



M.H. Trompstraat 6
3601 HT Maarssen
Nederland
Tel: + 31 (0) 346 284004
Email: info@totech.nl
Web: www.totech.nl
KvK: 30169033
BTW: NL001961734B19

Cursus "Frequentiespectrum en Ruis"

Inleiding.

In veel vakgebieden wordt gebruik gemaakt van signaalpresentatie in het tijd- en frequentiedomein, zowel in geval van signaalanalyse als signaalbewerking. In het recente verleden vond het grootste deel van de signaalbewerking plaats met behulp van analoge elektronica (filters, vermenigvuldigers, sommatoren, etc). Voor analyse was de oscilloscoop, xt-schrijver en analoge spectrum analyzer het aangewezen middel.

Met de komst van snelle digitale hardware zijn analyse- en bewerkingsmogelijkheden beschikbaar gekomen die niet of nauwelijks realiseerbaar zijn met analoge technologie. Dit alles tegen steeds lagere prijzen. Mede daardoor krijgen steeds meer technici te maken met een of andere vorm van signaalanalyse of -bewerking. De meeste digitale oscilloscopen bezitten een FFT mogelijkheid, of deze is als optie te koop.

De praktijk leert dat veel mensen onvoldoende kennis hebben van signaaltheorie. Al is het maar om meetresultaten te kunnen interpreteren. Dit leidt tot allerlei fouten en ineffectief gebruik van meetapparatuur. De cursus "frequentiespectrum en ruis" verschaft u de kennis over zaken die te maken hebben met frequentiespectra en ruis. De cursus bestaat uit vier min of meer te scheiden delen:

1. Een inleiding waarin veel basisbegrippen worden behandeld (o.a. gemiddelde waarde, effectieve waarde, momentane waarde, rekenregels voor sommatie van signalen, en correlatie en I en Q presentatie van signalen).
2. Het vermogensspectrum en de analoge spectrum analyzer. Op een zeer inzichtelijke manier wordt de overgang van een continu naar discreet spectrum gemaakt. De manier van uitleg zal vooral de mensen met een analoge achtergrond aanspreken.
3. Het amplitudespectrum. Dit wordt uitgelegd door gebruik te maken van een grafische correlatiemethode. Hiermee zijn, met slechts zeer beperkt gebruik van hogere wiskunde, een aantal effecten te verklaren, welke niet te verklaren zijn m.b.v. het vermogensspectrum (relatie tussen acquisitietijd, bandbreedte en resolutie, effect vensterfuncties, etc).

4. Ruis. Ruis wordt behandeld door onder andere gebruik te maken van een gedachte experiment dat ook voor het vermogensspectrum gebruikt is (via cumulatief kansverdelingsspectrum naar kansdichtheidsspectrum). Diverse begrippen wat betreft ruis worden behandeld (ruis in halfgeleiders, Gaussian en Rayleigh PDF, Ruisgetal, fase- en amplituderuis, stroom- en spanningsruis, etc). Ook worden meetmethoden en hun nauwkeurigheid behandeld.

De nadruk ligt op het verwerven van praktisch toepasbare kennis.

Voor wie is deze cursus bedoeld?

Deze cursus is bedoeld voor eenieder die in zijn dagelijkse praktijk te maken heeft met signalen en ruis. Men kan denken aan: Ontwerpers van LF en RF elektronica, Ontwerpers van communicatiesystemen, EMC-Engineers, etc.

Doordat veel aandacht wordt besteed aan de relaties tussen tijd- en frequentiedomein, is deze cursus een goede inleiding voor personen welke zich bezig (gaan) houden met digitale signaalbewerking.

Leerdoelen.

Na het volgen van deze cursus heeft u inzicht in: signaalpresentaties van signalen in het frequentiedomein (vermogens- en amplitudedichtheidsspectrum, DFT), relaties tussen het tijd- en het frequentiedomein, natuurkundige limieten met betrekking tot frequentie, tijd en verwerkingssnelheid, gebruik van vensterfuncties (windows), gebruik van de spectrum analyzer, eigenschappen van ruis, veel gebruikte ruisbegrippen en hoe ruis te meten. U kunt op een verantwoorde manier de door meetapparatuur geproduceerde gegevens interpreteren.

Vereiste voorkennis?

Als vereiste voorkennis geldt een MBO/HBO kennisniveau op het gebied van elektrotechniek of elektronica. In principe kan alles worden behandeld zonder differentiaal- en integraal rekening. Enige begrip van integreren en differentiëren is wel een pre. Het vergroot de toepasbaarheid van de opgedane kennis gedurende de taakuitoefening.

Cursusinhoud.

Definities m.b.t. vermogen, stroom en spanning.

- Begrippen: gemiddelde waarde, lopend gemiddelde, gemiddeld vermogen, gemiddeld AC vermogen, effectieve waarde, (kruis)correlatie, relatie met kansrekening, etc.
- Signaalbeschrijvingen van sinusvormig signaal (I en Q representatie) en Fourier analyse.
- Gecorreleerde en ongecorreleerde signalen, rekenregels voor sommatie van signalen.

Het vermogensdichtheidsspectrum (W/Hz).

- Het cumulatieve vermogensspectrum (aan de hand van in frequentie varieerbaar ideaal laag doorlatend filter).
- Het vermogensdichtheidsspectrum (Power Spectral Density, PSD) en eenheidendiscussie.
- Het vermogensdichtheidsspectrum van sinusvormige, samengestelde signalen en ruis.
- Effect van filters en Ruisbandbreedte.
- Bepaling van vermogens uit de PSD, de relatie tussen tijd- en frequentiedomein (Parseval) en dB's.
- Beperkingen van de PSD.
- Diverse voorbeelden.

