

## Construção de uma Mesa de Pinball com Materiais de Baixo Custo

### Construction of a Pinball Table with Low Cost Materials

**Jhonatas Willian Gonçalves de Moraes**

[jhonatasmoraes@alunos.utfpr.edu.br](mailto:jhonatasmoraes@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

**Michael Nunes de Souza**

[michaelsouza@alunos.utfpr.edu.br](mailto:michaelsouza@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

**Arthur Guilherme Reis Higino**

[arthurhigino@alunos.utfpr.edu.br](mailto:arthurhigino@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

**Fernando Barreto**

[fbarreto@utfpr.edu.br](mailto:fbarreto@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.

#### RESUMO

Mesas de Pinball são equipamentos de entretenimento que possuem projetos desafiadores na sua construção. Este trabalho apresenta um projeto e construção de uma mesa de Pinball envolvendo um grupo de alunos do segundo período do curso de Engenharia Elétrica como trabalho vinculado à disciplina de Computação 1. Por conta da complexidade do projeto de uma mesa profissional, optou-se por utilizar circuitos e programações mais simplificadas para que o trabalho pudesse ser concretizado pelos alunos de graduação do segundo período. A estrutura foi feita totalmente em madeira reciclada, com prototipação das peças eletromecânicas, motores alternativos aos solenoides comumente usados, um lançador de bola mecânico, criação do tema do Pinball, iluminação, arte conceitual, sonoplastia e trilha sonora usados na construção. Para gerenciar esses recursos utilizou-se o microcontrolador Arduino, além de placas eletrônicas de fabricação própria, sendo três circuitos eletrônicos funcionando de maneira simultânea. O projeto foi concluído com sucesso com uma mesa de Pinball original para que os alunos do câmpus Apucarana da UTFPR possam utilizar como entretenimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arduino. Eletrônica, Programação.

#### ABSTRACT

Abstract: Pinball tables are entertainment hardware, which have challengeable projects in their assembly. This work presents a Pinball table project and its construction organized by a group of students from the second period of Electric Engineering course assigned as a task for the discipline of Computing 1. Due to the high complexity of a professional Pinball table, we chose to utilize simple circuits and programming in order to encourage students from the second period graduation level to conclude this work. The table structure was entirely made of recycle wood, with electromechanical parts; alternative motors were used instead of common solenoids for pinball tables; a mechanical ball launcher, theme pinball designing, table lightning, conceptual art, soundproofing and sound track were also used for the construction. In order to manage these resources, Arduino microcontroller and a self-manufactured electronic board were used, which enabled three electronic circuits working simultaneously. This project was successfully accomplished and offered an original Pinball table for entertainment of students in UTFPR Apucarana campus.

**KEYWORDS:** Arduino. Electronic. Programming.

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 15 set. 2018.

#### Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um hardware por alunos de graduação no escopo de um curso de Engenharia Elétrica permite unir teoria e prática. Para ser atrativo, a escolha de um hardware com grande atratividade para os alunos e que ao mesmo tempo atenda a várias áreas de conhecimento é um desafio. Nesse contexto, foi elaborado um projeto de extensão e inovação para desenvolver um equipamento eletrônico de Pinball, que traga consigo conceitos de eletrônica com uma ideia renovada e moderna envolvendo microcontroladores de hardware aberto. O desenvolvimento desse equipamento permite aos alunos terem envolvimento com questões de mecânica, eletrônica e programação além de ser um desafio para os mesmos.

Os hardwares de Pinball utilizam peças eletrônicas, sensores e atuadores diversos bem como várias partes mecânicas. Cada tema de Pinball possui diversos objetivos, necessitando cumprir alguns requisitos (ou missões) para atingir algumas pontuações superiores no decorrer do jogo.

Esse projeto envolveu acadêmicos do segundo período do curso de Engenharia Elétrica do campus Apucarana da UTFPR como sendo um trabalho da disciplina de Computação 1. Além dos conceitos de programação em C para Arduino, os alunos necessitaram adquirir conhecimentos sobre eletrônica e mecânica, o que agrega conhecimento. Esse projeto teve financiamento em edital DIREC 01/2017 para apoio a projetos inovadores em andamento, vinculado ao NIT – Núcleo de Inovação e Tecnologia.

