

Profielwerkstuk| Zelfrijdende auto

door Alexander James Becoy (H5D) en Frank Stekelenburg (H5A)

10 oktober 2016



Begeleider: Jan Haker
Vakken: Informatica en Natuurkunde

Inhoudsopgave

Waarom informatica en natuurkunde?	4
Voorwoord	4
Inleiding	4
Hoofdvraag	4
Motivatie	4
Deelvragen	5
Hypothese	5
Eindvorm	5
Planning	6
Taakverdeling	7
Onderzoeksmethode	8
Werking zelfrijdende auto	8
Sensoren	8
Navigatietechnologie	8
Camera en radar	8
Voorbeeld 1 - Tesla model S [1]	10
Voorbeeld 2 - Google Car [2]	10
Sensoren gebruik [3]	11
Sensoren	11
Zelfrijdende auto en zijn problemen [4]	12
Slecht weer	12
Kuilen in de weg	12
Onverwacht rijgedrag	12
Het niet kunnen vermijden van een botsing	13
Verzekeringszaken	13
Hoe is de veiligheid als iedereen een zelfrijdende auto gebruikt? [5]	13
Vinden mensen dit onderwerp belangrijk?	14
Ondervraagde mensen over de zelfrijdende auto	14
Vragen binnen dit interview	15
Resultaten	15
Enquête	18
Resultaten enquête:	18
Conclusie	22
De eisen	23
DIY Zelfrijdende Autootje	24

Voorbeeld 1 [7]	24
Voorbeeld 2 [8]	25
Voorbeeld 3 [9]	26
Voorbeeld 4 [10]	27
Voorbeeld 5 [11]	28
Resultaat	29
Componenten	29
Waarom Arduino? [12]	29
Gereedschappen en benodigdheden	32
Technieken	32
Programmeertalen	33
Arduino IDE/C++	33
Python	33
Matlab	34
ASP.NET (HTML/CSS/PHP)	35
Johnny-Five/Javascript	35
Conclusie	36
Het bouwen van zelfrijdende auto	36
Het plan	36
Ontwerp	36
Componenten	37
Ontwerp 1	38
Uitwerking	39
De programmering	41
Resultaat	44
De autobaan	44
Schets tijdelijk ontwerp	45
Materialen en benodigdheden	46
Logboek	47
Evaluatie	49
Bronvermeldingen	49

Waarom informatica en natuurkunde?

Om een zelfrijdende auto te bouwen, moeten we eerst de juiste kennis hebben over hoe de elektrische werking van de auto in elkaar zit en hoe het programmeren van de juiste software voor onze auto in elkaar zit zodat uiteindelijk de auto zelf rijdt.

Bij natuurkunde leerden we het basisidee van elektriciteit; stroomgeleiding, en hoe je een schakelschema maakt. Dat is essentieel om componenten samen te stellen.

Bij informatica leerden we de basis van programmeren en hoe je een projectplanning maakt.

Voorwoord

Wij hebben dit onderwerp gekozen omdat wij informatica en Natuurkunde hele leuke vakken vinden om deel aan te nemen en dit zien wij dus ook als een uitdaging voor ons zelf.

Wij willen alle ondervraagde mensen bedanken en ook onze ouders. Meneer Haker wordt ook bedankt voor het zijn van onze begeleider in dit PWS. Wij willen zien hoe ver wij kunnen komen en of we kunnen laten zien hoe deze mooie uitvinding in elkaar zit.

In dit PWS is dus deels een praktisch deel en een theoretisch deel. Het praktische deel bestaat uit het zelf programmeren en bouwen van een zelfrijdende auto (zo goed mogelijk voor ons). Het theoretische deel bestaat uit de tekst die hier in is bewerkt. Heeft ons wel best wat geld gekost om de onderdelen te kopen maar we hadden de onderdelen nodig. Maar we hebben dus wel zelf geld geïnvesteerd.

Inleiding

Hoofdvraag

Tot hoeverre kunnen wij werken met een zelfrijdend voertuig en is de ontwikkeling van het zelfrijdend voertuig moeilijk?

Motivatie

Ons onderwerp zou gaan over een onderwerp binnen de robotica maar dat is te breed dus wisten wij ook dat we het moesten versmallen. Dus kozen we voor zelfrijdende auto's en in hoeverre we daar zelf mee aan de slag kunnen. Ook weten we nu al dat deze vorm van robotica invloed gaat hebben op de toekomst hierdoor willen we ook zelf gaan kijken hoe dit allemaal in elkaar zit.

Wij willen zelf ook een zelfrijdend voertuig maken dat zelf kan rondrijden zonder hulp van ons. Als je kijkt hoe ver zelfrijdende voertuigen nu al zijn vinden wij dat ook al heel bijzonder wij persoonlijk wisten niet dat het al zo ver zou zijn. In het dagelijks leven komt het dus steeds vaker voor en dus zal er ook invloed zijn op het dagelijks leven met zelfrijdende voertuigen.

Zal het goed verlopen als we in de toekomst allemaal bestuurbare voertuigen hebben dat zullen we hopelijk ook uit kunnen vinden. Ook kun je steeds meer experimenten vinden die worden uitgevoerd in het heden. De ontwikkeling van deze vorm van robotica gaat razend snel. Het sluit ook goed aan op ons onderwerp omdat het met het maken van een robot te maken heeft en het programmeren van een robot/Zelfrijdende auto. Dit PWS is zeker goed voor onze ontwikkeling voor verdere opleidingen die we gaan volgen.

Deelvragen

- *Hoe werkt een zelfrijdende auto?*
- *Zal het veilig zijn in het verkeer als iedereen zo'n voertuig gebruikt?*
- *Vinden mensen dit onderwerp belangrijk?*
- *Wat zijn de eisen die moeten worden toegepast?*
- *Zijn er voorbeelden van zelfgemaakt, zelfrijdende auto's?*
- *Welke componenten, gereedschappen en technieken kunnen wij gebruiken?*
- *Welke programmeertalen kun je gebruiken en wat zijn de verschillen?*

Hypothese

we verwachten dat het ons gaat lukken om een zelfrijdend autootje te maken. Ook verwachten wij dat het moeilijk zal zijn om er een te maken en dat we er mensen mee kunnen overtuigen.

Wij verwachten dat we een zelfrijdende auto kunnen maken die zichzelf kan voortbewegen. De samenleving merkt de invloed waarschijnlijk steeds meer zodra dit product/onderdeel van robotica goed is ontwikkeld.

Eindvorm

Wij willen aantonen wat we hebben gemaakt dat doen we door middel van een demonstratie en presentatie. Ook kunnen we de mensen op deze manier laten zien wat we hebben gedaan binnen het proces van het maken van een zelfrijdende robot, wat je allemaal nodig hebt, wat je allemaal moet kunnen doen of het veel tijd kost om hiermee aan de slag te kunnen. Uiteindelijk gaat het er vooral om dat de mensen begrijpen hoe het in elkaar steekt en hoe wij er ervaring over hebben opgenomen om door te geven aan het publiek. Het is heel belangrijk voor ons om de robot neer te zetten en om te weten te komen wat de mensen ervan vinden.

Planning

Hieronder staat een tijdsplanning van wat wij in deze weken gaan doen.

Week	Datum	Aspecten die we gaan behandelen
41	10 t/m 16 oktober 2016	Onderzoeksplan maken.
42	17 t/m 23 oktober 2016	Informatie over zelfrijdende auto's zoeken.
43	24 t/m 30 oktober 2016	Leren toetsweek, geen PWS
44	31 okt. t/m 6 november 2016	Leren toetsweek, geen PWS.
45	7 t/m 13 november 2016	Toetsweek.
46	14 t/m 20 november 2016	Deels toetsweek, maar verder aan Informatie over zelfrijdende auto's zoeken.
47	21 t/m 27 november 2016	Informatie over zelfgemaakte, zelfrijdende auto's zoeken.
48	28 nov. t/m 4 december 2016	Deelvragen proberen af te maken.
49	5 t/m 11 december 2016	Leren herkansing, momenteel geen PWS
50	12 t/m 18 december 2016	Mensen interviewen over wat ze het idee van zelfrijdende auto vinden.
51	19 t/m 25 december 2016	Inleveren nulversie PWS
52	26 dec. t/m 1 januari 2017	Een schakeldiagram maken.
1	2 t/m 8 januari 2017	Een programmeercode stellen en maken.
2	9 t/m 15 januari 2017	Leren toetsweek, geen PWS.
3	16 t/m 22 januari 2017	Toetsweek.
4	23 t/m 29 januari 2017	Toetsweek.
5	30 jan. t/m 5 februari 2017	Ontwerpen.
6	6 t/m 16 februari 2017	De auto en de componenten samenstellen en verbeteren.
7	17 februari 2017	Eindversie inleveren,
10	28 februari 2017	Presentatieavond

Als we een deel van onze planning niet kunnen behandelen, zullen we het de week daarna proberen in te halen.

Taakverdeling

Wij delen de deelvragen, maar we mogen elkaar helpen wanneer we ergens vastlopen of een eventuele problemen hebben. We vullen elkaar goed aan en hebben een goede samenwerking hebben dus iedereen doet wel evenveel in dit PWS.

Frank:

- *Hoe werkt een zelfrijdende auto?*

- *Zal het veilig zijn in het verkeer als iedereen zo'n voertuig gebruikt?*
- *Vinden mensen dit onderwerp belangrijk? ondervragen + resultaten*
- *Wat zijn de eisen die moeten worden toegepast?*
- *Welke programmeertalen kun je gebruiken en wat zijn de verschillen?*
- *Zelfrijdende auto en zijn problemen.*
- *Eisen*
- *Grammatica verbeteren.*
- *De autobaan ontwerpen en maken.*
- *spelling verbeteren.*
- *componenten assembleren.*
- *De baan en theoretisch deel daarvan.*

Alexander:

- *Vinden mensen dit onderwerp belangrijk? ondervragen*
- *Zijn er voorbeelden van zelfgemaakt, zelfrijdende auto's?*
- *Welke componenten, gereedschappen en technieken kunnen wij gebruiken?*
- *Welke programmeertalen kun je gebruiken en wat zijn de verschillen?*
- *Eisen.*
- *Schakelschema en blueprint schetsen.*
- *De componenten assembleren.*
- *De code programmeren.*
- *Layout verbeteren.*
- *Bronvermelding.*

De hoofdvraag en het onderzoek (het bouwen van een zelfrijdende auto) wordt door ons allebei gemaakt in een goed samenwerkingsverband.

Onderzoeksmethode

Werking zelfrijdende auto

Er zijn meerdere manieren achter de werking van de zelfrijdende auto, in deze paragraaf ga ik er een aantal verklaren en onderzoeken. Zo heb je de Google auto en zelfs Tesla is er al mee bezig. Ook veel andere merken zijn er al mee bezig geweest zoals Mercedes en Volvo. Eerst neem ik Tesla als voorbeeld. Het nieuwe model is namelijk deels zelfrijdend maar toch moet je je handen aan het stuur houden dit kan ook niet voor een kleine periode maar jij als bestuurder bent altijd verantwoordelijk en als je te lang van het stuur afblijft dan geeft de auto een waarschuwing dat hij uit automatische modus zal gaan. Deze Tesla's zien de auto's die voor zich rijden en de Tesla kan netjes binnen de lijnen blijven rijden op de snelweg. Ook kan de auto zelfstandig de snelheid bepalen en remmen als je te dicht in de buurt komt van een mede verkeersdeelnemer. Hij kan zelf invoegen. Hoe gaan deze processen nou in werking en wat heb je er voor nodig om dit allemaal te kunnen doen. Dat zullen we hier onderzoeken. Tesla pas twee dingen toe bij de auto namelijk een **uitgebreide cruise control**: Deze zorgt er dus voor dat de snelheid wordt aangepast door je voorgangers en **autosteering**: deze zorgt ervoor dat de auto zelf van rijbaan wisselt en tussen de strepen blijft de autosteering werkt alleen als je lijnen hebt op de rijbaan. Voor je eigen veiligheid moet je dus altijd je handen aan het stuur houden omdat ze weten dat het fout kan gaan want het is nog in een Bèta-versie. Ze maken gebruik van de volgende onderdelen in hun auto om dit mogelijk te maken namelijk **camera, radar, ultrasonische sensoren en GPS-navigatie technologie**.

Sensoren

De sensoren worden gebruikt om de omgeving te scannen 360 graden rondom ze kunnen ongeveer in een straal van 5 meter om zich heen kijken. Ze herkennen de voorwerpen rondom de auto. En daarmee kan de auto zichzelf lokaliseren op de weg zodat de auto zich kan aanpassen als het nodig is in een bepaalde situatie.

Navigatietechnologie

Tesla's auto wordt tijdens het rijden op de hoogte gehouden van de verkeerssituatie, zodat de auto afstand kan houden en meteen weet wat voor actie hij moet ondernemen als dit binnen zijn mogelijkheden valt.

Camera en radar

De Camera en de radar kunnen wel tot ongeveer 160 meter vooruit kijken om goed te weten waar de medebestuurders zijn. Met behulp van de sensoren ziet hij de lijnen op de snelweg en zo kan hij de stuur hoeveelheid naar rechts of links aanpassen. Ook kunnen ze een

waarschuwing geven als er bijvoorbeeld een voetganger of andere verkeersdeelnemer dicht bij is.

Nu kunnen we kijken naar de auto van Google iedereen heeft er tegenwoordig wel van gehoord. Google ging er wel voor om een auto compleet zelf te laten rijden zonder het gebruik van het stuur. Deze ontwikkeling is nog niet helemaal gelukt er zijn hier en daar nog wel wat kleine ontwikkelingen mogelijk.

Google's auto moest zelf zijn eigen weg vinden naar de bestemming zonder dat jij het stuur ging gebruiken hiervoor heb je dus ingewikkelde software en sensoren nodig en in dit voorbeeld zal ik ook laten weten hoe deze auto in zijn werking gaat.

Google heeft eigenlijk deels de auto zelf opnieuw ontworpen. De 'Google car' combineert de kaart van de bestaande weg en de data die het tijdens het rijden verzameld op de weg. Zo leert de auto hoe deze moet rijden en wat er allemaal kan gebeuren. De auto maakt gebruik van lasers, radars en camera's. Op deze manier identificeert de auto wat het voorwerp is dit voorwerp kan hij op een afstand van 180 meter 360 graden om hem heen lokaliseren. Is het bijvoorbeeld een dier een mens een auto enz. Als de software heeft bepaald wat het voorwerp is kan het ook kijken hoe de auto zich gedraagt in het verkeer als je bijvoorbeeld remt om naar rechts te gaan zal de 'Google car' remmen en zijn eigen weg verder volgen. Google laat de auto's nu zelf rondrijden om zoveel mogelijk te leren van het verkeer zodat de auto in latere status weet wat deze moet doen. Als de auto problemen in het verkeer zelf kan oplossen dan kan hij ook goed reageren in de juiste situatie. Deze scenario's waar de auto tegenaan kan lopen of de scenario's die ook werkelijk plaatsvinden worden opgeslagen in het datasysteem van Google.

