



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

## Trykksensor interface kort



Hovedprosjekt utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. Haugesund - ingeniørfag

---

*Studieretning: Elektro*

Av: Inger Marie Borgenvik  
Ronnie Jørgensen

Kandidatnr. 46  
Kandidatnr. 33

---

*Haugesund*

*07.05.2004*



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund  
Avdeling Haugesund - ingeniørfag  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Trykksensor interface kort		Rapportnummer
Utført av Inger Marie Borgenvik & Ronnie Jørgensen		
Linje Elektro		Studieretning Automasjon
Gradering Åpen	Innlevert dato 07.05.04	Veiledere Eyvind Rossebø (HSH) Bjarne B. Sandvik (ABB)

#### Ekstrakt

Oppgaven var å lage et kretskort, det skulle være et interface mellom fire trykksensorer som står i et eksplosjonsfarlig område og et eksternt kort.

EXi sikringien er blitt laget ved hjelp av zenerbarriere og vi har laget et galvanisk skille ved hjelp av optokoblere. Vi har da begrenset energien ut til det eksplosjonsfarlige området og feil fra det eksterne kretskortet kan ikke inn komme til vårt kort.

Løsningen er blitt tegnet i OrCad Capture CIS, et program som ABB bruker. Vi brukte biblioteket i dette programmet samt internett for å finne de komponentene vi trengte for å lage løsningen.

Løsningen bestod av operasjonsforsterker, A/D omformer, mikrokontroller, optokobler, zenerbarriere og spenningsdelere.



## Forord

Det treårige ingeniørstudiet Elektro–Automatisering ved Høgskolen Stord/Haugesund avsluttes med en hovedoppgave. Oppgaven utgjør til sammen 12 studiepoeng som tilsvarer 250 arbeidstimer pr. student.

Vi er to studenter som har fått en oppgave fra ABB Robotics. De ønsker å oppgradere og økonomisere en tidligere løsning av et interface kort. Før vi fikk se den nåværende løsningen skulle vi selv legge frem et forslag, dette fordi vi i minst mulig grad skulle bli påvirket av den tidligere løsningen.

Resultatet av rapporten er først og fremst tiltenkt personell på ABB Robotics hardware avdeling, som skal kunne bruke det ferdige produktet vårt i sin produksjon. Selve rapporten er skrevet slik at også lesere uten spesiell bakgrunn og kunnskap innen elektronikk skal kunne få utbytte og forståelse av innholdet.

For å finne fram til riktig løsning brukte vi mye tid på å utforske ulike varianter. Etterpå ble oppgaven å finne det riktige valget av komponenter, ettersom det er svært mange utgaver og forskjellige fabrikat på markedet. Det var ikke alltid like lett å velge, men vi prøvde å velge komponenter som ABB tidligere har brukt i andre løsninger, for å komme ned i pris.

Proessen fra da oppgaven ble definert og frem til ferdig rapport, har vært svært interessant og ikke minst lærerikt. Vi har blant annet lært mye om forskjellige elektronikk deler, at det finnes et hav av ulike varianter, og til at det ikke finnes kun en løsning på et problem.

Det er flere personer som har vært hjelpelige i forbindelse med oppgaveskrivingen. Alle kan ikke nevnes, men vi vil trekke fram vår eksterne veileder Bjarne B. Sandvik (fra ABB) for meget god oppfølging. Til slutt vil vi takke intern veileder Eyvind Rossebø for god hjelp.

Haugesund Dato

-----  
Ronnie Jørgensen

-----  
Inger Marie Borgenvik



## Innhold

Forord.....	1
Figurer, tabeller og formler.....	3
Sammendrag.....	4
1 Innledning.....	5
1.1 Bakgrunn.....	5
1.2 Formål.....	5
1.3 Utfordring.....	5
2 Kretskortet.....	6
3 OrCad Capture CIS.....	8
3.1 Generelt.....	8
3.2 Bruk av programmet.....	8
4 Trykksensorer.....	10
4.1 Generelt.....	10
4.2 AB/HP.....	10
5 A/D omformer.....	11
5.1 Generelt.....	11
5.2 Offset-justering.....	12
5.3 ADS7871.....	14
6 SPI.....	15
6.1 SPI.....	15
6.2 Shiftregister.....	15
7 DC/DC transformere.....	16
7.1 DC/DC 24 V – 10 V.....	16
7.2 DC/DC 10 V – 5 V.....	17
7.3 DC/DC 10 V – 3,3 V.....	17
8 Mikrokontroller.....	18
8.1 Generelt.....	18
8.2 ATmega48V.....	18
9 Operasjonsforsterker.....	20
9.1 Generelt.....	20
9.2 OP727.....	20
10 Eksplosjonsfarlig område.....	23
10.1 Generelt.....	23
10.2 Begrunnelse.....	23
10.3 Sikring L754.....	25
10.4 Zenerdiode.....	26
10.5 Tyristor.....	27
10.6 Schottkydiode.....	27
10.7 Shunt regulator.....	28
10.8 Transistor.....	29
11 Optisk fiber.....	30
11.1 Generelt.....	30
11.2 Optokobler HFBR-1534/2534.....	30
Konklusjon.....	33
Litteratur og referanser.....	34
Vedlegg.....	35

## Figurer, tabeller og formler

Figur 2. 1 Prinsippeskisse av interface kortet .....	6
Figur 2. 2 Robotsystem .....	7
Figur 3. 1 Verktøylinje OrCad Capture.....	8
Figur 3. 2 Komponentoversikt .....	8
Figur 3. 3 Oversikt over komponenttyper.....	9
Figur 4. 1 Trykksensor AB/HP .....	10
Figur 5. 1 Suksessiv approksimasjon .....	11
Figur 5. 2 Simulering av opampkretsen vist i figur 9.1.....	13
Figur 5. 3 Bruken av A/D omformer i kretsen .....	14
Figur 6. 1 SPI kommunikasjon.....	15
Figur 7. 1 DC/DC 24 V – 10 V .....	16
Figur 7. 2 DC/DC 10 V – 5 V .....	17
Figur 7. 3 DC/DC 10 V – 3,3 V .....	17
Figur 8. 1 Mikrokontroller .....	18
Formel 1 .....	20
Figur 9. 1 Operasjonsforsterker, inverterende kobling .....	21
Formel 2 .....	21
Figur 10. 1 Exi krets.....	24
Formel 3 .....	24
Formel 4 .....	24
Tabell 1.....	25
Formel 5 .....	25
Figur 10. 2 Zenerdiode .....	26
Figur 10. 3 Zenerområdet: Strømmen på y-aksen og spenningen i X-akse .....	26
Figur 10. 4 Tyristorsymbol.....	27
Figur 10. 5 Transistorkombinasjon som beskriver tyristoren .....	27
Figur 10. 6 Schottky diode .....	28
Figur 10. 7 Funksjons blokkdiagram til shuntregulatoren .....	28
Figur 10. 8 Spenning/ strøm karakteristikk til shuntregulator .....	29
Figur 10. 9 PNP transistor symbol .....	29
Figur 11. 1 Singel-modus fiber .....	30
Tabell 2 Tallforklaring til optokobleren.....	30
Figur 11. 2 Fiberoptisk sender.....	31
Formel 6 .....	31
Formel 7 .....	31
Figur 11. 3 Optisk mottaker .....	32



## Sammendrag

Bakgrunnen for hovedprosjektet er at ABB Robotics er i gang med et kostnad – og reduksjonsprosjekt; ” Step Change”. De vil med dette prøve å skifte ut gamle og dyre innkjøpte løsninger med nye egenproduserte løsninger som skal være billigere og bedre.

Vi utarbeidet oppgavetekst og tittel ut ifra oppgaven vi fikk av ABB. Rapporten er en dokumentasjon på løsningene vi har kommet fram til. Oppgaven går ut på å lage et alternativ til den gamle løsningen, som hovedsaklig baserer seg på innkjøpte Exi barrierer. Exi barrierene er svært dyre.

Oppgaven vil omfatte følgende problemstillinger med løsning:

Vårt kretskort er et grensesnitt mellom trykksensorene og et eksternt kort.

Kortet er supplert med 24 V eksternt. Denne blir videre brukt til å lage de andre spenningene vi trenger. For å løse dette brukte vi spenningsregulatorer.

Trykksensorene står i et eksplosjons farlig område og derfor måtte vi begrense spenningene og strømmene ut til dette området, slik at antennelsesenergien ut er under 60  $\mu$ J. Dette løste vi ved å begrense spenningen til 5 V og strømmen til 33,3 mA ut til trykksensorene. Energien er da langt under grensen.

Signalet fra trykk sensorene er på 0-100 mV. Et krav fra ABB er det skal ha en offsetjustering på  $\pm$  100 mV. Trykksensorsignalet er svært lite. Ved hjelp av en opamp og et nettverk av motstandere forsterket vi signalet og løste offsetjusteringen. Dette medførte at vi får et område på 300 mV inn til A/D omformerer. Arbeidsområdet til trykksensoren er bare 100 mV og derfor gikk vi opp fra en 12 bit A/D omformer som ABB har i den gamle løsningen til en 14 bit A/D omformer. Dette for å tilfredsstille ABBs krav til oppløsning.

For å ha en plass til å lagre de målte verdiene valgte vi en mikrokontroller. Kravet til mikrokontrolleren var at den skulle ha to SPI linjer, for kommunikasjon med A/D omformerer og det eksterne kortet. I tillegg måtte den kunne programmeres med ABBs eksisterende programmeringsverktøy.

For kommunikasjon med det eksterne kortet hadde vi flere valgmuligheter. En mulighet var å lage zenerbarriere slik at eventuelle feil fra det eksterne kortet ikke skulle kunne gi en eksplosjon, eller vi kunne lage et galvanisk skille. Vi valgt å lage et galvanisk skille ved hjelp av fiberoptiske kabler, dette er en svært moderne og billig løsning.

Vi måtte sikre oss mot at 230 V AC kunne komme inn på kortet vårt ved en eventuell ekstern feil. Vi prøvde å løse dette selv uten å komme fram til en løsning som ville la seg realiseres. Dermed valgte vi en løsning som ABB har benyttet på et annet kretskort. Vi sjekket at sikringen ville ryke før vi får 230 V AC inn i det eksplosjonsfarlige område.



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Vi tok kontakt med ABB Robotics for å få et hovedprosjekt. De hadde flere alternative oppgaver, vårt valg falt på Interface kortet. En av årsakene var blant annet at ABB hadde behov for å få laget kretskortet i forbindelse med "ABB's Step Change" prosjekt, som er et kostnads og reduksjons prosjekt. Dagens løsning er teknologisk gammelt og basert på innkjøpte EXi barrierer som er svært kostbare. Men det viktigste var at prosjektet ville gi oss nyttig lærdom ved at vi kunne benytte våre elektronikkunnskaper i en industriell sammenheng.

