

Line-following Robot

Tom LIERMAN
Matthias ALLEMAN

Begeleiders: Guus Leenders
Stijn Crul
Carine Naessens
Liesbet Van der Perre

Bachelorproef ingediend tot het behalen van
de graad van Bachelor of Science in de
industriële wetenschappen: Industriële
Wetenschappen: Elektronica-ICT Elektronica

Coach: Kevin Verniers

©Copyright KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotor(en) als de auteur(s) is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen i.v.m. het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, kan u zich richten tot KU Leuven Technologicampus Gent, Gebroeders De Smetstraat 1, B-9000 Gent, +32 92 65 86 10 of via e-mail iiw.gent@kuleuven.be.

Voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotor(en) is eveneens vereist voor het aanwenden van de in deze masterproef beschreven (originele) methoden, producten, schakelingen en programma's voor industrieel of commercieel nut en voor de inzending van deze publicatie ter deelname aan wetenschappelijke prijzen of wedstrijden.

Dankwoord

Dank aan mezelf
Dank aan een ander

Inhoudsopgave

1	Opdrachtbeschrijving	1
1.1	Hardware	1
1.2	Software	2
2	Onkosten	3
3	Vormgeving van de Robot	4
4	Hardware	7
4.1	Tussenstuk	7
4.2	Arduino	8
4.2.1	Arduino RFID	8
4.2.2	Arduino Motor	9
5	Software	10
6	Moeilijkheden	11
7	Coach	12
8	Besluit	13
A	Beschrijving van deze masterproef in de vorm van een wetenschappelijk artikel	14
B	Poster	15

Lijst van figuren

1.1	Motorshield gecombineerd met een Arduino.	2
3.1	Arm voor 3 sensoren.	5
3.2	Finale arm voor de sensoren	5
4.1	Routing van de PCB die als verlengstuk dient.	8
4.2	De gebruikte Bluetooth-module, ingeplugd op de verlengPCB.	8
4.3	Gebruikte RFID-reader MRFC522.	9

