Sensors & Interfacing

# 1. Intro

* Doel: onderling verbinden v/d onderdelen v/e IoT-Systeem

# 2. Datacommunicatie in IoT

## 2.1. Data

* “pre-informatie”
* Gegevens waaruit informatie kan worden gewonnen
* Stelt een bepaalde toestand voor
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Data>

## 2.2. Communicatie

* Text

  Description automatically generatedOverbrengen van info tussen deelnemers
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Communication>
* 3 noodzakelijke onderdelen:
  + Boodschap
  + Signaal
  + Medium

### 2.2.1. Communicatieafspraken

* Coderen van informatie (encoding)
  + Vb.: semafoor vlaggen, morsecode, …
* Morse
* ASCII Codering
  + Codering voor alle gebruikte symbolen in computersystemen
  + Codering in 7 (of 8) bit
  + 1 byte = 1 teken

### 2.2.2. Encoding / Decoding

A picture containing text

Description automatically generated

### 2.2.3. Signalen

* Licht
* Geluid
* Elektriciteit
* …

### Diagram Description automatically generated2.2.4. Communicatiemedia

* Eigenschappen van media
  + Vatbaarheid vr interferentie
  + Overbrugbare afstand
  + Praktisch
  + Kostprijs
  + …

### 2.2.5. Afspraken

* Protocol
* Standaarden
* IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
* EIA (NEDA/ECA) ECIA
  + Energy Information Administration
  + National Electronic Distributors Association
  + [Electronic Components Industry Association](https://www.ecianow.org/)
* Standaardiseren van
  + Type media en zijn specificaties
  + Het gebruikte signaal en zijn toleranties
  + De elektrische interface
  + De gebruikte codering
  + Foutcorrectiecodes
  + Protocol
  + De gebruikte connector

# 3. Analoog vs Digitaal

## 3.1. Digitale toestanden

* Licht aan/uit
* Deur open/dicht
* Bit op 0 of 1
* Keuze van versnelling: N/1/2/3/4/5/R

## 3.2. Analoge toestanden

* Tijd
* A picture containing table

  Description automatically generatedTemperatuur
* Luchtdruk
* Luchtvochtigheid
* Afstand

## 3.3. Analoog vs Digitaal

* Digitaal: Discrete waarden
* Analoog: Continue waarden

## Chart Description automatically generated3.4. Signalen

* Analoog signaal
* Digitaal signaal

## Diagram, schematic Description automatically generated3.5. Transducer

* Omzetten analoog – analoog

## 3.6. Analoge communicatie

A picture containing timeline

Description automatically generated

## 3.7. Sensoren en actuatoren

* Sensor: Meten van een fysieke eigenschap
* Actuator: Beïnvloeden van een fysieke parameter

Diagram

Description automatically generated

### 3.7.1. Analoge signalen

* Diagram

  Description automatically generatedSinus als meest elementaire signaal
* DC vs AC
* Polariteit blijft gelijk bij DC
* Chart

  Description automatically generatedPolariteit verandert bij AC

#### 3.7.1.1. Wisselspanning

* Eigenschappen
  + Frequentie
  + Periode
  + Amplitude
  + Peak of top-top waarde
  + RMS waarde
* Periodieke signalen
  + 1 herhaling = 1 periode
  + Periode (T) = tijdsduur (in s)
  + Frequentie (f) = aantal periodes per seconde (in Hz)
  + Chart, histogram

    Description automatically generatedF = 1/T & T = 1/F
* Tijdsdomein en frequentiedomein

### A picture containing diagram Description automatically generated3.7.2. Digitale signalen

* Eigenschappen
  + - Amplitude: piek- of top-waarde, RMS-waarde
    - Periode/frequentie
    - Pulsbreedte
    - Duty-cycle = % van de tijd dat signaal hoog is
* Duty-cycle
* Diagram

  Description automatically generatedFlanken (edge)
  + Stijgend of dalend
  + Belangrijk bij kloksignalen

