

Konsten att A/D-omvandla

Ur marknadens breda utbud av A/D- och D/A-omvandlare är det viktigt att välja en omvandlare som är optimerad för just det man söker. Hög frekvens, många bitar, god linjäritet eller låg effekt. Men att välja rätta omvandlarkretsar är bara halva delen av problemlösningen. Det visar en artikel, skriven av två specialister vid Linear Technology. Med början på sid 25 tar de i en artikel upp sju olika fall att se upp med när kretsarna läggs in i en konstruktion. De som inte tar ställning till dessa fall riskerar att inte fullt ut utnyttja A/D-omvandlaren potentiella prestanda.

I vissa fall finns det inte A/D-omvandlare att tillgå om man vill omvandla med hög samplingsfrekvens och samtidigt uppnå god undertryckning av falska frekvenser, s k spuriöser. I bland annat instrument som oscilloskop tillämpar man "interleaving" (interfoliering) vilket innebär att samplingspulserna delas upp mellan två eller flera omvandlare så att man totalt ökar samplingshastigheten. Ett tekniskt problem att lösa är optimeringen av omkoppling mellan omvandlarna så att de samplas i precis rätt ögonblick. Utan sådan optimering uppstår tidsfel som avspeglar sig i falska frekvenser i spektrum. Artikeln härintill fördjupar principen och ger en bild av hur Linköpingsföretaget SP Devices har löst uppgiften.

Slutligen beskriver en av temasektionens artiklar principen kontinuerlig Σ -omvandling. Denna kan ge mycket hög dynamik på frekvenser upp till 10 MHz, ett område som tidigare inte täckts av Σ -omvandlare. I stället har man tvingats använda omvandlare enligt SAR eller Pipelineprincipen.

Gunnar Lilliesköld



INNEHÅLL:

DSP och omvandlarkretsar	
A/D-omvandling i världsklass	sid 21
Konsumentmarknaden driver	sid 23
Optimera prestanda	sid 25
Kortsystem	
Minskad effektförbrukning	sid 30
Pekskärmar styr systemet	sid 32
Ett kilo och åtta timmar	sid 35
Mjukvara	
Virtualisera mobilen	sid 37
Linuxspalten	sid 38
Elektronikindustriföreningen	sid 39

Dubbelnummer EIn 2/3 utkommer 20 februari.

Svenskutvecklad teknik ger A/D-omvandling i världsklass

Interleaving (interfoliering) är en teknik för att kunna sampla fortare. Tekniken innebär att samplingsarna delas upp så att två (eller fler) A/D-omvandlare tar hand om vart annat samplingsvärde. Problemet är att kunna tidsmatcha omvandlarna. Per Löwenborg beskriver här den lösning som Linköpingsföretaget SP Devices har utvecklat.

Omvandling av signaler från analog till digital form sker genom så kallad A/D-omvandling. Komponenterna som utför denna konvertering, A/D-omvandlare, är ofta flaskhalsar i system inom ett stort antal tillämpningsområden, t ex inom kommunikation, instrumentering och radar. Utvecklingen inom högprestandasegmentet, vilket karaktäriseras av samplingsfrekvenser över 50 MSa/s (miljoner sampel, dvs. konverteringar, per sekund) och upplösningar på 12 bitar eller mer, har inte lyckats följa samma takt som för integrerade digitala kretsar. De senaste åren har man dock kunnat se en markant prestandaökning. Inom 14- och 16-bitarsegmenten kan man idag köpa A/D-omvandlare med samplingsfrekvenser på 400 respektive 170 MSa/s. Denna utveckling har dock till stor del skett på bekostnad av effektförbrukning. Det är inte ovanligt att A/D-omvandlare med sådan prestanda, vilka bygger på en s k pipelinearkitektur, förbrukar en medeleffekt i storleksordningen 2-2,5 W.

ÄNNU HÖGRE KRAV

Det finns dock tillämpningar där prestandabehovet är större än vad som kan tillhandahållas genom standardkomponenter. Dessa hittar man bl a inom instrumentering där t ex samplingsfrekvensen hos A/D-omvandlare i spektrumanalysatorer för realtidsbearbetning direkt bestämmer den bandbredd som signaler kan analyseras med. Andra exempel hittar man inom ra-



Fig 7. SP Devices datainsamlingskort ADQ114 uppvisar hittills överträffade prestanda: 800 MSa/s och 14 bitar. Kortet är bestyckat med en FPGA, där kunden kan lägga applikationsspecifik signalbehandling, och en FPGA, förprogrammerad med felkorrigeringsalgoritmen. Kortet är bestyckat med kontaktdon för höghastighetskommunikation antingen via Compact PCI Express eller USB2.

