



2023

7. Inleiding tot sensoren

R2: SCRAPY-gids

Projectnummer: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 Co-funded by
the European Union

De steun van de Europese Commissie voor de productie van deze publicatie houdt geen goedkeuring in van de inhoud, die uitsluitend de standpunten van de auteurs weergeeft, en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gehouden voor het gebruik van de informatie die erin is vervat.

ECAM EPMI
30/04/2023

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	2
2 Definities van sensoren en transducers.....	2
3. Criteria om een sensor te kiezen.....	3
4. Basisvereisten van een sensor of omvormer.....	3
5. Classificatie van sensoren.....	4
6. Veelgebruikte sensoren en omvormers.....	6
7. Een eenvoudig systeem met transducers.....	6
8. Analoge sensoren.....	7
9. Digitale sensoren.....	8
10 Conclusie.....	9
11 Referenties.....	9

1 Inleiding

In deze les leren we iets over sensoren en transducers, hoe je een sensor kiest, de vereisten van sensoren en transducers, wat de classificatie van sensoren is, enkele voorbeelden van zowel analoge als digitale sensoren.

We leven in een analoge wereld met digitale communicatiemiddelen en besturing van mechanische objecten met elektrische signalen. Dit is mogelijk dankzij apparaten zoals sensoren en transducers, die ons helpen bij het omzetten van gegevens of informatie van het ene domein naar het andere.

Meting is een belangrijk subsysteem in elk belangrijk systeem, of het nu een mechanisch systeem of een elektronisch systeem is. Een meetsysteem bestaat uit sensoren, actuators, omvormers en signaalverwerkingsapparaten. Het gebruik van deze elementen en apparaten is niet beperkt tot meetsystemen.

Deze worden ook gebruikt in systemen die specifieke taken uitvoeren om te communiceren met de echte wereld. De communicatie kan van alles zijn, zoals het lezen van de status van een signaal van een schakelaar of het activeren van een bepaalde uitgang om een LED te laten oplichten.

2 Definities van sensoren en transducers

De woorden sensoren en transducers worden veel gebruikt in verband met meetsystemen. De sensor is een element dat signalen produceert met betrekking tot de hoeveelheid die wordt gemeten. Volgens de Instrument Society of America is "een sensor een apparaat dat een bruikbare output levert in reactie op een gespecificeerde grootheid die wordt gemeten". Het woord sensor is afgeleid van de oorspronkelijke betekenis 'waarnemen'.

Eenvoudig gezegd is een sensor een apparaat dat veranderingen en gebeurtenissen in een fysieke stimulus detecteert en een overeenkomstig uitgangssignaal afgeeft dat gemeten en/of geregistreerd kan worden. Het uitgangssignaal kan hier elk meetbaar signaal zijn en is een elektrische grootheid.

Sensoren zijn apparaten die invoerfuncties uitvoeren in een systeem wanneer ze veranderingen in een grootheid 'waarnemen'. Het beste voorbeeld van een sensor is een kwikthermometer. Hier is de hoeveelheid die wordt gemeten warmte of temperatuur. De gemeten temperatuur wordt omgezet in een leesbare waarde op de gekalibreerde glazen buis, gebaseerd op het uitzetten en krimpen van vloeibaar kwik.

Actuators zijn apparaten die tegenovergesteld werken aan sensoren. Een sensor zet een fysieke gebeurtenis om in een elektrisch signaal, terwijl een actuator een elektrisch signaal omzet in een fysieke gebeurtenis. Wanneer sensoren worden gebruikt aan de ingang van een systeem, worden actuators gebruikt om uitvoerende functies in een systeem uit te voeren door een extern apparaat aan te sturen.

Omzetters zijn apparaten die energie van de ene vorm omzetten in een andere vorm. De energie is in de vorm van een signaal. Transducer is een verzamelnaam voor zowel sensoren als actuators.

3. Criteria om een sensor te kiezen

Hieronder volgen enkele kenmerken die in overweging worden genomen bij het kiezen van een sensor.