Lijst van tabellen

2.1	Tabel met aankopen en hun prijs.	3
-----	--	---

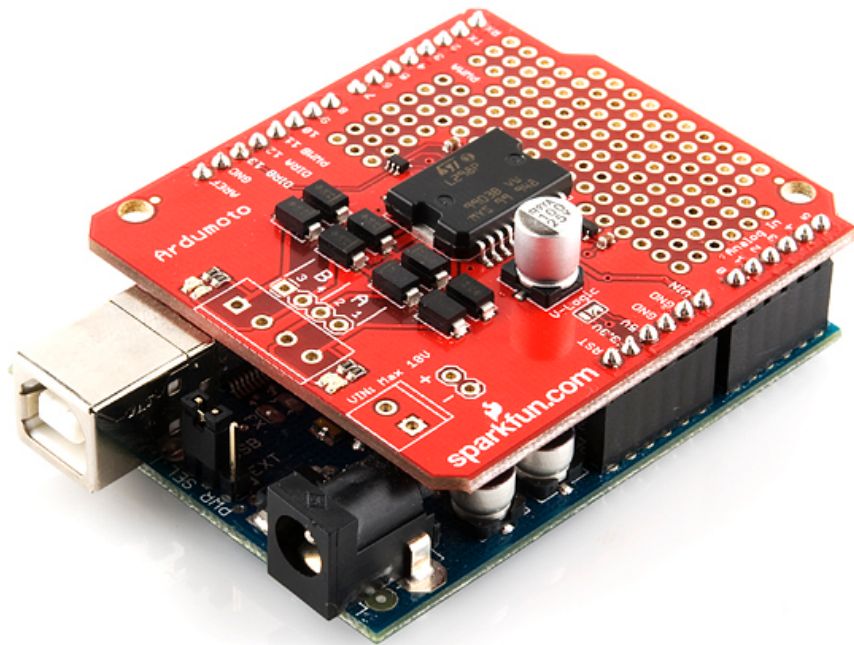
Hoofdstuk 1

Opdrachtbeschrijving

De opdracht bestaat eruit om een line-following robot te maken. Deze robot wijkt enigszins af van de klassieke line-follower aangezien de parcours die wij moesten kunnen afleggen, bestonden uit 2 volle buitenlijnen en een gestreepte middellijn, waardoor we niet zo maar de middellijn konden volgen. De onderbrekingen maakten een algoritme tot het volgen ervan zeer ingewikkeld en onvoorspelbaar. We kregen op voorhand 3 verschillende circuits die de robot autonoom zou moeten afleggen terwijl hij simultaan andere taken uitvoert zoals snelheden registreren en doorsturen of RFID-tags uitlezen en doorsturen. De breedte van de baan is ongeveer twee keer de breedte van de auto. We kregen een basispakket vanwaar we konden vertrekken dewelke bestond uit het chassis van de robot, 2 motoren, een batterij, een ArduMoto shield en 2 Arduino Uno's. We kregen ook een 3D-printer ter beschikking om 3D-onderdelen te printen die we nodig hadden om sensoren te bevestigen en dergelijke. Verder kregen we ook nog een budget van 50 euro van de school om ons te voorzien van de nodige componenten. De opdracht bestaat zowel uit het bedenken en ontwerpen van de nodige hardware als het schrijven van de nodige software zodat de robot de 3 verschillende circuits autonoom kan afleggen.

1.1 Hardware

Voor het ontwikkelen van de Software konden we beroep doen op een Arduino Uno van..... en een Motorshield van Sparkfun, zoals te zien in Figuur 1.1, maar voor de uiteindelijke opdracht moesten we natuurlijk gebruik maken van printplaten die we zelf vervaardigd hadden. Aan de hand van een schema van de Arduino Uno, dat we konden downloaden van het internet, konden we onze eigen PCB ontwerpen waarbij we alle niet-noodzakelijke componenten weglieten en de L298 Chip toevoegden voor de aansturing van de motoren. Voor de sensoren, Bluetooth-module en RFID-reader waren we vrij om te kiezen welke we kochten of deze zelf maakten.



Figuur 1.1: Motorshield gecombineerd met een Arduino.

1.2 Software

Het tweede onderdeel van de opdracht bestond erin om de Arduino (en dus later ook onze eigen PCB) dusdanig te programmeren dat hij autonoom verschillende circuits kon afleggen in een zo kort mogelijke tijd. Er werd ons aangeraden te werken met een PID-regeling om een zo stabiel mogelijke robot te verkrijgen. Tijdens het afleggen van het circuit, moest de robot in staat zijn om zijn snelheid te meten, RFID-tags uit te lezen en van beide, de data , via Bluetooth, door te sturen naar een Raspberry Pi.

Hoofdstuk 2

Onkosten

In dit hoofdstuk maken we een oplijsting van de gemaakte kosten voor ons project. Alle basis-componenten die we nodig hadden voor de ArduMoto en Arduino werden sowieso al voorzien voor ons en moesten we dus niet opnemen in deze onkosten tabel. In Tabel 2.1 vermelden we enkel de componenten die we extra aangekocht hebben voor ons project. Zoals we reeds vermeld hebben in hoofdstuk 1 konden we ook vrij gebruik maken van een 3D-printer waarvan we deze kosten niet in rekening brengen. We hebben dus slechts drie verschillende zaken aangekocht, namelijk een bluetooth-module, een RFID-module en 10 line-following sensors, zoals u in onderstaande tabel kan zien.

Tabel 2.1: Tabel met aankopen en hun prijs.