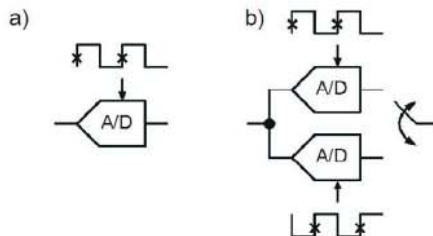


Fig 1. Illustration av A/D-omvandlare. a) En A/D-omvandlare där sampel tas vid stigande flank hos en samplingsklocksignal. b) Två tidsinterleavade A/D-omvandlare som samplar med 180 graders fästörskjutning relativt varandra.

lösning som kan tillgodose även dessa prestandabehov. Det Linköpingsbaserade företaget SP Devices har utvecklat signalbehandlande algoritmer som väsentligen flyttar fram prestandagränsen för A/D-omvandling. Genom företagets felkorrigerande tekniker möjliggörs samutnyttjandet av två eller flera A/D-omvandlare, vilka som grupp då ger en flerdubblad samplingsfrekvens. Tekniken kallas tidsinterleaving.

I fig 1 visas ett system med två A/D-omvandlare vilka klockas på ett sådant sätt att varje enskild A/D-omvandlare digitaliserar vartannat sampel. Därigenom fördubblas den uppnådda samplingsfrekvensen och principen kan lätt tillämpas på fler än två

Minskad effektförbrukning driver kortindustrin - sid 30

omvandlare.

Det A/D-omvandlande systemet i b) samplar med dubbla frekvensen jämfört med A/D-omvandlaren i a).

NYQUISTBAND

En ofta använd term som beskriver signalens placering och omfång i frekvens i förhållande till A/D-omvandlaren's samplingsfrekvens, f_s , är Nyquistband. Benämningen är relaterad till det sk Nyquistteoremet för sampling av en signal med bandpasskaraktär. Enligt detta teorem kan den samplade signalen återskapas till sin analoga form utan informationsförlust om samplingsfrekvensen f_s för A/D-omvandlingen är minst två gånger den högsta signalfrekvenskomponenten. En generalisering av Nyquistteoremet säger att en signal med bandpasskaraktär kan återskapas om signalens hela frekvensinnehåll ligger mellan $N-1$ och N gånger $f_s/2$. Frekvensområdet mellan $N-1$ och N gånger $f_s/2$ kallas för Nyquistband N för A/D-omvandlaren. Nyquistbanden för två A/D-omvandlare samt för ett system av två tidsinterleavade A/D-omvandlare visas i fig 2. Första Nyquistbandet för en A/D-omvandlare ligger alltså mellan 0 Hz och $f_s/2$. Det andra Nyquistbandet tar därefter vid och sträcker sig till 1 gånger f_s osv.

HÖGRE NYQUISTBAND

Eftersom det idag är vanligt att system inom olika tillämpningsområden konstrueras för sampling i A/D-omvandlarnas andra Nyquistband, konstrueras A/D-omvandlarna för att ha goda egenskaper även i detta frekvensband. Ett skäl att låta A/D-omvandlarna arbeta i högre (>1) Nyquistband är att detta kan ge en lägre systemkostnad. Inom t ex radiokonstruktion kan ibland kraven på övriga block i radiomottagaren sänkas om man blandar till en lite högre mellanfrekvens. Signalen som skall A/D-omvandlas kan då ligga i ett högre Nyquistband. Eftersom samplingsfrekvensen fördubblas

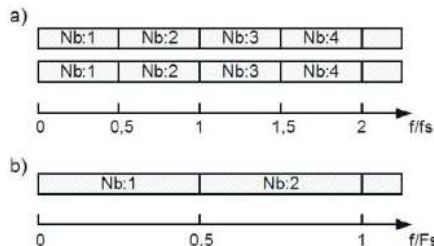


Fig 2. Illustration av A/D-omvandlarnas Nyquistband. a) Två A/D-omvandlarnas individuella Nyquistband i relation till varje enskild omvandlarnas samplingsfrekvens f_s . b) Nyquistbanden för ett system av två tidsinterleavade A/D-omvandlare relaterat till systemets samplingsfrekvens F_s . Samplingsfrekvensen F_s är två gånger f_s .