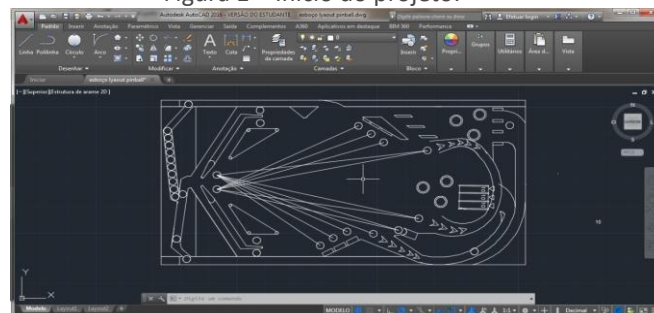
O projeto iniciou no começo do segundo semestre letivo de 2017, passando por uma fase inicial de planejamento, arrecadação de fundos e materiais e, por último, a construção de peças e a montagem da mesa como um todo. Uma descrição sobre os principais componentes é apresentada nas próximas seções.

## MÉTODOS

Houveram várias reuniões entre os alunos envolvidos no projeto para traçar ideias sobre qual tema de Pinball seria escolhido para que fosse viável e de baixo custo com o uso de algumas peças recicladas e ou de fabricação própria.

Inicialmente, identificou-se especificações da caixa da mesa e os elementos mais comuns que compõem o campo de jogo de uma máquina Pinball. A partir dessas informações foi elaborado um esboço inicial, apresentado na Figura 1. Batizou-se esse Pinball de *SpaceMachine*.

Figura 1 – Início do projeto.

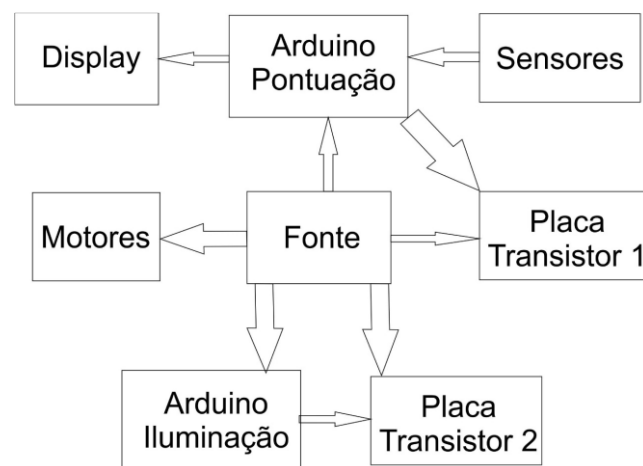


Fonte: Do autor.

Em termos de eletrônica, foi necessário estudar a comunicação I2C, análise de *datasheets* de diversos componentes discretos como transistores (BCB550 e BCB556), Displays 7-Segmentos, *microswitches*, microcontroladores, motores, LEDs e fototransistores. No caso de microcontroladores para gerenciar a lógica do Pinball, optou-se pelo Arduino Mega por ser de hardware aberto, de baixo custo e sua programação ser semelhante à Linguagem C utilizada na disciplina de Computação 1. Em relação aos motores, utilizou-se vários motores simples de trava elétrica de porta de carro por ser de baixo custo. Como Fonte, foi utilizando uma fonte comum de computador.

Após estudo dos itens eletrônicos em conjunto com o layout da mesa, chegou-se a um fluxograma de alimentação elétrica e de lógica simplificado da mesa e pode ser visto no diagrama na Figura 2. As setas originadas da Fonte indicam fornecimento de energia, já as setas originadas dos dois Arduinos Mega (Arduino Pontuação e Arduino Iluminação) indicam sinais de lógica/dados. O Display utiliza uma versão *standalone* do ATMEGA328 (somente o chip) para gerenciar dois displays Série Display Quádruplo (CROMATEK, 2018).

