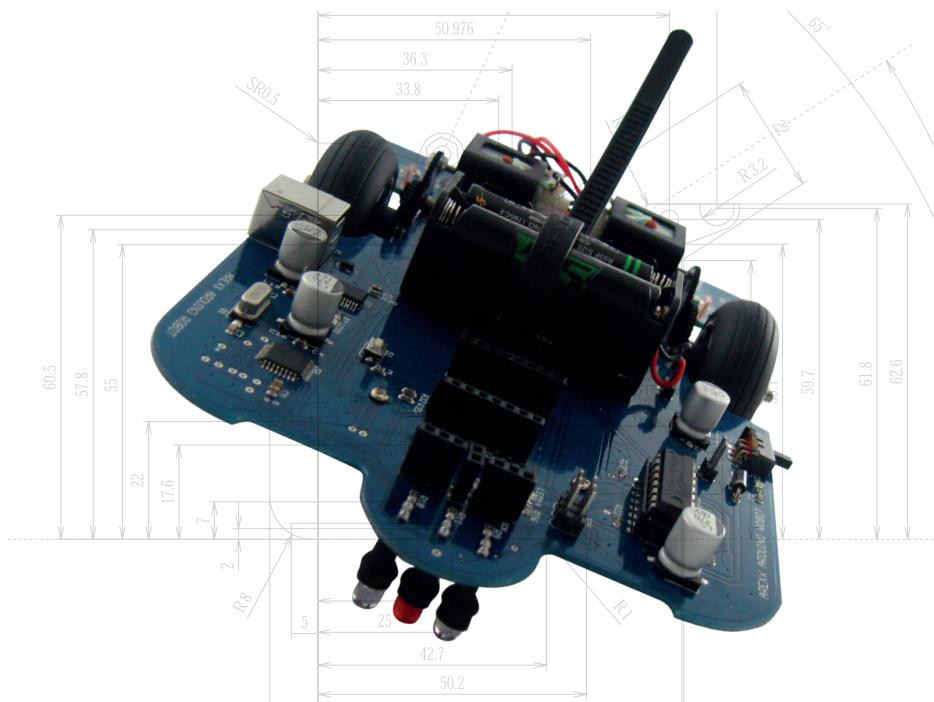




AREXX ARDUINO ROBOT

AAR

HANDELING: AAR-04



© AREXX - V082012

Inhoud

1.	Produktbeschrijving AAR	5
1.1	De ARDUINO Robotfamilie	5
1.2	Specificaties	5
2.	AAR Algemene Info	7
3.	De AREXX ARDUINO robot	12
3.1	AAR LED informatie	12
3.2	AAR printplaat layout	13
4.	Opstarten van de AAR	16
4.1.	Installeren ARDUINO software	16
4.2	Programmeertaal ARDUINO	16
4.3	USB Driver installeren	16
4.4	Aansluiten van de spanning	17
4.5	Programmeren met Arduino	18
4.6	Arduino programma selecteren	18
4.7	Com poort selecteren	19
4.8	Programma uploaden naar de AAR	20
4.9	Problemen oplossen	21
4.10	AAR Arduino zelftest	22
5.	ARDUINO uitbreidingsmodules	23
6.	Achtergrond H-brug	27
7.	Odometrie systemen	30
8.	Bootloader flashen	33
9.	APPENDIX	
	A. Onderdelen lijst	35
	B. Printplaat	37
	C. Printplaat	38
	D. Schema	39
	E. 3D tekening AAR	40

AREXX und AAR zijn geregistreerde merken van AREXX Engineering

© AAR Handleiding (2014): AREXX Engineering (NL).

Niets uit deze handleiding mag op welke wijze en voor welke doeleinde dan ook worden overgenomen zonder schriftelijke toestemming van de Europees importeur:

AREXX Engineering te Zwolle (NL).

De fabrikant en importeur stellen zich niet verantwoordelijk en aanvaarden geen enkele aansprakelijk voor de gevolgen van ondeskundige handelingen en/of eventuele fouten bij het bouwen en bij het gebruik van dit product door het niet opvolgen van deze handleiding.

De inhoud van deze handleiding kan zonder kennisgeving vooraf door ons worden gewijzigd.



Fabrikant:
AREXX Engineering
JAMA Oriental



Importeur:
AREXX Engineering
ZWOLLE

Technische vragen zie:

WWW.AREXX.COM
WWW.ROBOTERNETZ.DE

Impressum

©2014 AREXX Engineering

Nervistraat 16
8013 RS Zwolle
The Netherlands

Tel.: +31 (0) 38 454 2028

Fax.: +31 (0) 38 452 4482

E-Mail: Info@arexx.nl

Deze handleiding is wettelijk beschermd door copyright. De inhoud mag zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de eigenaars in het geheel of in gedeeltes worden gekopieerd of overgenomen!

Veranderingen aan de specificaties en leveromvang zijn niet uitgesloten. De inhoud van deze handleiding kan ten allen tijde zonder aankondiging worden aangepast.

Nieuwe versies staan kosteloos ter beschikking op:

<http://www.arexx.com/>

"AAR en AREXX" zijn geregistreerde productnamen van AREXX Engineering. Alle andere productnamen zijn eigendom van de eigenaren. Wij zijn niet verantwoordelijk voor de inhoud van externe web-informatie, waarop vanuit dit handboek wordt verwezen!

Notities betreffende de garantie en aansprakelijkheid

De garantie van AREXX Engineering is beperkt tot vervanging en reparatie van de robot binnen de wettelijk voorgeschreven garantieperiode voor aantoonbare productie-fouten, zoals mechanische beschadigingen en ontbrekende of foutief gemonteerde elektronische onderdelen, met uitzondering van de alle via stekkers/voetjes aangesloten onderdelen. Voor schade, die direct door de robot of als gevolg van het werken met de robot ontstaan, bestaat geen aansprakelijkheid. Aanspraken, die op wettelijke voorschriften met betrekking tot aansprakelijkheid voor producten berusten, blijven onveranderd van kracht.

Zodra irreversibele veranderingen (zoals bijvoorbeeld het inbouwen van andere onderdelen, het boren van gaten, enz.) aan de robot hebben plaatsgevonden of de robot door mistachting van deze handleiding schade heeft opgelopen, gaat elke aanspraak op garantie verloren!

De fabrikant en importeurs stellen zich niet verantwoordelijk en aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor de gevolgen van ondeskundige handelingen en/of eventuele fouten bij het aansluiten en bij het gebruik van dit product, door het niet opvolgen van deze handleiding.

Bij schade veroorzaakt door het niet opvolgen van deze gebruiksaanwijzing, vervalt het recht op garantie! Voor vervolgschade die hieruit ontstaat, zijn wij niet aansprakelijk! Voor materiële schade of persoonlijk letsel, veroorzaakt door ondeskundig gebruik of het niet opvolgen van de veiligheidsaanwijzingen, aanvaarden wij geen aansprakelijkheid! In dergelijke gevallen vervalt elke aanspraak op garantie!

Let s.v.p. ook op de relevante licentie-bepalingen, die in de CD-ROM zijn opgenomen!

BELANGRIJK

Lees voor de ingebruikstelling van het product de volledige gebruiksaanwijzing en neem alle bedienings- en veiligheidsvoorschriften in acht.

Symbolen

In deze handleiding worden de volgende symbolen gebruikt:

	<p><i>Het "Attentie!"-symbool markeert bijzonder belangrijke passages, waarin je goed moet oppassen. Als je hier fouten maakt, kunnen deze de robot of bijbehorende onderdelen onbruikbaar maken, respectievelijk je eigen of andermands gezondheid schade toevoegen!</i></p>
	<p><i>Het "Informatie"-symbool markeert passages, waarin zich nuttige tips en achtergrondinformatie bevinden. Het begrip voor deze informatie is niet zo belangrijk, maar meestal erg zinvol.</i></p>

veiligheidsaanwijzingen

- Controleer de polarisatie van de spanningsadapter.
- Houd de TL9-ALU altijd droog. Als het apparaat nat wordt direct de spanning verwijderen
- Als u de TL9-ALU langere tijd niet gebruikt de spanning verwijderen
- Voordat u het apparaat in gebruik neemt controleer dan eerst de algemene conditie van het apparaat en zijn toebehoren zoals kabels en netadapter.
- Vraag de hulp van een vakman als de bediening, aansluiting of veiligheid van dit apparaat een probleem is.
- Nooit het apparaat in vochtige of ontoereikende ruimtes in bedrijf stellen.
- Deze module is opgebouwd uit hoogwaardige en gevoelige electronica componenten. Electronische onderdelen zijn erg gevoelig voor statische electriciteit. Raak deze componenten nooit rechtstreeks aan vermeid ieder contact met de componenten en de printplaat.

Normaal Gebruik

Dit Produkt wordt gebruikt als ARDUINO experimenteerplatform door eenieder die geïnteresseerd is in robots en techniek. Het hoofddoel is om te leren hoe deze robot in de ARDUINO programmeertaal geprogrammeerd kan worden. Dit product is geen speelgoed! Het is niet geschikt voor kinderen onder 14 jaar, tenzij ze het gebruiken onder toezicht van een deskundige.

Deze robot is bestemd voor gebruik binnenshuis. Het mag niet vochtig of nat worden let ook op condenswater dat ontstaat van de overgang van een koude naar een warme ruimten. Wacht altijd even voor het in bedrijf nemen, bij koude naar warme overgangen, zodat de robot zich weer kan aanpassen aan de omstandigheden.

