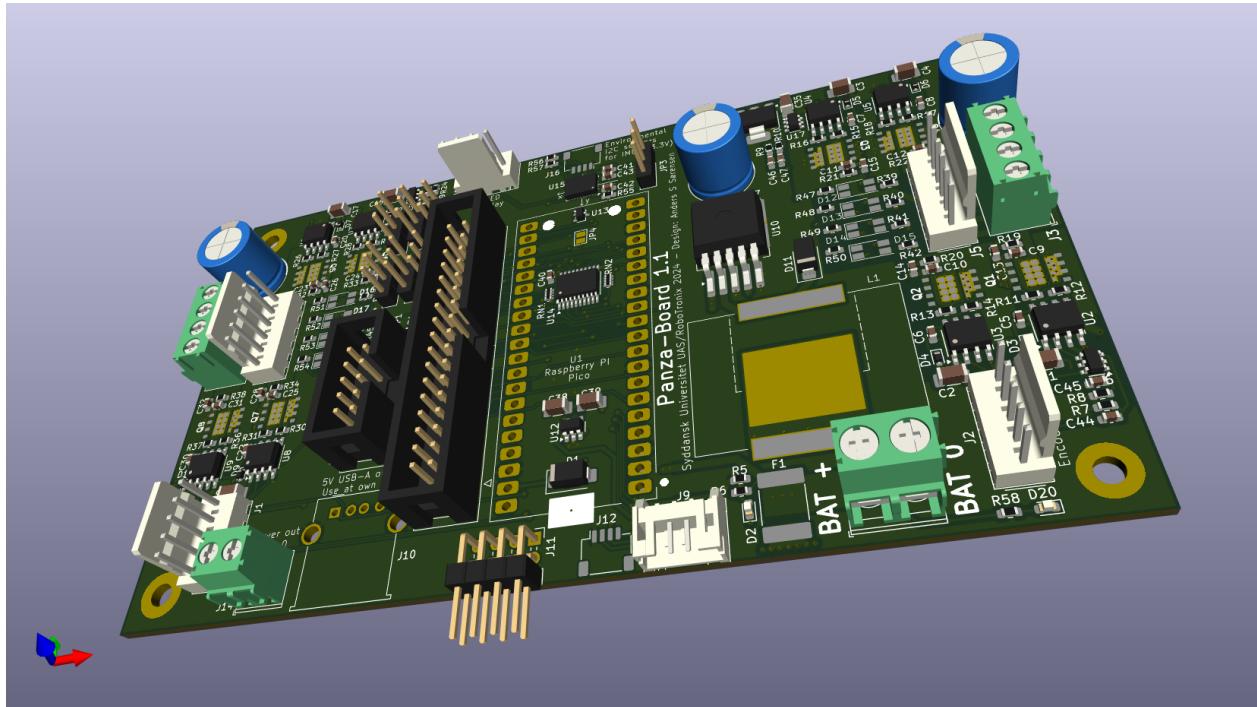


PanzaBoard

Printpladen der styrer Sancho Panza robotten

Anders Stengaard Sørensen

29. oktober 2024

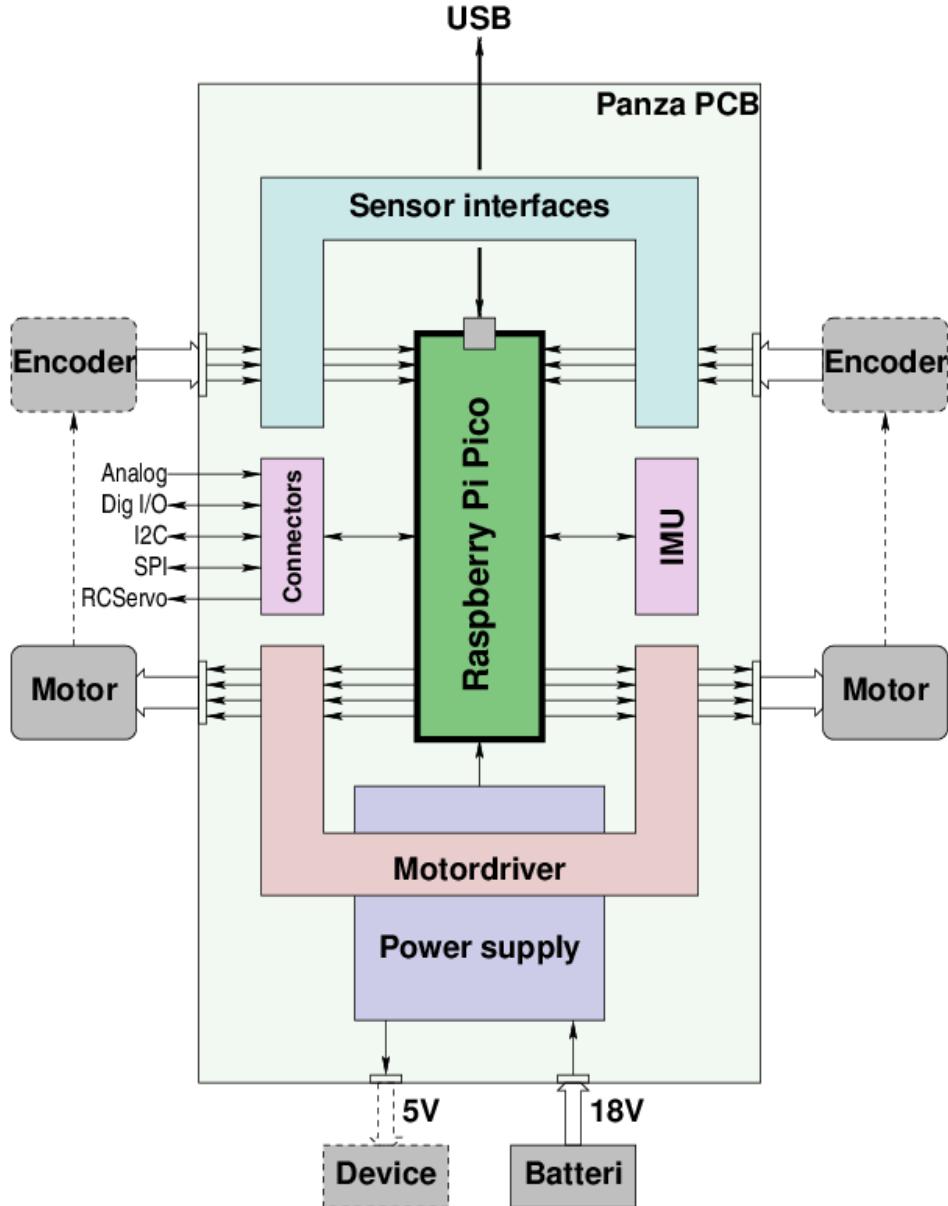


Figur 1: 3D rendering af PanzaBoard, fra KiCAD

1 Introduktion

PanzaBoard er en printplade beregnet til at styre de mobile “Sancho Panza” robotter. PanzaBoard forbinder robottens motorer og sensorer til en Raspberry-Pi Pico microcomputer, som på den måde kan styre og måle robottens bevægelser.

Denne note fungerer dels som manual for PanzaBoard og udvides med tiden til at fungere som et detaljeret kompendium over relevante kredsløb på PanzaBoard, så vi kan bruge kredsløbene som eksempler i undervisningen.



Figur 2: Blokdiagram over PanzaBoard

PanzaBoard er designet som et “Mother board” eller “Host board” for en “Raspberry Pi Pico” microcontroller. PanzaBoard tilfører nogle elementer, der gør Raspberry Pi Pico i stand til at fungere sammen med motorer og sensorer der er relevante for små robotbiler. På figur 2 ses et simpelt blokdiagram.

1.1 Hurtig oversigt

- **Power supply** er PanzaBoard's strømforsyning, der omdanner 18V fra et eksternt batteri til 12V 5V og 3.3V, der dels bruges internt på printpladen, dels forsyner Raspberry Pi Pico med 5V, og dels kan forsyne en ekstern enhed med 5V,

- **Motordriver** består af 8 udgangstrin. 4 i højre side og 4 i venstre. Hvert udgangstrin kan kobles til en leder i en motor, så PanzaBoard kan bruges til 2 bipolare steppermotorer med hver 4 tilkoblinger, men også andre motortyper i andre kombinationer.

Hvert udgangstrin fungerer som en kontakt der leverer enten 0V eller 18V direkte fra batteriet, styret af en udgang fra Raspberry Pi Pico. På den måde kan Raspberry Pi Pico bestemme kombinationen af spændinger til motorens tilslutninger, og altså styre motorens bevægelse ved hjælp af software.

