

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNVERSIDADE DE SÃO PAULO

RICARDO EIITHI FUKUSHIMA
VINICIUS RAMOS ZANCHIN

**DISPOSITIVO PARA TRANSFORMAR TELAS
EM SUPERFÍCIES SENSÍVEIS AO TOQUE**

São Paulo
2009

**RICARDO EIITHI FUKUSHIMA
VINICIUS RAMOS ZANCHIN**

**DISPOSITIVO PARA TRANSFORMAR TELAS
EM SUPERFÍCIES SENSÍVEIS AO TOQUE**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Graduação em
Engenharia

Área de Concentração: Sistemas Eletrônicos

Orientador: João Antonio Zuffo

São Paulo

2009

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ricardo Eiithi Fukushima ; Vinicius Ramos Zanchin
Dispositivo para transformar telas em superfícies sensíveis ao toque

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Graduação
em Engenharia

Área de Concentração: Sistemas
Eletrônicos
Orientador: João Antonio Zuffo

Aprovado em :

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

OK

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. João Antonio Zuffo, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

À Escola Politécnica da USP, pela disponibilização de equipamentos e espaço físico.

Às famílias, pelo apoio dado nos momentos mais delicados de nosso projeto.

RESUMO

As telas sensíveis ao toque estão em diversos aparelhos hoje em dia e estão cada vez mais precisas e resistentes. Porém, por uma série de motivos, a tecnologia atual não permite que tenhamos superfícies grandes sensíveis ao toque. Nossa proposta é criar um dispositivo capaz de “transformar” qualquer superfície plana em uma superfície sensível ao toque sem a necessidade de uma malha resistiva ou capacitiva, que é o método usado hoje em dia. Esse dispositivo deve ser compacto o suficiente, possibilitando o transporte para qualquer local e se adaptar a superfícies retangulares de qualquer tamanho.

Para realização de tal feito utilizamos sensores fotoelétricos para detectar a posição da superfície que foi tocada, diferentemente dos usados atualmente que são de pressão[1]. A posição do objeto é identificada através de dois sensores laser que são acoplados nas bordas da tela. Esses sensores são compostos por um emissor laser e um receptor posicionados em paralelo, esses são movidos por um motor possibilitando uma varredura total da tela.

Enquanto não existe objeto na superfície o feixe emitido pelo laser é refletido no outro lado e retorna sendo captado pelo receptor. Quando o feixe for interrompido observa-se os ângulos dos motores podendo assim obter a posição.

Foram feitos estudos e levantamento de preços de sensores. Verificamos também as possibilidades para criação do *drive* para que os sistemas possam receber as informações do nosso dispositivo. Por fim avaliamos o tempo necessário para execução das tarefas.

Com esse novo dispositivo pretende-se possibilitar uma maior interatividade do usuário com a superfície desejada, por exemplo, um professor pode usar o dispositivo para tornar o quadro negro em uma superfície sensível ao toque. Podendo assim dar

uma aula sem giz, escrevendo com a ponta do dedo e vendo seus movimentos virarem palavras projetadas na própria lousa.

Além disso, podemos usá-lo para tornar um notebook normal em um sensível ao toque, possibilitando um aumento da interação usuário computador. O sensor pode ser acoplado no monitor e conectado a porta USB, tornando-o possível de ser utilizado em qualquer ambiente.

ABSTRACT

Touch Screen has become a very used technology in several electronical devises. There problem is how to use it for big surfaces, besides the cost there is the transportation problem, due to the sensibility of the device. Our proposal is to create a device able to transform any surface into a touch screen, it also has to be transportable.

Were used two laser's to detect the spot where the object is touching the surface. To obtain the exact position we use two laser sources and two receivers, they are placed on the borders of the screen and a motor moves the sensor so it can scan the whole area. The devise is projected to have a low cost and the easiest communication with the computer.

The purpose is of this project is to create a surface that can be used in class rooms, in presentations and in lectures providing more interaction between man and machine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sensor por Barreira	21
Figura 2 - Sensor por Retrorreflexão	22
Figura 3 - Sensor por Difusão	22
Figura 4 – Sensor ultrassônico mic+130 (medidas em mm)	24
Figura 5 - Diodo laser	27
Figura 6 – Conectores tipo A (direita) e B (esquerda)	28
Figura 7 - Conversor USB-Serial	30
Figura 8 - Placa de Controle do Motor de Passos	35
Figura 9 - Módulo Receptor-Emissor	39
Figura 10 - Diagrama Elétrico do LM567	40
Figura 11 - Trimpot Multivoltas	42
Figura 12 - Oscilador Astável	43
Figura 13 - Representação da Moldura	49
Figura 14 - Representação do Motor no Interior do Compartimento	50
Figura 15 - Suporte da Moldura	50

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	OBJETIVO.....	13
3.	METAS	15
4.	DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES	17
4.1	Sensores.....	18
4.1.1	Tipos de Sensores.....	19
4.2	Diodo Laser.....	26
4.2.1	Lasers.....	26
4.2.2	Diodos Laser.....	26
4.3	Portas USB	27
4.4	Triangulação de Um Ponto.....	30
4.4.1	Triangulação por módulo-ângulo	30
4.4.2	Triangulação por par de ângulos	31
4.5	Projeto das Placas.....	31
4.5.1	Placa para controle do motor de passo	34
4.5.2	Placa Para o Controle do Feixe Laser	39
4.6	Programação dos Microcontroladores.....	43
4.7	Montagem dos Sensores na Moldura	48
5.	CRONOGRAMA	51
6.	CONCLUSÃO.....	54
7.	APÊNDICE	55
7.1	Apêndice A - Atas	55
7.2	Apêndice B - Esquemático do Redutor de Passos.....	58
7.3	Apêndice C - Esquemático do Receptor – Emissor	59
7.4	Apêndice D - Código do controlador de passo.....	60
7.5	Apêndice E - Código do comunicador serial.....	63
8.	REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO

A utilização de telas sensíveis ao toque (TST) está se difundindo rapidamente, pois simplifica o manuseio dos aparelhos eliminando o famoso mouse e os botões. Dispositivos como celulares, computadores, televisões e navegadores GPS são exemplos dessa mudança[2].

Essa tecnologia já tem alguns anos, sendo que os primeiros aparelhos que foram utilizados pelo público foram os caixas eletrônicos dos bancos. Depois foram os terminais de auto-atendimento dos aeroportos e hoje está espalhada em inúmeros aparelhos.

Porém ainda existem obstáculos a serem superados para a utilização das TST's em aparelhos grandes, como painéis de retro projetores, ou televisões de grande porte. Dentre as barreiras destacam-se o alto custo de fabricação das malhas resistivas ou capacitivas e seu transporte que deve ser feito com extrema precaução devido à sensibilidade da tela. Existem pesquisas para o desenvolvimento de novos materiais que não apresentam esses empecilhos, porém ainda não estão em preços acessíveis.

Por isso fica quase inviável que as universidades tenham lousas ou painéis sensíveis ao toque onde o professor possa dar uma aula escrevendo na tela salvando as anotações, para que ele possa retomá-las sem ter que reescrever.

Nossa proposta foi criar um dispositivo para “transformar” uma superfície retangular em uma superfície sensível ao toque sem precisar da malha resistiva. Esse aparelho deve ser compacto o suficiente, possibilitando o transporte para qualquer local e se adaptar a superfícies de qualquer tamanho.

Para esse feito criamos um sensor laser para indicar a presença de um dedo na superfície desejada. Esse dispositivo deve ser rápido o suficiente para perceber a ação

do duplo clique. Deve também ter uma boa precisão diminuindo o máximo possível a chance de erro.

Estudamos também a possibilidade de implantação do *software* para que o computador entenda as informações transmitidas pelos sensores. E por fim procuramos uma maneira de possibilitar a comunicação entre o sensor e o computador.

2. OBJETIVO

O objetivo do projeto é a construção de um dispositivo eletrônico com a capacidade de realizar a interação entre uma projeção feita numa superfície retangular plana e seu usuário. Essa interação é realizada pelo toque com o dedo (ou uma caneta) na mesma superfície monitorada pelo sistema, sem a utilização da solução convencional de malha resistiva e/ou capacitiva, pois ela possui uma série de restrições comerciais devido à dificuldade de se produzir as malhas. Assim como uma tela sensível ao toque convencional, ele responde a comandos simples de interação com um ambiente gráfico de um computador como deslocamento de ponteiro do *mouse*, clique simples e clique duplo.

Como é de se esperar, é de suma importância que o aparelho possua interface com computadores pessoais, pois se espera que o *hardware* embutido no computador realize parte do processamento de cálculos relacionados ao posicionamento e ações correspondentes aos botões de um mouse convencional. Foi utilizada a tecnologia USB para comunicação entre o computador e o sistema, devido ao seu grande nível de penetrabilidade no mercado, além de ser um protocolo não prioritário, diminuindo assim os custos relativos à obtenção do uso de uma tecnologia.

A princípio, propõe-se que o aparelho se adapte aos mais variados tipos de superfícies retangulares planas, transformando-a em uma superfície que interaja com o usuário através do toque nessa superfície. Tais superfícies poderiam ser quadros do tipo *flipchart*, lousas, telas de cristal líquido e de projeção (com auxílio de retroprojeter).

Utilizando em salas de aula o aparelho tem grandes chances de aprimorar o didatismo e a dinâmica das aulas, de forma que o professor com sua apresentação preparada poderá dispender muito mais do tempo da aula priorizando a explanação da

matéria, ao invés de repassar o conteúdo que preparou através de suas anotações em papel. Esse fato facilita na interatividade com o aluno, pois o tempo que o professor levaria para reproduzir o conteúdo em uma lousa poderia ser utilizado para sanar as dúvidas dos alunos. Esse contato é essencial para que o aluno retenha informações e assim adquira conhecimento. Ao mesmo tempo em que um professor projeta seus *slides* em um quadro branco, ele poderá fazer anotações sobre eles tal como se fossem cartazes afixados na parede e repassá-los tal como se fosse uma simples folha, ao toque de um dedo.

Em ambientes comerciais como *shopping centers*, terminais de aeroporto e bares, acoplando o sistema aos monitores de cristal líquido, podemos criar uma interação ainda maior entre o consumidor e o estabelecimento. Substituindo o tradicional encarte do mapa do *shopping center* por um monitor com o sistema embutido o dono poderá, em parceria com os lojistas, criar um software voltado para o usuário do *shopping center*, que por sua vez se proverá do sistema obtendo informações complementares das lojas podendo conhecer não somente a localização de uma loja específica como a localização de outras lojas da mesma categoria, de forma muito mais interativa.

Tivemos como um dos principais objetivos fazer um dispositivo simples, econômico e que não necessite de um computador com uma capacidade de processamento muito grande. Existem aparelhos com a mesma proposta que o aqui apresentado, porém nenhum tem a mobilidade que propomos. Podemos citar o Microsoft Surface[®][3], que necessita de uma sala preparada para que possa ser utilizado, adotando uma série de outras tecnologias como o *bluetooth* e o infravermelho.

3. METAS

Para atingir o objetivo do projeto, foi necessário criar metas que nos auxiliassem a alcançá-lo.

Após aprofundarmos nas pesquisas para a realização do projeto encontramos uma série de impossibilidades tecnológicas relacionadas à precisão e velocidade de um sensor, sejam de posicionamento ou de distância.

A princípio, procuramos utilizar em nosso projeto sensores de distância e de posicionamento pré-existent no mercado. A maioria dos sensores vendidos comercialmente em todo o mundo são voltados para a indústria, mais especificamente nas linhas de produção das fábricas, realizando a automação dos processos.

Fizemos uma pesquisa em diversas empresas que vendem esses dispositivos, dentre os inúmeros sensores que eles possuem apenas três satisfizeram nossos requisitos. Dentre esses três tem um que se destaca devido a sua precisão e rapidez. Contudo, realizando uma reunião com o técnico especialista da empresa, descobrimos que o sensor seguia em suas medições parâmetros que, se fossem refeitos com nossa demanda, teriam desempenho muito alterado.

A partir daí foi desenvolvido um método alternativo para a triangulação. Deu-se que foi necessário montar um par de sensores que detectassem um dedo a uma dada distância. Isto nos fez diminuir o prazo para a realização de outras tarefas e possivelmente aumentar a dificuldade que seria ajustar a movimentação do sensor, mesmo simplificando o sensoramento e barateando consideravelmente o custo total do projeto.

Ainda se fez necessário criar a parte responsável pela comunicação dos sinais emitidos do aparelho e a interpretação do mesmo, ajustando-os de forma que fossem eficientes em relação ao consumo do processamento dos microcontroladores.

A nova alternativa avaliada é a triangulação do ponto através de um par de feixes de luzes (que podem ser laser ou infravermelho) que realizam a varredura paralelamente à superfície através de motores de passo. Assim que eles detectarem a interrupção, o ângulo polarizado nos motores de passo será repassado ao computador, que interpretará o sinal como posicionamento do mouse.

4. DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

Durante o período inicial do trabalho de formatura nos dedicamos ao estudo dos componentes que serão utilizados ao longo do projeto, como por exemplo, os sensores que serão utilizados, o funcionamento de portas USB, o método utilizado para a triangulação do dedo e o entendimento da programação que será utilizada.