Gebruik anders dan hierboven beschreven kan tot schade leiden en er is risico op kortsluiting brand enz...

1. PRODUTBESCHRIJVING AAR

1.1. De ARDUINO Robotfamilie?

Arduino is een open source single-board microcontroller en het is ontworpen om electronica en met name microprocessoren toegankelijker te maken in verschillende projecten. Een Arduino bord maakt gebruik van een Atmega processor.

Ardduino was in de eerste instantie bedoeld voor kunstenaars, ontwerpers, hobbyisten en een ieder die geïnteresseerd is om interactieve objecten te creëren. De Arduino hardware bestaat altijd uit een Atmel AVR processor met zowel digitale in- en uitgangen en analoge ingangen. Hiermee kan het Arduino bord signalen ontvangen van de omgeving en vervolgens kan het daar weer op reageren.

In navolging van de AREXX ASURO robot, die programmeerbaar is in de programmeertaal C is er nu de AREXX Arduino Robot. De AAR Robot lijkt erg op de ASURO maar is veel een voudiger programmeerbaar dankzij de open source programmeertaal Arduino.

1.2. Specifikaties:

Motoren	2 Gelijkstroommotoren (3 Volt)
Processortype	ATmega328P
Programmeertaal	ARDUINO of C
Spannung	4 St. AAA Accu of Batterijen 4,8 - 5,5 Volt
Stroom	Min. 10 mA Max. 600 mA
Communicatie	USB en ISP Stekker
Uitbreidingen	ASURO Uitbereidings modules
Hoogte	40 mm
Breedte	120 mm
lengte	180 mm

2.5. Waarschuwingen

1. Lees eerst de handleiding volledig door voordat je de spanning aan sluit! Foutieve handelingen kunnen deze robot onherstelbaar beschadigen.
2. Controleer altijd de aansluitingen van de kabels en externe componenten. Verkeerde spanning of polariteit kan de robot onherstelbaar beschadigen.
3. Gebruik geen spanningen die hoger zijn dan voorgeschreven. Gebruik een goede gestabiliseerde voeding die geen piekspanningen geeft.
4. Pas op met electrostatische ontlading. Werk ESD veilig en raak de componenten nooit zo maar met je handen of metalen gereedschap aan, zonder ESD beveiliging.

ALGEMEEN

- * Als de onderdelen blister geopend wordt vervalt het retourenrecht
- * Lees voordat je begint de gehele handleiding
- * Wees voorzichting met gereedschappen en kleine onderdelen houd deze buiten het bereik van kleine kinderen!
- * Houd dit product buiten het bereik van kleine kinderen.
- * Controller altijd zorgvuldig de polariteit van de batterijen!
- * Houd de batterijen droog en verwijder ze als de AAR voor lange tijd niet gebruikt gaat worden, mix nooit gewone en oplaadbare batterijen of lege en volle batterijen!

2. ARDUINO ALLGEMENE INFO

2.1. Wie of wat is ARDUINO?

Arduino is een open source single-board microcontroller en is ontworpen om electronica toegankelijker te maken in verschillende projecten. Een Arduino bord maakt gebruik van de Atmega 168 of Atmega 328 microcontroller van Atmel.

Zoals je in de inleiding kon lezen is het bedoeld voor kunstenaars, ontwerpers, hobbyisten en iedereen die geïnteresseerd is om interactieve objecten te creëren. De hardware bestaat uit een Atmel AVR processor met zowel digitale in- en uitgangen en analoge ingangen. Hiermee kan het Arduino bord signalen ontvangen van de omgeving en vervolgens daar op reageren.

Er zijn meerdere Arduino borden beschikbaar zoals Arduino Uno, Arduino LilyPad en Arduino Mega 2560. Voor elk project is er wel een Arduino bord die het best gebruikt kan worden, omdat elke Arduino specifieke eigenschappen bezit.

De input kan onder andere gegenereerd worden door schakelaars, lichtsensoren, bewegingsensoren, afstandsmeeteters en temperatuursensoren. Ook is het mogelijk om commando's als input te zien afkomstig van internet. Met de output signalen kunnen motoren, lampjes, pompjes en beeldschermen aangestuurd worden.

Er is een standaard programmeertaal compiler en bootloader aanwezig om het bord te programmeren. De programmeertaal waarmee de Arduino hardware wordt geprogrammeerd is gebaseerd op de wiring programmeertaal en komt overeen met C++.

Arduino was als een project begonnen in Ivrea, Italië in 2005. Het was oorspronkelijk bedoeld om studenten te helpen om projecten te ontwerpen en moest goedkoper worden dan andere prototype systemen die al beschikbaar waren. De makers Massimo Banzi en David Cuartielles hadden het project genoemd naar een historisch persoon 'Arduin of Ivrea'. Het woord 'Arduino' betekend 'sterke vriend'.

2.1 Microcontrollers!

Een microcontroller (soms afgekort tot µC, uC or MCU) is een kleine computer opgebouwd als een geïntegreerde schakeling dit noemen we een IC, (IC = integrated circuit).

Een processor IC bevat een processor core, geheugen, en programmeerbare in- en uitgangen.

Het programma geheugen (ROM) en een klein data geheugen (RAM) is vaak ook geïntegreerd in het IC.

2.1.1 Applicaties

Microcontrollers worden gebruikt in geautomatiseerde processen. Er zijn vele toepassingen in vele produkten, zoals computers, auto's, machines, gereedschappen, mobile telefoons, afstandsbedieningen en speelgoed, eigenlijk kom je ze elke dag overal tegen.

Doordat ze steeds kleiner en goedkoper worden zijn er telkens meer applicaties waarvoor ze gebruikt kunnen worden, denk bijvoorbeeld aan de tablet of de smartphones.

2.3. Opgenomen vermogen en snelheid

sommige microcontrollers hebben een klokfrequentie van slechts 4 kHz, dit doen we omdat ze dan een heel laag stroomverbruik hebben (milliwatts of microwatts). Een dergelijke lage klokfrequentie reduceert echter wel de functionaliteit maar er zijn voldoende applicaties waar snelheid niet van belang is zoals kijken of er een knop bediend wordt en daar dan op reageren bijv. een afstandsbediening.

Er zijn andere applicaties waar een hoge kloksnelheid een must is bijvoorbeeld bij digitale signaal verwerking, in het Engels, digital signal processor (DSP), dan heb je naast de hoge klokfrequentie ook direct een groter stroom verbruik. Denk hierbij ook aan PC's en smartphones.

Onze Arduino robot werkt met een krachtige Atmel 328 processor met een 8-bit microcontroller op een frequentie van 20MHz, met 16K bytes In-systeem programmeerbare flash. De veilige voedingsspanning ligt in de range van 4,5 - 7V DC, dit zorgt voor een stabiele en veilige condities voor de ATMEL processor en het motor circuit.

2.4 Microcontroller Programma's

Microcontroller programma's moeten passen in een geheugen dat op het IC zit , het is duur en omslachtig om nog eens wat extra extern geheugen toe te voeren. Compilers en assemblers worden gebruikt om de uitvoerige hogere programmeertaal taal, waar het programma in geschreven wordt, om te zetten (assembleren) in een machine code die de processor begrijpt. Deze machine code wordt dan in het geheugen van de processor geladen. Afhankelijk van het type is het geheugen permanent of vluchtig. Vroeger werden de processoren direct in de machine code geprogrammeerd nu zijn er diverse hogere (eenvoudige) programmeertalen zoals C of de vereenvoudigde C taal ARDUINO. De verschillende talen die er zijn hebben vaak betrekking op de applicaties maar C is momenteel wel de meest gebruikte taal voor het programmeren van processoren. Veel bekende software zoals bijv. Windows van Microsoft is voor een groot deel in C geschreven.

Onze Arduino robot heeft ongeveer 32K bytes flash- geheugen (flash memory) voor programma's. Deze kunnen in plaats van de Arduino taal ook direct geschreven worden in de C taal.

2.4. Interface Architectuur

Microcontrollers hebben normaal gesproken een tiental tot enkele tientallen algemene (General Purpose) input/output pinnen (GPIO). GPIO pinnen zijn configurerbaar in de software als ingang of als uitgang.

Als de GPIO pinnen zijn geconfigureerd als input, dan worden ze meestal gebruikt om sensoren of externe signalen uit te lezen.

Als ze als uitgang geconfigureerd zijn dan kunnen de GPIO pinnen gebruikt worden om externe componenten zoals LEDS en/of IC's aan te sturen.

Veel embedded systemen (apparaten met een processor zoals bijv. onze AAR robot) moeten analoge signalen uitlezen. Dit kan een processor alleen maar doen met behulp van een analoog-naar-digitaal converter (ADC). Vanaf het begin moesten processoren alleen digitale data analyseren en verwerken 1-en en 0-en, ze kunnen uitzicht zelf niets doen met de analoge signalen die ze aangeboden krijgen. De ADC wordt gebruikt om een analoog signaal om te zetten naar een digitaal signaal zodat een processor dit kan verwerken.

Er zijn processoren, zoals bijv. de ATMEGA ,die gebruikt wordt in onze AAR robot, die al een ADC aan boord hebben. Dergelijke processoren kun je dus direct analoge signalen aanbieden zonder dat je een externe ADC nodig hebt.

