



En analys av fiberoptiska testsystem för kretskort hos SAAB, EDS

An analysis of fiber optic test systems for electrical circuit boards at SAAB, EDS

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

GUNILLA BERGENHEIM

Institutionen för signaler och system
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2014

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete på högskoleingenjörslinjen mekatronik på Chalmers tekniska högskola. Mekatronik är ett unikt program som kombinerar elektronik, mekanik och datateknik. Examensarbetet är det sista högskoleingenjörsstudenten gör innan han/hon kan utfärda sin examen. Projektet genomfördes under hösten 2013 på SAAB, EDS på test- och mätavdelningen.

Jag vill framföra ett stort tack till alla som hjälpt mig på vägen under detta projekt både på SAAB och Chalmers. Jag vill rikta ett tack till min handledare på Chalmers, Göran Hult. Jag uppskattar också att alla anställda på test- och mätavdelningen, konstruktion och produktion hjälpt mig med frågor och funderingar. Ett extra tack till min handledare Rickard Roth vars engagemang höjde kvalitén på mitt arbete.

Göteborg 31/1 2014

Gunilla Bergenheim

SAMMANFATTNING

Detta projekt är genomfört på test- och mätavdelningen på SAAB, EDS i Göteborg. SAAB, EDS utvecklar radarsystem, bland annat avancerad luftburen, markbaserad och marin radar. På avdelning för test och mät har en kretskortstestare tagits fram som används för att effektivisera testandet av kretskort i produktionen. I dagsläget genomför denna testare enbart test med elektriska signaler. Detta projekt går ut på att undersöka huruvida det går att utveckla en testfunktion för optisk kommunikation. På grund av ekonomiska begränsningar är detta enbart en analys av lösningsförslag. Inget förslag har ännu tagits fram i sin fysiska form. Under projektets gång har det undersökts vilka egenskaper som behövs testas hos kretskorten med optisk funktion och hur detta skulle kunna genomföras. Resultatet är ett lösningsförslag som kan implementeras i dagens kretskortstestare och uppfyller de testbehov som upptäckts under arbetet. Lösningsförslaget har även utvecklingspotential. Med denna lösning går det att automatisera ett optiskt test samt skapa en standardisering för test av kretskort med optisk funktion.

SUMMARY

This project took place at the department of test and measurement at SAAB, EDS in Gothenburg. SAAB, EDS develops radar systems, such as advanced airborne, land-based and marine radar. At the department of test and measurement they have created a tester to make the test of electrical circuit boards in the production more effective. Presently the tester only operates test with electrical signals. This project aims to investigate the possibility to create a test function for optical communication. Because of economic limitations this is only an analysis of solutions. No solution has been physically built. During the project the focus has been to find out what needs to be tested in the electrical circuits with optical functions and how it can be tested. The result is a suggestion that can be implemented in the tester as it is today and meets the needs that was discovered during the project. The solution also has development potential. With this solution it is possible to automate optical tests and create a standard for testing of electrical circuits with optical functions.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Målbeskrivning/ Frågeställning.....	1
2. TEKNISK BAKGRUND	2
2.1 Fiberoptik.....	2
2.1.1 Sändare/mottagare	2
2.1.2 Fiber	3
2.1.3 Dämpning	4
2.1.4 Underhåll.....	4
2.2 Beskrivning av kretskortstestaren	5
2.2.1 PXI-controller	6
2.2.2 Testinterface.....	6
2.2.3 JTAG	7
2.2.4 Mjukvara.....	7
2.2.5 FPGA	7
2.3 Hur kretskorten testas	7
3. METOD	8
4. LÖSNINGSFÖRSLAG	9
4.1 Optisk funktion.....	9
4.1.1 Lösningsförslag 1: Befintligt material på SAAB, EDS	9
4.1.2 Lösningsförslag 2: Egendesignad lösning	10
4.1.3 Lösningsförslag 3: Befintliga lösningar på marknaden.....	13
4.1.4 Kompletterande utrustning till lösningsförslag 1 och 2.....	15
4.2 Utformning av kretskortstestaren med optisk funktion	16
4.2.1 Kablar till kretskortstestaren.....	16
5. UTVÄRDERING AV LÖSNINGSFÖRSLAG.....	18
5.1 Utvärdering, lösningsförslag 1.....	18
5.1.1 Ekonomi.....	18
5.1.2 Teknik	19
5.1.3 Underhåll.....	19
5.2 Utvärdering, lösningsförslag 2.....	19
5.2.1 Ekonomi.....	19
5.2.2 Teknik	20
5.2.3 Underhåll.....	20
5.3 Utvärdering, lösningsförslag 3.....	20
5.3.1 Ekonomi.....	20
5.3.2 Teknik	21
5.3.3 Underhåll.....	21
5.4 Övriga kostnader.....	21
5.4.1 Kablar.....	21
5.4.2 Rengöring	21
6. DISKUSSION	22
6.1 Kablar	22
6.2 Underhåll vid utformandet av test	22
6.3 Ekonomisk utvärdering	22

6.4 Alternativt sätt att standardisera test.....	22
6.5 Fortsatt arbete	23
7. SLUTSATS	24
REFERENSER	25

FÖRKORTNINGAR

BERT	Bit error ratio test
CLB	Configurable logic box
DCM	Digital clock manager
DMM	Digital multimeter
DUT	Device under test
EDS	Electronic defense systems
FC/PC	Fibre connector physical contact
FPGA	Field-programmable gate array
ITA	Instrument test adapter
JTAG	Joint test action group
LC	Lucent connector
LED	Light emitting diode
MUX	Multiplexer
OPM	Optical power measurement
PCI	Peripheral component interconnect
PRBS	Pseudo-random bit sequence
PXI	PCI extension for instrumentation
ST	Straight tip

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Saab Electronic Defence Systems (EDS), ett affärsområde inom SAAB, är en av världens främsta leverantörer av övervakningslösningar, flygelektronik samt system för att upptäcka, lokalisera och skydda mot hot. EDS i Göteborg utvecklar radarsystem, bland annat avancerad luftburen, markbaserad och marin radar. Avdelningen för test-och mätsystem ansvarar för utveckling av mätsystem och verifieringsutrustningar för främst radarprodukter. De har möjlighet att via ett ITA (Instrument Test Adapter) gränssnitt med hjälp av olika fixturer ansluta olika testobjekt till deras modulära testarlösning.

1.2 Syfte

Vanligen har de kretskort med fiberoptisk funktion hos EDS flera sändare/mottagare. Dessa kan kopplas mot varandra och på så sätt testas. Syftet med denna rapport är att presentera en analys av olika testsystem som kan testa kort som endast har en sändare eller en mottagare. Denna analys är också till för att ligga som grund för framtida radarsystem med fiberoptisk funktion som behöver testas. Rapporten presenterar lösningar som kan testa det optiska gränssnittet på dagens EDS kretskort samt föreslår lämpligast signalväg och kort/instrument ur ett ekonomiskt, tekniskt och underhållsmässigt perspektiv.

1.3 Avgränsningar

Detta arbete är enbart en analys av olika lösningsförslag. På grund av ekonomiska begränsningar var det under arbetet inte möjligt att realisera något lösningsförslag. För att sedan inte ge konkurrenter till SAAB tillgång till data, rörande SAABs produkter, utgår en del specifika resultat ur rapporten. Ett exempel är de hastigheter de optiska komponenterna kan presterar. I lösningsförslagen har en ekonomisk översikt tagits fram. Delar av denna översikt är en uppskattning av hur lång tid ett arbete borde ta och hypoteser om vad exempelvis kretskort kan kosta, utifrån priser på liknande produkter. Detta innebär att det slutgiltiga priset kan skilja sig från det uppskattade. När det gäller arbetstimmar är det räknat att hela arbetet ligger på avdelningen som ansvarar för test och mätning. Skulle jobbet spridas ut, kan en person specialiserad på ämnet genomföra det fortare och därmed sänka kostnad och antalet timmar.

1.4 Målbeskrivning/ Frågeställning

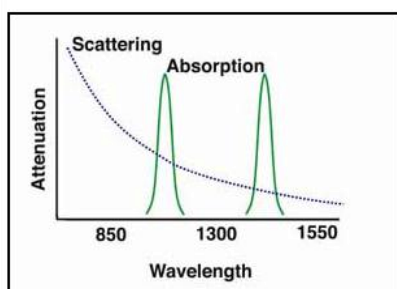
Under projektet skall följande frågor försöka besvaras,

- Vilka funktioner, utifrån befintliga kretskort som ska testas, ska ingå i den optiska testfunktionen?
- Går det att bygga ut fixturen för kretskortstestaren för att implementera en optisk testfunktion, eller måste en extern fixtur tas fram?
- Finns det material hos EDS för att ta fram en optisk testfunktion?
- Finns det redan en färdig lösning på marknaden?
- Vilket är den mest fördelaktiga lösningen ur ett ekonomiskt, teknisk och underhållsmässigt perspektiv?

2. TEKNISK BAKGRUND

2.1 Fiberoptik

I fiberoptik använder man sig av infraröd våglängd, som ligger strax över synligt ljus. De tre vanligaste våglängderna som används när man sänder och tar emot ljuset i optisk fiber är 850, 1300 och 1550 nm. Detta är för att spridningen, och därmed dämpningen, av ljus är mindre desto längre våglängderna är, samt att dessa våglängder ligger mellan absorptionsbanden, se figur 2.1. Längre våglängd än 1550 nm används vanligtvis inte därför att värmen som skapas vid så långa våglängder stör signalen[1].

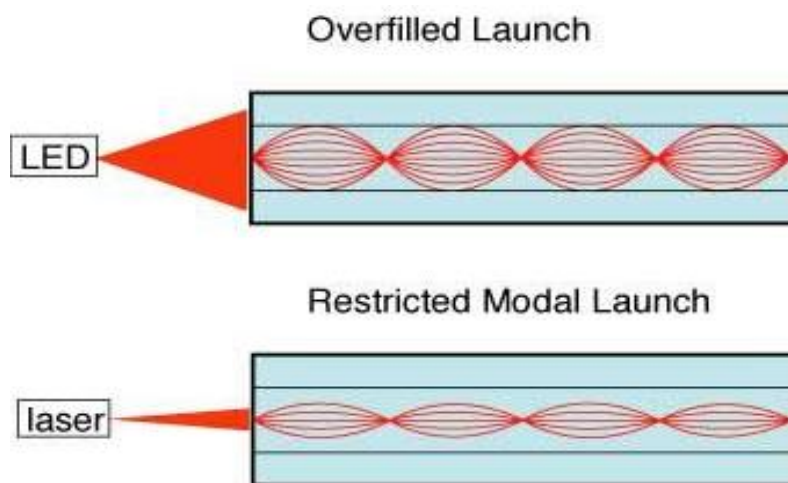


Figur 2.1 Graf som illustrerar förhållandet mellan ljusvåglängd i nm och dämpning i dB[1].

Ett optiskt system består vanligtvis av en sändare, optisk fiber, signalförstärkare och en mottagare [2]. En av anledningarna till att man använder fiberoptik istället för elektriska signaler i koppartråd, är för att det är billigare då det är tunnare och billigare material i fiberoptiken. Fler anledningar är att fiberoptik är snabbare, inte lika störningskänsligt, drar mindre energi, tydligare signaler, med mera [3].

2.1.1 Sändare/mottagare

Sändaren omvandlar en elektrisk impuls till ljussignaler och skickar det antingen från en LED eller laser som ljuskälla. Ljuskällan är via ett anslutningsdon i direkt kontakt med fibern. LED ger en bredare ljusbild till skillnad från laser som är mer fokuserad, vilket innebär mindre förluster med laser, se figur 2.2 [4].



Figur 2.2 Hur ljuset beter sig från olika ljuskällor (Laser och LED) [4].

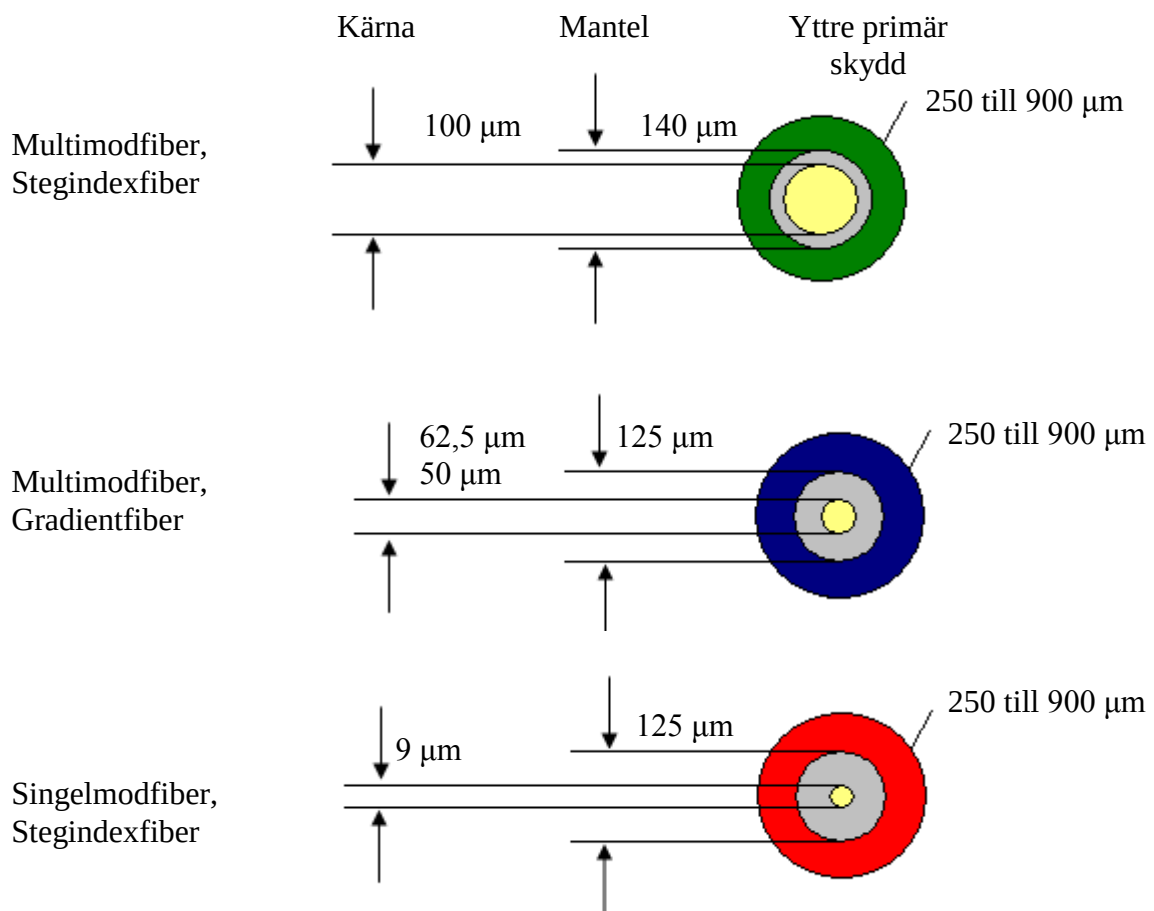
Mottagaren tar emot ljus via en fotodiod eller fotocell och omvandlar informationen till elektriska pulser. Dessa skickas sedan vidare till en dator, eller dylikt. Eftersom ljussignalen vanligtvis minskar i styrka under transporten sitter det en eller flera förstärkare innan mottagaren. Fotodioden i mottagaren kan bestå av olika material, men optimalt för våglängder mellan 750 nm och 1600 nm är germaniumdetektorer. En annan lösning är mottagare och sändare som är sammanbyggda, en så kallad tranceiver (eng. transmitter/receiver) [3].

