

# Smart city

## Probleemoplossen en Ontwerpen Deel 2

**Groep 6**

Barbier Jolien, Bossuyt Mathis, De Meester Sarah,  
Demuyneck Dieter en Jans Rani  
o.l.v. Boussé Martijn, Maveau Benjamin en Truyaert Kevin

Academiejaar 2020 – 2021

---

# Inhoudsopgave

1	Klantenvereisten . . . . .	3
2	Hardwareontwerp . . . . .	3
	2.1 Ontwerpspecificaties . . . . .	3
	2.2 Ontwerpskeuze . . . . .	4
	2.3 Assemblage . . . . .	7
	2.4 Implementatie . . . . .	7
	2.5 Assemblage . . . . .	7
3	Softwareontwerp . . . . .	7
	3.1 Experimenten . . . . .	8
	3.2 Definitieve programma's . . . . .	9
4	Het verloop van het project . . . . .	9
5	Besluit . . . . .	9
6	Bijlagen . . . . .	10

# Inleiding

Wat houdt het project in? Het zelfrijdend autootje moet in staat zijn zich volgens een voorgeprogrammeerde route door een modelstad te bewegen. Dit is het idee van de ‘Smart City’. ‘Smart city’, ook wel ‘Slimme Stad’ genoemd, is een stad waarbij informatietechnologie gebruikt wordt om de stad te beheren en te besturen [11]. Doorheen deze route, zal de auto verschillende obstakels tegenkomen. De bedoeling is dat deze worden herkend en dat er een bijpassende actie wordt uitgevoerd. Hoe dit kan worden geïmplementeerd zal aan bod komen in dit verslag. Het ontwerpproces wordt uitvoerig uitgelegd. Hierin wordt het aanschaffen van onderdelen en de vereisten toegelicht. Wat is het doel van dit project? Deze opdracht leert je actief aan de slag gaan al werkend in teamverband. Een volledig ontwerpproces moet zelf worden uitgestippeld rekening houdend met deadlines en met focus op het eindresultaat. Deze opdracht steunt op alle vakken van het eerste jaar ingenieurswetenschappen: werken in teamverband, omgaan met geld, technisch en praktisch aan de slag gaan. Nu wat is de maatschappelijke relevantie van een zelfrijdende auto?

## 1 Klantenvereisten

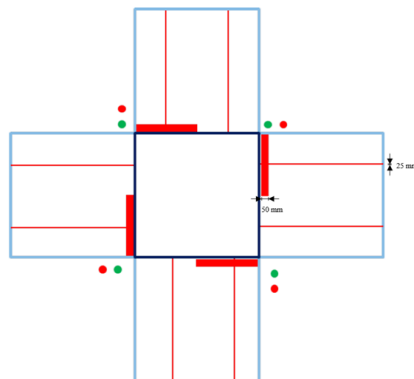
De klant wil dat de auto op een parcours lijnen kan volgen en stoppen aan een stoplijn. Een verkeerslicht moet ook kunnen geïnterpreteerd worden. Het autootje moet ook andere wagens kunnen detecteren en stoppen als deze te dicht komt om aanrijdingen te vermijden.

## 2 Hardwareontwerp

### 2.1 Ontwerpspecificaties

De modelstad bestaat uit enkele straten en kruispunten. De straten zijn telkens 1 meter lang. Op het parcours met donkere ondergrond zijn er twee soorten lijnen te vinden: volglijnen en stoplijnen. Op het kruispunt zelf zijn er geen lijnen. Het autootje zal deze lijnen moeten kunnen interpreteren en een onderscheid kunnen maken tussen deze twee soorten. Het verschil tussen deze twee lijnen zit hem in de dikte. Volglijnen zijn 25 mm dik, stoplijnen 50 mm. De auto moet de lijnen van 25 mm dik volgen en stoppen bij de lijnen van 50 mm dik. Het moet dus een sensor bevatten die deze lijnen kan herkennen, meer bepaald een reflectiesensor. De auto komt een stoplijn tegen bij het naderen van een kruispunt. Hier zal het moeten stoppen en een verkeerslicht moeten interpreteren. Het feit dat het verkeerslicht om 7.5 cm hoogte staat, speelt een rol bij de het bepalen van de hoogte van de auto. De auto moet dus voorzien zijn van een kleursensor of een camera die de twee verschillende kleuren van het stoplicht kan onderscheiden. Bij een rood licht moet de auto blijven stil staan aan de stoplijn, bij groen moet hij weer starten.