## 1.2 Formål

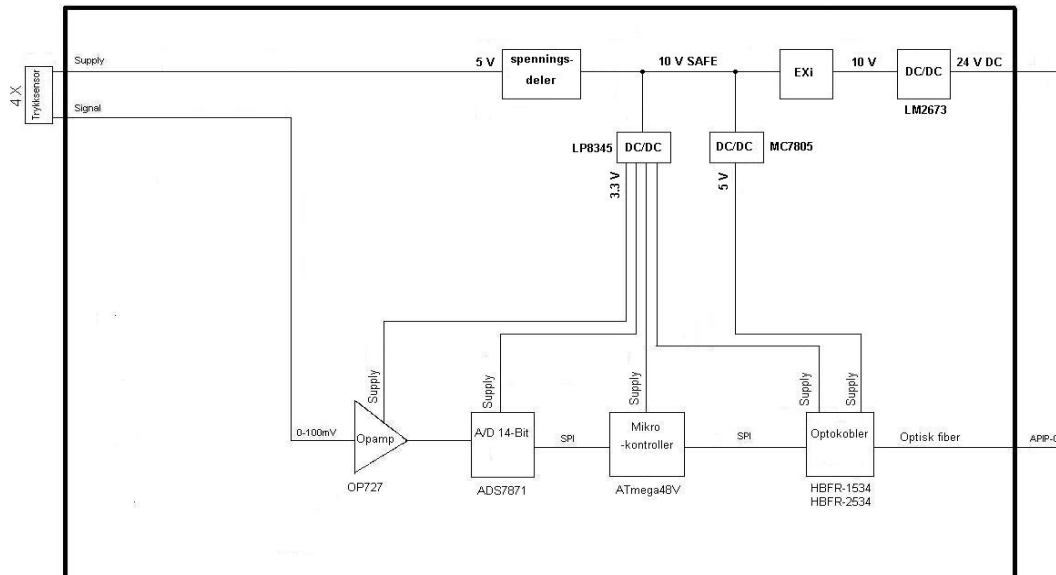
I første omgang var problemstillingen å finne produkter som kunne utføre oppgaven på en mer lønnsom og moderne måte. For å finne aktuelle produkter leste vi gjennom databasen til programmet OrCad Capture CIS og aktuelle internett sider. Der fant vi fort ut at det var mange forskjellige fabrikater, typer og priser. Det som ville gjøre kretskortet vårt billigere, var om vi kunne bruke komponenter som ABB benytter i andre produkter. Da større innkjøp reduserer innkjøpskostnadene svært mye. Produktene som ABB bruker ligger i en database i OrCad.

## 1.3 Utfordring

Utfordringene var mange, men de største var å beskytte kretskortet vårt mot eventuelle feil som kan lede 230 V vekselstrøm inn på vårt kretskort. I tillegg måtte vi eksplosjonssikre deler av kretskortet ettersom trykksensorene skulle stå i et eksplosjonsfarlig område. Det viste seg at p.g.a. manglende erfaring tok arbeidet med å finne komponenter, som operasjonsforsterker, mikrokontroller, analog til digital omformer, lengre tid en antatt. Dette medførte at vi fikk knappere tid til å håndtere den eksterne 230 V AC og eksplosjonssikringsdelen.

## 2 Kretskortet

Kortet skal være et bindeledd mellom trykksensorene og et eksternt kort.  
Figur 2.1 viser en enkel prinsippskisse over interfacekortet vi skal lage.



**Figur 2. 1 Prinsippeskisse av interface kortet**

Inn på kortet får vi en spenning på 24 V DC. Denne spenningen kommer fra et eksternt kort. Før vi sikrer trykksensorene, som er plassert i et eksplosjonsfarlig område, regulerer vi 24 V DC ned til 10 V DC.

Samtidig som vi sikrer trykksensorene ved hjelp av en zenerbarriere, sikrer vi kretsen mot 230 V AC, som kan komme fra det eksterne kortets 24 volt ved eventuelle feil.

Etter at kretsen er sikret, har vi en spenningsdeling der trykksensorene får en supplyspenning på 5 V, mens de andre hovedkomponentene får 3,3 V og 5 V.

De analoge signalene på 0-100 mV fra trykksensorene, blir forsterket via en operasjonsforsterker (opamp) og sendt inn på en analog til digital omformer (A/D omformer). De digitale signalene blir så sendt til og samtidig lagret på mikrokontrolleren. Her ligger de til det eksterne kortet ønsker informasjonen fra trykksensorene.

Kommunikasjonen mellom A/D omformeren og mikrokontrolleren, mikrokontrolleren og det eksterne kretskortet, skjer via en SPI linje. Siste delen av SPI linjen er optisk fiber for å oppnå galvanisk skille. Dette skillet hindrer eventuelle feil å komme over på det eksterne kretskortet.





Figur 2. 2 Robotsystem

Her vises robotsystemet som kretskortet vårt skal innføres i. Robotsystemet har to pumper. Hver pumpe har 2 trykksensorer, som sjekker inn/ut trykket til pumpen. Trykksensoren på inngangen til pumpen sjekker om det kommer lakk til pumpen. Uten gjennomstrømming av lakk kan pumpen gå varm og kan da skjære seg etter en stund i drift. Sensorene på utgangen av pumpen har som hovedoppgave å gi beskjed om trykket overskrider tillatte verdier. Skjer dette kan slangene få sprekker og i verste fall en lekkasje. Trykkendringene er små og verdiene leses av med et intervall på 16 msek.

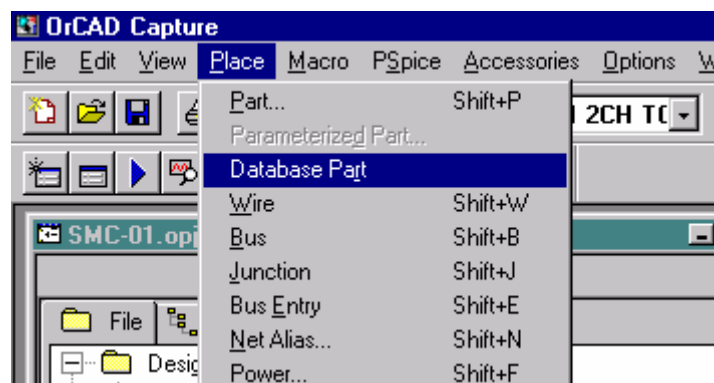
## 3 OrCad Capture CIS

### 3.1 Generelt

Når vi skulle tegne kretskortet brukte vi OrCad Capture CIS, et program for tegning av kretsskjema som ABB benytter. Programmet har innebygd et bibliotek, der de mest brukte komponentene er med. Komponentene er vist med symbol og har en referanse til datablad. Her har en mulighet for å laste ned bibliotek direkte fra internett, eller tilføye nye komponenter til biblioteket. Vi måtte blant annet legge inn en ny mikrokontroller til det eksisterende biblioteket, ellers var de fleste komponentene i biblioteket. Det er også mulighet for feilsøking i programmet. Dersom det er dårlig kontakt mellom en linje og en komponent, vil programmet gi en feilmelding. Programmet kan også lage komponent liste til oss.

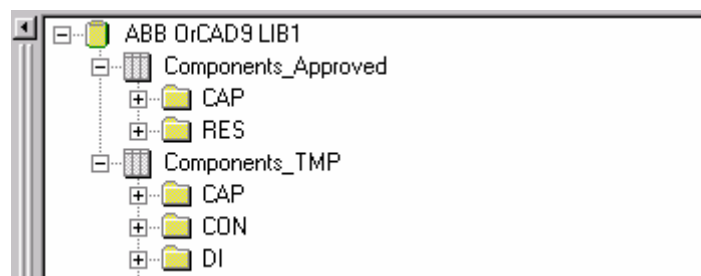
### 3.2 Bruk av programmet

Figur 3.1 viser hvordan man plasserer en komponent i tegneområdet. Fra verktøylinjen velger en <Place>, så <Database part>.



Figur 3. 1 Verktøylinje OrCad Capture.

Vi kommer da inn i biblioteket (Figur 3.2), der det er et mappetre som viser en oversikt over de eksisterende komponentene i databasen.



Figur 3. 2 Komponentoversikt.

Fra komponentoversikten får vi opp et nytt vindu (Figur 3.3) der vi kan velge rett type av den komponenten vi ønsker å bruke. Ved å merke ønsket type og dobbeltklikke på linjen legger komponenten seg inn i tegneområdet som vist i figur 7.2.

	Table	Part Number	Title1	Title2	Material_Type	Dimension
1	Components_	TMP-73	MAG_EQ COIL	PE-53823		38uH
2	Components_	ABBTMP-13	MAG_EQ COIL HI CURR	DO1608C-222	SMD 6,60 X 4,45mm	2,2uH 2,3A -40/+85DGR
3	Components_	ABBTMP-18	MAG_EQ COIL	NP06DB 2R2M		2,2uH
4	Components_	ABBTMP-34	MAG_EQ COIL	PE-54039		47uH

Figur 3. 3 Oversikt over komponenttyper.

Dersom en komponent ikke ligger i biblioteket, slik som mikrokontrolleren ATmega48V og linear regulatoren LP8345. Har vi muligheten til å tegne komponenten samt legge til datablad i biblioteket. For å få det til brukte vi OrCad CIS Step by Step, som er et hjelpe program [1]. I dette programmet var det enkelt forklart hvordan og hvor de forskjellige dataene til de nye komponentene skulle lagres. En annen fremgangsmåte for å tilføye nye komponenter er å bruke tilsvarende komponenter fra biblioteket og bare endre de dataene som var forskjellige. Ved bruk av denne metoden slipper en å tegne inn nye symboler.

## 4 Trykksensorer

### 4.1 Generelt

De fleste trykkmålere er basert på måling av en kraft trykket utover en flate. Trykket er definert som kraft pr flateenhet ( $N/m^2$ ).

Prinssipet for disse trykksensorene er at trykket får en membran til å bule. På membranen er det integrert strekkklapper, som igjen er koblet opp i en målebro. Deretter blir signalet sendt fra målebroen og ut via signalkabelen [2].



Figur 4. 1 Trykksensor AB/HP

### 4.2 AB/HP

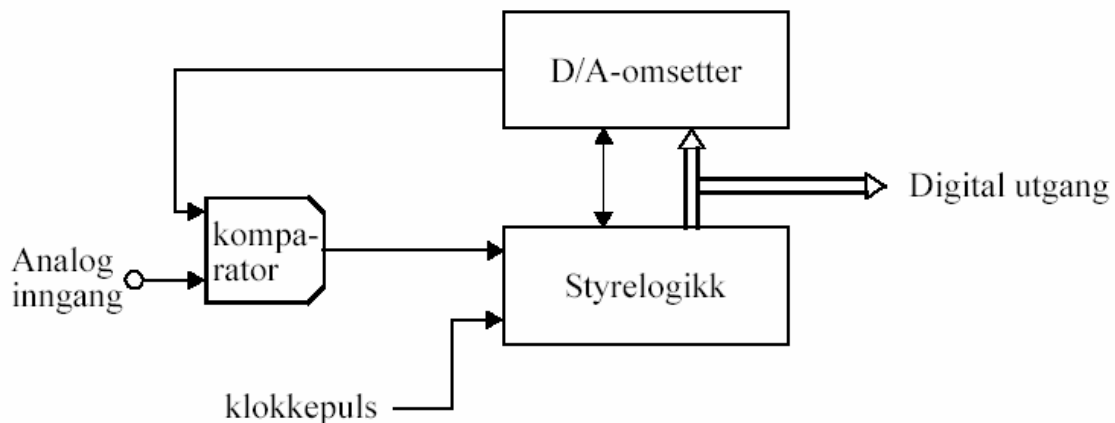
De fire trykksensorene (Figur 4.1) som ABB bruker er produsert av Honeywell, modell AB/HP [3]. Trykksensorene er av rustfritt stål, og spenner over et stort trykk område. Vårt trykkområde ligger mellom 0 - 6 PSI (0 - 0,41 bar). Supplyspenningen er på 5 V DC, og utspenningen er fra 0 – 100 mV.

