

Guida traktorn med MEMS

– sådd och skörd med millimeterprecision



Nya systemkretsar som kombinerar FPGA-logik med hårda, flerkärniga processorer gör det enklare att möta tuffa specifikationer för prestanda, effektförbrukning och kostnad.

Juha Lahtinen, produktchef på Murata Electronics Oy

OM FÖRFATTAREN: Han har drygt 15 års erfarenhet av MEMS-sensorer och -tillämpningar. År 1999 anställdes han av Murata (tidigare VTI Technologies) och har sedan dess arbetat i olika roller, bland annat som testutvecklare, hårdvaruutvecklare, och forsknings- och utvecklingsingenjör.

Sedan 2005 har han arbetat nära kund med MEMS-sensorer. Mellan 2008 och 2011 var han stationerad i Nordamerika där han arbetade i fält som säljtekniker. I egenskap av produktchef är han idag ansvarig för MEMS-gyrosensorer med höga krav på prestanda och pålitlighet, riktade mot industrimarknadssegmentet.

Satellitnavigering är numera vardagsmat. Vi tar oss automatiskt fram till rätt adress när vi är ute och kör bil, vi kan ta oss runt trafikstockningar och vi hittar vägen i en helt ny stad. GPS-baserad navigering spar massor av tid och mängder av stress.

Under normala omständigheter är GPS:ens noggrannhet fullt adekvat. Men i och med att tillämpningarna börjat växa har också efterfrågan börja växa på ännu högre noggrannhet och dessutom upprepbarhet i positionsbestämningen. Krävande tillämpningar av det slaget hittar vi bland annat inom jordbruk, närmare bestämt inom sådd, gödning och skörd.

Det krävs mycket hög precision för att lyckas manövrera en semiautonom (självstyrande) traktor tillbaka till exakt samma spår mellan fårorna som den en gång körde i när grödorna såddes. Dessutom måste man täcka stora arealer och med varierande terräng.

Förmågan att hitta tillbaka till de gamla spåren efterfrågas eftersom den gör det möjligt att plantera tätare och därmed skörda mer.

Om man till konceptet adderar ett satellitbaserat system för monitorering av fukthalt och grodd, blir det även möjligt att arbeta mer kostnadseffektivt med bevattning, insektsbesprutning och gödning.

FÖR ATT UPPNÅ DEN här graden av precision ställs man inför två tekniska utmaningar. Den repeterbara noggrannheten i härledda GPS-data måste vara minst +/- 15 centimeter. Dessutom måste terrängens variationer och traktorns exakta höjd över marken kunna bestämmas.

Lägesnoggrannheten uppnås med hjälp av en teknik som kallas carrier-fas-förbättring (CPGPS) eller reelltidskinematik (RTK). Den innebär att man mäter fäsen hos GPS-signalens bärare snarare än att titta på tidsinformationen i signalen.

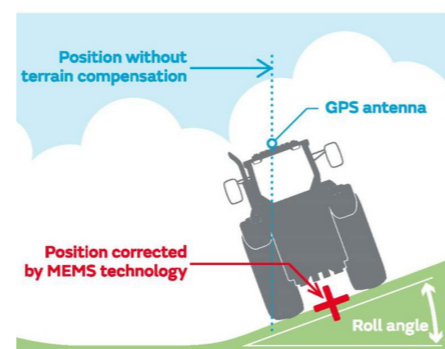
I praktiken är det svårt att implementera RTK på grund av svårigheten att jämföra fasskillnader. En populär lösning är att återutsända tidsinformation från en basstation över ett område. Detta gör det möjligt att göra exakta fasmätningar med ett billigt radiomodem. I jordbruks-

regioner finns ofta leverantörer av traktorguidningssystem som ger jordbrukare exakta RTK-positioneringsmöjligheter med hjälp av basstationsnät. Flera leverantörer anger att deras repeterbara noggrannhet ligger under 3 cm.

Att klara av att positionera en traktor med sådan noggrannhet är imponerande, men ett grundläggande problem återstår, att GPS-mätningen bara ger antennens exakta positionen, vilket vanligen är i mitten av hyttens tak.

I figur 1 kan man se varför det är

Figur 1 Man behöver kompensera för terrängen för att få exakt positionering.



Figur 2 Effekten av pitch och yaw



nödvändigt göra kompensationer för att erhålla positionen för traktorns centrum snarare än antennens. I figuren kör traktor längs en sluttning. Även då den kör upp för en liten lutning behöver positionen justeras.

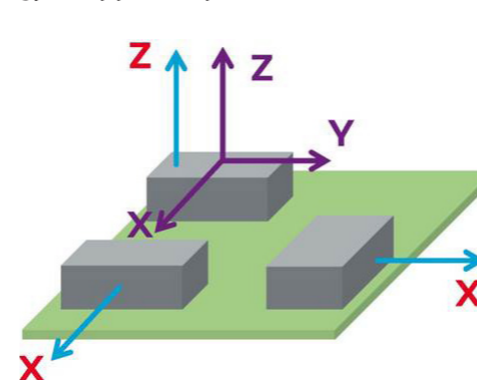
POSITIONSJUSTERING är en idealisk tillämpning för MEMS-baserade accelerometrar och gyroskop. Nya framsteg inom MEMS har gett förbättringar i både stabilitet, brus och tålighet mot mekaniska stötar – allt av nytta i jordbrukstillämpningar med tunga maskiner som rör sig över kuperad terräng med hög precision. Det betyder att lutning, rörelseriktning, och lutningsförändring kan mätas exakt.

