



Signalanalys ger 16 bitars vertikal upplösning

16 bitar ger upp till 256 gånger mer information än 8 bitar

Av Sylvia Reitz, Rohde & Schwarz



Sylvia Reitz är produktchef för oscilloskop hos Rohde & Schwarz i München.

Filter	Vertical resolution
inactive	8 bit
1 GHz	10 bit
500 MHz	12 bit
300 MHz	12 bit
200 MHz	13 bit
100 MHz	14 bit
50 MHz to 10 kHz	16 bit

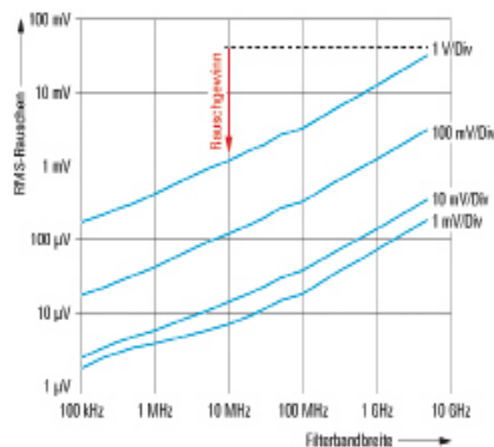
Tabell 1. Vertikal upplösning hos oscilloskop R&S RTO som funktion av vald bandbredd när man använder ”High Definition” läget.

Den vertikala upplösningen har vid sidan av bandbredd, samlingshastighet och minnesdjup kommit att bli en av nyckelparametrarna för oscilloskop. Denna utveckling har drivits fram av det ökande behovet av att få ut mer detaljer från signalerna i applikationer för konsumentartiklar, medicinteknik samt forskning och utveckling. Utmaningen är att noggrant kunna mäta signalkomponenter med en amplitud på något hundratal mV som ingår i signaler som samtidigt innehåller komponenter med höga spänningar.

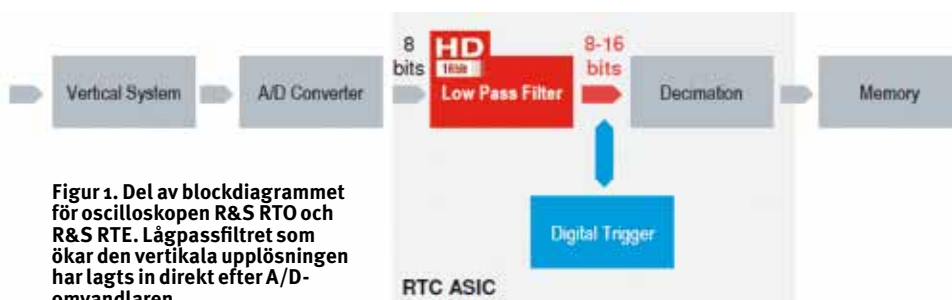
Den vertikala upplösningen hos ett oscilloskop bestämmer hur noggrant signalerna presenteras och bestämmer precisionen hos de mätresultat man får. Tills för några år sedan hade ett typiskt oscilloskop en vertikal upplösning på 8 bitar. Men om signalen mäter på kräver hög dynamisk upplösning – det vill säga om man skall

detaljstuda små spänningskomponenter hos en signal som också innehåller högre spänningar – då är 8 bitar ofta inte tillräckligt för att ge tillräcklig noggrannhet för de aktuella mätningarna. Därför har det under senare tid börjat komma så kallade ”High Definition” oscilloskop med bättre vertikal upplösning.

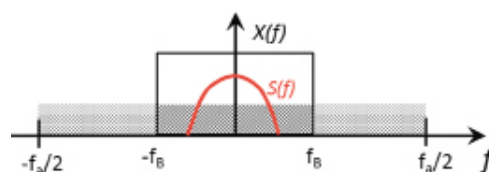
EN MÖJLIGHET ATT förbättra den vertikala upplösningen är att använda A/D-omvandlare med mer än 8 bitars upplösning. En annan möjlighet är att använda algoritmer för digital signalbehandling. Rohde & Schwarz har valt det senare alternativet i sina oscilloskop R&S RTO och R&S RTE med optionerna R&S RTO-K17 respektive R&S RTE-K17 för hög upplösning. På det viset har upplösningen kunnat ökas till maximalt 16 bitar – en förbättring på 256 gånger jämfört med standardfallet där man har 8 bitars upplösning. Detta har man löst med ett



Figur 2. Bruset hos oscilloskopet R&S RTO1044 (4 GHz modellen) som funktion av filterbandbredden när man använder ”High Definition” läget; reduktionen av brusnivå leder till ett förbättrat signal/brusförhållande, vilket i sin tur ger en bättre upplösning.