2.1.2 Fiber

En fiber, optisk kabel, består av tre delar, en kärna, en mantel och ett yttre primärskydd. Det är i kärnan ljuset färdas. Manteln har ett lägre brytningsindex än kärnan och skapar totalreflektion så att ljuset färdas i enbart kärnan. Både kärnan och manteln är tillverkade av kvartsglas, SiO_2 . Det yttre primärskyddet är ett plastskikt som skyddar mot omgivning, så som repor och fukt [3].

Det finns två huvudtyper av fibrer som används för optisk kommunikation, singelmodfiber och multimodfiber. Mod är det sätt ljuset kan transportera sig på. I multimodfibern kan ljusvågen transporteras på flera sätt och i singelmod enbart på ett sätt. Multimodfiber kan i sin tur delas in i två grupper, stegindexfiber och gradientfiber. Stegindexfibern fungerar bra på kortare avstånd. I stegindexfibern studsar ljuset mot mantelväggarna, vilket innebär att de olika moderna inte kommer fram samtidigt. Detta kallas moddispersion. Vad det innebär är att ljuspulsen blir breddad. Blir pulsbreddningen för stor flyter pulserna in i varandra, som i sin tur innebär att sändningen misslyckas. Detta riskeras om man sänder över 10 MHz per kilometer. Detta betyder att sändaren får in en signal från exempelvis en funktionsgenerator som genererar pulser på 10 MHz. Dessa pulser skickas sedan i en fiber som är en kilometer lång. Skillnaden mellan stegindexfibern och gradientfibern är att brytningsindexet i kärnan i gradientfibern minskar desto närmre manteln moden rör sig. Detta medför att ljuset färdas snabbare ju närmare kärnans kanter det kommer, vilket kompenserar den längre vägen ljuset måste färdas. Denna teknik motverkar pulsbreddning. Det gör att man kan sända cirka 500 MHz per kilometer [3].

Singelmodfibern är en stegindexfiber där endast en mod kan transporteras. I och med att det inte blir någon fördröjning mellan moder är överföringskapaciteten hög och används därför vid långa avstånd och höga hastigheter [3].



Figur 2.3 Tvärsnitt av olika typer av fiber

2.1.3 Dämpning

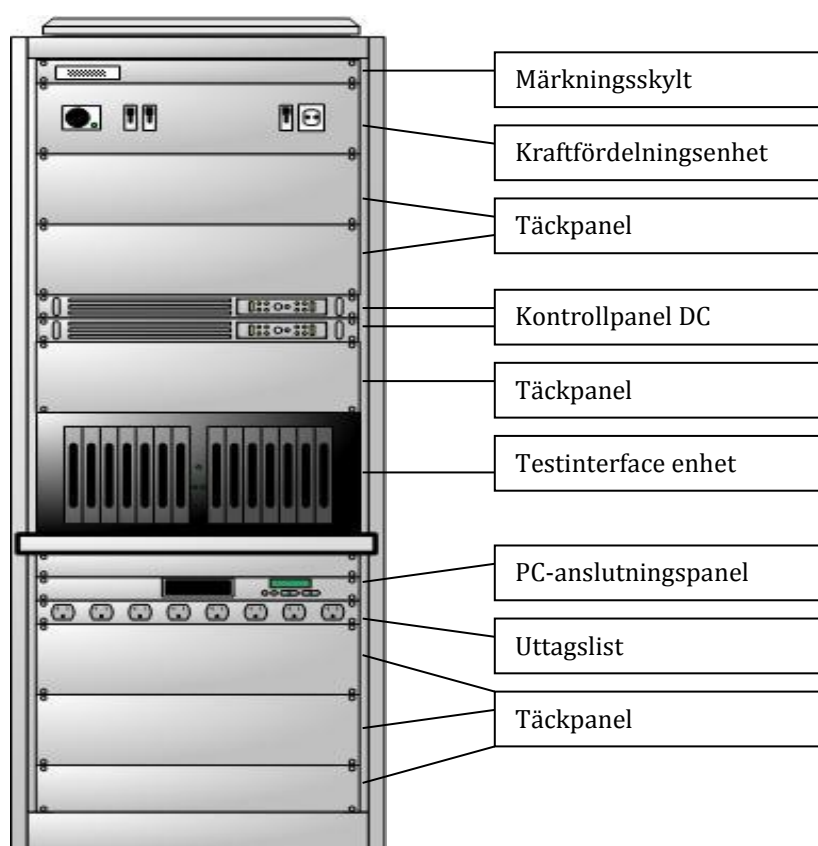
Dämpningar är förluster av ljus i fibern. Dämpningarna ökar ju längre ljuset färdas och dämpningar mäts följaktligen i decibel per kilometer. Dämpningar kan bero på tre olika anledningar. En anledning är spridning, vilket är när en liten del av ljusstrålen reflekteras i olika riktningar, bland annat ut från kärnan eller tillbaka mot ljuskällan. Spridning kan bero på vilken typ av kabel det är. En annan anledning till dämpning är absorption. Absorption inträffar när det är orenheter i glaset ljuset färdas genom, så som fukt eller metallpartiklar. Fukt förekommer naturligt i fibrerna, i extra utsträckning vid "vattentopparna", som förekommer vid våglängden 950, 1385 och 2730 nm. Vattentopparna är resultatet av vätejoner som är rester från tillverkningsprocessen. Den tredje anledningen är böjningar. Det finns två varianter, mikro- och makroböjningar. En mikroböjning är små deformationer som kan uppstå i kärnan. Detta gör att ljus kan läcka ut. En makroböjning är när hela fibern böjs i en för liten radie. Detta gör att ljuset inte reflekteras i kärnan på korrekt sätt och ljuset kan sippra ut genom manteln. Den tillåtna radien som får användas beror på fiberns tjocklek. Ju tunnare fiber desto mindre är minsta tillåtna böjningsradie [5].

2.1.4 Underhåll

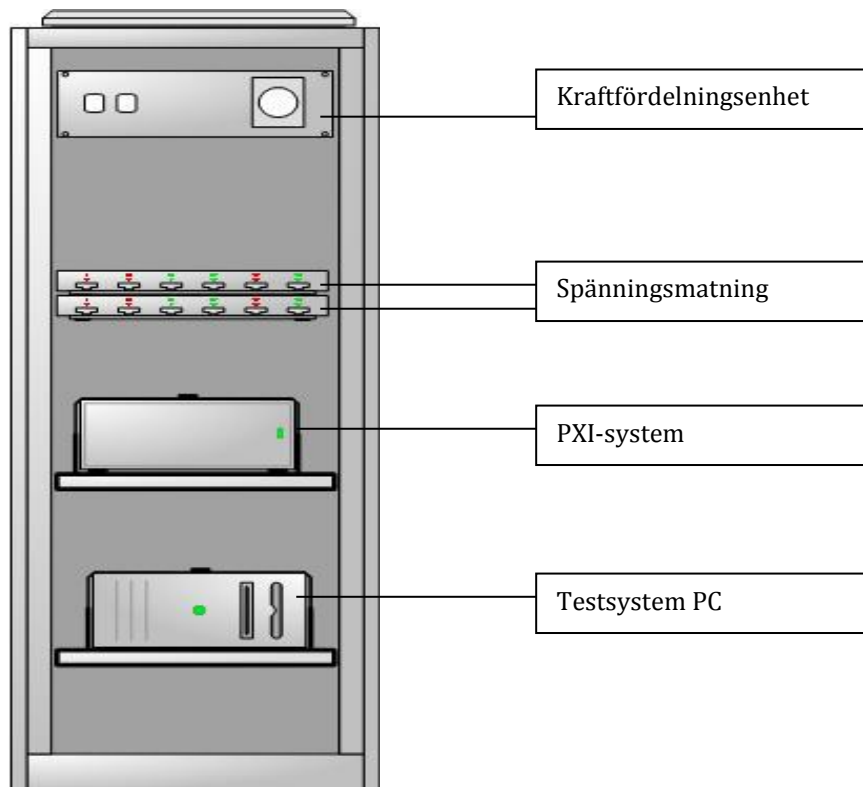
Föroreningar är ett vanligt förekommande problem i fiberoptiken. Fibern är känslig för minsta partikel. I och med att det inte går att undkomma problemet är det viktigt att vid varje test rengöra fiber och kontaktdon [6]. På SAAB finns en standard för rengöring av både fiber och kontaktdon. 1/1553-FDD2044006/1 beskriver rengöring av kontaktdon och R-3502008-118 rengöring av fiber.

2.2 Beskrivning av kretskortstestaren

Testsystemet som används för att testa kretskortet ser i dagsläget ut enligt figur 2.4 och 2.5. Systemet är byggt enligt standard 19". Detta innebär att enheterna i systemet har en bredd på ca 48,5 cm. Vissa delar har beställts in färdiggjorda från andra företag, så som National Instruments och Virginia Panel Corporation. Hela skåpet har en höjd på 170 cm. Det finns ventiler på sidorna av skåpet, samt ett fläktsystem monterat på taket för luftcirkulation och håller temperaturen i skåpet på 26°C. Baksidan av skåpet har en dörr för enkel access till enheterna. I skåpet finns en dator, kraftfördelningsenhet, två strömförsörjare samt ett PXI-system. PXI-systemet är kopplat till ett fixturinterface för enkel hopkoppling med externa fixturer där testobjekten (kretskorten) är monterade [7].



Figur 2.4 Kretskortstestaren, sedd framifrån



Figur 2.5 Kretskortstestaren, sedd bakifrån

2.2.1 PXI-controller

PXI-systemet är en flexibel instrumentplattform där olika moduler kan monteras [8]. I detta fall består systemet av moduler från National Instruments. Modulerna styrs av National Instruments egna program, LabVIEW. Några moduler som är monterade i PXI-systemet är switch, DMM, digital I/O, vågformsgenerator, funktionsgenerator, MUX och oscilloskop.

2.2.2 Testinterface

Testinterfacet består av kontaktmoduler och kontaktdon från VPC, Virginia Panel Corporation, och kan ses i figur 2.6. Till interfacet är PXI-systemet, spänningsmatningen och JTAGen kopplade.



Figur 2.6 Testinterfacet för kretskortstestaren

2.2.3 JTAG

JTAG, Joint test action group, är ett system för att testa kretskort. JTAGs ena användningsområde är att testa förbindelsen mellan komponenter. JTAG används även till att kontrollera varje individuell pinne hos varje enhet på kretskortet som är JTAG-kompatibel. Exempel på JTAG-kompatibla enheter är buffer, FPGA eller mikrocontroller. Om en krets har TDO, TDI, TCK och TMS utgångar/ingångar kan den kopplas till JTAG. TDO är data ut, TDI är data in, TCK är klockan och TMS är en kontrollinje. Det är en långsam process därför att systemet skiftar seriellt, vilket innebär att JTAGen går runt hela kretsen, en pinne i taget, från krets till krets [9].

2.2.4 Mjukvara

Det totala testsystemet kontrolleras av programmet Amelia, som är framtaget av SAAB. Amelia i sin tur kontrollerar LabVIEW-programmen. Mjukvaran är anpassad för Microsoft Windows och är installerad i testsystemets dator. För att skapa ett testprogram för ett kretskort skapas ett program i LabVIEW för varje del som ska testas. Därefter skapas en sekvensfil som via Amelia kallar på LabVIEW-programmen. Det färdiga testprogrammet körs autonomt från datorn.

2.2.5 FPGA

FPGA är en programmerbarkrets uppbyggd av en matris av förbundna CLBs. En FPGA är flexibel i och med att det inte har något förprogrammerat i sig. Användaren programmerar själv in alla funktioner hos kretsen. Utöver CLBs består kretsen också av input/output block, RAM-minne, multiplikator block och DCM block [10].

2.3 Hur kretskorten testas

Kretskorten som testas monteras i en fixtur, se figur 2.7. Fixturen placeras på ett bord på kretskortstestarens framsida. Fixturen sätts på plats i testinterfacet med hjälp av en spak som låser fast fixturen i testaren. Varje fixtur är specialbyggd för respektive kretskortstyp så att rätt modul blir kopplad till rätt komponent på kretskorten. Kretskorten med optisk funktion styrs av FPGAer som testas med hjälp av JTAGen. JTAG kommunicerar med elektriska impulser. Därför måste det göras en specialkoppling med fiber för att kunna testa den optiska funktionen. Enklaste testet av optiken på kortet är när det finns sändare och mottagare så att de kan testas mot varandra. Problemet uppstår när det endast finns en sändare eller en mottagare på kortet och man inte har något att testa mot. I dagsläget finns ingen standardiserad lösning. Ett alternativt skulle då vara att koppla in ett löst liggande kort med motsvarande sändare eller mottagare i en fixtur, exempelvis den i figur 2.7, och testa mot denna.



2.7 Fixtur att montera kretskort i som ska testas i kretskortstestaren

3. METOD

Först och främst undersöktes det vilka kretskort som skulle testas med kretskortstestaren. Detta gjordes dels genom att intervjua de som testar kretskorten på SAAB i dagsläget. Sedan användes SAABs databas för att hitta fler kretskort med optisk funktion. Fokus låg först och främst på att hitta alla optiska sändare/mottagare, och sedan se om dessa sändare/mottagare satt på kretskort som går att koppla till kretskortstestaren. I SAABs databas finns många gamla system som inte används, så nästa steg var att undersöka om kretskorten fortfarande används. Från detta sammanställdes data på vilka våglängder, hastigheter och kontaktsnitt som används på aktuella kretskort.

När datat var sammanställt utformades tre olika lösningar. Det första lösningsförslaget var baserat på att använda material tillgängligt på SAAB. Det utarbetades genom att använda de kort som tillsammans innefattar de funktioner som behövs. Denna information hämtades från förundersökningen, där varje kort med optisk funktion var antecknat.

