

Hardware Ontwerp van Babyscanner

Opgesteld door : Groep Babyscanner
Projectleider : Timothy Singowikromo
Projectleden : Kai Harten
Jure Vidmar
Talha Kocak
Timothy Singowikromo
Begeleider : J.Z.M Broeders
Datum van uitgifte : 28 – 03 -2018

Inhoudsopgave

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Inleiding..... | 5 |
| 1.1 | Doel | 5 |
| 1.2 | Documentconventies | 5 |
| 1.3 | Doelgroepen en suggesties voor het lezen | 5 |
| 2 | Architectuurontwerp | 6 |
| 2.1 | Hardware Architectuur | 6 |
| 2.2 | Beschrijving van de deelsystemen | 7 |
| 2.2.1 | Voedingsbron | 7 |
| 2.2.2 | Voedingsregelaar | 7 |
| 2.2.3 | Gebruikersinterface | 7 |
| 2.2.4 | Motorcontroller | 7 |
| 2.2.5 | Systeemcontroller | 7 |
| 2.2.6 | Scanner..... | 7 |
| 2.2.7 | Server | 7 |
| 2.3 | Beschrijving van de interfaces | 8 |
| 2.3.1 | Interface tussen voedingsbron en voedingsregelaar (1) | 8 |
| 2.3.2 | Interface tussen voedingsregelaar en gebruikersinterface (2) | 8 |
| 2.3.3 | Interface tussen voedingsregelaar en motorcontroller (3) | 8 |
| 2.3.4 | Interface tussen voedingsregelaar en motorcontroller (4) | 8 |
| 2.3.5 | Interface tussen voedingsregelaar en systeemcontroller (5) | 8 |
| 2.3.6 | Interface tussen systeemcontroller en gebruikersinterface (6) | 8 |
| 2.3.7 | Interface tussen systeemcontroller en motorcontroller (7) | 8 |
| 2.3.8 | Interface tussen systeemcontroller en scanner (8) | 8 |
| 2.3.9 | Interface tussen systeemcontroller en scanner (9) | 8 |
| 2.3.10 | Interface tussen systeemcontroller en scanner (10) | 8 |
| 2.3.11 | Interface tussen systeemcontroller en server (11) | 8 |
| 2.4 | Ontwerpbesluiten | 9 |
| 3 | Detailontwerp | 10 |
| 3.1 | Voedingsregelaar | 10 |
| 3.2 | Gebruikersinterface | 12 |
| 3.3 | Motorcontroller | 13 |
| 3.3.1 | Hardware..... | 13 |
| 3.4 | PCB | 14 |
| 3.4.1 | Firmware | 16 |

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 3.5 | Systeemcontroller | 17 |
| 3.5.1 | Hardware..... | 17 |
| 3.5.2 | PCB | 17 |
| 3.6 | Scanner | 20 |
| 3.6.1 | Hardware..... | 20 |
| 3.7 | Systeemrealisatie | 21 |
| 4 | Requirements traceability..... | 23 |
| 5 | Referenties | 24 |

Versiehistorie

| Versie | Datum | Wijzingen | Auteur |
|--------|------------|--|--------------------|
| 0.1 | 27-03-2018 | Beschrijving van de wijzigingen | Groep Baby-scanner |
| 0.2 | 28-03-2018 | Toevoeging hoofdstuk 1, blokdiagram architectuur, ontwerpbesluiten en benaming deelsystemen. | Kai Harten |
| 0.3 | 11-04-2018 | Toevoeging detail design concept | Kai Harten |
| 1.0 | 24-06-2018 | Aanpassing detail | Groep |

1 Inleiding

In dit document wordt het ontwerp beschreven van het systeem babyscanner. Dit wordt gedaan met een blokdiagram waar deelsystemen staan verbonden met elkaar. Elk deelsysteem met bijbehorende interface wordt beschreven. Vervolgens wordt elk deelsysteem uitgewerkt met schakelingen, berekeningen en waar nodig ook softwarebeschrijvingen.

1.1 Doel

Een systeem ontwikkelen wat bij/rondom een couveuse geplaatst kan worden en een hoogte en lengtemeting kan uitvoeren. Met deze metingen kan ook een wiskundige benadering gedaan worden voor de hoofdomtrek van de baby.

1.2 Documentconventies

Dit document zal worden uitgewerkt in Word met lettertype Calibri en lettergrootte 11.

1.3 Doelgroepen en suggesties voor het lezen

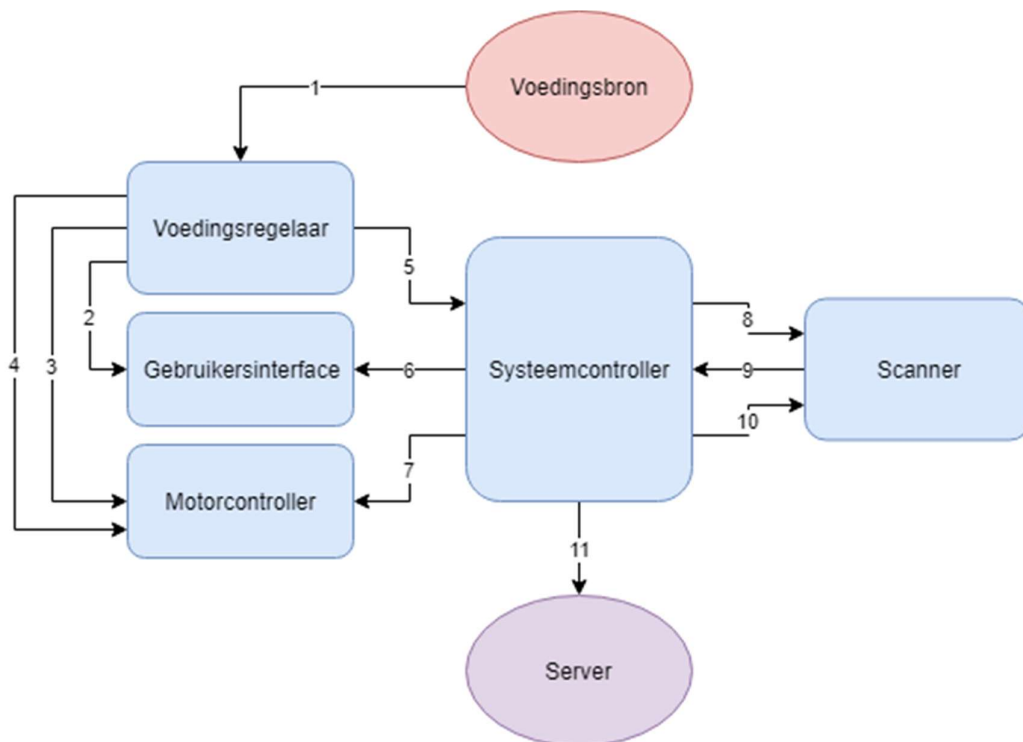
De opdrachtgever van het project, de begeleider van het project en de projectleden van vervolgfases van het project.

