

Hoofdstuk 9

Meettechniek en regelaars

Doelstellingen

1. Begrippen uit meettechniek kunnen toelichten
2. Weten dat signalen moeten behandeld worden
3. Verschillende soorten regelaars kunnen uitleggen
4. Inzicht hebben in de lagenstructuur van communicatieprotocol
5. Weten dat er verschillende protocollen bestaan die telkens een andere manier van communiceren hebben.

9.1 Meettechniek

9.1.1 Transducer

Een transducer is een instrument dat wordt geactiveerd door energie van één systeem en dat energie levert, meestal in een andere vorm, aan een ander systeem.

Er bestaan twee soorten transducer namelijk

- ingangstransducer of sensor: thermokoppel zet warmteenergie om in elektrische energie
- uitgangstransducer of actuator: luidspreker zet elektrische energie om in akoestische energie

In dit hoofdstuk beperken we ons tot de sensoren of anders gezegd we beperken ons tot meettechniek. De sensoren worden ook nog eens onderverdeeld in

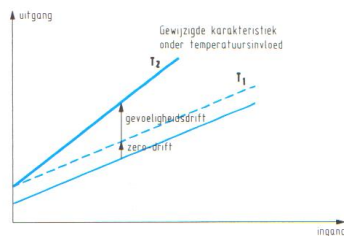
- passieve sensor: de energie opgenomen aan de ingang wordt volledig omgezet in energie naar de uitgang
- actieve sensor: hier wordt een deel omgezet en moet men een extra klem voorzien om extra energie toe te voeren.

Het praktische verschil tussen deze types komt tot uiting in het ontwerp van het meetsysteem.

9.1.2 Statische karakteristieken

Om de prestaties van sensoren te kunnen inschatten zijn er kwalitatieve criteria nodig. Statische karakteristieken beschrijven het gedrag van een sensor voor DC toepassingen.

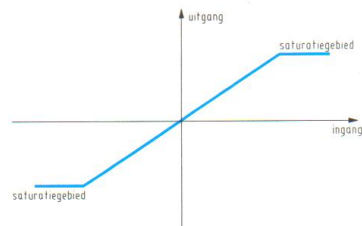
1. Nauwkeurigheid: De nauwkeurigheid geeft aan tussen welke grenzen de werkelijke waarde van de gemeten grootte kan liggen.
2. Precisie: De precisie geeft het aantal beduidende cijfers dat het meetinstrument weergeeft.
3. Statische gevoeligheid: De statische gevoeligheid is de verhouding tussen de verandering aan de uitgang en de verandering aan de ingang. Bij voorkeur is deze constant. Bovendien moeten we opletten met een aantal zaken. Stel we maken een druktransducer en deze wordt onderworpen aan een temperatuurverschil
 - Er kan een verandering plaatsvinden van de gemeten waarde aan de uitgang hoewel de druk zelf niet veranderd is, dit is een interferentie. Dit noemt men **zerodrift**. De helling van de gevoeligheidscurve verschuift.
 - De temperatuur kan een invloed hebben op de drukgevoeligheid zelf, dit is een gevoeligheidsverandering. Dit noemt men **schaalfactor-drift**. De helling van de gevoeligheidscurve verandert.
 Onderstaande figuur geeft beide effecten weer op de gevoeligheidscurve.



Figuur 9.1: bron: regeltechniek1, Die Keure

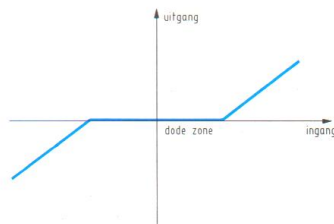
4. Lineariteit: een systeem is lineair als de calibratiecurve een rechte lijn vertoont.

5. Statisch ingangsbereik: Dit is het bereik waarvoor de sensor ontworpen is. Wordt ook wel eens span genoemd.
6. Niet-lineaire statische karakteristieken:
 - Saturatie: Heel wat systemen vertonen saturatie. Een systeem gedraagt zich lineair tot op zekere hoogte en gaat daarna niet meer veranderen als men de ingangswaarde laat toenemen (of afnemen).



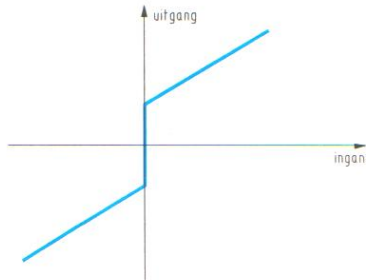
Figuur 9.2: saturatie(bron: 'Regeltechniek1', Die Keure)

- Dode zone: Bij sommige systemen zal de uitgang slechts veranderen na een bepaalde toename van de ingang



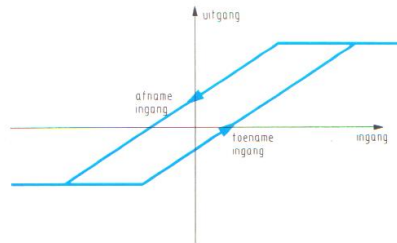
Figuur 9.3: dode zone(bron: 'Regeltechniek1', Die Keure)

- Bang bang: Een plotse overgang van het signaal bij verandering van teken noemt men bang bang. Bijvoorbeeld dunne metalen diafragma's van druksensoren gedragen zich zo.



Figuur 9.4: bang bang(bron:'Regeltechniek1', Die Keure)

- Hysteresis: Dit werd ook al uitgebreid besproken in de cursus elektriciteit. Dit heeft te maken met verschillend gedrag bij toenemende of afnemende waarde van de ingang.



Figuur 9.5: hysteresis(bron:'Regeltechniek1', Die Keure)

9.1.3 Dynamische karakteristieken

De respons van een sensor zal anders zijn naargelang de snelheid waarmee de te meten grootte verandert.