Det andra lösningsförslaget var att tillverka ett eget kretskort som utformades så att det innefattade alla funktioner som krävs. Förslaget utformades som ett enkelt blockdiagram, så att personen som i så fall konstruerar kretskortet vet vilka funktioner kortet ska ha.

Det tredje lösningsförslaget var att hitta färdiga system tillgängliga på marknaden. Det gjordes dels genom att undersöka vilka andra optiska lösningar för test som finns på SAAB. Dessa lösningars funktion undersöktes och vilka företag konstruktören i respektive fall använt. Utöver detta söktes lösningar på internet för att se vilka företag som leverera optiska testsystem, samt se om det finns modernare lösningar än de som används på SAAB i dagsläget.

Lösningsförslagen utvärderades sedan ur ett ekonomisk, teknisk och underhållsmässigt perspektiv. För att utvärdera det ekonomiska kontaktades inköpsavdelningen på SAAB för priset på kablar m.m. För priset på kretskorten kontaktades planerare som tog fram tillverkningskostnaden. För alternativ på marknaden kontaktades företagen Kingfisher International, Agilent och JDSU som uppgav priser. Timkostnaden för arbetet på SAAB mottogs från chefen på den aktuella avdelningen för uppgiften. I detta fall lades hela uppdraget på test- och mätavdelningen. För att få en tidslängd på respektive uppdrag rådslogs det med erfarna medarbetare på test- och mätavdelningen. Den tekniska biten utvärderades genom att titta på hur avancerat systemet blev, om exempelvis flera kretskort kopplas samman, och hur olika delar av systemet kommunicerar. Utifrån detta analyserades det vilka egenskaper en konstruktör behöver för att förverkliga detta. Den sista delen att utvärdera var det underhållsmässiga. Detta innebär att exempelvis titta på hur mycket arbete det krävs att byta/laga systemet om det skulle gå sönder.

4. LÖSNINGSFÖRSLAG

Följande avsnitt är uppdelat i två delar. Avsnitt 4.1 beskriver den optiska hårdvaran samt den mjukvara som behöver skapas för att få systemet att fungera. Avsnitt 4.2 ger en överblick hur den optiska funktionen kan monteras i kretskortstestaren och vilka tillbehör som behövs.

4.1 Optisk funktion

Efter en grundlig genomsökning av Saabs databas över alla kretskort med optisk funktion framgick det att det finns nio aktuella kretskort med optisk funktion. De sänder/tar emot data med olika hastigheter på våglängder som kan ses i tabell 4.1. Samtliga dessa hastigheter och våglängder ska kunna testas med kretskortstestaren.

Tabell 4.1 Våglängder och hastigheter som används på företagets kretskort

Hastighet	Våglängd
V ₁	850 nm
V ₁	1310 nm
V ₂	1310 nm
V ₂	1550 nm
V ₃	850 nm

Det som ska testas är först och främst att se att det är någon kommunikation mellan sändare och mottagare. Därefter ska sändarens effekt och mottagarens känslighet testas. Testet som genomförs är framförallt för de kretskort som enbart har en sändare/mottagare, i och med att de korten behöver något att sända till/ta emot från.

4.1.1 Lösningförslag 1: Befintligt material på SAAB, EDS

En lösning till att testa kretskorten som används på SAAB är att använda befintliga kretskort som används i produktionen i dagsläget. Fördelen med detta är att specifikationer för dessa kort redan finns. Detta innebär att det inte behövs läggas tid på att designa eller programmera nya kort. Ritningar finns tillgängliga och det går snabbt att få ut en beställning. Nackdelen är att för att täcka in de våglängder och hastigheter som används behövs sex olika kretskort, som alla har olika kontaktsnitt för olika funktioner. Detta medför att en relativt stor fixtur krävs för att koppla ihop kretskorten med kretskortstestaren. De korten som i så fall skulle användas har följande artikelnummer i SAABs databas,

ROF61243/1

ROFM6540002/1

ROA1174336/1, R1E

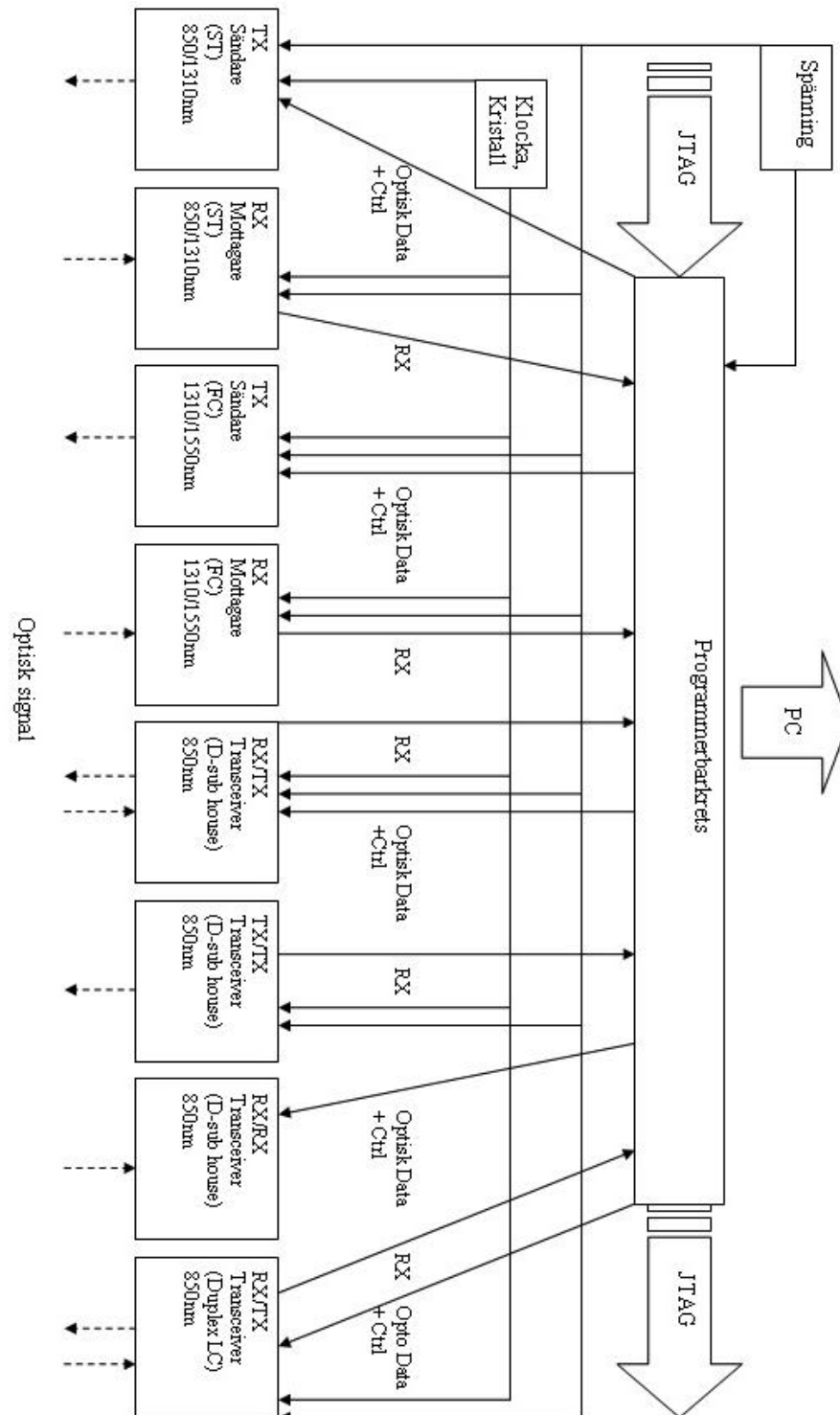
ROA1174336/1, R5B

ROFM6400011/1

ROF61245/1

4.1.2 Lösningsförslag 2: Egendesignad lösning

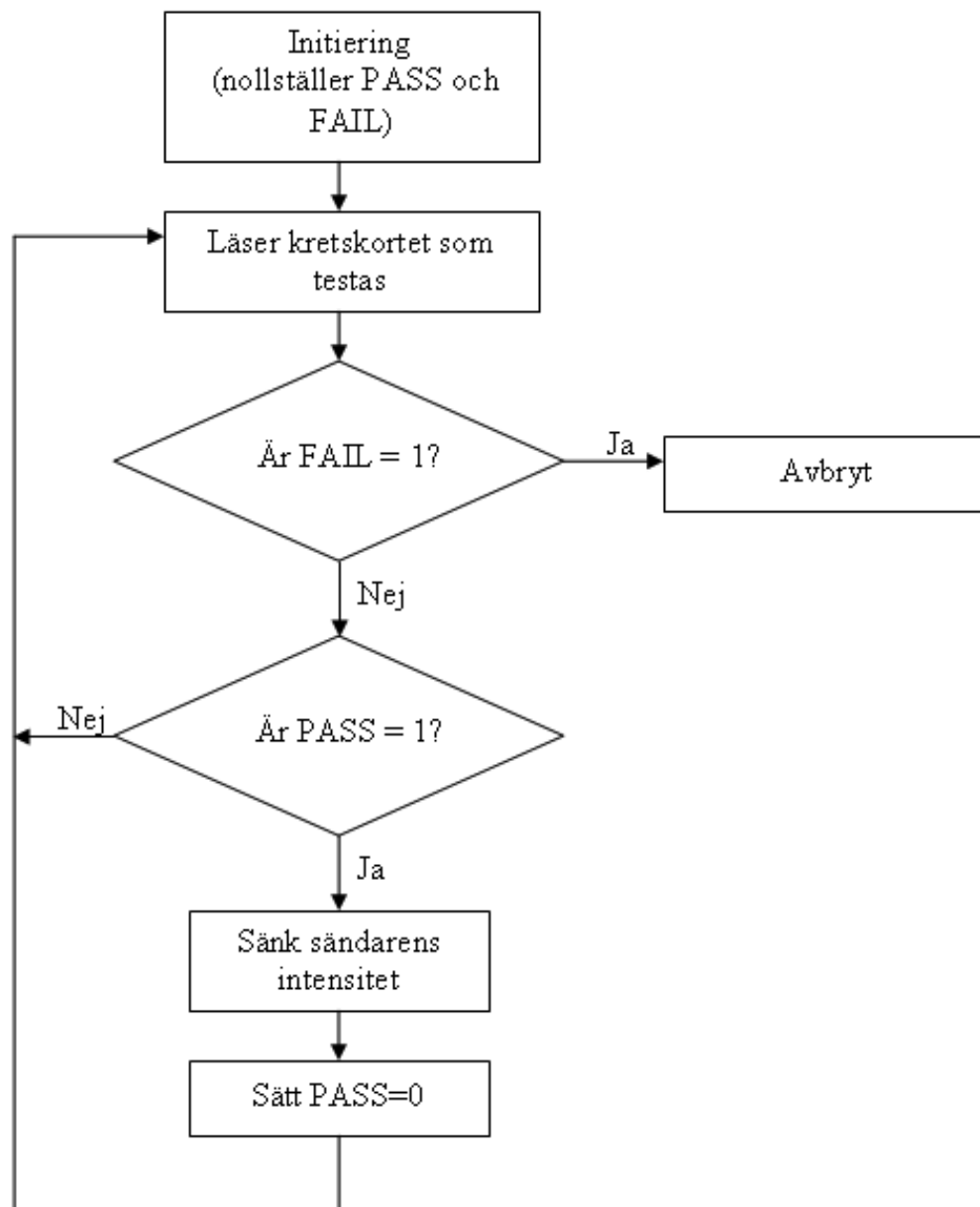
Ett annat tillvägagångssätt är att konstruera ett kretskort som innehåller samtliga funktioner som krävs för att testa kretskorten. Ett exempel på hur det kan se ut kan ses i figur 4.1 .



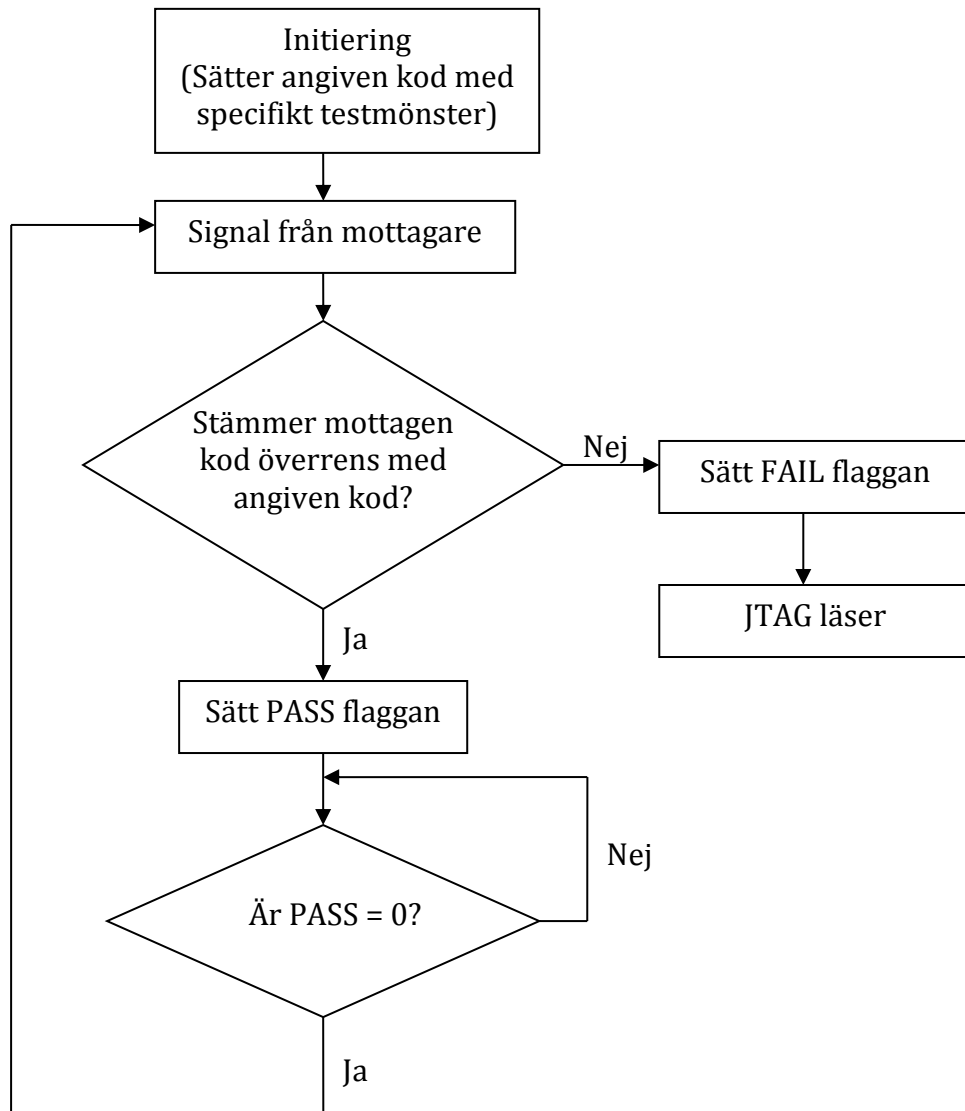
Figur 4.1 Blockschemata för kretskort med optisk funktion

Vilken optisk kontakt som används är inte av större vikt i och med att det går att konstruera kablar anpassade efter kontakterna. Så som kortet i figur 4.1 är konstruerat är att samtliga kontaktsnitt som används på kretskorten, som ska testas, innefattas. Kontaktsnitten som används är ST, FC/PC, D-sub house och duplex LC. För att sedan testa mottagarens känslighet skulle två separata program arbeta parallellt, samt en dämpare kopplas in. Det ena programmet kommunicerar med datorn och kretskortet som ska testas. Datorn i sin tur kommunicerar med en dämpare. Det andra programmet laddas direkt in i FPGA:n på kretskortet som testas, via USB, JTAG, eller dylikt. Programmet i datorn som kommunicerar med kretskortet läser av två ben på FPGA:n på kretskortet. Det ena benet representerar FAIL och det andra PASS. När programmet initieras nollställs båda dessa ben. Därefter skickas en datasträng från datorn till kortet via optisk kommunikation. Om PASS ettställs läser programmet av det och ökar dämpningen en nivå och nollställer därefter PASS. Sedan skickas samma datasträng på nytt och undersökningen görs igen. När dämpningen är så pass hög att mottagaren på kretskortet inte längre kan uppfatta signalen, ettställs FAIL. När FAIL då läses av avbryts programmet. Anledningen till att programmet utformas på det sättet är att avläsningen sker med JTAG, som har en mycket lägre hastighet än datorn. Med denna utformning på programmet väntar datorn på att JTAGen ska hinna genomföra kommunikationen innan dämpningen ökas. Dämpare för detta ändamål finns tillgängliga på marknaden, se avsnitt 4.1.4.

