

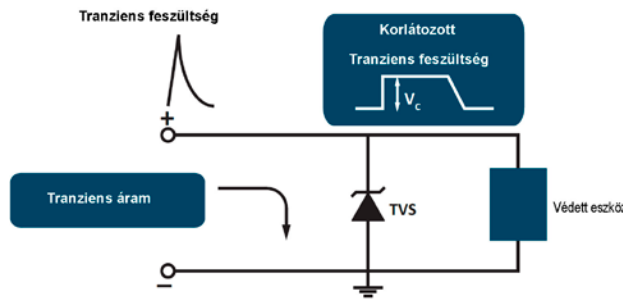
ELEKTRONIKUS ÁRAMKÖRÖK KOMMUNIKÁCIÓS PORTJAINAK TÚLFESZÜLTÉS-VÉDELME TRANZIENS SZUPRESSZORDIÓDÁVAL

Az ESD-, EFT-, surge- és elsősorban autóiipari alkalmazásokban a „Load Dump” jellegű tranziensek olyan potenciális fenyegetést jelentenek az elektronikai eszközök I/O portjai számára, ami elleni védekezésről az áramkör tervezésekor feltétlenül intézkedni kell, mindemellett az alkalmazott megoldás nem befolyásolhatja az átviteli sebességet. A TVS diódákról szóló általános ismertetés mellett szeretnénk néhány alkalmazási példán keresztül bemutatni a tranziens szupresszordiódával való védekezés alapjait

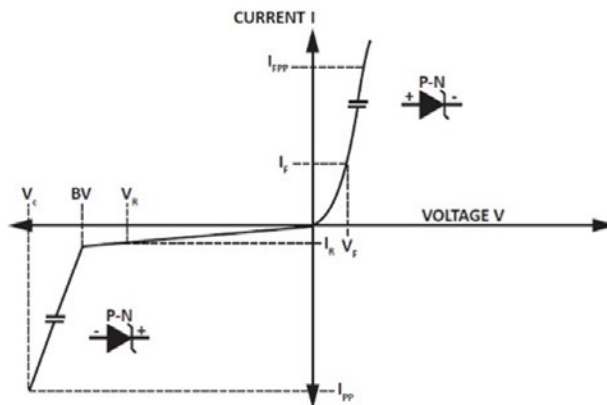
Túlfeszültség elleni védelem TVS diódával

Az elektronikai eszközök a külvilág felé I/O portokon keresztül kommunikálnak, melyek megfelelő védelem hiányában támadási felületet jelentenek az elektrosztatikus kisülés (ESD), az elektronikus, gyors tranziens (EFT) vagy surge-jellegű túlfeszültségek számára, potenciális fenyegetést jelentve a belső áramköri elemekre. Az alkalmazott túlfeszültségvédő eszközök ráadásul nem csökkenthetik a port adatátviteli sebességét. A tradicionális, egyszerű kondenzátoros védelem és nagy kapacitással rendelkező (nagy méretű) túlfeszültségvédő eszközök a nagy frekvencia miatt nem használhatók, mert az adatvonalak kapacitását minimális szinten kell tartani, ellenkező esetben a védelmi eszköz kapacitív impedanciája, ami a frekvencia reciprokával arányos ($Z_C = 1/2\pi fC$) olyan alacsony értékű lesz, hogy az jelvesztéshez vezet. 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 azoknál nagyobb keresztmetszetű P/N átmenettel rendelkeznek, melynek mérete arányos a kezelni kívánt teljesítménnyel. Ezek olyan „clamping” eszközök, melyek alacsony impedanciás „Avalanche” P/N átmenetük megnyitásával a feszültségtüs-



A TVS dióda feszültséghatároló eszköz



Egyirányú TVS diódakarakterisztika

kéket a mögöttes elektronika által elviselhető mértékű szintre korlátozzák.

