

Ontwerpverslag

De implementatie van een koolstofmonoxidesensor

R. BOLDING

Amsterdam University of Applied Sciences

HvA

Sensor Netwerken: groep 5

Studentnummer: 500757732

9 december, 2019

Inhoudsopgave

1	Specificaties sensormodule	3
2	De complete sensornode	3
3	Elektrochemische CO-sensor	4
3.1	Potentiostat	4
3.2	Transimpedantieversterker	5
3.3	Laagdoorlaatfilter	5
3.4	Simulaties	6
4	Thermometer	6
4.1	NTC thermistor	6
4.1.1	Niet lineair	7
4.2	Simulaties	9

1 Specificaties sensormodule

Zie tabel 1 voor een overzicht van de specificaties van de sensormodule.

Specificaties voor de implementatie van de CO sensor	
Meetbereik a:	0 - 200 <i>ppm</i>
detectie limiet:	<2 <i>ppm</i>
detectie resolutie:	2 <i>ppm</i>
responstijd:	< 3 minuut
Voed spanning:	min: 2,7V max: 3,3V
Maximaal vermogen:	1 mW
Output gevoeligheid:	1mV / <i>ppm</i>

2 De complete sensornode

De sensornode is gehele systeem. Hieronder vallen de sensoren met de nodige signaal verwerking, de omzetting van de analoge signalen naar het digitale domein, de compensatie van de signalen en het netwerk algoritme in de software van de Xmega. Zie figuur 1 voor een visueel overzicht van de sensornode.

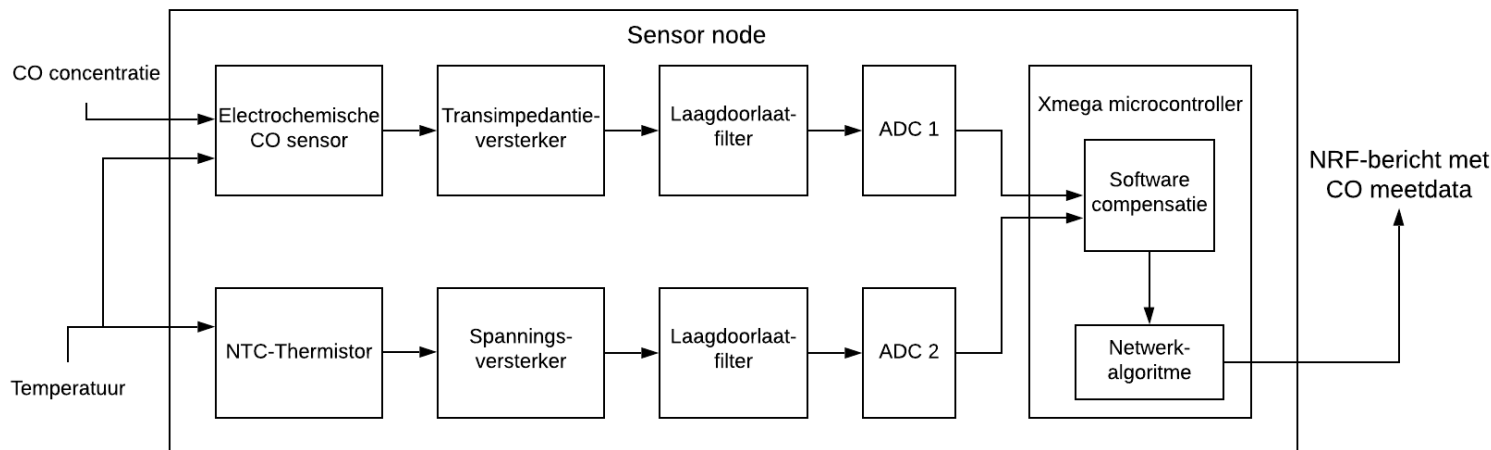


Fig 1. Blokdiagram van het complete systeem van de sensornode

3 Elektrochemische CO-sensor

In dit hoofdstuk wordt er besproken wat er nodig is om de elektrochemische CO-sensor te laten werken en wat de nodige signaalverwerking is om de sensor correct uit te kunnen lezen. Als elektrochemische CO-gassensor is er gekozen voor de *3SP_CO_1000 package 110-102*.

