



PXL-Digital

Professionele Bachelor Elektronica-ICT

BLE Remote Cart

Vak

Microcontrollers

Lector

Ing. Dieter Vanrykel

Studenten:

Eduardo L. Bemelmans 2EAI-B

Kris Teuwen 2EAI-B

I. Abstract

Het BLE Remote Cart project is een toepassing op power management. Dit project omvat een studie van energie, het verwezenlijken van een motorsturing met het communicatieprotocol I2C en het uitlezen van een aantal ultrasone sensoren voor objectdetectie. Een PSoC 4 BLE stuurt de motordrivers aan op basis van de input die de bestuurder meegeeft via de CySmart app en signaleert de benadering van een obstakel. Het project werd grondig getest met een prototype van de BLE Remote Cart en vertoont een optimale prestatie met weinig energieverbruik.

II. Inhoudsopgave

I.	Abstract	1
II.	Inhoudsopgave.....	2
1	Introductie	3
2	Materiaal.....	4
3	Resultaten.....	5
3.1	Test motoren BLE Remote Cart	5
3.1.1	Korte toelichting	5
3.1.2	Meetopstelling.....	5
3.1.3	Meetresultaat	6
3.2	De BLE Remote Cart prototype	7
3.2.1	Toelichting	7
3.2.2	Constructie.....	7
3.3	App.....	9
3.4	Berekeningen voor de BLE Remote Cart	9
3.4.1	Batterij	9
3.4.2	Energie.....	10
3.4.3	Samenvatting	10
4	Discussie	12
4.1	Functionaliteit BLE remote cart prototype	12
4.2	Ondervindingen	12
4.3	BLE Remote Cart	12
5	Conclusie.....	13
III.	Bibliografie	14

1 Introductie

Dit project is omtrent energie en power management toegepast op een robotwagentje. Power management is ongetwijfeld één van de belangrijkste aspecten van robotica. Hoelang kan een robotwagen blijven werken onder een constante belasting? Hoeveel energie heeft het nodig om veilig en optimaal te functioneren? Hoe wordt de motorsturing het best gerealiseerd, zonder teveel resources te gebruiken van een system-on-a-chip? Deze onderzoeksvragen kunnen gecombineerd worden tot één vraag: wat zijn de vereisten om een energie-efficiënte robotwagen te realiseren die een persoon kan verplaatsen van punt A naar B? Dit onderzoek probeert hierop een duidelijk antwoord te geven.

Een persoon verplaatsen van punt A naar B met een robotwagen is het ultieme doel van dit project. Om dit te verwezenlijken zijn er uiteraard een aantal obstakels: Welk materiaal is vereist? Hoe kan een low-energy solution bereikt worden? Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de gebruikte materialen. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten weer die tijdens het onderzoek zijn bekomen. Dit houdt in: berekeningen, hardware en software. Hoofdstuk 4 bespreekt deze resultaten en in welke mate dit project succesvol is en waar het tekort schiet. Het bespreekt ook hoe het onderzoek verdergezet kan worden in de toekomst. Hierna volgt een korte conclusie, een bibliografie en bijlagen.

2 Materiaal

Tabel 2-1: Componentenlijst prototype BLE Remote Cart:

Component	#	Beschrijving	Fabrikant	Distributeur	Prijs p. st. [€]	Subtotaal [€]
VMA500	1	2WDMOTOR CHASSIS ROBOTICS KIT	Velleman	Gotron	20	20
MD03	1	Medium power motor driver	ROBOT ELECTRONICS	N/A	90	90
MD04	1	Medium power motor driver	ROBOT ELECTRONICS	N/A	63.97	63.97
VMA306	5	Ultrasonic distance sensor	Velleman	Gotron	5.99	29.95
CY8CKIT-142	1	PsoC 4 BLE Pioneer kit	Cypress	Farnell	32.32	32.32
L7805CV	1	Positive-voltage regulator	ST micro electronics	Gotron	0.75	0.75
LM2596S Module	1	Step-down voltage regulator module	Velleman	Gotron	6.9	6.9
1.5K resistor	1	Carbon film resistor	N/A	Gotron	0.1	0.1
low current green LED	1	5 mm low current LED	LITE-ON	Gotron	0.25	0.25
0.47 µF 100V Elco Capacitor	1	Electrolytic Cap 0.47 µF 100V	/	Gotron	0.25	0.25
0.1 µF Ceramic Cap	1	Ceramic Cap 0.1 µF	/	Gotron	0.12	0.12
Male pin header	2	Male pin header 1x50 100 mil pitch	MPE GARRY	Gotron	0.98	1.96
IDC box header	1	IDC connector 20 pin 100 mil pitch	MPE GARRY	Gotron	1.25	1.25
IDC header	1	2 pin straight header 100 mil pitch	/	Gotron	0.21	0.21
Socket header	2	Socket header 1x20 100 mil pitch	/	Gotron	0.97	1.94
Velleman boutenset	1	Boutenset 330 stuks - Philips schroeven, moeren & sluitringen	Velleman	Gotron	2.42	2.42
MDF plaat	1	600x300x6 mm MDF plaat	/	PXL Makerspace	2.5	2.5
Aluminium L-profiel	1	L-profiel 2000x15x2 mm	/	Amerikaanse Stock	2.37	2.37
Jumper wires	1	1x40 female to male jumper wires	Velleman	Gotron	4.5	4.5
Montagedraad	2	1 mm² montagedraad (rood en zwart) 5m	Ohmeron	Gotron	2.9	5.8
Montagedraad	1	0.2 mm² montagedraad 10m rood	Ohmeron	Gotron	1.5	1.5
LiPo 2S1P	1	7.4V 50C T-Plug 3000 mAh LiPo battery	Gens ace	Caracars	25	25
Leidingklem*	2	Leidingklem met rubber inlage	/	/	?	?
					Totaal (€):	294.06

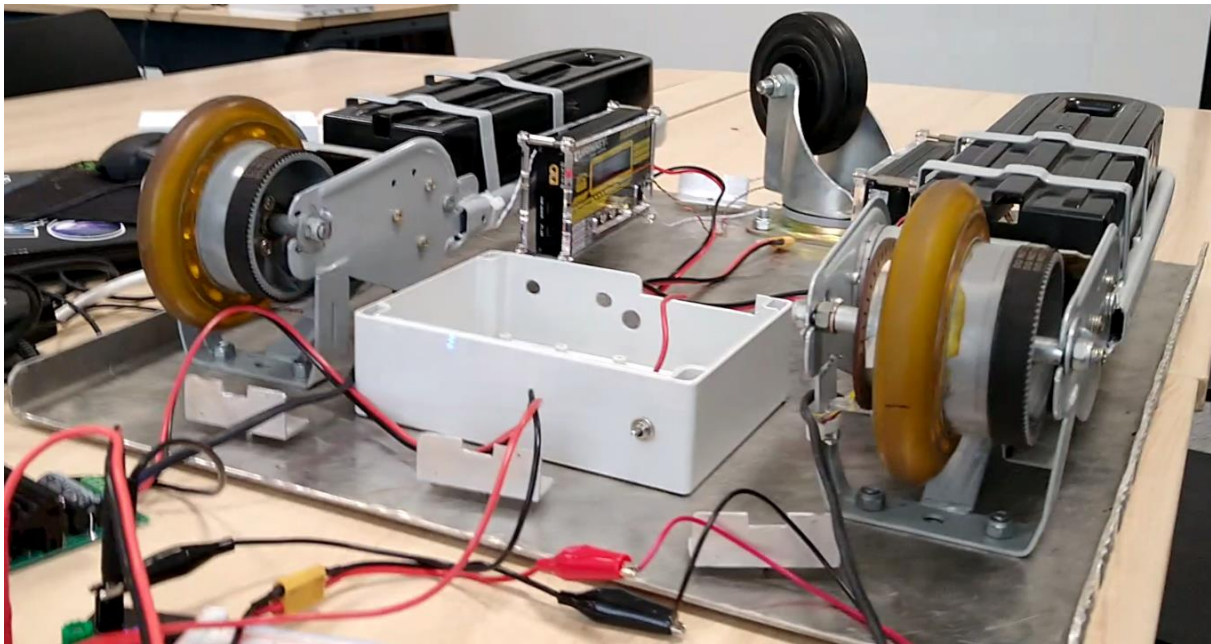
3 Resultaten

3.1 Test motoren BLE Remote Cart

3.1.1 Korte toelichting

Aangezien het project overgenomen is van voorgaande jaren is het van belang om de motoren en de motordrivers te testen. De motoren en motordrivers werden hier getest op functionaliteit. Deze sectie geeft ook een beeld van het vermogen wat de motoren onbelast effectief opnemen.

