

Centro Universitário Positivo - UnicenP
Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas – NCET
Engenharia da Computação
Jefferson Artur Crespo de Mattos

Reflectômetro Óptico

Curitiba
2005

Centro Universitário Positivo - UnicenP
Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas – NCET
Engenharia da Computação
Jefferson Artur Crespo de Mattos

Reflectômetro Óptico

Monografia apresentada à disciplina de Projeto Final, como requisito parcial à conclusão do Curso de Engenharia da Computação. Orientador: Prof. José Carlos da Cunha

Curitiba
2005

SUMÁRIO

1.Introdução	10
1.1. Motivação	10
1.2. Definição	10
1.3 Contextualização	10
1.4. Descrição	11
1.5. Tecnologia	11
2.Fundamentação Teorica.....	11
2.1. Teoria Pura e Aplicada a Prática	11
2.1.1 Princípio de Transmissão em Fibras Ópticas.....	14
2.1.2 Dispersão de Rayleigh.....	16
2.1.3 Zona Morta.....	17
2.1.3.1 Zona Morta de Evento.....	18
2.1.3.2 Zona Morta e Atenuação.....	19
2.2. Teoria Hardware	19
2.2.1 Microprocessador	20
2.2.2 Conversor Analógico/Digital (A/D)	20
2.2.3 Gerador de Pulsos	21
2.2.4 Amplificador	21
2.2.5 Transmissor Óptico	22
2.2.6 Timer.....	23
3.Especificação	24
3.1. Especificação Hardware	24
3.2. Aplicabilidade/Funcionalidade do Hardware	25
3.3. Listas de Materiais	26
3.3.1 Componentes em Geral	26
3.3.2 Material em Geral	26
3.4 Diagrama em Blocos	26
3.5 Validação	27
3.6. Especificação do Software	27
3.7. Aplicabilidade do Software	28
3.7. Diagrama em Blocos do Software	29
3.9. Firmware	30
4.Cronograma de Desenvolvimento.....	31
5.Estudo de Viabilidade Tecnico-Economico	32
6. Bibliografia	33
7. Anexos.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva típica de um Reflectômetro.....	13
Figura 2 – Método de Aferição de Alcance dinâmico (DR) para SNR=1	13
Figura 3 – Ângulo de Abertura Numérica.....	14
Figura 4 – Ângulo de Incidência maior que Ângulo Crítico	15
Figura 5 – Ângulo de Incidência menor que Ângulo Crítico	15
Figura 6 – Dispersão de Ryleigh	16
Figura 7 – Curva de Atenuação pelo Comprimento de onda	17
Figura 8 – Método de Aferição de Zona Morta de evento para eventos reflexivos.....	18
Figura 9 – Método de Aferição de Zona Morta de evento não reflexivo	19
Figura 10 – Diagrama em Blocos do Conversor Analógico/Digital.....	21
Figura 11 – Diagrama em Blocos do Amplificador Transimpedancia OPA602	22
Figura 12 – Visão Geral do Sistema	24
Figura 13 – Visão Geral do Projeto	25
Figura 14 - Diagrama em Blocos detalhado do Hardware do Sistema.....	26
Figura 15 – Visão Geral de Software	28
Figura 16 – Diagrama Geral do Software.....	29
Figura 17 – Diagrama Implementação do Projeto.....	29
Figura 18 – Diagrama de Estados do Firmware.....	30
Figura 19 – Cronograma Implementação do Projeto	31
Figura 20 – Cronograma Implementação do Software.....	31
Figura 21 – Cronograma Teste com o Projeto	31

Listas de Tabelas

Tabela 1 - Tabela de Sinais de Interface Amplificador / Receptor	22
Tabela 2 - Tabela de Sinais de Interface do Transmissor.....	22
Tabela 3 - Tabela de Sinais de Interface do Timer	23
Tabela 4 – Tabela de Viabilidade Técnico-Economico	32

Listas de Anexos

Anexo 1 – Diagrama em Blocos do Microprocessador	34
Anexo 2 – Diagrama em Blocos do SN74LS590.....	35
Anexo 3 – Tabela de Sinais de Interface Microprocessador	36
Anexo 4 – Tabela de Sinais de Interface Conversor Analógico A/D.....	37

Lista de Siglas

OTDR – Optical Time Domain Reflectometer;

E/O – Eletricoóptico;

APD – Fotodiodo do tipo Avalanche;

dB – Decibel;

SNR – Nivel Médio de Ruído;

ALU – Lógica Aritimética;

AOPs – Amplificadores;

BW – Largura de Banda Passante;

AI – Amplificador Instrumentação;

nm – nano metro;

EDZ- Zona morta de evento.

RESUMO

O uso do Reflectometro Óptico agiliza e auxilia o trabalho das equipes de implantação, operação e manutenção de fibras ópticas.

O objetivo deste trabalho é realizar a construção de um Reflectômetro, detalhando alguns procedimentos adotados na avaliação de resultados obtidos com o uso deste equipamento. Os reflectômetros ópticos utilizam a reflexão de Fresnel para detectar um defeito na fibra, sendo que pelo tempo de ida e volta de um pulso óptico, é possível determinar a distância ao ponto de defeito na fibra. Caso a reflexão de Fresnel fosse o único fenômeno de reflexão da luz na fibra, provavelmente o Reflectômetro não poderia ser utilizado, uma vez que, se o defeito da fibra não ocorrer em um plano perpendicular ao seu comprimento, mas sim em um sentido oblíquo, a reflexão de fresnel pode ser desprezível. Outro fenômeno que permite a detecção de defeito na fibra é o espalhamento de Rayleigh. Esse espalhamento da luz, ao longo da fibra, ocorre por irregularidades microscópicas da Sílica. Uma parte pequena dessa luz espalhada dirige-se exatamente na direção oposta à propagação do pulso. Desta forma, essa parcela espalhada para trás aparece como uma luz refletida gradualmente e ao longo da fibra. A medida que o pulso de luz se propaga, sua atenuação ocorre simultaneamente. Em consequência, a luz retroespalhada também vai diminuindo, ao longo da fibra, proporcionalmente à atenuação do pulso propagante. A medida dessa luz retroespalhada ao longo do tempo é usada para determinar a atenuação da fibra, permitindo também, determinar defeitos para qualquer ângulos.

Serão apresentados alguns casos ocorridos em campo, enfocando-se aspectos relevantes na interpretação dos resultados medidos. No intuito de facilitar a compreensão e interpretação destes resultados, serão apresentados inicialmente alguns conceitos básicos de propagação da luz na fibra óptica e serão também definidos os principais parâmetros de configuração do reflectômetro.

ABSTRACT

The use of Optical Reflectometer activates and aids the work of the implantation teams, operation and maintenance of optical fiber.

The objective of this work is to accomplish the construction of a Reflectometer detailing some procedures adopted in the evaluation of results obtained with the use of Reflectometer. The optical Reflectometer use the Fresnel reflection to detect a defect in the fiber, and for the round trip time of an optical pulse, it is possible to determine the distance to the defect point in the fiber. In case the reflection of Fresnel roots the only phenomenon of reflection of the light in the fiber, Reflectometer could not probably be used, once, if the defect of the fiber doesn't happen in a perpendicular plan to your length, but in an oblique sense, the fresnel reflection can be despicable. Another phenomenon that allows the defect detection in the fiber is the scattering of Rayleigh. That spread of the light, along the fiber, happens for microscopic irregularities of Sílica. A small part of that dispersed light goes exactly in the opposite direction to the propagation of the pulse. This way, that dispersed portion back aparee as a light contemplated gradually and along the fiber. The measure that the light pulse if propagates, your attenuation happens simultaneously. In consequence, the light backward-spread is also going decreasing, along the fiber, proportionally to the attenuation of the pulse propagente. The measure of that light backward-spread along the time is used to determine the attenuation of the fiber, also allowing, to determine defects for any angles.

Some will be presented cases happened in field, being focused important aspects in the interpretation of the measured results. In the intention of facilitating the understanding and interpretation of these results, they will be presented some basic concepts of propagation of the light initially in the fiber optic and they will also be defined the principal parameters of configuration of the Reflectometer.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

A tecnologia em fibras ópticas tem evoluído rapidamente nos últimos anos, conseguindo avanços significativos no desenvolvimento de fibras com baixa atenuação, baixa dispersão e baixa eficácia na geração de efeitos não-lineares. Sua aplicação nos mais diversos setores de telecomunicações e informática é hoje muito intensa. A redução dos custos das fibras tem viabilizado a utilização de sistemas ópticos nos troncos das redes de telefonia e também nas linhas de assinantes locais. Para a verificação da qualidade dessas redes, vários instrumentos de teste têm sido desenvolvidos com diferentes aplicações.

1.2. Definição

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um Reflectômetro Óptico, para realizar medidas de atenuação na emenda, atenuação total em distâncias específicas em fibras monomodo. Tem como objetivo desenvolver um reflectômetro que possa facilitar a solução de problemas em cabos ópticos. Na primeira parte serão apresentados alguns conceitos básicos relativos ao funcionamento do reflectômetro e na segunda parte serão apresentados o desenvolvimento do projeto.

1.3. Contextualização

O reflectômetro óptico no domínio do tempo é o instrumento mais usado atualmente para teste de atenuação em fibras ópticas. O seu uso, agiliza o trabalho das equipes de implantação, operação e manutenção de fibras ópticas.

A redução do custo das fibras ópticas tem viabilizado a utilização de sistemas ópticos nos troncos das redes de telefonia. Também nas linhas de assinantes locais a utilização de sistemas ópticos já é uma constante em projetos.