3.1 Potentiostat

De gekozen elektrochemische CO-gassensor heeft 3 elektroden: een *sensing elektrode* (SE), een *counter elektrode* (CE) en een *referentie elektrode* (RE) [1]. Kort samengevat: bij de SE vindt er een reactie met het doelgas (CO) plaats, bij de CE volgt een reactie op het resultaat van de reactie bij de SE en de RE zorgt ervoor dat er geen spanningsverschil ontstaat tijdens de reacties. Hiervoor moet de RE verbonden zijn met de SE. Om het spanningsverschil tussen de RE en de SE gelijk te houden is er een potentiostat schakeling nodig [1]. Afhankelijk van het type sensor is er een bepaalde bias-spanning nodig tussen de RE en de SE [2], in het geval van de *3SP_CO_1000 package 110-102* is deze 0V [1].

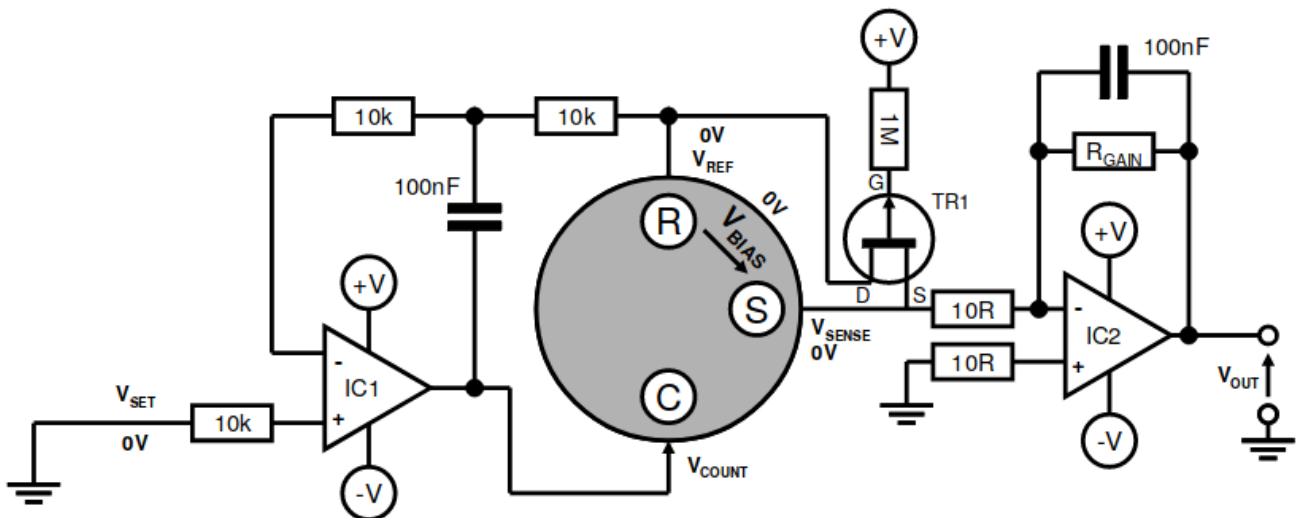


Fig 2. Voorbeeld van een een potetiostat schakeling met 0V bias spanning en een transimpedantieversterker [2]

OP-AMP IC1 behoudt het potentiaal van RE, V_{ref} en past het geschikte potentiaal V_{count} op CE om V_{ref} gelijk te houden aan V_{set} . Dit potentiaal zal veranderen omdat wanneer de CO-concentratie verandert omdat het stroom levert aan de CE om de outputstroom van de SE te balanceren. Om er voor te zorgen dat het potentiaalverschil zo nauwkeurig mogelijk bepaald kan worden door de potentiostat, moet er voor IC1 een OP-AMP met een lage offset spanning gekozen worden.

TR1 is een *p-channel FET*, deze zorgt ervoor dat het spanningsverschil tussen de RE en SE 0V blijft wanneer er geen voeding aanwezig is. Een lage spanning op de *gate* van de *FET* zorgt er voor dat deze gaat geleiden en daarvoor $V_{ref} = V_{set}$ blijft [2].

3.2 Transimpedantieversterker

De output van de elektrochemische CO-gassensor is een stroom. De waarde die van een ADC uitgelezen kan worden is afhankelijk van de spanning. De output zal dus moeten worden omgezet naar het spanningsdomein. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van een transimpedantieversterker. Voor IC2 moet er een OP-AMP worden gekozen met een zo laag mogelijke offset stroom en ingangsstroomruis.

3.3 Laagdoorlaatfilter

Om de ruis aan de uitgang te beperken is er een filter nodig. Aangezien de CO-concentratie niet heel veel veranderd over tijd, heeft het signaal een lage frequentie. Verder is het ook handig om de effecten van elektromagnetische interventie te beperken.