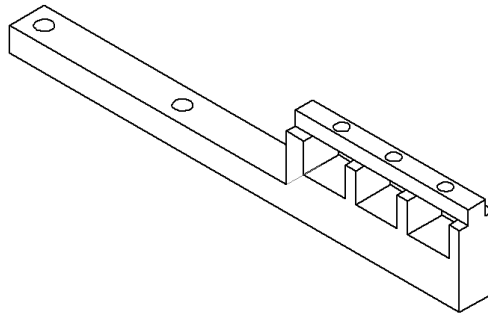
Beschrijving aankoop	Prijs (in euro)
HCO5 (Bluetooth module)	5.37
MRFC522 (RFID Reader)	4.15
10x Line-following Sensors	2.16
Totaal:	11.68

Hoofdstuk 3

Vormgeving van de Robot

Alvorens aan te vangen met het schrijven van de software en het ontwerpen van de PCB hebben we onderzocht hoe de ideale robot er zou moeten uitzien om het parcours foutloos en zo snel mogelijk te kunnen afleggen. Een eerste keuze die we moesten maken was of we het losse wielje vooraan of achteraan wilden plaatsen. We bekeken beide situaties en besloten dat het losse wielje vooraan de beste oplossing was aangezien de sensoren zich dan op een grotere afstand bevinden van de stuurwielen. De lange arm zorgt er voor, dat de kleinste fout reeds tot uiting komt en de wielen dus sneller correcties kunnen uitvoeren zodat de fout minimaal blijft. Ook bij de keuze van de geschikte arm zal blijken dat we de afstand tussen de stuurwielen en de sensoren trachten te maximaliseren.

We hadden als oorspronkelijk doel om onze robot autonoom de circuits te laten rijden met behulp van 1 arm van 13 cm waarop 3 sensoren bevestigd zijn zoals te zien in Figuur 3.1. We hebben dan ook zo snel mogelijk deze arm ontworpen en geprint met de 3D-printer zodat wij onmiddellijk konden beginnen met het ontwerpen van de software en het afstellen van de motorren en de sensoren met behulp van PID waarden. Nadat we deze arm aan de rechterkant hadden bevestigd, ging het allemaal vrij snel en hadden we in een mum van tijd een robot die het 1e circuit, het ovale, vloeiend kon afleggen zonder van het parcours te komen. De arm stond 90° gedraaid ten opzichte van de langsas van onze Robot waardoor we de afstand tussen de stuurwielen en de sensoren niet konden maximaliseren. Nadat we de arm onder een hoek van ongeveer 30° ten opzichte van de langsas van de robot geplaatst hadden, merkten we een grote prestatieverbetering op en konden we de snelheid opdrijven.

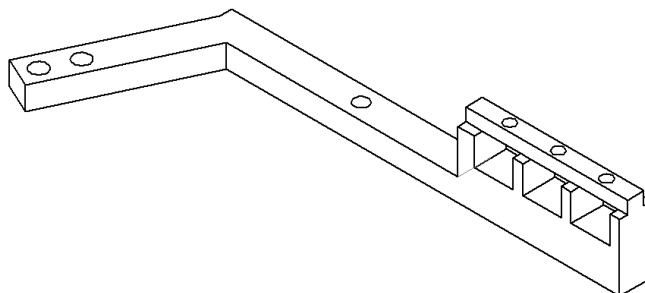


Figuur 3.1: Arm voor 3 sensoren.

Ons ontwerp was momenteel enkel nog maar in staat om bochten te nemen in 1 richting, namelijk tegenwijzerzin, wanneer we de buitenbochten volgden. We begrepen dat ons ontwerp nog niet voldeed om de ingewikkeldere circuits af te leggen waarbij er zowel bochten naar links als naar rechts zouden voorkomen. We hebben vervolgens onderzoek gedaan om de optimale arm te ontwerpen.

De 2e arm die we ontwikkelden kon plaats bieden aan 5 sensoren en moest onder eenzelfde hoek geplaatst worden als de bovenstaande arm. We ondervonden echter dat de 2 extra sensoren geen meerwaarde konden bieden aangezien we geen extra foutsituaties konden definiëren in onze software omdat de arm niet buiten het circuit mocht komen.