Nadat we Tesla en Google als voorbeeld hebben genomen zijn dit niet nog lang niet alle voorbeelden die mogelijk zijn maar wel twee van de beste op het moment beide bedrijven streven er naar om het uiteindelijk mogelijk te maken dat wij niet meer hoeven te rijden en dat de auto dat zelf zal doen maar ook Volvo is op weg naar een zelfrijdende auto en andere merken gaan zich er steeds meer mee bemoeien. Op deze manier worden er steeds meer dingen duidelijk over hoe het aangepakt moet worden en wat ze kunnen verbeteren en wat anders moet. Zal er ooit een tijd komen dat we allemaal in een auto zitten zonder stuur?

Voorbeeld 1 - Tesla model S [1]



Dit is een deels zelfrijdende auto gemaakt door Tesla. Deze auto ziet er niet alleen mooi uit maar hij is ook nog volledig elektrisch. Hij werkt op een manier zodat de software voor het zelfrijdende gedeelte van de auto uit verschillende onderdelen bestaat. Cruise control en een systeem dat aan de hand van de sensoren zelf kan remmen en kan versnellen. Tesla heeft er voor gezorgd dat de auto door goed om zich heen te kijken binnen de lijnen op de snelweg blijft. Er zijn dus wel

duidelijke lijnen nodig voor de auto om hem binnen de lijnen te houden.

Voorbeeld 2 - Google Car [2]



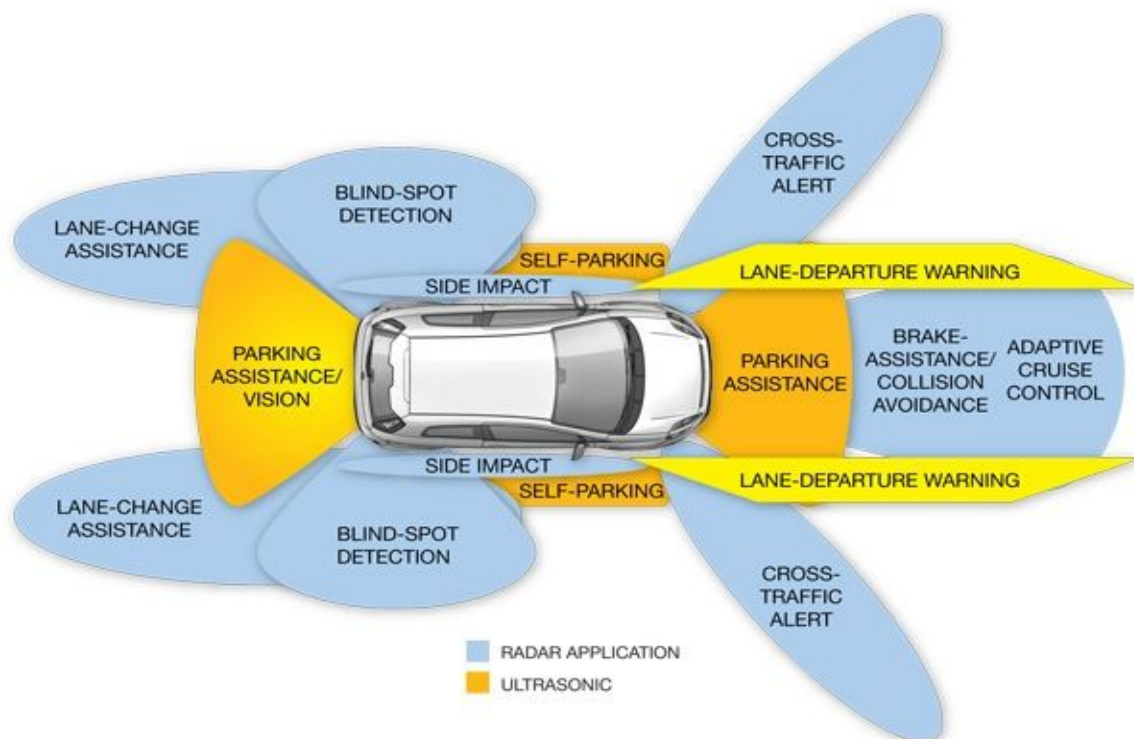
De auto van google is vooral gebaseerd op een radar die in het systeem is verwerkt ook werkt de auto met sensoren die in een samenwerkingsverband in werking zijn. Het plaatje hierboven is een goede illustratie van wat er allemaal aan sensoren en onderdelen in het systeem zijn verwerkt. De auto rijdt volledig zelf omdat hij met de camera alles om zich heen goed kan lokaliseren. Ook de radar helpt de auto dus met waar hij is en welke route het beste zou werken op dat moment.

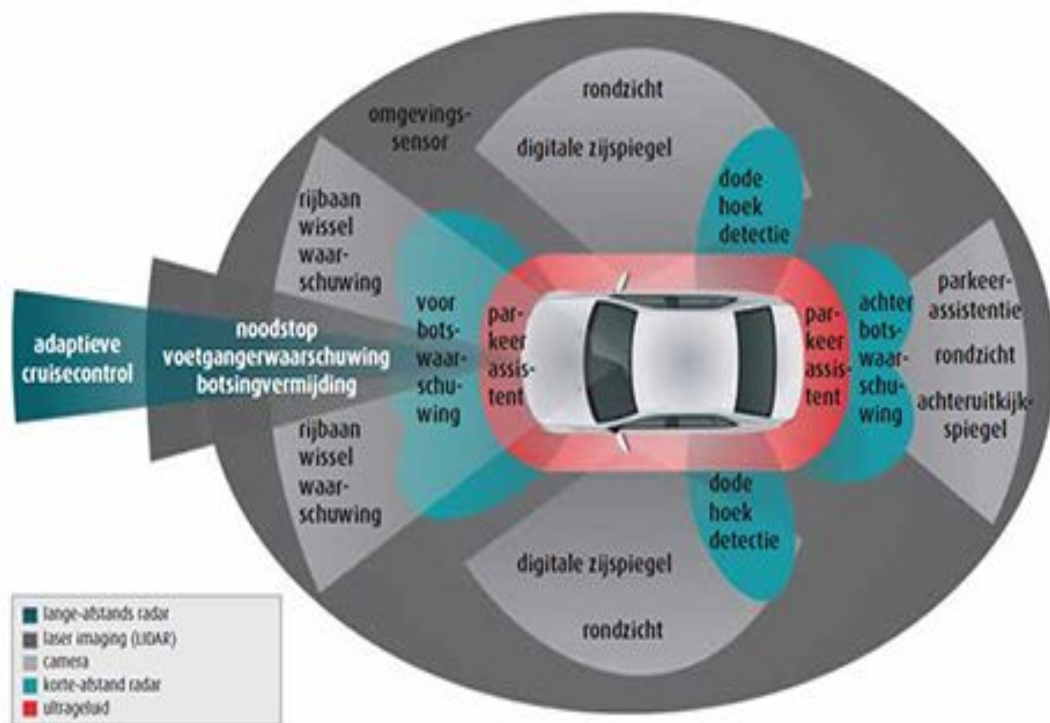
Sensoren gebruik [3]

Sensoren

Wij willen verschillende sensoren gaan gebruiken bij ons project om onze kleine zelfrijdende auto te laten werken we moeten bijvoorbeeld de afstand kunnen meten je moet locatie kunnen waarnemen maar met welke sensoren geven we dit gaan doen geven we hieronder aan.

- Ultrasonic distance sensor.
- infrarood sensoren





Zelfrijdende auto en zijn problemen [4]

Er zijn nog steeds een aantal problemen waar zelfrijdende auto's tegen aan lopen. hier een paar voorbeelden: slecht weer, kuilen in de weg, onverwacht rijgedrag daar zij zelfrijdende auto's nog niet op voorbereid, het niet kunnen vermijden van een botsing en verzekeringszaken. Ik ga nu verder in op de problemen.

Slecht weer

Veel regen en andere zware weersomstandigheden kunnen gevolgen meegeven aan de zelfrijdende auto's. Zo kan regen zorgen voor de verwarring van de radar waardoor de auto zich slecht kan lokaliseren en dus niet meer weet waar hij is in die situatie. De auto gebruikt bijvoorbeeld bij tesla wegmarkeringen om zich te positioneren dus als het hard regent of als er sneeuw ligt is het voor de sensoren niet duidelijk waar de wegmarkeringen zijn en dan kan dit tot hele slechte gevolgen leiden.

Kuilen in de weg

Als de auto een kuil in de weg niet herkent omdat hij vol zit met regen. Dan denkt de auto dat het gaat om donker asfalt en dan zal de zelfrijdende auto er gewoon doorheen rijden. wat na de klap kan lijden tot het uit balans brengen van het systeem en de sensoren.

Onverwacht rijgedrag

Wanneer er bijvoorbeeld mensen zijn die de verkeersregels negeren kan dit voor de auto heel raar zijn en dan weet de zelfrijdende auto dus ook niet hoe hij hier mee om moet gaan

of op moet reageren. mensen die door rood rijden of inhalen op verkeerde momenten wanneer het eigenlijk niet mag.

Het niet kunnen vermijden van een botsing

Ook kan het zo zijn dat er door een onverwachte handeling in het verkeer een botsing niet te vermijden is en dan kan de auto geen keuze maken hij heeft geen tijd meer om te remmen maar als de auto uitwijkt dan brengt hij de andere verkeersdeelnemers in gevaar.

Als dit soort ongelukken erg uit de hand lopen dan kom je aan bij het volgende punt want wie is er verantwoordelijk voor de situatie en hoe zit het met de verzekering.

Verzekeringszaken

Wie is aansprakelijk bij een ongeluk? De bestuurder van de zelfrijdende auto, de gewone auto, de producent van de auto of de producent van het systeem in de auto. Dit is lastig te beantwoorden en zal gaan leiden tot vragen en discussies. Hiervoor moeten eerst nog duidelijke regels worden opgesteld

Hoe is de veiligheid als iedereen een zelfrijdende auto gebruikt? [5]

Er wordt verwacht dat de zelfrijdende auto leidt tot een betere veiligheid op de wegen maar is dat wel echt zo? Een zelfrijdende auto zal niet afgeleid worden door een mobiel, drank en moeheid voordat je begint met rijden of tijdens het rijden. Het is de bedoeling dat de zelfrijdende auto zoveel mogelijk letsel voorkomt voor de inzittende, maar het is ook zeker niet de bedoeling dat als er geen ongeluk te vermijden is de auto gewoon op andere mensen inrijd daarom zijn de meeste mensen het ermee eens dat de zelfrijdende auto zo geprogrammeerd moet worden zodat er zo min mogelijk letsel voor personen overblijft als een ongeluk niet te vermijden is.

Tot zo ver willen mensen geen eigen risico nemen door zelf in een zelfrijdende auto stappen. Mensen snappen dat als de zelfrijdende auto goed werk er veel minder ongevallen kunnen gaan gebeuren maar toch mist er een hoop vertrouwen bij de meeste mensen. De fabrikant gaat daarom voor een minder veilig systeem voor de zelfrijdende auto namelijk het systeem die de passagiers beschermt en niet per se rekening houdt met andere fietsers en voetgangers. waar naar onze mening verandering in moet komen.

Veilig en grootschalig gebruik zal zeker wel een aantal jaar duren voordat dit kan worden toegevoerd in onze samenleving doordat er toch zeker wel fouten zijn die verbeterd moeten worden. Er zullen testen moeten plaatsvinden maar dit kan natuurlijk ook heel onveilig zijn voor op de weg. Want als er nog dingen fout zijn binnen het systeem dan kan dit ook weer leiden tot ongelukken. Als deze auto's op grootschalig niveau worden gebruikt moeten er

ook dingen worden duidelijk gemaakt over veiligheid en verantwoordelijkheid. Maar het is wel gebleken dat er niet heel veel ongelukken zijn ontstaan bij het testen.

Als de veiligheid toe zal nemen leidt dit tot minder ongelukken wat heel mooi zal zijn voor de maatschappij maar hoe zit het met werk dan ik vind het raar om te zeggen maar zijn er dan nog rijinstructeurs nodig of zullen er minder ziekenhuis medewerkers zijn aangezien er minder ongelukken gebeuren. Is iedereen wel veilig in het verkeer als ze de regels niet meer hoeven te kennen.

Feiten

Het is tot zo ver een zeer veilige manier van reizen(wanneer er maar een aantal op de weg zijn). Aangezien er in Amerika naar schatting 1 dode valt na 151 miljoen gereden kilometers dan zal dit betekenen dat het heel veilig is. Maar dit was in een Tesla en die is deels zelfrijdend dus het is in deze vorm zeer veilig. In Nederland is het nog minder in aantallen hier is over 500 miljoen km een dode. Er zijn gewoon veel minder menselijke fouten wat het waarschijnlijk veel veiliger maakt en er is daardoor ook minder roekeloos rijgedrag.

Toepassing

Tot hoever gaan we dit in de toekomst toepassen alleen in het verkeer of ook in het leger? En wanneer wordt het dan officieel veiliger op de weg en wanneer kan iedereen een zelfrijdende auto rijden dat is moeilijk te voorspellen want sommigen zeggen dat het al rond 2030 is maar sommige auto journalisten/ontwikkelaars zeggen dat het nog wel een behoorlijke tijd zal gaan duren voordat het voor iedereen zo ver is.

Vinden mensen dit onderwerp belangrijk?

Ondervraagde mensen over de zelfrijdende auto

- Richard Stekelenburg (vader van Frank).
- Caroline Leegwater (Moeder van Frank).
- Joey Blankendaal.
- Dick de Groot.
- Martijn Zwaan.
- Nienke Stekelenburg (zus van Frank).
- Levi Roelofsma.
- Darren Vledder.

Vragen binnen dit interview

- *Zou je een zelfrijdende auto in bezit willen hebben?*
- *Kun je zonder moeite de controle overlaten aan een zelfrijdende robot?*
- *Denk je dat het een stuk veiliger wordt op de weg?*
- *Kunnen de weersomstandigheden mee gaan spelen met de gevaren?*
- *Vind jij dat er alsnog een stuur in moet zitten en dat je je rijbewijs moet halen?*
- *Denk je dat er veel moet veranderen aan verkeers onderdelen(borden,regels,wetten,kruisingen,stoplichten, rotondes etc?*
- *Vind je het een mooie uitvinding of denk je laat maar zitten?*
- *Wat zal jij doen in de auto als je niet meer hoeft te sturen qua activiteiten?*
- *Nog een laatste vraag van 1 tot 10 wat voor cijfer zou u deze uitvinding geven voor in de toekomst?*

Aan de hand van deze vragen kunnen we vaststellen wat mensen van de zelfrijdende auto denken en de mensen die er een bepaalde kijk op hebben kunnen dan ook duidelijk aangeven wat ze ervan vinden en wat zij ervan vinden als het eenmaal doorbreekt. Ook gaat het om de mening van mensen en of ze hun vertrouwen kunnen overlaten aan een robot auto die zelf zal rijden.

