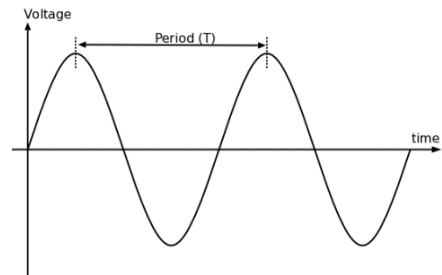


# Theorie Vragen Sensl

## Berekening Periodieke signalen

- ➔ 1 herhaling = 1 periode
- ➔ Periode (T) = tijdsduur (s)
- ➔ Frequentie (f) = aantal periodes per seconde (Hz)
- ➔ Formule kennen

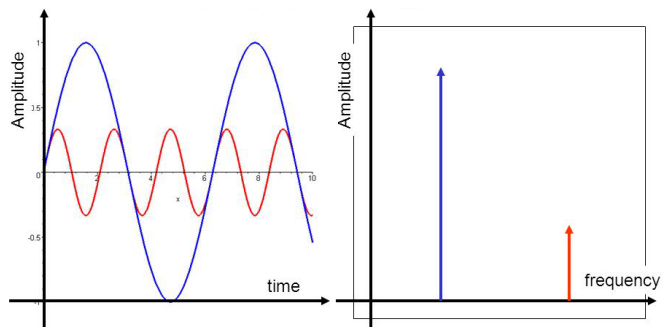
$$f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow T = \frac{1}{f}$$



## Tijdsdomein <=> Frequentiedomein

- ➔ Formule niet kennen
- ➔ Tijdsdomein:

Signaal weergegeven als een functie van de tijd. Een typische tijdsdomeinplot zou eruit zien als een golfvorm met pieken en dalen die de veranderingen in de signaalwaarden in de tijd weergeven.



- ➔ Frequentiedomein:

Signaal weergegeven als een functie van de frequentie. Een typische frequentiedomeinplot zou eruit zien als een grafiek met een reeks verticale lijnen die de verschillende frequentiecomponenten van het signaal weergeven, met hun sterkte aangegeven door de hoogte van de lijnen.

- ➔ Relatie:

Twee verschillende weergaven van hetzelfde signaal. De tijdsdomeinplot laat zien hoe de signaalwaarden in de tijd veranderen, terwijl de frequentiedomeinplot de verschillende frequentiecomponenten van het signaal weergeeft. Het is belangrijk op te merken dat de tijdsdomeinplot en de frequentiedomeinplot complementair zijn en samen een volledig beeld geven van het signaal.

## Berekeningen met Dutycycle

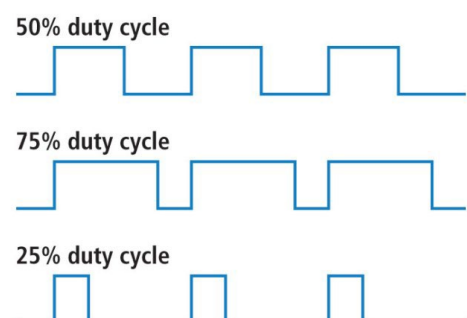
- ➔ Formule wel kennen

$$\text{Dutycycle} = \left( \frac{T_{aan}}{T_{aan} + T_{uit}} \right) * 100\%$$

Bijvoorbeeld, als een periodiek signaal een Ton van 2 milliseconden heeft en een T(uit) van 8 milliseconden, dan is de totale periodetijd (T(aan) + T(uit)) gelijk aan 10 milliseconden. De dutycycle zou dan zijn:

$$\text{Dutycycle} = (2 \text{ ms} / (2 \text{ ms} + 8 \text{ ms})) * 100\% = 20\%$$

Dus in dit voorbeeld zou het signaal 20% van de tijd "aan" zijn en 80% van de tijd "uit".



## IEEE

- Institute of Electrical and Electronics Engineers
- Technische standaarden

- Bv.: IEEE802.11 (Wi-Fi)

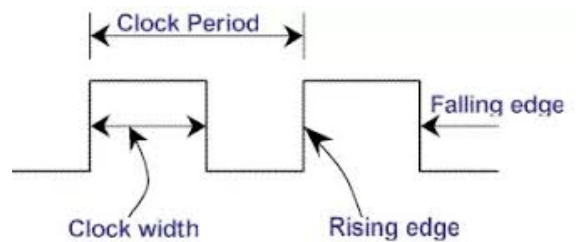
- Definitie:

- Bevordering van technologische innovatie voor het voordeel v/d mensheid en het ondersteunen van professionals in de technologie en aanverwante velden.



