

## AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

### ELECTRONIC ENGINEERING

E4PRJ

---

# Detaljeret Hardware Design

---

*Authors:*

---

Nicolai Glud  
11102

---

Mick Holmark  
11065

---

---

Johnny Kristensen  
10734

---

Rasmus Lund-Jensen  
11111

---

---

Jacob Roesen  
10095

---

---

Carl Jakobsen  
*Vejleder*



# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1 Indledning</b>	<b>3</b>
1.0.1 Formål . . . . .	3
1.0.2 Reference dokumentation . . . . .	3
<b>Kapitel 2 UART Block</b>	<b>4</b>
2.1 Overordnet design . . . . .	4
2.1.1 Blokke . . . . .	5
2.2 Nedbrydning af blokke . . . . .	6
2.2.1 SM UART . . . . .	6
2.2.2 Indikator TX . . . . .	6
2.2.3 Indikator RX . . . . .	7
2.2.4 Level konverter . . . . .	8
2.2.5 Konnektor RS232 . . . . .	9
2.2.6 DC - DC PowerSupply 5V . . . . .	9
2.3 Opbygning af design . . . . .	10
2.3.1 SM UART . . . . .	10
2.3.2 Indikator TX og Indikator RX . . . . .	10
2.3.3 Level konverter . . . . .	11
2.3.4 Konnektor RS232 . . . . .	11
2.3.5 Realisering af UART blok . . . . .	12
<b>Kapitel 3 Strømforsyning</b>	<b>13</b>
3.1 Krav til strømforsyning . . . . .	13
3.2 Overordnet design . . . . .	13
3.2.1 Blokke . . . . .	14
3.3 Nedbrydning af blokke . . . . .	15
3.3.1 Sikring . . . . .	15
3.3.2 Dobbelt ensretter . . . . .	16
3.3.3 Udglatning . . . . .	17
3.3.4 Regulator 12V . . . . .	18
3.3.5 Regulator 5V . . . . .	19
3.4 Opbygning af design . . . . .	20
3.4.1 Sikring . . . . .	20
3.4.2 Dobbelt ensretter . . . . .	21
3.4.3 Udglatning . . . . .	23
3.4.4 Regulator 12V . . . . .	24
3.4.5 Regulator 5V . . . . .	25
3.4.6 Endeligt diagram . . . . .	26
<b>Kapitel 4 VBTE</b>	<b>27</b>
4.1 Overordnet design . . . . .	27

4.1.1	Blokke . . . . .	27
4.2	Nedbrydning af blokke . . . . .	29
4.2.1	PSoC5 . . . . .	29
4.2.2	Transmitterkreds . . . . .	31
4.2.3	Ventilkreds . . . . .	31
4.3	Opbygning af design . . . . .	33
4.3.1	PSoC5 design opbygning . . . . .	33
4.3.2	Transmitterkreds . . . . .	35
4.3.3	Ventilkreds . . . . .	36
4.4	Pin forbindelser . . . . .	37
4.5	Printudlæg . . . . .	37
<b>Kapitel 5</b>	<b>SM</b>	<b>38</b>
5.1	Overordnet design . . . . .	38
5.1.1	Blokke . . . . .	38
5.2	Nedbrydning af blokke . . . . .	39
5.2.1	PSoC5 . . . . .	39
5.2.2	UART Block . . . . .	40
5.3	Opbygning af design . . . . .	40
5.3.1	PSoC5 design opbygning . . . . .	40
5.3.2	UART Block design opbygning . . . . .	42
5.4	Pin forbindelser . . . . .	42

# Indledning 1

---

Dette dokument beskriver det detaljerede HW-design for BROS, som er fastlagt ud fra dokumenterne kravspecifikation og systemarkitektur.

## 1.0.1 Formål

Formålet med dokumentet er:

- At fastlægge systemets detaljerede hardwarestruktur ud fra kravene specificeret i kravsspecifikationen. Derudover beskrivelsen af hardwarekomponenterne og deres grænseflader beskrevet i systemarkitektur-dokumentet.
- At fastlægge systemets hardwareblokke og deres indbyrdes interaktioner.
- At beskrive de enkelte hardwareblokkes funktion og opbygning.

## 1.0.2 Reference dokumentation

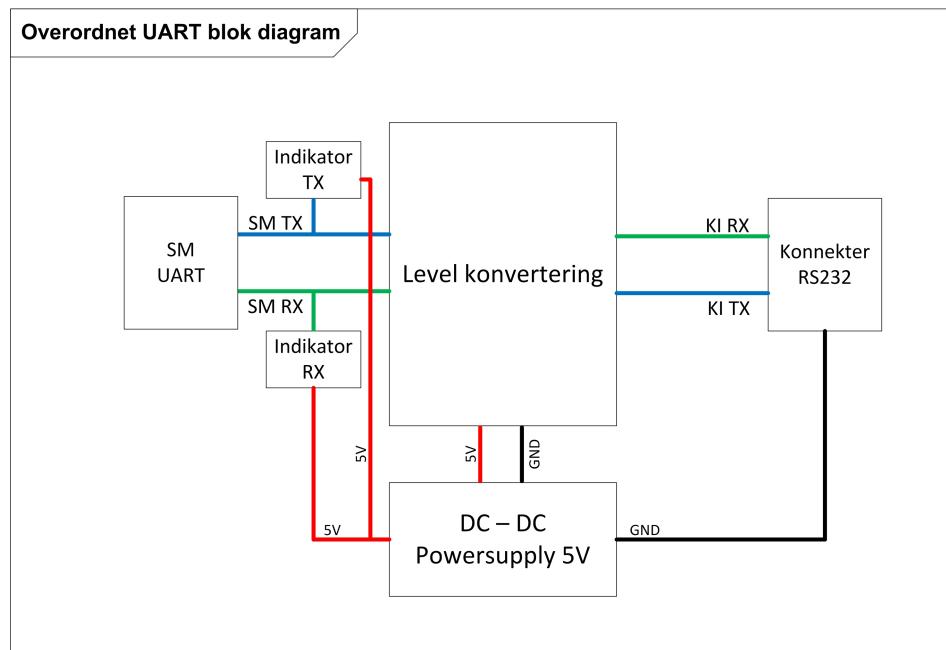
- Kravspecifikation for projektet.
- Systemarkitektur-dokument.

# UART Block 2

RS232 modul er hardware implementeret med SM, dataforbindelse mellem SM og KI anvender en RS232-protokol, dette betyder at UART signalet fra SM skal level konverteres til RS232-protokol.

## 2.1 Overordnet design

Nedenfor vises det overordnet blokdiagram for RS232 modul, samt beskrivelser af de enkel blokke.



*Figur 2.1.* Blokdiagram for UART Block

### 2.1.1 Blokke

Nedenfor beskrives de enkelte blokke illustreret på *Figur 2.1*

#### SM UART

Se SM, overordnet design.

#### Indikator TX

Indikere om der sendes data.

#### Indikator RX

Indikere om der modtages data.

#### Level konverter

Level konverter signalet fra SM UART til RS232-protokol.

#### konnektor RS232

DB9 stik der forbides med kabel til KI.

#### DC - DC PowerSupply 5V

Se powersupply afsnittet.

## 2.2 Nedbrydning af blokke

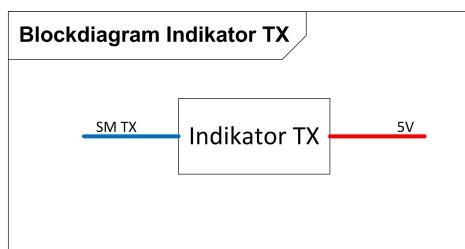
For at gøre designet af de forskellige blokke mere overskuelig nedbrydes de enkle blokke fra det overordnede blokdiagram.

### 2.2.1 SM UART

Se SM, nedbrydning af design.

### 2.2.2 Indikator TX

Indikator TX viser med en diode om der transmitters data fra SM.



*Figur 2.2.* Blokdiagram for Indikator TX

#### Signalbeskrivelser:

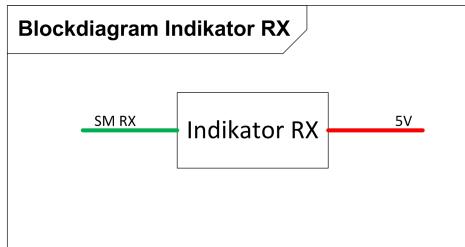
For signalbeskrivelser se *tabel 2.1*

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
SM TX	Analog	~0V til ~5V	TX fra PSoC blokken.
5V	Analog	5V±0.2V	5V forsyning der leveres fra powersupplyen beskrevet under powersupply.

*Tabel 2.1.* Tabel over signaler i Indikatoren TX blokken

### 2.2.3 Indikator RX

Indikator RX viser med en diode om der modtages data fra SM.



**Figur 2.3.** Blokdiagram for Indikator RX

#### Signalbeskrivelser:

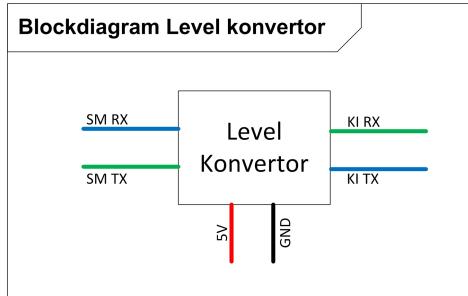
For signalbeskrivelser se *tabel 2.2*

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
SM RX	Analog	~0V til ~5V	TR fra PSoC blokken.
5V	Analog	5V±0.2V	5V forsyning der leveres fra powersupplyen beskrevet under powersupply.

**Tabel 2.2.** Tabel over signaler i Indikator RX blokken

### 2.2.4 Level konverter

Level konverter signalet fra SM UART til RS232-protokol.



