

A/D-omvandlare för välljud

Att konstruera A/D-omvandlare av typen sigma-delta för ljud är en balansakt mellan upplösning, dvs antalet bitar, och kommersiella hänsynstaganden, som pris och storlek. Avgörande är A/D-omvandlarens prestanda. Duncan Macadie, marknadsföringsingenjör vid Wolfson Microelectronics plc, beskriver här de viktigaste utformningsvariablerna för en A/D-omvandlare med sigma-delta-modulator.

Sigma-delta-modulatorbaserade (SDM) konverterare för analogt till digitalt och vice versa (A/D-respektive D/A-omvandlare) har funnits i ljudsystem en tid och förekommer nu i många olika tillämpningar, från DVD-spelare med inspelningsfunktion till MP3-spelare och digitalkameror. Prestandafördelarna med sigma-delta-baserad A/D-omvandlare för ljudtillämpningar, jämfört med andra topologier som successiv approximation eller flash, beror på två principer: översampling och brusformning.

Ljudsignalen samplas i en sigma-delta-modulator med en hastighet som är betydligt högre än Nyquist-frekvensen. Detta sprider kvantiseringsbruset över ett stort frekvensband så att en mindre mängd av bruset ligger inom audiobandet.

Sigma-delta-modulatorn fungerar även som ett lågpasfilter för signalen och ett högpassfilter för bruset så att en hög andel av brusenergin begränsas till över ljudsignalens bandbredd. Översamplade data filtreras sedan och decimeras för att ta bort kvantiseringsbruset och sänka datahastigheten från den översamplade hastigheten till Nyquist-hastigheten samtidigt som signalfrekvenskomponenter, som potentiellt kan vikas in i ljudbandet, elimineras.

Wolfsons tillämpar dessa två principer i sina sigma-delta A/D-omvandlare för att ge system med kapacitet att spela in ett enormt dynamiskt ljudinmatningsområde.

A/D-OMVANDLARE FÖR LJUD

Den huvudsakliga komponenten i en A/D-omvandlare är dess sigma-delta-modulator. Denna kan konstrueras på flera olika sätt. De viktigaste konstruktionsvariablerna är A/D-omvandlarens

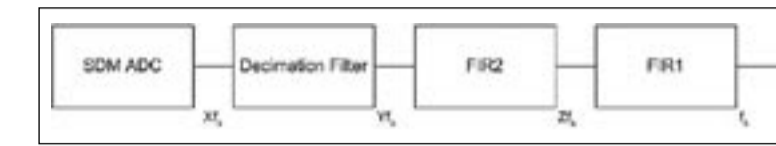


Fig 1: Sigma-delta-baserad A/D-omvandlare för ljud. SDM: Sigma-Delta Modulator (sigma-delta-modulator), ADC: Analogue to Digital Converter (A/D-omvandlare), FIR: Finite Impulse Response filter (filter för begränsat impulssvar).

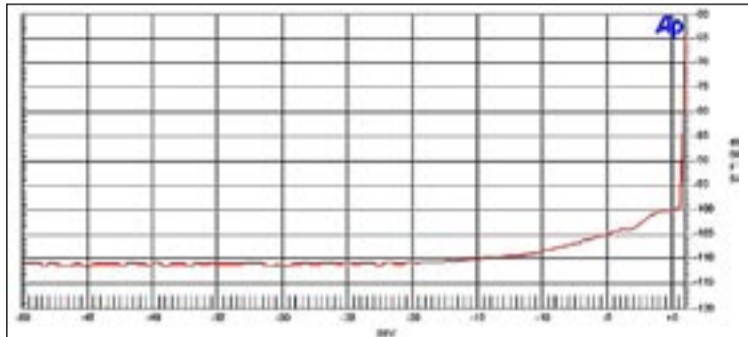


Fig 2. Kurvan visar THD (total harmonisk distorsion) plus brus vid 48 kHz samplingsfrekvens för Wolfsons A/D-omvandlare för ljud.

ordningstal, upplösning och topologi. Förändringar av någon av delarna påverkar kostnaden för enheten och dess prestanda, stabilitet och storlek.

