

Automotive-stoorbronnen en hoe je die elimineert

Tam Hanna (Slowakije)

Wie nog uit de tijd van de klassieke PLC's stamt en een schakeling voor een voertuig moet ontwerpen, komt al gauw in de 'automotive-val' terecht. Wat daar allemaal kan misgaan en welke risico's de ontwerper en zijn hardware lopen, daarover gaat dit artikel.

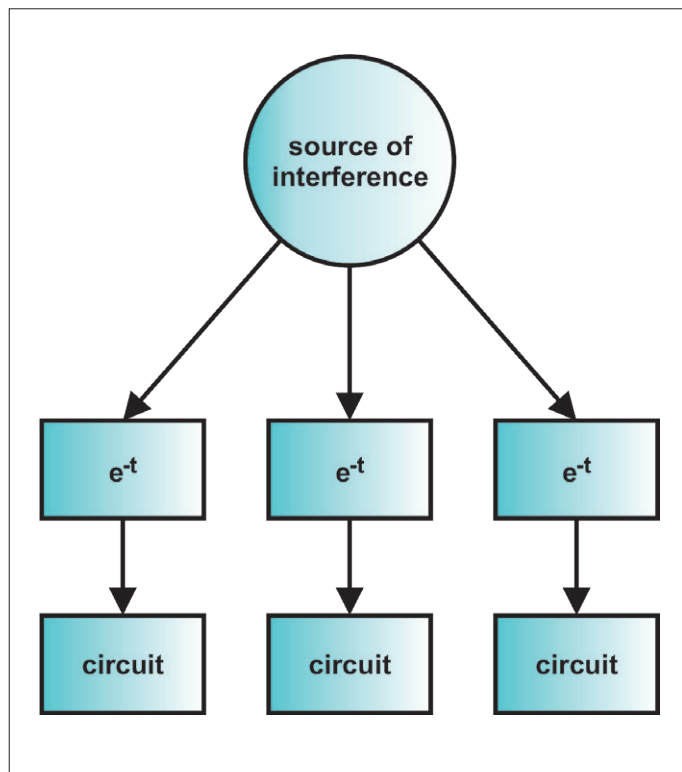
Voordat we in het diepe duiken eerst een woord vooraf: de auteur kent talloze in kleine series geproduceerde schakelingen die deels al jaren worden gebruikt en waarin nauwelijks of geen van de hier beschreven beschermingsmaatregelen zijn toegepast. Dat ligt – onder andere – daaraan, dat een automotive-systeem – zoals in **figuur 1** – ongeveer kan worden voorgesteld als een netwerk van e^{-t} -structuren. Sommige schakelingen zitten 'dichter bij het vuur' en krijgen de grootste storingen te verduren, terwijl andere relatief gespaard worden. De voor een complete vrijwaring van problemen noodzakelijke maatregelen zijn echter niet eens zo duur en zijn in elk geval economisch gezien gerechtvaardigd.

De brute dynamo

Laten we maar beginnen met de ergste van alle storingen, namelijk die welke in de industrie in het Engels *load shed* wordt genoemd. Laten we als voorbeeld een quad – of vergelijkbaar voertuig – nemen, die als een gek door een hobbelige straat scheurt. Helaas is het niet zo best gesteld met de verbinding tussen dynamo en accu. De fabrikant heeft bezuinigd, de ontwerper heeft zitten slapen, of er heeft zich roest gevormd in de verbindingen. Hoe dan ook, bij een flinke kuil raakt de verbinding dynamo-accu kortstondig onderbroken. De dynamo wil, nee moet, ergens zijn overvloedige energie kwijt. Toegegeven: dit fenomeen treedt gelukkig maar zelden op.

Hier wrekt zich iets wat in de automotive-sector vaker gebeurt: de concurrerende fabrikanten specificeren allerlei meer en minder relevante zaken en maken daarbij naar hartelust gebruik van eveneens concurrerende standaardisatie-instituten. Een ware jungle!