9.1.4 Sensortypes

1. Verplaatsingssensoren

- resistieve potentiometer: rechtlijnig of roterend
- weerstandsrekstrookjes
- inductieve verplaatsingssensor
- capacitieve verplaatsingssensor
- piëzo-elektrische verplaatsingssensor
- optische encoder

2. Snelheidstransducers
 - ogenblikkelijke snelheid: tachometer
 - gemiddelde snelheid: Hall effect
3. Versnellingstransducer
4. Krachtsensor
 - rekstrookje
 - piëzo-elektrische krachtsensor
5. Druksensor
 - Bourdonbuis
 - piëzo-elektrisch
6. Doorstromingssensor(flowmeting)
 - turbinemeter
 - elektromagnetische stromingsmeter
 - ultrasoon debietmeter
 - wervellichaam (shredder)
7. Temperatuursensor
 - bimetaal
 - thermokoppel
 - weerstandsthermometer (Pt100)
 - thermistor
 - halfgeleidersensor
8. Niveaumeting
 - verdringermeting
 - capacitieve niveaumeting
 - vlotter

9.2 Signaalbewerking

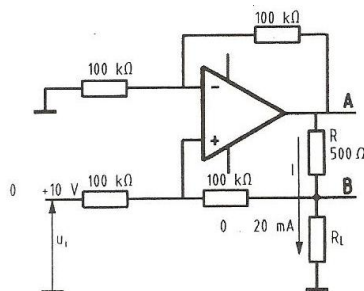
De meeste sensoren hebben geen ideale karakteristiek. Daarom zullen de meetsignalen van de sensor moeten aangepast worden. Men gaat het meetsignaal dus omvormen tot een standaardsignaal dat geschikt is voor dataacquisitie, bewerking of transmissie.

De standaardbewerking is steeds het signaal om te zetten naar een signaal tussen 4 en 20 mA

De reden hiertoe is dat met 4 mA als minimum men enerzijds ruis kan filteren en anderzijds is dit uit veiligheidsoverwegingen gebeurt. Als een minimum op 0 mA wordt ingesteld en er is draadbreek, ervaart het systeem dit alsof het minimum is bereikt en zal beginnen inregelen. Dit is echter niet correct want als het systeem zijn setpunt heeft bereikt of erger het moet naar onder toe regelen, want het systeem zit boven het setpunt, dan kan deze situatie aanleiding geven tot serieuze problemen.

9.2.1 Schakelingen

Spanningstroomomvormer of transadmittantieverstker



Figuur 9.6: u_i omvormer (bron: 'Regeltechniek1', Die Keure)

Hiervan berekenen we de transfertfunctie. Aan de negatieve ingang vinden we

$$i_- = i_{i1} + i_A = \frac{0 - u_-}{R} + \frac{u_A - u_-}{R} = 0$$

Aan de positieve ingang vinden we

$$i_+ = i_{i2} + i_B = \frac{10 - u_+}{R} + \frac{u_B - u_+}{R} = 0$$

Dus

$$u_- = \frac{u_A}{2}$$

$$u_+ = \frac{u_B + 10}{2}$$

En vanwege de terugkoppeling op de negatieve klem

$$u_+ = u_-$$

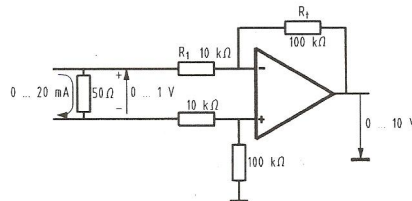
En hieruit volgt

$$u_A - u_B = 10$$

Dus tussen klemmen A en B stelt zich steeds een uitgangsspanning in die gelijk is aan de ingangsspanning U_i . De stroom zal dus afhangen van de weerstand tussen

deze klemmen. De spanning zal in het begin niet afhangen van de belasting R_L maar als deze teveel toeneemt zal de verzadigingsspanning van de opamp bereikt worden, waardoor deze niet meer kan werken als instrumentatieversterker.

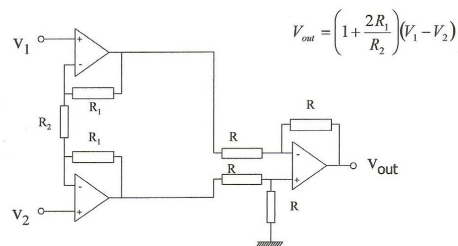
Stroomspanningomvormer of transimpedantieverstker



Figuur 9.7: iu omvormer (bron: 'Regeltechniek1', Die Keure)

Eigenlijk is dit niet meer dan een verschilversterker. Willen we het bereik van 4-20mA omvormen tot 0-10V dan moeten we aan de positieve klem een bron bijschakelen.

Instrumentatieversterker



Figuur 9.8: instrumentatieversterker (bron: 'Regeltechniek1', Die Keure)

9.2.2 Interferentieproblematiek

Om de kwaliteit van het signaal te waarborgen moet men rekening houden met interferentie met ruisrijke omgevingen. Er bestaan verschillende oorzaken van interferentie.

1. Uitgangsimpedantie van de sensor: Transducers met lage uitgangsimpedantie zijn minder gevoelig aan storingen dan deze met hoge uitgangsimpedantie.
2. Drift: Traag variërende offsetspanningen en biasstromen ten gevolge van temperatuurschommelingen, veroudering en voedingsspanning. Door een goede en stabiele voedingsspanning en geen te grote temperatuurschommelingen toe te laten kan men deze drift beperken.
3. Parasitaire thermokoppels: Een koppeling of soldering tussen verschillende metalen wekken ongewilde thermokoppels op. Elk thermokoppel wekt zijn eigen spanning op bij de minste temperatuursvariatie.
4. IC voeten, schakelaars, relais en connectoren: Elke schakeling kan zijn thermokoppel genereren.
5. Elektrostatische en magnetische interferentie: Parasitaire capaciteiten die tussen geleiders bestaan wekken een elektrisch veld op die oorzaak kan zijn tot interferentie. Ook veranderende magnetische velden in de buurt van signaalvoerende geleiders kunnen stoorsignalen opwekken.
6. Aardlus: Aardlussen ontstaan door binnen een schakeling de aarding te verbinden aan meer dan één punt. Dit zou geen probleem zijn moesten ze werkelijk op dezelfde nulpotentiaal gelegen zijn. In werkelijkheid is de aarding een geleider met eindige weerstand en lengte. Dus als er stroom doorheen vloeit is er sowieso een spanningsval.

