

# Meetrapport: Meten aan de robot

EPO-2 D2

12 maart 2013

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
1.1	Abstract . . . . .	2
1.2	Theorie . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>3</b>
2.1	Benodigdheden . . . . .	3
2.2	Handelswijze . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Resultaten en Discussie</b>	<b>5</b>
3.1	Onbekende afstand . . . . .	6
3.2	Lineariteit . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conclusie</b>	<b>9</b>

# 1 | Inleiding

## 1.1 Abstract

In dit verslag zetten wij onze meetresultaten uiteen van de metingen die we verricht hebben bij het onderdeel "De robot-afstandsmeter". Er komt aan bod hoe we gemeten hebben, welke principes we gebruiken bij het verwerken van de resultaten en natuurlijk de resultaten en de verwerking daarvan zelf.

## 1.2 Theorie

Om een onbekende afstand op een traject te meten kan men gebruikmaken van de EPO-2 robot. Dit wordt gedaan door uit de gemiddelde snelheid van de robot en de tijd die hij er over doet om het traject af te leggen middels onderstaande vergelijking:

$$s = vt \quad (1.1)$$

Bij dit type metingen zijn dus twee variabelen aanwezig die bepaald moeten worden: de tijd die het duurt om het traject af te leggen en de gemiddelde snelheid van de robot. De verstreken tijd wordt gemeten door de FPGA-chip op de robot gedurende de meting. Deze wordt real-time weergegeven op een display op de robot in acht cijfers nauwkeurig. De snelheid is lastiger te bepalen. In dit geval wordt deze bepaald aan de hand van meerdere metingen over een bekende afstand. Aangezien de afstand die wordt afgelegd al bekend is kan men de snelheid bepalen aan de hand van de tijd die het duurt om van het ene naar het andere punt te rijden middels onderstaande vergelijking:

$$v = \frac{s}{t} \quad (1.2)$$

Om de invloed van eventuele toevallige meetfouten te minimaliseren kan meerdere malen gemeten worden waarna een nauwkeurig gemiddelde wordt bepaald. Ook is het interessant om te weten te komen in welke mate de prestaties van de robot lineair zijn; duurt het daadwerkelijk vijf keer zo lang om een vijf keer zo lange afstand af te leggen? Deze lineariteit kan bepaald worden door een aantal metingen over verschillende afstanden te doen en deze uit te zetten in een plot.

## 2 | Methode

### 2.1 Benodigdheden

De benodigdheden zijn als volgt:

- EPO-2 robot met de juiste programmatuur in de ROM van het FPGA bord
- Papier met kalibratielijnen en lijnen op onbekende afstand van elkaar
- Liniaal

### 2.2 Handelswijze

Eerst laat men de robot de kalibratieafstand tien keer meten. Dit wordt gedaan door de robot voor de eerste lijn op het kalibratiepapier (Figuur 2.1) te zetten en dan op de startknop (button 1) te drukken. Het is het beste om hierbij de voorkant van de robot tegen de grond te houden, anders komt de reflectiesensor te ver omhoog om de grond nog waar te kunnen nemen. De robot stopt vanzelf als hij de overkant heeft bereikt en geeft dan de verstreken tijd weer tussen het doorkruisen van de start- en eindlijn. Het aflezen gaat in 2 stappen; de robot weergeeft eerst de eerste vier cijfers en dan de laatste vier cijfers, op deze manier: *XX.XXYYYY*. Of de robot de eerste set of tweede set cijfers weergeeft is te zien aan het al dan niet ontbreken van een decimale punt.



Figuur 2.1: De test sheets

De robot die wij hebben gebruikt had een afwijking naar links. Hij maakte een cirkel met een straal tussen de 0.8 en 1 meter, als de afstand die gemeten moet worden vrij lang is moet de robot dus op zodanige wijze voor de eerste lijn gepositioneerd worden dat hij goed uit komt op de tweede.

Na de kalibratie, waaruit de gemiddelde snelheid van de robot kan worden bepaald middels  $v = \frac{s}{t}$ , kunnen de overige metingen met onbekende afstanden worden uitgevoerd zoals beschreven in de handleiding. Aan de hand van die resultaten kunnen de onbekende afstanden bepaald worden met  $s = vt$ . Elke meting zou zo'n tien maal gedaan kunnen worden voor een nauwkeuriger eindresultaat.