Ons laatste ontwerp bestond uit 2 armen, die elkaars spiegelbeeld zijn en waarbij de top van de arm opnieuw een hoek van 30° maakt met de langsas van de robot. Ons doel was dat de armen van de robot zich zo dicht mogelijk bij de buitenlijnen van het circuit bevonden zodat wanneer de robot afwijkt van de lijn, dit niet zou resulteren in een te grote afwijking van zijn richting. Daarom bezit de arm eerst nog een stuk van 5 cm in de dwarsrichting van de robot zodat, wanneer de ene arm van de robot zich op de lijn bevindt, de andere arm zich op maximaal 2 cm van de andere buitenlijn bevindt. Deze armen bleken voor ons project optimaal en gebruikten we dan ook in ons eindontwerp.



Figuur 3.2: Finale arm voor de sensoren

We ontwierpen verder ook nog een houdertje voor de RFID-reader zodat deze zich net voor het losse wiel zou bevinden. Dit is de plaats waar het wagentje met grootste zekerheid zich boven de lijn, en dus ook de RFID-tag, begeeft en dit ook in de bochten.

Om de snelheid van onze robot te meten, maakten we gebruik van eenzelfde infrarood sensor als de sensoren voor het registreren van de witte lijn. We printten een zwart schijfje met de 3D-printer en maakten een spie van de schijf wit zodat de sensor het wit kon waarnemen en op die manier telkens een rotatie van het wiel kon registreren. De sensor zelf hebben we subtiel met een klein houdertje bevestigd onder de robot.

Als laatste gaven we de robot nog vorm met 2 verlengstukjes om een extra printplaat, voor extra connecties, te bevestigen en een houder voor de batterij, zodat we deze onderaan konden bevestigen en deze niet meer in de weg zou liggen.

Voor de vormgeving hebben we dus rijkelijk gebruik gemaakt van de 3D-printer waardoor we alles konden bevestigen op de exacte plaats waar we het wilden waardoor het wagentje er afgewerkt uitziet.

Hoofdstuk 4

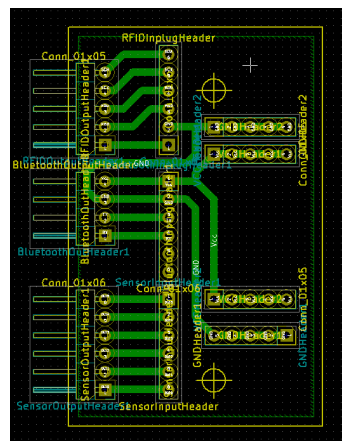
Hardware

Voor onze robot maken we gebruik van 3 zelfgemaakte PCB/s. Twee ervan zijn de combinatie van de Motorshield en de Arduino/Atmega en de andere is een printplaat om de bekabeling te reduceren.

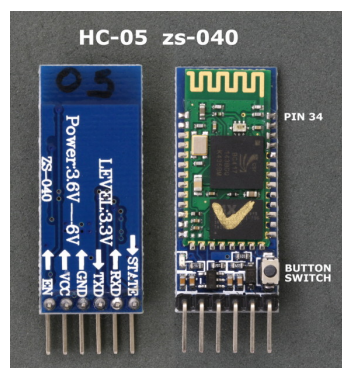
4.1 Tussenstuk

We maken gebruik van een tussenstukje, zodat alle line-following sensors naar hetzelfde printplaatje gaan en dit printplaatje dan enkel met 1 voeding en 1 ground moet verbonden worden. De uitgangssignalen worden hier gewoon doorgegeven naar de Atmega. We hebben op dit printplaatje ook de mogelijkheid voorzien om de Bluetooth-module en de RFID-reader aan te sluiten. We hebben nadien ontdekt dat de RFID-reader niet echt kon aangesloten worden op dit printplaatje, om de simpele reden dat het gebruik maakt van dezelfde pinnen die we nodig hebben voor de motoraansturing. Dit leggen we later nog uitgebreider uit.