Figur 1. Del av blockdiagrammet för oscilloskopen R&S RTO och R&S RTE. Lågpasfiltret som ökar den vertikala upplösningen har lagts in direkt efter A/D-omvandlaren.



Figur 3. Spektral presentation av brusreducering genom lågpasfiltrering, där f_s är oscilloskopets samlingshastighet, f_B är bandbredden hos lågpasfiltret och $S(f)$ är den önskade signalen.



Se mer med upp till 16 bitars vertikal upplösning: oscilloskopen R&S RTO and R&S RTE med tillval för hög upplösning ökar den vertikala upplösningen upp till 256 gånger.

digitalt lågpasfilter som implementerats direkt efter A/D-omvandlaren i oscilloskopets ASIC (figur 1).

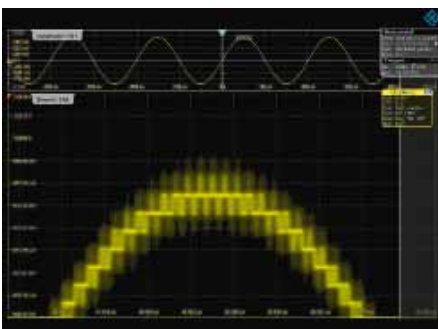
Filtret reducerar brusnivån så att signal/brusförhållandet förbättras och därmed också den vertikala upplösningen. Användaren kan ställa bandbredden hos lågpasfiltret från 10 kHz till 1 GHz utifrån vad som krävs för att anpassa det till den inkopplade signalen. Den valda filterbandbredden bestämmer den nominella upplösningen (tabell 1). Ju lägre filterbandbredden är jämfört med instrumentets bandbredd, ju högre blir upplösningen och brusreduceringen (figur 2). Detta illustreras av spektrat i figur 3, där f_a är oscilloskopets samplingshastighet, f_B är lågpasfiltrets bandbredd och $S(f)$ är den önskade signalen. Om

man utgår från att man har rent vitt brus (AWGN), vilket är en bra approximation för en A/D-omvandlare av god kvalitet och antar att man har ett idealt lågpasfilter så fås förbättringen av signal/brusförhållandet enligt formeln: $SNR_{\text{gain}} = 10 \log(f_a / 2f_B)$.

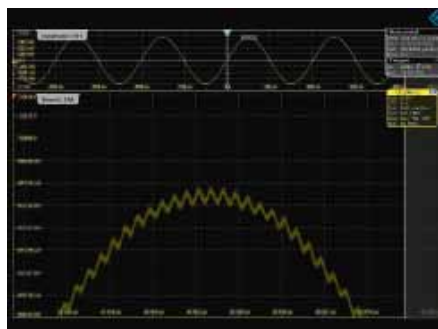
DEN FÖRBÄTTRADE UPPLÖSNINGEN ger tydligare vågformer, som visar detaljer som annars skulle vara dolda av brus och därmed inte heller upptäckas. För att göra det möjligt att analysera dessa små signaler har oscilloskopen R&S RTO och R&S RTE en förhöjd ingångskänslighet av 500 $\mu\text{V}/\text{div}$. Tack vare det lågbrusiga ingångssteg och en mycket exakt Single-Core A/D-omvandlare har oscilloskopen R&S RTO och R&S RTE ett mycket stort dynamiskt område

och en mycket god mätnoggrannhet. Om man dessutom kopplar in "High Definition" funktionen så får man ännu mer exakta mätresultat som visas i figur 4 och figur 5.