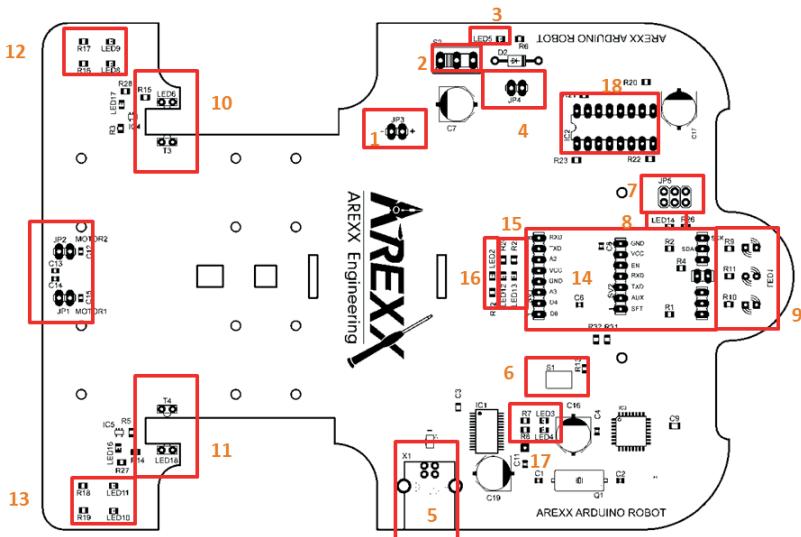
De meeste moderne processoren hebben ook één of meerdere timers. De meest gebruikte timer is een Programmable Interval Timer (PIT). Een PIT telt af van een ingestelde waarde naar nul, als de waarde nul bereikt is dan stuurt het een interrupt naar de processor zodat die weet dat het tellen gestopt is. Dit is handig voor sensoren zoals thermostaten die periodiek een temperatuur moeten meten de processor kan dan op haar beurt weer een apparaatzoal verwarming of ventilator aan sturen als dat nodig mocht zijn.

De Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) is een heel belangrijk onderdeel van de processor. Dit deel van de procesor maakt het mogelijk om data te ontvangen of te verzenden over een serieele lijn, dit alles met een zeer lage belasting voor de processor capaciteit.

De meeste moderne processoren kunnen ook digitaal met andere apparaten of IC's communiceren bijv. via I2C bus of met de Serial Peripheral Interface (SPI) bus.

De ATMEGA processor in onze Arduino robot heeft 14 digitale I/O's en 7 analoge I/O's. Verder zijn er vier timers, 16KB flash geheugen en een ADC.

3. AREXX ARDUINO ROBOT



Afb. 1:
3.1. ARDUINO ROBOT LEDS
AAR Printplaat

LED 1.	Rood	Lijnvolger (Bodem)
LED 2.	Blauw	Vrij programmeerbaar
LED 3.	Rood	USB-Data
LED 4.	Groen	USB-Data
LED 5.	Blauw	Power LED
LED 6.	IR	Infrarood LED voor de linker wielsensor
LED 7.	NA	vervalt (NA = Not Applicable)
LED 8.	Rood	Motorindicator Links vooruit
LED 9.	Rood	Motorindicator Links achteruit
LED 10.	Rood	Motorindicator Rechts achteruit
LED 11.	Rood	Motorindicator Rechts Vooruit
LED 12.	Groen	Transmissie signaal - TX serial
LED 13.	Rood	Ontvanger signal - RX serial
LED 14.	Blauw	Vrij programmeerbaar
LED 15.	NA	vervalt (NA = Not Applicable)
LED 16.	Rood	Impuls voor de rechter wielsensor
LED 17.	Rood	Impuls voor de linker wielsensor
LED 18.	IR	Infrarood LED voor de rechter wielsensor

LED 14 knippert alleen als de bootloader geladen is

LED 14 is uit als er geen bootloader aanwezig is

LED 14 knippert kort na inschakelen of na laden van een programma

3.2. ARDUINO ROBOT Printplaatlayout

Zie de nummers in Afb.1: AAR Printplaat

1. Stecker voor de batterij.
(let bij het aansluiten op de correcte polariteit!)
2. (Aan/Uit schakelaar van de robot.)
3. Status-LED: indicator dat de robot onder spanning staat.
4. Als je oplaadbare batterijen gebruikt dan staat is jumper dicht, bij gebruik van normale 1,5 batterijen is deze jumper open.
5. USB-Aansluiting: om de robot met behulp van de Arduino-Software te programmeren.
6. Reset-Toets: om de robot handmatig te resetten.
7. ISP-Aansluiting: om een andere Bootloader-programma te installeren.
8. LED 14: Is voor alle programmeerfunkties vrij aanstuurbaar deze LED knippert als de bootloader (opnieuw) gestart wordt.
9. Lijnvolgmodule: Deze module is vrij programmeerbaar en de robot kan er een lijn mee volgen.
10. Linker wielsensor: deze module genereert een impuls, die (als een proportionele functie) de wielrotatie aangeeft.
11. Rechter wielsensor: deze module genereert een impuls, die (als een proportionele functie) de wielrotatie aangeeft.
12. Status LEDs voor de linker motor: geeft motorspanning weer
13. Status LEDs für den rechter Motor: geeft motorspanning weer
14. Aansluitstekkers voor de ASURO uitbreidings modules, met deze ASURO modules kun je de robot opwaarderen en bijv. warmte bronnen gaan zoeken of hem draadloos besturen.
15. Status LEDs voor de RS232 serieele communicatie.
16. Status LED 2: vrij programmeerbare LED.
17. Status LEDs voor de USB Data.
18. Motor sturing

Op de CD hebben we de AAR zelftestsoftware AAR_Selftest toegevoegd. Met dit programma kun je alle basis functies testen.

3.3 ACHTERGROND INFORMATIE AAR

De AAR is een Arduino robot die speciaal is ontworpen om te leren programmeren met de Arduino software. Aan de rechterkant zit de USB interface met het FT232 IC dat het USB signaal converteert naar een RS232 UART datasignaal die de ATMEGA328P processor (rechts-voor) mee kan werken.

Aan de andere kant zit de aan-uit schakelaar met de connector JP3 voor de voedingsspanning aansluiting en IC2 de motordriver. Aan de achterkant van de print zitten de motoren en de wiel-sensoren.

De wiel-sensoren werken als een lichtsluis, de tandwielen hebben vier gaten, om de 90° een gat. De sensor kijkt of er een gat in zit en laat daarbij LED16 of 17 branden dit ligt aan de kant waar gemeten wordt, hierdoor kan vrij nauwkeurig de draaisnelheid van de wielen worden gemeten.

vooraan zitten de headers voor de uitbreidingsprinten en aan de onderkant van de print de lijn volger sensoren.

De lijnvolgersensor bestaat uit een led die op de grond schijnt met daarnaast twee IR sensoren die de reflectie van de grond opvangen. Daarnaast vind je op de print de nodige LEDs, weerstanden en condensatoren die het geheel werkend maken..

De robot heeft een Arduino bord, dat vergeleken kan worden met een Arduino Duemilanove bord. Het hart van deze Arduino robot is de ATMEGA328P. Deze microcontroller heeft 14 digitale in- en uitgangen, waarvan 6 gebruikt kunnen worden als PWM uitgangen. Verder zijn er op deze robot nog aanwezig 6 analoge ingangen, een 16 MHz crystal oscillator en een USB aansluiting waarmee de Arduino robot kunnen programmeren. Tot slot is er ook een ISP connector zodat de meer ervaren hobbyisten zelf de bootloader kunnen programmeren.

De robot werkt bij een 5V spanning en kan ook werken op alleen de USB spanning dit is handig bij het testen en programmeren. Handig bij deze Arduino robot zijn de headers voor waarmee je eenvoudig zelf een uitbreidingsbord kunt maken of waar je de AREXX uitbreidingsmodules van de ASURO op aan kunt sluiten.

3.4 ACHTERGROND ARDUINO SOFTWARE

De software van Arduino is open source dat betekent gratis beschikbaar voor iedereen. Open Source wil tevens zeggen dat ook de broncode van de programmeeromgeving beschikbaar is. De Arduino programmeeromgeving heeft een tekst editor, een berichtvak en een tekst console. De programmeeromgeving kan direct communiceren met de AAR om op eenvoudige wijze programma's in de processor te laden.

Software die geschreven is in Arduino wordt sketch genoemd. De code wordt geschreven in de tekst editor. Deze sketch wordt opgeslagen met bestandsextensie .ino. Het berichtvak geeft feedback wanneer het programma wordt opgeslagen en laat de fouten in de code zien. De tekst console laat de tekst output zien van Arduino met een uitleg van de eventuele fouten in de code. Rechts onder in het scherm wordt de huidige Arduino bord weergegeven en de seriële poort.

Arduino heeft de beschikking over libraries waardoor extra functies beschikbaar zijn. Een library is een pakket met verschillende samengestelde functies, waardoor die functies zelf niet meer geschreven hoeven te worden. Deze functies kunnen eenvoudig aangeroepen worden in Arduino. Een Arduino programma kan verdeeld worden in 3 stukken: structuur, variabele of constante waarden en functies.

Een Arduino programma structuur bestaat uit een setup en een loop functie. De setup zorgt ervoor dat de variabelen, pin modes en libraries worden geïnitialiseerd. De loop wordt de hele tijd doorlopen zodat het programma daar weer op kan reageren.

De variable waarden kunnen gebruikt worden om bepaalde type waarden op te slaan. Constante waarden worden gebruikt om een pin als in- of uitgang te definiëren en ervoor te zorgen dat er een spanning over een pin staat.