3.4 Simulaties

Om het gedrag van een elektrochemische sensor te simuleren moet er eerst een elektrisch equivalent model gemaakt worden, zie figuur 3. Echter zijn de

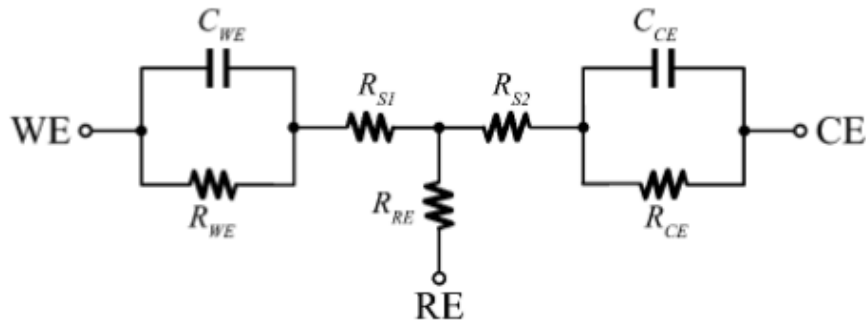


Fig 3. Het elektrisch equivalente model van een elektrochemische gassensor [3]

waardes voor het elektrisch equivalent model van de *3SP_CO_1000 package 110-102* niet terug te vinden in de datasheet. Hiervoor is er namens groep 5 een email gestuurd naar fabrikant, echter is hier nog niet op gereageerd waardoor er helaas geen simulaties uitgevoerd konden worden.

4 Thermometer

In dit hoofdstuk wordt er besproken hoe de temperatuur gemeten gaat worden en wat de nodige signaal verwerking is om deze correct uit te kunnen lezen.

4.1 NTC thermistor

Voor het meten van de temperatuur is er gekozen om een NTC thermistor te gebruiken. Een thermistor is een type halfgeleider waarbij de temperatuur een groter effect heeft op de weerstandswaarde dan bij "standaard" weerstanden, m.a.w. het heeft een groter (of juist kleiner in het geval van een negatief) temperatuurcoëfficiënt dan "standaard" weerstanden [4].

4.1.1 Niet lineair

De relatie tussen de weestandwaarde en de temperatuur is bij een NTC thermistor niet lineair, Zie figuur 4. Deze relatie kan omschreven worden met

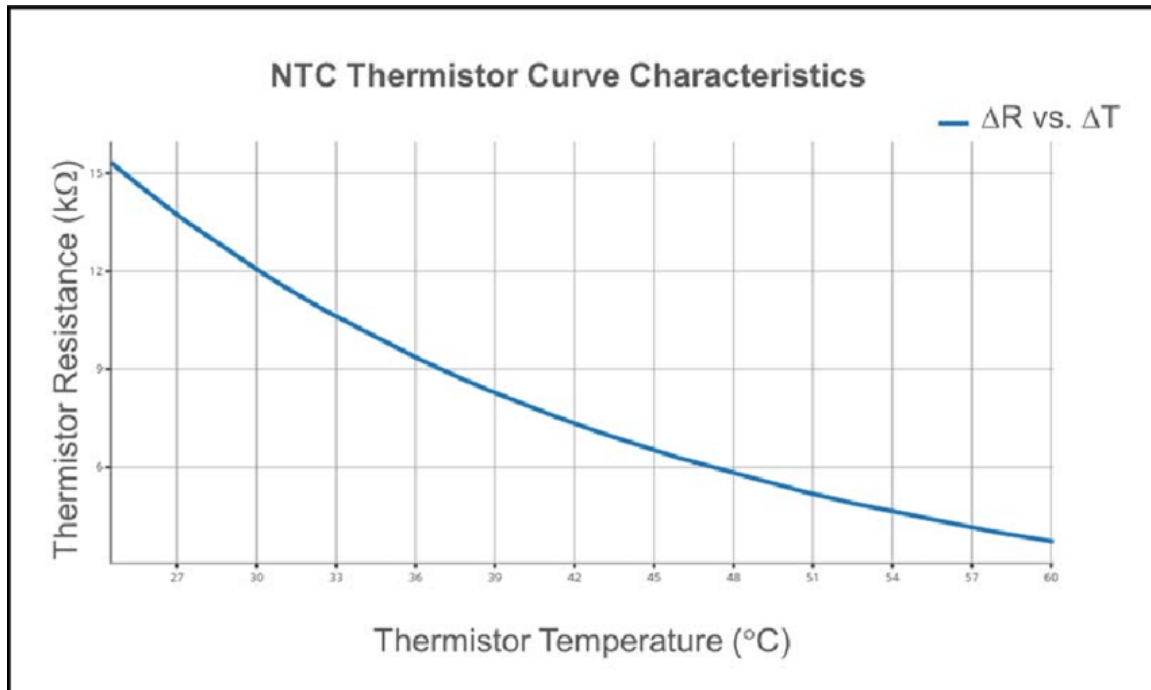


Fig 4. Een karakteristieke curve van een NTC thermistor
[5]