## 5 A/D omformer

### 5.1 Generelt

Analog til digital omformere (A/D omformere) kan være konstruert på mange måter. Den deles ofte inn i to hovedgrupper. Åpen sløyfe og tilbakekoblede omformere.

Vi benytter en tilbakekoblet omformer. Tidligere var den forholdsvis kostbar, men moderne elektronikk har gjort prisen lav slik at den har utkonkurrert de fleste andre typer [4].



Figur 5. 1 Suksessiv approksimasjon

Generell virkemåte til en tilbakekoblet omformer med suksessiv approksimasjon (tilnærming) er vist i figur 5.1. Det genereres en digital kode som ved hjelp av en D/A (digital til analog) omformer gir ut en analog verdi som sammenliknes med inngangen. Sammenlikningen skjer i komparatoren. Dersom det er avvik, vil styreelektronikken drive det genererte tallet slik at avviket minker. Når det ikke lengre er avvik vil A/D omformeren gi ut et digitalt signal, på utgangen, som tilsvarer det analoge signalet på inngangen.



## 5.2 Offset-justering

Offset-justering er den spenningen en må ha mellom inngangsklemmen på operasjonsforsterkeren (opampen) for å få utgangen til 0.

Kravet fra ABB var at løsningen måtte ha minst 12 bit oppløsning på sensorens arbeidsområde. Sensorens arbeidsområde er 100 mV. Følsomheten til trykksensoren har vi ikke vurdert, vi har forholdt oss til ABBs krav som er bygget på tidligere erfaringer med trykksensorene.

Steg for 12 bit A/D omformer:

$$2^n - 1 = \text{antall steg}$$

$$2^{12} - 1 = 4095$$

Volt pr. steg:

$$100 \text{ mV} / 4095 = 24 \mu\text{V pr. steg}$$

24  $\mu\text{V}$  pr. steg vil si at vi må ha en endring på 24  $\mu\text{V}$  på inngangen for å registrere en endring på utgangen.

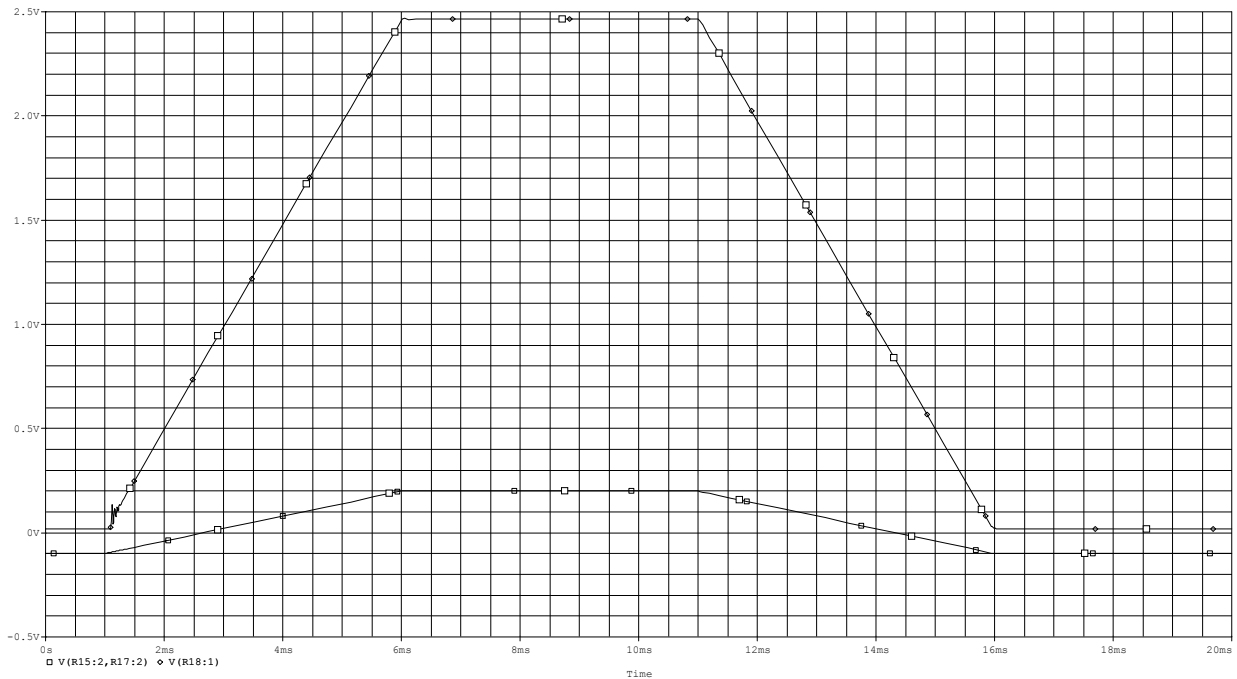
ABB er interessert i den relative nøyaktigheten, ikke den absolutte, derfor vil endringen i trykket være viktigst. De kalibrer sensorene slik at de kompenserer for unøyaktigheten i opampen og trykksensoren. Dette gjøres for hver sensor.

I tillegg har ABB et krav at sensorene skal kunne offset-justeres med  $\pm 100 \text{ mV}$ . Offset-justering brukes kun en gang, når trykksensorene kobles til for første gang. Da har vi 0 trykk og ønsker at trykksensoren skal gi ut dette. Da blir målingene riktige.

For å løse offset-justeringen var det flere valg:

Det ene er at vi kunne bruke en 12 bit A/D omformer etter forsterkningen. For å løse offset-justeringen måtte vi ha sendt et digitalt signal fra mikrokontrollene tilbake til den ene inngangen til opampen. Dette signalet måtte ha en slik verdi at opampen ble tvunget til å gi ut verdien 0, som representerer null trykk. Denne vil ikke være bestemt og en vil bruke prøv og feil metoden for å få ut riktig verdi. For å få til dette ville vi hatt bruk for en D/A omformer, som omformet den digitale utgangen fra mikrokontrollen til analogverdi inn til opampen, dette for hver trykksensor. Det er slik den nåværende løsningen til trykksensorkortet er. En D/A omformer er svært dyr, derfor ønsket vi å få til en løsning uten denne.

I vår løsning kompenserer vi for de  $\pm 100 \text{ mV}$  på inngangen til opampen. Dette vil medføre at signalet inn kan gå fra -100 mV til 200 mV, et spenn på 300 mV. Vi vil da at -100 mV inn skal gi 0 V ut. Dette ble laget av opampen. For å forklare hvordan opamp kretsen virker har vi simulert koblingen og resultatet er vist i figur 5.1



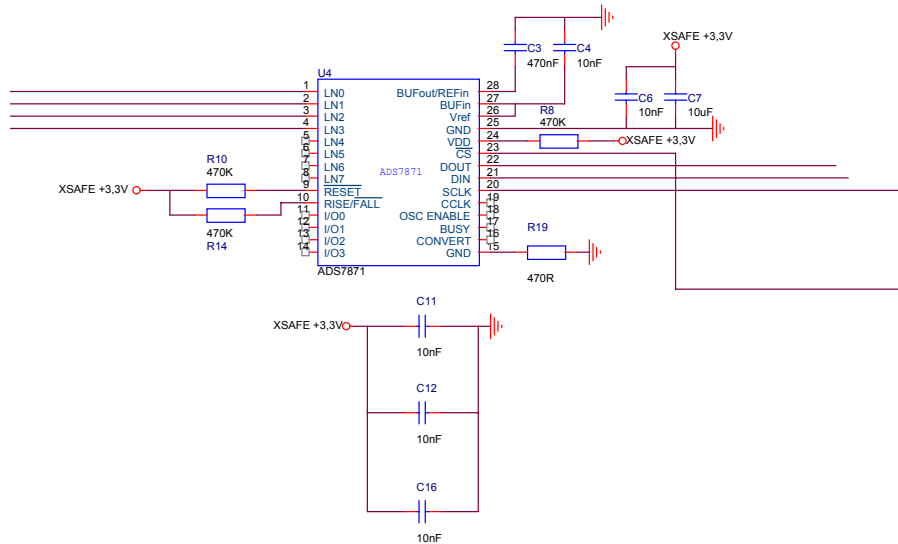
Figur 5. 1 Simulering av opampkretsen vist i figur 9.1

På figuren er den nederste kurven inngangen på opampen, den går fra -100 mV til 200 mV. Vi vet ikke hvor i dette område trykksensorens signal vil ligge p.g.a. at det er forskjellig alt etter hvor hardt sensoren blir skrudd til, men signalet vil variere med 100 mV. Signalet inn til A/D omformeren krever 0 - 2,5 V, eller 0 – 2 V, vi har valgt å bruke området 0 - 2,5 V. Derfor kan vi se ut fra grafen at når signalet er -100 mV har i 0 V ut og ved 200 mV har vi ca. 2,5 V ut. Siden vi bruker et spenn på 300 mV inn og kun bruker 100 mV av disse, vil det si at vi bruker 1/3 av området. Derfor må vi ha 3 ganger så god oppløsning på den nye A/D omformeren. Den nye A/D omformeren må derfor ha minimum  $4095 \text{ steg} \times 3 = 12285 \text{ steg}$ . Den nærmeste vi da kommer er en 14 bit omformer som gir oss 16383 steg. Det vil si at vi har en bedre oppløsning og tilfredsstillende dermed kravet fra ABB med god margin.

Den siste løsningen var den som ble mest lønnsom. Dette fordi vi i den første løsningen trengte en D/A omformer i tillegg, som ville komme på mellom 70-90 Kr pr stk. En 14 bit A/D ligger på ca 35 Kr, mens en 12 bit A/D ligger på rundt 30 Kr.[5] Derfor valgte vi den siste løsningen med en 14 bits A/D omformer.

### 5.3 ADS7871

Vårt valg falt på en 14 bit omformer av typen ADS7871 [6], som bruker SPI (Serial Peripheral Interface) kommunikasjon med mikrokontrolleren.



Figur 5. 2 Bruken av A/D omformer i kretsen

Av figuren ser vi at følgende pinner er tilkoblet:

$\overline{RISE/FALL}$  pinnen er lagt høy, dette betyr at SCLK aktiverer på stigende flanke.

$\overline{RESET}$  pinnen er også høy, fordi da vet A/D omformeren at den er slave.

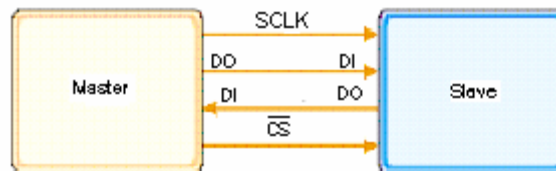


## 6 SPI

### 6.1 SPI

SPI er en standard for overføring av seriell data. Generelt støtter dette formatet overføringshastigheter opp til 1 megabit. En SPI-protokoll er et shiftregister som overfører data til andre SPI-enheter. Denne protokollen vil vi bruke to plasser. Mikrokontrolleren vil bli programmert av bruker til å fungere både som master og slave. En master i forbindelse med A/D omformereren og slave i kommunikasjonen med det eksterne kortet [7].

