



Az előző lapszámban egy aminisorozatot indítottunk az IoT eszközökben használható különféle elektronikai technológiákról, melyeket az Endrich által fejlesztett E-IoT eszközök fejlesztői is előszeretettel alkalmaznak. Ma egy minden elektronikai áramkör számára elengedhetetlen funkció, a túlfeszültség elleni védekezés témakörét járjuk körbe, egy megbízható, a kis méretek iránti igényt támogató, mégis robusztus és a nagy adatsebességet is zavartalanul kiszolgálni képes technológia, a tranzien্স szupresszor dióda alkalmazása mentén. Ezek az eszközök – diszkrét alkatrészként – sok esetben alapelemei egy jól megtervezett áramkörnek, azonban nagy sebességű portoknál sok esetben tapasztalhatunk hibás komponensekből eredő problémákat. A Protek Devices általunk bemutatásra kerülő eszközei a méretérzékeny elektronika számára kínálnak feladatra szabott, kis méretű, öregedésmentes megoldást a vonatkozó szabványok maradéktalan betartásához.

Az IoT eszközök mikrovezérlői általában legalább USB csatlakozással kapcsolódnak a külvilághoz, a programozáshoz, de sok esetben tartalmaznak más nagy sebességű interfészeket is, például kijelzők meghajtására HDMI, vagy vezetékes hálózati kapcsolatokhoz Ethernet csatlakozásokat. Ezeken keresztül a külvilág felől könnyen érkezhethet tranzien্স túlfeszültség, melyet védekezés hiányában az áramkör károsodás nélkül képtelen elviselni. Sok esetben - a meghibásodáson kívül - olyan károk forrása is lehet ez a jelenség, amelyek megelőzésére éppen az adott eszköz szolgálna, nem túl szerencsés eset ugye például az, ha a tüzet pont a felszerelt tűzjelző eszköz okozza. Természetesen a tervezőmérnökök nagy tudással rendelkeznek az általuk tervezett áramkörök funkcionalitása tekintetében, de munkánk során nagyon gyakran találkozunk olyan esetekkel, amikor az alkalmazott áramkörvédelmi megoldás felületes, nem átgondolt, vagy például az adatlapokban szereplő adatok jóhiszemű félreértése okán alultervezett. Ilyen eset gyakran fordul elő olyan esetben, amikor a drága integrált áramkör adatlapján vastagon szedett (reklám)szöveg hívja fel a figyelmet a kétségkívül rendkívül előnyös beépített ESD védelemre, azonban arra már senki nem gondol,



hogy ez vajon milyen robusztus védelmet is jelent, milyen szabvány szerinti, milyen jelformájú tranziens, és vajon mekkora energia elnyelésére alkalmas? Természetesen a válasz gyakran az, hogy ez a komponensgyártó és nem a tervezőmérnök érdekében alkalmazott megoldás, célja csak az, hogy a gyártósoron ne menjen tönkre az alkatrész. Komolyabb ESD esetén teljesen hatástalan ez a védelem. Írásunkban megkíséreljük áttekinteni azokat a paramétereket és tulajdonságokat, amikre figyelemmel kell lenni a hatásos és sem nem alul-, sem túltervezett áramkörvédelem beépítéséhez.

A túlfeszültségek fajtái

Amikor egy elektromos áramkörön vagy alkatrészen a feszültség a megengedhető maximális érték fölé növekszik, az a tranziens hosszától és jellegétől (tüske,

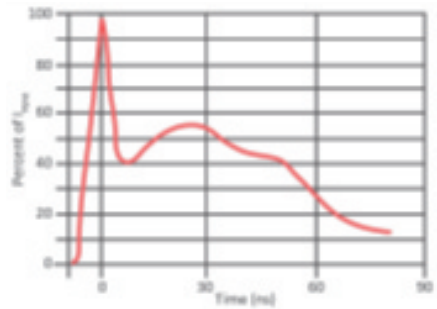
vagy surge) függő mértékben károsodhat. Ezeket a túlfeszültség-tranzienseket természeti jelenségek (pl. villámlás), illetve emberi tényezők (például elektrosztatikus feltöltődés, nagy induktív fogyasztók kapcsolása, illetve egyéb áramkörök működése közben fellépő elektromágneses interferencia) is okozhatják. A tranziens túlfeszültségek három alaptípusba sorolhatók: Elektrosztatikus feltöltődés (ESD), a „Surge” és a „Load dump” jellegű zavarok.