4. Getting Started (Beginnen)

4.1. Download en installatie van de Arduino's Software

Installeer de Arduino software (version 1) vanaf de CD we weten namelijk zeker dat het met deze software allemaal zal werken! Later kun je ook de laatste software downloaden vanaf de ARDUINO website. Eventueel moet je dan onze voorbeeld programma's wat aanpassen aan de laatste Arduino versie.

BELANGRIJK:

Het gebruik van de verschillende versies van de Arduino Software en de verschillende versies van de applicatie programma's kunnen problemen geven!

Soms moet je de software weer een beetje aanpassen als je de nieuwste ARDUINO software versie gaat gebruiken!

4.2. Arduino's taal

De grammatica van de Arduino's taal is uitvoerig beschreven op de officiële Arduino website. Leer de taal te begrijpen todat je het nivo bereikt dat je nodig hebt om deze robot te programmeren. Er staan op het web vele hulpmiddelen ter beschikking je hoeft alleen maar even op Arduino te googelen.

4.3. USB Driver installeren

Als je de Robot verbindt met een Windows PC dan zal de PC starten met het installeren van een USB driver voor de robot. Met Windows Vista of hoger wordt de driver normaal gesproken automatisch geïnstalleerd.

Selecteer het serieële apparaat van de robot via het Tools > Serial Port menu. Meestal is dit COM3 of hoger (COM1 en COM2 zijn gereserveerd voor de serieele hardware poorten).

Ter controle kun je de Robot losmaken van de PC en het menu opnieuw openen de COM poort die nu verdwenen is dat was dus de com poort van de robot. Je kunt nu de de robot weer aansluiten en de bewuste poort selecteren.

4.4 Aansluiten accu

De robot is ontworpen voor een accupack met vier 1,5 V batterijen. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van oplaadbare batterijen moet de pinheader JP4 voor oplaadbare batterijen worden doorverbonden (zie Afb.1 Nr. 4).

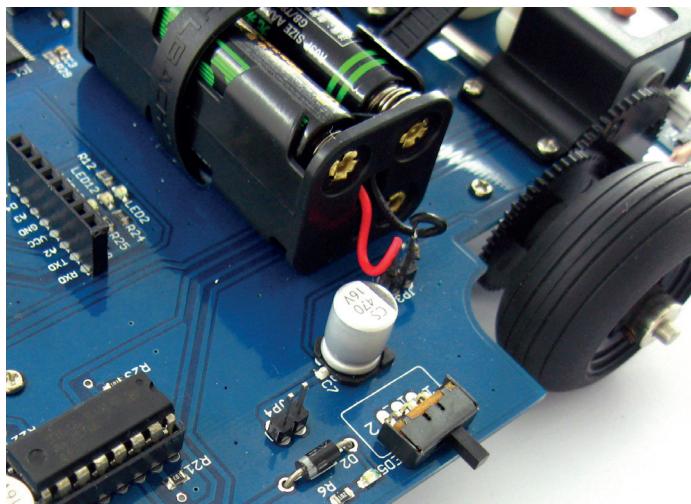
LET OP!

Wanneer deze pinheader JP4 is doorverbonden is de robot niet meer beveiligd voor polariteit, en kan dus bij verkeerd aansluiten onherstelbaar beschadigd raken.

Sluit de accu aan zoals afgebeeld (afb Afb. 2)



Afb. 2:



Schakel de robot in met de schakelaar de power LED 5 naast de schakelaar zal nu gaan branden.

4.5 Robot programmeren met Arduino software.

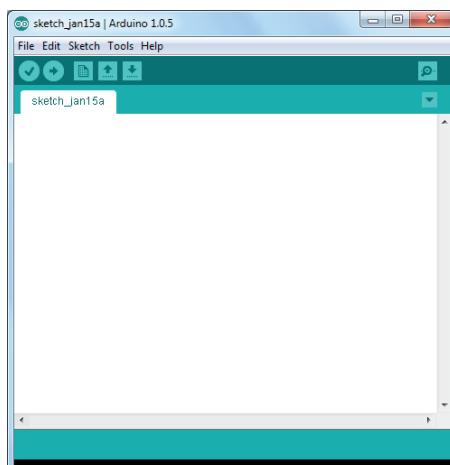
Sluit de robot aan op de computer doormiddel van de USB kabel. Wanneer de robot is aangesloten op de USB poort is het niet nodig om de batterijespanning aan te sluiten. De USB poort van de PC verzorgt dan de spanning



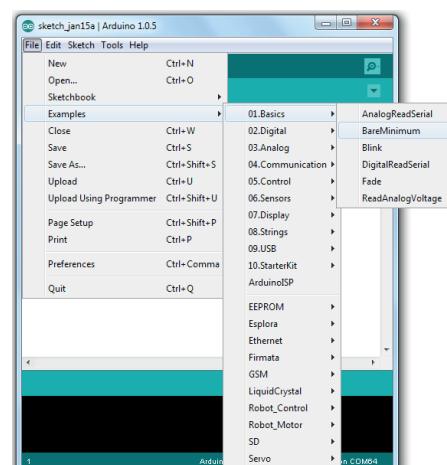
LET OP:

De Robot staat altijd aan wanneer die aangesloten is op de computer, de schakelaar en LED5 werken alleen bij batterijspanning.

Open de Arduino software (zie Afb. 3a).



Afb. 3a Arduino software



Afb. 3b openen van programma Blink

4.6 Arduino programma selecteren

Als voorbeeld wordt het programma blink in de robot geladen hierdoor zal LED 1 gaan knipperen.

Klik in de Arduino software op File>1. Basics>Blink. (zie Afb. 3b), het volgende scherm zal nu verschijnen(Afb. 4a).

```

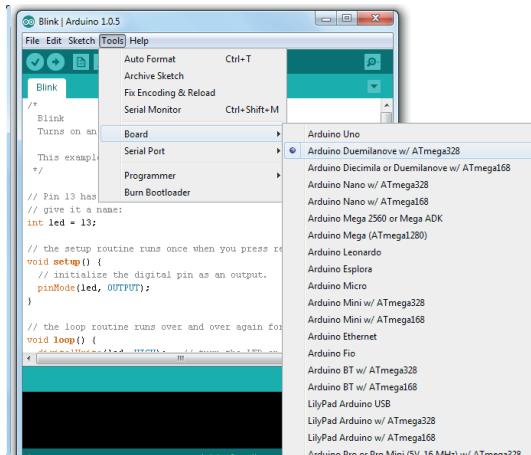
Blink | Arduino 1.05
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
Blink
Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeating.
This example code is in the public domain.
*/
// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
}

```

Afb. 4a Programma Blink

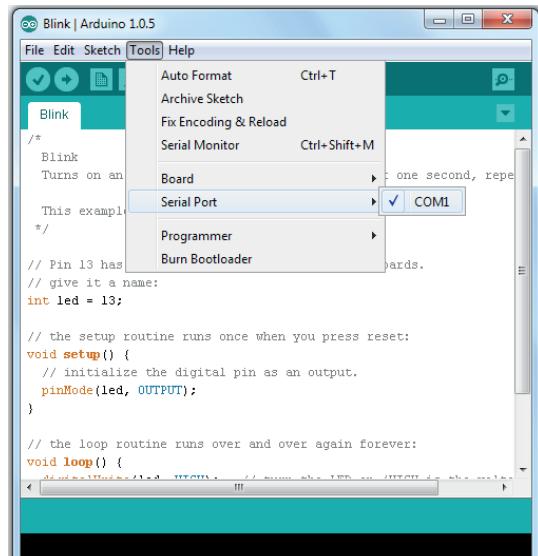


Afb. 4b) Board Selecteren

Nu zal het juiste board ingesteld moeten worden. Klik op Tools>Board> **Arduino Duemilanove or Nano w/Atmega328 (zie Afb. 4b)**

4.7 Compoort selecteren

Als volgende stap zal de juiste com poort toegewezen moeten worden. De com poort waarop de robot is aangesloten moet worden ingesteld in de Arduino software, normaal is dat hoger dan COM 3. Om de com poort in te stellen ga naar Tools>Serial Port>COM ?. (Zie Afb. 5)

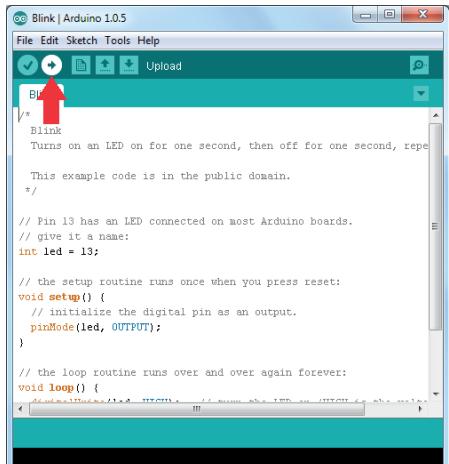


Afb. 5
Compoort selecteren

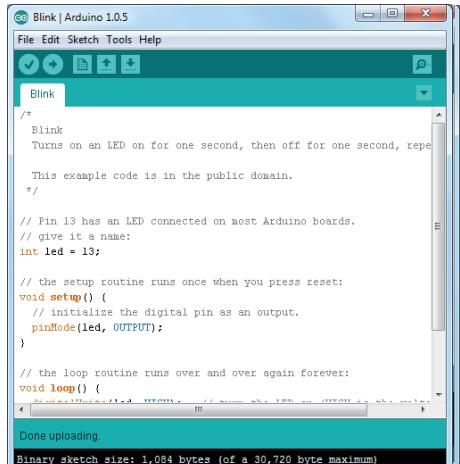
4.8 Uploaden van de in de Arduino software

Klik nu op Uploaden om de software in de Arduino te laden (zie Afb. 6a). In de onderbalk zal nu te zien zijn dat de software bezig is met compilen en daarna uploaden.