### 3 | Resultaten en Discussie

Er zijn vier verschillende metingen verricht, kalibratiemeting, onbekende afstandsmeting en de lineariteitsmeting. In dit hoofdstuk zijn alle meetresultaten weergegeven en geanalyseerd. Van alle meetresultaten is het gemiddelde genomen, doormiddel van deze formule:

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

Hier is  $x_i$  een meetresultaat en  $n$  is het aantal metingen. Daarnaast is de onzekerheid van de metingen berekend. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_a)^2}{n(n-1)}} \quad (3.2)$$

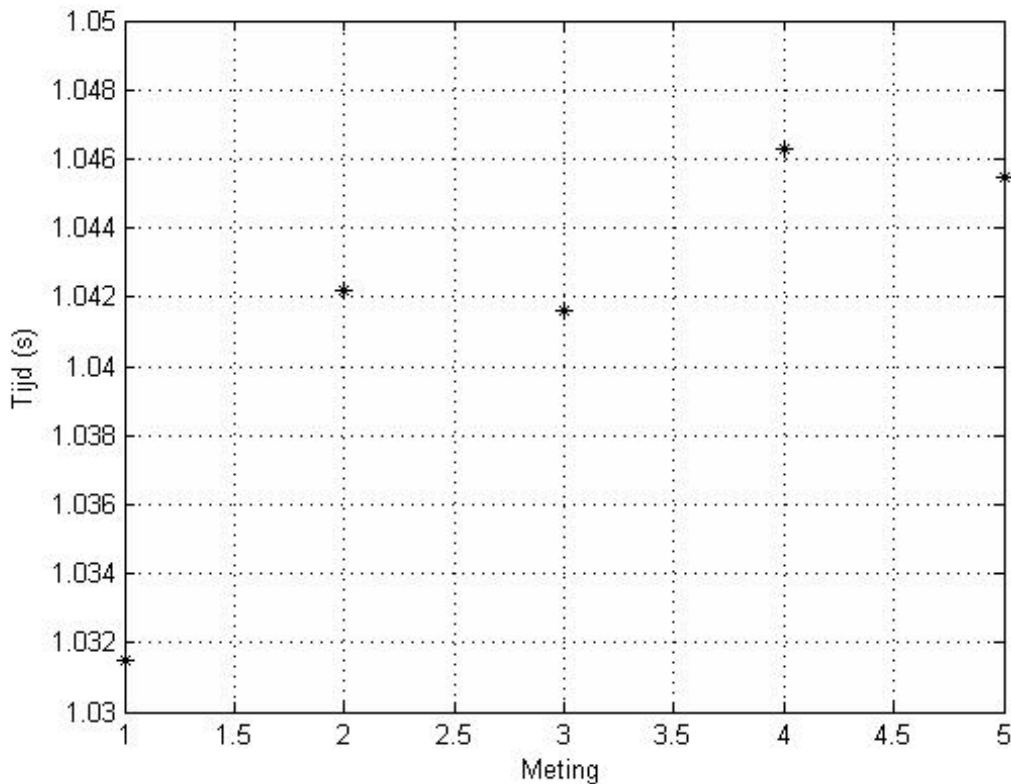
$x_a$  is hier het gemiddelde van de meting.

#### Kalibratie

Hieronder zijn de meetresultaten van de kalibratiemeting te zien. De meetresultaten zijn vrij constant, en dus is de onzekerheid vrij laag. De onzekerheid van de tijdsmeting is vastgesteld op 0.003 seconden, waaruit blijkt dat de meting erg accuraat is. De onzekerheid van de snelheid wordt dan 0.025 cm/s. De gemiddelde snelheid is ongeveer 9.6 cm/s.

	Kalibratie 10 cm
Meting 1 (s)	1.031
Meting 2 (s)	1.042
Meting 3 (s)	1.042
Meting 4 (s)	1.046
Meting 5 (s)	1.045
Gemiddelde (s)	1.041
Gemiddelde snelheid (cm/s)	9.602
Onzekerheid tijd (s)	0.003
Onzekerheid snelheid (cm/s)	0.025

Tabel 3.1: TODO caption



Figuur 3.1: TODO Caption

Hierboven zijn de meetresultaten van de kalibratiemeting in een diagram gezet. Hier zijn goed de verschillen tussen de metingen te zien. De metingen liggen redelijk dicht bij elkaar, en dus is de kwaliteit van deze meting erg hoog.

### 3.1 Onbekende afstand

Hieronder zijn de meetresultaten te zien van de onbekende afstandsmeting. Om de snelheid te kunnen bepalen moet er een afstand bekend zijn. Deze afstand is gemeten en deze is 23.4 cm. De onzekerheid van de tijdsmeting is vastgesteld op 0.005 seconden, en dus is de meting erg nauwkeurig. Deze meting is zoals verwacht vanwege de langere afstand iets minder accuraat als de kalibratiemeting. De onzekerheid van de snelheid is vastgesteld op 0.007 cm/s, en dus is ook deze waarde erg nauwkeurig. De snelheid is zoals verwacht ongeveer gelijk als bij de kalibratiemeting.

