

Versionshistorie

Version	Dato	Beskrivelse
1.0	24-05-2007	Projektrapport er skrevet.

Indholdsfortegnelse

1	Resume.....	3
2	Synopsis	4
3	Indledning	5
3.1	Baggrund for projektet	5
3.2	Definitioner og ordforklaringer.....	5
3.3	Problemformulering	6
3.4	Formål med projektet	7
4	Læsevejledning	8
5	Projektbeskrivelse	8
5.1	Projektafgrænsning	8
5.2	Projektgennemførelse.....	9
5.2.1	Tidsplaner.....	9
5.3	Metoder	10
5.4	Specifikationer og analysearbejdet	11
5.5	Overvejelser	13
5.6	Resultater	15
5.7	Udviklingsværktøjer.....	18
5.8	Opnåede erfaringer.....	18
6	Konklusion	19
7	Referencer	21
8	Projekt CD.....	21

1 Resume

Formålet med dette projekt er at udvikle en Elektrisk-optiske mediakonverter, hvilket er et optisk kommunikations system, der transmitterer data med 100Mbit/s over en multimode fiber. Dette projekt er afgrænset til at skulle udvikle receiver delen af denne mediakonverter. Med receiver delen menes detektor og forforstærker, filter, AGC forstærker og decision circuit (PLL kredsløb). PLL kredsløb er valgt som en option dvs. den udvikles hvis der var tid tilovers. Opgaven var at finde en løsning, som kunne transmittere data full duplex over en enkelt fiber. Desuden skulle systemet være robust over for varierende fiber længder.

Projektet er en del af uddannelsen på ingeniørhøjskolen i Århus, hvilket er en afsluttende projekt og forløber over ca. 20 uger. Projektet har været stort, spændende og lærerigt. Projektet indeholder mange tekniske emner indenfor optik og elektronik. Formålet med projektet har været at sætte sig ind i problemstilling og få en praktisk løsning.

I det hele taget er der arbejdet struktureret igennem forløbet. Projektet kommer rundt om mange forskellige teknikker heriblandt Automatic Gain Control. Brugen af AGC forstærker har været nødvendigt i dette system, da der er stor variationer i signal niveauet fra fiberen.

Detektor og forforstærker er realiseret på print. Generelt er der udviklet gode og brugbare løsninger på problemstilling.

2 Synopsis

The purpose of this project is to develop an Electrical-optical media converter, which is an optical communication system that transmits data with a speed of 100Mbit/s through a multimode fiber. This project is limited to the development of receiver part of the media converter. With receiver part, points to detector & preamplifier, filter, AGC amplifier and decision circuit (PLL circuit). PLL circuit is chosed to be an option which means, if there was time enough to develop it, it will be developed, otherwise will not be developed in this project.

It was the job to find a solution that could transmit the data full duplex trough a single fiber. Moreover the system should be robust over for varying fiber lengths.

This project is a part of the education at the Engineering College of Aarhus which is the final project and takes place about 20 weeks. The project has been large in dimension but in the same time very interesting and educational. The project contents many technical subjects around optics and electronics. The purpose of the project has been analysing the problem and implement it to a practical solution. The work has been fulfilled trough a structured way. The project has been around many different technical subjects like AGC (Automatic Gain Control). Using an AGC amplifier is very necessary in the receiver part, because of the big variations in the signal level from fiber. Detector and preamplifier are built on a printed board. In general there has been developed some good and useful solutions

3 Indledning

3.1 Baggrund for projektet

Denne rapport beskriver udviklingsprocessen af en Elektrisk-optiske mediakonverter og resultatet heraf. Systemet udvikles til Vestas Wind Systems Electronics med primær fokus på optik og elektronik område. Projektet udføres på ingeniørhøjskolen i Århus.

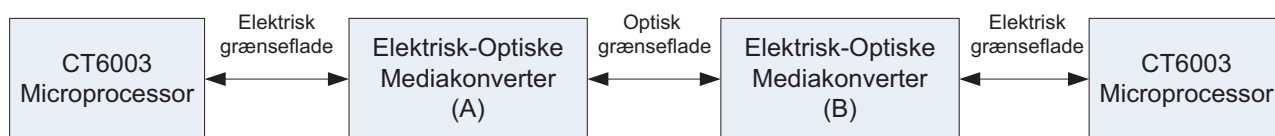
Emner som optik og elektronik er valgt på baggrund af interesse, samt mulighed for at arbejde med optiske og elektriske løsninger. Projekter der omhandler kommunikation via fiber optik bliver mere og mere omfattende. Emnet egner sig derfor godt til studie projekter, da det giver en rig mulighed for at dyrke forskellige fagområder med stor udbredelse indenfor ingeniørfaget.

3.2 Definitioner og ordforklaringer

- CT6003: Vestas' Mikroprocessor dvs. møllecomputeren der er placeret tre steder i møllen.
- LVDS: **L**ow **V**oltage **D**ifferential **S**ignaling, standard til højhastigheds kommunikation.
Ligger typisk på $1,25\text{ V} \pm 350\text{mV}$.
- ArcNet: **A**ttached **R**essource **C**omputer **n**etwork er en dataprotokol der kører på tokenring princippet og kan transmittere data op til 10 Mbit/s.
- FPGA: **F**ield **P**rogrammable **G**ate **A**rray.
- AGC: **A**uto **G**ain **C**ontrol, er en måde at designe forstærker hvor man opnå samme output signal selvom der er variation i input signalet.
- PLL: **P**hase **L**ocked **L**oop.