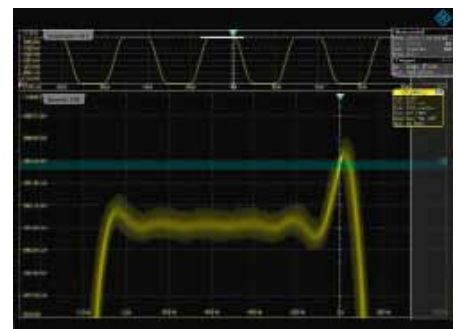
Den förbättrade upplösningen hos ett "High Definition" oscilloskop gör det möjligt att upptäcka även de minsta detaljerna hos en signal. Förmågan att trigga på dessa detaljer så att de kan visas stabilt på skärmen är starkt beroende av triggssystemets prestanda. Det digitala triggssystemet från Rohde & Schwarz har den känslighet som krävs för att ta till vara den högupplösta signalen. Varje enskilt 16-bitars sampel kontrolleras mot triggvillkoren och kan utlösa en trigging (se figur 1). Som framgår av figur 6 kan oscilloskopen trigga även på de minsta signalnivåerna och isolera re-



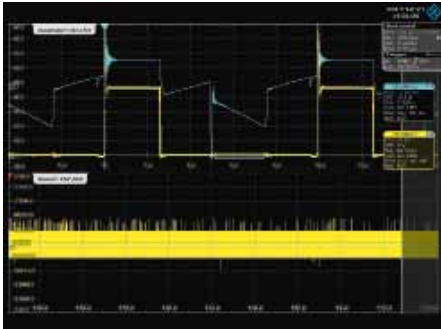
Figur 4. Inzoomad topp av sinusvåg. Här är "High Definition" inte aktiverat. Endast kvantiseringsnivåerna ses i zoomfönstret.



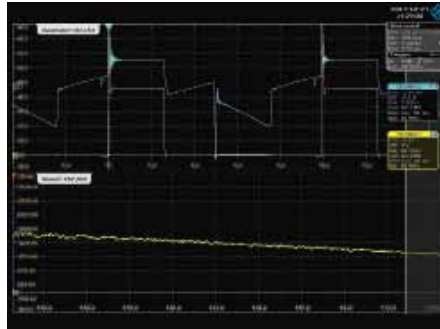
Figur 5. När "High Definition" är aktiverat, visar zoomfönstret att en annan sinussignal med väldigt låg amplitud är överlagrad på den ursprungliga sinussignalen.



Figur 6. Den höga känsligheten hos det digitala triggssystemet gör det möjligt att trigga på översvängar på signalen som är mindre än 9 mV, vilket kan ses i detta exempel. Om den vertikala skalan är 130 mV/div, motsvarar detta endast en bråkdel av ett skalsteg på skärmen.



Figur 7. Mätning av drain-source spänning hos en DC/DC-omvandlare utan användning av "High Definition" funktionen. Den kraftiga bruskomponenten gör det omöjligt att genomföra tillförlitliga mätningar.



Figur 8. Mätning av drain-source spänning hos en DC/DC-omvandlare med användning av "High Definition" funktionen. När den vertikala upplösningen ökas till 16 bitar blir detaljerna synliga.



Figur 9. $R_{DS(on)}$ beräknas differentiellt baserat på Δu_{DS} och Δi_D .

levanta signalförlopp så att man kan göra mer detaljerade analyser. Ett traditionellt analogt triggssystem kan däremot inte trigga på sådana här högupplösta signaldetaljer eftersom de döljs av hysteresen hos de analoga delarna av triggssystemet.

ROHDE & SCHWARZ "High Definition" option för oscilloskop har avsevärda fördelar gentemot decimeringsmetoden "High Resolution" eller "HiRes" som används av flertalet oscilloskop på marknaden. För det första har användaren full kontroll över vilken bandbredd som står till förfogande eftersom det är en väldefinierad lågpasfiltrering. För det andra så uppstår ingen oväntad aliaseffekt. "High Definition" funktionen innehåller ingen decimering. Det betyder att även när funktionen är aktiverad så behåller R&S RTO oscilloskopen fortfarande sin samplingshastighet av 5 GSa/s (2,5 GSa/s för R&S RTE oscilloskopen), så att man har bästa möjliga tidsupplösning. Dessutom tillåter "High Definition" att man triggar på signalen med förbättrad upplösning, medan däremot "HiRes" decimering görs efter triggen.

När oscilloskopen R&S RTO och R&S RTE används med "High Definition" funktionen så innebär det inte att man kompromissar med mät hastighet och optioner. Eftersom lågpasfiltreringen som förbättrar upplösningen och reducerar bruset är implementerad som en reelltidsfunktion i oscilloskopets ASIC, så förblir insamlings- och bearbetningshastighet hög. Oscilloskopen är dessutom lätta att använda och mätresultaten är snabbt tillgängliga. Alla analysverktyg, inklusive automatiska mätningar, FFT och historik förblir tillgängliga när man använder "High Definition".