Som vist på figur 6.1 består SPIen av to kontroll linjer og to data linjer. Kontrollinjene CS (chip select) og SCLK (klokke), data linjene DI (digital inngang) og DO (digital utgang).



Figur 6. 1 SPI kommunikasjon

Master enheten leverer klokkesignal som synkroniserer datakommunikasjonen. Deretter bestemmer den tilstanden til CS linjen, det vil si at den aktiverer slaven. Kommandokoder og dataverdier blir sendt i serie, lagt i shiftregister og er dermed helt klar for parallellkjøring. Hvordan A/D og mikrokontrolleren skal kommunisere, bestemmes i en portokoll, denne bestemmes av ABB og blir laget når de programmerer mikrokontrolleren.

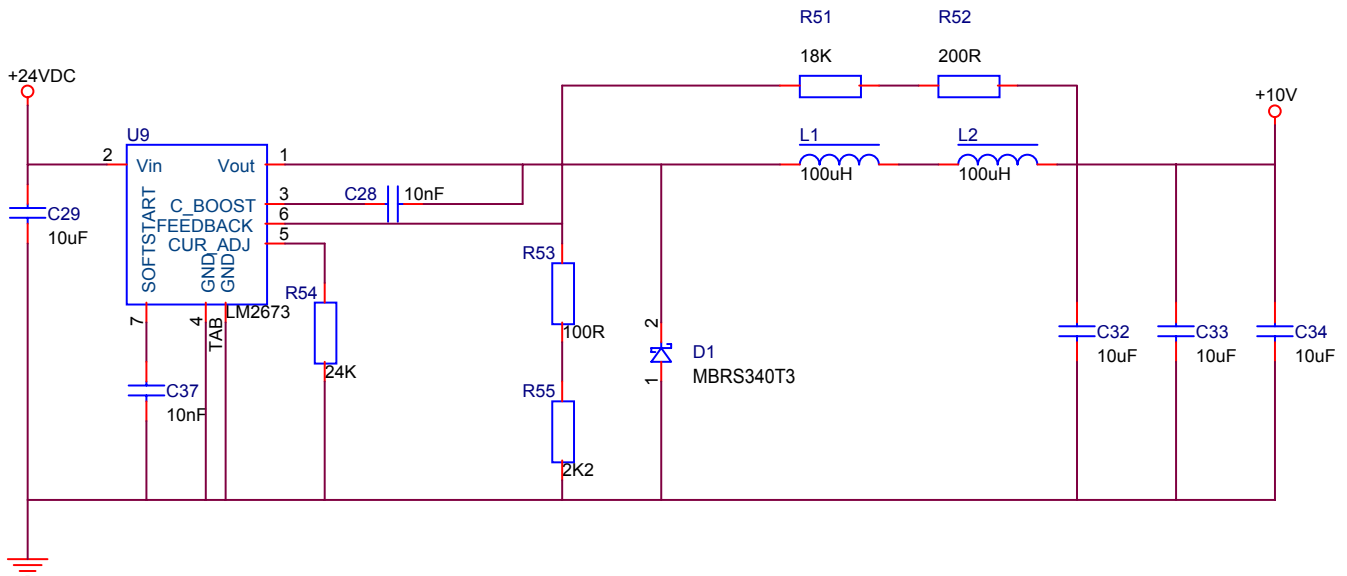
### 6.2 Shiftregister

Et register som har muligheten til å sende binær informasjon i en eller to retninger, blir kalt et shiftregister. Den logiske konfigurasjonen til et shiftregister består av en rekke med vipper i serie. Utgangen til den ene vippet er koblet til inngangen på den neste. Alle vippene mottar den samme klokkepuls som bestemmer skiftet fra et steg til det neste. Shiftregistrene ligger inne i A/D omformereren og mikrokontrolleren vår [7a, 8].

## 7 DC/DC transformere

### 7.1 DC/DC 24 V – 10 V

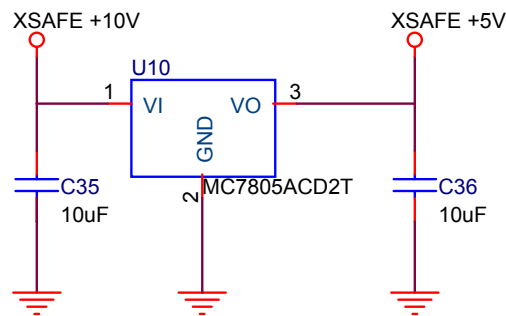
#### Supply



Figur 7. 1 DC/DC 24 V – 10 V

I figur 7.1 viser vi hvordan vi løser transformeringen fra 24 V til 10 V. Denne kretsen bruker vi før vi eksplosjonssikrer kretskortet. Kretsen laget vi ved hjelp av et simuleringsprogram på National Semiconductors (NS) hjemmeside [9]. Her var det bare å plote inn supplyspenning med toleranser, ønsket spenning og strøm ut, så fikk vi konstruert et alternativ. Alternativet inneholdt en løsning med komponenter og oppkobling. De brukte her en ”step down” spenningsregulator LM2673 [10] fra NS. Vi sammenlignet løsningen med transformeringer gjort av ABB tidligere. Det viste seg at ABB hadde samme løsning, dermed valgte vi denne kretsen. Denne kretsen vil sannsynligvis ryke dersom vi får 230 V AC inn på kretsen. I kravspekken til ABB vil det derfor være opplyst at dersom sikringen ryker på kortet, skal hele kortet sendes tilbake til bedriften. Dersom kretskortet skulle leveres som en egen enhet til eksterne bedrifter, måtte vi ha støpt inne hele kortet slik at det ikke var mulig å bytte sikringen selv.

## 7.2 DC/DC 10 V – 5 V

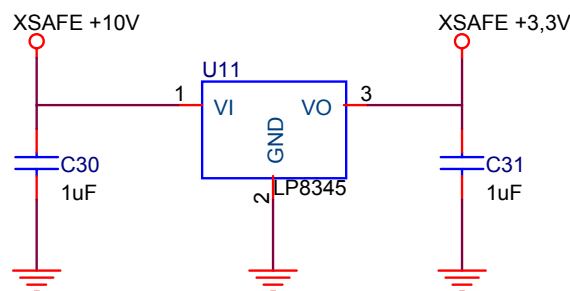


Figur 7. 2 DC/DC 10 V – 5 V

Siden optokobler mottakerne og NAND- porten (Figur 10.12) krever en splysspenning på + 5 V har vi laget kretsen vist i figur 7.2. Løsningen består av regulatoren MC7805ACD2T [11] og to kondensatorer, C35 og C36. I følge databladet er det påkrevd en felles jord for regulatoren. Kondensatoren C35 er brukt for å stabilisere kretsen. C36 trengs ikke for stabilisering, men er med på å bedre overgangsresponsen.

## 7.3 DC/DC 10 V – 3,3 V

De andre komponentene på kortet må ha en splysspenning på 3,3 V. Dette løste vi ved å bruke en linear regulator LP8345 [12] i kretsen vist i figur 7.2.



Figur 7. 3 DC/DC 10 V – 3,3 V

Inngangskondensatoren C30 på figur 7.3 er påkrevd mellom  $V_I$  og jord. C30 vil sørge for tilstrekkelig bypass av splysspenningen. For å oppnå stabilitet på utgangen  $V_O$  er det plassert en kondensator C31 på  $1\mu\text{F}$ . Ved å øke verdien på C31 kan en også bedre stabiliteten.

## 8 Mikrokontroller

### 8.1 Generelt

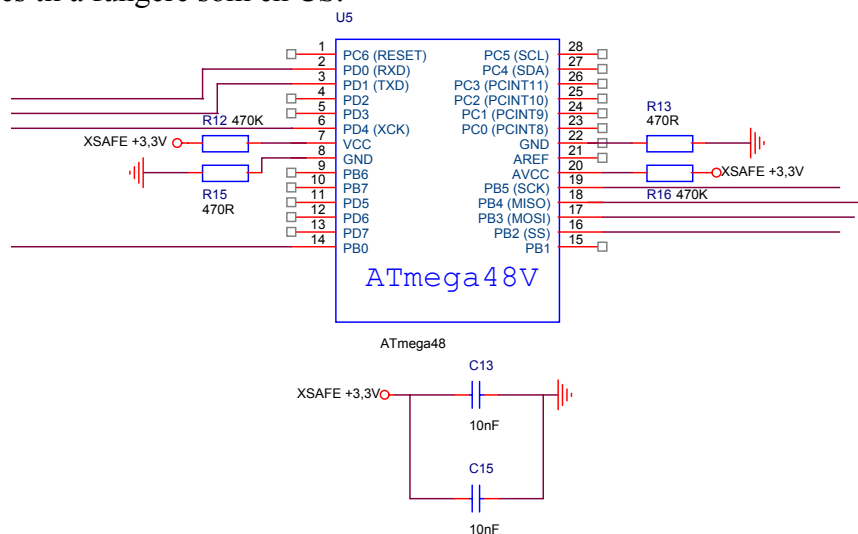
En mikrokontroller er en integrert krets, med eget minne og kan ha opp til flere I/O systemer. Prosessorens arbeidshastighet bestemmes av klokkefrekvensen målt i MHz og hvor mange databitter hver instruksjon kan behandle av gangen, og hvor mange biter som kan lagres i prosessorens interne minne. Mikrokontrolleren kan av bruker programmeres til å utføre flere forskjellige funksjoner, alt etter hva mikrokontrolleren skal brukes til [13, 14].

### 8.2 ATmega48V

Da vi skulle finne en mikrokontroller hadde vi to krav. Det ene var at den måtte ha to SPI linjer. Dette fordi mikrokontrollene skulle være master i kommunikasjonen mellom seg og A/D omformeren, men slave mellom seg og det eksterne kortet. Det andre var at den helst skulle kunne suppleres med 3.3 V. Supplyspenningen var et ønske fra ABB, dette fordi trenden på de fleste elektronikkdelene går fra tidligere 5 V til 3,3 V, noe som medfører at komponenten da blir mindre.

Vi fant først en Phillips utgave som dekket våre krav, men fordi ABB ikke hadde programmerings verktøy til denne måtte vi finne en annen. Vi valgte da en mikrokontroller fra ATmega serien, fordi ABB har programmerings verktøy til denne. ATmega48V har 4 Kbytes Flash, 256 Bytes EEPROM, og 512 Bytes Ram. Den har kun en SPI linje, men USART linjen kunne programmeres til en SPI master [15].

På figur 8.1 ser vi at 3,3 V og GND pinnen er koblet via en motstand, dette er en pullup/pulldown motstand, dette sto ikke i databladet, men var noe ABB pleide å gjøre. USARTen har ikke CS, derfor har vi bruk en vanlig digitalutgang, PB0, denne må derfor programmeres til å fungere som en CS.



Figur 8. 1 Mikrokontroller



**EEPROM** (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)

EEPROM er en spesiell minnebrikke som kan holde på data uten tilførsel av strøm. Innholdet kan slettes eller endres ved hjelp av elektrisitet.

- Siden gamle resultater ikke er relevant informasjon for oss, så blir ikke EEPROM brukt.

**Flash** er et minne som holder på data uten tilførsel av strøm, og som kan overskrives/reprogrammeres. Minnet tillater data til å bli skrevet til eller fjernet i blokker, dette gjør flash minne raskere.

Her blir programmet som brukeren lager lagret, programmet forteller mikrokontrolleren hva den skal gjøre.