Ook moet het wagentje voorgaande wagens kunnen detecteren en stoppen wanneer deze te dichtbij komen. Als de wagen van achter wordt aangereden is dit niet zijn fout, dus enkel voorliggers kunnen een probleem vormen. Om andere wagens te herkennen moet het wagentje een afstandssensor bevatten die voorliggers detecteert en vervolgens een signaal verzendt zodat de motoren



Figuur 1: Parcours

vertragen om een botsing te voorkomen. Er moet dus ook gezorgd worden voor een zo kort mogelijke remafstand.

Verder moet de auto aan een aanvaardbare snelheid voortbewegen. De tandwielmotoren rond de wielen zorgen voor de aandrijving. Daarbij is het belangrijk dat het een beperkte massa heeft, maximaal 500 gram. Dit zal ervoor zorgen dat het op een veilige manier zich aan ongeveer 10 cm/s kan voortbewegen zodat ook de remafstand beperkt blijft.

Ten slotte moet men vanop afstand kunnen ingrijpen wanneer er iets fout loopt. Zo zal de auto bestuurbaar gemaakt worden vanuit een toetsenbord.

## 2.2 Ontwerpskeuze

Hier wordt extra beargumenteerd waarom dit specifiek onderdeel is gekozen.

### Chassis

Als eerste wordt de chassis besproken. Voor deze auto wordt een rechthoekige chassis gebruikt met als afmetingen 80 mm op 172 mm zoals kan gevonden worden op site [7]. Deze is zeer handig in gebruik wegens de verscheidene groottes van de groeven. Bovendien is de rechthoekige vorm zeer gemakkelijk om alle componenten van de auto vast te hechten. Een ronde chassis zoals bijvoorbeeld van de site [5] is hiervoor minder geschikt. Ook zijn er in deze laatste groeven aanwezig voor de wielen. Dit impliceert dat er minder ruimte is om andere onderdelen te assembleren op het onderstel.

### Wielen

Een goede keuze voor de wielen zijn deze met respectievelijk een diameter en dikte van 42 mm en 19 mm. Figuur 2 geeft een idee hoe het wiel eruit ziet.

De dikte van dit wiel is geschikt om voldoende grip te hebben. Bij dunnere wielen is er dus minder grip en dat zou ervoor kunnen zorgen dat de auto niet snel genoeg kan remmen bij obstakels en stoplijnen [2]. Daarnaast zorgt de grootte van de diameter voor een relatieve grote versnelling en een gemiddelde kracht. Een kleiner wiel impliceert namelijk een kleinere kracht en een kleine versnelling. Een groot wiel daarentegen levert een grote versnelling maar heeft



Figuur 2: Wiel met diameter 42 mm en dikte 19 mm [8].

een grote kracht nodig. Het is dus belangrijk dat de middenweg wordt genomen om een goede snelheid te behalen zonder al te veel moeite.

De auto van dit project is een driewieler. Dit heeft enkele voordelen. Eerst en vooral is dit eenvoudiger om manoeuvres zoals draaien te voltooien. Als je vier wielen hebt, zijn er twee vaste punten en dus meer wrijving waardoor de auto minder vlot kan draaien. Om af te slaan is het makkelijker om een vast punt te hebben en dat de andere wielen er omheen draaien. Ten tweede reduceert een driewieler de kosten van het project. Idealiter wordt als derde wiel gebruik gemaakt van een kogelwiel. We kozen voor het kogelwiel omdat dit flexibelere draaibewegingen heeft dan een normaal wiel.

