Wat aantekeningen m.b.t. de nieuwe Exameneisen Radiotechniek en Voorschriften 1 voor de Amateurvergunning F.

Af en toe vinden er aanpassingen in de exameneisen plaats. Dat is het gevolg van een gezamenlijk besluit van de vertegenwoordigers van een groep landen waarin onze licentie geldt. Die organisatie heet **CEPT** (**C**onférence **E**uropéenne des **P**ostes et des **T**élécommunications)
U mag aannemen dat dit zorgvuldig gebeurt. Ieder land van de groep kan voorstellen indienen en het kost meestal een paar jaar voor het eindbesluit bekend is.

Voor de examenkandidaat betekent dit in Nederland dat hij deelneemt aan een examen ter verkrijging van een HAREC-certificaat.
Dat **HAREC** staat voor "ge**har**moniseerd amateurradiozend**e**xamen **c**ertificaat" en is dan het gevolg van het gezamenlijk besluit van die groep vertegenwoordigers.
In feite is het resultaat van dit gezamenlijk besluit een document met een aanbeveling.
De naam van het document is bijv. Recommandatie T/R61-02.

In Nederland vindt de uitvoering plaats door het Agentschap Telecom, een onderdeel van het Ministerie van Economische Zaken. In de wandelgangen AT-EZ genoemd.
Ze worden hierbij geholpen door een groep personen die we kennen als de Examencommissie voor de amateurradiozendexamens, kortweg de ExCie.
De ExCie onderzoekt de vereiste kennis en vaardigheid voor een "Vergunning voor het doen van onderzoekingen".

Deze ExCie bestaat voor een gedeelte uit voorgedragen leden van beide amateurverenigingen en daarnaast enige personen op voordracht van AT-EZ en op voordracht van de voorzitter ExCie (en die is altijd AT-EZ-er)
Deze ExCie leden hebben de officiële status als examinator en hun namen worden jaarlijks vermeld in de Staatscourant.

De toekomstige DSP Syllabus onderwerpen voor de Amateurvergunning F.

Inmiddels is de besluitvorming rond en bekend wat de nieuwe examenonderwerpen zijn voor de F licentie.
Deze onderwerpen worden genoemd in een zg. syllabus en dat is wat de buitenwereld krijgt aangereikt door AT-EZ. Aanvankelijk gaat zoiets via een **K**lein **A**mateur **O**verleg (**KOA**) tussen AT-EZ en beide amateurverenigingen. Een cursusboek schrijven of een aanpassing erop zal dan altijd dienen te geschieden vanuit de inhoud van de syllabus.

Een geheel nieuw examen-onderwerp is o.a. **DSP**, wat staat voor **D**igitale **S**ignaal **P**rocessing.

Ik heb geprobeerd dat onderwerp persoonlijk te verkennen in het belang van nieuwe kandidaten en opleiders en het resultaat ziet U in het vervolg.

Als VERON lid koos ik voor publicatie op de website van mijn vereniging. Hiermee geef ik U de mogelijkheid een indruk te krijgen van wat er op ons af komt.

Ik denk dat het aan te bevelen is, na bestudering van de syllabus (die zal binnenkort wel beschikbaar komen, s.v.p. mij dus niet hierover benaderen) en mijn artikel, snel in de

gelederen een zoektocht te starten naar aanwezige kennis op dit gebied t.b.v. het aanpassen van opleidingen. Dus candidaat, opleider en verenigingen doe er Uw voordeel mee.

Graag dank ik een aantal medeamateurs voor hun hulp en correcties.

Martin J. Köppen (PA0MJK) in Wijchen
pa0mjk@amsat.org

Nieuwe DSP onderwerpen voor F.

