
GELEIDBAARHEIDSSENSOR BT27i

GEBRUIKERSHANDLEIDING



CENTRUM VOOR MICROCOMPUTER APPLICATIES

<http://www.cma-science.nl>

Korte beschrijving

De CMA Geleidbaarheidssensor BT27i kan gebruikt worden om de geleidbaarheid van een oplossing te meten. Er zijn drie meetintervallen, waartussen met een schakelaar op de sensorbehuizing gewisseld kan worden. Deze intervallen zijn:

- 0 to 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 0 to 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 0 to 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

De Geleidbaarheidssensor bestaat uit een geleidbaarheidselektrode en een versterker. De geleidbaarheidselektrode is een 2- cellige grafietelektrode in een plastic behuizing. De sensor kan gebruikt worden om het zoutgehalte en veranderingen in de geleidbaarheid van water(ige oplossingen) te meten. Hoewel de sensor geen specifieke ionen kan identificeren, kan hij wel gebruikt worden om de totale concentratie van ionen in de oplossing uit te rekenen.

De geleidbaarheidssensor kan worden aangesloten op de analoge BT ingangen van de CMA interfaces. De sensorkabel BT - IEEE1394 die hiervoor nodig is wordt niet bij de sensor meegeleverd en kan afzonderlijk worden besteld (CMA artikel BTsc_1).

Sensorherkenning

De Geleidbaarheidssensor heeft een geheugenchip (EEPROM) met informatie over de sensor: naam, gemeten grootte, eenheid en ijking. Door middel van een eenvoudig protocol wordt deze informatie door de CMA interfaces gelezen en wordt de sensor bij aansluiten op deze interfaces automatisch herkend

Let op, de Geleidbaarheidssensor heeft voor ieder meetbereik zijn eigen EEPROM informatie. De positie van de schakelaar bepaalt welke informatie gebruikt wordt. Om het meetbereik te veranderen, dient de sensor losgekoppeld te worden van de interface. Vervolgens kan het gewenste meetbereik met de schakelaar gekozen worden en wordt de sensor opnieuw aangesloten. Wisselen van meetbereik zonder de sensor opnieuw aan te sluiten heeft geen effect.

Als uw Geleidbaarheidssensor niet automatisch door de interface herkend wordt, moet u deze zelf handmatig kiezen uit de Coach sensorbibliotheek.

Werking van de sensor

De Geleidbaarheidssensor meet het vermogen van waterige oplossingen om elektriciteit te geleiden. Als zout en andere anorganische chemicaliën in water oplossen, vallen zij uiteen in elektrisch geladen ionen. Ionen verhogen het vermogen van water om een elektrische stroom te geleiden. Gebruikelijke ionen in water die de elektrische stroom geleiden zijn natrium-, chloride-, calcium- en magnesiumionen. Moleculaire verbindingen zoals suikers, olie en alcohol vormen in waterige oplossing geen ionen.

Het principe waarop de meting is gebaseerd, is eenvoudig: twee grafiet platen (cellen) worden in de oplossing geplaatst en er wordt een potentiaalverschil over de platen gezet. Eventueel resulterende stroom wordt gemeten. De Geleidbaarheidssensor meet feitelijk de soortelijke geleiding van de oplossing (G^* , de inverse van de weerstand R), die bepaald wordt uit de spanning en stroom volgens de wet van Ohm ($G = 1/R = I/U$). In formules:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$G^* = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

De weerstand hangt af van de afstand tussen de grafietplaatjes (l), de oppervlakte van de grafietplaatjes (A) en de soortelijke weerstand (ρ) van de tussenliggende oplossing. In formule:

$$R = \frac{l}{A} * \rho$$

Aangezien de verhouding tussen de l en A per sensor constant is (de afstand en oppervlakte veranderen immers niet), kan hiervoor ook de celconstante K gesubstitueerd worden:

$$R = K * \rho$$

De geleverde sensor heeft een nominale celconstante K van $1,0 \text{ cm}^{-1}$. De geleidbaarheid van de oplossing (C) kan vervolgens bepaald worden door de celconstante te vermenigvuldigen met de gemeten soortelijke geleiding. In formule wordt dit:

$$C = G^* * K$$

De eenheid voor de soortelijke geleiding (G^*) is Siemens (S). Aangezien de Siemens een erg grote eenheid is, wordt meestal de eenheid μS gebruikt. De geleidbaarheid van de oplossing wordt uitgedrukt in $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Dit volgt ook uit bovenstaande formule.