## Motoren

Aansluitend hierbij spelen de tandwielmotoren ook een belangrijke rol. Motoren met een groot tandwiel starten zeer gemakkelijk maar behalen geen al te grote snelheid. Kleine tandwielen hebben dan weer de omgekeerde eigenschap. Het is dus van belang dat er een tandwielen worden gebruikt met een gemiddelde grootte namelijk de motor met de verhouding 50:1. Niet alleen de grootte speelt een rol bij de tandwielmotoren, maar ook de kracht van de motor. Hiervoor wordt het best gekozen voor de "High Power" (HP). Deze motoren hebben een grotere efficiëntie. Een bijkomend voordeel is het gewicht dat slechts 9,5 gram bedraagt [3]. Hoe minder de onderdelen wegen, hoe minder kracht je nodig hebt om de auto te laten rijden.

Door het gebruik van deze tandwielen is er nood aan motorbeugels zodat de tandwielmotoren aan de chassis vastgemaakt kunnen worden. Aangezien de motoren een breedte van 12 mm hebben en een hoogte van 10 mm, is het logisch dat de beugels met afmetingen 12 mm op 10 mm worden genomen [6]. Verder is een dubbele aandrijfmotor essentieel om de tandwielmotoren met de microcontroller te verbinden. In dit project wordt gekozen voor de Dual Drive DRV8833 [4].

## Microcontroller

Volgend component is cruciaal voor de werking van de auto. Zoals eerder vermeld zorgt de microcontroller er immers voor dat het autootje de taken correct uitvoert. Dit keuze van de microcontroller gaat in dit project naar NI MyRIO in plaats van Raspberry Pi. Dit heeft enkele gevolgen. Eerst en vooral hebben de inputs de mogelijkheid om een digitaal of een analoog signaal door te geven. Bij Raspberry Pi zijn er enkel digitale inputs beschikbaar. Dit heeft implicaties voor de keuze van de sensoren. Ten tweede zal alles in LabVIEW worden geprogrammeerd. Deze software en microcontroller zijn ervoor gemaakt om samen te werken. Dit biedt veel voordelen tijdens de implementatie. In sectie 2.4 wordt hier dieper op ingegaan.

Dit heeft enkele gevolgen. Eerst en vooral hebben de inputs de mogelijkheid om een digitaal of een analoog signaal door te geven. Bij Raspberry Pi zijn er enkel digitale inputs beschikbaar. Dit heeft implicaties voor de keuze van de sensoren. Ten tweede zal alles in LabVIEW worden geprogrammeerd. Deze software en microcontroller zijn ervoor gemaakt om samen te werken. Dit biedt veel voordelen tijdens de implementatie. Daarnaast heeft dit ook invloed op de keuze van het chassis. We hebben achteraf gemerkt dat de microcontroller niet past op de chassis dus hebben we extra makerbeams besteld.

## Sensoren

Zoals al aangehaald is, wordt in dit ontwerp gewerkt met een reflectiesensor en een afstandssensor. Er bestaan twee soorten, namelijk sensoren met digitale output en met analoge output. Beide kunnen gebruikt worden met de NI MyRIO. De analoge sensoren geven meer info dan de digitale. De digitale kunnen maar één of twee signalen doorgeven aan de microcontroller namelijk nul of een. Ofwel staat de sensor aan ofwel uit. De analoge sensoren geven analoge signalen. Dit soort signaal kan alle waarden aannemen, terwijl een digitaal signaal maar bepaalde waarden kan aannemen. Langs de andere kant zorgen de analoge sensoren voor meer programmeerwerk [12]. Voor dit project is het beter dat de informatieoverdracht tussen sensor en microcontroller vlot verloopt met behulp van echte waarden. Bij keuze van een analoge sensor is dit dus voldaan, alhoewel er meer programmeerwerk bij komt kijken. De reflectiesensor zal onderaan de auto, dichtbij de grond geplaatst worden zodat de lijnen op het juiste moment zullen herkend worden.

Ook om de kleuren groen en rood te herkennen, is er nood aan een sensor of camera. We hadden de keuze tussen een Raspberry Pi-camera, webcam en kleurensensor voor het interpreteren van de stoplichten. In dit ontwerp wordt gekozen voor de kleurensensor. Deze is compatibel met de NI MyRIO en weegt maar 3,23 gram [1, 9]. Bovendien weegt de webcam 223,6 gram. Hoe minder de wagen weegt, hoe stabiel het is en hoe minder kracht het nodig heeft om een bepaalde snelheid te kunnen halen. De camera is enkel bruikbaar met een Raspberry Pi als microcontroller. Aangezien in dit model wordt gewerkt met een NI MyRIO, is dit dus geen optie [10]. Samengevat: de kleurensensor heeft dus als voordeel dat het zeer licht is en compatibel is met de NI MyRIO-microcontroller.