För att få ett test att fungera på detta sätt måste sändare och mottagare antingen ha samma klocka, alternativt att systemet självsynkroniserar. Annars läser mottagaren av i otakt, vilket gör att mönstret inte stämmer och ett fel som beror på klockan, och inte känslighet, uppstår.



Figur 4.2 Känslighetstest för mottagare. Testprogrammet i datorn.



Figur 4.3 Känslighetstest för mottagare. Kod för FPGA i kretskort med mottagare. När programmet i FPGA:n initieras läggs en testkod in med ett specifikt mönster som jämförs med det mönster mottagaren tar emot. Stämmer de överens ettställs PASS, om inte, ettställs FAIL.

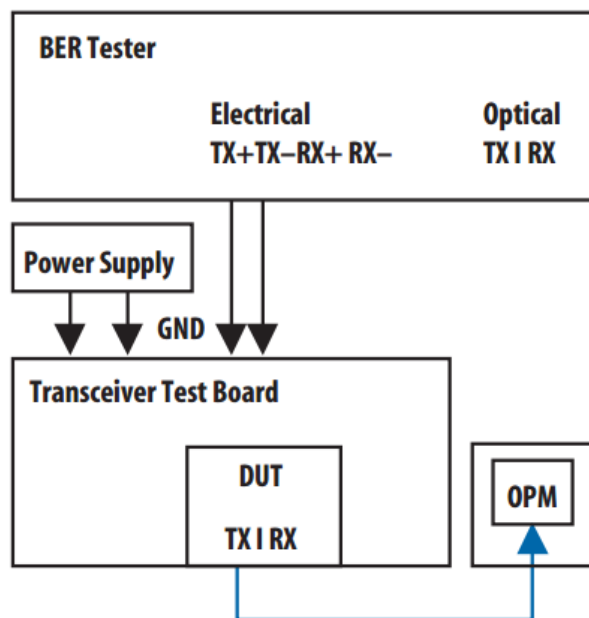
För att sedan testa sändarens effekt kan den kopplas till den optiska effektmätaren i avsnitt 4.1.3.

4.1.3 Lösningförslag 3: Befintliga lösningar på marknaden

JDS Uniphase Corporation är ett företag som bland annat producerar optiska testlösningar. För att testa en sändares optiska effekt och en mottagares känslighet använder de sig av JDSU Multiple Application Platform, MAP-200. Detta system kan testa mottagare, sändare och transceivers [11]. Detta system är anpassat för leverantörer som testar transceivers innan de monteras på kretskort. Systemet är därmed inte anpassat till optiska komponenter på kretskort med andra komponenter.

För att testa en sändares optiska effekt används en uppställning som kan ses i figur 4.4. I detta fall är en tranceiver illustrerad i DUT, men det fungerar även med enbart en sändare. Enligt figuren behövs det en BERT som kan producera en PRBS-signal.

PRBS är en sekvens av en varierad kombination av ettor och nollor. Figuren illustrerar även en extern spänningsskälla som gör att intensiteten hos sändaren kan regleras när matningsspänningen varieras. I och med att sändaren i det här testet sitter på ett kretskort med fler komponenter än den optiska sändaren måste detta lösas på ett annat sätt. Istället för att använda en BERT kan PRBS signalen istället produceras via FPGA:n på kortet. För att sedan inte påverka de andra komponenterna måste testet utformas så att den optiska sändarens intensitet enbart testas under samma matningsspänning som resten av kortet använder. Därefter kan sändaren kopplas direkt in till den optiska effektmätaren (OPM). För kretskorten i detta testfall lämpar sig en 10 mm GE MAP power meter från JDSU. Denna mätare är en modulär lösning som använder fotodioder av germanium, lämpad för våglängder mellan 800 och 1650 nm. Den kan automatiseras om den används med MAP-200 LXI-kompatibla interfaces och IVI drivrutiner. Den har en FC adapter som standard, men går att ändra vid specialbeställning [12].

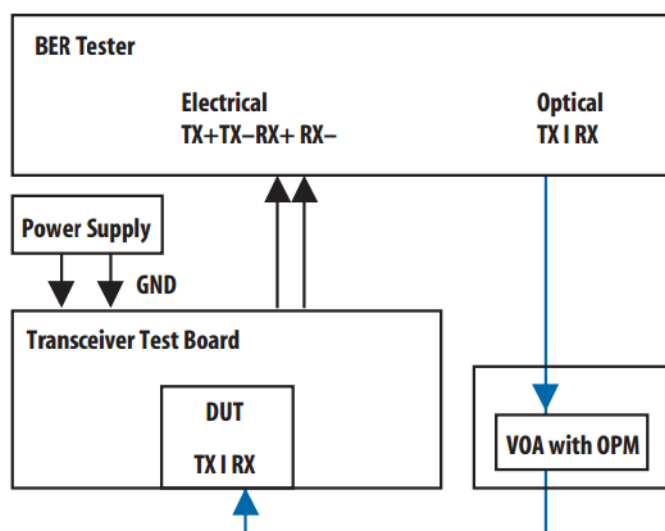


Figur 4.4 JDSUs förslag på test av sändarens optiska effekt

För att testa mottagarens känslighet föreslår JDSU en uppställning enligt figur 4.5. Här krävs en BERT för att generera en signal som ska testas hos mottagaren. En lämplig BERT är Agilent N5980A 3,125 Gb/s Serial BERT. Denna BERT kan mäta hastigheter mellan 125 Mb/s och 3,125 Gb/s och den kan, bland annat, generera PRBS och en klocka. Den har en SFP-honkontakt, vilket innebär att det går att anpassa systemet efter flera olika optiska moduler och kontakter. Den har en storlek på 228*59*246 mm (bredd*höjd*djup), som är halva storleken av kretskortstestarens bredd. Agilents BERT kan hantera samtliga våglängder och tester som används av kretskorten som ska testas [13].

BER-testaren är sedan kopplad till en dämpare (VOA, variable optical attenuator). En dämpare med samma modulära utformning som den optiska effekttestaren ovan är MAP variable optical attenuator från JDSU. Denna dämpare kan bli automatiserad på samma sätt som effekttestaren och kan hantera våglängder singelmod, 1260 upptill 1650 nm, och multimod 750 upptill 1350 nm[14].

Problemet ligger i att kunna få den elektriska signalen från mottagaren/tranceivern till BER-testaren. Då finns det två alternativ. Det ena alternativet är att reglera testsystemet vid utformningen av testet så att systemet från JDSU väntar in avläsningen utförd av JTAGen i kretskorttestaren. Detta innebär att systemet hinner registrera den signal mottagaren tar emot innan dämpningen ökas och ett nytt känslighetstest körs. Detta test är närmare beskrivit i avsnitt 4.1.2. Det andra alternativet är att sätta en prob som läser av signalen från mottagaren och kopplar proben till BER-testaren. Enligt JDSU ska denna BERT fungera med deras dämpare och effektmätare, och systemet ska därmed kunna automatiseras.



Figur 4.5 JDSUs förslag på test av mottagares känslighet

4.1.4 Kompletterande utrustning till lösningsförslag 1 och 2

För att utveckla test i avsnitt 4.1.1 och 4.1.2 går det att koppla dem med Kingfishers dämpare KI 7010 Series Fiber Test Attenuator. Dämparen används för att kunna genomföra känslighetstest för mottagaren [15]. Denna dämparserie kan hantera samtliga våglängder som används. Nackdelen är dock att det krävs en separat dämpare för vardera våglängden. Dämparen varierar också beroende på om det är multimod- eller singelmodfiber. I detta fall krävs därmed fyra separata dämpare.

För att sedan utföra testet för sändaren kan systemet kopplas till Kingfishers KI 2600 Series hand held fiber meter med germanium detektor. Den klarar våglängder mellan 300 och 1700 nm, multimod och singelmod. Den har en SC/LC duplex kontaktdon och USB ingång [17].

4.2 Utformning av kretskortstestaren med optisk funktion

Själva fixturen som innehåller den optiska lösningen ska, enligt SAABs önskemål, monteras i kretskortstestarens skåp. Det finns tillräckligt med utrymme att montera en hylla att placera den optiska fixturen på. Om någon av täckpanelerna tas bort kan det konstrueras en användarpanel till den optiska testfunktionen på framsidan.

Maxstorleken för den optiska lösningen får vara 483*260*700 mm (bredd*höjd*djup), utifrån hur kretskortstestaren är designad i dagsläget. Vanligtvis använder sig SAAB av höjdenheter för att benämna höjden. En höjdenhet är 44,45 mm [2]. Detta innebär att den optiska lösningen kan vara dryga 5 höjdenheter. För denna maxstorlek är hylla inräknad och placeras mellan kraftfördelningsenheten och spänningsmatningen, se figur 2.5.

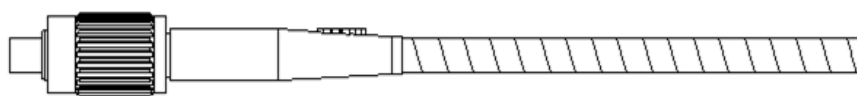
I och med att optiska kontakter är oerhört känsliga utformas inte lösningen som en del av testinterfacet hos kretskortstestaren. Kontaktdon till den optiska funktionen måste vara skyddade. Skulle dessa sitta monterade i testinterfacet finns det risk, vid montering av fixturer, att det glöms bort att ta av skydden. Detta riskerar att skada de optiska kontaktdonen. När fixturen sedan avlägsnas igen finns ännu en risk att skydden till kontaktdonen inte sätts på igen. En fördel med att inte göra den optiska som en del av det nuvarande testinterfacet är att varje fixtur för kretskort med optisk funktion inte behövs byggas om. Istället kommer fibrerna kopplas in direkt till den optiska kontakten på kretskortet från den optiska delen i kretskortstestaren.

4.2.1 Kablar till kretskortstestaren

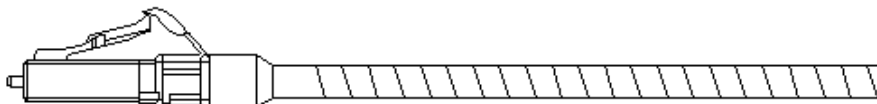
För att undvika makroböjningar på kablarna ansågs det olämpligt att ha kablarna konstant fastmonterade i den optiska testaren, samt sliter det på kontakterna. Dessutom i och med att kontaktdon kan variera, likaså typ av kabel, krävs det i så fall ett stort utbud kablar konstant hängande från testaren för att täcka in alla varianter på kretskort med optisk funktion. Lösningen på detta är att montera en ställning på sidan av kretskortstestaren. Där hängs alla fibrer, och lämplig fiber anpassad för aktuellt test kan väljas.

