



**A**z autóiparnak az elmúlt 50 évben az egyik legérdekesebb területe minden bizonnyal az autóelektronika, hiszen a hetvenes években megjelenő motorvezérlő egységektől (engine control unit - ECU) a manapság szokásos tucatnyi mikrokontrolleres rendszer elterjedéséig rengeteg dolog történt. A hatékonyságnövelő és kényelmi funkciók biztosításához a tervezőmérnökök mind több, szabványos buszrendszereken keresztül egymással kommunikáló, intelligens elektronikai egységet terveznek az új járművekbe, ami az áramkörvédelemre szakosodott komponens gyártóknak is nagy kihívást jelent, mert az eszközök túlfeszültség elleni védelme tudja csak biztosítani a garanciális javítási költségek minimális szinten tartását. Tehát a megfelelő áramkörvédelem nagyon fontos szempont az autóelektronikai fejlesztésben.

## Rendszerek az autóban, melyek áramkörvédelemre szorulnak

Az autóelektronikai rendszerek általában a motorvezérléshez kötődnek, de természetesen a biztonsági rendszerek, mint például a fékek, a légzsákok, ütközés elkerülő vagy parkolást segítő funkciók köré is bonyolult elektronika épül.

Egyes biztonsági rendszerek kötelezőek, például Európában már az automata keréknyomás érzékelés (TPMS) előírás, de nemsokára az E-call rendszer is minden gépjárműben alapfelszereltségként jelenik meg.

A vezetési élményt elősegítő telematikai, navigációs egységekben, vagy a klímavezérlő, ülésfűtési, fedélzeti szórakoztató elektronikai rendszerekben gyakorta találunk szabványos kommunikációs portokat, mint USB, Ethernet csatlakozások, antenna, TFT képernyő interfészek, CAN és LIN busz vonalak.

A tranziens túlfeszültség esetleges megjelenése ezek mindegyikében nagy kárt képes okozni, így a megfelelően megtervezett áramkörvédelem nagyon fontos szempont a garanciális költségek alacsony szinten tartásához.

Szabványos interfészekhez ajánlott áramkörvédelmi megoldások		
Interfész	Ajánlott megoldás	Alternatív megoldás
Antenna	PAM02SD2303C, PAM02SD2308C, PAM02SD2312C	PAM03SD2303CI, PAM18DF2L0521, PAM19DF2L0521P
CANBus	PAM1CAN, PAM10ST2315C, PAM04ST430502	PAM10ST2324C
Vezérlő gombok	PAM17DF2L05C	
Vezérlő vonalak		PAM08SD2303C, PAM08SD2312C, PAM20ST6305, PAM21SC790501H, PAM26SD2305, PAM14ST6305LCC, PAM15ST4305, PAM06SC7905S
Kijelző interfész	PAM24DF1605	PAM13ST2305
Ethernet	PAM05SC700504F	PAM11SO803, PAM12SO824
FlexRay Busz	PAM1CAN	
Üzemanyag befecskendező vezérlés	PAM08SD2305C, PAM08SD2324C, PAM10ST2315C	
LINBus	PAM1LIN	
Akkumulátor töltés közbeni lekapcsolása elleni védekezés	PAM16AL30A	
Energiátvitel	PAM10ST2315C, PAM09SD2305HP	PAM07DF23K24, PAM25DF25K33, PAM25DF25K36
USB Port	PAM04ST430502	PAM15SC7905C, PAM13ST2305

## Az autóelektronikában fellépő feszültség-tranziensek

Autóipari alkalmazások tranziens túlfeszültség ellenállóságának ellenőrzésére és a diszkrét félvezetőkkel történő védekezéshez szükséges szabványokat egységes formában az Automotive Electronics Council (AEC) hozta létre. Az AEC-Q101 szabványcsomag szabályozza az autóipari áramkörvédelmi eljárásokat.