## LED-lampjes

Als extra optie om LED's te plaatsen omdat het ons het meest haalbaar leek in vergelijking met de andere ideeën. Eerst dachten we eraan om servomotoren te gebruiken maar deze waren schaars en ingewikkeld te modelleren waardoor er risico zou zijn dat het wagentje niet juist werkt. `iiiiiii HEAD iiiiiii Updated upstream`

## 2.3 Assemblage

Voordat het autootje fysiek geassembleerd wordt, werd dit eerst via de computer gedaan. Aan de hand van de reeds gemaakte 3D-modellen, werd een 3D-model van het autootje gemaakt. Doordat de apparte onderdelen van het autootje al af waren, moesten die enkel nog samengevoegd worden. Het 3D-model zie je in figuur **Moet nog ingevoegd worden/verwijzing naar figuur stap voor stap opbouw** Door dit model was het gemakkelijker om de wagen in elkaar te zetten omdat er naar iets toegewerkt werd en de plaatsing van de onderdelen zichtbaar was. Er wordt gestart met het chassis. Daar worden dan de motoren met wielen aan de onderkant opgeplaatst. Ook het kogelwiel wordt bevestigd aan de onderkant. Helemaal van voor wordt een steunpaal gezet. Aan de voorkant wordt de reflectiesensor onder de steunpaal vast gemaakt. Ook aan de voorkant maar dan vooraan op de steunpaal de afstandsensor bevestigd. Aan de zijkant van de paal wordt op een hoogte van 7.5 cm wordt de kleursensor bevestigd. Dit is aan de rechterkant vast gemaakt. Net achter de steunpaal wordt de *dual drive motor* geplaatst. Dwars op het midden van het chassis wordt de microcontroller bevestigd.

## 2.4 Implementatie

===== `lllllll` AdministratieveDocumenten

## 2.5 Assemblage

# 3 Softwareontwerp

Om te kunnen implementeren is het belangrijk om informatie in te winnen door onderzoekswerk. Het is dan ook cruciaal dat er specifieker wordt gezocht hoe het materiaal best gebruikt kan worden. Dit is nuttig om de communicatie tussen de sensoren en de NI MyRIO-controller te begrijpen. Ook de spanning dat nodig is om de sensoren te laten te werken is belangrijk. Zo zijn er enkele poorten die precies 5 volt leveren. Dit is perfect, aangezien dit compatibel is met het spanningsverschil van de sensoren. Vervolgens kan het elektrisch circuit opgesteld worden. Dit is handig om te weten welke onderdelen er met elkaar worden verbonden. Eenmaal dit in orde is, kan het programmeerwerk beginnen.

Voor het schrijven van stukjes code, is het ten sterkste aangeraden om over de onderdelen van de auto te beschikken opdat de fragmenten van de code kunnen worden uitgetest. In de subsectie die volgt wordt een korte analyse gegeven van de observaties die volgen uit kleine experimenten. Om de testen mogelijk te maken, moet er eerst contact worden gemaakt tussen een computer en de microcontroller. Dit kan gerealiseerd worden met de 'LED' functie in

LabVIEW. Eenmaal er connectie is, branden de lampjes op de microcontroller en kunnen de experimenten van start gaan.

## 3.1 Experimenten

### Signalen ontvangen en versturen

Het doel van de eerste test is de communicatie met de microcontroller te begrijpen. Met behulp van het standaardprogramma `main.vi` kan er gezien worden hoe de microcontroller beweegt. De tweede test bestaat uit het versturen en ontvangen van signalen.

We hebben op de controller een draad bevestigd tussen poort 11 en 13 Ampère. Op het moment dat het kantelt en op de z-as meer dan 0,5 wordt weergegeven moet het via 11 A een signaal versturen. Dit werd dan ontvangen door 13 A. Als 13 A een signaal kreeg moest de controller een signaal sturen naar de computer waardoor een bol groen kleurt.