Sigma-delta-modulatorer av första ordningen är av naturen mycket stabila. Deras utombandsbrusegenskaper är dock relativt svaga och i teorin kan avsevärda fördelar vinnas med att utforma modulatorer av högre ordning. Teoretiskt sett gäller att ju högre modulatorens ordning är, desto större blir förhållandet mellan ljud och brus för en given översamplingshastighet (OSR, översampling ratio). Dessutom ger modulatorer av högre ordning ett betydligt större dynamiskt område och ett minskat mönster av toner vid tomgång.

SÄMRE STABILITET

Modulatorer av tredje ordningen eller högre, med en enkel slinga, är olyckligtvis bara stabila under vissa förhållanden. Sådana kretsar är känsligare för komponentmatchning än sigma-delta-modulatorer av lägre ordning och förstärkningen av dem måste begränsas för att förhindra oscillering med hög amplitud och låg frekvens. Detta tillstånd som är oacceptabelt för ljudtillämpningar, även under mycket kort tid. Instabilitet kan förhindras genom att välja lämpliga förstärkningskoefficienter och begränsa enhetens funktionsintervall. Men det kan vara komplicerat och dyrt att åstadkomma denna stabilitet. Därför måste man kompromissa mellan förbättrade prestanda hos en modulator av högre ordning och stabilitet relativt enkelheten hos modulatorer av lägre ordning.

Upplösningen i A/D-omvandlarens kvantiserare är en mycket viktig fråga. Varje extra bit upplös-

ning minskar kvantiseringsbruset och leder därmed till en förbättring av signal/brusförhållandet. Priset för detta är en fördubbling av kretsstorleken för varje extra bit och en därpå följande ökning av energikonsumtionen och kostnader.

Tidiga sigma-delta A/D-omvandlare utformades i första hand med enbits kvantiserare. De är av naturen linjära och relativt enkla och billiga att integrera. Med en enbits kvantiserare kan man lägga in en enbits D/A-omvandlare i motkopplingslinga för sigma-delta-modulatorn, även den linjär av naturen, medan ett flerbits D/A kan introducera olinjäritet.

Fördelarna med flerbits kvantisering, framför allt 6 dB bättre S/N för varje extra bits upplösning, har blivit större än nackdelarna med de mer komplexa utformningarna i takt med utvecklingen av sigma-delta-modulatorn. Wolfsons urval högpresterande A/D har flerbitsutformning. All eventuell olinjäritet, som visar sig som harmonisk distorsion eller intermodulationsdistorsion, minimeras med ett schema för dynamisk elementmatchning (DEM - Dynamic Element Matching) i återkopplingslingan.

Sigma-delta-omvandlarens konstruktion bygger på två topologier: enkel slinga eller kaskad, ibland kallad MASH (brusformning i flera steg). Den som utvecklar kretsar kan välja bland många olika alternativ i dessa kategorier. Alla har sina fördelar och nackdelar.

I fallet med enkel slinga har A/D-omvandlaren en enkel kvantiserare och modulatorens ordning avgörs av antalet integratorer i slingan. Det kan finnas ett flertal interna slingor inuti A/C-omvandlaren, men bara en enda dataväg från in- till utmatningen.

Sådana utformningar är relativt enkla att använda och är robusta eftersom de inte är känsliga för komponentmatchning.

I kaskadtopologin har modulatorn flera steg, vanligtvis av olika ordningstal och upplösning, som kombineras vid utmatningen. Kaskadkonstruktionen har många fördelar i förhållande till modellen med enkel slinga:

Stabilitet: Modulatorens ordningstal är summan av samtliga stegs ordningstal. Därför kan ett antal steg av låg ordning kombineras med en modulator av högre ordning, utan att systemet blir instabilt.