Versie: 28-02-2006

1.8 Digitale modulatievormen: FSK, 2-PSK, 4-PSK en QAM

FSK is de afkorting van **F**requency - **S**hift **K**eying. Vrij vertaald: **in frequentie geschakelde modulatie**

2-PSK is de afkorting van **2- P**hase - **S**hift **K**eying. Vrij vertaald: **in 2 fasen geschakelde modulatie (0º en 180º)**

4-PSK is de afkorting van **4- P**hase - **S**hift **K**eying, wordt ook QPSK genoemd. Vrij vertaald: **in 4 fasen geschakelde modulatie (0º, 90º, 180º en 270º)**

Het zijn **digitale modulatievormen** en men noemt ze ook wel m-niveau ASK of exponentiele modulatie. Hoe meer fasen en amplitudes gekozen worden, hoe meer informatie per tijdseenheid verzonden kan worden.
De storingsgevoeligheid neemt dan wel toe.

QAM is de afkorting van **Q**uadrature **A**mplitude **M**odulation
Het is een variant van amplitude modulatie waarbij de sinus en de cosinus van de draaggolf met aparte informatie in amplitude worden gemoduleerd. Het zogenaamde *kwadratuur model* stamt uit de analoge wereld en wordt dan o.a. voor kleuren TV toegepast. Het resultaat is fase- en amplitudemodulatie tegelijkertijd. De twee informaties zijn aanwezig in beide zijbanden, maar kunnen m.b.v. twee productdetectoren, de ene op de sinus en de andere op de cosinus, worden teruggewonnen.
Tegenwoordig is QAM een belangrijke digitale modulatie methode voor modem (**mo**dulator-**dem**odulator) en digitale kabel-TV toepassing. 4-PSK (QPSK) kan voorgesteld worden als QAM met twee binaire modulerende signalen.

1.8 Digitale modulatie: bitsnelheid, symboolsnelheid (baudsnelheid) en bandbreedte.

De **bit** is een samenvoeging van **bi**nary en digi**t**.
Het is de kleinste digitale- of logische informatie en kan twee binaire waarden aannemen: 1 of 0; hoog of laag; waar of onwaar. De uitdrukking bitrate of **bitsnelheid** wordt ook de transmissiesnelheid genoemd en is de (benodigde) gegevenssnelheid op een bepaald punt in een communicatiesysteem. De eenheid is **bit/s** (bit per seconde)

We kennen ook de **symboolsnelheid** en die wordt in de transmissietechniek toegepast.
De eenheid is de **baud** en daarom wordt die ook wel **baudsnelheid** genoemd.

Voorbeeld: informatie (bij seintekens) bestaat uit elementen met een tijdsduur van bijv. 20 msec. Dan is de symboolsnelheid 1000/20 = 50 baud. De tijdsduur van het kortste element bepaalt deze snelheid, ook als sommige elementen (als spaties) langer duren. Alleen indien één element twee toestanden kent (0 of 1) dan is het aantal baud gelijk aan het aantal bit/s.

1.8 Foutdetectie en - correctie: CRC (toepassing packet radio); ARQ en FEC (toepassing AMTOR)

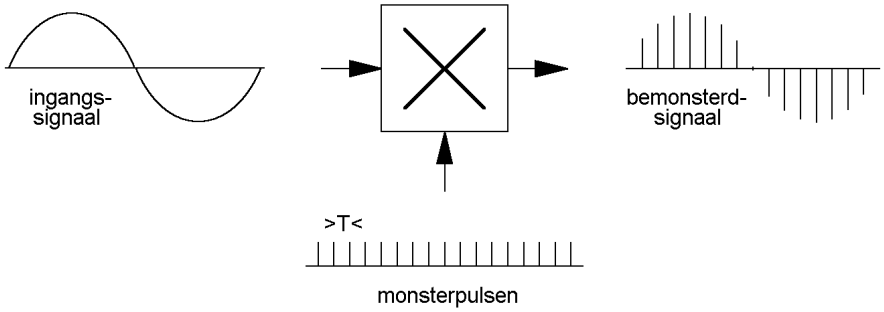
CRC is de afkorting van **C**yclic **R**edudancy **C**heck. Het is een wiskundige bewerking en vrij vertaald betekent het: een rondgaande check ter voorkoming van overbodige herhalingen. Het resultaat van CRC wordt meegezonden met de data en het ontvangende station gebruikt dit om de integriteit van die data te controleren. Het wordt toegepast in **packet radio** en is een **foutdetectie** systeem.

