

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

ENGENHARIA MECATRÔNICA

**CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO ERGONÔMICO PARA O USO DE UM
INSTRUMENTO MUSICAL POR CRIANÇAS PORTADORAS DE
NECESSIDADES ESPECIAIS**

Mateus Nunes Costa

Divinópolis-2013

Mateus Nunes Costa

**CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO ERGONÔMICO PARA O USO
DE UM INSTRUMENTO MUSICAL POR CRIANÇAS PORTADORAS DE
NECESSIDADES ESPECIAIS**

Monografia de trabalho de conclusão de curso apresentada ao Colegiado de Graduação em Engenharia Mecatrônica como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Engenheiro Mecatrônico.

**Orientador: Prof. Dr. Wagner
Custódio de Oliveira**

Divinópolis

2013



Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

CEFET-MG / Campus Divinópolis

Curso de Engenharia Mecatrônica

Monografia intitulada “CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO ERGONÔMICO PARA O USO DE UM INSTRUMENTO MUSICAL POR CRIANÇAS PORTADORAS DE NECESSIDADES ESPECIAIS”, de autoria do graduando Mateus Nunes Costa, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Wagner Custódio de Oliveira - CEFET-MG / Campus Divinópolis -
Orientador

Prof. M. Sc. Emerson de Souza Costa - CEFET-MG / Campus Divinópolis

Prof. M. Sc. Sandra Vaz Dores Martins - CEFET-MG / Campus Divinópolis

Prof. Dr. Valter Junior de Souza Leite
Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica
CEFET-MG / Campus Divinópolis

Dedico este trabalho aos meus pais que tanto deram suporte durante toda a trajetória acadêmica.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Wagner Custódio de Oliveira por abraçar a ideia do projeto.

Aos colegas Paulo Vitor, Adriano Nogueira, Lucas Prates e Leonardo Elias pelos bons conselhos e auxílio.

Aos funcionários e crianças da APAE Divinópolis pelo enriquecimento do trabalho.

Ao Lucas Moraes pelo empréstimo do instrumento e disponibilidade para me passar os ritmos.

**“Para as pessoas sem
deficiência, a tecnologia
torna as coisas mais fáceis.**

**Para as pessoas com
deficiência, a tecnologia
torna as coisas possíveis.”**

Mary Pat Radabaugh

Resumo

Este trabalho é baseado em um projeto realizado na França pelo professor Guillaume Thoman no Instituto Politécnico de Grenoble. No caso será alterado o design e serão acrescentadas funções ao projeto existente. O autor deste trabalho já é familiarizado e tem permissão para desenvolver esse projeto devido a um estágio realizado que aconteceu graças a uma parceria entre as universidades em que os envolvidos pertencem. No Brasil foram criadas associações para regulamentar e auxiliar os usuários e fabricantes no desenvolvimento de novos produtos. Construiu-se uma forma de lazer para crianças deficientes, já que se percebeu a falta de produtos voltados para este ramo. Foi realizado um levantamento bibliográfico de como deve ser um design de um novo produto, de como a tecnologia assistiva tem se desenvolvido, sobre microeletrônica e processos de fabricação. Em uma primeira etapa o circuito eletrônico de comando foi simulado virtualmente e usou-se um software para idealizar a estrutura mecânica, depois o circuito e a estrutura foram construídos e montados, para finalizar foram realizados testes para verificar a aceitação e abrangência do produto. O protótipo funcionou corretamente e os testes foram efetuados com sucesso.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, microeletrônica e processos de fabricação.

Abstract

This research is based in a Project in France developed by the teacher Guillaume Thoman at INPG. We will change the design and add functions to the existent project. The author of this work has a relationship and the permission to develop this project due to an internship that happened due to a partnership between the CEFET-MG and INPG. In Brazil were created associations to regulate and help the users and makers of new products. We will build a new way of entertainment for disable children because we realize a lack of products focused to that metier. It was done a bibliographic study about how a new product should be developed, about microelectronics and manufacturing process. In the first stage the command electronic circuit was simulated virtually and we used a software to idealize the mechanic structure, after the circuit and the structure were built and assembled, to end we did tests to measure the acceptance and the coverage of the product. The prototype work correctly and tests were successfully.

Keywords: assistive technology, microelectronics and manufacturing process.

Sumário

Lista de Figuras	10
Lista de tabelas.....	11
Lista de Quadros	12
Lista de Símbolos e Abreviaturas	13
1.Introdução.....	14
1.1 Definição do problema:.....	14
1.2 Objetivo:	15
1.3 Metodologia:.....	15
1.4 Motivação	16
1.5 Estado da Arte.....	17
2. Eletrônica de acionamento	20
2.1 Alimentação.....	20
2.2 Circuito de acionamento.....	21
2.2.2 Microcontrolador.....	23
2.2.3 Amplificador de potência	26
2.3 Solenoide (Eletroímã).....	27
2.4 Comandos	28
2.4.1 Botão	29
2.4.2 Chaves seletoras.....	29
2.4.3 Regulagem de frequência.....	29
2.5 Modos implementados:	30
3.Processo de fabricação	39
3.1 Simulação da estrutura.....	39
3.2 Vistas de cada peça da estrutura	39
3.3 Construção e descrição da estrutura.....	46
4.Testes e resultados.....	50
4.1 Testes na APAE	50
4.2 Resultados e discussões.....	52
5. Conclusões	56
5.1 Proposta de trabalhos futuros	56
Referências	57

Lista de Figuras

Figura 1.1: Veículo robótico PLAMBIER	18
Figura 2.1: Esquema da fonte de alimentação	21
Figura 2.2: Esquema do circuito de acionamento	22
Figura 2.3: Fluxograma do esquema de funcionamento	22
Figura 2.4: Regulador de tensão	23
Figura 2.5: Pinagem do microcontrolador	24
Figura 2.6: Fluxograma que resume o programa	26
Figura 2.7: Esquema do amplificador	27
Figura 2.8: Comando fabricado para o uso de Tecnologia Assistiva	29
Figura 2.9: Esquema chave seletora.....	29
Figura 2.10: Esquema regulador de frequência	30
Figura 2.11: Modo 1- Tempo de acionamento menor que tempo da batida.....	31
Figura 2.12: Modo 1 – Tempo de acionamento maior que tempo de batida	31
Figura 2.13: Modo 2 – Borda de subida	32
Figura 2.14: Batidas Contínuas	33
Figura 2.15: Modo 4	33
Figura 2.16: Ritmo 1 - Baião	34
Figura 2.17: Ritmo 2 – Samba	34
Figura 2.18: Ritmo 3 - Maracatu	36
Figura 2.19: Ritmo 4 - Axé.....	37
Figura 2.20: Ritmo 5 - Moçambique.....	37
Figura 2.21: Ritmo 6 - Marinheiro.....	38
Figura 3.1: Demonstração das peças antes e depois do encaixe.....	39
Figura 3.2: Peça para encaixe da baqueta	40
Figura 3.3: Peça frontal	41
Figura 3.4: Peça suporte do solenoide	41
Figura 3.5: Peça inferior.....	42
Figura 3.6: Peça lateral.....	43
Figura 3.7: Peça lateral do suporte para o eletroímã.....	44
Figura 3.8: Peça para fixação no tripé	44
Figura 3.9: Peça superior.....	45
Figura 3.10: Peça traseira	45
Figura 3.11: Perfil U	46
Figura 3.12: Estrutura construída	47
Figura 3.13: Destaque de uma cantoneira	49
Figura 4.1: Aluno E.M.M.S de 4 anos utilizando protótipo.....	51
Figura 4.2: Aluno G.M.S de 6 anos utilizando protótipo	52
Figura 4.3: Versão final do objeto	53
Figura 4.4: Tempo de resposta	53
Figura 4.5: Baquetas de diferentes diâmetros inseridas no protótipo.....	54

Lista de tabelas

Tabela 1.1: Custos do projeto.....	16
------------------------------------	----

Lista de Quadros

Quadro 2.1: Funções de entrada ou saída de cada pino do PIC.....	25
Quadro 2.2: Funcionamento do eletroímã.....	28

Lista de Símbolos e Abreviaturas

Ω - Ohms

A - Amperes

APAE- Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais

IOT – Internet of things

LM 317- Regulador ajustável de três terminais

PC - Paralisia cerebral

V - Volts

Capítulo 1

1. Introdução

Este trabalho consiste na construção de um dispositivo tecnológico que seja uma forma de entretenimento para pessoas com deficiência motora.

São abordadas questões como:

- Tecnologia assistiva e inclusão
- Processo de fabricação do protótipo
- Eletrônica

1.1 Definição do problema: Segundo (Everson, 2010) a inclusão é um tema muito discutido atualmente, pois todo indivíduo independente de ter alguma deficiência ou não é portador de uma série de direitos que devem ser respeitados por todos, principalmente o que diz respeito a uma educação de qualidade. Todavia o que constrange muitos deficientes é a dependência de outra pessoa para realizar atividades rotineiras do dia-a-dia ou de seu trabalho, portanto o artigo do autor teve como objetivo analisar a importância das Tecnologias Assistivas, como ferramenta para proporcionar à pessoa com deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado e trabalho. Para a elaboração desse trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre estudos dentro dessa perspectiva, pois nos dias de hoje tem se discutido muito sobre o assunto Tecnologias Assistivas. O presente trabalho irá expor que essas ferramentas devem ser compreendidas como resolução de problemas funcionais em uma perspectiva de desenvolvimento das potencialidades humanas, valorização de desejos, habilidades, expectativas positivas e da qualidade de vida. As diversas modalidades de Tecnologias Assistivas incluem recursos de comunicação alternativa, de acessibilidade ao computador, de atividades de vida diária, de orientação e mobilidade, de adequação postural, de adaptação de veículos, Órteses e próteses, entre outros. (Cook e Huseey, 2002)

definem a tecnologia assistiva como uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiências. Entretanto, como afirma (Pape, 2002) o uso desse tipo de tecnologia envolve mais que superar barreiras, envolve um contexto simbólico, cultural e histórico. Tecnologias assistivas estão carregadas com tradições coletivas culturais, símbolos e valores, sentimentos subjetivos estão relacionados a esta tecnologia.

As crianças portadoras de necessidades especiais tendem a rejeitar a tecnologia assistiva por que ao contrário da tecnologia comum, que para elas representa independência, posse e competência, a tecnologia assistiva representa restrição, diferença e dependência, mas sem a oportunidade de participar de algumas atividades essas crianças são “forçadas” a adotar este tipo de tecnologia. Crianças que usam tecnologia assistiva querem que esta seja coerente com suas preferências e identidade, caso contrário, tendem a rejeitá-la”. (Söderström e Ytterhus, 2010)

Este fato torna este trabalho ainda mais difícil e útil, mas espera-se que a aproximação dessas crianças com a música seja mais um caso que a tecnologia assistiva seja bem sucedida assim como em outros casos como cadeiras de rodas motorizadas, interfaces entre o computador e o cérebro para controlar dispositivos, impressoras braile entre outros exemplos. Dentre os mais de 1000 produtos cadastrados no catálogo nacional de produtos de tecnologia assistiva que pode ser acessado no (Catálogo Nacional de Produtos, 2013) nenhum é parecido com o deste trabalho e as empresas recomendadas pela Associação Brasileira de Tecnologia Assistiva também não comercializam nada parecido.

1.2 Objetivo: Este projeto propõe a construção de um dispositivo ergonômico para auxiliar crianças portadoras de necessidades especiais a tocar um instrumento musical (tambor).