**USART** (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) er en forbindelse mellom to enheter. USARTen kan programmeres slik at den kun kommuniserer med en spesiell enhet [13, 16].

## 9 Operasjonsforsterker

### 9.1 Generelt

Operasjonsforsterkeren har to innganger og en utgang. Det er vist på figur 9.1 Inngangene er til venstre. Den ene inngangen er minus inngangen og den andre er pluss inngangen. Inngangsmotstanden er kjempe stor og utgangsmotstanden er liten. Det som blir forsterket, er differansen mellom innspenningene på disse inngangene. På utgangen kommer det en spenning.[17] Se formel 1:

$$U_{UT} = A \times (u_{I+} \div u_{I-})$$

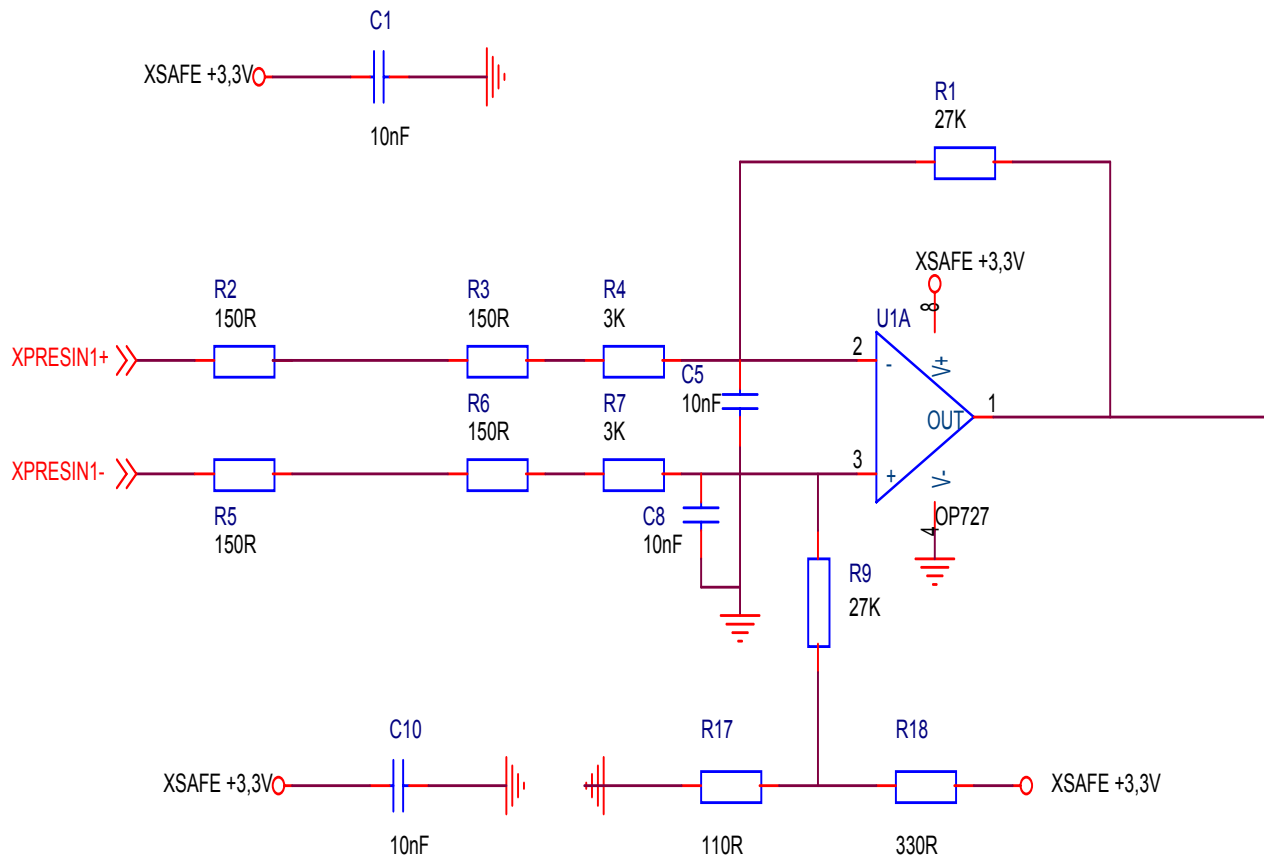
#### Formel 1

A er ”rå” forsterkningen til opampen og den er stor ( $10^6$ ). Med hjelp av et nettverk av motstander kan vi sette opampen til å få hvilken som helst forsterkning.

### 9.2 OP727

Signalene fra trykksensorene er lave, så det er viktig med høy inngangsimpedans på det neste trinnet, for å hindre at signalet dempes. Derfor har vi en opamp her. Inngangsmotstanden i opampen er i  $M\Omega$  område [19]. A/D omformerer trenger inn spenning i mellom 0 – 2,5 V. Vi må derfor forsterke signalet. Koblingen er også en inverterende kobling, noe som er uttrykt med minus tegnet i formelen for forsterkning ( $A_{f0}$ ). Det betyr at utspenningen beveger seg motsatt vei av innspenningen. Forsterkeren snur signalet ”opp ned”. Opampen er en ”rail to rail”, det betyr at utspenningen kan gå heil opp til forsyningsspenningen, dersom vi ikke hadde hatt ”rail to rail” måtte forsyningsspenningen være et par volt større en ut spenningen, det klarer ikke vi, fordi forsyningsspenningen er 3,3 V og utspenningen er 2,5 V.

SR, Slew Rate er hvor raskt utspenningen kan endres. Utspenningen vår endres ikke raskt, så derfor har vi valgt en på opamp med middel SR. OP727 [18]har en SR på 0,2 V/ $\mu$ s.



Figur 9. 1 Operasjonsforsterker, inverterende kobling

$$A_{f0} = \div \frac{R_1}{R_{inn}} = \frac{27000}{(150 + 150 + 3000)} = \underline{\underline{\div 8,18}}$$

**Formel 2**

Av formel 2 ser vi at den programmerte forsterkningen er på 8,18.  
 For nøyaktig likespennings design har vi to tommelfingerregler [19]:

- \*  $R_- = R_1 \parallel R_{inn}$  bør holdes så lav som praktisk mulig ( $\parallel$  = parallell)
- \* Sett inn  $R_+ = R_-$ .

$$R_6 \parallel R_7 = (1 / (1/27000 + 1/3300)) = 2940 \Omega$$

Derfor er  $R_-$  og  $R_+ = 3300 \Omega$

En ulempe med  $R_+$  er at den lager litt mer egenstøy i koblingen, derfor har vi koblet inn en kondensator ( $C_2$ ) her for å redusere den. Ellers er kondensatorene der for å ta vekk støy som



kommer på signalet fra trykksensoren, kondensatoren fungerer slik at den leder høyfrekvent signal til jord, dermed unngår vi støy på signalet.

Uten offsetjusteringa:

Ved et inngangssignal på  $-100\text{ mV}$  inn fører dette til:

$-100\text{ mV} \times 8,18\text{ ganger} = -0,818\text{ mV ut.}$

Med offsetjusteringa har den  $(-100\text{ mV} \times 8,18) + 0,825 = 0\text{ V ut.}$  Grafen til utgangen til opampens kobling er vist figur 9.1.

$0,825\text{ V}$  spenningen er laget av motstandene  $R_{18}$  og  $R_{19}$ , som gjør at signalet heves med  $0,825\text{ V}$ . Dette er ønskelig for å få inn verdien til A/D omformerer fra  $0 - 2,5\text{ V}$ . Denne verdien blir lagt inn i mikrokontrolleren slik at vi vet at signalet er hevet med  $0,825\text{ V}$ . Før vi sender signalet videre til det eksterne kortet, vil vi trekke fra denne verdien. Signalet fra trykksensoren er derfor lik signalet fra mikrokontrolleren.

I opampkretsen ser vi at det er brukt en kondensator for hver splyspenning,  $C_1$  og  $C_{11}$ . Dette er blitt gjort i hele kretsen, årsaken er de strømpeakene som kommer ved svitsjing, hentes fra kondensatorene. Dette kalles avkoblingskondensatorer og plasseres rett ved siden av supplypinnene.



## 10 Eksplosjonsfarlig område

### 10.1 Generelt

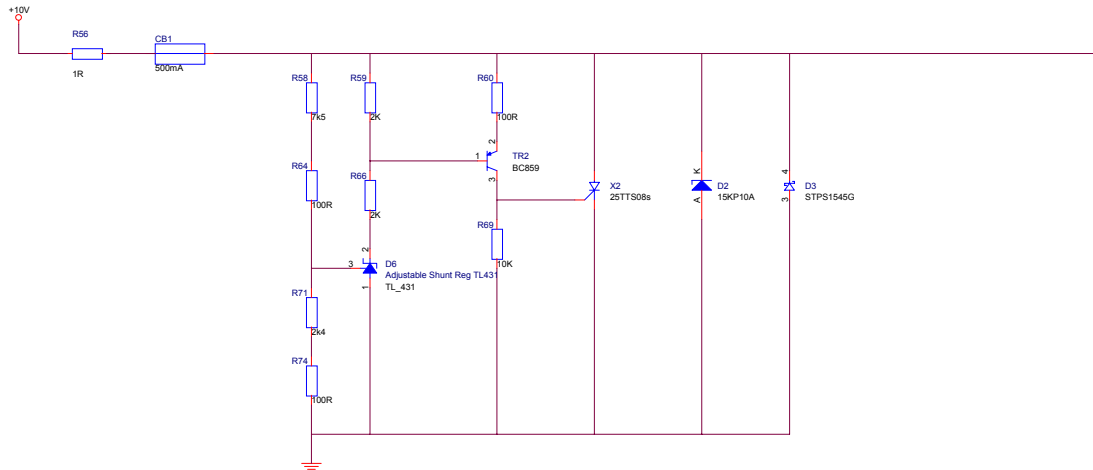
Innen IEC og CENELEC [20] finnes en rekke normer angående elektrisk utstyr i eksplosjonsfarlig områder, her er noen begreper:

- Elektrisk utstyr for bruk i eksplosjonsfarlig områder inndeles i forskjellige beskyttelsesarter:  
Eks: Overtrykk kapsling Exp, Oljefylt utførelse Exo, Egensikkerutførelse Exi.
- Brennbare gasser og damper inndeles inn i forskjellige grupper:  
Gruppe I - Metan (kullgruver)  
Gruppe II - (andre eksplosjonsfarlige områder)  
Gruppe IIA - Propan  
Gruppe IIB - Etylen  
Gruppe IIC - Hydrogen
- Elektrisk utstyr deles inn i seks temperatur klasser, T1-T6, avhengig av den maksimale overflate temperatur som utstyret kan få under normale driftsforhold, inklusivt under overbelastning.

### 10.2 Begrunnelse

- Vi har brukt Exi for å beskytte trykksensorene som står i eksplosjonsfarlig område. Exi er en egensikker strømkrets som under normal drift (inkludert brytning og slutting av strømkrets) og ved spesifiserte feil (f.eks. kortslutning eller jordfeil) under spesifiserte prøvebetingelser ikke kan frembringe gnister eller oppvarming av slik art at den elektriske strømkretsen kan tenne blandingene av de gasser eller damper den er beregnet for.
- Vår gass er innen gruppen IIB for vi har Etylen gass. Tennenergien for denne gassen er  $60\mu\text{J}$
- Vårt utstyr kan ha en overflate temperatur på inntil  $135\text{ }^\circ\text{C}$ , som er temperatur klasse T4.
- Våre trykksensorer er omgitt av Etylen og den har en tenntemperatur på  $425\text{ }^\circ\text{C}$ , som er  $> 135\text{ }^\circ\text{C}$  (T4).