## Flanken

- Stijgende  $\Leftrightarrow$  Dalende flank
- 0  $\rightarrow$  1  $\Leftrightarrow$  1  $\rightarrow$  0
- LOW  $\rightarrow$  HIGH  $\Leftrightarrow$  HIGH  $\rightarrow$  LOW
- Belangrijk bij kloksignalen

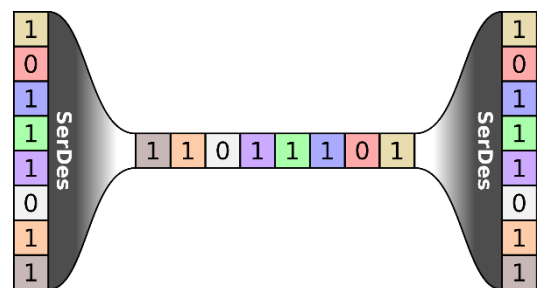


## Duplex

- Simultaan ontvangen en versturen van data
- Gebruikt in telefoons, LANs, ...
- Half-duplex
  - Zowel versturen als ontvangen, maar niet simultaan
  - Bv.:
    - I<sup>2</sup>C bus
    - 1-wire bus
- Full-duplex
  - Wel simultaan
  - Bv.:
    - SPI bus
- Simplex
  - Enkel sturen of ontvangen

## Serialisatie $\Leftrightarrow$ Deserialisatie

- SERDIS
  - Serialiser  $\Leftrightarrow$  Deserialiser
- Implementatie:
  - Shift Register
    - SIPO (serial in, parallel out)
    - PISO (parallel in, serial out)



## Synchroon $\Leftrightarrow$ Asynchroon

- Synchroon: Gebruikt aparte kloklijn
  - 1 device genereert de klok
  - Alle transmissies synchroniseren op deze klok
  - Kan op stijgende of dalende flank (niet beide)
  - Bv.:
    - SPI bus
    - I<sup>2</sup>C bus
    - Ethernet