2 Architectuurontwerp

In dit hoofdstuk wordt het architectuurontwerp beschreven van het babyscansysteem. Dit architectuurontwerp bestaat uit deelsystemen met interfaces welke beide uitgelicht zullen worden. Daarnaast worden ontwerpbesluiten beschreven en toegelicht.

2.1 Hardware Architectuur

In figuur 1 staat de hardware architectuur uitgebeeld in een blokdiagram. De vierkante blokken staan voor deelsystemen die ontworpen zullen worden en de ovale units zijn afhankelijkheden waar het systeem een directe interface mee heeft. De voedingsbron levert een spanning aan de voedingsregelaar. Deze regelaar zet deze spanning om naar de juiste spanningshoogtes om de andere deelsystemen te voeden. Vervolgens stuurt de systeemcontroller zowel de motorcontroller en scanner aan om een scan uit te voeren op basis van invoer van de gebruikersinterface. Vervolgens na een scan zullen de scanresultaten worden teruggekoppeld naar de gebruikersinterface en worden doorgestuurd naar de server.



Figuur 1 Blokdiagram van het architectuurmodel

2.2 Beschrijving van de deelsystemen

In deze paragraaf worden de verschillende deelsystemen een voor een beschreven.

2.2.1 Voedingsbron

Deze unit is een afhankelijkheid. Dit is de netstroomvoorziening welke 240VAC met een frequentie van 50Hz levert. Dit valt niet onder het te ontwerpen systeem.

2.2.2 Voedingsregelaar

Dit deelsysteem zorgt ervoor dat de inkomende wisselspanning van 240VAC met een frequentie van 50Hz wordt omgezet naar 24VDC, 12VDC en 5VDC en voorziet hierbij de andere deelsystemen van voeding.

2.2.3 Gebruikersinterface

Dit deelsysteem geeft systeeminformatie visueel weer en verwerkt gebruikersinvoer. Daarnaast verwerkt het seriële invoer van de systeemcontroller om dit om te zetten in een weergave.

2.2.4 Motorcontroller

Dit deelsysteem stuurt een motor aan op basis van seriële invoer van de systeemcontroller. Hiermee kan de snelheid en de te bewegen afstand worden geregeld.

2.2.5 Systeemcontroller

Dit deelsysteem verwerkt de gebruikersinvoer om vervolgens de motorcontroller en scanner aan te sturen. De uitvoer van de scanner wordt daarna verwerkt om data door te geven aan de gebruikersinterface en server.

2.2.6 Scanner

Het deelsysteem bestaat uit een camera en een laserdiode. Het schiet beelden van het te scannen object met een laserlijn erop geprojecteerd.

2.2.7 Server

Deze unit is een afhankelijkheid. Hier worden scanresultaten naartoe gestuurd.

2.3 Beschrijving van de interfaces

In deze paragraaf worden de verschillende interfaces tussen de deelsystemen een voor een beschreven.

2.3.1 Interface tussen voedingsbron en voedingsregelaar (1)

Een wisselspanning signaal met een effectieve waarde van 230V en een frequentie van 50Hz.

2.3.2 Interface tussen voedingsregelaar en gebruikersinterface (2)

Een gelijkspanning signaal met een waarde van 12V en een signaal van 5V.

2.3.3 Interface tussen voedingsregelaar en motorcontroller (3)

Een gelijkspanning signaal met een waarde van 24V.

2.3.4 Interface tussen voedingsregelaar en motorcontroller (4)

Een gelijkspanning signaal met een waarde van 5V.

2.3.5 Interface tussen voedingsregelaar en systeemcontroller (5)

Een gelijkspanning signaal met een waarde van 5V.

2.3.6 Interface tussen systeemcontroller en gebruikersinterface (6)

Een SPI-buslijn met CS, SCK, MOSI en MISO-signalen van 0V en 3.3V om seriële communicatie te realiseren tussen de systeemcontroller (master) en de gebruikersinterface (slave).

2.3.7 Interface tussen systeemcontroller en motorcontroller (7)

Een UART-interface met RX en TX-signalen van 0V en 3.3V om seriële communicatie te realiseren tussen de systeemcontroller en de motorcontroller.

2.3.8 Interface tussen systeemcontroller en scanner (8)

Een GPIO CMOS logic level signaal tussen 0V en 3V3.

2.3.9 Interface tussen systeemcontroller en scanner (9)

Camera interface volgens *Camera Serial Interface Type 2 (CSI-2)*.

2.3.10 Interface tussen systeemcontroller en scanner (10)

Een analoge spanning van maximaal 3V3.

2.3.11 Interface tussen systeemcontroller en server (11)

JSON en CSV file.

2.4 Ontwerpbesluiten

De hoofdprocessor in het deelsysteem systeemcontroller wordt een Raspberry Pi 3, omdat er open source project bestaat genaamd FabScan Pi welke ook een Raspberry Pi 3 gebruikt en veel raakvlakken heeft (Lukas, 2018). Een andere mogelijkheid is het gebruiken van een microcontroller zonder besturingssysteem. Vanwege complexiteit en de die het verwerken van beelden meebrengt en de projectduur is hier niet voor gekozen.

Het babyscansysteem maakt gebruik van een camera, laserdiode en een stappenmotor. Het verschil met het babyscansysteem is dat bij het FabScan Pi project het te scannen object beweegt en de camera met laserdiode stationair is. In het babyscansysteem is dit net andersom.

Vanwege deze raakvlakken met dit project is er gekozen om ook met een camera, laserdiode en motor te werken. Daarnaast is hiervoor gekozen, omdat na onderzoek naar time-of-flight, 3D Camera's en camera met laserdiode is gebleken dat het gebruik van een camera met laserdiode het meest geschikt is voor dit systeem op basis van nauwkeurigheid en meetgedrag door plexiglas heen in weinig licht.

Er is ook besloten om een AC/DC voeding van 230VAC naar 24VDC aan te schaffen. Dit wordt gedaan om de scope van het te ontwerpen systeem te verkleinen. Na analyse van de requirements heeft het geen prioriteit om dit te ontwerpen.

Daarnaast is er gekozen om de software die draait op de Raspberry Pi 3 te programmeren in Python 3.5. Dit wordt gedaan, omdat het FabScan Pi project in Python is geprogrammeerd en hier modules gebruikt kunnen worden om te implementeren in het babyscansysteem. Een andere mogelijkheid is om de software te schrijven in C of C++. Hier is niet voor gekozen, omdat meerdere modules dan opnieuw ontworpen moeten worden wat het risico vergroot dat er geen werkend prototype wordt opgeleverd.

3 Detailontwerp

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp verder uitgewerkt op zowel hardware als software-niveau. Elk hardware deel zal worden beschreven met bijbehorende berekeningen, schakelingen en waar nodig simulaties.