3.1.2 Meetopstelling



Figuur 3-1: BLE Remote Cart, motoren onbelast

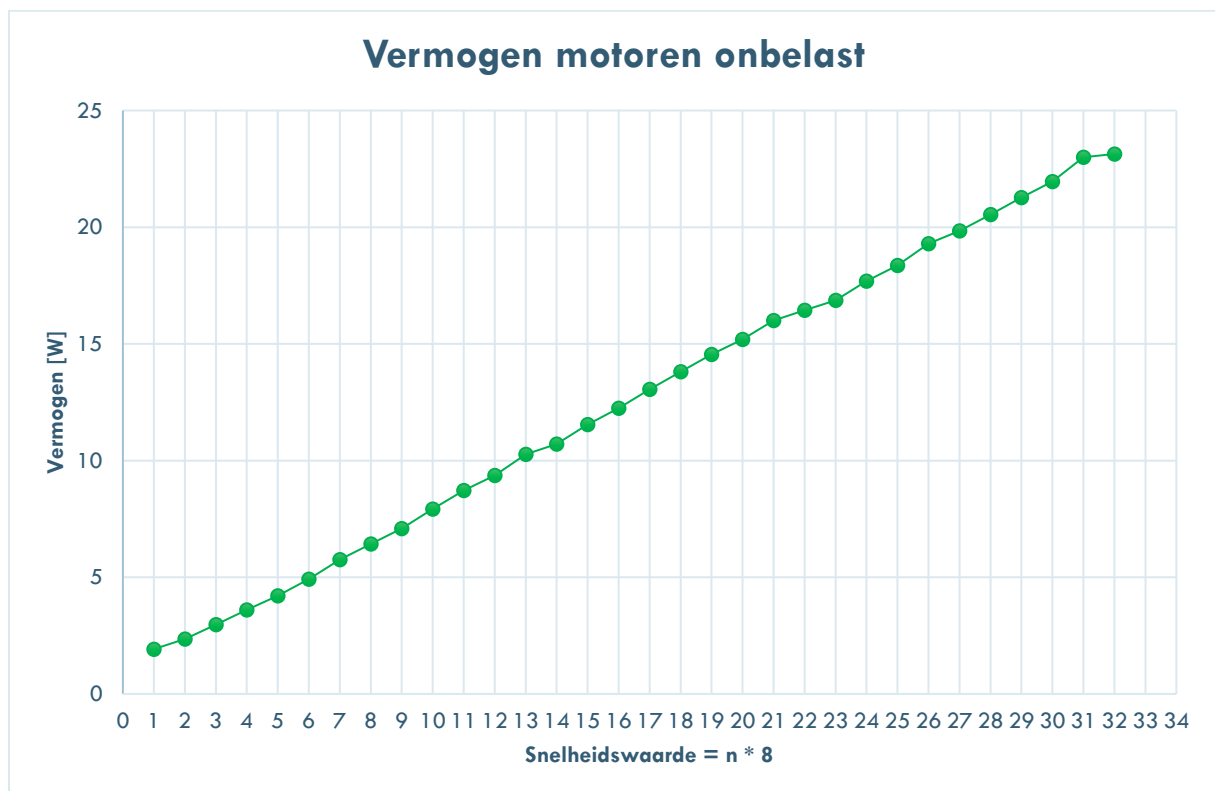
Een Arduino UNO stuurde de motordrivers aan via I2C. Een labovoeding diende als bron voor het gehele circuit. De motordrivers (MD03 en MD04) stuurden de motoren aan. De labovoeding stond ingesteld op 24VDC met een current limit van 5A.

3.1.3 Meetresultaat



Figuur 3-2: meetresultaat motorsturing, snelheidswaarden 0xFF 0xFF

Figuur 3-2 toont het meetresultaat bij de grootste snelheidswaarde voor elke motor (0xFF).



Figuur 3-3: vermogen motoren onbelast

Figuur 3-3 weergeeft het vermogen van beide motoren zonder belasting met betrekking tot de ingegeven snelheidswaarde. Deze snelheidswaarde is een hexadecimaal getal van 0x08 tot 0xFF. Beide motordrivers krijgen bij elke stap dezelfde snelheidswaarde binnen. Uit deze grafiek blijkt dat het opgenomen vermogen van de onbelaste motoren een lineair verband tonen met de snelheidswaarde. Het opgenomen vermogen is dus maximaal bij de hoogste snelheidswaarde en bedraagt 23,1W.

