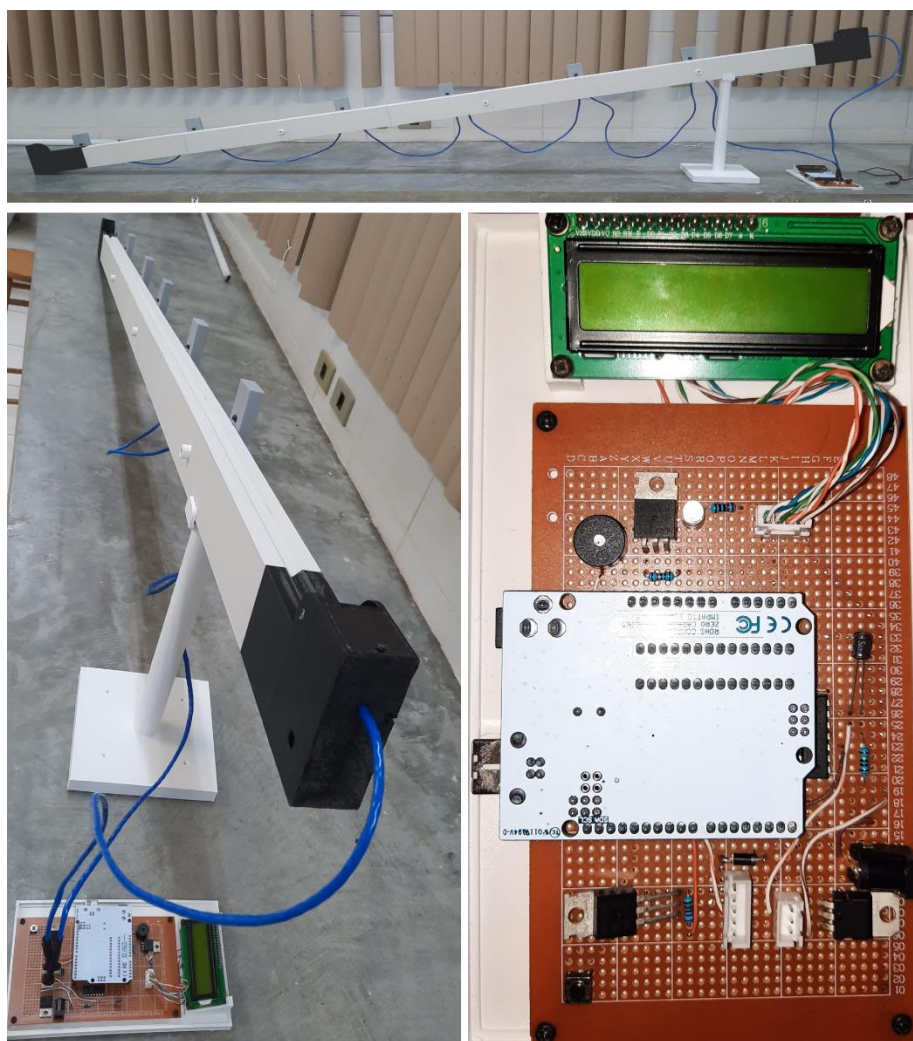


Guia de Construção do Plano Inclinado de Galileu



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	ESTRUTURA PRINCIPAL	2
2.1	Materiais e ferramentas:	3
2.2	Passo a Passo	3
3	CIRCUITO ELETRÔNICO	7
3.1	Materiais e ferramentas	7
3.2	Passo a Passo	8
4	PROGRAMAÇÃO	16
4.1	Materiais	16
4.2	Estude a programação	16
4.3	Passo a Passo	20
5	MONTAGEM FINAL E TESTES	20
6	RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	23

1 INTRODUÇÃO

Este guia tem o objetivo de orientar professores e alunos na construção de um plano inclinado didático, um aparato que permite explorar conceitos fundamentais de

Física, como o movimento e aceleração uniforme, de forma prática e interativa. Além de auxiliar no aprendizado dos conteúdos, sua aplicação estimula o pensamento crítico e a resolução de problemas, conectando teoria e prática em sala de aula.

Inspirado pela cultura Do It Yourself (DIY) e pelo movimento maker, este projeto vai além de um experimento de Física: ele é uma oportunidade para desenvolver habilidades técnicas e criativas, como soldagem de componentes eletrônicos, programação e modelagem 3D.

As instruções para construção estão divididas em quatro etapas: construção da estrutura, confecção da placa eletrônica, programação e operação do aparato. Em cada uma dessas etapas oferece as instruções necessárias para que o processo seja realizado de forma clara e acessível.

Além disso, indicamos recursos e referências que podem ser utilizados para aprofundar o aprendizado, incentivando a autonomia e o protagonismo de alunos e professores.