### 3.2 Lineariteit

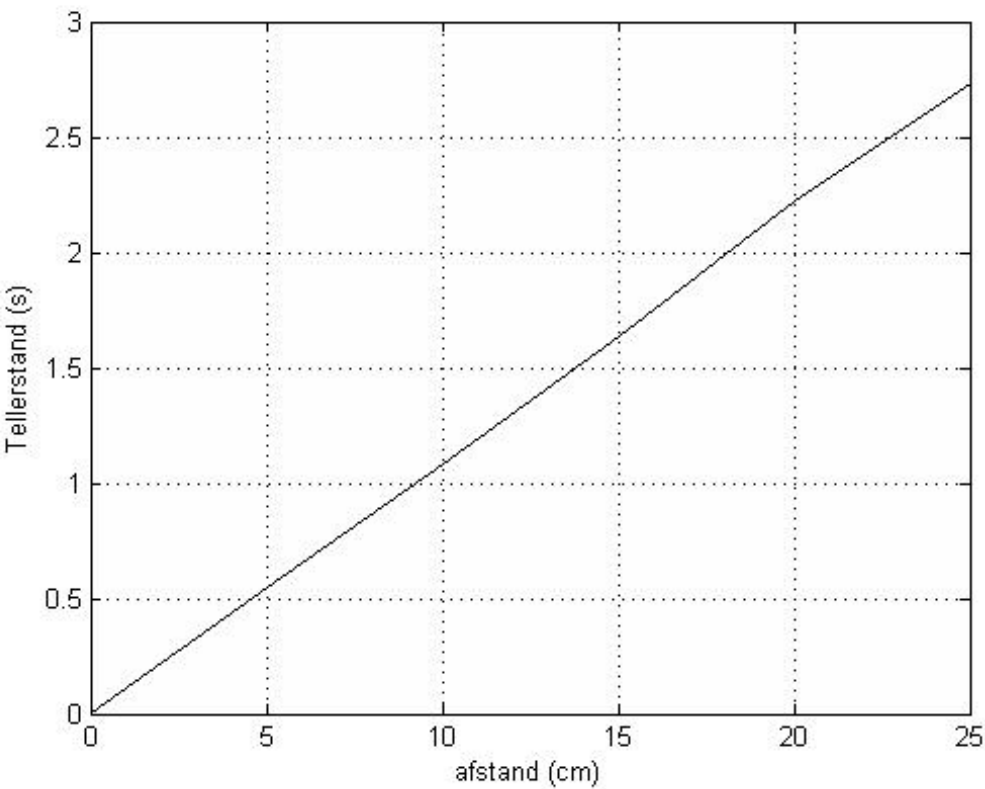
Hieronder zijn de meetresultaten te zien van de lineariteitsmeting. Doormiddel van de meetresultaten en de afstand is de gemiddelde snelheid uitgerekend. Zoals in de tabel te zien is blijft de gemiddelde snelheid redelijk constant. Dit betekent dat de afstandsmeter van de robot redelijk lineair is. De snelheid is ook ongeveer gelijk als bij de kalibratiemeting. Onder de tabel en op de volgende pagina zijn deze gegevens in diagrammen gezet, waardoor de afwijkingen in lineariteit nog beter te zien zijn.

	Onbekende afstand 23.4 cm
Meting 1 (s)	2.526
Meting 2 (s)	2.531
Meting 3 (s)	2.515
Meting 4 (s)	2.518
Meting 5 (s)	2.522
Gemiddelde (s)	2.523
Gemiddelde snelheid (cm/s)	9.276
Onzekerheid tijd (s)	0.005
Onzekerheid snelheid (cm/s)	0.007

Tabel 3.2: TODO caption

	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Meting 1 (s)	0.542	1.092	1.638	2.218	2.728
Meting 2 (s)	0.550	1.086	1.636	2.237	2.747
Meting 3 (s)	0.547	1.089	1.627	2.210	2.728
Meting 4 (s)	0.548	1.081	1.634	2.218	2.724
Meting 5 (s)	0.542	1.081	1.658	2.233	2.733
Gemiddelde (s)	0.546	1.086	1.638	2.223	2.732
Gemiddelde snelheid (cm/s)	9.164	9.211	9.155	8.996	9.151
Onzekerheid tijd (s)	0.002	0.002	0.005	0.005	0.004
Onzekerheid snelheid (cm/s)	0.055	0.018	0.019	0.10	0.005