1.3 Metodologia: O trabalho consistiu em uma pesquisa experimental, em que o protótipo se divide em uma estrutura mecânica e um circuito eletrônico. A estrutura mecânica foi feita de acrílico e abriga em seu interior a parte eletrônica e um eletroímã. Em seu exterior foi posicionado um eixo móvel que permite a movimentação da caixa ao longo deste eixo. A estrutura mecânica

do dispositivo deverá se ajustar a diferentes tipos de baquetas e tambores. A parte eletrônica tem um circuito que controla o acionamento de um eletroímã, esse controle foi feito por um microcontrolador PIC que determina o ritmo das batidas, um potenciômetro determina com que frequência esses ritmos são executados. A alimentação fornecida pela companhia elétrica é de 127 V o que significa que necessitamos de um transformador porque o eletroímã deve ser alimentado com 12 V ou 24 V e também de um LM 317 que fornece 5 V para o microcontrolador. O dispositivo funciona da seguinte forma: Um botão é pressionado para acionar o eletroímã que por sua vez movimenta a baqueta em direção ao tambor produzindo o som. Componentes eletrônicos, eletroímã, tambor, tripé foram adquiridos comercialmente ou por empréstimo. O custo total é mostrado na tabela 1.1. Testes foram feitos com crianças que estudam na APAE Divinópolis mediante aprovação do seu conselho diretor. Os resultados foram descritos no projeto sem a exposição da identidade das crianças envolvidas.

Tabela 1.1: Custos do projeto

Produto ou serviço	Custo (R\$)
Eletroímã	90
Corte da estrutura	30
Componentes eletrônicos	120
Acionador	200
Total	440

1.4 Motivação

É motivação para o trabalho o desenvolvimento de uma perícia essencial para um engenheiro mecatrônico que é visualizar o processo ou produto como um todo e conseguir enxergar melhorias no projeto que diminuam custo e aumentem sua eficiência.

Conseguir fazer um dispositivo com menos recursos e mais sofisticado do já existente.

Poder ajudar crianças com deficiência a conseguir realizar uma atividade que antes era impossível é muito gratificante e com certeza a maior motivação deste trabalho.

1.5 Estado da Arte

Apesar de ser uma preocupação da humanidade desde 1980 a legislação americana definiu em 1994 tecnologia assistiva como “Recursos e qualquer item, equipamento ou parte dele, produto ou sistema fabricado em série ou sob medida, utilizada para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência. Serviços são definidos como aqueles que auxiliam diretamente uma pessoa com deficiência a selecionar, comprar ou usar os recursos acima definidos (ADA, 1994)”.

A partir deste conceito e muitos outros desenvolvidos pelo mundo a CAT (Comitê de Ajudas Técnicas) aprovou o seguinte conceito: Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

Para apresentar o estado da arte vamos citar 5 exemplos no campo da tecnologia assistiva feito por experts de várias partes do mundo focado nas áreas da educação, comunicação, interação social e mobilidade.

Em (Chien, 2010) são usados dispositivos de baixo custo como material para crianças especiais. Ele desenvolveu um quadro interativo, um mouse e um tratamento de reabilitação. Com o uso de um controle de videogame e sensores que trabalham com bluetooth e infravermelho atividades de reabilitação que eram entediantes principalmente para crianças, se tornaram mais interativas. Os professores puderam também desenvolver métodos de ensino que aumentam a capacidade de atenção e aprendizado da criança a um custo de 35 dólares.

Em (Coetzee e Olivrin, 2011) dois pesquisadores sul-africanos propõe sistemas em ambientes urbanos que favoreçam pessoas deficientes através

do uso da internet. Dentre estes sistemas podemos citar um dispositivo para encontrar taxis e caminhos para pessoas cegas com uso de GPS, comunicação multilíngue para surdos e criação de rotas ideais para usuários de cadeira de rodas.

Em (Jang, 2011) uma implementação de uma conversão inteligente HTML para VoiceXML foi feita para leitores deficientes, o autor coreano projetou um sistema que transforma de uma forma rápida e econômica todo o texto em HTML para pessoas cegas.

Em (Raya et al, 2011) Pesquisadores do grupo de bioengenharia CSIC na Espanha realizaram um trabalho voltado para portadores de paralisia cerebral. As principais contribuições do trabalho foram: Desenvolver um veículo robótico chamado PALMIBER (figura 1.1), para reabilitação cognitiva e física, criação de um software para avaliação de tarefas motoras, desenvolvimento de uma nova interface pessoal baseada em movimento para o aumento da acessibilidade do veículo chamada ENLAZA, caracterização da postura e desordem motora do portador de PC, desenvolvimento e validação de uma técnica de filtragem para reduzir o efeito de movimentos involuntários na interface.



Figura 1.1: Veículo robótico PLAMBIER

Pesquisadores brasileiros relatam os tipos de equipamento que auxiliam pessoas deficientes no banho. Em (Dutra et al, 2011) os autores definem quais são os melhores equipamentos, as necessidades que estes equipamentos devem suprir e os possíveis recursos que se pode encontrar no mercado brasileiro.

Capítulo 2

2. Eletrônica de acionamento

Neste capítulo, será feita uma descrição e fundamentação teórica de toda parte eletrônica que é responsável pelo acionamento e alimentação do eletroímã que age na baqueta.

2.1 Alimentação

Para alimentação do sistema foi construída uma fonte (figura 2.1) com tensão variável para suportar eletroímãs de 12V ou 24V.

A fonte dispensa o uso de baterias ou pilhas no projeto, entretanto deixa o equipamento dependente de um local que tenha tomada.

O solenoide fica em paralelo com a carga R4, porém em série com uma chave que só se fecha com o comando do PIC, fazendo com que a corrente circule pelo eletroímã somente quando for dado o comando do botão.

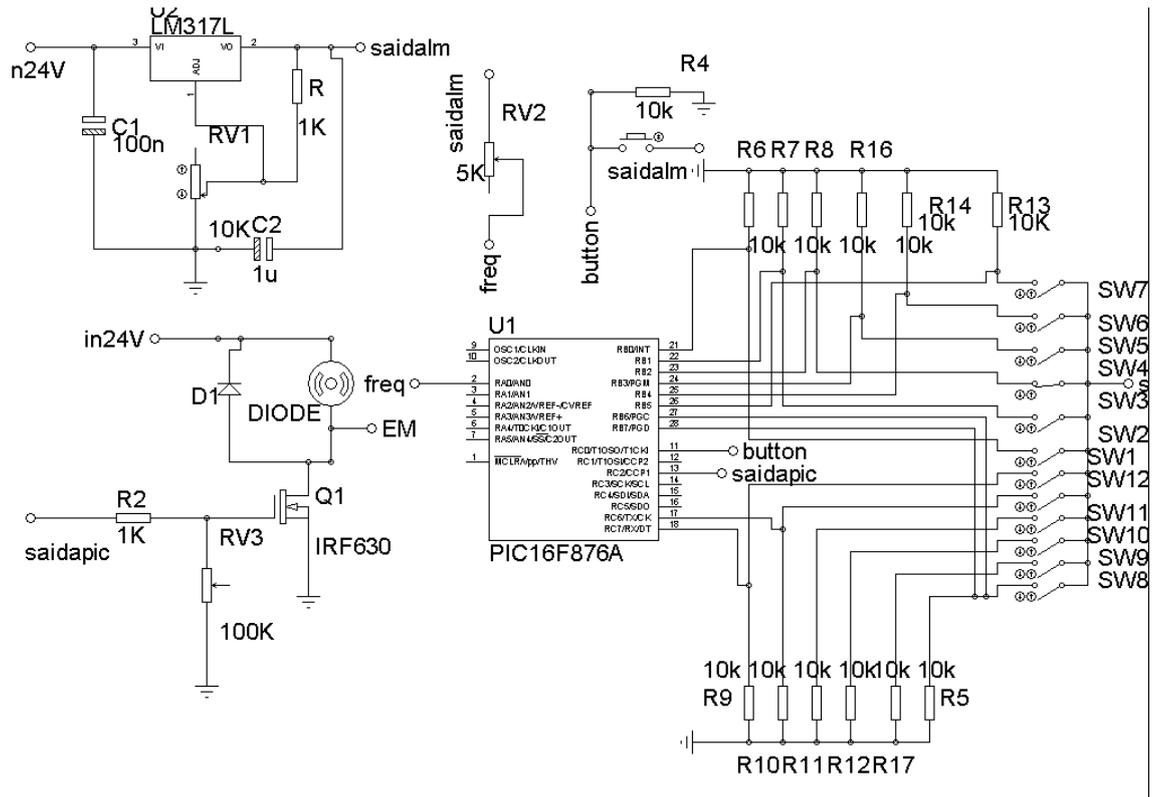


Figura 2.2: Esquema do circuito de acionamento

O fluxograma da figura 2.3 abaixo ajuda na compreensão do circuito.

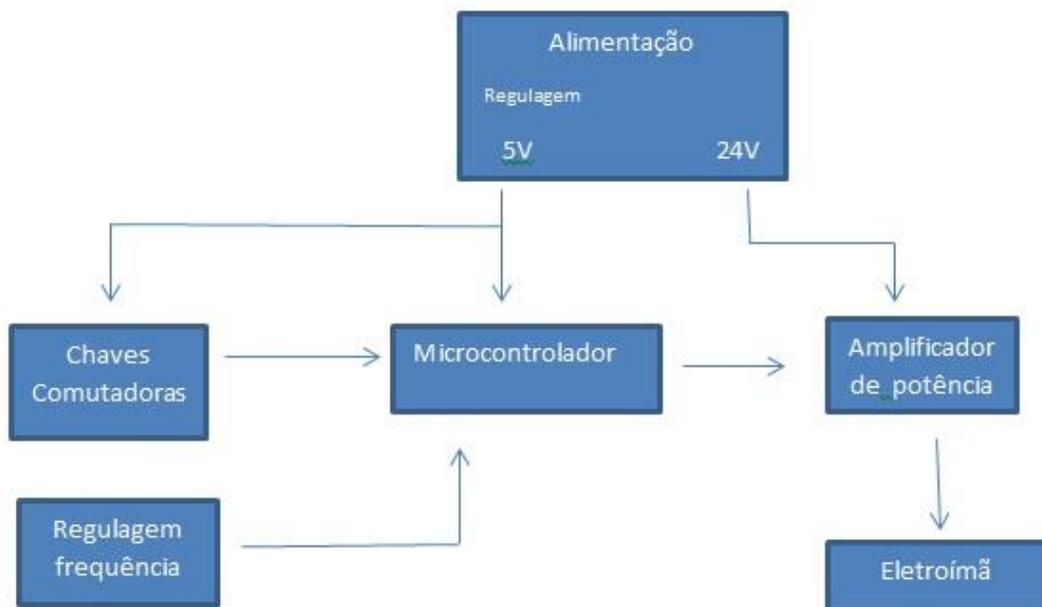


Figura 2.3: Fluxograma do esquema de funcionamento

2.2.1 Regulador de tensão

Decidimos que a forma mais eficiente de se obter 5V para alimentar o microcontrolador é usando um regulador de tensão (figura 2.4). Escolhemos o LM317 que independente da tensão de entrada tem uma tensão de saída de acordo com a seguinte equação: $V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$ (National Semiconductor Datasheet, 2005). Uma grande vantagem dessa escolha é que se acaso a tecnologia de controle mude, podemos obter tensões diferentes de 5V porque o R2 é variável. No caso deste projeto R1 tem valor de 1K e portanto devemos manter o potenciômetro de 10K com o valor de 3.75K.

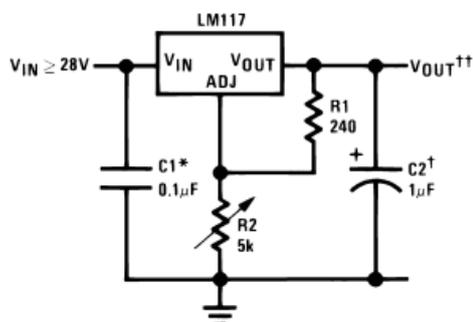


Figura 2.4: Regulador de tensão

2.2.2 Microcontrolador

Um microcontrolador é um circuito integrado que contém elementos de um computador como: processador, memória e unidades periféricas de entradas e saídas. Os microcontroladores se caracterizam por um alto grau de integração, baixo consumo de energia e custo reduzido.

Os microcontroladores são frequentemente usados em sistemas embarcados, como os controladores de motores automobilísticos, telecomandos, aparelhos de escritório, brinquedos, celulares, etc.