Com isso, buscamos facilitar a construção do aparato e promover o espírito maker, conectando a educação às demandas do mundo moderno e ampliando as possibilidades de ensino e aprendizado.

O repositório do projeto pode ser acessado no link:

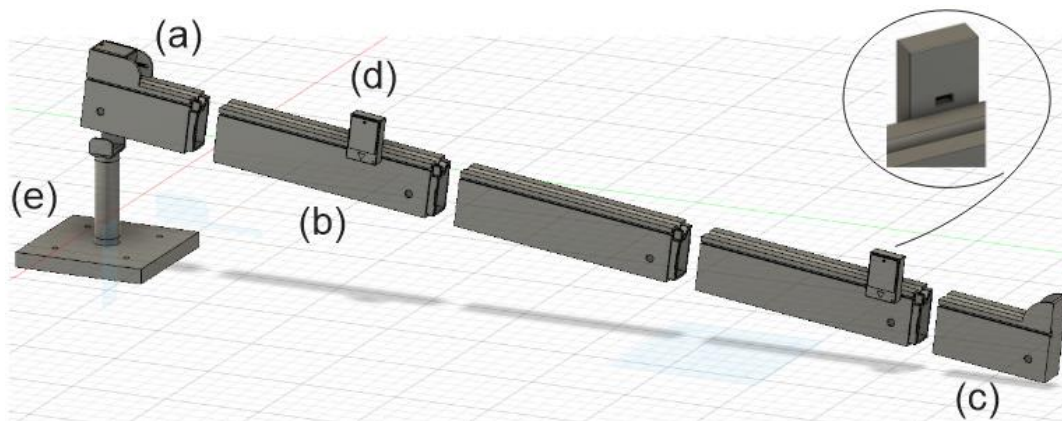
<https://github.com/jeanpassos2/PlanoInclinadoMakerLab>

2 ESTRUTURA PRINCIPAL

Nesta etapa, será construída a estrutura física do plano inclinado, conforme ilustrado na Figura 1. Para isso, será utilizada uma impressora 3D e os arquivos

disponibilizados no repositório do GitHub na pasta **arquivos da estrutura**. Esses arquivos contêm todos os modelos necessários para a confecção das peças. Além disso você também tem a liberdade de editá-los e adaptá-los às suas necessidades.

Figura 1 - Estrutura do plano inclinado.



2.1 Materiais e ferramentas:

2 Kg de filamento de impressão 3D (PLA, PETG ou ABS);

Lixa grão 400 ou mais fina;

Estilete;

Computador;

Impressora 3D;

Arquivos .STL na pasta GitHub

<https://github.com/jeanpassos2/PlanoInclinadoMakerLab/tree/main/arquivos%20da%20estrutura>;

Software de fatiamento OrcaSlicer;

Software de modelagem Autodesk Fusion (opcional).

2.2 Passo a Passo

2.2.1 Instale o software OrcaSlicer:

- Acesse o Github dos desenvolvedores para baixar o programa: https://github.com/SoftFever/OrcaSlicer/releases/download/v2.2.0/OrcaSlicer_Windows_Installer_V2.2.0.exe.
- Utilizar o OrcaSlicer é fácil e intuitivo, acesse vídeos como o da playlist https://www.youtube.com/playlist?list=PLmU3ep_2dChKAA8FsY0wOlA4wFY1Guc5 para aprender mais sobre como preparar um arquivo para impressão.

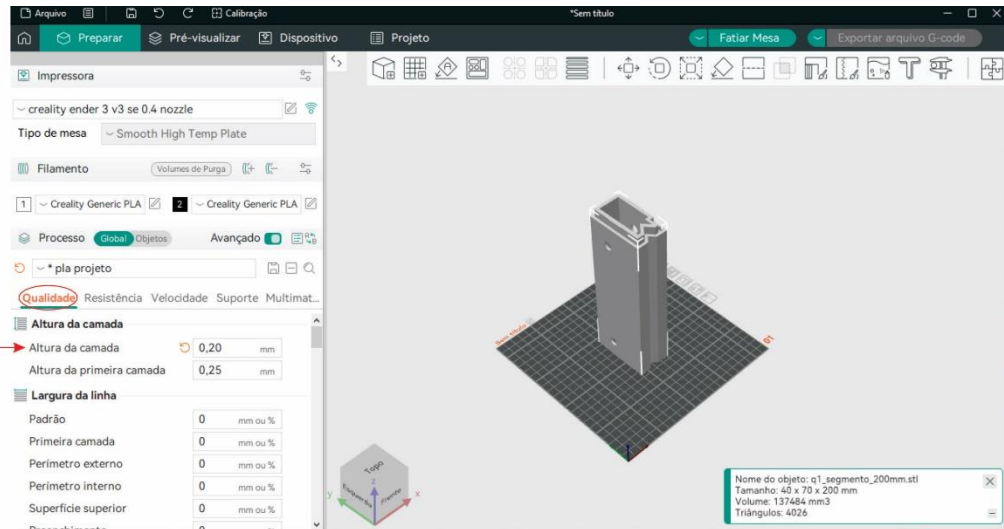
2.2.2 Baixe os arquivos da pasta ESTRUTURA no github XXXX