relatief complexe formules, het is dan ook belangrijk om deze meer lineair te maken om de NTC thermistor te kunnen gebruiken om de temperatuur mee uit te kunnen lezen. Door de thermistor parallel te schakelen met een andere weerstand verandert de curve in een "S-curve" met een omslagpunt. Bij dit omslagpunt is deze "S-curve" nagenoeg lineair en kan deze benaderd worden volgens de standaard functie $y = ax + b$ [6]. Zie figuur 5

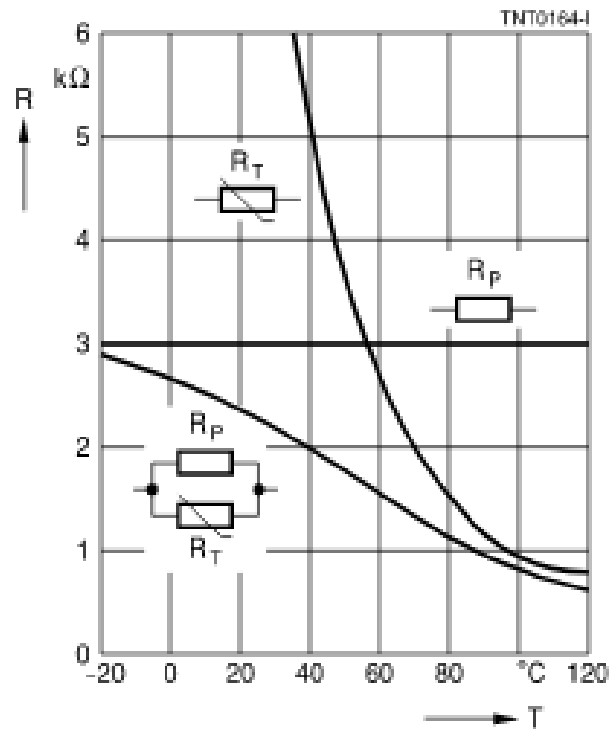


Fig 5. karakteristieke "S-curve" van NTC thermistor parallel geschakeld met een weerstand [6]
[5]

Het doel is om het omslagpunt van de "S-curve" bij de gebruikstemperatuur te krijgen, aangezien dit ontwerp zich richt op het gebruik in werkomgevingen zoals kantoren en universiteiten zal de gebruikstemperatuur in dit geval op kamertemperatuur liggen (293 $^{\circ}K$ of 20 $^{\circ}C$). Om dit te realiseren moet de juiste waarde van weerstand R_p gekozen worden. Deze kan op de volgende manier berekend worden:

$$[6]$$

$$R_p = R_T \frac{B-2T}{B+2T}$$

Hierbij is B de beta-waarde van de NTC thermistor (temperatuurcoëfficiënt), R_T de weerstandswaarde van de NTC thermistor op de gebruikstemperatuur en T de temperatuur in $^{\circ}K$.

4.2 Simulaties

Om de temperatuur uit te lezen rond de gebruikstemperatuur met een ADC wordt er gebruik gemaakt van een spanningsdeler. zie figuur 6