ARQ komt van **A**utomatic **R**epeat **R**equest en kan omschreven worden als: het automatisch vragen om herhaling, na het toezenden van data, waarop de **foutcorrectie** faalde (d.m.v. ACK of NAK), of door te gaan met toezenden de volgende tekst of data.
Die techniek wordt toegepast om automatisch foutloze informatieoverdracht in **AMTOR** (**AM**ateur **T**eletype **O**ver **R**adio) te waarborgen.

Een ander systeem uit de telex, - of teletype wereld (o.a. AMTOR) is **FEC** wat de afkorting is van **F**orward **E**rror **C**orrection. Dit is een **foutcorrectie** systeem waarbij er vanuit gegaan wordt dat het data ontvangende station in staat is zelf wat fouten te corrigeren en tot op zekere hoogte te detecteren als correctie niet mogelijk is.

1.10 Bemonsteren en kwantiseren

Uit het Engels kennen we het woord sample en dat is in het Nederlands een monster.
Bemonsteren of sampling kan beschreven worden als een proces van op regelmatige tijdmomenten (dus een beperkt aantal punten) kortstondig de waarde (spanning, stroom) meten aan een continu signaal (wat dus bestaat uit oneindig veel punten) en het tegelijkertijd opslaan van de meetresultaten.Gedurende de meettijd wordt de te meten waarde dan constant verondersteld.
Deze meetresultaten zijn nog analoog en via **kwantiseren** worden de oneindige aantal niveaus omgezet in een getal van een beperkt aantal waarden en meestal binair gecodeerd.
In de praktijk zal het opslagmedium een geheugen zijn zoals we dat van de computer kennen. Dat geheugen is weer uit te lezen en als we de resultaten aan elkaar plakken is het nieuwe signaal een monster van het gemeten signaal. Zo'n monster bevat vaak niet meer alle componenten uit het oorspronkelijke signaal. Zo wordt bijvoorbeeld de signaal/ ruis-verhouding veranderd en dat kan juist de bedoeling zijn.



Om geen informatie kwijt te raken is de bemonsterfrequentie f_s (veel) hoger te kiezen dan die van het te meten signaal.

In de figuur is het principe van bemonstering aangegeven. Het is een vermenigvuldigings -, of mengproces.
Uit het Engels kennen we het woord quantum, wat door ons een kwant of quant genoemd wordt en een scherp omlijnde kleine hoeveelheid (energie) is. Hiervan is **kwantiseren** afgeleid.
In de DSP techniek gebruikt men voor het omzetten van een analoge grootheid (een signaal) in een binair getal, de uitdrukking **kwantiseren** en dat gebeurt typisch m.b.v. een ADC (Analoog Digitaal Converter)

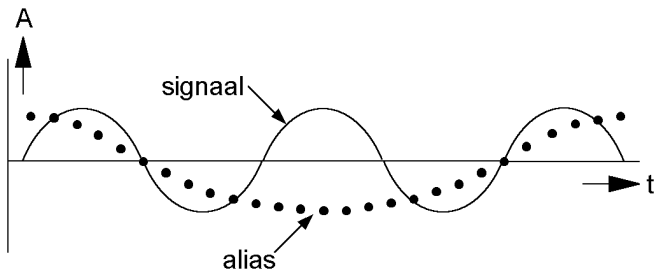
1.10 Minimale bemonsteringsfrequentie (Nyquistfrequentie)

Om bemonstering of sampling mogelijk te maken is de meetfrequentie f_s (veel) hoger te kiezen dan die van het gemeten signaal.
De wiskundige Nyquist heeft al in 1812 regels opgesteld die tegenwoordig nog geschikt zijn voor deze techniek.
Hiervan mag worden afgeleid dat de **minimale bemonsteringsfrequentie** f_s groter moet zijn dan de dubbele waarde van de bandbreedte van het te meten signaal. Bijv. voor een audio-**bandbreedte** tot 20 kHz is een bemonsteringsfrequentie van (iets) meer dan 40 kHz voldoende.

