# Sensorer

Systemet BodyRock3000 er bestemt til at operere med fire forskellige sensortyper. Sensortyperne er som følgende:

1. Accelerometer
2. Gyroskop
3. Proximity sensor
4. Tryk sensor

Sensorerne står for at generere rådata, som senere bliver behandlet og i sidste ende kommer ud som lyd.

## Kabeltype

Til at stå for selve overførslen af I2C, benyttes i dette projekt *RJ11 kabler* som forbindes til sensorprints via *RJ12-CPTH connectors*. Dette er valgt idet RJ11 kabler er alm. Tilgængeligt med det nødvendige antal ledere, som samtidig har en låsemekanisme. Dette giver mulighed for at ledningerne bliver siddende, selv når brugeren udfører diverse bevægelser for at generere data fra sensorerne.

Ved at have to connectors på hver sensor, samt fire connectors på Body enheden kan sensorerne kobles i fire kæder ud fra Body enheden. Dette tillader brugeren at minimere ledningsproblemer ved brug af flere sensorer, og gør at sensorerne kun kan forbindes korrekt idet der er tale om en bus.

## Sensor bus

Da BodyRock systemet skal kunne konfigureres så frit som muligt efter brugerens ønsker, er det valgt at systemets sensorer er tilsluttet gennem en bus. Målet med dette er at sensorer kan forbindes frit i en hvilken som helst konfiguration.

### Protokoller

For at opnå dette blev en række bus protokoller undersøgt. Herunder er givet et overblik over de centrale protokoller i undersøgelsen og de centrale betragtninger gjort for hver.

#### Ethernet:

-**for**: Høj data sikkerhed, god udvidelighed, mulighed for udskiftning af det fysiske lag.

-**imod**: Kræver mere HW på sensor siden, tung implementering.

#### SPI:

-**for**: Høj dataoverførselshastighed, lave HW krav.

-**imod**: Kan ikke benyttes da behovet for chip select ledere forhindrer fri konfiguration af sensorer.

#### SDI-12:

-**for**: Designet til sensorer som skal kunne fungere over længere afstande og under påvirkning af em-støj, god udvidelighed, 3 leder interface.

-**imod**: Kræver 12V, høj kompleksitet, kræver mere HW.

#### I2C:

-**for**: God udvidelighed. Godt forhåndskendskab. Forholdsvis lave HW krav for sensor kreds. Kun 4 ledere.

-**imod**: Ingen data verificering, potentielt støj følsom.

#### Konklusion:

I2C opfylder kravet om frit konfigurerbare forbindelser, med minimale krav til HW og software. Dette kommer dog på bekostning af dataverificering, og en videre undersøgelse blev derfor lavet for at teste systemets støjsikkerhed.

### I2C test

For at teste om der ville opstå problemer med dataintegritet ved brug af I2C blev der udført en test. Da brugeren forventes at have sensorerne på kroppen, kan det antages at forbindelserne fra Body enheden ikke vil blive længere end 2 meter selv for flere sensorer i serie. En simpel testopstilling med en I2C enhed for enden af et to meter kabel forbundet til PSoC’en blev derfor opstillet. Testprogrammet lavede 10000 læsninger på I2C enhedens ID register, og tjekkede at dette var i overensstemmelse med den forventede værdi. Resultatet blev så skrevet til PSoC’ens UART bro og læst fra en terminal på en computer. Testen blev for at teste støjsvaghed også udført ved siden af en aktiv computer strømforsyning (Switchmode) og en telefon i gang med et opkald. Ved samtlige test opstod der ingen fejllæsninger.

## Grænseflade

Da alle sensorer kobles til I2C bussen gennem et fire polet RJ11 stik, kan følgende generiske IBD for en sensorenhed tegnes.



Som det ses af figur **XX** er alle sensorenhederne koblet til den eksterne 3.3V spændingsforsyning med tilhørende GND, via to af polerne fra RJ11 stikket. Herudover er sensorerne koblet til henholdsvis SCL og SDA.