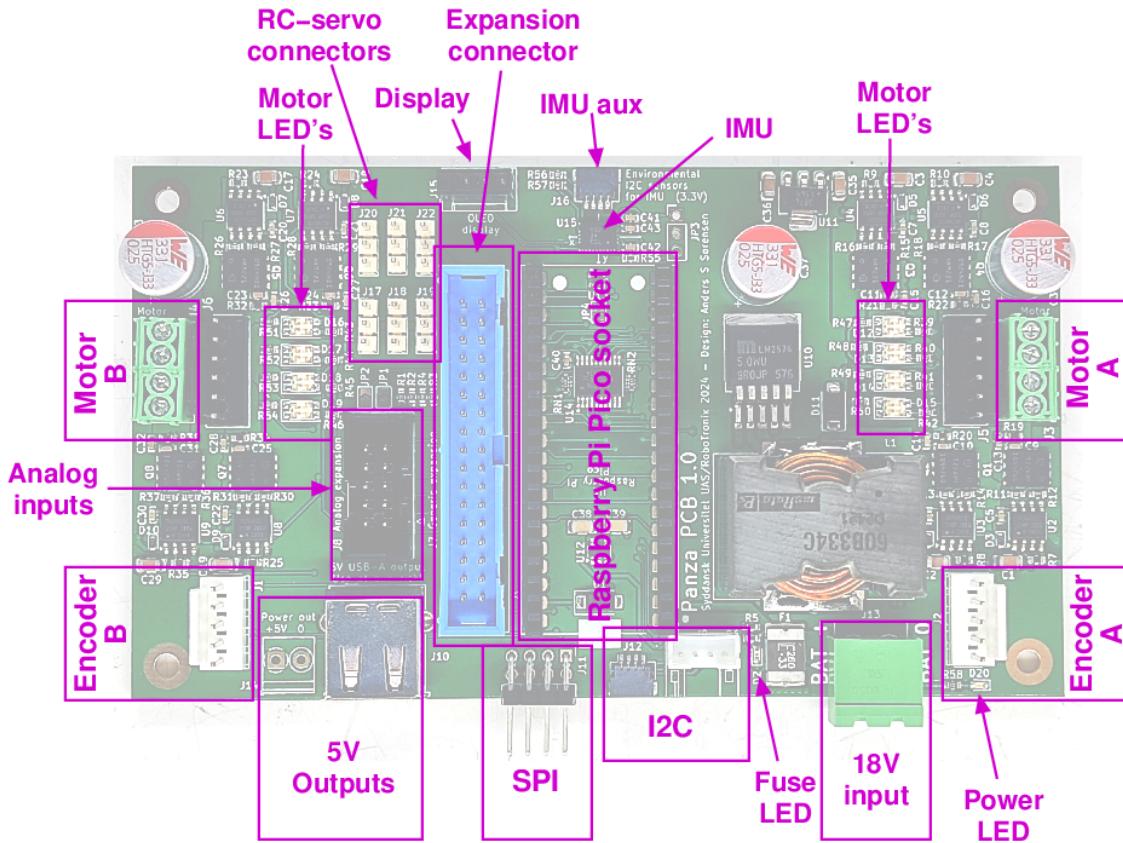
- **Sensor interfaces** kobler Raspberry Pi Pico til fx vinkel/rotations sensorer indbygget i motorer, så Raspberry Pi holde rede på hvor langt og hvor hurtigt motorerne kører. Det er normalt ikke nødvendigt at anvende enkodere sammen med steppermotorer, men hvis man udskifter motoren med en anden type kan enkoderen blive nødvendig.

- **IMU** står for "Intertial Measurement Unit" rummer 9 sensorer: 3 accelerometre der mäter acceleration i X, Y og Z retning; 3 gyroskoper der mäter omdrejningshastigheden omkring X, Y og Z aksen; og 3 magnetsensorer der mäter (jordens) magnetfeltet i X, Y og Z retningen. Tilsammen kan de 9 sensorer give information om IMU'ens retning og bevægelse.

- **Connectors** er forskellige stik der gør det nemt at forbinde Raspberry Pi Pico's forskellige signaler til en lang række sensorer og enheder ved hjælp af ledninger. Både enheder man køber færdige, men også enheder vi kan bygge selv:

- **Analog** er Raspberry Pi's 3 analoge indgange som kan bruges til sensorer der har mange forskellige værdier, fx. en temperatursensor.
- **Digital** er Raspberry Pi's digitale ind- og udgange, der kan bruges til fx.- lysdioder der kan tændes og slukkes, eller til kontakter der aktiveres hvis man trykker på dem.
- **I2C** er et simpelt kortdistance netværk der kan bruges til tilkobling af sensorer, displays og alle mulige andre enheder.
- **SPI** er en anden slags kortdistance netværk der minder om I2C, men som har højere datahastighed.
- **RC-Servo** er 6 stik der kan forbindes til hver sin RC-Servomotor. RC-Servomotor står for "Radio Controlled Servomotor" og er de små motorenheder der fx styrer højderoret i et modelfly eller drejer forhjulene i en modelbil. I stedet for at koble motorenhederne til en radiomodtager, kobler vi dem til PanzaBoard, så motorernes bevægelse kan styres af Software i stedet for en radiomodtager.

2 Tilslutninger



Figur 3: Stikplacering på PanzaBoard V1.0 og V1.1

Vigtigste tilslutninger		
#	Tilslutning	Kommentar
U1	Raspberry Pi Pico	+ Check retning ifht PCB symbol + Tilsluttet eget USB kabel + Forsynes med 5V fra Panza PCB
X1	18V input	+ Brug max 2A lab-forsyning normalt + Brug kun batteri til kørsel
X3 / X13	Motor skrueterminal	+ 2 × 4 Effekt/power udgange + Altid forbundet til enten 0 eller 18V + Brug 0...20% PWM til styring + Styret af GP0..7: 0 → 0V 1 → 18V
X4/X14	Motor Molex-KK pins	+ Samme som X3/X13 på pin 1-4 (til fladkabel) + Mulighed [†] for 18V og 0V på pin 5 og 6
X21/X22	Stemma I^2C	+ I^2C og spændingsforsyning til ekstern brug + Til Adafruit stemma & stemma-QT kabel + 5V forsyning, kan ændres til 3.3V vha JP5
X18/X19	IDC headers til udvidelser	+ Tilslut fx trykknapper, sensorer eller LED
Motor LED	2-farvet LED til GP0-7	+ 0 → Gul 1 → Grøn Z[‡] → Off

[†] : ved tilslutning af JP7-10

[‡] : Z betyder at signalet ikke drives, fx hvis GPIO er input

2.1 Opmærksomhedspunkter

- **Brug en strømbegrænsset lab foryning ved udvikling af SW**

Ved SW og HW fejl der skaber kortslutninger i kredsløbet, kan strømmene kortvarigt blive **meget** høje, før sikringer bliver varme og brænder over. For at reducere risikoen for fejl der ødelægger elektronik eller motorer, bør Panza forsynes af en labforsyning, med strømbegrænsningen sat så lavt som situationen tillader, fx mellem 0.2...2A.

- **Brug 0...20% PWM til steppermotorer!**

Panza's motordrivere er designet til mange forskellige typer motorer, og kan håndtere en del mere strøm end små steppermotorer kan/skal bruge.

- **Vær opmærksom Polyfuse: F1!**

F1 beskytter motorerne imod overbelastning, og vil typisk aktivere når motorernes samlede energiforbrug overstiger 30...50W, fx. ved kortslutninger af motorkredsløb, software fejl eller overbelastning. Når F1 aktiverer, lyser D1 tydeligt rødt!

F1 er **kun** i serie med strømmen til motorerne! **Ikke** med strømmen til fx 5V og 3.3V forsyningen. Panza bliver derfor ved med at levere strøm til CPU og alle andre kredsløb end motorerne når F1 "aktiverer"

Stands/reset CPU'en når F1 aktiverer, eller bring på anden vis GPIO0-7 til værdien: 0.

Polyfuses er temperaturfølsomme modstande, der bliver varme og øger modstanden ved passage af strøm. De afbryder derfor ikke forbindelsen når de "aktiveres" men begrænser blot strømmen til ca 2A, ved at give et passende spændingsfald.

Drift af Panza mens polyfuse er aktiveret kan beskadige motorer og PCB, så brug ikke rutinemæssigt F1 som strømbegrænsning, men brug en strømbegrænsset LAB forsyning.

- **Kobl ikke Panza til personligt udstyr!**

Panza kan levere 5V via USB-A stikket X17, så den kan forsyne fx. små eksterne computere med energi. Panza omdanner 18V fra batteriet til 5V gennem en 3A switched mode regulator udenom polyfuse F1. Hvis regulatoren fejler, kan der leveres ubegrænset 18V på X16 og X17.