Az **elektrosztatikus kisülés (ESD)** 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 relatív kis energia jellemzi. A szabványok különbséget tesznek különböző szimulációs modellek között ,

ilyen például a „Human Body Model” vagy a „Machine Model” és az ESD „támadás” módja szerint közvetlen kontaktus útján behatoló, illetve levegőben történő kisülés által keltett ESD között. Mivel a tervező sosem tudja, hogy a készülék hol és milyen körülmények között lesz használatban, érdemes a legrosszabb helyzetre tervezni. Nem mindegy, hogy a készülék egy párás trópusi helyen, vagy egy ESD szempontjából igen kritikus száraz sivatagban fog működni.

Az IEC 61000-4-2 szabvány definiálja az emberi test által keltett ESD esemény lefolyását, és feszültség tekintetében négy szintet különböztet meg, egészen 8kV kontakt és 15kV levegő kisülés értékig. A szabvány célja, hogy a tervezőket segítse az elegendő mértékű védelem kiválasztásában, legyen a tranziens ESD, EFT, surge, villám vagy helytelen bekötés következménye.

Az emberi test modell alapján definiált tranziens lefolyása az ábra szerinti, a felfutás 0,7 -1 ns alatt és a lefutás 60 ns körüli időtartamot vesz igénybe.

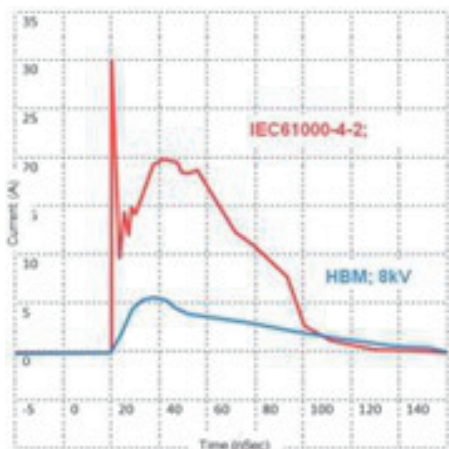


A félvezetőgyártók gyakran az 1-es szintű (Level 1) védelmet (1-2 kV) építenek be az eszközeikbe a gyártás során fellépő zavarok hatásának minimalizálására, miközben valós körülmények közt a fellépő ESD akár 15kV is lehet, ezért a beépített védelmet csak másodlagos szintnek szabad tekinteni és szükség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

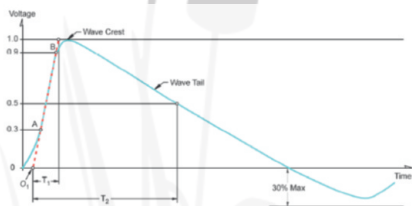
Olyan is eset is gyakran előfordul, hogy a nem megfelelő szabvány szerinti védelem kerül kialakításra, ami akár a 8kV-os közvetlen túlfeszültséget is elviseli, azonban csak nagyon minimális áramérték mellett. Az IEC szerinti áramértékeket a következő táblázat részletezi:

Level	Feszültség szint kV	Kisülés első csúcsárama ±10 % A	Kisülés felfutási ideje t _r ns	Áram (±30 %) 30 ns A	Áram (±30 %) 60 ns A
1	2	7,5	0,7 to 1	4	2
2	4	15	0,7 to 1	8	4
3	6	22,5	0,7 to 1	12	6
4	8	30	0,7 to 1	16	8

Szemléltető példa az alábbi karakterisztika, ahol bár az ESD feszültség mindkét esetben 8kV, mégis jól látszik a különbség a két eltérő szabvány előírta hullámforma között. Nagyon is fontos tehát pontosan tudni, hogy a készülék vajon melyiknek kell megfeleljen.