3.3 Problemformulering

En vindmølle består af teknik fra flere forskellige fagområder såsom elektronik, optik, mekanik etc. En vindmølle består grundlæggende af fire hoveddele som er vinger, hub, nacelle og tårn. Disse mekaniske konstruktioner bliver styret af tre møllecomputere de såkaldte CT6003 Microprocessor. En mediakonverter er en del af systemet. Dens funktion er at sende signalerne fra en møllecomputer gennem den optiske forbindelse og videre til den anden ende. Her skal der kunne modtages de optiske signaler og sendes videre til den anden møllecomputer se Figur 1.



Figur 1: En skitse for systemet.

I en Vestas vindmølle er der placeret tre computere, en hub computer, en main computer og en ground computer, som er placeret henholdsvis i hubben, nacellen og i bunden af tårnet.

Alle informationer igennem disse tre computere går via optiske forbindelse. Fordelen ved at bruge optiske kommunikation er bl.a. støj immunitet overfor elektromagnetisk interferens, stor båndbredde, lav tab, stabil og robust kommunikation, men på minus side er en dyr løsning. Der er grundlæggende to typer af fiber, plastic fiber og glas fiber. I dette projekt skal bruges glas fiber til optiske kommunikation, da der er stor dæmpning i plastic fiber, som gør det umuligt at nå de 100Mbit/s data igennem.

I dag kommunikerer disse tre computere via ArcNet mediakonverter, som kører på ArcNet protokollen. ArcNet protokollen er langsomt, den er bygget på tokenring princippet og kan højest transmittere data med 10 Mbit/s. Tokenring princippet er at hver enkelt node få en token efter deres tur. Når en node har en token, har den ret til at sende data. Protokollen er deterministisk. Ulempen ved ArcNet protokollen er at hvis der opstår en bitfejl i forbindelsen, vil der gå lang tid ca. et sekund inden forbindelsen er genoprettet. ArcNet mediakonverter der bruges i dag i møllerne kommunikerer over to multimode fiber af 62,5/125µm typen. En fiber til hver dataretning og med bølglængden på 850 nm.

Forbindelsen fra nacelle computeren og ud til computeren i huben kører også på ArcNet protokollen. Denne forbindelse foregår via en magnetisk roterende overførsel. Optiske data skal derved konverteres til magnetiske pulser, sendes igennem den roterende enhed og konverteres tilbage til optiske signaler. Vestas på længere sigt vil gå væk fra ArcNet protokol og opgradere hele netværket i møllerne til 100Mbit/s.

En forøget kommunikationshastigheden fra 10Mbit/s til 100Mbit/s, vil give anledning til flaskehalsproblemer ved overgangen til den roterende hub. Årsagen til flaskehalsproblemet vil være båndbredden for den magnetiske overførsel, da den har en maksimal båndbredde på 10Mbit/s. Problemet løses ved at benytte en optisk roterende enhed, fordi her er der ikke noget båndbredde begrænsning overhoved. Dette forudsætter at der benyttes én fiber, da Vestas er interesseret i en optisk roterende enhed med én gennemgang. Vestas er ikke interesseret i en roterende enhed med flere optiske veje, da de mener at det går udover pålidelighed og pris.

Problemer med flaskehalsproblem og lang rekonfigurationstid fra ArcNet protokollen hvis der opstår en bitfejl i forbindelsen, kan bl.a. betragtes som hovedårsagen til udvikling af dette projekt.

3.4 Formål med projektet

Formålet med projektet er at udvikle en prototype af Elektrisk-optiske mediakonverter, der er i stand til at sende informationer mellem to punkter via en optisk fiber. Kommunikationen skal forgå full duplex over en fiber. Systemet skal leve op til stadig stigende krav om hastigheder, såvel som stabilitet.

4 Læsevejledning

Projektrapporten består af **Projektbeskrivelse** og **konklusion**.

Projektbeskrivelsen omhandler bl.a. projektafgrænsning, projektgennemførelse, metoder, overvejelser, resultater, erfaringer. **Konklusionen** giver en samling på projektarbejdets såvel positive, som negative resultater. Projektdokumentation er delt op i følgende afsnit: kravspecifikation,

Strukturering og implementering. Projektrapporten indeholder ikke udregninger og diagrammer over kredsløbe. Her i projektrapporten kan læses de overvejelser, forsøge og resultater der er opnået i projektdokumentationen. Forklaringer for de beskrevne resultater kan findes i implementerings dokument.

5 Projektbeskrivelse

5.1 Projektafgrænsning

I dette projekt skal der udvikles en prototype af elektrisk-optisk mediakonverter efter de krav der er stillet i opgaveformulering. Projektet er stort i omfang og kan ikke færdiggøres indenfor det givne tidsramme, derfor prioritering af projektet har været nødvendigt.

Her er der besluttet at der skal arbejdes udelukkende på Receiver delen. Med receiver delen menes detector og forforstærker kredsløb, filter, AGC forstærker og decision kredsløb. Decision kredsløb (PLL) anses for at være en option. Dvs. det skal udvikles hvis der var nok tid tilbage. Grunden til at Receiver delen er blevet opprioriteret i forhold til de andre lige så spændende dele såsom transmitter delen, signalkodning i FPGA, er simpelthen fordi der er så mange interessante deleblokke i den.