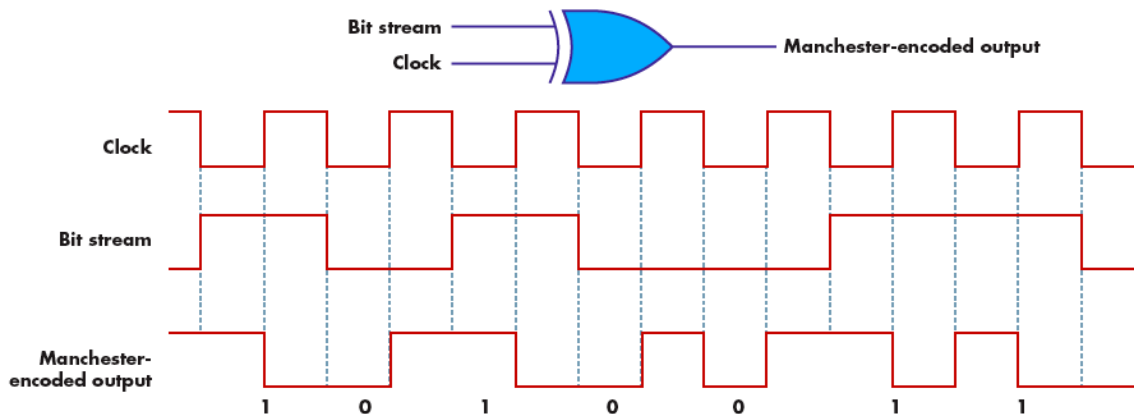
➔ Asynchroon:    Geen kloklijn

- Geen aparte kloklijn
- Minder verbindingen
- Synchronisatie door ontvanger noodzakelijk
- Start en stop bit (/conditie) noodzakelijk
- Parameters
  - Baudrate
    - Snelheid in bits per seconde
    - Niet alle bits zijn databits
    - Start, stop en pariteitsbit = geen data
    - Bv.:
      - 8-N-1 -> 80% efficiëntie
      - 8 databits van in totaal  $8+1+1 = 10$  bits =  $8/10$
  - Aantal databits
    - Typisch 7 of 8 databits
    - 7-bit voldoende voor niet-extended ASCII
    - 8-bit noodzakelijk voor binaire transmissie
    - XMODEM / ZMODEM voor binaire transfers
      - (2 v/d oudste standaarden voor seriële communicatie)
      - XMODEM: 8-bits CRC (cyclic redundancy check)
      - ZMODEM: Foutdetectie- en correctiealgoritme
  - Pariteitsbit
    - Foutdetectie
    - Even (E)
    - Odd (O)
    - None (N)
    - Aantal 1 bits tellen en dit aantal steeds even of oneven maken
  - Aantal stop bits
    - Aantal bits op het einde van een data-bit reeks
    - 1 / 1.5 / 2
    - Bv.: bij 9600-8-N-1: 1 stop bit
      - Te verzenden byte: 01010101
      - Gehele gegevensstroom met stop bit: 01010101 1
  - Snelheid
    - 1 transmissie = 1 karakter
    - Aantal bits voor 1 karakter = som alle bits
    - Bv.: 300-8-E-2
      - $8 \text{ databits} + 1 \text{ pariteit} + 2 \text{ stopbits} + 1 \text{ startbits} = 12\text{-bit}$
      - $300 \text{ bps} = 300/12 = 25 \text{ cps (characters per second)}$
    - Bv.: 9600-8-N-1
      - $8 \text{ databits} + 0 \text{ pariteitsbits} + 1 \text{ stopbit} + 1 \text{ startbit} = 10\text{-bit}$
      - $9600 \text{ bps} = 9600/10 = 960 \text{ cps}$
- Standaard notering
  - Bv.: 9600-8-N-1
    - Baudrate:        9600 bps
    - # Data bits:     8 bits
    - Pariteit:        None

- # Stop bits: 1
- Bv.:
  - UART

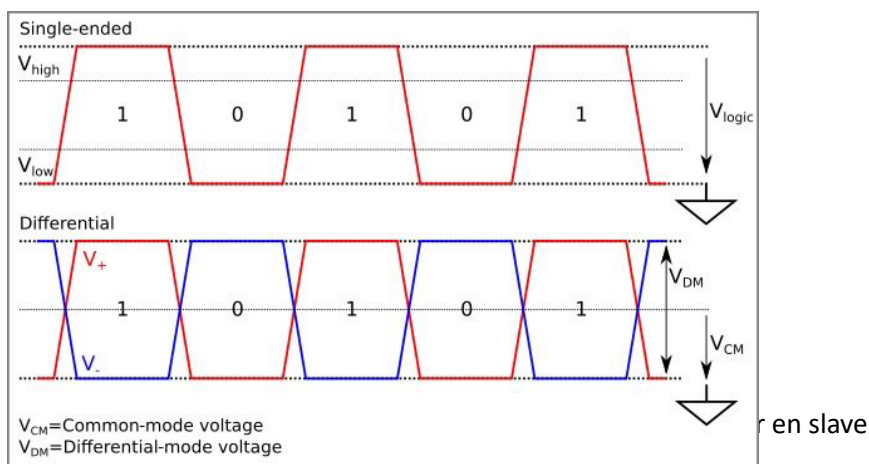
## Manchester Encoding

- ➔ Altijd voldoende omschakeling
  - Bv voor RF transmissie (Radio Frequency)
- ➔ Clock + Data in 1 signaal
- ➔ Geen definitie kennen



## Differentiële communicatie

- ➔ Differential vs single-ended
  - Differential:
    - Minder gevoelig aan storingen
      - 2 signal wires
  - Single-ended:
    - 1 signal wire + common ground



- Signaal dat klokimpulsen levert voor synchronisatie v/d gegevensoverdracht

## MOSI & MISO

- ➔ Signaalpinnen op SPI-bus
- ➔ MOSI = Master Out Slave In
  - Signaal waarmee master stuurt data naar slave