De analoge spectrum analyzer en zijn beperkingen.

- Vereenvoudigde opbouw en globale werking van de spectrum analyzer.
- Het effect op het meetresultaat van diverse instellingen (RBW, VBW, SWP, rms, peak, AV en CISPR detector, schermmiddeling [screen average], etc).
- Eigenaardigheden en beperkingen van de analoge spectrum analyzer en veel gemaakte fouten (middelen, ruisbandbreedte [NBW], gebruik van dB's, bepalen van vermogens, etc).

Het amplitudedichtheidsspectrum (V/Hz of A/Hz).

- Definitie, verschillen en overeenkomsten met de PSD.
- Het idee achter het amplitudedichtheidsspectrum (correlatie met sinusvormig signaal, ontbinding in I en Q component en eenheidendiscussie).
- Eventueel gebruik van negatieve frequenties en benodigde correcties.
- Praktische realisatie met analoge middelen.

De invloed van tijd op het frequentiespectrum.

- Eigenschappen van het spectrum van in tijd begrensde signalen.
- Eigenschappen van het spectrum van in tijd begrensde spectrumbepaling.
- Overeenkomsten met de analoge spectrum analyzer en ondergrens voor wat betreft snelheid van spectrumanalyse.

Nadere analyse van de spectrum bepaling.

- De "filterwerking" van de spectrumbepaling (Resolutiebandbreedte en Ruisbandbreedte).
- (Diskreet) spectrum van periodieke signalen
- Gebruik van vensterfuncties ter verbetering van de filterkromme van het spectrumbepalingsproces.
- Kanttekeningen bij het gebruik van vensterfuncties (vermogensbalans, gebruik van overlap, etc).
- Middeling in tijd- en frequentiedomein en invloed op ruisbandbreedte en signaal/ruis verhouding.

Relaties met andere transformaties en de DFT.

- De Fourier transformatie.
- De Discrete Fourier Transformatie voor Tijddiscrete signalen (DFT).
Het idee achter de transformatie.
Verbetering van de frequentieresolutie.

Ruis.

- Wat is ruis, algemene eigenschappen (Tijd- en frequentiedomein, statistische eigenschappen).
- Eigenschappen van ruis welke bewerkingen ondergaan heeft (vermogen, verdelingsfunctie, coherentietijd en -lengte, smalbandig gefilterde ruis, frequentie-, fase- en amplituderuis, Gaussian, Chi-squared, Rayleigh, exponential, en Rician PDF's).
- Ruisbronnen (thermische ruis, stroomruis, kosmische en atmosferische ruis, man made noise).
- Conversie LF ruis ($1/f$ ruis) naar HF ruis in RF circuits.
- Enkele ruisbegrippen (ruisgetal, ruistemperatuur, ruisweerstand, stroom- en ruisspanningsdefinities (in bijvoorbeeld Op-amp's en Transistors en FET's)).
- Ruis in antennes.
- Ruis in oscillatoren.
- Het meten van ruis en de te bereiken meetnauwkeurigheid.

De nadruk ligt op het creëren van begrip. Aan de hand van tot de verbeelding sprekende methoden en voorbeelden wordt de stof overgedragen. Het inpassen van praktijkoefeningen is mogelijk en verhoogt de kennisoverdracht.

Iedere cursist ontvangt twee speciaal voor deze cursus geschreven hand-outs, totaal bestaande uit ongeveer 100 pagina's (in de verhouding 70% Nederlandstalige tekst en 30% afbeeldingen).

Lokatie, data en aantal deelnemers.

Deze cursus wordt uitsluitend in-company gegeven. Het programma kan aangepast worden aan de specifieke wensen van uw organisatie, dit verhoogt de toepasbaarheid. De cursus kan zowel overdag als in avonden gegeven worden.

Afhankelijk van het uiteindelijk programma en de voorkennis van de cursisten zijn 3 tot 5 dagen benodigd. De voorkeur gaat uit naar spreiding van de cursusdagen over bijvoorbeeld 2 of 3 weken. Dit om de cursisten de gelegenheid te geven de behandelde stof eigen te maken. Er wordt aanbevolen om maximaal 10 personen per sessie toe te laten.

Kosten.

De kosten bedragen in orde van E 800,-- per volledige cursusdag (excl. kosten van vervoer), vermeerderd met eenmalig E 46,-- per cursist.

De volgende kortingsregeling is van toepassing:

3 cursusdagen kosten E 2240,-- (u betaalt 2.8 dagen)

4 cursusdagen kosten E 2880,-- (u betaalt 3.6 dagen)

5 cursusdagen kosten E 3520,-- (u betaalt 4.4 dagen)

De definitieve prijs wordt in overleg vastgesteld. Indien een programma van 3 dagen opgesteld wordt voor 4 personen, bedraagt de totale kostprijs per persoon in orde van E 610,--.

Geïnteresseerd?

Neem dan contact op met TeTech, Telefoon 0346 284004. U kunt ook faxen naar 0346 283691 of mailen naar info@totech.nl.

Deze cursus bestrijkt slechts een gedeelte van de binnen TeTech aanwezige expertise. TeTech kan ook uw opleidingswensen vervullen op het gebied van (RF) elektronica (op systeem en detailniveau), antennes, EMC, etc.

Versie december 2019