

5:4 Analog/Digital omvandling

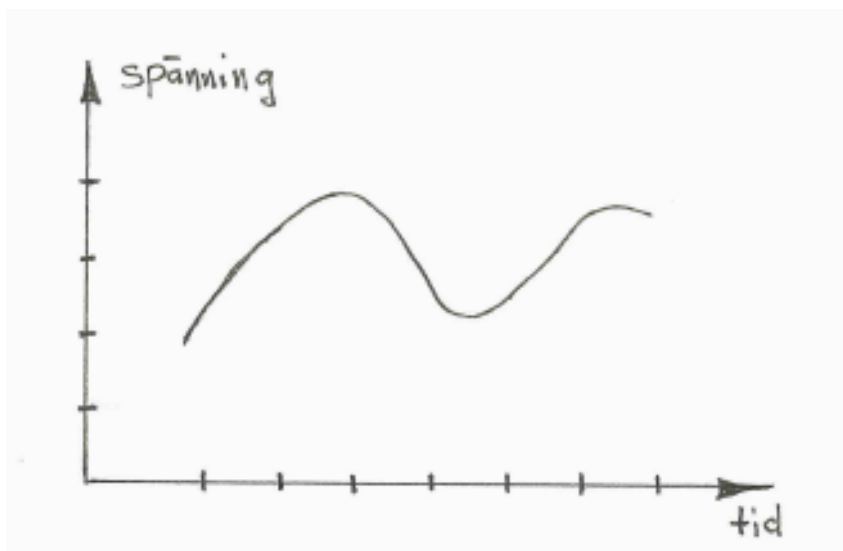
Inledning

Den värld som finns omkring oss är analog. Ljud t.ex. är en vågrörelse, som fortplantar sig kontinuerligt i luften utan några avbrott. Om man avbildar en ljudvåg som funktion av tiden, så får man en kurva som "hänger ihop" utan några avbrott.

När man spelade in musik förr, så överförde man ljudsignalen direkt på ett "analogt" medium, t.ex. en vinylskiva (LP) eller en bandspelare med ett magnetiskt band. Ljudkvaliteten var god, men den försämrades ju fler gånger man spelade upp skivan eller bandet. Damm samlades i skivspåret och pickupens nål nötte på skivspåret, och bandspelarens tonhuvud samlade på sig magnetism och förstörde de högre frekvenserna av det inspelade materialet. När musiken var tyst kunde man med andra ord höra ett allt kraftigare bakgrundsbrus från skivspåret eller magnetbandet.

I äldre telefonsystem fördes den analoga signalen från mikrofonen vidare via förstärkare och telefonväxlar till mottagaren. I en analog signal finns alltid ett brus närvarande. Om telefonsignalen skulle överföras långa sträckor så måste den passera många förstärkare för att kompensera för spänningsfall i ledarna. Tyvärr adderar varje förstärkare ett eget brus som läggs till bruset i originalsignalen. Efter ett antal förstärkningar så var det mycket svårt att höra den nyttiga signalen, eftersom bruset kom att dominera starkt.

I och med digitalteknikens intåg har många av dessa problem lösts. Så länge systemet kan skilja mellan ettor och nollor så har vi ingen störning av tal eller musik. Om ett telefonsamtal skall överföras på långt avstånd så återskapar man med jämna mellanrum originalsignalen. Då detta görs



Del av analog signal t.ex. från en mikrofon



På en LP skiva är ljudet lagrat i form av svängningar fram och åter i ett spår. Det hela ser ut som ett dike i genomskärning. Ju starkare ljud som är inspelat desto större svängningar i skivspåret. Pickupen, som sitter på tonarmen t.h. har en nål av diament som känner variationerna i spåret, och dessa överförs till en elektrisk signal.

innan signalnivåerna blivit degraderade så får man ingen förändring i kvalitet. En etta förblir en etta och en nolla förblir en nolla. Inget brus eller andra konstigheter stör den inspelade signalen. Är det problem med överföringen så får man bitfel, men om detta undviks så har man originalkvalitet vid överföring över långa avstånd.

Inte undra på att digitala musikmedier och digital långdistansöverföring har blivit en dundersuccé !

Analog/Digital omvandling, sampling

Här kommer en liten introduktion om vad som händer när en analog signal skall omvandlas till en digital motsvarighet. Detta görs möjligt genom att man regelbundet tar "stickprov" av den analoga signalen. Detta kallas på engelska för **sampling** eller på svenska "provtagning". Under en viss tid "fryser" man det analoga signalvärdet, och omvandlar det till ett digitalt med ettor och nollor.

