



# Switcha och skydda elsystemet i bilen

*Ett jobb för halvledare*



**Av Ralf Hickl, Rutronik**

**Ralf Hickl** har titeln Senior Product Sales Manager inom Rutroniks affärsområde med fokus på fordon. Efter sin examen från universitetet i Karlsruhe började han på ABB som serviceingenjör för elektriska drivenheter. Efter sju år i fält började han år 1998 på Rutronik. Sedan dess har han många års erfarenhet av marknadsföring av mikroprocessorer.

**D**et har blivit allt vanligare i fordonsindustrin att använda halvledare för att bryta förbindelsen i elektriska system. Jämfört med elektromekaniska switchar påverkas de inte mekaniskt vilket innebär att de inte slits lika hårt. Halvledarswitchar kan dessutom användas för diagnostik och skapar ingen gnista när de öppnas under belastning. Det är en utmaning i 48V-system i fordon och i kommersiella fordon med långa ledningar som ger upphov till stora parasitinduktanser.

Elektroniska skyddsmekanismer har också fördelen att de kan användas ett upprepat antal gånger, till skillnad mot engångssäkringar. När den elektroniska säkringen väl löst ut diagnostiseras och

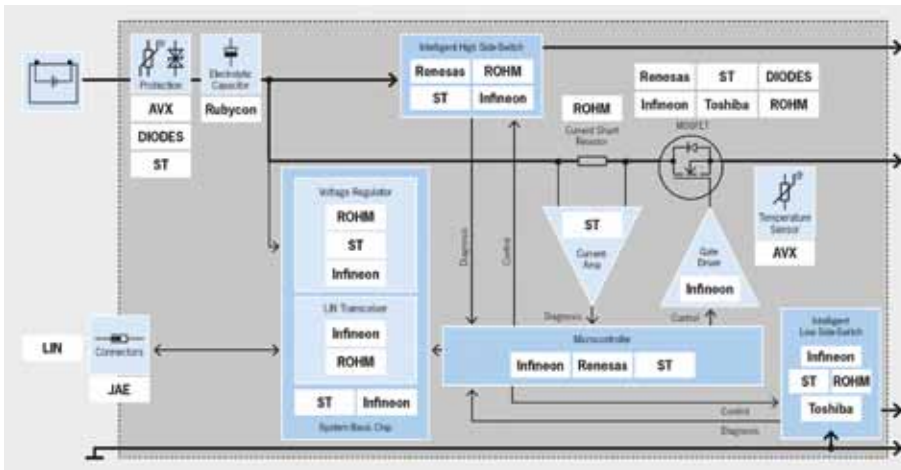
återställs den via databussen utan att något verktyg behöver användas. Genom att mäta strömförbrukningen i varje del av kretsen kan switchens tillstånd verifieras. Den smarta mätfunktionen tillåter att reläet och säkringslådan i fordonet kan drivas till sin belastningsgräns.

**EN ELEKTRONISK MULTI-SWITCH** med halvledarbrytare i tre strömslingor går att se i figur 1. Det finns en integrerad switch på högspänningssidan, en integrerad MOSFET i mitten och en skyddande switch mot jord. En styrkrets är kopplad till databussen så att diagnostiksignaler kan bearbetas och brytare kan triggas.

För mindre strömkretsar används smarta skyddande så kallade high-side eller low-

side switchar. De förstnämnda är brytare på plussidan, de andra är brytare mot jord. De kallas även Intelligent Power Devices (IPD) och är kompakta komponenter som integrerar själva switchen – en n-kanals MOSFET – liksom gatedrivare samt diagnostik- och skyddsfunktioner i samma kapsel. Diagnostiksystemet känner till exempel av om kabeln har ett avbrott på utgången (det detekterar öppen last), medan skyddsfunktionen exempelvis kan reagera på överhettning, överström eller överspänning. De vanliga varianterna används för att bryta energiflödet i en riktning. Laster kan typiskt vara allt ifrån glödlampor till värmeelement för sittplatser, fönster och utvändiga speglar.

Den här typen av komponenter blir allt mer kraftfulla i takt med utvecklingen av effekt-



Figur 1. Blockdiagrammet visar en multi-switch med en integrerad switch på högspänningssidan, en MOSFET i mitten och en skyddande switch mot jord. En styrkrets kopplar till databussen.

MOSFET:ar och deras kapsling. På high-side har Infineons PowerPROFET- portfölj en ledande ställning med en on-resistans ner mot 1 mΩ. Skyddande switchar som är konstruerade med flera kanaler sparar yta på kretskortet. PowerPROFET erbjuder stor flexibilitet tack vare benkompatibilitet för 12V och 24V. Komponenter med olika antal kanaler i en kapsel erbjuder dessutom olika monteringsalternativ.