O desempenho em um sistema de telecomunicações costuma ser avaliado principalmente em relação a dois parâmetros fundamentais: o fator de atenuação, que estabelece a distância máxima de transmissão sem necessidade de repetidores, e a largura de banda, que fixará a taxa máxima de modulação permitida dentro de uma distância, sem necessidade de recuperar-se a forma dos pulsos. As fibras ópticas despertaram grande interesse para a modernização das comunicações por

suplantarem os sistemas tradicionais nesses dois pontos e apresentarem outras vantagens.

1.4.Descrição

O Reflectômetro pode medir, atenuação na emenda, atenuação total em distâncias específicas, reflectância à falha ou à emenda e o comprimento da fibra em teste. Sua principal vantagem é necessitar de uma única ponta da fibra para realização destas medidas. Dado o fato de que os mais modernos são capazes de analisar longos trechos de fibras, suas aplicações não se limitam somente às tarefas de instalação e manutenção de sistemas de comunicações ópticas, mas também a fabricação, inspeção e desenvolvimento de fibras e cabos ópticos.

1.5.Tecnologias

Para o projeto será utilizado a tecnologia de comunicação óptica para a parte de transmissão e recepção do sinal. Para o processamento dos sinais será utilizado a tecnologia a tecnologia Atmel de microprocessadores Risc.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.Teoria Pura e Aplicada a Prática

Serão apresentados alguns conceitos básicos relativos ao funcionamento, e definidos os principais parâmetros de configuração e o desenvolvido de um Reflectômetro Óptico.

O diodo laser do reflectômetro é um conversor elétrico-óptico (E/O) acionado por um gerador de pulsos. O pulso de luz é acoplado numa fibra em teste via um acoplador direcional óptico. As reflexões geradas pelo retroespalhamento e pela reflexão de Fresnel retornam ao acoplador direcional e são encaminhados para o fotodiodo, do tipo avalanche (APD), que converterá o sinal óptico em um sinal elétrico (O/E). O sinal elétrico é amplificado e enviado para um microprocessador que calcula o atraso de

propagação e a atenuação percebida pelo APD. A tela do reflectômetro apresenta os resultados num formato gráfico que permite a caracterização do estado da fibra.

Os parâmetros reconhecidos pelo Reflectômetro Óptico são: o tempo em que o pulso é enviado na fibra, sua largura de pulso e a velocidade com que ele viaja pela fibra óptica. O tempo que o pulso de luz gasta para viajar pela fibra, refletir-se voltar para o detector pode ser medido precisamente. Conhecendo o tempo, podemos calcular a distância em quilômetros. O eixo das ordenadas é o nível de potência refletida e o eixo das abscissas, a distância ao ponto de interesse. A distância d onde ocorre o evento pode ser calculada por:

$$d = V \cdot (\Delta t / 2)$$

$$V = c / n$$

Onde:

d = distância do evento,

c = velocidade da luz no vácuo,

V = velocidade da luz do sinal óptico na fibra,

n = índice de refração da fibra,

Δt = intervalo de tempo entre o sinal transmitido e o recebido pelo Reflectômetro.

A curva obtida na figura 1 mostra o nível de luz retroespalhada e picos de reflexão devido às reflexões de Fresnel em um conector, em uma emenda mecânica e em uma fissura. Aparecem também descontinuidades devido a emenda por fusão ou curvatura acentuada da fibra. É também mensurável a atenuação na fibra através da inclinação da curva. Uma das formas de se definir alcance é a diferença de nível de retroespalhamento no início da fibra e o nível de ruído onde a relação sinal/ruído é igual a 1, medido em dB. O alcance dinâmico determina o comprimento máximo de fibra possível de ser medido pelo reflectômetro, considerando-se a atenuação na fibra, nas emendas e nas conexões.

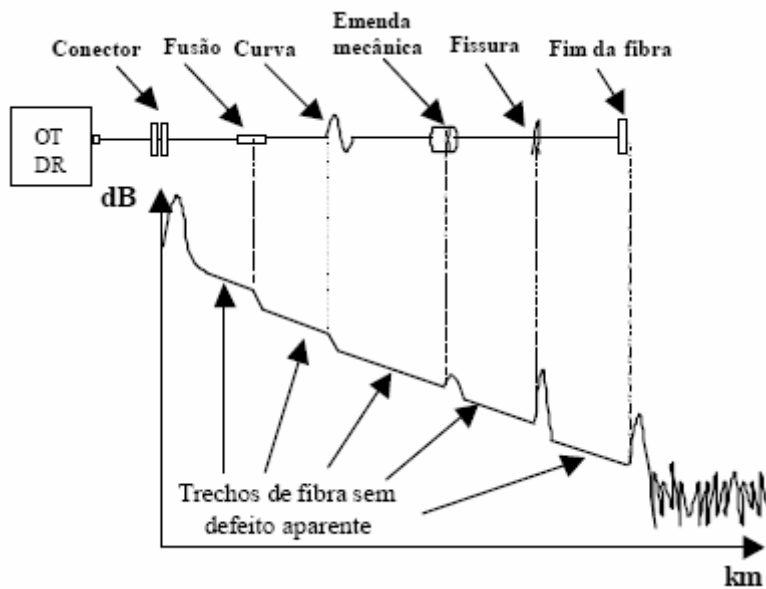


Figura 1 – Curva típica de um Reflectômetro.

Deve-se também considerar que quanto maior o comprimento da fibra, mais o sinal retroespalhado se aproxima do ruído, aumentando a margem de erro das medidas e fazendo com que pequenos eventos sejam dificilmente detectados. Para se medir uma perda de emenda com valor de precisão de 0,1dB, necessita-se de uma relação sinal ruído de aproximadamente 6,5dB acima do nível de pico do ruído. Para um valor de precisão de 0,05dB, necessita-se de uma relação sinal ruído de aproximadamente 8dB acima do nível de pico de ruído, que por sua vez está a aproximadamente 2,3dB acima do nível médio de ruído (SNR=1), conforme a figura 2.

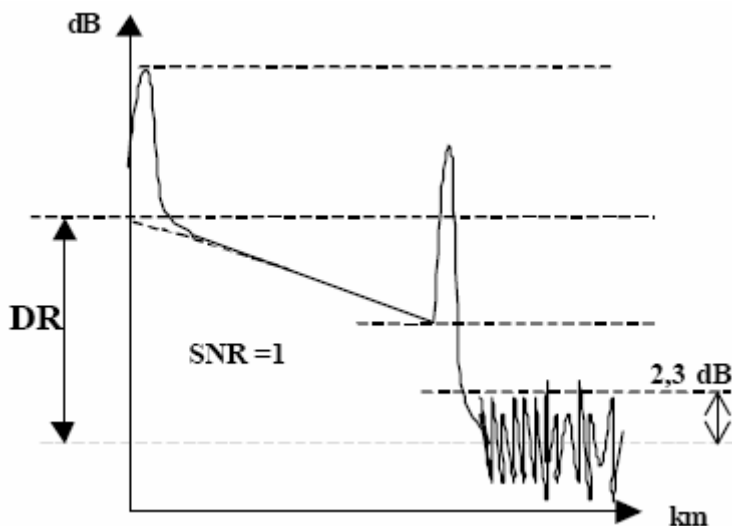


Figura 2 – Método de aferição de alcance dinâmico (DR) para SNR=1

Os Reflectômetros enviam pulsos repetidamente para a fibra. São tiradas médias dos resultados para que o ruído aleatório do receptor seja suavizado no tempo. Na tela do Reflectômetros, o nível de ruído será reduzido com o tempo. Quanto maior o tempo, maior será o alcance dinâmico. As maiores melhorias do sinal ocorrem no primeiro minuto. A maioria dos OTDRs têm sua faixas dinâmicas especificadas após três minutos de medição, de acordo com a Bellcore TR-TSY-000196[3].

2.1.1. Princípio de Transmissão em Fibras Ópticas

Um feixe de luz penetra na fibra segundo um ângulo pequeno α e o seu ângulo de aceitação é determinada pelo parâmetro denominado abertura numérica, Figura 3.

A abertura numerica é dada pela seguinte fórmula:

$$NA = \text{sen } \alpha_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\alpha_0 = \text{arc sen } \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

onde:

α_0 = ângulo máximo de aceitação (o ângulo de incidência que representa o limite entre a refração e a reflexão de um raio de luz);

n_1 = índice de refração do núcleo;

n_2 = índice de refração da casca;

α_0 é o ângulo máximo de aceitação;

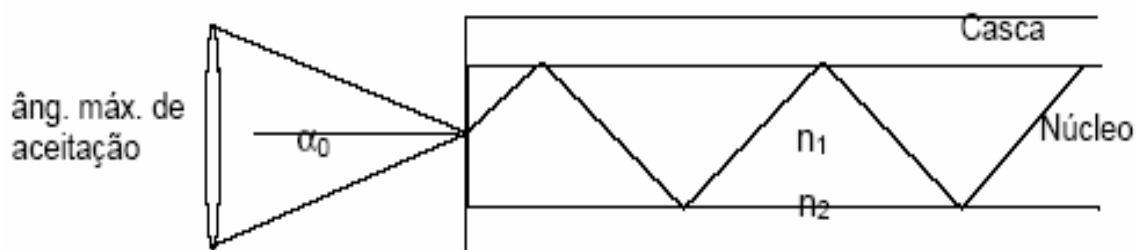


Figura 3 – Ângulo de Abertura Numérica

A luz acoplada no núcleo da fibra, percorre toda a sua extensão por um processo conhecido como reflexão. Quando o feixe de luz alcança o limite do núcleo com a casca podem acontecer duas situações. Para alguns ângulos, o feixe óptico sofre reflexão parcial, sendo parte de sua energia transferida para a casca em cada reflexão. Na outra situação, prevê-se a existência de um ângulo a partir do qual a luz será totalmente refletida para o núcleo. Este ângulo é conhecido como ângulo crítico.

