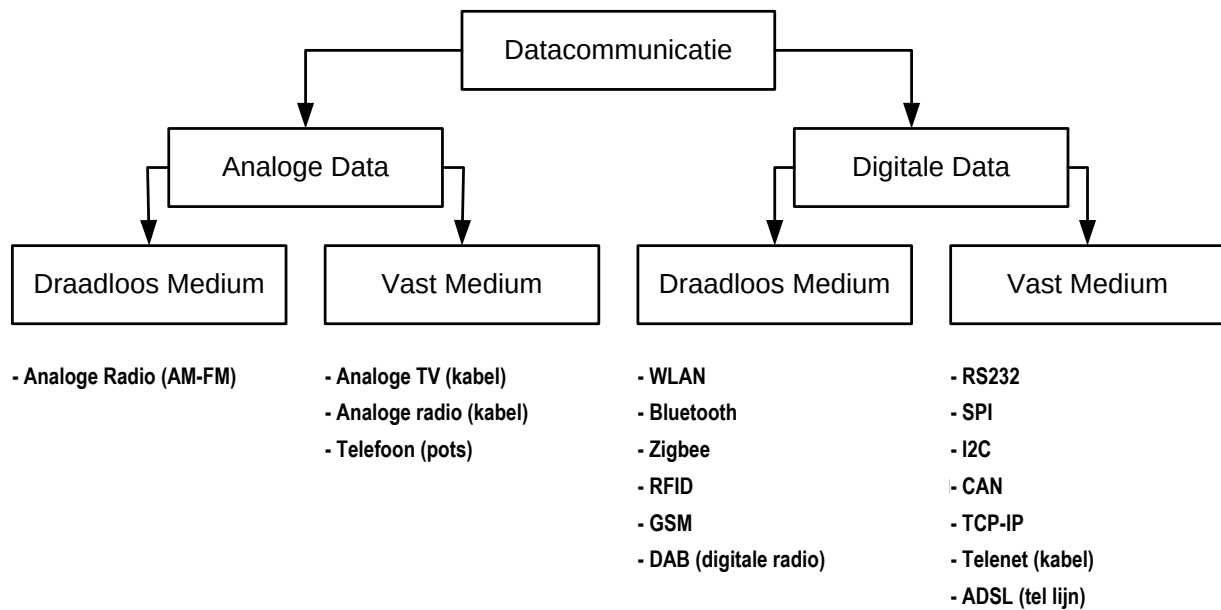


INHOUD

Blokschema	3
Algemene begrippen	4
Parallel – serieel	4
Parallel.....	4
Serieel.....	4
Point to Point – Bus / network topology.....	5
Simplex, Half Duplex , Full duplex	6
Simplex verbinding.....	6
Half duplex verbinding.....	6
Full duplex verbinding.....	6
Synchroon – Asynchroon	7
Synchrone transmissie	7
Asynchrone transmissie	7
Periode, Frequentie, Golflengte	8
Bandbreedte	9
Harmonischen	9
Bits per seconde, BAUD.....	10
DATABEKABELING	11
GeWONE koperdraden.....	11
TWISTED pair.....	11
COAX	12
Glasvezel	12
Karakteristieke impedantie en reflecties	13
practicum reflectiometingen.....	19
Oefening op reflecties in een kabel:	20
Draadloze dataoverdracht en modulatie	22
EM golven.....	22
Toepassingen van elektromagnetische straling	22
Draadloze overdracht van EM signalen.....	23
Antennes	25
Modulatie van analoge signalen	26
AM.....	26
FM	26
Modulatie van digitale signalen	27
ASK, FSK, PSK.....	27
PSK – verder uitgediept.....	28
QAM – Quadrature amplitude modulation.....	29
Overzenden van digitale signalen	31
Digitale signalen	31
Logic level:.....	31
Parameters:.....	31
ASCII tabel	32
Op korte, middel-lange en lange afstand	33
Korte afstand = <30cm	33
Middel lange afstand = <6m.....	33
Lange afstand = < 1200m	33

Zeer lange afstand >1200m.....	33
Storingen (demping, ruis, overspraak)	34
Noise (Ruis)	34
electrical distortion	34
Demping – verzwakking	35
Overspraak - crosstalk	35
colision	36
(Non) return to zero	36
Differentiële signalen	37
Bitstuffing	37
Bitbanging	38
Foutdetectie en foutcorrectie op digitale signalen	39
Pariteitsbit	39
CRC	39
LRC-VRC.....	40
OSI of 7-lagen model	42
Vragenbank:	44

BLOKSCHEMA



Het woord 'datacommunicatie' dekt de lading: we willen data communiceren of verzenden.

Data kunnen we onderverdelen in twee subgroepen, namelijk de analoge data die vroeger de grootste speler binnen de datacommunicatie was, maar waar nu nog slechts de analoge radio, nog enkele kanalen analoge TV via de kabel en klassieke telefonie onder vallen. En de digitale data die sterk aan belang gewonnen heeft door de opkomst van computers en digitale media die enkel maar digitale data kunnen verwerken.

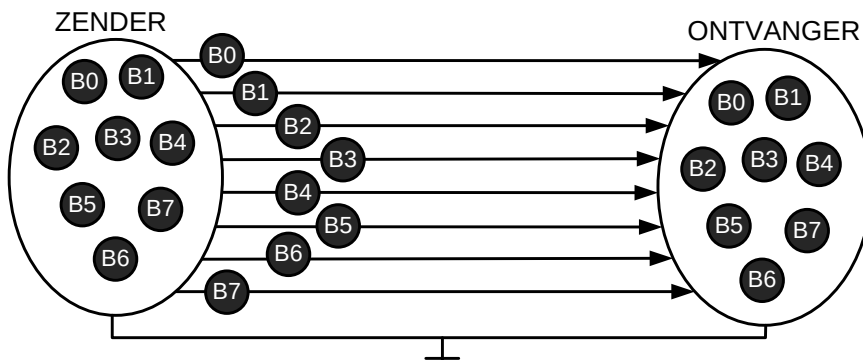
Digitale zowel als analoge datacommunicatie kan zowel draadloos als over een vast medium (kabel – glasvezel) verlopen.

ALGEMENE BEGRIPPEN

Doorheen de cursus datacommunicatie zal waar mogelijk het gepaste vakjargon gebruikt worden. De gebruikte termen worden hier verklaard.

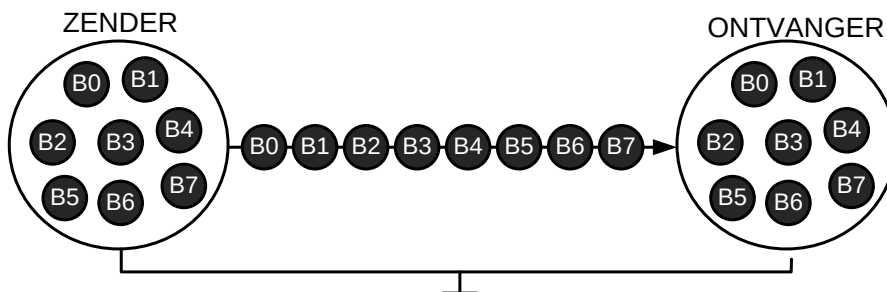
PARALLEL – SERIEEL

PARALLEL



Bij een parallelle dataoverdracht van 8 bits worden alle bits op hetzelfde moment doorgestuurd op 8 afzonderlijke lijnen + gnd. Deze overdracht kan in principe sneller verlopen als seriële dataoverdracht, maar dit weegt niet meer af tegen het aantal draden dat noodzakelijk is, zeker als we in beschouwing nemen dat moderne dataoverdracht 32 of 64 bits omvat.

SERIEEL



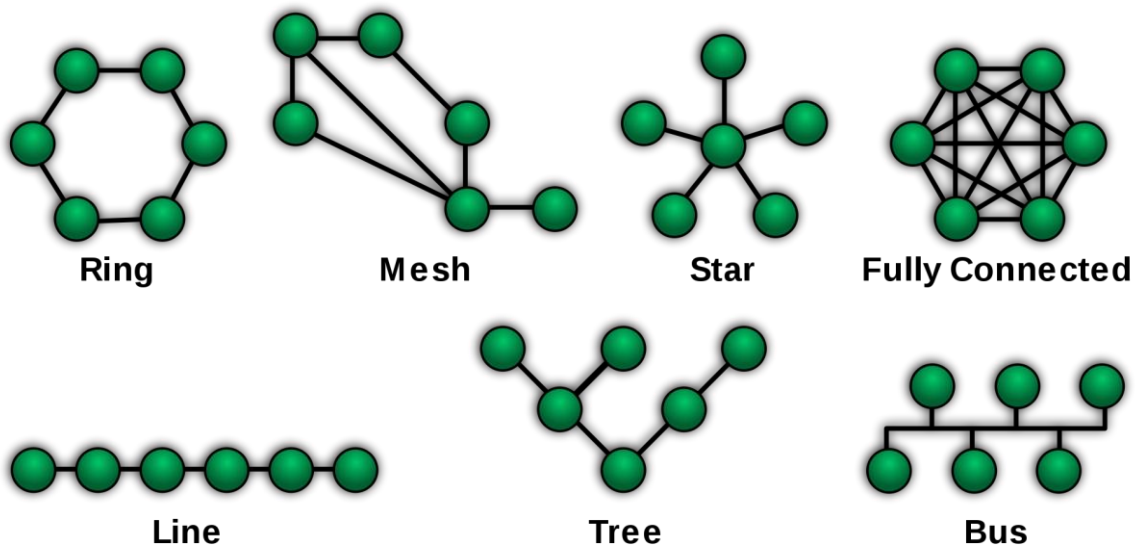
Bij seriële dataoverdracht worden alle bits achter elkaar overgezonden over dezelfde geleider. De technologie hierachter is een beetje complexer als bij parallelle dataoverdracht, maar het voordeel van slechts 1 geleider (+gnd) nodig te hebben is de reden dat de meeste moderne datacommunicatie toch serieel verloopt.

POINT TO POINT – BUS / NETWORK TOPOLOGY



Bij een point to point of peer to peer verbinding zijn er slechts twee nodes of deelnemers aan het netwerk. Een klassieke telefoonverbinding is een goed voorbeeld van zo een switched ptp verbinding. Switched omdat in de centrale 'geschakeld' wordt welke twee deelnemers met elkaar zullen communiceren.

RS232 is zo een point to point verbinding die we zullen behandelen.



Netwerken die het toelaten dat er meer dan twee deelnemers gelijktijdig aan het zelfde netwerk hangen bestaan in verschillende topologieën.

I2C, SPI en CAN bus zijn typische BUS netwerken die we zullen behandelen.

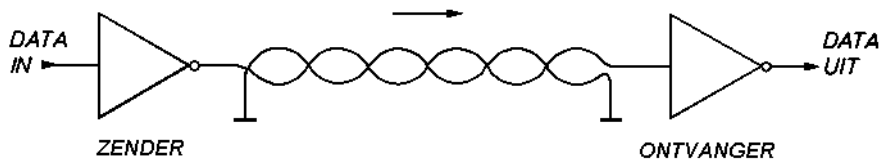
LAN computernetwerken – zoals die binnen een school of bedrijf – zijn typische Tree of Boom structuren.

Het internet is zonder twijfel het grootste Mesh of Maas netwerk en ook dit zullen we behandelen.

SIMPLEX, HALF DUPLEX , FULL DUPLEX

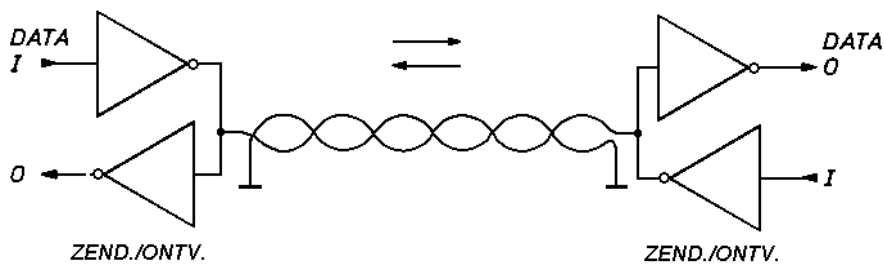
SIMPLEX VERBINDING.

Dit is een eenrichtings-transmissie van zender naar ontvanger.



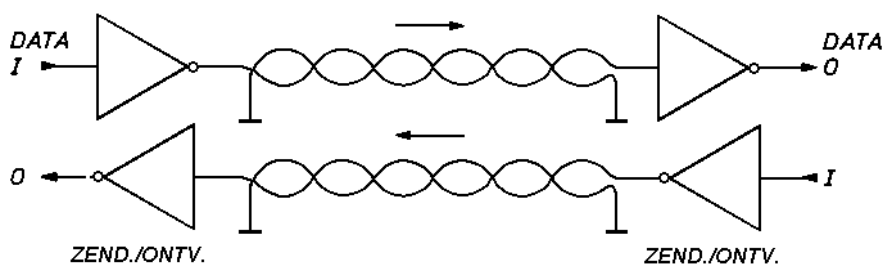
HALF DUPLEX VERBINDING.

Dit is een tweewegverbinding van zender naar ontvanger en omgekeerd, doch slechts in één richting tegelijk. Denk aan walkie-talkies.



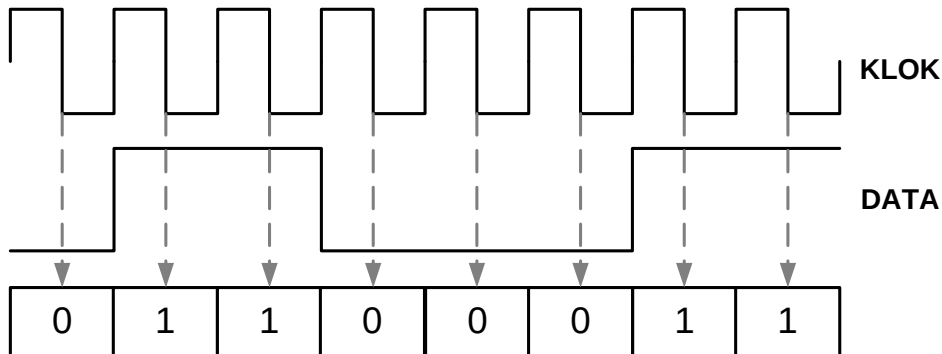
FULL DUPLEX VERBINDING.

Hier is gelijktijdig zenden en ontvangen in beide richtingen mogelijk (2 x simplex).



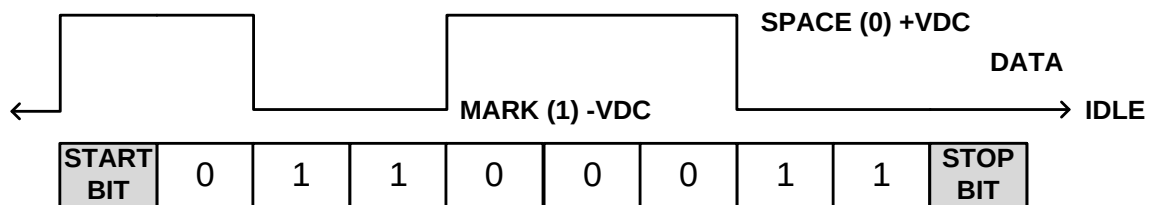
SYNCHROON – ASYNCHROON

SYNCHRONE TRANSMISSIE



Bij synchrone dataoverdracht wordt de klok steeds mee overgestuurd op een extra verbinding. De ontvanger weet nu altijd exact op welk moment (negatieve flank) de data mag worden ingelezen. Synchrone transmissie geeft het minste kans op fouten maar heeft wel een extra draad/verbinding nodig voor de klok.

ASYNCHRONE TRANSMISSIE

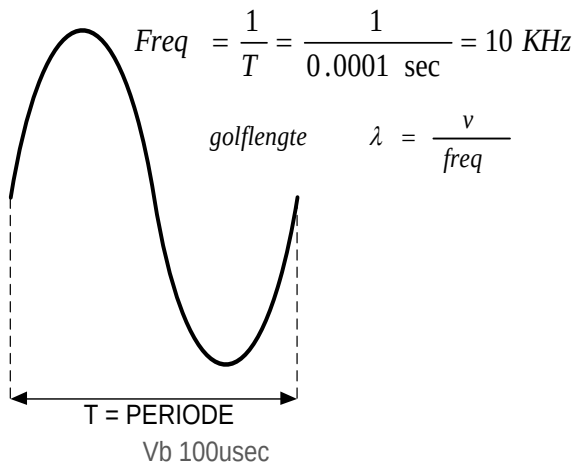


Bij Asynchrone transmissie wordt er enkel data verstuurd van zender naar ontvanger. Om op deze manier – zonder extra klok – de data toch foutloos te verzenden moeten de zender en de ontvanger vooraf duidelijke afspraken maken over: aantal bits, lengte startbit, lengte stopbit, wat is "1", wat is "0", datasnelheid,...

Bij asynchrone transmissie duidt een afzonderlijke startbit aan dat er een nieuwe byte data wordt doorgestuurd en een stopbit duidt aan dat de dataoverdracht klaar is. Doordat asynchrone transmissie – door het wegvallen van de kloklijn – minder draden nodig heeft wordt dit principe meestal gebruikt voor langere afstanden.

Voor langere afstanden wordt er i.p.v. TTL niveaus ($0V = 0$ – $5V = 1$) dikwijls gewerkt met symmetrische spanningen (bv $-12V = 1$ en $+12V = 0$). Je ziet hier dat dan de positieve spanning – de space – wordt gelezen als een 0 en dat de negatieve spanning – de mark – wordt gelezen als een 1.

PERIODE, FREQUENTIE, GOLFLENGTE

**T = periode(sec)****f = Frequentie (Hz)****λ = golflengte (meter)****c = lichtsnelheid in vacuüm = 300.000km/sec****v = snelheid EM golven in bepaald materiaal****v Lucht: ook 300.000km/sec****v Niet geïsoleerde koperdraad:****285.000km/sec****v Coax kabel: 200.000km/sec**

De periode van een elektrisch signaal wordt uitgedrukt in tijd, de standaardeenheid is seconde

De frequentie is een benoeming van het aantal perioden (volledige alternanties) die binnen 1 seconde voorkomen voor een bepaald signaal. Frequentie wordt standaard uitgedrukt in Hz.

Doordat we in de datacommunicatie soms werken met zeer hoge frequenties, begint hier ook de golflengte van een signaal belangrijk te worden. De golflengte hangt af van de snelheid waarmee de golf door een bepaald materiaal loopt (Elektrische stroom is een EM golf).

De snelheid van EM golven in vacuüm, ook de 'snelheid van licht' genoemd (vermits licht ook een EM golf is) is exact 299.792.458 m/s, maar wordt vaak afgerond als 300.000km/sec.

De snelheid van EM golven in lucht (niet vacuüm) is slechts 90km/sec trager en er wordt dus hiervoor ook vaak 300.000km/sec gebruikt bij berekeningen.