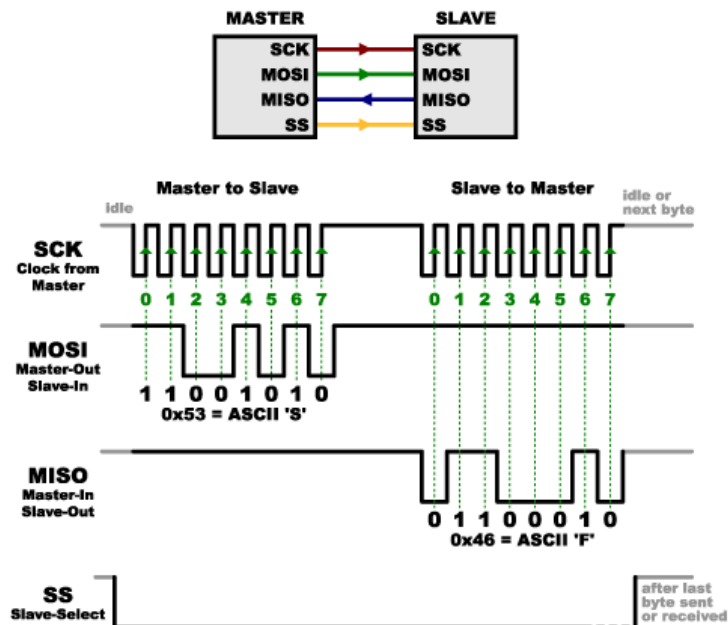
➔ MISO = Master In Slave Out

- Signaal waarmee master data van slave ontvangt

## Bussen

➔ SPI

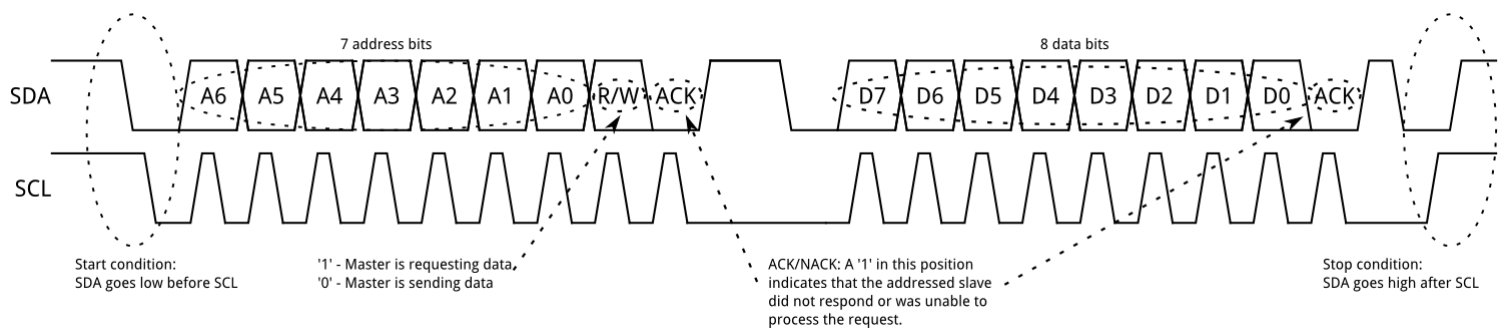
- Serial Peripheral Interface
- MAX-7219CNG
- MCP-3008
- RPi SPI bus (SpiDev)
- Synchrone Seriële Communicatie
- Full duplex
- Kan meerdere slaves hebben, max 1 master
- Per wire 1 driving source
- Clock gegenereerd door master
- Collisions onmogelijk
- Max 1 slave tegelijk actief
  - Actieve gekozen door master op CS lijn
- Slave kan gn communicatie aanvragen
- 4 wires + GND + VCC + VREF:
  - SCLK: Serial Clock
  - MOSI: Master Output
  - MISO: Master Input
  - SS / CE / CS: Slave Select / Chip Enable / Chip Select
- Timing Diagram:



- Half duplex
- Elk device op de bus heeft een uniek 7-/10-bit address
- 1 of meerdere slaves
- 1 of meerdere masters
- Lagere snelheden dan spi
- 2 wires pull-up weerstanden + GND + VCC:
  - SDA: Serial Data Line