A szabványok különböző túlfeszültség típusokkal foglalkoznak:

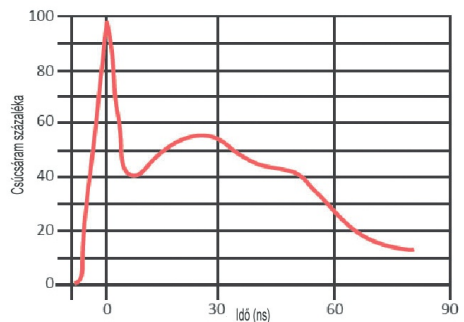
- Elektrosztatikus feltöltődés „ESD”
- Induktív terhelések kapcsolásokor fellépő tranziensek „Surge”

▪ Akkumulátor töltés közbeni véletlen leválasztásából eredő „Load dump” tranziens feszültség

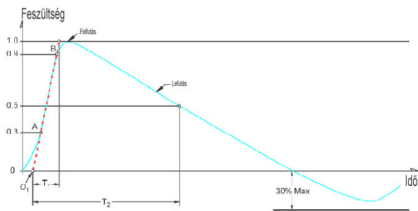
A tranziens túlfeszültségek a fentiek szerinti három alaptípusba sorolhatók: Elektrosztatikus feltöltődés (ESD), az induktív terhelések kapcsolásokor fellépő „Surge” és a „Load dump” jellegű zavarok.

Az elektrosztatikus kisülés két eltérő töltöttségi 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 viszonylagos kis energia jellemzik.



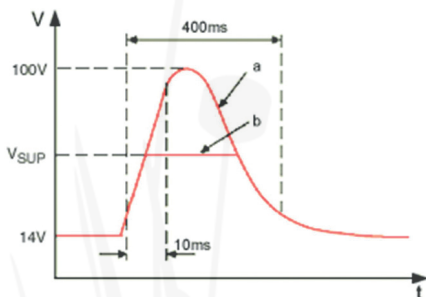
A surge az ESD-nél nagyságrendekkel hosszabb (mikro szekundum nagyságrendű) nagyobb energiájú zavar, melyet általában villámütés, vagy kapcsolási tranziens okozhat.



A Load dump jellegű túlfeszültség 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 transziens túlfeszültséget okoz, melyet 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.

A következő táblázatban összefoglaltuk az előforduló transziens túlfeszültségek jellemzőit, az előfordulásuk gyakoriságát és legfontosabb előidéző okait, hogy áttekintést adjunk az áramkörtervezéskor figyelembe venni szükséges feladatokról.

Járműelektronikában előforduló transziensek				
Időtartama	Legfőbb oka	Feszültség amplitúdó	Energia	Gyakoriság
200ms	Load Dump	< 125V	> 10J	Ritka
Állandó	Hibás feszültség szabályzó	18V		Ritka
< 320µs	Induktív terhelés kapcsolása	80V - 300V	< 1J	Gyakori
200ms	Generátor lekapcsolása	-100V -40V	< 1J	Minden leállításkor
90ms	Indítási impulzus, akku lekapcsolódik	< 75V	< 0.5J	<500Hz Ritka
1ms	Kábelkötég (induktív) átcsatolás	< 200V	< 1J	Gyakori
< 60ns	ESD	<15kV	<10mJ	Ritka

Néhány ezek közül a jelenségek közül kritikus a járműelektronika akadálymentes működése szempontjából, ezért különös tekintettel kell lenni rájuk a túlfeszültség elleni védekezésor.

A megbízható túlfeszültségvédelmi komponens-gyártó vállalatok, mint például a ProTek Devices rendelkezik az autóipar számára tanúsított áramkörvédelmi megoldásokkal. Ezek az alkatrészek általában transziens feszültség szupresszor mátrixok átfogó családjai, melyek alapeleme a félvezető – Avalanche átmenettel rendelkező – TVS (transient voltage suppressor) dióda.