Resultaten

Joey Blankendaal (17 jaar)

1. Ja
2. Ja
3. Ja
4. Ligt aan de locatie, aardbevingen en tornados bijvoorbeeld kunnen natuurlijk niet altijd voorkomen worden bij het verkeer met zelfrijdende autos
5. Ja, het is wel beter als de drivers controle hebben als er iets fout gaat binnen of buiten de auto, technologie is nog niet ver genoeg om alle gevaren 100% te analyseren en voorkomen zoals het menselijk brein
6. Ja, wegen worden waarschijnlijk veel simpeler dankzij de automatisering in machines zelf.
7. Handige uitvinding, brengt zeker een contributie aan de maatschappij
8. Slapen, eten of op mn laptop/phone iets doen
9. 8, handig voor de maatschappij.

Richard Stekelenburg (56 jaar)

1. Nee, vind zelf autorijden leuk.
2. Als de techniek bewezen is niet. Maar ik wil het niet.
3. Dat geloof ik wel anders word het niet toegestaan.
4. Ik denk dat dat wel opgelost voor het wordt toegestaan.
5. Ja, ook computers kunnen uitvallen.
6. De verkeersregels zullen niet veel hoeven wijzigingen. De wet wel.
7. De techniek is mooi, maar van mij hoeft het niet.
8. Ik blijf lekker zelf rijden.
9. Een 9

Caroline Leegwater (52 jaar)

1. Nee, ik vind zelf rijden nog veel te leuk.
2. Nee, dit lijkt me heel lastig.
3. Waarschijnlijk wel. Maar dan moet ook iedereen een zelfrijdende auto hebben.
4. Volgens mij blijft dat altijd. Sneeuw of ijzel
5. Zeker, zowel een stuur als rijles.
6. Dat denk ik niet, maar de wet wel, denk ik.
7. Wat ik tot nu zie hoe de zelfrijdende auto's eruit zien, laat dan maar zitten.
8. Lezen, om heen kijken en muziek kijken.
9. 6

Levi Roelofsma (16 jaar)

1. Ja
2. Ja
3. Nee
4. Nee
5. Ja
6. Nee
7. Mooie uitvindingen
8. Telefoneren? Internetten
9. 8

Nienke Stekelenburg (16 jaar)

1. Nee, het lijkt mij leuk om zelf te rijden.
2. Nee, dan laat ik mijn leven en misschien dat van andere in handen liggen van een apparaat, liever niet. ik zou nooit 100% op een apparaat vertrouwen.
3. Nou dat misschien wel want je hebt altijd mensen waar ik van vind dat ze nooit een rijbewijs hadden mogen krijgen. en op sommige gebied is minder risico bijv. autorijden wanneer diegene heeft gedronken.
4. Ja, dat zou best kunnen op het gebied van gladheid en onderdelen minder goed werken als het vriest bijv.
5. Ja, want jij moet nooit 100% vertrouwen op een apparaat. je moet ook zelf kunnen inschakelen als er iets mis gaat.
6. Ja, dat denk ik zo wie zo ze moeten eerst de wet nog zien aan te passen en misschien nog qua kruispunten enz. ik denk dat het veel werk is voor dat je kan omschakelen naar een zelfrijdende auto.
7. Ik denk laat maar zitten laat mij later maar gewoon zelf rijden.
8. Slapen, op mijn telefoon zitten of film kijken.
9. 4

Dick de Groot

1. Ja
2. Niet makkelijk, maar als ik zou zien dat het goed gaat steeds makkelijker
3. Ja
4. Het wordt juist minder gevaarlijk omdat de robots beter rekening kunnen houden met de weersomstandigheden, mits deze goed worden gemeten en verwerkt.
5. Ja, je moet de mogelijkheid hebben om in te grijpen, en je moet weten wat deelnemen met een auto aan het verkeer inhoudt.
6. Ik weet niet precies wat jullie met deze vraag bedoelen, maar ik denk wel dat het een hele omschakeling is waarbij heel veel geregeld en verander moet worden. Het kan dus eigenlijk alleen als alles tegelijkertijd overschakelt.
7. Ik denk dat het een uitstekende uitvinding is om de verkeersveiligheid te verbeteren. Veel mensen zullen het echter wel jammer vinden omdat ze autorijden juist leuk vinden.
8. De eerste tijd waarschijnlijk heel erg opletten of de robot het wel goed doet. Als ik dat vertrouw praten, lezen of werken.
9. 8, vooral omdat de verkeersveiligheid er door wordt vergroot.

Darren Vledder (20 jaar)

1. Nee, zeker niet.
2. Nee liever niet, rijd nog altijd liever zelf.
3. Dat betwijfel ik nog maar, ik denk dat dat nog wel iets meer tijd nodig heeft.
4. Ja zeker weten, ik denk dat het lastig is om iets daar heel snel op te laten reageren.
5. Ja dat sowieso, anders wordt het wel en simpel dingetje om te doen. je moet toch de regels weten en zelf ook kunnen rijden.
6. Geen idee hoe ze dat doen met robot auto's maar zal gerust het een en ander aangepast moeten worden.
7. Ik vind het wel knap dat ze al die dingen uitvinden en tot ontwikkeling brengen. maar ik zou het zelf niet hoeven hebben.
8. Ja alles behalve opletten denk ik, met je telefoon of gezellig en biertje doen. en ik denk dat dat toch een beetje te gek wordt.
9. Ik zou het een 4 geven omdat ik het wel knap en grappig vindt, maar totaal niet interessant voor mezelf vind. lijkt me echt helemaal niks.

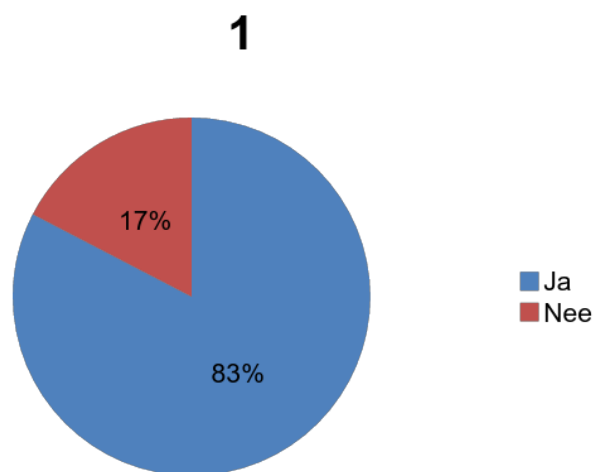
Enquête

Er wordt ook nog een enquête^[6] afgenomen bij anonieme mensen, maar hier hebben wij nog niet genoeg reacties op om dit te verwerken in dit bestand.

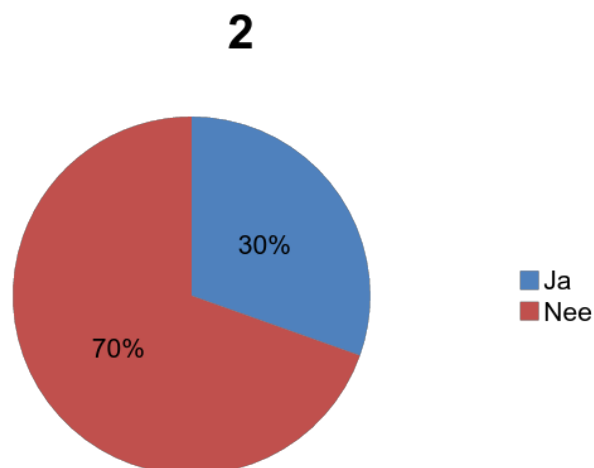
Resultaten enquête:

In totaal legden **23** respondenten deze enquête af.

Statistieken voor vraag 1 : Zou je een zelfrijdende auto willen hebben in bezit?

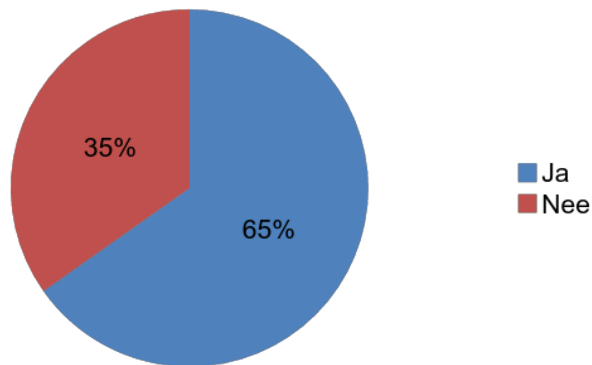


Statistieken voor vraag 2 : Kun je zonder moeite de controle overlaten aan een zelfrijdende robot?



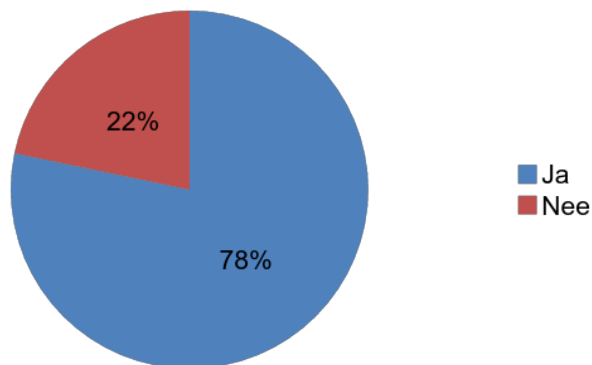
Statistieken voor vraag 3 : Denk je dat het een stuk veiliger wordt op de weg?

3

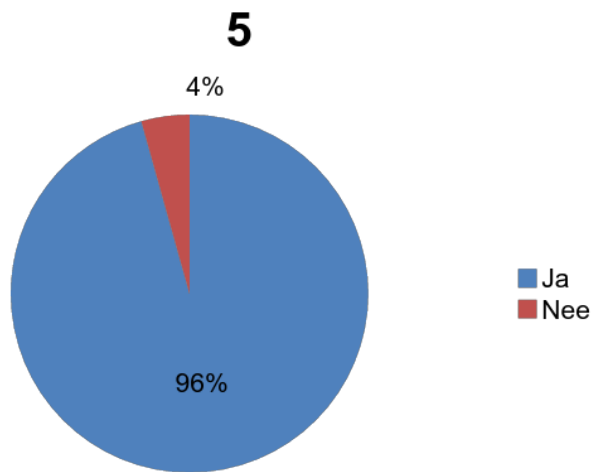


Statistieken voor vraag 4 : Kunnen de weersomstandigheden mee gaan spelen met de gevaren?

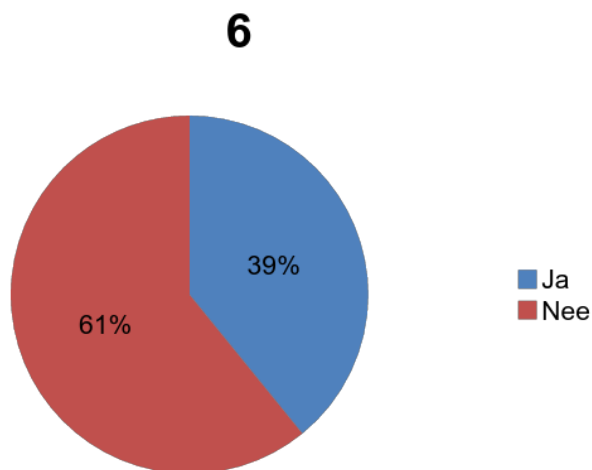
4



Statistieken voor vraag 5 : Vind jij dat er alsnog een stuur in moet zitten en dat je je rijbewijs moet halen?

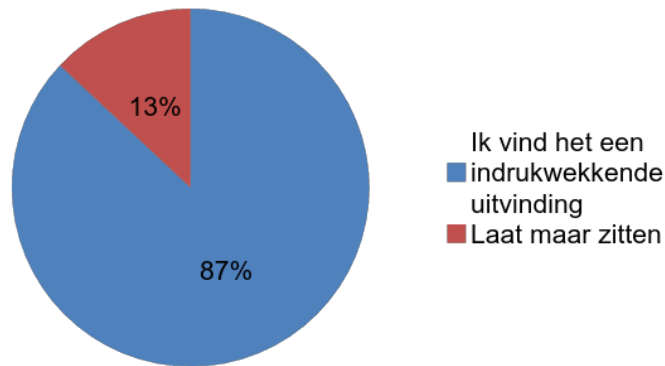


Statistieken voor vraag 6 : Denk je dat er veel moet veranderen aan verkeers onderdelen?(zoals wegen, verkeerslichten, stopborden, etc.)



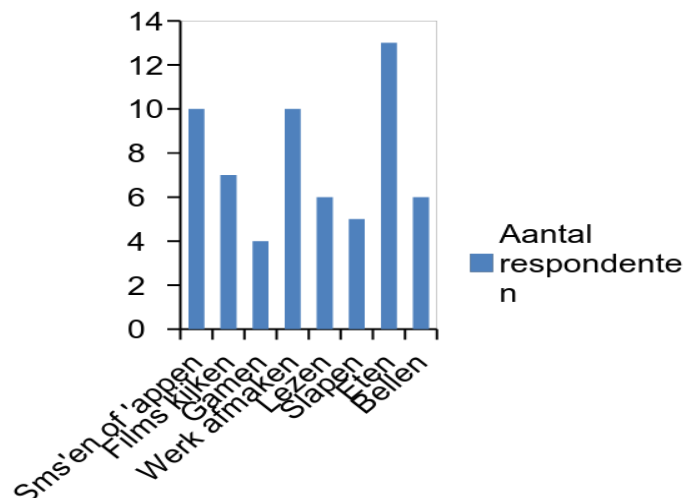
Statistieken voor vraag 7 : Vind je het een indrukwekkende uitvinding of denk je laat maar zitten?

7



Statistieken voor vraag 8 : Wat zal jij doen in de auto als je niet meer hoeft te sturen qua activiteiten?

8



Conclusie

Uit de ondervraagde blijkt dat veel mensen toch liever rijden maar dat zijn vooral mensen die al een rijbewijs hebben of die het gewoon veel te leuk vinden om te rijden. Er zijn mensen die het niet moeilijk vinden om de controle over te laten aan een robot maar de grootste groep mensen denk dat ze wel erg veel vertrouwen willen opbouwen voordat ze compleet de controle overlaten aan de auto. Ook kun je dus zeggen dat mensen gewoon bezig willen zijn met wat er op de weg gebeurd. Mensen geven het gemiddeld gezien toch een laag cijfer aangezien het rijden te leuk is en het toch best eng is. De meeste mensen zijn gewoon heel nieuwsgierig wat de toekomst ze zal brengen op dit gebied en durven deze mooie uitvinding zeker aan

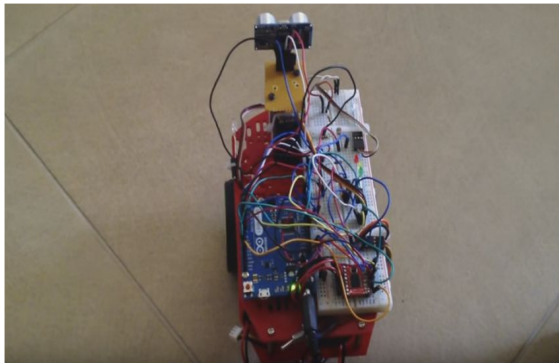
De eisen

Wat zijn de eisen die onze auto moet voldoen en wat kunnen als wensen erbij voegen?