3.1 Voedingsregelaar

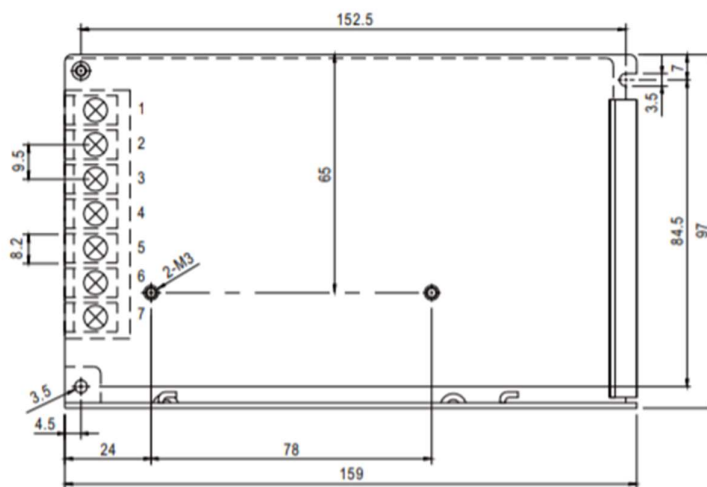
Dit deelsysteem zorgt ervoor dat de binnenkomende spanning van 230VAC wordt omgezet in de juiste uitvoer van 24VDC en 5VDC.

In de paragraaf ontwerpbesluiten kwam naar voren dat er gebruik maakt wordt van stappenmotoren, een Raspberry Pi 3 met camera en een OLED-scherm. Na een test met stappenmotoren is gebleken dat de stappenmotor maximaal 36W verbruiken bij een spanning van 24VDC. Daarnaast verbruikt de Raspberry Pi 3B maximaal 3,7W (Raspberry Pi Drabble, 2018). Gemiddeld verbruik van de Raspberry Pi 3 met camera is ongeveer 1,5W (RasPi Tv, 2016). In onderstaande vergelijking wordt een schatting gemaakt van de minimale eisen van de voedingsregelaar op basis van de grootste verbruikers in het systeem

$$P_{groot} = P_{stepper} + P_{rpi} + P_{oled}$$

$$P_{groot} = 36 + 3,7 + 1,5 = 41,2W$$

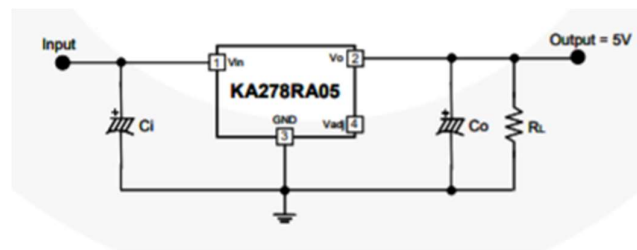
Hieruit komt naar voren dat de grootverbruikers in dit systeem bij elkaar maximaal 41.2 watt verbruiken. Een schakelende voeding met een maximaal vermogen van 100 watt bij de uitvoer van 24VDC voldoet aan de minimale eisen. De uitvoer van 5VDC heeft een stroom van 2A een vermogen van 10 watt. Dit is voor het vermogen buiten de stappenmotoren. Dit wordt gerealiseerd door middel van een ac naar dc-converter met een enkele uitvoer van 24VDC bij 4.5A. De RS-100-24 van Mean Well voldoet aan deze specificaties met een uitvoer van 24VDC en een maximaal vermogen van 108W en een ripple voltage van 120mVpp (Mean Well, 2015). In figuur 2 (Mean Well, 2015) staat een mechanische weergave. Hier is de pinnummering relevant. Op pin 1 wordt het lijnsignaal (L) en pin 2 het neutraalsignaal (N) aangesloten. Daarnaast wordt aarde op pin 3 aangesloten. De uitgangen -V staan op pinnen 4 en 5. De uitgangen +V staan op pinnen 6 en 7 (Mean Well, 2015).



Figuur 2 Mechanische weergave van de schakelende voeding RS-100-24

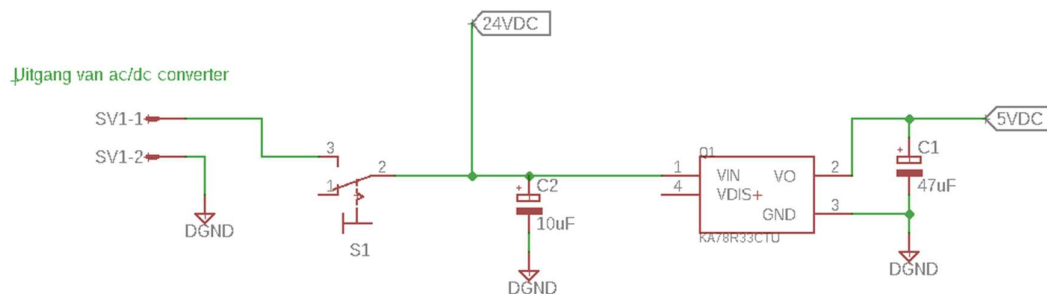
De uitvoer van 24VDC wordt gebruikt om de stappenmotoren te voeden. Daarnaast wordt deze uitvoer gebruikt om de tweede uitvoer van 5VDC te genereren. Dit wordt geregeld met behulp van een low-dropout (LDO) spanningsregelaar. De voordelen van een LDO-spanningsregelaar zijn: het gebrek aan schakelgeluid, er zijn weinig externe componenten nodig ten opzichte van een dc naar dc-schakelregelaar. Een nadeel is dat een LDO-spanningsregelaar warmte stoot om de uitgangsspanning te regelen (Wikipedia, 2018). In dit systeem wordt gebruik gemaakt van de KA278R05CTU. Dit is een LDO-spanningsregelaar met een vaste uitgangsspanning van 5VDC en een maximale stroom van 2A. Deze regelaar is operationeel bij een ingangsspanning van maximaal 35VDC met een temperatuurbereik van -20 tot 80 graden Celsius. De uitgangsspanning kan maximaal variëren tussen de 4,88VDC en 5,12VDC (ON Semiconductor, 2013).

In figuur 3 (ON Semiconductor, 2013) valt te zien dat er twee externe componenten volgens de applicatieschakeling. De condensator bij de ingang is nodig wanneer de regelaar niet direct in de buurt staat geplaatst bij de filter van de ingangsspanning. Deze dient als filter en een gebruikelijke waarde is 10uF. De condensator bij de uitgang verbetert stabiliteit en respons op transiënten. Het is hiervoor gebruikelijk om een waarde te nemen van groter dan 47uF (ON Semiconductor, 2013).