Os sensores serão essenciais para um bom funcionamento do sistema, foi devido a isso que fizemos um estudo detalhado dos tipos de sensores e do funcionamento de cada um deles. Descrevemos inclusive o processo de escolha do sensor, bem como as alternativas que adotamos para a criação do mesmo.

O funcionamento da porta USB foi detalhado, pois será com ele que realizaremos a interface entre o hardware e o sistema operacional. Nesse tópico serão inclusive dados os motivos pelos quais tal tecnologia foi utilizada.

O método de triangulação de um ponto na superfície plana será feita através de um motor de passos. Neste tópico serão dados os motivos pelos quais será utilizado o motor de passos, bem como as alternativas descartadas.

Detalharemos o processo de confecção das placas de circuito impresso, que foram feitas a partir de papel glossy, cuja composição difere da do *easy-peel*.

Explicaremos os motivos pelos quais serão utilizados os microcontroladores que farão a detecção e processamento da triangulação, bem como a função delegada para cada um deles.

4.1 Sensores

Sensores são dispositivos cuja função consiste em detectar variações no ambiente. Por exemplo, podem medir a carga (pressão) que um peso causa sobre um objeto, ou então detectar o movimento de um objeto.

Para a medição dos fatores externos, ele se utiliza de alterações nas propriedades físicas dos materiais o qual ele é construído. A partir deles podemos realizar medições utilizando propriedades elétricas como resistência, tensão e campo magnético. Essas mesmas variáveis podem ser enviadas a um computador armazenadas e processadas.

Na indústria, os sensores são amplamente utilizados em processos de controle e produção, como controle de fluxo de um lote de produção ou controle de estoque.

O estudo realizado teve como meta analisar as alternativas disponíveis no mercado e a partir delas eleger a mais eficiente, otimizando eficiência e custo. Devido à enorme disponibilidade de produtos e fabricantes de sensores, dedicamos um longo período à busca de alternativas viáveis.

Inicialmente procuramos soluções em produtos utilizados no mercado, predominantemente voltado à indústria de automação e controle, pois o mesmo dispõe de um grande repertório de produtos, sem contar na qualidade do encapsulamento, que daria maior qualidade e eficiência que se fossem montados pessoalmente.

Em muitos casos foi necessário contatar representantes de diversas empresas de sensores para que dúvidas quanto à aplicabilidade dos produtos em nosso projeto, chegando a realizar visitas na própria empresa.

Nesta seção, mostraremos os diferentes tipos de sensores os quais julgamos mais adequados para a aplicação em nosso projeto, bem como uma breve descrição quanto ao seu funcionamento e respectivas qualidades.

4.1.1 Tipos de Sensores

Os sensores possuem inúmeras aplicações. Dentre eles, optamos inicialmente utilizar para nosso projeto de formatura um sensor de proximidade, que acusa a presença de um objeto quando sob seu campo. Com um par desses sensores podemos triangular a posição de um dedo através do par de motores de passo, que possuirá um ângulo registrado, possibilitando assim localizar o dedo na superfície plana retangular.

Sensores de Proximidade

Os sensores de proximidade podem utilizar vários tipos de tecnologia, e para sensores de proximidade temos tipos indutivos, capacitivos e fotoelétricos.[4]

Seu propósito é o de detectar objetos que estejam dentro do raio de atuação do sensor, funcionando como chave aberta ou fechada quando detecta um objeto dentro de um raio de atuação.

Sensores de Proximidade Indutivos

Os sensores indutivos são sensores que emitem campo eletromagnético e detectam presença de um objeto através da deflexão desse campo. Contudo, tais aplicações são voltadas para objetos que compostos por metal. Além disso, são sensores que, em relação à nossa necessidade, possuem abrangência limitada pelo fato de somente detectar a alguns centímetros.[5]

Sensores de Proximidade Capacitivos

Os sensores de proximidade capacitivos são sensores que detectam presença através da deflexão do campo elétrico que ele produz. A partir daí são realizadas medições que relacionam com a presença ou não do objeto. Contudo, como no caso da

situação anterior, tal sensor não possui abrangência nem precisão (sua distância máxima não alcança mais que alguns centímetros).[6]

Sensores de Proximidade Fotoelétricos

Os sensores de proximidade fotoelétricos (ou óticos) são sensores que detectam presença através da excitação dos elétrons, utilizando-se de um fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico. Para o funcionamento desse dispositivo é necessário que haja um emissor e um receptor, que servirão como referência para o dispositivo, e que farão a amostragem em pulsos. Seu feixe emissor pode ser tanto por luz infravermelha quanto por feixe laser.

O sistema por luz infravermelha possui a vantagem de ser invisível ao olho humano, o que aumenta em muito o conforto visual ao usuário. Em contrapartida, o sistema de medição por infravermelho não possui a acurácia tão alta quanto a do sistema laser. Inclusive, sua precisão no cálculo decai rapidamente conforme a distância entre emissor e receptor.

O sistema por feixe de laser foi criado para compensar as deficiências do sistema por infravermelho. Como possui um ângulo de abertura menor que o do sistema por infravermelho, possui um alcance maior. Em compensação, seu feixe é visível ao olho humano, fato que em alguns casos pode prejudicar a visualização da tela pelo usuário.

Sistemas de Detecção de Sensores Fotoelétricos

Os sensores fotoelétricos possuem três tipos de sistema de disposição entre emissor e receptor: por barreira, por retroreflexão e por difusão.

O primeiro deles é por barreira, em que emissor e receptor ficam em pontos opostos, de forma que o objeto atravessa o feixe entre receptor e emissor.



Figura 1 - Sensor por Barreira

Adotar esse tipo de sensor, apesar de confiável, é inviável pois exigiria uma quantidade muito maior de pares emissor e receptor, todos eles enfileirados para permitir que o dedo seja detectado. Por consequência, tal adoção não tornaria o projeto mais barato que as atuais tecnologias, muito menos a tornaria mais eficiente, uma vez que os sensores possibilitam somente uma localização discretizada.

O segundo deles é o retroreflexivo, semelhante ao sistema por barreira exceto pelo fato que emissor e receptor estão praticamente alinhados, um ao lado do outro, apontando para a mesma direção e sentido; na outra extremidade encontramos um objeto reflexivo, que pode ser uma fita refletora, um espelho ou uma superfície do tipo “olho de gato”. Em versões mais atualizadas, as superfícies refletoras possuem a propriedade de polarizar a luz refletida, de forma que haja menor interferência na recepção da luz captada.

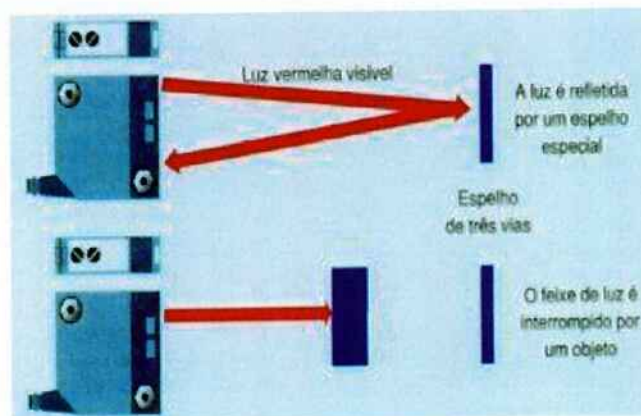


Figura 2 - Sensor por Retroreflexão

O uso de tal método pode ser eficiente para a detecção da presença de um objeto. Contudo, a utilização desse dispositivo requereria a utilização de um ou mais desses dispositivos, podendo diminuir assim a possibilidade de tornar o sistema um sistema portátil.

O terceiro tipo é o por difusão, que possui construção muito parecida com o sistema retroreflexivo, porém os raios são emitidos pelo emissor, incidem no objeto e por ele são refletidos no receptor do sensor. [7]

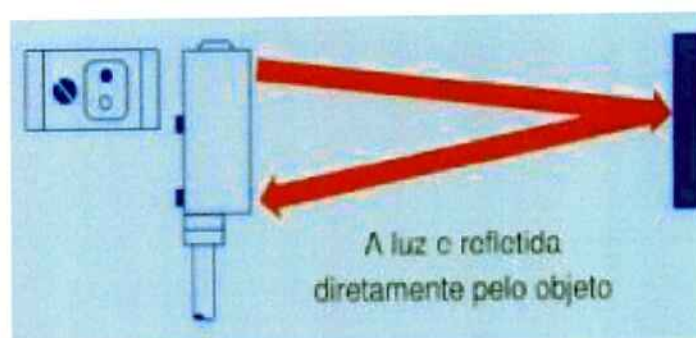


Figura 3 - Sensor por Difusão

Esse método é, comparado com os outros dois métodos, a alternativa mais elegante, pois ela não somente independe de anteparos, mas também não necessita que o receptor esteja na ponta oposta ao transmissor, mantendo assim a simplicidade do sistema. Contudo, a sensibilidade do dispositivo é muito baixa, o que o impede de

perceber objetos a distâncias grandes, bem como o espalhamento da luz infravermelha de alguns tipos, o que pode diminuir a acurácia na obtenção do ponto.

Para obtermos maiores informações sobre o funcionamento desses dispositivos de efeito fotoelétrico, resolvemos contatar um dos especialistas técnicos da Sick do Brasil, Chris Van Neyghem.

Após agendada uma data, realizamos uma reunião na própria empresa, juntamente com seu superior. Explicamos nossa proposta de projeto e apontamos diversas soluções, as quais a viabilizariam.

Sensores Ultrassônicos

Os sensores ultrassônicos possuem funcionamento semelhante ao dos sensores fotoelétricos, e excetuando pelo modo retrorreflexivo (inexistente para o sensor ultrassônico), possuem modos de detecção semelhantes.

Como o sinal se propaga à velocidade do som, não necessita de um sistema eletrônico de alta performance para a detecção do retorno do sinal, possibilitando assim uma diminuição do custo do projeto.

Sua desvantagem consiste no fato de o sistema de ultrassom utilizar a propagação do sinal em meio material, gerando assim lóbulos com abertura maior que o sistema de sensores fotoelétricos.

Por certo período realizamos uma sondagem por produtos disponíveis no mercado que se adequassem às nossas especificações. Queríamos que houvesse um sensor que nos possibilitasse a detecção de um dedo a uma distância de até dois metros.

Nesse período o sensor encontrado mais adequado foi um sensor ultrassônico comercializado pela Sense do Brasil. Contudo, seguindo especificações fornecidas pelo catálogo, verificamos que o sensor supostamente possui a precisão de detectar

efetivamente um dedo somente a 180 centímetros de distância, sem contar na existência de lóbulos laterais. O código do produto é o *mic+130* da microsonic, que possui display LED e interface configurável embutida no próprio encapsulamento, conformem mostra a figura a seguir.

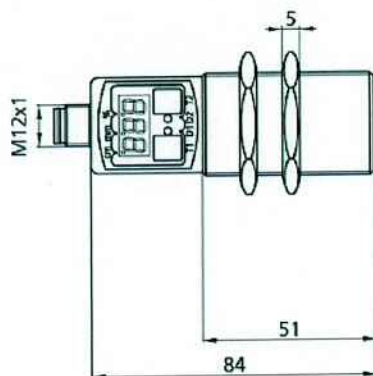


Figura 4 – Sensor ultrassônico mic+130 (medidas em mm)

Apesar das restrições de alcance que o dispositivo possui, bem como seu elevado custo (aproximadamente R\$600,00 a unidade), resolvemos contatar um representante da Sense do Brasil para melhor esclarecermos sobre as características do sensor.

Em reunião com o representante da Sense do Brasil, constatamos que as especificações, apesar de válidas, seguem parâmetros muito diferentes dos necessários para esse projeto. Um dos principais motivos é o fato de o padrão utilizado para a detecção da presença no sensor é um papel em formato quadrado de 10 cm de largura, que possui uma refletividade muito maior que o dedo, sem contar na sua dimensão, em média um décimo do tamanho normal do papel.

Outro fator que aumentava em muito o custo do dispositivo é a característica de o sensor não acusar somente a presença de um objeto mas também dar a distância aproximada do objeto ao sensor.

Ponderando esses fatores, decidimos que o ideal seria a montagem de um sensor a laser customizado, capaz de nos fornecer um sinal que indique o momento em que o feixe é interrompido. Como o dispositivo era mais simples de ser montado, aliando simultaneamente precisão e bom tempo de resposta, mesmo com a necessidade de uma fita reflexiva.

4.2 Diodo Laser

O feixe de luz que será utilizado para ser interrompido será feito a partir de um diodo semicondutor laser. Pelo fato de serem utilizados nesse projeto, nesse tópico daremos uma breve descrição sobre esses dispositivos.

4.2.1 Lasers

Um dispositivo *laser* é um dispositivo capaz de produzir luz através de estimulação simulada, que é a estimulação de um elétron por um fóton.

Nesse fenômeno, ao excitarmos adequadamente o elétron sua camada de valência é elevada, fazendo com que ao retornar à sua camada natural o elétron libere mais um fóton na mesma fase, frequência, direção, sentido e polarização do fóton excitante. Isso, sob condições ideais, provoca uma reação em cascata.

4.2.2 Diodos Laser

Um diodo laser é um diodo com a propriedade de emitir luz através da excitação simulada de seu material, semicondutor. Nesse caso, a estimulação dos elétrons ocorre através de corrente elétrica.