Wanneer het uploaden voltooid is zal er Done uploading in de onderbalk verschijnen.(Zie Afb. 6b)



Afb. 6a) Uploaden softwaren



Afb. 6b Klaar met uploaden

Nu kun je de robot ontkoppelen van de USB kabel de Batterij spanning aansluiten en de robot starten.

Meer informatie en downloads zie:

www.arexx.com --> Forum

www.roboternetz.de --> Forum

4.9 PROBLEMEN OPLOSSEN

ALS EERSTE moet altijd gecontroleerd worden of de robot voldoende stroom uit de USB-aansluiting krijgt. Dit kan een voudig getest worden door de batterijen te verwijderen en jumper JP4 te sluiten. Vervolgens dient de power LED op te lichten.

PROBLEEM; Geen verbinding met de AAR Robot.

Controleer of de Data-LED's (LED 3 en 4) kort knipperen wanneer u de USB-Kabel met de robot verbindt.

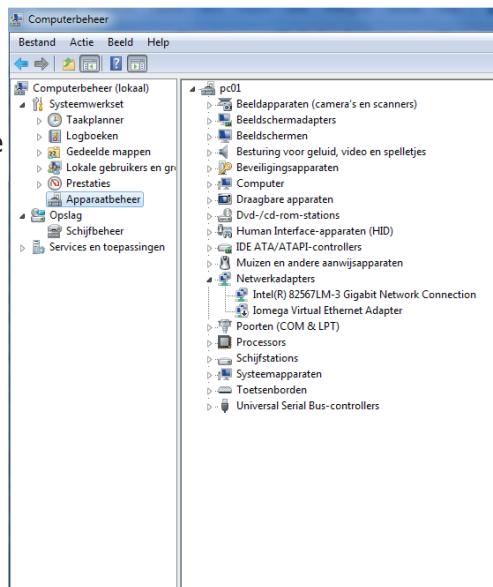
Controleer in Windows apparaatbeheer of de robot met de PC is verbonden.

Afb. 6c).

Apparaatbeheer
(Nederlandse versie van WIN7)

Normaalgesproken wordt de FTDI port van de robot als "USB SERIAL PORT" onder „Poorten" aangegeven.

Controleer of de juiste FTDI driver is geïnstalleerd. Een foute driver kan de hoofdoorzaak van de problemen zijn. Download de meest recente FTDI driver van het internet en installeer deze op uw PC.



PROBLEEM; Geen .INO-Data overdracht naar de robot

Controleer of de juiste COM-Port is gekozen. Deze dient een andere naam te hebben als COM1 en COM3, bijvoorbeeld COM5.

Controleer of u de juiste Arduino Board met het juiste processortype (Atmega328) heeft gekozen.

Controleer of u in uw Sketch-bestand alle benodigde bibliotheken (Engels: „Libraries") heeft geïnstalleerd. Zie de menu-invoer "**sketch-->Library -->** (zie bladzijde 22).

4.10 AAR ARDUINO ZELFTEST

Open het AAR_Zelftest programma op de CD. Nu kunt u de .ino-Data naar de AAR-Robot overbrengen. Activeer de button die met de rode pijl is gemarkeerd (of volg de menustappen „File>Uploading to I/O board“) om de geselecteerde programmadata naar de aange-sloten Arduino robot over te brengen (zie afb. 7).

Het laden van de bibliotheken:

Voor de zelftest heeft u wellicht nog de onderstaande libraries nodig. Menu invoer: “Sketch”--> “Library” --> **SoftPWM** en **TimerOne** van de CD (zie examples).



Afb.6d) Bibliotheken

Open libraries (uit Nederlandse versie)



Abb. 7 (Upload) Softwaretransfer

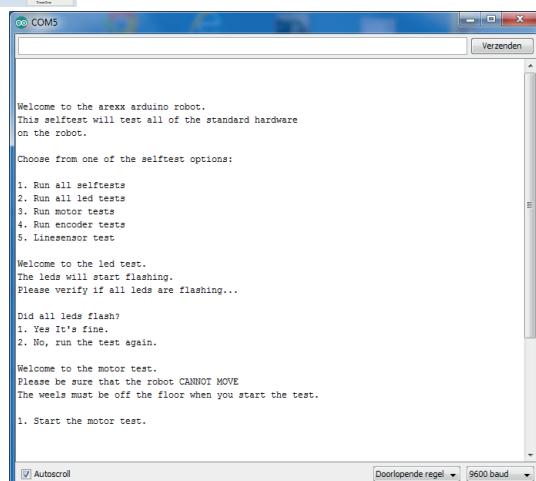
Open de seriële monitor zoals te zien is op afb. 8.

Houd de USB-kabelverbinding met de robot in stand! Zorg ervoor dat de batterijen / accu's vol en geinstalleerd zijn.

Zet de robot met de „Power“-Schakelaar aan.

Start de eerste test en volg de teststappen op de seriële monitor.

De monitor moet op een nieuwe regel staan. Vergeet de bibliotheken niet!



Afb. 8 Serieele Monitor

5. ARDUINO ROBOT UITBREIDINGSMODULE

5.1 ASURO Uitbreidingsmodule voor de AAR Robot.

De AREXX Arduino robot beschikt over verschillende aansluitingen voor uitbreidingsmodules. De AAR-Aansluitingen zijn pin-compatible met de AREXX ASURO Robot (Een Robotbouwpakket, dat in C wordt geprogrammeerd). Dat betekent, dat alle AREXX ASURO bouwpakketten ook voor de Arduino Robot kunnen worden gebruikt.

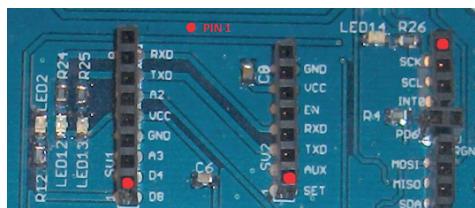
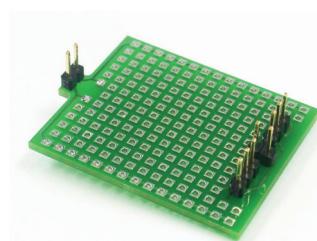
Op de CD staan ook enkele Arduino voorbeeldprogramma's, zodat direct met de uitbreidingsmodules kan worden begonnen. De ASURO Robot beschikt ook over een algemene experimenteerkit (ARX-EXP2) die ook voor uw eigen ontwikkelde Arduino modules te gebruiken is.

Onderstaand ziet u de PIN-Layout voor de aansluiting van de AAR uitbreidingsset. Dit zijn de connectors SV8, SV9 en SV10 op de printplaat.

SV1		SV8, SV9 and SV10			SV2	
1	2	3	4	5	6	7
2.	D8	1.	SCK/PB5	4.	SET	
2.	D4	2.	SCL/ADC5/PC5	5.	AUX	
3.	A3	3.	WS_RIGHT/INT0/PD2	6.	TXD	
4.	GND	4.	RGND	7.	RXD	
5.	VCC	5.	PWM1_L/AIN0/OC0A/PD6	8.	EN	
6.	A2	6.	MOSI/OSC2A/PB3	1.	VCC	
7.	TXD	7.	MISO/PB4	2.	GND	
8.	RXD	8.	SDA/ADC4/PC4	3.		

ARX-EXP2

AREXX EXPERIMENTEERKIT



Afb. 9. AAR Uitbreidingsconnectoren

Rode punt is 1.

5.2 AAR configuraties met de ASURO uitbreidingssets

ARX-ULT10

AREXX ULTRA SOUND KIT

Gebruik het Arduino voorbeeldprogramma **AAR_ULTRA**, dat op de CD staat.

Met dit voorbeeldprogramma beweegt de robot naar achteren, zodra het een voorwerp detecteert.

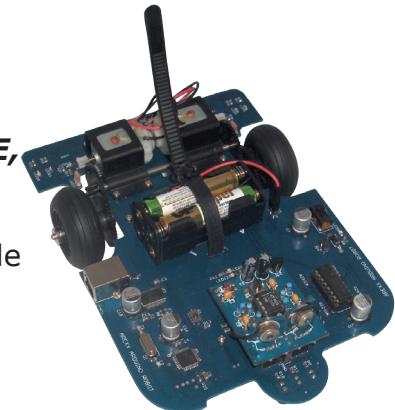


ARX-SNK20

AREXX SNAKE VISION (PYRO) KIT

Gebruik het Arduino voorbeeldprogramma **AAR_SNAKE**, dat op de CD staat.

Met dit voorbeeldprogramma kan de robot een warmtebron volgen.



ARX-DSP30

AREXX DISPLAY KIT

Gebruik het Arduino voorbeeldprogramma **AAR_DISPLAY**, dat op de CD staat.

Met dit voorbeeldprogramma kan de robot teksten weergeven.
De druktoetsen zijn vrij programmeerbaar.



ARX-MNSP55

AREXX MINE SWEEPER KIT

(metaal detector)

Gebruik het Arduino voorbeeldprogramma **AAR_MINE**, dat op de CD staat.

Met dit voorbeeldprogramma kan de robot metaal detecteren.