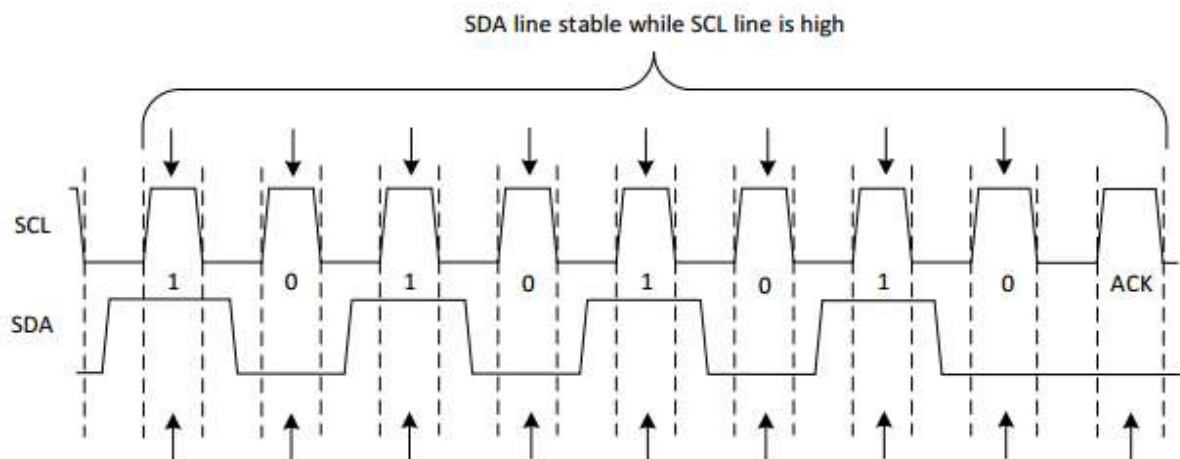
- SCL: Serial Clock Line

#### ○ Timing Diagram:



#### ➔ 1-Wire

- DS-18B20 temperatuursensor
- Asynchrone Seriële Communicatie
- 1 wire + GND + VCC:
  - DQ
- Timing Diagram:



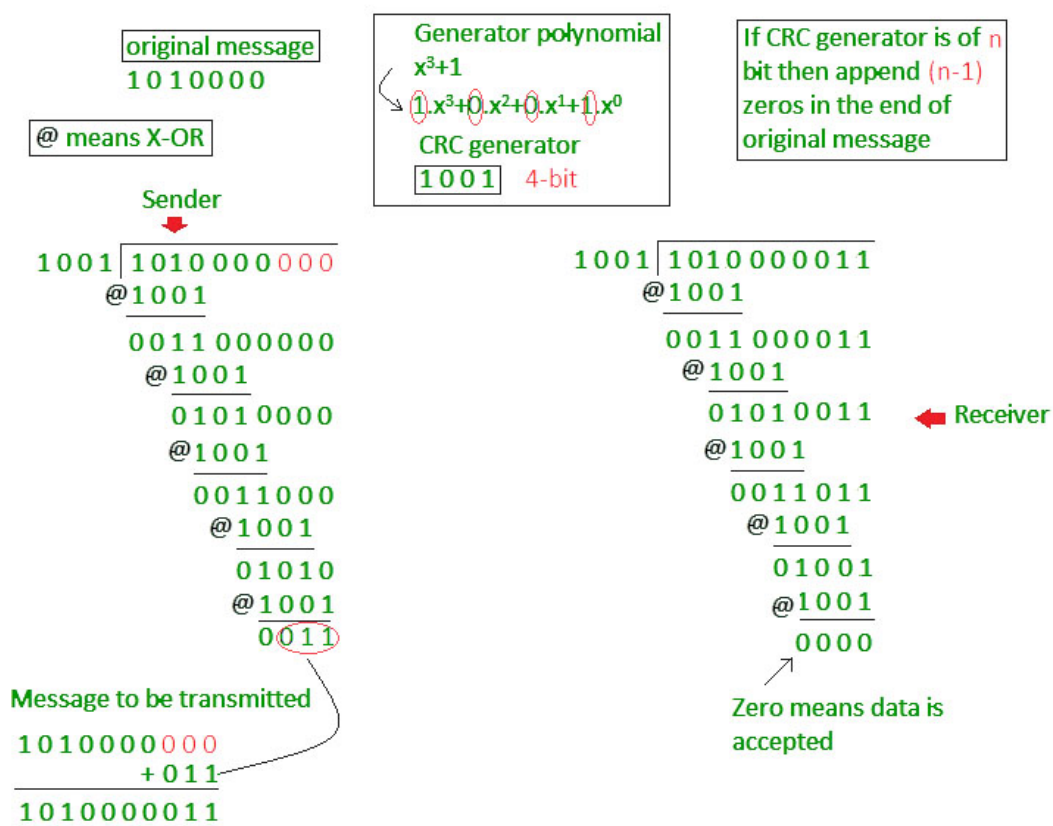
## Integriteitscontrole

- ➔ Is ontvangen data correct?
- ➔ Data kan verminkt worden
  - Ruis
  - Transmissiefouten (bv collisions)
  - Moedwillige aanpassing
- ➔ Pariteitscontrole
  - 1 parity bit toevoegen
    - Even / odd
  - 1-bit fouten: gedetecteerd
  - 2-bit fouten niet