Wat zal men doen om problemen zoveel mogelijk te vermijden

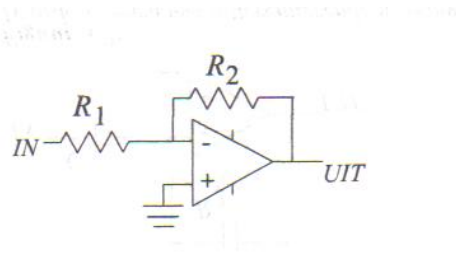
1. Offsetting: Dit wil zeggen dat men het spanningsniveau van het signaal gaat verschuiven over een bepaalde amplitude. Dit is nodig bij toepassingen als
 - meting van kleine spanningsverschillen
 - schaalverschuiving
 - vermindering common-mode
 - herstellen of invoeren van offsetspanning teneinde dataacquisitie te doen
2. Linearisatie: Het verband tussen de gemeten grootte en de gemeten uitgangsspanning moet proportioneel verlopen.
3. Filtering: Om storingen af te stoppen en signalen door te laten gebruikt men elektronische filters.

9.3 Regelaars

9.3.1 Elektronische regelaars

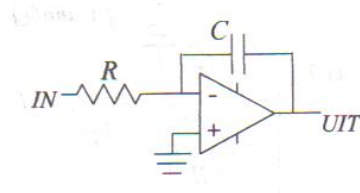
In deze paragraaf zullen we het schema van de elektronische regelaars geven maar de berekeningen werden behandeld in de cursus elektronica.

De P-regelaar



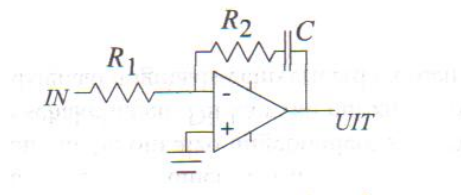
Figuur 9.9: bron: 'Control engineering', W.Bolton

De I-regelaar



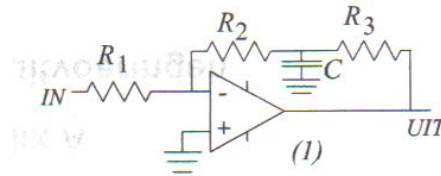
Figuur 9.10: bron: Control engineering, W.Bolton

De PI-regelaar



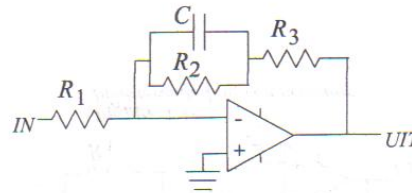
Figuur 9.11: bron: Control engineering, W.Bolton

De PD-regelaar



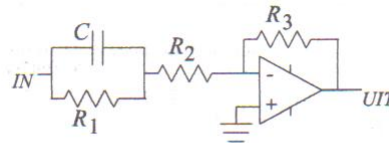
Figuur 9.12: bron: Control engineering, W.Bolton

De Lead-compensator



Figuur 9.13: bron: Control engineering, W.Bolton

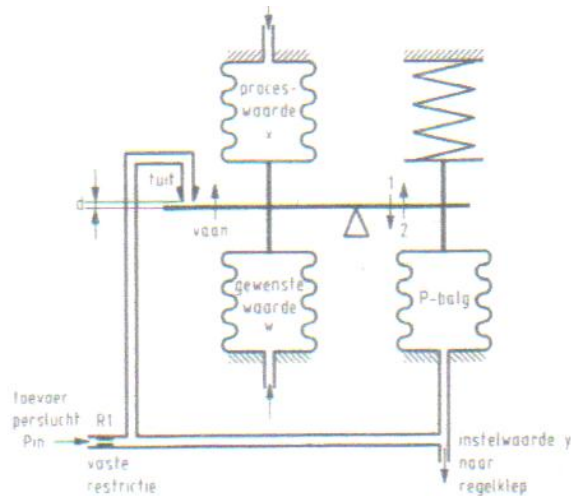
De Lag-compensator



Figuur 9.14: bron: Control engineering, W.Bolton

9.3.2 Pneumatische regelaars

De pneumatische P-regelaar

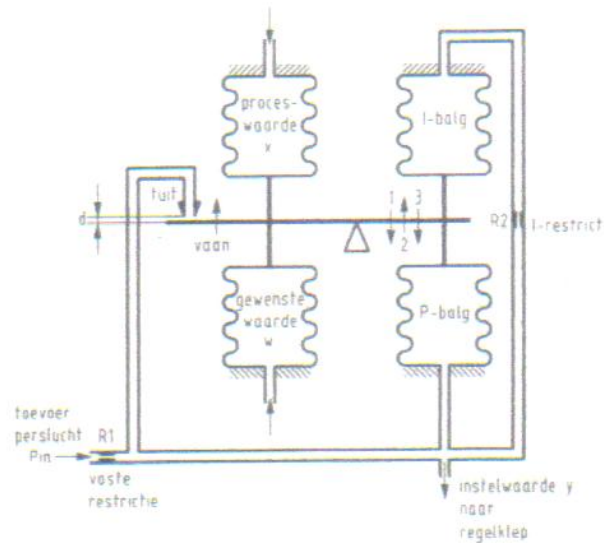


Figuur 9.15: bron: Control engineering, W.Bolton

Men heeft 4 elementen op gelijke afstand van een scharnierpunt. x is de proceswaarde, w is de wenswaarde en y is de uitgangswaarde. De balgen hebben dezelfde oppervlakte.

- Stel $w > x$: De balk kantelt naar tuit toe. Fluidum uit tuit ondervindt meer weerstand en er zal meer fluidum naar P balg vloeien want veer trekt aan deze balg ten gevolge van het kantelen. Dit duurt totdat het systeem terug in evenwicht is.
- Stel $w < x$: De balk kantelt van tuit weg. Fluidum uit tuit ondervindt minder weerstand en minder fluidum stroomt naar P-balg. Veer drukt P-balg terug in. Dit zal duren tot het systeem terug in evenwicht is.

