

Hvordan kan computeren fungere som frekvensanalysator?

I forbindelse med min artikel om oscillatorstøj og oscillatorer, OZ nr.2-06, hvor jeg anvender lyd-kortet i computeren som signalanalysator (spektrumanalysator), har jeg fået flere spørgsmål, herunder ovenstående, og da dette kan have interesse i mange andre sammenhæng vil jeg her forsøge at forklare det på min "uakademiske" måde.

Først må man se på forholdet imellem tid og frekvens. Figur 1A viser et sinusformet signal på en frekvensakse og på figur 1B ses det samme signal på en tidsakse. Dette er muligt fordi man kan omregne imellem tid og frekvens med formlen:

Frekvensen i Hz = 1/ tid i sek. I figur 1 vil dette være $1/ 0,001(1\text{ms}) = 1000 \text{ Hz (1kHz)}$.

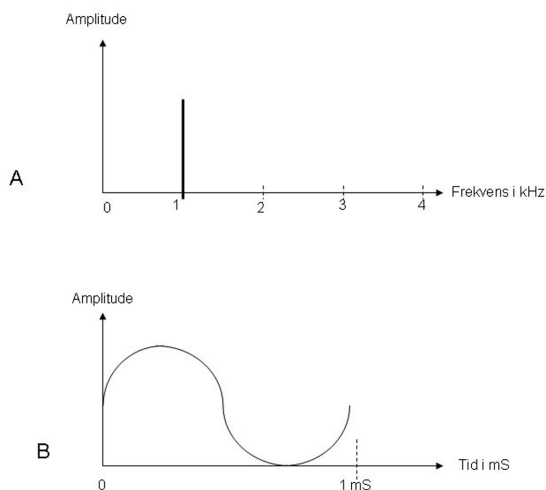


Fig. 1

Når man så udnytter denne naturlige sammenhæng imellem tid og frekvens i forbindelse med en anden naturlov, som en vis Hr. Fourier fandt ud af i sidste århundrede, nemlig at et signal der ikke er sinusformet, dannes af flere sinusformede signaler som består af grundfrekvensen og dennes harmoniske svingninger. Omvendt kan et signal der ikke er sinusformet, opdeles i grundfrekvensen og de harmoniske svingninger. Dermed har man det der skal til for at undersøge signaler over et bestemt tidsrum (i diagrammer vist på en vandret tidsakse) og omsætte (transformere) disse til frekvenser (vist på en vandret frekvensakse.) Processen kan også gennemføres i omvendt rækkefølge.

Da det var Hr. Fourier der opdagede "fidusen" kaldes dette Fourier Transformation. Når Fourier

Transformation (FT) anvendes i forbindelse med computere, som kan beregne signalerne samtidig med at de opstår, kaldes det Fast Fourier Transformation(FFT). Dette gør at FFT kan benyttes til både at undersøge og filtrere signaler, ved at omsætte signalerne fra tid til frekvenser og filtrere frekvenserne og igen omsætte disse til tid. Denne omvendte funktion kaldes Invers Fast Fourier Transformation(I FFT). Den mest udbredte anvendelse af FFT blandt radioamatører er som LF - spektrumanalysator, hvor man tager lyden og sender den ind i computerens lyd-kort, som med hjælp fra et computerprogram ændrer lyd-kortet til en LF - spektrumanalysator. Den samme teknik benyttes også i moderne transceivere der er udstyret med skærmdisplay. Fordelen ved denne LF- spektrumanalysator, frem for det måleapparat man normalt forbinder med ordet spektrumanalysator er, at man kan måle med en utrolig smal båndbredde helt ned til under 1 Hz. Dette gør den også velegnet til mange signaltyper som f.eks. PSK 31, langsomme CW tegn mm. hvor selv tegn og signaler under hørbarhedsgrænsen kan opfattes, utroligt! Er man interesseret i at undersøge et HF signal, som f.eks. en SSB senders intermodulation eller oscillatorers sidebåndsstøj, kan man bygge sig en simpel modtager der omsætter HF signalerne til LF signaler som Lyd-kortet kan behandle. Se bl.a. min artikel i OZ nr.2-06.