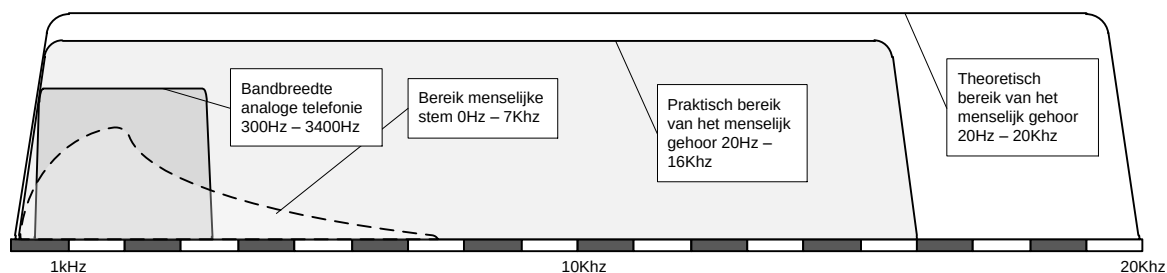
De snelheid van EM golven (elektrische signalen) in koperdraden hangt af van de diëlectrische constante van die koperdraad. Deze diëlectrische constante is voornamelijk afhankelijk van de gebruikte isolatiematerialen.

Bij een niet geïsoleerde zuivere koperdraad is bedraagt de snelheid v nog nagenoeg 95 tot 97% van c

Bij Coax kabels – die door hun dikke isolatie een zeer grote diëlectrische waarde hebben- is deze snelheid v nog slechts 66% van c, wat neerkomt op een snelheid van 200.000km/sec.

De snelheid waarmee elektrische stroom zich dus voortbeweegt in een kabel is in grote mate afhankelijk van het soort kabel.

BANDBREEDTE

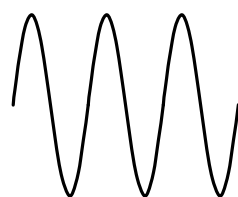


De bandbreedte van een signaal is het verschil tussen de hoogste frequentie en de laagste frequentie die in een bepaald signaal voorkomt. De bandbreedtes in deze figuur gaan allemaal over audio, maar laat duidelijk zijn dat we in de datacommunicatie met veel hogere frequenties – tot wel 300 Ghz – werken.

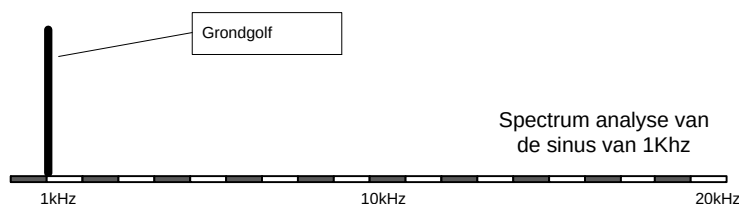
Bij klassieke analoge telefonie is de hoogste frequentie die wordt doorgelaten 3400Hz en de laagste frequentie is 300Hz – De bandbreedte van klassieke telefonie is zo dus 3100Hz.

HARMONISCHEN

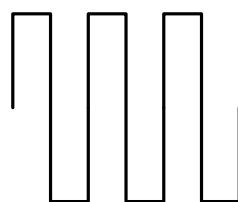
Een signaal is altijd een optelling van een aantal sinussen met verschillende frequentie en amplitude.



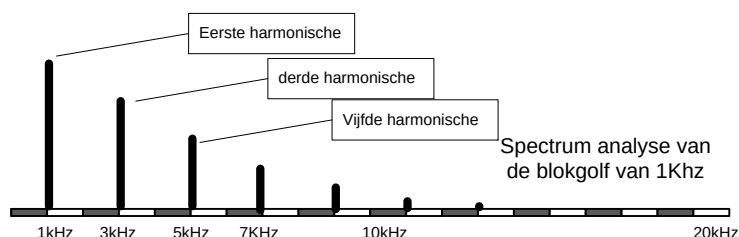
Zuivere sinus van 1 KHz



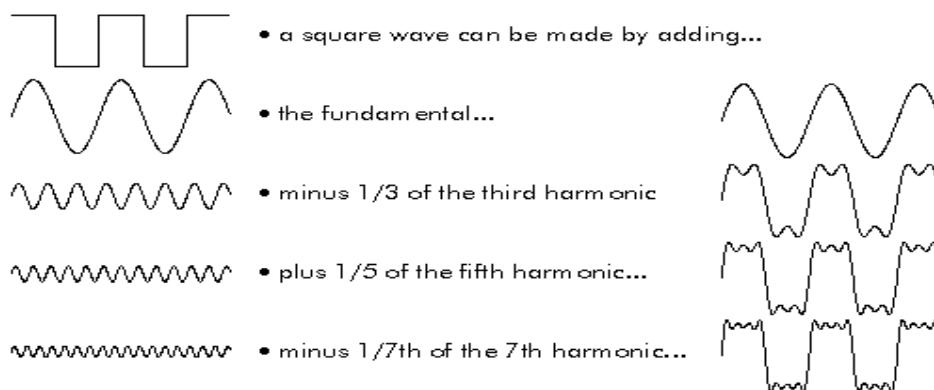
Indien we met een spectrum analyzer een zuivere sinus zouden bemeten, dan zou de spectrum analyzer enkel een piek tonen waar de grondgolf van deze sinus zich bevindt. Dit signaal is dus opgebouwd uit slechts één grondgolf en geen enkele harmonische. Logisch ook vermits het aangeboden signaal een zuivere sinus is.



Zuivere blok golf van 1 KHz



Het tweede voorbeeld illustreert een ander extreem geval. We bekijken hier het spectrum van een blok golf – een veel voorkomende golfvorm in digitale dataoverdracht. U ziet hier dat deze blok golf is opgebouwd uit verschillende sinussen. De grondgolf van 1KHz, de eerste harmonische van 3 KHz met een kleinere amplitude als de grondgolf, de tweede harmonische van 5KHz met weerom een kleinere amplitude. Dit gaat zo oneindig lang door. Een blok golf bestaat dus uit oneindig veel sinussen. Het lijkt onwaarschijnlijk maar indien al deze sinussen mooi terug zouden worden opgeteld, dan bekomen we terug de originele blok golf...



U ziet hierboven het resultaat van een optelling van de grondgolf en de eerste 3 harmonischen. De vorm van de blokgolf is al wel terug herkenbaar, maar het is geen zuivere blokgolf meer.

Wanneer je zo bijvoorbeeld een zuivere blokgolf van 1Mhz, door een geleider stuurt met een bandbreedte van 80Mhz, dan zal deze geleider alle harmonischen boven de 7^e harmonische wegfilteren en dan zal het overgebleven signaal aan het uiteinde van de geleider dat van hierboven benaderen.

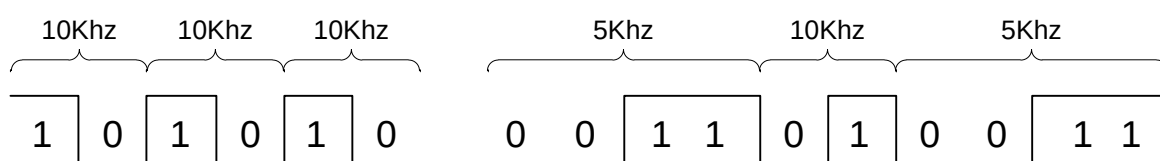
BITS PER SECONDE, BAUD

Datasnelheid of capaciteit van een medium wordt standaard uitgedrukt in bits per seconde (BPS).

Vroeger was echter baud de eenheid van signaalsnelheid. Een baud komt overeen met de periode van een signaal, maar met het gebruik van modulatietechnieken kon één periode soms wel 4 of 8 bits voorstellen. Zo zou 1 baud overeenkomen met 4 of 8 bps. Deze verwarring heeft altijd voor problemen gezorgd en wij gebruiken deze 'baud' dus niet meer.

Er is een rechte reeks verband tussen bandbreedte en maximale datasnelheid:

Een bandbreedte van 10Khz laat als hoogste frequentie signalen van 10Khz mooi door.



Blokgolfsignalen van 10Khz kunnen zowel een één als een 0 bevatten – twee bits dus!

Alle andere combinaties van énen en nullen zullen resulteren in lagere frequenties en vallen dus automatisch binnen de bandbreedte van 10Khz.

De regel is dus: $C_{max} = 2 \times BB$

De maximale datasnelheid door een bepaald medium is 2 x de bandbreedte van dat medium

DATABEKABELING

GEWONE KOPERDRADEN



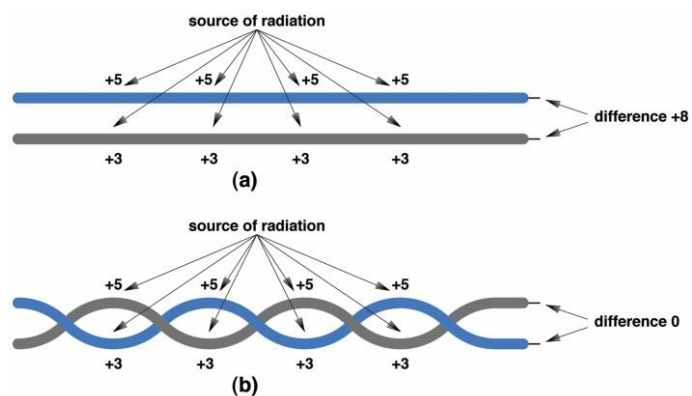
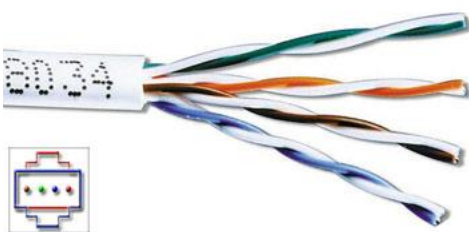
Nogal gevoelig voor storingen, maar perfect te gebruiken voor korte afstanden.

TWISTED PAIR

Shielded twisted pair (STP)



Unshielded twisted pair (UTP)

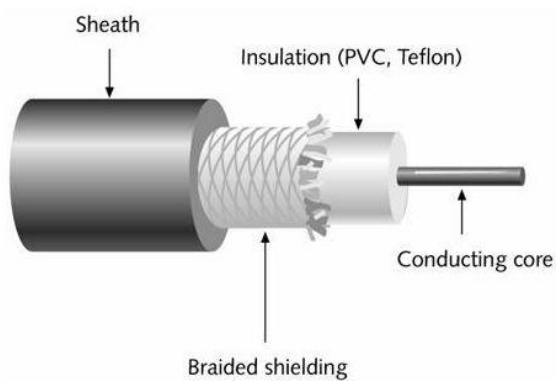


Twisted pair wordt meestal gebruikt in telefonie en netwerkbekabeling. STP – Shielded twisted pair – heeft een extra metalen folie als bescherming tegen storingen waar UTP bekabeling deze extra bescherming niet heeft.

Door de draden te twisten zorgt men ervoor dat mogelijke storingen zichzelf terug opheffen in de volgende twist doordat de storing nu 'in tegenfase' op de kabel inwerkt.

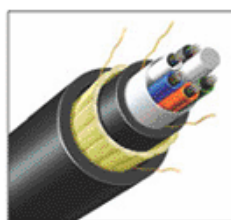
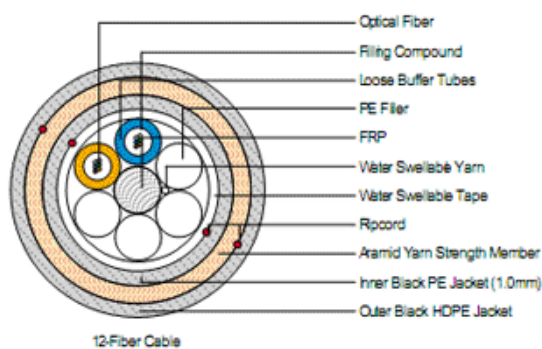
- Cat 1: Geen TIA/EIA standaard. Wordt voornamelijk gebruikt voor analoge telefonie en ISDN.
- Cat 2: Geen TIA/EIA standaard. Wordt gebruikt bij 4 Mbit/s token ring-netwerken.
- Cat 3: Gestandaardiseerd in TIA/EIA-568-B, gebruikt in datanetwerken met frequenties tot 16 MHz zoals voor 10BASE-T.
- Cat 4: Geen TIA/EIA standaard. Met een bandbreedte van 20 MHz werd dit vooral gebruikt voor 16 Mbit/s token ring-netwerken.
- Cat 5: Geen TIA/EIA standaard. Met een bandbreedte van 100 MHz wordt dit nog veel gebruikt voor 100 Mbit/s Ethernet netwerken. Deze is echter niet geschikt voor gigabit-netwerken.
- Cat 5e: Gestandaardiseerd in TIA/EIA-568-B. Geschikt voor zowel 100 Mbit/s (100BASE-T) als 1000 Mbit/s (1000BASE-T) netwerken.
- Cat 6: Gestandaardiseerd in TIA/EIA-568-B. Met een bandbreedte van 250 MHz wordt dit gebruikt voor gigabit-snelheden (1000BASE-T).
- Cat 6a: Voorlopige specificatie voor 10 Gbit/s netwerken.
- Cat 7: Formeel bekend als ISO/IEC 11801 Class F kabel. Bij deze standaard worden de 4 paren individueel afgeschermd binnen de buitenste afscherming. Dit laat frequenties toe tot 600 MHz.

COAX

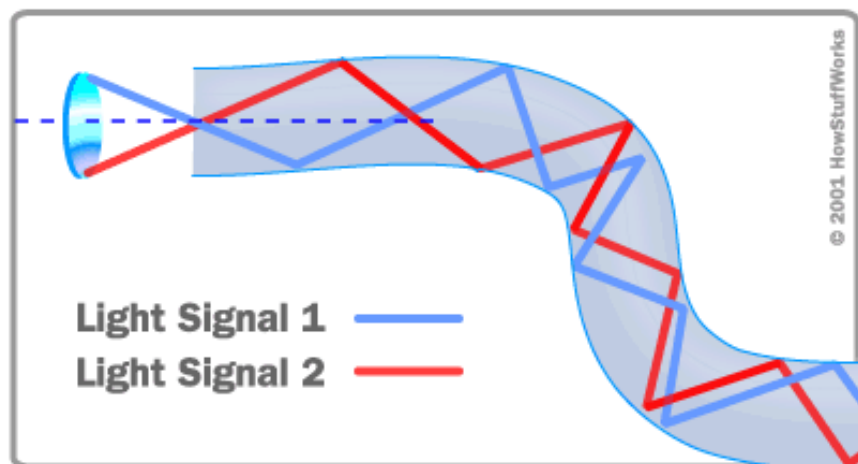


Coax kabels zijn – doordat de GND kabel volledig rond de geleider geweven is – minder gevoelig voor storingen. Ze worden veel gebruikt voor TV, Audio en Video.

GLASVEZEL



36-Fiber Cable



Fiber optic of glasvezelkabels geleiden licht i.p.v. elektrische signalen. Een lichtstraal weerkaatst op de spiegelende wanden van een glasvezelkabel en komt zo aan , aan het uiteinde van die kabel.

De voordelen van Fiber t.o.v. UTP:

- Langere afstanden mogelijk zonder versterkerapparatuur (dit is de reden waarom fiber-optic vooral wordt gebruikt voor lange verbindingen tussen servers op verre locaties “backbone”)
 - UTP cat 5 = 100m
 - Fiber = 1000m
- Niet gevoelig voor elektromagnetische stoorsignalen
- Grotere bandbreedte
- Hogere transmissiesnelheid ($v = c$)
- Blikseminslagen op deze kabel zullen elektrische apparatuur aan het uiteinde niet beschadigen
- Beter beveiligd tegen hacking – De data door UTP kabels zou kunnen afgetapt worden door het elektrische signaal er rond te meten, bij Fiber-optic is dit niet mogelijk.

Nadelen Fiber t.o.v. UPT:

- Duurdere elektronica, installatie en apparatuur

Fiber optic is echter ook geen ideaal medium, lichtsignalen verzwakken in de glasvezelkabels door onzuiverheden in het glas. Dit zorgt ervoor dat er - om de zoveel afstand – dure optische versterkers moeten worden geplaatst. Deze verzwakking wordt uitgedrukt in %/km en is afhankelijk van zowel de gebruikte golflengte als van de kwaliteit van de glasvezelkabel:

Enkel vbn.: 850 nm = 60 to 75 percent/km; 1,300 nm = 50 to 60 percent/km; 1,550 nm is groter dan 50 percent/km). Sommige high-quality fiber cables hebben zelfs een verzwakking van minder dan 10 percent/km bij 1,550 nm.

KARAKTERISTIEKE IMPEDANTIE EN REFLECTIES

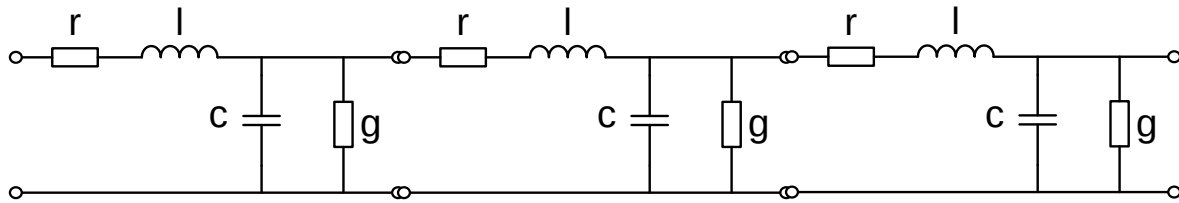
Dit is een zeer complexe materie die in de meeste handboeken al snel overgaat in complexe wiskundige vergelijkingen. In onze benadering is het vooral belangrijk dat je begrijpt dat een datakabel (transmissielijn) steeds moet worden afgesloten met z'n eigen karakteristieke impedantie omdat er anders reflecties optreden.

Elektrische kabels zijn verre van ideaal:

- Koper heeft steeds een bepaalde weerstand **R**
- De isolatie tussen de twee geleiders kan nooit perfect zijn en dus is er een bepaalde geleiding **G** tussen de geleiders
- Twee koperen geleiders, gescheiden door een niet geleidende isolatie – vormen samen een zekere capaciteit **C**
- Bochten, twists ed. zorgen ervoor dat kabels ook steeds een bepaalde inductiviteit **L** bezitten.

Het elektrisch vervangschema van eender welke elektrische kabel ziet er dus als volgt uit:

Voor de parameters gebruiken we nu kleine letters vermits we telkens oneindig kleine stukjes van de kabel meten.



De karakteristieke impedantie is een begrip uit de elektrotechniek, waarmee de impedantie wordt aangeduid van een HF transmissielijn indien deze een oneindige lengte zou hebben. De karakteristieke impedantie is behalve van de lijnparameters, ook afhankelijk van de frequentie van het aangesloten signaal. Een transmissielijn heeft bij een signaal met hoekfrequentie ω een karakteristieke impedantie Z_0 gegeven door:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\omega c}}$$

Daarin is:

- l : inductantie per lengte-eenheid, in henry per meter (H/m)
- c : capaciteit per lengte-eenheid, in farad per meter (F/m)
- r : seriële weerstand per lengte-eenheid, in ohm/m)
- g : parallelgeleiding per lengte-eenheid, in siemens per meter (S/m)
- Z_0 : karakteristieke impedantie van de kabel, in ohm (Ω).