1. **Type detectie:** De parameter die wordt gedetecteerd, zoals temperatuur of druk.
2. **Werkingsprincipe:** het werkingsprincipe van de sensor.
3. **Stroomverbruik:** Het door de sensor verbruikte vermogen speelt een belangrijke rol bij het bepalen van het totale vermogen van het systeem.
4. **Nauwkeurigheid:** De nauwkeurigheid van de sensor is een belangrijke factor bij het kiezen van een sensor.
5. **Omgevingsomstandigheden:** De omstandigheden waarin de sensor wordt gebruikt, zijn een factor bij het kiezen van de kwaliteit van een sensor.
6. **Kosten:** Afhankelijk van de kosten van de toepassing kan een goedkope of een dure sensor worden gebruikt.
7. **Resolutie en bereik:** De kleinste waarde die kan worden gemeten en de meetlimiet zijn belangrijk.
8. **Kalibratie en herhaalbaarheid:** Verandering van waarden met de tijd en de mogelijkheid om metingen onder vergelijkbare omstandigheden te herhalen.

4. Basisvereisten voor een sensor of omvormer

De basisvereisten voor een sensor zijn:

1. **Bereik:** Dit geeft de grenzen aan waarbinnen de ingang kan variëren. In het geval van temperatuurmeting kan een thermokoppel een bereik hebben van 25 - 250 0C.
2. **Nauwkeurigheid:** Dit is de mate van exactheid tussen de werkelijke meting en de werkelijke waarde. De nauwkeurigheid wordt uitgedrukt als een percentage van het volledige bereik.
3. **Gevoeligheid:** Gevoeligheid is een relatie tussen het fysieke ingangssignaal en het elektrische uitgangssignaal. Het is de verhouding tussen de verandering in de uitgang van de sensor en een eenheidsverandering in de ingangswaarde die een verandering in de uitgang veroorzaakt.
4. **Stabiliteit:** De sensor kan gedurende enige tijd dezelfde uitvoer produceren bij een constante invoer.
5. **Herhaalbaarheid:** De sensor kan dezelfde uitgang produceren voor verschillende toepassingen met dezelfde ingangswaarde.
6. **Reactietijd:** Dit is de snelheid waarmee de uitvoer verandert bij een stapsgewijze verandering van de invoer.
7. **Lineariteit:** Deze wordt gespecificeerd in termen van het percentage niet-lineariteit. Niet-lineariteit is een indicatie van de afwijking van de curve van de werkelijke meting van de curve van de ideale meting.
8. **Robuustheid:** Dit is een maat voor de duurzaamheid wanneer de sensor wordt gebruikt onder extreme bedrijfsomstandigheden.

9. **Hysteresis:** De hysteresis wordt gedefinieerd als het maximale verschil in output bij elke meetbare waarde binnen het gespecificeerde bereik van de sensor wanneer het punt eerst wordt benaderd door de inputparameter te verhogen en vervolgens door deze te verlagen. Hysteresis is een eigenschap die een opnemer heeft doordat deze niet in staat is zijn functionaliteit getrouw te herhalen wanneer deze in de tegenovergestelde werkingsrichting wordt gebruikt.

5. Classificatie van sensoren

Het classificatieschema voor sensoren kan variëren van zeer eenvoudig tot zeer complex. De stimulus die wordt waargenomen is een belangrijke factor in deze classificatie.

Enkele van de stimuli zijn

1. **Akoestisch:** Golf, spectrum en golfsnelheid.
2. **Elektrisch:** Stroom, lading, potentiaal, elektrisch veld, permittiviteit en geleidbaarheid.
3. **Magnetisch:** Magnetisch veld, magnetische flux en permeabiliteit.
4. **Thermisch:** Temperatuur, soortelijke warmte en thermische geleidbaarheid.
5. **Mechanisch:** Positie, versnelling, kracht, druk, spanning, rek, massa, dichtheid, momentum, koppel, vorm, oriëntatie, ruwheid, stijfheid, conformiteit, kristalliniteit en structuur.
6. **Optisch:** Golf, golfsnelheid, brekingsindex, reflectiviteit, absorptie en emissiviteit.

Het omzettingsfenomeen van sensoren is ook een belangrijke factor in de classificatie van sensoren. Sommige omzettingsverschijnselen zijn magneto-elektrisch, thermo-elektrisch en foto-elektrisch.