Eisen	Wensen
Wij moeten zo ver mogelijk komen met de zelfrijdende auto door er zelf een in elkaar te zetten.	Wij willen gebruik maken van verschillende randapparatuur bij onze zelfrijdende auto.
De auto moet objecten kunnen herkennen en vermijden zodat er geen botsing ontstaat.	Gebruik maken van wifi client voor de statistieken en eventueel andere controle over de auto.(wanneer niet mogelijk zelf een afstandsbediening toevoegen.)
De auto moet zonder enige hulp goed kunnen sturen en bochten maken wanneer nodig.	Een mooi verwerkt eindproduct.
Frank moet beter leren programmeren of te wel meer er over weten en beter begrijpen waar hij mee bezig is.	Aansluiting op wifi client is een website die een livestream runt met de statistieken
De verschillende randapparaten moeten ook goed in werking komen wanneer de zelfrijdende auto rondrijdt.	Camera kan de rit filmen zodat wij kunnen zien of de auto nog grote fouten ondergaat.
De stuur motor(voor motor en de aandrijvings motor(achtermotor moeten tegelijk kunnen werken als een samenwerkend geheel.	Verschillende topsnelheden als het mogelijk is met de auto die we gaan gebruiken.
De auto moet op tijd kunnen remmen en versnellen op de juiste momenten ook moet er een goede afstand blijven tussen de auto en het object.	
Goed en nauwkeurig gebruik van Arduino.	
Goede samenwerking tussen de componenten.	
Een mooie duidelijke presentatie zodat mensen goed weten waar ze mee te maken hebben.	
Een goed baan maken als demonstratie voor de mensen zodat ze zien wat de auto kan.	

DIY Zelfrijdende Autootje

Mensen kunnen ook zelf hun eigen zelfrijdende auto bouwen. Of zij universiteit studenten of elektronische hobbyists zijn, iedereen kan er makkelijk eentje bouwen, of is dat wel zo? Wij gaan ons eigen zelfrijdende autotje proberen te bouwen, maar we weten ongeveer hoe we het moeten doen. Dus eerst kijken wij naar andermans werk van de zelfrijdende auto op allerlei verschillende manieren, om echt te begrijpen hoe ze in de praktijk werken.



Voorbeeld 1 [7]

Deze zelfrijdende auto kan rondzwerven zonder een obstakel of een voorwerp te raken. Het is gemaakt door Antonis Maglaras met behulp van Arduino. Arduino is een microcontroller die wordt bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in het maken en ontwerpen van slimme en creatieve objecten die kunnen reageren op hun omgeving. De kop van het autootje is een ultrasoon sensor. De sensor meet de afstand met het gebruik van echolocatie en wordt gebruikt om frontale botsingen te vermijden. De sensor is geplaatst op een servomotor. Daarmee kan de sensor om zich heen kijken.



Wanneer het voertuig een voorwerp niet waarneemt of als het voorwerp ver weg is, wordt de versnelling verhoogt. Maar wanneer het voorwerp steeds dichterbij komt, dan verlaagt de versnelling.

Als het voorwerp dichtbij is, stopt het voertuig met rijden en kijkt het om zich heen. Wanneer het een opening vindt, rijdt het zich naar achteren en keert naar de opening. Maar als het erg dichtbij is en er geen opening wordt gevonden, dan gaat de auto terug.

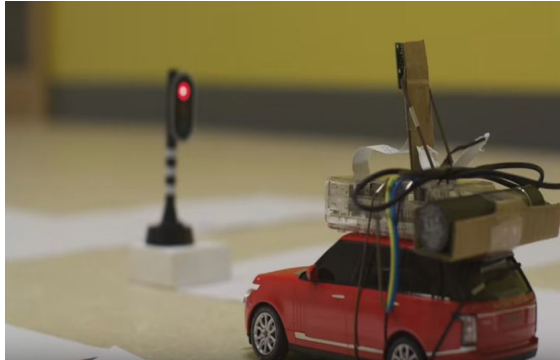
Er is een camera geplaatst onder de ultrasoon sensor en de servomotor. Ongelukkigergwijze heeft het voertuig geen WiFi module om een

video feed naar de computer te livestreamen.

Maar de gebruiker kan na de demonstratie de uitzending via een usb-kabel naar de computer uploaden.

Er is ook een photoresistor aan de voorkant van het voertuig geplaatst. Wanneer de omgeving donker wordt, gaan de lampjes branden. Hoewel er geen licht nodig is om de

sensor te laten werken, kan het op zich voor de passagiers in een echte zelfrijdende auto gebruikt worden als navigatie licht en voor de camera kan het als betere verlichting dienen.

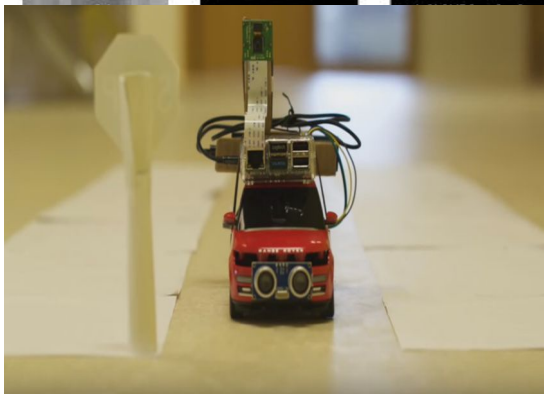
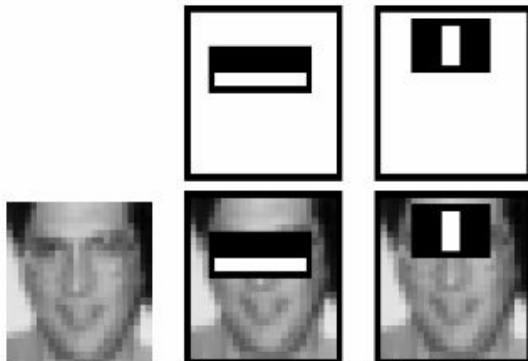


Voorbeeld 2 [8]

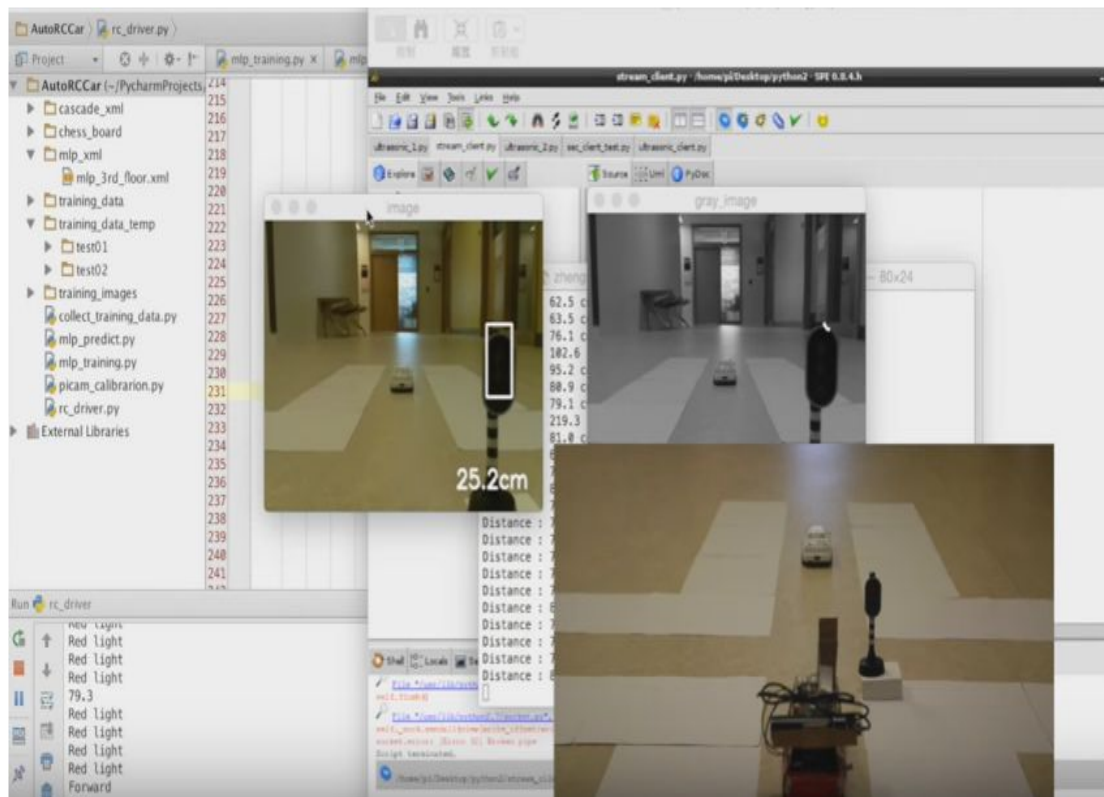
Deze auto kan een weg onderscheiden, bochten maken, voor een stopbord stoppen, bij een verkeerslicht wachten en bij een obstakel stoppen voordat er een botsing ontstaat.

Gemaakt door een student uit Bridgewater State University, deze zelfrijdende auto werkt met behulp van OpenCV Python. OpenCV Python is een bibliotheek van Python (een programmeertaal) ontworpen om computervisie problemen op te lossen.

Het wordt gebruikt als de besturing van de auto. In de programmering van OpenCV wordt er een bepaalde algoritme gebruikt. Haar-like features zijn digitale afbeelding functies die worden gebruikt in het herkennen van objecten.



In dit geval wordt het namelijk gebruikt om stopborden en verkeerslichten te detecteren. Zoals het vorige voertuig, deze auto maakt ook gebruik van de Arduino en de ultrasoon sensor om frontalen botsingen te vermijden. Daarnaast wordt er een camera en Raspberry Pi gebruikt zodat de gebruiker de video en de vectoren van de sensor via zijn/haar computer kunt zien.

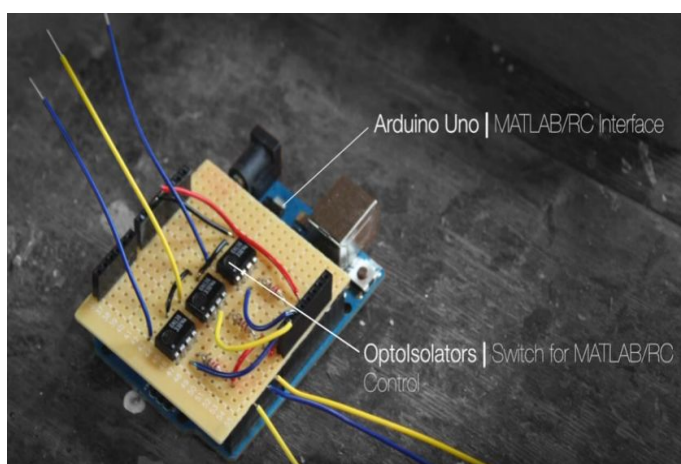


Voorbeeld 3 [9]

Gemaakt door drie studenten van Brown University, deze auto was ingediend voor MATLAB Student Design Challenge. Daarmee wordt bedoeld dat deze auto ook gebruikt maakt van een puur wiskundige programmeertaal, MATLAB.

Dit keer is de Arduino niet aangesloten aan de motor van het autootje en ook heeft het een eigen kunstmatige intelligentie. Om de auto te laten rijden, stuurt de arduino informatie in radiosignalen naar het autootje en het autootje zal reageren. De intelligentie werkt met behulp van een neurale netwerk. Het werkt net als een brein, je traint het en dan wordt het "brein" steeds beter.

De autonome auto is erg professioneel gebouwd, met duurzame componenten, nauwkeurige gereedschappen en ook is elk onderdeel ambachtelijk goed gemaakt.



Het maakt gebruik van optocoupler schakelaars om elektrische signalen van MATLAB berekeningen in radiosignalen naar het besturingssysteem van het autootje. De Arduino bevindt zich in een geïsoleerde houten doosje met andere componenten. Bovenop het

autootje bevindt zich een iPhone om de video te streamen en naar de MATLAB schakelaars door te sturen via het WiFi netwerk.



In het begin van de training, zal het autootje eerst een paar keer handmatig bestuurd worden door signalen via de computer door een persoon.

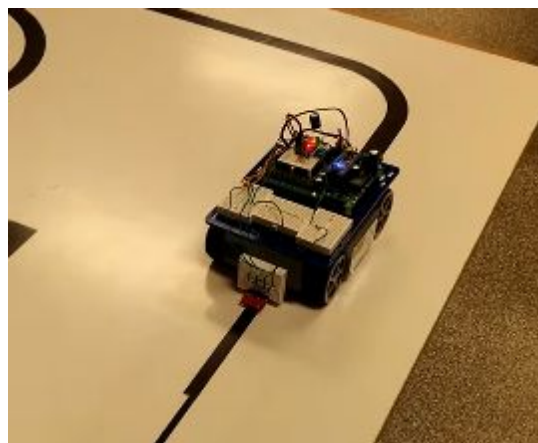
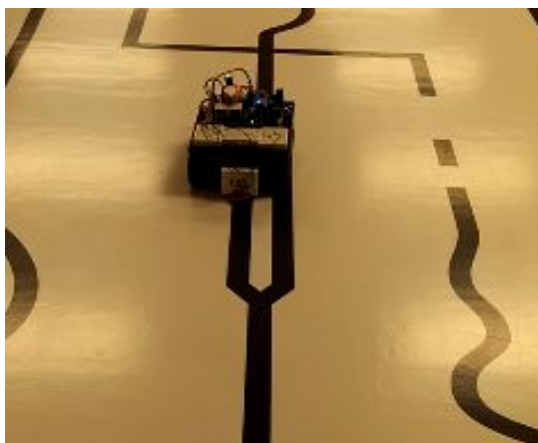
Daarna wordt er een analyse gemaakt van elke pogingen en MATLAB onthoudt dan elke poging. Uiteindelijk bestuurt het autootje zichzelf zonder menselijke inputs.

Voorbeeld 4 [10]

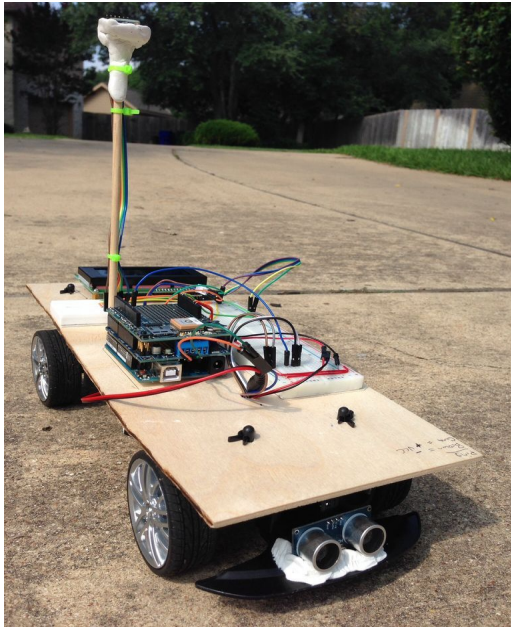
Dit autootje heeft maar een eenvoudige opdracht en dat is de zwarte lijn volgen. Zoals gewoon, is de Arduino op een speelgoed auto geïnstalleerd en de arduino geeft signalen naar de motor om te zorgen dat de auto gaat rijden.