Figura 2 – Diagrama do esquema elétrico.



Fonte: Do autor.

Os elementos da mesa foram projetados individualmente por meio de protótipos para verificar o funcionamento de cada elemento.

## I2C

O I2C (VALDEZ, 2018) é uma tecnologia de comunicação serial consolidada, e que embora seja antiga, ainda é considerada um dos padrões de comunicação eficientes na microeletrônica. Foi escolhido este protocolo de comunicação para a comunicação de dados entre o microcontrolador "Arduino Pontuação" e o módulo Display justamente por ser o protocolo que apresentava menores perdas e maior velocidade para a aplicação usada. Para utilizar comunicação I2C no Arduino, foi necessário utilizar a biblioteca Wire (WIRE, 2018).

## DIMENSÕES E ESTRUTURA

A mesa, feita em madeira descartada de construção civil do próprio câmpus Apucarana da UTFPR, possui 100 cm por 54,4 cm, e altura de 105 cm ajustável em 6cm, e ela possui uma inclinação de 7 graus para que a esfera metálica possa sempre se deslocar para o lado do jogador por efeito da gravidade.

Para possibilitar a manutenção dos componentes da mesa, ela foi construída em formato de baú, para possibilitar acesso à parte eletrônica do equipamento. A mesa abre lateralmente e fica presa a um cabo de aço, limitando seu ângulo de abertura, como pode ser visto na figura 3.

Figura 3 – Sistema de abertura da mesa.



Fonte: Do autor.

## ELEMENTOS DE JOGO

Os *flippers* são elementos essenciais no jogo de Pinball, pois são esses que rebatem a esfera a partir de comandos do usuário para atingir áreas da mesa. A Figura 4 apresenta os *flippers* desenvolvidos em madeira, fixados em um eixo que permite a rotação, acoplado em uma alavanca ligada a um motor. Os motores são acionados pelos botões laterais da mesa, que aciona os *flippers*.

Figura 4 – Flippers.



Fonte: Do autor.

Para a confecção dos 2 *bumpers*, apresentados na Figura 5, foi necessário a usinagem de uma peça em nylon, que é a parte superior. Os *bumpers* agem ricocheteando a esfera ao detectarem um contato com o *bumber*. Um eixo acoplado a uma mola, disposto de maneira vertical, conecta todo o sistema ao motor fixado logo abaixo da superfície da mesa. Já na parte superior, sob a mola, foi presa a peça de nylon por uma pequena cupilha. A esfera metálica aciona o contato entre a placa de alumínio inferior e um fio galvanizado no entorno do nylon, acionando o motor que puxa o eixo para baixo, ricocheteando a esfera.

Figura 5 – *Bumpers*.



Fonte: Do autor.

O repositores (local onde armazena as esferas) consiste de um compartimento para as esferas na parte mais baixa da mesa (abaixo entre o vão dos *flippers*, ver Figura 4). Quando o jogador perde uma rodada, esta esfera é armazenada e uma esfera da fila é reconduzida ao lançador. O sensor infravermelho disposto logo acima da entrada desse compartimento serve para sinalizar ao Arduino Pontuação que contabiliza as rodadas perdidas, acionando um motor para reconduzir uma esfera para o lançador.

Os *slingshots* apresentados na Figura 6, são uma estrutura triangular sob a mesa, envolto em borracha que arremessa a esfera assim que o contato de *microswitch* for acionado. Para cada *slingshot* foi utilizado três parafusos de apoio para a borracha formar um triângulo. Foram posicionados dois *microswitchs* no lado interno do triângulo, quando a esfera encosta na fita de borracha ela ativa o *microswitch* que aciona um motor para ricochetear a esfera de volta ao centro da mesa.

Figura 6 – *Slingshot*.



Fonte: Do autor.