5.2 Projektgennemførelse

Projektet er udarbejdet over en afgrænset tidsperiode på 20 uger. Efter udleveringen af opgaveformulering blev der udarbejdet en kravspecifikation, som efterfølgende er godkendt af vejlederen. Gennemførelse af projektet har bestået af en række faser, der er fastlagt i starten af forløbet, hvilket er fulgt på følgende form:

1. Kravspecifikation: Dette dokument indeholder kravene til Elektrisk-optiske mediakonverter. Dokumentet kan fremstå som et selvstændigt dokument.
2. Strukturering: Dette dokument indeholder nedbrydningen af modtager delen af Elektrisk-optiske mediakonverter, deres funktionsbeskrivelse, grænseflader, blokdiagram og I/O tabel. Derudover her defineres den optiske forbindelse med hvilken effekter, dæmpninger der skal være.
3. Implementering: Dette dokument indeholder dokumentationen for implementeringen af Elektrisk-optiske mediakonverter modtagerdelen. Her enhver blok fra struktureringen bliver analyseret, beregnet og simuleret.
4. Skrivning af projektrapport.

5.2.1 Tidsplaner

I starten af projektforsøget er der udarbejdet en generel tidsplan. Denne kan ses i Bilag 1 sidst i dette dokument. Det er forsøgt at overholde den fastlagte tidsplan, dog er dette ikke helt lykkedes og afvigelsen ses på den aktuelle tidsplan på bilag 2.

Overskridelsen af tidsplanen skyldes primært, at det estimerede tidsforbrug afsat til implementering ikke har været nok. Dette har medført at tidsplanen måtte revideres.

5.3 Metoder

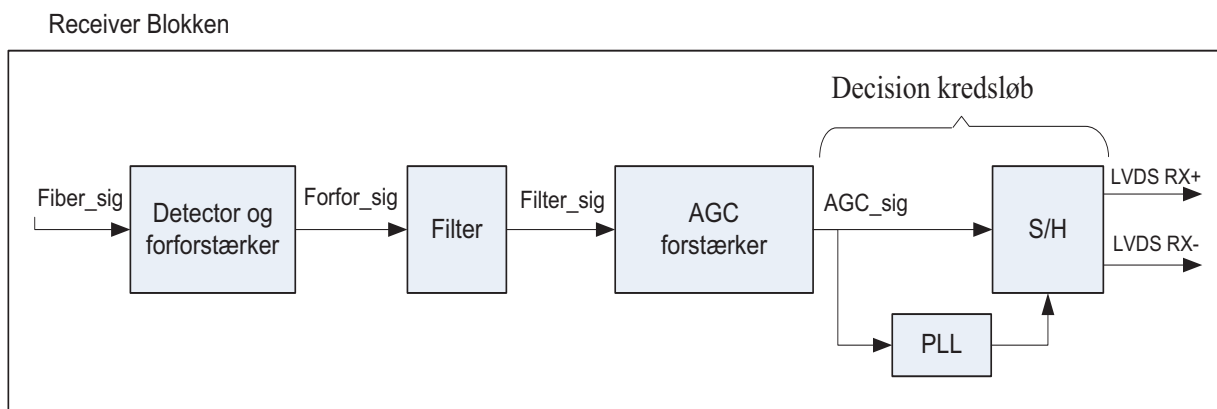
I projektet er valgt først at lave en blanding af forundersøgelse og kravspecifikation, som skulle føre frem til en løsningsmodel til udvikling af projektet. Herefter kan projektet struktureres og implementeres. Processen med implementering foregår iterativt dvs. de er gentaget flere gange pga. design af en filter, der skal være tilnærmet Raised cosine filter.

Kravspecifikationen er opbygget med kravene skrevet på punktform. Struktureringen er blokopdelt, med input og output beskrivelse til hver blok.

Implementeringen er delt op i afsnit, hvor der er et afsnit for hver blok.

5.4 Specifikationer og analysearbejdet

Receiver del af Elektrisk-optiske mediakonverter har til formål at detektere de optiske signaler fra fiberen og omsætte det til elektriske signal. Igennem receiver blokken skal signalet forstærkes, filtreres og til sidst omsættes til et digitalt signal, som skal være tilpasset Vestas' protokol. Her på Figur 2, ses en blokdiagram for receiver blokken.