Vi vil nu se på hvordan FFT virker i praksis, ved at danne et digitalsignal (firkantsignal) ved hjælp af sinuskurvens grundfrekvens og dens harmoniske, for derefter igen at adskille dette igen i alle

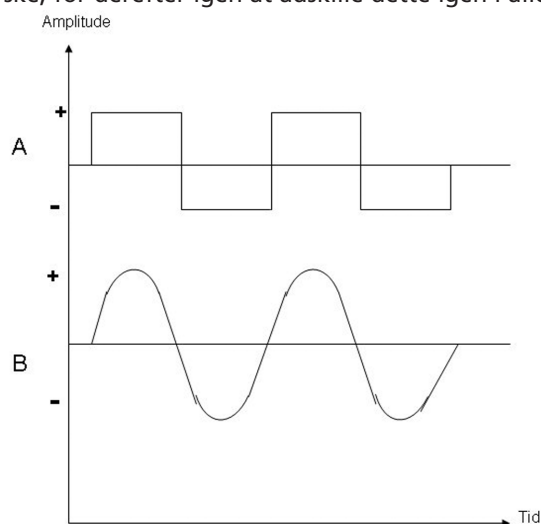
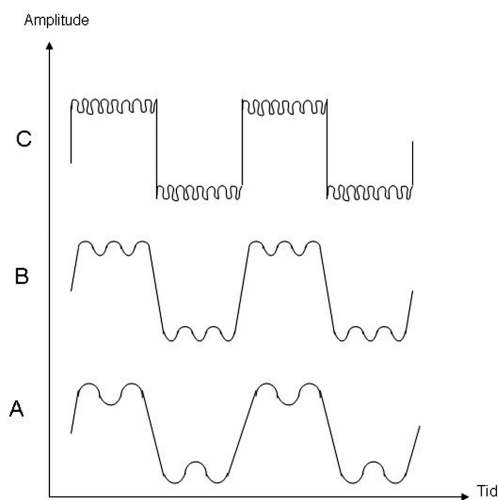


Fig. 2

dens sinusformede enkeltdele. For at lette forståelsen starter vi med at opbygge et signal, selv om det er adskillelsen af signalet, i grundfrekvensen og de harmoniske svingninger, der har interesse i forbindelse med en LF - spektrumanalysator.

I princippet er det så enkelt som at tage 10 byggeklodser (1 grundfrekvens og 9 harmoniske) og bygge et hus (firkantsignal), for derefter at nedbryde det igen i (1 grundfrekvens og 9 harmoniske).

Vi begynder med at opbygge et digital (firkantsignal) ved hjælp af et sinussignal. På figur 2A ses to svingninger af firkantsignalet, og det bemærkes at der er meget lidt sammenfald imellem formen på firkantsignalet og sinusformen i figur 2B der har samme frekvens og antal svingninger. Der er kun to sammenfald i hver svingning, én øverst i den positive og én underst i den negative del af hver svingning, men sammensætter man grundfrekvensen med dennes mange ulige harmoniske (3., 5., 7., 9. o.s.v.) så dannes firkantsignalet, idet flankernes stejlehed på kurven øges efterhånden som antallet af harmoniske stiger, som det fremgår af figur 3. Dette princip gælder for alle typer signaler, og ikke kun for firkantsignaler.