Figur 1: IBD for generisk sensorenhed

Det ses ligeledes heraf at der er sensorenheden er koblet til I2C to steder, hvilket som sagt giver mulighed for at serieforbinde flere sensorer.

## Accelerometer

Sensoren som benyttes i dette projekt er et 3-akset accelerometer af typen **ADXL345[[1]](#footnote-1)**. Denne model er ultralow power, den kan gå så lavt som til i *measure mode* og kun i *standby mode* disse værdier er fundet i databladet.[[2]](#footnote-2) ADXL345 understøtter i forvejen I2C[[3]](#footnote-3) og er derfor at foretrække at benytte da der ikke skal tilføjes noget ekstra til enheden for at benytte I2C.

Det fremgår desuden af databladet at ADXL345 opererer ved 2V til 3.6V, hvilket passer til vores spændingsforsyning som leverer 3.3V[[4]](#footnote-4).

### I2C

Når man skal oprette forbindelse til en sensorenhed via I2C, er det vigtig at man kender komponentens I2C—adresse. ADXL345 har en pin kaldet ALT ADDRESS[[5]](#footnote-5), denne pin bruges til at styre ADXL345’s to forskellige I2C adresser.

|  |  |
| --- | --- |
| **I2C adresse (hex)** | **ALT ADDRESS PIN** |
| 0x1D | Koblet til VCC |
| 0x53 | Koblet til GND |

Tabel 1: I2C adresser og kobling til ALT ADDRESS pin

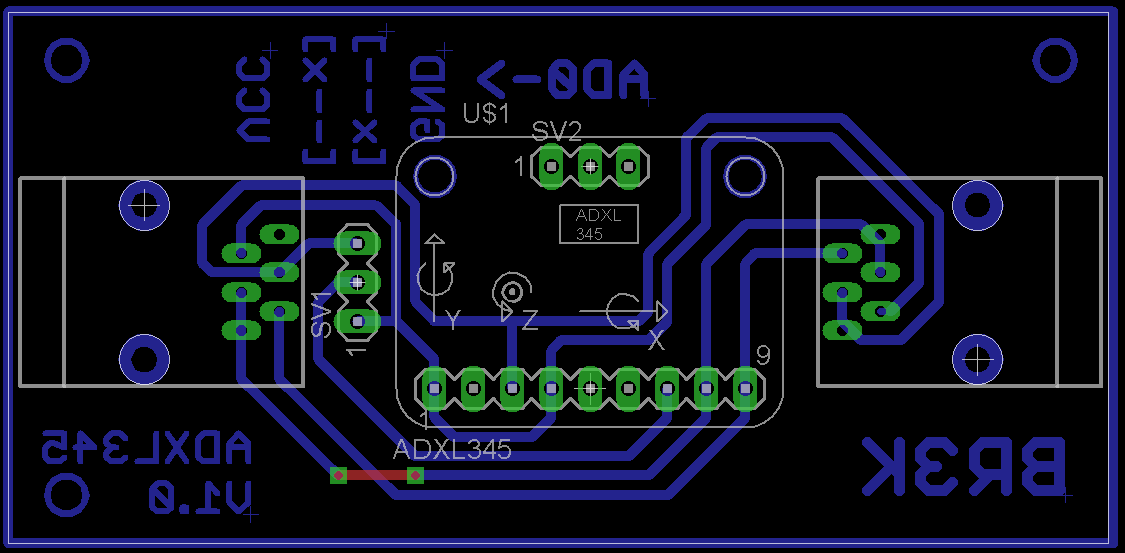
Ud fra denne viden benyttes en 1x3 Harwinpin med tilhørende jumper, således at brugeren hurtig og nemt kan skifte mellem de to alternative I2C adresser.

## Komponenter

De nødvendige dele for at opbygge ADXL345-enheden er som følgende:

* ADXL345
* To stk. RJ12 connectors
* Et stk. 1x3 Harwinpin

## PCB design

ADXL345-enheden designes vha. værktøjet Eagle 7.1.0[[6]](#footnote-6).

Figur 2: Breakout board for ADXL345 fra Eagle 7.0

På figur **XX** ses breakout boardet for ADXL345-enheden. Herunder følger en beskrivelse af hvordan komponenterne er forbundet.