Se o ângulo de incidência da luz é maior que o ângulo crítico $\alpha > \alpha_0$ a luz é completamente refratada, não ficando confinado ao núcleo, figura 4.

Refração: $n_1 \sin \alpha_i = n_2 \sin \alpha_r$

Se o ângulo de incidência da luz é menor que o ângulo crítico a luz é refletido e fica confinado ao núcleo, figura 5.

Reflexão: $\alpha_i = \alpha_r$

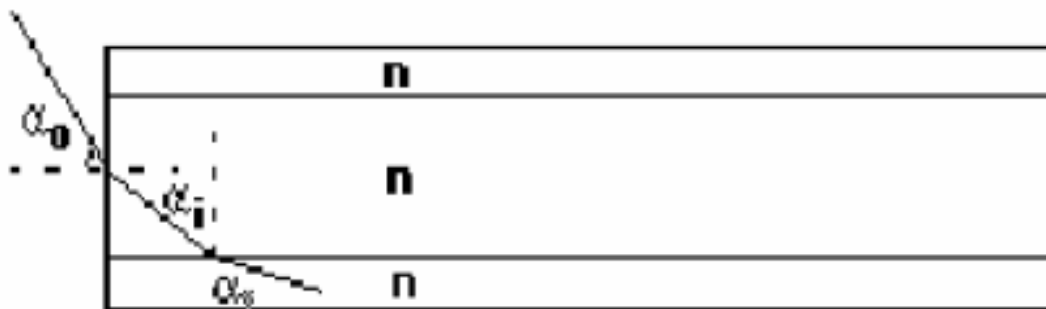


Figura 4 – Ângulo de Incidência maior que Ângulo Crítico

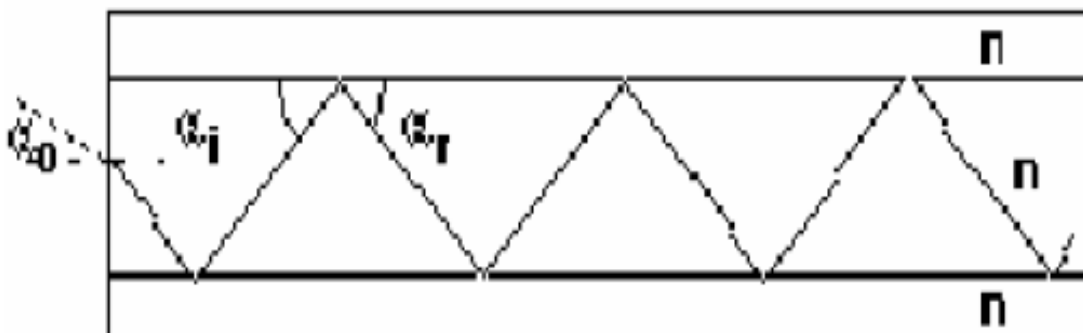


Figura 5 – Ângulo de Incidência Menor que o Ângulo Crítico

2.1.2. Dispersão de Ryleigh

Quando um pulso é enviado em uma fibra, alguns dos fótons espalham-se em direções aleatórias a partir de partículas microscópicas. Uma certa quantidade de luz espalha-se para trás, na direção oposta ao sentido em que viaja o pulso, figura 6. Este efeito, permite obter informações sobre a atenuação e descontinuidades na fibra. Medindo o tempo de chegada e a amplitude da potência que regressa à origem, pod-se determinar a atenuação e distância dos eventos.

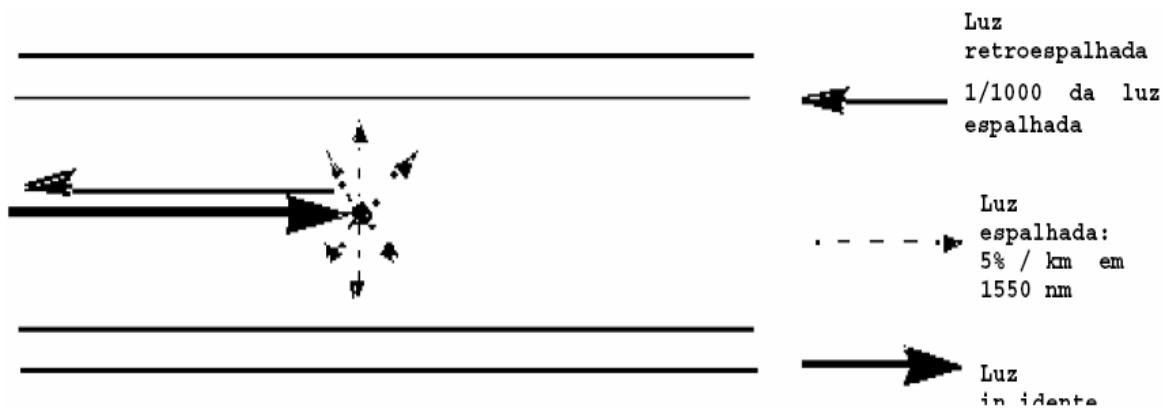


Figura 6 – Dispersão de Ryleigh

Tipicamente, uma fibra monomodo operando na janela de 1550nm com um coeficiente de espalhamento α_s de 0,20 dB/km perderá 5% da potência transmitida em uma seção de 1km de fibra. O fator de retroespalhamento (S) descreve a relação entre a potencia retroespalhada e a potência total espalhada. Tipicamente, S é proporcional ao quadrado da abertura numérica. Dependendo do coeficiente de espalhamento da fibra α_s e do fator de retroespalhamento S, o coeficiente de retroespalhamento K é a razão entre a potência retro-espalhada e a energia injetada na fibra. O valor logarítmico do coeficiente de retroespalhamento, normalizado a uma duração de pulso de 1ns, é dado por:

$$K_{ns}(\text{dB}) = 10\log K_{(S-1)} - 90\text{dB}$$

O espalhamento de Rayleigh depende da potência aplicado P_o (Watt), a largura de pulso usada Δt (segundos), o coeficiente de retroespalhamento $K_{(S-1)}$, a distância d (metros) e a atenuação da fibra (α) em dB/km:

$$\text{Retroespalhamento} = P * \Delta t * K * 10^{-\alpha * d/5}$$

Uma densidade mais alta de elementos dopantes em uma fibra também criará mais espalhamento e, com isso, níveis mais altos de atenuação por quilômetro. Um OTDR pode medir os níveis de retroespalhamento com muita precisão, e usa esta propriedade para medir variações pequenas nas características da fibra em qualquer ponto ao longo de seu comprimento, figura 7. Embora o espalhamento de Rayleigh seja bastante uniforme ao longo da fibra, a magnitude desse espalhamento varia significativamente em diferentes comprimentos de onda de teste, como mostra o diagrama seguinte, e com fibras de diferentes fabricantes

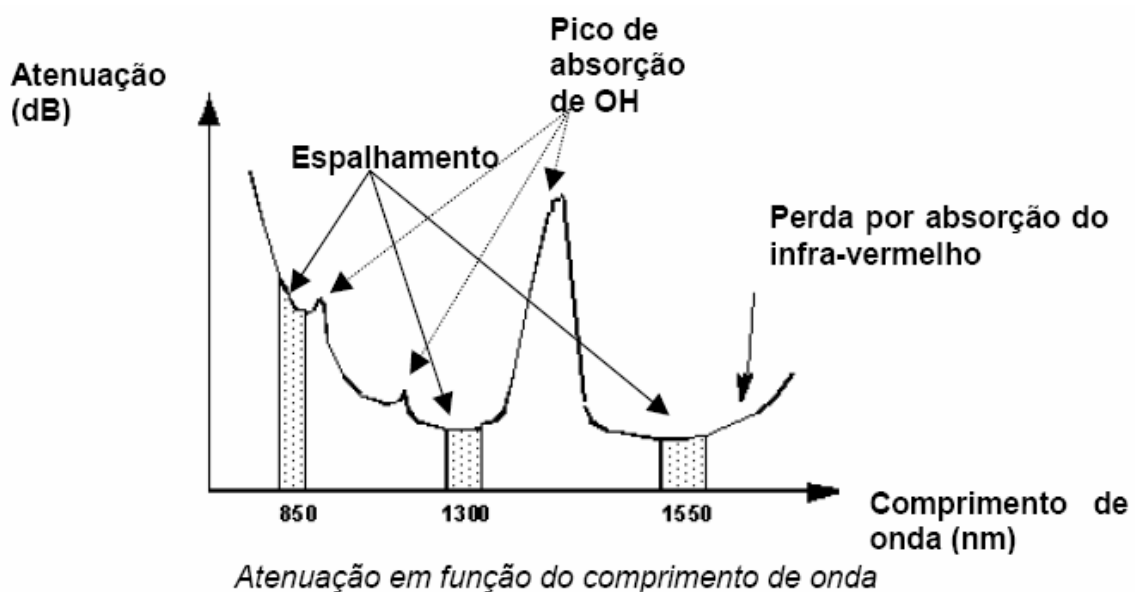


Figura 7 – Curva Atenuação pelo comprimento de onda

2.1.3. Zona Morta

A zona morta é definida como a distância entre o início de um evento e o ponto onde um evento consecutivo pode ser detectado. A zona morta é também conhecida como resolução espacial entre dois pontos, pois determina o espaçamento mínimo que pode ser medido entre dois eventos. Na curva do reflectômetro existem trechos “cegos” que ocorrem devido a eventos reflexivos, que saturam o receptor. Estes trechos “cegos” têm a duração igual à soma da largura do pulso óptico mais o tempo que o receptor

demora para recuperar-se da reflexão.