Para nosso projeto utilizamos um microcontrolador da marca Microship, o PIC16F876A. Escolhemos este microcontrolador porque ele se integra muito facilmente com todos componentes do projeto. Usamos um cristal que oscila

na frequência de 4MHz. Esta frequência é muito precisa e nos permite ter uma base de tempo útil para criar os ritmos. Uma grande desvantagem é que a saída do microcontrolador é de 0,2A, o que implica na construção de um amplificador já que o funcionamento ideal do eletroímã é com 1A. A figura 2.5 e o quadro 2.1 descrevem os pinos e suas funções.

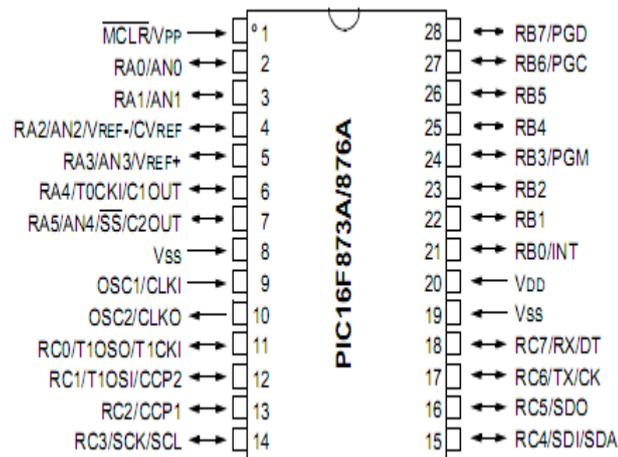


Figura 2.5: Pinagem do microcontrolador

Pino	Função
1	Tensão de programação
2	Regulagem da frequência
3 a 7	Não utilizados
8 e 19	Referência
20	Alimentação
9 e 10	Clock
11	Botão
12	Não Utilizado
13	Acionamento
14 a 16	Não Utilizados
17	Modo 10
18	Modo 9
21	Modo 1
22	Modo 2
23	Modo 3
24	Modo 5
25	Modo 4
26	Modo 6
27	Modo 7
28	Modo 8

Quadro 2.1: Funções de entrada ou saída de cada pino do PIC

O microcontrolador funciona graças a um programa implementado dentro de sua memória interna. O programa, cujo fluxograma está representado na figura 2.6 foi escrito em linguagem assembly. Nós programamos usando o software MPLAB, usando como suporte o livro (Souza, 2004). O funcionamento geral do programa é descrito no fluxograma abaixo:

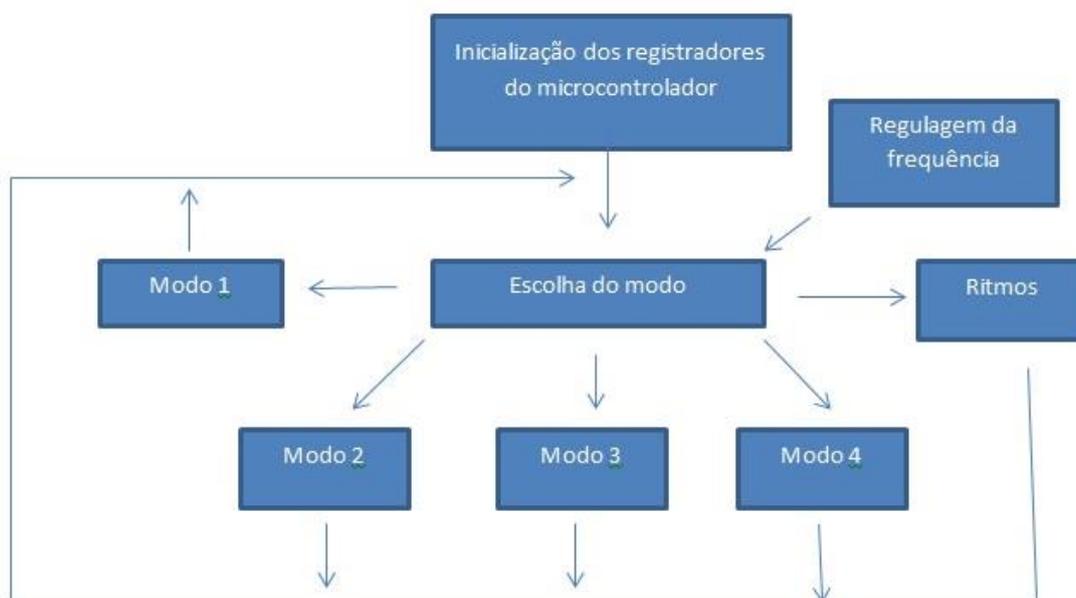


Figura 2.6: Fluxograma que resume o programa

2.2.3 Amplificador de potência

Este estágio de nosso protótipo (figura 2.7) tem como objetivo adaptar a tensão de saída do microcontrolador a fim de poder comandar o eletroímã. A potência máxima fornecida pelo microcontrolador é de 1W e o eletroímã consome 18W, tornando necessária a utilização de um amplificador de potência. Esta montagem permitiu a regulagem da potência de uma maneira muito simples com a utilização de um potenciômetro.

Para melhor realizar esta função nós optamos por utilizar um transistor como mostra o esquema a seguir:

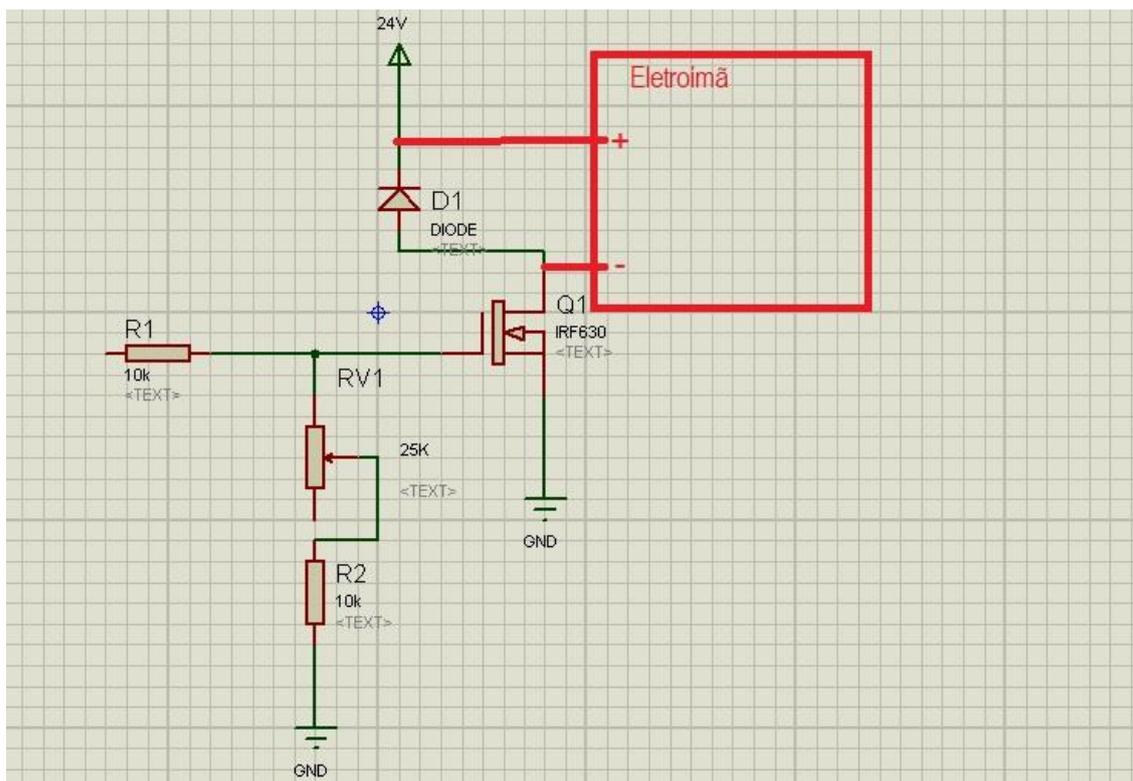


Figura 2.7: Esquema do amplificador

O primeiro passo foi a escolha do transistor, escolhemos um transistor MOS do tipo N tomando o fato de que o microcontrolador funciona em 0/5 V unicamente e fornece uma baixa corrente. Pareceu-nos mais coerente escolher um transistor comandado por tensão e utilizá-lo como amplificador analógico.

Compramos o transistor IRF630 que atende nossas especificações por ter uma comutação muito rápida, um tempo equivalente a 10 ns, enquanto o tempo mínimo de uma transição na saída do PIC é de 125 ms. Outras características suportam a escolha deste transistor, ele suporta uma corrente de dreno de até 9 A enquanto nossa montagem tem picos de no máximo 1A e também tem uma resistência interna desprezível $R_{ds} < 0.4\Omega$, que garante uma mínima dissipação de potência. A função do diodo D1 é fazer com que a corrente acumulada no eletroímã circule.

2.3 Solenoide (Eletroímã)

Um eletroímã é constituído por uma bobina e por um material ferromagnético macio chamado de circuito magnético. Quando a bobina é percorrida por uma corrente, ela cria um campo magnético pelo circuito magnético.

Eletroímã não alimentado	Eletroímã alimentado
 <p data-bbox="236 1021 783 1167">O pino que empurra está em posição inicial, livre ou mantido por força externa (gravidade).</p>	 <p data-bbox="820 1048 1367 1245">O pino avança e empurra a baqueta, após o pino retorna para a posição inicial devido a forças externas.</p>

Quadro 2.2: Funcionamento do eletroímã

Características do eletroímã escolhido:

- Curso: 20mm
- Potência de entrada: 18W
- Força: 25N
- Massa total: 730g
- Alimentação padrão: 24V_{CC}

Por melhor atendimento e preço decidimos comprar o modelo A 40 da série D da empresa Soletec (Soletec, 2008).

2.4 Comandos

Dentro do sistema de comandos temos 3 partes diferentes:

2.4.1 Botão: Este interruptor (figura 2.8) permite que a criança acione o eletroímã. Compramos um botão feito especialmente para portadores de necessidade, que é capaz de acionar o atuador com um leve toque e também funciona sem se danificar com pancadas.



Figura 2.8: Comando fabricado para o uso de Tecnologia Assistiva

2.4.2 Chaves seletoras: Como o próprio nome indica essas chaves alimentadas com 5V tem a função de selecionar o modo ou ritmo. Na figura 2.9 a chave está selecionando o modo 3.

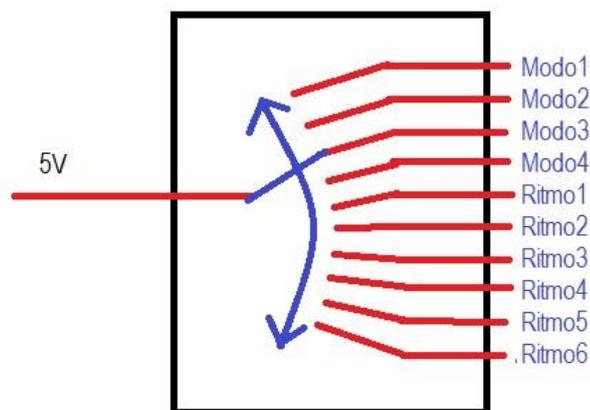


Figura 2.9: Esquema chave seletora

2.4.3 Regulagem de frequência: Este comando tem como função regular a frequência das batidas em todos os ritmos. Isso é possível devido a uma

entrada analógica do PIC. Segue o esquema da regulagem de frequência (figura 2.10):

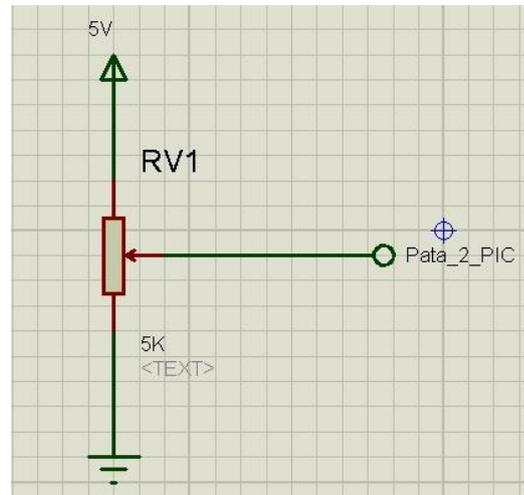


Figura 2.10: Esquema regulador de frequência

2.5 Modos implementados: Haverá na estrutura, 2 chaves que terão a função de selecionar um entre os quatro modos básicos e mais outros 6 ritmos, os modos são diferentes maneiras de se acionar o eletroímã. O graduando Lucas Moraes da escola de música da UFMG nos auxiliou e orientou na escolha e no desenvolvimento dos ritmos. Para melhor compreensão da leitura do osciloscópio mostrada a seguir, a linha superior representa a tensão invertida no eletroímã e a linha inferior representa o acionamento do botão.