Figuur 3 Applicatieschakeling van de KA278R05CTU

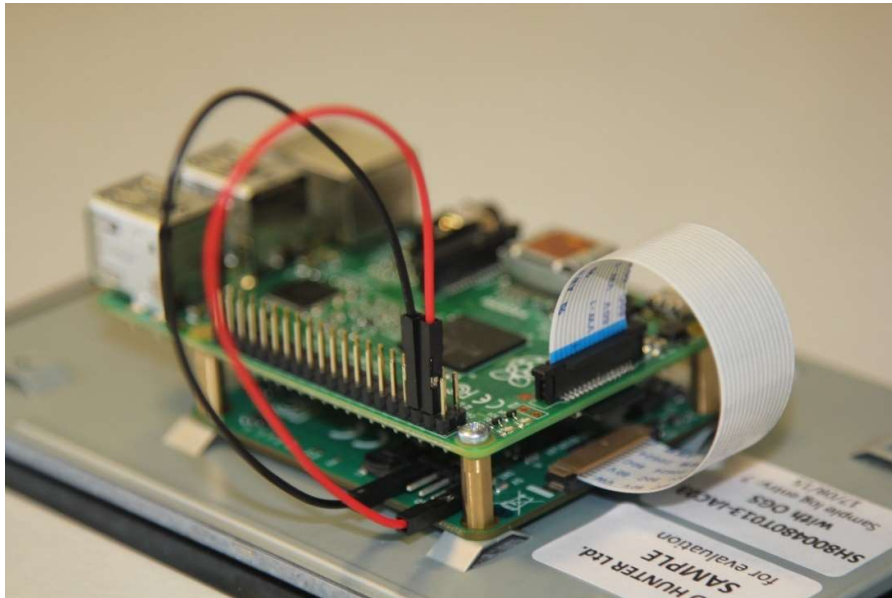
In dit systeem staat de ac naar dc-converter altijd aan wanneer er een ingangsspanning wordt aangeboden van 230VAC om 24VDC te genereren, maar de invoer van 24VDC naar de LDO-spanningsregelaar wordt geschakeld met een handmatige schakelaar. Dit wordt gedaan omdat de deelsystemen met microcontrollers en andere IC's hiermee worden in- en uitgeschakeld met de uitgangsspanning van de LDO-spanningsregelaar. In figuur 4 staat de schakeling weergegeven waar de schakelaar de verbinding tussen de ac naar dc-converter en de LDO-spanningsregelaar kan schakelen.



Figuur 4 Schakeling van Voedingsregelaar

3.2 Gebruikersinterface

Dit deelsysteem zorgt ervoor dat de gebruiker kan interacteren met het systeem. Het regelt de gebruikersinput om een scan te starten en stoppen. Daarnaast koppelt het informatie terug over het scanproces en resultaat. Dit wordt gerealiseerd met een Touchscreen voor de Raspberry Pi. Deze wordt gevoed met 5V en kan worden verbonden met de Raspberry Pi via de display-port met een ribbon-cable. In figuur 5 kan worden gezien hoe het wordt aangesloten (Raspberry Pi, 2015).



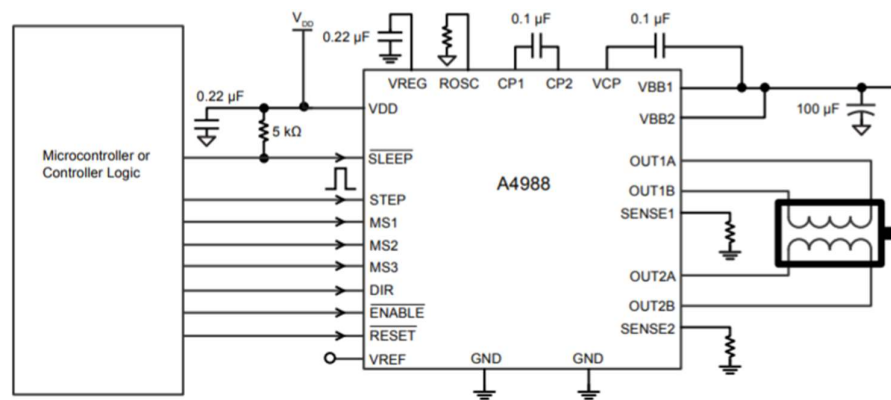
Figuur 5 Aansluiting van de touchscreen

3.3 Motorcontroller

Dit deelsysteem zorgt ervoor de fysieke positie van de scanner kan worden bewogen op basis van commando's welke komen van de systeemcontroller.

3.3.1 Hardware

Het bewegen van het scansysteem wordt gedaan met een tweefase stappenmotor met een stapnauwkeurigheid van $\pm 5\%$ (PBC Linear, 2018). Deze motor wordt aangedreven door de A4988 stappenmotordriver. Dit is een stappenmotordriver met vijf selecteerbare stapmodi. In volledige stappen, $\frac{1}{2}$ stap, $\frac{1}{4}$ stap, $\frac{1}{8}^e$ stap en $\frac{1}{16}^e$ stap. De maximale belastingspanning is 35V met een maximale stroom van 2A (Polulu, 2014). In figuur 6 staat het applicatiediagram van de AV988 (Polulu, 2014). Hier valt op dat er slechts enkele externe componenten zijn vereist om aan het applicatiediagram te voldoen.



Figuur 6 Applicatiediagram AV988

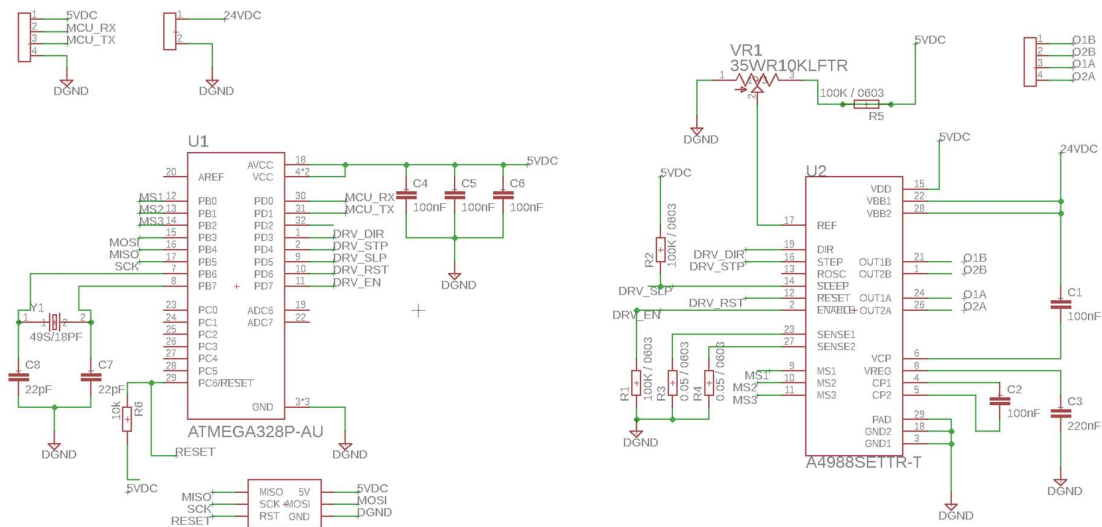
De twee condensatoren van 0.22uF worden gebruikt om hoogfrequente ruis te filteren op de ingang van de voeding (VDD) en de interne spanningsregelaar (VREG). Dit is de 5VDC voeding. Daarnaast wordt voeding voor de belasting (VBB) ook op rimpel gefilterd met een condensator van 100uF. Dit is de 24VDC voeding. Twee senseweerstanden worden aangesloten op SENSE1 en SENSE2, omdat hier de stroom door wordt gemeten, zodat de uitgaande stroom naar de stappenmotor kan worden geregeld. Een belangrijk extern component is de microcontroller. In dit systeem wordt er gebruik gemaakt van een ATMEGA328P van Microchip. Door GPIO te verbinden met MS1, MS2 en MS3 kan de microstep resolutie worden ingesteld. De verschillende instellingen staan weergegeven in figuur 7 (Polulu, 2014).