Existem dois tipos de zona morta: zona morta de evento e zona morta de atenuação, como descritos a seguir:

2.1.3.1. ZONA MORTA DE EVENTO

Define a distância mínima a partir de um ponto onde ocorre um evento, até outro ponto onde um outro evento de mesma natureza pode ser detectado. Entretanto esses eventos só podem ser detectados, não sendo possível medir a perda associada a ele. Quanto a sua natureza, os eventos podem ser reflexivos (quando há reflexões de Fresnel) ou não-reflexivos (quando há degraus por variação do nível do sinal retroespalhado). Para eventos reflexivos, a zona morta de evento é definida como a distância medida no ponto onde a curva cai 1,5dB do nível de saturação devido à reflexão de Fresnel, como mostrado na figura 8. Para eventos não reflexivos, a zona morta de evento é definida como a distância entre os pontos de início e fim de um degrau com atenuação inferior a 1,0dB e variando 0,1dB dos valores inicial e final, como mostrado na figura 9. Usualmente, esta zona morta é um valor fixo e depende somente da largura de pulso aplicada.

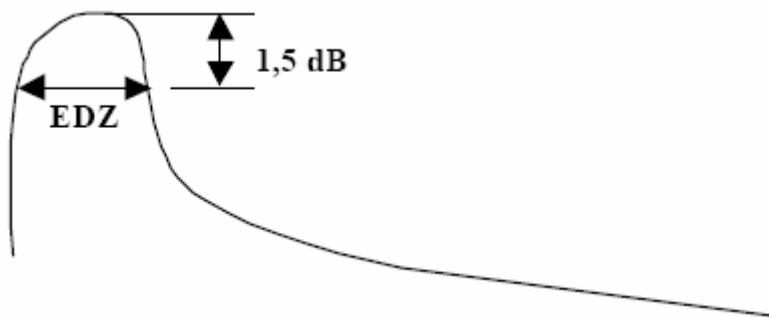


Figura 8 – Método de aferição de zona morta de evento para eventos reflexivos

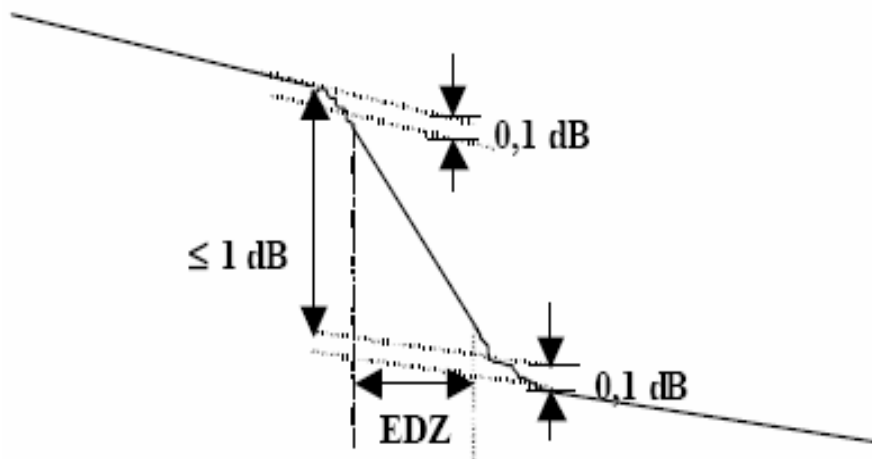


Figura 9 – Método de aferição de zona morta de evento para eventos não reflexivos

2.1.1.2. ZONA MORTA DE ATENUAÇÃO

Define a distância mínima do ponto a partir do início de uma reflexão e o ponto onde o traço do retroespalhamento pode voltar a ser detectado, podendo ser realizadas medidas para a verificação da localização de eventos discretos (não reflexivos). Esta distância é medida no ponto onde a curva tenha retornado a 0,5dB acima do nível da curva retroespalhada, extrapolada para a esquerda, considerando uma reflectância de -30dB. Geralmente, quanto maior a potência refletida, maior será a zona morta.

Para a aceitação de emendas, o valor analisado é a média aritmética entre as medidas de atenuação realizadas nos dois sentidos. A medição nos dois sentidos faz-se obrigatória. O valor da medida de atenuação, que é apresentado pelo reflectômetro é resultante das diferenças observadas na curva do reflectômetro antes e após a emenda. Esta curva é gerada pelo sinal retroespalhado e este não varia apenas de acordo com o nível do sinal incidente, mas também com o coeficiente de retroespalhamento dos trechos de fibras em análise. Se houver diferenças entre estes coeficientes, o valor medido pelo reflectômetro não será a perda real da emenda. Entretanto, quando realizamos a medida nos dois sentidos e calculamos a média aritmética, estas diferenças se cancelam e o valor obtido é o valor médio, real, da atenuação na emenda.

2.2. Teoria do Hardware

2.2.1 - Microprocessador

O ATmega162 é um microprocessador CMOS 8-bit microcontroller baseado no AVR arquitetura RISC. Que realizar diversas instruções num único ciclo de clock, o Atmega162 realiza através de aproximadamente 1 MIPS por MHz concedendo um sistema otimizado de baixo consumo por velocidade de processamento. O coração do AVR combina um rico setup de instrução de uso geral, propocionando 32 registros de trabalho. Todos os 32 registradores são direcionáveis associando a Unidade Logica Aritimética (ALU), permitindo 2 registradores independentes, que podem se acessados em uma simples instrução em um ciclo de clock. O ATmega162 provem: 16K bytes de In-System Programação Flash com leitura-escrita compatível, 512 bytes EEPROM, 1K bytes SRAM, interface memória externa, 35 linhas geral de I/O, 32 registradores trabalho de uso geral, um JTAG interface de Boundary-scan, On-chip Debugging suport e programavel, 4 Timer/Counters flexível com modos comparáveis, interruptores interno e externo, 2 serial programavel USARTs, um programa Watchdog Timer com Oscilador Interna, uma porta serial SPI. Na figura 5 temos o Diagrama em blocos do Atmega162 e no anexo 1 estão os sinais de interface do Microprocessador.

Tabela 1 em anexo mostramos os sinais de interface do microprocesador com LCD gráfico, LED-Laser e com os 74LS244.

2.2.2 – Conversor Analógico / Digital (A/D)

Um conversor Analógico Digital é um circuito integrado que converte grandezas analógicas em dados binários (0s e 1s). O conversor analógico Digital ADC0804 é um circuito Integrado da National Semicondutores, capaz de converter uma amostra analógica entre 0 e 5v, em um valor binários de 8 bits. Na figura 10 temos o diagrama em blocos do conversor analógico/digital. No projeto temos a conversão de um sinal óptico em um sinal analógico, e depois desta conversão, teremos que converter este sinal em digital binários, que poderão ser armazenados em arquivos, para posterior uso e manipulação. Para o projeto foi definido uma resolução de 0,0195v, para uma faixa de 0 e 5V de entrada e uma saída de 8 bits. Para cada amostra do sinal convertida, através do ADC0804, sua saída poderá assumir valores entre 0 à 255. Estes valores serão então enviados para o processador ATMEGA162 que irá realizar os cálculos necessários.

Tabela 2 em anexo temos os sinais de interface do conversor Analógico / Digital.

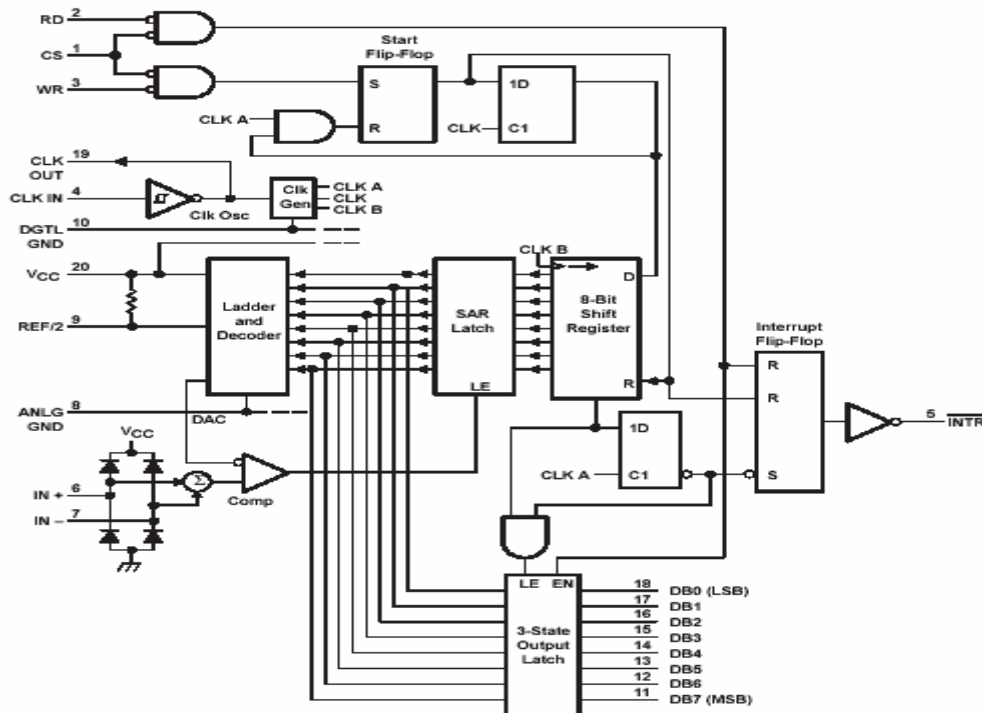


Figura 10 - Diagrama em blocos do Conversor Analógico / Digital

2.2.3 - Gerador de Pulsos

O gerador de pulso será executado pelo próprio microprocessador Atmega162. O microprocessador poderá controlar os pulso que envia e os pulsos que recebe.