- **Stikket X6 til O-LED display vender forkert!**

Stikket er beregnet til at et O-LED display kan monteres udenfor PanzaBoard. men er blevet roteret en halv omgang, så det rager ind over komponenterne på PanzaBoard. **Vær opmærksom på pin forbindelserne i X6** og brug evt et kort kabel, eller lav en adapter, så O-LED display kan forbides rigtigt.

- **RN1 og RN2 er ikke monteret i første batch!**

De skal fungere som "pull-up" modstande for enkodersignaler fra X2 og X15, samt "not enable" signallerne til enkoder signal bufferen U14.

Hvis GP8,9,12,13,14,15 skal anvendes, skal der eftermonteres $10k\Omega$ pullup modstande fra J1 og J2's pin 2 (konkav pad) til 3.3V fx R1-pad1.

Hvis der skal anvendes enkodere med "open collector/drain" outputs, skal der eftermonteres $10k\Omega$ modstande fra X2 og X15's pin 1,2 og 3, til 5V, fx X2/X15 pin 4.

2.2 Stikforbindelser og signaler

Oversigt over stik			
Stik	Beskrivelse	Udgange	Indgange
X1	18V Batteri tilslutning		0V, 18V
X2	Enkoder A (i højre side)	0V, 5V	3 × TTL
X3	Motor A (i højre side)	4 × 0/18V	
X4	Motor A (i højre side)	0V, 18V 4 × 0/18V	
X5	IMU I2C (barometer)	0V, 3.3V, LVTTL	LVTTL
X6	I2C (OLed display)	0V, 5V LVTTL	LVTTL
X7	RC-Servo 1	0V, 5V, 1 × LVTTL	
X8	RC-Servo 2	0V, 5V, 1 × LVTTL	
X9	RC-Servo 3	0V, 5V, 1 × LVTTL	
X10	RC-Servo 4	0V, 5V, 1 × LVTTL	
X11	RC-Servo 5	0V, 5V, 1 × LVTTL	
X12	RC-Servo 6	0V, 5V, 1 × LVTTL	
X13	Motor B (i venstre side)	4 × 0/18V	
X14	Motor B (i venstre side)	0V, 18V 4 × 0/18V	
X15	Enkoder B(i venstre side)	0V, 5V	3 × TTL
X16	5V til extern brug	0V, 5V	
X16	5V til extern brug USB-A ¹	0V, 5V	
X18	Eksterne Analoge kredsløb	0V 3.3V 5V, LVTTL, LVTTL/Analog	
X19	Udvidelsesstik	0V, 3.3V, LVTTL	LVTTL/Analog

2.2.1 18V indgangen

- Fungerer med spændinger mellem 15V og 24V.
- Forsyner PanzaBoards interne 12V, 5V og 3.3V systemer via spændingsregulatorer på PanzaBoard.
- Forsyner også alle motor power udgange via polyfuse sikringen: F1
- Bruger ca 0.1A når motorer ikke bruges. F1 begrænser strøm til et gennemsnit på ca 2A, men fungerer ved opvarming, så korte (100ms) perioder med meget højere strømmme kan forekomme fx ved programfejl.

2.2.2 0/18V motor udgange

Er lavet så PanzaBoard enten forbinder lederen til 0V (normal "LAV" tilstand) eller til 18V batterispænding ("HØJ" tilstand). Disse udgange bidrager med meget lave modstande ($\simeq 5\text{ m}\Omega$) til kredsløbet, så strømmen begrænses primært af modstanden i den tilkoblede belastning (motor).

Panza board er designet til at fungere med flere forskellige motortyper, og er derfor udstyret med driver kredsløb, der kan trække op til 40A i korte¹ pulser og 10A kontinueret².

2.2.3 TTL ind- og udgange

TTL betyder "Transistor Transistor Logik", og står her for signalspændinger der er begrænset til området: 0...5V og hvor spændinger under 0.8V koder for "Falsk" eller "0" og spændinger over 2.0V koder for "Sand" eller "1".

LVTTL betyder "Low Voltage Transistor Transistor Logik" står for signalspændinger der er begrænset til området: 0...3.3V og hvor spændinger under 0.8V koder for "Falsk" eller "0" og spændinger over 2.0V koder for "Sand" eller "1".

Hvis en TTL/LVTTL indgang forbindes til negativ spænding (under 0V) eller spændinger over 5V (TTL)/3.3V (LVTTL) ødelægges indgangen og måske omgivende kredsløb.

¹Max 100ms

²Endelige data afventer grundigere tests af boardet

2.2.4 5V udgange

5V udgange³ Bruges til at forsyne enkodere, eksterne RC-Servomotorer og evt andre eksterne 5V systemer via X? eller X?. PanzaBoard kan levere op til 3A på sine 5V udgange tilsammen.

Da energien kommer fra 18V forsyningen vil PanzaBoard trække ca 0.4 A fra 18V forsyningen, for hver A der trækkes på 5V forsyningen.

2.2.5 Analoge indgange

PanzaBoards analoge indgange er koblet direkte til Raspberry Pi Picos analoge indgange. Disse indgange kan imidlertid både bruges som Analoge indgange i spændingsområdet: 0V ... 3.3V såvel som LVTTL udgange eller LVTTL indgange. Det kommer an på hvordan Raspberry Pi Pico er programmeret.

2.2.6 Udvidelsesstik X18

Dette stik er forbundet til 14 I/O pins på Raspberry Pi Pico og giver adgang til udvalgte Raspberry Pi Pico digitale input/outputs (LVTTL) som analoge inputs (0V ... 3.3V).

Nogle af signalerne kan være i brug til andre funktioner mellem Raspberry Pi og PanzaBoard, fx encoder signaler, så vær omhyggelig med at udvælge hvilke signaler der bruges.

Stikket kan fx bruges til at tilslutte trykknapper, on/off sensorer, eller analoge sensorer.

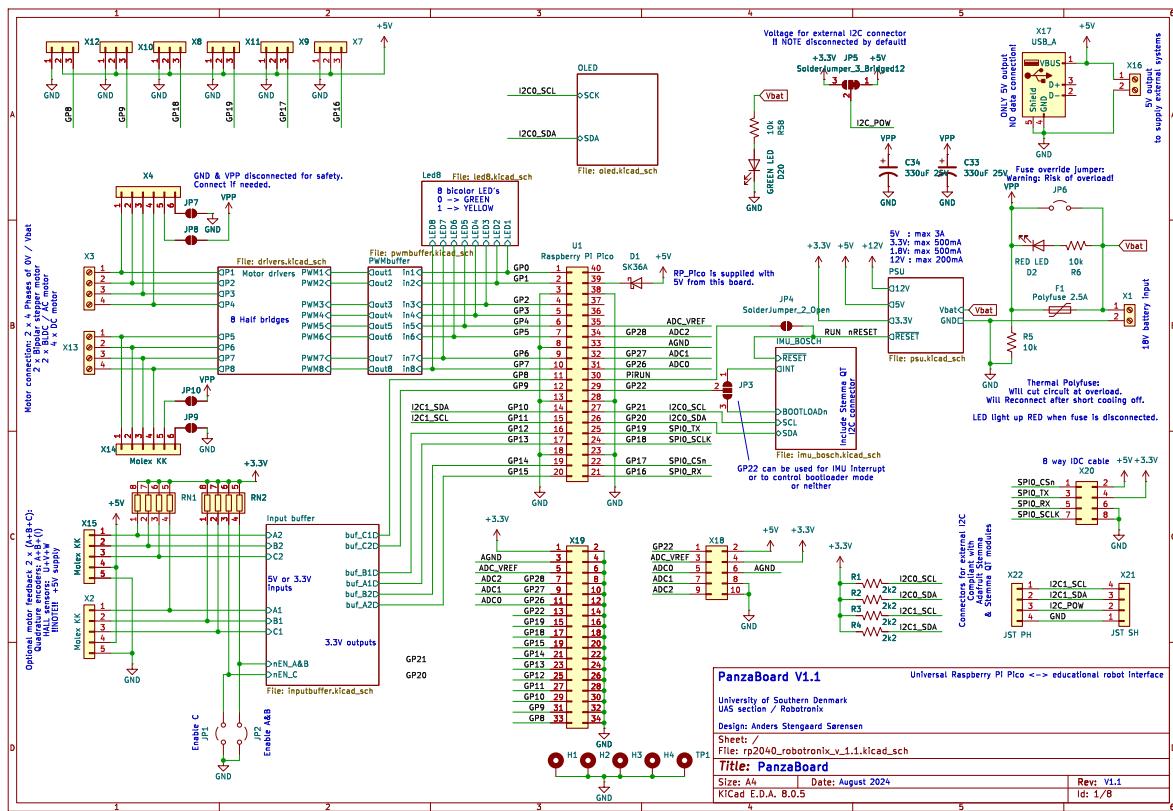
³Brug ikke PanzaBoard 5V udgang til eget udstyr, da defekter i PanzaPCB kan medføre overspænding og ødelægge fx mobiltelefon!