Is de lijn verliesvrij ($r = 0$ en $g = 0$), dan is de karakteristieke impedantie onafhankelijk van de frequentie:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{l}{c}}$$

De karakteristieke impedantie kan je steeds terugvinden in de gegevens die de kabelfabrikant bij een kabel voegt. Bovenstaande formules dienen enkel om te illustreren welke parameters mee de karakteristieke impedantie van een kabel bepalen.

Typische waarden: Coax (TV) = 75 Ohm – Coax (data) 50 Ohm – UPT = 100 Ohm

Om vermogensverlies en storingen door reflecties te voorkomen, is het belangrijk dat een transmissielijn wordt afgesloten met een weerstand gelijk aan de karakteristieke impedantie. In oktober 2011 is er in Elektor een artikel verschenen dat op een heel laagdrempelige en praktische manier verduidelijkt wat reflecties zijn en hoe je reflecties kan vermijden door de kabel af te sluiten met z'n eigen karakteristieke impedantie. Hieronder volgt dit artikel.

Tijdsdomein-reflectiemetingen

Beginnersgids voor het opsporen van kortsluitingen en onderbrekingen in lange kabels

Natuurlijk is een ohmmeter een handig apparaat om in bedrading en kabels open verbindingen en kortsluitingen te vinden. Maar het traceren van een open verbinding of een kortsluiting is niet gemakkelijk als de kabel lang is of als de fout verborgen zit achter een muur of onder een straat. Gedeeltelijke open verbindingen of kortsluitingen of gewoon slechte verbindingen zijn soms zelfs nog moeilijker op te sporen. Hier komt TDR goed van pas.



Peter A. Stark (USA)

TDR kan twee dingen betekenen – het proces van Time Domain Reflectometry, het meten van reflecties in het tijdsdomein, of het apparaat zelf, de Time Domain Reflectometer. En dan is er ook nog OTDR, optische TDR voor optische kabels. Het basisprincipe is om een signaal, gewoonlijk een puls, in de kabel of optische fiber te injecteren en dan te kijken of een probleem in de kabel een deel van de puls of de hele puls door reflectie terugstuurt naar de ingang. De aard van die reflectie geeft een idee over de aard van het probleem en de tijd die het kost voor de reflectie om terug te gaan naar de ingang geeft ons informatie over de plaats van het probleem.

TDR-testapparatuur is in het algemeen tamelijk prijzig en niet aanwezig in de gemiddelde hobbywerkplaats. Zelfs veel commerciële labs kunnen er zich geen veroorloven. Maar bruikbare TDR-metingen zijn al mogelijk met weinig meer dan een pulsgenerator en een scoop. Een bruikbare pulsgenerator kan gemakkelijk zelf gebouwd worden en de scoop hoeft niet per se duur te zijn. Het is duidelijk dat de resultaten beter zijn naarmate de scoop

beter is, maar zelfs een 10 MHz scoop met een leeftijd van 15 jaar is goed genoeg – dat is tenminste wat de auteur gebruikte voor de foto's bij dit artikel.

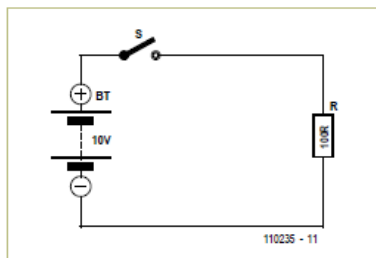
Transiënten en steady-state

De schakeling van figuur 1 is eenvoudig – met de schakelaar open loopt er geen stroom. Maar sluit de schakelaar en er vloeit volgens de wet van Ohm een stroom van 0,1 ampère (10 volt gedeeld door 100 ohm).

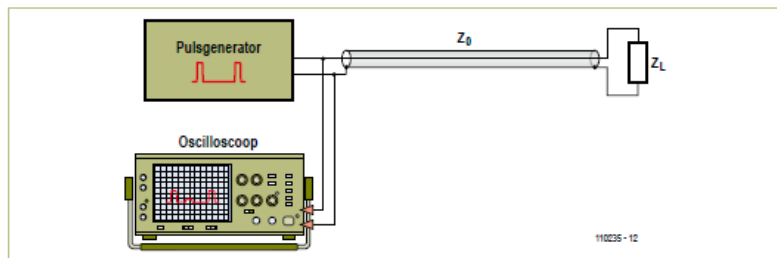
Maar laten we de schakeling wat interessanter maken: de draden van de schakelaar naar de weerstand maken we lekker lang – bijvoorbeeld 300.000 km. Om het geheel wat eenvoudig te houden gaan we er van uit dat de kabel ideaal is en geen weerstand heeft. Nou en? Het interesseert de wet van Ohm niet hoe lang de kabel is – die stelt simpelweg $I = U/R$, zodat de stroom nog steeds 0,1 A is. Maar er is meer aan de hand! De reden dat we een lengte van 300.000 km kozen voor de kabel, is dat licht een snelheid van 300.000 km per seconde heeft. Als we met een telescoop bij de schakelaar zouden zitten en naar de weerstand zouden kijken, dan zou het licht er 1 seconde over doen om ons te bereiken. Wat we zien is dus niet

wat er nu is, maar wat er 1 seconde geleden aan de hand was. Als we de schakelaar sluiten, dan kunnen we er zelfs niet eens van op aan dat de weerstand er nog zit! Stel dat er iemand een grap met ons wil uit halen en de weerstand snel vervangt door een exemplaar met een andere waarde of hem zelfs zou weghalen vlak voordat we de schakelaar sluit? Dat zouden we pas een seconde later merken. Dus hoe kunnen we weten (of beter nog, hoe kan de batterij het weten) dat er precies ééntiende ampère de kabel in moet gaan naar de weerstand als de schakelaar gesloten wordt?

Het antwoord is dat we dat niet kunnen weten. De stroom die de kabel in gaat wordt bepaald door de kabel, niet door de belasting. Zelfs als we er van uit gaan dat de kabel geen weerstand heeft, is er wel een bepaalde zelfinductie (ook als hij niet tot een spoel is opgerold) en een bepaalde capaciteit tussen de twee draden. Deze zelfinductie en capaciteit beperken de stroom die de kabel in gaat tot een zekere waarde. In ons geval loopt die stroom iets meer dan een seconde tot hij bij de weerstand is aangekomen (omdat stroom in draden langzamer gaat dan de lichtsnelheid); als de kabel oneindig lang was, dan zou de stroom ook oneindig lang blijven lopen.



Figuur 1. Een eenvoudige gelijkspanningsschakeling... of niet?



Figuur 2. Schakeling om pulsen een kabel in te sturen.

Als we de spanning en stroom weten, dan zouden we een equivalente weerstand kunnen berekenen die hetzelfde effect op de stroom zou hebben. Die waarde noemen we de *karakteristieke impedantie* van de kabel, aangeduid met het symbool Z_0 (we noemen het een impedantie, ook al lijkt het gedrag meer op een weerstand om het wat breder te trekken).

De coaxkabel bijvoorbeeld die vaak voor antennes wordt gebruikt, heeft een karakteristieke impedantie Z_0 van $50\ \Omega$, dus als we een oneindig lange kabel zouden aansluiten op onze batterij van 10 V , dan zou de stroom die de kabel in gaat (nog steeds volgens de wet van Ohm)

$$I = U / Z_0 = 10 / 50 = 0,2\text{ A of } 200\text{ mA}$$

worden.

Goed, stel dat we een dergelijke coaxkabel zouden gebruiken (maar wel gemaakt van perfecte weerstandsloze draden) tussen de batterij en onze weerstand van $100\ \Omega$ uit figuur 1. De batterij kan er op geen enkele manier achter komen hoe lang de kabel in werkelijkheid is, dus in dit geval gaat er 200 mA de kabel in. Na iets langer dan 1 s komen die 10 V en 200 mA bij de weerstand aan. Op dat moment begint onze weerstand van $100\ \Omega$ te protesteren: "Er is of te veel stroom of te weinig spanning! Als je die 10 V wilt behouden, dan kan ik maar 100 mA verwerken. Maar als ik per se 200 mA moet trekken, dan moet je me wel 20 V ($U = I \times R$) sturen. Los het op!". De kabel komt dan met "Laten we een compromis sluiten. Laten we de spanning wat verhogen en de stroom met hetzelfde percentage verlagen". Dus

wordt er wat gerekend en tenslotte wordt besloten om een factor $1/3$ te gebruiken: de spanning wordt verhoogd met $1/3$ tot $13,3\text{ V}$ en de stroom wordt met dezelfde factor $1/3$ verlaagd tot 133 mA . Nu is de weerstand tevreden, want

$$I = U / R = 13,3\text{ V} / 100\ \Omega \\ = 0,133\text{ A of } 133\text{ mA}$$

Maar nu is er een nieuw probleem: de spanning en stroom aan het rechter einde van de kabel zijn anders dan aan de linkerkant. Dus de nieuwe spanning en stroom beginnen aan de reis terug naar de batterij-aansluitingen.

Kijken we naar de spanningen: 10 V gaat van links naar rechts, maar een derde deel daarvan ($3,3\text{ V}$) wordt teruggekaatst van rechts naar links. Ongeveer een seconde later komt deze terug bij de batterij, maar nu zegt de batterij: "geen sprake van, $\$ \% \& * \& \text{!}$ Ik wil 10 V !". Dus wordt de spanning gereduceerd tot 10 V , waardoor ook de stroom naar beneden gaat. Nog een seconde later krijgt de weerstand...

Nou, u ziet wat er gebeurt. De batterij verlaagt steeds de spanning, de weerstand probeert deze steeds weer omhoog te krijgen en steeds verandert de stroom weer een beetje. Tenslotte stabiliseert de spanning zich 10 V en de stroom op $0,1\text{ A}$, zoals te verwachten valt, maar dat kost wel wat tijd. De initiële compromissen worden een *transiënt* genoemd; het eventueel bereiken van een stabiele situatie wordt de *steady state* genoemd.

Deze wisselwerking tussen spanning en stroom gebeurt altijd, hoe lang de kabel

ook is, maar als de kabel erg kort is gaat dat erg snel. Grofweg verplaatsen elektrische signalen in een kabel zich met een snelheid van ongeveer 20 cm per nanoseconde (dat is één miljardste van een seconde), dus als het stukje kabel van de batterij naar de weerstand slechts één meter lang is, dan is het al in een paar nanoseconden bekeken. Voordat u met de ogen kunt knippen zijn de spanning en de stroom al op hun steady-state-waarde en niemand realiseert zich dat er ooit een transiënt is geweest. Er is een behoorlijk snelle geheugenscoop nodig om het te kunnen zien. Aan de andere kant: Als de kabel lang genoeg is, dan kan zelfs een gemiddelde scoop de transiënt zien. En dat is nu TDR oftewel *Time Domain Reflectometry*.

De reflectiecoëfficiënt

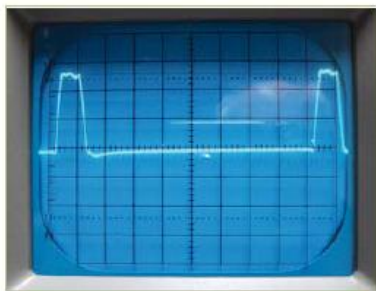
Hoe kwamen de kabel en de weerstand er toe om $1/3$ of 33% te kiezen als een goed compromis? Ze gebruikten de volgende vergelijking:

$$\text{Reflectiecoëfficiënt} = (Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0)$$

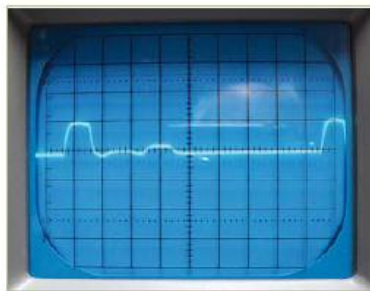
Hierbij is Z_L de impedantie (weerstand) van de belasting en Z_0 is de karakteristieke impedantie van de kabel (zoals eerder gesteld zijn ze gewoonlijk zuiver resistent, maar elektronici gebruiken Z voor impedantie, voor het geval dat...). Met onze waarden krijgen we een reflectiecoëfficiënt van:

$$(100\ \Omega - 50\ \Omega) / (100\ \Omega + 50\ \Omega) \\ = 50\ \Omega / 150\ \Omega = 0,333 = 1/3.$$

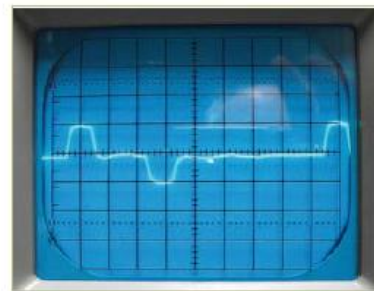
Dit heet de reflectiecoëfficiënt, want het geeft aan welk deel van het uitgaande sig-



Figuur 3. Output van de pulsgenerator.



Figuur 4. Pulsen gereflecteerd door een weerstand van 100 Ω .



Figuur 5. Reflectie door een kortsluiting.

naal terug wordt gereflecteerd naar de ingang.

De reflectiecoëfficiënt kan positief zijn, zoals hier, of negatief ($Z_0 - Z_L$ is negatief) of zelfs nul (als Z_L gelijk is aan Z_0), dus de reflectiecoëfficiënt kan positief, negatief of nul zijn.

Pulsen zijn beter

Stel dat we in plaats van het sluiten van de schakelaar en deze gesloten te laten, we de schakelaar heel even sluiten en dan meteen weer open doen. De 10 V wordt dan een korte puls die naar rechts gaat; de reflectie van 3,3 V heeft ook de vorm van een korte puls die even later terug komt.

Omdat er maar één puls de lijn op gaat en er maar één terug komt, zouden we een geheugenscoop nodig hebben om nog wat te kunnen zien, dus gaan we de pulsen snel herhalen met een pulsgenerator zoals in **figuur 2** (gebruik indien mogelijk een 10:1 probe op de scoop). Ook al is er in het schema een coaxkabel te zien, een willekeurige kabel voldoet in de praktijk ook.

In **figuur 3** is de output van de generator te zien als deze zonder kabel rechtstreeks wordt aangesloten op een scoop. De scoop stond op een verticale gevoeligheid van 5 V/div en een horizontale tijdsverdeling van 0,1 μ s/div, dus de pulsen zijn ongeveer 0,1 μ s breed en er zit ongeveer 0,9 μ s tussen de pulsen.

Nu gaan we zo'n 30 meter RG-58U 50 Ω coaxkabel aansluiten met een weerstand van 100 Ω aan het uiteinde, wat in **figuur 4** is weergegeven. We zien twee dingen: onze originele pulsen zijn kleiner omdat de karakteristieke impedantie van de kabel de generator nu belast en er staat nu een kleine derde puls in de foto.

Die nieuwe puls (tweede van links op de foto) is de reflectie van de eerste puls vanuit het open einde van de kabel. De puls deed er ongeveer 150 ns over tot het eind van de

kabel en nog eens 150 ns om weer terug te komen, zodat de totale vertraging ongeveer 300 ns of 0,3 μ s is. Dus de gereflecteerde puls is ongeveer 3 divisies rechts van de uitgaande puls te zien (als het scherm van de scoop nog wat breder was, zouden we een gereflecteerde puls zien rechts van elke uitgaande puls). Omdat we de reflectiecoëfficiënt hebben berekend op ongeveer 1/3 is de gereflecteerde puls ook ongeveer 1/3 van de uitgaande puls. Er treedt wel wat verlies op in de kabel, dus de teruggekeerde puls is in het algemeen nog wat kleiner dan verwacht.

Laten we eens wat inzoomen op de vertraging. De scoop stond op 0,1 μ s/div en de afstand tussen de twee pulsen is ongeveer 3 divisies, dus de totale tijd was ongeveer 0,3 μ s, dat is 300 ns. Om te bepalen of dit klopt, moeten we weten hoe snel elektrische signalen over die specifieke kabel gaan (de snelheid hangt af van de kabel).

Kijken we naar de specs van normale RG-58U coaxkabel, dan zien we een parameter met de naam *verkortingsfactor* met een waarde van 0,66. Dat betekent dat signalen in deze specifieke kabel een snelheid hebben van 0,66 maal de snelheid van het licht. Aangezien de lichtsnelheid in vacuüm 300.000 km per seconde is, komt dat neer op 300.000 x 0,66 oftewel ongeveer 198.000 km per seconde. Dat is ongeveer 198 m per μ s of 19,8 cm per ns. De vertraging van 300 ns in **figuur 4** komt dus overeen met 300 maal 19,8 cm, of ongeveer 59,4 m. Pas op – dat is de lengte heen en terug en dat klopt aardig voor een kabel van 30 m. Als we de vertraging wat nauwkeuriger zouden kunnen meten op de scoop, dan zouden we deze methode kunnen gebruiken om de lengte van een kabel tamelijk nauwkeurig te meten zonder de kabel van de haspel af te hoeven rollen.

Er zit wel een addertje onder het gras natuurlijk – we hebben een goed gekalibreerde scoop nodig en we moeten ook de exacte waarde van de verkortingsfactor weten. Maar een commercieel TDR-apparaat kan dit behoorlijk nauwkeurig meten.

En bij andere belastingen?

Naast de weerstand van 100 Ω zijn er nog drie andere interessante waarden: een kortsluiting (0 Ω), een onderbreking (oneindig veel ohm) en een weerstand die precies de waarde van de karakteristieke impedantie van de kabel heeft (d.w.z. $Z_L = Z_0$). Laten we deze drie gevallen eens onder de loep nemen:

A. Als het einde van de kabel wordt kortgesloten, dan is Z_L 0 en is de reflectiecoëfficiënt:

$$(Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) = (0 \Omega - 50 \Omega) / (0 \Omega + 50 \Omega) = -50 \Omega / 50 \Omega = -1$$

Dat betekent dat 100% van de uitgaande puls gereflecteerd wordt, maar de spanning is negatief, dus wordt de polariteit omgedraaid.

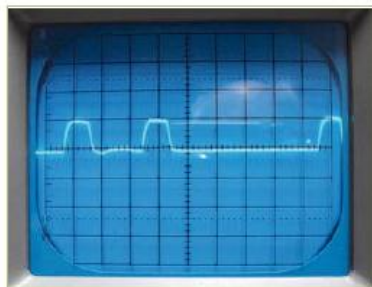
Dit is te zien in **figuur 5**.

B. Als het einde van de kabel open is, dan is Z_L oneindig en dus is Z_0 zo klein in vergelijking met de enorme Z_L dat we die net zo goed kunnen weglaten:

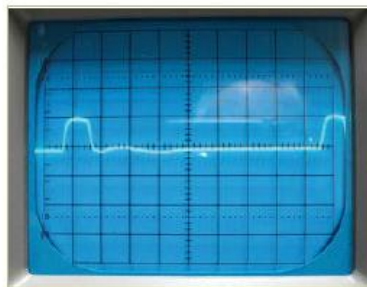
$$(Z_L - 50 \Omega) / (Z_L + 50 \Omega) \approx Z_L / Z_L = +1$$

De reflectiecoëfficiënt is plus 1, wat betekent dat de hele puls ook hier weer wordt gereflecteerd, maar deze keer is de polariteit hetzelfde. Dat is in **figuur 6** te zien.

C. Veronderstel tenslotte dat de weerstand aan het einde van de kabel gelijk is aan de



Figuur 6. Pulsen die door een open uiteinde worden gereflecteerd, zijn positief.