# 4. AD/DA Conversie

* Analoog naar Digitaal
* Digitaal naar Analoog

## Diagram Description automatically generated4.1. AD conversie

* Range:
  + verschil laagste-hoogste waarde
* Resolutie:
  + aantal stappen of stapgrootte in bits
* Quantisatiefouten
  + Veroorzaakt quantisatieruis
  + Dithering
    - Dithering is the process of adding a small amount of random noise to a digital audio signal in order to reduce the distortion caused by quantization error.
  + = vooraf (witte) ruis toevoegen aan signaal
* Diagram

  Description automatically generated with medium confidenceSample rate / sample frequentie
  + = aantal conversies per seconde
* Minimale sample rate

Chart, line chart

Description automatically generated

* Nyquist rate:
  + In [signal processing](https://en.wikipedia.org/wiki/Signal_processing), the Nyquist rate is a value (in units of samples per second or [hertz](https://en.wikipedia.org/wiki/Hertz), Hz) equal to twice the highest frequency ([bandwidth](https://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth_(signal_processing))) of a given function or signal.
  + Minimale sample rate = 2 \* frequentie v/h signaal
* Vb.:
  + HiFi Audio CD: 44,1kHz sample rate
  + Focusrite Scarlett Solo 3rd Gen audio interface: 192kHz sample rate

VB. A:

Range: 2V-2,5V

Resolutie: 8bit

Dus aantal discrete stappen =

Stapgrootte (LSB) =

Ofwel ca 2mV/step

VB. B:

Range: 0V-12V

Resolutie: 12bit

Dus aantal discrete stappen =

Stapgrootte (LSB) =

Ofwel ca 3mV/step

### 4.1.1. Aliasing

* Chart, line chart

  Description automatically generatedOnvoldoende hoge sample rate: aliasing
  + HF signaal als LF ‘spooksignaal’ detecteren
* Anti-aliasing filter (low-pass filter)
  + Beperkt signaal onder Nyquist frequentie

### 4.1.2. Oversampling

* Sampelen met veelvoud van nyquistfrequentie
* Kan worden gebruikt om de resolutie op te voeren
* Kan worden gebruikt om digitaal (DSP) te filteren
* Verhoogt het ‘effectieve’ aantal bits v/d ADC
  + Vb.: 20bit ADC met 256x OS = 24bit effectieve resolutie
* Undersampling = gebruikt bij mixers

### 4.1.3. Implementatie en types

* Chart, line chart

  Description automatically generatedDe comparator
* Bekeken als 1-bit ADC

#### Diagram, schematic Description automatically generated4.1.3.1.. Flash ADC

* Comparator per ‘level
* Zeer snel = directe omzetting
* Complex en high power
* Lagere resoluties

#### 4.1.3.2. Successive approximation ADC

* Gebruikt 1 comparator
* Vergelijkt een opgewekte spanning met het signaal
* Hoge resolutie mogelijk
* Trager
* Diagram

  Description automatically generatedRelatief goedkoop

## 4.2. Digitaal naar analoog conversie

* Omzetten digitale naar analoge waarde
* Range
* Resolutie
* Samplefrequentie

### 4.2.1. Simpele DAC

* Diagram, schematic

  Description automatically generatedBinair -> analoge waarde
* Voorbeeld weerstandsnetwerk

#### 4.2.1.1. Door middel van PWM

* PWM == digitaal signaal
* Door variatie van duty-cycle kan gemiddelde waarde worden gevarieerd
* Chart, line chart, histogram

  Description automatically generatedDiagram

  Description automatically generatedDoor filteren kan de blokgolf worden omgezet in een variabele analoge waarde

#### 4.2.1.2. Andere types

* ΣΔ (sigma-delta)
  + Herhaaldelijk downsampelen
* I²S DAC
* Nog veel andere

## 4.3. Nalezen…

## <https://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog_converter>

* <https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter>
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem>
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist_rate>
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation>
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Delta-sigma_modulation>

# 5. Modulatie

## 5.1. Modulatie vs. Demodulatie

### 5.1.1. Modulatie

* Info toevoegen aan een draaggolf
* Door de variatie van minstens een van de eigenschappen van de draaggolf
* [<https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>](https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation)