A iluminação da mesa foi simplificada ao utilizar um microcontrolador dedicado, permitindo o acionamento de 42 portas do Arduino Iluminação independentemente. Cada porta do Arduino aciona um transistor que libera a passagem de energia direto da fonte para alguns LEDs. Porém, para que não excedesse a corrente nominal, a cada LED foi anexado um resistor. O microcontrolador por sua vez é alimentado pela fonte, de onde também compartilha o aterramento tanto para as luzes quanto para o mesmo. A programação foi desenvolvida de modo a comutar entre liga/desliga determinada sequência de LEDs no intervalo de 167 milissegundos, com o intuito de piscar na mesma frequência que a maioria das músicas eletrônicas (126bpm) (DIGITALDJ, 2018). Assim foram construídas sequências para se alternar consecutivamente.

Outra iluminação está vinculada às pontuações do Pinball (Arduino de Pontuação) com o auxílio de sensores infravermelhos e interruptores *microswitchs* espalhados pela mesa em grupos. Para cada item que marca pontos, existe um LED para indicar quando aquele alvo foi acionado possibilitando a realização de combos quando determinado grupo de LEDs é acionado. A cada vez que a esfera acerta o alvo, o LED é comutado, acendendo ou apagando, marcando uma pequena quantidade de pontos quando acertados individualmente e uma quantidade maior de pontos quando o combo é concluído (os LEDs do conjunto estiverem acesos).

O áudio da mesa de *pinball* foi dividido em duas partes: os efeitos sonoros e a trilha sonora.

Para os efeitos sonoros foi utilizado o Arduino de Pontuação com o módulo de leitura de cartão SD e dois alto-falantes. A programação do áudio utilizou-se de uma biblioteca para Arduino chamada TMRpcm (VISHALSONIINDIA, 2018), seu funcionamento ocorre quando um determinado sensor infravermelho ou interruptor *microswitch* é acionado. Ao acionar, o Arduino é programado para ler do módulo de cartão SD qual som gravado deve ser reproduzindo nos alto-falantes.

Esse método da biblioteca TMRpcm possui algumas limitações de qualidade: todos os arquivos precisam ser no formato .WAV, podendo ter no máximo 40 segundos de duração, ter resolução de 8bits, taxa de amostragem de 16000 Hz, a faixa de áudio deve ser mono e o formato PCM deve ser *unsigned* 8 bits (VISHALSONIINDIA, 2018). No entanto, para efeitos sonoros de pontuação torna-se aceitável. Todos os áudios utilizados para os efeitos sonoros foram editados e produzidos com o software de edição de áudio *Audacity* (AUDACITY, 2018) para ficar nos padrões descritos .

Em relação à trilha sonora, por conta das limitações de qualidade do TMRpcm, optou-se por utilizar um mp3 *player* para executar músicas independente desta programação.

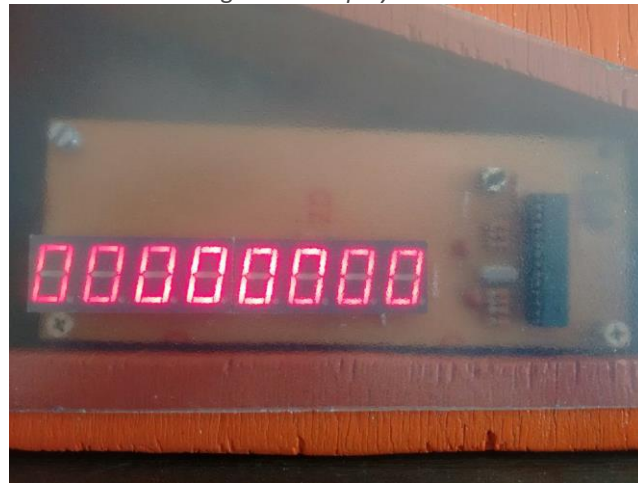
Para gerenciar o módulo Display foi usado uma versão *standalone* do Arduino com um microcontrolador ATMEGA328, no qual foi usada a comunicação I2C para transmitir os dados de pontos do Arduino Pontuação para Display.

Os dados de pontos são convertidos de decimal para vetor, dividindo o valor em dígitos individuais, e enviando-os *byte a byte* por I2C ao módulo de *display*.