| MS1 | MS2 | MS3 | Resolutie |
|------|------|------|------------------------|
| Laag | Laag | Laag | Hele stappen |
| Hoog | Laag | Laag | $\frac{1}{2}$ stappen |
| Laag | Hoog | Laag | $\frac{1}{4}$ stappen |
| Hoog | Hoog | Laag | $\frac{1}{8}$ stappen |
| Hoog | Hoog | Hoog | $\frac{1}{16}$ stappen |

Figuur 7 Overzicht van instellingen voor microstep resolutie

Vervolgens kan door de microcontroller een puls worden gestuurd om een stap aan te geven en een hoog of laag logisch signaal om de richting aan te geven.

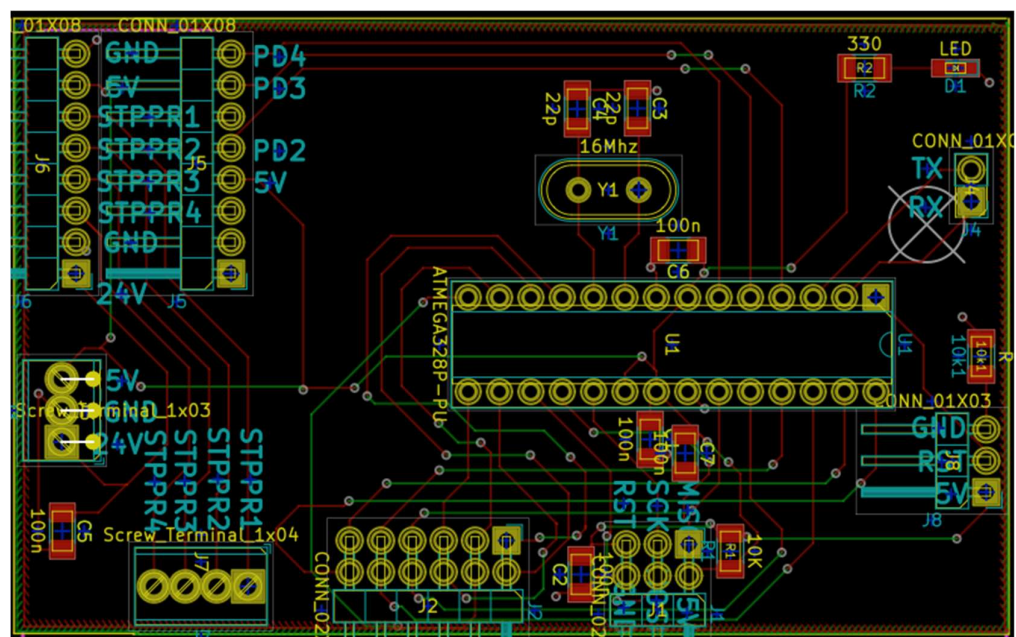
De ATMEGA328P draait op een 16MHz kristal met een voedingsspanning van 5V. De benodigde peripherals zijn UART, GPIO en TIMER. Dit zijn de interfaces van de hardware met de embedded firmware. UART wordt geconfigureerd om met een baudrate 9600, 1 stop-bit, geen pariteitbit en een karaktergrootte van 9-bit te communiceren met de host. De host is de systeemcontroller. Daarnaast worden GPIO pinnen verbonden met de A4988 driver volgens figuur 7. Verder valt er te zien dat de VCC pinnen op ATMEGA328P een gefilterde voedingslijn binnenkrijgt dankzij de condensatoren van 100nF. Via het In-circuit Serial Programming (ISP) met pinnen MOSI, MISO en SCK wordt de microcontroller geflasht met de embedded firmware.



Figuur 8 Schakeling van het deelsysteem motorcontroller

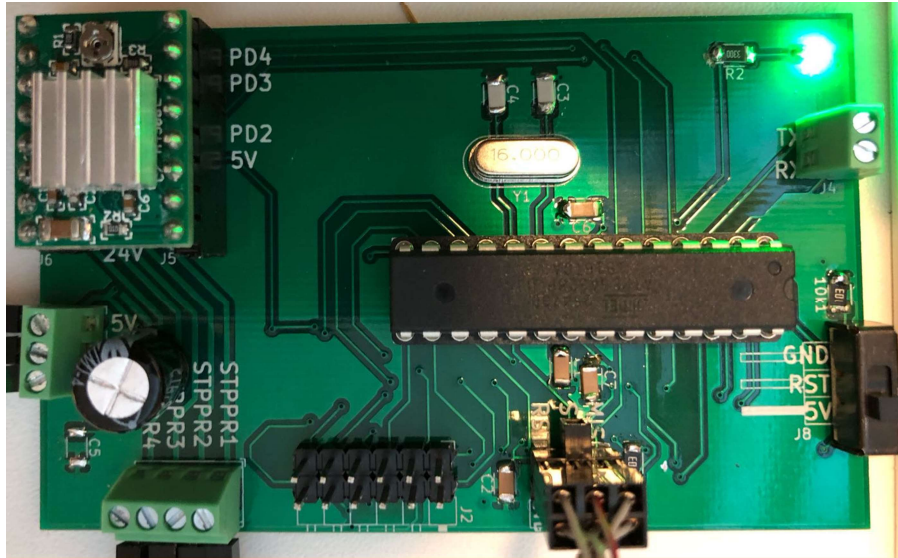
3.4 PCB

In deze paragraaf wordt de gerealiseerde PCB besproken.



Figuur 9 PCB Layout motorcontroller

In figuur 8 is de lay-out van het PCB te zien. Het formaat zo klein mogelijk gehouden, omdat het moet passen achter het scherm in de behuizing.



Figuur 10 Gerealiseerde PCB

In figuur 9 is de voorzijde van de print te zien. De componenten zijn met de hand gesoldeerd. Er is bij de fabricage van de print een fout gemaakt. De fout heeft geleid tot een kortsluiting in de 24 Volt circuit. Na meten is de fout gevonden en verholpen. Nadat de fout is verholpen is de PCB getest.