Er zijn drie sensoren aan de voorkant van de auto geplaatst (helaas werd er niet aangeduid wat voor sensor het zijn) en die sensoren bepalen waar de auto moet draaien door de snelheid van twee servomotoren. Zelfs als er gaten op de weg zijn, kunnen de sensoren alsnog de weg goed onderscheiden dit leidt er dus toe dat de auto de gaten met gemak kan vermijden.

In 't geheel, heeft de auto niet zoveel vrijheid als de vorige voorbeelden. Maar het is een goed voorbeeld voor een autonome transport zoals een bus of een vrachtwagen die van A naar B moet reizen.



Voorbeeld 5 [11]



Deze auto kan autonoom door een serie van GPS coördinaten navigeren, terwijl het eventuele obstakels vermijdt die de auto op de weg tegenkomt.

De arduino maakt gebruik van een motor shield, een magnetometer, een GPS shield, een ultrasoon sensor en een LCD-scherm.

De analoge pinnen van een Arduino hebben niet genoeg spanning om de motoren goed te laten werken. De motor shield heeft speciale pinnen die zorgen dat de motoren van de afstand bedienbare auto beter kunnen presteren.

De magnetometer werkt als een kompas voor de navigatie.

De GPS shield zorgt dat de Arduino coördinaten

van de GPS krijgt. Zo kan de auto de weg weten.

De ultrasoon sensor meet de afstand tussen de voorwerp en zichzelf met behulp van echolocatie.

Uiteindelijk kan de LCD-scherm de statusinformatie van de auto weergeven.

De weergegeven status informatie bestaat uit acht grootheden:

Grootheid	Eenheid	Bedoeling
target heading	tH	De richting naar het huidige doelpunt (wordt in graden uitgedrukt).
current heading	cH	De huidige richting waarin de auto toekijkt (wordt in graden uitgedrukt).
Error	Err	Het verschil tussen de current heading en de target heading (wordt in graden uitgedrukt). De pijl geeft aan of de richting links of rechts is.
Distance	Dist	De afstand tussen de huidige coördinaten van de auto en de coördinaten van het doelpunt (wordt in meter uitgedrukt).
Sonar distance	Snr	De afstand tussen het voorwerp voor de auto en de sensor (wordt in meter uitgedrukt).
Speed	Spd (0-255)	De snelheid van de auto (wordt uitgedrukt op de schaal van 0 t/m 255).
Memory	Mem	De hoeveelheid vrije ruimte van de geheugen van de Arduino (wordt in bytes uitgedrukt).
Waypoint	WPT n OF x	Geeft de hoeveelheid doelpunten (n) de auto doorheen ging van de hoeveelheid gewenste doelpunten (x).

Daarnaast maakt de Arduino gebruik van channel module, zodat van een groot afstand de robot met een afstandsbediening kan worden bestuurd. De taken zijn bijvoorbeeld de auto op starten of stil zetten.

Resultaat

Van al deze voorbeelden kunnen we een hoop leren, vooral dat er een hoop manieren zijn om een zelfrijdende auto te maken. Ook zijn er veel verschillende software die je zou kunnen gebruiken voor de code en de gegevens. Je kan ook heel goed zien dat elke auto weer gebruik maakt van verschillende functies en mogelijkheden op deze manier. Voor ons is het zeer handig om er verscholen tips en trucks uit te halen en ook als inspiratie. Hierdoor is het de bedoeling dat wij er veel van leren, zodat we als het goed is zover mogelijk zullen komen met de zelfrijdende auto en ook dat het duidelijk is voor de lezer wat de mogelijkheden zijn, wanneer je met een zelfrijdende auto aan de slag zult gaan.

Door meer voorbeelden te gebruiken des te makkelijker is het om zelf met een auto te komen, omdat je heel veel ideeën opdoet, wanneer je bezig bent met het lezen over verschillende type zelfrijdende auto, inclusief het kijken van video's over de zelfrijdende auto en de hardware/componenten voor het gebruik bij de bouw. Als je video's kijkt kun je ook duidelijk zien hoe het er in het echt aan toe gaat.

Componenten

De voorbeelden gaven ons een brede selectie van methodes die wij kunnen gebruiken om een eigen zelfrijdende auto te bouwen. Hieronder staat een lijst van componenten/randapparaten, de belangrijkheid of de component aan een van de eisen overeenkomen en uitleg.

Er zijn nog kleinere onderdelen die wij nodig hebben om de zelfrijdende auto te bouwen. Die zullen wij ook noteren.

Waarom Arduino? [12]

Wij zullen Arduino gaan gebruiken, omdat het opensource is en iedereen kan het eenvoudig gebruiken. Ook hebben we al wat ervaring met Arduino. Het is zeer handig voor het gebruik van verschillende projecten. Het is ook zeker belangrijk voor onze vervolgopleiding aangezien we er dan ook mee in aanmerking komen. De Arduino Uno past perfect bij de auto die wij zullen gebruiken.

Component	Belangrijk	Beschrijving en doel van het gebruik
Arduino Uno [13]	Essentieel	Dit is een open-source microcontroller waar je makkelijk mee kan programmeren en waarmee je interactieve elektronica kan maken.
Arduino WiFi-Shield [14]	Wens	Dit bordje kan bovenop de Arduino worden geplaatst en het breidt de mogelijkheden uit. Het zorgt ervoor dat Arduino toegang tot wifi heeft.
Arduino Motor Shield [15]	Essentieel	Dit bordje kan bovenop de Arduino worden geplaatst en het breidt de mogelijkheden uit. Het zorgt ervoor dat de motoren aangesloten worden aan de Arduino en een hogere spanning krijgen, dan wat een Arduino kan bieden.
Afstand bestuurbare auto	Essentieel	Het voertuig dat de componenten zal verplaatsen.
Servomotor [16]	Essentieel	Een apparaat om automatisch een mechanisch systeem te regelen. Het kan alleen 180 graden draaien.
Ultrasoon sensor [17]	Eis	Een sensor die de afstand meet met behulp van echolocatie.
Camera [18]	Wens	Deze module zorgt voor beeld. Hopelijk kunnen wij met behulp van WiFi-shield de livefeed naar de website uitzenden.
Photosensor [19]	Wens	Deze sensor kan de hoeveelheid licht in de huidige omgeving meten. Zoals gezien in voorbeeld 1 van de DIY zelfrijdende auto werd het gebruikt om in het donker de voor lampjes aan te zetten.
Raspberry Pi [20]	Waarschijnlijk	Een ontwikkelbare, interactieve computer waarmee je makkelijk interactieve elektronica kan maken. Hiervoor hebben we het waarschijnlijk nodig, want het kan beter livefeed via wifi uitzenden, Maar het is een prijzig computertje.
Mobiel telefoon	Onnodig	Werd in voorbeeld 3 van DIY zelfrijdende auto gebruikt als camera. Dit hebben we het niet nodig, want we hebben al een camera module.
Optocoupler [21]	Onnodig	Een kleine geïntegreerde schakeling waarin zich een led-lampje en een lichtgevoelige transistor plaatsvinden. Een serie van deze schakelingen kunnen informatie overdragen zonder dat ze elektrisch verbonden met elkaar zijn. Dit hebben we het niet nodig, want we kunnen

		beter gewone jumper draden gebruiken.
LCD-scherm [22]	Wens	Het is een plat beeldscherm met een lage energieverbruik. Hier wordt het gebruik van de auto in statistieken weergegeven.
Magnetometer [23]	Onnodig	Het is een meetinstrument die wordt gebruikt om de grootte van een magneetveld te meten. In voorbeeld 5 wordt het als kompas gebruikt. Hierbij hebben we het niet nodig, want ons autootje is gemaakt om in kleine banen te rijden.
Arduino GPS Shield [24]	Onnodig	Dit bordje kan bovenop de Arduino worden geplaatst en het breidt de mogelijkheden uit. Het verzamelt de huidige coördinaten van de GPS signalen. Hierbij hebben we het niet nodig, want ons autootje is gemaakt om zelf binnen te rijden.
IR-ontvanger sensor [25]	Wens	Deze sensor ontvangt de infrarode signalen van de afstandsbediening.
Afstandsbediening [26]	Wens	Een toestel waar je vanaf een afstand iets mee kan besturen, regelen of bedienen.

Kleinere component	Beschrijving en doel van het gebruik
Jumper draad [27]	Een elektrische draad of een groep van hen. Een kabel met een connector of pin aan elk uiteinde. Wordt gewoonlijk gebruikt om de componenten van een breadboard of testschakeling, intern of andere apparatuur zonder te solderen.
Breadboard [28]	Een plastic of pertinax bordje, dat gebruikt wordt om elektrische schakelingen tijdelijk op te bouwen.
9V batterij clip [29]	Een speciale module waar spanning van een 9V batterij naar de Arduino wordt verplaatst.
Weerstand [30]	Het is een voorwerp dat dient om de doorgang van elektrische stroom te bemoeilijken en er weerstand aan te bieden, met als gevolg een spanningsverlies over de weerstand.
Condensator [31]	Een elektrische component die tijdelijk elektrische lading opslaat. Daarmee kun je de spanning op een constante waarde reguleren.

Ledlamp [32]	Een lichtgevende diode. Het geeft vooral licht en kan ook in bepaalde kleur worden weergegeven.
Stroomschakelaar [33]	Een drukschakelaar die de elektrische stroom kan doorlaten of onderbreken.

Gereedschappen en benodigdheden

Hieronder staat er een lijst van gereedschappen die wij zullen nodig hebben om de auto te bouwen.

Gereedschap / benodigdheden	Beschrijving
Soldeerbout [34]	Een gereedschap met een metalen punt dat verwarmt soldeertin tot vloeibare metaal, zodat de tin de onderdelen in elkaar vasthecht.
Soldeertin [35]	Een legering van metalen die de onderdelen aan elkaar houden.
Schroevendraaier	Een stuk gereedschap waarmee schroeven worden aangebracht en verwijderd.
Houten bordje	Een houten plaat waarmee de componenten zoals de Arduino en de batterij stevig kan liggen. Die wordt bovenop de auto geplaatst, want we nemen aan dat er niet genoeg ruimte is voor al de componenten.
Lijmen	Plastic en andere niet-metalen onderdelen elkaar vastmaken.

Technieken

Hieronder staat er een lijst van technieken die wij kunnen gebruiken om de auto te maken en om zorgen dat het werkt.

Techniek	Beschrijving
Kunstmatig intelligentie / Neuraal netwerk [36]	Het idee van de werking van een brein (groep van verbonden zenuwcellen). Nieuwe invoer zoals beeld, geluid en tekst kunnen worden verwerkt tot geheugen of uitvoer. Daarmee kan bijvoorbeeld een robot verbeteringen maken of een actie imiteren. Waarschijnlijk gaan we dit niet behandelen, want we gebruiken de bijbehorende programma, Python, niet.
Reverse engineering [37]	Het onderzoeken van product om daaruit af te leiden wat de eisen zijn waaraan het product probeert te voldoen, of om de precieze interne werking ervan te achterhalen.
Logisch programmeren [38]	De studie of uitvoering van computerprogramma's die in staat zijn om aanwijzingen van formele uitdrukkingen of segmenten te ontdekken of controleren.
Functioneel programmeren [39]	Een programmeer stijl. Alle informatieverwerkingen worden in functies uitgedrukt. In plaats van lijnen van codes bij elke verwerking te plaatsen, kun je meteen alle lijnen van codes in een lijn code noteren.

Programmeertalen

Om de zelfrijdende auto te werken moeten we ook programmeren. Nadat we informatie over zelfrijdende auto uit de voorbeelden van DIY zelfrijdende auto's hebben gevonden, weten we ongeveer welke talen zijn geschikt om te kunnen gebruiken.

Arduino IDE/C++



Arduino heeft zijn eigen software, Arduino IDE [40], waarmee je programmeer scripts kunt schrijven en direct naar je Arduino kan uploaden.

Arduino maakt gebruik van C++ [41], een multi-paradigma taal. Het is een taal waarbij er verschillende programmeertechnieken en -concepten door elkaar kunnen worden gebruikt. De Arduino is een bibliotheek [42] van een verzameling van functies in vooraf geschreven scripts, waarmee je alleen de verwijzingen [43] van de functies in de scripts hoeft op te roepen. Daarmee hoeft je geen nieuwe

functies in C++ te bouwen en het neemt veel geheugen op. [44]

Je hoeft ook geen nieuwe talen te leren (als je C++ kent) om Arduino te beheersen. C++ en het gebruik van Arduino bibliotheek is erg simpel door de simplistische logica en denkpatronen.

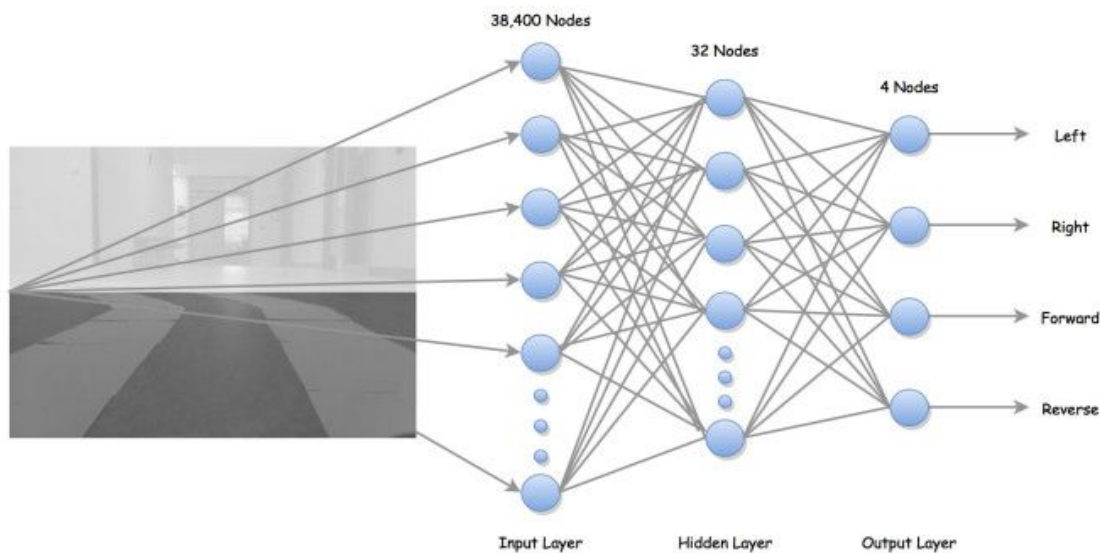
Python



Python [45] is een belangrijke aspect geworden binnen de desktop omgeving voor het automatiseren van bepaalde taken. Het eerste concept van Python werd gemaakt in de jaren 80 door een Nederlandse programmeur. De eerste versie van Python zoals we die gewend zijn werd beschikbaar in 1989. Python kreeg meer updates over de jaren heen maar in 2008 kwam Python 3.0 op de markt en de eerdere fouten werden verbeterd. Het wordt nu over de hele wereld gebruikt voor veel verschillende projecten. Zelfs NASA heeft Python gebruikt voor

het verbeteren van problemen. Een groot succes op de markt van open-source

programmeertalen kun je het dus zeker noemen.