Character	Sender	Parity Bit	Receiver	Parity
"E"	1000101	1	10001011	Even
"A"	1000001	0	10000010	Even
"C"	1000011	1	11100111	Even
"q"	1110001	0	11100000	Odd <b>Error!</b>

- ➔ Error correction code (ECC)
- ➔ Detectie en soms correctie
  - Bv.:
    - Reed-solomon
    - Hamming code
    - Turbo code
    - CRC's
- ➔ CRC
  - Cyclic redundancy check
  - Kan alle 1-bit fouten detecteren
  - Kan fouten tot aantal crc-bits detecteren
  - Kan sommige andere fouten detecteren (hangt af van gekozen polynoom)

Bv.: CRC-4 met polynoom  $x^3 + 1$



- ➔ Foutdetectiecodes zijn geen cryptografische funties
- ➔ ECC beschermt enkel tegen toevallige fouten
- ➔ Gebruik een hash-functie bij integriteitscontrole
  - Bv.: SHA2 of SHA3

## Geen pariteitsbit om tampering tegen te gaan

- ➔ Pariteitsbits kan geen moedwillige verandering detecteren
- ➔ Kan niets corrigeren

## ADDA Conversie

- ➔ AD:               Analoog naar Digitaal
- ➔ DA:               Digitaal naar Analoog
- ➔ Range:           Verschil laagste en hoogste waarde
- ➔ Resolutie:       Stapgrootte in bits
- ➔ Zowel range als resolutie bepalen exactheid en afwijkingen

### AD

Bv.: Range: 2V – 2.5V; Resolutie: 8-bit

Aantal discrete stappen =  $2^8 = 256 - 1 = 255$

Stapgrootte (LSB) = range / 255 =  $(2.5V - 2V) / 255 = 0.5V / 255 = \pm 2mV/stap$

- ➔ Quantisatiefouten ➔ dithering
  - Vooraf witte ruis toevoegen aan signaal
- ➔ Veroorzaakt quantisatieruis
- ➔ Sample rate / sample frequentie
  - Aantal conversies per seconde
- ➔ Nyquist rate = minimale sample rate =  $2 \times \text{frequentie v/h signal}$
- ➔ Te lage sample rate: aliasing
  - Anti-aliasing filter beperkt signaal onder nyquist freq
- ➔ Oversampling: sampelen met veelvoud nyquist freq
  - Resolutie opvoeren
  - DSP filteren
  - Verhoogt effectieve aantal bits v/d ADC
- ➔ Types:
  - Comparator
  - Flash ADC
  - Successive approximation ADC

### DA

- ➔ Simpele DAC
  - Binair naar analoog
  - Dmv PWM (= digitaal-
    - Door variatie v/d dutycycle kan gemiddelde waarde worden gevarieerd
    - Door filteren kan blokgolf worden omgezet in variabele analoge waarde
- ➔ Andere types
  - Sigma-delta
  - I<sup>2</sup>S DAC

### SAR

- ➔ Successive Approximation Register
- ➔ ADC
- ➔ Gebruikt 1 comparator
- ➔ Vergelijkt een opgewekte spanning met signaal
- ➔ Hoge resolutie mogelijk
- ➔ Trager
- ➔ Relatief goedkoop



## Flash ADC

- ➔ Comparator per level
- ➔ Zeer snel = directe omzetting
- ➔ Complex
- ➔ High power
- ➔ Lagere resoluties