3 Kredsløb

PanzaBoard er designet i “KiCad:Version: 8.0.5-8.0.5-0 ubuntu22.04.1, release build.”

Diagrammet (schematic) består af et hoveddesign med 7 underkredsløb. Alle vist og kommenteret herunder:

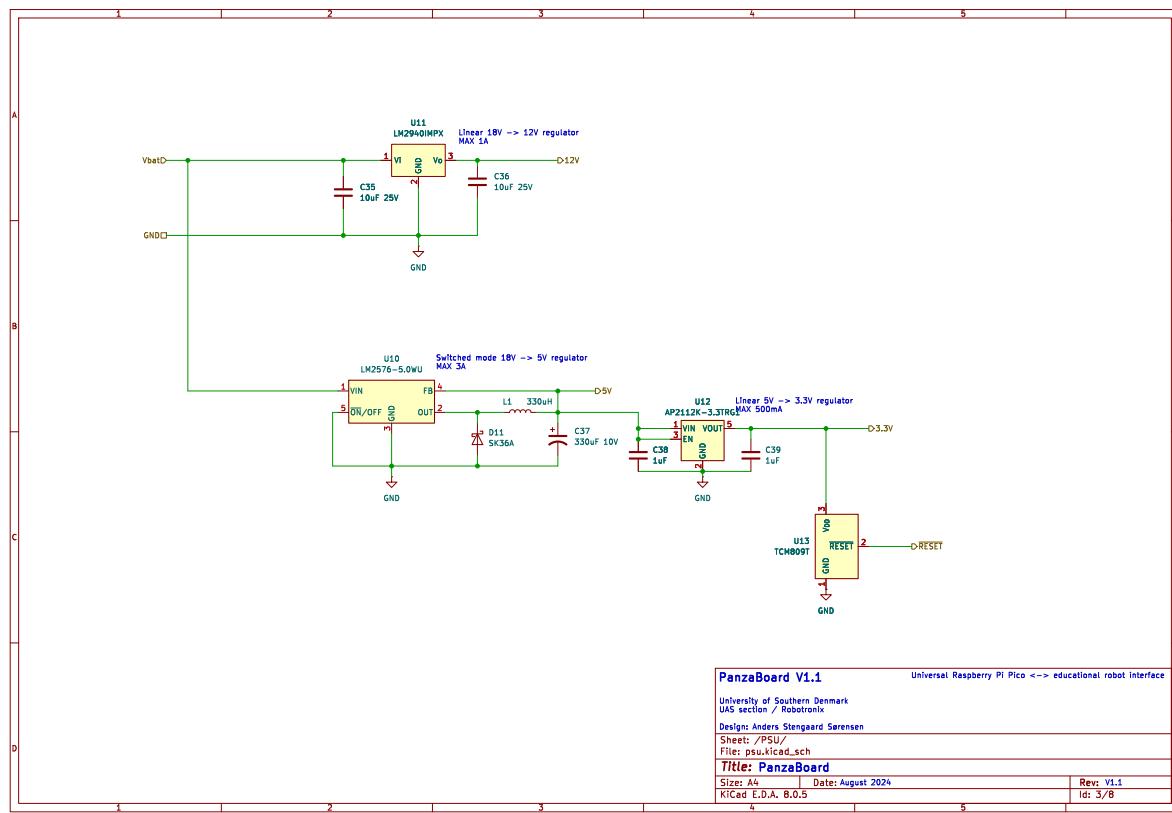
3.1 Hovedkredsløb



Viser alle stikforbindelser bortset fra X5 og X6, samt forbindelserne mellem stik og de 7 underkredsløb.
Bemærk især:

- RN1 og RN2 er ikke monteret i første batch af PanzaBoard V1.1
Eftermonter 10kΩ modstande til erstatning, efter behov.

3.2 Spændingsforsyning / PSU

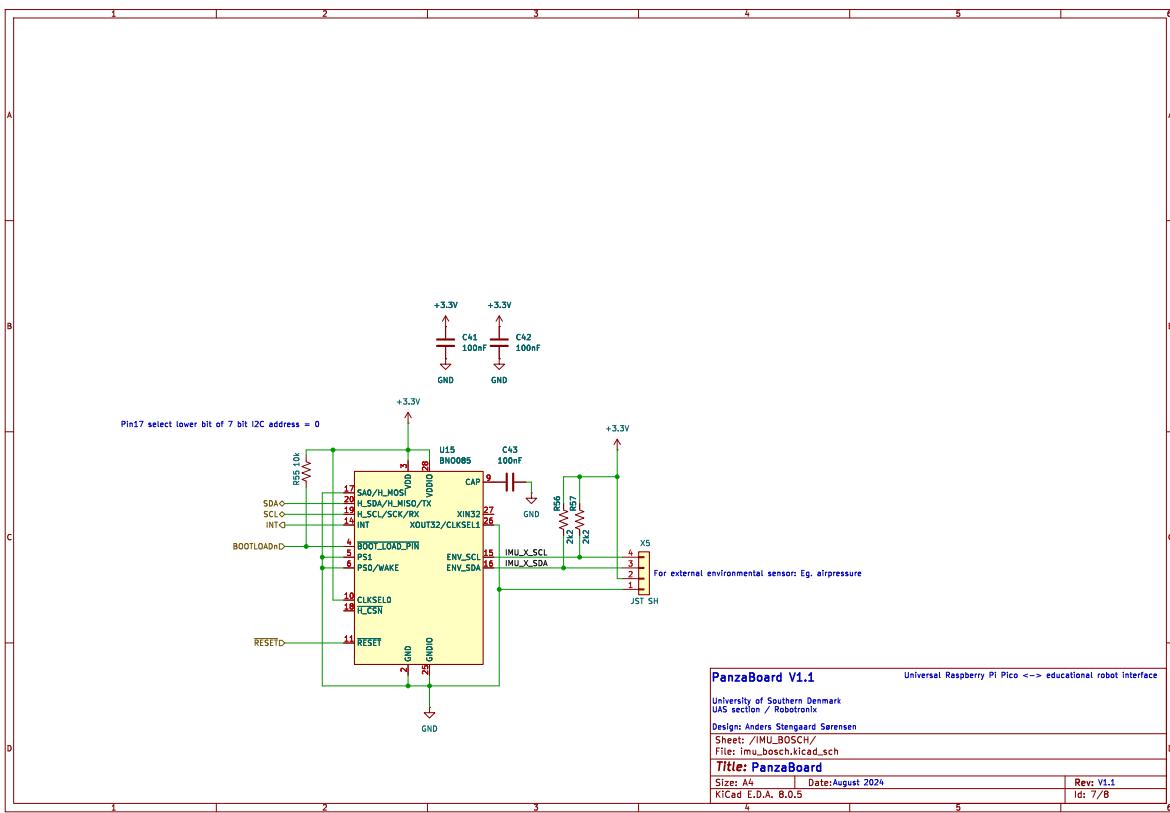


Bemærk især:

- 5V regulatoren er en integreret switched mode regulator, konfigureret til at leve op til 3A.
- 12V og 3.3V regulatorerne er linære regulatorer, der kun kan leve op til 200mA ⁴
- L1: 330µH power inductor, er ersattet af en 100µH inductor i første batch af PanzaBoard V1.1
- U13: genererer et **RESET** signal ved svigt/opstart af 3.3V forsyning. Dette signal er forbundet til U15 - IMU, og kan via jumper: JP4 også forbindes til Raspberry Pi.

⁴Endelige ratings afventer tests!