Modo 1: O modo 1 é uma batida normal, após o pressionamento do botão a baqueta bate sobre o tambor e volta instantaneamente, independentemente de quanto tempo o botão é mantido pressionado. Na figura 2.11 é possível notar que o tempo de acionamento do botão foi menor do que o tempo em que o solenoide foi acionado, ao contrário da figura 2.12 em que o tempo em que o botão está pressionado é maior que o tempo de ação do solenoide. Em ambos os casos o efeito sobre o eletroímã foi o mesmo.

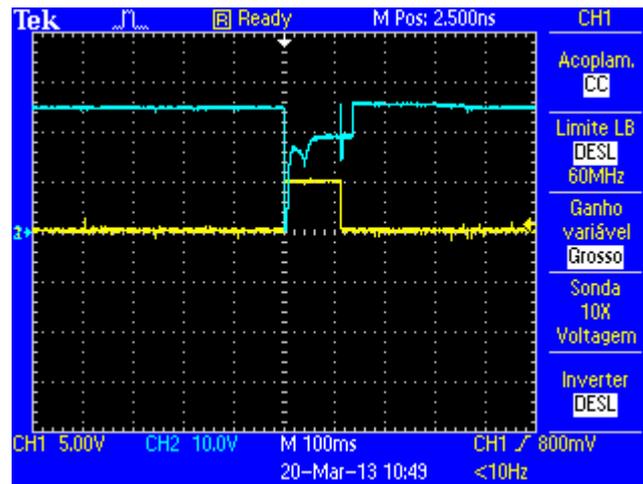


Figura 2.11: Modo 1- Tempo de acionamento menor que tempo da batida

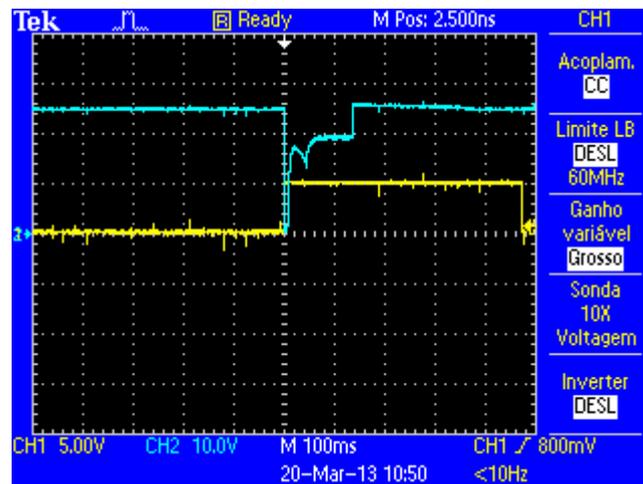


Figura 2.12: Modo 1 – Tempo de acionamento maior que tempo de batida

Modo 2: No modo 2 (figura 13) o eletroímã só é acionado quando a criança soltar o botão, ou seja, assim que o botão é pressionado o sistema não realiza nenhuma ação, mas quando a criança solta o botão o eletroímã é energizado e a batida é realizada. Este modo funciona como o sistema de borda de subida.

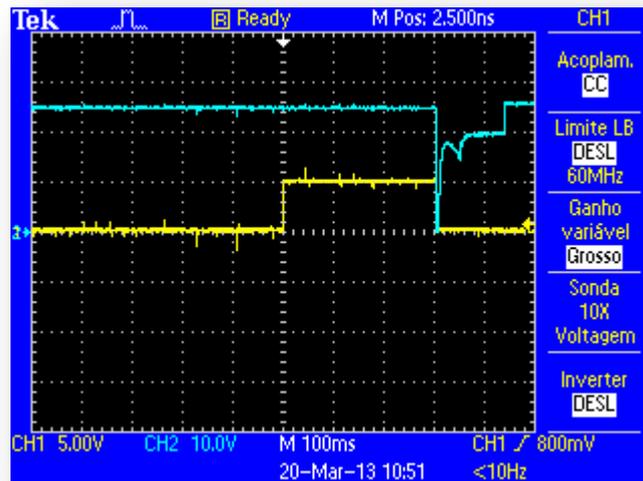


Figura 2.13: Modo 2 – Borda de subida

Modo 3: No modo 3 (figura 2.14) são efetuadas seguidas batidas enquanto o botão estiver pressionado.

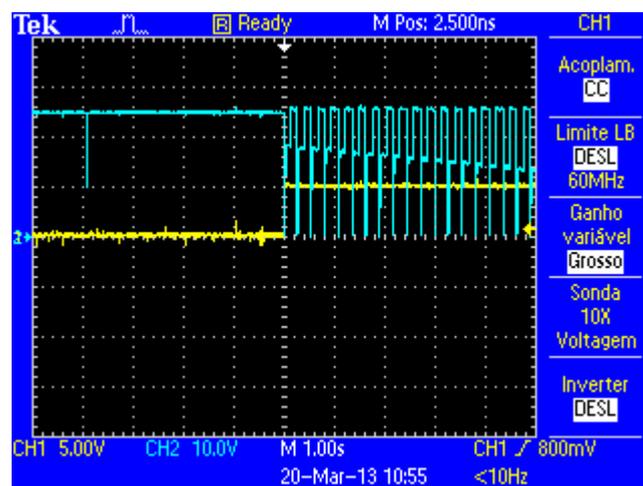


Figura 2.14: Batidas Contínuas

Modo 4: No modo 4 (figura 2.15) enquanto o botão está pressionado o eletroímã estará energizado, independente do tempo, o que significa que a cada acionamento será dada uma batida.

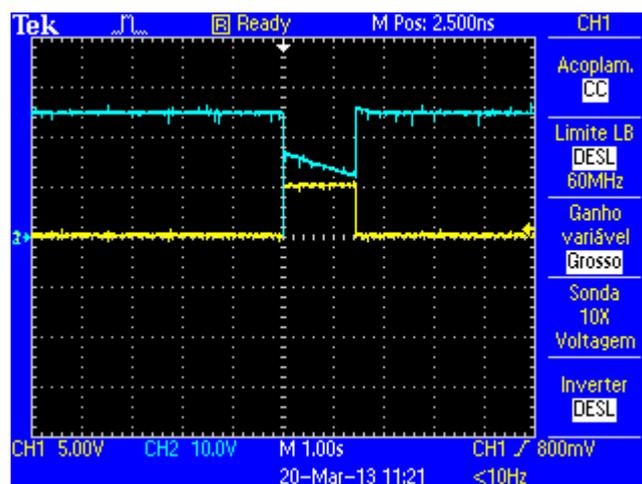


Figura 2.15: Modo 4

Do modo 5 ao modo 10, ao pressionar o botão, o usuário tocará ritmos que fazem sentido musicalmente.

Modo 5 (Baião): O baião tem como origem o dedilhado da viola, chamado de baiano, executado na introdução e nos intervalos do desafio do cantador nordestino, servindo de base para a criação de um novo ritmo chamado Balanceio. O baião apareceu com este nome por volta de 1920, em um disco de Jararaca (José Luís Rodrigues Calazans). A partir da década de 1940, torna-se nacionalmente conhecido com Luís Gonzaga que, em suas apresentações, convencionou o formato do trio composto por sanfona, zabumba e triângulo como uma característica deste gênero. Juntamente com o xaxado, o coco e o xote, o baião é um dos ritmos mais tocados nas festas e bailes populares chamados de forró (Brineke 2010).

O baião é tocado numa frequência de 60bpm, neste caso o ritmo se divide em duas partes, cada parte é dividida em quatro tempos de 250ms. Na primeira parte do baião as batidas são efetuadas no primeiro e quarto tempo, na segunda parte uma batida é efetuada no terceiro tempo (figura 2.16).

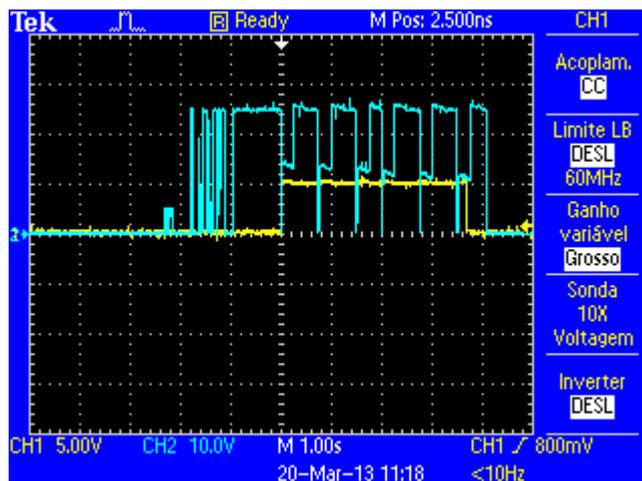


Figura 2.16: Ritmo 1 - Baião

Modo 6 (Samba): O samba é um gênero musical, do qual deriva de um tipo de dança, de raízes africanas, surgido no Brasil e considerado uma das principais manifestações culturais populares brasileiras (Samba, 2013).

O samba é tocado numa frequência de 60bpm, neste caso o ritmo se divide em quatro partes, cada parte é dividida em quatro tempos de 250ms. Na primeira parte do samba as batidas são efetuadas no primeiro e terceiro tempo, na segunda parte uma batida é efetuada no primeiro tempo, na terceira parte são executadas 3 batidas nos tempos 1,2 e 4, por fim na quarta parte uma batida é realizada no primeiro tempo (figura 2.17).

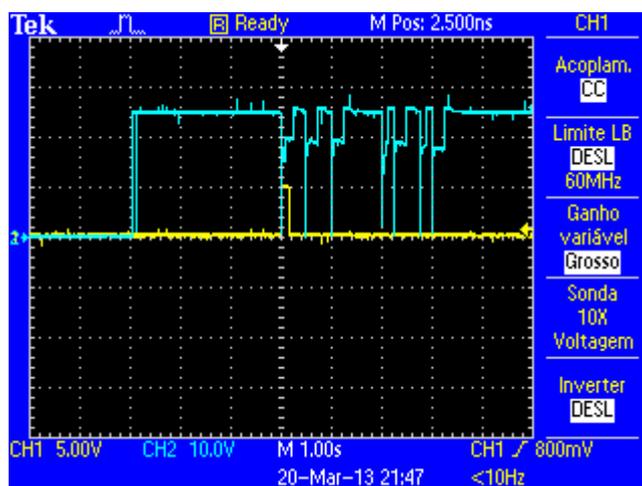


Figura 2.17: Ritmo 2 – Samba

Modo 7 (Maracatu): O maracatu é um cortejo real de tradição afro-brasileira que desfila pelas ruas, cantando e dançando, depois de prestar homenagem a Nossa Senhora do Rosário. É um folguedo típico de Pernambuco, sendo semelhante aos congados e à cambinda da Paraíba. Os grupos constituem sociedades chamadas nações, como a Nação da Cambinda Velha, famosa no Recife desde o início do século XX. O cortejo é formado pelo rei, rainha, dama-de-honra do rei, dama-de-honra da rainha, príncipe, princesa, três calungas, dama-de-paço, escravo, o tigre e o elefante, damas-de-frente, batuqueiros, músicos, caboclos e baianas. A figura principal é a dama-de-paço, uma dançarina que precisa executar habilmente as coreografias dos cordões carnavalescos de Pernambuco. Esta personagem leva a calunga, uma boneca preta de pano, vestida de branco, a qual representa um símbolo religioso. Antes da saída do maracatu a boneca vai passando de mão em mão e, quando todos dançaram com ela, é entregue novamente à dama-de-paço, que a coloca sobre uma espécie de altar. A cantoria do maracatu é feita a uma voz, com diálogos entre solista e coro, bem como o canto em conjunto em alguns momentos. Tradicionalmente, a parte instrumental era composta apenas por instrumentos de percussão, sendo característicos o gongué (ou agogô), o tarol, as caixas-de-guerra e as zabumbas, mas outros instrumentos são agregados ao chamado maracatu-de-orquestra (Beineke, 2010).