Antalet kablar som används beror dels på hur man vill utforma testet. Antingen vill man ha alla optiska kontakter på kretskortet som testas ihopkopplad med kretskortstestaren samtidigt. Alternativt utformar man testet så att användaren flyttar på kabeln var gång en ny optisk kontakt testas. Antalet kablar beror också på våglängden som används. Dämpningen i kabeln varierar beroende på signalens våglängd, så för att ha test som alltid har samma dämpning i systemet bör man använda en specifik kabel för en specifik våglängd [16]. Kablarna måste fungera för rätt kontaktsnitt på kretskorten, vilket innebär att enbart den ena ändan av kabeln kan bestämmas i dagsläget. Den andra ändan som är kopplad till testaren varierar beroende på vilken optisk lösning som väljs. Minimum antal kablar som bör finnas tillgängliga vid test är följande,

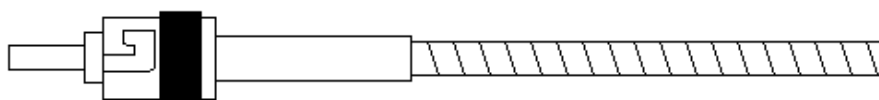
- 2 st (850 nm och 1310 nm) Multimodfiber, stegindex 100/140 µm, ST kontakt
- 2 st (1310 nm och 1550 nm) Singelmodfiber, stegindex 9/125 µm, FC/PC pigtail
- 1 st (850 nm) Multimodfiber, gradientindex 62,5/125 µm, D-Sub house
- 1 st (850 nm) Multimodfiber, gradientindex 62,5/125 µm, Duplex LC kontakt



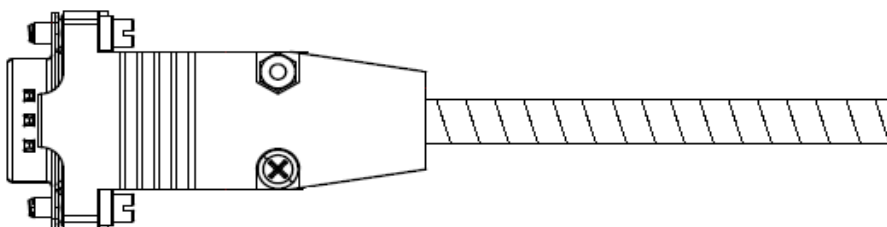
Figur 4.6 FC/PC pigtail kontakt



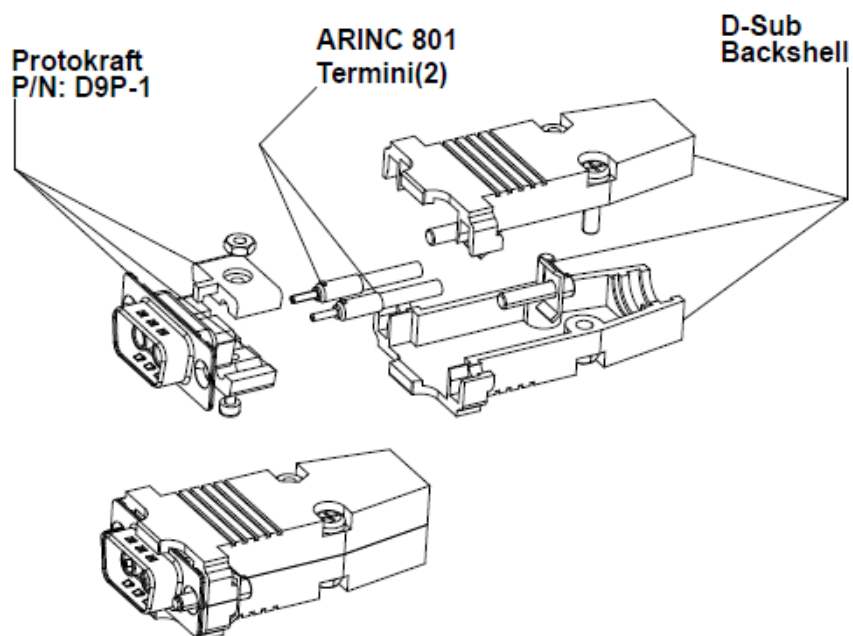
Figur 4.7 LC kontakt



Figur 4.8 ST kontakt



Figur 4.9 D-Sub



Figur 4.10 D-Sub, delar

5. UTVÄRDERING AV LÖSNINGSFÖRSLAG

Nedan följer en analys av respektive lösningsförslag, samt en utvärdering av produkter som används i flera utav lösningsförslagen. För att genomföra lösningsförslagen krävs det timarbete av ingenjörer. I detta fall har det räknats på en konsulttaxa på 800 kr/timme. Priset angivet för kretskorten är den genomsnittliga tillverkningskostnaden, vilket inkludera timtaxa, komponenter och provning. Samtliga lösningar kan kombineras och utökas. För att få en bättre utvärdering av lösningsförslagen får man kombinera de delar och egenskaper man vill använda sig av. Denna analys redovisar maxpriserna för respektive lösning.

5.1 Utvärdering, lösningsförslag 1

En utvärdering av att använda sig av befintliga material på SAAB, EDS.

5.1.1 Ekonomi

Kostnader som innefattas i lösningsförslag ett är kostnaden för kretskort, tiden att konstruera bakplan och kommunikation, samt utformning av program för de nio olika typer av kretskort som ska testas. Också medräknat är kostnaden för själva bakplanet och monteringen i kretskortstestaren. I priserna är det även inkluderat att enheten programmeras att kunna göra känslighets-/effekttest, samt de enheter som i så fall behövs.

	Antal	Totalt (kkkr)
Kretskort	6 st * 20 000	120
Utformning av program	40 h*9 kretskort=360	288
Bakplan, konstruktion	200 h	160
Bakplan, mekanik		15
Mekanik i kretskortstestaren		0,44
Dämpare, multimod, 850 nm		30,9
Dämpare, multimod, 1310 nm		29,5
Dämpare, singelmod 1310 nm		29
Dämpare, singelmod, 1550 nm		29
Effektmätare		12,5
Totalt		714,34

5.1.2 Teknik

Problem som kan uppstå är att få alla korten att fungera ihop. Konstruktören av det här lösningsförslaget ska kunna hårdvara, samt mjukvara för att få korten att fungera ihop med varandra och resten av systemet. Det krävs också arbete med att utforma bakplanet så att samtliga kretskort passar. Lösningen kommer troligen ta stor volym i anspråk då respektive kretskort behöver visst mån av utrymme. När det kommer till utvecklingsmöjligheter blir det komplicerat. Behövs fler funktioner eller hastigheter kommer ett till kort att behöva monteras in, vilket innebär att hela enheten måste byggas om. När det gäller Kingfishers dämpare och effektmätare, som är de enheter använda i beräkningen ovan, är de inte den optimala lösningen. De är bärbara system och inte anpassade att fästas i kretskortstestaren.

5.1.3 Underhåll

I och med att, i detta lösningsförslag, det är kretskort som producerats på SAAB en längre period är det relativt lättillgängligt att få tag i ett nytt kort om ett av kretskorten går sönder. För att skydda kortet bör det konstant finnas skydd på de optiska kontaktdonen. Detta kommer dock inte motverka det faktum att de måste rengöras inför varje test, men det skyddar från repor, m.m.

5.2 Utvärdering, lösningsförslag 2

En utvärdering av att utforma en egendesignad lösning.

5.2.1 Ekonomi

Kostnader som innefattas i lösningsförslag två är konstruktionen av kretskortet, själva kretskortets kostnad, utformning av program för de nio olika typer av kretskort som ska testas, samt bakplan och monteringen i kretskortstestaren. I och med att kretskortet aldrig tidigare byggts togs priserna fram för FPGA, de optiska komponenterna, samt en uppskattning av arbetskostnaden. Utöver detta inkluderar prisuppskattningen också enheter som behövs för att göra känslighets-/effekttest. Detta skulle motsvara följande,

	Antal	Totalt (kkkr)
Konstruktion kretskort	150 h	120
Komponenter		85,025
Arbetskostnad		10
Utformning av program	40 h*9 kretskort=360	288
Bakplan, konstruktion	80 h	64
Bakplan, mekanik		10
Mekanik i kretskortstestaren		0,44
Dämpare, multimod, 850 nm		30,9
Dämpare, multimod, 1310 nm		29,5
Dämpare, singelmod 1310 nm		29
Dämpare, singelmod, 1550 nm		29
Effektmätare		12,5
Totalt		708,368

5.2.2 Teknik

Kortet kommer vara unikt och behöva specialbeställas. Det kommer krävas både mjukvarukunskap och hårdvarukunskap. För mjukvaran krävs någon som kan programmera FPGA. Det krävs också en förståelse för kommunikation mellan dator och JTAG och anpassa programmen därefter. För hårdvaran krävs det någon som kan kretskortskonstruktion. Det krävs även en förståelse för hur kretskortet fungerar med olika våglängder och hastigheter vid optisk kommunikation. Olika delar av kortet ska sända i olika hastigheter. Ett problem är att detta lösningsförslag, precis som lösningsförslag ett, använder dämpare och effektmätare som är inte anpassade för kretskortstestarens fixtur. Systemet har dock möjligheter till utveckling då standard våglängder används. Man kan komma upp i de hastigheter som behövs genom att koppla kretskortstestaren funktionsgenerator, där frekvenser kan varieras, till det egendesignade kretskortet i testaren. Däremot om det krävs en hastighet över 4,25 Gb/s har systemet begränsningar.

5.2.3 Underhåll

I och med att kortet kommer vara unikt lär det troligen inte finnas ett extra kort nära till hands. Detta innebär att om kortet går sönder kan det krävas att ett helt nytt kort måste beställas. Då kommer det inte finnas något optiskt test förrän det nya kortet är monterat. Något att då ha i åtanke är att beställa två kort istället för ett. Troligen skulle båda korten tryckas på samma panel. Trycks ett eller två kort på samma panel varierar inte kostnaden i så stor utsträckning, därför är det en rekommendation att beställa två. Likaså här som i lösningsförslag ett, bör det konstant finnas skydd på de optiska kontaktdonen.

5.3 Utvärdering, lösningsförslag 3

En utvärdering av lösningar som finns tillgängliga på marknaden.

5.3.1 Ekonomi

I detta lösningförslag krävs en dämpare, optisk effekttestare, en BERT, samt det program som är presenterat i lösningsförslag två. Dock efter upprepade försök har inget pris för JDSU enheter hittats. Dessa enheter står därför märkta som TBD, to be defined.

	Antal	Totalt (kkkr)
Utformning av program	40 h*9 kretskort=360	288
Mekanik i kretskortstestaren		0,44
Agilent BERT		193,819
JDSU dämpare, singelmod		TBD
JDSU dämpare, multimod		TBD
JDSU effektmätare		TBD
Totalt		TBD

5.3.2 Teknik

Denna lösning är relativt simpel ur hårdvaruperspektiv. BER-testaren, dämparen och effektmätaren ska monteras i kretskortstestaren och sedan kopplas de ihop med kretskorten via fiber. Det krävs en utformning av mekaniken som håller enheterna på plats. BER-testaren är från Agilent vilket är samma leverantör som till spänningsmatningsenheterna i kretskortstestaren. För mjukvaran kan den utformas på samma sätt som i lösningsförslag två, alternativt om man väljer att lägga hela programmet i FPGA:n på kretskortet som testas. Samtliga enheter är LabVIEW anpassade, och därmed går testet att automatiseras.

5.3.3 Underhåll

Fördelen med att använda färdiga produkter från andra företag är att om de går sönder går det att returnera till företaget för reparation. Agilent har dessutom en garanti på tre år. Delar av detta lösningsförslag används av tillverkare av optiska sändare/mottagare som står enskilt. I detta projekt är det anpassat för att fungera för sändare/mottagare monterade på kretskort. Detta alternativ ger därmed utrymme för att utöka testerna för sändare/mottagare, för att testa, exempelvis, jitter

5.4 Övriga kostnader

Utöver de kostnader som uppkommer i framtagande av produkten tillkommer fler komponenter.

5.4.1 Kablar

Kostnaden för kablarna är varierande beroende på hur många man behöver och hur de ska se ut. Vid val av kablar utgår man från den optiska lösningen i kretskortstestaren. Flera av kablarna tillverkas inte idag, men uppskattningsvis ligger de mellan 1000 och 3000 kr. För att sedan konstruera en ny kabel krävs det 8 timmars arbete, vilket motsvarar 6400 kr [17].

5.4.2 Rengöring

Enligt SAAB standard behövs följande för att rengöra optiken,

- Tops för fiberoptik
- Rengöringsduk Qbe
- Våtservett Electro-Wash Mx
- MSN 104 01 (99,5% spektrografisk ren etanol)
- Pincett
- Mikroskop

6. DISKUSSION

6.1 Kablar

När det kommer till kablarna är specifikationen något motsägelsefulla från leverantörerna. De tillverkar mottagare och sändare för väldigt höga hastigheter vilket innebär att den mest lämpade kabeln är stegindex, som är bäst på att hantera så pass höga hastigheter. Leverantören hävdar dock att en multimod, gradientfiber ska användas. Vilket, enligt dem, ska fungera upp till 300 m. I och med att avstånden i testaren inte är så pass stora bör det därför fungera i detta fall. Skulle tester med längre avstånd tas fram är detta något som då bör tas i beaktningen.

6.2 Underhåll vid utförandet av test

Eftersom fiber är så pass känsligt för damm och dylikt bör fibern rengöras innan varje test. Vid genomförandet av test kan det därför vara rekommenderat att det kommer upp en notifikation var gång som uppmanar användaren att rengöra fibern.

6.3 Ekonomisk utvärdering

Priserna som tagits fram i analysen är i överkant. Exempelvis i uppskattningen av hur många timmar det tar att ta fram mjukvara för kretskorten är det högt räknat. Är det en erfaren programmerare bör det inte ta så lång tid. Så beroende på vem som får uppdraget varierar arbetstiden. Dessutom finns det troligtvis befintliga rutiner i dagens programkod i FPGAer på kretskorten som testas, som kan användas för att styra sändare/mottagare.

6.4 Alternativt sätt att standardisera test

I avsnitt 5.2.1, Kablar till kretskortstestaren, poängteras det att dämpningen varierar vid olika våglängder. För att då alltid ha samma dämpning i systemet används specifika kablar. Detta görs för att om man vet dämpningen kan man räkna ut sändarens verkliga effekt, när sändaren sänder till mottagaren, i mottagarens känslighetstest. Ett alternativt sätt att göra detta är att koppla sändaren till en optisk splitter precis innan signalen går in i mottagaren. En optisk splitter delar upp signalen så att "samma" signal kan gå åt två olika håll. Från splittern går signalen dels in i mottagaren och dels in i en effektmätare. På detta sätt kan man se exakt på vilken effekt mottagaren inte längre kan läsa signalen korrekt. Ingen hänsyn behöver tas till dämpningar som beror på hur långt signalen färdats, eller hur många kontakter den går igenom.

6.5 Fortsatt arbete

Detta projekt har fokuserat på att ta fram test av kretskort med optisk funktion som finns i SAABs produktion i dagsläget. Ett fysiskt testsystem kommer att tas fram som tidigast sommaren 2014. Denna rapport kommer då användas som riktlinje för hur en sådan testlösning kan se ut. När det är dags att ta fram ett optiskt test kommer fler kort finnas tillgängliga i produktionen och det är främst dessa kort testsystemet utformas efter. Detta innebär att ännu en förundersökning måste göras av nyproducerade kort från och med nu till dess att testet tas fram. Därför är det viktigt att systemet som rekommenderas ska ha utvecklingsmöjligheter.

7. SLUTSATS

Efter analys av SAABs kretskort ska följande tre saker undersökas vid test av optisk kommunikation hos kretskorten,

1. Om kommunikationen mellan sändare/mottagare fungerar
2. Sändarens effekt
3. Mottagarens känslighet

Utöver de tre kriterierna ovan vill SAAB att lösningen ska kunna monteras i kretskortstestaren. Detta innebär att lösningsförslag tre (JDSU) är ett lämpligt alternativ. Deras lösning passar dels i kretskortstestaren och kan även testa känslighet/effekt hos mottagare/sändare. För att kunna använda JDSUs enheter krävs även en BERT. Detta innebär att test kan automatiseras då BER-testaren är LabVIEW kompatibel. Denna lösning måste kombineras med mjukvaran i lösningsförslag två, avsnitt 4.1.2. Både JDSU och Agilents kontaktsnitt går att specialbeställa. Förslagsvis används kontaktsnittet FC/PC. Efter att ha tittat igenom SAABs databas innebär det, om FC/PC ska användas, att två nya kablar måste konstrueras, nämligen FC/PC – D-sub och FC/PC – LC. Denna konstruktionskostnad har tagit med i den ekonomiska beräkningen. Eftersom JDSU inte bistod med priserna på deras enheter går det inte att jämföra priserna på lösningsförslagen. Den största skillnaden mellan det här lösningsförslagen och övriga förslag är att detta förslag inte kräver lika mycket tid av ingenjörer på SAAB.