3.2 De BLE Remote Cart prototype

3.2.1 Toelichting

Een prototype van de kar werd geconstrueerd om de software en het project in zijn geheel beter te kunnen testen. Als het prototype werkt, dan werkt de grote kar namelijk ook. Enkele parameters dienen dan nog gewijzigd te worden voor de grote kar zoals de minimum afstand tussen de kar en een obstakel. Deze wordt dan namelijk groter. Er moet ook een beperking zijn voor de maximumsnelheid. Sectie 3.4 bespreekt hiervoor een berekening.

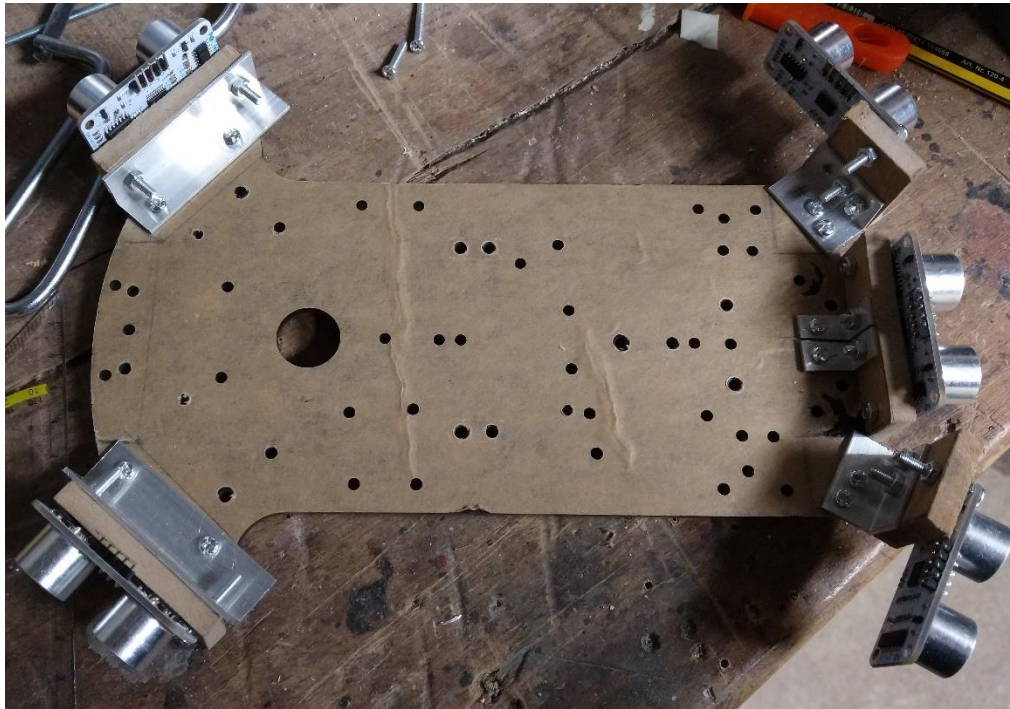
3.2.2 Constructie



Figuur 3-4: Velleman 2WD Motorkit frame

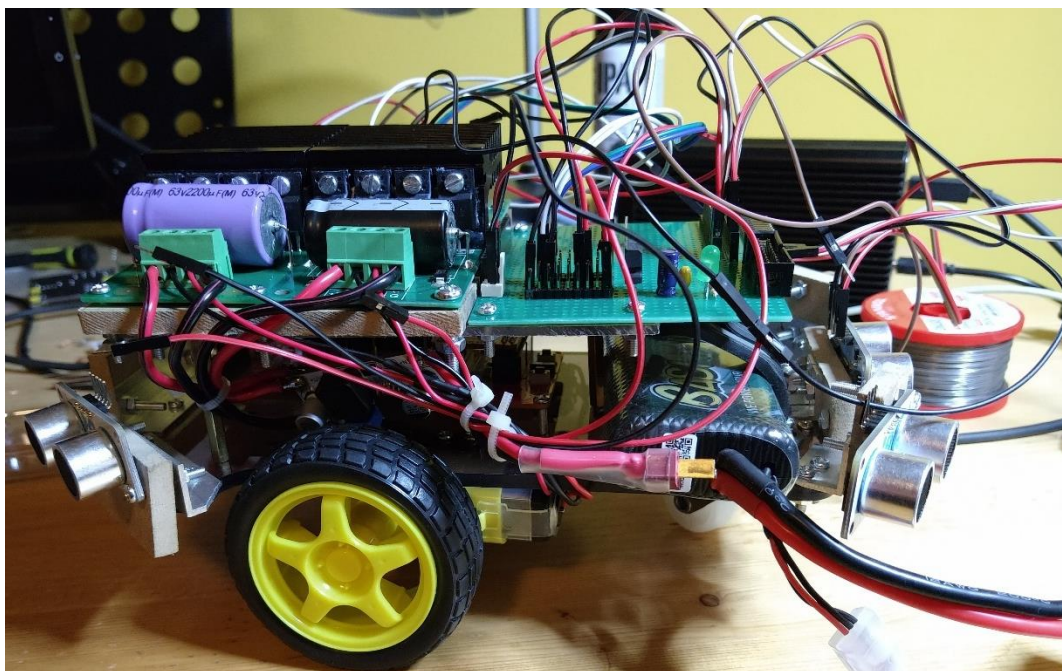
Het prototype van de BLE Remote Cart werd geconstrueerd op basis van de Velleman 2WD motor chassis robotic kit. Deze kit bevat een frame met twee wielen achter, één vrijlopend wiel vooraan, twee gearbox motoren, een frame voor het dak en een aantal bouten, moeren en bevestigingsplaten om deze onderdelen te monteren. De motordrivers zijn gemonteerd op het dak van het wagentje. Deze zijn eerst op een extra MDF plaat gemonteerd om kortsluiting met de schroeven van het dak te voorkomen. De printplaat bevat de voltage regulator met een aantal connectoren. Deze is ook op het dak gemonteerd. De ultrasone sensoren dienen om obstakels te detecteren. Deze zijn gemonteerd rond het wagentje. Drie vooraan en twee achteraan (zie figuur 3-5 pagina 8). De PSoC 4 BLE is

gemonteerd op het basis frame. De onderdelen zijn op deze manier gemonteerd omdat het gewicht voornamelijk vanachter zit. De batterij compenseert dit door deze vooraan te monteren (de enige plek met nog vrije ruimte). De gewichtsbias is hierdoor ongeveer 40-60.