O maracatu é tocado numa frequência de 60bpm, neste caso o ritmo se divide em quatro partes, cada parte é dividida em quatro tempos de 250ms. Na primeira parte do maracatu é efetuada uma batida no primeiro tempo, na segunda parte é dada uma pausa na batida, na terceira parte são executadas duas batidas nos tempos 1,2 assim como na quarta parte (figura 2.18).

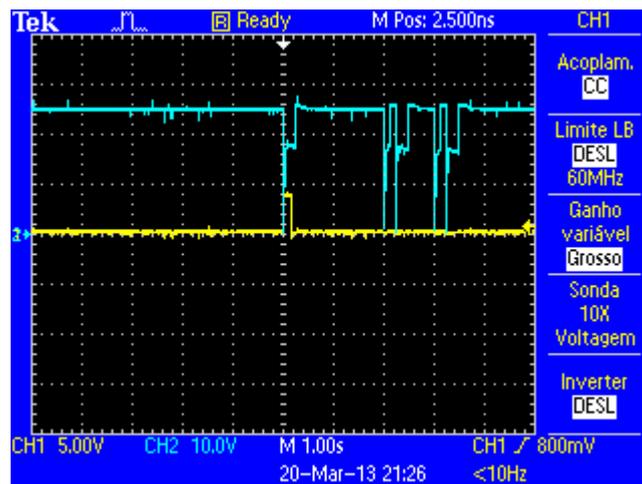


Figura 2.18: Ritmo 3 - Maracatu

Modo 8 (Axé): O Axé é um gênero musical surgido no estado da Bahia na década de 1980 durante as manifestações populares do Carnaval de Salvador, misturando frevo pernambucano, ritmos afro-brasileiros, reggae, merengue, forró, maracatu e outros ritmos afro-latinos (Axé, 2013).

O axé é tocado numa frequência de 60bpm, neste caso o ritmo se divide em quatro partes, cada parte é dividida em quatro tempos de 250ms. Na primeira parte do axé as batidas são efetuadas no primeiro e quarto tempo, na segunda parte duas batidas nos tempos 3 e 4, na terceira parte são executadas 3 batidas nos tempos 1, 2 e 4, por fim na quarta parte uma batida é realizada no segundo tempo (figura 2.19).

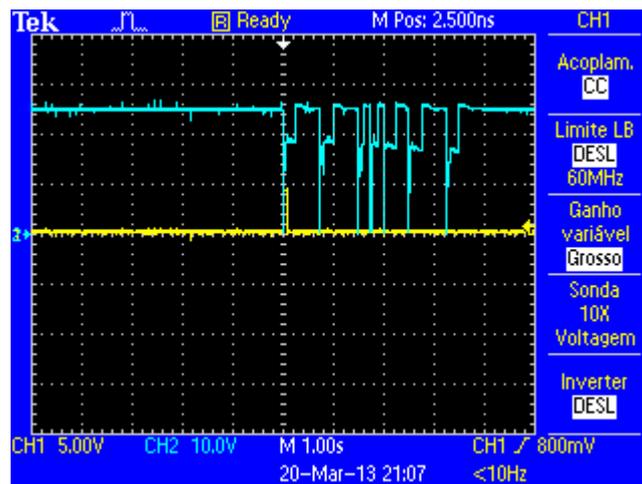


Figura 2.19: Ritmo 4 - Axé

Modos 9 e 10 (Reinado – Terno Moçambique e Terno Marinheiro): O congado é uma manifestação cultural e religiosa de influência africana celebrada em algumas regiões do Brasil. Na cidade de Itapecerica, cidade natal do autor e do músico que ajudou no trabalho a festa do congado é comemorada todo mês de agosto, e vários grupos musicais que participam da festa (ternos) tem seu ritmo peculiar. Os modos 9 e 10 reproduzem os ritmos dos ternos Moçambique e Marinheiro respectivamente.

O ritmo do Moçambique é tocado numa frequência de 60bpm, dentro de 1 segundo temos 6 tempos, o que torna este ritmo mais acelerado. São efetuadas batidas nos tempo 1, 3, 4 e 5 (figura 2.20).

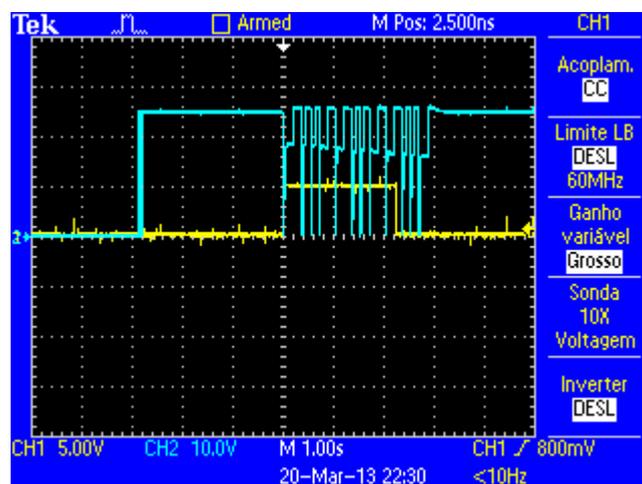


Figura 2.20: Ritmo 5 - Moçambique

O ritmo do Marinheiro é tocado numa frequência de 60bpm, neste caso o ritmo se divide em quatro partes, cada parte é dividida em quatro tempos de 250ms. Na primeira parte do axé as batidas são efetuadas tempos 1, 3 e 4, na segunda parte uma batida no segundo tempo, na terceira parte são executadas 2 batidas nos tempos 2 e 4, por fim na quarta parte uma batida é realizada no segundo tempo (figura 2.21).

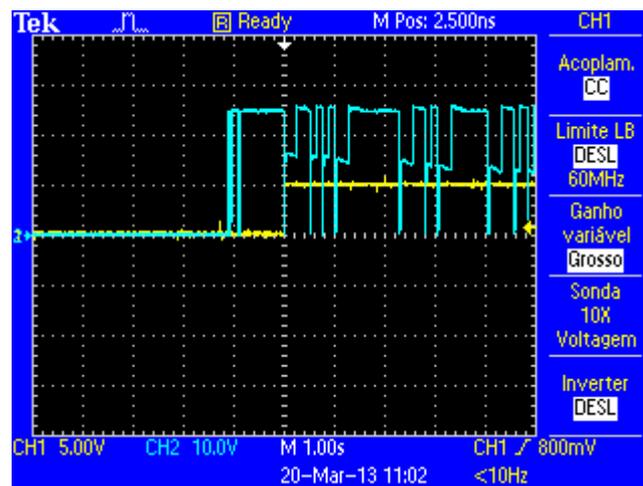


Figura 2.21: Ritmo 6 - Marinheiro

Capítulo 3

3. Processo de fabricação

Neste capítulo serão apresentados os processos e ferramentas para construção do dispositivo.

3.1 Simulação da estrutura

Na simulação as peças foram desenhadas no Solidworks, cada lado da estrutura foi desenhado separadamente e depois todas as partes foram reunidas em uma só montagem assim como foi feito na fase de construção, cada parte será cortada separadamente e depois montadas como um quebra-cabeça (figura 3.1).

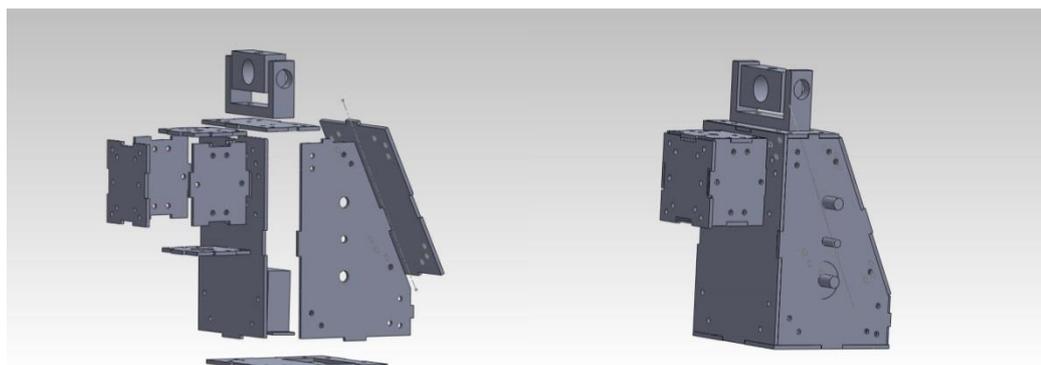


Figura 3.1: Demonstração das peças antes e depois do encaixe

3.2 Vistas de cada peça da estrutura

Para o auxílio de trabalhos futuros, esta sessão do trabalho detalha cada peça da estrutura.

A parte em que a baqueta é fixada (figura 3.2) tem forma retangular, sua vista frontal tem um furo de 20 mm permitindo um encaixe de vários tipos de baqueta, na vista lateral o furo de 5 mm é para fixar esta peça ao perfil U através de parafuso permitindo rotação. Esta peça foi feita de polipropileno. Este material fez com que não fosse necessário o uso de um rolamento para o movimento de rotação.

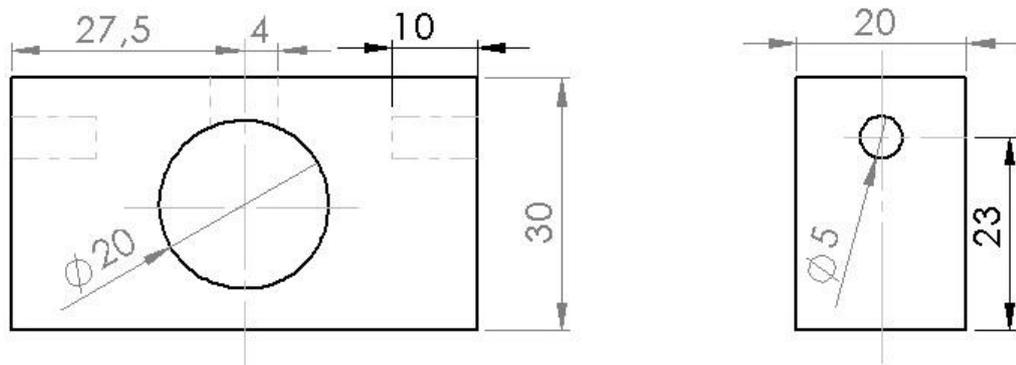


Figura 3.2: Peça para encaixe da baqueta

Na parte frontal (figura 3.3) do objeto existem furos que auxiliam a montagem da peça, a parte frontal é fixada junto às partes superior, inferior e lateral, alguns furos são para a fixação das partes laterais do suporte do solenoide e outros para a fixação do circuito de acionamento. Esta peça foi fabricada em chapa de acrílico de 3 mm.