Het echt programma zal bestaan uit verschillende subVI's. Zo zullen we een stukje code schrijven dat specifiek is voor het detecteren van wagens die voor ons rijden. Als er een obstakel minder dan 20 cm voor ons staat zal hij moeten stoppen of de snelheid aanpassen. Een ander stukje code zal het lezen van het stoplicht zijn. Hier zal de microcontroller de signalen van kleursensor moeten interpreteren. Een ander deel zal met de reflectie sensor de volglijn volgen en weten wanneer die overgaat in een stopstreep waarna het wagentje moet stoppen. Er zal ook een deel zijn over het kruispunt. Dit zal bestaan uit drie delen. Deze zijn rechtdoor rijden en links of rechts afslaan. Hieraan zullen de richtingsaanwijzers gekoppeld worden.

### Sensoren

Met behulp van voorbeeldprogramma's is het mogelijk om de gekregen data die van de sensoren te interpreteren. Zo is er een idee met welke waarden er moet gewerkt worden in het definitief programma.

Een eerste experiment is met de reflectiesensor. Deze sensor werkt met een programma dat de zes waarden Een van de vereisten voor het autootje is een lichte en donkere kleur te onderscheiden. Om te weten welke waarden de sensor geeft, kan dit worden getest met een wit papier, de zwarte voorkant van een laptop en een grijs tafelblad. Bij het papier wordt een waarde dichtbij 1 verkregen terwijl bij het donkere spectrum waarden tussen 4 en 4,5. Door het experimentje is er nu geweten welke waarden er moeten gebruikt worden om de lijn op de grond te kunnen volgen.

Het volgende experiment is met de afstandssensor. Bij deze test wordt een voorwerp eerst ver van de sensor gehouden en dan dichterbij. Bij afstanden kleiner dan 80 cm worden lage waarden bekomen zoals 0,1. Afstanden groter dan 80 cm geven een negatieve waarde. Wanneer de afstand echter op een tiental cm van de sensor verwijderd is, wordt een maximale waarde van 3 verkregen. Eenmaal de lengte tussen de afstandssensor en het voorwerp kleiner is dan 10 cm, zakt de geleidelijk aan naar 2. De conclusie van deze test: voor de afstandssensor zullen de waarden twee en drie moeten gebruikt worden.



### 3.2 Definitieve programma's

## 4 Het verloop van het project

Om te beginnen aan dit project, is het noodzakelijk om zowel op korte als lange termijn te plannen. Daarnaast is het ook belangrijk om de financiën te beheren. In deze sectie krijgt men een kort besluit over deze zaken.

Een goede planning is van groots belang. Het een geeft een overzicht wat van wat er allemaal is volbracht en wat er nog moet gebeuren.

In het financieel rapport 6 krijgt men een beeld van wat er is aangekocht en hoeveel eenheden hieraan zijn besteed.

In dit project kreeg elke groep 3500 eenheden om te bieden en onderdelen te bestellen voor de auto. Bij de eerste bestelling werden in totaal 1615 eenheden uitgegeven. Na de bieding, waaraan 1350 eenheden werden gespendeerd, bleven er nog 535 eenheden over. Deze 535 eenheden werden besteden aan de mechanische stukken en draden.

## 5 Besluit

Afsluitende tekst. Nog te schrijven.

Om te beginnen aan dit soort project, is het noodzakelijk om eerst op lange termijn te plannen: algemeen van welke 'grote' taken moeten er na een bepaalde tijd zeker afgewerkt zijn. Eerst en vooral moeten een aantal technische aspecten in orde zijn voordat we echt van werk kunnen gaan. Het aanmaken van een stuklijst is noodzakelijk om een beeld te krijgen van hoeveel we ongeveer zullen besteden rekening houdend met het budget. Hierbij is het ook zeer belangrijk om na te gaan welke onderdelen samen gaan en welke niet om fouten zoals bijvoorbeeld het bestellen van een motorbeugel die niet op de motor past te vermijden.

Nadat de onderdelen met behulp van de stuklijst worden besteld, kan men praktisch aan de slag gaan met de sensoren, motoren en microcontroller om deze te implementeren in LabVIEW. Hoe men hieraan te werk is gegaan wordt beschreven in sectie 0.1.5.