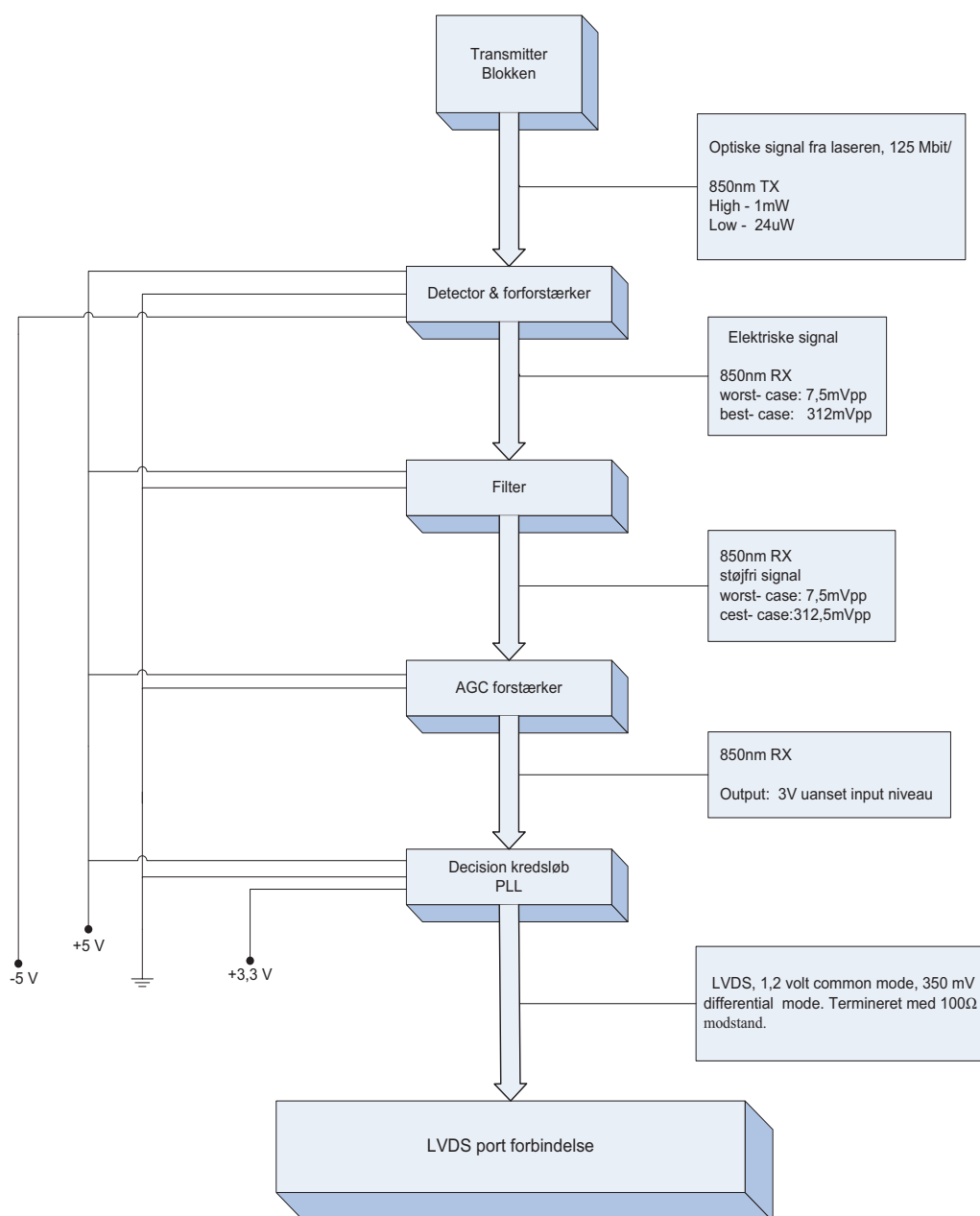


Figur 2: Blokdiagram for receiveren.

Herunder en kort beskrivelse af de enkelte blokkes funktioner.

- Detector og forforstærker blokken skal modtage de optiske signaler fra fiberen og omsætte det til elektrisk signal. Desuden bliver signalet forstærket 5gg.
- Filter blokken sørger for at reducere støjbandbredden via en lavpas-filtrering af signalet.
- AGC forstærker blokken sørger for at opretholde en konstant signal amplitude på outputtet for varierende input signal.
- Decision kredsløb har til opgave at gendanne de enkelte bit. Blokken tage stilling til om de enkelte bit er høj eller lave. Decision kredsløb bliver ikke implementeret i det her projekt.

Ud fra førnævnte grænsefladebestemmelser kan der laves et skema (Figur 3) som viser de forskellige blokke fra Figur 2, og grænseflader imellem.



Figur 3: Blokdigram med grænseflader.

5.5 Overvejelser

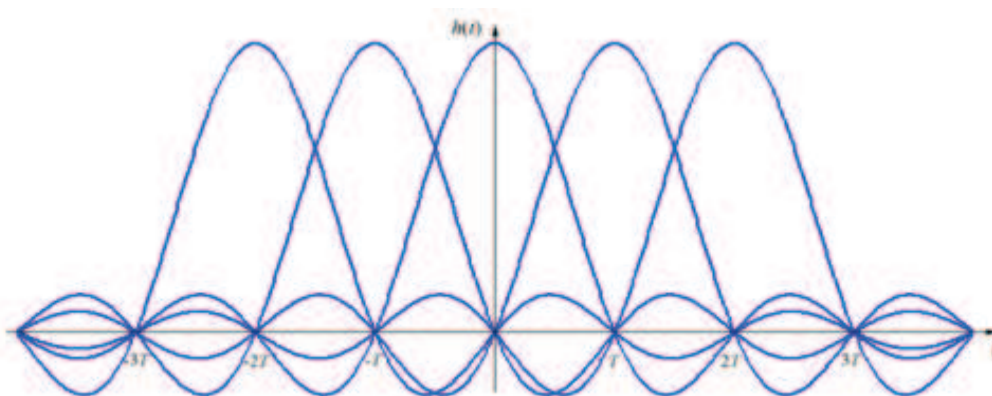
Projektet igennem er der overvejet mange gode overvejelser på de opstillede problemstillinger.

Herunder kan bl.a. nævnes brugen af Raised Cosine Filter og design af AGC amplifier.

Raised Cosine Filter er mest brugbar i forbindelse med telekommunikations systemer pga. dens evne til at minimere symbol interferencen.

Minimeringen af symbol interferencen sker således at en Raised cosine filter have en impulsrespons der er en sinc funktion, der har den fordel, at den have nul gennemgang ved de andre bit, se Figur 4.