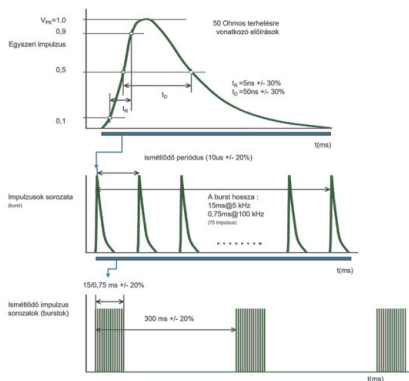
A **surge** az ESD-nél nagyságrendekkel hosszabb (μs) zavar, melyet általában kapcsolási tranziensek, vagy villámütés okozhatnak és nagy energia jellemzi.



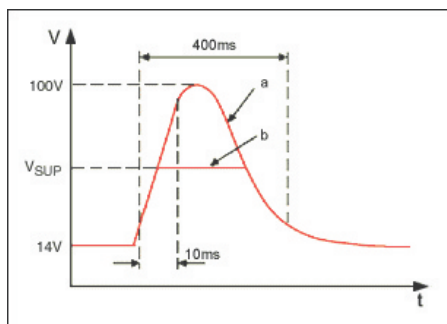
Surge esetében az 61000-4-5 szabvány határoz meg 5 különböző szintet a

különböző elektromos környezetek alapján.

Az elektromosan gyors tranzienszt (**EFT vagy Burst**) az IEC 61000-4-4 szabvány definiálja az alábbi hullámformák és ismétlődési periódusaik/frekvenciájuk meghatározásával.



A **Load dump** jellegű túlfeszültség általában úgy keletkezik, hogy nagy induktivitású 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 felfutás után lassú lefutás és nagy energia jellemez.

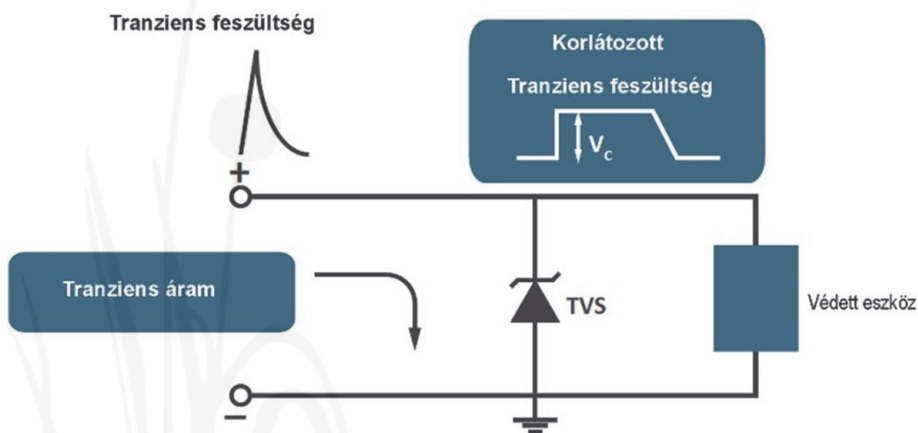
Védekezés a fenti tranziensek ellen

Az adat- és tápvonalakon beérkező feszültségtranziensek ellen védekezés általában más-és más megoldásokat kíván, hiszen jellegüket tekintve nagyon eltér ezek a külvilág felől érkező veszélyeknek való kitettsége. A tápvonalak nagy veszélyben vannak a villámok okozta primer és szekunder indukált túlfeszültségek, a nagy induktív fogyasztók lekapcsolásával az elektromos hálózaton megjelenő zavarok miatt, míg a telepes készülékek szinte kizárólag az ESD elleni védekezésre kell, hogy képesek legyenek. A

tápegységekben megtalálható nagyszámú induktív és kapacitív passzív komponens jelenléte miatt ezek az eszközök általában immunisak az ESD-re.

Közös megoldás ezekre az esetekre egy olyan eszköz használata, amely a terheléssel párhuzamosan kapcsolva nagy feszültség megjelenésekor egy küszöbérték elérésekor (letörési feszültség) az energiát nagyon rövid idő alatt a testelés felé igyekszik elvezetni és a terhelésre jutó feszültséget egy, a tranziens feszültség maximumánál jelentősen kisebb, a terhelés számára elviselhető mértékre csökkenteni képes (clamping feszültség).