Op basis van de toepassingen van sensoren kunnen ze als volgt worden geclassificeerd.

I. Verplaatsings-, positie- en naderingssensoren

1. Weerstandselement of potentiometer
2. Capacitieve elementen
3. Spanningsgemeten element
4. Inductieve benaderingssensoren
5. Wervelstroom naderingsschakelaars
6. Differentiële transformatoren
7. Optische encoders
8. Hall-effectsensoren
9. Pneumatische sensoren
10. Nabijheidsschakelaars
11. Roterende encoders

II. Temperatuursensoren

1. Thermistors
2. Thermokoppel

3. Bimetalen strips
4. Weerstandstemperatuurdetectoren
5. Thermostaat

III. Lichtsensoren

1. Fotodiode
2. Fototransistor
3. Licht afhankelijke weerstand

IV. Snelheid en beweging

1. Pyro-elektrische sensoren
2. Tachogenerator
3. Incrementele encoder

V. Vloeistofdruk

1. Membraandrukmeter
2. Tactiele sensor
3. Piëzo-elektrische sensoren
4. Capsules, balgen, drukbuizen

VI. Vloeistofstroom en -niveau

1. Turbine meter
2. Smoorplaat en venturibuis

VII. IR-sensor

1. Infrarood zender en ontvanger paar

VIII. Kracht

1. Spanningsmeter
2. Laadcel

IX. Aanraaksensoren

1. Weerstand biedende aanraaksensor
2. Capacitieve aanraaksensoren

X. UV-sensoren

1. Ultraviolet licht detector
2. Sensoren voor fotostabiliteit
3. UV-fotobuizen
4. Kiemdodende UV-detectoren

Alle sensoren kunnen worden ingedeeld in twee typen op basis van het benodigde vermogen of signaal. Dit zijn actieve sensoren en passieve sensoren.

Om actieve sensoren te laten werken is een voedingssignaal van een externe bron nodig. Dit signaal wordt een bekrachtigingssignaal genoemd en op basis van dit bekrachtigingssignaal produceert de sensor een uitgangssignaal. Een rekstrook is een voorbeeld van een actieve sensor. Het is een drukgevoelig resistief brugnetwerk dat zelf geen elektrisch uitgangssignaal produceert. De uitgeoefende kracht kan worden gemeten door deze te relateren aan de weerstand van het netwerk. De weerstand kan worden gemeten door er een stroom doorheen te laten lopen. De stroom werkt als het excitatiesignaal.

Passieve sensoren produceren daarentegen direct het uitgangssignaal als reactie op de ingangsprikkel. Alle energie die een passieve sensor nodig heeft, wordt verkregen uit de meting. Een thermokoppel is een passieve sensor.

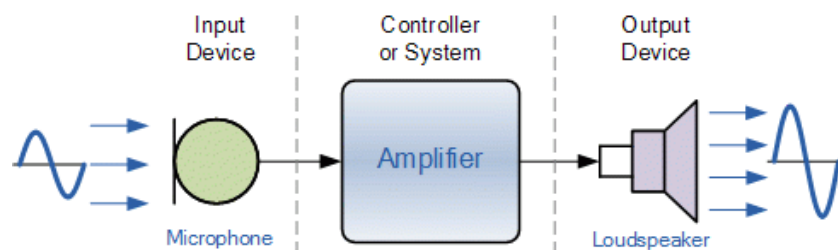
6. Veelgebruikte sensoren en omvormers

Enkele van de meest gebruikte sensoren en transducers voor verschillende stimuli (de te meten grootte) zijn:

1. Voor het detecteren van licht zijn de invoerapparaten of sensoren een fotodiode, fototransistor, lichtafhankelijke weerstand en zonnecellen. De uitvoerapparaten of actuators zijn LED's, displays, lampen en glasvezeloptica.
2. Voor temperatuurmeting zijn de sensoren thermistors, thermokoppels, weerstandstemperatuurdetectoren en thermostaten. De actuators zijn verwarmers.
3. Voor positiebepaling zijn de invoerapparaten een potentiometer, nabijheidssensor en differentiaaltransformator. De uitvoerapparaten zijn de motor en de paneelmeter.
4. De sensoren voor drukmeting zijn rekstrookjes en meetcellen. De actuators zijn liften en vjzels en elektromagnetische trillingen.
5. Voor het waarnemen van geluid zijn de invoerapparaten microfoons en de uitvoerapparaten luidsprekers en zoemers.
6. Voor het meten van de snelheid worden de tachogenerator en de dopplereffectsensoren gebruikt. De actuators zijn motoren en remmen.