Para a aplicação no nosso projeto utilizamos um diodo laser operante entre 3,5V e 4,5V. Para que sua eficácia seja aumentada, o laser inclui uma lente, que auxilia na convergência do feixe de luz. Uma foto do dispositivo é mostrada a seguir, ao lado de uma moeda como referência dimensional.



Figura 5 - Diodo laser

Como podemos ver, é um dispositivo de pequenas dimensões, o que facilitará a mobilidade do sistema de detecção de interrupção pelo dedo.

4.3 Portas USB

Qualquer computador pessoal comprado atualmente é equipado com no mínimo uma porta USB. Essas portas permitem a conexão de diversos dispositivos no seu computador, como mouses, impressoras, celulares e máquinas fotográficas. O sistema operacional também já está preparado para comunicar com as portas USB, assim a instalação do dispositivo é simples e rápida para o usuário. Quando comparadas a outras formas de conexão de dispositivos (incluindo-se portas paralelas, portas seriais), os dispositivos USB são incrivelmente simples.

No passado, a conexão de dispositivos a um computador costumava encontrar problemas devido a diversidade de portas. As impressoras utilizavam portas paralelas, os modems utilizavam as portas seriais, pois dependiam da velocidade. Os dispositivos que precisavam de velocidade muito alta tinham suas próprias placas que deviam ser instaladas no computador.

O USB ou Porta Serial Universal tem como objetivo eliminar esse problema, pois ele sozinho pretende atender a todas as necessidades dos dispositivos que precisam ser conectados ao computador. Uma porta USB, através de um hub, é capaz de conectar 127 dispositivos a um computador[8].

O padrão USB utiliza vários padrões de conectores, dentre eles o tipo A e o tipo B (Figura 6). O tipo A deve ser conectado ao computador é conhecido como ponta *upstream*. O tipo B é conhecido como *downstream* e deve ser conectado ao dispositivo.[9]

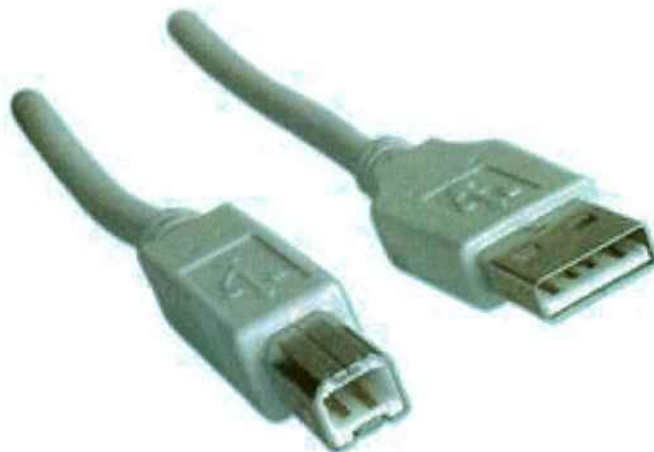


Figura 6 – Conectores tipo A (direita) e B (esquerda)

O funcionamento do USB é bem simples. Quando o computador é inicializado, ele verificará se há algum dispositivo conectado; se houver, fornecerá um endereço pra ele. Esse endereço também será fornecido quando a conexão é feita após a inicialização do computador. O processo descrito anteriormente é conhecido como enumeração.

Durante a enumeração o sistema operacional também estabelece, baseado no tipo de dispositivo, qual será o tipo de transferência que será realizado interrupção, bulk ou isócrona.[10]

O tipo de transferência de interrupção é utilizado por mouses e teclados que enviam poucos dados. O tipo bulk é para dispositivos que enviam dados em grandes pacotes que necessitam de verificação de erros como uma impressora, por exemplo. Já o tipo isócrona é para dispositivos de transferência contínua, onde os dados fluem em grande e em tempo real sem correções de erro.

Algumas características do USB:[11]

- Um cabo USB possui quatro fios, dois para energia, um de cinco volts e um terra. E um par trançado para conduzir as informações;
- Cabos individuais podem ter até cinco metros devido à perda do sinal. Com o auxílio de hubs a distância máxima chega a trinta metros;
- O computador atua como host;
- A taxa máxima de transferência dos USB's atuais é de 480Mbits/s;
- A corrente máxima que uma porta suporta são 500 mA;

Dispositivos *hot-swappable* são aqueles que podem ser conectados e desconectados a qualquer momento. Hoje em dia todos tem essa característica.

Conforme pesquisamos sobre os diversos métodos possíveis para a comunicação de dados entre sensores e computador nos deparamos com dois métodos de aplicação, um deles utilizando um microcontrolador com interface USB e outro utilizando eletrônica mais simples. O primeiro deles é utilizando o PIC18F4550 e outro deles é através da comunicação serial.

Devido à simplicidade da transmissão de dados na forma serial em relação ao USB, optamos por realizar a transmissão por uma porta serial e a partir dela realizar a

conversão do sinal para um o protocolo USB. O dispositivo será comprado devido à sua praticidade e baixo custo (em torno de US\$4,00).



Figura 7 - Conversor USB-Serial

4.4 Triangulação de Um Ponto

Uma vez que precisávamos adotar um método de identificar uma interrupção do dedo, bem como sua localização na moldura, foram realizados uma série de *brainstorms* na tentativa de adquirirmos o maior número de soluções possíveis. Seguem nas próximas linhas algumas das soluções que tivemos, bem como as dificuldades que cada solução nos daria.

4.4.1 Triangulação por módulo-ângulo

Um das soluções mais óbvias consistiam na utilização de um método por coordenadas polares. Em outras palavras, implantar o sistema utilizando somente um

sensor capaz de dar ao mesmo tempo informações sobre ângulo deslocado e distância do sensor ao dedo.

Fizemos um levantamento de sensores que pudessem fazer tal tarefa, o que nos levou aos sensores de aplicação industrial fotoelétricos e ultrassônicos. Contudo, esses sensores não dispunham de precisão, não possuíam abrangência necessária ou o cálculo da resposta não era suficientemente rápido.

4.4.2 Triangulação por par de ângulos

O método por triangulação por par de ângulos consiste em transformar um par de ângulos em coordenadas cartesianas.

A medição consiste primeiramente na imposição de uma posição de referência, geralmente adotando-se o ângulo zero como o ângulo formado pela moldura e o sensor em paralelo. Dessa forma, estabelecendo o ponto de partida de cada sensor e os fazendo girar paralelamente à superfície plana, assim que o dedo interromper o feixe laser, o dedo formará um ângulo entre a posição inicial e o ângulo que o sensor deslocou até alcançar o dedo.

Este método, necessitar mais cálculos e mais ajustes, é viável utilizando apenas eletrônica simples.

4.5 Projeto das Placas

A fim de organizar a interação entre os componentes do projeto, foram criadas cinco placas, onde cada uma teve controle sobre uma atividade específica. Tivemos placas para controlar o giro do motor de passo, a emissão e captação do feixe laser e uma placa para realizar a comunicação entre o computador e os sensores.

As placas foram projetadas no programa EAGLE do Cadsoft, onde a partir de um esquemático será criado o leiaute para definir as trilhas e localização dos componentes básicos da placas.

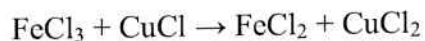
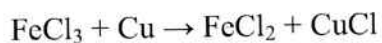
Todas as placas deste projeto seguiram os mesmos passos para desenvolvimento. Com o leiaute da placa já pronto, imprimimos em papel Glossy com uma impressora a laser. O papel Glossy foi usado como substituto do papel “easy-peel”, que é o papel ideal para essa função, pois além de ser um produto difícil de ser encontrado no mercado, possui um custo muito elevado, chegando a quatro reais pela folha de tamanho A4 (210mm de largura por 297mm de altura). Tal valor é muito superior, se compararmos com o preço médio de 50 centavos pela folha de papel tipo Glossy. É importante que a impressão seja feita na resolução máxima da impressora, garantindo que não haverá falhas.[12]

Com a impressão pronta, volta-se à placa de cobre, que deve ser lixada com palha de aço para remoção do óxido de cobre acumulado na superfície. Em seguida deve ser limpa com álcool isopropílico para remoção de qualquer gordura remanescente na placa, garantindo assim maior aderência das trilhas do leiaute na placa.

O passo seguinte foi posicionar o leiaute impresso sobre a placa de cobre, se a placa for de duas camadas, ou seja frente e verso, foi interessante ter alguns furos na placa para garantir o alinhamento. Depois de posicionada e fixada à impressão na placa, usa-se a prensa ajustada a aproximadamente 250°C por um período de dois minutos. Tal temperatura é utilizada para compensar o isolamento de calor do papel utilizado, pois o mesmo possui gramatura alta (180g/m²) em relação ao papel “easy-peel” normalmente utilizado, cuja temperatura recomendada é de 200°C. Se utilizarmos uma temperatura menor que 250°C, as chances são de que o impresso na folha de papel não grudará na placa de cobre.

Após esse período, deve-se retirar a placa e esperar resfriar aplicando pressão sobre ela garantindo que as trilhas adiram à placa. Caso a placa possua duas camadas, a mesma deve ser imediatamente virada, invertendo sua face superior e reauecida pela prensa, de maneira de a face que não estava em contato direto com as resistências da prensa sejam aquecidas diretamente.

Quando a placa estiver fria, retira-se o papel conferindo a aderência do leiaute à placa. Eventualmente, utiliza-se água para amolecer o excesso de papel, esfregando-o logo a seguir. Se houver alguma falha, basta corrigir usando uma caneta de retroprojctor. O passo seguinte é depositar da placa na solução de perclorato de ferro, onde o cobre será corroído. Essa solução é utilizada para a redução do cobre não protegido pela impressão grudada à superfície da placa, e sua reação química é descrita a seguir.[13]



Nessa reação, o perclorato de ferro reage como cobre, formando cloreto ferroso, solúvel em água, e cloreto cuproso. O cloreto cuproso reage com o perclorato de ferro, formando assim mais cloreto ferroso e cloreto cúprico. Deve-se tomar cuidado ao manusear o perclorato de ferro, pois sua forma sólida, ao reagir com a água, possui reação do tipo exotérmica, alcançando a temperaturas de até 70°C.[14]

Após a remoção do cobre das partes que não estão cobertas pelo desenho do circuito, lavamos a placa com água e em seguida retira-se a tinta da placa, normalmente com o uso de uma esponja de aço, devido à sua alta abrasividade. Na sequência, fura-se os pads e as vias para posterior fixação dos componentes.

4.5.1 Placa para controle do motor de passo

O circuito, que encontra-se no anexo 7.2, tem como objetivo controlar o motor de passo com precisão. Esse circuito é um projeto aberto (open source)[15], que conta com a colaboração de pessoas ao redor do mundo. Para esse projeto, a placa sofreu algumas alterações que possibilitam maior controle sobre o motor de passo. Para realizar as alterações no projeto, foi necessário um conhecimento sobre o funcionamento dos motores de passo, além do aprofundamento dos conhecimentos em microcontroladores e programação.

O circuito consiste no controle da corrente que atravessa cada uma das bobinas através de um transistor de potência, o TIP122. Quatro das seis saídas de um microcontrolador controlam a corrente presente na base de um BC337, que por sua vez aumenta a corrente que passará na base do TIP122. Aumentando a corrente de base do transistor, há um aumento da corrente que atravessa as bobinas. Se as bobinas forem excitadas simultaneamente, o rotor alinhará entre os intervalos do passo normal.

Após o projeto e montagem da placa, de camada dupla, obtivemos o seguinte resultado, retratado na figura a seguir.

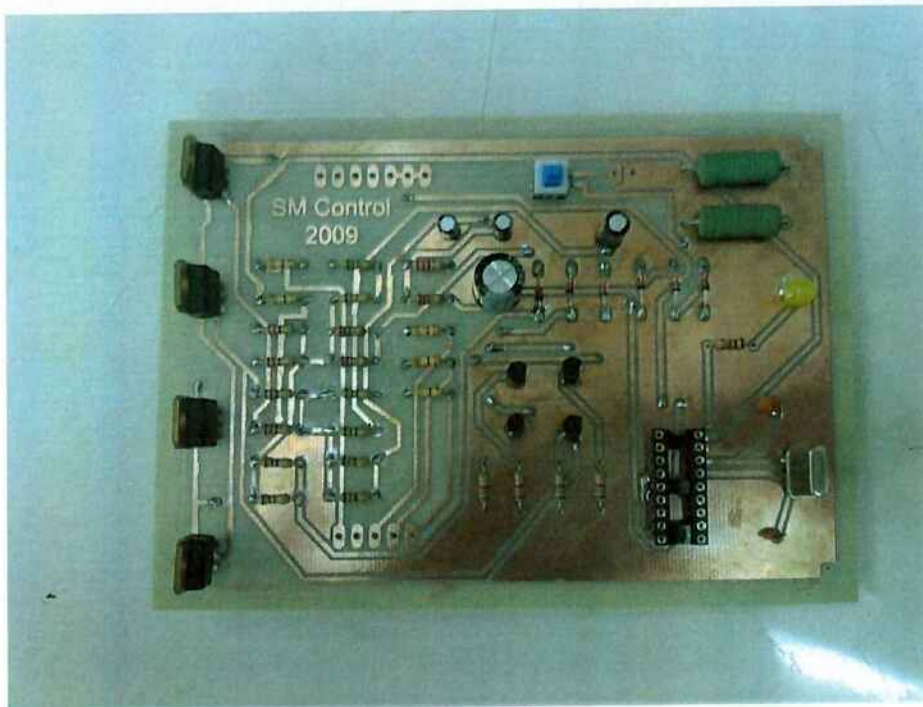


Figura 8 - Placa de Controle do Motor de Passos

Motores de Passo

Para se realizar a movimentação rotacional do conjunto laser-fototransistor, faz-se necessário a utilização de um motor com uma série de características, como boa velocidade, alta precisão e a possibilidade de controle do ângulo e sentido de rotação. São esses motivos que nos levaram à adoção do motor de passos.