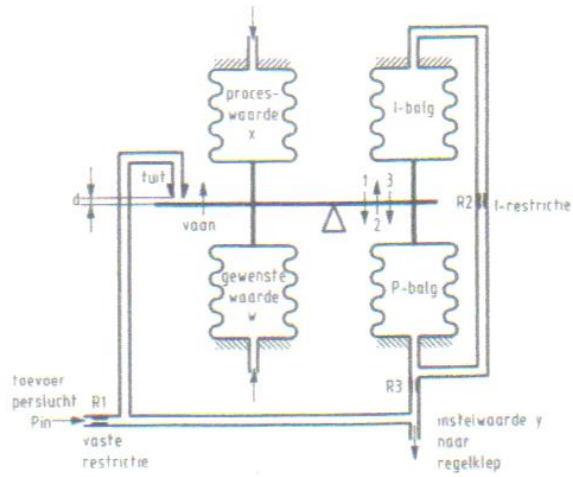
De pneumatische PI-regelaar



Figuur 9.16: bron: Control engineering, W.Bolton

Hier is de veer vervangen door een balg die een I-werking introduceert in het systeem. Als er nu een onevenwicht gecreëerd wordt tussen x en w zal de I balg reageren. Maar nu wordt de druk verdeeld over P en I en er zal dus evenwicht optreden ook als het setpunt verandert wordt. De restrictie R_2 dient om de integratietijdconstante τ_i in te stellen.

De pneumatische PID-regelaar

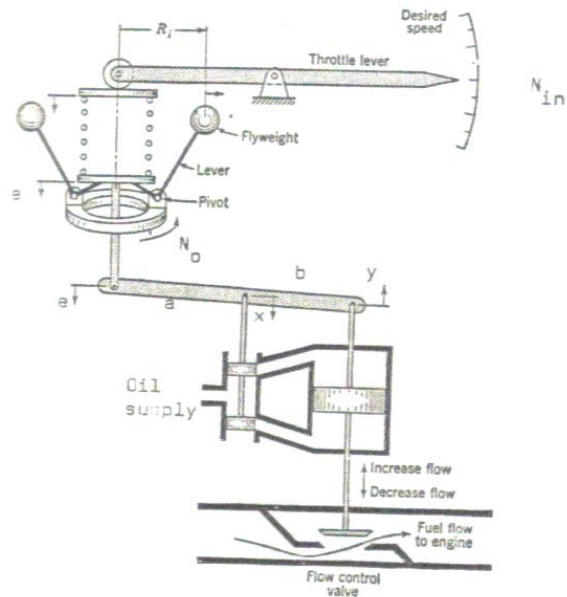


Figuur 9.17: bron: Control engineering, W.Bolton

De restrictie R_3 dient nu als D-regelaar.

9.3.3 Hydraulische regelaars

De hydraulische PI-regelaar



Figuur 9.18: bron: Control engineering, W.Bolton

De hefboom geeft de P-werking weer en het reservoir geeft de I-werking weer. Men regelt hier de toevoer van brandstof naar de motor. Als de motor te snel draait gaan de vlieggewichten zich naar buiten bewegen waardoor de veer wordt ingedrukt en de hefboom in e naar boven beweegt. Het reservoir bovenaan zal ook ontsloten worden. De olietoevoer zal het bovenste deel van het reservoir beginnen vulen tot er minder brandstoftoevoer is naar de motor. De motor zal minder snel beginnen draaien en de vlieggewichten bewegen naar binnen waardoor nu de regelaar de toevoer terug zal openen.

9.4 Datacommunicatie en communicatieprotocol

Het woord **datacommunicatie** dekt hier de lading volledig. Men wil data doorgeven van het ene punt naar het andere.

9.4.1 Algemene begrippen

Het doorgeven of beter gezegd verzenden van data gebeurt op twee verschillende manieren namelijk analoog, wat vroeger het meest gebruikt werd en momenteel meer moderner digitaal.

Dit doorsturen van data kan zowel met vaste verbinding (draad) als draadloos gebeuren.

Doorsturen van digitale data gebeurt

- serieel: data worden bit per bit verzonden over dezelfde geleider, maar er is slechts één geleider nodig
- parallel: data worden tegelijkertijd overgebracht (aantal draden = aantal bits), dit is uiteraard sneller maar men heeft meer draden nodig.
- simplex verbinding: de transmissie gebeurt in slechts één richting van zender naar ontvanger
- half duplex verbinding: de transmissie gebeurt in beide richtingen doch slechts in één richting tegelijkertijd.
- full duplex verbinding: transmissie gebeurt in beide richtingen

Digitale data kunnen op twee verschillende manieren overgebracht worden namelijk

- synchroon: De data wordt overgezonden op een kloksignaal, bijvoorbeeld bij dalende flank wordt de data ingelezen. Hier moet men echter een extra kabel voorzien voor de klok.
- asynchroon: Nu wordt er geen klok gebruikt, en heeft men de extra kabel dus niet nodig, maar men moet afspraken maken rond aantal bits, startbit, stopbit, snelheid,...

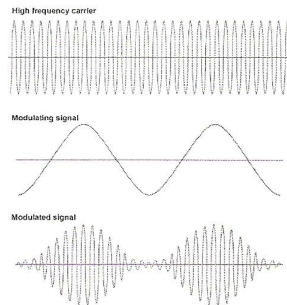
Als er slechts twee deelnemers in een overdracht mogelijk zijn spreken we van peer to peerverbinding of point to point verbinding.

Zijn er meerdere elementen in een verbinding noemt men de mogelijke manieren van verbinden de topologie. Zo bestaan de ster, ring, bus, boom...topologie.

Sigalen gaat men in vele gevallen ook draadloos willen doorsturen. Laagfrequente signalen kan men niet rechtsreeks draadloos doorsturen en men moet deze dan moduleren. Moduleren wil zeggen dat men een signaal golf gaat laten dragen door een draaggolf. Deze draaggolf is dan hoogfrequent waardoor men de laagfrequente signalen hoogfrequent kan doorsturen.

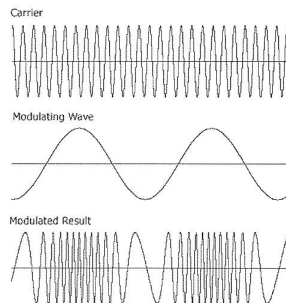
Dit kan gebeuren op verschillende manieren, twee voor analoge signalen en vier voor digitale signalen.

