



# Hallsensorer för elektrifierade bilar

**B**ilar kan i allt större utsträckning styra sig själva och något som får det att hända är att de utrustas med allt fler sensorer.

En av sensortyperna är hallsensorer, magnetfältsgivare baserade på halleffekten – att det uppstår en potentialskillnad i strömförande ledare i magnetfält, vinkelrätt mot strömmens riktning. De har flera fördelar mot sensorer baserade på andra mätprinciper och dagens hallsensorer kan möta de höga krav som ställs i fordonssäkerhetsstandarden ISO 26262:2018.

Hallspänningen är direkt proportionell mot styrkan på magnetfältet och tillsammans med en permanentmagnet kan hallsensorer indirekt mäta många olika storheter: rotation, hastighet, avstånd, tryck, vinkel, fyllnadsnivå, med mera.

Mätningen sker utan beröring för alla de nyss uppräknade parametrarna. Det betyder att hallsensor inte slits och kan fortsätta att leverera pålitliga mätvärden även efter lång tid i drift.

Enkla hallsensorer används ofta som omkopplare, till exempel i bältesspännen, vindrutetorkare och tändningslås. Då an-



## Av Edgar Schaefer, Rutronik

Med en examen som elektroingenjör i bagaget från högskolan Bonn-Rhein-Sieg i Nordrhein-Westfalen anställdes **Edgar Schaefer** som fältingenjör på Rutronik år 2018. Han fungerar som konsult och ger teknisk support, särskilt inom fordonselektronikområdet.

vänder sensorn ett tröskelvärde för magnetfältsstyrkan. När detekterat värde når över tröskeln gör sensorn en omkoppling. Melexis MLX92241 är en sådan sensor. Den har integrerade blockerande kondensatorer vilket gör det möjligt att bygga en lokal systemlösning som arbetar direkt på kabelbunten utan krets kort, för att till exempel avgöra om säkerhetsbältet är fastspänt.

De specifika tröskelvärdena för kopplingspunkterna lagras i EEPROM. Där lagras även utgångspolaritet, loff-ström och temperaturkompensationskoefficient för det magnetiska materialet. Det sistnämnda värdet används för att kompensera för permanentmagneters egenskap att de försvagas i



hög temperatur. Melexis sensor har dessutom säkerhetsmekanismer som skyddar mot elektrostatisk urladdning, omvänd polaritet och termisk överbelastning. Och så uppfyller den säkerhetskrav på nivå ASIL A.

Linjära hallsensorer kan även mäta avstånd och rotation. Då krävs en hallsensor med linjär utsignal. Utöver att ange av/på matar de ut en analog signal som är proportionell mot magnetfältets styrka. AD-omvandlaren som digitaliserar signalen är integrerad antingen i MCU:n eller hallsensorn. För att kunna styra andra komponenter matar MCU:n därefter ut en pulsbreddsmodulerad signal (PWM) enligt protokollet SENT. Några av de senaste generationens

hallsensorer har PWM-gränssnitt och SENT-gränssnitt inbyggda i själva sensorn.

När man använder hallsensorer som bara kan detektera magnetfält vinkelräta mot chipets plan, blir installationen ofta dyrare. En mer avancerad lösning kan integrera såväl flera stycken sensorer som signalbehandling och beräkningsfunktioner. Ofta eliminerar detta behovet av ytterligare komponenter och gör det möjligt att mäta ännu fler parametrar.

Vertikala hallsensorer detekterar inte bara magnetfält vinkelräta mot strömmen utan även parallella mot strömmen eller mot chipets plan. 2D-sensorer detekterar inte bara magnetfältets amplitud utan även dess riktning. Detta kan exempelvis utnyttjas för att bestämma motorns rotationsriktning.

Ett exempel är Infineons hallsensor Xensiv TLE4988C som gör det möjligt att snabbt mäta kamaxelns position. En stor fördel för modultillverkare är att den minskar beroendet av back-biasmagneter baserade på sällsynta jordartsmetaller – sensorn är optimerad för Fe-, SmCo- och NdFe-magneter. Vid automatisk kalibrering i fordon tas inte bara hänsyn till de ferromagnetiska hjulens och de magnetiska kodarnas toleranser, utan även till sensorns monteringtoleranser. Detta garanterar extremt exakta mätvärden i verkliga användningsmiljöer. TLE4988C använder en tennpläterad kapsling anpassad för tillämpningar på kamaxel (PG-SSO-3-52). Den har 3-wiregränssnitt och utökad matnings- och utgångskapacitans – 220/1,8 nF – för högre EMC-robusthet.