Det skal forstås således at den næste bit har midtpunkt ved T , og når man sampler lige nøjagtig i $0, T, 2T, 3T, \dots$ hvilket det er det man gøre når de digitale bits kommer her, så vil det betyde at influensen fra den første bit vil være nul ved $T, 2T, 3T$ osv. Og det er de steder man sampler den næste bit. På den måde effekten af den pågældende bit i den næste bit man sampler ved $T, 2T, 3T, \dots$ er nul og dermed mindskes symbol interferencen ved at bruge raised cosine.



Figur 4: demonstrering af nul ISI egenskab via en sammenhængende RCF

En Raised cosine filter¹ er en ikke realiserbar filter. Overvejelsen gik ud på at få lavet et realiserbart filter dvs. et traditionelt 2. ordensfilter som ligner Raised cosine mest muligt. Raised cosine filters overføringsfunktion kan ikke realiseres i hardware, så der skulle arbejdes på noget der ligner den bedst muligt.

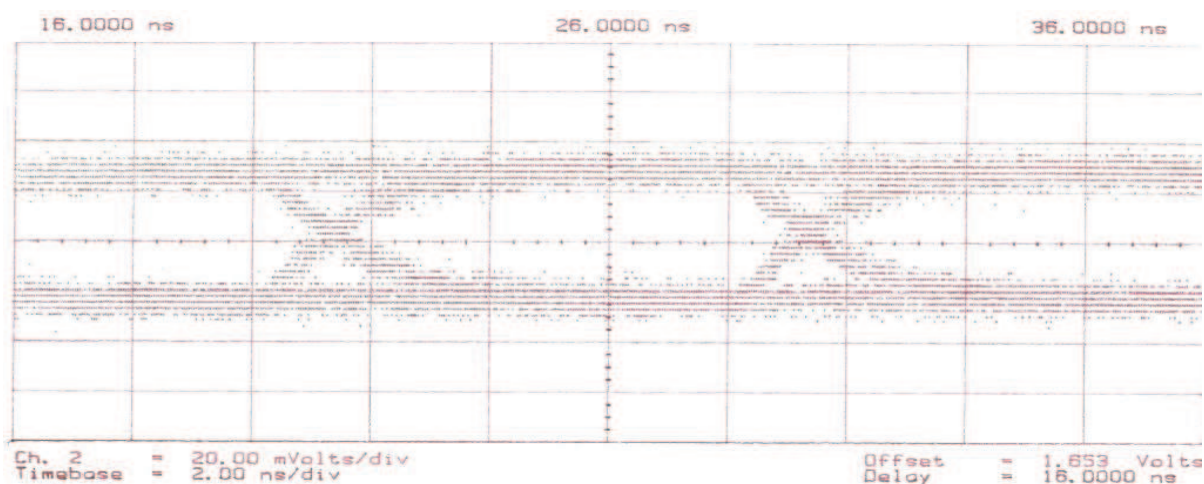
¹ IEEE article, Practical realisation of a raised-cosine filter.

Det man skal gøre er at man må optimere på sin respons, fordi netop at man gerne vil have at der er nul gennemgang midt i nabo bits og dermed dens tids respons er en sinc funktion. Måden på at få et tilnærmet Raised cosine filter er at man opstiller overføringsfunktion for Raised cosine filter og en overføringsfunktion for et realiserbart filter dvs. en traditionelt 2. ordens filter, og de to skal ligne hinanden mest muligt. Deres overføringsfunktioner trækkes fra hinanden, hvilket som resultat fås en konstant (k.). Konstanten k skal gøres mindst muligt. For hvis (k) er mindst muligt, er det ensbetydende med at de to overføringsfunktioner ligner hinanden mest muligt. Konstanten (k) kan gøres mindre ved at optimere på ξ og ω_0 i overføringsfunktionen for 2.ordensfilter. Der er forsøgt at få overvejselen til virkelighed via at bruge udviklingsværktøjet MatLab, men trods intens arbejde ikke lykkedes at få drømmen opfyldt.

Med hensyn til AGC amplifier er der overvejet at design en closed loop reguleringssystem, som automatisk justere forstærkningen af operationsforstærker og opretholder en konstant signal amplitude på outputtet. Her er der overvejet at bruge to dioder som styrbare modstand, da de ændrer modstand, afhængig af hvad strøm bliver sendt igennem dem, egentlig kunne man også bruge en mosfet til samme formål, da mosfet'en kan også bruges som en styrbar modstand. Derudover er der overvejet at bruge en almindelig integrator regulator i modsætning til en lead- lag regulator, da båndbredden her er ikke så kritisk, den er kun på 10Hz. Her kan man godt nøjes med en almindelig integrator.