2.2.4 – Amplificador

A luz retroespalhada é pequena em relação ao pulso transmitido pelo Led, assim necessitamos de um amplificador de baixo ruído, que possa amplificar este sinal recebido de forma a otimizar a relação sinal / ruído. Desta Forma optamos utilizar um amplificador acoplado ao receptor para diminuir efeitos do ruidos. Na figura 11 temos o diagrama interno do amplificador de transimpedância.

O OPA602 é um amplificador FET de alta velocidade e precisão. Possui um alto slew rate e baixo ajuste de tempo , que permite processo de sinal em pulso e aplicações de conversão de dados. O OPA602 é utilizado para uma pré-amplificação, depois o sinal passa para amplificação do sinal nos dois amplificadores operacionais TL084

em cascata não inversora. O ganho neste estágio pode ser ajustado permitindo adequar o sistema a maiores ou menores perdas no enlace ótico entre o ponto de sensoriamento e a unidade eletrônica. Tabela 1 temos todos os sinais de interface do Amplificador / Receptor.

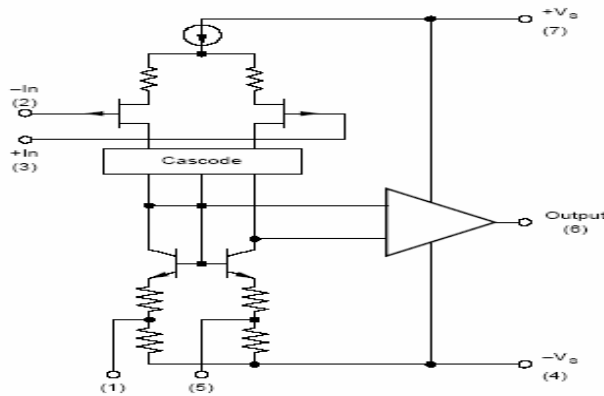


Figura 11 – Diagrama interno do Amplificador de Transimpedância

Tabela 1 – Tabela de Sinais de Interface Amplificador / Receptor

Pino	Destino	Origem	Descrição	Lógica
Pino 2	Pino 2 OPA602	Photodiodo	Recebe o sinal elétrico do Laser	0 e -27dBm
Pino 3	Terra	Pino 3 OPA602	Terra	0
Pino 6	Pino 3 TL084	Pino 6 OPA602	Sinal amplificado Estagio 1	0 e 5 Volts
Pino 8	Pino 6 ADC0804	Pino 8 TL084	Sinal amplificado estagio Final	0 e 5 Volts

2.2.5 – Transmissor Óptico

O microprocessador aplica ao Led emissor de infravermelho a partir de sinais aplicados a sua entrada. Na tabela 2 mostramos os sinais de interface do transmissor. A fonte de alimentação deve ser simétrica.

Tabela 2 – Tabela de Sinais de Interface do Transmissor Óptico

Pino	Destino	Origem	Descrição	Lógica
Sin_Tx	Led Laser	Pino 11 Atmega162	Envia sinal Digital Led Transmissor	0 e 1mW
VCC		+12V e -12V	Alimentação +12V e -12V	

2.2.6 – Timer

Neste modulo temos um contador de 8 bits que realiza a contagem de 0 à 255 pulsos utilizando o clock de 12MHz do cristal do ATMEGA. As saidas de 8 bits são enviadas para as portas B do ATMEGA que recebe o valor em bits. Com este valor o ATMEGA consegue obter o valor de início de transmissão e o de recepção do sinal. Na tabela 3 temos os sinais de interface do timer com o Atmega. Foi escolhido o CI SN74LS590 da Texas Instruments, que é um contador de 8 bits com registrador de saída e garante uma frequência de até 20Mhz. No anexo 2 temos o diagrama em blocos do SN74LS590.

Tabela 3 – Tabela de Sinais de Interface do Timer

Pino	Destino	Descrição	Lógica
Pino 15	Pino 1 Atmega	Envia sinal Digital para o PB0 Atmega	Sinal1 ou 0
Pino 1	Pino 2 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB1 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 2	Pino 3 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB2 Atmega	Sinal1 ou 0
Pino 3	Pino 4 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB3 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 4	Pino 5 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB4 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 5	Pino 6 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB5 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 6	Pino 7 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB6 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 7	Pino 8 do Atmega	Envia sinal Digital para o PB7 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 14	Terra	Terra	0
Pino 13	Pino 18 Atmega	Envia sinal Digital p/ XTAL 2 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 12	Terra	Terra	0
Pino 11	Pino 18 Atmega	Envia sinal Digital p/ XTAL 2 Atmega	Sinal 1 ou 0
Pino 10	Terra	Terra	0

3. Especificação

3.1 – Especificação Hardware

A figura 12 mostra uma visão geral do sistema, onde podemos ver o reflectômetro realizando uma medida na fibra óptica e a tela onde é mostrada a curva da medida. O sistema realizara medidas em fibras monomodo de no máximo 5Km de comprimento e com um índice de dispersão de 1,46. O sistema utilizará uma largura de pulso de $1\mu\text{s}$ e um comprimento de onda de 1310nm .

Para a localização de emendas ou falhas na fibra óptica, será requerido uma precisão de 1% e, para determinação do nível da atenuação, será requerida uma precisão de 1,0 dB.

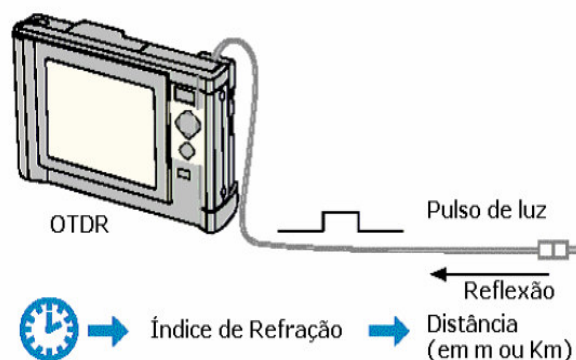


Figura 12 – Visão Geral do Sistema.

O software implementado no próprio reflectômetro faz o armazenamento dos sinais em forma de amplitude e tempo, realizando amostras na tela do display. No software foi implementado um algoritmo em C, fornecendo aos técnicos uma visão do aspecto geral da fibra em medição. A figura 13 mostra uma visão geral do projeto conforme seus módulos.

A verificação da eficiência do sistema pode ser contemplada com base na análise feita por outros equipamentos e comparada com o reflectômetro em desenvolvimento, comparando a amplitude e tempo dos sinais adquiridos e a característica da curva gerada.

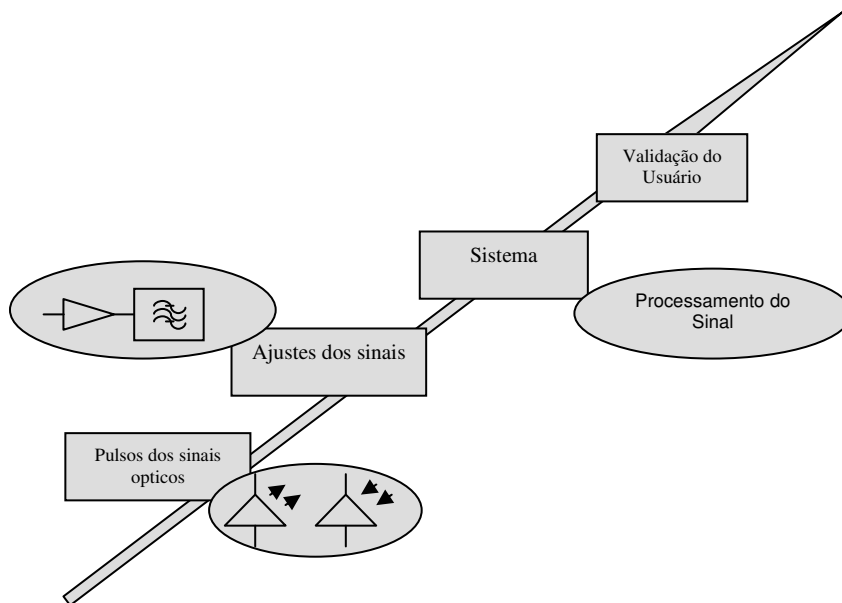


Figura 13 – Visão Geral do Projeto

O diodo laser do Reflectômetro Óptico é um conversor eletroóptico (E/O) acionado por um gerador de pulsos. O pulso de luz é acoplado numa fibra em teste via um acoplador direcional óptico. As reflexões geradas pelo retroespalhamento e pela reflexão de Fresnel retornam ao acoplador direcional e são encaminhadas para o fotodiodo, do tipo avalanche (APD), que converte o sinal óptico em um sinal elétrico (O/E). O sinal elétrico é amplificado e filtrado, e enviado para um microprocessador que calcula o atraso de propagação e a atenuação percebida pelo APD. A tela do Reflectômetro apresenta os resultados num formato gráfico que permite a caracterização do estado.

Os parâmetros reconhecidos pelo Reflectômetro são: o tempo em que o pulso é enviado na fibra, sua largura de pulso e a velocidade com que ele viaja pela fibra óptica. O tempo que o pulso de luz gasta para viajar pela fibra, se refletir e voltar para o detector do Reflectômetro pode ser medido precisamente. Conhecendo-se este tempo, o Reflectômetro pode calcular a distância (km).

3.2 – Aplicabilidade / Funcionalidade do Hardware

O hardware tem um comportamento totalmente autônomo, ou seja, não há nenhuma função a ser configurada no mesmo. Toda configuração do sistema é feita no desenvolvimento do projeto. Ao usuário cabe a função de inicializar o sistema após a conexão da fibra no equipamento.