7. Een eenvoudig systeem met transducers

Een openbaar adresseringssysteem is een voorbeeld van een systeem dat sensoren en actuators gebruikt.



Een eenvoudig systeem met omvormers

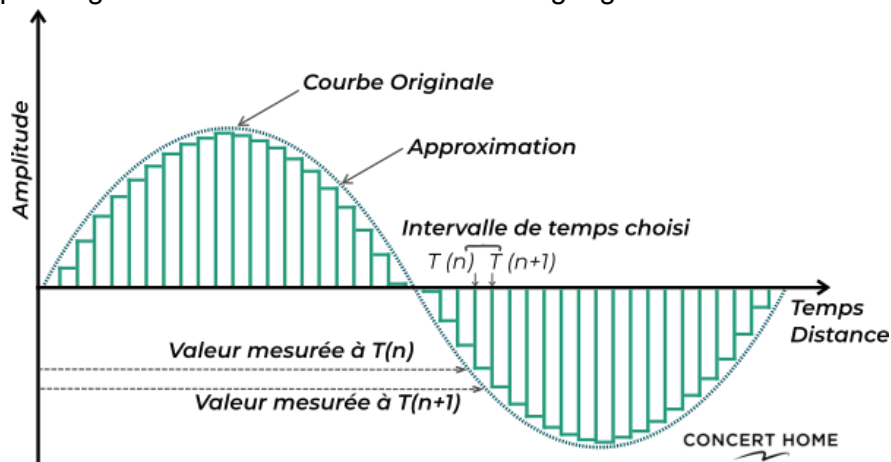
Het bestaat uit een microfoon, een versterker en een luidspreker. De sensor of het apparaat met een invoerfunctie is een microfoon. Deze neemt de geluidssignalen waar en zet ze om in elektrische signalen. De versterker ontvangt deze elektrische signalen en versterkt hun sterkte.

De actuator of het apparaat met de uitgangsfunctie is de luidspreker. Deze ontvangt de versterkte elektrische signalen van de versterker en zet ze terug om in geluidssignalen, maar met een groter bereik.

8. Analoge sensoren

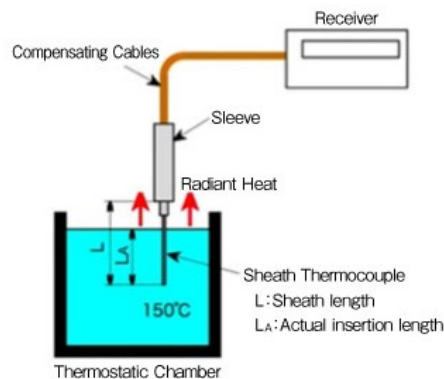
Een analoge sensor produceert continu variërende uitgangssignalen over een bereik van waarden. Meestal is het uitgangssignaal een spanning en is dit uitgangssignaal evenredig met de meting. De grootte die gemeten wordt, zoals snelheid, temperatuur, druk, spanning, enz. zijn allemaal continu van aard en daarom zijn het analoge grootheden.

Een cadmiumsulfidecel (CdS-cel) die wordt gebruikt om de intensiteit van licht te meten, is een analoge sensor. De weerstand van een CdS cel varieert afhankelijk van de intensiteit van het licht dat erop valt. Wanneer aangesloten op een spanningsdelernetwerk, kan de verandering in weerstand worden waargenomen door de uitgangsspanning te variëren. In dit circuit kan de uitgang variëren van 0 V tot 5 V.



De intensiteit van licht

Een **thermokoppel** of thermometer is een analoge sensor. De volgende opstelling wordt gebruikt om de temperatuur van de vloeistof in de container te meten met behulp van een thermokoppel.