## TVSD eszközök

A félvezető dióda alapú 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, mely jobban disszipálja a keletkező hőt, mert chip mérettől egészen nagy modulokig található TVS diódát a gyártó kínálatában.

Ugyan kisebb hibaáram engedhető meg a TVS dióda esetén, mint a fém-oxid varisztoroknál, a maximális feszültség és áramértékek több eszköz soros, vagy párhuzamos kapcsolásával tetszőlegesen növelhető.

A mai TVS dióda lehetővé teszi a viszonylag nagy surge jellegű áramok elvezetését, például a Protek Devices 2700SM78CA terméke 18 kA maximális áramot visel el, egy 12V-os névleges feszültségű 600 W-os dióda 8/20 ms surge kapacitása pedig 140 A. A TVS dióda meghibásodásakor rövidzárba kerül. A félvezetős technológia miatt működése rendkívül gyors és pontos, 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 például a GBLC08CLC, melynek vonali kapacitása mindössze 0.4 pF.

A szupresszor dióda unidirekcionális szervezésben DC vonalakkhoz éppúgy használható, mint bidirekcionális változatokban váltakozó áramú alkalmazásokhoz. Szemben 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 nano-szekundum nagyságrendbe esik, és működését alacsony clamping faktor (~1.33) jellemzi.

A PROTEK járműelektronikai alkatrészvonalára ultra alacsony kapacitású TVS mátrixokból áll, és szinte minden feladatra találunk kész megoldást, legyen az információs és szórakoztató elektronika, világítási és biztonsági elektronika, vagy a hajtásrendszer vezérlését végző alrendszer.

Az alábbiakban néhány példát mutatunk a PROTEK TVS mátrixok felhasználhatóságáról különböző járműelektronikai alkalmazásokban.

## CAN és LIN Busz túlfeszültség védelme

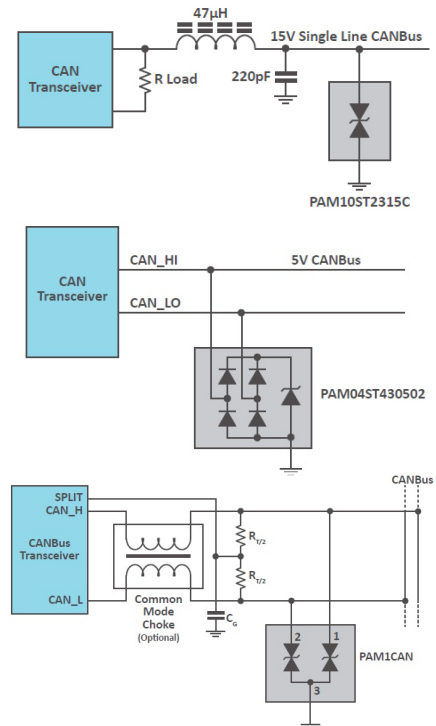
A ma gépjárműve elektronikus vezérlőegységek (ECU) tucatjait tartalmazza, egyesek csak célfeladatokat látnak el, mint például a légszakvezérlés, ABS, cruise control, tükörállítás, ablakok és ajtók zárása, szervokormány, akkumulátortöltés, mások nagyon összetett rendszerek, mint például a motorvezérlő egység. Léteznek közöttük ugyan önálló egységek, mint pl. a szórakoztató elektronika, de ezek a rendszerek is kapcsolódhatnak az autó beépített egységeihez, mint például a multifunkcionális kijelző a műszerfalon.