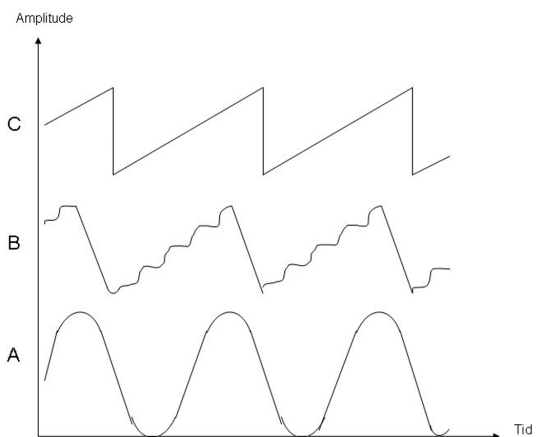


Figur 3A viser grundfrekvensen og dens 3. harmoniske.

Figur 3B viser grundfrekvensen og dens 3. og 5. harmoniske.

Figur 3C viser grundfrekvensen og dens 3 til 9. harmoniske

En undtagelse er dannelsen af savtaksignalet som sammensættes af grundfrekvensen med alle harmoniske (2., 3., 4., 5., 6. o.s.v), men også her, øges flankernes stejlehed med antallet af harmoniske, som det fremgår af figur 4.



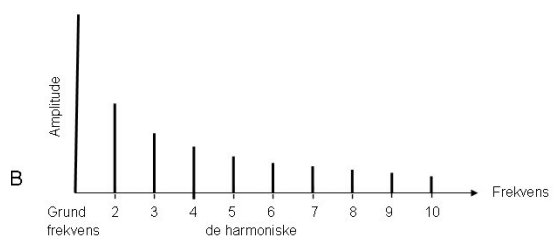
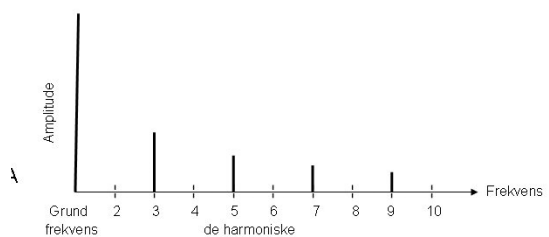
Figur 4A viser grundfrekvensen.

Figur 4B viser grundfrekvensen og dens 1. til 4. harmoniske.

Figur 4C viser grundfrekvensen og dens 1. til 10. harmoniske

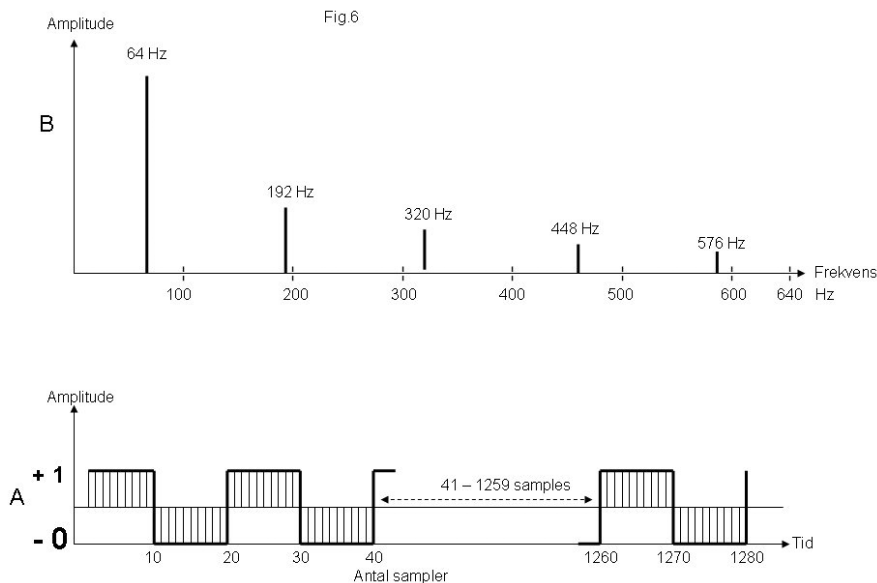
På alle figurerne 1b, 2, 3 og 4 er signalerne vist på en tidsakse, der viser hvor lang tid signalet bruger.