Een opstelling om de temperatuur van de vloeistof in de container te meten met een thermokoppel

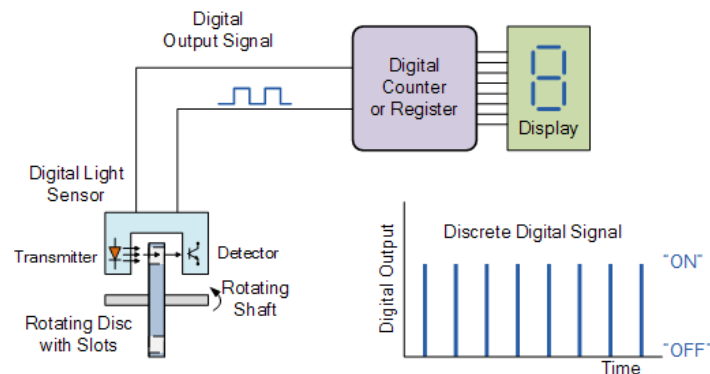
De output van een analoge sensor heeft de neiging om vloeiend en continu te veranderen in de tijd. Daarom zijn de responstijd en nauwkeurigheid van schakelingen die analoge sensoren gebruiken traag en minder. Om deze signalen in een op een microcontroller gebaseerd systeem te gebruiken, kunnen analoog-digitaalomzetters worden gebruikt.

Analoge sensoren hebben een externe voeding en enige vorm van versterking nodig om geschikte uitgangssignalen te produceren. Op Amps zijn erg handig voor versterking en filtering.

9. Digitale sensoren

Een digitale sensor produceert discrete digitale signalen. De uitgang van een digitale sensor heeft slechts twee toestanden, namelijk 'AAN' en 'UIT'. AAN is logisch 1 en UIT is logisch 0. Een drukknopschakelaar is het beste voorbeeld van een digitale sensor. Een drukknopschakelaar is het beste voorbeeld van een digitale sensor. In dit geval heeft de schakelaar slechts twee toestanden: hij is AAN wanneer hij wordt ingedrukt of hij is UIT wanneer hij wordt losgelaten of niet wordt ingedrukt.

De volgende opstelling gebruikt een lichtsensor om de snelheid te meten en produceert een digitaal signaal.



Een opstelling om de snelheid te meten en een digitaal signaal te produceren.

In de bovenstaande opstelling is de roterende schijf verbonden met de as van een motor en heeft hij verschillende transparante gleuven. De lichtsensor registreert de aan- of afwezigheid van het licht en stuurt dienovereenkomstig logische 1 of logische 0 signalen naar de teller. De teller geeft de snelheid van de schijf weer. De nauwkeurigheid kan worden verhoogd door het aantal transparante gleuven op de schijf te vergroten, omdat er dan meer tellingen kunnen worden uitgevoerd in dezelfde tijd.

Over het algemeen is de nauwkeurigheid van een digitale sensor hoog in vergelijking met een analoge sensor. De nauwkeurigheid hangt af van het aantal bits dat gebruikt wordt om de meting weer te geven. Hoe hoger het aantal bits, hoe groter de nauwkeurigheid.

10 Conclusie

Sensoren zijn een technologie die een breed spectrum van toepassingen mogelijk maakt. Om doeltreffend te zijn, moeten potentiële toepassingen worden geïdentificeerd en moet de mate van geschiktheid worden beoordeeld. Sensorsystemen die ontwikkeld zijn voor structurele gezondheidsmonitoring van verouderde militaire vliegtuigen of andere voertuigmonitoringtoepassingen kunnen bijvoorbeeld in een of andere vorm gebruikt worden door de commerciële vliegtuig- en auto-industrie. Chemische sensoren die worden gebruikt voor de detectie van chemische strijdmiddelen hebben talloze mogelijke niet-DoD toepassingen op gebieden zoals milieu- en gezondheidsmonitoring. Infraroodsensoren, die van oudsher ontwikkeld zijn voor militaire toepassingen zoals verkenning, vinden nu ze betaalbaar worden ook toepassingen in de materiaalproductie, inbraakdetectie en chemische detectiesystemen.

11 Referenties

<https://nap.nationalacademies.org/>

<https://www.electronicshub.org/sensors-and-transducers-introduction/>

<https://www.publicsensors.org/intro-to-sensors/>