Motores de passo são motores diferentes dos habituais motores de corrente contínua ou motores trifásicos, pois seu rotor, em funcionamento habitual, realiza sua rotação exclusivamente através de incrementos discretos. Dependendo da configuração de cada motor de passo há um número diferente de passos. Essa mesma rotação depende exclusivamente da forma como suas entradas são excitadas, sendo que a velocidade aumenta conforme se aumenta a frequência da permuta da excitação das entradas. Por fim, a ordem em que essas entradas são ativadas define o sentido com que o rotor girará, podendo portanto, girar em sentido horário ou anti-horário.

Apesar de todas as vantagens, o motor de passos possui um decaimento do torque conforme a velocidade angular de seu rotor, podendo eventualmente causar escorregamento devido ao excesso de carga. Outra desvantagem é a eventual presença de ressonância no motor caso o mesmo não seja adequadamente controlado.

Tipos De Motores De Passo

Os motores de passo de dividem em três categorias, sendo que cada uma dessas categorias define um método de funcionamento.

Os motores de passo de ímã permanente utilizam ímãs permanentes para o alinhamento do rotor e estator. Nesse caso, o rotor é magnetizado com uma série de ímãs alternados paralelos em relação ao eixo do rotor. À medida que os enrolamentos do estator são acionados, o campo magnético gerado pelo estator interage com o campo magnético dos ímãs permanentes, de forma que ocorre um alinhamento entre eles. O estator é composto por um número definido de dentes, de tal forma que quanto maior o número de dentes, maior será a precisão do passo do motor de passos.

Os motores de relutância variável são os tipos de motores de passo com maior maturidade no mercado. Inclusive, diz-se que por possuir a maior facilidade estrutural é o tipo dotado de maior facilidade de entendimento. É composto por um rotor de pólos salientes e um conjunto de enrolamentos nos estatores que são excitados aos pares. Seu funcionamento baseia no princípio da menor relutância gerado pelo circuito magnético, de forma que as irregularidades no rotor induzem o mesmo a realizar o movimento que minimiza o espaço de ar entre o rotor e o estator.

No terceiro tipo de motor de passo há uma combinação entre os tipos relutância variável e ímã permanente. Possui um rotor cilíndrico de ímã permanente, com alternância de ímãs paralelamente alinhados ao eixo do rotor. Simultaneamente, o rotor é composto por uma série de ranhuras que aumentam sua precisão, facilitando a

diminuição da relutância do circuito magnético. Além do tipo ímã permanente, é o tipo de motor mais usado.[16]

Procuramos um motor de passo que dispusesse de torque razoavelmente grande para a movimentação dos sensores, sem contar na velocidade que o motor de passo deve desenvolver para que a varredura da superfície seja feita com boa velocidade. Ao mesmo tempo, procuramos um motor de passo que possuísse número adequado de passos, e ao mesmo tempo fosse leve para que a moldura não atrapalhasse seu manuseio.

Partindo dessas premissas, procuramos nos arredores da rua Santa Ifigênia uma loja que nos fornecesse um motor que tivesse tais características. Encontramos em uma delas um par de motores de passo híbridos da Minebea, série 17PU-H.

Seguindo informações fornecidas pelo fabricante, esses motores possuem aproximadamente 180 gramas cada, o que tornaria a moldura relativamente leve; seu torque de detenção é de 8,2mN.m, o que é suficiente para que o rotor realize seu movimento sob os sensores como carga. Suas dimensões são pequenas, formando um paralelepípedo com 42 milímetros de largura por 42 milímetros de comprimento e 30 milímetros de altura, e por esse mesmo motivo o rotor apresenta baixa inércia. Por fim, percebemos que o motor possui 6 fios, fato que comprova sua natureza unipolar e que o destaca pelo fato de exigir circuitos menos complexos para o controle dos passos.

Microcontroladores

Microcontroladores são unidades lógicas computacionais programáveis que dispõem em seu redor uma série de funções auxiliares como contadores, cronômetros e controladores de portas de entrada e saída. Sua diferenciação com relação ao microprocessador consiste no fato de o primeiro possuir suas instruções embutidas no próprio dispositivo, o que a isso damos o termo “dispositivo embarcado”. Em outras

palavras, o microcontrolador utiliza somente sua memória interna para a execução das linhas de código.

Por consequência, é lógico afirmar que o microcontrolador é especialmente desenvolvido para funções específicas, além de ser adotado somente em situações que não exijam alta performance, pois pode-se encontrar microcontroladores com frequência de operação tão baixas quanto alguns kilohertz.

Observando-se suas vantagens, verificamos que o microcontrolador possui consumo de energia muito menor que o de um microprocessador.

É por esses motivos que, para o nosso projeto, utilizamos microcontroladores para as tarefas de movimentação do motor de passos, manipulação das interrupções que os sensores realizarão e envio dos dados necessários para que o computador os receba, fazendo assim o posicionamento do ponteiro do mouse.

Como pretendíamos realizar um processamento descentralizado, resolvemos que será instalado um microcontrolador para cada um dos sistemas redutores de passo. Além disso será utilizado um microcontrolador responsável exclusivamente para a coordenação e orientação dos passos do motor de passos e um último para o recebimento, processamento e envio do ângulo formado pelos lasers.

Como será utilizado um microcontrolador para ambos redutores de passo, será necessário que ambos apresentem mesmo ângulo de abertura em relação à moldura, de forma que ambos consigam percorrer a superfície em sua total abrangência.

4.5.2 Placa Para o Controle do Feixe Laser

A placa de controle do feixe laser é essencial para que o projeto funcione, pois sem ele não há a possibilidade de sabermos onde nem quando o dedo encontrou na superfície. Realizamos uma pesquisa sobre os componentes e circuitos que nos permitissem realizar a detecção do dedo por interrupção e chegamos a um circuito, cujo diagrama lógico consta no anexo 7.3.

Com esse esquemático realizamos o projeto e montagem da placa, que é mostrada na figura a seguir.



Figura 9 - Módulo Receptor-Emissor

Módulo Receptor

Um sinal instável pode apontar para uma detecção errada por parte do receptor. Para que o feixe laser possua eficácia na detecção do sinal, o sinal do dispositivo emissor laser precisa ser modulado para que não haja oscilações nem variações na aquisição do sinal. Além disso é necessário que o feixe laser de um determinado transmissor não interfira no do outro feixe.

Para tanto, uma medida que contorna facilmente esse problema é a modulação do sinal, pois a frequência com que os dois lasers emitem somente serão percebidas por cada um dos receptores. Dessa maneira, montar cada transmissor e receptor de forma a detectar bandas de frequências distintas fará com que o feixe laser de um par não interfira na leitura do receptor do outro par.

Para o controle do feixe laser utilizamos um par de circuitos integrados do modelo LM567. Cada circuito montado com o LM567 foi responsável pela detecção do sinal de cada uma das frequências emitidas pelos lasers, de forma que o sinal de saída contínua foi a zero em relação à alimentação (5 Volts) quando esse detecta uma frequência próxima à configurada. Assim, fora dessa faixa de frequência o sinal de saída foi a aproximadamente 5 Volts, fazendo com que a diferença de potencial com a fonte caia a praticamente zero. Logo se adota a tensão da fonte como referencial, pois a saída em nível baixo será interpretada como valor positivo.

O diagrama do circuito mostrado a seguir foi divulgado pelo fabricante e utilizado como base para a montagem do receptor.

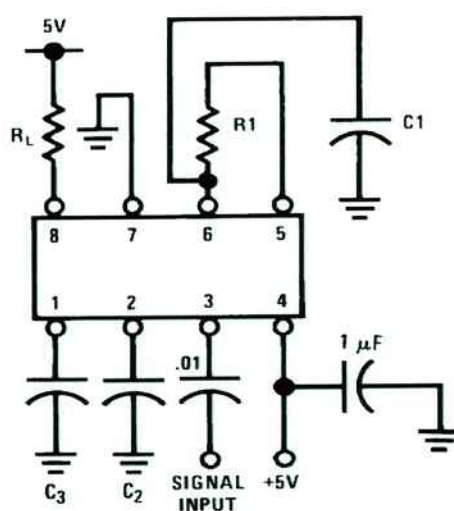


Figura 10 - Diagrama Elétrico do LM567

Foi com o dimensionamento dos componentes que pudemos realizar a escolha da frequência central e faixa de aceitação do circuito.

A frequência a ser ajustada foi calculada conforme a fórmula a seguir, fornecida pelo fabricante:

$$f_0 \cong \frac{1}{1.1 R_1 C_1} \quad (1)$$

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_0 C_2}} \text{ em \% de } f_0 \quad (2)$$

Onde:

f_0 : frequência central

BW: banda de aceitação do filtro, com C_2 em μF

Com o uso dessas fórmulas conseguimos estimar a dimensão dos componentes, para então poder escolher os valores comerciais mais próximos. Foram eles:

- $C_1=3,3nF$;
- $C_2=10\mu F$
- $C_3=22nF$
- $R_1=2,22k\Omega$

Dessa relação de componentes, somente o resistor R_1 foi alterado, substituindo-o por um trimpot do tipo “multivoltas”, conforme a figura a seguir:



Figura 11 - Trimpot Multivoltas

Este componente foi adotado por ser um potenciômetro com a vantagem de possuir grande precisão, possibilitando um melhor ajuste para a banda de frequência de recepção.

Para o módulo de recepção utilizamos o fototransistor L14G1, da Fairchild, que realiza consegua detectar a luz laser com grande rapidez.

Módulo Transmissor

Uma vez acertada a frequência central de recepção do receptor, bem como sua banda de passagem, necessitávamos projetar um circuito capaz de gerar um sinal de onda a uma frequência constante. Esse sinal foi utilizado para alimentação de um laser que fez a emissão de luz a uma frequência que situou dentro da banda de aceitação do módulo receptor.

Para tanto, utilizamos o circuito integrado LM555 (também conhecido como NE555) sob a forma de um oscilador astável. É um circuito integrado de ampla aplicabilidade e devido à sua popularidade seu custo é relativamente baixo e com ele foi montado um circuito seguindo as instruções do fabricante.

Contudo, verificou-se que o sinal de saída possuía tensão de pico de aproximadamente 5 Volts, valor superior ao máximo valor de tensão suportado pelo emissor de luz laser. Dessa forma, incluímos um resistor em série com a saída do

oscilador, fazendo a tensão de pico diminuir para aproximadamente 4 Volts, que é a tensão que está na faixa de operação do laser.

Disso, o circuito ficou conforme a figura a seguir:

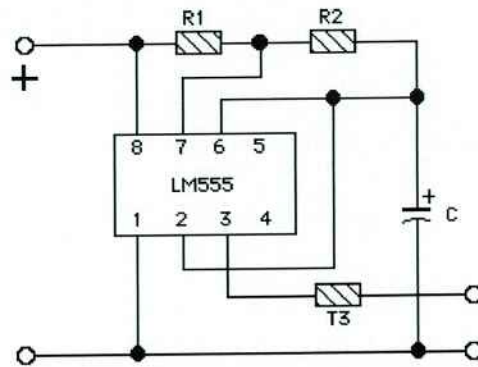
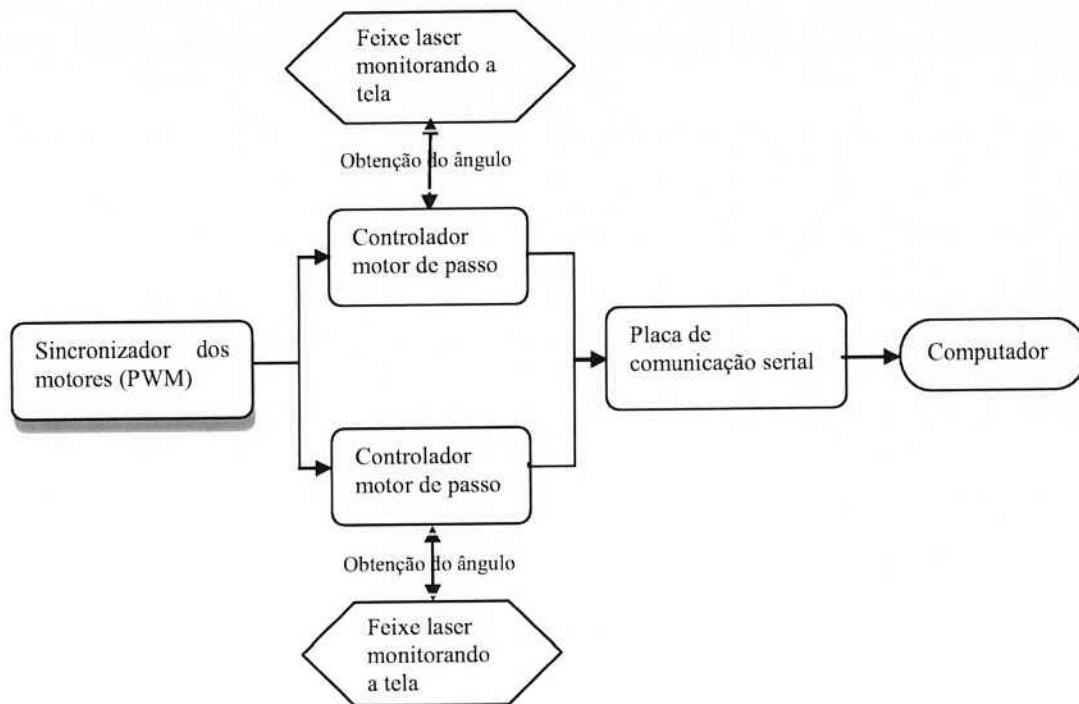


Figura 12 - Oscilador Astável

4.6 Programação dos Microcontroladores

Após a definição dos circuitos a serem utilizados, a etapa da programação é essencial para que haja a coordenação e transmissão dos sinais entre os diversos componentes.