Figuur 3-5: Montage van de ultrasone sensoren

Figuur 3-6 toont het eindresultaat van de mechanische constructie van het wagentje. De ultrasone sensoren zijn echter nog niet aangesloten aangezien deze destijds nog niet geprogrammeerd waren.



Figuur 3-6: BLE Remote Cart prototype

3.3 App

De software van de app hebben we overgenomen van voorgaande jaren. Deze was echter niet compatibel met onze firmware. De app is ontwikkeld in de app inventor omgeving. Na talloze wijzigingen aan de code is het ons helaas niet gelukt de data door te sturen naar de PSoC. De waarden voor de motordriver en de rijrichting worden niet doorgestuurd. Onze firmware is daarbij ook fundamenteel anders, dus deze waarden moeten in lists doorgestuurd worden. De app geeft een merkwaardige foutmelding *"Failed resolution of: Lcom/google/common/collect/lists"*. Dit is duidelijk een fout vanuit de ontwikkelaars van app inventor.

3.4 Berekeningen voor de BLE Remote Cart

De volgende berekeningen dienen om de energievereisten beter in te schatten en proberen de functionaliteit van het project te voorspellen. De energievereisten bepalen het succes van het project. Als deze bekend zijn, dan beschikken we over de juiste informatie om de gegeven onderdelen te beoordelen. De validiteit van deze berekening hangt af van correcte informatie van datasheets over de motoren. Deze motoren zijn echter oud en datasheets zijn ver zoek. Deze motoren (MY1018) zijn echter wel nog te koop. De verkopers bieden beperkte informatie aan op hun site [1]. De berekeningen zijn op basis van deze beperkte informatie.