Így működik a legtöbb ma alkalmazott túlfeszültség védő technológia, például a nagyon olcsó és sokat használt MOV (fémoxid varisztor) vagy MLV (többrétegű varisztor). Ezek közös



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	

jellemzője, hogy a küszöbfeszültség megjelenésekor kis impedanciás állapotba kerülnek és a tranziens feszültség rajtuk nagy áramot hajt a föld felé – remélhetőleg - megvédve a mögöttes áramkört. Az egyik nagy probléma ezekkel a technológiákkal az ismételhetségi hiánya, hiszen ezek az eszközök minden egyes incidens esetén erősen elhasználódnak és néhány esemény után teljesen hatástalanokká válnak. Ráadásul, ha meghibásodáskor szakadásba kerülnek, hatástalan mivoltukról semmilyen módon nem tudunk figyelmeztetést kapni. (Általában az elsődleges hiba rövidzár, de az ennek hatására kialakuló nagy kialakuló áramerősség miatt rosszabb esetben a fel

is robbanhat, esetleg szétéghet a varisztor, ami szakadást eredményez).

Az adatvonalakon rosszul alkalmazott túlfeszültségvédő eszközök relatív nagy kapacitása is komoly problémát jelent magas adatsebesség esetén. Az eszköz soros ellenállása a párhuzamos belső kapacitásával együtt alkotja ez első szűrőt, mely lassítja a jel fel és lefutását.

A rosszul megválasztott eszköz nagy kapacitása miatt a párhuzamos impedancia nagy frekvencián (azaz nagy jelátviteli sebesség esetén) nagyon kicsi lesz, ami azt jelenti, hogy a túlfeszültségvédő eszköz normál működés közben is „akcióba lép”, a jel egy részét a föld felé elvezeti, azaz beleszól a jelátvitelbe. A hatásos ellenállás csökkentése lehetséges a réz keresztmetszetek növelésével, de a kapacitás csökkentése jelenti az igazi megoldást a nagy sebességeken történő transzparens működéshez. Összehasonlításként összefoglaltuk néhány ipari szabványnak tekinthető adatátviteli technológia maximális sebességét és a párhuzamos túlfeszültségvédő eszköz maximális kapacitásértékét a jelátvitel zavartalanságának biztosítására.

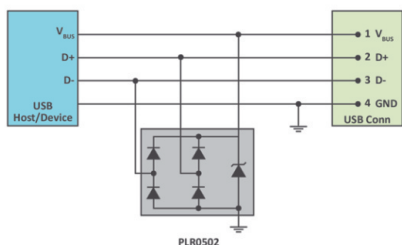
Az MOV-k clamping feszültsége nehezen beállítható és sokszor jelentősen meghaladhatja a védelem megszólalási feszültségküszöbét.

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 találhatunk TVS diódát a gyártók 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 8/20s 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 például a GBLC08CLC, melynek 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 (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 clamping faktor (~1.33) jellemzi. Ez utóbbi hányados a terhelésre átjutó korlátozott feszültség és a megszólalási küszöbfeszültség hányadosa.

USB portok védelme

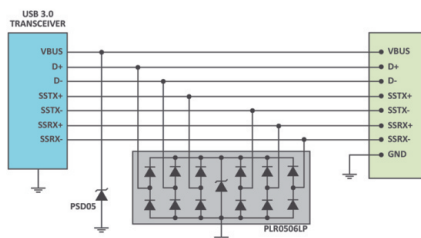
Az univerzális soros buszrendszerek nagyarányú elterjedése ipari szabvánnyá tette ezt a megoldást a számítástechnikai és szórakoztató elektronikai termékek piacán. Mára nemcsak az adatátvitelben, de a készülékek töltésében is jelentős szerepet kapott. A hot-swap jelleg és a rendkívül sok lehetséges meghibásodás miatt ezeket az eszközöket túláram és túlfeszültség ellen is védeni kell. Az USB 1.1 12 Mbps, a 2.0-ás szabvány 480 Mbps az új 3.0 szabvány pedig akár 5 Gbps 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 5V-os Vbus vonal ESD, védelmét szolgálja. Mindezt 0.6 pF kapacitásértékkel teszi, szinte alig jelenlévő szivárgási árammal, így akár a 2.0-ás szabvány 480 Mbps adatátvittele mellett sem jelent problémát használata.