3.3 Lista de Materiais

3.3.1 – Componentes em Geral

- Diodo a Laser;
- Fotodetector;
- Acoplador Optico;
- OPA602;
- Microprocessador ATmega162;
- Oamp TL084;
- Cristal 12MHz;
- 74LS244;
- Display.
- Capacitores;
- Resistores

3.3.2 – Material em Geral

- Conector DB-25;
- Dipswitch;
- Conector SC/APC;

3.4. Diagrama em blocos

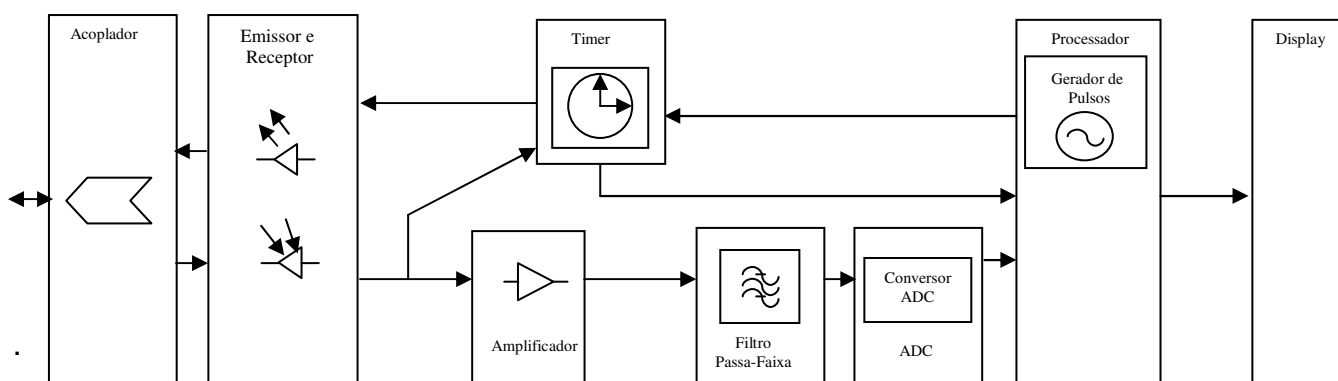


Figura 14 – Diagrama em Blocos detalhado do Hardware do Sistema

-Transmissão e Aquisição: A transmissão e aquisição do sinal se dá por um Laser modelo 1310nm, gerando e leitura dos pulsos a cada 1 μ s. Este laser e fotodetector ficara

posicionados de uma forma que se possa conectar cordões de fibra optica facilmente pelo usuário.

-Ajustes dos sinais: Os ajustes serão realizados por um amplificador de instrumentação.

-Detector de Pico e Conversão Analógico / Digital: A conversão / digital é feita pelo circuito integrado ADC0804 que possui uma entrada e converte em saída de 8 bits, endereçadas para o microcontrolador de forma a fazer a aquisição dos sinais para o processamento.

-Processamento: O processamento do sistema é feito pelo micro-controlador da familia AVR da fabricante Atmel. O microcontrolador fará o gerênciamento da transmissão e recepção do sinal optico definindo a taxa de amostragem dos sinais através do controle de conversão do ADC, atuando nos pinos de início de conversão, habilitação de endereço e término de conversão, assim como, envio dos dados ao Display.

3.5. Validação

A validação do projeto será feita realizando uma medida da fibra optica em teste, com um Reflectometro profissional e será gravado a curva de resposta desta medida, depois será iniciando o sistema é o mesmo irá enviará pulsos durante um tempo estabelecido e atraves do Display gráfico onde o sistema irá mostrar a curva de resposta sera comparado a medida realizada pelo sistema com o instrumental profissional.

3.6. Especificação do Software

- O ambiente utilizado para programação do microcontrolador Atmea 162
- A interface do sistema com o usuário será feita através do microcontrolador e do display gráfico.
- As funções que o software possui, inicialmente, são:
- Visualização em tempo real da medida;
- Visualização da amplitude e tempo do sinal;

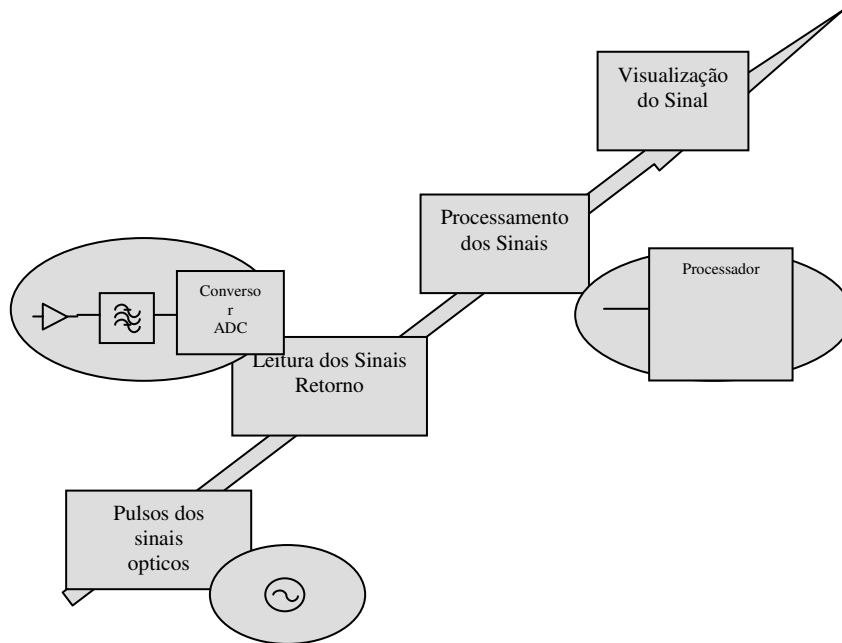


Figura 15 – Visão Geral do Software

3.7. Aplicabilidade do Software

O Software tem um comportamento totalmente autônomo, ou seja, não há nenhuma função a ser configurada no mesmo. Toda configuração do sistema é feita no desenvolvimento do projeto, cabendo ao usuário a função de inicializar o sistema após a conexão da fibra no equipamento. O software irá inicializar o processo de geração de pulso e recebimento dos pulsos sem a interferência do usuário.