I EN50020 som er en Exi standard punkt 8.6 kreves det at vi har dobbelt sett av zenerbarrieren. Derfor har vi i vedlegg 1 dobbelt opp av figur 10.1.



Figur 10. 1 Exi krets

For å begrense energien brukes zenerdioder og motstand. Zenerdiode for å begrense spenningen, og motstand for å begrense strømmen. Vi har transformert ned spenningen til 10 V sikker. Der brukte vi zenerdioden for å holde spenningen konstant, fordi om spenningen inn øker, skal utspenningen ikke bli mer enn 10 V. Denne 10 volten blir brukt i en spenningsdeler for å lage spenningen til trykksensorene på 5 V. Dette blir gjort med en motstand i serie med den indre resistansen i trykksensoren [Vedlegg 1]. Da har vi begrenset spenningen til det eksplosjonsfarlige området til 5 V. Strømmen til det eksplosjonsfarlige området beregnes ved hjelp av ohm's lov:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{150} = \underline{\underline{33,3mA}}$$

Formel 3

For å bekrefte at vi ikke får energi over 60  $\mu$ J [20] ut i det eksplosjonsfarlige området, reknet vi ut  $E_{MAX}$  [4] for kabelen.

$$E_{MAX} = \frac{1}{2} CV_Z^2 + \frac{1}{2} L(V_Z / R_2)^2$$

Formel 4



For å finne kapasitansen C og induktansen L i kabelen, målte vi disse i kabelen til trykksensorene vi hadde fått av ABB.  $R_2$  er theveninmotstanden og  $V_Z$  er den spenningen vi har etter spenningsdelingen.

$$E_{MAX} = \frac{1}{2} \cdot 0,04 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot 10^{-3} \cdot (5/150)^2$$

$$E_{MAX} = 0,53 \mu J$$

Med beregningene i formel 4 viser vi at vi kommer godt under grensen på 60  $\mu J$ .

### 10.3 Sikring L754

Ved normal drift trekker komponentene følgende strøm:

Trykksensorer 4 stk	120 mA
Operasjonsforsterker	375 $\mu A$
Mikrokontroller	10 $\mu A$
A/D omformer	10 mA
Optokobler (sender HFBR-1534)	60 mA
Optokobler (mottaker HFBR-2534) 3 stk	75 mA

**Tabell 1**

Totalt ut i fra tabell 1 blir dette 0,265 mA, da har vi ikke tatt med hva de forskjellige inngangene trekker, men dette er svært lite i forhold til summen vi har kommet fram til. Vår sikring tåler 500 mA, som gjør at den ikke ryker ved normal drift, men svært raskt ved en eventuell feil.

Sikringen CB1 på 500mA [21] har en indre motstand på 1  $\Omega$  og står i serie med motstanden  $R_{S6}$  på 1  $\Omega$ . For å finne  $I_{max}$  ved en eventuell feil har vi bruk formelen:

$$I_{max} = U_{feil} \times (R_{sikring} + R_{S6}) = 350 \text{ V DC} \times (1+1) = 175 \text{ A}$$

Dersom vi får en feil på 230 V AC inn, vil vi ha en positiv og en negativ peak, fordi det er en sinus. Når den positive peaken kommer vil zenerdioden klare 200 A i 10  $\mu s$ , dette er for kort tidspunkt fordi en halvperiode på en sinus spenning på 50 Hz varer i 10 ms.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = \underline{\underline{10ms}}$$

**Formel 5**

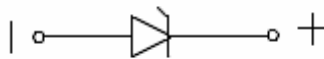
T = Periodetiden  
f = Frekvens

Derfor har vi en tyristor som kobles inn i samme positive periode, den tåler 350 A i 10 ms, rekner med at den da tåler 175 A enda lengre, ca i 20 ms. Hvorfor ikke da bare bruke tyristoren? Fordi vi trenger å begrense spenningen ut og det tar zenerdioden seg av.

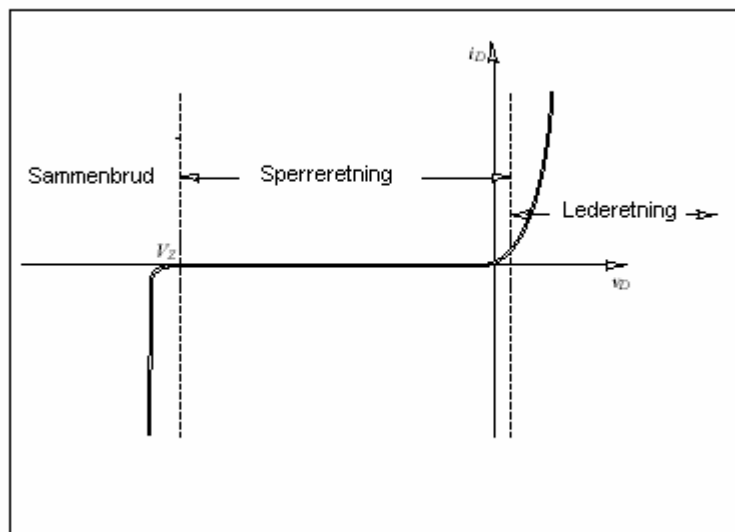
I den negative perioden er det schottkydioden som slår inn, den har en superrask karakteristikk og tåler 220 A i 10 ms. Ut i fra databladet tekst og karakteristikk vil sikringen ryke før 10 ms er gått. Dermed er vi sikre på at energien ut til det eksplosjonsfarlige området ikke overskrider antennelsesenergien.

## 10.4 Zenerdiode

Zenerdioden som vist på figur 10.2 er konstruert for å utnytte zenerområdet. Zenerområdet er den skarpe knekken i karakteristikken (Figur 10.3). Påtrykt spenning mellom 0 og  $U_z$  i sperreretningen fører til at dioden er sperret. Dersom spenningen i sperreretningen øker over  $U_z$ , øker strømmen drastisk uten vesentlig økning i spenningen over dioden. Spenningen holder seg til  $U_z$ , og vi har en konstant spennings kilde.



Figur 10. 2 Zenerdiode

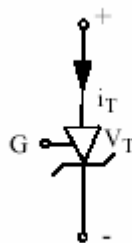


Figur 10. 3 Zenerområdet: Strømmen på y-aksen og spenningen i X-akse

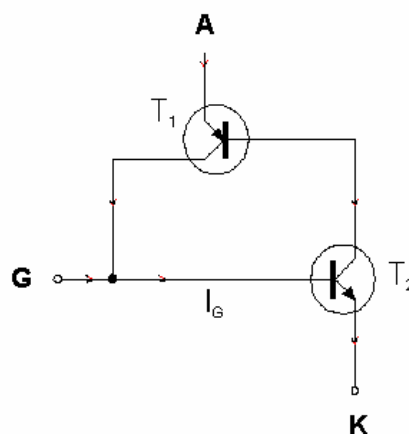
Vi bruker en zenerdiode [22] av typen 15KP10A, den har en  $U_z$  på 10 V og tåler en peak puls strøm på 200 A i 10  $\mu$ s.

## 10.5 Tyristor

Tyristoren vår [24] fungerer som en diode, styrt av en gate. Kravet for at tyristoren skal begynne å lede er at  $V_T > 0$ , samtidig som at gaten (G) får en strømpuls (Figur 10.3).



Figur 10. 4 Tyristorsymbol

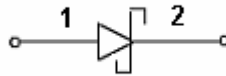


Figur 10. 5 Transistorkombinasjon som beskriver tyristoren

I utgangspunktet er tyristoren en kombinasjon av to transistorer (Figur 10.5). Det spesielle er at når vi sender en basestrøm i den nederste transistoren  $T_2$ , så sender den en mye større basestrøm i den øverste  $T_1$ . Dette medfører igjen at basestrømmen i  $T_2$  øker mer og  $T_1$  øker også mer, helt til de er fullt åpne. Tar vi nå bort den første lille basestrømmen som startet det hele har det ingen virkning – transistorene holder hverandre fullt åpne, og kan bare slås av ved hjelp av at spenningen fjernes[19].

## 10.6 Schottkydiode

Schottkydioden (Figur 10.6) er robust, har kort respons tid og lav støyfaktor [8]. Spesielt i svitsjende spennings kilder trengs superraske dioder med en evne til å håndtere raske pulser og høye frekvenser som samtidig skal greie store strømmer.



Figur 10. 6 Schottky diode

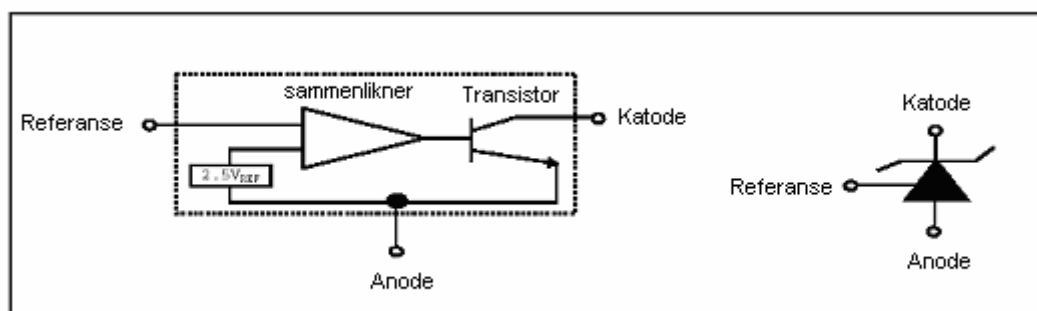
Vår Schottkydiode STPS15454G [24] starter å lede ved 45 V. Dette vil den aldri få i lederetning fordi vi har begrenset denne til 10 V (Figur 10.1). Hensikten med å ha den i vår krets er at den skal ta av for den negativ peaken som kommer fra 230 V AC. Da vil dioden få en negativ spenning på katoden og begynne å lede vekk strøm. Strømmen vil da gå gjennom tyristoren og sørge for at sikringen ryker.

## 10.7 Shunt regulator

Shunt betyr leder som kobles inn i en strømkrets for å føre hovedstrømmen utenom en eller flere bestemte komponenter. Den kobles inn parallelt [25].

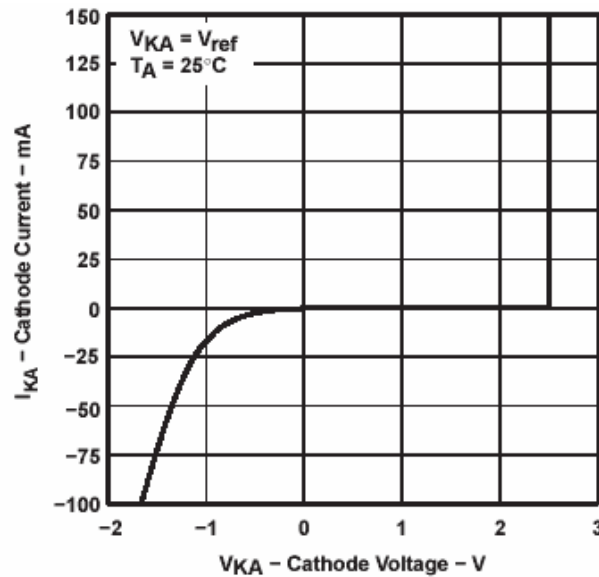
En shunt regulator er benyttet istedenfor en transistor. Fordi vi trenger en transistor som åpnes ved en eksakt verdi.