Terug naar onze load shed. De ISO-groep kent twee specificaties: om te beginnen de sinds 2010 geldende norm ISO-7637-2, die bij enkele autofabrikanten (bijv. Ford) wordt toegepast en via [1] is te downloaden. Ten tweede de nu vigerende versie ISO-16750-2, die op dit moment echter alleen tegen betaling kan worden ingezien. Halfgeleiderfabrikant Vishay stelt onder [2] een kort overzicht beschikbaar, dat de actuele norm samen-



Figuur 1. Schakelingen zijn blootgesteld aan verschillende storingsbronnen.

vat. Texas Instruments verraaft in [3] de opbouw van pulsen, zoals te zien in **figuur 2**.

Per saldo kunnen we stellen dat een 12-V-systeem moet worden blootgesteld aan een 400 ms durende puls van maximaal 101 V, met een weerstand van minimaal 0,5 Ω en maximaal 4 Ω . Bij een 24-V-systeem is de maximale duur 350 ms, de spanning bedraagt 151...202 V, de inwendige weerstand ligt tussen 1 en 8 Ω .

Vrij naar Adam Riese volgt daaruit dat een 12-V-systeem een momentaan vermogen van 20.400 W moet dissiperen en dat een 24-V-systeem zelfs 40.880 W moet kunnen weerstaan. Wat het allemaal nog erger maakt is de bijzonder korte stijgtijd (*rise time*) van ca. 10 ms. Schakelingen moeten zeer snel reageren, wat onderdelen als relais van meet af aan uitsluit. Wat het eveneens erger maakt is dat de nieuwe norm vereist dat een schakeling tien van zulke pulsen in een periode van 10 minuten moet kunnen verdragen. Onder de oude norm volstond het nog, dat het apparaat één zo'n puls overleeft. Niettemin is deze eis uit de nieuwe norm wel zinvol, omdat een voertuig met gecorrodeerde accuklemmen doorlopend load shed-storingen kan produceren.

Een klassieke manier van zelfbescherming tegen zulke pulsen is – naast het voorschakelen van een massieve capaciteit en

een weerstand – het invoegen van een zeer snel reagerende beschermingsschakelaar, die de te beschermen schakeling simpelweg loskoppelt van het boordnet (**figuur 3**).

Gelukkig is de halfgeleiderindustrie zich zeer goed bewust van dit probleem en biedt dan ook onderdelen aan die geschikt zijn om transiënten tegen te gaan. Met name de firma Littelfuse is in dit verband zeer succesvol. De als TVS (Transient Voltage Suppressor-diode) bekend zijnde en onder [4] beschreven dioden fungeren als een soort breekijzer dat in twijfelgevallen de spanning begrenst. Maar ook STM heeft een palet aan suppressordioden, door STM 'Transil' genoemd, onderverdeeld naar de diverse ISO-testpulsen, waardoor ontwikkelaars makkelijk geschikte componenten kunnen kiezen (**figuur 4**). Vishay noemt de ESD-dioden 'Transzorb'.

Let er wel op, dat transils in zowel uni- als bidirectionele uitvoering worden aangeboden. Unidirectionele transils gedragen zich net als zenerdioden: komt de puls uit de verkeerde richting, dan wordt die gewoon doorgelaten. Bidirectionele transils hebben in beide richtingen een minimale spanning, voordat ze geactiveerd worden.

De auteur gebruikt graag de voor redelijk hoge spanningen geschikte schakelende regelaar LM2576HV, uit de 'Simple Switcher'-familie van TI (die overigens op het vlak van koude-startspanning niet uitblinkt), om het werk van de diode te verlichten door die op een voorspanning van bijvoorbeeld 35 V te zetten, waardoor het te dissiperen vermogen niet zo extreem hoog is.