Enige typische geleidbaarheden van waterige oplossingen zijn:

Monster	Geleidbaarheid ($\mu\text{S/cm}$)
Zuiver water	0,055
Gedestilleerd water	0,5
Gedeioniseerd water	0.1 – 10
Regenwater	20 – 100
Drinkwater	50 – 200
Kraanwater	100 – 1500
Rivierwater	250 – 800
Brak water	1000 – 8000
0,01 M KCl	1410
MgSO ₄ (aq)	5810
0,1 M KCl	12900
Zeewater	53000
H ₂ SO ₄ (aq)	82600
1,0 M KCl	112000

Om een totale migratie van ionen naar de twee elektroden te voorkomen, gebruikt de sensor een wisselstroom. Met iedere periode van de wisselstroom wordt de polariteit van de elektroden omgekeerd waarmee de richting van de ionenstroom ook wisselt. Dit voorkomt elektrolyse en polarisatie.

Ijking

De CMA Geleidbaarheidssensor BT27i wordt geïjkt geleverd. De gemeten waarden van de sensor zijn lineair met de geleidbaarheid. Ieder meetbereik heeft zijn eigen ijking. De geleverde ijkingsfuncties zijn:

- Meetbereik 0 .. 200 $\mu\text{S/cm}$: $C (\mu\text{S/cm}) = 65.7 * V_{\text{uit}}(\text{V})$
- Meetbereik 0 .. 2000 $\mu\text{S/cm}$: $C (\mu\text{S/cm}) = 847.2 * V_{\text{uit}}(\text{V})$
- Meetbereik 0 .. 20000 $\mu\text{S/cm}$: $C (\mu\text{S/cm}) = 7819 * V_{\text{uit}}(\text{V})$

Het Coach programma maakt het mogelijk de ijking meegeleverd met het sensor geheugen (EEPROM) of de ijking opgeslagen in de Coach sensorbibliotheek te selecteren. De gedefinieerde ijking kan ook aangepast worden.

Voor een nauwkeurige meting kan er in Coach een nieuwe (handmatige) ijking gemaakt worden. Zorg ervoor dat de geleidbaarheidselektrode schoon is voordat je een nieuwe ijking start. Doop de top van de elektrode ongeveer 10 minuten in gedestilleerd water.

Als dit niet mogelijk is, spoel de top van de elektrode dan zorgvuldig met gedestilleerd water voor gebruik. Droog de buitenkant van de elektrode met een droge en schone papieren handdoek. Schud krachtig om alle druppels uit de celkamer te verwijderen. De elektrode dient droog te zijn. Volg daarna onderstaande stappen:

- **Selecteer** het gewenste geleidbaarheidsbereik op de sensorbehuizing.
- **Sluit** de sensor aan op de interface
- **Nulpuntsijking** - maak dit ijkingspunt met de elektrode buiten enige oplossing (b.v. in de lucht). Dit is de 0,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ waarde.
- **Standaardoplossing ijkingspunt** – zet de elektrode in een standaard oplossing (oplossing met bekende geleidbaarheid). Zorg ervoor dat de hele uitgestrekte opening met elektrode-oppervlakten in de vloeistof gedompeld is. Wacht tot de weergegeven spanning gestabiliseerd is. Voer de waarde van de standaard oplossing in (b.v. 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Voor een beter resultaat kan een meer-punten ijking uitgevoerd worden, gebruikmakend van standaard oplossingen die het verwachte bereik van geleidbaarheid bevatten. Het selecteren van de standaardoplossingen is erg belangrijk; je moet er altijd enkele kiezen waarvan de verwachte geleidbaarheid overeenkomt met die van de oplossing. Om de juiste werking van je elektrode te controleren, moet je altijd een andere standaard, met grotere of kleinere waarde, naast je eerste standaard kiezen.

Betrouwbare standaard oplossingen zijn essentieel om een goede ijking te maken. U kunt uw eigen standaard oplossingen maken volgens onderstaande tabel.

Hoeveelheid NaCl om een 1 literoplossing te maken	Concentratie NaCl ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	Equivalenten Geleidbaarheid waarden
0.0474 g	$8,11 \cdot 10^{-4}$	100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
0.491 g	$8,40 \cdot 10^{-3}$	1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
1.005 g	$1,72 \cdot 10^{-2}$	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
5.566 g	$9,52 \cdot 10^{-2}$	10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Zoals te zien in de tabel is er geen exacte relatie tussen geleidbaarheid in $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ en

de totale hoeveelheid vaste stof (total dissolved solids, TDS) in ppm (parts per million). Er is experimenteel vastgesteld dat specifieke (zout)oplossingen een geschatte relatie hebben. Voor water met een relatief hoog gehalte aan natriumchloride kan de geleidbaarheid in $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ met 0,5 vermenigvuldigd worden om een resultaat in ppm te krijgen. Gebruik voor de meeste andere waterige oplossingen de factor 0,67.