*Figur 2.4.* Blokdiagram for level konverter

#### Signalbeskrivelser:

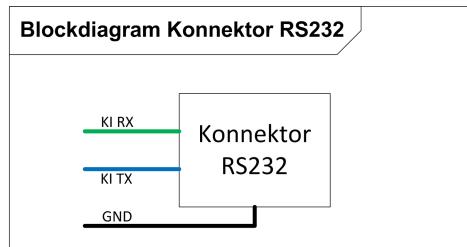
For signalbeskrivelser se *tabel 2.3*

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
SM TX	Analog	~0V til ~5V	TX fra PSoC blokken.
SM RX	Analog	~0V til ~5V	RX til PSoC blokken.
KI RX	Analog	±13V	TX til konnektoren RS232.
KI TX	Analog	±25V	RX fra konnektoren RS232.
5V forsyning	Analog DC	5V±0.2V	5V forsyning der leveres fra powersupplyen beskrevet under powersupply.
GND	Ground	0V	Ground i systemet

*Tabel 2.3.* Tabel over signaler i level konvertoren blokken

### 2.2.5 Konnektor RS232

Forbindelsen mellem SM og KI er en kablet forbindelse. I SM sidder der et DB9 stik der forbindes med kablet.



**Figur 2.5.** Blokdiagram for konnektor RS232

#### Signalbeskrivelser:

For signalbeskrivelser se *tabel 2.4*

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
KI RX	Analog	$\pm 13V$	RX forbinder til DB9 stikket, som føres via kabel til KI modulet.
KI TX	Analog	$\pm 25V$	TX forbinder til DB9 stikket, som føres via kabel til KI modulet.
GND	Ground	0V	Ground i systemet

**Tabel 2.4.** Tabel over signaler i konnektor RS232 blokken

### 2.2.6 DC - DC PowerSupply 5V

Se powersupply afsnittet.

## 2.3 Opbygning af design

Nedenfor følger opbygningen af designet for de forskellige blokke i UART blokken. Dette vil blive beskrevet med Multisim designs, samt udregninger.

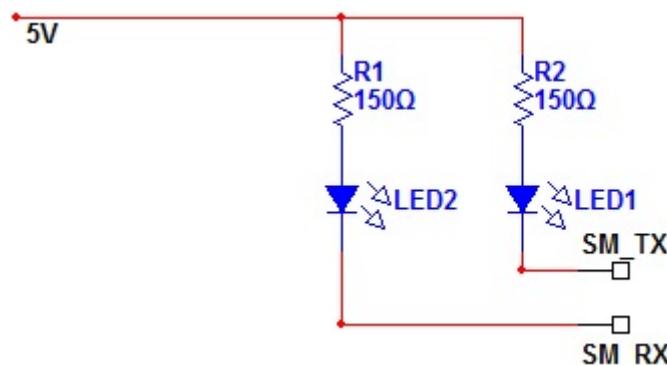
### 2.3.1 SM UART

Designet af denne blok er beskrevet i SM, under design af PSoC UART

### 2.3.2 Indikator TX og Indikator RX

Da de to blokke næsten designes ens, beskrives de i samme design.

Indikator TX og RX skal vise om der sendes eller modtages data. Dette gøres med to dioder der sidder fra 5V ned til RX og TX.



*Figur 2.6.* Realisering af Indikator TX og RX

### Beregning

Beregning af modstandværdi.

Diodedata fra datablad:

Grøn LED:  $V_{LED1} = 2V$ ,  $I_{LED1} = 20mA$

Gul LED:  $V_{LED2} = 2.1V$ ,  $I_{LED2} = 20mA$

$$R1 = (5V - 2.1V) / 20mA = 145 \text{ ohm}$$

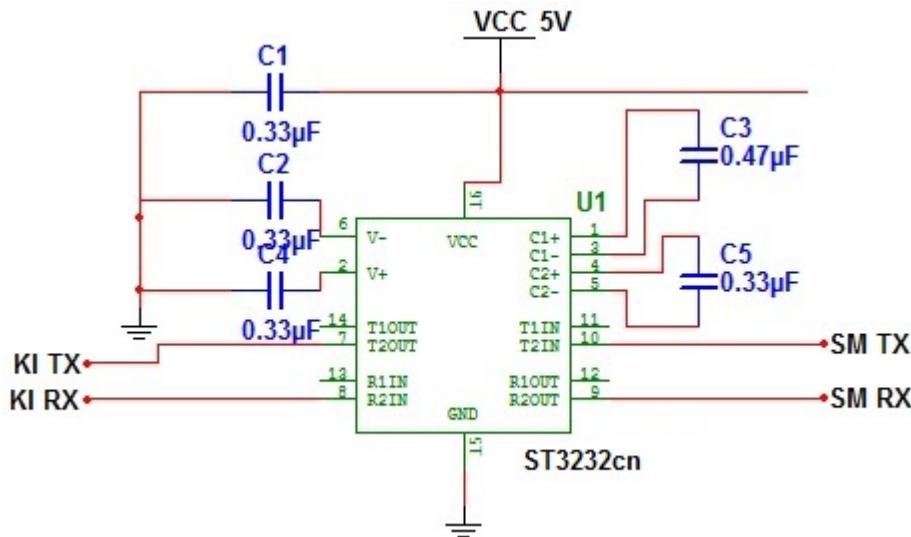
Nærmest standardværdi: 150 ohm, der vælges en modstand på **150 ohm**

$$R2 = (5V - 2V) / 20mA = 150 \text{ ohm}$$

Standardværdi: 150 ohm, der vælges en modstand på **150 ohm**

### 2.3.3 Level konverter

Level konverter er bygget op omkring st3232cn som konverte TTL / CMOS signaler om til RS232 protokol signaler. Designet er taget fra databladets APPLICATION CIRCUITS. (footnote)

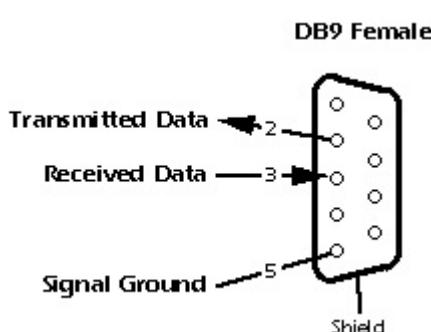


**Figur 2.7.** Realisering af level konverter blok

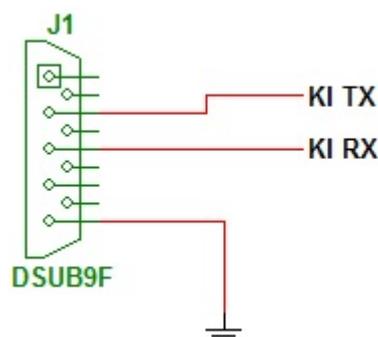
De enkel kondensator værdier er også taget fra databladets APPLICATION CIRCUITS.(footnote)

### 2.3.4 Konnektor RS232

For at forbinde RS232 kablet til SM monteres der et DB9 stik. Forbindelsen mellem SM og KI er en kablet forbindelse. I SM sidder der et DB9 stik der forbinder med kablet.



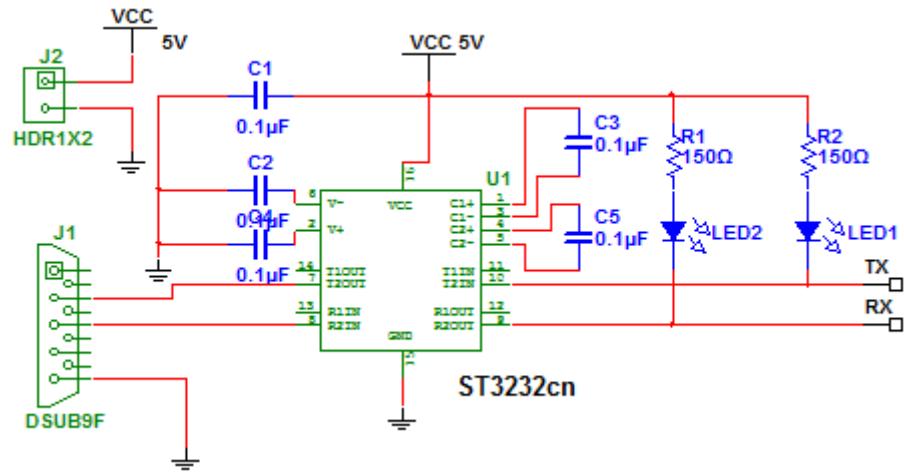
**Figur 2.8.** RS232 forbindelser på DB9



**Figur 2.9.** realisering af konnektør

### 2.3.5 Realisering af UART blok

Samlede diagram over UART blok



*Figur 2.10.* Realisering for UART Blok

# Strømforsyning 3

---

Ud fra kravspecifikation skal delmodulerne (SM og VBTE) kunne drives fra en 24V AC forsynings kilde. Selve modulerne er designet til 12V DC og 5V DC forsyningsspændinger, der designes derfor en strømforsyning der regulere spændingen så den kan leve 12V 1A og 5V 0,5A.

## 3.1 Krav til strømforsyning

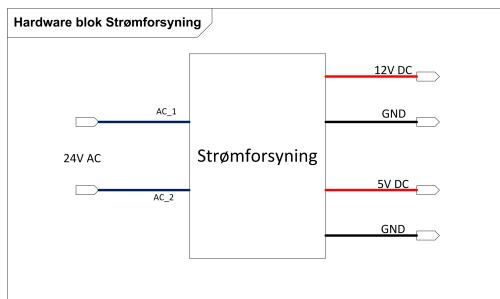
Indgangsspænding / Strøm: **24V AC RMS / 1,5A**

Udgangsspænding / Strøm: **12V DC / 1A**

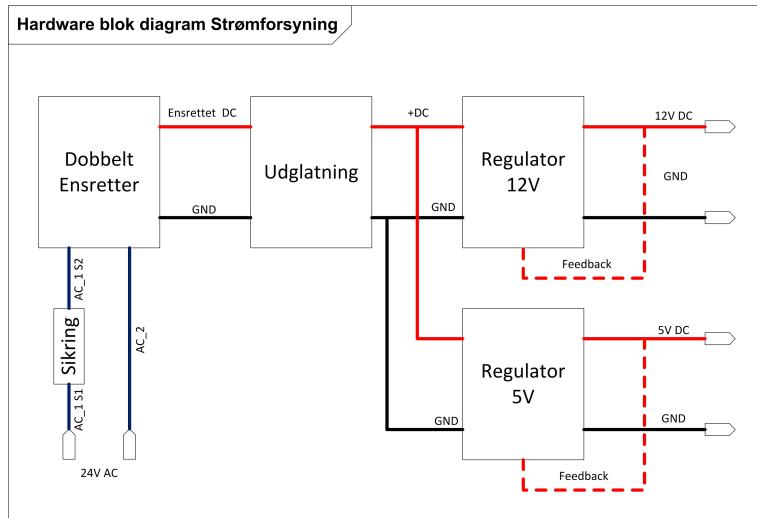
Udgangsspænding / Strøm: **5V DC / 0,5A**

## 3.2 Overordnet design

I dette afsnit beskrives og vises det overordnede hardware blokdiagram over strømforsyningen samt beskrivelse signaler.