Conforme mencionando anteriormente, utilizamos três tipos de circuitos que necessitam uma unidade de processamento. Para cada uma dessas unidades foi desenvolvido um código com diferentes propósitos. Abaixo temos um diagrama de blocos que indica a função de cada parte do projeto.



O primeiro bloco, o PWM, funciona como um sincronizador para os controladores dos motores. Sua função é fornecer uma onda quadrada de frequência pré-determinada para os dois controladores ao mesmo tempo, para que esses executem seus comandos com sincronia.

```

#include<16f84A.h>
#include delay(clock=16000000)// clock externo
#include fuses HS, NOWDT, PUT, NOPROTECT, XT
#define FREQUENCIA PIN_A0
#define FREQUENCIA1B PIN_A1
#define STEP PIN_B0
#define FREQ1 333
#define FREQ2 666
#define FREQ3 999
#define FREQ4 1
//definir todos os tempos em Hz
void move1(){
}
void move2(){
}
void move3(){
}
void move4(){
}
void main(){
    set_tris_a(0b00000011);
    set_tris_b(0b00000000);
    output_b(0xF0); //inicializa todos os pinos da PORT B em zero volts
    while(1){
        if(input(FREQUENCIA)==0)
            if(input(FREQUENCIA1B)==0)
                move1();
            else
                move2();
        else
            if(input(FREQUENCIA1B)==0)
                move3();
            else
                move4();
    }
}

void move1(){
    output_high(STEP);
    delay_ms(1000/FREQ1);
    output_low(STEP);
    delay_ms(1000/FREQ1);
}

```

Esse simples código utiliza as entradas A0 e A1 para definir qual frequência será usada para gerar uma onda quadrada. Caso as entradas tenham valores iguais a zero a *main* do programa invoca a função *move1()*, que simplesmente passa a saída B0 para cinco volts e mantém durante o período correspondente a *FREQ1*. Esse período é calculado fazendo a divisão de mil segundos pela frequência, são mil segundos pelo fato da função `delay_ms()`[17] ser em milissegundos. Logo em seguida é estabelecido zero

na saída e mantém por mais um período, formando assim uma onda quadrada. Se as entradas apresentarem outros valores além de zero, funções semelhantes serão chamadas, sendo a única alteração referente ao período.

Os blocos na sequência do diagrama são os controladores do motor de passo. Devido à complexidade e importância desse sistema optou-se por criar um controlador por motor. Essa alta complexidade se deveu à diversidade de tarefas que são administradas, desde controle do passo do motor até a comunicação entre os microcontroladores. Conforme pode ser observado esse é o hardware central do projeto, sendo ele responsável pelo movimento do emissor e do sensor laser, armazenamento do ângulo de intersecção do feixe com um objeto, conversão desse dado para bits e envio a outro microcontrolador utilizando um protocolo próprio.

Para um hardware com tantas funções foi necessário um código que permitisse que todas essas atividades funcionem em sincronia. Para tanto desenvolveu-se o código que está no anexo 8.4. Conforme já foi explicado anteriormente (seção 5.4.1) a placa de redução de passo utiliza uma combinação de transistores que controlam a corrente em cada bobina no motor. Esses transistores são polarizados pelas portas de saída do microcontrolador, por isso foi necessário uma combinação específica na saída para efetuar o passo desejado. Lembrando que a placa de controle do motor é capaz de reduzir um passo do motor em até dezesseis vezes, foi preciso estabelecer a combinação certa, que está abaixo:

```
char liga_half() = {0x36,0xC6,0xC5,0x35,0x39,0xC9,0xCA,0x3A}; [18]
```

A cada *clock* as saídas do microcontrolador se alteram para uma dessas combinações, seguindo uma sequência. A ordem dessa sequência é determinada pela direção estabelecida, ou seja, a variável direção é consultada e assim decide-se qual função deve ser utilizada.

Efetuada esse passo, é feita uma verificação para identificar se o feixe laser foi interrompido por um dedo. Se não houve interrupção, o motor efetua outro passo e verifica a interrupção novamente, fazendo isso sucessivamente. Supondo que o dedo possa passar muito rápido pelo feixe laser, foi usado um flip-flop para registrar a alteração e garantir que ela será observada pelo microcontrolador. Caso haja uma interrupção o programa entra numa rotina de envio do ângulo atual do motor para um outro microcontrolador.

Como só podemos enviar zero ou cinco volts, é necessário converter o ângulo do formato flutuante para binário. Isso é feito através de um método simples onde se determina quantas casas decimais existem no número em questão e multiplica-se o dado pela quantidade de casas encontradas, obtendo assim um valor inteiro e que é facilmente convertido para *bits*.

Para que pudéssemos converter esse dado ao seu formato original, novamente, foi necessário que enviássemos o número inteiro e a quantidade de casas decimais. Lembrando que o motor gira de zero a cento e oitenta graus, concluímos que dezoito bits são o suficiente para transportar a variável ângulo. Portanto se o valor a ser enviado for:

$$\hat{\text{Ângulo}} = 168,75$$

$$\text{Casas decimais} = 2$$

$$\text{Número inteiro} = 168,75 * 100 = 16875$$

Os valores que serão enviados são:

$$16875 = 000100000111101011$$

$$2 = 000000000000000010$$

Com os dados no formato possível para envio, inicia-se o processo de comunicação entre os microcontroladores. Procurando garantir que a transferência seja feita, foi criado um protocolo de comunicação entre o controle do motor e a placa de comunicação serial. Inicialmente o microcontrolador da placa de controle envia um sinal ao seu receptor questionando se pode enviar os dados, enquanto não houver resposta do destinatário o remetente aguarda. Quando o sinal de aceitação for recebido os dados começam a ser enviados, esses dados têm dimensão fixa de dezoito bits. Portanto, depois de receber dezoito dados, a porta de comunicação é interrompida e o motor volta a girar.

O último circuito antes do computador é a placa de comunicação serial que tem uma função básica, receber o valor do ângulo em binário, decodificar para o formato *float* e enviar para a porta serial do computador usando o protocolo RS232[19][20]. No anexo 8.5 consta o código utilizado para realizar essa comunicação.

4.7 Montagem dos Sensores na Moldura

Uma vez feita a programação e a montagem dos circuitos que controlam a movimentação e a interrupção dos sensores, necessitamos de um método para sustentar a montagem com os motores de passo e os sensores.

Para tanto, foi contratada uma empresa que construiu uma moldura capaz de abrigar o sistemas de motores de passo e sensores. Utilizamos chapas zincadas como material para a moldura devido à sua resistência, durabilidade e baixo custo.

Por ser leve e flexível, ao longo da borda da moldura a chapa foi dobrada em forma de U para que a estrutura pudesse se sustentar.

Os motores foram colocados em compartimentos, de forma que somente o sensor e parte do eixo se exponham, de forma que o resultado seja um projeto com maior organização e praticidade.

O desenho da moldura é apresentado na figura a seguir.

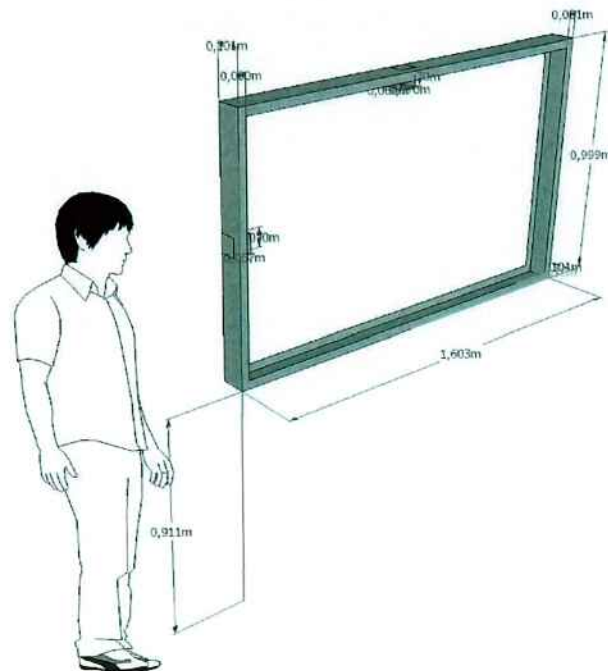


Figura 13 - Representação da Moldura

A parte externa possui um metro de altura, um metro e sessenta de largura e oito centímetros de profundidade, sendo este último para que a fita reflexiva seja afixada. As bordas foram unidas através de soldagem por resistência elétrica, que dá uma boa resistência à peça que o uso de rebites e um melhor acabamento.

Em dois dos cantos da moldura foram instalados compartimentos, cuja finalidade é a de abrigar os motores de passo com os sensores montados sobre o eixo de rotação do primeiro. Cada um desses compartimentos possui dimensão de sete centímetros de largura, sete centímetros de altura e cinco centímetros de profundidade. Esse espaço adicional é utilizado para que seja preenchido com material isolante, de forma que esse faça o isolamento acústico e mecânico do motor de passos.

A figura seguinte mostra como o motor de passo deve ficar no interior do compartimento.

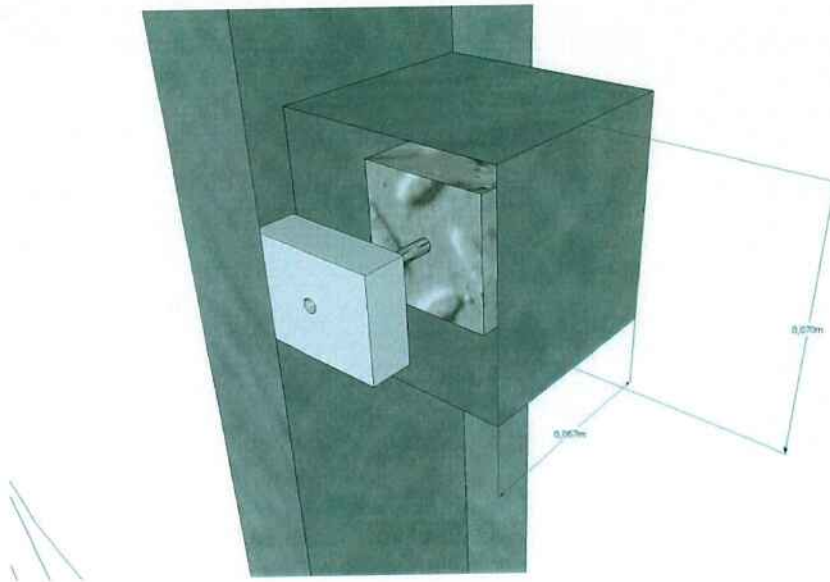


Figura 14 - Representação do Motor no Interior do Compartimento

Por fim a moldura se utiliza de abas nas porções superiores da mesma. Elas possuem a finalidade de apoiar a estrutura sobre o quadro branco, mantendo assim a estrutura firmemente afixada sobre a tela. Essas abas foram afixadas com o auxílio de rebites, que são de fácil aplicação e baixo custo. A figura a seguir nos representa graficamente o descrito.

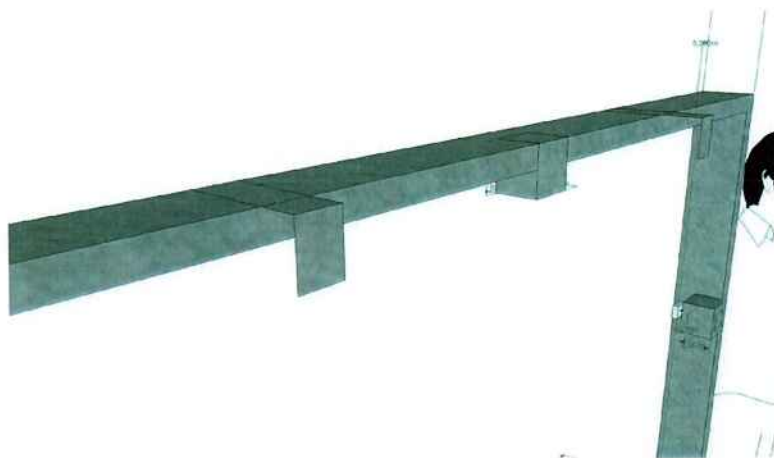


Figura 15 - Suporte da Moldura

5. CRONOGRAMA

Com base nos conhecimentos adquiridos durante o estudo preparatório para esse projeto foi possível montar o cronograma abaixo.