1.10 Anti-aliasfilter, reconstructiefilter

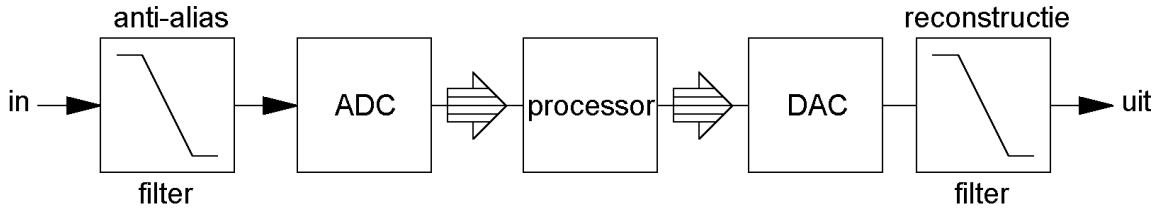
Indien er signaalcomponenten aanwezig zijn met een frequentie die hoger is dan de helft van de bemonsteringsfrequentie treedt er een verschijnsel op dat aliasing heet.
Er ontstaat dan in de DSP keten een ongewenste verschilfrequentie en die dient voorkomen te worden. De figuur toont een voorbeeld van een alias (een soort spiegelfrequentie) die storend werkt op het eigenlijke signaal. Het lijkt op een stroboscopisch effect (in oude films loopt een wiel schijnbaar achteruit…)

Om dit risico te elimineren wordt gebruikelijk een laagdoorlaatfilter vóór de ADC (Analoog Digitaal Convertor) geplaatst. Dat **anti-aliasfilter** heeft ten doel ieder signaal boven een frequentie $f_s/2$ te verzwakken tot een verwaarloosbare amplitude.



Een anti-aliasfilter heeft wat tegenstrijdige eigenschappen: de filterkarakteristiek moet extreem steil zijn, maar z'n fasekarakteristiek dient het te bemonsteren signaal ongemoeid te laten. Dit gaat het eenvoudigst met een analoog filter.

Een ander noodzakelijk filter in een DSP (Digitale Signaal Processing) keten is het **reconstructiefilter**, een laagdoorlaatfilter in de uitgang, dus na de DAC.
Het verzwakt ook signalen boven de frequentie $f_s/2$.



Bovenstaande figuur toont beide laagdoorlaatfilters in het blokdiagram van een DSP systeem.

1.10 Convolutie (tijddomein/frequentiedomein, grafische voorstelling)

Soms heeft de golfvorm en grootte van een signaal alleen onze belangstelling. Die combinatie zien we in het **tijddomein**, denk maar aan de **grafische voorstelling** op een oscilloscoop-scherm. Een andere keer zijn we meer geïnteresseerd in de frequentie, de amplitude en de zijbanden of harmonischen van zo'n signaal. We kijken dan in het **frequentiedomein**.

Het is mogelijk om, wanneer we een signaal in het **tijddomein** kennen, uit te rekenen hoe dat signaal er in het **frequentiedomein**, het frequentiespectrum dus, uit ziet. Wiskundig heeft Fourier hiertoe al in de 19^{e} eeuw goed werk verricht en we maken nog steeds gebruik van zijn inventiviteit. Deze omrekening heet dan ook **Fourier analyse** of **Fouriertransformatie**.