### ADXL345

|  |  |
| --- | --- |
| **ADXL345 pin** | **Forbundet til** |
| 1 (Vin) | 3.3V |
| 2 (3V3) | Ikke forbundet |
| 3 (GND) | GND |
| 4 (CS) | VCC |
| 5 og 6 (INT1 og INT2) | Ikke forbundet |
| 7 (ALT ADDRESS) | Forbundet til adressejumper 1x2 |
| 8 (SDA) | SDA |
| 9 (SCL) | SCL |

Tabel 2: ADXL345 forbindelser

### Adressejumper

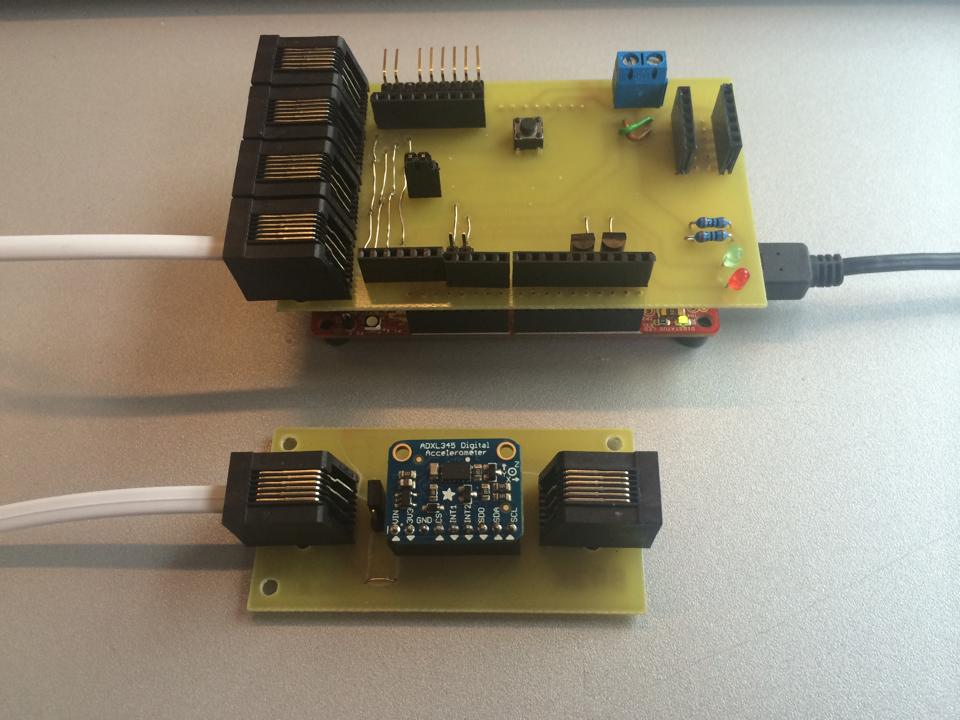
|  |  |
| --- | --- |
| **1x3 Harwinpin** | **Forbundet til** |
| 1x1 | GND |
| 1x2 | ADXL345 pin 12 (ALT ADDRESS) |
| 1x3 | VCC |

Tabel 3: Adressejumper forbindelser

### RJ12 connector

|  |  |
| --- | --- |
| **RJ12 connector pin** | **Forbundet til** |
| 1 | Ikke forbundet |
| 2 | VCC |
| 3 | GND |
| 4 | SDA |
| 5 | SCL |
| 6 | Ikke forbundet |

Tabel 4: RJ12 connector forbindelser

På figur **XX** ses det færdige print, med de to connectors samt ADXL345 og adresse-jumperen til venstre for ADXL345. 

Figur 3: Færdigt print ADXL345-enhed

## Gyroskop

Sensoren som benyttes i dette projekt er et 3-akset gyroskop af typen **MPU6050[[7]](#footnote-7)**. Denne model opererer ved i *measure mode* og en *standby mode* disse værdier er fundet i databladet[[8]](#footnote-8). MPU6050 understøtter ligesom ADXL345 i forvejen I2C[[9]](#footnote-9) og fortrækkes heraf at benytte da der ikke skal tilføjes noget ekstra til enheden for at benytte I2C.