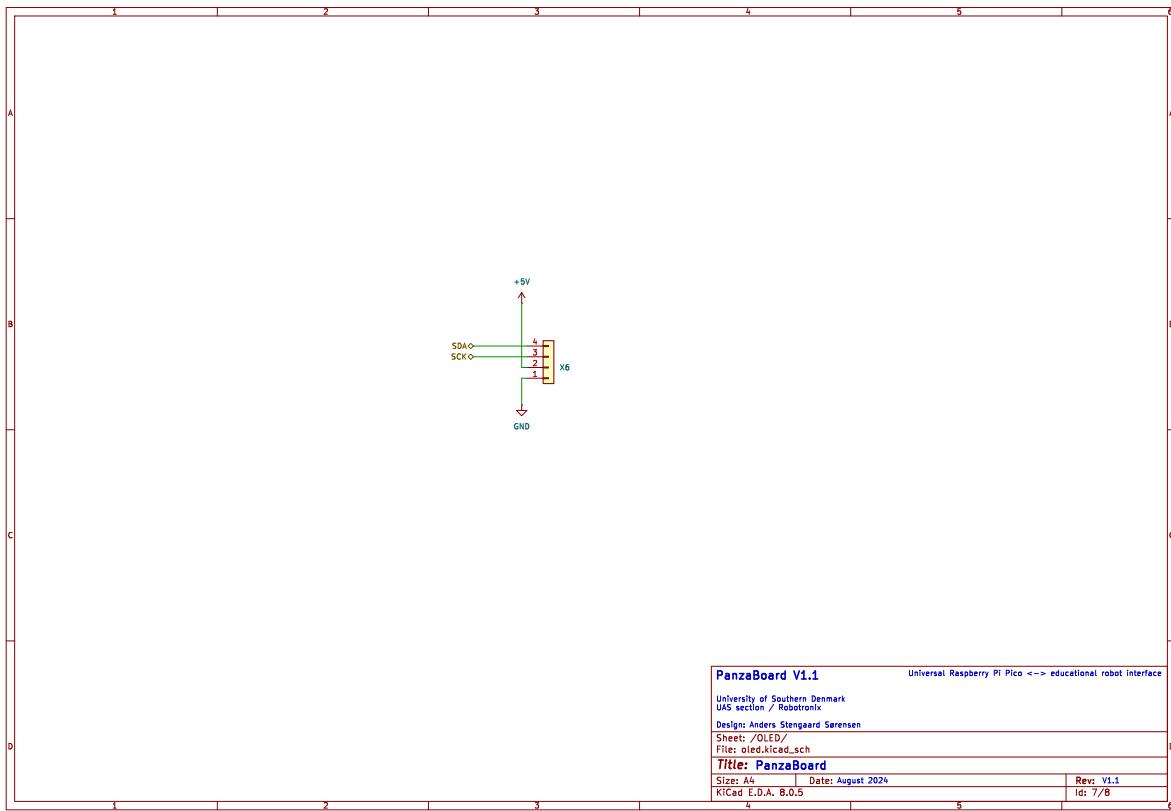
3.3 Inertisensor / IMU



Bemærk især:

- At IMU'en via X5 har tilkobling til sin egen supplerende eksterne I^2C sensor, som den kan bruge til fx. højdemåling (barometer).

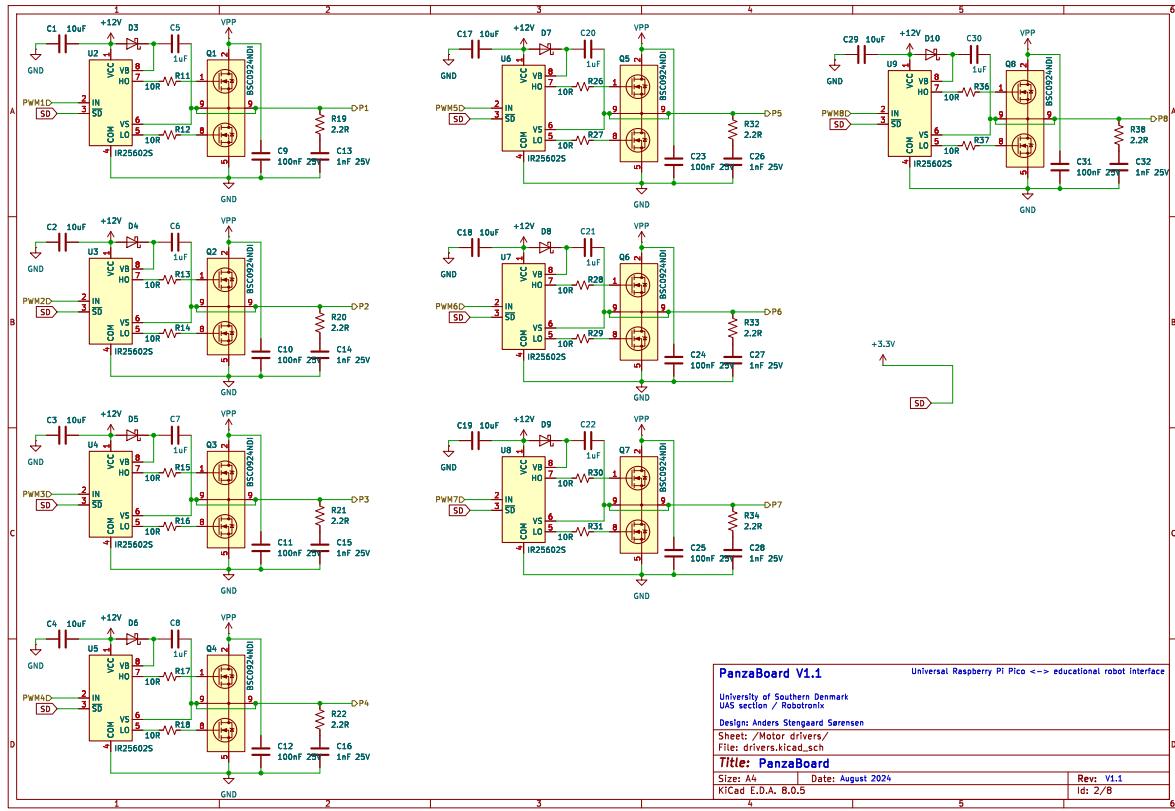
3.4 O-LED display tilkobling / OLED



Bemærk især:

- At dette underdiagram kun rummer stikforbindelsen X6, der nemt kunne være inkluderet i hoveddiagrammet. Så dette underdiagram er egentlig overflødig!

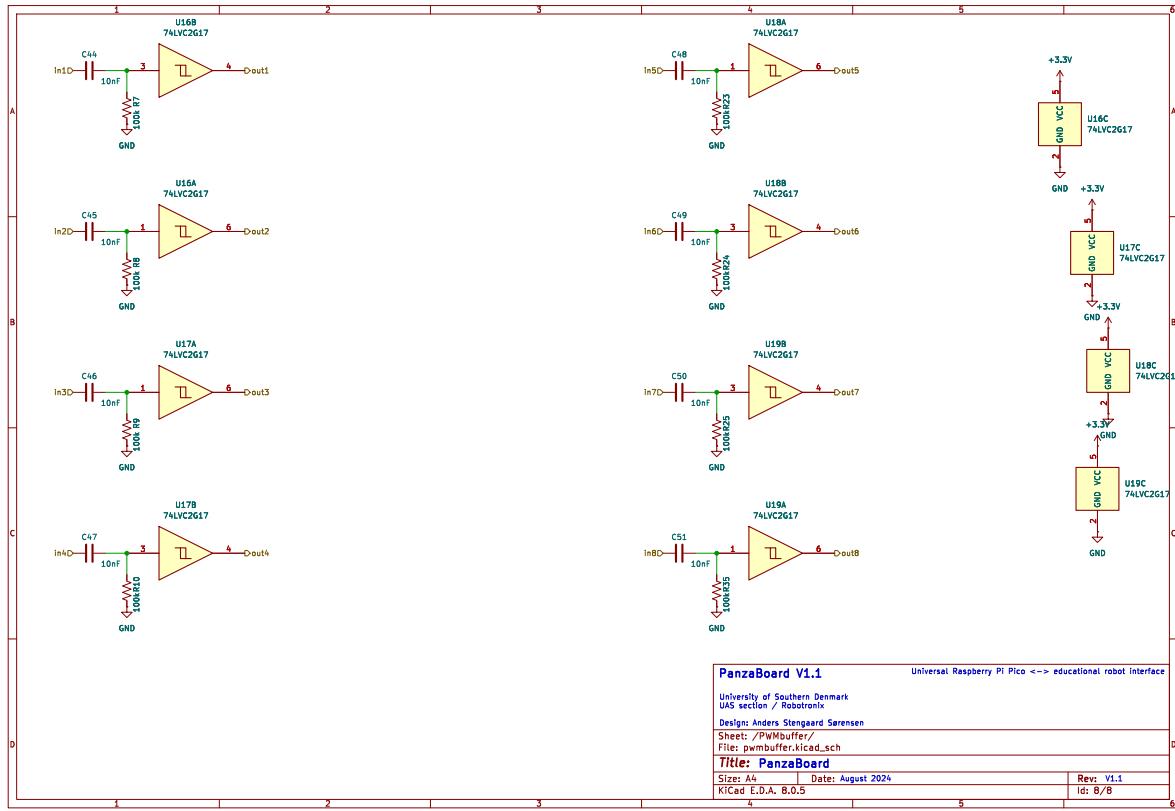
3.5 Motor drivers



Bemærk især:

- At der ikke anvendes diodepumpe til high-side drivers, men kun “boot-strap”.
- At Gate drivers bruger eksterne dioder til “bootstrap”
- At de eksterne dioder kan overbelastes og blive defekte ved kortslutning af gates
- At hver halvbro anvender dual N channel transistor
- At gate driverernes Disable indgange er deaktiveret ved forbindelse til 3.3V

3.6 PWM buffers

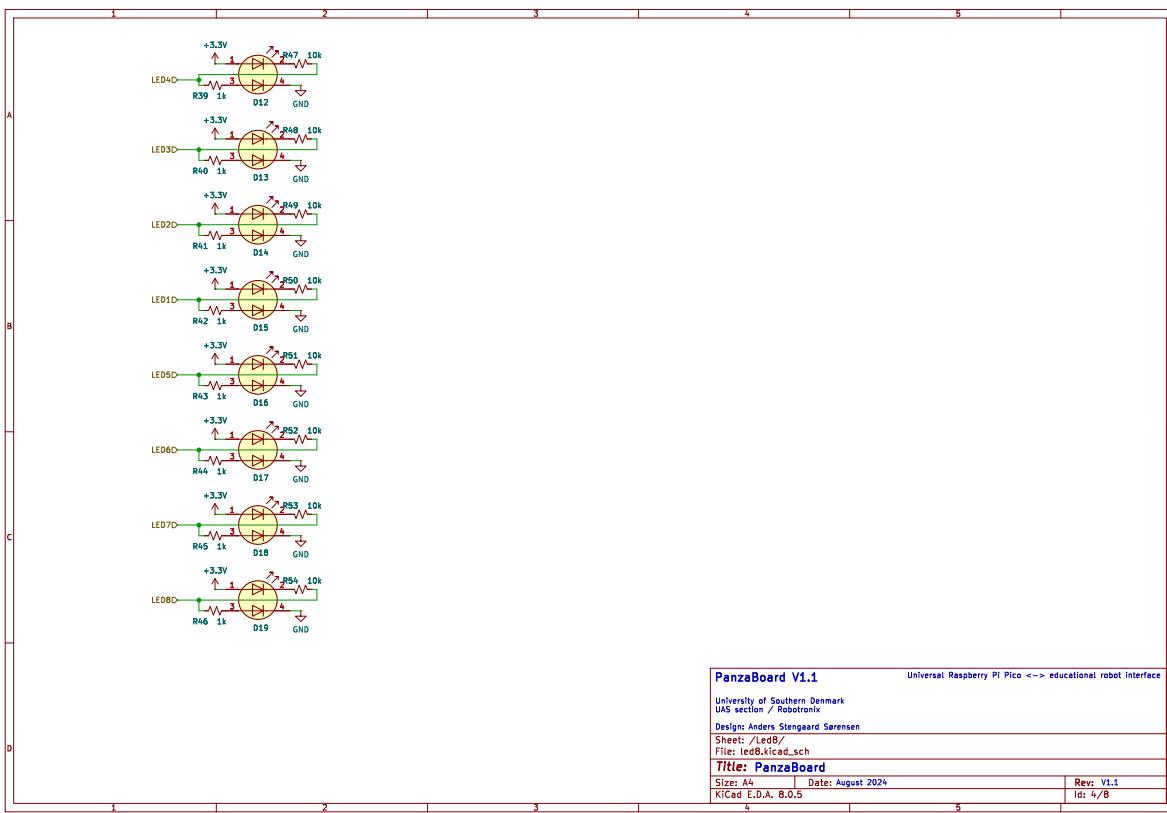


Dette delkredsløb udgør den primære opdatering fra V1.0 til V1.1. Den sikrer at der ikke kan videregives PWM signaler med 100% duty cycle til motor driverne, idet dette kan ødelægge dem.

Bemærk især:

- At buffernes interne “clamping” dioder anvendes sammen med RC højpasfilter, til at sikre en max pulslængde på ca 1ms.
- At det er afgørende at anvende Schmitt trigger indgange.
- At der anvendes 4 IC'er med 2 Schmitt trigger buffers i hver.
- At der ikke er anvendt/angivet “bypass” kapacitorer. En designsvaghed, der opdateres i næste version.

3.7 Motor LED's / LED8

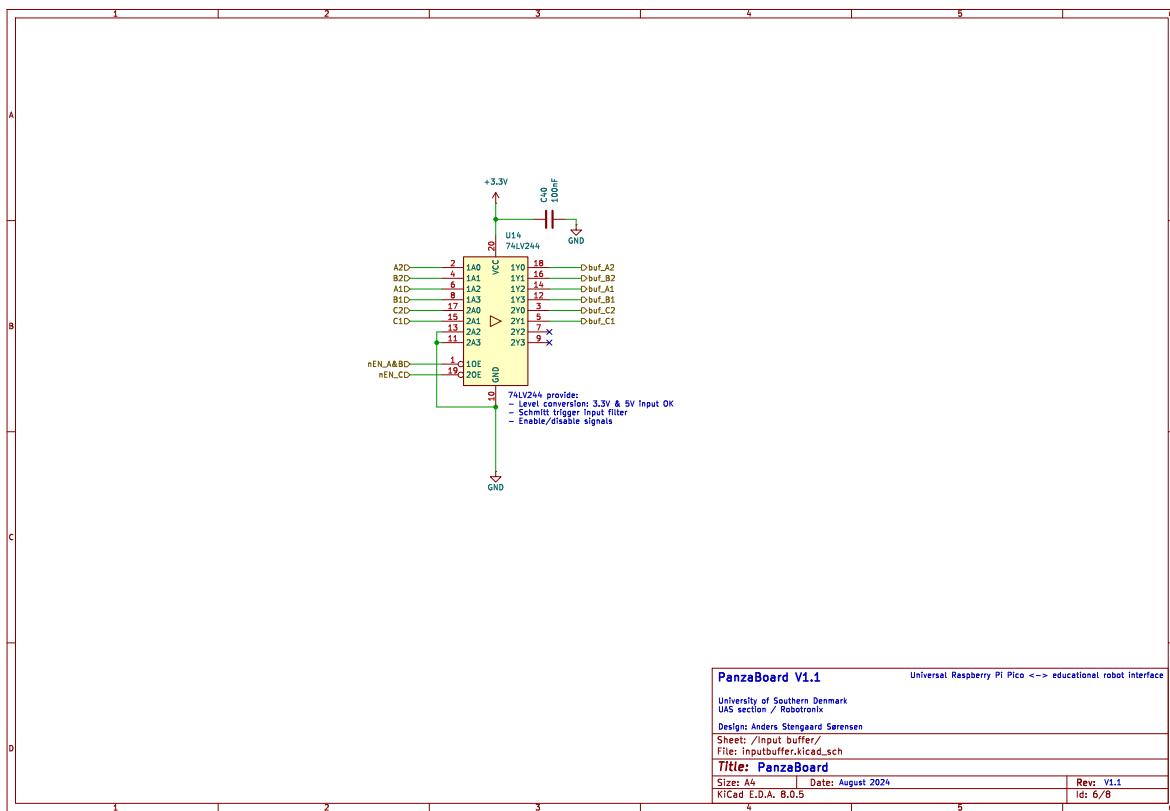


Bemærk især:

- At de to LED's i hvert hus egentlig er seriekoblet med to modstande, og at hele "serien" forbinder 3.3V til 0V. Koblingen giver ikke anledning til en strøm, fordi diode-spændingsfaldet over de to dioder tilsammen er større end 3.3V. Hvis forsyningsspændingen havde været højere, fx 5V ville begge dioder lyse uden tilkobling til GPIO.
- Kredsløbet sikrer at den ene LED lyser hvis GPIO trækkes til 0V og den anden hvis GPIO trækkes til 3.3V. Hvis GPIO er konfigureret som input, eller hvis en Raspberry-Pi ikke er monteret, lyser ingen af de to LED's.

3.8 Input buffer

Kredsløbet skal sikre at såvel 3.3V som 5V signaler kan anvendes som input, samt at “open collector / open drain” udgange kan anvendes af sensorer.



Bemærk især:

- At bufferens udgange kan frakobles via de to **ENABLE** indgange.
- At de er frakoblet som udgangspunkt, og kræver forbindelse af JP1 og/eller JP2 for at blive tilkoblet.
- At A/B signalerne og C signalerne til/frakobles separat.
- At frakoblingen ikke fungerer i først batch af V1.1 PCB'er, fordi RN1 of RN2 ikke er monteret.