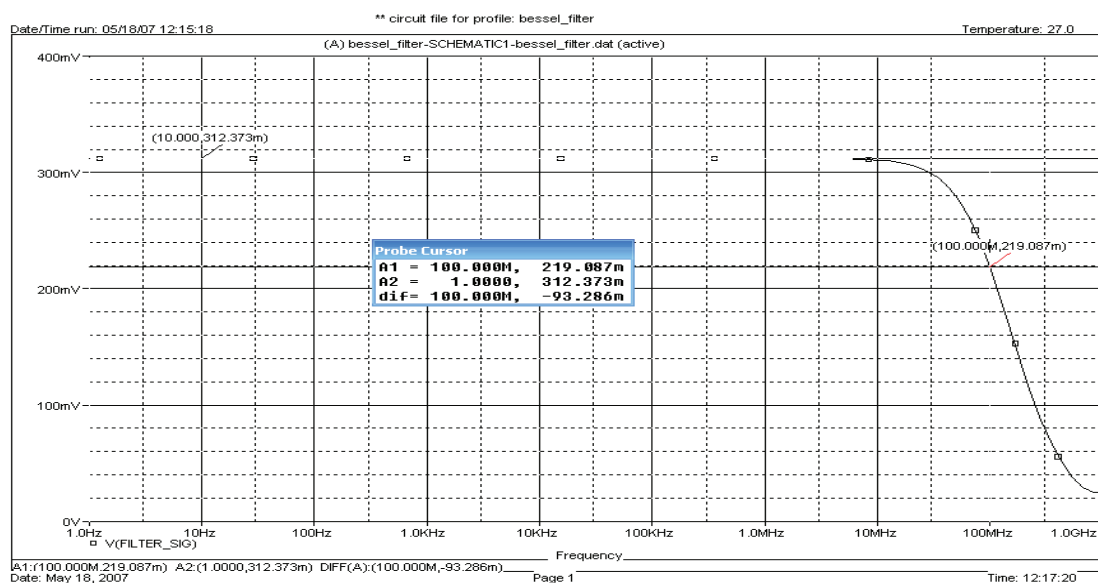
5.6 Resultater

Transimpedanskredsløbet er testet og resultatet kan ses på øje diagrammet, Figur 5. Forventningen fra kredsløbet er at kunne detektere de optiske signaler fra fiberen og omsætte det til et elektriske signal og samtidig opfylde systemets fastlagte båndbredde på 125MHz. Her er diagrammet plottet med 2ns pr division.



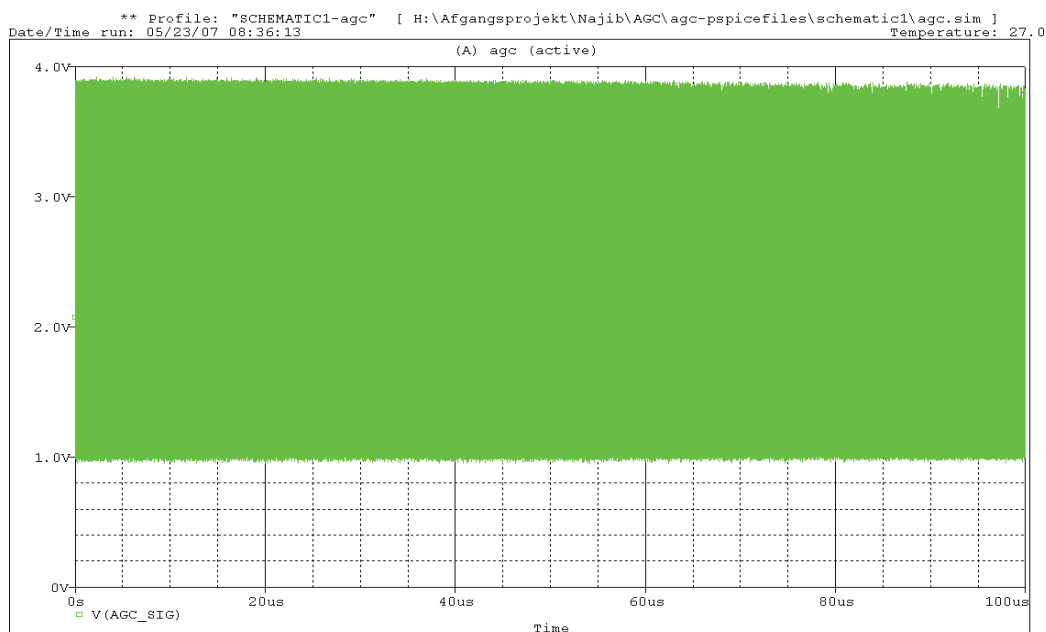
Figur 5: Øjediagram fra transimpedansforstærker

Med hensyn til filter, valget faldt på Bessel filter, fordi den har en konstant group delay i passbåndet. Filtret skal filtrere signalet fra detector og forforstærker kredsløb. Det har en max båndbredde på 65MHz, derfor vælges -3dB grænsefrekvens ved 100MHz.. Et resultat af simulering kan ses på Figur 6.