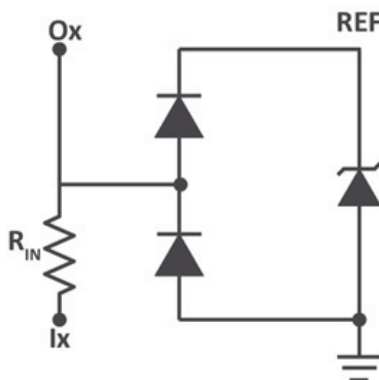
Az USB 3.x megjelenése generációs váltást hozott a technológia számára, az adatátviteli vonalakat megháromszorozta (3 differenciális érpár az eddigi egy helyett), lefele történő kompatibilitást biztosítva az USB 2.0 HS, FS és LS módjaival, míg bevezette a SuperSpeed nagysebességű adat link módot. Ez a konstrukció az eddigiektől eltérő kábel specifikációt eredményez, 3 differenciálisan csatolt jelvonalat (Tx+/Tx download, Rx+/Rx-upload és D+/D-), valamint két külön vezeték a Vcc és a GND számára. A Protek TVS megoldása a PLR0506, mely DFN-8 tokozásban 6 vonal számára kínál ESD védelmet 0.8 pF kapacitással.

Kiegészítésképpen a Vbus vonal megvédhető a GBLC05C vagy PSD05C eszközökkel.



Manapság sajnos megjelent egy új fenyegetés, a szándékos károkozás, a készülékek tönkretételére irányuló támadás is.

Ilyen lehet például a feketekezeskedelemben kapható „USB killer” eszköz, mely az USB porthoz csatlakoztatva egy nagyenergiájú feszültséglökést okozva tesz kárt az érzékeny elektronikában és a csatlakoztatott többi eszközben is. A



gyanútlan felhasználó maga teheti tönkre saját készülékét azzal, hogy összetéveszti ezt az eszközt egy közönséges USB flash-memóriával. A ProTek Devices PRUSB05UBK komponensét kifejezetten az ilyen fenyegetések meghiúsítására tervezték.

Az új steering dióda / tranzienzfeszültségcsökkentő (TVS) ideális a duális USB 2.0 porthoz, az USB 1.0-hoz és a tápbuszhoz.

Továbbá alkalmas gigabites ethernet portok, hordozható elektronika, videokártya interfészek és DVI interfészek áramköri védelmére is.

A PRUSB05UBK rendkívül alacsony, 2,5 pF-os kapacitást kínál, minden adatvonalon integrált ellenállással. Kompatibilis az IEC 61000-4-2 (ESD) ipari szabványokkal: levegő +/-15kV, kontakt +/-8kV; 61000-4-4 (EFT): 40A, 5/50ns; és 61000-4-5 (túlfeszültség): 24A, 8/20 mikroszekundumnál – 2. szint (Line-Gnd) és 3. szint (line-line).

Négy vonal védelmét és vonalonként 500 watt impulzuscsúcseljesítményt biztosít (tipikus = 8/20 mikroszekundum jelalak esetére).

Az ESD-védelem 25 kilovoltig terjed. Az új alkatrész alacsony clamping feszültséget is biztosít, és megfelel az RoHS és a REACH előírásoknak.

Li-ion okoselemek és az elektronika túláram és túlfeszültség elleni védelme

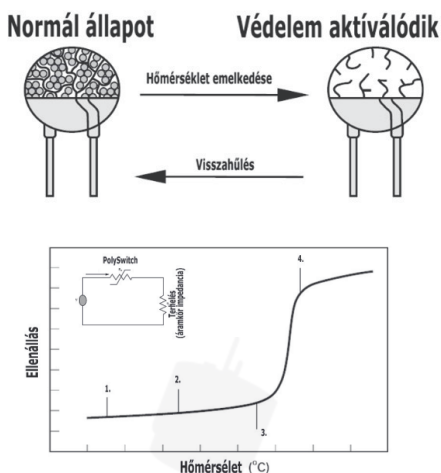
A fentiekben az adatvonalak védelméről esett szó, a teljesség igénye megkívánja, hogy említést tegyünk a tápvonalai védelemről is. Mivel eredetileg a telepes táplálású IoT készülékek szerepeltek írásainkban, tekintsük át, hogy a beépített BMS rendszerrel ellátott tölthető LI-ION okoselemes megoldások milyen kockázatokat rejtenek. Első dolog, ami ilyenkor eszünkbe jut, a Lítium elemek nagy energiasűrűsége okán fellépő félelem az esetleges nagy áramoktól, mely mind az elem, mind a SYSTEM MANAGEMENT BUS CONTROLLER elektronika számára kritikus lehet. Emellett az elemcserekor („hot-swap”) az elektronika nagyfokú ESD-nek és surge jellegű tranzienseknek való kitettsége komolyan veszélyezteti az érzékeny mikrokontrollert és az egyéb integrált áramköri elemeket is.