Det fremgår desuden af databladet at MPU6050 opererer ved 2.375V til 3.46V, hvilket passer til vores spændingsforsyning som leverer 3.3V[[10]](#footnote-10).

### I2C

MPU6050 har en pin kaldet AD0[[11]](#footnote-11), denne pin bruges til at styre MPU6050’s to forskellige I2C adresser.

|  |  |
| --- | --- |
| **I2C adresse (hex)** | **AD0 PIN** |
| 0x68 | Koblet til GND |
| 0x69 | Koblet til VCC |

Tabel 5: I2C adresser og kobling til ALT ADDRESS pin

Ud fra denne viden benyttes en 1x3 Harwinpin med tilhørende jumper, således at brugeren hurtig og nemt kan skifte mellem de to alternative I2C adresser.

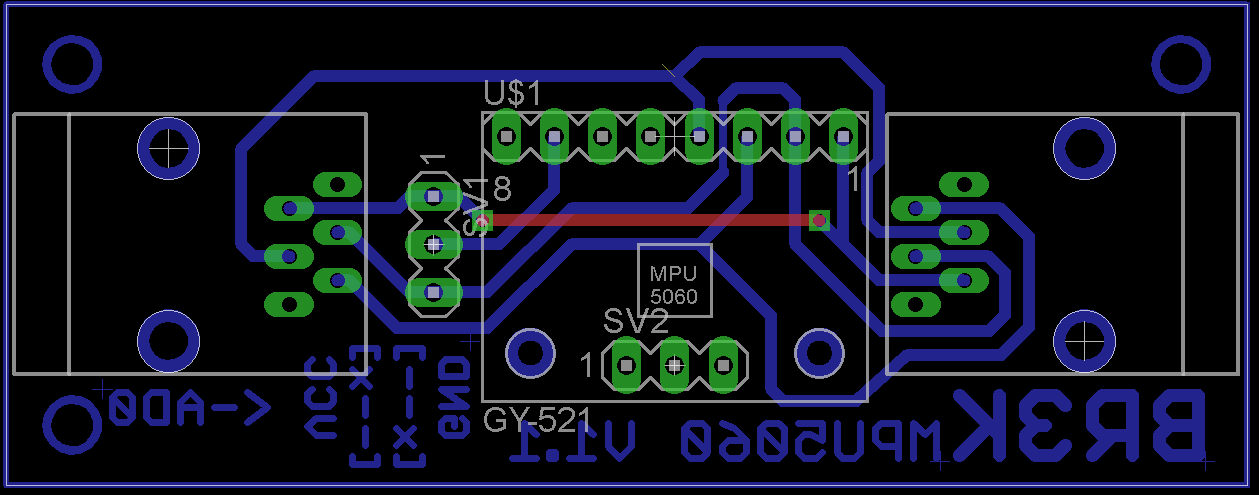
## Komponenter

De nødvendige dele for at opbygge ADXL345-enheden er som følgende:

* MPU6050
* To stk. RJ12 connectors
* Et stk. 1x3 Harwinpin

## PCB design

MPU6050-enheden designes vha. værktøjet Eagle 7.1.0



Figur 4: Breakout board for MPU6050

På figur **XX** ses breakout boardet for MPU6050-enheden. Herunder følger en beskrivelse af hvordan komponenterne er forbundet.