Inne i shunt regulatoren kan vi si at det er en sammenlikner og en transistor, se figur 10.7. Dersom  $V_{ref}$  kommer over 2,5 V vil sammenlikneren gi ut et signal inn på basen til transistoren. Dette medfører at transistoren åpner fullt og slipper gjennom strømmen.



Figur 10. 7 Funksjons blokkdiagram til shuntregulatoren

Vi har en TL431 shunt regulator fra Texas Instrument [26]. Den fungerer slik at dersom  $V_{ref}$  kommer over 2,5 V, vil den begynne å lede svært raskt, noe vi ser av karakteristikken. Dette skjer dersom vi får 230V AC inn på kretsen. Er  $V_{ref}$  under 2,5 V vil den sperret.

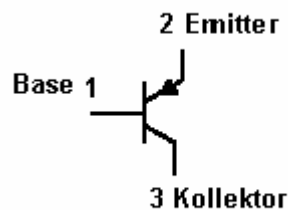


Figur 10. 8 Spenning/ strøm karakteristikk til shuntregulator

Ut fra karakteristikken (Figur 10.8) ser vi at shuntregulatoren går svært raskt på når spenningen kommer over 2,5 V, og slipper gjennom store mengder strøm,  $I_{KA}$ .

## 10.8 Transistor

Transistoren fungerer omtrent om en sluseport; med ganske liten kraft kan sluseporten heves og senkes og dermed dirigere svære vannstrømmer som det ellers skulle stor kraft til for å styre. Transistoren har tre halvledende sjikt. Emittersjiktet og kollektorsjiktet tilsvarer vannmassene ovenfor og under slusen. Et basesjikt fungerer som en sluseport. Ved å endre spenningen mellom emitter og base, får man store strømforandringer i fra emitter til kollektor, transistoren kan derfor forsterke meget svak strøm [17]. Valget vårt ble transistor BC859 fra Phillips [27].



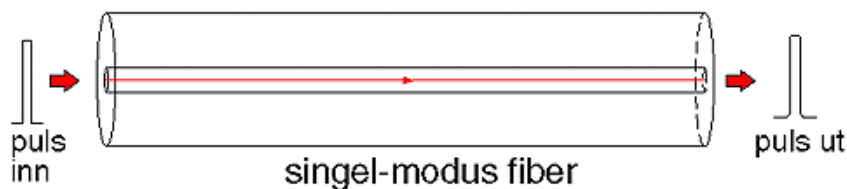
Figur 10. 9 PNP transistor symbol

## 11 Optisk fiber

### 11.1 Generelt

Optisk fiber er en lysleder av glass eller plast. En optisk fiber kabel har vanligvis sirkulært tverrsnitt (Figur 11.1). Glasset i kjernen har høyere brytnings indeks enn glasset rundt (kappen). På grunn av den høyere brytningsindeksen vil lyset ledes i kjernen selv om fiberen bøyes. Vanligvis er fiberen 0,125 mm tykk utvendig, mens den lysende lederen ofte ikke er mer enn 0,01 mm i diameter.

Fordelen med fiberoptisk kabel er at den kan anvendes i eksplosjonsfarlig område uten fare for gnistdannelser. Andre fordeler med fiberoptikk er at de gir svært god nøyaktighet, den påvirkes ikke av elektrisk forstyrrelse, dimensjonene er lave og de har lav vekt.

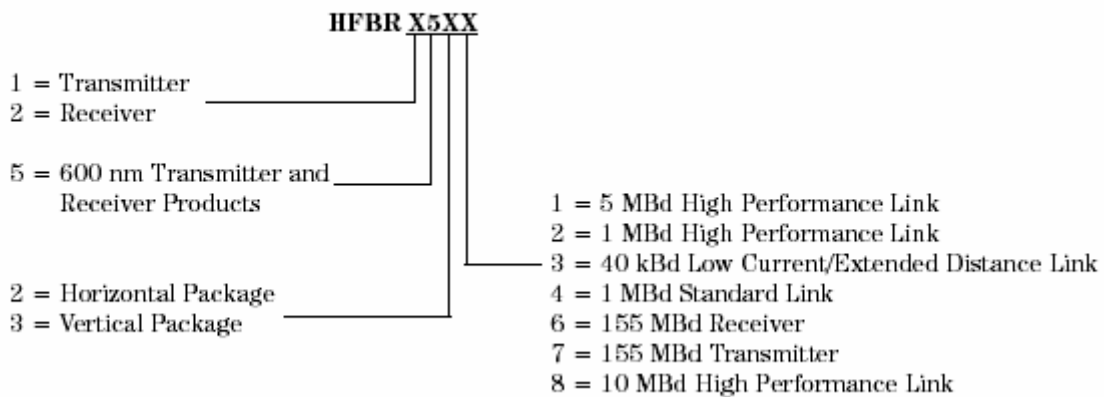


Figur 11. 1 Singel-modus fiber

### 11.2 Optokobler HFBR-1534/2534

Optokoblerne er blitt valgt ut i fra avstandene vi har mellom vårt kretskort og det eksterne. Denne avstanden er på ca 1 m, derfor har vi valgt en Standard Link som brukes i områder opp til 10 m. Ut i fra tabell 2 er tallene forklart.

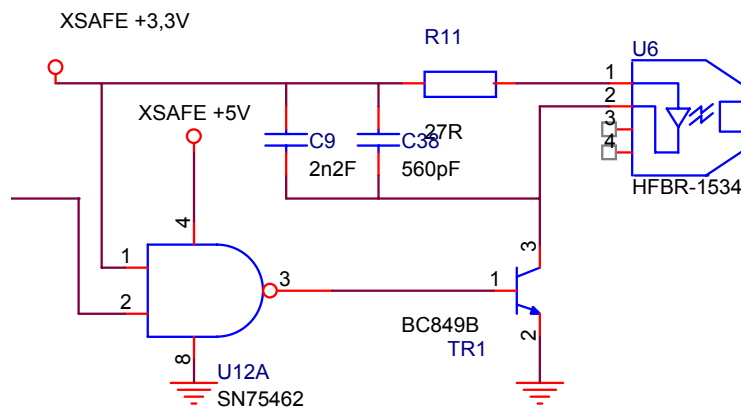
#### HFBR-0501 Series Part Number Guide



Tabell 2 Tallforklaring til optokobleren



Ved å bruke optokobleren [28] kan vi kople sammen en elektrisk krets til en annen slik at isolasjonsresistansen mellom kretsene blir svært høy. Denne form for kommunikasjon gjør at vi slipper å bruke zenerbarriere på signalene fra trykksensorene. Selve den fiberoptiske kabelen er billig, sammenlignet med for eksempel kobberledning. Det som fordyrer løsningen med fiber er at pluggene er ganske dyre (ca 50,- pr stk). Siden fiberløsninger blir brukt mer og mer i industrien generelt, valgte vi også denne løsningen.



Figur 11. 2 Fiberoptisk sender

#### Virkemåte

I senderen (HFBR-1534) på figur 11.2, omgjøres det elektriske signalet til lys som varierer i intensitet i takt med de elektriske signalene. I vårt tilfelle er senderen en LED (lys emitterende diode).

For at LEDen i senderen U6 skal begynne å lyse trenger den 1,67V og 60mA.

Vi har laget et spennings deler for å gi LEDen disse verdiene.

$$R_1 = \frac{U_{CC} \div U_D}{I_D} = \frac{(3,3 \div 1,7)V}{60mA} = \underline{\underline{27\Omega}}$$

Formel 6

Mikrokontrolleren kan maks levere 70 mA på alle utgangene til sammen. Vi har derfor koblet mikrokontrollerens MISO signal inn på U12A (NAND) pinne 2. Når inngang 2 på NANDen er høy, vil den ikke gi ut signal og T1 vil da være stengt. Dette medfører at LEDen ikke lyser. Går derimot inngang 2 på NANDen lav, får basen (1) på TR1 signal og åpner. Det blir da full åpning mellom emitter (2) og kollektor (3). Spenningen ligger da over R<sub>11</sub> og LEDen. LEDen vil lyse og sende signal til mottaker hos det eksterne kortet. Strømmen LEDen trekker blir nå trukket fra spenningskilden 3,3V.

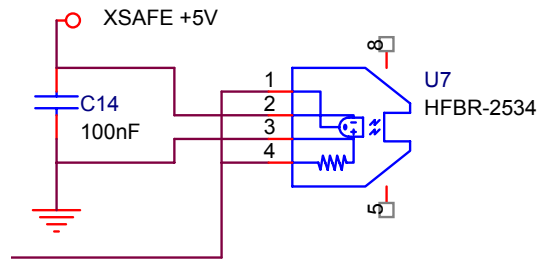
For å bestemme kondensatorene C9 og C38 brukte vi formel 7 fra [28]:

$$R1 \times C1 \geq 75ns$$

Formel 7

Da motstanden R1 = R1 = 27 Ω gir dette oss en kondensatorverdi på 2,7 nF.

Denne er blitt laget med parallellkoblingen C6 og C38.



Figur 11. 3 Optisk mottaker

Mottakeren (HFBR-2534) på figur 11.3 omgjør lyssignalet til elektrisk signal ved hjelp av den integrerte fototransistoren i mottakeren. Fototransistoren vil lede strøm når den får lys fra dioden i senderen. Mottakeren må koples til en ytre spenning på +5 V.

Vi har 3 stk mottakere hos oss, koblet slik figur 11.2 viser. Det er SCK (klokke signalet), MOSI (master out slave in), og SS som fungerer som Chip select. Inne i U7 er det en fototransistor som omgjør lyssignalet fra det eksterne kortet til elektrisk signal. Signalet blir så sendt inn til mikrokontrolleren.

De tre mottakerne og den ene senderen utgjør til sammen hele SPI kommunikasjonen mellom kretskortet vårt og det eksterne.

## Konklusjon

Oppgaven har bestått av å lage et interfacekort for fire trykksensorer som står i et eksplosjonsfarlig område.

Løsningen vi kom frem til ble tegnet i OrCad Capture CIS. Dette var et program vi ikke hadde kunnskap om da vi startet. ABB tegner sine løsninger i OrCad og var derfor behjelpelige til å gi oss tilgang til dette lisensbeskyttede programmet.

For å komme frem til den beste løsningen har vi sett på forskjellige komponenttyper, deres virkemåte og hvordan vi kunne bruke dem sammen for å løse oppgaven.

Vi startet oppgaven med å se på signalet fra trykksensorene. Disse måtte forsterkes for å unngå demping. Dette ble løst med en opamp.

For å kunne lagre dette signalet i en mikrokontroller måtte signalet digitaliseres. Løsningen ble en 14 bit A/D omformer. Grunnlaget for valget av størrelsen på denne, var bit oppløsningskravet fra ABB.

Trykksensorene står i et eksplosjonsfarlig område. Derfor må energien ut til eksplosjonsområdet begrenses. Dette ble løst ved hjelp av zenerdioder, motstander og en sikring, som utgjør en zenerbarrieren på kretskortet, for å sikre supplykablene til trykksensorene. Kravet til EXi sikring er at det skal fungere selv med en feil på kretskortet. Derfor er det blitt laget to like sett av zenerbarrieren.