Verder worden er 3D-modellen van de onderdelen met behulp van Solid Edge gemaakt. Dit geeft ons een beter beeld van hoe het wagentje eruit zal zien. Hierbij horen ook de technische tekeningen. Deze zijn handig bij het opzoeken van afmetingen van de aparte onderdelen. Als alle 3D-modellen in orde zijn, kan er gestart worden met de assemblage. Dit is een 3D-voorstelling in Solid Edge waarbij alle onderdelen als het ware aan elkaar worden geplakt. Als de assemblage in Solid Edge compleet is, kan er beslist worden welke mechanische stukken zoals MakerBeams er zullen passen op de wagen.

## 6 Bijlagen

## Financieel rapport

Academiejaar 2020 – 2021

Groep 6

### Inleiding

Dit financieel rapport geeft ons een beeld van wat we hebben gekocht en hoeveel eenheden we hieraan hebben besteed. Elke groep kreeg 3500 eenheden om te bieden en onderdelen te bestellen voor de auto.

### 1 Stuklijst

Deze stuklijst geeft weer wat we hebben gekocht bij de eerste bestelling. In totaal gaven we hier 1615 eenheden aan uit. Na de bieding, waaraan we 1350 eenheden hebben uitgegeven, hebben we nog 535 eenheden over. Deze 535 eenheden zullen we besteden aan de mechanische stukken en draden.

Onderdelen	Prijs per onderdeel	Aantal	Totaal per onderdeel
NI MyRio	240	1	240
Oplaadbare LITHIUM-ION batterij	90	2	180
Robot chassis rechthoekig zwart	70	1	70
Micro Metal Gear Motor 50:1 HP	160	2	320
QTR-8A analoge reflectie sensor array	150	1	150
Optische afstandssensor analoog	160	1	160
Kleurensensor	150	1	150
Tiny breadboard	40	1	40
Dual drive	70	1	70
Wiel 42x19mm	35	2	70
Ball Caster	60	1	60
JST Connector 2p 2mm M haaks	5	1	5
Micro metal gear motor beugel	25	2	50
Printplaat	50	1	50

# Bibliografie

- [1] 17003 - trust - exis webcam with 640x480 resolution. <https://be.farnell.com/trust/17003/webcam-exis-trust-uk/dp/1860369>. (Accessed on 03/19/2021).
- [2] Brede band: voor- en nadelen van brede banden? je leest ze hier. <https://www.tuning-gids.nl/brede-autoband.htm#>. (Accessed on 04/23/2021).
- [3] Pololu - 50:1 micro metal gearmotor hp 6v. <https://www.pololu.com/product/998/>. (Accessed on 03/19/2021).
- [4] Pololu - drv8833 dual motor driver carrier. <https://www.pololu.com/product/2130/specs>. (Accessed on 03/19/2021).
- [5] Pololu 5"robot chassis rrc04a solid red. <https://www.pololu.com/product/1500/>. (Accessed on 03/19/2021).
- [6] Pololu micro metal gearmotor bracket extended pair. <https://www.pololu.com/product/1089/>. (Accessed on 03/19/2021).
- [7] Pololu rp5/rover 5 expansion plate rrc07a (narrow) solid black. <https://www.pololu.com/product/1531/>. (Accessed on 03/19/2021).
- [8] Pololu wheel 42x19mm pair. <https://www.pololu.com/product/1090/>. (Accessed on 03/19/2021).
- [9] Rgb color sensor with ir filter and white led - tcs34725 : Id 1334 : \$7.95 : Adafruit industries, unique & fun diy electronics and kits. <https://www.adafruit.com/product/1334>. (Accessed on 03/19/2021).
- [10] Rpi 8mp camera board. - raspberry-pi - daughter board, raspberry pi camera board, version 2. <https://be.farnell.com/raspberry-pi/rpi-8mp-camera-board>. (Accessed on 03/19/2021).
- [11] What is a smart city? - definition and examples - twi. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-smart-city#SmartCityDefinition>. (Accessed on 04/23/2021).
- [12] What's the difference between analog and digital sensors? - skylerh automation. <https://skylerh.com/difference-between-analog-and-digital-sensors/#using-sensors-to-tell-controller-whats-out-there>. (Accessed on 03/26/2021).