3.8. Diagrama em blocos do Software

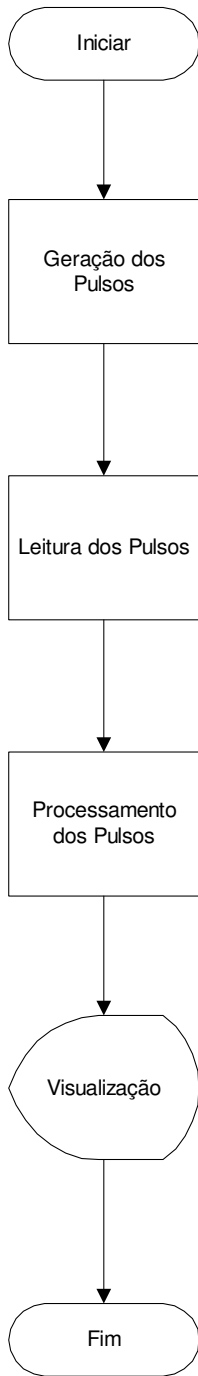


Figura 16 – Diagrama Geral Software

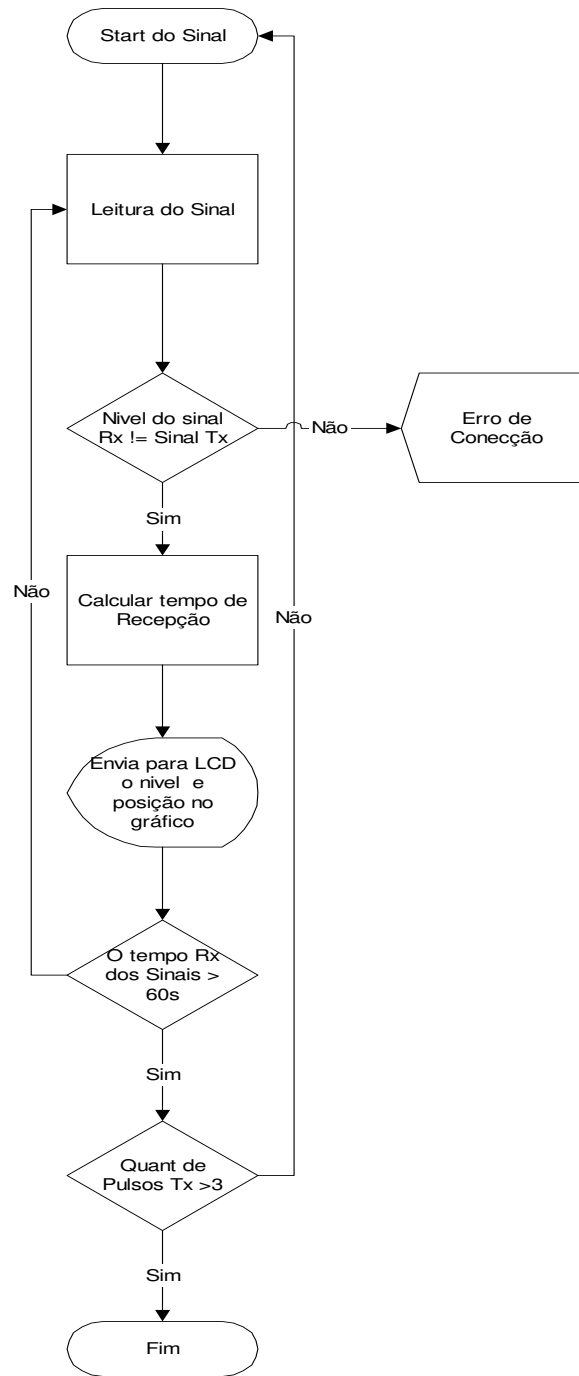


Figura 17 – Diagrama Implementação do Projeto

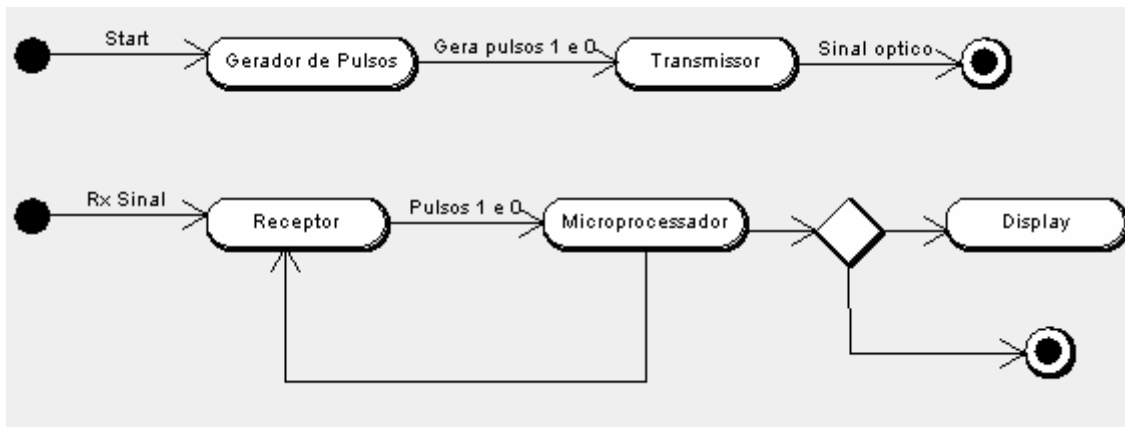


Figura 18 – Diagrama de Estado do Firmware

3.9. Firmware

O firmware implementado no Hardware será responsável pelo envio do sinal a fibra óptica e pela análise do sinal e envio para o display. Nesta análise será levado em consideração o nível do sinal e o tempo de resposta do sinal. Se o nível do sinal recebido for próximo do sinal transmitido e o tempo inferior 1ns o sistema informa que algum erro ocorreu e finalizará. Se o sinal recebido for inferior ao sinal transmitido e seu tempo maior que 1ns, o nível e tempo serão enviados ao display. Após o término de 60s, o sistema irá finalizar as medidas. Na figura 18 mostramos o diagrama de estados para o Firmware.

4. Cronograma de Desenvolvimento

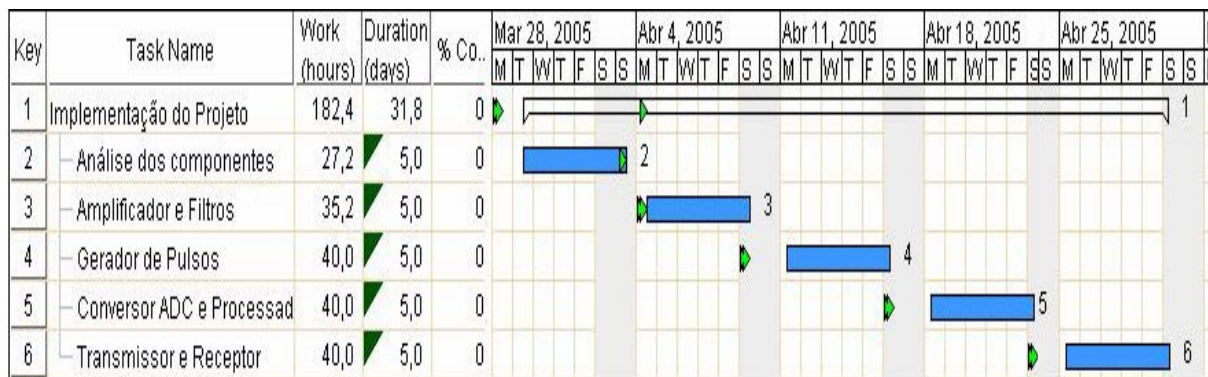


Figura 19 – Cronograma Implementação do Projeto

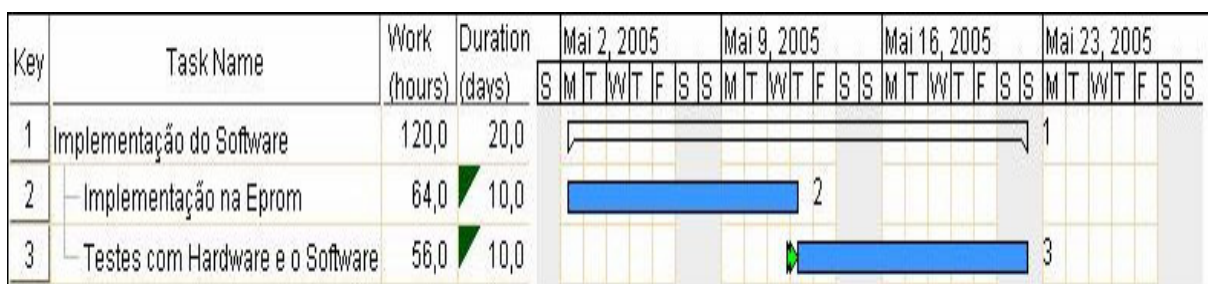


Figura 20 - Cronograma Implementação do Software

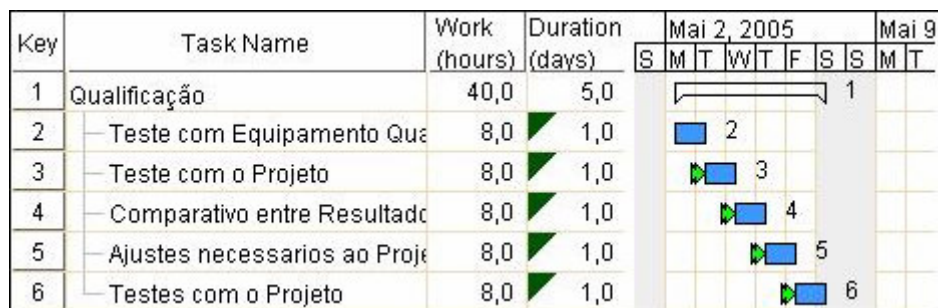


Figura 21 – Cronograma Teste com o Projeto

5. Estudo de Viabilidade Técnico-Economico

Levando em conta os componentes utilizados e a quantidade de horas de trabalho, é apresentado na Tabela 4 a estimativa de investimento/custo deste projeto para a produção de uma unidade do sistema. Não estão sendo considerados os custos de utilização dos equipamentos necessários a testes do circuito eletrônico como osciloscópio, fonte, etc. e dos softwares utilizados, que estão disponíveis para utilização nos laboratório. Também não estão sendo contados os custos de componentes eletrônicos como resistores, capacitores, conectores, cordões, etc.

Recursos	Quantidade	Custo Unit. (R\$)	Custo (R\$)
Atmel 162	1	100	100
OPA602	1	100	100
TL084	1	10	10
Led Laser	1	200	200
Fotodetector	1	250	250
Amp Operacional OP	1	30	30
Cristal 12Mhz	1	20	20
Display Grafico	1	250	250
Sn74ls590	1	3,00	3,00
Acoplador Optico	1	600,00	600,00
Horas de Trabalho	180	60	10800
Total		970	12363

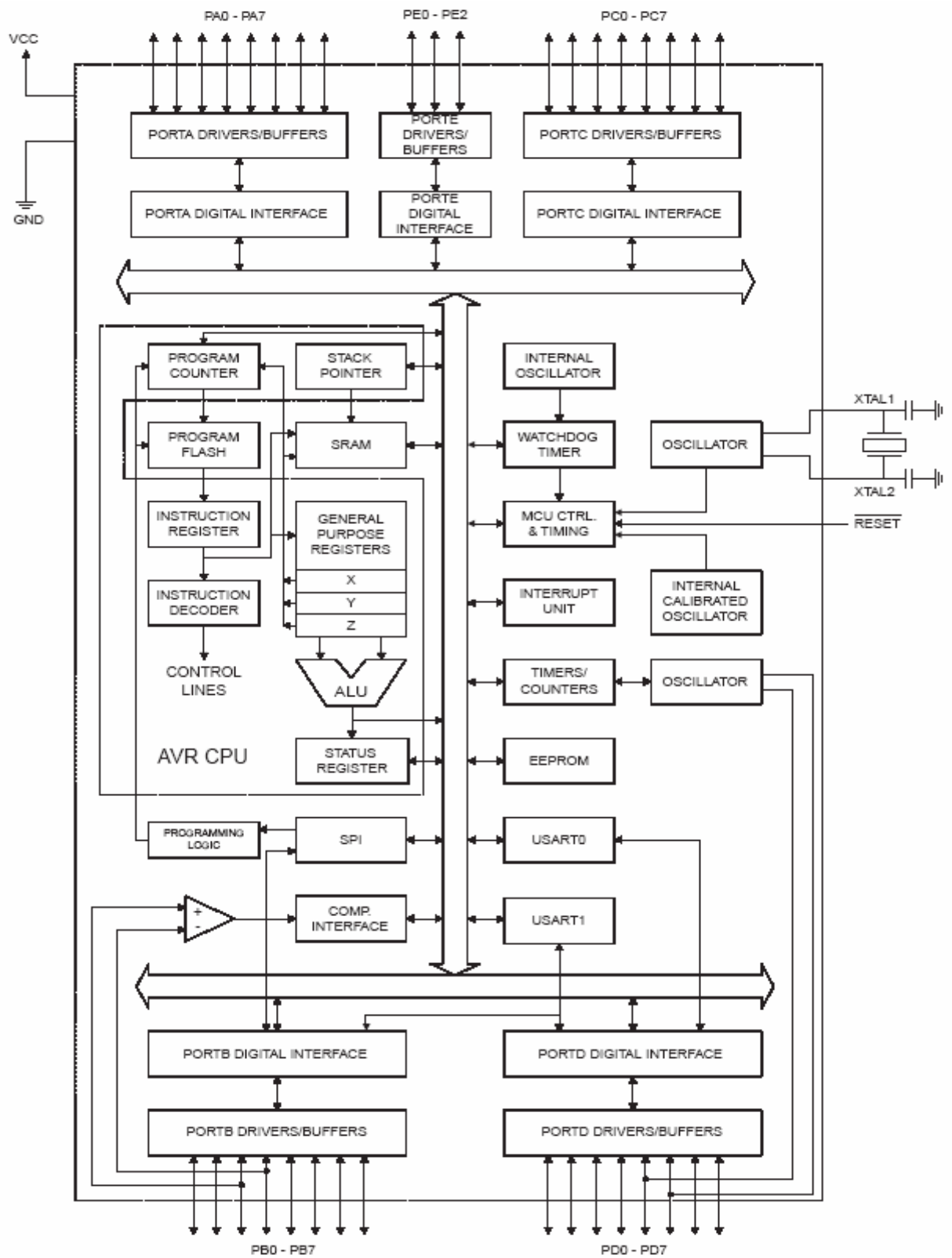
Tabela 4 – Tabela de Viabilidade Técnico-Economico