(mångdubblas) genom tidsinterleaving ökar även Nyquistbandens bredd med samma faktor, vilket framgår av Figur 2. Även ett system av tidsinterleavade A/D-omvandlare kan arbeta i ett högre Nyquistband.

Den faktor som till slut begränsar hur många A/D-omvandlare som kan tidsinterleavas är prestanda som de individuella A/D-omvandlarna kan uppnå i sina högre Nyquistband. I fig 2 kan man se att de enskilda A/D-omvandlarna i det tidsinterleavade systemets andra Nyquistband arbetar i sitt tredje och fjärde individuella Nyquistband. Inom högprestandasegmentet för A/D-omvandling.

Idag är de flesta A/D-omvandlare konstruerade att klara två Nyquistband, ibland även upp till fyra. För t ex samplingsoscilloskop, där ofta 8 bitars upplösning räcker, kan dock betydligt fler A/D-omvandlare än fyra tidsinterleavas.

SIGNALBEHANDLING

Det finns dock ett antal praktiska problem man stöter på om man försöker tids-interleava verkliga, icke-perfekta A/D-omvandlare. Det är dessa problem som SP Devices teknik är inriktad på att lösa.

Om flera A/D-omvandlare samutnyttjas utan signalbehandling uppkommer oönskade fel i den digitaliserade signalen p g a

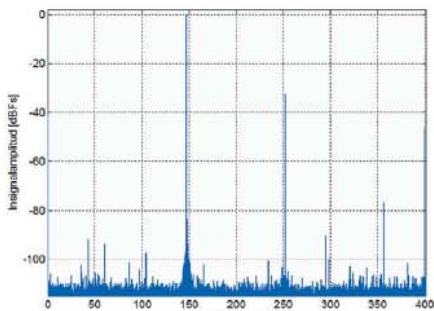


Fig 3. Uppmått amplitudspektrum för en 148 MHz sinussignal samplad med 800 MSps av ett system med två 14-bitars tidsinterleavade A/D-omvandlare. Ingen korrigering för skillnader är gjord och därför är signalen distorderad genom en kraftig spegelbild vid 252 MHz samt en ton i 400 MHz.

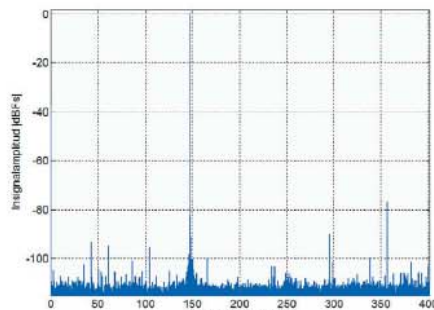


Fig 4. Amplitudspektrum för den resulterande signalen efter SP Devices felkorrigering. Distorsionen är undertryckt till lägre än -100 dB relativt A/D-omvandlarnas maximala signalnivå (dBFS).

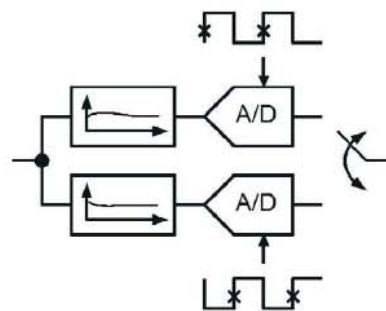


Fig 5. Illustration av skillnader mellan två tidsinterleavade A/D-omvandlare. Olika hos de ingående komponenterna kan modelleras som komponentspecifika frekvenssvår. De två kanalerna är matchade endast då dessa frekvenssvår är identiska. I annat fall kommer utsignalen att distorderas.

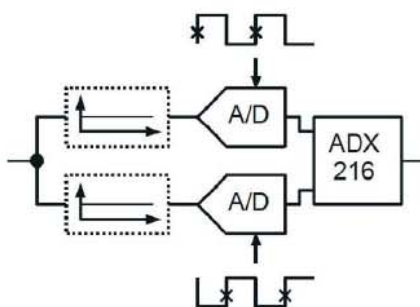


Fig 6. SP Devices signalbehandling är implementerat i IP-blocket ADX216 tillsammans med två tidsinterleavade A/D-omvandlare. Felkorrigeringen modifierar utsignalen på ett sådant sätt att effekterna av tidskillnaderna mellan omvandlarna försvinner. Den resulterande signalen kan då ses som en signal som är A/D-omvandlad av ett system, utan kanalmissiga skillnader.

skillnader mellan de olika A/D-omvandlarna i systemet. Som exempel på detta visas i fig 3 ett uppmätt amplitudspektrum från ett system med tidsinterleavade A/D-omvandlare utan felkorrigering. Effekten av skillnader i offset, förstärkning, frekvensgång och tidsfel mellan de ingående A/D-omvandlarna orsakar uppkomst av spegelbilder och toner vilka distorderar nyttosignalen.