## Modulatie

- ➔ Info toevoegen aan draaggolf
  - Door variatie van minstens 1 v/d eigenschappen v/d golf
- ➔ ⇔ demodulatie
- ➔ Modem = Modulator + Demodelator
- ➔ Soorten
  - Amplitude modulatie
    - Aanpassen v/d amplitude
    - AM
    - Radio AM
    - Typisch op lagere HF banden (100kHz – 60MHz)
    - Modulatiediepte
    - Overmodulatie = slecht
    - Bandbreedte:
      - Centerfrequentie = draaggolf frequentie
      - 2x frequentie v gemoduleerd signaal in totaal
  - SSB Modulatie (USB/LSB)
    - Alle info in elke sideband bij AM
    - Carrier + een sideband weg filteren = reductie bandbreedte
    - Efficiënter gebruik van spectrum
    - Moeilijk te demoduleren
  - ASK modulatie
    - Amplitude shift keying
    - Vorm van AM voor digitale signalen
    - Mogelijk met meerdere signaalniveaus
    - 4-level ASK
  - Frequentie Modulatie
    - Variatie in freq v/d draaggolf
    - FM radio
    - VHF maritieme radio
    - UHF PMR radios
    - Carrier altijd op 100% amplitude aanwezig = hoger verbruik
    - Minder ruis
    - Hogere bandbreedte
    - WFM, NFM, FM
  - FSK modulatie
    - Frequency shift keying
    - Vorm van FM
    - Wisselen tussen 2 of meer frequenties
  - Fase modulatie

- Fase verschuiving van een signaal
- PSK modulatie
  - Phase shift keying
  - Bij wisselen van bit → fase omkeren
  - BPSK: binary: 2 fase
  - QPSK: quadrature: 4 fase
- QAM modulatie
  - Quadrature amplitude modulation
  - Info zit in zowel amplitude als fase
  - Meerder symbolen
    - 4-QAM
    - 12-QAM
    - ...
  - DAB+
  - Hoge transmissiesnelheid
  - Gevoelig voor fouten

## Bandbreedte / vermogen

→ Meer bandbreedte = hogere snelheid = hoger vermogen

## Narrow-Band

→ Oppervlakte v/h signaal = power

→ Smalbandige signalen:

- Betere Signa to Noise (SNR) Ratio bij hetzelfde vermogen

## Bandbreedte

→ Hogere frequentieband = meer bandbreedte beschikbaar

- 2.4GHz WiFi: 20MHz
- 5GHz 802.11 WiFi: 80MHz
- 1 WiFi kanaal > volledige AM radio LW+MW+SW band

→ Meer bandbreedte = mogelijk hogere datarates

→ Beheer spectrum

- Belgie: BIPT
- VS: FCC

→ ISM banden

- Industrial / Scientific / Medical band
- Geen vergunning voor gebruik
- Strikte voorwaarden qua vermogen, transmissietijd, bandbreedte, ...
- Specifieke banden

→ Interferentie

- Co-channel interferentie
  - Meerdere systemen op zelfde band
- Signaalseparatie
- Minimaal verschil afhankelijk van modulatietype
- Interferentie van naburige kanalen
- Interferentie van ander toestellen
  - Ruis / atmosferische storingen

➔ Golflengte

- Andere wijze om frequentie weer te geven
- Relevant bij antennes en transmissielijnen
- $\lambda = c/f$
- $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$  (snelheid v/h licht in een vacuum)

Bv.: frequentie v 102.1MHz

$$\lambda = (299792458 \text{ m/s}) / 102.1 \text{ MHz}$$

$$\lambda = 2.936 \text{ m}$$

Bv.: 70cm band

$$f = 299792458 / \lambda$$

$$= 299792458 / 0.70$$

$$= 430 \text{ MHz}$$

➔ dipool antenne

- zeer eenvoudig
- $\frac{1}{2} \lambda$  groot
- Vaak toegepast
- Kan 'opgeplood' worden