### MPU6050

|  |  |
| --- | --- |
| **MPU6050 pin** | **Forbundet til** |
| 1 (VCC) | 3.3V |
| 2 (GND) | GND |
| 3 (SCL) | SCL |
| 4 (SDA) | SDA |
| 5 og 6 (XDA og XCL) | Ikke forbundet |
| 7 (ADO) | Forbundet til adressejumper 1x2 |
| 8 (INT) | Ikke forbundet |

Tabel 6: MPU6050 forbindelser

### Adressejumper

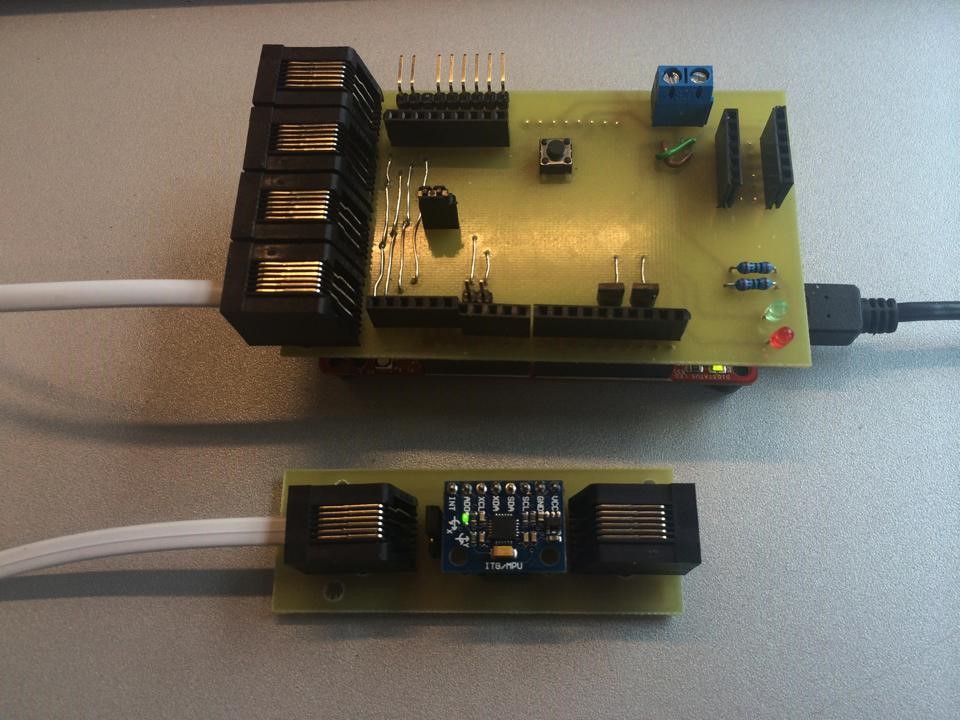
|  |  |
| --- | --- |
| **1x3 Harwinpin** | **Forbundet til** |
| 1x1 | GND |
| 1x2 | MPU6050 pin 7 (ADO) |
| 1x3 | VCC |

Tabel 7: Adressejumper forbindelser

### RJ12 connector

|  |  |
| --- | --- |
| **RJ12 connector pin** | **Forbundet til** |
| 1 | Ikke forbundet |
| 2 | VCC |
| 3 | GND |
| 4 | SDA |
| 5 | SCL |
| 6 | Ikke forbundet |

Tabel 8: RJ12 connector forbindelser



Figur 5: Færdigt print MPU6050-enhed

På figur **XX** ses det færdige print, med de to connectors samt ADXL345 og adresse-jumperen til venstre for ADXL345.

## Proximity sensor

Sensoren som benyttes i dette projekt er en ultralydssensor af typen **HC-SR04[[12]](#footnote-12)**. Denne model er i stand til at måle afstande i et passende afstandsinterval (2-400cm), denne oplysning er fundet i databladet[[13]](#footnote-13). HC-SR04 understøtter ikke I2C. Til at styre I2C tilfjøes en **ATtiny 26[[14]](#footnote-14)** til HC-SR04-enheden, mere om dette under afsnittet I2C.

Det fremgår desuden af databladet at HC-SR04 opererer ved 5V, hvilket ikke stemmer overens med vores spændingsforsyning som leverer 3.3V. For at omgå dette tilføjes en **LM2750-smd[[15]](#footnote-15)**, for at steppe spændingen fra 3.3V til 5V, mere om dette under afsnittet Step-up. Da Body stadig kører på 3.3V kan det at forbinde HC-SR04 og Body give et problem. Hvis man tilføjer en out-of-range spænding til et device’s I/O pin kan det overstresse systemet. Dette problem løses ved en logic level converter fra Sparkfun(REFERENCE TIL DATABLAD), som kan konvertere spænding fra 3.3V til 5V og omvendt.