Bij deze berekening wordt van de bekende golfvorm de spanning punt voor punt vermenigvuldigd met de spanning van een sinusvormig signaal van een bepaalde frequentie. Alle gevonden uitkomsten worden bij elkaar opgeteld. De uitkomst geeft aan hoe sterk de frequentie van dit sinusvormig signaal voorkomt in de golfvorm. Dat punt voor punt vermenigvuldigen heet **convolutie** en de optelling heet convolutiesom. Het woord is afgeleid van convolution, wat eigenlijk opgebonden of gebundeld betekent.

Deze convolutiesom moet je bepalen voor alle frequenties waarin je geïnteresseerd bent. Zo ontstaat een spectrum van het signaal met de gegeven golfvorm. Nogal een rekenpartij.

Fourier gaf ook aan hoe je het omgekeerde kunt doen, dus als je het frequentiespectrum precies kent, hoe je dan de bijbehorende golfvorm kunt uitrekenen, de z.g. inverse Fouriertransformatie.

1.10 ADC en DAC

De afkortingen zijn afkomstig van **A**naloog **D**igitaal **C**onverter en **D**igitaal **A**naloog **C**onverter. Converteren is hier het omzetten naar een andere vorm.

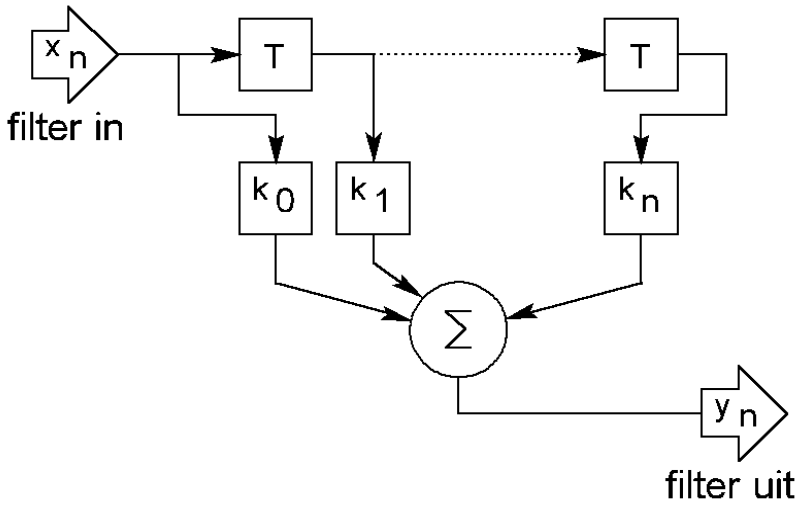
De **ADC** is een schakeling die een analoge spanning omzet in een digitaal getal. Hierin vindt het proces plaats waarin, op aangegeven tijdmomenten gemeten wordt aan een te digitaliseren signaal en de analoge spanning of stroom in digitale vorm (getal of binair nummer) voor verdere verwerking beschikbaar komt.
De **DAC** doet het omgekeerde. Het vertaalt getallen of binaire nummers naar analoge spanningen.
ADC en DAC zijn functionele bouwblokken uit de digitale signaal verwerkingstechniek die ook wel DSP (**D**igital **S**ignal **P**rocessing) genoemd wordt.