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

Ahhoz, hogy a védőeszköz számára hosszabb lefolyású tranziensek is elviselhetők legyenek, a mérnökök választhatnak nagyobb méretű tokozást, mely jobban disszipálja a keletkező hőt, mely chipmérettől egészen nagy modulokig találhatóunk TVS diódát a gyártók kínálatában. Bár a TVS dióda esetén kisebb hibaáram

engedhető meg, mint a fém-oxid varisztoroknál, a maximális feszültség- és áramértékek több eszköz soros vagy párhuzamos kapcsolásával tetszőlegesen növelhetők. A mai TVS dióda lehetővé teszi a viszonylag nagy surge-jellegű áramok elvezetését. A TVS dióda meghibásodásakor rövidzárba kerül. A félvezető technológiának hála, működése rendkívül 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 ultraalacsony – pF-nagyság-

rendű – kapacitású TVS diódákra van szükség, ilyen például a ProTek Devices GBLC08CLC eszköze, melynek vonali kapacitása mindössze 0,4 pF. A szupresszordióda unidirekcionális szervezésben DC-vonalakhoz éppúgy használható, mint bidirekcionális változatokban változó áramú applikációkhoz. Ellentétben a fém-oxid varisztorokkal (MOV), melyek 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 clampingfaktor (-1,33) jellemzi.

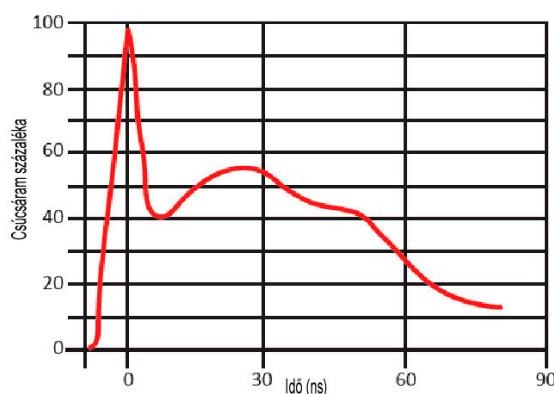
Adatátviteli sebességek		
Port jellege	Sebesség Mbit/S	Kapacitás pF
RS-232	0.20	< 50
T1	1.544	< 30
E2	2.048	
I2C	3.4	
Ethernet	10	< 20
USB 1.1	12	
E3	34.368	
RS-485	35	
T3	44.736	
Fast Ethernet	100	< 5
T5	400.352	< 3
USB 2.0	480	
E5	565.148	
IEEE-1394b	786.432	
GigabitE	1000	
DVI	3960	
USB 3.0	5000	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

Túlfeszüléstípusok 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-értékig. A szabvány célja, hogy a tervezőket segítse az elegendő mértékű védelem kiválasztásában.

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 test modell alapján definiált tranziens lefolyása az ábra szerinti, a lefutás 1 ns alatti és a lefutás 60 ns körüli időtartamot vesz igénybe.

Sok esetben találkozunk azzal a jelenséggel, hogy a tervezőmérnök nem gondoskodik a teljes megoldásra vonatkozó – az előírt szabványnak megfelelő – ESD-velemlről, mert azt gondolja, 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, mely alatt a védelem láthatatlan.
- A védőeszköz ún. „overshoot” feszültsége, ahol az megszóal.
- A feszültségkorlát mértéke (clamping voltage), melyre a védőeszköz a kimenne-tén megjelenő feszültséget korlátozza.

A surge az ESD-nél nagyságrendekkel hosszabb (mikroszekundum nagyságrendű) és nagyobb energiájú zavar, melyet általában villámütés vagy kapcsolási tranziens okozhat. 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, így aztán a kapcsolt készülékekben kárt tehetnek. A hatékony védekezéshez általában 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, a beltéri eszközök közelében van létjogosultsága a TVS-alapú védelmeknek.

endrich

components of life



ELECTROSUB

ELEKTRONIKAI ÉS ELEKTROTECHNIKAI KONFERENCIA ÉS SZAKKIÁLLÍTÁS

GYÁRTÁS // KOOPERÁCIÓ // INNOVÁCIÓ

2017. OKTÓBER 11-13. | Terminal 1 Airport Event Center, Budapest

Az Endrich GmbH az ElectroSUB kiállítás és konferencia arany fokozatú támogatójaként szeretettel várja partnereit 2017 Október 11-13. között a fenti helyszínen az **Endrich (1/D)** és a **SUSUMU (1/C)** standján. A kapcsolódó konferencián partnereinkkel együtt a következő előadásokkal veszünk részt:

Kiss Zoltán (Endrich GmbH) :

K-sávós radar szenzorok alkalmazása mozgásérzékelésre és gesztusvezérlésre

Kuma Takamura PhD (Susumu) :

Vékonyréteg áramérzékelő ellenállások

Alexander Hoch MSc. (Panasonic) :

A Panasonic Grid-Eye szenzor bemutatása

Yan Bondar (TDK-Micronas) :

Hall szenzorok mágneses terek érzékelésére

Ian Doyle (ProTEK Devices) :

Félvezető technológia használata áramkörvédelmi megoldásokban

Dr. Christian Merfort (Everlight) :

Kisméretű SMD tokozások szenzor alkalmazásokhoz



A fenti előadások Október 11-én, szerdán a 2. szekcióban 11:00-15:15 között hallhatók. Kérje ingyenes meghívóját a kiállításra!