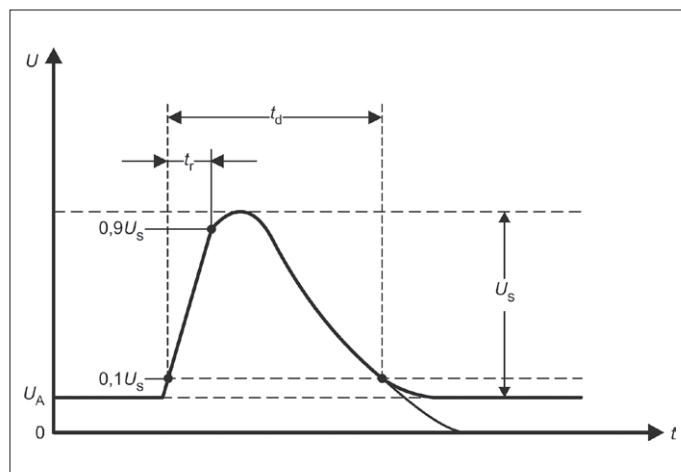
TVS-dioden zijn overigens niet de enige componenten die geschikt zijn voor het bestrijden van de diverse soorten spikes. Varistoren (VDR) zijn bidirectionele, spanningsafhankelijke weerstanden, die in principe een diode-achtig gedrag vertonen. Ze onderscheiden zich van TVS door een wezenlijk hogere energiecapaciteit, maar schakelen langzamer en degraderen in de loop van de tijd (ook al spreekt Vishay in [6] over "Negligible wearout within SOA"). Problematisch in dit verband is de tendens tot doorslag bij verouderde Metal Oxide Varistors (MOV). De auteur zijn meerdere systemen bekend die dankzij een verouderde MOV te kampen hadden met één of meerdere kortgesloten spanningsrails.

In de praktijk wordt meestal een combinatie toegepast van een MOV en een TVS-diode met een wat hogere doorslagspanning. De achterliggende gedachte is de combinatie van de snelle schakelkarakteristiek van de TVS-diode met de hogere thermische belastbaarheid van de MOV. Maar let erop, dat norm IEC 60950-1 de toepassing van MOV's voorschrijft en die van transils niet toestaat!

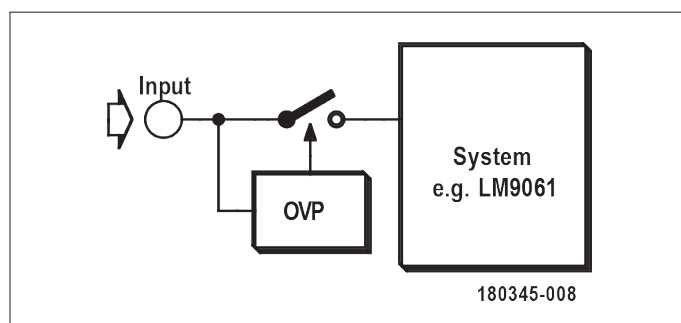
Venijnige spanningen

Naast de bescherming van de hoofd-spanningsbron moeten ook gevoelige onderdelen respectievelijk ingangen met gulle hand van spanningsbegrenzers worden voorzien. De klassieker is natuurlijk de niet bijzonder elegante, maar niettemin doeltreffende zenerdiode-schakeling van **figuur 5**. Bij deze overspanningsbeveiliging volstaat het ironisch genoeg, ervoor te zorgen dat de weerstand en de zenerdiode voldoende vermogen kunnen dissiperen, om eventueel optredende spanningspieken in warmte om te zetten. De weerstand moet de zenerstroom op een bepaalde waarde begrenzen, maar mag daarbij niet in rook opgaan.

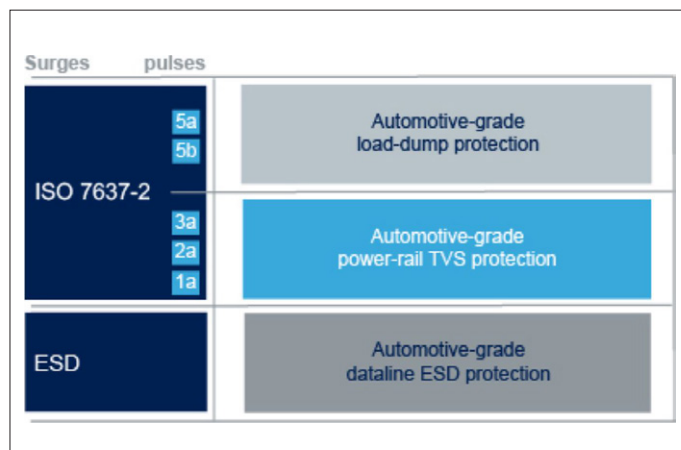
Theoretisch gezien zou een 12-V-systeem op 14, maximaal 15 V moeten worden begrensd. Helaas ligt dat in de praktijk



Figuur 2. Met zulke spikes is het slecht kersen eten (Bron: TI [3]).