Automatische temperatuur compensatie

Temperatuur heeft een grote invloed op geleidbaarheid. De geleidbaarheidselektrode heeft een ingebouwde temperatuur sensor die gebruikt wordt om veranderingen in geleidbaarheid van oplossingen met temperaturen tussen 5 en 35°C te compenseren. Aflezingen worden automatisch omgerekend naar geleidbaarheid bij 25°C – daarom zal de sensor dezelfde geleidbaarheid geven voor een oplossing op 15°C als die van dezelfde oplossing opgewarmd tot 25°C. Dit betekent dat er één ijking gebruikt kan worden voor metingen in watermonsters bij verschillende temperaturen. Zonder temperatuurcompensatie verandert de geleidbaarheid bij verandering van temperatuur, hoewel de ionenconcentratie niet verandert.

Gegevens verzamelen

Metingen worden als volgt uitgevoerd:

- Doop de top van geleidbaarheidselektrode voor ongeveer 10 minuten in gedestilleerd water. Als dit onmogelijk is, spoel de top zorgvuldig met gedistilleerd water.
- Droog de buitenzijde van de elektrode met een schone papieren handdoek. Schud krachtig om druppels uit de celkamer te verwijderen.
- Kies het gewenste bereik met de schakelaar.
- Sluit de sensor op een interface aan. Meestal zal de sensor automatisch herkend worden.
- Plaats de elektrode in het te meten monster. Het monster moet minimaal 3 cm diep zijn om te verzekeren dat de celkamer volledig ondergedompeld is.
- Roer de oplossing zachtjes om mogelijke luchtballen, die in de celkamer opgesloten zitten, te verwijderen. Wacht ongeveer 10 seconden om de gemeten waarde te laten stabiliseren.
- Bij metingen in een oplossing met een temperatuur onder de 10 °C of boven de 35 °C dient er iets langer gewacht te worden
- Spoel het uiteinde van de elektrode met gedistilleerd water voordat je een andere meting doet.
- Maak de gehele sensor zorgvuldig schoon als de meting klaar is om enige verontreiniging van de elektrode voor nader gebruik te voorkomen.

Waarschuwing:

Plaats de elektrode niet:

- in visceuze organische vloeistoffen, zoals dikke olie, glycerine(glycerol) of ethyleen glycol.
- in aceton of apolaire oplosmiddelen, zoals pentaan of hexaan.

Gebruik van de Geleidbaarheidssensor met andere sensoren

Het is erg belangrijk om te weten dat de Geleidbaarheidssensor interfereert met enkele andere sensoren als deze in de dezelfde oplossing zijn geplaatst en op dezelfde interface zijn aangesloten (b.v. dezelfde VinciLab). Deze situatie komt voor omdat de Geleidbaarheidssensor een signaal (elektrische stroom) door de oplossing stuurt. Dit signaal kan de aflezing van een andere sensor beïnvloeden. Dit geldt voor de volgende sensoren:

- Zuurstofsensor (vloeistof),
- pH sensor,
- Zoutgehaltesensor.

Deze sensoren kunnen tegelijkertijd op de interface aangesloten worden maar slechts één kan in de oplossing staan om af te lezen.

Voorgestelde experimenten

De Geleidbaarheidssensor kan voor een groot aantal experimenten gebruikt worden:

- Bevestiging van de directe relatie tussen geleidbaarheid en ionenconcentratie in waterige oplossingen. De concentratie van onbekende monsters kan bepaald worden.
- Verandering van geleidbaarheid als resultaat van fotosynthese in waterplanten meten. De concentratie bicarbonaationen neemt af door het verbruik van CO₂ in de fotosynthese en hierdoor verandert ook de geleidbaarheid.
- Volgen van reactiesnelheid in een chemische reactie waarin opgeloste ionen en geleiding variëren in de tijd ten gevolge van de ionsoorten die verbruikt of geproduceerd worden.
- Uitvoeren van een geleidbaarheidstitratie om de concentratie van een ionsoort te bepalen.
- Bepalen van de snelheid waarmee ionsoorten diffunderen door een membraan zoals een dialyseslang.
- Volgen van veranderingen in geleidbaarheid van totaal opgeloste vaste stoffen in een aquarium dat waterplanten en dieren bevat. Deze veranderingen kunnen het gevolg zijn van fotosynthese of ademhaling.

Reiniging, opslag en onderhoud van de Geleidbaarheidssensor

De Geleidbaarheidssensor moet schoon bewaard worden. Afhankelijk van het gebruik kan het nodig zijn de sensor periodiek te reinigen om betrouwbare metingen te verzekeren.