A System Management Bus (rövidítve SMBus vagy SMB) egy egyszerű kétvezetékes busz, amely könnyű kommunikációt tesz lehetővé az intelligens elemmel. Az IoT számítógéplapkákészleteiben található meg és az áramforrással való kommunikációhoz használható további két vezeték adja a tápvonalakhoz. Eredetileg az I²C szabványból származik és az alaplapon az intelligens elemek töltéséért felelős

„battery menedzsment rendszer” és maga az elem egymáshoz való illesztéséhez használjuk.

Ebben a négyvezetéses rendszerben esetlegesen fellépő túláram és túlfeszültség káros hatásai elleni védekezésről szól a cikk hátralévő része.

Túláramvédelem „öngyógyuló” PPTC eszközökkel



Polimer PTC termisztor (PPTC - pozitív hőmérsékletváltozásra növekvő ellenállás) alapú áramkörvédelmi megoldást ajánl a ProTEK Devices PLRO1206/1210 PolySwitch eszköz, mely hatásos védelmet nyújt mind a veszélyes áramtűskék, mind a túlmelegedés ellen. A hagyományos biztosítóhoz hasonlóan ez az alkatrész is korlátozza a hiba esetén fellépő túláramot, de nagy előnye, hogy a hiba megszűnéskor, miután a hálózatról a

védendő áramkör lekapcsolódott, visszahűl, és automatikusan alapállapotba kerül, nem szükséges a cseréje, ami nagy költségcsökkenést eredményez az üzemeltetés területén. A PolySwitch PPTC alapja félig kristályos polimer és bele kevert vezető részecskék (leggyakrabban korom) kombinációja. Normális üzemi viszonyok és hőmérséklet mellett a PolySwitch, mint soros áramköri elem a teljes áramkör impedanciájához viszonyítva nagyon kis ellenállást képvisel, ezért semmilyen befolyással nincs az elektronika működésére. A jelenség fizikai magyarázata az, hogy benne a koromrészecskék összefüggő, jól vezető hálózatot alkotnak. A meredeken növekvő hibaáram megjelenésekor az I²R melegedés hatására a hőmérséklet megemelkedik, ami a kristályos szerkezet felbomlásához vezet. Az amorffá váló polimerben a vezető koromrészecskék egymástól eltávolodnak, a hálózat felbomlik és ezáltal az ellenállás ugrásszerűen megnövekszik, minek hatására az átfolyó áram olyan szintre csökken, melyet a védendő áramkör leggyengébb eleme is károsodás nélkül kibír. A PolySwitch eszköz karakterisztikáját közelebbről megnézve a 1. pont reprezentálja a normál működéshez tartozó munkapontot, amikor az eszközben keletkezett hő maradéktalanul disszipálódik a környezet felé. Az áramerősség változatlan környezeti