4 Mere læsning

4.1 Tekstformetting i L^AT_EX

Denne manual er skrevet i L^AT_EXuden at bruge for mange fancy tricks, og er et godt eksempel på hvad man kan opnå ret hurtigt som ny bruger.

- [LaTeX-Tutorial](#).
- [Overleaf — online collaborative LaTeX](#)

4.2 Fri og åben software

Hvis man ikke gider IT giganter, eller ikke vil betale dyre softwarelicenser i sin start-up robotvirksomhed, er der gode frie og åbne alternativer:

- [Free Software Foundation](#) — Promovering af principperne for fri software.
- [Ubuntu](#) — En af de nemmeste og mest populære PC UNIX operativsystemer, baseret på GNU/Linux løsninger.
- [GNU](#) — Omrent 50% af programmerne der er brugt til projekter som dette, er fra GNU projektet.
- [KiCAD](#) Elektronikdesign
- [FreeCAD](#) Mekanik design
- [Open SCAD](#) Mekanik design som kode
- [GNU-Octave](#) Numerisk matematikprogram — som MatLab
- [wxMaxima](#) Symbolsk matematikprogram — som Mathematica

4.3 Motorer

- [Sparkfun's introduktion til Motorer](#)
- [Sparkfun's guide til hobby RC-Servomotorer](#)

4.4 Digitale signaler

- [Texas Instruments Logic Guide](#)
- [Analog Devices MT-098 tutorial](#). God baggrund for at forstå den babyloniske forvirring omkring logik-niveauer, og en del løsninger over 1. semester niveau.

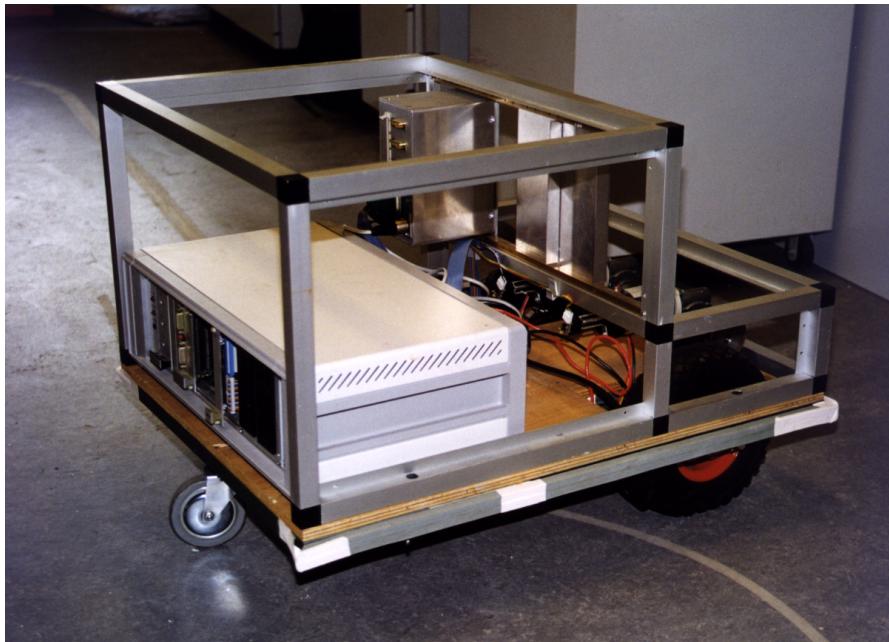
A Syddansk Universitet's egne mobile robotter

Odense Universitet, der senere blev Syddansk Universitet, byggede sin første mobile robot (Autonomous Guided Vehicle) i 1992, og har sammen med Ingeniørhøjskolen Odense Teknikum, siden været vært for adskillige projekter og kurser hvor der er bygget mobile robotter.

A.1 Sommerkurset 1992

Da Odense Universitet og Odense Stålskibsværft etablerede et formelt samarbejde, der opbyggede den første forskergruppe med fokus på robotteknologi, blev der startet 3 Ph.D. projekter i "Anvendt matematik" i forbindelse med Robotstyring. De 3 Ph.D. studerende/stipendiater mente det var vigtigt at etablere et studiemiljø omkring robotteknologi, og besluttede at køre et sommerkursus i mobile robotter i August 1992, med Niels Jul Jacobsen som kursusansvarlig og underviser. Niels var netop blevet kandidat i "Datateknik/Datateknologi" og startet som en af de 3 Ph.D. stipendiater i samarbejdet med Stålskibsværftet.

Forskergruppen var etableret på "Institut for Matematik og Datalogi (IMADA)", der også var vært for kurset. Niels havde lovet institutlederen at han ville få 2 robotter der kunne hente kaffe, og havde til gengæld fået et materialebudget på 20.000 kr. Pengene blev bla. omsat til 2 stålrammer på ca. $50 \times 80\text{cm}$, hvorpå der var monteret 2 trillbørhjul som fastmonterede forhjul. De blev trukket af hver sin 12V, 80W DC motor med snekkegear. Bagerst i midten sad et drejeligt møbelhjul. Strømforsyningen var et bilbatteri med flydende svovlsyre. Derudover var der indkøbt et bredt udvalg af forskellige sensorer, der skulle sætte en computer i stand til at opfatte omgivelserne og navigere robotterne frem og tilbage mellem kaffestuen og institutlederens kontor. Robotten skulle styres af IMADA's daværende supercomputer — en cluster-computer baseret på T414 transputer-chips. Transputeren skulle stå for navigation og AI, mens embedded styring af motorer og sensorer skulle varetages af MC68705 microcontrollerboards, der ikke var designet endnu, da kurset startede.



Figur 4: Første mobile robotplatform fra Odense Universitet. Skabt til sommerkursus af Niels Jul Jakobsen i 1992 — Her vist renoveret, som platform I Anders Stengaard Sørensen's specialeprojekt ca. 1995/96

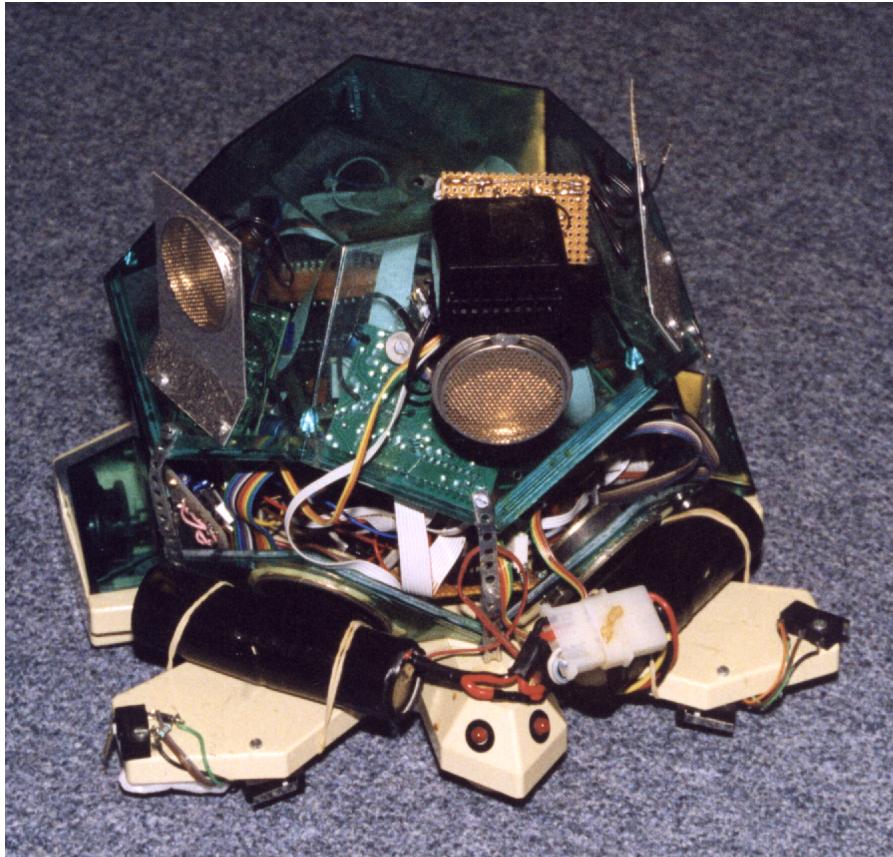
Ca 25 studerende fra 4. semester og opad deltog i kurset, hvor de blev delt ud i grupper der hver fik ansvaret for at løse delopgaver som: Udvikling og programmering af robotnavigation i Transputer sproget Occam. Udvikling af sensorinterface til infrarøde sensorer. Udvikling af sensorinterfaces til SONAR og doppler RADAR sensorer. Udvikling af power elektronik til at drive motorerne, osv osv.

