapacitás: 17 pF

A 15 V-os és az 5 V-os single line CAN-busz védelmére a 60 pF kapacitású, 17 A Surge áram kezelését lehetővé tévő PAM10ST2315C és az ultra kis (0,6 pF) kapacitással rendelkező PAM04ST430502 eszközök elérhetők, amelyek SOT-23 és SOT-543 tokozásban 8/15 kV ESD, 40 A EFT védelmet adnak. (7. ábra)

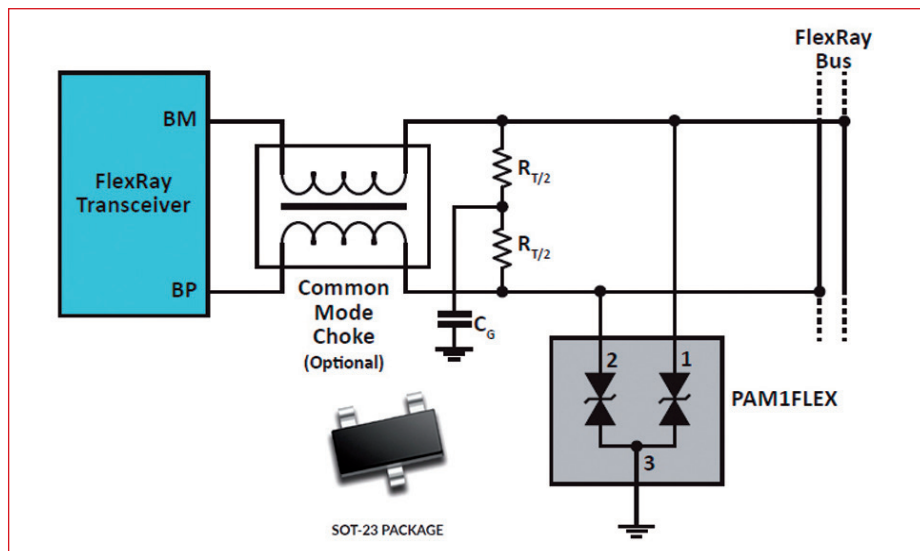
### FlexRay-busz védelme TVS diódával

A FlexRay-busz két egymástól független csatornája nagyfokú hibátűréssel rendelkező nagy sebességű, szinkron és aszinkron átviteli módot is támogató rendszert alkot, amely csatornánként 10 Mb/s sávszélességgel rendelkezik, a CAN-busz sebességének tízszeresét (két csatorna esetén húszszorosát) elérő sebességgel kommunikál. Védekezni általában ESD és rövidzár ellen szükséges. (8. ábra)

Jellemzői:

- IEC 61000-4-2  $\pm 8$  kV érintés,  $\pm 15$  kV levegőikísülés
- IEC 61000-4-4 EFT 40 A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 Surge másodlagos villámlás, 3 A @ 8/20  $\mu$ s





8. ábra PAM1FLEX FLEXRAY busz túlfeszültség elleni védelmére

- AEC-Q101 tanúsított
- 1 × PAM1FLEX SOT-23 tokozás
- Stand-Off feszültség  $V_{WM}$ : 24 V
- Letörési feszültség  $BV_{MIN}$ : 25,4 V
- $V_C @ I_P$ : 70 V @ 3 A
- Szivárgási áram  $I_R$ : 0,05  $\mu$ A
- Max. kapacitás: 11 pF

#### LIN-busz védelme TVS diódával

A LIN-busz a járműelektronikában az egyes részrendszerek közti soros hálózati kommunikációra használt egyvezetékes max. 40 méteres és 19,2 vagy 20 kbit/sec sebességű master – slave hálózat (max 16 pont). Védekezni általában ESD és rövidzár ellen szükséges (9. ábra).

Jellemzői:

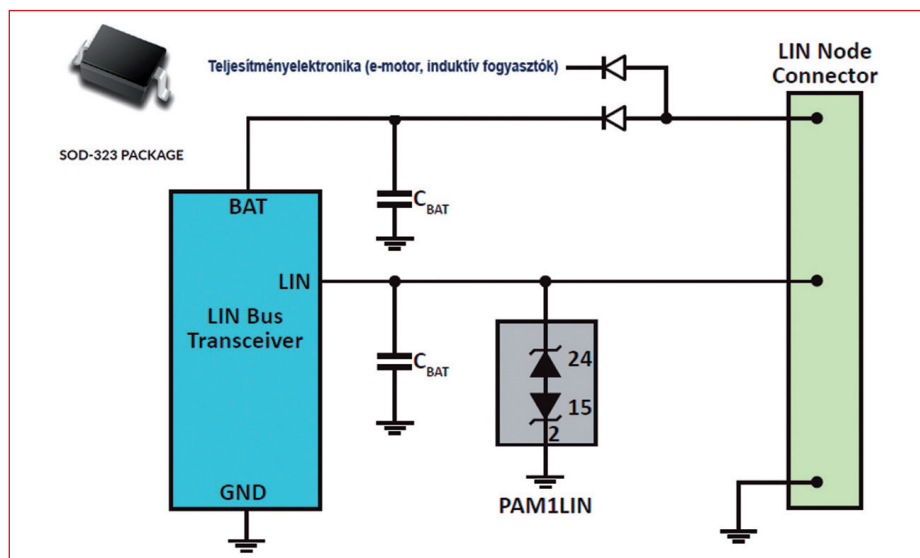
- 15/24 V feszültség
- ESD  $\pm 25$  kV érintés,  $\pm 25$  kV levegőkisülés

- IEC 61000-4-4 EFT 40 A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 Surge
- PAM1LIN: 200 W/vonal @ 8/20  $\mu$ s
- PAM2LIN: 350 W/vonal @ 8/20  $\mu$ s
- AEC-Q101 tanúsított
- SOD323 tokozás
- Stand-Off feszültség  $V_{WM}$ : 15 & 24 V
- Letörési feszültség  $BV_{MIN}$ : 17,2 & 25,5 V
- $V_C @ I_P$ : 44 V @ 5 A & 70 V @ 3 A
- Szivárgási áram  $I_R$ : <50 nA
- Max. kapacitás:
  - PAM1LIN: 11 pF
  - PAM2LIN: 3 pF

#### Tápvonalak védelme

Tápvonalak védelme esetén nincs szükség extrém kis vonali kapacitásértékű TVS diódák alkalmazására, itt inkább a nagy energiájú és esetenként hosszú lefolyású transziensek jelentik a kihívást a fejlesztők számára.

9. ábra PAM1LIN/PAM2LIN LIN busz túlfeszültség elleni védelmére



**endrich**  
components of life



**IPAR NAPJAI**

**2019. május 14-17.**

**hUNGEXP** kiállítás  
programod van

**Kijelzőtechnika (TFT, pmOLED),  
okosotthon HMI (SDM/panelPC),  
élő NB-IoT bemutató a  
T-Systems hálózaton**

Szeretettel meghívjuk az  
Ipar Napjai 2019 szakkiállításra,  
ahol az Endrich GmbH a HUNGEXPO  
„G” pavilon 202/C standján várja  
látogatását 2019 május 14-17 között!

Regisztrált  
látogatóink  
ingyenes  
belépővel  
látogathatják a  
kiállítást!



Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH



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