ARX-APC220

AREXX WIRELESS KIT (Draadloos set)

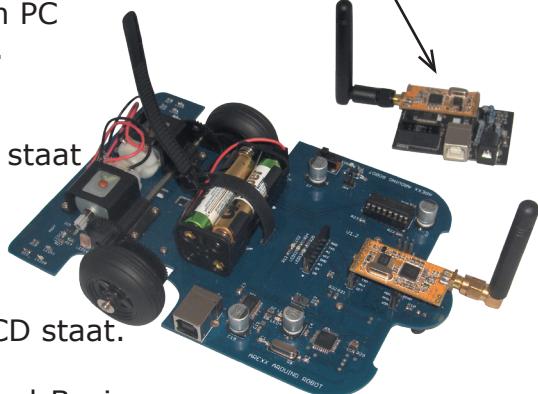
Met de AREXX ARX-APC-220 set kun je met ehulp van een PC de AAR draadloos besturen.

Zie de file examples **AAR_APCT220** dat op de CD staat.

RP6v2 Programmer met APC-220



Gebruik het Arduino voorbeeldprogramma **AAR_INO_SRC**, dat op de CD staat.



Daarnaast heb je ook de Visual-Basic applicatie software nodig op de PC (**AAR_VB_Software**).

Hieronder staat stap voor stap wat je exact moet doen:

- Verbind de RP6v2 USB Programmer en de APC-220 met de PC.
- Verbind de tweede APC met de AAR middelste connectorrij.
- Laad (Upload) de file **AAR_INO_SRC** in de AAR-robot processor.
- Installeer de **AAR_VB_Software** op de PC.
- Kies de juiste COM Poort in de AAR-VB software.

5.3. ARDUINO, ANDROID en BLUETOOTH

ARX-BT3

AREXX BLUETOOTH KIT

Onze ARX-BT03 set maakt het mogelijk om de Arduino robot via bluetooth d.m.v. een Android applicatie te besturen.

gebruik het Arduino besturingsprogramma **Bluetooth_AAR.APK**, deze bevindt zich in de **ANDROID_APP** Map (AAR_APP) dat op de CD staat. Daarnaast moet u ook de Bluetooth_AAR.APK software op uw Android system installeren. Vergeet niet om Asrduino software **AAR_SRC_Bluetooth** in de AAR roboter te laden.

Hieronder staat stap voor stap wat je exact moet doen:

- Verbind de Bluetooth module met de AAR robot
- Laad het AAR_SRC_Bluetooth programma in de robot processor.
- Installeer het Bluetooth_AAR_APK programma op de Smartphone of ANDROID Tablet.



Bluetooth®



- * De ANDROID software staat op de CD en je vindt het in de Google Play Store.

6. Achtergrond informatie H-Brug

De H-brug is een elektrische schakeling waarmee men met behulp van vier schakelaars bijvoorbeeld een gelijkstroommotor kan ompolen. Een dergelijke schakeling wordt in robots vaak toegepast om een aandrijving in twee richtingen te laten draaien.

Voor de meeste van deze verschillende toepassingen bestaan er geïntegreerde schakelingen, maar ter verduidelijking van de werking en dimensionering van de voeding is het interessant eens een oudere schakeling met losse onderdelen te bestuderen.

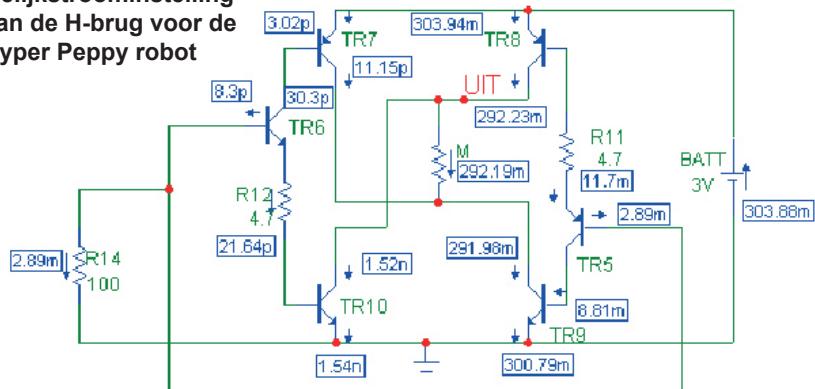
6.1 Een H-brug voor een 3 Volt aandrijving

In het schema van de eindtrap voor de Hyper-Peppy robot (Afb. 10) worden de vier schakelaars van de H-brug door twee PNP-transistoren TR7 en TR8, resp. twee NPN-transistoren TR9 en TR10 gevormd. In deze schakeling mogen steeds slechts twee van deze transistoren in geleiding worden geschakeld en wel zo, dat de stroom via TR7 en TR10 of via TR8 en TR9 door de motor M wordt geleid.

Met behulp van de (gratis) Microcap-simulator kunnen wij eenvoudig de gelijkstroominstelling van deze schakeling berekenen en in het schema aflezen.

|

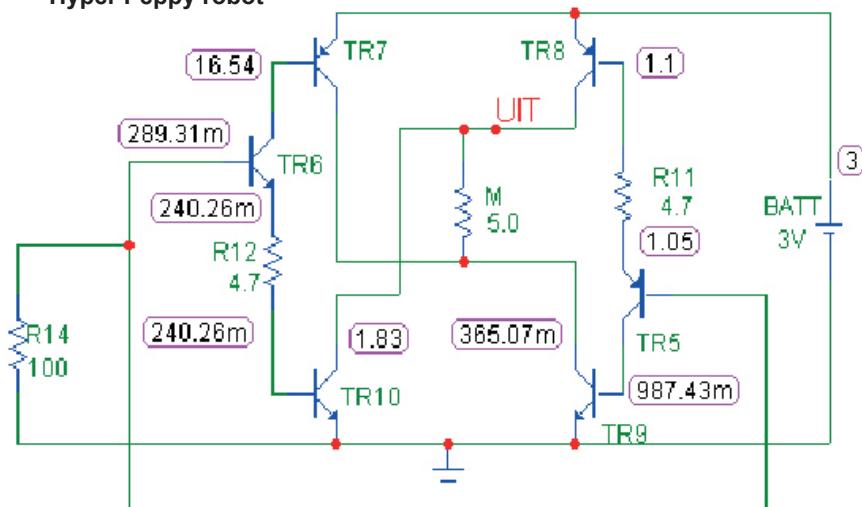
Afb. 10: Gelijkstroominstelling van de H-brug voor de Hyper Peppy robot



In de eindtrap is M de motor en wordt de sturing van de voorversterker met behulp van een weerstand R14 gesimuleerd. Weerstand R14 aardt de basis van TR6 en TR5. Daardoor loopt er uitsluitend een stroom de rechtse tak van de eindtrap. De transistoren TR8, TR5 en TR9 geleiden de stroom en de andere drie zijn gesperd. Indien wij R14 aan de positieve spanning aansluiten, geleiden de transistoren in de linkse tak van de eindtrap en keert de motorstroom om. Met behulp van de Microcap simulator kunnen wij eenvoudig de stroomsterkte door elk onderdeel berekenen en in het schema aflezen. Het totale stroomverbruik van de eindtrap bedraagt ongeveer 300 mA bij 3 Volt batterijspanning.

Het verbluffende van deze schakeling is, dat de eindtrap met een spanning van 3 volt met silicium transistoren werkt. Zoals bekend heeft een dergelijke transistor een kniespanning van 0,7 volt. De motor bevindt zich echter tussen de collectoren, die in het ideale geval slechts 0,3 volt spanningsval veroorzaken. Voor de motor blijft in de praktijk dan nog ruim 1,5 volt over. De door de Microcapsimulator berekende spanningsverdeling is in Afb. 11 gedocumenteerd.

Afb. 11: Gelijkspanningsverdeling
van de H-brug voor de
Hyper Peppy robot



De 3V-voedingsspanning is een ideale uitgangsbasis voor een robot, die door twee batterijen wordt gevoed. De PNP-transistoren zijn echter slecht geschikt voor de implementatie in een geïntegreerde schakeling zoals de L293D. Een IC heeft echter andere voordelen, zoals een hogere betrouwbaarheid, een uitstekende beveiliging en een minimale printopervlakte en om deze redenen heeft men de AAR-robot van een L293D met een dubbele H-brug voorzien. Met een dergelijke chip kunnen wij twee motoren sturen.

6.2 Een H-brug voor een 3 Volt aandrijving

De L293D (zie Afb. 12) kan 600 mA (maximaal: 1,2A piekwaarde) uitgangsstroom per kanaal aansturen. De voedingsspanning voor de uitgangstrap (VCC2) mag variëren tussen 4,5V en 36V, zodat men de L293D als een ideale schakeling voor het aansturen van een gelijkstroommotor mag beschouwen.

De minimale voedingsspanning (VCC2) bedraagt echter 4,5V, zodat wij in de batterij-, resp. accuvoeding minimaal vier cellen moeten investeren, wat het gewicht van de robot natuurlijk duidelijk laat toenemen. Dit is de prijs, die men voor de toepassing van het moderne IC moet betalen.



Afb. 12
H-Brug met L293D

7. Odometrie- systemen

Bijgaand wat interessante gedachten en ideen voor eventuele toepassingen voor de AAR robot. Dit zijn leuke project ideeën voor studie en kunstprojecten. Het maken van dergelijke Arduino software zaken norm veel inzicht geven in het programmeren van microcontrollers en hun mogelijkheden.

7.1 Lijnvolgers, kleurzoekers en kleurvluchters

Een robot kan met behulp van lichtgevoelige sensors tot een lijnvolger, kleurvluchter, of kleurzoeker worden geprogrammeerd. In het eerste, eenvoudigste geval moet de robot netjes een doorgetrokken lijn in een 8-vormig patroon volgen, die het systeem in een eindeloze tredmolen laat ronddraaien.