6. Bibliografia

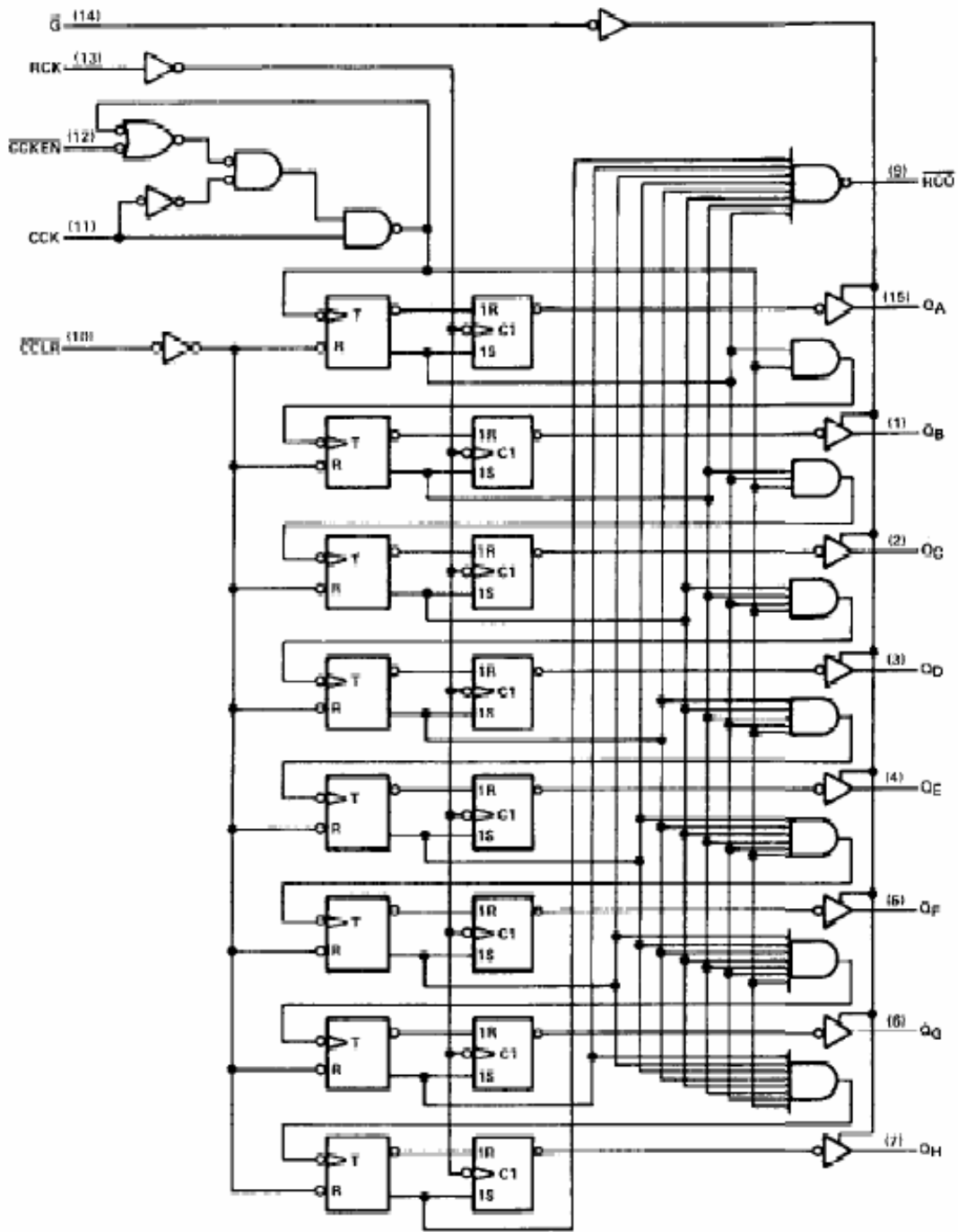
[1]PERTENCE JÚNIOR, Antônio - *Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos*, 6 ed. São Paulo, Bookman, 2003 , ISBN 85-363-0190-2. (621.375 P468a)

[2]GIOZZA, William Ferreira, Evandro Conforti, Hélio Waldman. *Fibras Ópticas:tecnologia e Projeto de Sistemas* – Rio de Janeiro : EMBRATEL; São Paulo : Makron, McGraw-Hill, 1991.

[3]Young, Matt, 1941 – ltraduzido por Yara Tavares Fornarisl, *Óptica e Laser* - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo,1998 – (Ponta;15) Titulo original: Optics and Laser



Anexo 1 - Diagrama em Blocos do Microprocessador



Anexo 2 – Diagrama em Blocos do SN74LS590

Anexo 3 – Tabela de Sinais de Interface Microprocessador

Pino	Destino	Origem	Descrição	Lógica
MIC_1	Pino 10 Atmega	Detector de Pico	Rx nível do Sinal	1
Sin_TX	Led-Laser	Pino 11 Atmega	TxLM741 Pino 3	1
Pino 4	LCD Gráfico	Pino 39 Atmega	RS seleção	1-Dado 0-Instrução
Pino 5	LCD Gráfico	Pino 38 Atmega	R/W seleção	1-Leitura 0-Escrita
Pino 6	LCD Gráfico	Pino 37 Atmega	E Chip Select	1Habilita, 0 Desab
Pino 7	LCD Gráfico	Pino 21 Atmega	B0 LSB	Barramento Dados
Pino 8	LCD Gráfico	Pino 22 Atmega	B1	Barramento Dados
Pino 9	LCD Gráfico	Pino 23 Atmega	B2	Barramento Dados
Pino 10	LCD Gráfico	Pino 24 Atmega	B3	Barramento Dados
Pino 11	LCD Gráfico	Pino 25 Atmega	B4	Barramento Dados
Pino 12	LCD Gráfico	Pino 26 Atmega	B5	Barramento Dados
Pino 13	LCD Gráfico	Pino 27 Atmega	B6	Barramento Dados
Pino 14	LCD Gráfico	Pino 28 Atmega	B7 MSB	Barramento Dados
Pino 15	LCD Gráfico	Pino 36 Atmega	A	Led Backlight
Pino 16	LCD Gráfico	Pino 35 Atmega	K	Led Backlight
Pino 17	LCD Gráfico	Pino 34 Atmega	V0	Ajuste Contraste
VCC			VCC ou +5V	VCC ou +5V
Pino 2	Pino 12 DB25		Envia dados	Programação
Pino 3	Pino 11 DB25		Envia dados	Programação
Pino 4	Pino 19 74LS244/2		Envia dados	Programação
Pino 5	Pino 1 74LS244/1		Envia dados	Programação
Pino 6	Pino 9/8 74LS244/1		Envia dados	Programação
Pino 7	Pino 2 74LS244/1		Envia dados	Programação
Pino 8	Pino 4 74LS244/1		Envia dados	Programação
Pino 9	Pino13/15/17 74LS244 U2		Envia dados	Programação
Pino 10	Pino 9 74LS244/2		Recebe dados	Programação
Pino 11	Pino 3 DB25		Recebe dados	Programação
Pino 12	Pino 2 DB25		Recebe dados	Programação
Pino 18 a 25	VCC		Terra ou GND	Programação

Anexo 4 – Tabela de Sinais de Interface Conversor Analógico A/D

Pino	Destino	Origem	Descrição	Lógica
Sin_Rx	Pino 6 ADC0804	Vem do Amplificador Pino 6 LM741	Recebe Sinal Analógico amplificado	Amplitude 0 a -27dBm
DB7	Pino 10 PD0 Atmega 162	Pino 11 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB6	Pino 11 PD1 Atmega 162	Pino 12 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB5	Pino 12 PD2 Atmega 162	Pino 13 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB4	Pino 13 PD3 Atmega 162	Pino 14 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB3	Pino 14 PD4 Atmega 162	Pino 15 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB2	Pino 15 PD5 Atmega 162	Pino 16 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB1	Pino 16 PD6 Atmega 162	Pino 17 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
DB0	Pino 17 PD7 Atmega 162	Pino 18 ADC0804	Envia Sinal Digital para o Microprocessador	0 ou 1
RD		Pino 2 ADC0804	Leitura. Disponibiliza os dados convertidos nos pinos 11 à 18	0
WR		Pino 3 ADC0804	Escrita. Da a ordem de Início da Conversão	0
INTR		Pino 5 ADC0804	Interrupção.	0