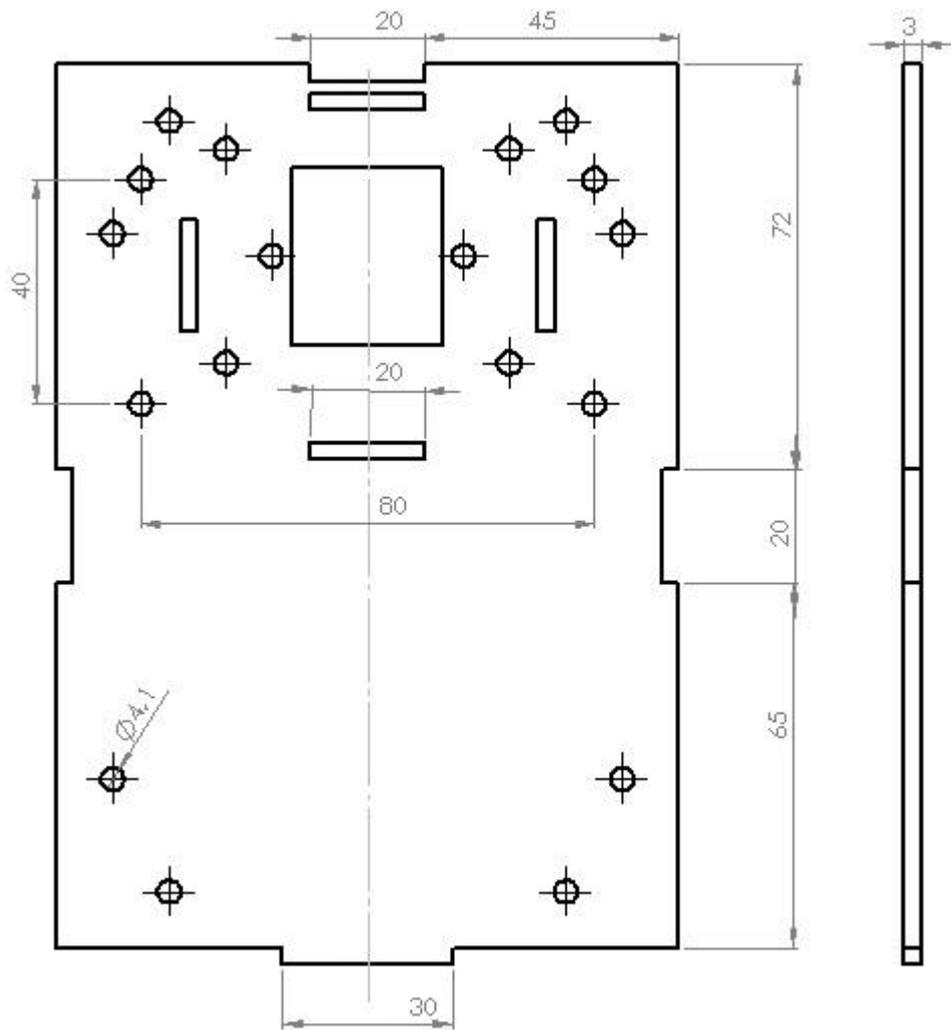


Figura 3.3: Peça frontal

Nesta peça (figura 3.4) é fixado o eletroímã e o suporte lateral do mesmo. Peça feita com chapa de acrílico de 3 mm.

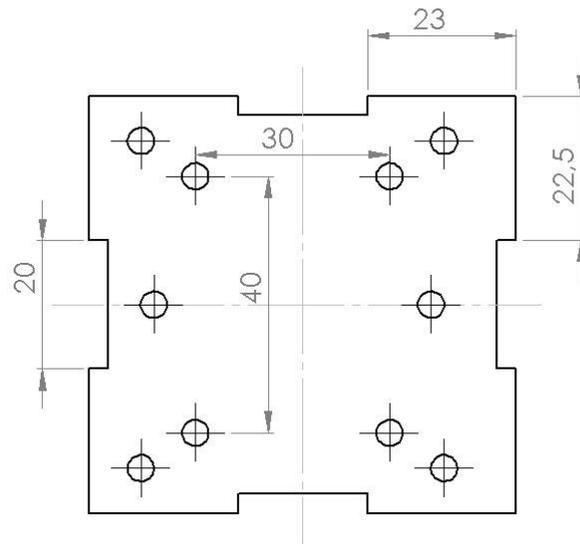


Figura 3.4: Peça suporte do solenoide

Na peça inferior (figura 3.5) é fixado o transformador. Ela se une as peças frontal, lateral e a parte em que é fixada o suporte. O vão existente na peça é para a passagem de fios. Peça fabricada com chapa de acrílico de 3 mm.

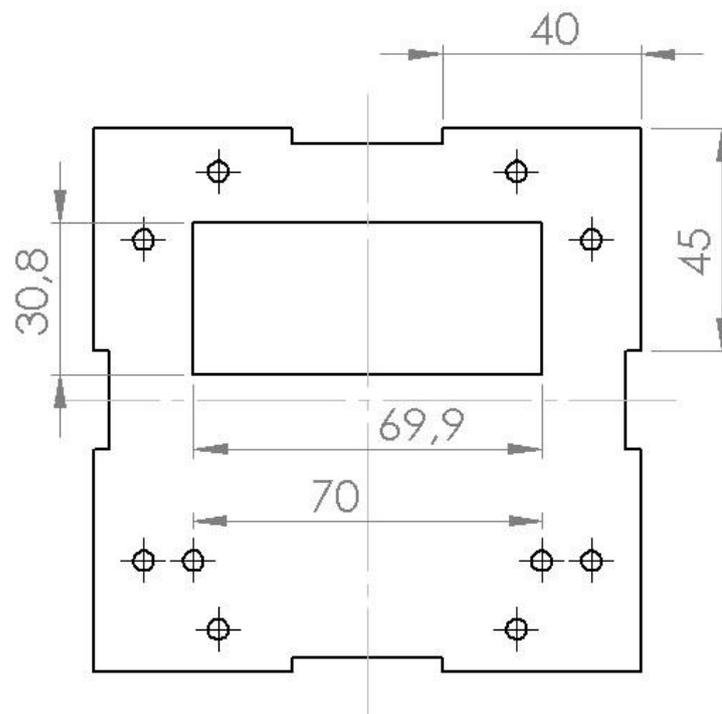


Figura 3.5: Peça inferior

A peça lateral (figura 3.6) se liga à maioria das outras peças (exceto as peças suporte para o eletroímã) sendo essencial na estabilidade do protótipo. Os furos centrais são para fixação de periféricos (Potenciômetros, chaves seletoras e botão). Peça feita com chapa de acrílico de 3 mm.

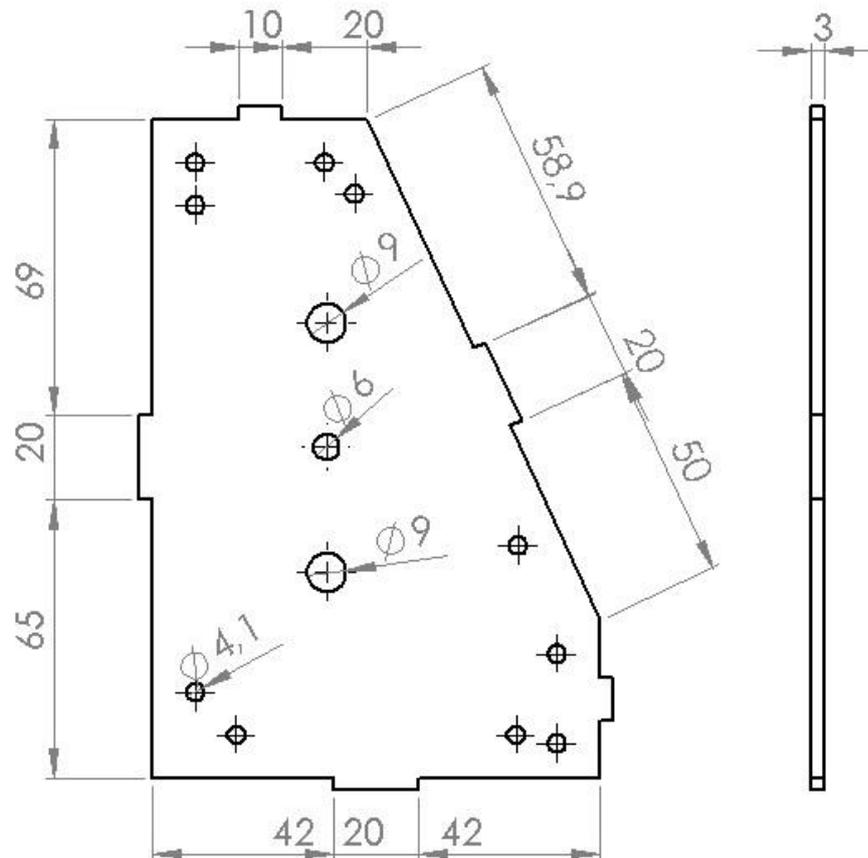


Figura 3.6: Peça lateral

A peça usada na união entre a parte frontal e a peça que sustenta a solenoide (figura 3.7). Peça feita com chapa de acrílico de 3 mm.

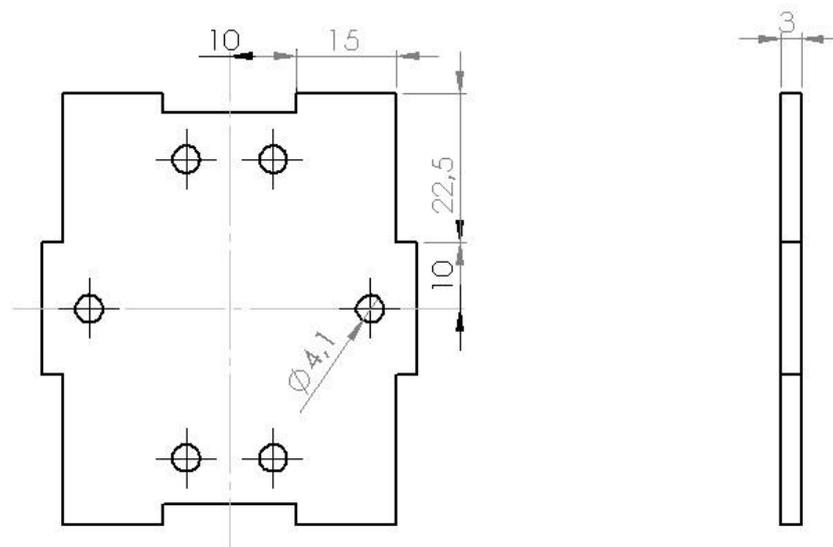


Figura 3.7: Peça lateral do suporte para o eletroímã

A Peça que compõe a traseira do protótipo (figura 3.8), nela é fixado o suporte. Peça feita com chapa de acrílico de 3 mm.

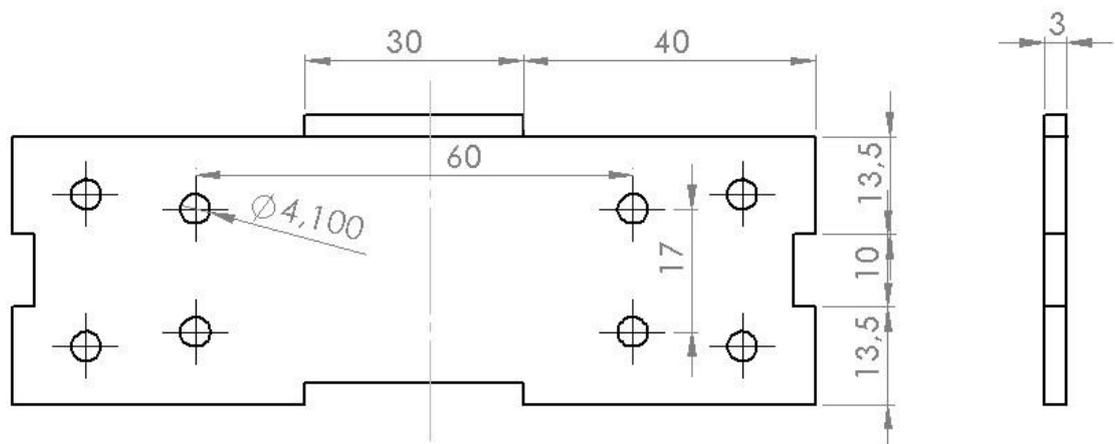


Figura 3.8: Peça para fixação no tripé

NA Peça superior do protótipo (figura 3.9), é fixado o perfil U que segura a peça onde passa baqueta. Ela se une a parte frontal, traseira e lateral do objeto. Peça feita com chapa de acrílico de 3 mm.