*Figur 3.1.* Strømforsyning



**Figur 3.2.** Overordnet blokdiagram for strømforsyning

### 3.2.1 Blokke

Nedenfor beskrives de enkelte blokke illustreret på *Figur 3.2*

#### Sikring

Sikringen beskytter forsyningskilde, hvis der bliver for stor belastning på strømforsyningen

#### Dobbelt ensretter

Ensretter AC spændingen fra forsyningskilden.

#### Udglatning

Udglatter det ensrettet signal til en stabil positiv DC.

#### Regulator 12V

Regulere den ensrettet DC ned til 12V DC.

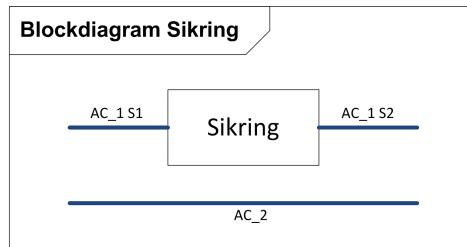
#### Regulator 5V

Regulere den ensrettet DC ned til 5V DC.

### 3.3 Nedbrydning af blokke

For at gøre designet af de forskellige blokke mere overskuelig nedbrydes de enkle blokke fra det overordnede blokdiagram.

#### 3.3.1 Sikring



**Figur 3.3.** Blokdiagram for Sikrings blok

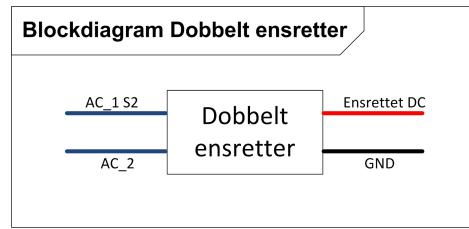
#### Signalbeskrivelser

I tabellen beskrives de interne signaler

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
AC_1 S1	Analog	24V AC RMS	Indgangsspænding fra spændingskilde inden sikring.
AC_1 S2	Analog	24V AC RMS	Indgangsspænding fra spændingskilde efter sikring.
AC_2	Analog	0V AC	0V AC fra spændingskilden.

**Tabel 3.1.** Tabel over signaler i Sikring

### 3.3.2 Dobbelt ensretter



*Figur 3.4.* Blokdiagram for Dobbelt ensretter

#### Signalbeskrivelser

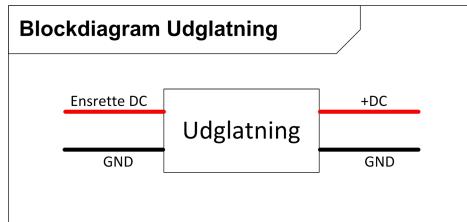
I tabellen beskrives de interne signaler

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
AC_1 S2	Analog	24V AC	Indgangsspænding fra spændingskilde efter sikring.
AC_2	Analog	0V AC / 0V DC	0V AC fra spændingskilden.
Ensrettet DC	Analog	33 Vpk.	Det ensrettet signal består af positive halvbuer.
GND	Analog	0V	Ground signal.

*Tabel 3.2.* Tabel over signaler i Sikring

### 3.3.3 Udglatning

Udglatningen genere et jærn og stabilt DC-niveau



*Figur 3.5.* Blokdiagram for udglatning

#### Signalbeskrivelser

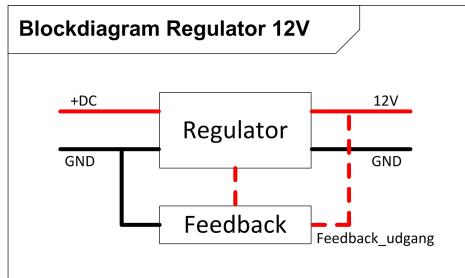
I tabellen beskrives de interne signaler.

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
Ensrettet DC	Analog	ca. 33 Vpk	Det ensrettet signal består af positive halvbuer.
GND	Analog	0V DC	ground signal.
+DC	Analog	ca. 33V DC	Jævnt og stabilt DC-niveau
GND	Analog	0V DC	ground signal.

*Tabel 3.3.* Tabel over signaler i Udglatning

### 3.3.4 Regulator 12V

Regulere spænding ned til 12V DC, 1A



**Figur 3.6.** Blokdiagram for regulator 12V

#### Signalbeskrivelser

I tabellen beskrives de interne signaler.

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
+DC	Analog	ca. 33 VDC	jævnt og stabilt DC-niveau
GND	Analog	0V DC	ground signal.
12V	Analog	12V +-0.2V	jævnt og stabilt DC-niveau
GND	Analog	0V DC	ground signal.
Feedback_udgang	Analog	12V +-0.2V	Feedback signalet mäter på 12V udgangen.

**Tabel 3.4.** Tabel over signaler i Sikring

#### Blokbeskrivelser

##### Regulator

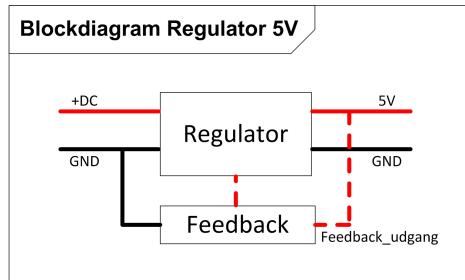
Regulatoren regulere spænding ned til 12V, de 12V er bestemt ud fra hvad feedbacket.

##### Feedback

Feedbacket mäter på udgangssignalet af regulatoren, feedbacket bestemmet hvilke spændning regulatoren skal indstille sig på.

### 3.3.5 Regulator 5V

Regulere spænding ned til 5V DC, 0.5A



*Figur 3.7.* Blokdiagram for regulator 5V

#### Signalbeskrivelser

I tabellen beskrives de interne signaler.

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
+DC	Analog	ca. 33 VDC	jævnt og stabilt DC-niveau
GND	Analog	0V DC	ground signal.
12V	Analog	5V +-0.2V	jævnt og stabilt DC-niveau
GND	Analog	0V DC	ground signal.
Feedback_udgang	Analog	5V +-0.2V	Feedback signalet mäter på 12V udgangen.

*Tabel 3.5.* Tabel over signaler i Sikring

#### Blokbeskrivelser

##### Regulator

Regulatoren regulere spænding ned til 5V, de 5V er bestemt ud fra hvad feedbacket.

##### Feedback

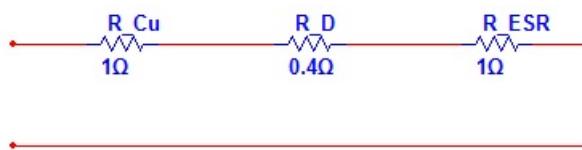
Feedbacket mäter på udgangssignalet af regulatoren, feedbacket bestemmet hvilke spændning regulatoren skal indstille sig på.

## 3.4 Opbygning af design

Nedenfor følger opbygningen af designet for de forskellige blokke i strømforsyningen. Dette vil blive beskrevet med Multisim designs, simuleringer, samt udregninger.

### 3.4.1 Sikring

Sikringen sidder som sagt som beskyttelse af forsyningsspændingen, hvis der trækkes en for stor strøm fra strømforsyningen i et kort tid vil sikringen springe. Sikringen beskytter også derfor evt. komponenter på strømforsyningen. Bestemmelsen af sikringsstørrelse sker ud fra et skema samt kortslutningsstrømmen. Kortslutningsstrømmen beregnes udfra den indre modstand i strømforsyningen og tomgangs peak spændingen:



**Figur 3.8.** Indre modstand for Transformator, Diodebro og Elektrolyt

Transformator(Forsyningskilde)  $R_{Cu}$ : ca. 1 ohm

Dobbelt ensretter(diodebro)  $R_D$ :  $2 * 0,02 \text{ ohm} = 0,04 \text{ ohm}$

Udglatning(Elektrolyt kondensator)  $R_{ESR}$ : ca. 1 ohm

Indre modstand  $R_Z = 2,04 \text{ ohm}$

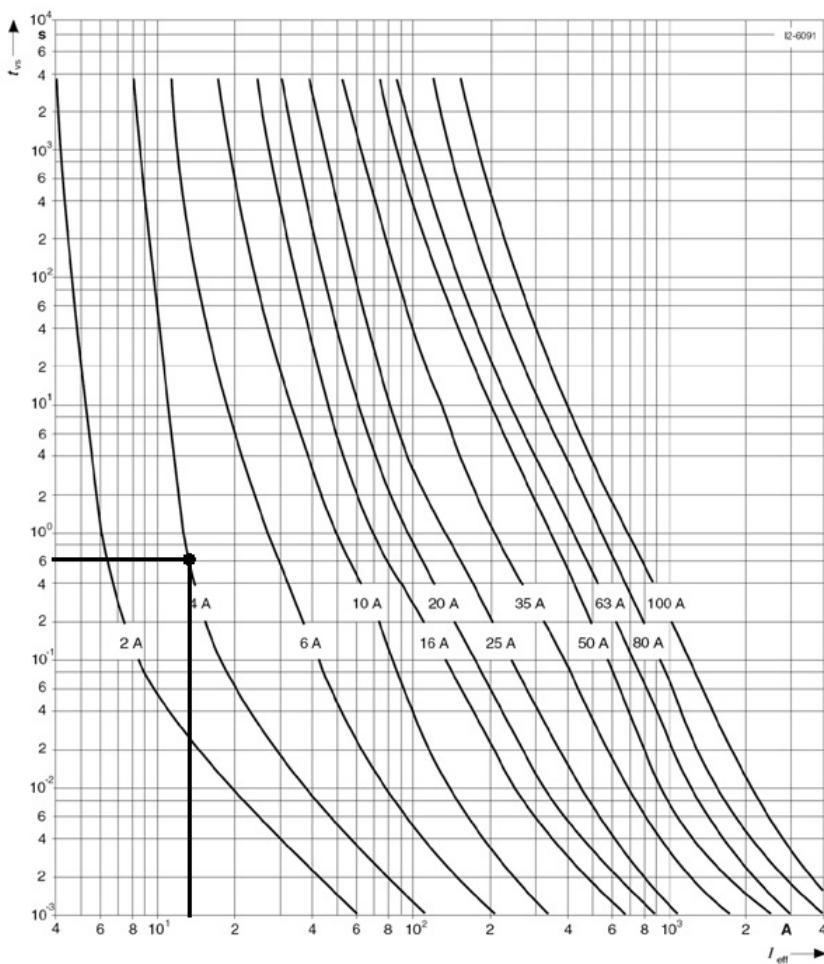
Peak spænding:

$$V_{pk} = 24V \text{ RMS} * 1,41 = 33,84 \text{ Vpk}$$

Kortslutningstrøm:

$$I_K = V_{pk} / R_Z = 33,84V_{pk} / 2,04 \text{ ohm} = 16,5 \text{ A}$$

Ud fra beregningerne og *Figur 3.9* kan størrelse af sikringen findes



**Figur 3.9.** Sikringskurve

Størrelse på sikringen vælges til **4A** og en springetid på **250ms**.

### 3.4.2 Dobbelt ensretter

Dobbelt ensretteren, ensretter AC signalet til positive halvperioder, ved at det er en diodebro der består af 4 dioder vil der altid være 2 dioder der leder samtidig, dette betyder at der vil være det dobbelt af positive halvperioder. Ved at der er det dobbelt af positive halvperioder betyder også en bedre udglatning af DC signalet, samt bedre udnytelse af AC signalet.

### Beregning

Spændning over diode i diodebro:

$D_f = 0,7V$ ,  $D_f$  vil stige i forhold til den strøm der løber igennem dioden

Peak spændning efter dobbelt ensretter:

$$V_{pk\_Diodebro} = (24V \text{ AC RMS} * 1,41) - (2 * 0,7V) = 32,43V \text{ pk.}$$

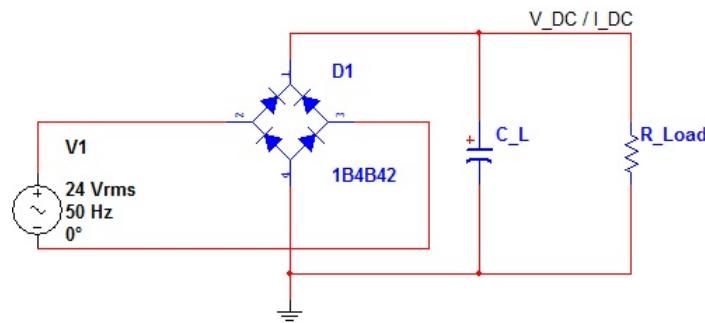
Diodenbroen der er valgt er **tbl-04** der kan klare op til 4A.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Se datablad for kbl-04 i bilag

### 3.4.3 Udglatning

Udglatningen består af en elektrolyt, som bliver opladet når spændning stiger og aflades når spændningen falder.



**Figur 3.10.** Diagram for beregning af C\_L

### Beregning

I beregning af størrelsen af elektrolytten tages der udgangspunkt i 3 faktorer:

- Pulstiden:  $T_p = 20 \text{ ms}$
  - Max udgangstrøm:  $I_{DC} = 1,5\text{A}$
  - Ønsket max rippel ved fuld belastning:  $U_{rip} = 3\text{V}$
- $$C_L = (I_{DC} * T_p) / (2 * U_{rip}) = (1,5\text{A} * 20\text{ms}) / (2*3\text{V}) = 5\text{mF}$$

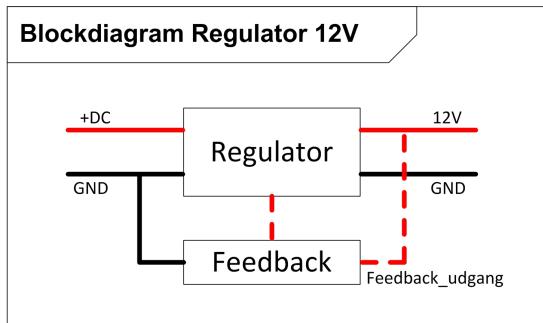
Ud fra standard størrelse på elektrolytter vælges der  $2 * 2,2\text{mF}$  63V elektrolyt.

$$C_L = 4,4\text{mF}, 63\text{V}$$

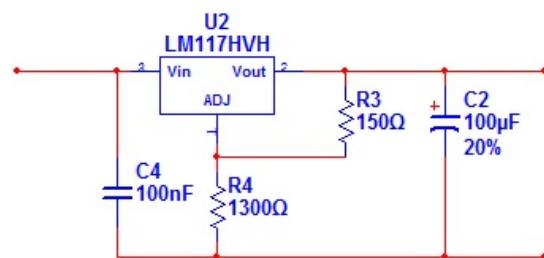
Da værdien på en elektrolyt har en tolerance på  $-10\% / +50\%$  er der stor sandsynlighed for at der vil være en mindre rippel.

### 3.4.4 Regulator 12V

Regulatoren regulere den udglatede DC spændning ned til 12V, dette gøres vha. et feedback som kontinuitet måler udgangsspændning.



Figur 3.11. Blokdiagram.



Figur 3.12. Diagram 12V

### Regulator

Som regulator er der valgt en LM117, Dette gjort da den ifølge databladet kan tåle en indgangs spændning på op til +40V DC.

Regulator: **LM117**

### Beregning af feedback

Feedbacket bestå af en spændningsdeler bestående af to modstande, udfra databladet findes formel for beregning af modstandende.

$$V_{out} = 1,25 * (1 + (R_4 / R_3)) + I_{adj} * R_4$$

$R_3$  vælges med en standardværdi til 150 ohm.  $I_{adj}$  er ifølge databladet = max 100uA

$$R_4 = (R_3 * 10,75) / (I_{adj} + 1,25) = (150 * 10,75) / (100uA * 1,25)$$

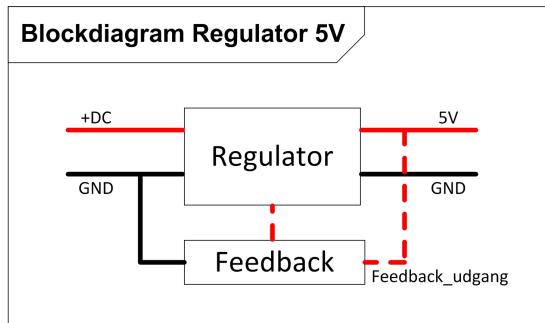
$$R_4 = 1290 \text{ ohm}$$

Nærmeste standardværdi er 1300 ohm

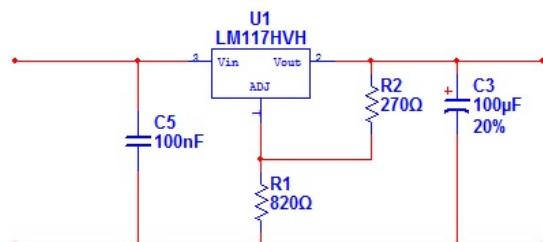
$$\mathbf{R_4 = 1300 \text{ ohm}}$$

### 3.4.5 Regulator 5V

Regulatoren regulere den udglatede DC spænding ned til 5V, dette gøres vha. et feedback som kontinuitet måler udgangsspændning.



*Figur 3.13.* Blokdiagram.



*Figur 3.14.* Diagram 5V

### Regulator

Som regulator er der valgt en LM117, Dette gjort da den ifølge databladet kan tåle en indgangs spænding på op til +40V DC.