Figuur 7. Er is geen reflectie als de afsluiting juist is.

karacteristieke impedantie. Nu hebben we:

$$(Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) = (50 \Omega - 50 \Omega) / (50 \Omega + 50 \Omega) = 0 \Omega / 100 \Omega = 0$$

Deze keer is de reflectiecoëfficiënt 0, dus is er helemaal geen reflectie. Dit is in **figuur 7** te zien, waar een weerstand van 51 Ω aan het einde van de 50-ohm-kabel heb gemonteerd (er is een klein hobbeltje te zien na de uitgaande puls, omdat de door de auteur gebruikte kabel van 30 m in feite bestond uit twee stukken van 15 m die met elkaar verbonden waren).

Als we de belastingsweerstand gelijk maken aan de karakteristieke impedantie van de kabel, dan vermijden we reflecties en is de kabel correct afgesloten.

Zo hebben we hier een gemakkelijke manier gevonden om de karakteristieke impedantie van een kabel te bepalen – probeer verschillende waarden uit van een weerstand aan het einde van de kabel totdat er geen reflectie meer optreedt, dan is Z_0 gelijk aan de waarde van de belastingsweerstand.

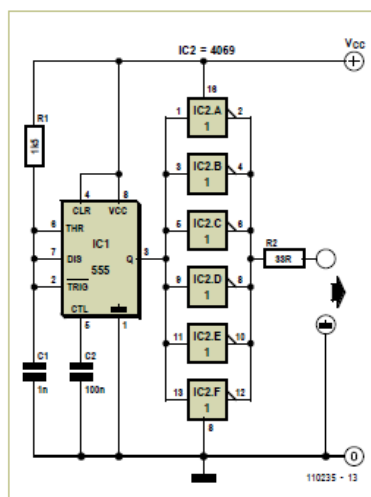
Het enige dat we nodig hebben, is een pulsgenerator

Hebt u er eentje staan op de labtafel, dan kunt u meteen gaan meten. Maar als dat niet zo is, dan is zo'n ding gemakkelijk zelf te bouwen voor minder dan vier euro. In **figuur 8** is een eenvoudig schema te zien dat als uitgangspunt kan dienen. Het is niets anders dan een 555-timer die heel korte negatieve pulsen levert met een frequentie van ongeveer 1 MHz (de exacte frequentie is niet belangrijk en hangt van de toleranties af). Daar achter komt een versterker om de kabel aan te sturen. Zes parallel geschakelde inverters maken de puls weer positief en leveren ook voldoende uitgangsvermogen. De weerstand van 33 Ω aan de uitgang vergroot de uitgangswaarde, maar voor-

komt dat terugkerende pulsen weer bij de inverters reflecteren en een tweede keer de kabel op gaan.

Ondanks de ogenschijnlijke eenvoud van de schakeling moeten de onderdelen zorgvuldig uitgekozen worden. Normale 555 timer-IC's zijn niet geschikt voor de hoge snelheid die wij nodig hebben, dus is de beste keuze een TLC555 CMOS-timer-IC van Texas Instruments. Voor de inverters wordt een 4069 CMOS-hex-inverter-IC aanbevolen, voornamelijk omdat die op 9 V kan werken, zodat de hele generator met een 9-V-batterij gevoed kan worden. Een 7404 TTL-IC of een exemplaar uit de 74xx04-reeks is pin-compatibel, maar dan moet alles met 5 V gevoed worden, wat het geheel weer wat ingewikkelder maakt. De schakeling kan gemakkelijk op een stukje gaatjesbord worden opgebouwd, maar u kunt u er natuurlijk ook een printje voor ontwerpen.

(110235)



Figuur 8. Schema van de pulsgenerator.

Huiswerk

Als de pulsgenerator eenmaal werkt, dan volgen hier nog wat eenvoudige experimenten om zelf te proberen. Het kan nodig zijn om de instellingen van de scope wat aan te passen voor een stabiel beeld:

1. Neem een stuk kabel van 15 of 30 m, rol deze af en vraag een vriend om iets op het uiteinde aan te sluiten. Doe wat ervaring op met uw TDR-technieken met de pulsgenerator en de scope, en probeer te achterhalen wat er aangesloten is. Het type kabel is niet belangrijk.

2. Kijk of het uitmaakt of de kabel uitgerold wordt of opgerold is.

3. Meet de actuele lengte van de kabel, kijk hoe lang een puls er over doet om heen en weer te gaan en bereken de verkortingsfactor.

4. Probeer uit hoe kort de kabel kan zijn voordat de uitgaande puls en de gereflecteerde puls in elkaar opgaan, zodat ze niet langer als afzonderlijke pulsen gezien kunnen worden. Als de kabel kort genoeg is, kunnen twee pulsen bij elkaar opgeteld worden tot een puls van de dubbele spanning.

5. Neem een stuk onbekende kabel zoals een stuk luidsprekercable of een stuk plat tweelingsnoer dat gewoonlijk wordt gebruikt voor het aansluiten van schemerlampen en bepaal de karakteristieke impedantie.

6. Sluit twee verschillende kabels op elkaar aan. Als hun karakteristieke impedantie verschillend genoeg is, dan moet er een reflectie te zien op de plaats waar de twee verschillende kabels aan elkaar zijn gekoppeld.

7. Neem een weerstand met een waarde gelijk aan de Z_0 van de kabel en sluit die met zeer korte aansluitdraden aan op het einde van de kabel. Er mag nu geen reflectie te zien zijn. Sluit hem nu opnieuw aan op dezelfde kabel, maar met aansluitsnoertjes met een lengte van 25 of 50 cm. Nu ziet u waarschijnlijk een paar kleine maar duidelijke reflecties – wat is daar aan de hand? Maken de aansluitsnoertjes een verschil?

8. Denk hier eens over na: Als het signaal dat de kabel in ging een sinus was, wat zou er dan gebeuren?

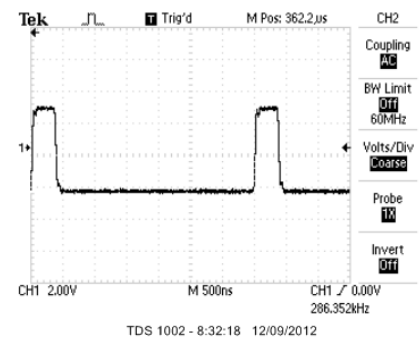
PRACTICUM REFLECTIEMETINGEN

We stellen de functiegenerator als volgt in:

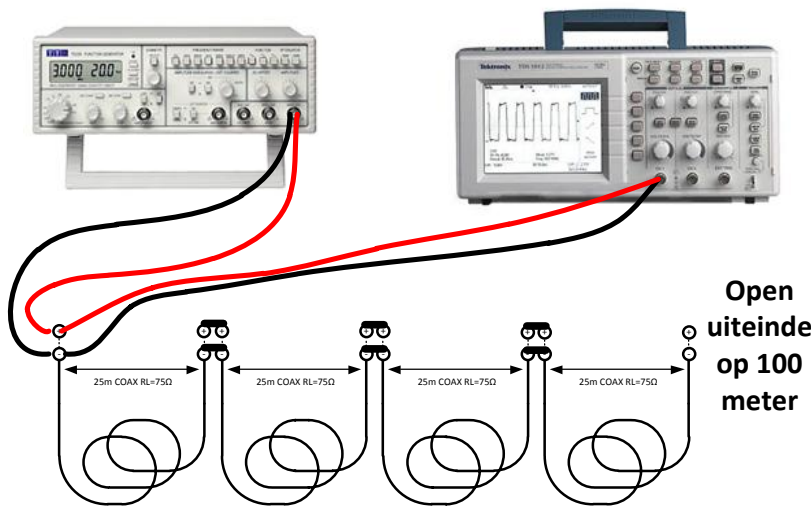
- Keuzeknop generator op 3Mhz (door symmetrie on wordt deze frequentie gedeeld door 10)
- Symmetrie on (f/10)
- Aansluiten op main out 50 Ohm
- Exacte frequentie = 286Mhz @ 5V ptp

We stellen de scope als volgt in en meten het signaal op zoals het hiernaast staat afgebeeld.

- Kanaal A – 500nsec/div – 2V/div

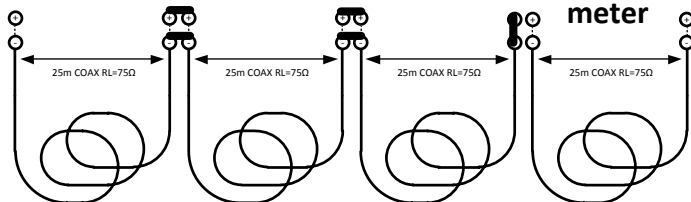


Figuur 1 Meting signaal van functiegenerator – geen kabel aangesloten

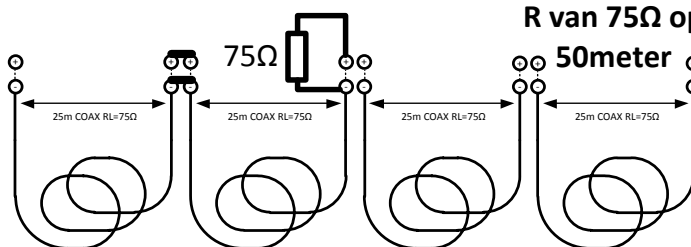


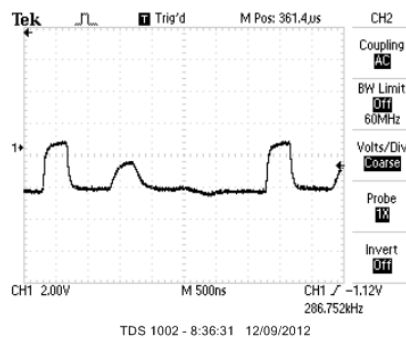
We hebben in totaal 100 meter coax kabel, onderverdeeld in 4 stukken van 25 meter, die we via draadbruggen aan elkaar kunnen zetten. Op 4 plaatsen, na 25,50,75 en 100 meter kunnen we de coax kortsluiten, open laten of belasten met een bepaalde weerstand. De karakteristieke impedantie van deze coax kabel is 75 Ohm – de verkortingsfactor is 66% wat maakt dat $v = 200.000\text{km/sec}$.

Kortsluiting op 75 meter

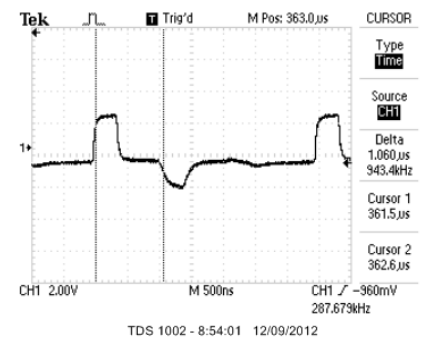


R van 75Ω op 50meter

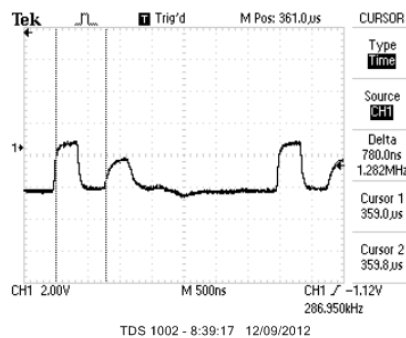




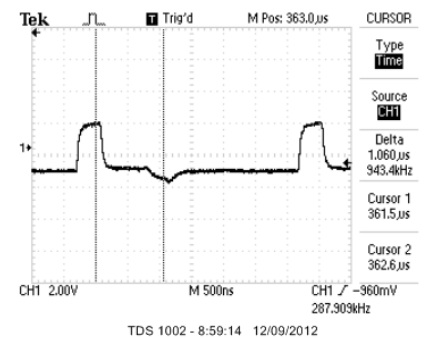
Kabel van 100 meter – open uiteinde – reflectie na 1usec



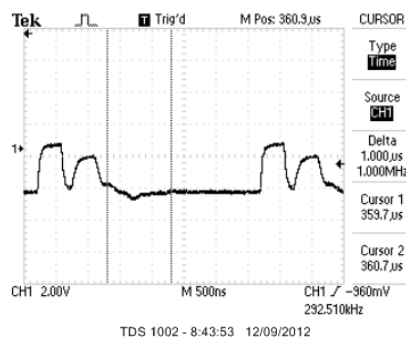
Kabel 100meter – kortgesloten – reflectie na 1usec



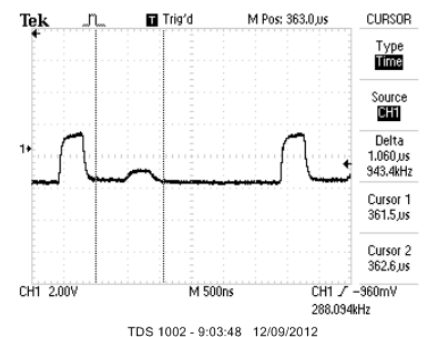
Kabel van 75 meter – open einde – reflectie na 750nsec



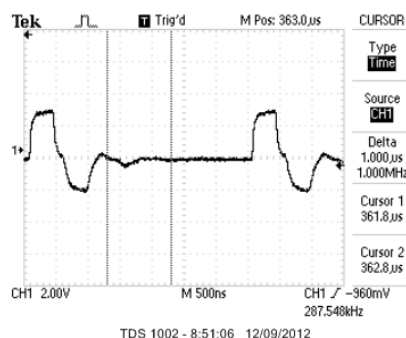
Kabel 100 meter – belast met 33 Ohm – neg reflectie



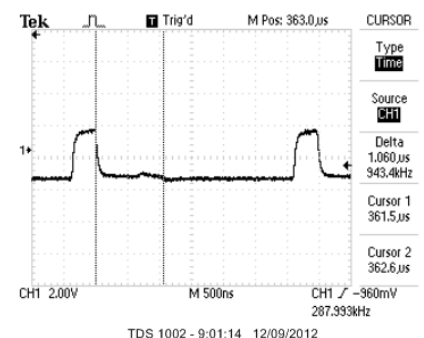
Kabel van 50 meter – open einde – reflectie na 500nsec



Kabel 100meter – belast met 150 Ohm – pos reflectie



Kabel 50 meter – kortgesloten – reflectie na 500nsec

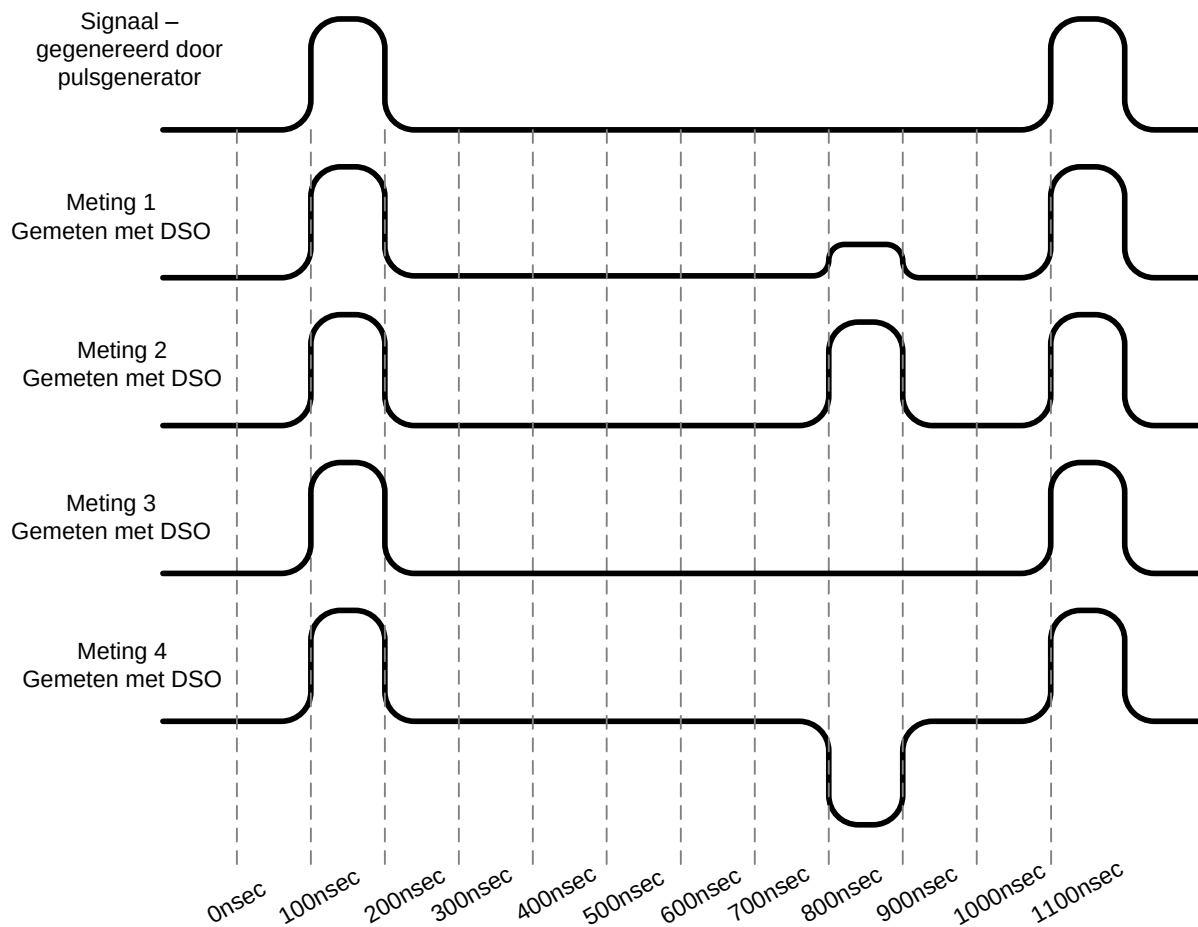
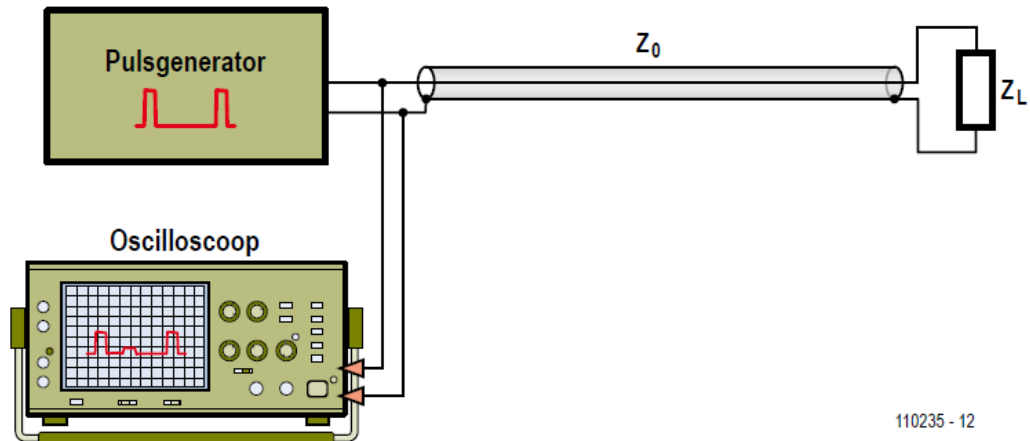


Kabel 100 meter – belast met 68 Ohm (bijna 75 Ohm) – geen reflectie

OEFENING OP REFLECTIES IN EEN KABEL:

Gegeven:

- Coax kabel met een karakteristieke impedantie van 60 Ohm
- Verkortingsfactor van deze kabel is 0.66
- Lichtsnelheid = 300.000km/sec



Gevraagd:

1. Wat is de lengte van deze kabel – verklaar met een duidelijke berekening

2. We zien hier het meetresultaat in 4 verschillende situaties – bij een belasting van 1200hm, bij een belasting van 600hm, bij een kortgesloten kabel en bij een open kabeluiteinde.
Verduidelijk in de tabel welke meting bij welke situatie hoort en verklaar wiskundig.