	Antal	Totalt (kr)
Utformning av program	40 timmar*9 kretskort = 360	288
Mekanik i kretskortstestaren		0,44
Kablar	6 st*2000 kr/st	12
Konstruktion av kablar	16 h	12,8
Agilent BERT		193,819
JDSU dämpare, singelmod		TBD
JDSU dämpare, multimod		TBD
JDSU effektmätare		TBD
Totalt		TBD

(TBD = To be defined)

REFERENSER

1. Guide To Fiber Optics & Premises Cabling, The Fiber Optic Association – Tech Topics. The Fiber Optic Association Inc, Fallbrook, Kalifornien 1999-2013, <http://www.thefoa.org/tech/wavelength.htm> (Acc 2013-11-28)
2. Material hos konstruktion på SAAB, EDS, Göteborg. Tillgängligt hos komponentingenjör, Opto Datablad/diverse
3. Hur fungerar en optisk fiber, Anne Ståhl Mousa. Bredband Gotland, Visby 2011-05-17, BredbandGotland.se/A Ståhl Mousa 2011-05-17 (Acc 2013-11-16)
4. The Fiber Optic Association - Fiber Optic Tranceivers. The Fiber Optic Association Inc, Fallbrook, Kalifornien 1999-2013, <http://www.thefoa.org/tech/ref/appln/transceiver.html> (Acc 2013-11-15)
5. Understanding Fiber Optics and Local Area Networks. Corning Cable Systems Hickory, North Carolina 1994-2013, <http://www.ofsoptics.com/resources/Understanding-Attenuation.pdf> (Acc 2013-11-15)
6. Inspecting and Cleaning Procedures for Fiber-Optic Connections, Cisco, San José, Kalifornien 2006 http://www.cisco.com/en/US/tech/tk482/tk876/technologies_white_paper09186a0080254eba.shtml (Acc 2013-11-30)
7. SAABs databas, IFS
8. What is PXI?, National Instruments, Kista 2013 <http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/global/lang/sv/pg/1/sn/n24:PXI-FSLASH-CompactPCI/fmid/3/>
9. IEEE Standard for Reduced-Pin and Enhanced-Functionality Test Access Port and Boundary-Scan Architecture," *IEEE Std 1149.7-2009*, vol., no., pp.c1,985, Feb. 10 2010 doi: 10.1109/IEEESTD.2010.5412866 http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5412866&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5412866
10. Spartan-3AN FPGA Family Data Sheet, Product Specifikation, XILINX, DS557 2011, www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds557.pdf (Acc 2013-11-03)
11. Optical Trensceivers Testing Using the JDSU Multiple Application Platform (MAP-200), JDSU, Januari 2009 <http://www.jdsu.com/productliterature/map200.an.fop.tm.ae.pdf>

12. MAP Optical Power Meter (mOPM-A1), JDSU, maj 2008
http://www.en4tel.com/pdfs/mapopm_a1_ds_lab_tm_ae.pdf
13. Agilent N5980A 3,125 Gb/s Serial Bert Data Sheet Version 1.0, Agilent Technologies, USA, May 2006 <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-4752EN.pdf>
14. JDS Uniphase Corporation 2013, JDSU, 2013
http://www.jdsu.com/ProductLiterature/mapvoa2_ds_lab_tm_ae.pdf
15. KI 7010B Series Automated Variable Optical Attenuator Operation & Maintenance Guide, Kingfisher International, Scoresby, Australien,
<http://www.kingfisherfiber.com/Fiber-Optic-Test-Equipment/KI7010-Optical-Attenuator/7010-VOA.htm>
16. KI 2600 Series Hand Held Fiber Meter Data Sheet, Kingfisher International, Scoresby, Australien, <http://www.kingfisherfiber.com/Fiber-Optic-Test-Equipment/KI2600-Optical-Power-Meter/2600-Optical-Power-Meter.pdf>
17. Jonas Ekholtz, Saab, EDS, Göteborg, tel 031-7949216

BILAGA 1



Application Note

Optical Transceiver Testing Using the JDSU Multiple Application Platform (MAP-200)

Introduction

An optical transceiver is a single, packaged device that works as a transmitter and receiver. It is an important part of optical network equipment that converts electrical signals to optical signals and vice versa. Optical transceivers are widely deployed today in synchronous optical networking/synchronous digital hierarchy (SONET/SDH), Gigabit Ethernet (GigE) and Fibre Channel (FC) optical networks. Optical transceiver manufacturers must perform a set of tests to ensure compliance with the defined specifications. This paper addresses the testing of two key optical parameters: transmitter optical power and receiver sensitivity, using the JDSU Multiple Application Platform (MAP-200).

Optical Transceiver Overview

Several standards bodies govern optical transceiver specifications. The Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunication Union (ITU-T) and Telcordia are the two major standards organizations for telecom, while the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) and the American National Standard Institute (ANSI) are the major standards organizations for datacom. In addition, several transceiver manufacturers have established a multi-source agreement (MSA) to ensure interoperability. The scope of the MSA includes mechanical, electrical and optical specifications. In today's market, transceivers with bit rates below 10 Gb/s come in two primary form factors: small form-factor (SFF) and small form-factor pluggable (SFP). The 10-Gb/s transceiver market has also seen a wide variety of other form factors including 300 pins, small form-factor pluggable plus (SFP+), 10-Gigabit SFP (XFP), X2, XPAK, and XENPAK as a bigger footprint is needed to accommodate the more complex electronics.

An optical transceiver data sheet usually includes mechanical, electrical, and optical specifications. To guarantee compliance to specifications and industry standards, testing of the electrical and optical parameters is an essential step in the manufacturing process. Optical parameters can be further divided into two categories: transmitter and receiver. Table 1 shows some of the main parameters specified by transceiver manufacturers.

Transmitter Optical Parameters	Receiver Optical Parameters
<i>Average Optical Power</i>	<i>Receiver Sensitivity</i>
Extinction Ratio	Stressed Receiver Sensitivity
Optical Modulation Amplitude	Dispersion Penalty
Center Wavelength	Receiver Overload
Spectral Width	Loss of Signal/Signal Detect Assert/De-Assert
Optical Eye	Loss of Signal/Signal Detect Hysteresis

Table 1. Main parameters specified by transceiver manufacturers

The following section discusses testing of transmitter average optical power and receiver sensitivity. These two parameters are used in link power budget analysis at the system level to determine the power margin of an optical link. This margin is allocated for connector, splice, fiber losses, and system margin.

Transmitter Average Optical Power Measurement

The transmitter port of an optical transceiver consists of a light source and associated electronic circuitry. Semiconductor-based light emitting diodes (LEDs) and laser diodes are used as light sources in optical transceivers. LEDs and vertical cavity surface emitting lasers (VCSELs) are commonly used

Application Note: Optical Transceiver Testing Using the JDSU Multiple Application Platform (MAP-200)

in the transmitters for local and premises networks while Fabry-Perot (FP) lasers and distributed feedback (DFB) lasers are used in the transmitters for Metro and long-haul networks.

In optical communication, light sources are intensity modulated, which is a process of applying varied current to the laser to change the output power level. As illustrated in Figure 1, a finite power level represents logic zero rather than a true complete absence of power.

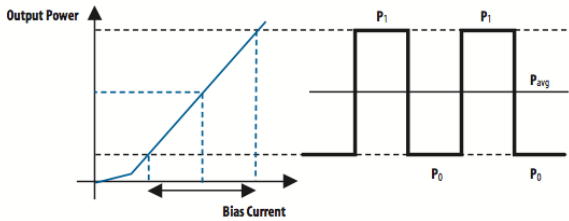


Figure 1. Optical Modulation on Laser

Data transmission up to 10 Gb/s uses the non-return-to-zero (NRZ) modulation scheme. In the NRZ data stream, there is equal probability of logic 1 and logic 0 over a long period of time. Transmitter average optical power, P_{avg} is a measure of the average energy of logic 1, P_1 , and logic 0, P_0 , coupled into the fiber over a period of time.

$$P_{avg} = \frac{(P_1 + P_0)}{2}$$

Average optical power is measured with an optical power meter. The measurement unit is usually expressed in dBm, a logarithmic ratio of power level to 1mW.

$$P_{dBm} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right)$$

Transmitter average optical power measurement is a typical production test performed to ensure that the transmitter meets the specified performance, as Figure 2 shows. This measurement is usually taken using a suitable length of a pseudo-random bit sequence (PRBS) data stream at a specific data rate. Figure 3 illustrates the JDSU solution.

Example Measurement Setup

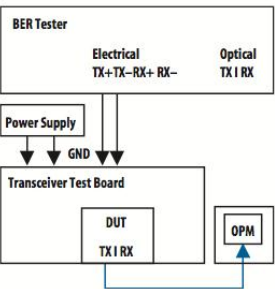


Figure 2. Typical setup of transmitter average optical power measurement



Figure 3. JDSU MAP-200 Variable Optical Attenuator, Optical Power Meter Modules, and MAP-230 Mainframe

Application Note: Optical Transceiver Testing Using the JDSU Multiple Application Platform (MAP-200)



Figure 4. JDSU
3 mm InGaAs Power
Meter with Dual
Detector
Configuration and
MAP-280 Mainframe

Finally, the choice of photodiode material used in a power meter is important since semiconductor properties determine the wavelength range over which the device will operate. Both Indium Gallium Arsenide (InGaAs) and Germanium (Ge) photodiodes can be used for power measurements in the 800 to 1650 nm wavelength range. Ge is presently the lower-cost solution; therefore, applications such as parallel optic transmitter power measurements, which require a larger detector area a Ge-based power meter is more cost-effective. An InGaAs-based power meter is more suitable for measurements at 1625 nm than a Ge-based power meter, as Ge responsivity drops off rapidly at 1600 nm. More sophisticated power meters calibrate in small increments over a wide wavelength for improved measurement accuracy.

JDSU offers two types of MAP Optical Power Meters: a 3 mm InGaAs detector and a 10 mm Ge detector.

Receiver Sensitivity Measurement

The receiver portion of an optical transceiver contains a photodiode that performs the optical-to-electrical conversion and electronic circuitry to correctly interpret the bits received. The most common photodiodes used in an optical transceiver are semiconductor-based pin photodiode and avalanche photodiode (APD).

$$BER = \frac{N_e}{N_t} = \frac{N_e}{DT}$$

The most critical figure of merit for optical links is the bit error rate (BER). The BER is the ratio of error bits N_e to the bits sent N_t over a certain time interval T . The time interval T is also known as the gating time.

Where D is the data rate expressed in bits per second (bps) a BER of 10^{-9} means that for every billion bits sent there is one bit in error. Typical error rates for optical communication range from 10^{-9} to 10^{-12} . Receiver sensitivity is defined as the minimum optical power required to yield a specific bit error rate.

BER is a statistical analysis. To render a statistically valid measurement, the number of errors should be in the order of 10s. For low BER, the measurement can be very long to be practical for high volume manufacturing.

Example:

For BER of 10^{-9} to get 10 errors at 155.52 Mbps (STM-1/OC-3), 64 seconds of gating time is required.

$$T = \frac{10}{155.52 \times 10^6 \times 10^{-9}} = 64 \text{ s}$$

For BER of 10^{-12} to get 10 errors at 155.52 Mbps (STM-1/OC-3), about 18 hours of gating time is required.

$$T = \frac{10}{155.52 \times 10^6 \times 10^{-12}} = 64300 \text{ s}$$

Because of impracticality in the manufacturing environment, receiver sensitivity is usually tested within reasonable gating time at higher BER. Figure 5 displays a plot of BER versus optical input power, known as the waterfall plot. Sensitivity measurements at higher BER can be fitted to the waterfall plot and the sensitivity at the required BER can be extrapolated.

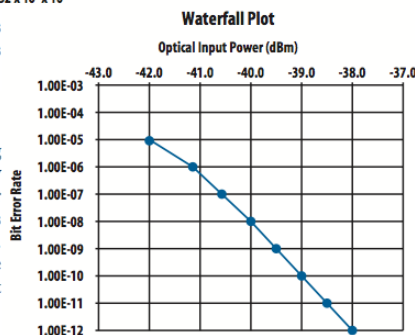


Figure 5. BER versus optical input power, known as the waterfall plot

Application Note: Optical Transceiver Testing Using the JDSU Multiple Application Platform (MAP-200)



Figure 7. JDSU MAP Variable Optical Attenuator

Typically, receiver sensitivity is measured in the manufacturing environment by repeatedly transmitting and receiving a suitable length of a PRBS data stream, as Figure 6 shows. A BER Tester (BERT) generates a PRBS data stream at the user-specified data rate. The PRBS signal from a reference transmitter travels through an optical attenuator to the receiver of the device under test (DUT). The receiver of the DUT converts the optical signal to an electrical signal. The electrical signal is then sent to the BERT to determine whether the received data matches the transmitted data, thus deriving the BER. The attenuation is increased or decreased until the specific BER is achieved during the gating period. The power level is the sensitivity at the specified BER. There are two ways of measuring the power level: switch the optical signal after the attenuator (with an optical switch) from the receiver to the power meter for the measurement, or more sophisticated optical attenuators come with an integrated optical power meter that monitors the power level at the output of the attenuator.

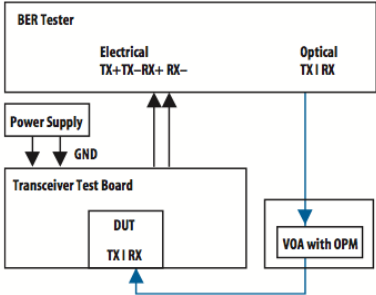


Figure 6. Typical setup for receiver sensitivity measurement

Figure 7 shows the JDSU MAP Variable Optical Attenuator, which provides the industry's highest performance optical power level control solution with the lowest optical impairments and the fastest transition speed in its class (up to 25 dB/s).

Summary

This application note provided a detailed review of the measurement of transmitter average output power and receiver sensitivity. It also discussed the parameters that are important to system engineers for determining link power budget. Transceivers produced today are tested based on the parameters mentioned in this paper to ensure that they meet required specifications. This paper provided a review of the typical test setup using the JDSU MAP-200 for performing measurements in a manufacturing environment.