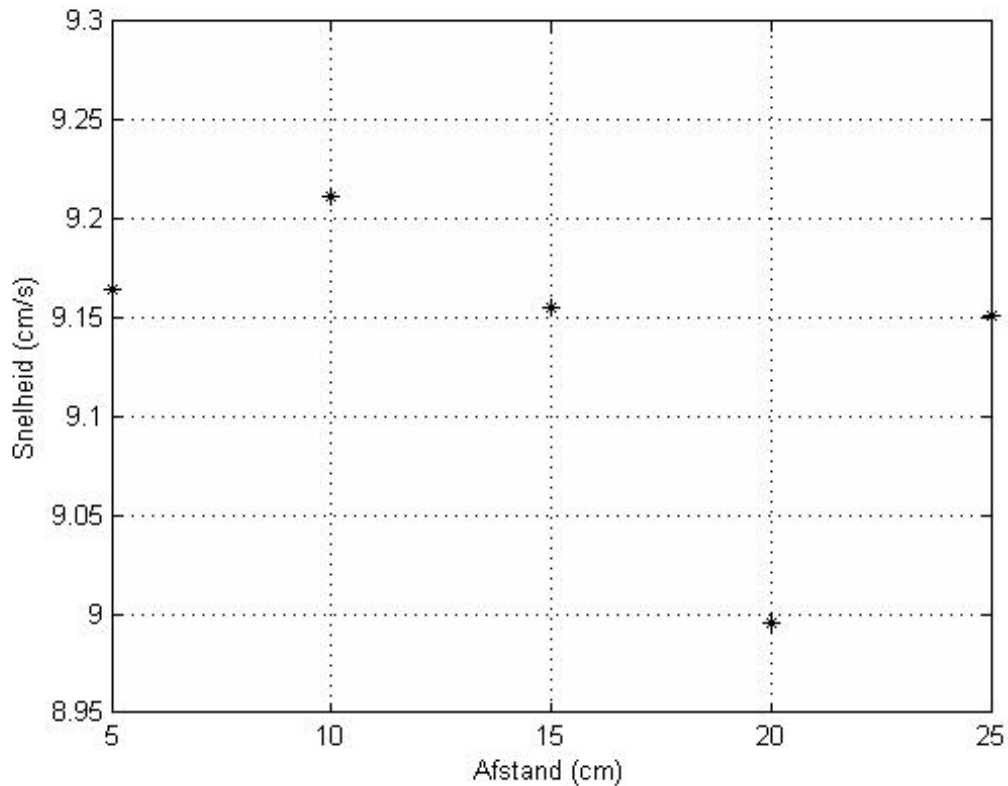
Tabel 3.3: TODO caption



Figuur 3.2: TODO Caption



In de bovenstaande grafiek is de afstand afgezet tegen de tellerstand van de robot. De lijn is bijna recht, dus de afstandsmeter van de robot is ook bijna lineair, en dus is de snelheid onafhankelijk van de afstand. Op de volgende pagina zet ik de afstand af tegen de snelheid, waardoor de afwijkingen in lineariteit beter te zien zijn.



Figuur 3.3: TODO Caption

In de bovenstaande grafiek is de afstand afgezet tegen de snelheid. Hier zijn goed de afwijkingen in lineariteit van de afstandsmeter te zien. De snelheid blijft tussen de 9.22 en de 8.99, dus de snelheid is vrij constant. De afstandsmeter van de robot is dus behoorlijk lineair. De kleine afwijkingen kunnen ook liggen aan de vele andere factoren die de meting beïnvloeden. De robot rijdt bijvoorbeeld in een bocht met een radius van 80 cm. Daarnaast is de robot misschien niet altijd loodrecht ten opzichte van de startlijn gestart, waardoor de meting wordt beïnvloed.

## 4 | Conclusie

Het meetresultaat van dit meetrappport is goed te gebruiken in de rest van ons project. Dit is mede te danken aan de hoge kwaliteit van de meetresultaten. De onzekerheid en de afwijkingen zijn erg klein bij alle metingen die zijn verricht. De gemiddelde snelheid van de robot is ongeveer 9,6 cm/s. Bij de lineariteitsmeting was de gemiddelde snelheid vrijwel onafhankelijk van de afstand, en dus is de afstandsmeter van de robot erg lineair. Tijdens het rijden maakt de robot een bocht met een radius van ongeveer 80 cm. Hiermee moet rekening gehouden worden bij het programmeren van de robot. Het feit dat de afstandsmeter van de robot erg lineair is, is een gunstige conclusie voor ons project.