Accelerometrar mäter lutningen relativt jordens gravitation. Principen innebär tyvärr att accelerometern störs av maskinens naturliga rörelser och lutningsvärdena blir därmed inexakta. Gyroskop mäter vinkelhastighet i grader per sekund, och kan användas för att detektera lutningsförändring.

I tillämpningar med rörliga maskiner, såsom stora traktorer, så är inte accelerometrar eller gyroskop var för sig tillräckliga för att ge exakt lutningsinformation. Att kombinera dem med hjälp av en avancerad algoritm gör däremot susen.

Principen är att accelerometern används för att erhålla statisk lutningsvinkel och gyroskopet för att kompensera för traktorns rörelse. Därmed erhåller

Figur 3 En enhet som kombinerar accelerometer och gyroskop på ett chip.



man en dynamisk lutningsmätning.

Accelerometer och gyroskop krävs för att kunna mäta traktorns tre rörelseaxlar, roll, pitch och yaw, som visas i figur 2.

Sammanställningen av data från GPS, RTK, accelerometer och gyroskop sker i en IMU (tröghetsmätare). I IMU:n används typiskt en kombinerad accelerometer- och gyro-sensor, som Muratas SCC2000-MEMS-familj.

Utsignalen från IMU:n används för att driva traktorns styrmekanism, antingen via hydrauliska styrdon eller via en drivservo med mekanisk koppling till traktorns ratt. Högst troligt används Kalmanfilteralgoritmer i IMU:n för att man ska kunna ta hänsyn till brus, positions-skattningar och drift.

Figur 3 visar en enhet som kombinerar accelerometer och gyroskop på ett chip.

Den kombinerade sensorenheten är temperaturstabil över hela fordonselektronikintervallet, -40 till +125 °C med bra stötkänslighets och bias-stabilitetsegenskaper. Den består av en 3-axlig accelerometer med lågt g och har två alternativ till vinkelhastighets sensor – antingen X- eller Z-axeldetektering. Den har ett 32-bitars digitalt SPI-gränssnitt.

Programvaran låter dig välja mellan ett lågpasfilter på 10 eller 60 Hz som kan konfigureras via SPI. Gyroområdet är +/- 125 grader per sekund med en känslighet på 50 LSB per grad per sekund.

Typisk offset temperaturdrift för accelerometern är +/- 6 mg för 2g-sensorn

Figur 4 Muratas SCC2000 kombinerade MEMS accelerometer och gyroskop.



och +/- 12 mg för 6g-versionen. Driften i gyroskopets offsettemperatur ligger typiskt i området +/- 0,5 °/s för produktversionerna med X- och Z-axel på 125 °/s.

Gyroskopets kortsiktiga offset-biasinstabilitet ligger typiskt på 1 °/h för 125 °/s X-axelenheten och 2 °/h för 125 °/s Z-axelprodukten. Detta MEMS-paket (se Figur 4) på ett ensamt 24-benschip mäter bara 15,00 x 12,10 x 4,35 mm och tar bara upp lite PCB-utrymme.

NÄR MAN UTFORMAR EN IMU för ett autonomt eller semiautonomt fordon bör utvecklaren också noggrant undersöka felhanteringskapaciteten hos de sensorer som övervägs.

Direktstyrningen och potentiellt även hastighetsstyrningen av en så stor jordbruksmaskin kan få ödesdigra konsekvenser om någon komponent i IMU:n plötsligt levererar felaktiga data. Skulle detta ske får inget annat hända än att MEMS-sensorn går i felsäkert läge och returnerar en felindikator till tillämpningsprogrammet

För att ta SCC2000-serien som exempel, så används den redan idag i andra fordonstillämpningar som kräver uppfyllande av kraven i programvarusäkerhetsstandard ISO 26262, exempelvis i aktiva och dynamiska chassin, och i överullningskydd.

Under power-up gör sensorn en självdiagnos som kontrollerar kritiska sensorfunktioner och under drift sker kontinuerligt kontroll av cirka 20 parametrar. Muratasensorn används dessutom redan i ett antal IMU-baserade guidningssystem för jordbruksmaskiner.

Tillverkare av jordbruksmaskiner med högt värde erbjuder en möjlighet att bevaka sin marknadsställning genom att införliva högkänsliga men ändå stabila MEMS-sensorer med de framsteg som skett med förbättrad precision i GPS-mottagare. På så sätt kan jordbruk bibehålla sin lönsamhet genom förbättrade skördar och genom att bedriva sin verksamhet så effektivt som möjligt.