Test & Measurement Regional Sales

NORTH AMERICA TEL: +1 866 228 3762 FAX: +1 301 353 9216	LATIN AMERICA TEL: +1 954 688 5660 FAX: +1 954 345 4668	ASIA PACIFIC TEL: +852 2892 0990 FAX: +852 2892 0770	EMEA TEL: +49 7121 86 2222 FAX: +49 7121 86 1222	www.jdsu.com/test
--	--	---	---	--------------------------



Agilent N5980A 3.125 Gb/s Serial BERT

Data Sheet

Version 1.0

Key Benefits

- Standard measurement rates between 125 Mb/s and 3.125 Gb/s
- Electrical and optical (SFP) interfaces (generator: concurrently)
- PRBS, K28.5 pattern or clock generation and integrated clock data recovery
- Smallest BERT available today
- Easy-to-use and cost efficient
- Controlled from user software running on an external Windows 2000 or XP PC connected by a USB 2.0 interface
- BERT can be fully programmed



The Agilent N5980A 3.125 Gb/s Serial BERT is ideal for manual or automated manufacturing test of electrical and optical devices running at speeds between 125 Mb/s to 3.125 Gb/s. It addresses all common standard speeds via selectable bit rates.

Easy-to-use and cost efficient

The software user interface has one standard or one advanced screen to ensure intuitive use for operators. It makes the instrument easy to use and easy to learn.

Twice the measurement throughput

By using both the electrical and optical (SFP) interfaces concurrently, you can double your measurement throughput (electrical in/optical out and vice versa).

Automation made easy

The remote programmability of the user interface, using SCPI-syntax, makes it simple to integrate the N5980A into other programs.

PRBS, K28.5 pattern or clock generation and integrated clock data recovery

The N5980A can generate standard PRBS polynomials, K28.5 ('Comma') characters and different sub-rate clocks (/2 to /20). It can also inject errors with an adjustable error ratio. The receiver has a clock-data-recovery (CDR) built-in and differential inputs (SMA) for signals from 50 mV_{pp} to 2 V_{pp} amplitude.

Standard (SFP) optical module plug-in

The instrument has a standard SFP-female connector. This enables all different kind of user-selectable optical modules (e.g for multi-mode/single-mode fiber at 850nm, 1310nm and 1550nm for the test set-up).

Small size

Its very small size allows the N5980A to fit on any bench and in any automated setup. The dimensions are, WxHxD, 228mm x 59mm x 246mm (Bench top dimensions.)



Agilent Technologies

System Specifications

Data rate

The same data rate applies for pattern generator electrical out and optical out, and for error detector electrical in and optical in.

Data rates

Fast Ethernet	125 Mb/s
OC-3	155.52 Mb/s
OC-12	622.08 Mb/s
OC-48	2.48832 Gb/s
OC-48 with FEC	2.66606 Gb/s
1 x FC	1.0625 Gb/s
2 x FC	2.125 Gb/s
1 x Gigabit Ethernet	1.25 Gb/s
XAU1	3.125 Gb/s
Accuracy	± 50 ppm

Operating system

The software supplied runs on Windows 2000 or XP with .NET v2.0, by a USB 2.0 interface.

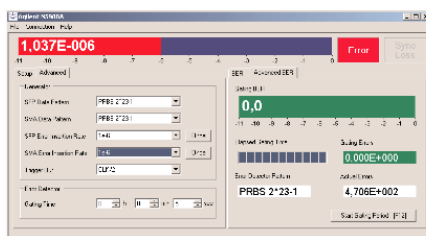


Figure 1: User interface-advanced mode

Pattern Generator

Pattern

The following patterns are supported:

PRBS: 2^7-1 , $2^{15}-1$, $2^{23}-1$, $2^{31}-1$.

Data pattern: K28.5.

Clock pattern: data rate divide by n, n=2,4,8,10,16,20

The pattern can be **individually** adjusted for pattern generator electrical out and optical out.

Error injection

Fixed electrical and optical error inject: Fixed error ratios of 1 error in 10^4 bits, n=3,4,5,6,7,8,9.

Single error injection. Separate error ratios can be adjusted for pattern generator electrical out and optical out.

Pattern generator electrical out

A differential electrical output is provided on the front-panel.

Out/Out

Output type	differential, AC-coupled, external 100 Ω differential termination
Amplitude, selectable	
ECL:	850 mV _{pp} typ., single-ended 1700 mV _{pp} typ., differential
LVDS:	400 mV _{pp} typ., single-ended 800 mV _{pp} typ., differential
Jitter peak-peak	0.05 UI typ. @ OC-12 0.08 UI typ. @ GbE 0.15 UI typ. @ OC-48
Connector	SMA, front panel

Pattern generator optical out

A standard SFP housing is provided. Minimum number of insertion/deinsertion cycles: 200.

Trigger output

A single-ended, electrical output is provided on the front-panel.

Trigger out

Output type	single-ended
Impedance	50 Ω nominal, AC-coupled
Amplitude	850 mV typ.
Clock rate, selectable	divided by n, n=2,4,8,10,16,20
data rate	
Connector	SMA, front Panel

Error Detector

A differential electrical input is provided on the front-panel. Data rate is the same as pattern generator.

Pattern

The following patterns are supported:

PRBS: 2^7-1 , $2^{15}-1$, $2^{23}-1$, $2^{31}-1$.

In/In

Input type	differential, AC-coupled
Max. input amplitude	1 V _{pp} , single-ended 2 V _{pp} , differential
Impedance	100 Ω nominal
Sensitivity	< 50 mV
Clocking mode	internal CDR
Synchronization	automatically on level, polarity, phase, bit and pattern
Connector	SMA, front panel

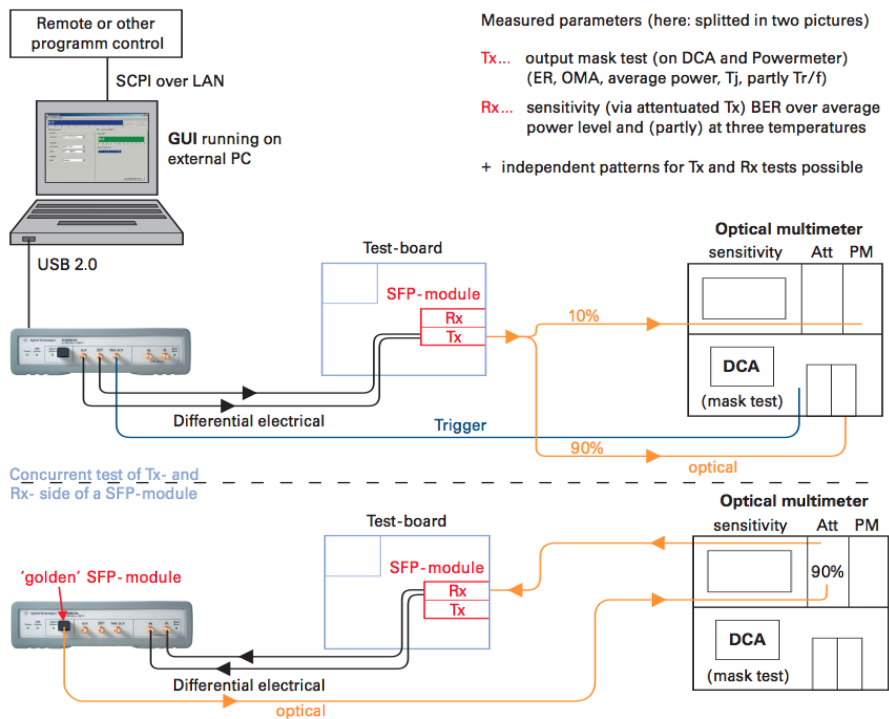


Figure 2: Typical manufacturing tests of SFP-modules

General

Power supply	100 V to 240 V ~, 50-60 Hz
Power consumption	50 VA max
Operating temperature	0°C to 55°C
Operating altitude	up to 2000 m
Storage temperature	-30°C to 70°C
Interface	USB 2.0 standard
Language	SCPI syntax
Dimensions (W x H x D)	
Bench top (with bumper)	228 x 59 x 246 mm
Rack mount (without bumper)	1/2" 19" width, 1U height (213 x 44.5 x 245 mm)
Weight	1660 g
Safety designed to	IEC61010-1
EMC tested to	IEC61326
Warm-up time	10 min
Warranty	1 year standard

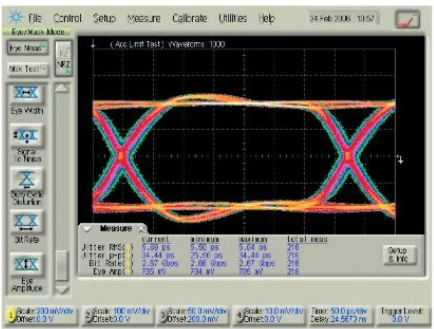


Figure 3: Typical eye diagram at 2.66 Gb/s

Ordering Information

Accessories Included

User Software and Demo CD includes:

- Application Presentation
- Data Sheet
- User documentation (User Guide with programming reference)
- User Software including offline demonstration

Local power cord, USB cable, SFP loopback connector

Related Literature

Publication Number

J-BERT N4903A High-Performance Serial BERT Brochure	5989-3882EN
J-BERT N4903A High-Performance Serial BERT Data Sheet	5989-2899EN
N4906B Serial BERT 12.5 Gb/s Data Sheet	5989-2406EN
Physical Layer Test Brochure	5988-9514EN
ParBERT 81250 Product Overview	5968-9188E
Infinium DCA-J Wide-Bandwidth Oscilloscope Data Sheet	5989-0278EN
Infinium 80000 Series Data Sheet	5989-1487ENUS
Fast Total Jitter Test Solution Application Note	5989-3151EN

www.agilent.com/find/manufacturing_BERT

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice.

For the latest version of this document, please visit our website at www.agilent.com/find/manufacturing_BERT and go to the Key Library Information area or insert the publication number (**5989-4752EN**) into the search engine.



Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates

Get the latest information on the products and applications you select.



Agilent Direct

www.agilent.com/find/agilentdirect

Quickly choose and use your test equipment solutions with confidence.

www.agilent.com

Agilent Technologies' Test and Measurement Support, Services, and Assistance

Agilent Technologies aims to maximize the value you receive, while minimizing your risk and problems. We strive to ensure that you get the test and measurement capabilities you paid for and obtain the support you need. Our extensive support resources and services can help you choose the right Agilent products for your applications and apply them successfully. Every instrument and system we sell has a global warranty. Two concepts underlie Agilent's overall support policy: "Our Promise" and "Your Advantage."

Our Promise

Our Promise means your Agilent test and measurement equipment will meet its advertised performance and functionality. When you are choosing new equipment, we will help you with product information, including realistic performance specifications and practical recommendations from experienced test engineers. When you receive your new Agilent equipment, we can help verify that it works properly and help with initial product operation.

Your Advantage

Your Advantage means that Agilent offers a wide range of additional expert test and measurement services, which you can purchase according to your unique technical and business needs. Solve problems efficiently and gain a competitive edge by contracting with us for calibration, extra-cost upgrades, out-of-warranty repairs, and onsite education and training, as well as design, system integration, project management, and other professional engineering services. Experienced Agilent engineers and technicians worldwide can help you maximize your productivity, optimize the return on investment of your Agilent instruments and systems, and obtain dependable measurement accuracy for the life of those products.



Agilent Open

www.agilent.com/find/open

Agilent Open simplifies the process of connecting and programming test systems to help engineers design, validate and manufacture electronic products. Agilent offers open connectivity for a broad range of system-ready instruments, open industry software, PC-standard I/O and global support, which are combined to more easily integrate test system development.

United States:

(tel) 800 829 4444
(fax) 800 829 4433

Canada:

(tel) 877 894 4414
(fax) 800 746 4866

China:

(tel) 800 810 0189
(fax) 800 820 2816

Europe:

(tel) 31 20 547 2111

Japan:

(tel) (81) 426 56 7832
(fax) (81) 426 56 7840

Korea:

(tel) (080) 769 0800
(fax) (080) 769 0900

Latin America:

(tel) (305) 269 7500

Taiwan:

(tel) 0800 047 866
(fax) 0800 286 331

Other Asia Pacific Countries:

(tel) (65) 6375 8100
(fax) (65) 6755 0042
Email: tm_ap@agilent.com

Contacts revised: 05/22/05

For more information on Agilent Technologies' products, applications or services, please contact your local Agilent office. The complete list is available at:

www.agilent.com/find/contactus

© Agilent Technologies, Inc. 2006
Printed in the USA, May 18th, 2006
5989-4752EN



Agilent Technologies



COMMUNICATIONS TEST & MEASUREMENT SOLUTIONS

MAP Variable Optical Attenuator (mVOA-A2)



Key Features

- Ultra low insertion loss (<1.0 dB) and outstanding spectral uniformity
- Fastest transition speed in its class (up to 25 dB/s)
- Configurable by user at time of order (fiber type, density, built-in options, high power option)
- Optional built-in power monitor provides comprehensive closed-loop power control settings
- Optional higher power capability can withstand up to 2W input power for single-mode fiber (500 mW for MMF)
- Can be automated when used with MAP-200 LXI-compliant interfaces and IVI drivers

Applications

- Transmitter dispersion testing and eye mask testing
- Receiver sensitivity testing
- EDFA noise figure and gain flatness testing
- Power meter calibration
- Loss simulation

Safety Information

- The MAP Variable Optical Attenuator, when installed in a MAP chassis, complies to CE, CSA/UL/IEC61010-1, plus LXI Class C requirements.

The Multiple Application Platform (MAP) Variable Optical Attenuator (mVOA-A2) is optimized for the industry-leading JDSU MAP-200 platform. Based on the previous-generation Multiple Application Platform (MAP), the MAP-200 is the first photonic layer lab and manufacturing platform that is LAN Extensions for Instrumentation (LXI)-compliant by conforming to the required physical attributes, Ethernet connectivity, and interchangeable virtual instrument (IVI) drivers. The MAP-200 platform is optimized for density and maximum configurability to meet specific application requirements in the smallest possible foot print.

The mVOA-A2 is a stepper motor and filter based attenuator that takes advantage of the latest available technologies to provide the highest performance optical power level control solution with the lowest optical impairments.

- Ultra low insertion loss to minimize loss budget utilization
- High accuracy and high repeatability to reduce measurement uncertainty
- Fast transition speed to reduce testing time
- Flat spectral response to reduce wavelength dependent uncertainty in multi-wavelength applications (CWDM, DWDM)
- Low backreflection to reduce instabilities due to reflected light
- Optional built-in wavelength calibrated power meter reduces the uncertainty by reducing external connections
- High input power capability for EDFA testing and multi-wavelength applications

MAP VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

The MAP Variable Optical Attenuator is a hot-pluggable cassette designed for use within the Multiple Application Platform (MAP). The MAP is a general purpose high density test and measurement platform for lab or production environments. Up to 16 independently controlled attenuators can be installed in a single MAP chassis.