**Den avancerade** kapslingstekniken är inte den enda anledningen till att ta en titt på VIPowerMo-7/5T-serien från ST Microelectronics. De flesta av produkterna i serien är baserade på ST:s robusta, plana process-teknik. Likaså är Renesas i början av sin nya Hope-serie, vars typbeteckningar börjar med RAJ28.

- Det finns även andra viktiga urvalskriterier:
- Respons på underspänning. Den anger hur kretsen fungerar vid spänningsfall i enlighet med standarderna LV124, ISO 7637-2 Pulse 4, ISO 16750-2. Dessa standarder anger spänningen och tiden som brytaren måste förbli stängd i händelse av underspänning (i praktiken, hur den svarar vid en kallstart). Det är en fördel om halvledarswitchen för startmotorn har låg tröskelspänning eftersom det innebär att det återstående energiinnehållet i batteriet helt och hållet kan användas för startprocessen.
  - Respons efter avstängning på grund av överbelastning. Här är det möjligt med en automatisk omstart, en omstart efter reset via ett ben/stift eller en kombination av båda dessa alternativ.

**Efterfrågan på low-side-switchar** är lägre än high-side-versioner. Leverantörer och serier listas i tabellen.

Det är sällsynt med IPD:er som uttryckligen marknadsförs mot det nya elektriska system med 48V. För närvarande ser vi enheter som är avsedda för 24V liksom de

som är avsedda för äldre system med 42V såsom Infineons BTS6163 och BTS50085. Andra komponenter är fortfarande under utveckling.

Om det inte går att uppfylla alla nödvändiga specifikationerna med en integrerad brytare, exempelvis önskat spänningsområde, en maximal ström eller en maximal effektförlust, så är diskreta lösningar det enda alternativet.

För tillämpningar med hög spänning eller hög ström är det nödvändigt att använda n-

kanals MOSFET:ar eller IGBT:er, eller eventuellt galvaniskt isolerade gate-drivare. Det finns också komponenter för diagnostik och skydd mot överbelastning.

Vanligen används en n-kanals MOSFET för omkoppling. MOSFET:arna väljs efter det aktuella elsystemet och kommer i olika spänningsklasser: 40V till 60V för 12 V-system, 80V eller 100V för 24V- och 48V-system.

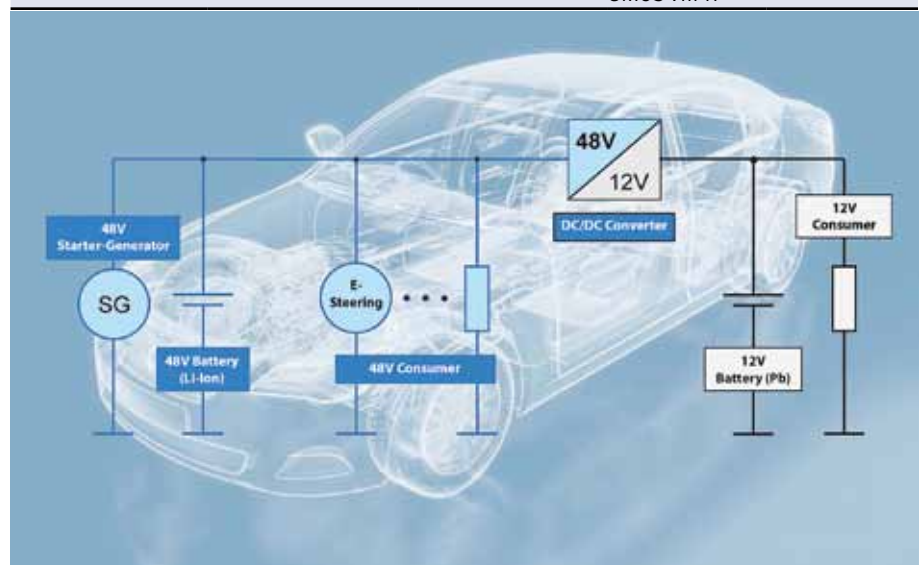
**En viktig parameter** för transistorn är dess RDSon, som anger hur hög resistansen är vid fullt tillslaget läge, samt kapslingen. Kapslingen påverkar den termiska resistansen, liksom det totala RDSon baserat på halvledarchipets interna kontakter.

Idag är det standard att använda en kapsel med dubbelsidig kylning och att internt skapa kontakt med ytan genom koppar (copper clamping) i stället för trådbondning. Toshiba's DSOP Advance och DPAK+ är exempel på sådana kapslingstekniker.

Några exempel på MOSFET-serier med låg impedans är ST Microelectronics STripFET-F7, Toshiba's UMOs IV-H, Infineons OptiMOS, Renesas ANL3 och Diodes DMTH/DMNH-serier.