Regulator: **LM117**

### Beregning af feedback

Feedbacket bestå af en spændningsdeler bestående af to modstande, udfra databladet findes formel for beregning af modstandende.

$$V_{out} = 1,25 * (1 + (R4/R3)) + I_{adj} * R4$$

R3 vælges med en standardværdi til 270 ohm.  $I_{adj}$  er ifølge databladet = max 100uA

$$R4 = (R3 * 3,75) / (I_{adj} + 1,25) = (270 * 10,75) / (100\mu\text{A} * 1,25)$$

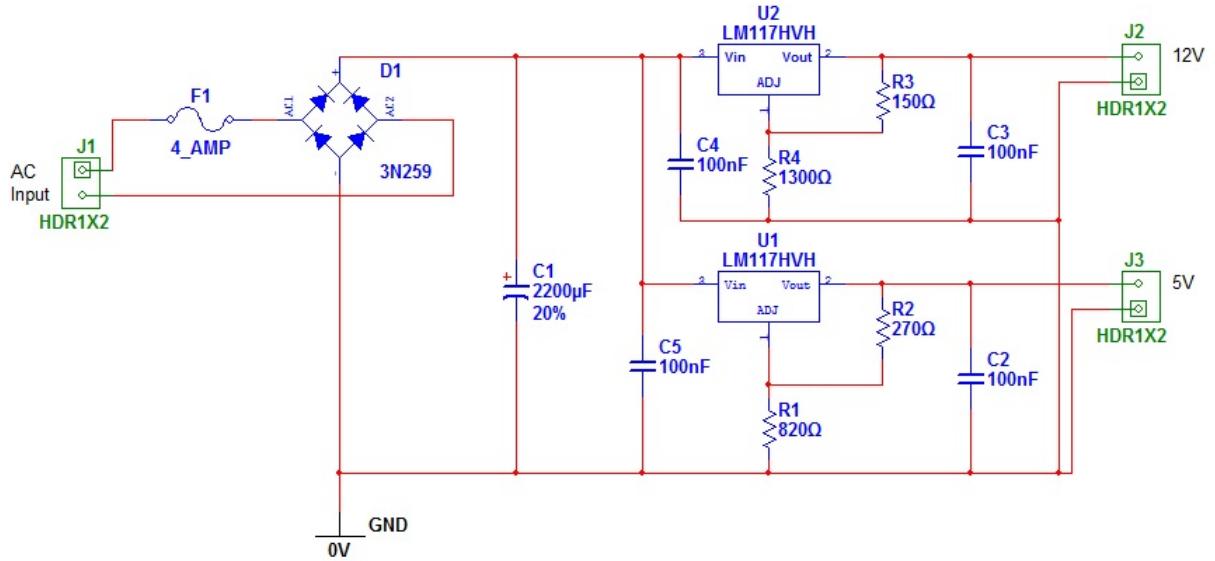
$$R4 = 810 \text{ ohm}$$

Nærmeste standardværdi er 820 ohm

$$\mathbf{R4 = 820 \text{ ohm}}$$

### 3.4.6 Endeligt diagram

Udfra blokdiagrammet vises nedefor det endelige diagram over strømforsyningen.



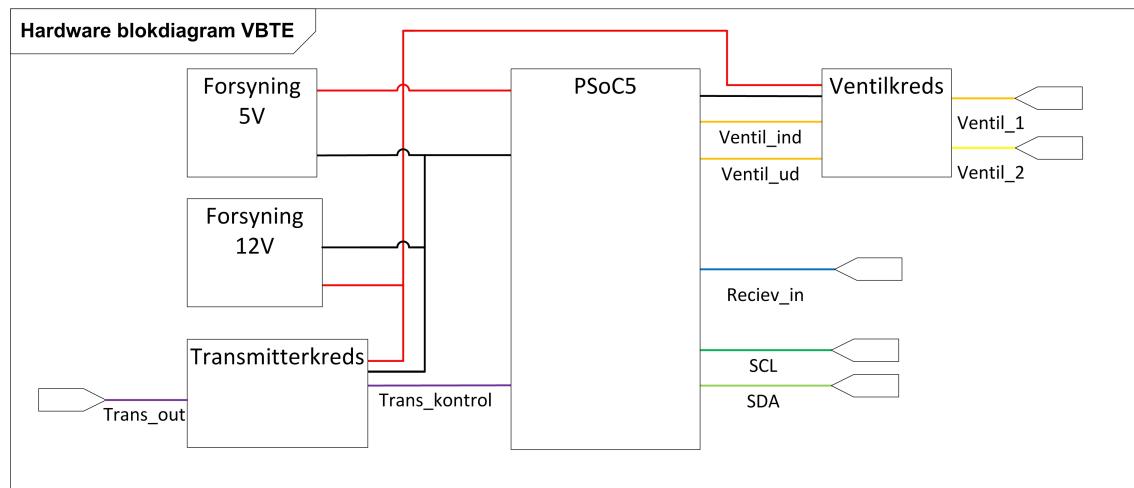
*Figur 3.15.* Diagram for strømforsyning

# VBTE 4

Følgende afsnit beskriver VBTE'ens hardware i de enkelte blokke, grænsefladerne derimellem samt funktionen af blokkene. Derudover er der implementeret et testdisplay samt mulighed for manuelt at indstille I2C adressen. Disse er kun ment til test og er derfor ikke dokumenteret.

## 4.1 Overordnet design

Nedenfor ses det overordnede hardware blokdiagram. Herefter følger en beskrivelse af de forskellige blokke samt signaler.



*Figur 4.1.* Overordnet blokdiagram for VBTE hardware

### 4.1.1 Blokke

Nedenfor beskrives de enkelte blokke illustreret på *Figur 4.1*

#### PSoC5

PSoC'en er den centrale del af VBTE'en og står for styringen af hele VBTE'en. Den består af:

- Microcontroller
- PGA
- Mixer
- Timer

- Clocks
- I2C
- Delta-Sigma ADC
- Kontrolregister

PSoC'en er et færdigkøbt produkt og for detaljer om de enkelte blokke heri henvises der til databladet for PSoC5.

### **DC-DC powersuply 5V**

Se powersuply afsnittet.

### **DC-DC powersuply 12V**

Se powersuply afsnittet.

### **Transmitterkreds**

Transmitterkredsen består af en BD139 transistor samt en keramisk ultralydstransmitter af model 400ST. Kredsen bliver drevet af 12V powersuply.

### **Recieverkreds**

Recierkredsen består af en keramisk ultralyds reciver(Model: 400SR).

### **Ventilkreds**

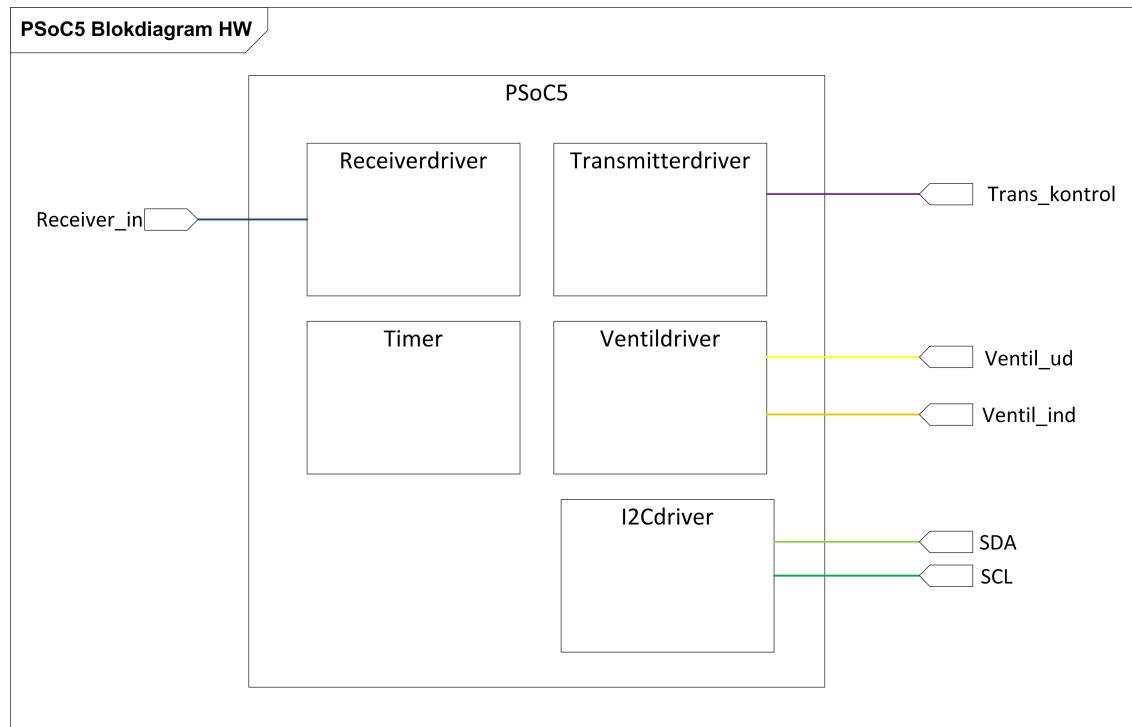
Ventilkredsen består af en to transistorer, BD139 og BC547B, i en darlington kobling samt to ventier af model EV210A-1.2 og EV210A-4.5.

## 4.2 Nedbrydning af blokke

Nedenfor følger nedbrydningen af de enkelte blokke med henblik på at designe de enkelte dele til systemet. Nedbrydningen sker for at gøre designet nemmere og mere overskueligt.

### 4.2.1 PSoC5

På *Figur 4.2* ses HW-designet internt på PSoC'en. De enkelte blokke bliver beskrevet efterfølgende.



*Figur 4.2.* PSoC5 blokdiagram

#### Signalbeskrivelser:

For signalbeskrivelser se *tabel 4.1*.

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
Receiver_in	Analog (AC = 40kHz)	Ligger fra ca 0.01V til 0.3V	Spænding genereret i ultralydsreceiveren.
Trans_kontrol	Analogt (AC = 40kHz)	0V til 5V	Signal der skal styre ultralydstransmitteren
Ventil_ind	Digitalt	0V til 5V	Signal der skal styre ventilen til at lukke vand ind med.
Ventil_ud	Digitalt	0V til 5V	Signal der skal styre ventilen til at lukke vand ud med.
SDA	Digitalt	0V til 5V	Et digitalt signal mellem VBTE og SM hvor I2C data læses fra.
SCL	Digitalt	0V til 5V	Digitalt clocksignal til I2C.

**Tabel 4.1.** Tabel over signaler i PSoC blokken

### Blokbeskrivelser:

#### Timer

Timeren skal holde øje med tiden. Dette skal ske ved at timeren skal køre hele tiden. Der bliver læst timerværdien når et burst bliver sendt og når et burst bliver modtaget. Timeren skal derfor have en forholdsvis hurtig clock for at kunne gøre afstandsmålingen hurtig nok.

#### I2Cdriver

I2C kredsen skal stå for I2C interfacet mellem SM og VBTE. I2C protokollen kører 5V og med pull-up modstande. Denne del håndteres dog på SM da der kun er en instans af denne. I2C'en benytter standard I2C protokol og for yderligere info om data henvises der til *Systemarkitektur/protokoller/I2C*.