In het tweede en derde geval probeert de robot bijvoorbeeld stevast rood licht uit de weg te gaan en wordt daarbij wellicht tegelijkertijd door groen licht aangetrokken. Dergelijke gedragspatronen behoren al tot de praktische strategieën van sommige eenvoudige levensvormen.

7.2 Angsthazen en muziekliefhebbers

Interessant is ook de gedragsregel, die op de omgevende geluidsintensiteit reageert. Een schrikachtige robot met een ingebouwde microfoon kan bijvoorbeeld lawaai zoals muziek met vele zware bassen zoveel mogelijk te vermijden, maar tegelijkertijd een voorliefde voor hoge blokfluittonen vertonen. De voorliefde voor hoge tonen kan zelfs de angst voor zware bassen overspelen. Zo kan men de robot dwingen ondanks zware popmuziek toch de bron van hoge blokfluittonen op te zoeken.

Gedragspatronen, die op bassen en hoge tonen, licht en kleuren reageren, passen slechts enkele sensoren toe, zoals bijvoorbeeld een microfoontje met twee toonfilters, een enkele lichtgevoelige sensoren, die met kleurfilters kunnen worden uitgerust

7.3 Complexe lijnvolgers

Robots, die lijnen volgen of patronen ontwijken, worden vaak van een lichtbron en twee of meer lichtcellen voorzien, waarmee het zoeksysteem de doorgetrokken lijn kan identificeren. Principieel kan de robot van een speciale zoekroutine worden voorzien, waarmee de detector in een zoekmodus volgens een speciaal zoekpatroon (bijvoorbeeld een spiraal met een steeds groter wordende radius) rondrijdt totdat de sensor een opvallend lijnpatroon kruist en vervolgens begint deze lijn te volgen.

Het schrijven van een software, die een dergelijke zoekprocedure voor willekeurige lijnpatronen met een bevredigend gemiddelde tot een goed einde brengt behoort al tot de uitgesproken veeleisende programmeeropdrachten.

Het project kan echter nog worden uitgebreid door een speurtocht in een willekeurig bontgekleurd lijnenpatroon, waarin de robot door geluid wordt afgeschrikt en daarop bijvoorbeeld onmiddellijk de dichtstbijzijnde rode lijn opzoekt, die hem naar een veilig onderkomen in een donkere "garage" leidt.

Zodra het na dit geluidsconcert een tijdlang rustig is gebleven, waagt de robot zicht voorzichtig naar buiten en gaat op zoek naar een groene lijn, die het systeem naar een tweede garage met een intensief groen licht zal leiden, waar de robot zich ook onder geluidslawaai met zware bassen veilig thuis voelt. Als men echter hoge blokfluittonen onder het geluid mengt, wordt de robot onrustig en verlaat zijn groene onderkomen om de rode lijn naar de donkere hut op te zoeken.

Men kan zich voorstellen, dat dit gedragspatroon, waarin naast de lijnvolgers, de kleurafhankelijkheid, de diverse geluidsbronnen een complexe rol spelen, hoge eisen aan de systematische aanpak van de software stellen. Alleen door middel van een goed, modulair ontwerp kan men de software zo schrijven, dat het systeem onder alle omstandigheden stabiel en betrouwbaar het gespecificeerde gedrag vertoont.

Aan de hand van de complexe software ontwikkelt de programmeur een bewondering voor de levende organismen, die een dergelijk leefpatroon naast de speurtocht naar voedsel en de opgave voor een succesvolle voortplanting dag in, dag uit tot een goed einde moeten brengen. Het is waarlijk een grootse prestatie van de natuur om deze software vrijwel altijd perfect tot functioneren te brengen.



8. Bootloader programmeren

Let op!

Dit is alleen voor gevorderden!



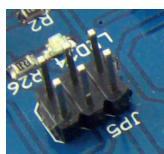
De Arduino bootloader inladen via bijv. een STK500

Om een Atmega microcontroller via de Arduino software te programmeren, dient de Atmega te worden voorzien van een speciale Arduino bootloader. De bootloader zorgt ervoor dat de geschreven code op de juiste positie in de Atmega komt. Om de bootloader in te laden zijn de volgende componenten nodig :

- * AVR Programmer board bijv. STK500 board
- * Voeding 12 volt (voor STK500).
- * AAR robot met een op de printplaat gemonteerde ISP connector (Afb. 13)
- * PC met fysieke comoport (bij voorkeur geen USB-RS232 converter, i.v.m. kans op timing fouten)

Download de laatste versie van de Arduino software op www.arduino.cc Het gedownloade bestand zal van het type .ZIP of .RAR zijn. Pak deze bestanden uit en plaats de gehele map op de harde schijf.

Gebruik bijvoorbeeld WINAVR om de Arduino bootloader in de robot te programmeren.



Afb. 13: ISP connector

Let op!

de hele ARDUINO software omgeving is freeware het komt regelmatig voor dat verschillende versies Arduino Softwaare en Arduino bootloaders niet goed met elkaar werken!

Kijk bij problemen op de diverse Arrduino sites en forums!