- Water met een mild wasmiddel is een effectieve reiniger. Doop de elektrode in warm water met een zachttaardig wasmiddel gedurende 15 minuten.
- Ethanol kan gebruikt worden om de elektrode te reinigen als de wastijd niet langer dan 5 minuten is.
- Citroensap of hydroxide-aanslag kunnen door het dopen in een verdund zuur zoals 0,1 M zoutzuur of 0,5 M azijnzuur gedurende 15 minuten verwijderd worden.
- Om schade aan de cel te voorkomen dienen schuurmiddelen of scherpe materialen niet voor het reinigen van een elektrode gebruikt te worden.
- Na reiniging dient er goed nagespoeld te worden met gedistilleerd water. Schud hierbij krachtig en laat de elektrode in de lucht drogen.
- Bewaar de sensor droog.

Praktische informatie

- Vermijd krassen aan de binnenzijde van de elektrode-oppervlakken van de elektrode.
- De meest voorkomende reden van onnauwkeurige metingen is wederzijdse verontreiniging van monsters. Pas op om geen druppels van het ene naar het andere monster te transporteren. Reinig de elektrode elke keer met gedistilleerd water tussen verschillende monsters.
- Zorg dat de monsters bedekt zijn om verdamping te voorkomen. Het is aan te bevelen om de monsterflesjes tot de rand te vullen om het oplossen van gassen zoals kooldioxide in het water te voorkomen.
- Gebruik de sensor niet in experimenten of vloeistoffen die de grafietplaten van de cel kunnen beschadigen. Probeer niet de binnenzijde van de cel te bekladden of af te vegen.
- De automatische temperatuur compensatie van deze elektrode werkt in het gebied van 5°C tot 35°C, maar de elektrode kan in oplossingen met een temperatuur van 0 tot 80 °C geplaatst worden.
- De geleidbaarheidselektrode meet niet alleen geleiding tussen de grafietplaten maar ook, in mindere mate, in een veld aan de zijkant van de elektrode. In een nauw bekerglas kunnen de wanden interfereren met dit veld. Als de elektrode te dicht bij het oppervlak van de vloeistof of andere voorwerpen (b.v. bodem van het bekerglas) gehouden wordt, kan dit een foutieve aflezing tot gevolg hebben.

Technische specificaties

<i>Sensor type</i>	Analoog, genereert een uitgang spanning tussen 0 en 5 V
<i>Meet bereiken</i> <i>Laag:</i> <i>Middel:</i> <i>Hoog</i>	0 tot 200 $\mu\text{S/cm}$ 0 tot 2000 $\mu\text{S/cm}$ 0 tot 20000 $\mu\text{S/cm}$
<i>Resolutie bij gebruik van een 12- bits 5V AD convertor</i> <i>Laag:</i> <i>Middel:</i> <i>Hoog:</i>	0,1 $\mu\text{S/cm}$ 1 $\mu\text{S/cm}$ 10 $\mu\text{S/cm}$
<i>Nauwkeurigheid</i>	$\pm 1\%$ van de hele schaal van ieder bereik
<i>Responstijd</i>	98% van de volledige uitslag in 5 s, 100% in 15 s.
<i>Temperatuur</i>	Compensatie: automatisch tussen 5°C en 35°C. Bereik: tussen 0°C en 80°C
<i>Cel constante</i>	1,0 cm ⁻¹ , dompel type, ABS behuizing, parallelle koolstofelektroden (grafiet)
<i>Ijkingsfuncties</i> <i>Laag:</i> <i>Middel:</i> <i>Hoog:</i>	$C (\mu\text{S/cm}) = 65.7 * V_{\text{uit}}(\text{V})$ $C (\mu\text{S/cm}) = 847.2 * V_{\text{uit}}(\text{V})$ $C (\mu\text{S/cm}) = 7819 * V_{\text{uit}}(\text{V})$
<i>Aansluiting</i>	IEEE1394 aansluiting voor BT-IEEE1395 sensor kabel. Sensor kabel wordt niet bij de sensor bijgeleverd.

Garantie:

De geleidbaarheidssensor BT27i is gegarandeerd vrij van materiaal- en constructiefouten gedurende 12 maanden na datum van aankoop mits het onder normale laboratoriumomstandigheden wordt gebruikt. Deze garantie geldt niet als de sensor in een (lab)ongeluk beschadigd raakt of foutief is gebruikt.

N.b.: Dit product is alleen voor onderwijskundige doeleinden geschikt. Het is niet geschikt voor industriële, medische, of commerciële doeleinden of onderzoek op hoog niveau.