- amplitudemodulatie(AM):Men gaat van een hoogfrequent signaal de amplitude veranderen op het ritme van het laagfrequent signaal.



Figuur 9.19: AM modulatie(bron:'datacommunicatie' RTC)

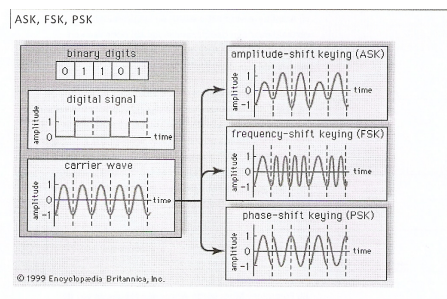
- frequentiemodulatie(FM):Men gaat van een hoogfrequent signaal de frequentie veranderen op het ritme van het laagfrequent signaal.



Figuur 9.20: FM modulatie(bron:'datacommunicatie' RTC)

Voor digitale signalen te moduleren gebruikt men drie methodes namelijk

- amplitude shiftkeying: de amplitude van het gemoduleerde signaal wordt aangepast, een kleine amplitude is een nul en een grote amplitude is een één.
- frequency shiftkeying: de frequentie van het gemoduleerde signaal wordt aangepast, lage frequentie is nul hoge frequentie is één.
- phase shiftkeying: de fase van het gemoduleerde signaal wordt aangepast. 0 is 180° in tegenfase met 1. Hier maakt men dan nog eens onderscheid tussen 2PSK, 4PSK en 8PSK wat dus aanleiding geeft tussen 2,4 en 8 verschillende faseverschuivingen.
- Als laatste bestaat er ook nog de QAM wat staat voor Quadratuur Amplitudemodulation en dit is een combinatie van amplitude en phaseshift-modulatie.



Figuur 9.21: shiftkeying (bron: 'datacommunicatie' RTC)

9.4.2 Bekabeling

Zoals later ook zal blijken uit de lagenstructuur zal de keuze van verbinding een rol spelen in de protocols. Dit wordt de fysische laag genoemd.

- koperdraad:gevoelig voor storingen maar goed voor korte afstand
- unshielded twisted pair:door de draden te twisten gaan de storingen zichzelf opheffen na elke twist
- shielded twisted pair:heeft extra metalen folie tegen externe storingen
- coaxkabel:de groundkabel is volledig rond de geleider geweven en is nog minder gevoelig voor storingen(toegepast op TV, video,...)
- glasvezel:op deze manier kan men zeer grote afstanden overbruggen zonder te versterken en dit type is weinig gevoelig voor externe EM-straling. Heeft ook een zeer grote bandbreedte en is zeer snel in de transmissie. Het is echter wel redelijk duur in installatiekost.

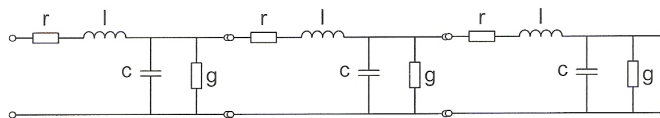
De keuze van bekabeling hangt af van de afstand die men wil overbruggen. Men spreekt van

- korte afstand: minder dan 30cm (RS232)
- middellange afstand:korter dan 6m Men gaat de spanning van het signaalniveau opkrikken (12V:RS 485)) en afgeschermd kabels gebruiken.
- lange afstand korter dan 1200m. In dit geval moeten we apparatuur voorzien om reflecties te voorkomen.
- zeer lange afstand: groter dan 1200m. Hier gaat de voorkeur uit naar gemoduleerde signalen.

9.4.3 Bijkomende begrippen

vervangingsimpedantie

Een transmissiekabel kan met onderstaand elektrisch circuit beschreven worden



Figuur 9.22: vervangingsschema(bron:'datacommunicatie' RTC)

Hierin staat

- l : inductantie per lengte eenheid (H/m)
- c : capaciteit per lengte eenheid (F/m)
- r : serie weerstand per lengte eenheid (ohm/m)
- g : parallel geleiding per lengte eenheid (S/m)
- Z_0 : karakteristieke vervangingsimpedantie per lengte eenheid (ohm)

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

Bovenstaande formule is de karakteristieke vervangingsimpedantie van een communicatiekabel. ¹ In geval van ideale kabels zonder verlies wordt dit $Z_0 = \sqrt{\frac{l}{c}}$.

Uit deze formules kan men het begrip reflectie afleiden. Reflectie is het verschijnsel dat een datakabel de doorgestuurde data van de bron (spanning) terugstuurt van het einde van het circuit (ontvanger) naar het begin (zender) omdat dit circuit gesloten is.

De waarde van de impedantie aan het einde noemen we Z_t en aan het begin is dit de vervangingsimpedantie Z_0 . De reflectiecoëfficiënt is dan

$$\rho = \frac{Z_t - Z_0}{Z_t + Z_0}$$

Hieruit volgen dan drie situaties

- $Z_t = Z_0$: er is geen reflectie van het signaal
- $Z_t = 0$: er is reflectie van het signaal en dit signaal wordt geïnverteerd (kortsluiting van de datakabel)
- $Z_t = \infty$: er is reflectie van het signaal en dit signaal heeft dezelfde polariteit (open circuit)

Baudrate

De datasnelheid bij digitale overdracht geeft men weer in bits per seconde (BPS). Vroeger werd deze snelheid weergegeven in baud, wat de periode van het signaal voorstelde. Ten gevolge van modulatie technieken kon die periode echter 4 of 8 bits voorstellen wat tot verwarring kon leiden.

¹Deze formule haalt men uit een stelsel differentiaalvergelijkingen die men opstelt aan de hand van de wetten van Kirchoff, maar dit gaat ver buiten het bestek van deze cursus.

Storingen en foutdetectie

Bij datatransmissie zijn er verschillende oorzaken die de dataoverdracht kunnen storen.