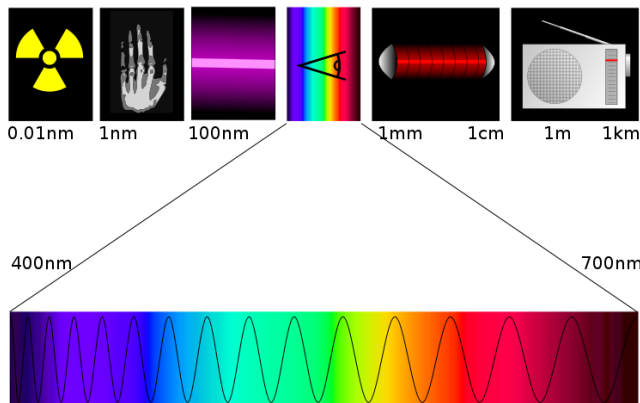
	Keuze uit : 1200hm – 600hm – kortgesloten uiteinde – open uiteinde	Wiskundige verklaring.
Situatie 1		Geen wiskundige verklaring nodig
Situatie 2		
Situatie 3		
Situatie 4		

DRAADLOZE DATAOVERDRACHT EN MODULATIE

Analoge dataoverdracht gebeurt al vele jaren draadloos – denk maar aan radio en TV, maar ook digitale dataoverdracht gebeurt steeds meer draadloos. We denken hierbij vooral aan WIFI, maar ook Bluetooth, Zigbee en RFID worden zeer intensief toegepast.

EM GOLVEN

Er bestaat een heel spectrum van elektromagnetische straling. Sommige soorten (zoals radiogolven) hebben een heel groot bereik bij een relatief laag energieniveau. Andere soorten straling (zoals röntgenstraling) gaan door weefsels heen en hebben daardoor medische toepassingen.



Bron: wiki

De relatie tussen de frequentie van elektromagnetische straling en golflengte in een medium is als volgt:

$$\lambda \cdot f = c$$

c de lichtsnelheid. Deze is bijna = 300 000 km/s in vacuüm, maar minder in dichtere stoffen (v)
 λ de Griekse letter lambda voor golflengte in meter
 f de frequentie in hertz

TOEPASSINGEN VAN ELEKTROMAGNETISCHE STRALING

Een toepassing daterend van ver vóór het ontdekken van de natuurkundige achtergrond is uiteraard het gezichtsvermogen dat gebruik maakt van licht.

Elektromagnetische straling van lagere frequenties (3Khz-3Ghz) wordt veel gebruikt voor draadloze communicatie / gegevensoverdracht, maar hogere frequenties laten meer data/tijdseenheid door (hogere capaciteit). Al kort na de uitvinding van apparatuur waarmee radiosignalen kunnen worden opgewekt en ontvangen, ontstonden de eerste apparaten die waren bedoeld voor communicatie op zee, waar draadverbindingen onmogelijk zijn. Ook in de lucht- en ruimtevaart is communicatie zonder elektromagnetische signalen ondenkbaar. De bekendste toepassing is echter in de omroep, voor het uitzenden van radio- en televisieprogramma's.

Een straalkachel produceert straling die bij inval, bijvoorbeeld op het lichaam, warmte produceert.

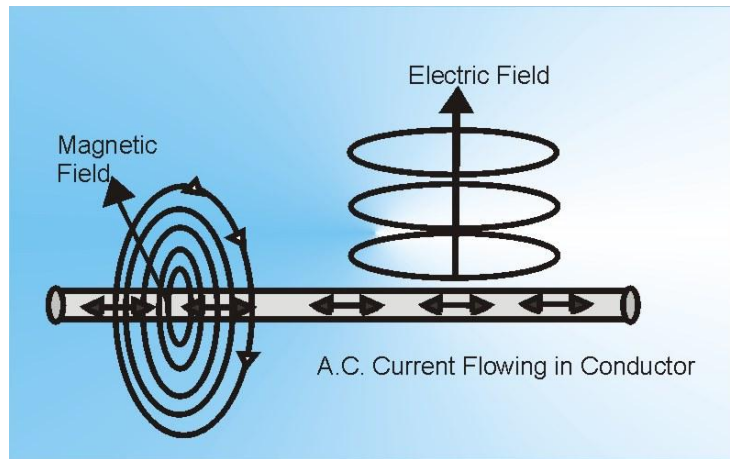
Microgolven worden gebruikt in een magnetron, voor het verwarmen van voedsel en industriële toepassingen.

Röntgenstraling heeft medische toepassingen.

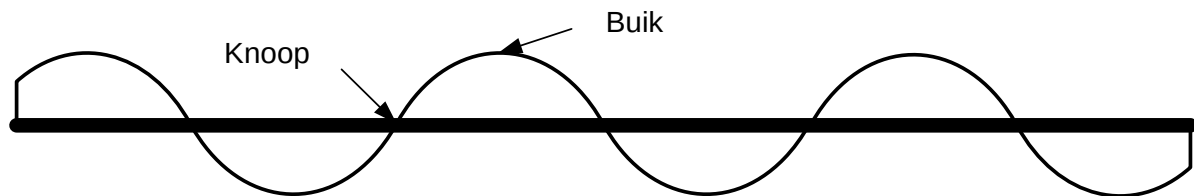
DRAADLOZE OVERDRACHT VAN EM SIGNALEN

Een elektrische wissel-stroom – die door een koperdraad wordt geleid – genereert rond die kabel steeds een bepaald EM veld waarvan je de M component kan meten met een kompas.

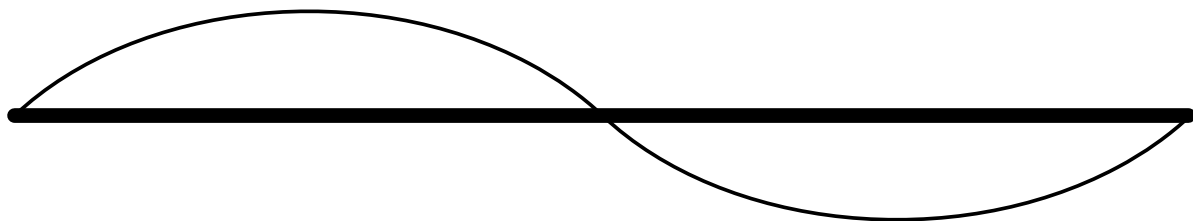
freq	golflengte
50Hz	6000km
3Khz	100km
30Khz	10km
300Khz	1km
3Mhz	100m
30Mhz	10m
300Mhz	1m
3Ghz	10cm
30Ghz	1cm
300Ghz	1mm



Bij laagfrequent wisselstromen van 50 Hz – zoals wij die gebruiken voor elektrische energie-overdracht – is de lengte van de kabel vele malen kleiner dan de golflengte van een 50 Hz signaal dat 6000km bedraagt. Wij gebruiken nl. nooit kabels die 6000km lang zijn. Bij deze lage frequenties is dit EM veld rond de kabel zeer klein en plant dit zich nagenoeg niet voort door de ruimte.

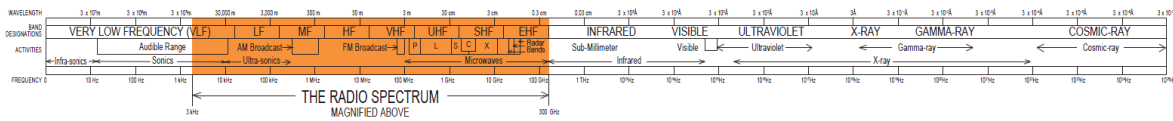


Van het moment dat echter de frequentie van het signaal dat door de kabel gestuurd wordt – zo groot wordt – dat de golflengte wel in de buurt komt van de lengte van de kabel (zie figuur boven), dan noemen we deze kabel een transmissielijn. In transmissielijnen treedt er een faseverschil op tussen het begin en het einde van een lijn. In dat geval volstaan de conventionele wetten en oplossingstechnieken voor elektrische netwerken niet meer en wordt toepassing van de transmissielijn-theorie noodzakelijk en moeten we rekening houden met karakteristieke impedantie.



Als de lengte van de transmissielijn ongeveer gelijk is aan de golflengte van het elektrische signaal dat er door gestuurd wordt, dan spreken we van een antenne en dan ontstaan er staande golven in deze kabel. Deze staande golven genereren EM straling rond de kabel die wel voldoende energie heeft om zich van de kabel (antenne) weg te bewegen – de wijde wereld in.

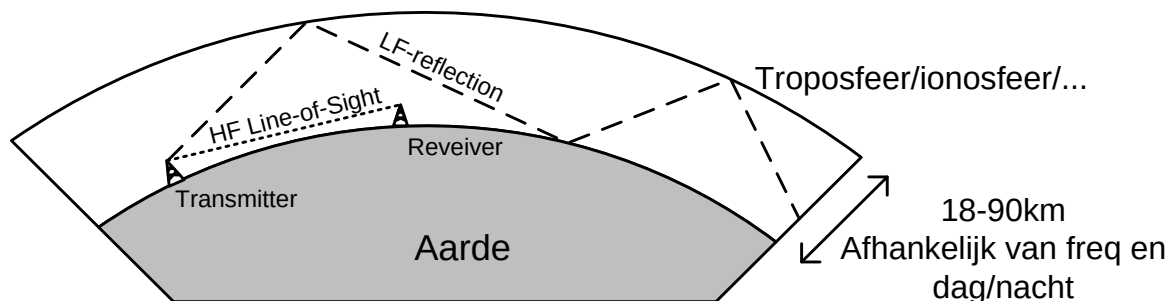
Em golven voor dataoverdracht hebben typisch frequenties tussen 3Khz en 300Ghz en elke toepassing (AM, FM, GSM, CB, ...) heeft zijn specifieke band toegewezen gekregen zodat ze elkaar niet zullen storen. (zie "The_Radio_Spectrum.pdf")



$$F = 3 \text{ KHz} \Rightarrow \lambda = 100\text{km!!}$$

$$F = 300\text{Ghz} \Rightarrow \lambda = 3\text{mm!!}$$

Lagere frequenties (vb-100Khz) (denk aan AM) kunnen zo zeer grote afstanden afleggen doordat deze lage frequenties weerkaatsen tegen de troposfeer en de aarde en zo via enkele weerkaatsingen de andere kant van de aarde kunnen bereiken. LF signalen ondervinden door hun zeer grote golflengtes ook zeer weinig hinder van obstakels omdat de golflengte vele malen groter is dan de obstakels en de golf dus 'rond' het obstakel 'golft'. Het nadeel is dan weer dat LF signalen niet veel informatie kunnen overdragen (audio van mindere kwaliteit of een kleine data-rate) en dat er zeer grote antennes voor nodig zijn.



Hogere frequenties – denk aan GSM (900Mhz – 1800Mhz) of WIFI (2.4Ghz – 5Ghz) – kunnen enkel in een rechte lijn (line of sight) van zender naar ontvanger bewegen en kunnen dus minder lange afstanden overbruggen. Zonder obstakels is de kromming van de aarde de grootste beperking, er van uit gaande dat het zendvermogen voldoende groot is om deze afstand te overbruggen. Obstakels die in de grootte orde van de golflengte komen zullen de voorplanting zeker storen, al kunnen zeer hoge frequenties zelfs door muren heen (denk aan GSM) stralen.

GSM: Vermits GSM full duplex is, en het vermogen van een GSM toestel beperkt is, moeten er zo veel zend/ontvangstantennes staan om de GSM dekking te verzekeren in een land. GSM toestellen kunnen hun vermogen moduleren. Hoe verder ze van een mast staan, hoe hoger hun uitgezonden vermogen, maar dat heeft wel een verkorte batterijduur tot gevolg.

WIFI: Wifi is ook zeer hoogfrequent en full duplex, maar het is vooral de beperking van het zendvermogen tot maximum 100mW door de overheid dat er voor zorgt dat er dikwijls verschillende antennes nodig zijn om een volledige dekking te kunnen voorzien in een huis. Wifi signalen kunnen eveneens door muren, maar moeilijker door dik beton.

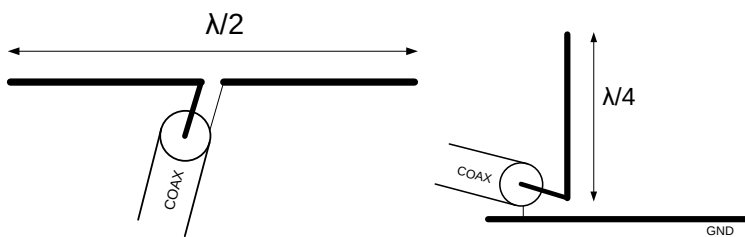
FM Radio: Met slechts enkele antennes kan iedereen in Vlaanderen de grote radiozenders zonder probleem ontvangen – binnen en buiten. De frequenties liggen rond de 100Mhz. Deze FM simplex zenders zenden echter uit met een extreem groot vermogen (tot 50kWatt). StuBru heeft zo bijvoorbeeld 6 zenders nodig om heel Vlaanderen te bereiken.

Studio Brussel	Leuven	500 W	88,0 MHz
	Gent	500 W	94,5 MHz
	Sint-Pieters-Leeuw	50 kW	100,6 MHz
	Schoten	40 kW	100,9 MHz
	Genk	40 kW	101,4 MHz
	Egem	50 kW	102,1 MHz

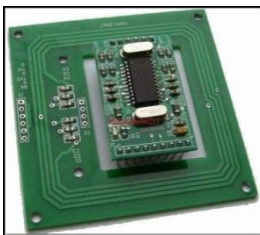
ANTENNES

Er bestaan vele verschillende soorten antennes – we bespreken er kort enkele:

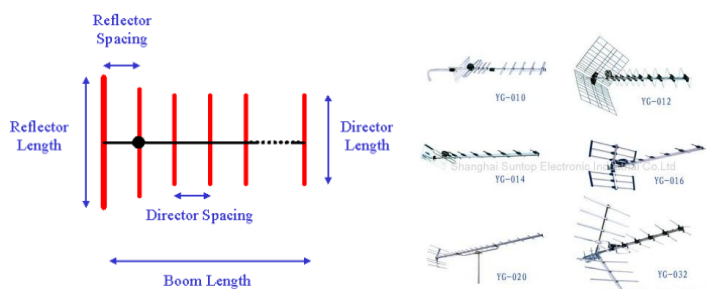
De eerste is de **dipool** antenne. Deze antenne heeft een halve golflengte, of zelfs een kwart golflengte als de antenne vlak bij de grond staat. De $\lambda/2$ antennes zijn de meest efficiënte, maar zeker voor ontvangst van FM radiosignalen kan de antenne zelfs nog korter zijn dan $\lambda/4$. Dit maakt de antennes minder efficiënt, maar vermits de FM signalen sterk genoeg in de lucht zitten is dit geen probleem. *FM ontvangst antennes moeten immers ook alle verschillende FM kanalen kunnen ontvangen (van 87.5Mhz tot 108.0Mhz) – elk FM kanaal heeft een bandbreedte van 200Khz en alle kanalen liggen ongeveer 300kHz uit elkaar. ($\lambda 100\text{Mhz} = 3\text{meter} - \lambda/2 = 1.5\text{m} - \lambda/4 = 75\text{cm}$, maar zelfs zonder zichtbare antenne kan je een redelijke FM ontvangst bekomen)*



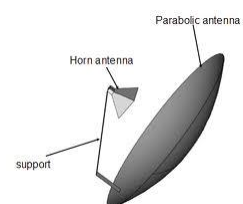
Hoe hoger de te zenden of ontvangen frequenties – hoe korter de antenne dus. Zo worden dipool antennes – indien ze ‘opgerold’ worden – zelfs rechtstreeks mee op de PCB ‘geprint’. (dit is een voorbeeld van een 13.56Mhz RFID antenne)



Bij een **Yagi** antenne wordt er ook gebruik gemaakt van een dipool om te zenden of te ontvangen, maar metalen staven met correcte lengte en afstand van de dipool zorgen ervoor dat deze antenne meer gericht gaat ontvangen of zenden. De staaf achter de dipool noemen we een reflector, de staven voor de dipool noemen we directors.



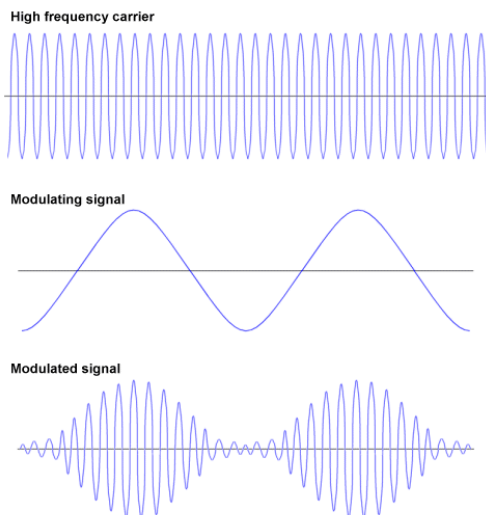
Een **parabool of schotelantenne** ontvangt of zendt ook zeer gericht. De parabool (reflector) moet groter zijn de golflengte van de te ontvangen signalen, vandaar dat schotelantennes enkel gebruikt worden voor de hogere frequenties.



MODULATIE VAN ANALOGE SIGNALLEN

We hebben in het vorige hoofdstuk gezien dat we – indien we signalen draadloos willen versturen – we dan frequenties moeten gebruiken tussen 3Khz en 300Ghz. Vermits audiosignalen zeer laagfrequent zijn (20Hz – 20Khz) kunnen we die niet rechte reeks draadloos verzenden. Modulatie is een manier om Laagfrequent informatie te transformeren naar een Hoogfrequent draaggolf die wel draadloos kan verstuurd worden.

AM

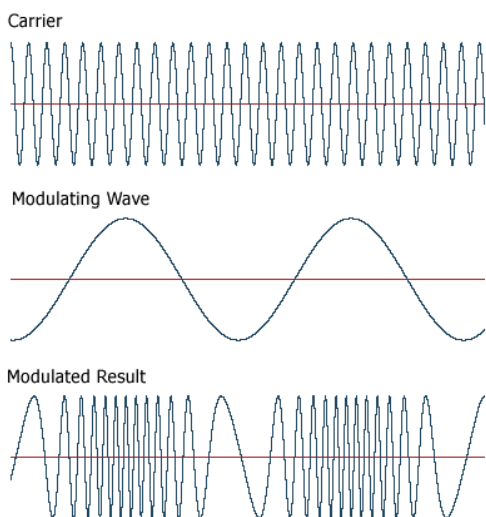


Bij Amplitude Modulatie wordt de laagfrequent informatie vertaald naar een hoogfrequent signaal door van een Hoogfrequent signaal de amplitude te veranderen op het ritme van het AM signaal.