Figur 6: Pinout fra datablad

Som det ses på figur **XX** har HC-SR04 kun 4 pins. VCC, GND, Trig og Echo.

Sensoren benyttes ved at sende en puls ind på Trig benet, hvorefter der returneres 8 pulser med en længde svarende til responstiden på 8 ultralyds pings som sensoren udsender. Disse tider kan så midles og omregnes til afstand ud fra lydens hastighed i luft.

### I2C

Til at styre I2C, bruges **ATtiny26L**(REFERENCE til datablad). Grunden til dette er, at Attiny26L igennem sit universal serial interface(USI) kan opsættes til et Two-Wire mode, der understøtter I2C bus protokol.

Attiny26L kan operere med en intern clock op til 8 MHz som sikrer at den kan køre Fast-Mode I2C. L udgaven af chippen kan opererer med en spænding på 3.3V hvilket passer med vores spændingsforsyning som leverer 3.3V.

### Step-up

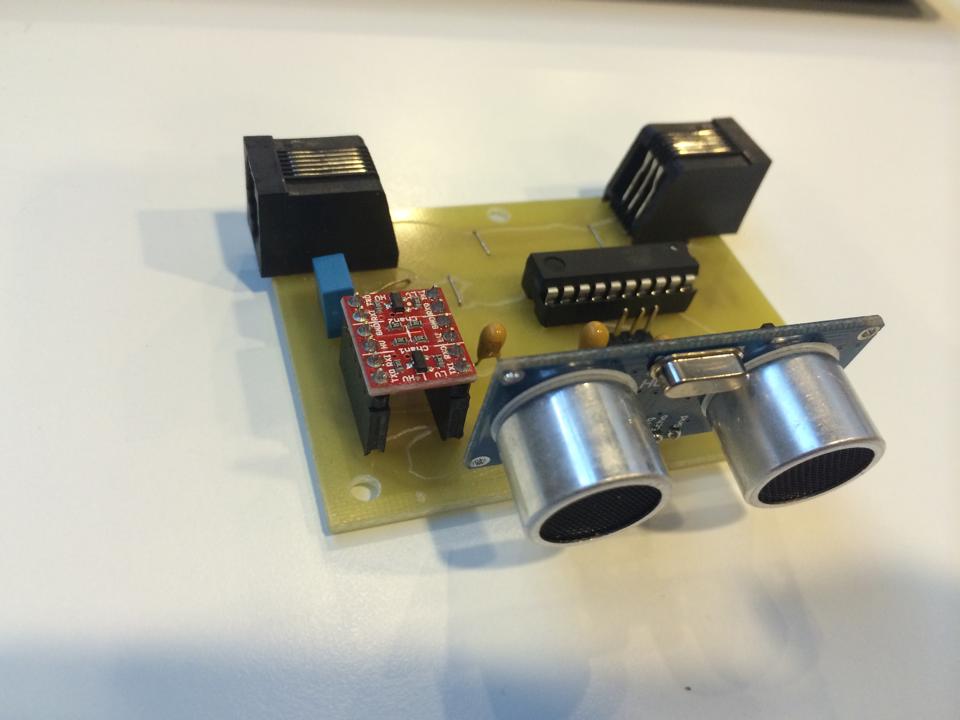
Til at steppe spændingen fra 3.3V forsyningen op til 5V bruges LM2750-smd. LM2750 kan steppe spændinger fra 2.7V til 5.6V til en outputspænding på 5V, denne oplysning er fundet i databladet(REFERENCE til datablad).

Ulempen og fordelen ved komponenten er at denne er meget lille og derfor kan være svær at lodde fast på HC-SR04-enheden.