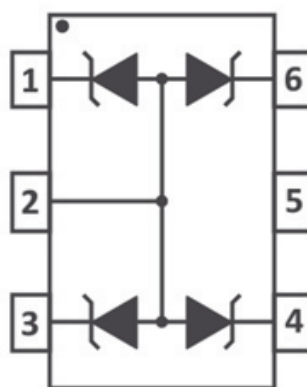
hőmérséklet melletti növekedése, vagy a külső hőmérséklet változatlan áramerősség melletti emelkedése hatására a PolySwitch is elkezd melegedni, azonban addig, amíg a hőegyensúly fennáll, a működés stabil lesz (2. pont). További áramerősség, vagy külső hőmérsékletnövekedés a munkapontot a 3. pontban jelzett szakaszra tolja, ahonnan minden további, bármilyen kis mértékű, azonos irányú változás rendkívül gyors ellenállás növekedést idéz elő. Ekkor az eszköz a benne keletkezett hőt már nem képes leadni a környezete felé, benne nagyon gyorsan emelkedik a hőmérséklet és az ellenállás a 3. és 4. pont között, a már részletezett fizikai folyamatok miatt, meredeken nő. Ez a kioldott PolySwitch normál működési területe aktív védelem fázisában, amikor az átfolyó áram a kívánt alacsony szintre korlátozott. Érdeklőse változás a 4. pont után már nem történik az ellenállás értékében, amíg a feszültség nem változik, az eszköz kioldott állapotban marad. Ha a feszültség csökken, a táplálás megszűnik, a PolySwitch hűlni kezd és bizonyos idő elteltével alapállapotba kerül.

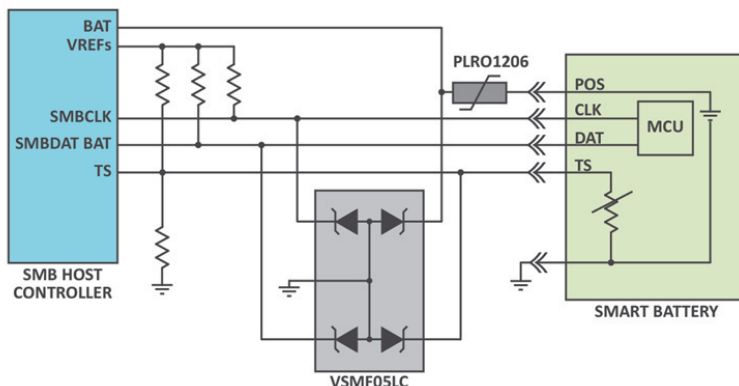
A PLRO1206 és PLRO1210 nagyon alacsony ellenállást, nagy névleges áramerősséget és gyors kioldási időt biztosítanak. A PLRO1206 és a PLRO1210 egy kis helyigényű, ólommentes 1206-os csomagban van,

amely mindössze 0,0164 grammot nyom. A PLRO1206 sorozat a PLRO1206-300-ból és a PLRO1206-380-ból áll. A PLRO1206-300 3,0 amperes tartóárammal és 6,0 amperes kioldóárammal rendelkezik. A PLRO1206-380 3,0 amperes tartóárammal és 8,0 amperes kioldóárammal rendelkezik.

A PLRO1210 sorozat a PLRO1210-190, PLR1210-300 és PLRO1210-380 sorozatból áll. A PLRO1210-190 1,9 amperes tartó- és 4,9 amperes kioldóárammal rendelkezik. A PLR1210-300 3,0 amperes tartóárammal és 8,0 amperes kioldóárammal rendelkezik. A PLRO1210-380 3,8 amperes tartóárammal és 9,0 amperes kioldóárammal rendelkezik.

Túlfeszültség elleni védekezés





A VSMF05LC egy 5 voltos, alacsony kapacitású, több vonal védelmére alkalmazható TVS tömb. Ezt az eszközt úgy tervezték, hogy megvédje a vezeték nélküli távközlési és a hordozható elektronikai alkalmazásokat az ESD és az EFT káros hatásaitól. A VSMF05LC 4 vonalas egyirányú konfigurációban kapható, 5 voltos üzemi feszültséggel és 6 voltos minimális letörési feszültséggel rendelkezik. Ezt az eszközt 25 watt csúsimpulzusteljesítmény kezelésére tervezték. A miniatűr SOT-953 tokozású VSMF05LC megfelel az IEC 61000-4-2 (ESD) és 61000-4-4 (EFT) immunitási követelményeknek. Az eszközt a csatlakozó közelében kell elhelyezni, hogy a legjobb védelmet nyújtsa a tranziensekkel szemben. Az okoselemek a szokásos pozitív és negatív csatlakozások mellett további két vonallal rendelkeznek, azaz a fenti eszköz önmagában alkalmas minden vonal védelmére.

A minisorozat következő részében az iparban használatos szenzor interfészek (IOLink, RS485, 4-20mA stb.) adat és tápvonalainak védelmével fogunk foglalkozni.