#### Receiverdriver

Receiver driveren modtager signalet fra ultralydsrecieveren. Signalet skal, når det modtages, løftes op til 2.5V for at det kan anvendes på PSoC'en samt forstærkes. Det er vigtigt at signalet bliver tydeligt nok til at man kan være sikker på at man har modtaget en detektion.

#### Transmitterdriver

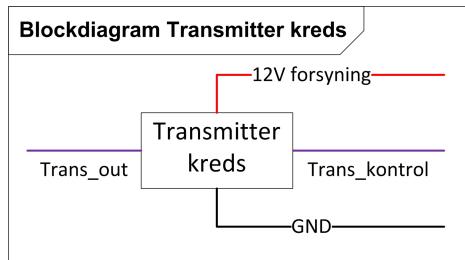
Det er vigtigt for transmitteren at frekvensen ligger ret præcist da den dæmper signalet rigtigt meget ved frekvenser der ikke ligger ret langt væk fra 40kHz. For at timingen skal virke skal der også laves så der kan stoppes når der er sendt 10 perioder.

## Ventildriver

Ventil driveren er den mest simple driver. Denne skal blot bære et digitalt signal til ON og OFF på hhv. ventilen til at lukke vand ind og ventilen til at lukke vand ud.

### 4.2.2 Transmitterkreds

På *figuren 4.3* ses nedbrydningen af Transmitter kreds-blokken. Transmitterkredsen omsætter et kontrolsignal fra PSoC'en til et ultralyds signal.



**Figur 4.3.** På figuren ses transmitter blokken nedbrudt

## Signalbeskrivelser

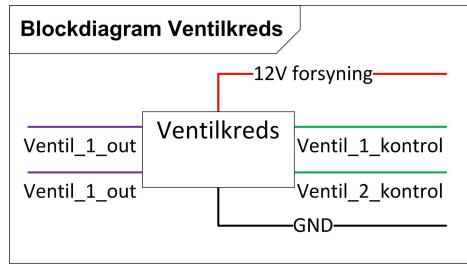
Signalerne internt i transmitter kredsen ses i *tabel 4.2*

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
Trans_kontrol	Digitalt	0V - 5V	Modtages fra PSoC'en og skal omsættes til en større spænding over ultralydstransmitteren.
Trans_out	Analogt (lyd)	120dB <sup>1</sup>	Dette signal er lyden fra ultralydstransmitteren der sendes mod vandet og reflekteres tilbage til receiveren.
12V forsyning	Analogt DC	12V±0.1V	12V forsyning der leveres for powersupplyen beskrevet under powersupply.
GND	Ground	0V	Ground i systemet

**Tabel 4.2.** Tabel over signaler i Transmitterblokken

### 4.2.3 Ventilkreds

Ventil kredsen får to kontrolsignaler fra PSoC'en der skal åbne for hver sin ventil. Kredsen skal sørge for at ventilerne kan få lov til at trække den strøm der er nødvendig for at drive dem. På *figur 4.4* ses blokdiagrammet for ventilkredsen. Signalerne på blokdiagrammet er beskrevet i *tabel 4.3*



**Figur 4.4.** På figuren ses ventilblokken nedbrudt

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
Ventil_1_kontrol	Digitalt	0V - 5V	Modtages fra PSoC'en og skal omsættes til en større spænding over ventilen.
Ventil_2_kontrol	Digitalt	0V - 5V	Modtages fra PSoC'en og skal omsættes til en større spænding over ventilen.
Ventil_1_out	Digitalt	0V - 12V	Udgangsspænding til ventilen.
Ventil_2_out	Digitalt	0V - 12V	Udgangsspænding til ventilen.
12V forsyning	Analogt DC	12V±0.1V	12V forsyning der leveres for powersupplyen beskrevet under powersupply.
GND	Ground	0V	Ground i systemet

**Tabel 4.3.** Tabel over signaler i Transmitterblokken

## 4.3 Opbygning af design

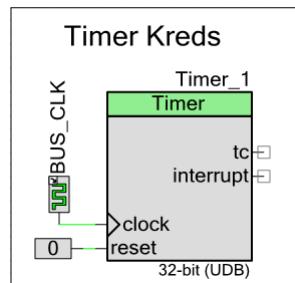
Nedenfor følger opbygningen af designet for de forskellige kredse. Dette vil blive beskrevet med Multisim designs, PSoC designs og udregninger. Afsnittet vil starte med at beskrive PSoC designet, da dette er den mest centrale del af VBTE modulet.

### 4.3.1 PSoC design opbygning

I afsnittet om PSoC'en vil følge 5 underpunkter der beskriver hver blok som illustreret på *figur 4.2*.

#### Timer

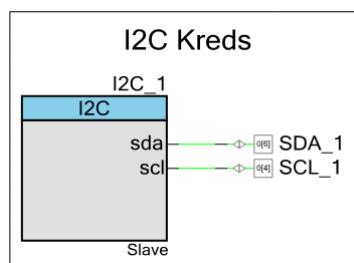
Timeren er en indbygget timerblok i PSoC miljøet. Der er påkoblet en bus clock med en frekvens på 24MHz. Dette giver en opløsning på  $\frac{1}{24MHz} * 344\frac{m}{s} = 0.014mm^2$ . Timeren er sat op med 32bit som giver en wraparound tid på 3min for at der ikke skal bruges ekstra operationer i timingen på at tjekke efter wraparound. Nedenfor ses timerkredsen.



*Figur 4.5.* PSoC timerkreds.

#### I2Ckreds

I2Ckredsen er en indbygget I2Cblok i PSoC miljøet. Den er sat som slave så SM modulet kan skrive til den og læse fra den. datahastigheden er sat til at køre 100kbps. Blokken har 2 udgange som er direkte forbundet til ben på PSoC'en. Disse er videre forbundet til et minijack hunstik der så den nemt kan kobles sammen med resten af systemet. Derudover er adressen sat i softwaren. Det er dog muligt at sætte LSB og LSB+1 i adressem i testdesignet. I det endelige system er det tænkt at de skal være sat op med en bestemt adresse fra start. På *figur 4.6* ses blokken.



*Figur 4.6.* PSoC I2Ckreds.

<sup>2</sup>Dette er omrent ved stuetemperatur ( $20^\circ$ )

## Receiver Driver

Receiverdriveren består af en række indbyggede blokke i PSoC'en. Udover designet opbygget i PSoC miljøet er der en kondensator på  $1\mu F$ , for at fjerne DC på ultralydsreceiveren, og en modstand der forbinder Opamp'en og PGA'en. Opamp'en er indsatt for at løfte signalet op til 2,5V da PSoC'en ikke kan arbejde med negative spændinger. PGA'en forstærker herefter signalet op fra receiveren. Under teknologiundersøgelsen viste det sig at der blev modtaget en maks p-p værdi på 300mV på ultralydsreceiveren. Ud fra denne værdi blev en forstærkning beregnet for at være inden for PSoC'ens arbejdsområde

$$A_{maks} * 300mV + 2.5V < 5V. \text{ Anvendes en forstærkning på 8 fås et maks udsving på } 300mV * 8 + 2.5V = 4.9V.$$

Dette er dog kun hvis der modtages et meget klart signal og det er derfor en forstærkning på 8 godt kan anvendes. Signalet mixes herefter sammen med et 40kHz signal<sup>3</sup> for at få en DC ind på filteret i Delta-sigma AD konverteren. Den forventede spænding på ADC'en vil matematisk regnes til:

$$U_{mixer} = \frac{1}{2} * A_{signal} * A_{clock} * A_{filter} = 2.5V * \frac{1}{2} = 1.25V^4$$

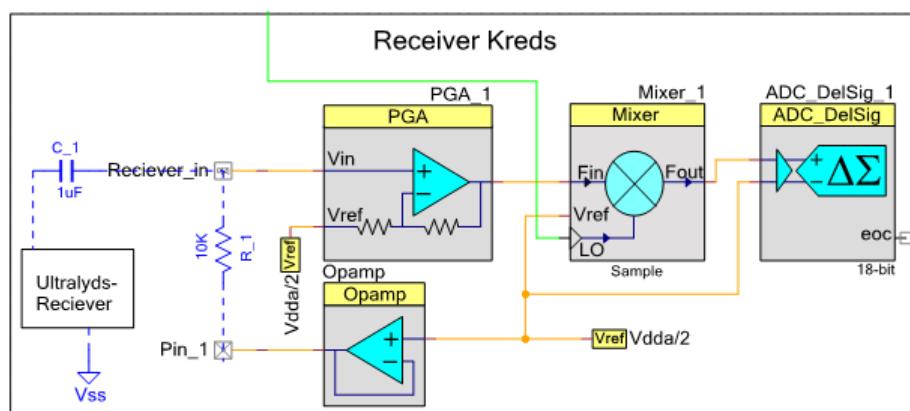
Filteret i delta-sigma AD konverteren er designet i PSoC'en som et 3 ordens filter hvis første tap ligger ved samplingsfrekvensen. Samplingsfrekvensen er udregnet til at give filteret en opladningstid i 3dB punktet på  $1/4ms$ . Dette skyldes at de 10 perioder der bliver sendt varer  $1/4ms$ . Derved må der konstateres en detektion når filteret er opladet til 63%. Delta-sigmaens dynamikområde er sat til  $Vdda/2 \pm 1.25V$ .

Udregning af samplefrekvens:

$$\frac{1}{a} = \tau, \tau = 250\mu s \text{ derved er } a = \frac{4000 \frac{rad}{s}}{2*\pi} = 637Hz.$$

Dette giver en samplefrekvens på:  $sps = 3 * 637Hz = 1910Hz$ .

Nedenfor ses det endelige receiverdriver PSoC design. De forskellige parametre beregnet ovenfor er indsatt i de forskellige blokke.