➔ Refractie

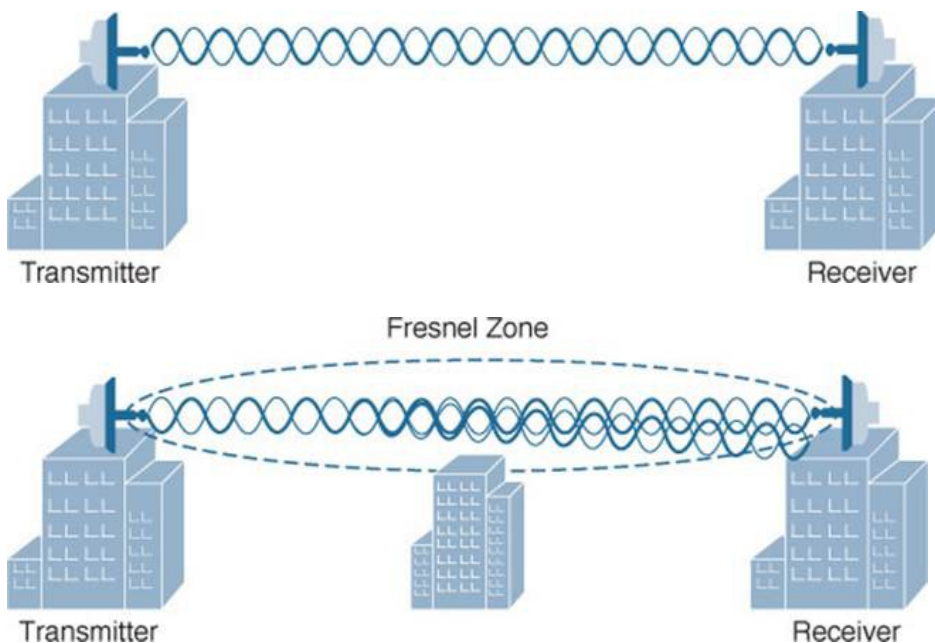
- Bij 2 media met verschillende dichtheid
- Afbuiging v/h signaal

➔ Diffractie

- RF-signaal wordt beïnvloed door obstakels
- Gaat er niet door maar 'rond' zoals water rond paaltje
- Verstoort RF signaal

➔ Fresnel zones

- Golfmodel RF-signalen
- Worden ook beïnvloed door objecten in nabijheid
- Niet enkel door objecten in line of sight
- Afhankelijk van frequentie en afstand



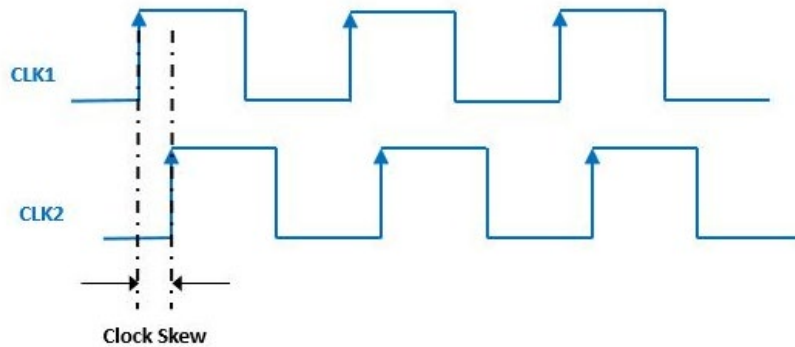
➔ Multiplexing

- Delen van 1 medium
- Verschillende signalen / meerdere deelnemers
- Multiplexing ➔ medium ➔ demultiplexing

## Clock skew

➔ Verschillende vertraging tussen signalen

- Begrensd maximale klokfrequentie  $\mu$



## Benoeming signalen

- ➔ RX: Receiver
- ➔ TX: Transmitter
- ➔ MOSI: Master Out Slave In
- ➔ MISO: Master In Slave Out
- ➔ CS: Chip Select
- ➔ EN: Enable
- ➔ R/W: Read/Write
- ➔ SCL: Serial Clock
- ➔ SDA: Serial Data
- ➔ CTS: Clear To Send
- ➔ TDR: Time Domain Reflectometry

## Communicatie

➔ Boodschap, signaal, medium

➔ Media:

- Fiber
  - Enkele kilometers overbruggen
  - Duurder
  - Niet vatbaar voor interferentie
- Coax
  - Goedkoper
  - Wel vatbaar voor interferentie
  - Enkele honderden meters
- Ethernet
  - Kunnen vatbaar zijn
  - Max 100 meter

- Goedkoper

## Sensoren en actuatoren

- ➔ Sensor: meten van een fysieke eigenschap
- ➔ Actuator: beïnvloeden van een fysieke parameter

## Analoge signalen eigenschappen

- ➔ Frequentie
- ➔ Periode
- ➔ Amplitude
- ➔ Peak of top-to-top waarde
- ➔ RMS waarde
  - Root mean square waarde
  - Bij sinusoidal signal
    - $RMS = \frac{Amplitude}{\sqrt{2}}$