3.4.1 Firmware

De belangrijkste taak van de motorcontroller is de stappenmotor telkens een stap te laten bewegen wanneer een commando wordt ontvangen om te beginnen. Vervolgens wordt er teruggekoppeld wanneer de beweging is voltooid. Om dit te kunnen doen staan hieronder de belangrijkste functies met in en uitvoer beschreven in figuur 8.

```

/* This function initializes the motor and sets the resolution */
void initializeMotor(uint8_t resolution);

/* This functions sends a pulse to the motor to move it 1 step ...
void moveStep(uint8_t direction);

/* This functions sends a x_steps amount of pulses to the motor to move it x_steps
in the given direction */
void moveSteps(uint16_t steps, uint8_t direction);

/* This function sets the resolution of the microsteppin */
void setResolution(uint16_t velocity);

/* This function sets up the serial communication */
uint8_t initializeCommunication(uint16_t baud);

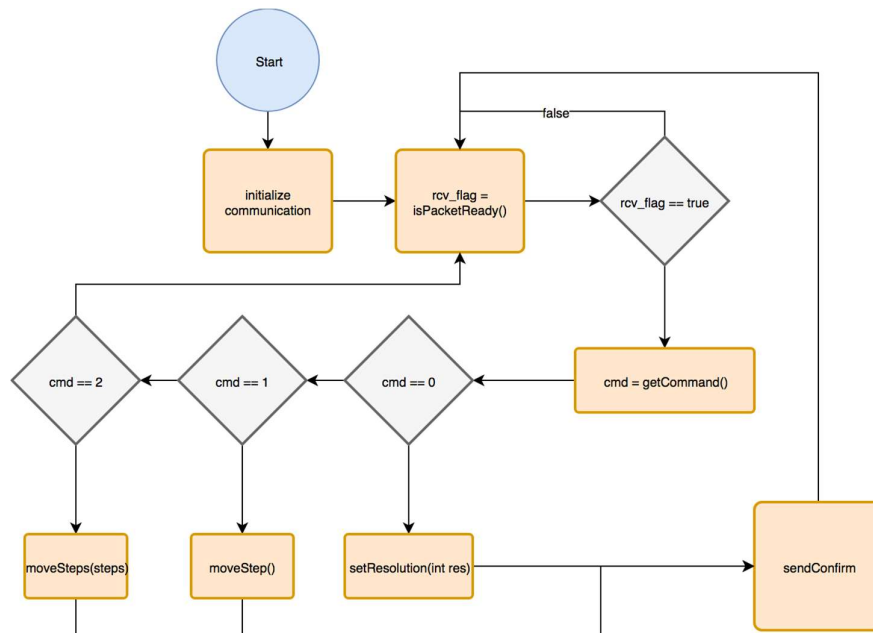
/* This functions checks if a new data packet is ready
from the host with a command in it */
uint8_t isPacketReady(uint8_t *raw_data);

/* This function extracts the payload data from the packet */
packet_t getPayload();

```

Figuur 11 Belangrijkste functies motorcontroller

In figuur 9 staat de algemene flow van het programma. Hieruit valt te zien dat er een commando wordt opgehaald wanneer een pakket klaar staat. Het commando wordt uit het pakket gehaald, maar daarnaast wordt ook de data in het pakket die bij het commando hoort uitgepakt om de commando's uit te kunnen voeren.

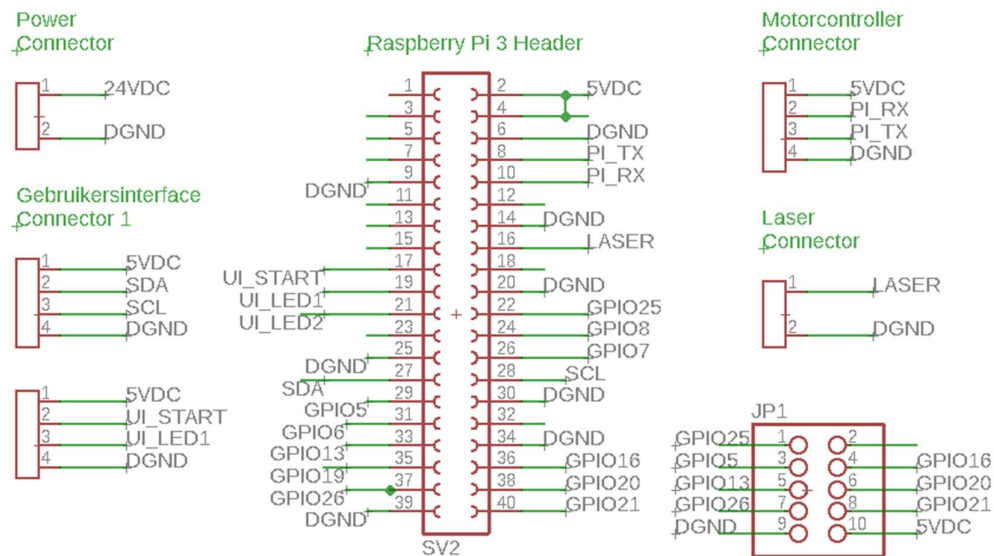


Figuur 12 Flowchart van motorcontroller

3.5 Systeemcontroller

Dit deelsysteem is verantwoordelijk voor de aansturing van de deelsystemen: motorcontroller, scanner en gebruikersinterface. Dit wordt gedaan met een Raspberry Pi 3 met het besturingssysteem Raspbian. De software zorgt ervoor dat de scanner na elke beweging van de motoren een frame schiet met de camera terwijl de laser aanstaat. Vervolgens wordt dat beeld verwerkt door scanner om een hoogte en diepte uit elk frame te krijgen. De systeemcontroller vraagt deze informatie op en geeft deze vervolgens weer door aan de gebruikersinterface.