3.9 FIR en IIR filter blokschema

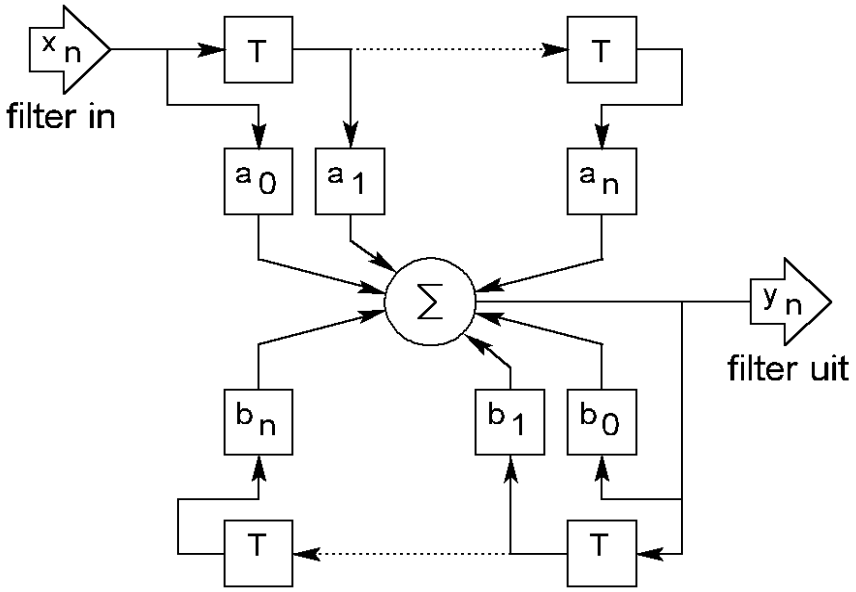
FIR - en IIR filters zijn bouwblokken voor de DSP techniek.

FIR filter is de afkorting van **F**inite - **I**mpulse - **R**esponse **filter** en is vrij vertaald een "eindigende impuls-responsiefilter". Het is een filter dat de uitgangswaarde uitsluitend uit een aantal achtereenvolgende ingangswaarden berekent.
Eigenschappen: het eindige impulsantwoord en hoge stabiliteit, maar voor een beetje scherp filter heb je veel secties (rekenwerk) nodig.

De volgende figuur geeft een blokschema van een algemeen FIR filter waarin T een (digitaal) vertragingsblok van één monstertijd is. De k's zijn coëfficiënten en de sigma Σ verwerkt de resultaten.



IIR filter, ook wel **I²R filter**, is de afkorting van **I**nfinite - **I**mpulse - **R**esponse **filter** en vrij vertaald een "oneindig impuls-responsiefilter". Hierin is de uitgangswaarde geheel of gedeeltelijk door terugkoppeling van de monsterwaarden uit het uitgangssignaal afkomstig.
Eigenschappen: het oneindige impulsantwoord, "rinkelen", neiging tot instabiliteit, wat vraagt om zorgvuldige dimensionering van zo'n filter. Maar als daaraan voldaan is kun je uit met vrij eenvoudige filters (weinig secties)
De volgende figuur geeft een blokschema van een algemeen IIR filter waarin T een (digitaal) vertragingsblok van één monstertijd is. De a's en de b's zijn coëfficiënten en de sigma Σ verwerkt het.



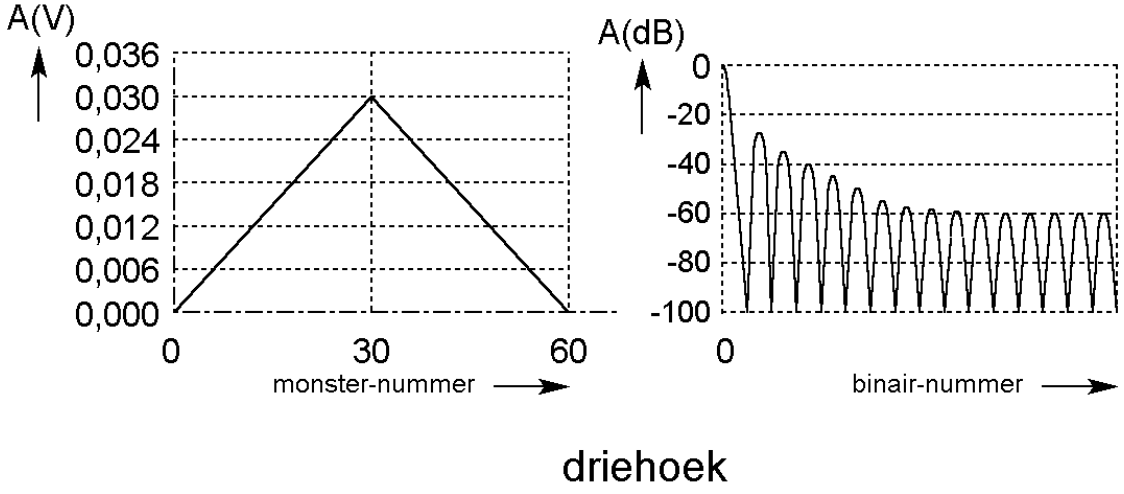
3.9 Fouriertransformatie (DFT, FFT, grafische weergave)