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH



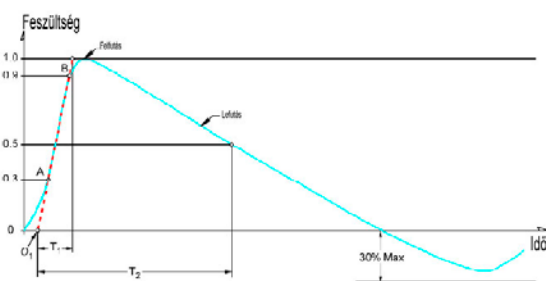
Tel.: (+361) 297-4191

z.kiss@endrich.com

www.endrich.com

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 elviselni.

A második vonalban használt TVSD a gyors válaszidejének és az alacsony „clamping” feszültségének köszönhetően a primer védelmen átjutó tranziens hatékonyan csökkenti a védendő készülék által elviselhető szintre, ezzel kompenzálva a GDT nagy megszólalási feszültségküszöbét. 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, 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, melyet a felvétel után lassú lefutás és nagy energia jelleméz. A jelszint elérheti a 174 V-ot, és akár 400 ms is lehet a lefutás ideje.

A gépjárműelektronika-tervezők jól ismerik az ISO 16750 szabványt, mely a közúti gépjárművek elektronikai berendezéseinek vizsgálatát írja le. Az ISO 16750-2 ennek kiegészítése, mely 2012 óta hatályos és a fenti gépjárművek számára potenciáli-

san 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, lefolyása 400 ms is lehet. Feltételezve, hogy a soros ellenállás értéke 1-2 ohm, a fellépő surge-áram akár meghaladhatja az 50 ampert is 350 ms hosszan, ezzel a tervezőknek tisztában kell lenniük. A szabvány előírásainak való megfeleléshez 10 impulzusból álló, percenként 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.

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 védekezés, amely a felszabaduló energiát képes elnyelni, akkor lényegesen egyszerűsödne a feladat.

A ProTek Devices a tápfeszültség félvezető tranziensszupresszor-diódával való söntölése útján ad választ erre a kihívásra, olyan diszkrét komponenst alkotott, mely – az ISO 16750-1 előírásainak megfelelően – képes kezelni tíz, egymást követő alkalommal a 350–400 ms hosszan tartó, 30–60 A nagyságú surge-áramot 10 percen keresztül.

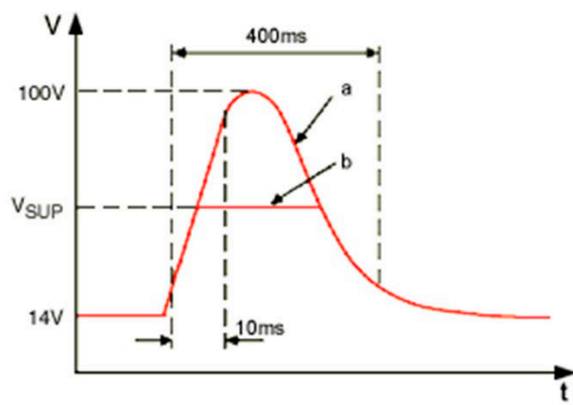
Ez a diszkrét TVS diódás Load Dump elleni védelem jelentős előnyökkel bír:

- Egyszerűsített áramkör – a korábbi 16 komponens egy diszkrét alkatrészszel helyettesíthető.
- Alacsony indulási költségek – rövidebb BOM, alacsonyabb gyártásindítási költségek.
- Kisebb nyomtatott áramkörtérlet – DO-218AB 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.

Az alsó táblázatban összefoglaltuk az elektronika egyik legfontosabb területén, a jármű-elektronikában előforduló tranziens túlfeszültségek jellemzőit, az előfordulásuk gyakoriságát és legfontosabb előidéző okaikat, hogy áttekintést adjunk az áramkörtervezéskor figyelembe veendő feladatokról.