3.5.1 Hardware

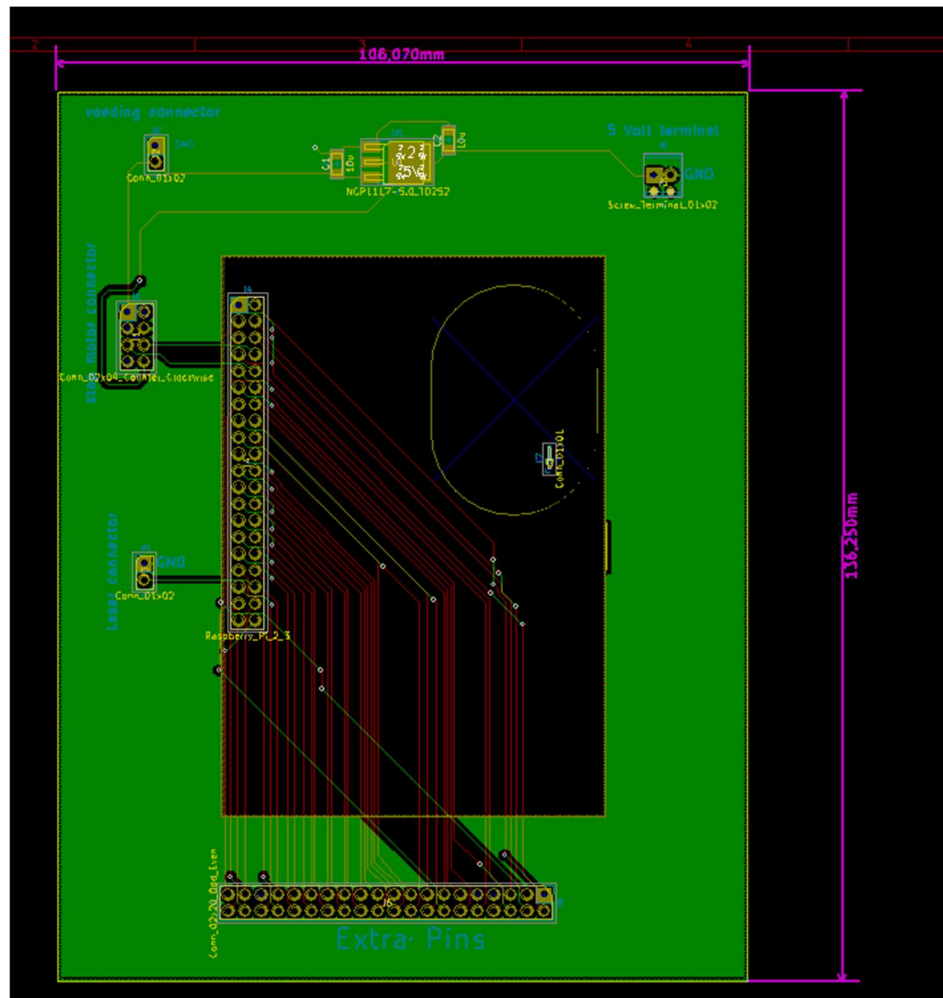


Figuur 13 Schakeling van het deelsysteem Systeemcontroller

3.5.2 PCB

In figuur 13 staat het PCB design van de systeem controller. Hier kan een Raspberry Pi in vast worden geklikt, met behulp van een female header. Vervolgens kan de laser en de motorcontroller worden aangesloten worden naast deze header. Rechts in beeld staat een groot gat. Dit is gedaan zodat de ribbon-kabel rechtstreeks naar beneden kan worden getrokken voor de camera.

Aan de onderkant van de PCB staan extra pinnen. De overige pinnen van de Raspberry Pi worden hier naartoe geleid, zodat er altijd nog wat extra aan kan worden toegevoegd. In figuur 14 staat de pinout weergegeven in een tabel.



Figuur 14 PCB van de systeemcontroller

| Pin nummer | Type aansluiting |
|------------|------------------|
| 1 | GPIO21 |
| 2 | GPIO20 |
| 3 | n.v.t |
| 4 | GND |
| 5 | GPIO32 |
| 6 | GPIO30 |
| 7 | ID_SC28 |
| 8 | SPI_SEL1 |
| 9 | SPI_SEL2 |
| 10 | GPIO25 |
| 11 | GND |
| 12 | GPIO24 |
| 13 | GPIO23 |
| 14 | GND |
| 15 | GPIO18 |
| 16 | n.v.t |
| 17 | n.v.t |
| 18 | GND |
| 19 | 5V |
| 20 | 5V |
| 21 | GND |
| 22 | GPIO26 |
| 23 | GPIO35 |
| 24 | GPIO33 |
| 25 | GPIO31 |
| 26 | GPIO29 |
| 27 | ID_SD27 |
| 28 | GND |
| 29 | SPI_SCLK |
| 30 | SPI_MISO |
| 31 | SPI_MOSI |
| 32 | 3.3V |
| 33 | GPIO22 |
| 34 | GPIO27 |
| 35 | GPIO17 |
| 36 | GND |
| 37 | GPIO4 |
| 38 | SCL |
| 39 | SDA |
| 40 | 3.3V |

Figuur 15 Pinout Raspberry Pi header

3.6 Scanner

Dit deelsysteem zorgt ervoor dat frames kunnen worden geschoten met de camera. Daarnaast kan het de laser aan en uit zetten. Tot slot worden de laserlijnen in de frames verwerkt en door de kromming met triangulatie bepaald wat de diepte is.

3.6.1 Hardware

Om frames te kunnen schieten wordt er gebruikt gemaakt van een Raspberry Pi Camera. Dit is een camera met 8 Megapixels en een videomode van 480p60. De sensoresolutie is 3280 x 2464 pixels (Raspberry Pi, 2018).

Daarnaast gebruikt het systeem een Picotronic lijnlaser. Dit is een laserdiode met golflengte van 635nm en optisch vermogen van 5mW. Daarnaast is lijndikte dunner dan 1,2mm op 1m afstand. Het spanningsbereik ligt tussen 2,5VDC en 6VDC met een stroom van typisch 35mA (Picotronic, 2018).

In figuur 13 is de scanmodule weergegeven met de bij behorende hardware (zonder de camera). Aan de rechterkant van de scanmodule is een wit stuk te zien met vier gaten. Hier komt de camera (figuur 14 uiteindelijk te zitten).