Kurset trak ud og blev først afsluttet ved juletid. På det tidspunkt havde de fleste delprojekter opnået gode resultater hver for sig, men kun nogle få var blevet sat sammen, og robotten kom ikke til at køre

selvstændigt det år.

A.2 Skildpadde projektet

To af deltagerne i sommerkurset: Anders Stengaard Sørensen og Peter Favrholt, besluttede sig for at arbejde videre med projektet i deres bachelorprojekter i 1993. Anders designede og udviklede en helt ny CPU/IO/Power platform som blev bygget ind i den mekaniske ramme fra en fjernstyret "Valiant Turtle", mens Peter designede og udviklede et operativsystem og software bibliotek til styling af den. Året efter udviklede Lene Monrad Petersen⁵ navigationssoftware, der gjorde skildpadden til Danmarks første mobile robot med "Self localisation and mapping (SLAM)".



Figur 5: Første fungerende mobile robot fra Odense Universitet. Skabt som bachelorprojekt af Anders Stengaard Sørensen i 1993, ved at lave ny indmad til mekaniken fra en fjernstyret "Valiant Turtle"

Skildpadde robotten er ca 25cm på hver led. Drives af 2 fastmonterede baghjul med steppermotorer, og støtter på en kugle som forhjul. Den er udstyret med 3 SONAR sensorer med 10 meters rækkevidde, en langbølget infrarød sensor til at registrere kropsvarme, kontakter der registrerer sammenstød med vægge, samt et 5W højttalersystem der kan afspille lyd i telefonkvalitet. Dens CPU er en 68008 16MHz CPU, der blev programmeret i assembler/maskinekode af Anders Sørenden og i Gnu-C af Peter Favrholt og Lene Monrad Petersen.

I sin første Demo kunne den finde frem til en person i et lokale, placere sig 1 meter foran personen og afspille "Thank you for your coorporation" citatet fra filmen RoboCop (1987).

I sin sidste demo, kunne den dynamisk kortlægge et lokale ved hjælp af SONAR sensorer, og derefter planlægge og køre korteste rute gennem lokalet.

⁵Lene Favrholt siden 1997

A.3 Cato og James projekterne

Anders Stengaard Sørensen fortsatte udviklingen af styringsplatforme og mobile robotter i sit specialeprojekt i 1995. I projektet blev robotten fra sommerkurset i 1992 taget op igen, men blev udstyret med helt ny elektronik og software, samt en robotarm så den mobile robot kunne udføre praktiske opgaver, som fx at skænke $\frac{1}{2}l$ cola op i to glas. Robotten blev opkaldt efter “Inspector Clouseau’s” ihærdige men ikke alt for kvikke kammertjener “Cato” i “The pink Panther” filmene (1963..1983).

Projektet havde både til formål at skabe en robotplatform til videre udvikling, samt at skabe dokumentation og formidling af teknologien til næste generation af studerende. Det blev gennemført parallelt med andre jobs og opgaver, og løb frem til 1998.

Undervejs i projektet oprettede Danmarks Tekniske Universitet (DTU) robotkonkurrencen “RoboCup”, med premiere i 1997. Anders og ca 15 andre studerende fra “Foreningen af DataTeknologiStudenRende i Odense (FADSO) gik sammen om at udfordre DTU, og byggede en mere kompakt version af Cato til formålet. Den blev navngivet “James” efter tjeneren i nytårs-kortfilmen “90 års fødselsdagen” (1963).



Figur 6: Ræcerplatformen James (til venstre), en variant af Cato, der blev programmeret af studerende fra SDU og vandt DTU roboCup (til højre) da det kørte første gang i 1997.

James blev bygget op omkring en ca $25 \times 35\text{cm}$ stor 6×6 wheel drive amphibious modelbil, beregnet til fjernstyring. Med 3 faste ballon-hjul i hver side styrede den nærmest som en kampvogn. Syddansk Universitets studerende udstyrede den med en VME industricomputer PID regulering af motorerne og en specialbygget sensor til at følge de hvide tapestriber på DTU's sorte gulve. James blev dekoreret som en lille sports-SUV, og fik en Barbiedukke — Ms. Sophie —som fører. Ved premierne på DTU-Robocup i april 1997 kørte James banen perfekt igennem, dobbelt så hurtigt som hurtigste DTU-bil.

James nåede at deltage i DTU-RoboCup yderligere 3 gange med forskellig indmad og software, men er gået tabt i takt med at reservedele er indgået i andre studenterprojekter.

Cato har været brugt i forskellige demonstrationer, udstillinger og studenterprojekter, og kan nu ses udstillet på Danmarks Tekniske Museum i Helsingør.

A.4 Sommerkurser fra 1999 til i dag

Som Ph.D. stipendiat og senere Lektor genoptog Anders Stengaard Sørensen ideen om at styrke robotmiljøet gennem sommerkurser på Syddansk Universitet og Ingeniørhøjskolen Odense Teknikum. I perioden 1999 til 2007 er der således hold sommerkursus for DataTeknologi-studerende næsten hvert år i august, hvor 5-10 robotbiler er blevet udviklet, har kørt ræs, og nogle gange har stillet op i DTU-RoboCup. Sommerkurset i robotbiler har været holdt sporadisk derefter og er i dag afløst af sommerkurser i droneteknologi og industrirobotter.

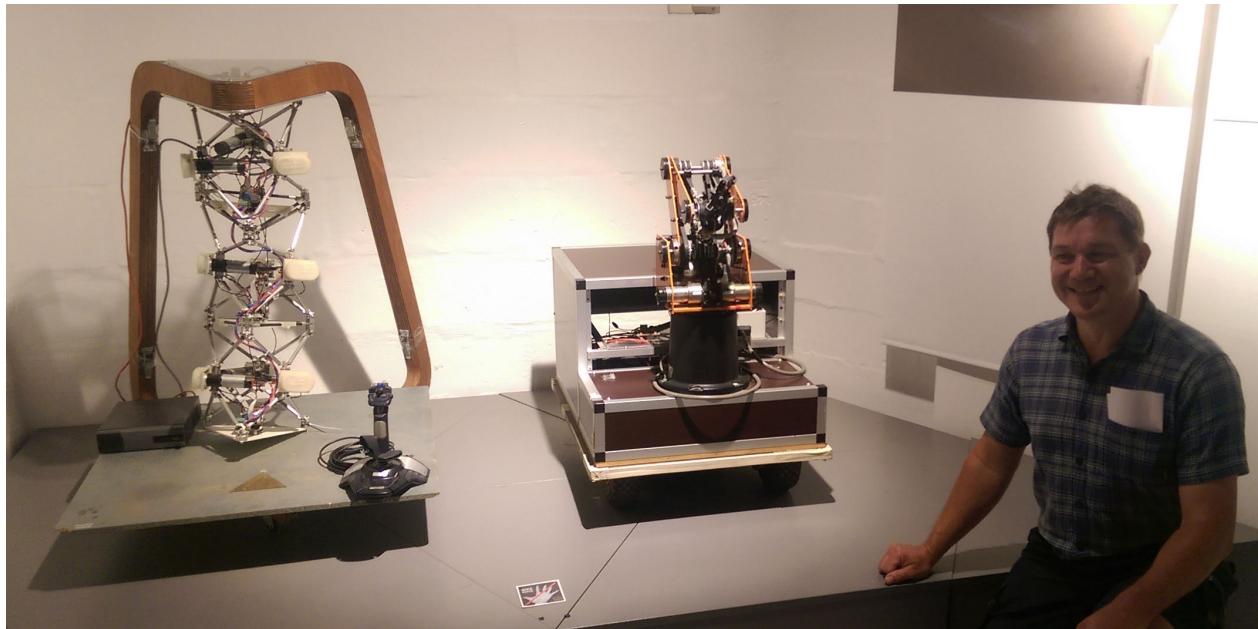


Figur 7: SDU's andet sommerkursus i robotbiler 1997

A.5 Robotbiler i semesterkurser og projekter

Robotbiler som eksempel på elektronik, embedded software, samt matematisk modellering og baneplanlægning er i dag indbygget i en række forskellige fag og projekter på SDU, hvor "Formula students/SDU-Vikings" ambitioner om "drive by wire" og selvkørende fuldkala ræcerbiler har været de mest ambitiøse.

Genoptagelsen af robotbiler som tema for semesterprojekt på 1. semester robotteknologi i 2024 er således tilbagevenden til en 32 år gammel tradition på uddannelsen. Der er udviklet en ny robotmodel speciaelt til dette kursus, opkaldt efter "Sancho Panza", den trofaste, robuste, jordnære og "bondesnu" væbner i Miguel de Cervantes roman om "Don Quixote" fra 1615.



Figur 8: SDU's første robotbil — på Danmarks Tekniske Museum