Esse cronograma previu a realização de reuniões com o orientador e apresentações para a banca de graduação.

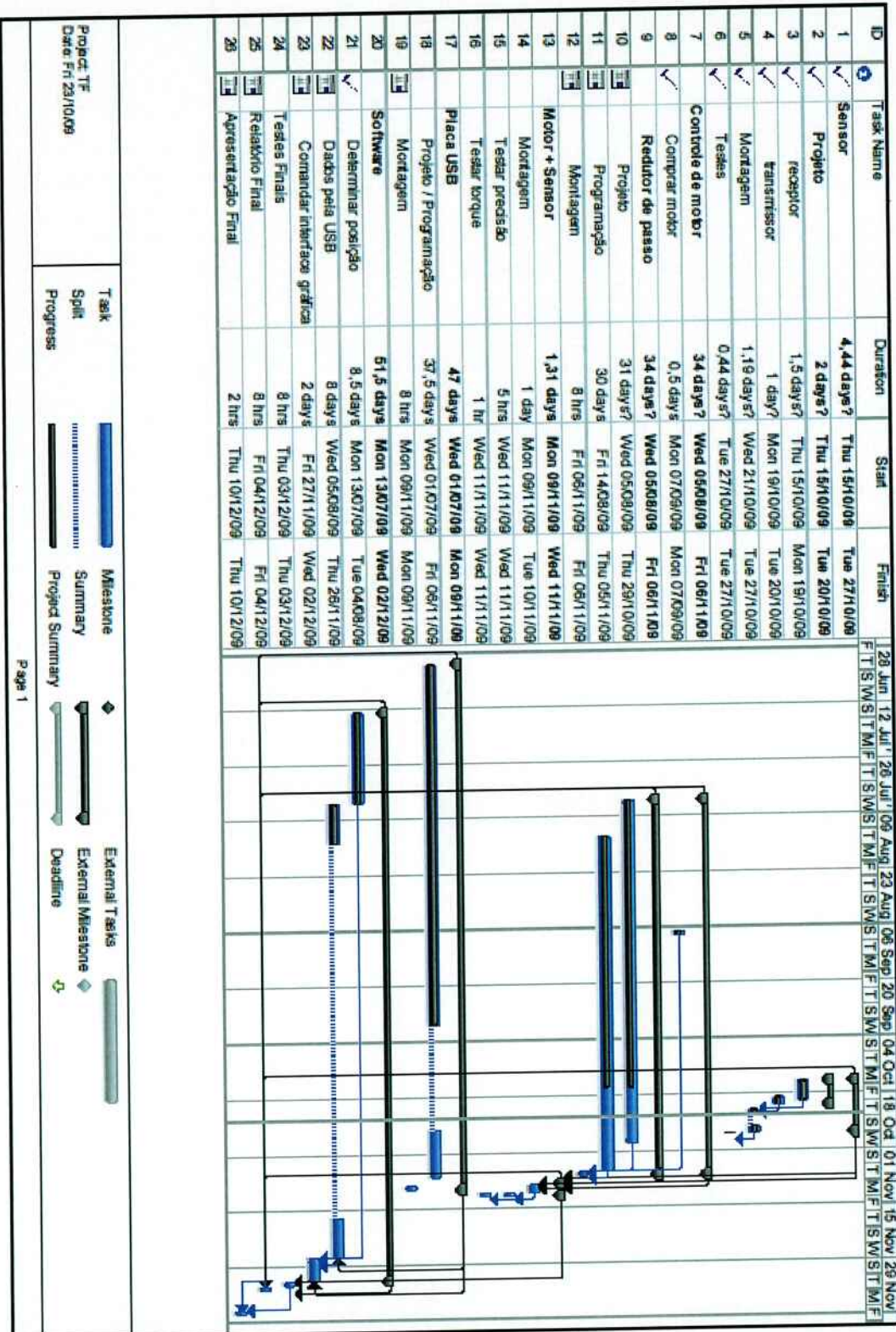
Para determinar o tempo dedicado a cada parte do projeto foi levado em conta a dificuldade da tarefa e nosso conhecimento do assunto. Temas que não são dominados pelo grupo tiveram tempo maior para sua realização.

Conforme pode ser observado algumas atividades serão realizadas em paralelo. Como o trabalho foi realizado por duas pessoas, existem atividades que serão feitas simultaneamente, para reduzir o tempo do projeto. Porém a maioria das atividades teve a dedicação dos dois alunos devido a sua dificuldade.

Para realização desse projeto foram realizadas algumas reuniões cujas atas se encontram como anexo I. Essas atas contêm as decisões e as ações que foram tomadas durante o decorrer do semestre.

Durante a execução do projeto foram encontradas algumas dificuldades que acarretaram na reorganização do cronograma. O principal fator que acarretou grandes mudanças foi a necessidade da criação de um sensor laser, pois no mercado não havia um que correspondesse a nossas necessidades. A alteração do cronograma não causou atraso na entrega do projeto, houve apenas alteração na ordem de execução das atividades. Abaixo estão os dois cronogramas o antigo e o que foi seguido.





6. CONCLUSÃO

Conforme demonstrado ao longo do relatório, o projeto precisaria de um tempo maior para aperfeiçoamento, por isso o cronograma foi alterado.

De acordo com o mesmo, verificamos que nosso tema para projeto de formatura alcançou todas as áreas do conhecimento no que concerne as áreas da engenharia elétrica. Iremos utilizar nossos conhecimentos de computação para fazer o drive necessário para dispositivo funcione. Aproveitamos também nosso conhecimento em controle e motores para controlar o motor de passo e por fim utilizamos nosso aprendizado em sistemas eletrônicos para criar os circuitos e integrar todas as partes do projeto.

Esse projeto nos mostrou dificuldades encontradas em projetos de longa duração, onde algumas definições feitas no início do projeto foram alteradas para garantir a conclusão desse no prazo devido.

A realização desse projeto nos forneceu uma visão de como conduzir um projeto de engenharia a fim de torná-lo viável mantendo a idéia inicial através da utilização do conhecimento adquirido nos cinco anos de faculdade.

7. APÊNDICE

7.1 Apêndice A - Atas

Ata Reunião dia 15/05/09

Assunto: Revisão do Relatório de Viabilidade			
Data: 15/05/2009			
Local: LSI – Sala do Professor			
Participantes			
Nome	Papel		
João Antonio Zuffo	Orientador		
Ricardo Fukushima	Aluno		
Vinicius Zanchin	Aluno		
Objetivos			
Revisar a o relatório sobre a análise de viabilidade do projeto.			
Pauta			
1. Revisão do relatório. 2. Discussão sobre alterações.			
Assuntos Tratados			
No.	Assunto		
1	<u>Aspecto visual do relatório</u> <ul style="list-style-type: none"> O relatório foi considerado satisfatório pelo professor sem a necessidade de alteração da formatação. As referências estão na formatação correta e também não foram alteradas. 		
2	<u>Conteúdo do trabalho</u> <p>O título foi alterado devido a sua ambigüidade, portanto passou de “DISPOSITIVO PARA TRANSFORMAR SUPERFÍCIES PLANAS EM SUPERFÍCIES SENSÍVEIS AO TOQUE” para “DISPOSITIVO PARA TRANSFORMAR SUPERFÍCIES RETANGULARES EM SUPERFÍCIES SENSÍVEIS AO TOQUE”.</p> <p>Ficou estabelecido que deve ser incluso no relatório que o dispositivo proposto pode ser usado no laptop além de suas diversas aplicações.</p> <p>Combinamos de acrescentar a idéia de que o dispositivo criará uma superfície multi-toque, ao invés de toque simples. Abrindo ainda mais o escopo de nosso projeto.</p> <p>Foi comentado mais uma possibilidade de utilização para o sensor, a de auxiliar no posicionamento de brocas para perfuração de placas, já que o sensor pode indicar a posição da placa com precisão.</p>		
3	<u>Apresentação da viabilidade do projeto</u> <p>Combinamos que a apresentação será feita na sexta dia 22/05/2009 a 14 horas</p> <p>O professor solicitou o envio da apresentação para sua revisão.</p>		
Ações a serem tomadas			
No.	Ação	Data Alvo	Responsável
3	Estabelecemos a data de apresentação para o dia 22/05/2009 as 14 horas.	22/05/2009	Ricardo Fukushima; Vinicius Zanchin
3	Envio da apresentação (arquivo ppt) para o professor	Após reunião de alinhamento	Vinicius Zanchin

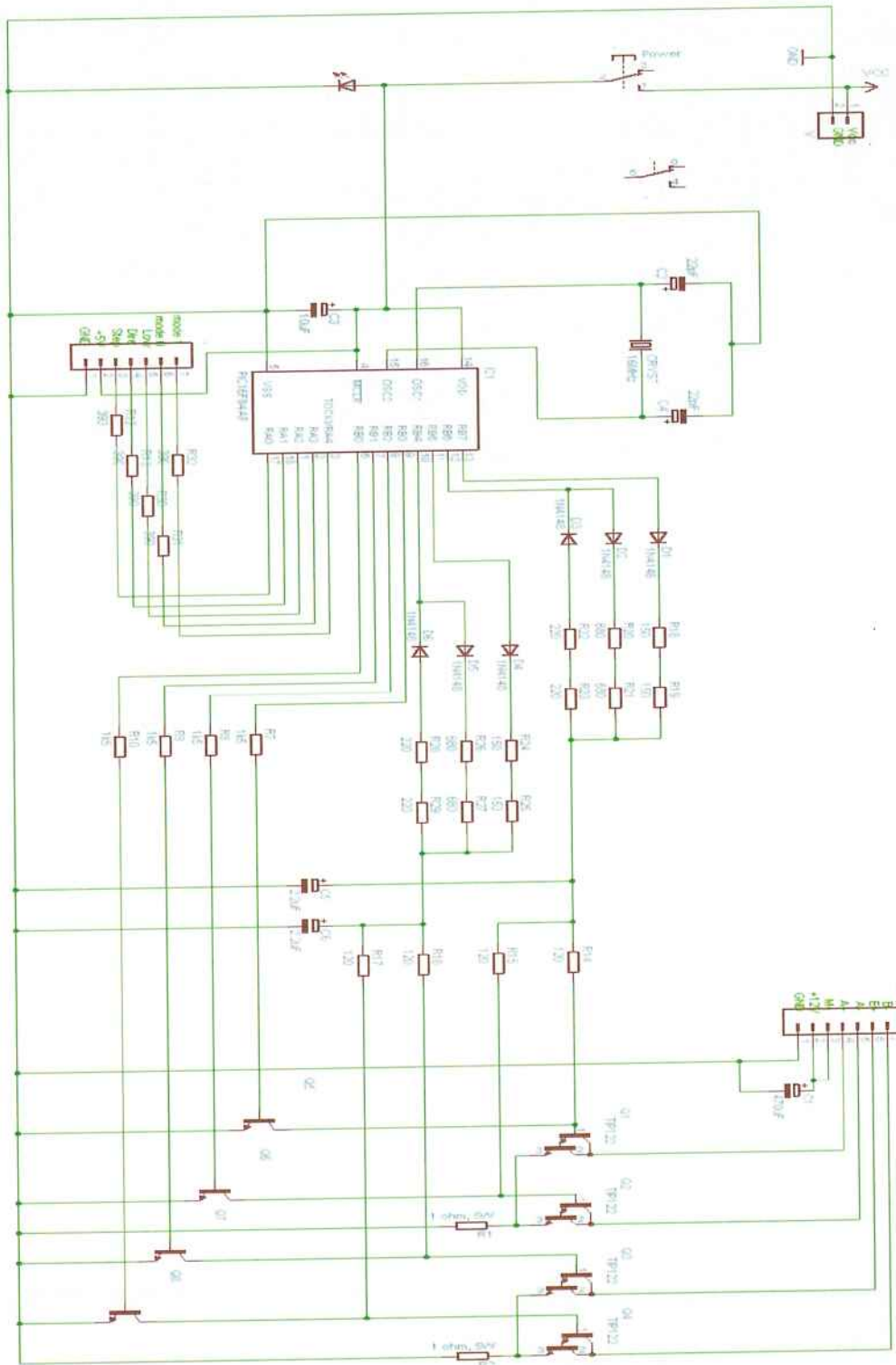
Ata Reunião dia 22/05/09

Assunto: Revisão do Relatório de Viabilidade			
Data: 22/05/2009			
Local: Lanchonete do Prédio da Engenharia Elétrica			
Participantes (em ordem alfabética)			
Nome		Papel	
João Antonio Zuffo		Orientador	
Ricardo Fukushima		Aluno	
Vinicius Zanchin		Aluno	
Objetivo			
Esclarecimento de dúvidas.			
Pauta			
Reavaliar métodos para cálculo do ponto sobre uma superfície plana.			
Assuntos Tratados			
No.	Assunto		
1	<u>Método de posicionamento do dedo no plano</u> <ul style="list-style-type: none"> Foi considerada a possibilidade de se realizar a medição através de um conjunto de espelhos finos alinhados, girando em sincronia com um laser emissor de luz. 		
2	<u>Método para rotacionamento do emissor de luz</u> <ul style="list-style-type: none"> Cogitou-se a utilização de um emissor de luz com eixo excêntrico. Um motor faria o emissor girar de forma que se pudesse obter um sistema de varredura no modo "ida-e-volta" evitando assim que se desperdicasse tempo com o percurso de mais meia volta do motor. 		
3	<u>Utilização de um sistema por varredura por ultrassom</u> <ul style="list-style-type: none"> Cogitou-se a utilização de um transdutor (ou um par emissor-receptor) que utilizasse a frequência ultrassônica, pois ela compensaria o fato de se necessitar um sistema eletrônico de alta performance, muito menos a necessidade de se montar um sensor fotoelétrico. O sistema ultrassônico, pelo fato de trabalhar com ondas sonoras, possui uma velocidade de propagação muito menor que o sistema fotoelétrico, permitindo assim uma performance semelhante utilizando tecnologias de custo menor. 		
Ações a serem tomadas			
No.	Ação	Data Alvo	Responsável
3	Realizar a procura necessária para a realização da detecção do dedo através de um sensor ou transdutor ultrassônico	22/05/2009	Ricardo Fukushima; Vinicius Zanchin