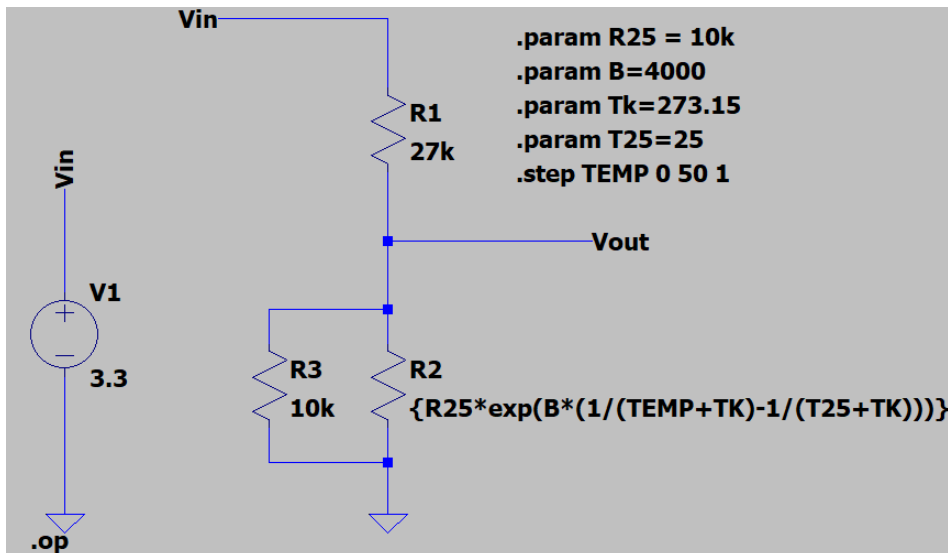


Fig 6. Schakeling voor het uitlezen van de temperatuur d.m.v. een thermistor

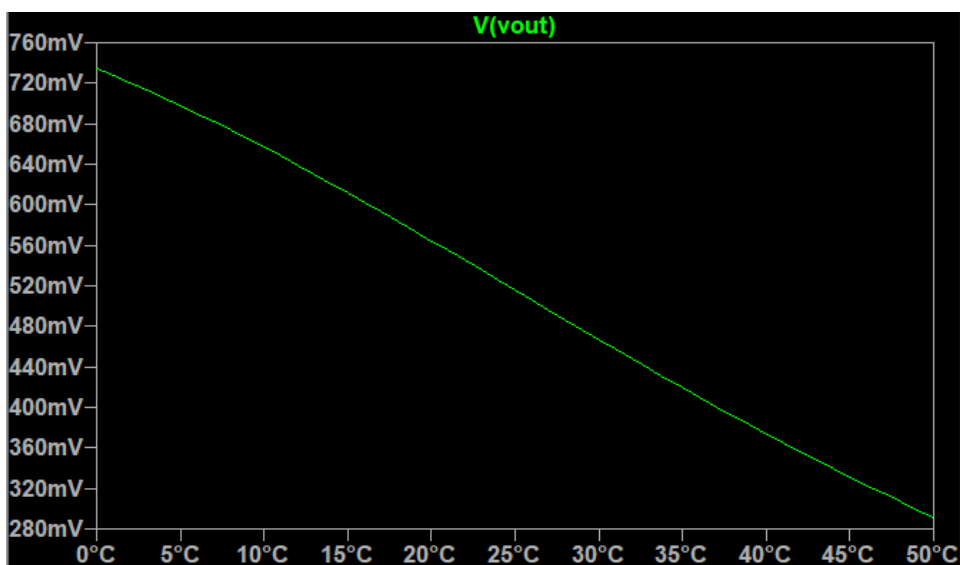


Fig 7. De uitgangsspanning rond de gebruikstemperatuur in relatie tot de temperatuur

Vervolgens kan de spanning uitgelezen worden met een ADC. Aangezien deze nagenoeg lineair, kan de temperatuur herleid worden van uit de spanning volgens de formule $y = ax + b$. Vervolgens kan deze informatie gebruikt worden om de fouten ter gevolgen van de temperatuursverandering van de CO-sensor te compenseren.

Bibliografie

- [1] SPEC SENSORS, april 2017 [bekeken in november 2019], [Datasheet], "3SP_CO_1000 package 110-102", Beschikbaar: https://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/04/3SP_CO_1000-P-Package-110-102.pdf
- [2] SGX SENSORTECH, juli 2016 [bekeken in november 2019], [Application Note], "Electrochemical Sensors Application Note 2Design of Electronics for Electrochemical Gas Sensors", Beschikbaar: https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/08/A1A-EC_SENSORS_AN2-Design-of-Electronics-for-EC-Sensors-V4.pdf
- [3] Mohammad Mahdi Ahmadi, juli 2009 [bekeken in december 2019], [Artikel], "Current-Mirror-Based Potentiostats for Three-Electrode Amperometric Electrochemical Sensors"
- [4] Omega Engineering Inc., augustus 2018 [bekeken in december 2019], [Online], "What is a Thermistor and how does it work?", Beschikbaar: <https://www.omega.com/en-us/resources/thermistor>
- [5] februari 2018 [bekeken in december 2019], [Online], "http://www.giangrandi.ch/electronics/ntc/ntc.shtml", Beschikbaar: <http://www.giangrandi.ch/electronics/ntc/ntc.shtml>
- [6] TDK, januari 2018 [bekeken in december 2019], [Application Note], "NTC thermistors application notes", Beschikbaar: <https://www.tdk-electronics.tdk.com/download/531110/5608e4b12153bb12af2808fbedc5a55b/pdf-applicationnotes.pdf>