I fig 4 visas resulterande amplitudspektrum då SP Devices algoritmer har applicerats på signalen i fig 3. Den oönskade distorsionen orsakad av skillnader mellan de ingående A/D-omvandlarna har undertryckts så att den knappt kan särskiljas från brusgolvet. Kvarvarande toner, som är gemensamma för både fig 3 och fig 4, är felkomponenter såsom harmonisk distorsion vilka inte härrör från tidsinterleavingen utan är orsakade av olinjärt beteende hos de ingående A/D-omvandlarna.

SP Devices patenterade signalbehandling korrigerar för skillnader mellan de olika signalvägarna i ett system av parallella A/D-omvandlare på ett unikt sätt. Tidigare har endast statisk korrigering varit möjlig t.ex. genom kompensering av fel i DC-förstärkning och tidsförskjutning ("skew") i samp-

lingsögonblicken. Det unika med SP Devices tekniker är att de genomför kompenseringen dynamiskt så att även frekvensberoende skillnader kan korrigeras. Fig 5 illustrerar situationen när det finns skillnader mellan de ingående A/D-omvandlarna och då ingen felkorrigering används.

SP Devices felkorrigeringsalgoritmer använder den befintliga utsignalen från systemet med tidsinterleavade A/D-omvandlare för att estimerar modellparametrar för skillnaden mellan de ingående komponenterna. Därefter rekonstrueras signalen så att distorsionen försvinner. Algoritmerna kräver inte någon speciell kalibreringssignal utan arbetar kontinuerligt med systemets befintliga utsignal utan behov av att avbryta datainsamlingen för kalibrering. Felkorrigeringsprocessen kan förenklat beskrivas som i fig 6, där den digitala signalbehandling (ADX216) som sker får en sådan effekt att den utsignal som produceras är den skulle ha skapats av ett tidsinterleavat system med identiska frekvensvarsmodeller. Eftersom ingen skillnad då förekommer, blir inte heller den resulterande utsignalen distorderad.

Fortsettning på sid 29.

Kylare
www.satco.se

Kylar / Värmer
 Styrelektronik
 Färdig att använda

SATCO
Tel 08-584 300 50

länkade med en induktor, en ferritpärla, ett motstånd eller t o m endast ett spår. Ibland returneras de till effektmätningen via långa ledare. Olyckligtvis kräver fortplantningen av en signal att jordströmmen flyter i motsatt riktning mot laddningsfortplantningen på transmissionslinjen. Vid differentiell signalering flyter denna i den andra signalen, med liten betydande ström i jordplanet. I fallet med CMOS-data som korsar ett mellanrum resulterar den ineffektiva vägen för jordströmmen i att en potentialskillnad utvecklas mellan de två plan. Detta kommer att vara en högfrekvent potentialskillnad om omvägen för jorden är kort och förlängs till lägre frekvenser när jordvägen blir längre. Om man måste göra detta bör man använda LVDS- eller CML-utgångar från A/D-omvandlaren. Linear Technology har en 16-bitars 105 MSa/s seriell A/D-omvandlare, LTC2274, med CML 8B/10B-kodade utgångar med dataströmmar på 2,1 Gbit/s över differentialparet. Detta gör det lättare att isolera analoga och digitala kretsar, då man använder de SerDes-portar som vanligtvis finns på FPGAer.

Annars är det bäst att sätta A/D-omvandlaren vid kanten av det digitala planet, och korsa mellanrummet med en 1:1-transformator för transmissionslinjer liknande M/A-COM ETC1-1-13. Denna komponent, som även kallas Guanella 1:1-balunen, fungerar som en "common mode"-drossel, då den leder upp till 3 GHz differential. Om transformatorn följs eller föregås av ett lågpassfilter kan man använda en flödeskopplad transformator. Då samtliga direkt-samplande A/D-omvandlare ger transienter med innehåll ut i GHz-området bör detta nätverk konstrueras att undertrycka dessa komponenter innan det breder ut sig, och innan det överträder dessa gränser.