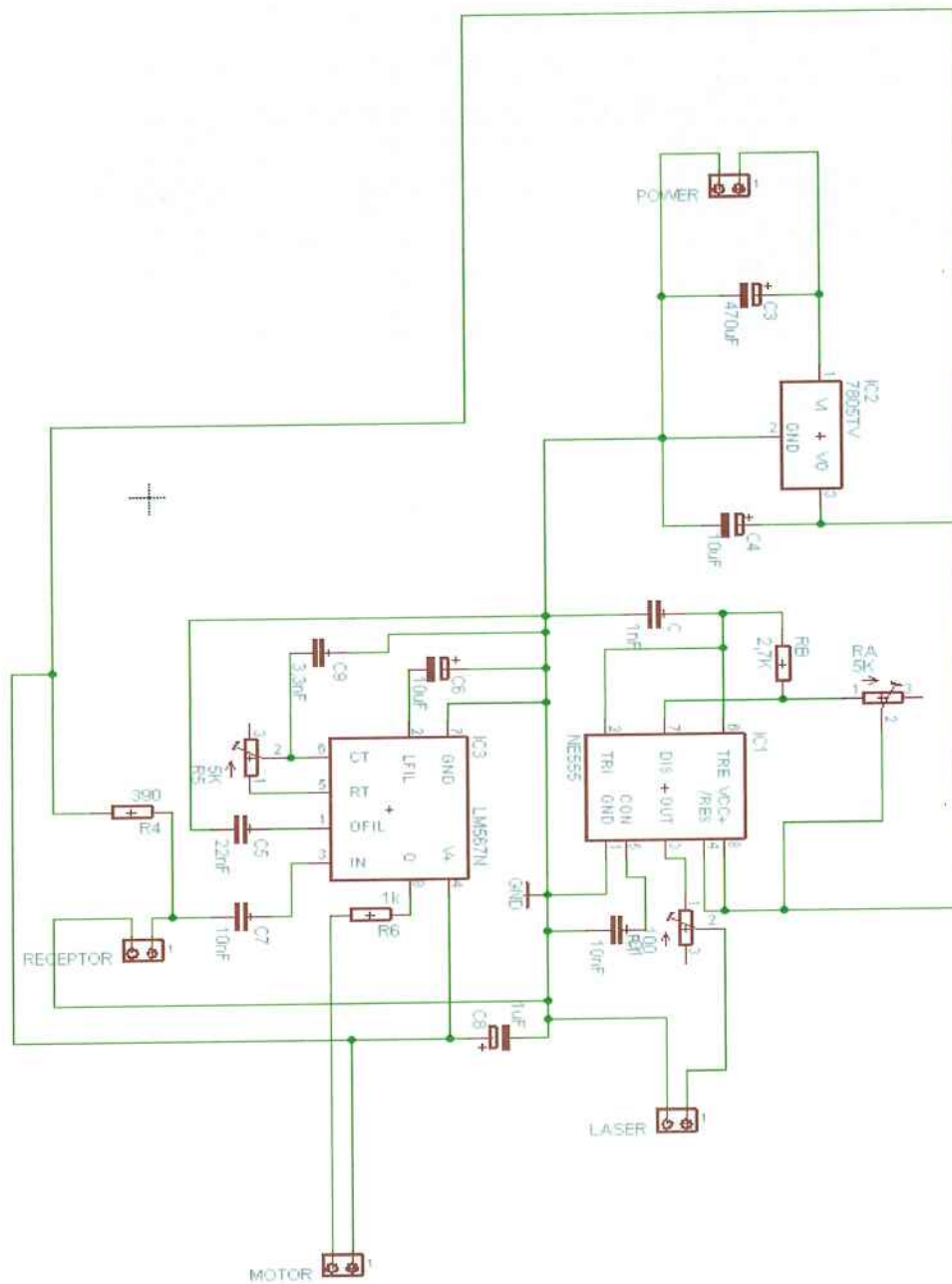
Ata Reunião dia 09/06/09

Assunto: Revisão do Relatório de Viabilidade			
Data: 09/06/2009			
Local: LSI – Sala do Professor			
Participantes			
Nome	Papel		
João Antonio Zuffo	Orientador		
Ricardo Fukushima	Aluno		
Vinicius Zanchin	Aluno		
Objetivos			
Conversar sobre a possibilidade de adquirir um sensor.			
Pauta			
Compra do sensor.			
Assuntos Tratados			
No.	Assunto		
1	<u>Compra do sensor</u> <ul style="list-style-type: none"> Foi verificado se o sensor em questão satisfaz nossas necessidades. O professor nos informou a possibilidade da escola financiar a compra do sensor. 		
2	<u>Elaboração da carta</u> <ul style="list-style-type: none"> O professor elaborou uma carta para que fizéssemos a solicitação da compra do sensor para a coordenação do curso. 		
Ações a serem tomadas			
No.	Ação	Data Alvo	Responsável
1	A compra do sensor será feita pelos alunos que deverão se encarregar de cuidar do processo.	03/07/09	Ricardo Fukushima; Vinicius Zanchin

7.2 Apêndice B - Esquemático do Redutor de Passos



7.3 Apêndice C - Esquemático do Receptor – Emissor



7.5 Apêndice D - Código do controlador de passo

```

/* Esse código serve para o PIC que será conectado ao motor por um circuito que controla a corrente e a tensão fornecida, dentre outras coisas.
Ele tem como maior finalidade controlar o motor de passo. Nesse código também consta a variável angulo que vai ser enviada a outro PIC (PIC serial).
Também tem funções voltadas para a conversão do ângulo em bits para poder transmitir de um PIC para outro. Para transformar um float em binário
foi utilizado um método que conta quantas casas decimais tem no float e em seguida multiplica o número float por umam múltiplo de 10 afim de
torna-lo um número inteiro. Esse número inteiro é convertido para bits assim como o número de casas decimais que esse número
tinha(ex:99,057, convertemos 99057 para bits e 3 para bits, assim sabe-se que se dividir por 1000 obteremos o número inicial).
Para o envio dos bits foi criada um protocolo proprio que onde o PIC que vai enviar os dados fica um tempo em SW avisando sua intencão de envio. Se
pronto para receber os dados, ele manda um sinal de retorno para o PIC controlador do motor de passo informando que pode começar o envio. Se o PIC
serial estiver ocupado, ele nao envia sinal de resposta e uma nova tentativa será inicializada. Enquanto o dado nao for enviado o motor nao gira. */

#include<16f628a.h>

#define delay(clock*16000000)// clock externo 16MHz
#define HS, HOWDT, PUI, NOPROTECT, XI

#define STEP PIN_A0 /* Definicao do bit de entrada do pulso de step RAO */
#define DEDO PIN_A1 /* Definicao do bit de entrada da interrupcao com o dado */
#define RESET PIN_A2 /* Saida para resetar o flip-flop */
#define COM PIN_A3 /* Pino que envia o valor do angulo para o PIC serial. O valor do angulo e enviado em bits */
#define ACK PIN_A4 /* Usado para garantir que a transferencia de bits pela serial sera feita corretamente */

#define MODE 1 /* Define se sera half ou full step// 0 - FULL-STEP; 1 - HALF-STEP */
#define STEPSIZE 3.75 //Tamanho do passo do motor

char liga_full[] = {0x7F, 0x4F, 0x5F, 0x6F}; //Saidas que devem estar em high ou low para o motor ter full step
char liga_half[] = {0x3F, 0x2F, 0x1F, 0x0F, 0x4F, 0x5F, 0x6F, 0x7F}; //Saidas que devem estar em high ou low para o motor ter half step
signed int i;
int subida; //garante que o motor se gire na borda de subida do step, e nao sempre que ele for 1
int direcao; //determina se o motor vai girar para a esquerda ou para direita, ele muda sentido depois de 180 graus
float angulo; //armazena o angulo atual do motor

/* As quatro proximas funcoes(full_step_direita(), full_step_esquerda(), half_step_direita(), half_step_esquerda()) simplesmente fazem o motor
gitar, com alguns detalhes como direcao e tamanho do passo */

void verific_direcao() //Verifica se o motor deve inverter o sentido de rotacao, isso ocorre no caso do angulo ser maior que 180 graus ou menor que 0
if(angulo>180) //se o angulo passar de 180 graus ele deve começar a voltar, por isso a direcao sera invertida
direcao=-1; //para o angulo estar maior que 180 a direcao deve ser direita, por isso alteranca a direcao para esquerda
if(angulo<=0) //se o angulo chega a zero e porque o motor esta girando para esquerda, por isso precisa inverter para direita
direcao=1;
}

void full_step_direita() //Efetua um full step do motor no sentido precedente de "1", o que faz com que ele va para direita
output_b(liga_full[1]); //muda as saidas dos pines B
i++;
subida=1; //mostra que o passo ja foi dado nessa borda de subida, o proximo passo so sera depois que subida=0, ou seja, quando o step for 0
angulo = angulo + STEPSIZE; //acresce ao angulo o valor de um passo
if(i>=4) //garante o ciclo de voltas do motor, depois do quarto passo, volta pro primeiro
i=1;
verific_direcao(); //verifica se o angulo atingiu seu maximo, caso afirmativo inverte o sentido de rotacao
}

void full_step_esquerda() //Efetua um full step para esquerda, percorrendo o vetor liga_full, da direita para esquerda
output_b(liga_full[4]); //muda as saidas da porta B
i--;
subida=0; //mostra que o passo ja foi dado nessa borda de subida, o proximo passo so sera depois que subida=0, ou seja, quando o step for 0
angulo = angulo - STEPSIZE; //subtrai o valor de um passo do motor, indicando que esse está voltando para posicao inicial 0
if(i<=0) //garante o ciclo de voltas do motor, depois do primeiro passo, volta pro quarto
i=4;
verific_direcao(); //verifica se o angulo atingiu seu maximo, caso afirmativo inverte o sentido de rotacao
}

void half_step_direita() //Efetua um half step para direita, percorrendo o vetor liga_half da esquerda para direita
output_b(liga_half[1]);
i++;
subida=1; //mostra que o passo ja foi dado nessa borda de subida, o proximo passo so sera depois que subida=0, ou seja, quando o step for zero
angulo = angulo + (SIZESIZE//2); //acresce ao angulo o valor de meio passo do motor
if(i>=8) //no caso de half step temos oito etapas para percorrer ate percorrer um passo.
i=1;
verific_direcao(); //verifica se o angulo atingiu seu maximo, caso afirmativo inverte o sentido de rotacao
}

void half_step_esquerda() //Efetua um half step para esquerda, percorrendo o vetor liga_half da direita para esquerda
output_b(liga_half[4]);
i--;
subida=0; //mostra que o passo ja foi dado nessa borda de subida, o proximo passo so sera depois que subida=0, ou seja, quando o step for zero
angulo = angulo - (SIZESIZE//2);
if(i<=0){
i=8;
verific_direcao(); //verifica se o angulo atingiu seu maximo, caso afirmativo inverte o sentido de rotacao
}
}