AM heeft als grote nadeel dat de amplitude en dus ook de energie / reikwijdte van het AM signaal voortdurend verandert. Voorts hebben AM kanalen een smallere bandbreedte en dus een mindere audio kwaliteit en AM signalen zijn gevoeliger voor storingen. AM communicatie gebeurt wel op lagere frequenties (535-1705Khz) als FM (88-108Mhz), wat als voordeel geeft dat AM signalen – met een zelfde energie – toch een grotere reikwijdte hebben.

FM

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2007 The Computer Language Co., Inc.



Bij Frequency Modulation wordt de Frequentie van de draaggolf gemoduleerd op het ritme van de LF informatiegolf.

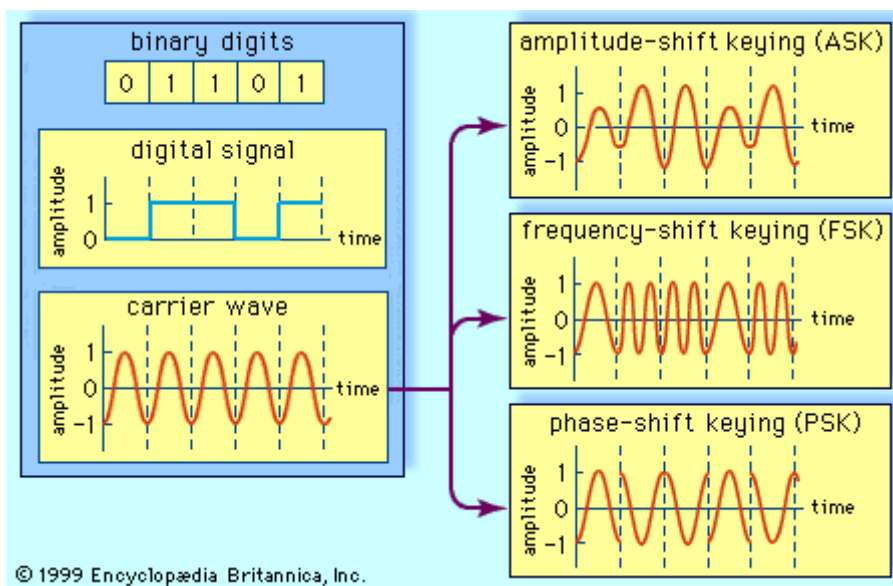
Bij FM signalen is de Amplitude constant wat resulteert in een stabiel signaal en betere ontvangst. FM kanalen hebben een grote bandbreedte (200Khz) wat resulteert in hogere audio kwaliteit, zelfs in stereo. Door de hogere frequentieband van FM (88-108Mhz) heeft FM wel een kleinere reikwijdte als AM.

MODULATIE VAN DIGITALE SIGNALEN

Digitale signalen worden gemoduleerd voor 2 redenen:

- Om digitale signalen draadloos te kunnen versturen moet de digitale info – identiek aan analoge info – op een HF draaggolf worden gemoduleerd.
- Digitale signalen verzenden over kabels over grote afstanden – denk aan klassieke telefoonlijnen met een BB van 300 tot 3400Hz – kunnen theoretisch slechts $2 \times \text{BB} = 6200\text{bps}$ aan datasnelheid halen. Door specifieke digitale modulatietechnieken toe te passen kunnen we binnen deze beperkte BB toch hogere datasnelheden halen.

ASK, FSK, PSK



Bij Amplitude – shift keying wordt de amplitude van het gemoduleerde signaal aangepast – een kleine amplitude stelt een 0 voor en een hogere amplitude stelt een 1 voor.

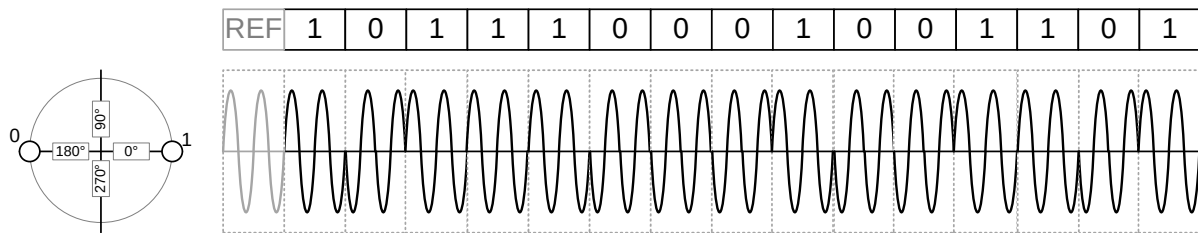
Bij Frequency – shift keying wordt de frequentie van het gemoduleerde signaal aangepast. Een lagere frequentie stelt hier een 0 voor en een hogere frequentie stelt een 1 voor.

Bij Phase-shift keying wordt de fase van het gemoduleerde signaal omgekeerd. Een 0 signaal is 180° in tegenfase met een 1 signaal. Beide signalen dienen tov een constant referentiesignaal vergeleken te worden.

DPSK – Differential Phase-shift keying is een variant van PSK waarbij het faseverschil niet wordt gemeten tov een constant signaal, maar wel tov de vorige bit of alternantie.

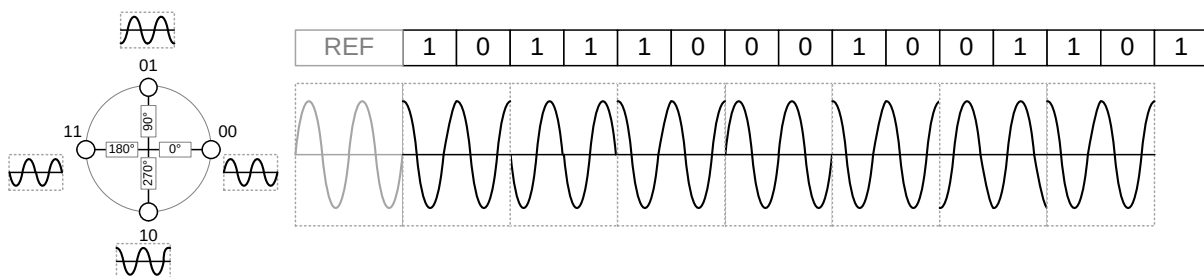
PSK – VERDER UITGEDIPT

BPSK OF 2PSK – BINARY PHASE SHIFT KEYING



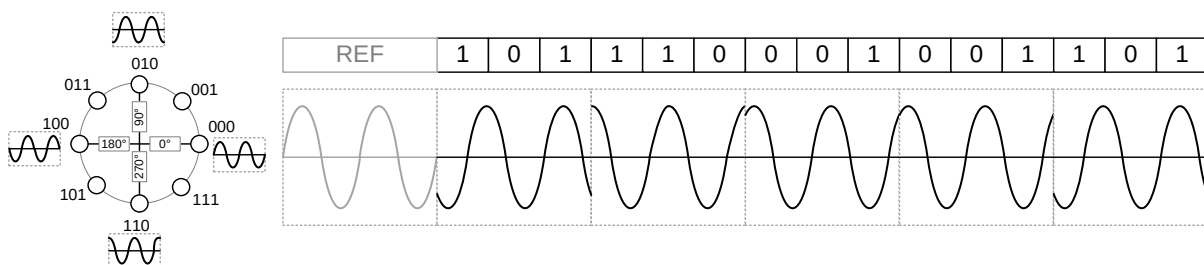
Binary PSK of 2PSK heeft twee verschillende toestanden. 0° faseverschuiving tov de referentie betekent een 1, 180° faseverschuiving zal een 0 weergeven.

QPSK OF 4PSK (QUADRATURE PHASE MODULATION)



Bij QPSK of 4PSK zijn er 4 verschillende faseverschuivingen mogelijk. Dit geeft ons de kans om de bits samen te nemen per twee – en zo – deze zelfde bitstroom door te sturen met de helft van de frequentie (en dus BB) t.o.v. bij 2PSK. We mogen dit ook omdraaien en zeggen dat indien we een zelfde frequentie zouden aanhouden, dat we met 4PSK dubbel zoveel info kunnen verzenden als met 2PSK – en dit toch binnen een zelfde bandbreedte.

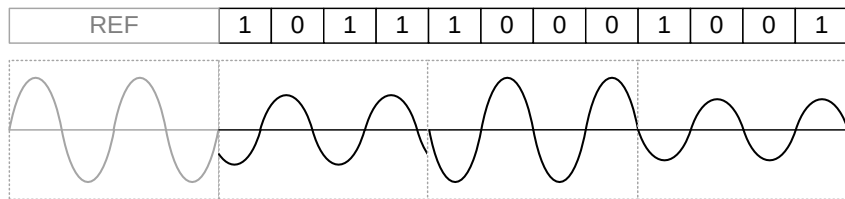
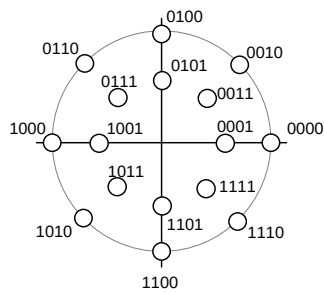
8PSK



Bij 8PSK zijn er 8 verschillende faseverschuivingen mogelijk wat maakt dat we nu de bits per 3 tegelijk kunnen verzenden. Een transmissielijn met een BB van 3100Hz – waarmee we normaal maximaal $2 \times \text{BB} = 6200\text{bps}$ kunnen halen zouden we – met 8PSK kunnen gebruiken voor een datasnelheid van $3 \times 6200\text{bps} = 18600\text{bps}$.

Theoretisch zouden we naar 16 en 32 PSK kunnen overstappen, maar praktisch wordt 8PSK gezien als het maximum vermits de kans op fouten te hoog wordt. Voor hogere orde modulaties bestaan er betere – zij het complexere methodes zoals QAM.

QAM – QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION



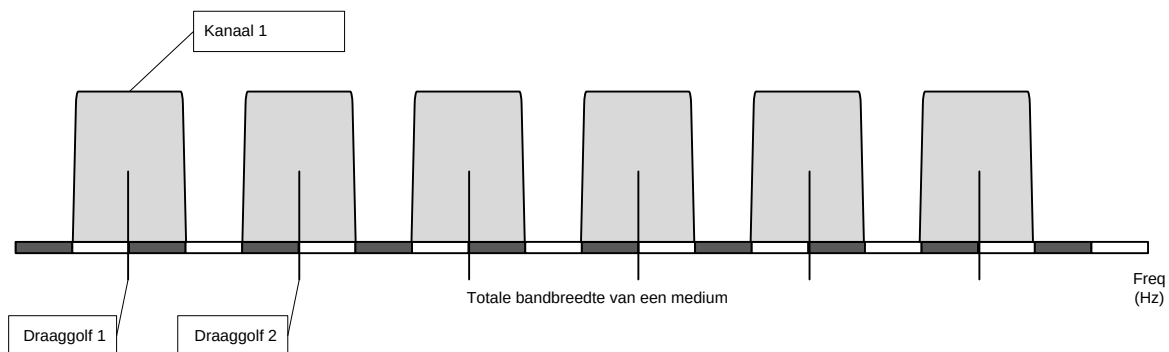
Deze QAM of QAM 16 is een combinatie van (in dit geval) 8PSK en Amplitude Modulation. Er wordt zowel gewerkt met 8 verschillende faseverschillen als met 2 verschillende amplitudes, wat maakt dat we nu 16 mogelijkheden of 4 bits kunnen groeperen en datasnelheden kunnen halen die 4 x hoger liggen als de maximale datasnelheid zonder modulatie.

$BB = 3100\text{Hz} - C_{\text{max}} = 2 \times BB = 6200\text{bps}$ – met QAM halen we nu $4 \times 6200\text{bps} = 24800\text{bps}$

Andere bekende vormen van QAM zijn:

- QAM-16 -4bit multilevel codering
- QAM-32 -5bit multilevel codering
- QAM-64 -6bit multilevel codering
- QAM-128 -7bit multilevel codering
- QAM-256 -8bit multilevel codering

ODFM – OTHOGONAL FREQUENCY-DEVISION MULTIPLEXING



Om de capaciteit van een medium (transmissielijn of draadloos) nog op te drijven kan er een vorm van multiplexing gebruikt worden. OFDM – Orthogonal Frequency-devision multiplexing is hiervan de meest toegepaste methode. Binnen de bandbreedte van een bepaald medium worden er verschillende draaggolven toegewezen – elk met hun specifieke frequentie en bandbreedte. Elk van deze sub-kanalen kunnen dan in QAM gemoduleerd worden wat kan resulteren in nog veel hogere datarates.

De bekendste toepassingen van ADFM zijn ongetwijfeld ADSL, Breedband internet en 4G (data via GSM)

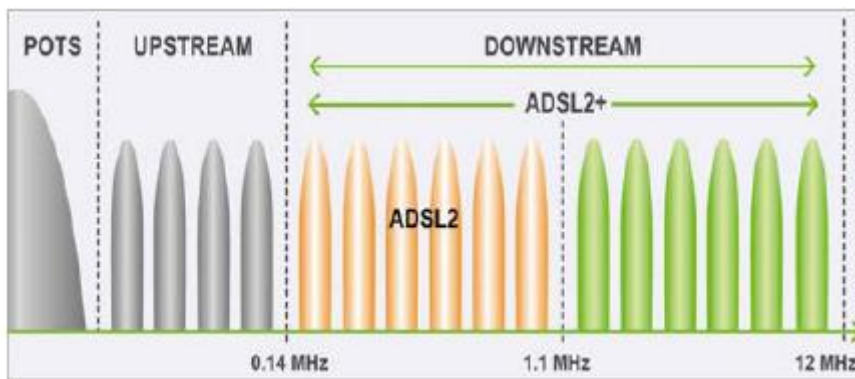
TOEPASSINGEN VAN PSK EN QAM

WIFI : gebruikt DBPSK (Differential BPSK) voor snelheden tot 1Mbit/sec en QPSK voor 5,5Mbit/sec. Voor nog hogere snelheden – tot zelfs 54 Mbits/sec wordt QAM gecombineerd met OFDM.

Bluetooth gebruikt DQPSK voor snelheden tot 2Mbit/sec en 8DPSK voor snelheden tot 3Mbit/sec.

Zigbee gebruikt BPSK en QPSK

ADSL – (ADSL2; ADSL2+; VDSL) gebruiken allemaal een combinatie van OFDM en QAM. Assymetric digital subscriber line duidt op de assymetrie tussen het aantal upstream kanalen en het aantal downstream kanalen. Er moet nl gewoonlijk meer Bandbreedte voorzien worden voor download dan voor Upload als het om internettoepassingen gaat. Voorts is het ook opmerkelijk dat – gezien de beperkte bandbreedte van de klassieke telefoonlijn (POTS Plain old telephone service) – de ADSL signalen allemaal boven deze POTS band te vinden zijn. Veel van de bekabeling in de straten en de apparatuur is nl vervangen om ADSL mogelijk te maken wat resulteert in een grotere BB van de telefoonlijnen – tot zelfs 12Mhz.



OVERZENDEN VAN DIGITALE SIGNALEN

Specifiek voor het verzenden van digitale signalen – over transmissiekabels – zijn er een aantal praktische zaken die een goede technicus moet weten.

DIGITALE SIGNALEN

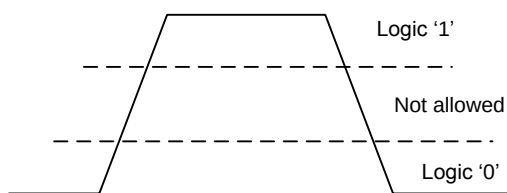
Digitale signalen worden getypeerd door een aantal parameters

LOGIC LEVEL:

Een '0' wordt meestal voorgesteld door 0V

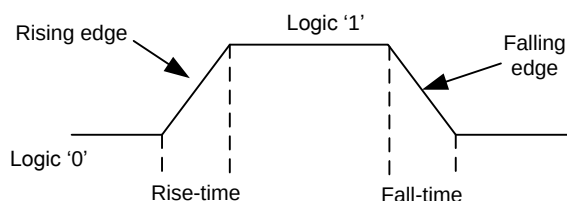
Een '1' wordt nog steeds verondersteld '5V' te zijn, maar in vele moderne elektronische systemen is dit 3.3V, 1.8V of zelfs 0.9V.

De reden van deze lagere logic level spanning is te zoeken in de verregaande miniaturisering van IC's. Men probeert steeds meer logica binnen steeds minder silicium te krijgen, wat resulteert in kleinere transistoren en dus ook in lagere doorslagspanningen. Deze kleine transistoren kunnen – door hier 5V signalen op aan te leggen – stuk gaan. Een groot voordeel is wel de lagere prijs van deze componenten (minder Si) en minder vermogenverbruik wat voeding dmv batterijen beter toelaat.



Elke technologie heeft zijn specifieke grenzen voor wat als de minimale spanning bekeken wordt om zeker als '1' aanvaard te worden. Hetzelfde geldt voor een '0'. U dient dit in de datasheet van de betrokken componenten op te zoeken. Wanneer de spanning – eventueel door storingen – in de 'verboden' zone terecht zou komen, dan beschouwen we de data als mogelijk corrupt. In de verboden zone weten we immers niet of dit als een 1 of als een 0 bekenen is.

PARAMETERS:



ASCII TABEL

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	TAB	LF	VT	FF	CR	SO	SI
10	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
20		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

De ascii code is een zeer bekende 7 bit code die veel gebruikt wordt om karakters (en ook een aantal instructies) binair voor te stellen.

D = 0x44 = 0b01000100 (hoofdletter D)

7 = 0x37 = 0b00110111 (cijfer 7) (heeft niet de waarde 7!!)

STX : Start of tekst (geeft het begin van een bericht aan) – ETX: End of tekst (geeft het einde van een bericht aan)

LF: Linefeed = begin een nieuwe regel

CR: Carriage return = ga terug naar het begin van de huidige regel

U ziet dat vele van deze codes dateren van de tijd van de ouderwetse typmachines en telex apparaten. Vermits we met deze 7 bit ascii code slechts 128 combinaties kunnen weergeven ontstond er al snel behoefte naar een uitgebreide versie. Dit werd de 8 bit extended ascii. Later is deze nog uitgebreid naar de 16bit unicode die op haar beurt weerom aan het uitbreiden is naar een nog grotere tekenset.

OP KORTE, MIDDEL-LANGE EN LANGE AFSTAND

KORTE AFSTAND = <30CM

Gewone TTL signalen (0v=0 – 5V=1) kunnen via losse draden of printsporen van maximaal 30cm getransporteerd worden. Als er veel gebruikers op dezelfde bus aanwezig zijn, dan kan deze 30cm zelfs al een probleem worden.

Bij gebruik van sterke buffers kan dit eventueel worden verhoogd tot 60cm.