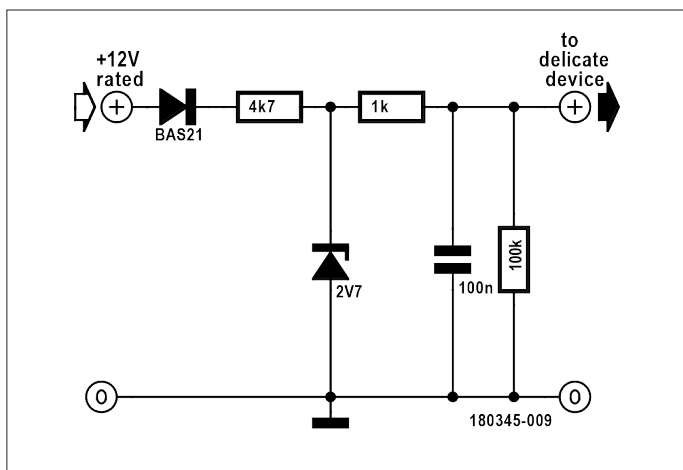


Figuur 3. Lafheid kan zich lonen!

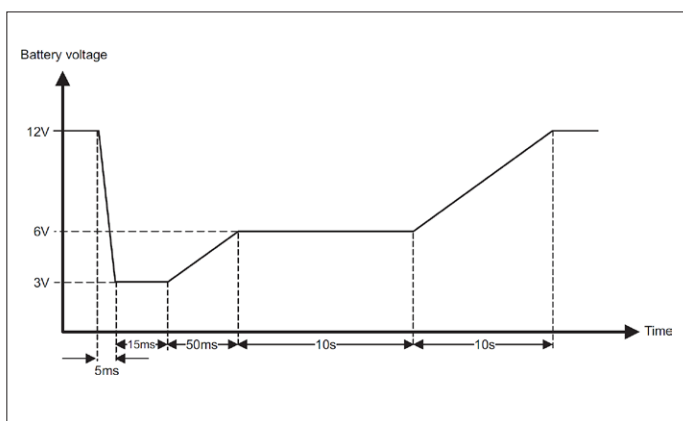


Figuur 4. STM deelt zijn Transil-familie op basis van de ESD-bestendigheid in (Bron: STM [5]).

een beetje anders, omdat er een onvoorspelbare factor in het geding is, te weten de gebruiker (de 'wetware'). Een klassieker is dat iemand door nalatigheid of onwetendheid een accu heeft uitgeput en dan starthulp vanuit een ander voertuig gebruikt. Daarbij komt het verrassend vaak voor, dat aan een personenwagen met 12-V-boordspanning starthulp wordt verleend door een vrachtwagen (met zijn 24-V-boordspanning). In Angelsak-



Figuur 5. Niet origineel, maar wel simpel: spanningsbegrenzing met een zenerdiode.



Figuur 6. Cold cranking kan heel onaangenaam worden. (Bron: TI).

sische landen is het populair om als starthulp de twee accu's in serie te schakelen. Hoe het ook zij, de beveiligingsschakeling mag in geen geval de 24-V-boordspanning als een te begrenzen puls beschouwen en die proberen kort te sluiten. Overigens zullen de meeste schakelende spanningsregelaars geen al te grote problemen hebben als kortstondig spanningen

van 24 V aanliggen, als de schakeling tenminste een beetje snugger is ontworpen.

Wantrouw de spanning!

Het 'buiten gevecht stellen' van overspanningen is slechts het halve verhaal. Het zijn niet alleen stoorpulsen die storen. Een ander probleem zijn namelijk spanningsdips die door verschillende oorzaken kunnen ontstaan. Zoals het plotseling inschakelen van een 'zware' verbruiker, bijvoorbeeld door het starten van de verbrandingsmotor bij lage buitentemperatuur. Deze in het Engels als *cold crank* bekende situatie is gevreesd, omdat dan als gevolg van de door de koude slecht functionerende accu het in **figuur 6** geschetste verloop van de boordspanning kan optreden.