- Ruis: dit treedt op als de doorgestuurde datasignalen te klein zijn ten opzichte van de ruissignalen ten gevolge van storingsbronnen (bv. motoren, schakelaars,...)
- Elektrische vervorming: ten gevolge van een beperkte bandbreedte is het onmogelijk om alle harmonischen van de blokgolf mee door te sturen. Het gevolg is dat de ontvangen blokgolf vervormd kan zijn. Zolang de 1 en de 0 nog kunnen onderscheiden worden is er geen probleem.
- Overspraak: dit is een verschijnsel dat de ene kabel info overdraagt van een andere kabel. Bijvoorbeeld als twee kabels te dicht bij mekaar liggen. Dit kan men tegengaan door de kabels goed af te schermen.
- Collision: dit gebeurt als verschillende gebruikers tegelijkertijd de bus willen gebruiken.

Deze problemen moet men kunnen voorzien en eventueel vermijden.

Een voorbeeld van een aanpassing om ruis te vermijden is gebruik maken van differentiele schakelingen. Deze techniek gebruikt men om afstanden van meer dan 6m te overbruggen. Naast de gnd gebruikt men nog twee lijnen van zender naar ontvanger. Op de ene wordt het gewone signaal gezet en op de andere het geïnverteerde signaal. De mogelijke storing blijft in fase ten opzichte van beide lijnen en zal op beide lijnen even hard doorwegen, dus zal het originele signaal overblijven.

Een ander voorbeeld om problemen te vermijden bij gebruik van seriële communicatie zijn onderstaande technieken

- Bitstuffing: Om serieel te communiceren moet de klok van de ontvanger gelijk lopen met de klok van de verzender. De klok wordt gesynchroniseerd op de stijgende en dalende flanken van de inkomende bits. Als er nu teveel eentjes of nulletjes achter elkaar komen kan deze synchronisatie fout lopen. Dit vermijdt men door na een specifiek aantal bits een geïnverteerd bit mee te sturen.
- Bitbanging: met deze methode gaat men het programma stap voor stap en bit voor bit de data en de klok op respectievelijke pinnen genereren rekening houdende met het protocol(!).
- Dedicated hardware: moderne controllers hebben dikwijls meerdere hardware modules aan boord die de volledige communicatie kunnen overnemen. Deze worden aan het begin van het programma ingesteld. (bv. : startbit, stopbit,...)

Als we zeker willen weten of de ontvangen data correct zijn dienen we foutdetectie en zelfs foutcorrectie op de systemen door te voeren. Zo hebben we volgende drie veel gebruikte methodes

- pariteitsbit: in een byte wordt een extra bit voorzien zodat de ontvanger kan zien of het verzonden karakter wel gelijk is aan het ontvangen karakter. Hierin bestaan dan weer methodes namelijk
 - even parity: aantal 1en is oneven dan wordt het pariteitsbit ook 1 en wordt het aantal 1en even.
 - odd parity: aantal 1en is even dan wordt het pariteitsbit ook 1 en wordt het aantal 1en oneven.

Probleem is wel dat we dan slechts een oneven aantal fouten kunnen detecteren. Als er twee bits foutief worden doorgestuurd detecteren we de fout niet.

- CRC: (Cyclic Redundancy Check) Een pakket data wordt gedeeld door een op voorhand bepaald getal. De rest van de deling wordt mee doorgestuurd. Aan de andere kant wordt de deling opnieuw gedaan en de restgetallen worden vergeleken. Is er een verschil wordt gevraagd de informatie terug door te sturen.
- LRC en VRC (Vertical Redundancy Check-Longitudinal Redundancy Check): Is een methode vergelijkbaar aan het pariteitsbit maar wordt doorgevoerd op het volledige bericht en niet per karakter.

9.4.4 OSI

Zoals altijd gebeurt de eerste ontwikkeling van een systeem vrij chaotisch omdat meerdere mensen met ongeveer eenzelfde idee hun idee uitwerken. Om orde te scheppen in de chaos van het gebruik van netwerken is men gaan werken aan een standaard. In 1984 kwam het ISO met zijn standaardmodel dat het OSI model werd genoemd. OSI staat voor Open Systems Interconnection model. Dit model is echter een leidraad want zelfs het meest gebruikte communicatieprotocol TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) wijkt hier een beetje vanaf.

Het OSI model is een lagen model (7 lagen) om datatransport mogelijk te maken. Deze lagen zijn

1. Application: hiermee heeft de eindgebruiker het meeste te maken want hier gebruik je gewoon de applicatie die je gebruikt (computerspel, WORD,...)
2. Presentation: dit is het niveau van het operating system. Hier wordt de informatie die van de applicatielaag komt omgezet naar een standaardcode.
3. Session: zet de communicatie op tussen zender en ontvanger
4. Transport: het datageheel wordt omgezet in packets die kunnen verstuurd worden. De packets worden in juiste volgorde verstuurd en gecontroleerd.
5. Network: bepaald het beste pad om de data te versturen. Dit is het niveau van routers en IPadressen

6. Datalink: hier worden de packets onderverdeeld in frames en wordt de foutcontrole toegevoegd. Dit is het niveau van de switch en de MAC-adressen.

7. Physical: Dit is het fysieke medium zoals de kabels

Elke laag doet wel iets met de data en hangt een header aan de data met de relevante info van wat met de data gebeurt is.

Voorbeeld: versturen van een email.

1. Application:hotmail outlook

2. Presentation:zet de email om in ASCII

3. Session:zet de communicatie op tussen PC zender en PC ontvanger

4. Transport:het datageheel wordt omgezet in packets die kunnen verstuurd worden met de juiste controle om na te gaan of de mail goed werd ontvangen.

5. Network: bepaald het beste pad om de data te versturen naar de ontvanger.

6. Datalink: hier worden de packets onderverdeeld in frames en wordt de foutcontrole toegevoegd.

7. Physical: ?? weinig aan te doen. Misschien LAN even optimaliseren

9.4.5 Voorbeeld van protocol:HART en SCADA

HART

HART (Highway Adressable Remote Transducer) kan in twee verschillende modes gebruikt worden

- master-slave mode: elke veldcomponent (controllers, actuatoren,..)in het circuit word aangestuurd door een master (PLC,DCS,..) en zal enkel op commando van de meester reageren
- burst mode: dit laat snellere communicatie toe. Elke veldcomponenet zal continu een boodschap doorsturen. Er zijn maar een aantal HART componenten die dit toelaten.

HARTcommunicatie werkt op Frequency Shift Keying. Het grote voordeel is dat we met meerdere componeneten op 1 lijn kunnen werken en deze digitaal kunnen aansturen en aanpassen.