SWITCHADE KRAFTAGGREGAT är en integrerad del av modern elektronik. De omvandlar elektrisk kraft från en kraftkälla till en last samtidigt som de omvandlar ström och spänning så att de levererar rätt spänning till lasten. Ett möjligt kriterium för att definiera switchade kraftaggregat är typen av

ingångs- eller utgångsspänning. Till exempel omvandlar en DC/DC-omvandlare en DC-spänning på ingången till annan DC-spänning på utgången som är antingen högre (uppkonvertering) eller lägre (nedkonvertering). Det finns många applikationer för DC/DC-omvandlare, till exempel i kraftaggregat för PC och laptop till mobiltelefoner och bilar. På grund av deras switchhastighet används ofta MOSFET-transistorer för switchningen, varvid verkningsgraden hos transistoren helt naturligt är en viktig faktor. Förlusteffekten måste, oavsett typ, vara så låg som möjligt. En nyckelparameter i detta fall är $R_{DS(on)}$. När transistoren är i ledande tillstånd fungerar den som ett motstånd mellan drain och source. Värdet på detta motstånd som varierar beroende på arbetspunkt, bestämmer effektförlusten hos omvandlaren.

$R_{DS(on)}$ HOS en DC/DC-omvandlare beräknas utifrån drain strömmen och drain-source spänningen. Båda måste därför mätas noggrant. Mätningen av drain-source spänningen är en speciell utmaning när man mäter med oscilloskop. När transistoren är i tillslaget läge är spänningen väldigt låg, i storleksordningen några hundra mV. Däremot när transistoren är i frånslaget läge kan spänningen vara mycket hög. I extremfall kan skillnaden i spänningsnivå när transistoren är i tillslaget läge och i frånslaget läge skilja flera hundra volt. Som framgår av figur 7 och figur 8, så krävs mer än 8 bitars upplösning för att man skall kunna göra noggranna mätningar av de låga spänningarna.

Den övre halvan av figur 7 visar en komplett switchperiod hos en MOSFET-transistor, medan den undre halvan visar en inzoomad del av drain-source spänningen som mäts. Bruskomponenten är alltför stor för att tillåta någon tillförlitlig mätning av drain-source spänningen. Om man i stället slår på "High Definition" funktionen och använder en vertikal upplösning av 16 bitar, så reduceras brusnivån väsentligt, vågformen



blir skarpare och visar mer detaljer (figur 8). På så sätt försäkras man sig om noggranna mätresultat och det är möjligt att beräkna $R_{DS(on)}$ för omvandlaren.

För att få en fullständig bild av det hela måste det påpekas att en Rogowskispole användes för att mäta drain strömmen i detta exempel. Rogowskispolen fångar bara AC-komponenten hos signalen, vilket betyder att vågformen för strömmen måste ha en DC-offset. Därför är det inte tillräckligt att dividera individuella spänningsvärden med motsvarande strömvärden för att beräkna ett korrekt värde för $R_{DS(on)}$. I stället måste man göra en differentiell ansats. När transistoren slås till ökar både drain-source spänningen och drainströmmen i det närmaste konstant under en definierad tidsperiod. Som framgår av figur 9, beräknas därför $R_{DS(on)}$ baserat på Δu_{DS} och Δi_D under denna tidsperiod.

MAN ANVÄNDER "High Definition" oscilloskop i applikationer som kräver en förbättrad vertikal upplösning. Detta är fallet primärt när testsignalen har ett stort dynamiskt omfång. En flexibel metod för att realisera "High Definition" är genom digital signalbehandling. "High Definition" funktionen hos oscilloskopen R&S RTO och R&S RTE ger en upplösning av upp till 16 bitar. Signaldetaljer som annars skulle förbli oupptäckta för att de dolts av brus blir nu synliga och ger mer noggranna mätresultat. Det digitala triggssystemet tillåter också trigging på detaljer i signaler vilket gör att man kan isolera intressanta förlopp. Varje grundenhet kan förses med option R&S RTO-K17 respektive R&S RTE-K17 för att lägga till "High Definition" funktionen. Användaren kan därför vara flexibel och anpassa instrumentet när behovet uppstår. På så sätt kan användaren dra nytta av både instrumentets höga bandbredd (upp till 4 GHz för R&S RTO och upp till 2 GHz för R&S RTE) och den förbättrade vertikala upplösningen med "High Definition" funktionen. ■