Omsættes signalerne i figur 3 og 4 nu til frekvenser, så bliver billedet som vist på figur 5. Bemærk at amplituderne på de harmoniske aftager efterhånden som de fjerner sig fra grundfrekvensen udad frekvensaksen. Den 3. harmoniske har 1/3 af amplituden der er i signalet på grundfrekvensen, den 5. har 1/5 osv. Frekvensområdet fra grundfrekvensen og op til den 10. harmoniske danner båndbredden for hele signalet.



Figur 5A viser firkantsignalerne fra figur 3C på frekvensaksen.

Figur 5B viser savtaksignalet fra figur 4C på frekvensaksen



Figur 6B viser signallerne 64 Hz, 192 Hz, 320 Hz, 448 Hz og 576 Hz som svarer til grundfrekvensen og den 3., 5., 7. og 9. harmoniske

De efterfølgende harmoniske er så svage at de er betydningsløse for dannelsen af bølgeformen, og vil kun øge båndbredden unødigt.

Efter at vi nu har opbygget et digitalsignal (firkantsignal) ved hjælp af sinuskurvens grundfrekvens og dets harmoniske, vil vi nu adskille et digitalsignal (firkantsignal) i alle dens sinusformede enkeltdele. I figur 6a er et eksempel på et inputsignal der er vist på en tidsakse. Det består af et antal digitalsignaler (firkantsignaler) som vi her vil sample 1280 gange i 1 sekund. At signallerne samples, betyder at firkantsignalernes spænding i tidsforløbet undersøges og registreres 1280 gange.

Firkantsignalet består af lige store intervaller på 1 Volt og 0 Volt (et forhold på 1:1), som gentages 64 gange med 10 sampler på 1 Volt og 10 sampler på 0 Volt.

Efter at omsætningen fra tid til frekvens (Fourier transformationen) har fundet sted, ses outputtet på frekvensaksen i figur 6B. Den maksimale frekvens der kan behandles er en frekvens hvor sample værdierne skifter uafbrudt imellem "101010101010....." alle andre kombinationer af "1" og "0" giver en lavere frekvens. Den lavest mulige sampling frekvens, skal derfor altid være det dobbelte af den højeste frekvens der findes i signalet som skal samples. Som nævnt anvendes der ét sekund til at afvikle de 1280 sampler, og da den maksimale frekvens har en bølgelængde på 2 sampler, "1" og "0" som gentages 640 gange, får vi en frekvens på 640 Hz. Ser vi nu på figur 6A, så omfatter hvert enkelt

digitalsignal (firkantsignal) 20 sampler, så derfor må grundfrekvensen, når vi som nævnt kun medtager de første 10. harmoniske, være 1/10 af de 640 Hz, hvilket så er $640/10 = 64$ Hz.

Jeg håber at dette har givet forståelse af hvori Fourier transformationen består og hvordan et softwareprogram kan vise et frekvensområde på en computer eller på en moderne transceiver med skærmdisplay.

Til yderligere at anskueliggøre Fourier transformationen billedlig, findes bl.a. et gratis lille DOS program på Internettet der hedder Fourier.exe af H-Garland. Har du i øvrigt spørgsmål så send en e-mail til OZ5WK@QRZ.DK og jeg skal svare så langt mine evner rækker!

Efterlysning

Hvem har taget forsidebilledet

Nej der er sådan set ikke nogen, der har taget forsidebilledet på dette nummer af OZ, men "nogen" har taget de oplysninger, der fulgte med dette glimrende billede. Jeg har ledt og ledt, men hverken på computeren eller i papirbunkerne, kan jeg finde det følgebrev, som jeg tydeligt husker fulgte med, og som ud over at fortælle om billedet også oplyste, hvem der havde fotograferet.

Indsenderen bedes derfor henvende sig, så vi kan fortælle lidt om billedet, og vedkommende kan få tilsendt sit honorar.

Ring eller mail til HR: tlf 75 83 38 89 mail OZ8XW@edr.dk