MIDDEL LANGE AFSTAND = <6M

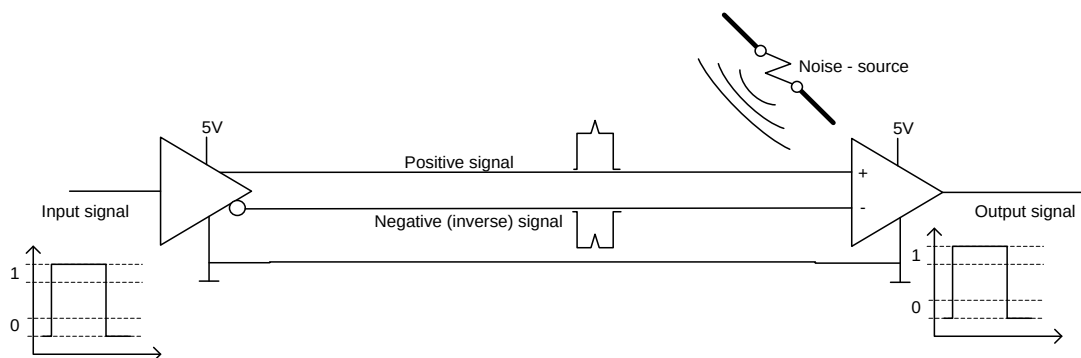
Bij signalen die afstanden tussen 30cm en 6m moeten overbruggen dienen er extra maatregelen getroffen te worden:

- De signaalniveaus worden meestal opgekrikt (vb 1= -12V en 0 = +12V)
- Er worden speciaal afgeschermd kabels gebruikt
- De data wordt in een frame gezet, en er wordt foutdetectie (of correctie) data aan toegevoegd

LANGE AFSTAND = < 1200M

Bij afstanden tussen 6m en 1200m moeten we elke lijn beschouwen als een transmissielijn en voorzien van de nodige apparatuur om reflecties te voorkomen.

Voorts wordt er voor deze afstanden gewoonlijk gewerkt met differentiële signaalniveau's die de eigenschap hebben reeds zelf el een aantal van de mogelijke storingen te kunnen elimineren.



ZEER LANGE AFSTAND >1200M

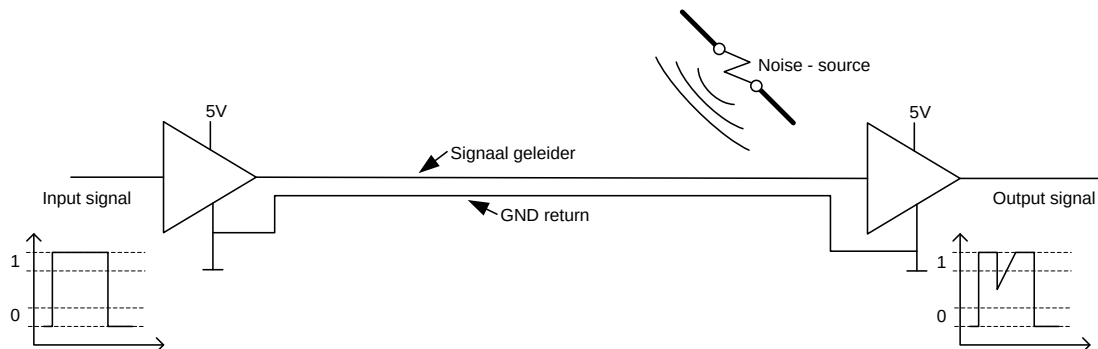
Bij zeer lange afstanden – groter dan 1200m - (denk aan ADSL, Televisie, Breedband internet via Kabel, ...) wordt er meestal niet meer rechtstreeks gewerkt met digitale signalen op deze kabels. Men kiest er dan voor om modulatiemethodes zoals ODFM, PSK en QAM te gebruiken om data – op analoge draaggolven gemoduleerd - deze lange afstanden te laten overbruggen.

Reden:

- Men kan bestaande telefoonlijnen en TV kabels gebruiken als medium
- Steile flanken van digitale signalen zouden op deze lange afstanden te veel vervormd worden door distorsie. De analoge sinusvormige gemoduleerde signalen hebben hier veel minder invloed van.

STORINGEN (DEMPING, RUIS, OVERSPRAAK)

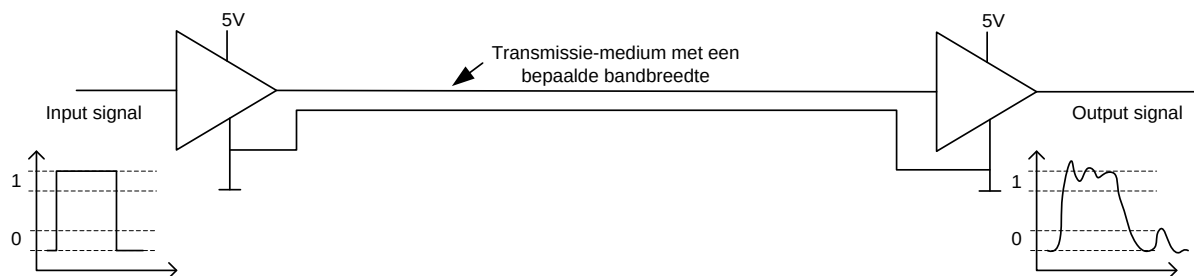
NOISE (RUIS)



Storing door ruis treedt op omdat de HF digitale signalen te klein zijn (0V-5V) tov de ruissignalen veroorzaakt door storingsbronnen zoals motoren, schakelaars en andere elektronische circuits. Vooral lange printbanen en draden vormen een risico doordat zij zich kunnen gedragen als antennes en kunnen zo deze stoorsignalen dus makkelijk opvangen. Hoe langer de geleiders – hoe meer risico op het opvangen van ruis.

Het risico op fouten door ruis kan je verminderen door de signaalniveau's op te krikken mbv buffers.

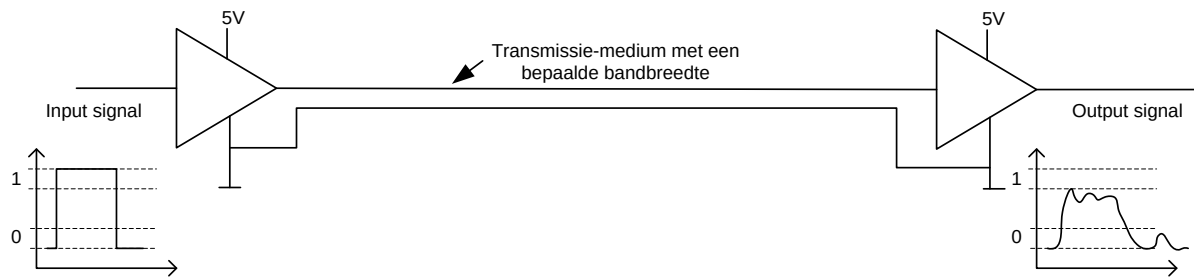
ELECTRICAL DISTORTION



Doordat het gebruikte transmissiemedium een beperkte bandbreedte heeft is het onmogelijk om alle harmonischen van de blokgolf mee door te laten. Het gevolg is dat de ontvangen blokgolf minder steile flanken heeft en ook op andere manieren vervormd kan zijn. Zolang een 1 en 0 nog duidelijk herkenbaar zijn, is deze vervorming aanvaardbaar, maar het kan ook erger zijn.

Fouten door distortion kan je enkel verminderen door de bandbreedte van je medium te verhogen (andere kabel kiezen), door de datasnelheid te verminderen of door de signaalniveau's op te krikken.

DEMPING – VERZWAKKING



Een signaal verliest in een kabel steeds een bepaalde mate van energie. Het uitgangssignaal is dan gedempt of verzwakt. Vooral bij lange kabels kan deze demping voor fouten zorgen.

Ook hier is de methode om fouten door demping te voorkomen, om de signaalniveau 's voldoende hoog te maken voor het verzenden zodat een mogelijke demping niet meteen voor fouten zorgt.

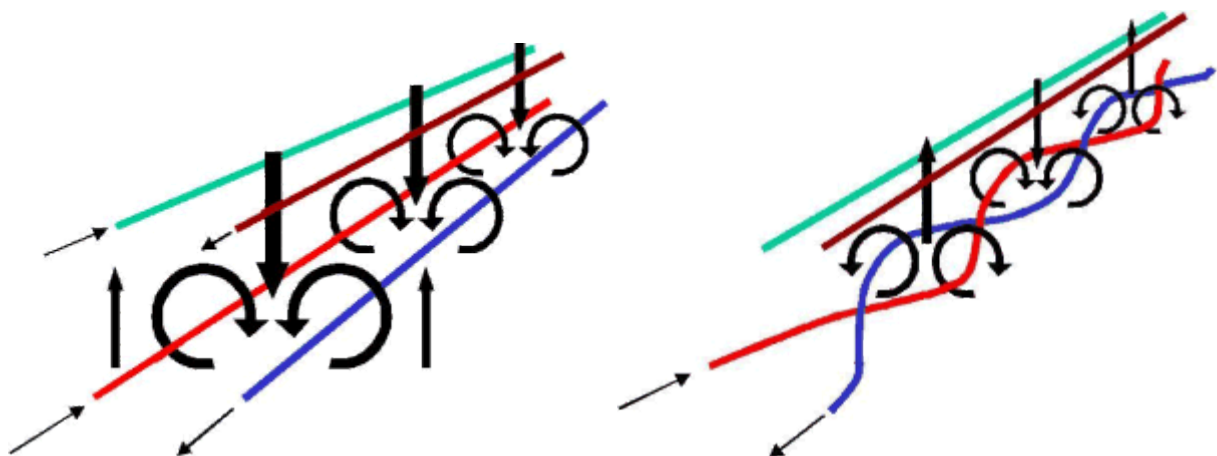
OVERSPRAAK - CROSSTALK

Overspraak betekent letterlijk dat een signaal van een verbinding 'over spreekt' op een andere verbinding. Natuurkundig gezien gebeurt dit door inductieve en capacitieve koppeling tussen geleiders.

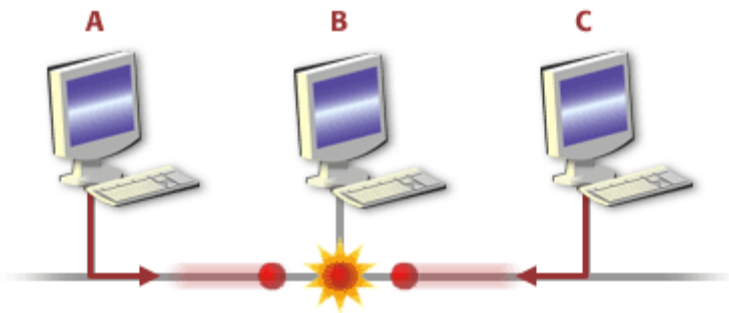
Een klassiek voorbeeld is wanneer telefoonkabels over een afstand van enkele kilometers dicht tegen elkaar liggen. Het zou dan kunnen gebeuren dat er geluiden in de telefoon klinken die van anderen afkomstig zijn.

Overspraak wordt tegengegaan door:

- De draden af te schermen.
- De draden als twisted pair uit te voeren.
- Door meer ruimte te maken tussen de draden van de verschillende signalen.
- Door een coaxkabel te gebruiken.
- Door de juiste afsluiting van een transmissielijn.
- Door in een flatcable (bandkabel) tussen de signaalvoerende aders geaarde aders op te nemen.



COLISION

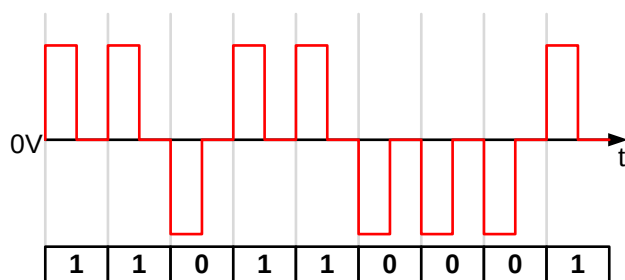


Data collision kan voorkomen wanneer verschillende gebruikers op hetzelfde moment dezelfde bus willen gebruiken om te communiceren.

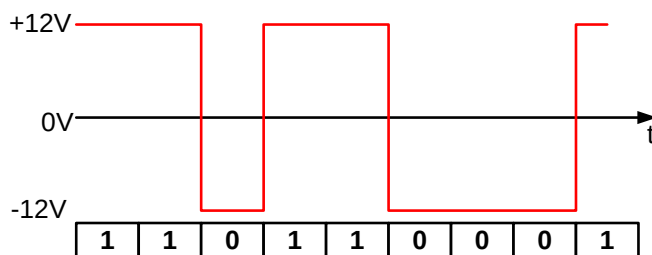
Er zijn verschillende manieren om dit te vermijden – deze noemen collision avoidance en collision detection:

- Je laat slechts één master toe op de bus (single master). Enkel deze master bepaald wie op welk moment de bus mag gebruiken.
- In multimaster mode dienen alle masters eerst te controleren of de bus vrij is en – om gelijktijdige start te vermijden moet er een systeem zijn dat duidelijk maakt welke master de bus moet verlaten als alsnog twee masters gelijk de bus innemen.

(NON) RETURN TO ZERO

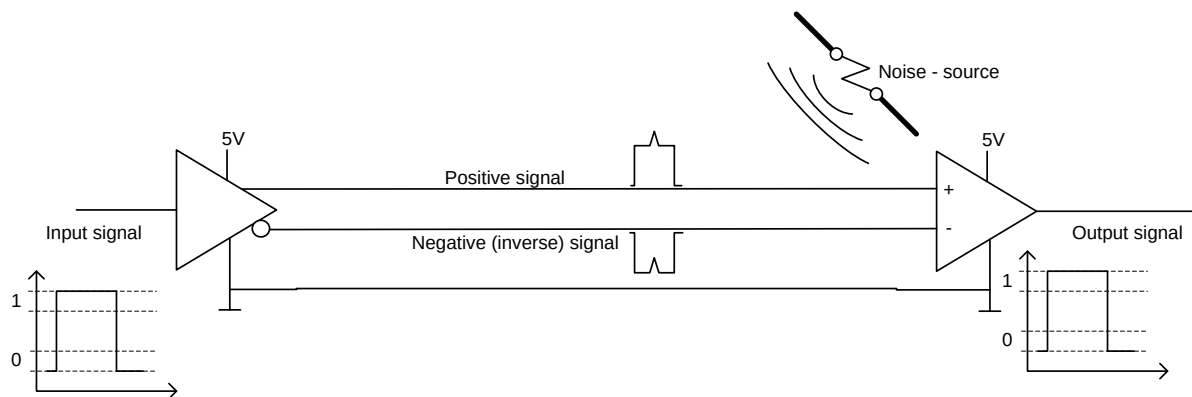


Bij return to zero signalen keert elke bit terug naar nul. Het voordeel hiervan is dat er in dit signaal meteen een klok mee is ingewerkt voor de ontvanger (elke neergaande flank kan gebruikt worden om de klok van de ontvanger te synchroniseren.)



Bij Non return to zero signalen keert het signaalniveau nooit terug naar de gnd wat een sterker signaal geeft ivm RZ en dus minder storingsgevoeligheid met zich meebrengt. Dit signaal maakt het wel moeilijker voor de ontvanger om de klok hieruit terug te recoveren, maar systemen – zoals RS232 – met start en stopbit bieden hiervoor een oplossing.

DIFFERENTIËLE SIGNALEN



Differentiële signalen worden gebruikt om afstanden van >6m te overbruggen. Naast de GND lijn vertrekken er nog twee lijnen van de zender naar de ontvanger. Op de positieve lijn wordt het gewone signaal gezet, op de negatieve lijn wordt hetzelfde signaal, maar dan geïnverteerd gezet. Mogelijke storingen zullen op beide lijnen even sterk toeslaan, maar doordat beide signalen elkaars inverse zijn, en de storing wel in fase blijft, zal – na de verschilversterker – slechts het originele signaal – zonder storing overblijven.

Dit systeem wordt zeer veel toegepast – oa in LAN bekabeling.

BITSTUFFING

Om seriele data goed te kunnen ontvangen moet de klok van de ontvanger gelijk lopen met de klok van de zender. Tijdens de communicatie kan de ontvanger z'n klok dan terug synchroniseren op de stijgende en dalende flanken van de binnenkomende informatiebits.

Een reëel probleem situeert zich wanneer er lange reeksen van eentjes of nullen worden overgezonden. De klok van de ontvanger kan zich niet meer synchroniseren omdat er geen flanken meer binnenkomen en doordat de klok begint te verlopen zouden er mogelijk verkeerde bits worden ingelezen.

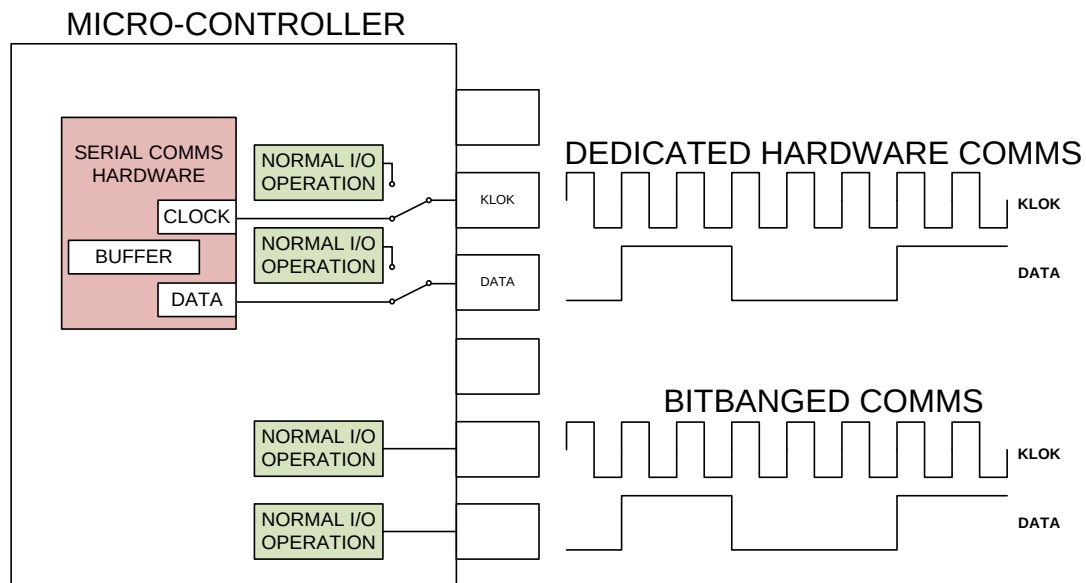
(a) 011011111111111111110010

(b) 011011111011111011111010010
 ↑
 Stuffed bits

(c) 0110111111111111111110010

De meest gebruikte manier om dit tegen te gaan is 'bitstuffing': na een bepaald aantal eentjes of nullen wordt er een extra – inverse - bit aan het bericht toegevoegd. De ontvanger is op de hoogte van deze afspraak en zal deze onbeduidende bits enkel gebruiken om z'n klok te synchroniseren, maar zal daarna deze bit laten verdwijnen.