3.4.1 Batterij

Het nuttig vermogen van deze motoren bedraagt 100W. Maar deze motoren hebben een rendement. Deze is niet bekend, dus veronderstellen we een rendement van 70%. De batterij moet in staat zijn om dit vermogen constant te kunnen leveren. De BLE Remote Cart bezit twee Zippy 6S 25C 5800 mAh LiPo batterijen. De C rating is een indicatie van de maximale belasting die de batterij aankan.

$$I_{max} = C_R Q = 25 \cdot 5800 \text{ mAh} = 145 \text{ A}$$

Als de batterij op 1C opgeladen wordt, is deze na 1 uur vol. Dus is deze ook na 1 uur leeg als deze op 1C belast wordt. Als deze op 25C belast wordt is deze batterij in 2 minuten en 24 seconden leeg.

$$t_{discharged} = \frac{1}{C_R} \cdot 3600 \text{ (s)} = 144 \text{ s (1)}$$

Interessant, want dit is hetzelfde als de lading delen door de belasting:

$$\text{solve} \left(Q = \int_0^{t_{discharged}} I dt, t_{discharged} \right), \text{ met een constante belasting } I = I_{belasting}$$

$$t_{discharged} = \frac{Q_{batterij}}{I_{belasting}} \cdot 3600 \text{ (s)} = 144 \text{ s (2)}$$

Volgens gegevens van de MY1018 motor is de absoluut maximale toegelaten stroom 11A [1]. Echter is het de bedoeling om de belasting niet boven de 6A te laten komen. Formule (1) en (2) kunnen de

discharge time berekenen van de batterij. Deze bedraagt ongeveer 58 minuten. De batterij levert met een stroom van 6A een vermogen van 155,4 W. De batterij werkt op 25.9V.

3.4.2 Energie

Volgens de specificaties van de motoren is het maximale toerental 2800 RPM. Bij dit toerental bereikt de motor een koppel van 0,35 Nm. Dit resultaat kan bekomen worden door formule (3) in te vullen hieronder.

$$P = M\omega$$

$$P = M \frac{2\pi n}{60}$$

$$M = P \frac{60}{2\pi n} (Nm) \quad (3)$$

De volgende formule berekent de vereiste energie:

$$T_B = \sum T_A + \sum U_{A-B} \quad (4)$$

De vereiste energie om een verplaatsing van punt A naar punt B te realiseren in éénzelfde richting is gelijk aan de totale som van de kinetische energieën in punt A en het verschil in potentiële energieën van punt A naar B. We verwaarlozen hierbij de aanwezigheid van een helling en wrijving. Dit maakt de berekening veel eenvoudiger, maar tegelijk ook minder realistisch. Invullen van formule (4) geeft:

$$T_B = \frac{1}{2}mv^2 + \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (5.1)$$

De positievector staat loodrecht op de kracht veroorzaakt door de massa van de persoon en de kar en de zwaartekracht. Dus de tweede term is gelijk aan 0. Dit is logisch aangezien potentiële energie geen invloed heeft op de vereiste energie als er geen helling is. Dus de vereiste energie is enkel afhankelijk van de massa van de persoon en de massa van de kar.

$$T_B = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.2)$$

We stellen een massa van 100 kg en een topsnelheid van 4 km/h. Dan is er een energie vereist van 60,5J. Indien dit elke seconde geleverd wordt (continu) hebben we een vermogen van 60,5 W nodig. Dus het toegevoerd vermogen moet minstens 86,43W zijn. Voor een hogere snelheid e.g. 5 km/h, is er al bijna 137,78 W vereist. Dus 4 km/h is de aangeraden topsnelheid voor deze kar.

3.4.3 Samenvatting

De topsnelheid van de kar is 4 km/h. Op deze snelheid kan de kar veilig en optimaal functioneren. De stroom bedraagt dan in totaal 5,32 A. De batterij is dus volledig leeg na 1 uur 5 minuten en 24 seconden. Het is niet aangeraden om de kar een helling op te laten rijden met of zonder belasting. Het

is nog minder aangeraden om een helling af te rijden. Dit veroorzaakt een reverse current naar de batterij waardoor deze gaat opladen terwijl het belast wordt.

4 Discussie

4.1 Functionaliteit BLE remote cart prototype

De prototype van de remote cart kan zichzelf corrigeren indien het richting een obstakel rijdt. De bestuurder kan de cart besturen via de CySmart app. In deze app is de snelheid, acceleratie en de richting instelbaar. Hoe hoger de instelwaarde van de acceleratie, hoe trager het wagentje optrekt. Dit is tegen de intuïtie, maar dit is nu eenmaal hoe de motordriver functioneert.