För att n-kanal MOSFET:ar ska kunna användas på den höga sidan måste drivarna kunna leverera en gate-spänning som motsvarar gatens tröskelspänning plus mat-

Tillverkare	High-side switch / Intelligent Power Device	Low-side switch / Intelligent Power Device	MOSFET:ar	Gatedrivare
Diodes	12 V: IntelliFET	–	DMNH, DMTH	12 V: ZXGD300x
Infineon	12 V, 24 V, 48 V: PROFET	12 V, 24 V: HITFET™	OptiMOS™	AUIRS2xxx
Renesas	12 V: Hope, RAJ28xxx	–	NP-serien, ANL3	–
Rohm	12 V: BV1Hxxx	12 V: BV1Lxxx	RSJxxx	HV: BM6104
ST Microelectronics	12 V: VIPower Mo-7 24 V: VIPower Mo-5T	12 V: OMNIFET III	STripFET-F7	HV: STGAPiAS
Toshiba	12 V: TPD10xx	12 V: TPD10xx	UMOS IX-H, UMOs VIII-H	12 V: TPD710x



ningsspänningen. Detta hanteras vanligen med en integrerad boost-omvandlare eller laddningspump. Vissa gate-drivare erbjuder även kanaler i omvänd riktning som hjälper till med diagnostik, exempelvis för att övervaka spänningen mellan drain och source när switchen är på.

**OPTOKOPPLARE** är ett alternativ till gate-drivare. Den interna fotoelektriska effekten skapar en flytande utspänning, som kan användas för att styra MOSFET:ens gate. Denna enkla principen ger även andra fördelar:

- Optokopplare genererar även den potentialfria spänningen för utgångssteget.
- Så länge strömmen flyter genom lysdioden genereras spänning och MOSFET:en styrs. Eftersom lysdiodens flytande spänningen håller sig i regionen strax under 2V går det att garantera kallstart.
- Konfigurationen med anti-seriellt anslutna MOSFET:ar möjliggör för dubbelriktade brytare vars polaritet inte kan anslutas felaktigt. Därmed kan energin flöda i båda riktningarna, vilket tillåter regenerering.

**TOSHIBAS OPTOKOPPLARE**, TLX9906, är ett exempel. TLX9906 ger 7 V vid rumstem-

peratur. Kretsen hanterar urladdningen hos gaten eftersom det är nödvändigt att övervaka lutningen hos signalen vid den switchande transistorns gate för att kunna styra switchförlusterna.

Några av switcharna nämnda ovan erbjuder en utsignal som är proportionell mot strömmen. Om noggrannheten blir tillräcklig är det en elegant lösning som inte kräver någon ytterligare sensor.

Diskreta lösningar som snabbt kopplar bort överströmmar kan realiserats med Infineons, Micronas och Melexis shuntar eller sensorer baserade på Hall-effekten. Det sker utan effektförlust och säkerställer även galvanisk isolering mellan det uppmätta värdet och sensorns utsignal.

**AVANCERADE SHUNTAR** är visserligen enkla komponenter, men här ingår även mycket kunnande avseende material för att begränsa mätfel som orsakas av parasitiska värmeförluster och för att minimera temperaturkoefficienten hos motståndet. Strömmarna i shunten, och därigenom förlusterna, gör att enbart modeller med mycket låga resistanser och effektiv 4-trådsanslutning kan användas. Kelvin-anslutningar, så kallade mätterminaler, minskar mätfel som

orsakas av kontakternas parasiter. Denna typ av shuntar går att få från exempelvis Vishay, Rohm och Koa.

När shuntar används i matningsspänningen måste en lämplig signalprocessor tillhandahållas. Detta kan åstadkommas med en operationsförstärkare med låg offset-spänning och väl specificerad common-mode-spänning, såsom till exempel TSC103 (1)-serien från ST Microelectronics.

Temperatursensorer i form av halvledare eller temperaturberoende motstånd (NTC-termistorer) kan mäta höga temperaturer tillförlitligt. Sådana erbjuds exempelvis av AVX.

Det som kvarstår är skydd mot spänningsspikar på matningen enligt ISO 16750 / ISO 7637 – likt de som uppstår vid lastdump eller elektrostatisk urladdning. Vanligtvis är så kallade Transient Voltage Suppressors konstruerade som dioder lämpade för detta. Dioder och ST Microelectronics (i form av Transil-serien) erbjuder sådana.

Ett alternativ är keramiska varistorer i flera lager, såsom Transguard-serien från AVX. Dessa åldras dock med varje åtgärd. Det är särskilt viktigt att ta hänsyn till i tester enligt ISO 16750-2 Pulse 5bb, där belastningen är tio pulser med en minut