Adatvonalak túlfeszültségvédelme

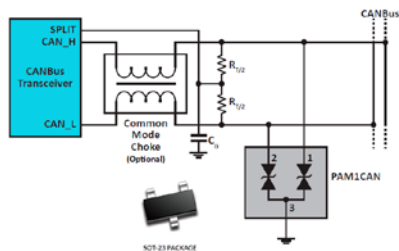
A tápegységekben megtalálható nagyszámú induktív és kapacitív passzív komponens jelenléte miatt ezek az eszközök általában immunisak az ESD-re, a tápvo-



Jármű-elektronikában előforduló tranziensek				
Időtartama	Legfőbb oka	Feszültség-amplitúdó	Energia	Gyakoriság
200–400 ms	Load Dump	< 125 V	> 10 J	Ritka
Állandó	Hibás feszültségszabályzó	18 V		Ritka
< 320 μ s	Induktív terhelés kapcsolása	80 V–300 V	< 1 J	Gyakori
200 ms	Generátor lekapcsolása	–100 V–40 V	< 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

nalakat surge és Load Dump ellen szokás védeni. 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 réz keresztmetszetek növelésével, de az igazi megoldást a nagy sebességek eléréséhez a kapacitás csökkentése jelenti.

CAN-busz védelme TVS dióddal



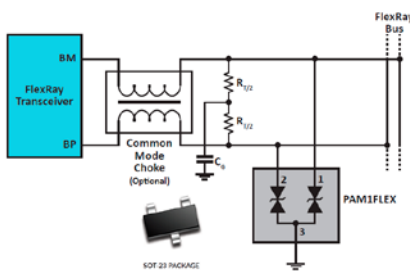
A CAN-busz egy üzenetalapú soros buszrendszer, melyet elsősorban jármű-, ipari és orvoselektronikai alkalmazásokhoz fejlesztettek ki. Adatátviteli sebessége elérheti az 1 Mibit/s értéket, általában 40 m alatti hosszúságú fizikai hálózaton. A ProTEK integrált TVS diódás túlfeszültségvédelmi megoldást fejlesztett ki ESD és a kapcsolási nagyfeszültségű tranziensek elleni védekezésre. A PAM1CAN eszköz mindkét adatvonalon védelmét ellátja.

Jellemzői:

- IEC 61000-4-2 ± 8 kV érintés, ±15 kV levegőkisülés
- IEC 61000-4-4 EFT 40 A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 surge másodlagos villámlás, 3 A @ 8/20 μs
- AEC-Q101 tanúsított
- 1xPAM1CAN SOT-23 tokozás
- Stand-off feszültség V_{WM} : 24 V
- Letörési feszültség BV_{MIN} : 25,4 V
- V_C @ IP: 70 V @ 3 A
- Szivárgási áram I_R : 0,05 μA
- Max. kapacitás: 17 pF

FlexRay-busz védelme TVS dióddal

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

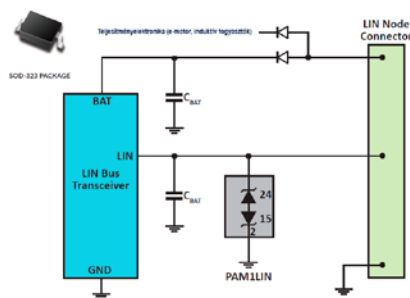


Jellemzői:

- IEC 61000-4-2 ± 8 kV érintés, ±15 kV levegőkisülés
- IEC 61000-4-4 EFT 40 A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 surge másodlagos villámlás, 3 A @ 8/20 μs
- AEC-Q101 tanúsított
- 1xPAM1FLEX SOT-23 tokozás
- Stand-off feszültség V_{WM} : 24 V
- Letörési feszültség BV_{MIN} : 25,4 V
- V_C @ IP: 70 V @ 3 A
- Szivárgási áram I_R : 0,05 μA
- Max. kapacitás: 11 pF

LIN-busz védelme TVS dióddal

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



Jellemzői:

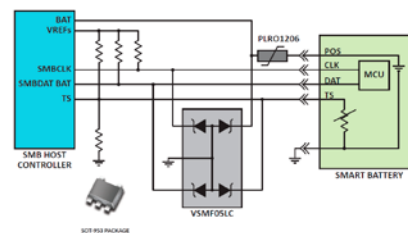
- IEC 61000-4-2 ± 8 kV érintés, ±15 kV levegőkisülés
- IEC 61000-4-4 EFT 40 A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 surge másodlagos villámlás, 24 A @ 8/20 μs
- AEC-Q101 tanúsított
- 1xPAM1LIN SOT-323 tokozás
- Stand-off feszültség V_{WM} : 15 & 24 V
- Letörési feszültség BV_{MIN} : 17,2 & 25,5 V
- V_C @ IP: 44 V @ 5 A & 70 V @ 3 A
- Szivárgási áram I_R : 0,001 μA
- Max. kapacitás: 17 pF