We hebben dus 10 5V-aansluitingen voorzien, 10 GND-aansluitingen, de outputs van de sensors die doorgestuurd kunnen worden, de pinnen nodig voor de Bluetooth-module (Key, Vcc, GND, TXD, RXD en State) en de signalen nodig voor de RFID-reader, maar dit wordt niet gebruikt. Niet alle zes de uitgangen van de Bluetooth-module moeten worden doorgestuurd naar onze atmega, deze vereenvoudiging vindt ook plaats op deze PCB. Enkel de signalen Vcc, GND, TXD en RXD worden van een uitgang voorzien. Deze uitgangen worden dus doorverbonden met de Atmega. De Vcc en de GND aan deze uitgang zorgen dus ook voor de voeding van de volledige PCB. We maken gebruik van de HC05 Bluetooth-module, een foto van de module wordt weergegeven in afbeelding 4.2.



Figuur 4.1: Routing van de PCB die als verlengstuk dient.



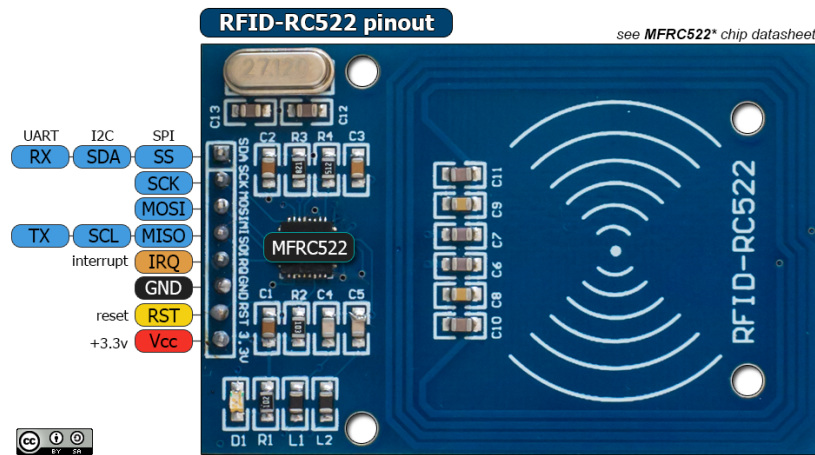
Figuur 4.2: De gebruikte Bluetooth-module, ingeplugd op de verlengPCB.

4.2 Ardumoto

4.2.1 Ardumoto RFID

De tweede printplaat die we gebruiken is eigenlijk ook de volledige combinatie van de atmega en de motorshield, maar we gebruiken enkel de atmega. Deze PCB zorgt voor de aansturing van de RFID-reader. We hebben een tweede atmega nodig omdat de RFID-reader volgende signalen nodig heeft om correct aangestuurd te worden: SS/RX, SCK, MOSI, MISO/TX, IRQ, GND, RST, Vcc. 3 van deze pinnen worden ook gebruikt voor de motoraansturing. SCK is namelijk dezelfde pin als die voor de aansturing van de richting van motor B. MOSI is dezelfde pin als die voor de aansturing van de snelheid van motor B. En de laatste overeenkomstige pin is die van MISO, dit is namelijk dezelfde pin als de aansturing van de richting van motor A. Over deze signalen kunnen er geen twee signalen tegelijkertijd worden over gestuurd. We konden ook eventueel gebruik maken van het I^2C principe, in plaats van ISP. Door I^2C te gebruiken gingen we geen pinnen nodig hebben die we al gebruikt hadden en dus ook geen tweede PCB, maar we waren toen al beter aan een wat verbeterde versie van de PCB waardoor we dus toch twee werkende PCB/s gingen hebben. We hadden ook al een werkende code voor de RFID gebaseerd op het ISP protocol. We hebben gebruik gemaakt van een RFID-reader-

module, nl. de MRFC522, deze module wordt weergegeven in figuur 4.3. Om een RFID uit te lezen moet de reader op ≈ 1 cm passeren boven de tag. Dit probleem hebben we opgelost door een stukje te laten printen die we vastvlijzen aan het wagentje.