SCADA

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) is een software pakket om processen te sturen. Dit wil zeggen verzamelen, verwerken, doorsturen en visualiseren van meet-en regelsignalen van verschillende machines in grote industriële processen. SCADA beschikt over drie basisfuncties

1. versturen van instructies naar fysieke controlesystemen
2. informatie geven over verschillende metingen
3. fungeren als alarmsysteem

9.4.6 Bussystemen

Het doel van een computerbus is de data-overdracht te bewerkstelligen tussen computer en rand- of meetapparatuur.

De onmiddellijke randapparatuur bestaat uit kaarten die men in de computerrack kan pluggen.

Overzicht van mogelijke kaarten

1. Geheugenuitbreiding
2. Videokaart
3. Disk of tapekaart
4. Netwerkkkaart
5. Parallele of seriële kaart
6. Digitale of analoge meetkaart

Hoe kunnen de gegevens behandeld worden. Er bestaan een viertal mogelijkheden

1. Geprogrammeerde input/output: Het programma zal zelf snel genoeg de statusregister van de I/O-kaart lezen en indien nodig de I/Obewerkingen uitvoeren.
2. Interrupts: Eén of meerdere interruptlijnen worden voorzien op de bus. Een I/O zal indien nodig deze lijnen activeren; De processor zal het lopende programma onderbreken, het nodige bewaren en na de interrupt het programma voortzetten.
3. DMA: De I/O-kaart bezit een DMA controller die weet waar hij de volgende data moet wegschrijven of weghalen. In dit geval wordt de processor niet belast.
4. I/Oprocessor: Deze processor voert de I/Otaken uit.

Er bestaan twee soorten bussen namelijk de seriële en de parallele.

- Parallele bus: Iedere bit heet een fysieke lijn. Er zijn wel veel lijnen nodig om de overdracht te bewerkstelligen, maar men heeft wel een hoge transfersnelheid.
- Seriële bus: Nu is er weinig kabel nodig, maar de transfersnelheid is laag.

9.4.7 De bus: physical layer

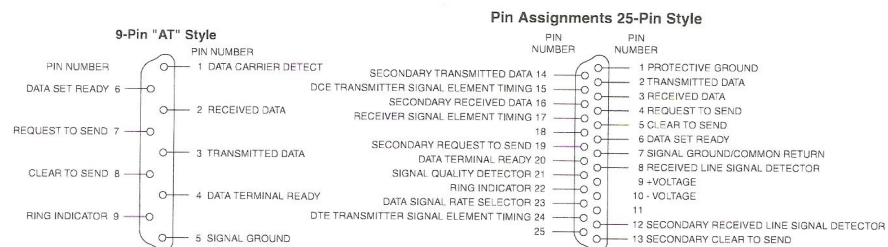
Enkele mogelijke bussen (draden)

- RS-232
- RS485/422
- Inter C bus
- IEEE-488bus

RS 232

De seriële RS232 databus is ook onderworpen aan normen.

- verzonden signaal:
 - binaire 0: +5 tot +15Vdc
 - binaire 1: -5 tot -15Vdc
- verzonden signaal
 - binaire 0: +3 tot +13Vdc
 - binaire 1: -3 tot -13Vdc
- dataformat: startbit=binaire 0; stopbit=binaire 1 en de pariteit naar keuze.



Figuur 9.23: RS232 pin configuratie (bron: 'datacommunicatie' RTC)

9.4.8 Veldbussen

Dit onderdeel hoort al eerder thuis in een cursus regeltechniek, maar we houden we het bij een overzicht met wat verduidelijking. In dit geval gaat het over aansluitingen tussen computers en sensoren.

- **ASIBus:** Actuator Sensor Interface. Dit is een niet-afgeschermd tweeadelige kabel met specifieke verbindingselementen. De kabel verstuurt zowel bedieningsboodschappen als data. Het is de ASI interface chip die de kracht van dit systeem bewaard. In deze chip wordt de parallele data van sensoren omgezet in seriële gegevens, die dan bij de ASI beheerder belanden wat eigenlijk de PLC is. Er zijn dus twee interfaces; de kant van de randapparatuur en de kant van de besturing.
- **Bitbus:** De overdracht gebeurt snel via een RS-485 verbinding via SDLC-protocol. Is vooral geschikt voor uitwisselen van berichten tussen systemen in industriële toepassingen.
- **CANbus:** Controller Area Network, wordt vooral gebruikt in de automobiellindustrie. Het gebruikte protocol is de CSMA/CD-BAtype.
- **FIPbus:** Factory Instrumentation Protocol; bedoeld voor industriële automatisering. Het medium is glasvezel of getwiste kabel. Het protocol is gebaseerd op het feit dat toepassingen een cyclisch gedrag vertonen.
- **Inter C bus:** principe berust op synchrone communicatie en daarom zijn er twee signalen nodig: datalijn (SDA) en klok (CLK). Dit systeem is bijzonder makkelijk toe te passen over lange afstanden.
- **Interbus-S:** De filosofie gaat ervan uit dat datacommunicatie in een hiërarchie wordt ingedeeld.
- **Profibus:** Process Field Bus volgt het OSI model.

9.4.9 Scheidingskaarten

De ganse communicatieproblematiek en de hiermee gepaard gaande veiligheidsproblematiek, die we in volgend hoofdstuk diepgaand gaan bekijken, wordt in vele gevallen opgelost door gebruik te maken van een scheidingskaart (eng. marshalls). Deze scheidingskaart heeft tot doel om een, zoals het woord zelf zegt, scheiding te creëren tussen de intrinsiek veilige zone (Ex zone) en de veilige zone. De veilige zone is eigenlijk de controlekamer en zijn directe omgeving en de Ex zone is de zone waar er gevaar is voor explosie. Deze scheiding gebeurt door gebruik te maken van deze marshalls en er bestaan twee klassen scheidingskaarten namelijk de zener barriere en de galvanische scheiding.

Galvanische scheiding

Naast de explosiebeveiliging zal de galvanische scheiding de meet-en regelcircuits beschermen tegen signaalvorming en gevaarlijke stroompieken. Deze modules zullen ook zorgen voor het omzetten, standaardiseren en splitsen van meet- en besturingssignalen.