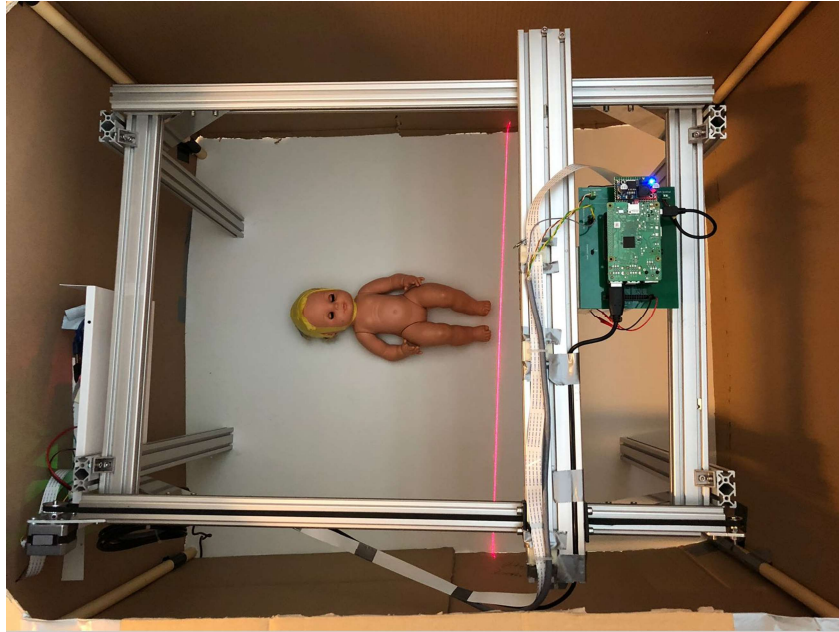
Figuur 16 Behuizing Scanner



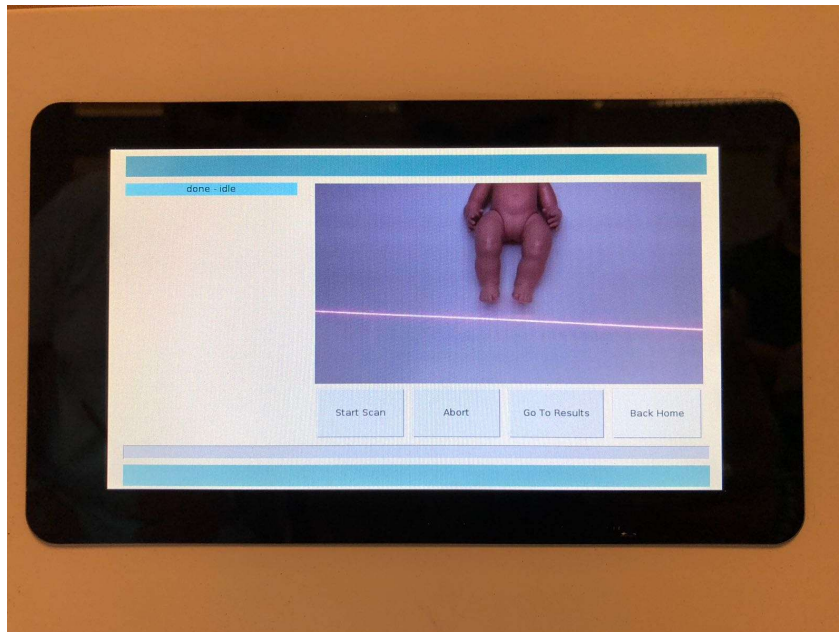
Figuur 17 Cameramodule

3.7 Systeemrealisatie

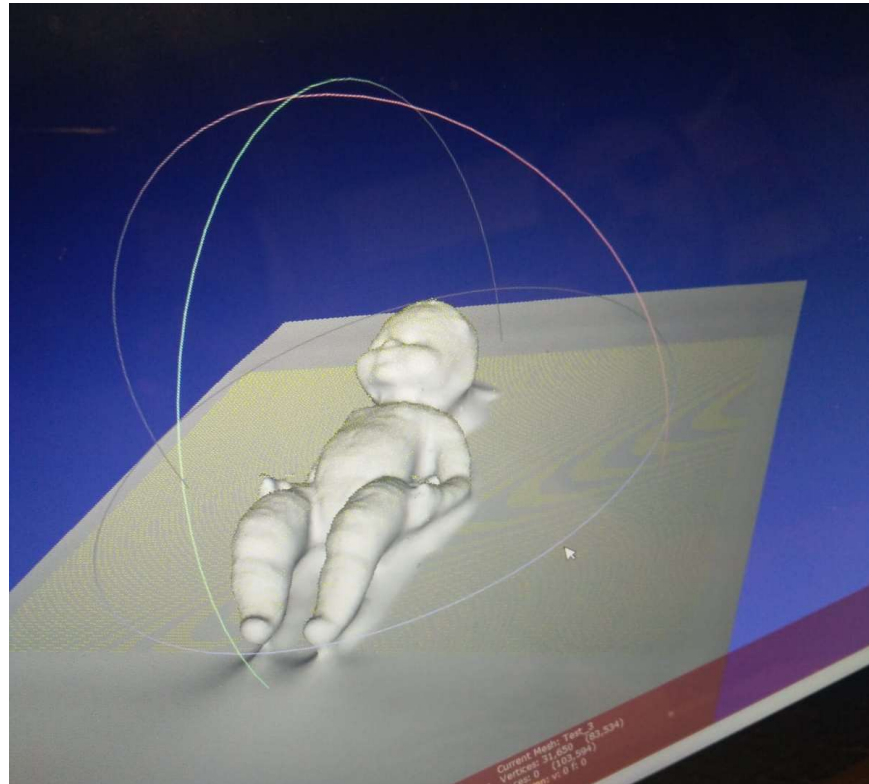
In figuur 18, 19 en 20 staat het complete systeem. Daarnaast zijn er ook nog video's van het systeem en is de complete source code te vinden in de repository <http://www.github.com/kaihar-ten/baby3dscanner>



Figuur 18 Binnenkant van het systeem



Figuur 19 Gebruikersinterface in het systeem



Figuur 20 3D scan van de pop

4 Requirements traceability

In dit hoofdstuk wordt de requirements traceability weergegeven om het verband tussen deelsystemen en eisen bloot te liggen.

| | SCA N-1 | SCA N-2 | SCA N-3 | SCA N-4 | INF O-1 | INF O-2 | INF O-3 | INF O-4 | DIS P-1 | DIS P-2 | MOD L-1 | MOD L-2 | US R-1 | US R-2 | PW R-1 | PW R-2 |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Voed- ingsre- gelaar | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| Ge- bruik- ersint erface | | | | | x | x | x | x | | | | | x | x | | |
| Mo- tor- con- troller | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| Sys- teem- con- troller | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | |
| Scan- ner | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | |

5 Referenties

- Lukas, M. (2018). *FabScan Pi*. Opgehaald van Github: <https://github.com/mariolukas/FabScanPi-Server>
- Mean Well. (2015, 07 08). *RS-100 100W Single Output Switching Power Supply Datasheet*. Opgehaald van Mean Well: <https://www.meanwell-web.com/content/files/pdfs/productPdfs/MW/Rs-100/RS-100-spec.pdf>
- ON Semiconductor. (2013, July). *KA278RXXC-Series 2A Output Low Dropout Voltage Regulators Datasheet*. Opgehaald van On Semiconductor: <http://www.onsemi.com/pub/Collateral/KA278RA05C-D.pdf>
- PBC Linear. (2018). *Stepper Motor NEMA 17*. Opgehaald van PBC Linear: <http://www.pbcllinear.com/Download/DataSheet/Stepper-Motor-Support-Document.pdf>
- Picotronic. (2018). *L635-5-3 Laser*. Opgehaald van Picotronic: <https://www.picotronic.de/picopage/nl/product/detail/category/3/laser/linelaser/id/357569>
- Polulu. (2014). *A4988 DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection*. Opgehaald van Polulu: https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf
- Raspberry Pi. (2018). *Camera Module*. Opgehaald van Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/README.md>
- Raspberry Pi Dramble. (2018). *Power Consumption Benchmarks*. Opgehaald van Raspberry Pi Dramble: <https://www.pidramble.com/wiki/benchmarks/power-consumption>
- RasPi Tv. (2016). *Raspberry Pi Power Usage With Camera*. Opgehaald van RasPi Tv: <http://raspi.tv/2016/raspberry-pi-zero-1-3-power-usage-with-camera>
- Robotshop. (2018). *Pololu 8-35V 2A Single Bipolar Stepper Motor Driver A4988*. Opgehaald van RobotShop: <https://www.robotshop.com/media/files/PDF/datasheet-1182.pdf>
- Sino Wealth. (2013). *SSH11106 132x64 Dot Matrix Oled Controller*. Opgehaald van Sino Wealth: <https://www.elecrow.com/download/SH1106%20datasheet.pdf>
- Wikipedia. (2018). *Low-dropout regulator*. Opgehaald van Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Low-dropout_regulator