Samtliga applikationer som medför sändning av differentiell signalering mellan två jordplan måste skyddas mot för höga spänningar som utvecklas mellan A/D-omvandlaren och lasten av händelser såsom ESD-tillslag, stötström med mera. ■ ■ ■



Alison Steer, produktmarknadschef och Derek Redmayne, applikationsingenjör, avd för blandsignalprodukter inom Linear Technology

Läs mer på: www.linear.com/ad/highspeedADC.jsp

»»» Fortsättning från sid 22.

Noggrannheten som uppnås i korrigeringen beror förvisso på hur väl matchade de ingående A/D-omvandlarna är utan korrigering, men klarar i ett normalfall av att ge 16-bitars prestanda. Typisk prestanda vid enkeltonsmätning ger en vinkningston under -95 dBFS. Dessutom är algoritmerna mycket väl lämpade att implementera i integrerade kretsar med liten egen yta och effektförbrukning. En tredje bra egenhet är att korrigeringen sker i realtid i bakgrunden av A/D-om-

vandlarna så att även temperatur-drift och effekter av kretsarnas åldrande kan kompenseras.

FELKORRIGERING I PRAKTIKEN

För att närmare studera hur felkorrigeringsteknikerna fungerar finns ett utvärderingskort att köpa från Texas Instruments med SP Devices algoritmer integrerade på en FPGA och två stycken A/D-omvandlare (<http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/ads5474adx-evm.html>). Kortet realiserar ett A/D-omvandlande system med samplings-

frekvensen 800 MSa/s och 14 bitars upplösning och utgör därmed state-of-the-art inom detta upplösningssegment. Kortet kopplas via USB till en PC och medföljande programvara gör att det kan användas som en spektrumanalysator med 340 MHz insignalbandbredd.

SP Devices säljer sina algoritmer som IP-block för FPGA och för konstruktioner med standardcellbibliotek i CMOS. Man tillhandahåller dessutom datainsamlingskort med unika prestanda. Kortet är förprogrammerat med felkorrigeringsalgoritmerna såsom

kortet ADQ114 med 800 MSa/s och 14 bitar som visas i fig 7.

Med den av SP Devices utvecklade tekniken för signalbehandling har en påtaglig flaskhals eliminerats i system där snabb och korrekt A/D-omvandling är ett väsentligt krav. Dessa system utgör dessutom ett ökande marknadssegment, varför betydelsen av denna nya teknik kan förväntas bli betydande. ■ ■ ■

Per Lövenborg, SP Devices

USB-anslutning för inbyggda konstruktioner



Om du behöver en fullhastighets-USB 2.0-krets, inbyggd värd, dubbelfunktions- och "On-The-Go"-lösningar har Microchip Technology allt du behöver idag. Vi erbjuder 8-, 16- och 32-bitars MCUer med USB-anslutning, vilket ger lätt överföring med en enda utvecklingsmiljö. Detta ger maximerad benkompatibilitet och sömlös kodöverföring från 20 till 100 ben, vilket innebär att du lätt gör din USB-konstruktion i önskad skala.

Ladda ned GRATIS USB-programvara inklusive källkod:

- Värdestapel
- OTG-stapel
- Kretsstapel
- Klassdrivrutiner (drivrutiner för HID, masslagring och CDC)
- Stöder "Thumb Drive" (drivrutin för masslagring, SCSI-gränssnitt, 16- och 32-bitars filhantering, tillämpningsprogram)

Kärna	Flashprogramminne	Benanslutningar	USB-typ
8-bit	Up to 128 Kbytes	20 - 80	Device
16-bit	Up to 256 Kbytes	64 - 100	Device, Embedded Host, Dual Role, OTG
32-bit	Up to 512 Kbytes	64 - 100	Device, Embedded Host, Dual Role, OTG

KOM IGÅNG I 3 ENKLA STEG

1. Köp en USB-startsats
2. Ladda ned gratis USB-program
3. Beställ gratisprover

www.microchip.com/usb

USB-startsatsen snabbt på utvecklingen av USB-konstruktioner med 8-, 16- eller 32-bitars MCUer och kan köpas på www.microchipDIRECT.com eller från någon av våra auktoriserade distributörer



Intelligent Electronics start with Microchip



www.microchip.com/usb



Microchips namn och logotyp, dsPIC, MPLAB och PIC är registrerade varumärken tillhörande Microchip Technology Incorporated i USA och andra länder. Alla andra varumärken omfattas här av respektive rättighet ägare. © 2008, Microchip Technology Incorporated. Etttryck förlagets. MC2048sw/07.08