O módulo Display também usa de uma ideia de multiplexação, enviando dados aos Displays de 7 segmentos, dígito a dígito, que pelo fenômeno de

persistência visual, acaba causando a impressão de que todos os números estão acesos ao mesmo tempo.

Figura 7 – Display.



Fonte: Do autor.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto foi desafiador e passou por uma série de problemas. Por ser um tipo de máquina antiga, a quantidade de informação sobre as especificações técnicas sobre esse tipo de projeto é limitada, por isso muitos ajustes tiveram que ser feito ao longo do projeto.

A principal dificuldade enfrentada foi a falta de ferramentas para poder trabalhar no projeto, além da falta de laboratórios técnicos na UTFPR campus Apucarana. A falta de laboratórios ocorreu por ainda não existir, durante a execução desse projeto, a maioria dos laboratórios do curso de Engenharia Elétrica. Além disso, os alunos tiveram que comprar ferramentas ou ainda pensar em meios diferentes e criativos para contornar alguns problemas.

Mesmo com recursos oriundos do projeto de extensão e inovação, algumas aquisições de peças tiveram de ser feitas pelos próprios alunos e pelo professor orientador do projeto. As compras oriundas do financiamento do projeto atrasaram para concretizar e entregar por conta da burocracia o que comprometeu o cronograma do projeto.

A mesa de *Pinball* foi confeccionada desde o esboço até o acabamento pelos alunos. As peças foram pensadas e construídas considerando as limitações já citadas e mantendo o projeto a um baixo custo. Houve um aprendizado de programação ao operar cada Arduino do projeto para construir um sistema de áudio, iluminação e pontuação, que funciona de forma integrada. Por fim, houve o desenvolvimento da arte e acabamentos também projetados pelo grupo, assim, ele cumpre seu papel principal de entretenimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as adversidades do desenvolvimento do projeto foi possível entregar uma mesa funcional em sua totalidade, contemplando todo conteúdo

desenvolvido no curso de engenharia elétrica até o segundo período e além (mecânica, eletrônica e microcontroladores). Conseguiu-se ter coesão entre todos os componentes eletrônicos e mecânicos, o que agrega conhecimento, versatilidade na resolução de problemas e trabalho em equipe aos alunos envolvidos nesse projeto.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à DIREC e NIT pelo financiamento do projeto (Edital DIREC 01/2017 Apoio a Projetos Inovadores em Andamento – NIT – Núcleo de Inovação e Tecnologia).

Agradecemos aos docentes Rodrigo A. F. Pereira, Cicero Hildenberg L. de Oliveira e Sebastian de Jesus M. Machado, que ajudaram quando solicitados.

Agradecemos imensamente por fazer parte da equipe de alunos que desenvolveu este trabalho; ter podido contar com a colaboração e parceria de Bruno Henrique de Oliveira; Rafael Fernandes Raposo; Rodrigo da Silva Campos; Samuel Frederico de Oliveira; Cicero Geraldo Souza Gandra e Leonardo Lima Lage.

### REFERÊNCIAS

AUDACITY. Audacity. Disponível em: <<https://www.audacityteam.org/download/>>. Acesso em 28 ago. 2018.

CROMATEK. Datasheet D4156ASR. Disponível em: <[http://www.cromatek.com.br/pdf/opto/D4156\\_A\\_.pdf](http://www.cromatek.com.br/pdf/opto/D4156_A_.pdf)>

DIGITALDJ. Digital DJ Hub. Disponível em: <<http://www.digitaldjhub.com/average-bpm-of-music/>> . Acesso em 28 ago. 2018.

VALDEZ, J. B. J. Understanding the I2C Bus. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf>> Acesso em 28 ago. 2018.

VISHALSONIINDIA. Audio Player Using Arduino With Micro SD Card. Disponível em: <<http://www.instructables.com/id/Audio-Player-Using-Arduino-With-Micro-SD-Card/>>. Acesso em 28 ago. 2018.

WIRE. Wire Library. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>>. Acesso em 28 ago. 2018.