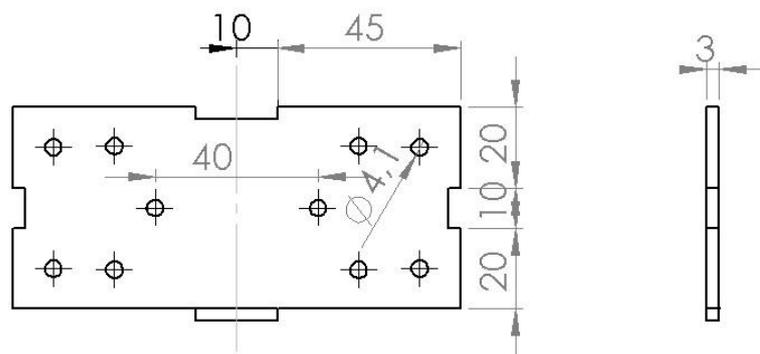


Figura 3.9: Peça superior

Esta peça completa a traseira do objeto (figura 3.10). Nesta peça é fixada a fonte que alimenta o eletroímã. A peça é unida à outra peça traseira, lateral e superior. Peça feita com chapa de acrílico de 3 mm.

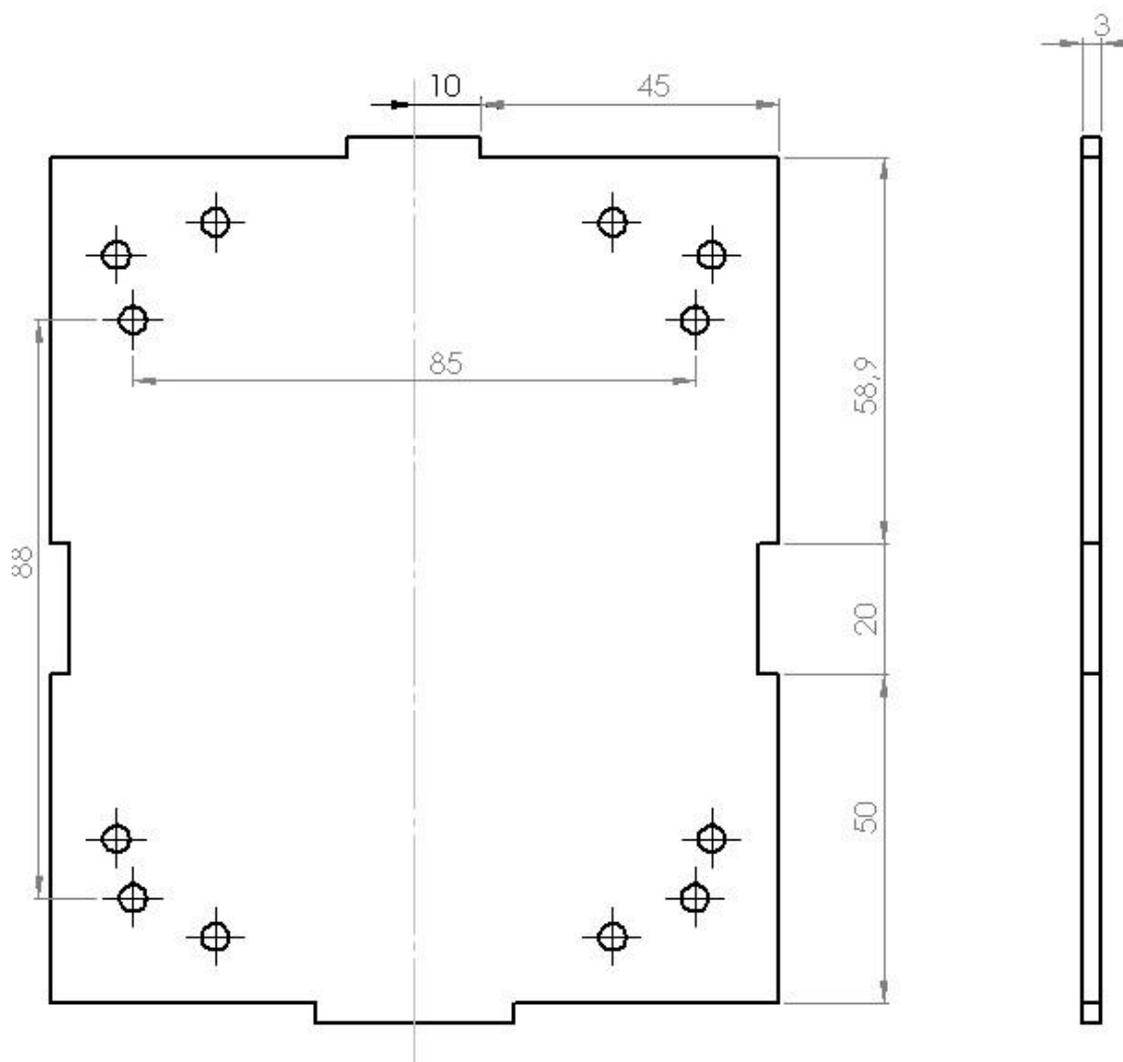


Figura 3.10: Peça traseira

O perfil U (figura 3.11) é usado para a fixação da peça em que passa a baqueta na parte superior do objeto. Peça fabricada com polipropileno.

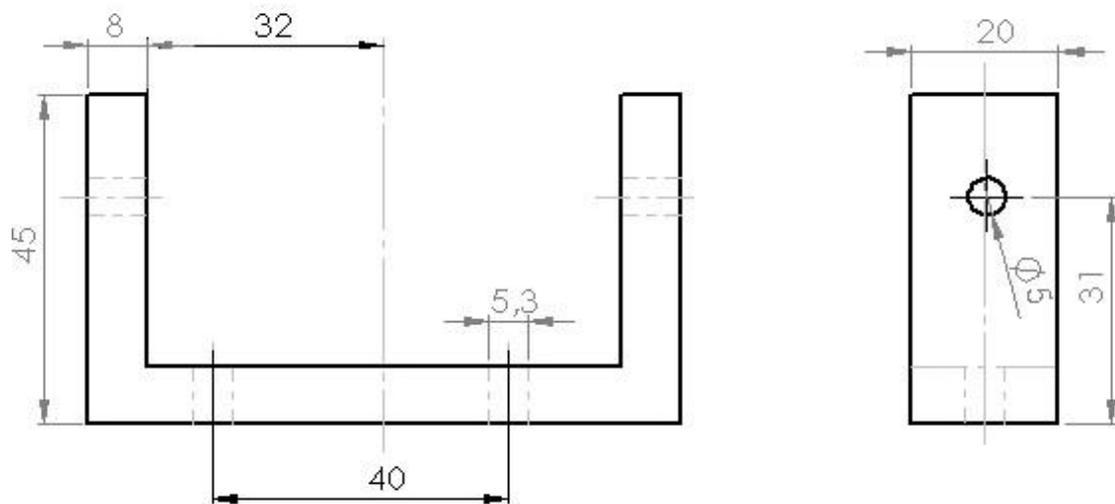


Figura 3.11: Perfil U

3.3 Construção e descrição da estrutura

A estrutura (figura 3.12) é composta por dois compartimentos, o maior comporta a fonte e o circuito e fornece espaço para todos os periféricos, o menor se destina para acomodação do solenoide.



Figura 3.12: Estrutura construída

No pré-projeto decidiu-se que a estrutura seria usinada, mas ao analisar custos, simplicidade de construção e observando exemplos dentro do CEFET-MG decidimos mudar o processo de fabricação para corte a laser e o material da estrutura para acrílico.

As principais vantagens deste processo de acordo com (Telecurso 2000) estão relacionadas à:

- Alta precisão;
- Excelente qualidade da superfície cortada;
- Níveis mínimos de deformação, emissões de fumos e ruídos;
- Mínima Zona Termicamente Afetada (ZTA);
- Alta velocidade de corte;
- Extrema versatilidade ao processar uma imensa variedade de materiais;
- Sistema automatizado que possibilita o corte de figuras geométricas complexas com 2D ou 3D.

Algumas desvantagens são:

- Liberação de Produtos Tóxicos;
- Formação de óxido;
- Utilização de maior espaço físico.

Trabalhar com os materiais adequados é essencial para a eficiência deste processo e felizmente o acrílico se enquadra dentre estes materiais.

Segundo (Trumpf, 2010) “as capacidades de corte, ou seja, as espessuras das chapas metálicas que podem ser trabalhadas dependem basicamente do tipo de material e da potência do laser a ser empregado”.

(Urtado, Lima e Bains, 2008) comentam que “a principal característica do corte por Laser é a pequena área de sangria (material removido), menos que 10% da sangria dos processos Oxicorte e Plasma, o que confere ao Laser uma elevada precisão, alta velocidade de corte, principalmente em espessuras finas”.

Usamos dois tripés, um para suportar o tambor e outro para suportar o protótipo. Uma abraçadeira feita de uma chapa de metal que foi serrada, dobrada e furada, fixa a estrutura ao tripé. A baqueta é presa ao eixo do solenoide através de um arame que passa por uma porca presa ao eixo. Cantoneiras de alumínio (figura 3.13) prendem uma peça de acrílico a outra. O perfil U é parafusado na parte superior da estrutura.

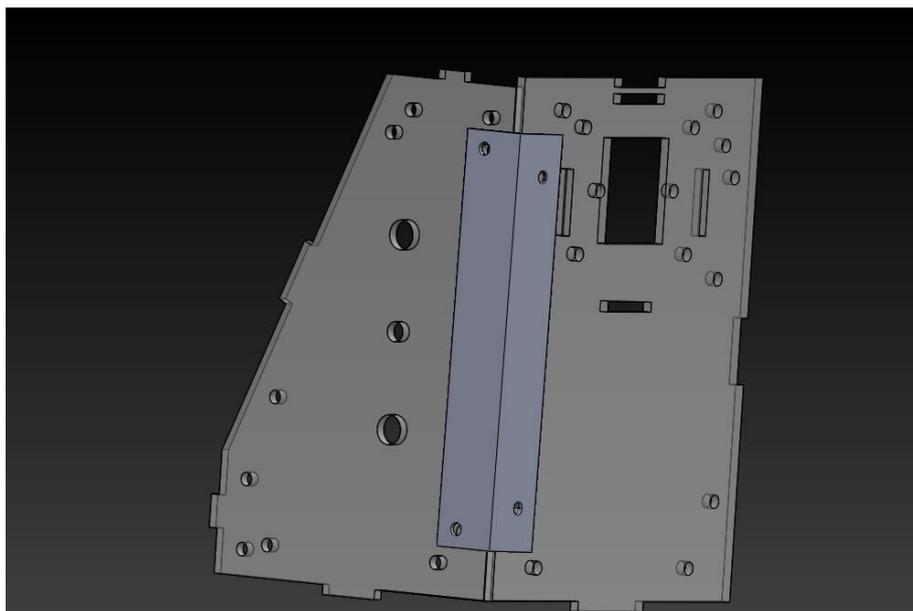


Figura 3.13: Destaque de uma cantoneira

Capítulo 4

4. Testes e resultados

4.1 Testes na APAE

A Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais nasceu em 1954, no Rio de Janeiro. Caracteriza-se por ser uma organização social, cujo objetivo principal é promover a atenção integral à pessoa com deficiência, prioritariamente aquela com deficiência intelectual e múltipla. A Rede APAE destaca-se por seu pioneirismo e capilaridade, estando presente, atualmente, em mais de 2 mil municípios em todo o território nacional.