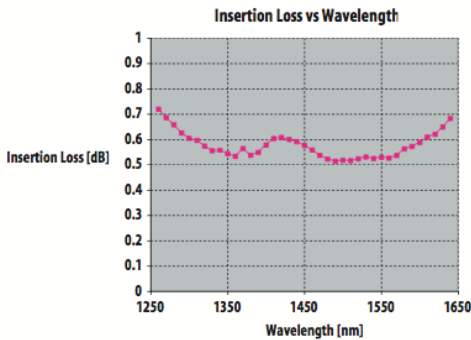


Figure 1: Example of insertion loss of the MAP Variable Optical Attenuator with single-mode fiber

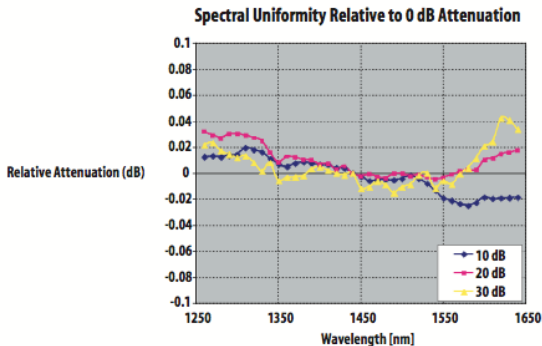


Figure 2: Example of spectral uniformity relative to 0 dB attenuation

MAP VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

Optical Specifications				
Parameter	Single-mode		Multimode ¹⁰	
	No power control	With power control	No power control	With power control
	No power control	With power control	No power control	With power control
Insertion loss at minimum attenuation ^{1,2,3}	≤1.0 dB ^{4,5}	≤1.7 dB ⁴	≤1.5 dB ⁴	≤2.2 dB
Maximum input power (Standard power/High power option) ¹³	+23 dBm/+33 dBm		+23 dBm/+27 dBm	
Wavelength range	1260 to 1650 nm		750 to 1350 nm	
Attenuation range ¹	70 dB		65 dB	
Attenuation flatness ^{4,9}	±0.04 dB from 0 to 30 dB		N/A	
Attenuation slew rate (nominal)	25 dB/s typical		20 dB/s typical	
Attenuation setting resolution	0.001 dB		0.001 dB	
Attenuation accuracy ^{1,3,12,14}	±0.1 dB		±0.1 dB	
Attenuation repeatability, 2σ ^{3,11,12,14}	±0.01 dB		±0.01 dB	
Closed loop output power range (In-line power monitor option)	N/A	−49 to +11 dBm @ 1310/1550 ±15 nm	N/A	−40 to +5 dBm @ 850/1310 ±15 nm
Relative power meter uncertainty ^{4,5,9}	N/A	±0.03 dB	N/A	±0.03 dB
Power setting repeatability ^{4,9}	N/A	±0.015 dB	N/A	±0.015 dB
Power setting resolution	N/A	0.001 dBm	N/A	0.001 dBm
Polarization dependent loss (from 0 to 25 dB) ^{3,6}	<0.08 dB	<0.15 dB	N/A	N/A
Return loss ⁷	>55dB typical APC/45dB typical PC		>30 dB typical (PC connector)	
Shutter isolation	100 dB typical			
Warm up time	30 minutes			
Calibration period	2 years			
Operating temperature	0 to 50°C			
Storage temperature	−30 to 60°C			
Operating humidity (relative, non-condensing)	<90% @ 23°C, <20% @ 50°C			
Dimensions (W x H x D)	4.06 x 13.26 x 37.03 cm (1.6 x 5.22 x 14.58 in)			
Weight	1.1 kg (2.43 lb) single/1.3 kg (2.87 lb) dual			

1. At 1310 ±15 nm and 1550 ±15 nm for SM unit and at 850 ±15 nm and 1300 ±15 nm for MM unit

2. Including one mated pair of connectors

3. At 23 ±5°C

4. Not including tap coupler loss, if installed. Add 0.7 dB for tap coupler option

5. Value shown is for 1550 nm. For 1300/1310 nm the value is typical

6. At 1550 nm ±15 nm only

7. At 1550 nm ±15 nm for SMF, 1300 nm ±15 nm for MMF

8. From 1480 nm to 1640 nm relative to 0 dB attenuation

9. For unpolarized light

10. Multimode specifications are valid for category 4 CPR

11. Constant wavelength, constant temperature, constant state of polarization

12. Measured using low coherence laser source

13. Damage at high optical power due to scratched or poorly cleaned connectors may result. For high power applications, incident light must be applied from "IN" port to "OUT" port. JDSU assumes no responsibility for these user conditions

14. From 0 to 45 dB attenuation



MAP VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

Ordering Information

For more information on this or other products and their availability, please contact your local JDSU account manager or JDSU directly at 1-800-498-JDSU (5378) in North America and +800-5378-JDSU worldwide or via e-mail at customer.service@jdsu.com.

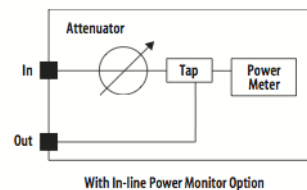
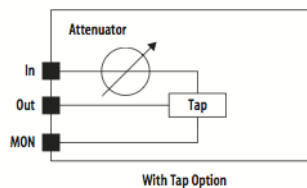
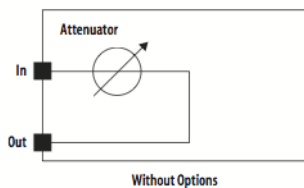
The MAP Variable Optical Attenuators are defined by selecting the required options from the product configurator in the table below. Select one option from each of the three categories (Base, Fiber Type, and Connector Type Options).

Product Code	Description
Base Options (Required, select one)	
MVOA-AZSS0	Single Attenuator, standard power, no built-in options
MVOA-AZSS1	Single Attenuator, standard power, 10/90 splitter for external power monitor
MVOA-AZSSM	Single Attenuator, standard power, with integrated power monitor
MVOA-AZSH0	Single Attenuator, high power, no built-in options
MVOA-AZSH1	Single Attenuator, high power, 10/90 splitter
MVOA-AZSHM	Single Attenuator, high power, with integrated power monitor
MVOA-AZDS0	Dual Attenuator, standard power, no built-in options
MVOA-AZDS1	Dual Attenuator, standard power, 10/90 splitter
MVOA-AZDSM	Dual Attenuator, standard power, with integrated power monitor
MVOA-AZDH0	Dual Attenuator, high power, no built-in options
MVOA-AZDH1	Dual Attenuator, high power, 10/90 splitter
MVOA-AZDHM	Dual Attenuator, high power, with integrated power monitor
Fiber Type Options (Required, select one)	
M100	9/125 fiber type
M101	50/125 fiber type
M102	62.5/125 fiber type
Connector Type Options (Required, select one)	
MFP	FC/PC connector type
MFA	FC/APC connector type
MSC	SC/PC connector type
MSU	SC/APC connector type

Sample Configuration

The following configuration specifies a single attenuator, standard power, no built-in options, 9/125 fiber type, and FC/PC connector type.

MVOA-AZSS0 with options M100 and MFP



UL is a registered trademark of Underwriters Laboratories Inc.

Test & Measurement Regional Sales

NORTH AMERICA TOLL FREE: 1 866 228 3762 FAX: +1 301 353 9216	LATIN AMERICA TEL: +1 954 688 5660 FAX: +1 954 345 4668	ASIA PACIFIC TEL: +852 2892 0990 FAX: +852 2892 0770	EMEA TEL: +49 7121 86 2222 FAX: +49 7121 86 1222	www.jdsu.com/test
---	--	---	---	--

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice. © 2010 JDS Uniphase Corporation

30149437 002 0210 MAPVOA2.DS.LAB.TM.AE February 2010



MAP Power Meter



3 mm InGaAs
Power Meter with
Dual Detector
Configuration



For stand-alone
applications, the MAP
Power Meter may be used
as a benchtop

Key Features

- Low PDL (< 0.01 dB)
- Wide wavelength range (800 to 1650 nm)
- High power option (2 W)
- Dual detector option
- Bare fiber measurements capability

JDSU offers two types of Multiple Application Platform (MAP) Power Meter Cassettes. The first is a power meter with a 3 mm InGaAs detector and the second is a power meter with 10 mm Ge detector.

3 mm InGaAs MAP Power Meter

The Power Meter is optimized for applications using single-mode (SM) or multimode (MM) fiber to measure power levels from -80 to 10 dBm over the wavelength range of 800 to 1650 nm. It features a high accuracy, high linearity and extremely low polarization dependant loss (PDL). The MAP Power Meter Cassette with 3 mm InGaAs detector is available in single or dual configuration and comes with an analog electrical output for external monitoring. The averaging time can be set as low as 100 μ s for high-speed applications.

For ultimate flexibility, the detector heads were designed with the JDSU AC100 interchangeable detector adapters. Detector adapters are available for six connector types as well as a fiber holder that permits bare fiber measurements (please refer to the Optional Accessories section). The cassette is supplied with an FC detector adapter as a standard accessory. An optional integrating sphere may be fastened to the front panel allowing for increased power measurement capability to 33 dBm (2 W) with decreased PDL to 0.005 dB.

10 mm Ge MAP Power Meter

This versatile power meter can be used in applications using standard SM or MM fiber as well as SM or MM ribbon cable with fiber counts as high as 72 (see Specifications for further details). The power meter can accurately measure power levels from -50 to 3 dBm over the wavelength range of 800 to 1650 nm.

The detector heads are compatible with the JDSU AC400 series interchangeable detector adapters (please refer to the Optional Accessories section). The cassette is supplied with an FC detector adapter as a standard accessory.

Applications

- Dense wavelength division multiplexing (DWDM) channel measurements (Up to 128 channels/controller addresses)
- Amplifier characterization (Up to 2 W of input power)
- Bit error rate (BER) testing
- Precise optical power control (± 0.01 dB)
- Receiver and transmitter testing

Safety Information

- This cassette, when installed in a MAP chassis, complies to CE requirements plus UL3101-1 and CAN/CSA-C22.2 No. 1010.1

MAP POWER METER



Dual Detector Power Meter with an Integrating Sphere on Detector 2



10 mm Ge Power Meter

Specifications

Parameter	3 mm InGaAs MAP Power Meter	10 mm Ge MAP Power Meter
Sensor element	3 mm InGaAs	10 mm Ge
Wavelength range	800 to 1650 nm	800 to 1650 nm
Power range	-80 to 10 dBm	-50 to 3 dBm
Fiber type	SMF and MMF with $N/A \leq 0.27$	
Maximum core diameter for single fiber	62.5 μm ($N/A \leq 0.27$)	
Maximum core diameter for ribbon cable ¹	N/A	62.5 μm ($N/A \leq 0.27$)
Uncertainty at reference condition	$\pm 2.5\%$ ($1200 \leq \lambda \leq 1550\text{ nm}$) ²	$\pm 4\%$ ³
	$\pm 4.0\%$ ($800 \leq \lambda < 1200\text{ nm}$) ²	N/A
	$\pm 3.5\%$ ($1550 \leq \lambda \leq 1600\text{ nm}$) ²	N/A
	$\pm 4.0\%$ ($1600 \leq \lambda \leq 1630\text{ nm}$) ²	N/A
Total uncertainty ^{4,5}	$\pm 4.5\% \pm 5\text{ pW}$ ($800 \leq \lambda \leq 1630\text{ nm}$)	$\pm 5.5\% \pm 100\text{ pW}$
Relative uncertainty		
Polarization ⁶	$\pm 0.01\text{ dB}$	$< 0.01\text{ dB}$
Spectral ripple ⁷	$\pm 0.005\text{ dB}$	$< 0.01\text{ dB}$
Linearity (at $T = 23 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$)	$1520 \leq \lambda \leq 1570\text{ nm}$	$\pm 0.025\text{ dB}$ ⁸
	-65 to 10 dBm	
	$< \pm 0.02\text{ dB}$	
Return loss (RL) ⁹	$> 55\text{ dB}$	$> 50\text{ dB}$
Noise ¹⁰ (peak to peak)	$< 5\text{ pW}$	$< \pm 100\text{ pW}$
Averaging time	100 μs to 5 s	100 μs to 5 s
Analog output	0 to 2 volts	N/A
Recalibration period		1 year
Warm-up time		20 minutes
Operating temperature		5 to 40 $^\circ\text{C}$
Humidity		non-condensing
Dimensions (W x H x D)	4.06 x 13.24 x 39.5 cm	8.12 x 13.24 x 39.5 cm
Weight		1.2 kg

1. Six rows of 12 fibers with a 0.250 mm vertical and horizontal pitch.

2. Reference condition: Fiber type: SMF-28, Ambient temperature: $23 \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$, Spectral width of source: $< 1\text{ nm}$, Optical power on detector: 100 μW ($\sim 10\text{ dBm}$).

3. Reference condition: CW laser with $P = -10\text{ dBm}$; Wavelength 1550 nm; FWHM $< 10\text{ nm}$; SM fiber with single channel FC connector adapter; Ambient temperature $25 \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$.

4. Operating conditions: NA of fiber ≤ 0.27 Temperature, humidity and power ranges: as specified. For FC/APC connector $N/A = 0.27$ add 1 %.

5. For wavelengths $> 1600\text{ nm}$ and temperatures $> 35\text{ }^\circ\text{C}$ add 1.0 %.

6. Polarization: Polarization states at fixed wavelength ($1550 \pm 30\text{ nm}$) and constant power; Straight connector; $T = 23 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

7. Ripple: $1545 \leq \lambda \leq 1565\text{ nm}$; Fixed state of polarization; Constant power; Straight connector; $T = 23 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

8. For 3 dBm $> P > -30\text{ dBm}$.

9. RL: At 1310 nm and 1550 nm; 8 $^\circ$ angled connector; $T = 23 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

10. Noise: Averaging time 1 s; Observation time 300 s; Wavelength 1550 nm; $T = 23 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.



Integrating Sphere Specifications

Parameter	AC330
Attenuation at reference ¹	-30.7 ± 0.8 dB
Spectral range	800 to 1650 nm
Wavelength flatness ²	< ± 1.5 dB
RL ³	> 65 dB (typical)
Relative uncertainty ⁴	< ± 0.05 dB
Residual polarization dependent loss (PDL) ⁵	< 0.005 dB
Maximum power ⁶	+ 33 dBm (2 W)
Operating temperature	10 to 40 °C, RH 15 % to 70 %
Storage temperature	-30 to 60 °C, RH 15 % to 95 % non-condensing

1. Measured with wavelength of 1550 nm at 23 ± 5°C and RH = 50% with straight connector.
2. From 850 nm to 1650 nm, refer to the wavelength of 1310 nm.
3. Measured at 1310 nm and 1550 nm with SM fiber and FC/APC connector.
4. At reference condition, with 8 degree angled connector, due to the polarization and interference.
5. Measured at 1550 nm.
6. Continuous Wave (CW) laser.