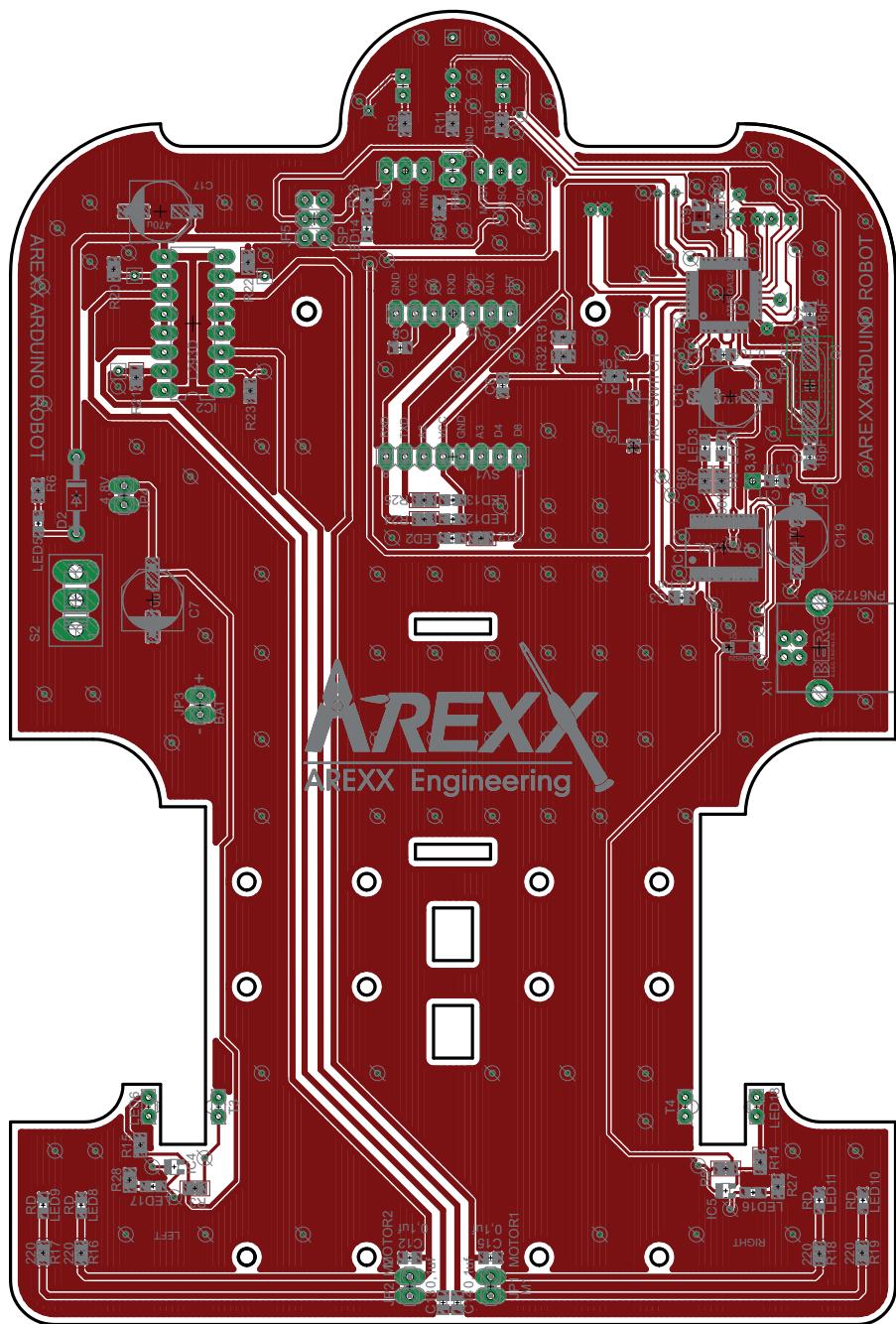
APENDIX

A. Onderdelenlijst

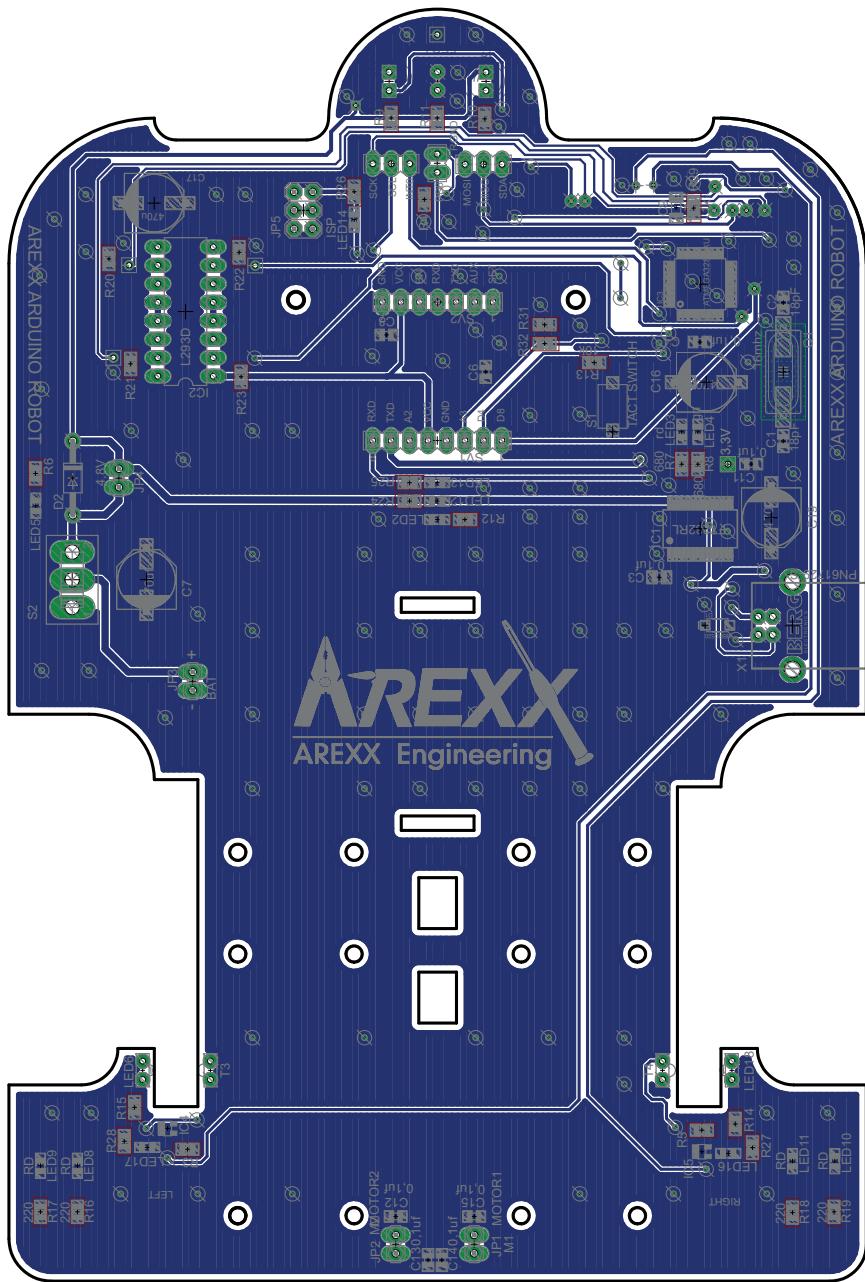
Part	Value	Package
C1	18pF	0805
C2	18pF	0805
C3	0.1uf	C0805K
C4	0,1uf	0805
C6	0,1uf	0805
C7	470uf	CPOL-USF
C8	0,1uf	0805
C9	4,7uf	1206
C11	0,1uf	0805
C12	0,1uf	0805
C13	0,1uf	0805
C14	0,1uf	0805
C15	0,1uf	0805
C16	470uf	CPOL-USF
C17	470u	CPOL-USF
C19	470uf	CPOL-USF
D1	MBR0520	SOD-123
D2	1N4001	DO41-10
IC1	FT232RL	SSOP28
IC2	L293D	DIL16
IC3	ATMEGA328P-AU	ATMEGA328PAU
IC4	74AHC1G14DCK	74AHC1G14DCK
IC5	74AHC1G14DCK	74AHC1G14DCK
JP1	M1	1X02
JP2	M2	1X02
JP3	BAT	1X02
JP4	4,8V	1X02
JP5	ISP	2X03
SV2	fem header	FE07-1
T1	SFH300	LED5MM
T2	SFH300	LED5MM
T3	LPT80A	LPT80A
T4	LPT80A	LPT80A
U\$1	3,3V	PIN-T
U\$2	FE03-1	FE03-1
U\$3	FE03-1	FE03-1
U\$4	FE02-1	FE02-1
X1	PN61729-S	PN61729-S
LED1	Rd	LED5MM
LED2	Bl	LEDCHIP-LED0805
LED3	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED4	Gn	LEDCHIP-LED0805
LED5	Bl	LEDCHIP-LED0805
LED6	Rd	LEDIRL80A

Part	Value	Package
LED8	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED9	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED10	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED11	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED12	Gn	LEDCHIP-LED0805
LED13	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED14	Bl	LEDCHIP-LED0805
LED16	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED17	Rd	LEDCHIP-LED0805
LED18	Rd	LEDIRL80A
Q1	16mhz	CRYSTALHC49UP
R1	20k	R-US_R0805
R2	20k	R-US_R0805
R3	1k5	R-US_R0805
R4	220	R-US_R0805
R5	1k5	R-US_R0805
R6	1k	R-US_R0805
R7	680	R-US_R0805
R8	680	R-US_R0805
R9	20k	R-US_R0805
R10	20k	R-US_R0805
R11	220	R-US_R0805
R12	220	R-US_R0805
R13	10k	R-US_R0805
R14	220	R-US_R0805
R15	220	R-US_R0805
R16	220	R-US_R0805
R17	220	R-US_R0805
R18	220	R-US_R0805
R19	220	R-US_R0805
R20	10k	R-US_R0805
R21	10k	R-US_R0805
R22	10k	R-US_R0805
R23	10k	R-US_R0805
R24	220	R-US_R0805
R25	220	R-US_R0805
R26	220	R-US_R0805
R27	220	R-US_R0805
R28	220	R-US_R0805
R29	1k	R-US_R0805
R31	10k	R-US_R0805
R32	12k	R-US_R0805
S1	TACT SWITCH	TACT_SWITCH
S2	255SB	255SB
SV1	fem header	FE08-1

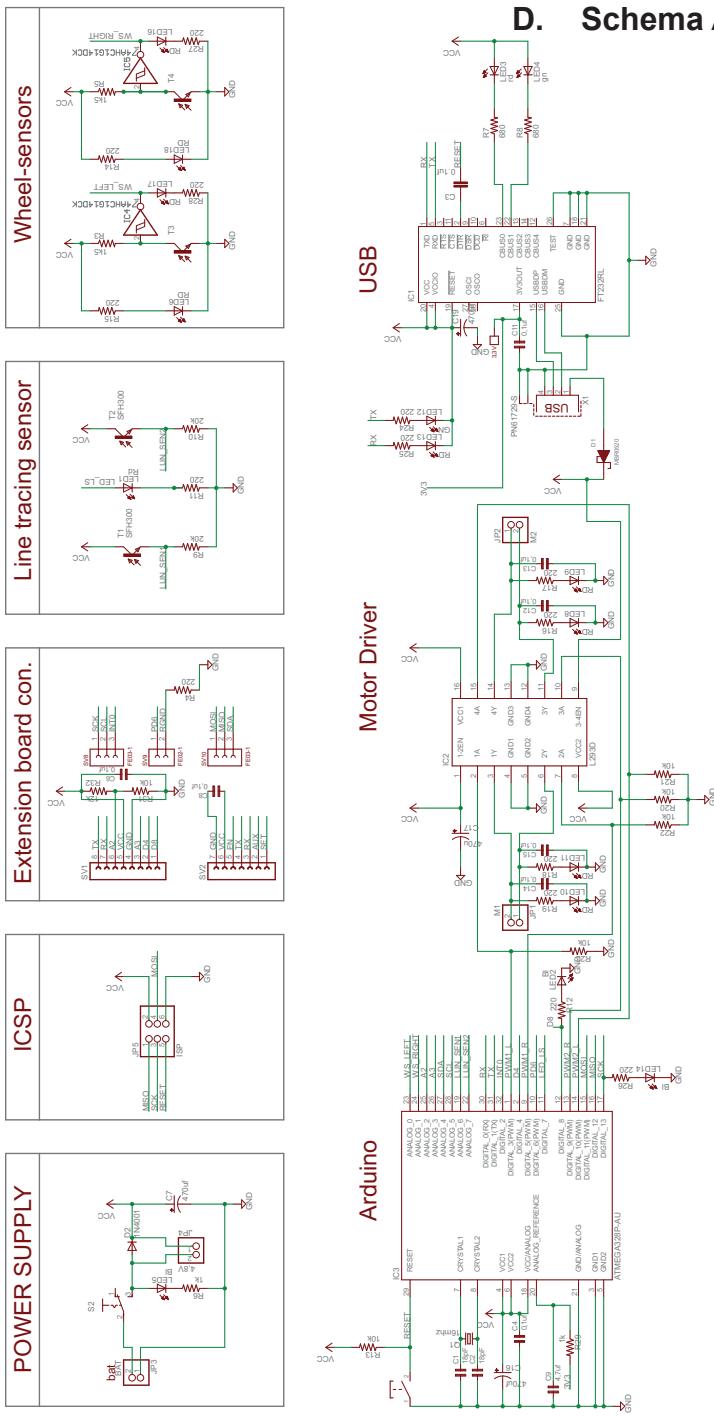
B. Hoofdprint bovenkant



C. Hoofdprint onderkant



D. Schema AAR



E. 3D print AAR