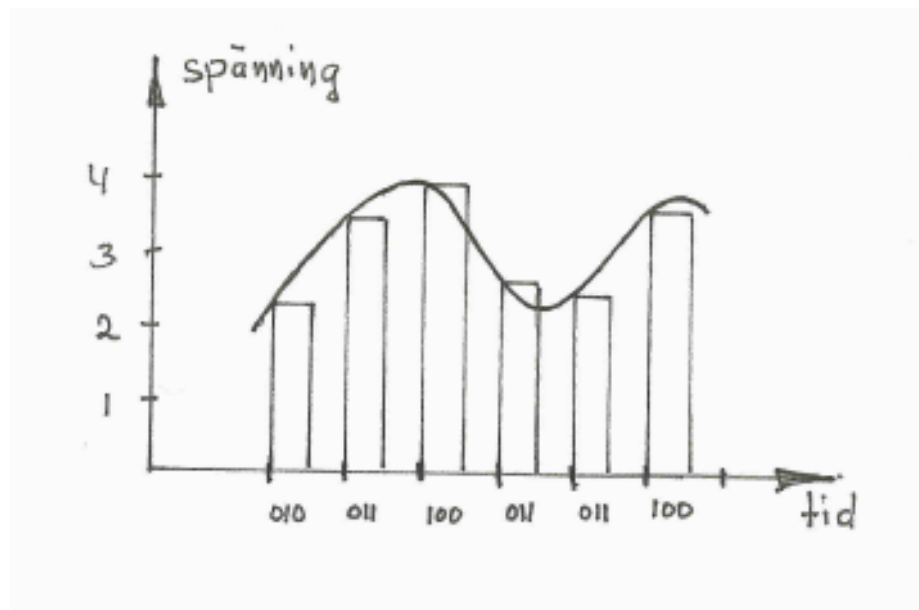
Om man har en byte (= 8 bitar) till sitt förfogande i den digitala världen, så har man $2^8 = 256$ olika steg till sitt förfogande.

Det lägsta analoga värdet får representeras av talet 0000 0000 (0 i decimalsystemet)

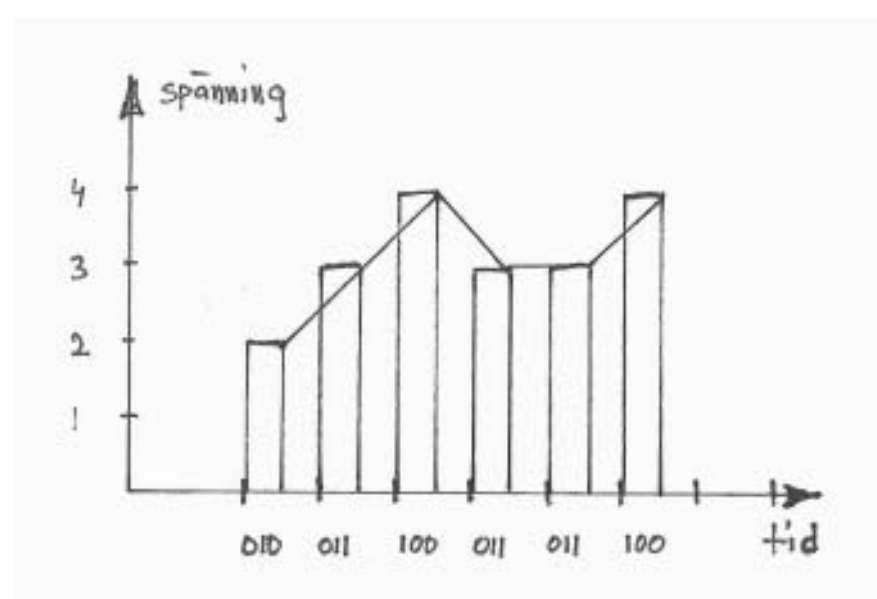
Det högsta av talet 1111 1111 (255 i decimalsystemet)

Mittvärdet blir 0100 0000 (128 i decimalsystemet)

Omvandlingsproceduren sker i en Analog/Digital omvandlare, eller A/D omvandlare. In kommer en



Bilden visar hur en analog signal samplas och fryses under det att samplet omvandlas till ett digitalt tal. Här har vi visat 3-bitsord, dvs min 0 max 7 om man ser det i decimalsystemet. Avrundning sker till närmaste heltal, vilket gör att man får ett fel. Om man har tillräckligt många bitar i systemet (16 bitar i stället för 3) så kan man inte upptäcka detta fel.



Här återskapas "originalsignalen". Notera att den återskapade signalen blir en styckvis linjär kopia av originalet. Inga böjda linjer som i originalsignalen. Är det tillräckligt tätt mellan samplen och många digitala nivåer (här endast 8) hör man ingen skillnad mellan original och den digitala inspelningen. Jämför resultatet med originalsignalen i figuren ovan. Det blir skillnad, men här har vi arbetat med endast tre bitar.

analog signal, och ut kommer en skur av 8 bitsord i en bestämd takt.

Under tiden som A/D omvandlingen sker så fryses den analoga signalen, och när A/D omvandlingen är färdig, så tas ett nytt sampel, signalen fryses och ett nytt digitalt ord bildas. Skuren av digitala ord som A/D omvandlaren producerar måste tas hand om kontinuerligt och lagras t.ex. på en hårddisk i en dator. Signalvägen måste vara öppen hela tiden så inget sampel går till spillo. Då kommer man inte att kunna spela upp den digitala signalen utan att den förvrängs.