### Komponenter

De nødvendige dele for at opbygge HC-SR04-enheden er som følgende:

* HC-SR04
* To stk. RJ12 connectors
* Logic Level Converter
* LM2750-smd step up
* Et stk. 1x3 harwinpin
* Fire stk. kondensatorer (til afkobling)

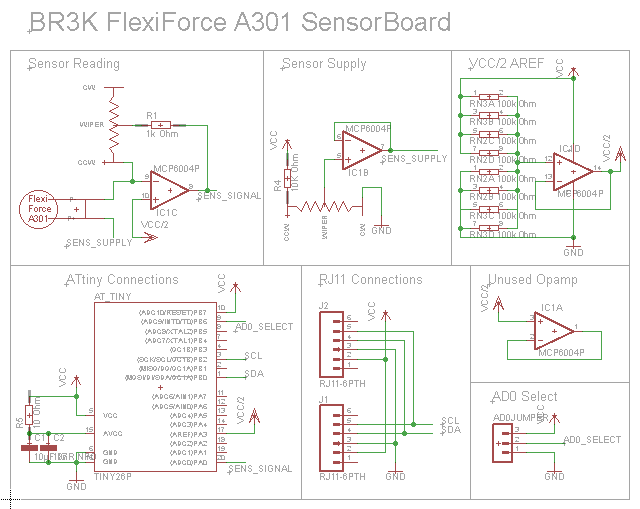


Figur 7: Færdigt print HC-SR04-enhed

## Tryksensor

Til at måle tryk/kraft benyttes en FlexiForce A301 sensor. Denne sensor er valgt på bag grund af den var let tilgængelig i embeddedLab, og kan konfigureres til at måle i det relevante område (0-10Kg). Sensoren er en modstand som formindskes desto større kraft sensoren påføres. Da sensorens modstand er inversproportional med kraften på sensoren, er sensoren sat i tilbagekoblingen af en forstærker som vist nedenfor. Spændingen på udgangen bliver således proportional med kraften på sensoren.

På samme måde som for proximity sensoren er der blevet benyttet en ATtiny26L MC til at læse udgangsspændingen og stille en I2C grænseflade til rådighed.



TRIM2

TRIM1

Udover kredsen der står for at læse sensoren (Sensor Reading) er der lavet en kreds som leverer en varierende spænding til indgangen af sensoren (Sensor Supply). Samt en kreds til at levere et virtuelt ground level ved vcc/2 (VCC/2 AREF).

### I2C

Til at styre I2C, bruges **ATtiny26L**(REFERENCE til datablad). Grunden til dette er, at Attiny26L igennem sit universal serial interface(USI) kan opsættes til et Two-Wire mode, der understøtter I2C bus protokol.

Attiny26L kan operere med en intern clock op til 8 MHz som sikrer at den kan køre Fast-Mode I2C. ”L” udgaven af chippen kan opererer med en spænding på 3.3V hvilket passer med vores spændingsforsyning som leverer 3.3V.

ATtiny26L som styrer denne grænseflade er hardcoded med en I2C adresse.

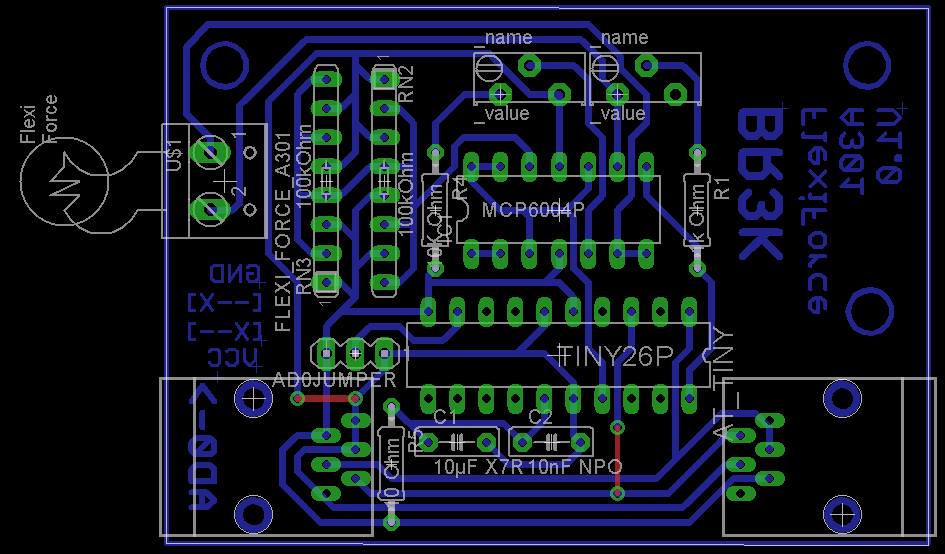
## Komponenter

De nødvendige dele for at opbygge FlexiForce A301-enheden er følgende:

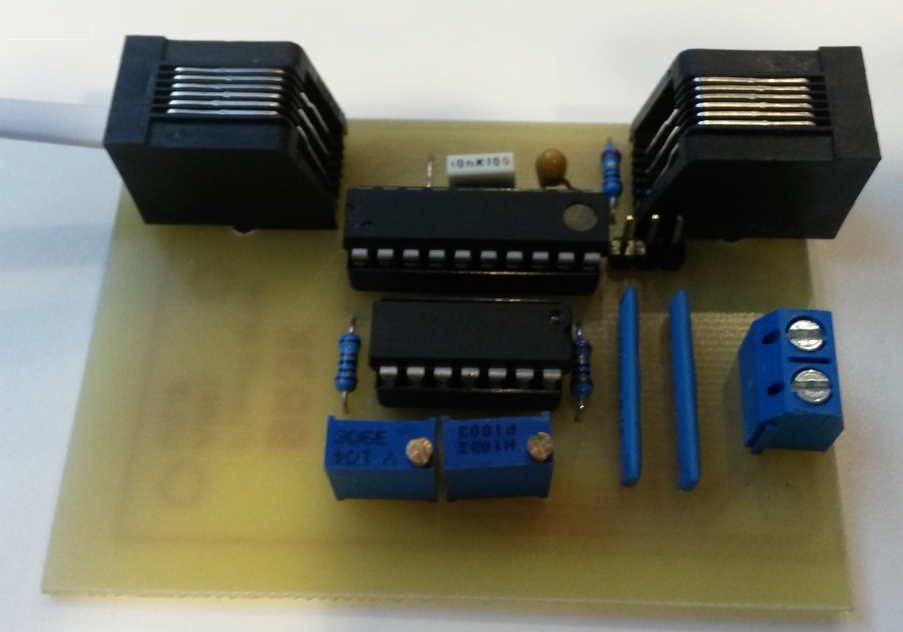
* FlexiForce A301
* ATtiny26L
* To stk. RJ12 connectors
* Et stk. 1x3 Harwinpin
* MCP6004P – Quad opamp
* 2 trimpotmetre + modstande til kalibrering
* 1 modstand og 2 kondensatorer til afkobling af aref fra vcc
* En skrueterminal til forbindelse af flexiforce sensor
* To set sildebensmodstande til formindskelse af temperaturfølsomhed af spændingsdeleingen til generering af den analoge refference.

## PCB design

FlexiForce A301-enheden designes vha. værktøjet Eagle 7.1.0[[16]](#footnote-16).



Figur 8: Flexiforce sensorboard fra Eagle 7.0



Figur 9 Færdigt print FlexiForce A301-enhed

1. REFERENCE [↑](#footnote-ref-1)
2. REFERENCE [↑](#footnote-ref-2)
3. REFERENCE [↑](#footnote-ref-3)
4. RERERENCE [↑](#footnote-ref-4)
5. REFERENCE [↑](#footnote-ref-5)
6. REFERENCE [↑](#footnote-ref-6)
7. REFERENCE [↑](#footnote-ref-7)
8. REFERENCE [↑](#footnote-ref-8)
9. REFERENCE [↑](#footnote-ref-9)
10. RERERENCE [↑](#footnote-ref-10)
11. REFERENCE [↑](#footnote-ref-11)
12. REFERENCE [↑](#footnote-ref-12)
13. REFERENCE [↑](#footnote-ref-13)
14. REFERENCE [↑](#footnote-ref-14)
15. REFERENCE [↑](#footnote-ref-15)
16. REFERENCE [↑](#footnote-ref-16)