Upplösning: Modulatorens upplösning är summan av samtliga stegs upplösningar. Sålunda är det möjligt att konstruera en högupplöst A/D-omvandlare utan att behöva utforma en avskräckande stor och kostsam enkelkrets.

Brusundertryckning: Felsignalen från det första steget i kaskadmodulatorn matas till det andra steget, processas och används sedan till att stänga av bruset från det första steget vid återföreningen vid utmatningen.

Prestanda: Kombinationen av ovanstående faktorer producerar en minde komplicerad A/D-omvandlare med betydligt bättre prestanda än en motsvarande utformning med enkel slinga.

Wolfson Microelectronics sigma-delta-omvandlare, använder kaskadkoppling och har noga utvalda slingförstärkningskoefficienter för att maximera signal/brusförhållandet på utgången. Så kallat "ditherbrus" ("dallerbrus") tillförs för att undertrycka tomgångstoner och förbättra kvaliteten på utsignalen ytterligare.

DECIMERINGSFILTER

Nästa steg är decimeringsfiltret som utför en rad uppgifter. Först och främst tar det bort det kvantiseringsbruset i den brusformning som ingår i sigma-delta-processen. Decimeringsfiltret minskar även signalens datahastighet från modulatorens översamplade hastighet till Nyquist-hastighet för anpassning till de samplingshastigheter som används för audio. Slutligen förhindrar decimeringsfiltret viking av ursprungssignalen under decimeringsprocessen. Detta är nödvändigt eftersom det analoga filtret före A/D-omvandlaren troligen, med sin gradvisa dämpning, inte tar bort alla frekvenskomponenter utanför audioområdet. När signalen översamplas utgör dessa frekvenskomponenter inget problem, men när signalen decimeras på det digitala området måste filtret säkerställa att komponenterna inte vikas tillbaka till den hörbara frekvensbandbredden.

Även om decimeringsfiltre-

ring kan utföras i ett enda steg, konstrueras Wolfsons A/D-omvandlare med flera steg av decimering och filtrering. Det är det effektivaste och minst kostsamma sättet för att ta bort dels kvantiseringsbruset utanför bandet som bildas i sigma-delta-modulatorn, dels komponenter i ursprungssignalen som riskerar att vikas in i ljudbandbredden.

Denna arkitektur har gjort det möjligt för Wolfson Microelectronics plc att implementera flerbits sigma-delta A/D-omvandlare av låg ordning som ger utmärkta ljudinspelningsprestanda i t ex DVD-spelare med inspelningsfunktion och som uppvisar ett dynamiskt område som överstiger 110 dB med samplingshastigheter från 8 kHz till 192 kHz. Fig 2 visar störnivån (THD + brus) som funktion av utstyringsgrad i ett system med 48 kSa/s.

VÄLLJUD HOS ANVÄNDAREN

Utmärkta prestanda under laboratorieförhållanden är en sak, högkvalitativa in- och uppspelningsenheter för ljud. Det kan vara DVD-spelare med inspelningsfunktion, stereoanläggningar och mobiltelefoner för användning i hemmet, på kontoret och i bärbara enheter. Wolfsons fokuserar på kvaliteten hos slutanvändarens ljudupplevelse. Därför byggs A/D-omvandlarna för ljud med flerbits sigma-delta-omvandlare i en kaskadlösning. Sigma-delta-modulatorn, av låg ordning, är stabil så att A/D-omvandlaren kan hantera många olika typer av ljudinmatningar med deras tillhörande krav. Tack vare flerbits kvantiserare och kaskadtopologi uppnås ett högt signal/brusförhållande till gagn för den apparat som omvandlaren är inbyggd i, för en rad olika ljudtillämpningar.

DUNCAN MACADIE, WOLFSON MICROELECTRONICS PLC