Python kun je gebruiken om neurale netwerken te creëren. Er worden signalen ontvangen in de vorm van beeld zoals hierboven is weergegeven. Deze worden doorgegeven aan de nodes van de input layeren, gaan ze naar de hidden layer en daar worden ze verwerkt. En dan worden ze versimpeld en doorgegeven aan de output layer waar ze een uitvoerend signaal worden. En met de gebruik van OpenCV [46], een bibliotheek ontworpen om computervisie problemen op te lossen, kan het met een bepaalde algoritme b.v. een stoplicht waarnemen.

We gaan het niet gebruiken omdat het een heel ingewikkeld proces is en het goed kunnen beheersen van Python gaat heel lang duren.

Matlab



Matlab [47] is software die je kan gebruiken voor allerlei wiskundige toepassingen en het weergeven van statistieken. Ook voor het maken van grafieken en een grafische gebruikersinterface, de basis is de M-code de M programmeertaal. Dit programma kan ook samenwerken met andere programmeertalen zoals C, C++, C#, Java, Fortran en Python. De ontwikkeling van het programma begon in de jaren '70 en in de jaren '90 werd er meer upgedate aan het programma.

We zullen het programma niet gaan gebruiken aangezien het een heel prijzig programma is en wiskunde is ook een moeilijk vak om mee aan de slag te gaan. Als je kijkt naar voorbeeld 3 van voorgaand onderzoek dan zie je dat Matlab gebruikt wordt voor het onthouden van de acties die door besturing geleerd worden. Waardoor de auto uiteindelijk zelf gaat rijden door berekeningen te maken die de besturing bedienen.

ASP.NET (HTML/CSS/PHP)



Dit wordt gebruikt om een website in elkaar te zetten. Wij gaan dit gebruiken als de WiFi-module werkt om de statistieken te kunnen weergeven van de auto achter de computer. Hopelijk kunnen we dan ook bevelen op geven zodat de auto zich daar aan houdt maar dit is een wens van ons b.v. de snelheid van de auto en het limiet van de nabijheid tussen de auto en de objecten. Het is een software gemaakt door Microsoft die een concurrent is van PHP in dit geval.

ASP.NET is een zeer duidelijke taal die veel tools mee geleverd om dingen toe te passen bij je website. Er wordt beweert dat ASP.Net minder gevoelig is voor errors als PHP [48]. Het programma wordt wel iets minder gewaardeerd dan PHP aangezien je ervoor moet betalen.

Als we ASP.NET niet kunnen gebruiken, dan zullen we eventueel gebruik kunnen gaan maken van de Arduino Web Client [50]. De Web Client is ook een methode in Arduino IDE van het gebruik van wifi voor het verzenden van gegevens die door de sensoren aangesloten op de Arduino en worden opgenomen nadat ze verzonden zijn naar de computer en dan komt het in principe op hetzelfde neer als met ASP.NET [49].

Johnny-Five/Javascript



Dit framework was niet te vinden in de lijst van voorbeelden van DIY zelfrijdende auto's. Echter hebben we dit hier bijgevoegd, want het is een bekende framework die door veel robot-ontwerpers wordt gebruikt.

Johnny-Five [51] is een programming framework die gebruik maakt van javascript[52] en node.js [53], een taal (javascript) die meestal wordt gebruikt om webapplicaties te bouwen en een

softwareplatform (node.js) waarop men applicaties kan draaien en ontwikkelen. Het is speciaal gemaakt om robots te ontwerpen. Ook wordt het vooral gebruikt door de bruikbaarheid van verschillende platforms en hardwares (dus niet alleen Arduino), en het gebruik van Javascript.

Mensen die veel van Javascript weten maken meer gebruik van dit framework, dan Arduino IDE. Wij zullen dit framework gebruiken als we lastig hebben om de connectie tussen onze website en de autootje te verbinden.

Conclusie

Onze eerste prioriteit is zorgen dat de autootje zelf kan rijden, dus het versturen van statistieken en livefeed worden weergegeven achter de computer en wordt namelijk onze tweede keuze.

Daarbij maken we eerst gebruik van Arduino IDE, want dat is het meest, simpele taal die we kunnen leren vanuit de voorgaand, genoemde programmeertalen.

Het gebruik maken van Python en MATLAB is overdreven voor ons project, erg prijzig en het zal ons veel tijd kosten om die te beheersen.

Daarnaast wordt de website eerst namelijk in ASP.NET gebouwd door de software, Visual Studio 2015. Het is een geïntegreerde ontwikkelomgeving waar je veel verschillende projecten van verschillende talen kunt maken.

Als het bouwen van de website in ASP.NET niet lukt, bouwen we het in PHP zoals we in de vak Informatica hebben geleerd.

Het bouwen van zelfrijdende auto

Het plan

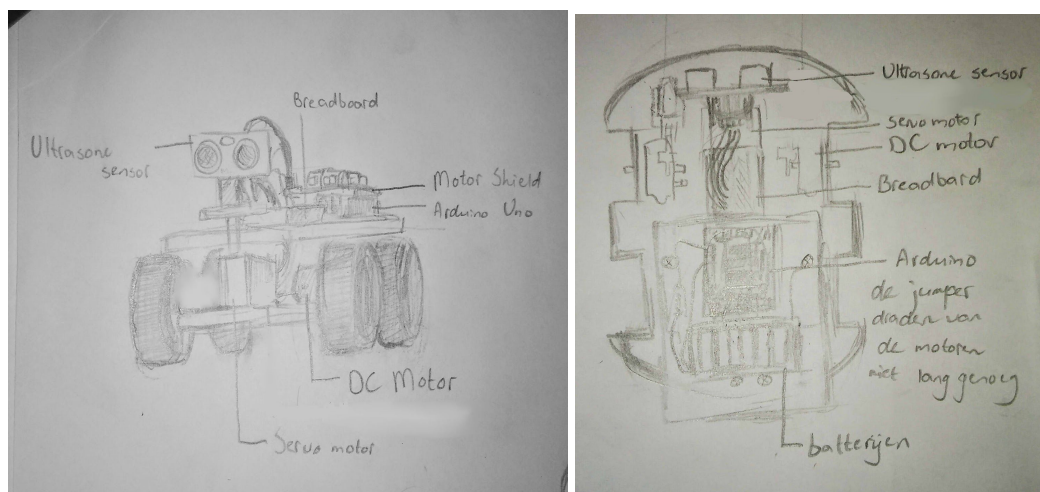
Om onze eigen zelfrijdende auto te bouwen, moeten we eerst plannen. We moeten een lijst maken van componenten aan de hand van onze prioriteit. Ook moeten we de autootje bestuderen hoe het werkt met behulp van 'reverse engineering'. Daarna moeten we een blueprint van onze autootje ontwerpen en een schakeldiagram van allerlei component die samenstellen creëren. We moeten onze ontwerp voor de zekerheid door specialisten (zoals een natuurkundedocent of een elektrotechnicus) laten checken of het klopt.

Na de controle kunnen we aan de slag. Met behulp van van gereedschappen, technieken en de planning, zal het samenstellen van de componenten geen probleem zijn.

Met behulp van de lijst componenten en schakeldiagram kunnen we zien welke componenten we hebben gebruikt en hoe ze met elkaar samenwerken. Daarmee kunnen we makkelijk de functies programmeren.

Ook plaatsen wij plaatjes van het ontwikkelen van de zelfrijdende auto. Geheel maakt het verbeelden makkelijker.

Ontwerp



We bouwen onze zelfrijdende auto op basis van voorbeeld 2. Het lijkt ons leuk dat de servo motor zorgt dat de ultrasoon sensor bovenop om zich heen kan kijken.

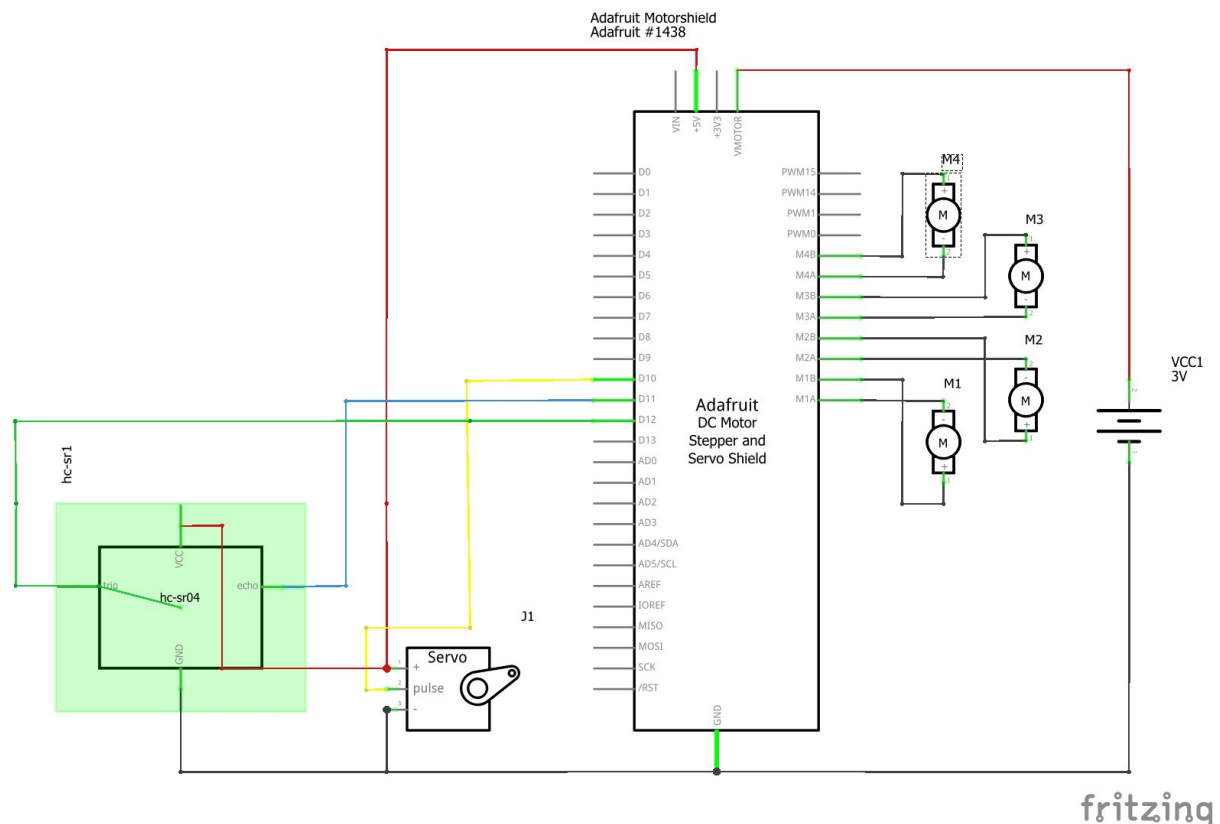
Componenten

Naam	Quantiteit	Toelichting
Arduino UNO	1	Deze wordt de brein van de zelfrijdende auto.
Motor Shield	1	Deze zorgt dat de motoren goed kunnen reguleren.
Ultrasoon sensor	1	Deze sensor neemt de afstand tussen de voorwerp waar.
Servo motor	1	Deze motor zorgt dat de ultrasoon sensor omheen kan kijken.
Breadboard	1	Verbindt de componenten samen naar de Arduino.
DC motor	4	Deze zorgen dat de wielen kunnen draaien. Ook kun je bepalen of de motoren vooruit of achteruit draaien door te programmeren.
Jumper draden	20	Deze werken als verbinding tussen de componenten en de Arduino.
6xAA Batterijhouder	1	Houdt 6 AA batterijen en werkt als de spanningsbron.
Schuifschakelaar	1	Zorgt dat je de zelfrijdende auto aan- en uitzetten.
Houtenplank	1	Als de fundatieplaat voor de Arduino en de batterijhouder.

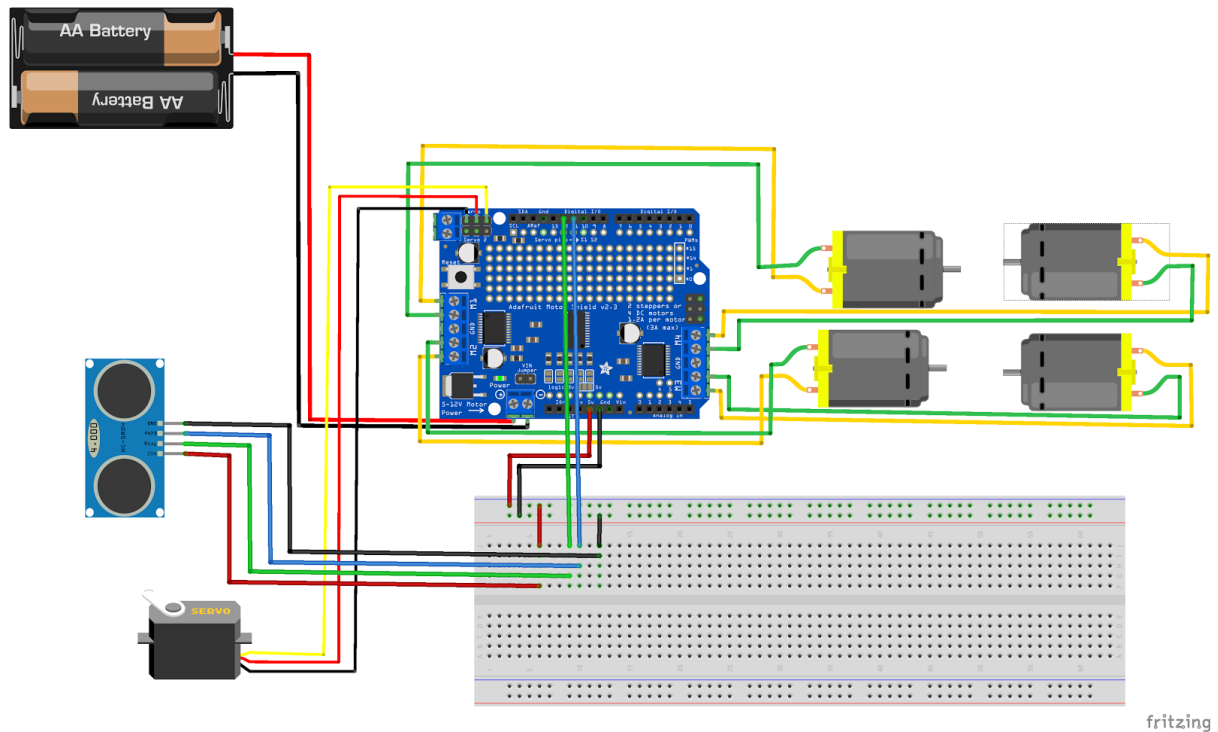
De breadboard zorgt dat de ultrasoon sensor met de Arduino kunnen verbinden, want wij vermoeden dat de jumper draden niet lang genoeg zijn om rechtstreeks naar de Arduino te verbinden.

Wij hebben onze schakeldiagram en breadboardplan met Fritzing [54] gemaakt. Fritzing is een open-source software waar je Arduino blueprints in schakeldiagram, breadboardplan, PCB en code in één file kunt ontwerpen.