BITBANGING



Moderne microcontrollers proberen complexe taken voor de programmeur zo eenvoudig mogelijk te maken. Zo zou je deze seriële synchrone communicatie op twee manieren tot stand kunnen brengen:

1. **BITBANGING:** Je zou in je programma stap voor stap en bit voor bit deze data en klok op de respectievelijke pinnen kunnen genereren, rekening houdend met alle eigenschappen van dit protocol. (startbits, stopbits, bitlengte, pariteitsbit,...). Dit is de methode die we bitbanging noemen omdat we de communicatie tot op bitniveau zelf moeten schrijven in ons programma.
2. **DEDICATED HARDWARE:** Moderne controllers hebben minimaal één, maar zelfs dikwijls meer hardware modules aan boord die de volledige communicatie van het programma kunnen overnemen. Deze modules moeten dan aan het begin van het programma worden ingesteld zodat ze weten hoe lang één bit is, of er start en stopbits moeten worden toegevoegd en sommige modules berekenen zelf ook de eventuele pariteitsbit nog. Al wat je vanaf dan in het programma nog moet doen is de buffer van de dedicated hardware module vullen met de data die je wil zenden, de hardware zal er vanaf dan wel voor zorgen dat de data correct verstuurd wordt en jij kan je in je programma ondertussen met andere zaken bezig houden.

	BITBANGING	DEDICATED HARDWARE (DHW)
Voordelen	Goedkoop – uC zonder DHW zijn goedkoper Kan op de pins van uw keuze worden gedaan.	Minimale belasting voor de processor Stabieler signalen Minder glitches en spikes
Nadelen	Neemt meer processortijd in beslag Meer glitches en spikes en onstabielere klok - zeker als het programma ook nog andere taken heeft.	Soms wat duurder Enkel mogelijk op de pins waar de DC HW module intern mee verbonden is.

FOUTDETECTIE EN FOUTCORRECTIE OP DIGITALE SIGNALEN

Zoals eerder besproken zijn fouten door ruis, demping, vervorming ed niet altijd uit te sluiten. Wanneer het belangrijk is dat we zeker weten of de ontvangen data correct is, dienen we foutdetectie of zelfs foutcorrectie systemen toe te passen – we bespreken er hier enkele.

PARITEITSBIT

Een karakter – in dit geval een groep van 8 bits – wordt soms van een extra pariteitsbit voorzien zodat de ontvanger een bepaalde mate van controle heeft of het ontvangen karakter wel degelijk gelijk is aan het verzonden karakter. Deze pariteitsbit wordt vanaf dan de nieuwe MSB.

8 databits (aantal 1-en)	9 bits – pariteitsbit inclusief	
	Even parity	Odd parity
00000000 (0)	000000000	100000000
10100010 (3)	110100010	010100010
11010010 (4)	011010010	111010010
11111110 (7)	111111110	011111110

Om dit systeem zeker complex genoeg te houden zijn er twee verschillende principes:

Even parity: wanneer het aantal 1-en oneven is, dan wordt de P bit ook 1 om het totale aantal enen even te maken, in het andere geval is de P bit 0.

Odd parity: wanneer het aantal 1-en even is, dan wordt de P bit ook 1 om het totale aantal enen oneven te maken, in het andere geval is de P bit 0.

Als we hier even goed over nadenken, dan kunnen we met deze pariteitsbit slechts een oneven aantal fouten detecteren. Wanneer er bv twee bits foutief zouden zijn doorgestuurd, dan zouden we dit niet detecteren.

CRC

CRC of Cyclic Redundancy Check kan zowel worden toegepast op één karakter als op grotere datagehelen. CRC wordt enorm veel toegepast in allerlei dagdagelijkse toepassingen zoals CD, internet, Bankkaarten, ... omdat het een vrij grote mate van zekerheid geeft of een bericht al dan niet correct is overgestuurd. Een mooi voorbeeld van CRC is uw rekeningnummer vb 091-0122401-16

Het volledige getal (behalve de laatste twee cijfers) wordt gedeeld door 97

$0910122401 / 97 = 9382705,164948...$

$9382705 \times 97 = 910122385$ (de rest van de deling was dus 16)

Bekijk de laatste twee cijfers van het rekeningnummer eens....

Bij CRC wordt een pakket data gedeeld door een op voorhand bepaald getal. De rest van de deling wordt mee overgezonden. Aan de ontvangende kant wordt de deling nogmaals uitgevoerd en worden de twee restgetallen vergeleken. Indien deze restgetallen niet identiek zijn zal de ontvanger vragen om de data nogmaals door te sturen.

Deze zelfde CRC methode wordt ook toegepast op steepjescodes, IBAN en BIC, ISBN, rijksregisternummers ed en wordt ook heel vaak gebruikt bij het opslagen van data op je computer en andere media. De CRC methode is eenvoudig, voegt weinig extra data aan een bericht toe, vereist geen zware berekeningen en heeft een vrij grote mate van betrouwbaarheid.

LRC-VRC

VRC of Vertical Redundancy Check en LRC of Longitudinal Redundancy check zijn eigenlijk identiek aan de pariteitsbit, maar worden hier toegepast op een volledig bericht i.p.v. op een enkel karakter. De combinatie van VRC en LRC maakt het zelfs mogelijk om aan de ontvangen zijde corrupte data te herstellen .

Stel: we willen de karakters ABC verzenden. Om te beginnen moeten we met twee extra karakters aangeven wanneer dit bericht start (STX) en wanneer dit bericht stopt (ETX) (Raadpleeg de ascii tabel om onderstaande uiteenzetting te volgen)

	S T X	A	B	C	E T X
b0	0	1	0	1	1
b1	1	0	1	1	1
b2	0	0	0	0	0
b3	0	0	0	0	0
b4	0	0	0	0	0
b5	0	0	0	0	0
b6	0	1	1	1	0

VRC

We voegen – in dit geval – een 7^e pariteitsbit of Vertical redundancy check toe aan elk karakter. Deze VRC kan – identiek aan de pariteitsbit – zowel even als oneven zijn.

	S T X	A	B	C	E T X
b0	0	1	0	1	1
b1	1	0	1	1	1
b2	0	0	0	0	0
b3	0	0	0	0	0
b4	0	0	0	0	0
b5	0	0	0	0	0
b6	0	1	1	1	0
P	0	1	1	0	1

	S T X	A	B	C	E T X
b0	0	1	0	1	1
b1	1	0	1	1	1
b2	0	0	0	0	0
b3	0	0	0	0	0
b4	0	0	0	0	0
b5	0	0	0	0	0
b6	0	1	1	1	0
P	1	0	0	1	0

Bericht met oneven (links) en even (rechts) verticale pariteit.

LRC

	S T X	A	B	C	E T X	L R C
b0	0	1	0	1	1	1
b1	1	0	1	1	1	1
b2	0	0	0	0	0	0
b3	0	0	0	0	0	0
b4	0	0	0	0	0	0
b5	0	0	0	0	0	0
b6	0	1	1	1	0	1
P	0	1	1	0	1	0

- Bovenstaande tabel is uitgevoerd met ONEVEN VRC
- De LRC is eveneens een pariteitsbit maar **kan enkel EVEN** zijn
- Bij de berekening van de LRC wordt het STX teken nooit meegerekend
- het hoogste bit van het LRC-karakter is de *verticale pariteit* van dit karakter en niet de horizontale pariteit van alle pariteitsbits!

Dit LRC teken wordt mee overgezonden - wat voor redelijk wat extra data zorgt – maar aan de ontvangende kant kan nu – met deze extra LRC en VRC data niet enkel detecteren of er een fout is, maar ook waar die fout juist zit en men kan zo de fout ook meteen herstellen. Dit noemt foutcorrectie.

OSI OF 7-LAGEN MODEL

OSI: Open Systems Interconnection model

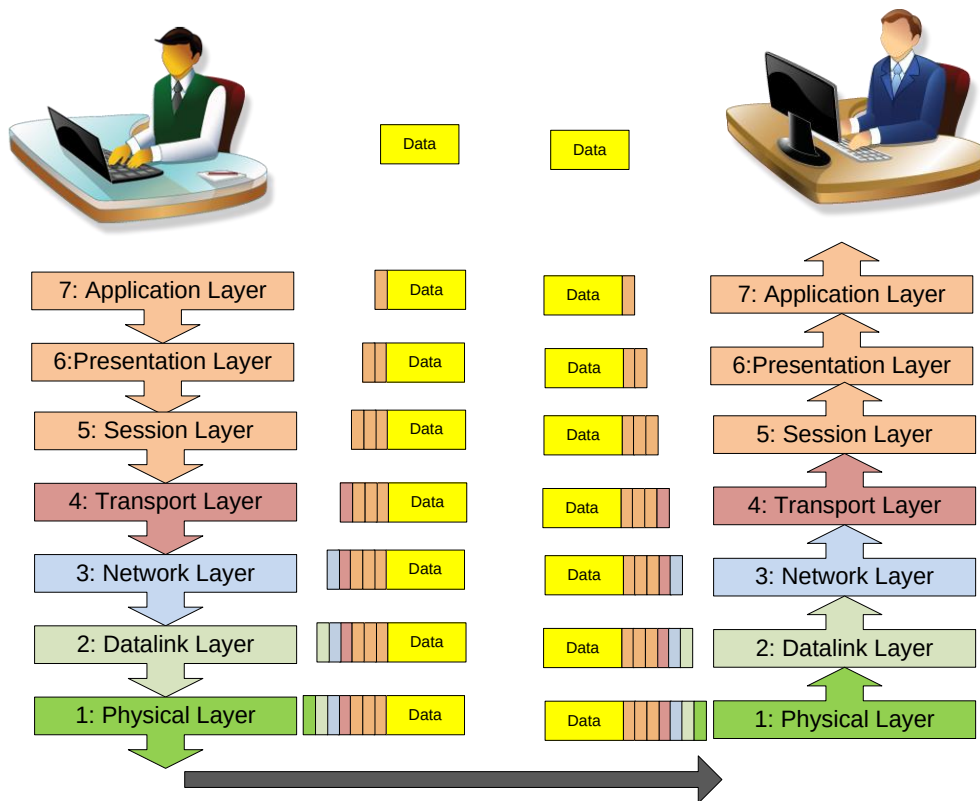
Toen aan het eind van de jaren 70 en het begin van de jaren 80 het gebruik van netwerken nog in de kinderschoenen stond verliep de ontwikkeling erg chaotisch. Bedrijven die de voordelen van het gebruik van netwerken inzagen zetten netwerken op, maar zij merkten al vrij snel dat de uitbreiding van deze netwerken problematisch was. Dat kwam omdat verschillende netwerken waren gebouwd met verschillende standaarden. Sommige bedrijven ontwikkelden zelf een standaard voor netwerkcommunicatie die later vaak moeilijk te verenigen bleek met de standaarden van andere netwerken. De behoefte aan een algemene standaard was daarmee geboren.

In 1984 bracht the International Organisation for Standardization (ISO) het OSI model uit als een handvest voor het ontwikkelen van netwerkapparatuur en software. Het OSI model is tegenwoordig het meest gebruikte model voor datatransport op een netwerk, maar gelijktijdig is en nagenoeg geen enkele datacommunicatie die voor de volle 100% volgens dit OSI model is opgebouwd – zelf niet het TCP-IP model. We beschouwen dit OSI model dan ook best als een goede leidraad om de opbouw van het datatransport van een bepaald netwerk-systeem te bekijken.

Laag	
7-Application	Deze laag is de laag waarmee de eindgebruiker het meeste te maken heeft. Op PC niveau stelt dit Internet Explorer, of Skype of Outlook voor – de applicatie die je gebruikt om iets te versturen over een netwerk.
6-Presentation	De Presentatie laag komt overeen met het Operating system met al z’n drivers. Bv Win7. Deze laag zet de informatie die van de applicatie-laag komt, om naar een gestandaardiseerd formaat (vb ascii)
5-Session	De sessie laag zet de communicatie op tussen de zender en de ontvanger.
4-Transport	In de transport laag worden te grote datagehelen opgedeeld in kleinere ‘packets’, wordt er gecontroleerd of data wel degelijk de bestemming bereikt heeft en worden alle pakketten in de correcte volgorde verstuurd.
3-Networking	De Netwerk laag bepaald het beste pad om de data van zender naar ontvanger te krijgen. In een computernetwerk is dit het niveau van de routers en de IP adressen.
2-Datalink	In deze laag worden de packets onderverdeeld in ‘frames’ en wordt er een foutcontrole zoals CRC aan toegevoegd – als ontvanger geschakeld wordt de CRC hier terug getest en wordt er hier gecontroleerd of de ontvangen data correct is toegekomen. In een computernetwerk is dit het niveau van de switches en de MAC adressen.
1-Physical	In de fysieke laag wordt alles behandeld wat over het fysieke medium gaat. Spanningsniveaus, gebruikte kabels, datasnelheden, welke connectoren, hoe lang mogen draden zijn?

Ezelsbruggetjes:

- All People Seem To Need Data Processing
- Please Do Not Throw Sausage Pizza Away



Data – bijvoorbeeld een E-mail – volgt zo 7 lagen naar beneden, van de zender naar de Physical layer en in omgekeerde volgorde terug naar boven – naar de Application layer van de ontvanger.

Elke laag doet wel iets met de data en hangt aan de data een extra 'header' met relevante info over wat er juist met de data gebeurt is.

De applicatie kan in het geval van een e-mail bijvoorbeeld outlook zijn.

De presentatielaag zet het e-mail formaat van outlook om naar een internationale standaard (vb ascii) en zet ook de eventuele bijlagen om naar een standaardformaat en hangt deze info bij aan de data.

De sessielaag zet een verbinding op , onderhoudt deze en sluit ze ook weer af tussen de PC van de zender en de PC van de ontvanger.

In de transportlaag worden te grote bestanden al een eerste maal opgedeeld in 'packets' en worden deze packets voorzien van een controle zodat er een bevestiging komt of de e-mail wel degelijk goed ontvangen werd.

In de netwerk laag wordt er beslist welk de beste route is die moet gevolgd worden om de e-mail bij de juiste ontvanger te krijgen.

In de datalink laag worden de 'pakets' nogmaals onderverdeeld in kleinere 'frames' en moet een bijgevoegde CRC de data controleerbaar maken op eventuele fouten.

Tot slot zal de e-mail op de Fysieke laag – via databekabeling en verschillende spanningsniveau's naar de fysieke laag van de ontvanger gestuurd moeten worden.

Aan de ontvanger-zijde worden al deze stappen dan terug in omgekeerde volgorde doorlopen: De frames worden terug pakketten en de CRC controle wordt uitgevoerd....

Zeker de moeite: <http://www.youtube.com/watch?v=fiMswfo45DQ>

VRAGENBANK:

Juist of Fout

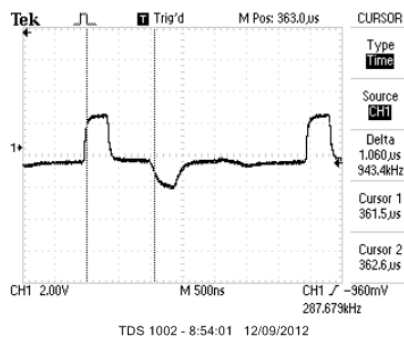
Fout: Bij een Full duplex communicatie kan je niet gelijktijdig zenden en ontvangen.

Juist: EM signalen planten zich sneller voort in UTP kabel dan in COAX draden omdat de dielectrische constante van Coax kabels groter is.

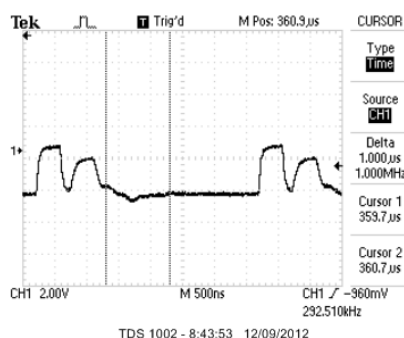
Fout: Audiosignalen zijn ook een vorm van EM signalen

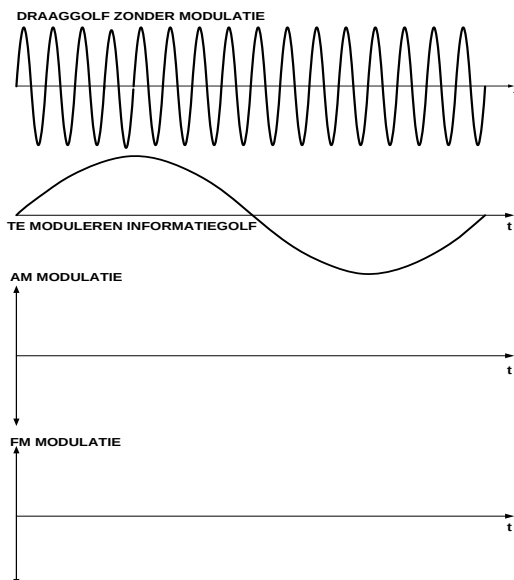
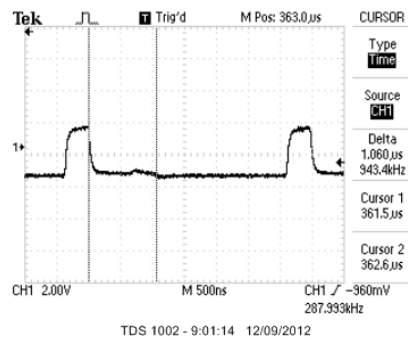
Juist: Een yagi antenne bestaat uit een dipool antenne met extra reflectors en detectors

1. Leg a.d.h.v. een duidelijke tekening het verschil uit tussen synchrone en asynchrone datatransmissie.
2. Wat is het verschil tussen simplex, half duplex en full duplex – verduidelijk met een tekening. Geef van elk systeem een praktisch voorbeeld.
3. Leg a.d.h.v. een tekening uit wat het verschil is tussen een point to point en een bus netwerk.
4. Bereken de golflengte van een signaal van 900Mhz.
5. Waarom vereisen sinusvormige signalen van 1Khz slechts een medium met een bandbreedte van 1Khz en blokgolfvormige signalen van 1Khz een medium met een veel hogere bandbreedte om onvervormd doorgestuurd te kunnen worden. Verklaar d.m.v. een duidelijke tekening en een woordje uitleg.
6. Verklaar de term 'verkortingsfactor' uit het artikel over reflectiemetingen.
7. Leg uit a.d.h.v. een duidelijke tekening uit: $C = 2 \times BB$
8. Bespreek de voor en de nadelen van glasvezelkabel t.o.v. UTP bekabeling.
9. Bespreek van bijhorend scoopbeeld de lengte van de kabel, en of de kabel kortgesloten is, een open uiteinde heeft of afgesloten is met z'n karakteristieke impedantie.



10. Bespreek van bijhorend scoopbeeld de lengte van de kabel, en of de kabel kortgesloten is, een open uiteinde heeft of afgesloten is met z'n karakteristieke impedantie.





28. Leg a.d.h.v. een voorbeeld uit wat jij verstaat onder een CRC (Cyclic redundancy check) controle systeem.
29. Bepaal hoe het bericht met de letters "ZOT" (Hoofdletters) er zal uitzien als het serieel wordt doorgestuurd via RS232. We kiezen voor datablokken van 8 databits. Als berichtbeveiliging kiezen we voor kruisbeveiliging met even VRC en 1 stopbit. De snelheid is 9600bps.

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	TAB	LF	VT	FF	CR	SO	SI
10	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
20		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

Serieel Bericht

30. Benoem de 7 lagen van het OSI model.