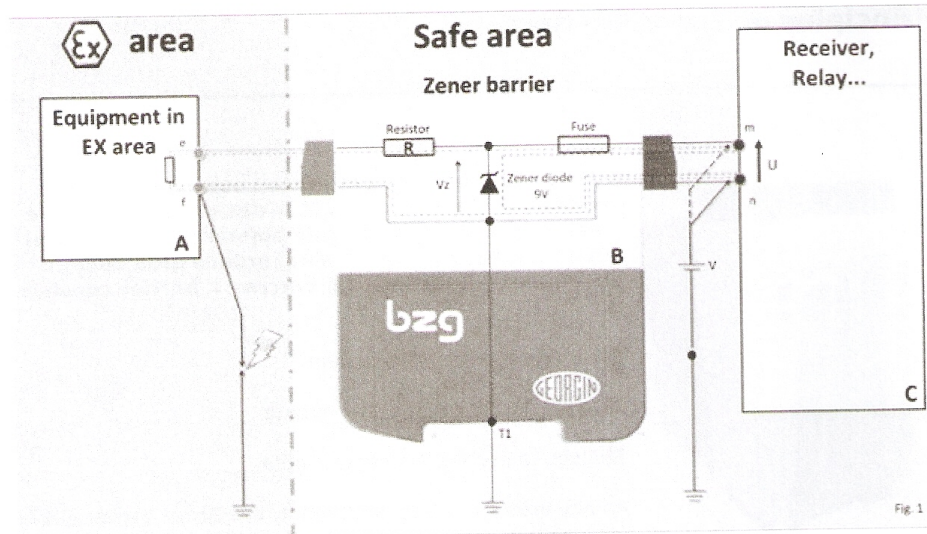
Hoe werkt dit systeem? De scheiding wordt voorzien door een koppeltransformator, hiermee wordt een meetspanning veilig overgebracht naar de controlelogica. Een DC spanning moet aan de primaire naar een AC spanning omgezet worden en aan de secundaire wordt dan de omgekeerde actie ondernomen. Ook worden de sensorsignalen omgezet naar de gewenste signalen die de controlelogica kan lezen. Bijvoorbeeld een Pt100 signaal naar 4-20mA of een spanning 0-10V naar 4-20mA of uiteraard 4-20mA naar 0-10V. Analoge signalen kunnen ook versterkt worden zeker indien grote afstanden moeten overbrugd worden. Bovendien is er in een industriële omgeving veel kans op hoogfrequente ruis die gefilterd kan worden met dit type scheidingskaart.

Zenerbarriere

Zenerbarrières voorkomen overdracht van excessief hoge stroomniveau's van de veilige omgeving naar de Ex zone. Deze oplossing wordt gekozen als galvanische scheiding onnodig is of op een andere wijze wordt voorzien. De mee ingebouwde signaalconditioners zorgen voor bescherming van de signaaloverdracht vooral bij het ontstaan van vereffeningstromen voortkomende uit de aardlus. Men moet er wel rekening mee houden dat de zenerbarriere nog extern gevoed moet worden.

Hoe werkt dit systeem? Er bestaan twee types zenerbarrières namelijk de single en de double barrieres.

single barriere: De zener barriere begrenst de stroom en de spanning en

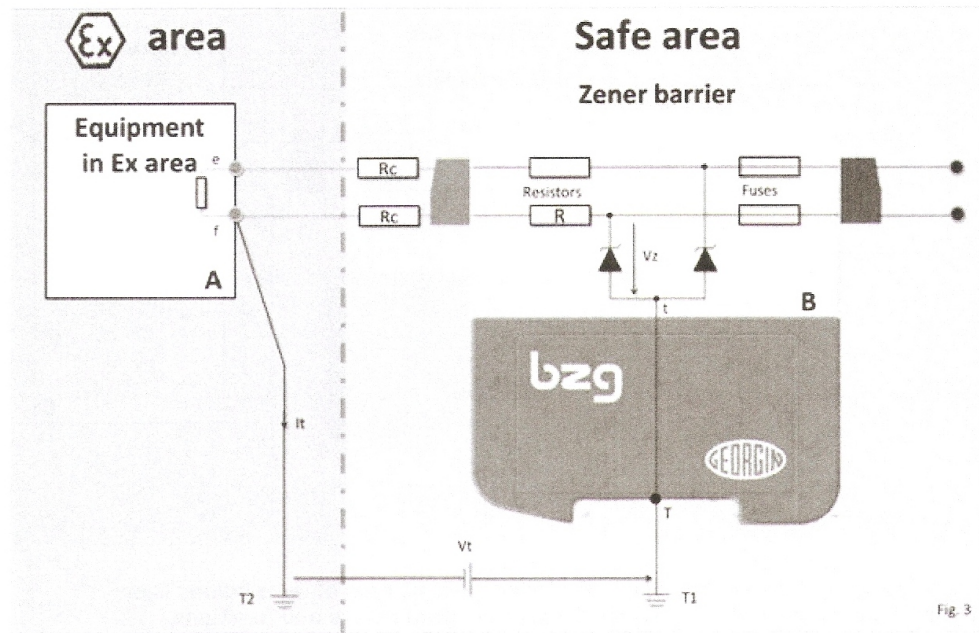


Figuur 9.24: bron:<http://www.sensorland.com/HowPage120.html>

er is geen galvanische scheiding. Indien er een fout ontstaat tussen m en n zal de zener diode, die zelf beschermt wordt door een zekering, de spanning begrenzen die in de Ex zone zou kunnen verschijnen. De weerstand begrenst de stroom die eruit volgt.

Indien er een fout ontstaat tussen m, n en de grond zullen de punten e en f relatief ten overstaande van de grond nooit boven de zenerspanning geraken indien de zenerbarriere correct is geaard.

double barriers:



Figuur 9.25: bron:<http://www.sensorland.com/HowPage120.html>

Het voordeel van dit type is dat in geval van een aardingsfout de lusstroom nog verder beperkt wordt.

- single: $I_t \leq \frac{V_t}{R_c}$
- double: $I_t \leq \frac{V_t + V_z}{R_c + R}$