Figuur 4.3: Gebruikte RFID-reader MRFC522.

4.2.2 Ardumoto Motor

Deze PCB dient voor de aansturing van de motoren en ook het doorsturen van de signalen naar de Raspberry Pi via de Bluetooth module. Er waren nog enkele fouten gekropen in het PCB-design. Enkele footprints waren aan de kleine kant, terwijl we dachten na de eerste keer we ze wat aangepast hadden. Maar de grootste fout die erin zat was dat we een ingang van de L298 (de IC verantwoordelijk voor de motoraansturing) vergeten te verbinden waren met het PWRIN signaal.

Als basis van ons schema hebben we gebruik gemaakt van een Arduino Uno. Om te beginnen konden we de USB interface voor de aansluiting van een USB-kabel weglaten. (FOTO USB) Dit konden we weglaten doordat we gebruik gingen maken van de ICSP-pinnen mbv. een andere Arduino. We hebben ook bewust alle LED's weggelaten omdat we dit niet echt nodig hebben en dit onze arduino groter zou maken dan strikt nodig. We hebben ook de labels veranderd van het standaardschema naar wat meer betekenisvolle namen zoals bijvoorbeeld MISO vervangen door DIR A. (FOTO ATMEGA) R8 bijvoorbeeld hebben we ook weggelaten, deze weerstand wordt vaak gebruikt om een brugje te creëren om baantjes te kunnen ondertrekken. Pinnen 27 en 28 hebben we niet nodig, dus mogen we de condensator hier rond ook verwijderen. De jumper hebben we weggelaten omdat we die niet nodig achtten.

Hoofdstuk 5

Software

In het vorig hoofdstuk hebben we naar deze tekst verwezen.

Hoofdstuk 6

Moeilijkheden

In het vorig hoofdstuk hebben we naar deze tekst verwezen.

Hoofdstuk 7

Coach

Dit jaar was het de eerste keer dat alle teams een persoonlijke coach werden toegekend. Tijdens de projectweek moesten we onze zwakke punten opgeven. Naar gelang deze zwakke punten hebben we een persoonlijke begeleider gekregen, in ons geval Kevin. Wij hadden vooraf vooral schrik voor het PCB-design en het kunnen verklaren van het al dan niet weglaten van bepaalde componenten en het waarom daarvan. Kevin stond altijd klaar om op onze vragen te antwoorden en als het nodig was ons te helpen zoeken naar het probleem. Dit hadden we vooral nodig voor het installeren van de Ardumoto voor de motoraansturing. Er zaten enkele foutjes in. Kevin ontzag het niet om enkele uren te helpen zoeken naar de fout in de PCB, die we na lang zoeken dan eindelijk gevonden hebben. Kortom, voor ons was een persoonlijke coach een zeer goede ervaring. We konden altijd terecht bij de hoofdbegeleiders Guus en Stijn, maar het was altijd handig om bij meer specifieke vragen te kunnen vragen aan Kevin.

Hoofdstuk 8

Besluit

In het vorig hoofdstuk hebben we naar deze tekst verwezen.

Bijlage A

Beschrijving van deze masterproef in de vorm van een wetenschappelijk artikel

Bijlage B

Poster

FACULTEIT INDUSTRIELE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
TECHNOLOGIECAMPUS GENT
Gebroeders De Smetstraat 1
9000 GENT, België
tel. + 32 92 65 86 10
fax + 32 92 25 62 69
iiw.gent@kuleuven.be
www.iw.kuleuven.be



LID VAN **ASSOCIATIE
KU LEUVEN**