Diagram

Description automatically generated

### 5.1.2. Demodulatie

* Het ‘terugwinnen’ van deze informatie uit de gemoduleerde draaggolf

Graphical user interface, application, table

Description automatically generated with medium confidence

## 5.2. Modem

* Diagram

  Description automatically generatedModulator + Demodulator = Modem

## 5.3. Waarom?

* Internconnectie van IoT devices
* (vaak) draadloos

## 5.4. Hoe?

* Draaggolf = carrier
* Signaal met een zekere (hogere) frequentie

## 5.5. Parameters v/d draaggolf

Diagram

Description automatically generated

* Aan-/uitschakelen v/d draaggolf
* CW = continuous wave
  + Bv.: Morse

### Diagram Description automatically generated5.5.1. Amplitude modulatie

* Aanpassen v/d amplitude v/d draaggolf
* AM = Amplitude Modulatie
* Radio LW/MW/SW/AM
* Typisch op lagere HF banden
  + 100kHz-60MHz

Background pattern

Description automatically generated with medium confidenceA picture containing histogram

Description automatically generated

#### 5.5.1.2. AM

* Modulatiediepte
* Overmodulatie
* Bandbreedte
  + Centerfrequentie = draaggolf frequentie
  + 2\*frequentie v/h gemoduleerde signaal

Diagram

Description automatically generated

### Text, shape Description automatically generated with medium confidence5.5.2. SSB Modulatie (USB/LSB)

* Alle info zit in elke sideband bij AM
* Carrier + een sideband weg te filteren
  + = reductie bandbreedte
* Efficiënter
* Moeilijk om goed te demoduleren

Chart, text

Description automatically generated

### 5.5.3. ASK Modulatie

* Amplitude shift keying
* Vorm van AM-Modulatie voor digitale signalen
* Meerdere mogelijke signaalniveaus
* 4-level ASK

Diagram, schematic

Description automatically generatedA picture containing diagram

Description automatically generated

### Chart, histogram Description automatically generated5.5.4. Frequentie Modulatie

* Variatie in de frequentie v/d draaggolf
* FM radio 88MHz-108MHz
* VHF Maritieme radio
* UHF PMR Radio

### 5.5.5. FSK Modulatie

* Frequency shift keying
* Vorm van FM
* Wisselen tussen 2 (of meer) frequenties

### 5.5.6. FM Modulatie

* Carrier is altijd 100% op amplitude aanwezig tijdens transmissie, dus hoger verbruik
* Minder ruis, betere kwaliteit dan AM
* Diagram, timeline

  Description automatically generatedHogere bandbreedte
* WFM, NFM, FM

### 5.5.7. Fase Modulatie

* Fase verschuiving van signaal

Diagram

Description automatically generated

### Diagram Description automatically generated5.5.8. PSK Modulatie

* Phase shift keying
* Bij wissel van bit = fase omkeren

### 5.5.9. Phase shift modulatie

* BPSK
  + Binary PSK = 2-phase
* QPSK
  + Quadrature PSK = 4-phase

Diagram

Description automatically generated

### 5.5.10. QAM Modulatie

* Chart, scatter chart

  Description automatically generatedQuadrature amplitude modulation
* Info zit in:
  + Amplitude (ASK)
  + Fase (PSK)
* Meerder symbolen:
  + 4-QAM
  + 12-QAM
  + 64-QAM
* Diagram

  Description automatically generatedDAB+ 🡺 4/16/64/ - QAM
* Hogere transmissiesnelheid
* Gevoeliger voor fouten

## Graphical user interface, chart Description automatically generated5.6. bandbreedte / Vermogen

* Meer bandbreedte = hogere snelheid
* Meer bandbreedte = hoger vermogen

## 5.7. Waarom narrow-band

* Oppervlakte v/h signaal = power
* Bij smalbandige signalen:
  + Betere SNR verhouding bij hetzelfde vermogen

Diagram

Description automatically generated

## 5.8. Voorbeeld: NB-IoT

Diagram

Description automatically generated