Fourier gaf als wetenschapper vorm aan de wiskunde waarmee fragmenten of segmenten van een signaal van het tijddomein omgezet kunnen worden naar het frequentiedomein.
Wat analoog slechts in heel bepaalde gevallen uit te rekenen was kan met gedigitaliseerde signalen door de computer met 'echte' signalen uitgevoerd worden.
Dat leidt in de **DSP** techniek (**D**igitale **S**ignaal **P**rocessing techniek) tot (snelle) **Fourier - transformatie.**

Enkele gebruikelijke technieken:

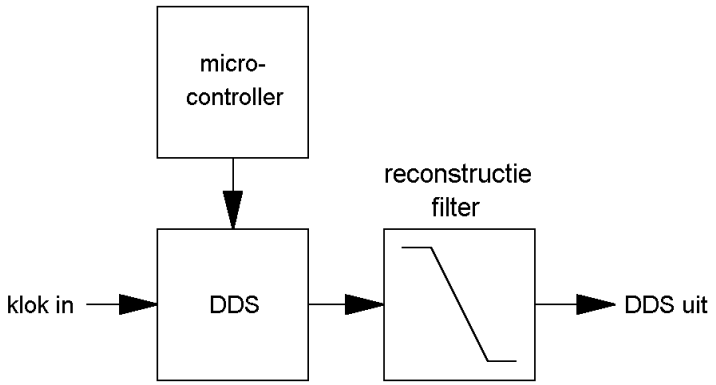
DFT, de afkorting van **D**iscrete (of **D**igital) **F**ourier **T**ransform en vertaald: Fourier - transformatie voor bemonsterde signalen. Het is een digitale uitvoering van de gebruikelijke Fourier-transformatie en wordt toegepast voor een bemonsterd en gedigitaliseerd signaal.
Het vergt erg veel rekenwerk, maar computers (processors) zien daar niet tegenop.

FFT, de afkorting van **F**ast **F**ourier **T**ransform en vertaald: snelle Fourier - transformatie.
Het is een variant van de Discrete Fourier-transformatie en berekent het spectrum van een bemonsterd signaal op een slimmere, en dus snellere, manier. Het stelt daardoor veel minder hoge eisen aan de beschikbare middelen.
De figuren tonen een voorbeeld van een **grafische weergave** na Fourier transformatie van een triangulair of driehoek functie.



3.9 Directe digitale (frequentie)synthese (DDS)

DDS is de Engelse afkorting voor **D**irect **D**igital **S**ynthesis en vrij vertaald: een samenstelsel dat sinusvormige signalen digitaal opwekt zonder dat er terugkoppelingen bij betrokken zijn.
Een snelle DDS is veelal een compleet IC (Integrated Circuit)
Onderstaande figuur toont een blokschema van een typische toepassing.



De DDS berekent door de tijd heen de waarde van de monsters die je aan een DAC toe moet voeren om een mooie sinus van een door jou in te stellen frequentie te krijgen.
Het reconstructiefilter (laagdoorlaatfilter) maakt er dan een doorlopende sinusgolf van.
Dit kan voor ELKE frequentie lager dan de helft van de bemonsteringsfrequentie.
Hij bestaat meestal uit een digitale fasegenerator, gevolgd door een opzoektabel van sinuswaarden.