Op het eerste gezicht ben je als ontwerper geneigd cold cranking te negeren. Spanningsregelaars zoals de eerder genoemde LM2576 zijn ook nog gespecificeerd bij een ingangsspanning van 8 V. De ISO specificeert echter – afhankelijk van hoe essentieel het betreffende systeem is – spanningen tot aan 3 V.

Voor het bestrijden van dit soort problemen zijn meerdere oplossingen denkbaar. Ten eerste natuurlijk het voorschakelen van een forse condensator, die bovendien bij snel stijgende spanningen de stijgcurve afzwakt. De tweede mogelijkheid is, het eigen systeem zo te ontwerpen, dat het in geval van een cold crank simpelweg stopt en pas weer verder gaat als de spanning weer hoog genoeg is. Dit is echter niet zo'n fraaie oplossing, temeer omdat steeds meer microprocessors een operating systeem hebben met een lange opstarttijd, zeker wanneer het Unix-achtige systemen betreft.

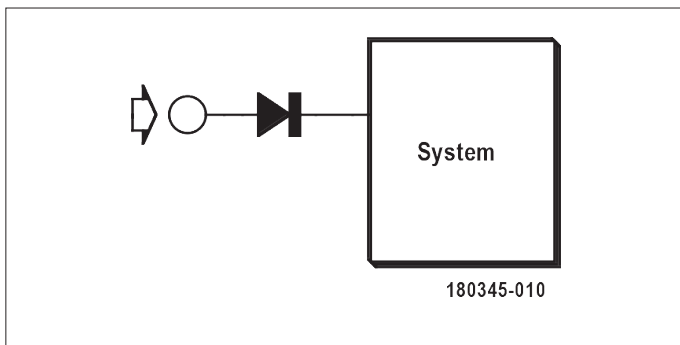
Een andere, niet minder interessante, oplossing is de toepassing van de buck/boost-technologie. Het gaat hierbij om schakelende regelaars die zowel omhoog als omlaag kunnen werken. Texas Instruments geeft daarvoor in Application Note 728 [7] nadere aanwijzingen. En als de regelaar werkelijk met 3 Vingangsspanning uit de voeten kan, dan hoeven we ons over cold cranking geen zorgen meer te maken.

De strijd tegen de negatieve pulsen

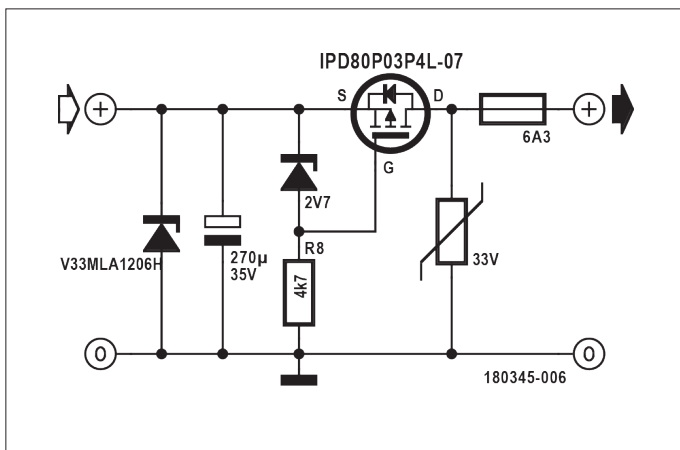
Je kunt er als ontwerper natuurlijk om lachen als een gebruiker of monteur de accu onbedoeld verkeerd-om aansluit, maar het gebeurt in de praktijk toch. Gelukkig is het niet zo moeilijk om maatregelen tegen deze situatie te nemen door het simpelweg

Weblinks:

- [1] ISO 7637-2: http://www.smd.ru/upload/medialibrary/a3d/iso_7637_2.pdf
- [2] Load dump protection: <http://www.vishay.com/docs/49748/49748.pdf>
- [3] Load Dump and Cranking Protection: <http://www.ti.com/lit/an/snva681a/snva681a.pdf>
- [4] Littelfuse Automotive TVS Diodes: https://www.littelfuse.com/~media/electronics/application_notes/littelfuse_tvs_diode_automotive_circuit_protection_using_automotive_tvs_diodes_application_note.pdf.pdf
- [5] Automotive Protection Devices: http://www.st.com/content/st_com/en/products/protection-devices/automotive-protection-devices.html
- [6] Transient Suppressors, a Competitive Look: <http://www.vishay.com/docs/88444/tvscomp.pdf>
- [7] Output Voltage Regulation During Automotive Cold-Crank: <http://www.ti.com/lit/an/snva728/snva728.pdf>
- [8] Normen inzien: <https://www.beuth.de/de/regelwerke/auslegestellen#/>



Figuur 7. Zo eenvoudig kan het oplossen van het probleem zijn!



Figuur 8. Niet iedereen zal op het idee komen een MOSFET op deze manier in te zetten!

invloegen van een diode zoals in figuur 7. Maar we moeten er wel rekening mee houden dat zo'n beveiligingsdiode slechts in beperkte mate bescherming biedt. Een voertuig is namelijk niet alleen een netwerk van e^{-t}-structuren, maar ook een verzameling van inductieve verbruikers, die bij in- en uitschakelen allerhande spikes veroorzaken.

Naast de positieve spikes, waartegen TVS-dioden worden ingezet, komen ook spikes voor die spanningen tot wel -200 V (!) op de ingangen van elektronica zetten. Daarom moet de diode extreem zorgvuldig worden geselecteerd. De auteur heeft goede ervaringen opgedaan met de S5BC-13-F van Diodes Incorporated voor hoofdvoedingsschakelingen, terwijl voor beveiliging van verzwakkers (attenuators) en dergelijke de BAS20 beter geschikt is.

Klassieke dioden zijn al lang niet meer de enige oplossing voor dit soort toepassingen. Vanwege de relatief hoge doorlaatspanning zijn met name bij hogere stroomsterktes efficiëntere componenten gewenst. Hierin hebben ontwerpers van transistorschakelingen voor zowel P- als N-kanal veldeffecttransistoren nieuwe toepassingen gevonden. **Figuur 8** laat schematisch zien hoe dergelijke schakelingen kunnen worden opgebouwd.

Tot slot

In dit artikel beperken we ons tot 12- en 24-V-systemen. Vanwege de steeds complexer wordende voertuigelektronica rijden tegenwoordig ook voertuigen rond met een 48-V-boord-

net. De normen hiervoor zijn echter nog niet allemaal vastgelegd. In geval van twijfel kan men zich het beste tot de betreffende fabrikant wenden.

De automotive-sector is natuurlijk geen nichemarkt: het zal geen verbazing te wekken dat er een enorme hoeveelheid aan literatuur voorhanden is over elektronica in voertuigen. De in de inleiding genoemde ISO-normen vormen in elk geval de klassieke bronnen, maar zijn moeilijk verkrijgbaar. In Oostenrijk kunnen enige ervan bij het normalisatie-instituut worden ingezien, maar daarvoor moet men dus eerst een reis naar Wenen ondernemen. In Duitsland bestaat een veelheid aan norm-infopoints, meestal bij hogescholen, maar ook bij de overheid en andere instituten. Een overzicht daarvan is onder [8] te vinden.

Zoals reeds in de inleiding gesteld, zijn er duizenden systemen die enige of zelfs alle hier besproken ontwerpregels botweg negeren en toch probleemloos functioneren. Maar wie zijn systeem met een TVS-diode en enkele andere onderdelen beschermt, hoeft zich in elk geval geen al te grote zorgen te maken. ◀

180345-05

Advertentie

SCHURTER
ELECTRONIC COMPONENTS

aurora

embeddeword2020
Exhibition & Conference
... for a smarter world

Complete elektronische oplossingen

- Circuit Protection
- Connectors
- Switches
- EMC Products
- Input Systems
- Solutions

info.nl@schurter.com | 0523-281200
schurter.nl

SCHURTER
ELECTRONIC COMPONENTS