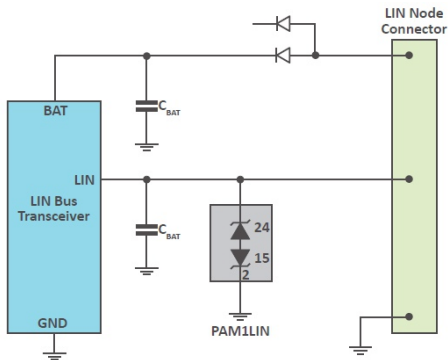
Az autó központi számítógépe parancsokat küld az aktuátorok számára és adatokat gyűjt a különböző szenzoroktól. Ha minden egyes alrendszer különálló kábelezéssel lenne ellátva, akkor egyrészt nem lenne hely a kábelek elrejtéséhez, másrészt mind tömegük, mind a réz magas ára miatt lehetetlen feladat lenne a gazdaságos kivitelezés. A CAN (Controlled Area Network) szabvány pont ezért került bevezetésre, hiszen ez a soros busz rendszerű multi-master topológiájú helyi hálózat az ECU-k, mind hálózati csomópontok összekötését biztosítja egy egyszerű, 120  $\Omega$ -os lezárású fizikai csavart érpáron. A csomópontokban lehetnek szimpla I/O eszközök, vagy CAN interfésszel rendelkező, bonyolult szoftvert futtató beágyazott

számítógépek is.

Szintén gyakran előforduló eset, mikor a node maga egy átjáró a CAN buszon ülő fedélzeti eszközök és egy külső számítógép például USB vagy Ethernet interfészen keresztül való összekapcsolásához. A különféle fizikai kapcsolódási lehetőségek és az alkalmazott interfészek sokasága miatt alapkövetelmény, hogy a CAN buszt megvédjük az esetleges tranziens túlfeszültségektől, mert azon keresztül könnyen tönkremehetnek a kapcsolódó rendszerek is.

A PROTEK többféle megoldást is kínál a CAN busz védelmére, melyek közül az ábrákon bemutatunk néhány példát.



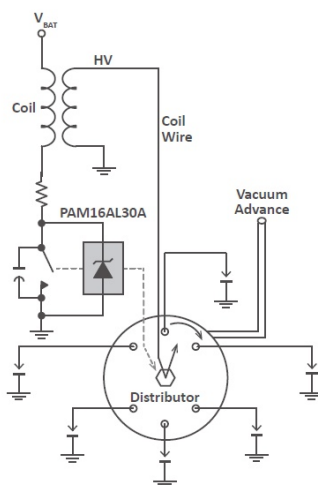
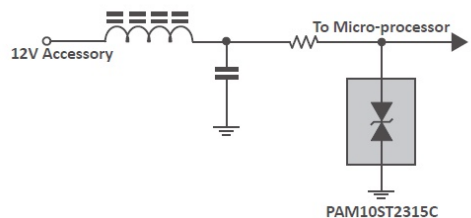
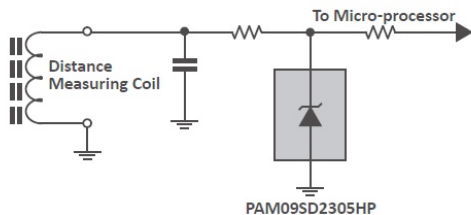
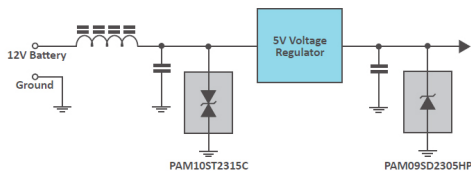


Mivel a CAN busz esetleg túl drága megoldás az egyszerűbb intelligens részegységek hálózatba kötésére, egy olcsóbb kiegészítő hálózat is megjelenik a járműelektronikában. A LIN busz (Local Interconnect Network) olcsó soros topológiájú kommunikációs hálózat, mely egy master (általában) maximum 16 slave eszközzel (például mechatronikai elemekkel) való kommunikációját támogatja. Arra készült, hogy egyszerűbb csomópontok egybefoglalásával azokat együttesen illessze az autó meglévő CAN hálózatára. A már említett okok miatt itt is nagyon fontos az áramkörvédelem.