Ontwerp 1



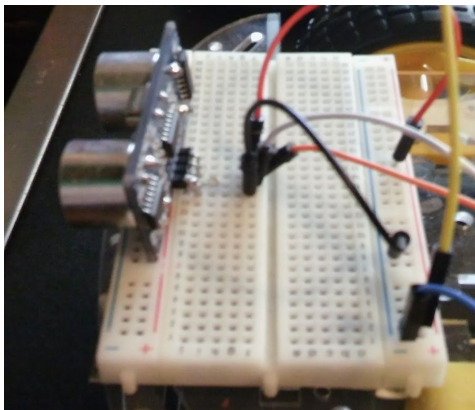
Een schakeldiagram voor ons autootje (om aan te tonen hoe dat er uit ziet)



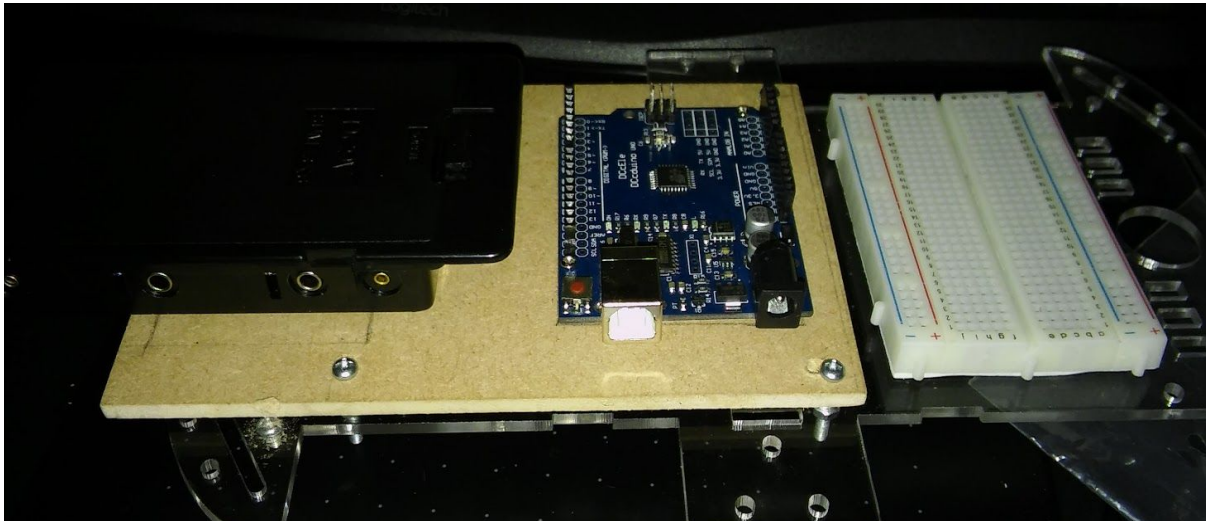
Een breadboardplan

(de AA batterij moet in zestallen zijn, want de tweetallen heeft niet genoeg kracht om alle motoren te uitoefenen en het was de enige optie in Fritzing).

Uitwerking



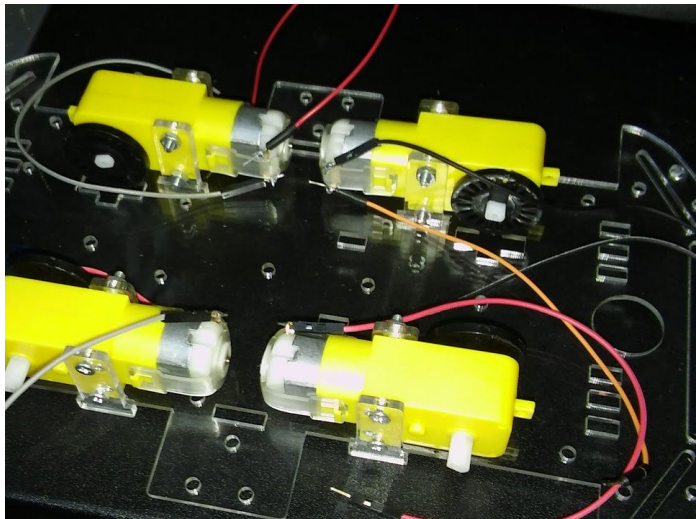
We hebben de auto gebouwd aan de hand van een ontwerp. Het ging niet zoals hoe we het wilde hebben. De servo motor lag niet stevig aan motorkap van de autootje. Ook konden wij geen fundatieplaat voor de ultrasoon sensor vinden of maken. Dus draaiden wij de breadboard 90° tegen de klok in en plaatsten de ultrasoon sensor recht naar voren erop.



Houten Plankje als funderingsplaat voor de Arduino en de batterijhouder.

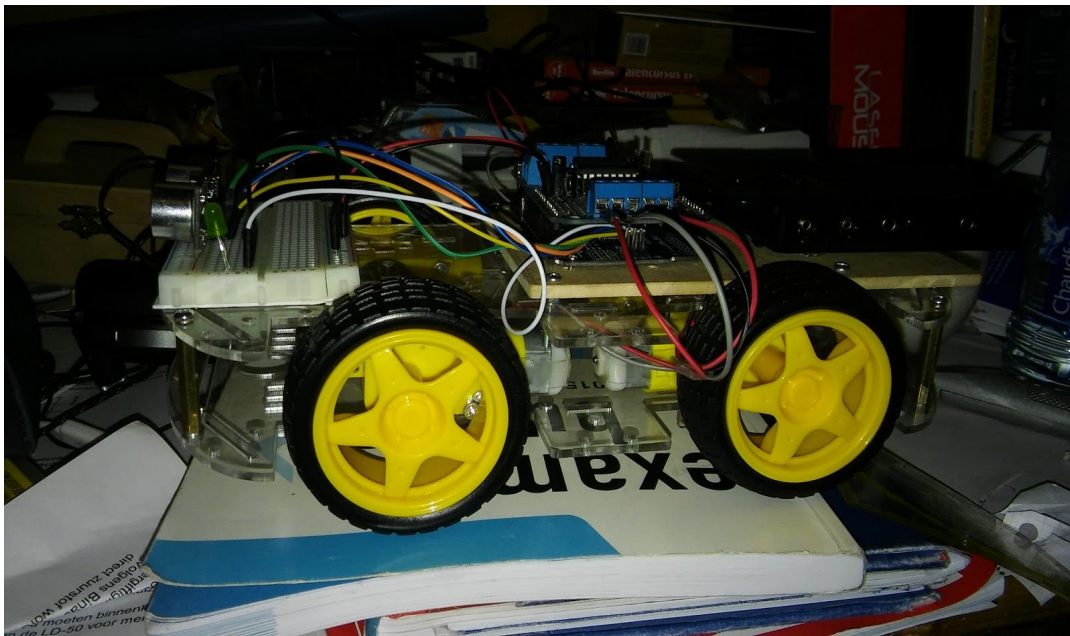
Het maken van de funderingsplaat zou een makkelijke opdracht zijn, maar het was lastiger dan wat we hadden verwacht. Bij de eerste poging hadden we de metingen verkeerd. De gaten voor de bouten en moeren pasten niet met de acryl plaat en de Arduino.

Bij de tweede poging hadden we uiteindelijk de juiste metingen en de funderingsplaat en deze past perfect met de acryl plaat.



De DC motoren hadden alleen soldeer kopjes, dus moesten we rode en zwarte draden aan de soldeer kopjes solderen. De rode draden worden getoond als 'voltage-in' en de zwarte draden als 'voltage-uit'.

We hadden te kort aan lange rode en zwarte draden, dus gebruikten we kleuren zoals oranje en wit (als rood) en grijs (als zwart).



Hoe de autootje eindelijk is geworden

De programmering

De programmering van de zelfrijdende auto is ontwikkeld in C++ op Arduino IDE. Dit gaan we in de Arduino uploaden met de gebruik van Arduino USB cable.

Deze kabeltje heb je standaard bij je Arduino en wordt gebruikt om verbinding te maken tussen jouw Arduino en jouw computer.

```
#include <AFMotor.h>
#define echoPin 10
#define trigPin 13
long duration, distance;

AF_DCMotor motorRA(1, MOTOR12_1KHZ);
AF_DCMotor motorRV(2, MOTOR12_1KHZ);
AF_DCMotor motorLV(3, MOTOR34_1KHZ);
AF_DCMotor motorLA(4, MOTOR34_1KHZ);

void setup() {
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);

  delay(5000);
  motorRA.setSpeed(50);
  motorRV.setSpeed(50);
  motorLV.setSpeed(50);
  motorLA.setSpeed(50);
  motorVooruit();
}
```

```

void loop() {
  meetAfstand();
  if (distance <= 15 && distance > 5) {
    motorStop();
    draaiLinks();
    meetAfstand();
    if (distance <= 15 && distance > 5) {
      draaiRechts();
      draaiRechts();
      meetAfstand();
      if (distance <= 15 && distance > 5) {
        draaiLinks();
        motorAchteruit();
      }
    }
  }
} else if (distance <= 5) {
  motorAchteruit();
  motorStop();
  draaiLinks();
  meetAfstand();
  if (distance <= 15 && distance > 5) {
    draaiRechts();
    draaiRechts();
    meetAfstand();
    if (distance <= 15 && distance > 5) {
      draaiLinks();
      motorAchteruit();
    }
  }
} else {
  motorVooruit();
}
delay(500);
}

```

```

void meetAfstand() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = (duration / 2) / 29.1;
}

```

```

void motorVooruit() {
  motorRA.setSpeed(150);
  motorRV.setSpeed(150);
  motorLV.setSpeed(150);
  motorLA.setSpeed(150);
  motorRA.run(FORWARD);
  motorRV.run(FORWARD);
  motorLV.run(FORWARD);
  motorLA.run(FORWARD);
}

```

```

void motorStop() {

```

```

motorRA.run(RELEASE);
motorRV.run(RELEASE);
motorLV.run(RELEASE);
motorLA.run(RELEASE);
}

void motorAchteruit() {
  for(int i; i < 200; i++) {
    motorRA.setSpeed(i);
    motorRV.setSpeed(i);
    motorLV.setSpeed(i);
    motorLA.setSpeed(i);
    motorRA.run(BACKWARD);
    motorRV.run(BACKWARD);
    motorLV.run(BACKWARD);
    motorLA.run(BACKWARD);
    delay(10);
  }
}

void draaiLinks() {
  for(int i; i <= 180; i++) {
    motorRA.setSpeed(120);
    motorRV.setSpeed(120);
    motorLV.setSpeed(120);
    motorLA.setSpeed(120);
    motorRA.run(FORWARD);
    motorRV.run(FORWARD);
    motorLV.run(BACKWARD);
    motorLA.run(BACKWARD);
    delay(10);
  }
}

void draaiRechts() {
  for(int i; i <= 180; i++) {
    motorRA.setSpeed(120);
    motorRV.setSpeed(120);
    motorLV.setSpeed(120);
    motorLA.setSpeed(120);
    motorRA.run(BACKWARD);
    motorRV.run(BACKWARD);
    motorLV.run(FORWARD);
    motorLA.run(FORWARD);
    delay(10);
  }
}

```

Het autootje kan eindelijk zelf rijden. Het autootje stopt met rijden op het moment als de auto een obstakel tegenkomt. De auto kijkt eerst links of er ruimte is en als dit niet het geval is kijkt het naar rechts. Als rechts ook geen ruimte is, keert het autootje weer naar voren, maakt een U-bocht en rijdt weer door.

De autobaan

Technical drawing of a complex polygonal layout, likely a track or field, with dimensions in meters and centimeters.

Dimensions:

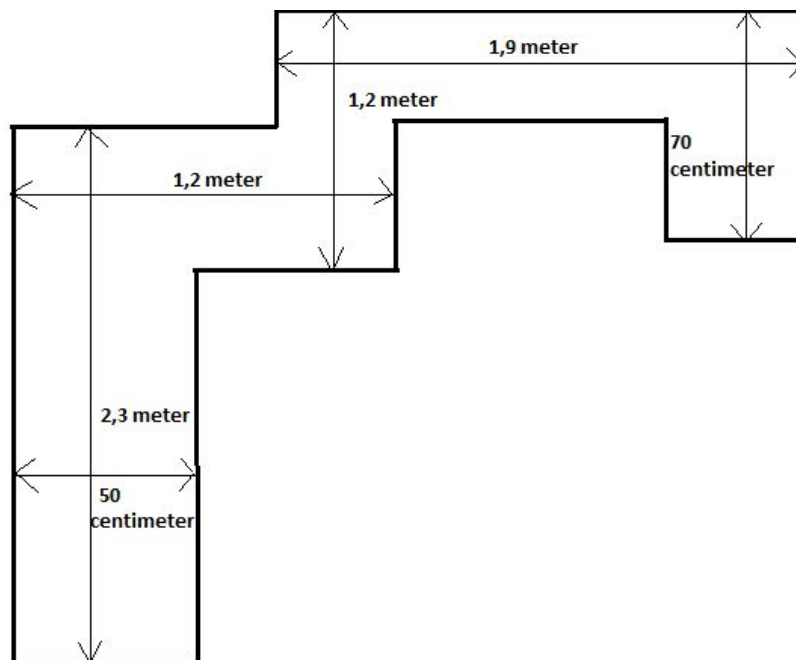
- Overall width: 3 meter
- Overall height (left side): 2,1 meter
- Overall height (right side, top section): 1,5 meter
- Overall height (right side, bottom section): 1,3 meter
- Internal horizontal dimensions: 2,3 meter (twice)
- Internal vertical dimensions: 1,75 meter, 80 centimeter, 35 centimeter (multiple instances), 20 centimeter, 15 centimeter

Features:

- A checkered area (black and white squares) is located on the left side.
- Two diamond-shaped markers are located on the left side.
- Two small square markers are located at the bottom.
- A separate diagram shows the dimensions of the auto: 25 centimeter (width) and 15 centimeter (height).

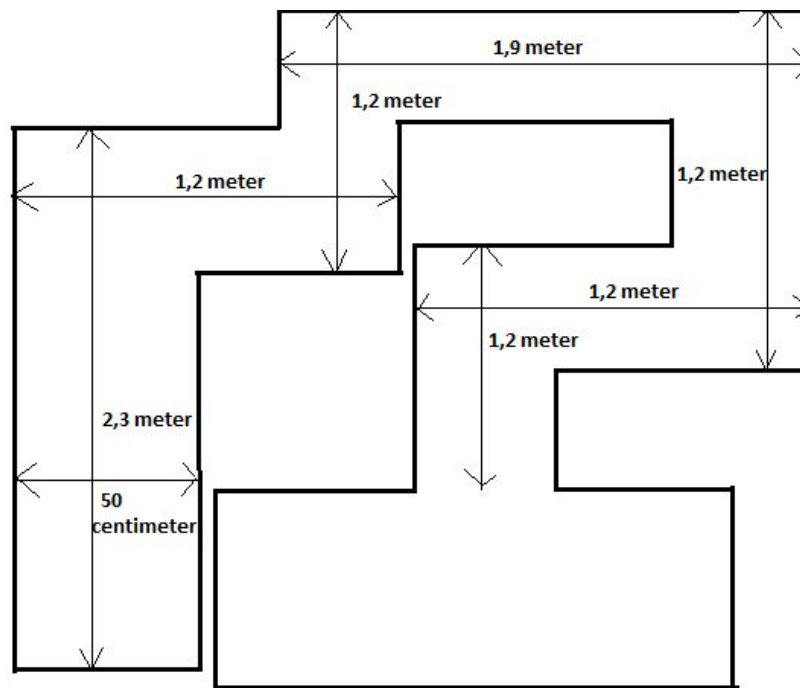
Al na de eerste dag kwamen we erachter dat de baan te smal zou worden dus hebben we gekozen voor een bredere baan en ook is de baan niet helemaal aansluitend van begin tot eind het is de bedoeling bij de huidige baan om van A naar B te bewegen zonder hulp en als de auto het einde heeft bereikt zou de auto binnen een bepaald gebied zichzelf moeten redden. Dat is ontwerp 2 waar we nu voor hadden gekozen in de ontwikkeling voor de demonstratie. Wij willen dat de auto ook kan presteren in grote zowel kleine open ruimte. In de volgende schets zullen misschien weer aanpassingen aan te pas komen. Zodat er misschien meer open ruimte is voor de auto om te bewegen. Het is nu alleen al een hele uitdaging om van A naar B te gaan en weer terug.