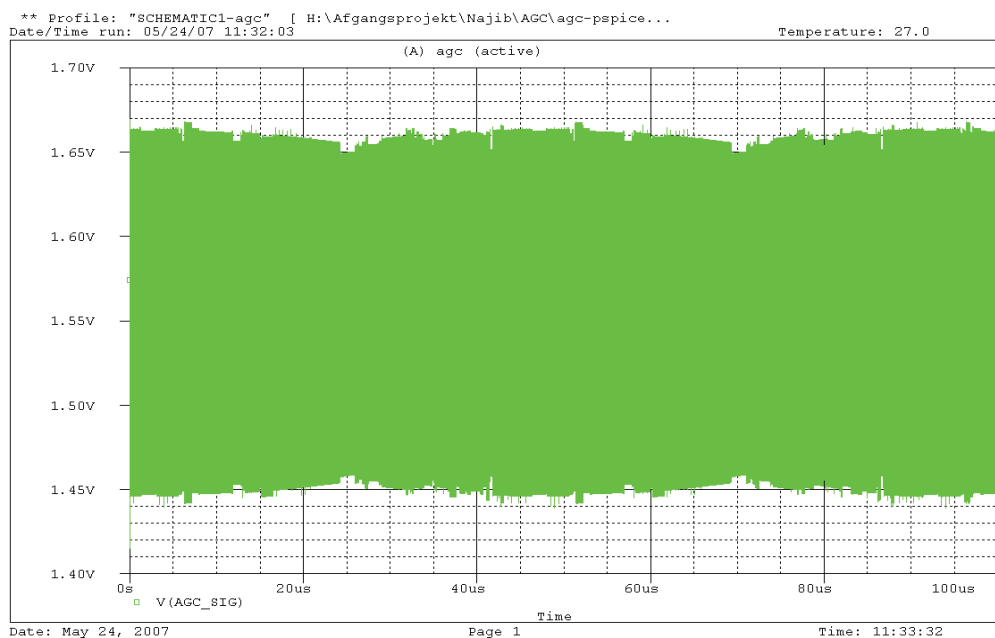


Figur 6: Bessel filter- simuleringens resultat

AGC amplifier er simuleret og resultatet kan ses på Figur 7 og Figur 8., med henholdsvis maksimum input signal på 312,5mV og minimum input signal på 7,6mV. En AGC kredsløb kan sammenlignes med en closed loop reguleringssystem, som automatisk justere forstærkningen af operationsforstærker og opretholder en konstant signal amplitude på outputtet. Her skal altid fås 3Vpp på outputtet uanset inputsignal.



Figur 7: Simuleringresultat ved max indgangssignal på 312,5mV



Figur 8: Simuleringsresultat ved min indgangssignal på 7,6mV

5.7 Udviklingsværktøjer

De udviklingsværktøjer der er brugt i forbindelse med projektforsløbet er følgende.

- Orcad: Orcad er brugt til at opbygge og simulere kredsløbe, derudover Orcad layout er brugt til printudlægning.
- MatLab: MatLab er anvendt i forbindelse med udvikling af filter blok. Der skulle findes en løsning på et traditionelt 2.ordens filter som skal være tilnærmet Raised cosine filter.

5.8 Opnåede erfaringer

Projektet har berørt forskellige problemstillinger, der breder sig over optik og elektronik. Jeg har tilegnet mig store erfaringer i begge område. I starten var der ikke den stor viden i optik og optiske kommunikation, derfor er der investeret en del tid til at sætte mig ind i optiske verden. Denne selvindlæringsproces har medført til mange ny viden. Der er også gjort mange erfaringer indenfor analog verden, især arbejdet med operationsforstærker. Arbejdet med kredsløbene vist at området kan være begrænset i forhold til forsyningsområde.

Der er brugt en del tid på at finde oplysninger og komponenterne på nettet og for at kunne bruge dem i projektet, har det været nødvendigt at få et bedre kendskab til indholdet i databladene.

For at kunne opfylde kravet om en BER på 10^{-12} er der beregnet støj for kredsløbet, hvilket har medført til en genopfrisket støjberregning.

6 Konklusion

Det har været et stort, interessant og lærerigt projekt. Der er gjort mange erfaringer i dette projekt. I projektet er der valgt nogle tekniske løsninger, der gør det muligt at transmittere data over en multimode fiber.

Der er implementeret og realiseret en transimpedansforstærker, hvilket virker efter hensigt, således at kredsløbet detekterer de optiske signaler fra fiberen og omsætte det til et elektriske signal og samtidig opfylder systemets fastlagte båndbredde.

Der er forsøgt at lave et filter der skulle ligne Raised cosine filter mest muligt, da selve Raised cosine filter ikke kan realiseres. Her er der brugt udviklingsværktøjet MatLab flittigt, alt fra kommandoer `fdatool`, `rcosfir` der designer et Raised Cosine IIR filter til at skrive nogle MatLab kode er afprøvet, men dog uden held, i stedet er der implementeret en Bessel filter, hvilket anses for at være det næste bedst filter indenfor data transmission pga. dens konstant group delay i passbåndet.

Der er implementeret en AGC amplifier som skal automatisk justere forstærkningen af operationsforstærker og opretholder en konstant signal amplitude på outputtet. AGC kredsløbet simuleringsmæssig virker nogenlunde, men er langt fra at være perfekt.

Grunden til at den ikke virker helt hensigtsmæssig er, at systemet er designet direkte udefra overvejsen og uden noget beregning på overføringsfunktion for signalforstærker blokken.

Beregningen på overføringsfunktion for signalforstærker blok er essentiel, når der er tale om en AGC forstærker, da det er her hvor signalbåndbredden er og forstærkningen forgår, udover det skulle der også beregnes støj for signalforstærker blok, da alle de andre dele i AGC amplifier bidrager ikke til signalet overhoved, fordi båndbredden i reguleringskredsløb er meget langt lavere end signalbåndbredden. Dvs. det eneste støj man få, er fra signalforstærker blok. Her fås to forskellige støjbidrag, da det er afhængigt af hvad modstand man få fra dioderne med hensyn til mindste signal (stor forstærkning) og største signal (mindre forstærkning), her skulle beregnes støj i de to tilfælde, da der reel fås to forskellige modstand.

Pga. tidsmangel har det ikke været mulig at beregne hverken overføringsfunktion eller støjberegninger på AGC blokken. Det er min klare overbevisning, at med lidt mere udviklings tid, havde jeg også lavet AGC amplifier'en færdigt.