Infineons analoga vinkelsensor Xensiv TLE5501 baseras på TMR-teknik (tunnelmagnetoresistivitet). Den har hög givarkänslighet och hög utspänning vilket eliminerar behovet av intern förstärkare och tillåter sensorn att anslutas direkt till mikrokontrollern. TMR-tekniken ger minimal temperaturdrift vilket minskar behovet av extern kalibrering och kompensering. Sensorn mäter i 360° för att avgöra magnetfältets orientering. TMR-element mäter sinus- respektive cosinuskomponent. Den obearbetade sig-

nalen levereras som en differentiell utsignal. Eftersom bryggtutgångsspänningen är så hög behövs ingen ytterligare förstärkning. För fordonstillämpningar finns Infineons sensor i versioner för ASIL respektive AEC-Q100. Den kan användas för vinkelläges-avkänning, styrvinkelavkänning, säkerhet och BLDC-kommutering.

### En tredje dimension

Genom att kombinera laterala och vertikala hallsensorer kan man detektera magnetfältstyrkan i tre dimensioner. En sådan 3D-hallsensor gör det möjligt att bestämma absolut rotationsvinkel och linjär position för rörliga magneter.

Ett exempel är Melexis sensor MLX92256 som används för lateral avkänning, specifikt fönsterhissar. Utöver spänningsregulator innehåller den två stycken hallsensorer, den ena med IMC (integrerad magnetisk koncentrator) och båda med avancerade system för offset-cancellerung. I samma kapsel finns dessutom två drivare med öppen drain. Sensorn finns i två versioner, båda med dubbla utgångar. Den ena sensorn har en utgång som togglar pulssignalen vid förändring av lateral eller vertikal komponent och en utgång som spottar ur sig en ny riktning varje gång den förändras. Den andra sensorn anger istället direkt den laterala hastigheten, för det vinkelräta fältet respektive sidofältet i varsin utgång.

Melexis positionssensorfamilj Triaxis är inne på sin tredje generation i varianterna MLX90371 och MLX90372. Tillämpningen är fordon och de är konstruerade med den ökade elektrifieringen i åtanke. Frontend är en magnetisk hallsensor av Melexis egen typ Triaxis. Sensorerna gör AD-signalkonditionering och har en DSP för signalberäkningar. Och så har de en utgångstegsdrivare. De är immuna mot omgivande magnetfält på upp till 4 kA/m (5 mT) vilket är viktigt eftersom den ökande elektrifieringen av fordon ger upphov till sådana fält. Det gäller inte ens bara hybrider och elbilar, även om det är de som förstas är mest utsatta. Triaxis kan arbe-

ta med svaga magnetfält, så det går att använda små billiga magneter – som som bonus tar mindre plats. 371:an är förcertifierad (SEooC, safety element out of context) för säkerhetsstandarden ASIL-B enligt fordonsstandarden ISO 26262. 372:an är detsamma för ASIL-C. 371:an finns med analog- eller PWM-utgång medan 372:an har en SENT- eller en ren PWM-utgång. Båda uppfyller EMC-kraven för fordon och tål upp till 160°C under drift. För extra höga säkerhetskrav – som positionsmätning på gaspedal – finns en fullt redundant version av 372:an med chipet dubblat i en TSSOP-16-kapsel.

Hos TDK-Micronas finns en programmerbar 3D-sensorfamilj för positionsmätning med tre medlemmar: HAL 3900 med SPI-gränssnitt, HAL 3930 med PWM/SENT-gränssnitt och switch-utgång (high- eller lowside) samt HAL 3980 med PS15-gränssnitt. Sensorerna undertrycker externa magnetfält genom att använda flera parallella Hall-plattor. Endast en enkel tvåpolsmagnet krävs för att mäta rotationsvinkeln. Magneten monteras i axelns ände med sensorn i förlängningen (end-of-shaft), eller intill (off-axis). Sensorerna kan vinkelmäta 360° och känna linjära rörelser och 3D-position, vilket gör dem ideala för att mäta rattutslag. Det finns varianter som mäter temperaturkompenserade värden på BX, BY, BZ. Andra mäter vinklar – en eller två. Tillåten omgivningstemperatur är -40°C till +160°C. Liksom Triaxis är de förcertifierade för ASIL B.

De hallsensorer vi tagit upp i denna text demonstrerar de enorma framsteg som gjorts inom sensorteknik i syfte att möta ökande krav. Samtidigt har konstruktionen i sig utvecklats. Flera av sensorerna stöder ISO 26262: 2018, ibland upp till ASIL-C. Det sker med hjälp av redundans och säkerhetsfunktioner, liksom åtgärder för att förbättra EMC. På en annan front säkerställer kapslingen att de nya sensorerna är motståndskraftiga mot fukt, damm och smuts. De hanterar högtemperaturmiljöer upp till 170°C. Sammantaget är hallsensorer bestämde att spela en viktig roll på vägen mot autonom körning. ■