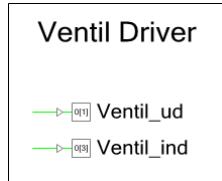
Figur 4.7. PSoC receiverkreds

<sup>3</sup>Den grønne streg er en forbindelse til den 40kHz clock der også anvendes i transmitterdriveren

<sup>4</sup>Bemærk at dette er ved maksimalt udsving. Efterfølgende viste det sig at en lavere spænding også var detekteringer og grænset blev sat ved 0.3V

## Ventildriver

Ventil driveren består af to software styrede output pins. Disse anvendes som kontrolsignal til Ventil Kredsen. Pinsne kan maks trække en strøm på 4mA. Nedenfor ses den endelige ventildriver på PSoC'en.

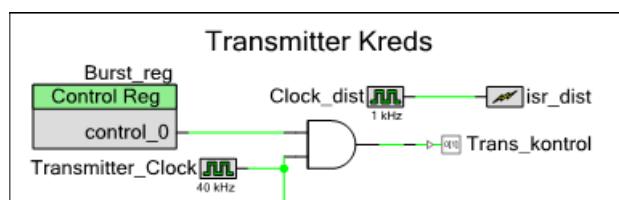


**Figur 4.8.** PSoC ventildriver

## Transmitterdriver

Transmitterdriveren består af en output pin til kontrol af transmitterkredsen, en interruptrutine til at hjælpe med et nonblocking delay, en 40kHz og en 1kHz clock samt en softwarestyret kontrol pin (Burst\_pin). Når kontrolpinden bliver sat bliver clocken andet igennem ud til kontrolpinden. Timeren anvendt til at måle tiden et burst har bevæget sig anvendes også her til at sørge for at burst har den korrekte længde på 250μs.

Nedenfor ses det endelige PSoC design for transmitterdriveren.



**Figur 4.9.** PSoC transmitterdriver

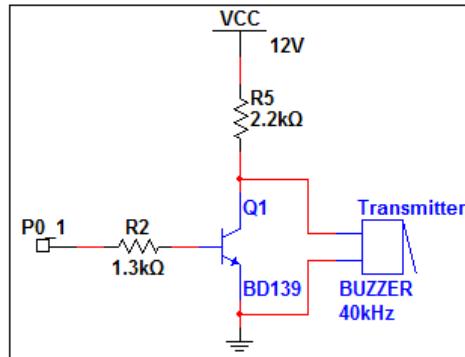
### 4.3.2 Transmitterkreds

Transmitterkredsen skal, som beskrevet ovenfor, modtage et kontrol signal og omsætte det signal til en større spænding over den keramiske ultralydstransmitter. Dette er realiseret ved at anvende en transistor (BD139). I databladet aflæses impedansen af transmitteren til  $\sim 10k\Omega$  ved 40kHz. Med en forsyning på 12V trækker den derved en strøm på:

$$I_{transmitter} = \frac{12V}{10k\Omega} = 1.2mA$$

Derved kan transistoren sagtens trække transmitteren og den er tilgængelig i lab.

På *figur 4.10* ses transmitterkredsen opbygget i multisim.



**Figur 4.10.** Transmitterkreds i multisim

### 4.3.3 Ventilkreds

Ventilkredsen skal, som beskrevet i punkt 4.2.3 Ventilkreds, omsætte 2 kontolsignaler til 2 outputs med en 12V spænding. Ventilerne er af typen EV210-1.2 og EV210A-4.5 fra danfoss og drives ved 12V 0.4A. Der er anvendt en darlington kobling af to transistorer for at trække en lille strøm fra PSoC'ens udgange. I koblingen er der anvendt en BC547B og en BD139. BD139 har en forstærkning på 40 - 160 (der regnes med 100) ifølge databladet. Derved skal der ligge en strøm på:

$$I_B = \frac{0.4A}{100} = 4mA.$$

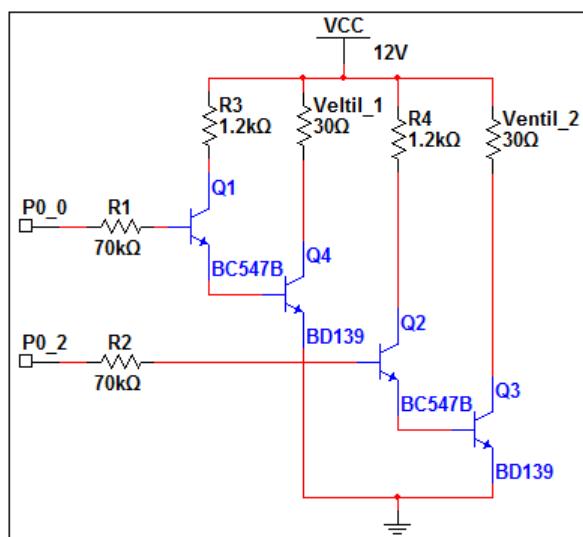
Ved en forsyning på 12V giver det en modstand på  $R3 = \frac{12V}{4mA} = 3k\Omega$  men for at være sikre på at der bliver åbnet nok vælges en modstand på  $1.2k\Omega$ . Dernæst skal der ligge en strøm på basen af den første transmitter på (forstærkningen i BC547B er på 200):

$$I_{B2} = \frac{10mA}{200} = 50\mu A$$

Dette giver en modstand fra PSoC'en til basen på:

$$R1 = \frac{5V - 1.4V}{50\mu A} = 72k\Omega$$

Denne afrundes til  $70k\Omega$ . På figur 4.11 ses opbygningen af designet i multisim.



**Figur 4.11.** Ventilkreds i multisim

## 4.4 Pin forbindelser

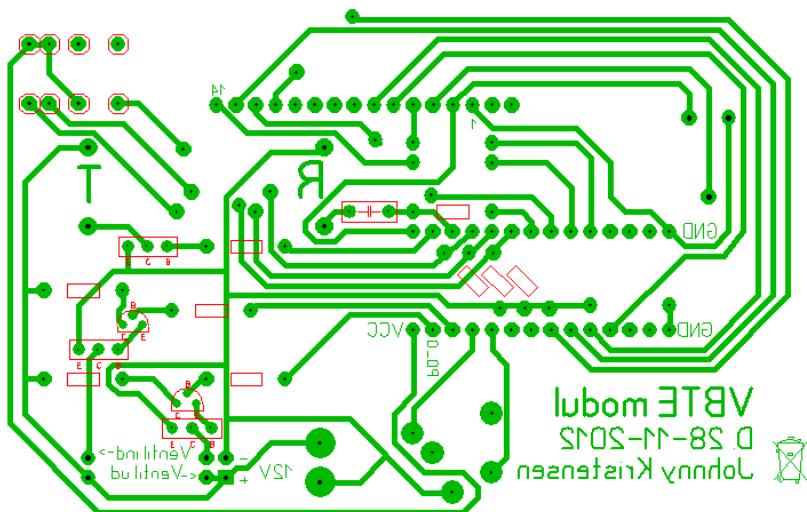
Nedenfor ses pin forbindelser på PSoCen til VBTE designet.

Signal navn	Pin	Beskrivelse
SCL	P0_4	Clock til I2C
SDA	P0_6	Data til I2C
Trans_kontrol	P0_1	Kontrolsignal til transmitter
Receiv_in	P0_3	Receiver inputsignal
Ventil_ind	P0_2	Kontrolsignal til ventilen der leder vand ind
Ventil_ud	P0_0	Kontrolsignal til ventilen der leder vand ud

**Tabel 4.4.** Tabel over pin forbindelser fra PSoC'en.

## 4.5 Printudlæg

Efter designet er udført er der blevet lagt print ud til VBTE kredsen. Printet ses nedenfor.

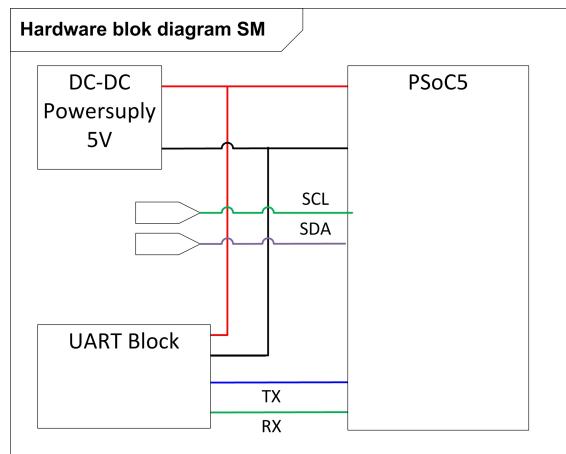


**Figur 4.12.** Printudlæg til VBTE

Følgende afsnit beskriver SM’ens hardware i de enkelte blokke, grænsefladerne derimellem samt funktionen af blokkene.

## 5.1 Overordnet design

Nedenfor ses det overordnede hardware blokdiagram. Herefter følger en beskrivelse af de forskellige blokke samt signaler.



*Figur 5.1.* Overordnet blokdiagram for SM hardware

### 5.1.1 Blokke

Nedenfor beskrives de enkelte blokke illustreret på *Figur 5.1*.

#### PSoC5

PSoC’en er den centrale del af VBTE’en og står for styringen af hele VBTE’en. Den består af:

- MicroController
- I2C
- Delta-Sigma ADC
- Accelerometer kontrolregister
- UART

PSoC’en er et færdigkøbt produkt og for detaljer om de enkelte blokke heri henvises der til databladet for PSoC5.

## DC-DC powersupply 5V

Se powersupply afsnittet.

## UART

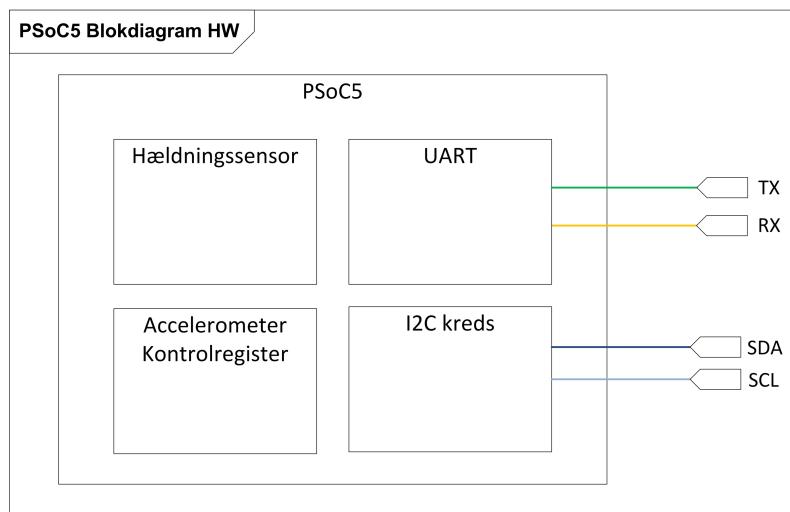
UART-blokken består af en levelkonverter forbundet til et DB9 stik. Levelkonverteren er af typen ST3232.