Uma pesquisa realizada pelo Instituto Qualibest em 2006, a pedido da Federação Nacional das APAES, mostrou que a APAE é conhecida por 87% dos entrevistados e tida como confiável por 93% deles. São resultados expressivos e que refletem o trabalho e as conquistas do Movimento Apaeano na luta pelos direitos das pessoas com deficiência. Nesse esforço destacam-se a incorporação do Teste do Pezinho na rede pública de saúde; a prática de esportes e a inserção das linguagens artísticas como instrumentos pedagógicos na formação das pessoas com deficiência, assim como a estimulação precoce como fundamental para o seu desenvolvimento (APAE, 2013).

Os testes deste trabalho foram realizados na APAE Divinópolis. A APAE de Divinópolis – Instituto Helena Antipoff, entidade filantrópica sem fins lucrativos, foi fundada em 1970 para atender a crescente demanda de pessoas com deficiência, junto ao Hospital São João de Deus. O Padre Davi, à época, membro da congregação hospitaleira do São João de Deus, busca apoio do Lions Clube Divinópolis Pioneiro para auxílio na superação do problema e expõe a necessidade de se criar uma instituição para atender essas pessoas, uma vez que não existia no município de Divinópolis e região, nenhuma instituição com esta finalidade. Após inúmeras reuniões, em assembleia geral, decidiu-se pela construção de um prédio para instalação da entidade, sendo

ainda, aprovado o estatuto de criação das instituições com a missão de promover, articular e garantir ações de defesa de direitos das pessoas com deficiência intelectual e múltiplas (APAE, 2013).

O perfil das crianças selecionadas pelas terapeutas ocupacionais foi o de crianças com graves dificuldades motoras, mas com um bom cognitivo. Ou seja, crianças que não tem a capacidade para segurar uma baqueta e tocar um tambor, mas que entendam que ao apertar o botão ele produzirá o som no tambor.

Duas crianças testaram o protótipo, o primeiro a testar foi o aluno E.M.M.S de 4 anos (figura 4.1), ele apresenta o diagnóstico clínico de Dandy Walker.



Figura 4.1: Aluno E.M.M.S de 4 anos utilizando protótipo

Segundo (Diament, 1996) a síndrome de Dandy-Walker (SDW) é uma síndrome não familiar, caracterizada por dilatação cística do quarto ventrículo e por aplasia ou hipotrofia parcial ou total do vermis cerebelar. Geralmente apresenta atresia dos forames de Lushka e Magendie. Em três quartos dos casos ocorrem outras malformações cerebrais como agenesia do corpo caloso, heteropsias, lissencefalia, estenose do aqueduto de Sylvius. O aluno apresenta dificuldade do equilíbrio estático e dinâmico. Atualmente para

executar as atividades de coordenação motora necessita de apoio lateral. Entende ordens simples, mas a resposta ainda é lenta.

O segundo aluno foi G.M.S de 6 anos (figura 4.2), ele apresenta o diagnóstico de paralisia cerebral discinética.

Segundo (Diament, 1996) desde o Simpósio de Oxford, em 1959, a expressão PC foi definida como “sequela de uma agressão encefálica, que se caracteriza, primordialmente, por um transtorno persistente, mas não invariável, do tono, da postura e do movimento, que aparece na primeira infância e que não só é diretamente secundário a esta lesão não evolutiva do encéfalo, senão devido, também, à influência que tal lesão exerce na maturação neurológica”.



Figura 4.2: Aluno G.M.S de 6 anos utilizando protótipo

4.2 Resultados e discussões

Como forma de avaliar o grau de cumprimento da proposta apresentada e de analisar o conhecimento adquirido, relacionam-se, a seguir, os resultados obtidos com os objetivos do trabalho.

1. *Construção do dispositivo*

O protótipo foi construído (figura 4.3) dentro do tempo estabelecido de acordo com o projeto feito e testado pelo público alvo.



Figura 4.3: Versão final do objeto

2. *Tempo de resposta*

Como mostrado na figura 4.4 o tempo de diferença entre o acionamento e o tempo de reação do eletroímã é de 2.5 ms, levando em consideração que o tempo de acionamento do eletroímã é de 70 ms e que o tempo total e entre o ato de apertar e ouvir é de 72.5 ms, muito inferior ao que colocamos como meta, que era de 500ms, o que foi ótimo.

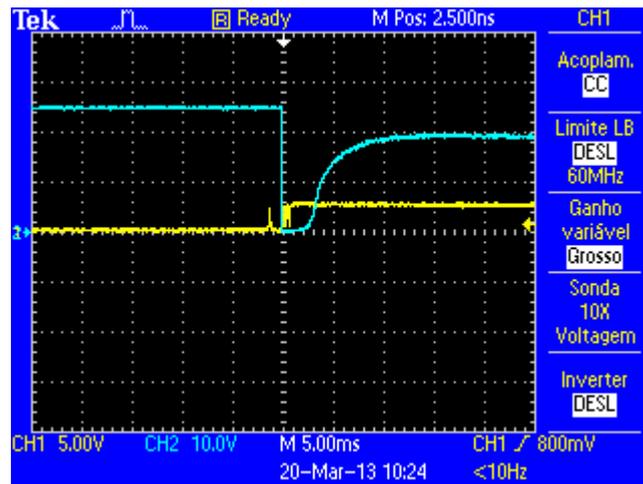


Figura 4.4: Tempo de resposta

3. Adaptabilidade

O dispositivo funciona com diferentes tipos de baquetas e tambores. Além de se poder adaptar a altura do protótipo.



Figura 4.5: Baquetas de diferentes diâmetros inseridas no protótipo

4. *Audibilidade e ruídos*

O som produzido pela batida é audível, o ruído causado pelo núcleo do solenoide foi sanado com a adição de um anel de borracha, mas ainda há um ruído devido ao click do botão.

5. *Instalação*

O objeto pode ser instalado em qualquer lugar que tenha uma tomada e apoio para o botão..

6. *Descrição*

O objeto não causou repúdio em nenhuma criança, mas com certeza uma forma de atração visual poderia ter sido feita, pois então além do som teríamos outra maneira de prender a atenção das crianças.

7. *Robustez*

Só com o tempo poderemos dizer qual é a durabilidade do objeto, ou se a parte eletrônica ou mecânica será mais comprometida, mas há vibrações indesejadas durante o processo que não são positivas, uma alternativa para a diminuição é reforçar a união dos acrílicos com cola. Não houve tempo suficiente para corrigir as vibrações durante o trabalho.

8. *Aceitação*

As crianças que tem o cognitivo suficiente para reconhecer que estão produzindo o som do tambor mostraram grande interesse no produto.

Capítulo 5

5. Conclusões

O objetivo final do trabalho foi alcançado. Efetuou-se procurando sempre pensar no bem-estar do público alvo, a construção de um protótipo que auxilie a construção de um dispositivo para o entretenimento de crianças com comprometimentos motores. Antes disso, entretanto, foi feito um estudo aprofundado em várias áreas correlatas. Os resultados foram bons e até mesmo superaram algumas expectativas em relação ao tempo de resposta, adaptabilidade e aceitação. Apesar de o protótipo ter funcionado precisa de melhorias como a diminuição de ruídos internos, um melhor acabamento e também um ajuste mecânico mais preciso para evitar que o objeto vibre durante o uso. O projeto envolveu as áreas de mecânica e eletrônica do curso de Engenharia Mecatrônica.

5.1 Proposta de trabalhos futuros

1. Mudança do comando, alternativas de se acionar a solenoide é uma boa implementação, são opções de outras formas de acionamento o comando por voz ou por uma piscada através de visão computacional.
2. Fabricação de outros protótipos e comunicação entre esses permitindo que sejam tocados mais de um tambor sincronizado.
3. Fugindo do tema da tecnologia assistiva, este protótipo pode ser a base para um robô que toca bateria. Músicas seriam gravadas na memória do robô e este conseguiria executá-las a partir da seleção do usuário.
4. Estudar a viabilidade da produção do brinquedo em larga escala, desde um estudo mercadológico até como seria a produção, equipamentos usados e quais peças deveriam ser terceirizadas ou não.
5. Mudança do atuador para um motor.
6. Fazer um estudo das cargas aplicadas no protótipo e optar por outro material.

Referências

ABTECA – Associação Brasileira de Tecnologia Assistiva. Disponível em:
<http://www.abteca.org.br>

ADA - American With Disabilities Act 1994. Disponível em:
<http://www.resna.org/taproject/library/laws/techact94.htm> Acesso em
[20/10/2012](#)

APAE- APAE de Divinópolis <http://www.divinopolis.mg.apaebrasil.org.br/>
Acesso em [23/03/2013](#)

Axé (gênero musical) disponível em:
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ax%C3%A9_\(g%C3%AAnero_musical\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ax%C3%A9_(g%C3%AAnero_musical)) Acesso em
16/03/2013

Beineke V., Flauteando pelos cantos do Brasil. Disponível em
<http://pages.udesc.br/~c7apice/arquivos/download/Flauteando.baiao.pdf>

Catálogo nacional de produtos de tecnologia assistiva disponível em
<http://assistiva.mct.gov.br/http://www.abteca.org.br/empresas-associadas.html>

Catálogo SOLETEC, solenoide de acionamento – série D,2013

CHIEN-Yu Lin (2010) “How to Use Low-Cost Devices as Teaching Materials for Children with Different Disabilities”

COETZEE,L and OLIVRIN G. (2011) “Inclusion Through the Internet of Things”

COOK, A.M.; HUSSEY, S.M Assistive technologies: principles and practice. 2ª ed. United States: Mosby, Missouri, 2002

CORDE, Comitê de Ajudas Técnicas, ATA VII. Disponível em
http://www.mj.gov.br/sedh/ct/corde/dpdh/corde/comite_at.asp

DIAMENT A. Encefalopatia crônica na infância (paralisia cerebral). In: Diament A & Cypel A, editores. Neurologia Infantil. 3ª ed. São Paulo: Atheneu; 1996. p.781-98.

DULTRA, F.C.M; SOUZA A.C.A; GALVÃO C,R,C; ANDRADE V.S; Cruz D.M.C; CARLETO D.G.S; ALTAFIM L.Z.M (2011) Brazilian Assistive Technology in Bath or Shower Activity for Individuals with Physical Disability

EVERSON M.A., (2010) A importância da tecnologia assistiva.

JANG Y. G. (2011) "An Implementation of Intelligent HTMLtoVoiceXML Conversion Agent for Text Disabilities"

National Semiconductor, Datasheet. LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator Publicação Eletrônica. (2005)

PAPE, T. L. B., Kim, J. & Weiner, B. (2002) "The shaping of individual meanings assigned to assistive technology: a review of personal factors" Disability & Rehabilitation 24(1/2/3): 5-20.

RAYA R., ROCON E. , CERES R. , CALDERON L. and PONS J. L. (2011) New Strategies of Mobility and Interaction for People with Cerebral Palsy

Rede Apae e sua história Disponível em

<http://www.apaebrasil.org.br/artigo.phtml?a=2> Acesso em 20/03/2013

Samba <http://pt.wikipedia.org/wiki/Samba> > Acesso em: 16 Mar 2013

SÖDERSTROM, S. & YTTERHUS, B. (2010) "The use and non-use of assistive technologies from the world of information and communication technology by visually impaired young people: a walk on the tightrope of peer-inclusion" Disability & Society 25(3): p.303-315

Souza J.D Desbravando o PIC São Paulo: Editora Érica, 2004. 12ª Edição 272p 24cm ISBN 978-85-7194-867-9.

TELECURSO 2000. Corte com laser. Aula 62.

TRUMPF. Corte, uma das principais aplicações do laser no setor metal-mecânico. (2010) Disponível em: <<http://www.br.trumpf.com/101.news28509.html>> Acesso em: 21/10/2012.

URTADO, Edson; LIMA, Erasmo e BAINO, Fernando. Comparativo entre a produtividade e custo operacional dos processos térmicos oxicorte, plasma e

laser, para cortar o material aço carbono entre as espessuras de 6 a 25 mm.

São Paulo, 2008. Disponível em:

<www.infosolda.com.br/new_site/getFile.php?t=d&i=24> Acesso em: 03 jul.

2011