## Az energiaellátó rendszer védelme

A gépjármű energiaellátó rendszerének védelme elsősorban ESD elleni védelemre, harmadlagos villámvédelemre és kapcsolási tranziensek elleni védelemre szorul. Mindezek a védelmek a PROTEK cég speciális PAMxxx eszközeivel valósíthatók meg.

## Akkumulátor töltés közbeni leválasztása (load dump) elleni védelem



Amikor a generátor tölti az akkumulátort és eközben valahogy véletlenül leköjtük, a generátor tekerceiben tárolt energia túlfeszültség formájában igyekszik felszabadulni.

Ezt a feszültséget kell kb. 40V szintre korlátozni.

A szokásos védelmi eljárás a feszültség félvezető alapú szupresszorral való söntölése.

Példa erre a PROTEK PAM16AL30A eszköze, ami egy diszkrét 15,000 Wattos, félvezető tranzien-s-feszültség szupresszor dióda (TVS).

## További járműelektronikai alrendszerek védelme

Az információs és szórakoztató elektronikai hálózatok védelmére a ProTek több TVS mátrixból álló családot (PAMxx) fejlesztett ki a járműipar számára.

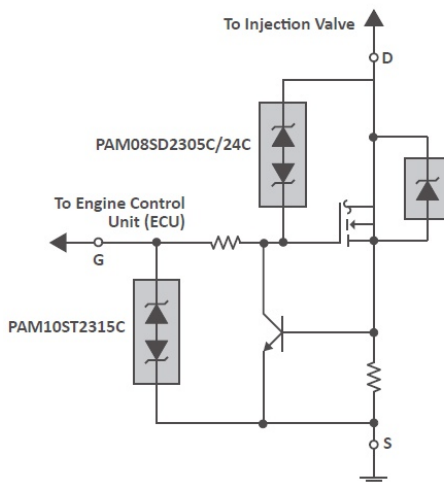
A PAM01SC7905C az elektronikai vezérlőegység ECU számára készült, a PAM02SD2312 és az alternatív PAM12SO824 tökéletes az USB2.0 vonalak védelmére.

A PAM03SD2303CI megoldást nyújt a Bluetooth®. modulokhoz.

A PAM04ST430502 és a PAM18DF2L0521 lefedi az alkalmazott

LCD képernyő-interfész védelmi területét.

A PAM05SC700504F és a PAM19DF2L0521P ideálisak a fedélzeti hangrendszerekben való használatra, míg kiegészítésként antenna-védelemre a PAM06SC7905S és a PAM21SC790501H TVS mátrixokat javasolja a gyártó.



A PAM08SD23xxC sorozat és a PAM24DF1605 védelmet nyújt a vezérlőgombok és panelek területén.

A fedélzeti számítógéphálózat csomópontjainak védelmére fejlesztették a PAM02SD2312 TVS mátrixot, ami tökéletes a világítás vezérléshez, a PAM08SD23xxC sorozatot és a PAM07DF23K24 eszközt, ami a parkolásegítő elektronika védelmét látja

el, illetve a PAM09SD2305HP-t, amit a légzsák vezérlés védelmére terveztek.

A PAM15ST4305 steering dióda és TVS mátrix az ablaktörő szenzorok esetén alkalmazható, míg a PAM08SD23xxC sorozat az üzemanyag-befecskendező interfészekhez készült.

A PAM09SD2305HP tökéletes a gyújtás védelmére, a PAM16AL30A pedig az elektronikus fékrendszerekhez.

A PAM10ST23xxC sorozat védi a kormányok szervó-elektronikáját.

A gépkocsi energiaellátó hálózatában (12, 24 és 36V) esetlegesen fellépő tranziensek ellen a PAM08SD23xxC és a PAM10ST23xxC sorozat használatos, míg az akkumulátor védelmére a PAM16AL30A és a PAM07DF23K24 TVS eszközök tökéletesek.