Digital/Analog omvandling

När man sedan skall lyssna på den digitala signalen så förs den till en Digital/Analog omvandlare, eller en D/A omvandlare. Här sker det motsatta, dvs det digitala värdet omvandlas till sin analoga signalnivå.

Som du ser blir signalen ”kantig”, och du tror att det kommer att låta konstigt, men det fungerar utmärkt. Ju fler digitala nivåer vi har till vårt förfogande, desto mer naturtrogen blir den analoga signalen när den återskapas. En CD har t.ex. 16 bitars digitala ord lagrade, och det låter ju ganska bra, eller hur? När du talar i telefon med din kompis så har digitalinformationen 8 bitar, och det duger bra till att överföra tal med hygglig ljudkvalitet.

Hur fort skall man sampla ?

Nu skall man inte tro att det bara är att skaffa sig en A/D omvandlare och mata in ett sampel per sekund och tro att man kan återge musik med detta. Så enkelt är det inte. Det råder ett samband mellan den högsta frekvens man skall spela in och hur ofta man skall sampla. Regeln lyder:

Man måste sampla med en frekvens som är minst dubbelt så hög som den som man skall spela in.



Bildsekvensen av ett hjul som roterar medurs men som samplas med en för låg frekvens och som kommer att ge felaktig information. I detta fall kommer betraktaren att uppfatta det hela som att hjulet roterar moturs. Titta på det svarttejpade avsnittet på hjulet och ha det som referens.

Det kan man intuitivt förstå. Om man samplar för sällan, så hinner en väldig massa information gå förlorad tills nästa sampel tas. Det betyder att vi får en förvrängd digital signal som på intet sätt kan återskapa originalet.

Du har säkert på TV eller bio sett hur bilhjul rör sig baklänges trots att bilen bevisligen rör sig framåt.

Anledningen är att bilden samplats för sällan. På bilderna nedan ser du vad som händer om vi tittar på en fix punkt på ett bilhjul som roterar medurs. Ha bilden till vänster som referens. När hjulet roterat nästan ett varv så tas nästa bild. Efter att ytterligare ha roterat nästan ett varv tas en tredje bild osv. Resultatet blir en bildsekvens som visar ett hjul som roterar baklänges eller moturs.

A/D och D/A omvandling tar tid

Som du sett har vi ett litet problem till att bearbeta i samband med A/D och D/A omvandling:

Det hela tar tid.

Våra öron och ögon är känsliga ting, och vi är speciellt duktiga på att registrera tidsfördröjningar. Om en ljudsignal fördröjs mer än 25 ms, dvs 0,025 s, så kan vi uppfatta det som ett eko. Detta gör att man t.ex. i telekommunikationssystem måste sätta in en ekosläckare. I samband med satellittelefoni märks detta tydligt, då ett satellithopp tar 0,5 s. Det är mycket besvärande att tala i telefonen om ens röst kommer tillbaka med 0,5 s fördröjning. Detta faktum drev fram utvecklingen av ekosläckare.

Titta på TV och avgör om bild och ljud är synkrona !?

Om man samtidigt skall visa bild och ljud så gäller det att ha kontroll på de olika samplingsfrekvenserna för bild och ljud liksom att fördröjningen är olika i de olika signalvägarna. Annars går det som på TV ibland: bild och ljud är ur fas. Ljudsignalen kommer ofta fram snabbare än bildsignalen. Titta på munrörelserna hos den som pratar och jämför med ljudet. Ljudsignalen kommer före ! Varför är det så?

Svar: Anledningen är bland annat att ljudsignalen samplas med mycket högre frekvens än bildsignalen. Bilden samplas ju med 25 bilder per sekund, dvs det går 40 ms eller 0,040 s mellan varje bild. En kort fördröjning kan man tycka. Motsvarande samplingsfrekvens för ljudet är emellertid betydligt högre, runt 40 kHz. Det blir 2,5 us eller 0,000 002 5 s mellan varje ljudsampel. Det blir med andra ord många ljudsampler (1600 st) för varje bildsampler, och med lite extra fördröjning i bildkedjan så blir effekten helt märkbar.

Sammanfattning:

1. Analog ljudlagring medför att alla signalens variationer kontinuerligt lagras, t.ex på band eller skiva
2. Digital ljudlagring betyder att den analoga signalen måste samplas (lagras) med bestämda tidsmellanrum
3. På varje sampel mäts spänningen, och den omvandlas till ett digitalt mätvärde
4. Ju fler digitala siffror desto fler spänningsnivåer har man tillgång till och därmed träffar man mer rätt
5. En förutsättning för att man skall få en rättvisande bild av signalen är att man samplar tillräckligt ofta
6. Svensken Nyquist sade tidigt att man måste sampla med en frekvens som är minst dubbelt så hög som den som skall spelas in. Gör man inte det får man förvrängning. Se bildsekvensen om bilhjulet.