Signalkablene trenger også beskyttelse. Her benyttet vi optokoblere og fiberoptisk kabel som gir oss et galvanisk skille. Dette skille gjør at en eventuell feil på det eksterne kretskortet ikke kommer over på vårt kretskort.

Faren for å få 230 V AC inn på supplyspenningen fra det eksterne kretskortet, kan oppstå ved en feil. Dette sikret vi oss i mot ved å benytte en tyristor som skal ta seg av den positive peaken og en schottkydiode som skal ta den negative inntil sikringen ryker.

Det har vært svært lærerikt å fordype seg inn i en spennende elektronikkverden. Samarbeidet med arbeidet med ABB har vært meget bra. Det var like viktig for de at vi lærte mye, som at de fikk en god løsning på oppgaven. Vi håper at begge deler er blitt oppfulgt.

## Litteratur og referanser

- [1] OrCad Step by Step                      Programmet er lisensbeskyttet
- [2] Olsen, Odd A.                              Instrumenteringsteknikk  
Tapir, 1992
- [3]    <http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/stainsteel/pdf/ab-hp.pdf>
- [4] Bentley, John P.                              Principles of Measurement Systems 3rd Edition  
Prentice-Hall, 1995
- [5] Texas Instruments                              <http://www.ti.com>
- [6]    <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/ads7871.pdf>
- [7] Scwerdtfeger, Martin                              <http://www.mct.net/faq/spi.html>
- [7a] Morris, Mano M.                              Computer Engineering Hardware Design  
Prentice-Hall Inc., 1988
- [8] Millman, J., Grabel, A.                              Microelectronics, second edition  
McGraw-Hill, 1987
- [9]    <http://www.national.com>
- [10]    <http://www.national.com/ds/LM/LM2673.pdf>
- [11]    <http://haveblue.org/tech/viewloader/mc7800rev6.pdf>
- [12]    <http://cache.national.com/ds/LP/LP8345.pdf>
- [13]    <http://www.dataleksikon.no>
- [14] Wakerly, John F.                              Microcomputer, Architecture and Programming  
Whiley, 1981.
- [15]    [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2545.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf)
- [16] Hambley, Allan R.                              Electrical Engineering – Principles and Applications.  
Prentice-Hall, 2002
- [17] Soma, Sigmund                              Grunnbok I Elektronikk  
Universitetsforlaget AS, 1987
- [18]    [http://www.analog.com/UploadedFiles/Data\\_Sheets/345672956OP777\\_727\\_747\\_c.pdf](http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/345672956OP777_727_747_c.pdf)

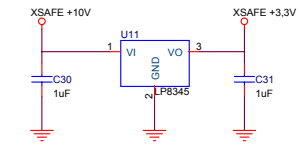
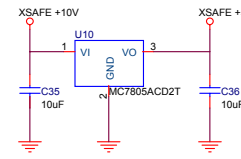
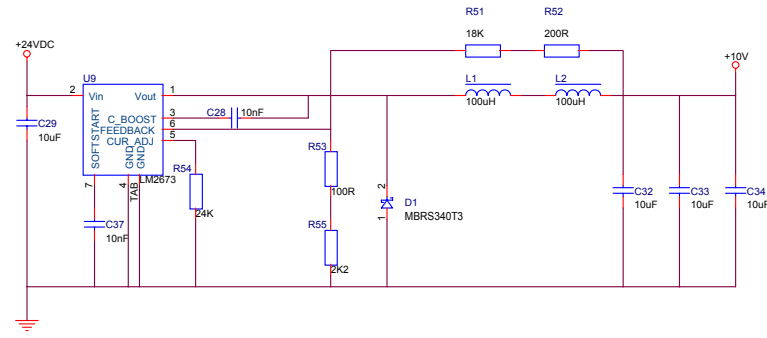
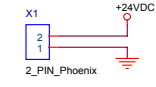
- [19] Ingebritsen, Rolf                      Analoge kretser og komponenter  
Høgskoleforlaget, 2001
- [20]    EN 50014, EN 50020 CENELEC  
Second edition 1992
- [21]    [http://www.blpcomp.com/products/  
datasheet/1754pcb.pdf](http://www.blpcomp.com/products/datasheet/1754pcb.pdf)
- [22]    [http://212.57.231.17/datasheetarchive/Datasheets/  
MicrosemiCorporation/DS106547.pdf](http://212.57.231.17/datasheetarchive/Datasheets/MicrosemiCorporation/DS106547.pdf)
- [23]    [http://www.irf.com/product-info/  
datasheets/data/25tts-s.pdf](http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/25tts-s.pdf)
- [24]    <http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/3504.pdf>
- [25]    [http://www.dokpro.uio.no/perl/ordboksoek/  
ordbok.cgi?alfabet=n&renset=j&OPP=shunt](http://www.dokpro.uio.no/perl/ordboksoek/ordbok.cgi?alfabet=n&renset=j&OPP=shunt)
- [26]    <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl431.pdf>
- [27]    [http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/  
datasheets/BC859\\_BC860\\_5.pdf](http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/datasheets/BC859_BC860_5.pdf)
- [28]    <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988>

## Vedlegg

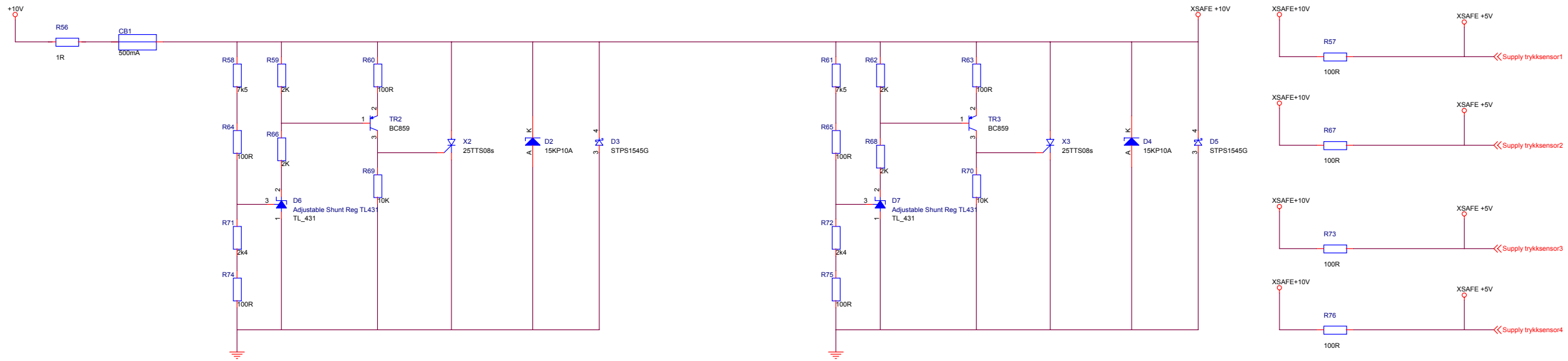
- [1]    Tegning supplyspenning og Exi
- [2]    Tegning småkretser

# Supply

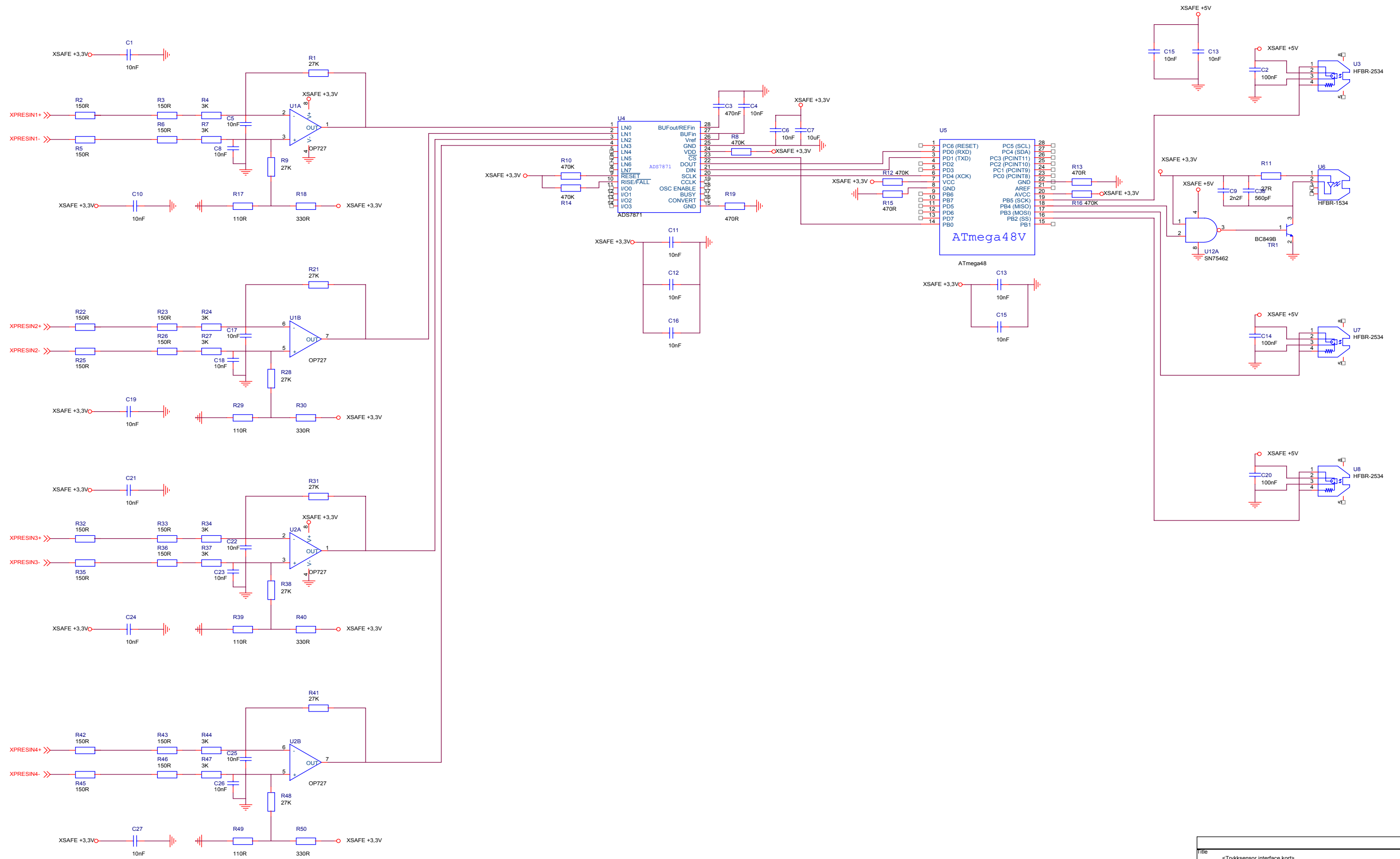
Supply fra eksternt kort



# EXi og sikring av 230 VAC



Title	<Title>	Rev	<RevCode>
Size	Document Number		
A2	<Doc>		
Date:	Tuesday, May 04, 2004	Sheet	2 of 2



File	<Trykksensor interface kort>		Rev
Size	Document Number	<Doc>	<Rev Code>
Date:	Tuesday, May 04, 2004	Sheet	1 of 2

Vedlegg 2