## 5.2 Nedbrydning af blokke

Nedenfor følger nedbrydningen af de enkelte blokke med henblik på at designe de enkelte dele til systemet. Nedbrydningen sker for at gøre designet nemmere og mere overskueligt.

### 5.2.1 PSoC5

På *Figur 5.2* ses HW-designet internt på PSoC'en. De enkelte blokke bliver beskrevet efterfølgende.



*Figur 5.2.* PSoC5 blokdiagram

### Signalbeskrivelser:

For signalbeskrivelser se *tabel 5.1*

Signal navn	Type	Spænding	Beskrivelse
TX	Analog	~0V til ~5V	TX ud til UARTblokken.
RX	Analog	~0V til ~5V	RX ud til UARTblokken
SDA	Digitalt	~0V til ~5V	Et digitalt signal mellem VBTE og SM hvor I2C data læses fra.
SCL	Digitalt	~0V til ~5V	Digitalt clocksignal til I2C.

*Tabel 5.1.* Tabel over signaler i PSoC blokken

**Blokbeskrivelser:****Hældningssensor**

Hældningssensorblokken står for at modtage og konvertere værdier fra hældningssensoren til en integer der er forståelig for vores digitale elektronik. Konverteringen skal se med en A/D konverter med en høj nok opløsning til at måle det udsving angivet i kravspecifikationen.

**UART**

UART kredsen står for at sende og modtage data fra KI. UART opererer mellem 0 og 5 volt, og med indstilling sat ud fra *Systemarkitektur/protokoller/UART*. Blocken har 2 signaler der går videre til UART Block, der beskrives senere i dette dokument.

**Accelerometer Kontrolregister**

Kontrolregisteret står for at sætte indstillinger i vores hældningssensor.

**I2C kreds**

I2C kredsen skal stå for I2C interfacet mellem SM og VBTE. I2C protokollen kører 5V og med pull-up modstande. I2C'en benytter standard I2C protokol, og for yderligere info om data henvises der til *Systemarkitektur/protokoller/I2C*.

**5.2.2 UART Block**

Se *Kapitel 2*.

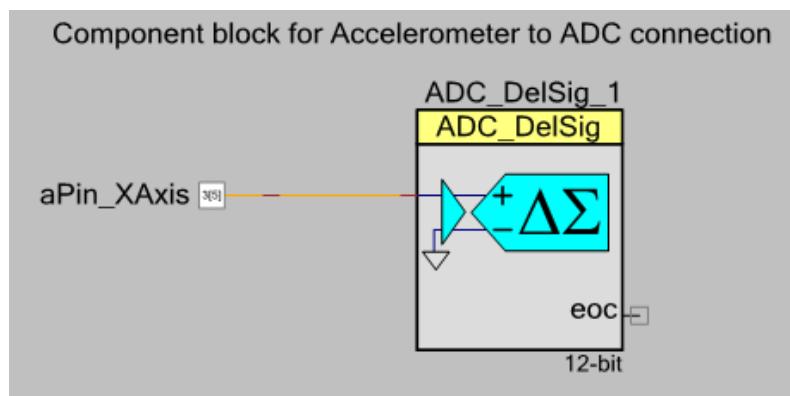
## 5.3 Opbygning af design

Nedenfor følger opbygningen af designet for de forskellige kredse. Dette vil blive beskrevet med Multisim designs, PSoC designs og udregninger. Afsnittet vil starte med at beskrive PSoC designet, da dette er den mest centrale del af SM modulet.

### 5.3.1 PSoC5 design opbygning

I afsnittet om PSoC'en vil følge 4 underpunkter der beskriver hver blok som illustreret på *Figur 5.2*.

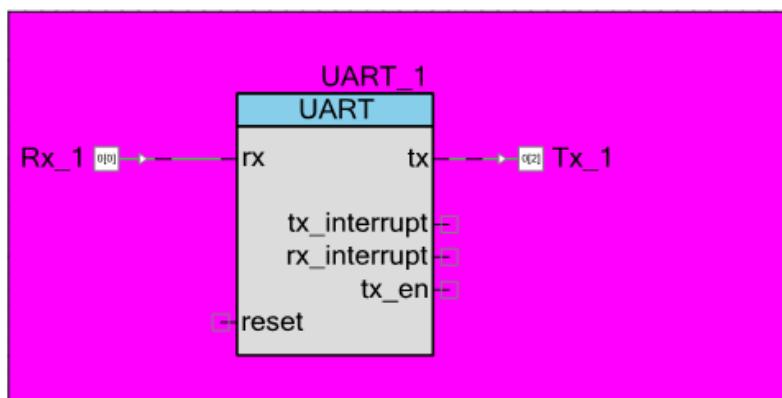
## Hældningssensor



**Figur 5.3.** Realisering for Hældningssensor

Hældningssensorblokken implementeres med en Delta Sigma ADC sat til 12 bit mode, med en samplingsfrekvens på 8000 Samples per sekundt. Input mode er sat til Single gående fra Vssa(0V) til  $2 \cdot Vref(2.048V)$  og et gain på 1. På indputtet er til X-output fra vores accelerometer. Værdien fra accelerometer bliver efterfølgende gemt i vores struct "smflags" beskrevet i *Detaljeret software design*.

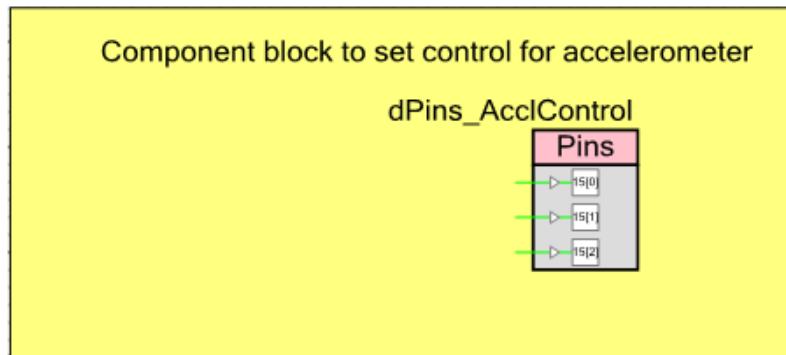
## UART



**Figur 5.4.** Realisering for UART i PSoC

UART implementeres ud fra vores arkitektur med indstillingerne: 57600 Bits per sekund og 8 databits. Ingen paritet eller flow kontrol samt 1 stop bit. Fra PSoC API'en anvendes `UART_GetChar` til RX og `UART_PutChar` til TX.

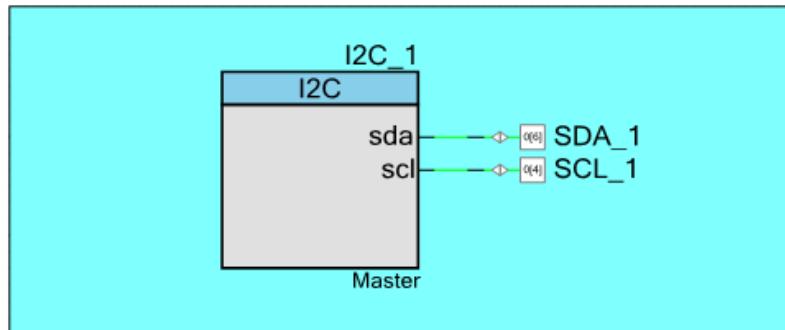
### Accelerometer Kontrolregister



**Figur 5.5.** Realisering for accelerometer kontrolregister i PSoC

Accelerometerets kontrolregister sættes ud fra databladet. Fra databladet findes at vi ønsker "ENABLE=1, MODE=1, ST/MODE=LOW". Dette gøres ved sætte registeret til 0x06 eller 0b00000110. Dette giver os den funktionalitet vi søger.

### I2C kreds



**Figur 5.6.** Realisering for i2c i PSoC

I2C realiseres med PSoC'ens indbyggede "Fixed Function" blok hvor vi kører med 100 kbps. Pins sættes via PSoC Creator og resterende funktionalitet styres med software. I softwaren anvendes MasterWriteBuf og MasterReadBuf hvori der anvendes adressen på slaveenheden og arrayet man vil sende. Samtidig er der et indbygget delay så modtageren har tid til at agere på signalet.

### 5.3.2 UART Block design opbygning

Se RS232 Afsnittet

## 5.4 Pin forbindelser

Nedenfor ses pin assignments for PSoC'en til SM modulet.

Alias	Name	Port	Pin	Lock
\dPins_Acc1Control[2:0]\	P15[2:0] XTAL_32kHz:Xo, XTAL:Xi, XTAL:Xo	▼	42..43,55	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
\dPins_LSB[3:0]\	P2[3:0]	▼	95..98	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
\dPins_MSB[3:0]\	P4[3:0]	▼	69..70,80..81	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
aPin_XAxis	P3[5] OpAmp+	▼	49	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
resetBtn	P15[3] XTAL_32kHz:Xi	▼	56	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
Rx_1	P0[0] OpAmp:out	▼	71	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
SCL_1	P0[4] OpAmp+	▼	76	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
SDA_1	P0[6] IDAC:HI	▼	78	▼ <input checked="" type="checkbox"/>
Tx_1	P0[2] OpAmp+	▼	73	▼ <input checked="" type="checkbox"/>

*Figur 5.7.* Pin assignments for SM

## Rettelser