4.2 Ondervindingen

Het wagentje vertoont een optimale prestatie voor grote obstakels, zoals muren en kasten. Smallere objecten zijn moeilijker te detecteren voor het wagentje. Maar de wagen komt altijd tot stilstand als een object dichter dan 7 cm in de buurt komt. Daarbij zijn de ultrasone sensoren te groot voor het wagentje en staan ze dus te dicht op elkaar. Hierdoor beïnvloeden ze elkaar en veroorzaken ze noise. Het wagentje heeft net zoals de grote BLE Remote Cart vijf ultrasone sensoren, maar zes ultrasone sensoren zou logischer zijn. Het wagentje detecteert dus geen smalle objecten die zich recht achter het bevinden. De motordrivers zijn uiteraard voor het kleine wagentje overgedimensioneerd.

4.3 BLE Remote Cart

De grote BLE remote cart is nog niet getest. Hier zijn we helaas niet aan toe gekomen. Dit komt door verscheidene redenen:

- Bij aanvang van het project waren een drietal motordrivers reeds kapot
- Het originele shield voor de PSoC is fout ontworpen:
 - o Een spanningsdeler voor de 7805 voltage regulator;
 - o Geen documentatie, weinig labels aanwezig;
 - o Alle pinnen van de PSoC zijn onbereikbaar. Deze worden volledig ingenomen door het shield;
 - o Past niet in de PSoC 4 BLE;

Er is veel tijd verloren gegaan door de drivers en oude hardware te testen, een nieuw prototype van het shield te ontwikkelen, het bouwen van een prototype van de cart zodat de software grondig getest kan worden en het selecteren van de onderdelen hiervan.

5 Conclusie

De grote kar moet kunnen functioneren op **één batterij**. De berekening (sectie 3.4.1) motiveert dat dit mogelijk is. Hierdoor worden de cellen gelijkmatig belast. Indien er twee batterijen gebruikt worden is het onvoorspelbaar hoe de batterijen ontladen. Deze batterijen zijn namelijk altijd verschillend. Dus één motor kan sneller gaan draaien dan de andere na verloop van tijd.

Er moet een nieuw shield ontwikkeld worden voor de BLE remote cart op basis van het shield van het prototype. Deze shield dient enkel om de PSoC te voeden en om de sensoren met elkaar te verbinden. De batterij **moet direct** op de motordrivers aangesloten worden en de shield voeden. Dus het design van het shield is heel evident. Het bevat namelijk enkel een voltage regulator en een aantal headers die de pinnen van de PSoC overnemen.

Mechanisch is het een goed idee om de motoren te vervangen door twee brushless DC motoren die meer koppel en dus meer vermogen kunnen leveren.

De app zou opnieuw ontwikkeld moeten worden in een professionelere omgeving zoals android studio.

Zoals vermeld in sectie 3.4.2 kan de BLE Remote Cart een snelheid van 4 km/h bereiken. De eerste volgende stap is dus alle hardware van de BLE Remote Cart prototype te monteren op de grote BLE Remote Cart en in de firmware van de PSoC de minimale afstand tot een obstakel te verhogen naar 50 cm. Als de afstand tot het obstakel kleiner wordt dan 50 cm, moet de kar stoppen of een signaal geven. De bestuurder moet dan de rijrichting kunnen wijzigen.

We besluiten dat er nog enkele werkpunten zijn in dit project, maar er is zeker potentieel om het project verder af te werken op de grote kar. Uiteindelijk is dit gewoonweg de hardware van de prototype overbrengen naar de grote kar en een aantal parameters in de software wijzigen. De kar kan dan voorlopig aangestuurd worden met de CySmart app van Cypress.

III. Bibliografie

- [1] Happy Motor Parts, „<https://www.happymotorparts.de/e-scooter-gas-scooter-roller-ersatzteile/elektrik-zuendung/elektro-motoren/>,“ [Online]. Available: <https://www.happymotorparts.de/e-scooter-gas-scooter-roller-ersatzteile/elektrik-zuendung/elektro-motoren/2030/hmparts-e-scooter-rc-hmparts-elektro-motor-24v-100w-my1018>. [Geopend 4 December 2019].