```

```

void passo(){//Decide, através do valores de DIRECAO e MODE qual o será as características do próximo passo: Full ou Half step, direita ou esquerda
if(direcao==0){//Se a variável direcao estiver com zero, o motor irá para esquerda
if(MODE==0)//se a constante MODE for definida como zero no começo do código, o efetuará full step
full_step_esquerda();//chama a função para efetuar full step para esquerda
else//se a constante MODE for definida como um no começo do código, o efetuará half step
half_step_esquerda();//chama a função para efetuar half step para esquerda
}
else{//Se o pino do pic estiver em alto, ou um, o motor vai para direita
if(MODE==0)
full_step_direita();
else
half_step_direita();
}
}

/* As próximas 3 funções binario(), enviar(), passar_angulo() servem para enviar a variável angulo, que é definida como float, para o PC serial.
Essa variável é enviada como um número binário, conforme foi explicado no começo do código.*/

void bin(int numero, int binario[]){//tem a função de transformar o número que foi enviado a ela em um binário e armazenar na matriz.

int i=0;

while(numero>0){//divide o número por 2 e salva o resto, transformando assim o número em binário, do bit sendo para o mais significativo
if(numero%2==1)//se o resto da divisão for 1, salva 1 no lugar do vetor binário apropriado
binario[i]=1;
numero=(numero-1)//obtem o quociente da divisão de número por 2
}
else//se o resto da divisão for 0, salva 0 no vetor binário
binario[i]=0;
numero=(numero)//obtem para obter o quociente da divisão de número por 2
}
i++;//incrementa o índice do vetor
}

if(numero==0){//salva no vetor binário o último termo da divisão de número, ou seja, o mais significativo
binario[i]=1;//se o resto for 1, salva 1
}
else{
binario[i]=0;//se for 0 salva 0
}
i++;
while(i<10){//Como serão enviados 10 bits, temos que completar com 0 os lugares do vetor binário que ficaram vazios
binario[i]=0;
i++;
}
}

void enviar(int vetor[]){//Essa função simplesmente altera os valores da porta de saída COM do pic de acordo com o que estiver no vetor binário
//enviando assim o vetor. Se na posição i do vetor tiver 1, a saída COM do pic é alterada para 5V, se for 0, a saída
//é alterada para 0.

int i=0;

while(i<10){//envia as 10 posições do vetor(de 0 a 9)
if(vetor[i]==1)// se for 1 na posição i, altera para 5V a porta COM
output_high(COM);
}
else{//se for 0 altera para 0V
output_low(COM);
}
delay_ms(50);//atraso para permitir a estabilização da saída e o equilíbrio do valor pelo outro pino
i++;
}
}

void passar_angulo(){
float numero, fracao;//a variável número armazena o valor que será enviado pela porta serial, a fracão é só uma auxiliar
int int_numero, numero_binario[10], expoente_binario[10], i=0, mandei=0;//os vetores numero_binario e expoente_binario contem os valores a
//serem enviados em binário. a variável mandei serve para indicar que
//o valor foi enviado para o computador

numero=angulo;//salva a variável angulo no número para poder manipular sem perder dados
fracao=numero-(int)numero;//obtemo somente a parte não inteira do angulo
while(fracao>0.001 && i<10){//serve para saber quantas casas decimais tem o número
numero=numero*10;//salvo o valor de número eliminando as casas decimais, ficando com um número inteiro salvo num float
fracao=numero-(int)numero;//quando a diferença do número para int número for zero quer dizer que o número não tem mais parte fracional
i++;//a variável i salva quantas casas decimais tem o número
}

int_numero=(int)numero;//o número que agora é inteiro, depois de todas as multiplicações, numa variável inteira
bin(int_numero, numero_binario);//é enviado para ser convertido para bits e salvo no vetor
bin(i, expoente_binario);

while(mandei==0){//espera até a variável mandei valer 1, isso só ocorre quando o valor do número foi enviado, pois só é enviado quando o ACK
//recebe um retorno do pic serial
output_high(COM);//está a saída como um para avisar o pic do serial que te dado para enviar
delay_ms(50);//tempo para o pic serial receber a informação e processar
if(input(ACK)==1){//aguarda até que um sinal positivo seja enviado para começar a mandar os valores
enviar(numero_binario);//chama a função que envia os dados
mandei=1;//informa ao looping que o dado foi enviado
}
}

mandei=0;//reseta a variável de envio
output_low(COM);
delay_ms(50);//permance um tempo em zero para que o pic serial processe os dados recebidos anteriormente e entre em sincronia
while(mandei==0){//looping para garantir que o expoente seja enviado
output_high(COM);//está a saída como um para avisar o pic do serial que te dado para enviar
delay_ms(50);//tempo para o pic serial receber a informação e processar
if(input(ACK)==1){//aguarda até que um sinal positivo seja enviado para começar a mandar os valores
enviar(expoente_binario);//chama a função que envia os dados
mandei=1;//informa ao looping que o dado foi enviado
}
}

output_low(COM);//mancia a saída em baixa esperando um novo angulo para ser enviado
}
}

```

```

void main (void) {

    set_tris_b(0x00000000); // Define PORT B como saída
    set_tris_a(0x00011011); // Pinos 0,1,4 da PORT A setados como entrada e 2 e 3 como outputs
    led = 0;

    output_b(0x00); //inicializa todos os pinos da PORT B em zero volts
    output_low(RESET); //Altera a saída do pino RESET para low afim de resetar o flip-flop

    output_high(RESET); //Altera para 5 volts o pino do RESET até novo comando.
    output_low(CGM); //Esse pino fica em 0V até que um dedo seja identificado pelo motor, passando para 5V para informar o PIC

    subida=0; //inicializa variavel que indicara que o step esta em borda de subida
    angulo=0; //inicializa a variavel angulo
    direcao=0;

    while(1){ //looping infinito
        if(input(STEP) == 1 && subida==0) { //esse if garante que a funcao passo() sera chamada uma vez por cada step pois enquanto STEP for 1, subida
            //sera 0 somente uma vez, em seguida valerá 1. Subida so sera alterado para zero novamente quando o STEP
            //for para 0 (essa no if logo abaixo).
                passo();
                subida=1;
            }
        if(input(STEP) != subida) {
            subida=1;
        }
        if(input(DEDO) == 1) { //verifica se a entrada DEDO consta que foi detectado um dedo. Caso afirmativo, chama a funcao para passar o angulo
            passar_angulo();
            output_low(RESET); //serve para resetar o flip-flop
            output_high(RESET);
        }
    }
}

```

7.8 Apêndice E - Código do comunicador serial

```

/*Este código tem como função receber o valor da variável ângulo enviada pelo PIC do motor de passo. Como são dois motores de passo, armazenamos
os ângulos em variáveis que indiquem a procedência do ângulo enviado, para isso baseamos na porta pela qual a informação chegou. Após receber os
dois ângulos, sendo um de cada motor, decodifica o sinal, ou seja, converte binariamente para float e em seguida envia para o PC pela porta serial
utilizando RS232, o número que será recebido tem o seguinte formato: valor inicial: 128.235, número que será enviado: 178235 e o expoente 3 */

#include<16f628a.h>

#define delay(clock=16000000) // clock externo 16MHz
#define rs232(baud=9600, rx=PIN_B2, tx=PIN_B1, ESRPS) //inicializacao para utilizacao da RS232
#define HS, MOWDT, PUT, NOPROTECT, XT, NOPROTECT, NOLVP

#define ENTRADA_PIN_A1 // Porta de entrada do angulo do motor que estara sobre a superficie
#define ENTRADA_PIN_A2 // Porta de entrada do angulo do motor que estara do lado da superficie

void le_porta(int vetor[], int porta){//funcao que recebe o angulo em binario pela porta que é definida pela variavel porta e salva no vetor[]
int i;
for(i=0;i<8;i++){
if(porta==0){//Verifica por qual porta o sinal irá entrar
if(input(ENTRADA_PIN_A1)){//se o sinal na porta for de 5V, salva 1 no vetor, caso contrario salva 0
vetor[i]=1;
}
else{
vetor[i]=0;
}
}
else{//faz o mesmo que acima só que para outra porta
if(input(ENTRADA_PIN_A2)){
vetor[i]=1;
}
else{
vetor[i]=0;
}
}
}
}

delay_ms(3);//atraso para sincronizar com o pic que está enviando os dados
}

float converte(int vetor[]){//converte o numero de binario para float. Multiplica os valores do vetor (sempre 0 ou 1) por um multiplo de 2
//que corresponde ao valor do bit, lembrando que o bit menos significativo esta na posicao 0 do vetor
float decimal=0.0, a=1.0; //a é inicializado com float para nao ter problemas na multiplicacao
int i;
for(i=0;i<8;i++){//o vetor sempre tem 16 posicoes, as nao utilizadas foram preenchidas com zeros
decimal=decimal+vetor[i]; //faz a multiplicacao do componente do vetor e soma com o resultado anterior
a=a*2; //recebe a proxima potencia de 2
}
return decimal;
}

float recebe_angulo(int a){//manipula as funcoes le_porta e converte, para converter o numero e o expoente para depois serem multiplicados
int i, numero_binario[8], expoente_binario[8], int_expoente;
float numero, expoente;

le_porta(numero_binario, a); //chama a funcao le_porta para receber os dados que esta sendo enviados e salva no vetor
delay_us(40);
le_porta(expoente_binario, a); //chama a funcao le_porta para receber os dados que esta sendo enviados e salva no vetor
numero=converte(numero_binario); //converte o numero que esta salvo no vetor em binario para float
expoente=converte(expoente_binario);
int_expoente=(int)expoente; //transforma o expoente que foi retornado como float para inteiro
i=0;
while(i<int_expoente){ //divide a variavel numero ate que ela tenha o numero de casas decimais esperado
numero=numero/10;
i++;
}
return numero; //retorna para a main a variavel float numero
}

void main() {
float angulo[2]; //ao terao 2 angulos por vez para serem enviados ao PC
int i=0;

set_tris_b(0x00000000); // Define PORT B como saída
set_tris_a(0x00000011); // Pinos 0,1 da PORT A setados como entrada

output_b(0x00); //inicializa todas as pinos da PORT B em zero write

while(1){
if(input(ENTRADA_PIN_A1)){ //Quando tiver um valor para receber do motor de cima, o pino ENTRADA vai receber 1 durante 40us
delay_us(40); //Delay que garante a espera de para sincronizacao com o PIC que esta enviando o angulo
output_high(1); //.....;
angulo[i]=recebe_angulo(i); //vetor angulo[], que armazena os dois angulos. A funcao passa_angulo é chamada com o valor 0 ou 1
//para definir a porta que receberá os valores
i++;
}
if(input(ENTRADA_PIN_A2)){ //Quando tiver um valor para receber do motor do lado, o pino ENTRADA vai receber 1 durante 40us
delay_us(40); //Delay que garante a espera de para sincronizacao com o PIC que esta enviando o angulo
angulo[i]=recebe_angulo(i); //vetor angulo[], que armazena os dois angulos. A funcao passa_angulo é chamada com o valor 0 ou 1
//para definir a porta que receberá os valores
i++;
}
if(i==8){ // Se i=8 quer dizer que ja recebi 2 angulos e esta pronto para enviar para o PC */
//3 Sec Delay
delay_ms(3000);
//Envia dados para o PC
printf("\n Angulo 1: %f\n",angulo[0]);
printf("\n Angulo 2: %f\n",angulo[1]);
i=0;
}
}
}

```

8. REFERÊNCIAS

- [1] Touchscreen - Wikipedia, the free encyclopedia, 18/04/09, <<http://en.wikipedia.org/wiki/Touchscreen>> Acessado no dia 23 de março de 2009.
- [2] APPLICATIONS OF TOUCH SCREENS, 13/06/09, <<http://www.softtouch.co.in/applications.htm>> Acesso em: 23 mar. 2009.
- [3] Microsoft Surface – Site da Microsoft. Disponível em:< <http://www.microsoft.com/surface>> Acesso em 14 jun. 2009.
- [4] CLERGEOT, H.; PLACKO, D. e DETRICHE, J. M. . **Electrical Proximity Sensors , Sensors and Systems for Advanced Robots**, NATO ASI Series, vol. 43, 1986.
- [5] ALLEN-BRADLEY SENSORS. Disponível em <http://www.ab.com/sensors/products/proximity_sensors/index.html> .Acesso em: 13 jun. 09.
- [6] CAPACITIVE SENSOR INTRODUCTION. <"<http://www.cs.cmu.edu/~ram/capsense/intro.html>> Acesso em: 13 jun. 09.
- [7] CAZER, Alberto de Oliveira; ALTOÉ, Andrey Vinicius; PELLI JR, Ângelo. **Sensores Ópticos de Passagem e medição de Distância**.Brasília: Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Elétrica,2005.10p.
- [8] MINDSHARE Inc., DON, Anderson. **Universal Serial Bus System Architecture**. 1ª Edição. New Jersey: Inc. MindShare, 2000.
- [9] MINDSHARE Inc., SHANLEY, Tom. **Plug and Play System Architecture**. 2ª Edição. New Jersey: Inc. MindShare, 2001.
- [10] AXELSON, Jan. **USB Complete: The Developer's Guide**. Fourth Edition. Lakeview Research, 2009.
- [11] HYDE, John. **USB Design by Example**. Second Edition. Intel Press, 2007.
- [12]WILLIAMS, A., **Build Your Own Printed Circuit Board** (1ª ed.). McGraw-Hill/TAB Electronics, 2003
- [13] GREENWOOD,N.;EARNSHAW,A. **Chemistry of the Elements** (2ª ed.). Oxford, 1997
- [14] AXELSON Janet Louise; AXELSON Jan. **Making Printed Circuit Boards** (1ª ed.). McGraw-Hill Professional, 1993
- [15] LINISTEPER. Disponível em <<http://www.piclist.com/techref/io/stepper/linistep/index.htm>>. Acesso em: 20 out. 2009.
- [16] CARVALHO, Geraldo. **Máquinas Elétricas - Teoria e Ensaio** (1ª ed.). Editora Érica, 2009
- [17] SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC - Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A** (12ª ed.). Editora Érica, 2008
- [18] SILVA, Renato A. **Programando Microcontroladores PIC: Programação em Linguagem C** (1ª ed.). Editora Ensino Profissional, 2009
- [19] ELECTRONICS INDUSTRIES ASSOCIATION. **EIA Standard RS-232-C Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Data Interchange**, reprinted in Telebyte Technology Data Communication Library, Greenlawn NY.

[20] HOROWITZ, Paul; HILL, Winfield. **The Art of Electronics Second Edition**, Cambridge University Press, Cambridge MA, 1989, pages 723-726 for discussion of RS 232 limitations and application issues.