De delblokke i modtager delen i starten af projektet var vurderet som nogle små blokke, men det har viste sig at være et helt afgangsprojekt hver.

Det er bevist at, i starten af projektet alting bliver vurderet optimistisk og man ikke tænker på hvor lang tid tingene egentlig tager. Arbejdet med dette projekt har vist, at hvor vigtig det er at samarbejde i grupper, indtil nu gruppearbejde betragtes som en langsommelig proces.

Når man er alene i projektet har man ikke nogen til at diskutere problemstillingerne med. Det at skulle udføre et projekt alene var ikke prøvet før, dermed med dette projekt er der lært en lektie om, hvad der kan nås på en projektperiode når man arbejder alene. Der var meget tidspres og en hel del stress i den afsluttende del af projektet. Tidsplanen er blevet skubbet for meget at det gik udover sproglig rettelse af dokumentationen. Overskridelsen af tidsplanen skyldes primært, at det estimerede tidsforbrug afsat til implementering ikke har været nok.

Men alt i alt er der altså gjort mange erfaringer både indenfor elektronik og optiske verden og i det hele taget, har det været spændende at gennemføre projektet.













7 Referencer

Reference	Type	Beskrivelse
1	Bog	Understanding fiber optics, Jeff Hecht, Fourth Edition ISBN 0-13-122803
2	Bog	Solid State Radio Engineering, Herbert L. Krauss ISBN 0-471-03018-X
3	Bog	Photodiode Amplifiers, Op amps solutions, Jerald Graeme ISBN 0-07-024247-X
4	Bog	Amplifier Applications of Op amps, Jerald Graeme ISBN 0-07-134642-2
5	Bog	Integrated CMOS Circuits for Optical Communications, M. Ingels & M. Steyaert ISBN 3-540-20209-9
6	Bog	Fiber Optic Communications, Fifth Edition, Joseph C. Palais ISBN 0-13-129350-8
7	IEEE Artikel	IEEE article, Practical realisation of a raised-cosine filter. ELECTRONICS LETTERS 29th February 1996 Vol.32 No.5
8	IEEE Artikel	Basic AGC amplifier design, Pogge, R.D Vol: 19 Del: 2 side:72-76

8 Projekt CD

I mappen findes en CD-ROM, der indeholder samtlige projektmateriale og alle benyttede datablade.

Bilag 1: Planlagt tidsplan

ID	Task Name	Start	Finish	Duration	jan 2007			feb 2007			mar 2007			apr 2007			maj 2007							
					1-14	1-21	1-28	2-4	2-11	2-18	2-25	3-4	3-11	3-18	3-25	4-1	4-8	4-15	4-22	4-29	5-6	5-13	5-20	
1	Kravspecifikation & forundersøgelse	15-01-2007	26-02-2007	31d																				
2	Strukturering af detector & forforstærker	23-02-2007	05-03-2007	7d																				
3	Strukturering af filter	05-03-2007	09-03-2007	5d																				
4	Strukturering af AGC forstærker	09-03-2007	19-03-2007	7d																				
5	Strukturering af Decision kredsløb	19-03-2007	27-03-2007	7d																				
6	Implementering	27-03-2007	27-04-2007	24d																				
7	Udvikling af processen	27-03-2007	25-04-2007	22d																				
8	Printfremstilling	27-04-2007	04-05-2007	6d																				
9	Test af print	04-05-2007	09-05-2007	4d																				
10	Systemtest	09-05-2007	11-05-2007	3d																				
11	Accepttest	11-05-2007	15-05-2007	3d																				
12	Projektdokumentation	12-01-2007	25-05-2007	96d																				
13	Projektrapport	25-05-2007	25-05-2007	10d																				
14	Aflevering af projekt		25-05-2007	1d																				

Bilag 2: Aktual tidsplan

ID	Task Name	Start	Finish	Duration	jan 2007				feb 2007				mar 2007				apr 2007				maj 2007			
					1-14	1-21	1-28	2-4	2-11	2-18	2-25	3-4	3-11	3-18	3-25	4-1	4-8	4-15	4-22	4-29	5-6	5-13	5-20	
1	Kravspecifikation & forundersøgelse	15-01-2007	22-02-2007	29d	<div><div></div></div>																			
2	Strukturering af detector & forforstærker	23-02-2007	15-03-2007	15d	<div><div></div></div>																			
3	Strukturering af filter	02-03-2007	13-03-2007	8d	<div><div></div></div>																			
4	Strukturering af AGC forstærker	12-03-2007	20-03-2007	7d	<div><div></div></div>																			
5	Strukturering af Decision kredsløb	12-03-2007	21-03-2007	8d	<div><div></div></div>																			
6	Implementering	21-03-2007	21-05-2007	44d	<div><div></div></div>																			
7	Udvikling af processen	22-03-2007	15-05-2007	39d	<div><div></div></div>																			
8	Printfremstilling	23-04-2007	30-04-2007	6d	<div><div></div></div>																			
9	Test af print	30-04-2007	02-05-2007	3d	<div><div></div></div>																			
10	Systemtest	03-05-2007	07-05-2007	3d	<div><div></div></div>																			
11	Accepttest	21-05-2007	21-05-2007	1d	<div><div></div></div>																			
12	Projektdokumentation	12-01-2007	25-05-2007	96d	<div><div></div></div>																			
13	Projektrapport	21-05-2007	25-05-2007	10d	<div><div></div></div>																			
14	Afl levering af projekt		25-05-2007	5d	<div><div></div></div>																			