Tápvonalak védelme

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

Li-ion akkumulátoros rendszerek védelme TVS dióddal

Az intelligens Li-ion akkumulátorrendszerek túláramvédelmére és a vezérlőchip ESD-védelmére fejlesztette ki a ProTEK a VSMF05LC és a PLRO1206 eszközöket. Mivel az ilyen rendszereket eredendően üzembeli csatlakoztatás jellemzi, ESD, rövidzár és hibás külső eszköz használatából eredő tranziensek elleni védekezésre van szükség.

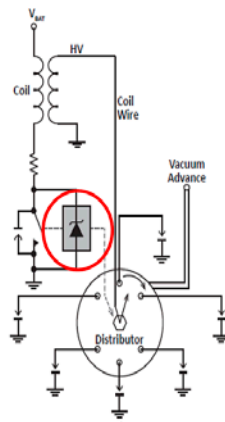
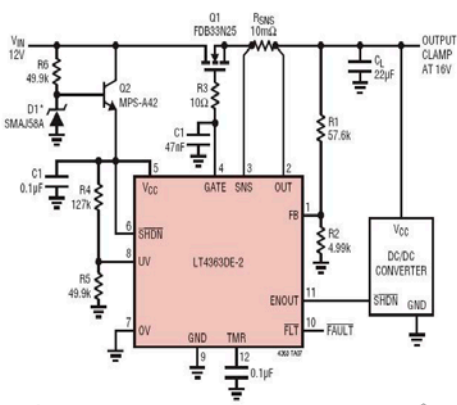


Jellemzői:

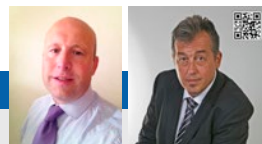
- IEC 61000-4-2 ± 8 kV érintés, ±15kV levegőkisülés
- IEC 61000-4-4 EFT 40 A, 5/50 ns
- IEC 61000-4-5 surge másodlagos villámlás, 2 A @ 8/20 μs
- 1xVSMF05LC SOT-953 tokozás
- Stand-off feszültség V_{WM} : 5 V
- Letörési feszültség BV_{MIN} : 6 V
- V_C @ IP: 12 V @ 2 A
- Szivárgási áram I_R : 1 μA
- Tip. kapacitás: 9 pF

Load Dump elleni védekezés TVS dióddal

A gépjármű-elektronikát tervező mérnökök megszokásból általában névleges, soros Ri értéket (2 ohm 12 V és 4 ohm 24 V esetén), valamint alacsony td időbeli lefolyást választanak (40 ms 12 V és 100 ms 24 V esetén) a túlfeszültség-védelem méretezésekor, a Load Dump tranziens hatására fellépő surge-áram korlátozására. Sok esetben alacsonyabb teljesítményre specifikált SMCJ (1,5 kW) vagy SMDJ (3 kW) TVS eszközökkel operálnak, de a kérdés az, hogy ez vajon elegendően robusztus védelem-e a ma gépjárműjében is, ahol az elektronikai egységek száma megsokszorozódott?



is. A sorozat 15 nagy teljesítményű TVS mátrixból áll, ezzel lefedi az ipar igényeit a 14–43 V zárírányú stand-off feszültségtartományon. A RoHS és REACH elvárásainak megfelelő JEDEC DO-218AB tokozásban, $T_j = 175\text{ °C}$ átmeneti hőmérsékletű TVS eszközök kaptak helyet, melyek így tökéletesen megfelelnek a nagy megbízhatóságot igénylő autóiipari feladatokra. Ez a diszkrét áramköri megoldás tökéletes Load Dump elleni védelmet nyújt, és emellett a gyártási költségek csökkentése útján további előnyökkel bír a vezető IC-gyártók korábban ismertetett védelmi módszereivel szemben, elsősorban a helytakarékoság és az áramköri lapok valós bekerülési költségének minimalizálása útján.



IAN DOYLE, MARKETING IGAZGATÓ, PROTEK DEVICES / KISS ZOLTÁN KELET-EURÓPAI ÉRTÉKESÍTÉSI VEZETŐ
ENDRICH BAUELEMENTE VERTRIEBS GMBH, WWW.ENDRICH.COM