Schets tijdelijk ontwerp



Uiteindelijk was het een leuk onderzoek om uit te vinden wat het beste zou zijn voor onze auto. En de conclusie is dat het een baan wordt van A naar B. Het uiteinde van B bestaat uit een klein open vlak, omdat we de auto ook echt willen testen op een open gebied. De afmetingen zijn nog niet bekend van dit vlak maar we hopen dat we bij de demonstratie kunnen laten zien dat de auto ook zijn eigen weg terug zou

moeten vinden van B naar A. Ook heb ik nog twee bochten toegevoegd omdat we eerst een probleem hadden met hoeken en bochten vanwege de sensoren die we tekort kwamen. Nu willen we de auto met meer sensoren toch nog wat extra op de proef stellen. Hieronder de definitieve schets die dus is de loop van de tijd behoorlijk is veranderd puur om meer aan onze eisen te voldoen.



Materialen en benodigdheden

Hard karton voor de baan zodat we een mooie duidelijk baan kunnen neerzetten.
Ook hebben we randen gemaakt van hard karton.

Logboek

Week	Wat we hebben gedaan
41	<p>Op woensdag moesten we een onderzoeksplan bedenken. Wij wilden iets met robotica doen, maar robotica is een heel breed onderwerp en we moesten iets kleiner bedenken.</p> <p>Toen kregen we het idee van zelfrijdende auto en het leek ons een interessante onderwerp. Daarnaast wilden we ook ons eigen autootje bouwen.</p> <p>Voor de rest van de dag hebben we de hele aanpak behandeld.</p> <p>Op donderdag hadden we een gesprek met onze begeleider. Hij vond dat onze hoofd- en deelvragen apart en te open zijn. Daarna hebben we het aangepast.</p>
42	<p>Wij hadden deze week herfstvakantie. Wij hadden een klein deel van de week onderzocht. Frank heeft de werking van de auto onderzocht en Alex zocht alvast voorbeelden van zelfrijdende auto, hoe ze werkte en wat voor componenten erin voor komen.</p>
43	<p>Over twee weken hebben we een toetsweek. Het leek ons verstandig om niets aan de PWS te doen en dat wij aan onze school focussen.</p>
44	<p>Toetsweek leren.</p>
45	<p>Toetsweek.</p>
46	<p>Op maandag t/m woensdag hadden we nog toetsen. De dagen daarna hebben we verder onderzocht over zelfrijdende auto's.</p>
47	<p>Omdat we eerder voorbeelden van zelfrijdende auto's zochten, wisten we alleen welke apparatuur we moesten gebruiken. Daarbij hadden we componenten besteld, want de levering duurt een maand lang.</p> <p>Daarnaast bekeken we verschillende zelfgemaakt, zelfrijdende auto's en zetten paar van de vele die unieke werking hebben op onze documentatie.</p>
48	<p>We hadden verder onderzocht wat de eisen en de wensen zijn die we nodig hebben voor onze zelfrijdende auto.</p> <p>Maar we konden de deelvragen niet afmaken vanwege verschillende projecten zoals Informatica, PO en Natuurkunde practicum.</p>
49	<p>We hadden de week daarna een herkansing, dus het leek ons verstandig om voor de herkansing te leren en daarnaast aan andere</p>

	schoolvakken te werken. Frank heeft zijn presentatie gemaakt over zelfrijdende auto.
50	We hadden een lijst gemaakt van wie we zouden interviewen over wat ze van zelfrijdende auto's vinden. Maar we hadden vergeten om deze week te gaan interviewen, want we hadden het druk met school (huiswerk en PO's).
51	Omdat we deze week tijd hadden hebben we veel onderzocht. Onze motivatie en competentie gingen omhoog. Elke avond gingen wij samen skypen en aan het PWS werken. Van 20 bladzijden kwamen tot het dubbele. We zijn zeer trots op onze werkzaamheden.
52	Het was onze eerste week van onze kerstvakantie. Wij namen de hele week vrij, zodat wij van de stress geen last hebben.
1	Tweede week van de kerstvakantie. Frank nam nog steeds vrij en Alex probeerde wat werk in te steken. Hij heeft de bestuurbare autootje uit elkaar gehaald en bestudeerde met behulp van Reverse Engineering. Hij tekende allerlei schetsen en noteerde volgens hem de belangrijke punten van de autootje zoals; de bedradingen en hoe de autootje werkt.
2	Toetsweek is nabij, het is verstandig om te gaan leren.
3	Toetsweek.
4	We beginnen nu met het ontwerpen van de zelfrijdende auto.
5	Het bleek dat onze planning was fout, dus we moeten het aanpassen. We eindigen het ontwerp en begin met bouwen.
6	We proberen vandaag het autootje af te maken.
7	Vervolg van het autootje. PWS afronden en inleveren.
8	<i>Planning: de autootje verbeteren</i>
9	<i>Planning: PWS avond</i>

Evaluatie

Alexander

Een aantal maanden geleden kregen wij de opdracht om een werkstuk voor onze profiel te gaan maken. We hadden dit onderwerp bedacht en verwerkt. Ik heb mijn taken volledig voltooid (te zien bij taakverdeling, bladzijde 7).

Ik vind dat wij individueel en samen goed hebben gewerkt. Mijn taken waren programmeren, elektrotechniek en layout-design en dat ging goed. Daarnaast hadden wij in het begin niet verwacht dat wij uiteindelijk meer dan 50 bladzijden en 10000 woorden zullen hebben. Ook heb ik veel geleerd van allerlei dingen zoals: elektronische componenten, technieken, manieren hoe mensen hun projecten maken en hoe ik moet plannen.

Dit profielwerkstuk is erg handig voor mijn HBO-ICT opleiding, vooral voor het profiel *embedded software-engineering*. Met dit onderzoek kan ik makkelijk alvast een vooruitgang maken.

Wat beter kunnen is communicatie, werkruimte, voorbereiden (van componenten en iets dergelijke) en de planning volgen.

- Af en toe ging de communicatie mis en daardoor raakte wij allebei in de war over wat we moesten doen. Ook moesten we plannen wanneer wij het project gingen doen, omdat je ook nog wel iets anders heb zoals trainingen of familie-uitje.
- De werkruimte voor het bouwen van de zelfrijdende auto was klein. Er was niet veel ruimte om de auto in elkaar te zetten. Ook raakte ik soms deeltjes kwijt en dat kan je dag verpesten.
- De componenten voorbereiden is het handigste, want de bestellingen van de componenten duren meestal een maand. Dus het voorbereiden van wat voor componenten je moet hebben is zeker iets wat ik later had moet doen. Niet alleen de componenten, maar ook gereedschappen en dergelijke.
- De planning volgen is een belangrijk onderdeel van dit werkstuk, want anders loop ik of lopen wij samen achter op ons schema en dat veroorzaakt gehaastheid voor het eindproduct.

Deze vier nadelen is iets wat ik heb geleerd en zal ik in de toekomst proberen te vermijden of te verbeteren.

Frank

Profielwerkstuk maken is heel leuk om te doen, maar er komt ook heel veel bij kijken, waaronder tijd, hoeveelheid en plannen. De samenwerking ging heel goed en dat komt ook, omdat we de taakverdeling heel goed hadden afgestemd. Een ieder wist wat hij moest doen. Het plannen dat is soms lastig omdat je ook nog andere zaken van school hebt. Ik heb ontzettend veel geleerd over dit onderwerp. Auto's vind ik altijd interessant. Toch is het onderdeel onderzoek doen best wel lastig. Waar moet je het zoeken en op welke manier ga je het verwerken.

Bronvermeldingen

[1-5] Werking van de zelfrijdende auto:

[1 & 2] Elektrische Auto - Voorbeelden van zelfrijdende auto -

- [1] <https://elektrischeauto.com/tesla-model-s/>
- [2] De Zelfrijdende Auto - Video: de werking van de Google zelfrijdende auto - Mark Boekraad - <https://zelfrijdendeauto.com/video-de-werking-google-zelfrijdende-auto/>
- [3] De Zelfrijdende Auto - Sensoren gebruik - Mark Boekraad <https://zelfrijdendeauto.com/werking-zelfrijdende-auto/>
- [4] SDC360 - Zelfrijdende auto en zijn problemen - Tom van Gurp - <http://www.sdc360.com/nl/techniek/2016/06/08/vijf-beren-op-de-weg-voor-zelfrijdende-technologie/>
- [5] RTL Nieuws - Hoe is de veiligheid als iedereen een zelfrijdende auto gebruikt? - <http://www.rtlnieuws.nl/nederland/hoe-veilig-de-zelfrijdende-auto>

[6] EnqueteMaken - (de site waar wij de enquete hadden gemaakt)

- <https://www.enquetemaken.be/>

[7-11] Voorbeelden van DIY zelfrijdende auto

- [7] Youtube - Arduino Autonomous Vehicle door Antonis Maglaras - <https://www.youtube.com/watch?v=wkAZItadw9U>
- [8] Youtube & eigen blog - OpenCV Python Neural Network Autonomous RC Car door Wang Zheng - <https://www.youtube.com/watch?v=BBwEF6WBUQs>
<https://zhengludwig.wordpress.com/projects/self-driving-rc-car/>
- [9] Youtube - MATLAB Neural Network Autonomous Car door Kevin Jung, Evan Lester en Alexander Hadik - https://www.youtube.com/watch?v=mW6Y_tiiNYM
- [10] Youtube & eigen website - Arduino self-driving car door Melissa Gionello - <https://www.youtube.com/watch?v=FY2hR8xCQ-E>
<http://melissagianello.weebly.com/self-driving-mini-car.html>
- [11] Instructable - Arduino Powered Autonomous Vehicle door CPARTX - <http://www.instructables.com/id/Arduino-Powered-Autonomous-Vehicle/>

[12-33] Componenten:

- [12] Arduino - Introduction - <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [13] Arduino - Arduino Board Uno - <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- [14] Arduino - Arduino WiFi Shield - <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>
- [15] Arduino - Motor Shield - <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3>
- [16] Wikipedia - Servo Motor - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
- [17] Wikipedia - Ultrasoon Sensor - https://nl.wikipedia.org/wiki/Ultrasoon_sensor
- [18] Arducam - Camera/OV7670 - <http://www.arducam.com/camera-modules/0-3mp-ov7670/>
- [19] Wikipedia - Photosensor - https://nl.wikipedia.org/wiki/Lichtgevoelige_weerstand
- [20] Wikipedia - Raspberry Pi - https://nl.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- [21] Wikipedia - Optocoupler - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Optocoupler>
- [22] Wikipedia - LCD - https://nl.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystal_display
- [23] Wikipedia - Magnetometer - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Magnetometer>
- [24] Adafruit - GPS Shield - <https://www.adafruit.com/product/1272>

- [25] Arduino-Info - Infrarood Bediening - <https://arduino-info.wikispaces.com/IR-RemoteControl>
 - [26] Wikipedia - Afstandsbediening - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Afstandsbediening>
 - [27] Wikipedia - Jumper draden - https://en.wikipedia.org/wiki/Jump_wire
 - [28] Wikipedia - Breadboard - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Breadboard>
 - [29] Wikipedia - 9V batterijen clip - https://en.wikipedia.org/wiki/Nine-volt_battery#Connectors
 - [30] Wikipedia - Weerstand - [https://nl.wikipedia.org/wiki/Weerstand_\(component\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Weerstand_(component))
 - [31] Wikipedia - Condesator - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Condensator>
 - [32] Wikipedia - Ledlamp - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Ledlamp>
 - [33] Wikipedia - Schakelaar - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Schakelaar>
- [34 & 35] Gereedschappen:
- [34] Wikipedia - Soldeerbout - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Soldeerbout>
 - [35] Wikipedia - Soldeertin - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Soldeertin>
- [36-39] Technieken:
- [36] Wikipedia - Neuraal netwerk - https://nl.wikipedia.org/wiki/Neuraal_netwerk
 - [37] Wikipedia - Reverse Engineering - https://nl.wikipedia.org/wiki/Reverse_engineering
 - [38] Wikipedia - Logisch programmeren - https://nl.wikipedia.org/wiki/Logisch_programmeren
 - [39] Wikipedia - Functioneel programmeren - https://nl.wikipedia.org/wiki/Functioneel_programmeren
- Programmeertalen:
- [36] C++ en Arduino
- [40] Wikipedia - IDE - https://nl.wikipedia.org/wiki/Integrated_development_environment
 - [41] Wikipedia - C++ - <https://nl.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>
 - [42] Arduino - Libraries - <https://www.arduino.cc/en/Guide/Libraries>
 - [43] Wikipedia - Libraries - [https://en.wikipedia.org/wiki/Library_\(computing\)#Shared_libraries](https://en.wikipedia.org/wiki/Library_(computing)#Shared_libraries)
 - [44] Arduino - References - <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>
- [37] Python
- [45] PythonPeople - De geschiedenis en het succes van Python Software - <http://www.pythonpeople.nl/de-geschiedenis-en-het-succes-van-python-software/>
 - [46] OpenCV - Introduction to OpenCV-Python Tutorials - http://docs.opencv.org/trunk/d0/de3/tutorial_py_intro.html
- [38] MATLAB
- [47] Wikipedia - MATLAB - <https://nl.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
- [39] ASP.NET
- [48] Code Project - Why Use ASP.NET for Web-Development - Afzaal Ahmad Zeeshan - <https://www.codeproject.com/Tips/816904/Why-Use-ASP-NET-for-Web-Development>
 - [49] #Ben - Control Arduino From ASP.NET C# Web Application Interface - Hashben - <https://hashben.wordpress.com/2013/03/24/control-arduino-from-asp-net-c-web-application-in-terface/>
 - [50] Arduino Playground - Web Client - <http://playground.arduino.cc/Code/WebClient>
- [40] Johnny-Five/Javascript
- [51] Johnny-Five - <http://johnny-five.io/>
 - [52] Wikipedia - Javascript - <https://nl.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
 - [53] Wikipedia - Node.js - <https://nl.wikipedia.org/wiki/Node.js>
- [41] Arduino stroomdiagram maken
- [54] Fritzing - <http://fritzing.org/home/>