- Estes arquivos, de extensão STL, foram obtidos a partir do software de modelagem 3D e são utilizados pelo OrcaSlicer que calibra as configurações de acordo com os parâmetros da impressora e os objetivos do projeto (tempo e qualidade).
- Cada arquivo STL possui o desenho de um dos objetos indicados na Figura 1. Alguns deles, serão impressos em quantidades variadas, conforme necessidade do projeto, são: as caixas dos sensores Fig. 1(d), tampas das caixas dos sensores, hastes Fig. 1(e) e segmento Fig. 1(d), os demais utilizam apenas uma unidade.
- Os segmentos possuem três medidas 205mm, 245mm e 296mm, a escolha de qual usar deve seguir a limitação da altura de impressão da impressora 3D utilizada.

2.2.3 Configure os parâmetros de resistência e qualidade.

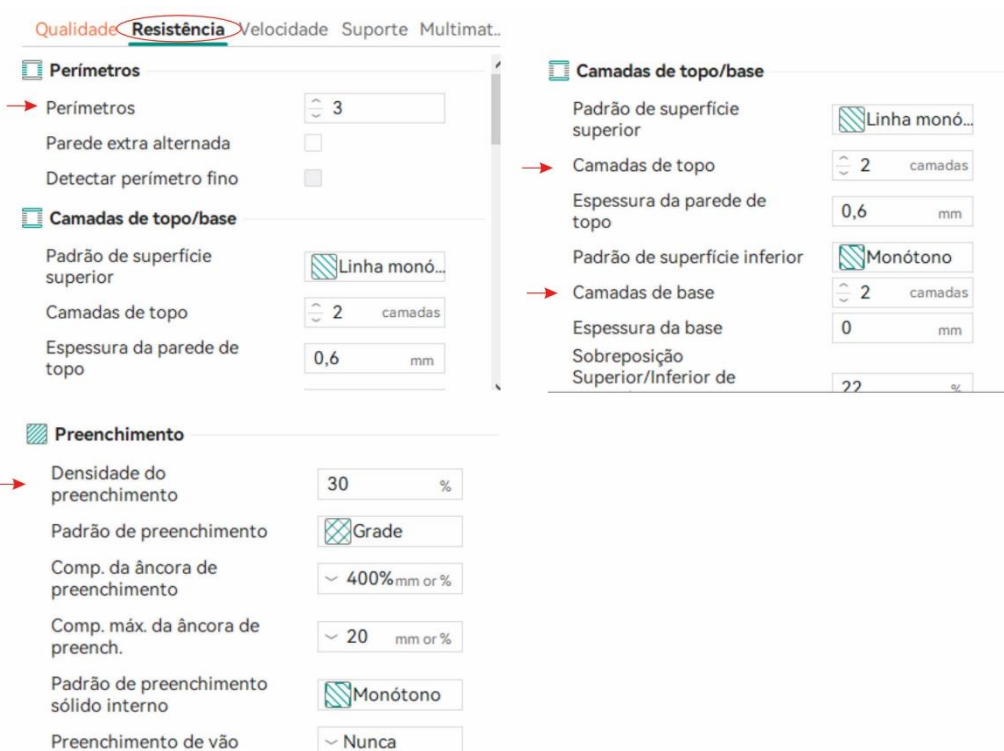
- Configure a qualidade de impressão com altura da camada de 0,20 conforme Figura 2, para obter menos rugosidade.

Figura 2 - Configuração de qualidade OrcaSlicer.



- Configure a resistência com a quantidade de perímetros, as camadas de topo e base e a densidade de preenchimento, conforme os valores mínimos especificados na Figura 3.

Figura 3 - Configuração de resistência OrcaSlicer.



Estas configurações representam os requisitos mínimos para garantir a qualidade e a resistência das peças impressas. As demais calibrações podem seguir o padrão sugerido pelo software da impressora. No entanto, os ajustes podem ser

aprimorados conforme as capacidades e especificidades do modelo de sua impressora 3D. Por exemplo, você pode experimentar diferentes configurações de temperatura, velocidade de impressão e altura da camada para otimizar o acabamento e a durabilidade das peças. Lembre-se de realizar testes preliminares e observar se os resultados atendem às expectativas antes de iniciar a produção completa. A personalização dessas configurações é uma oportunidade de explorar o potencial do equipamento e aprimorar os resultados do projeto.

2.2.4 Imprima os arquivos do item 2.

- Imprima cada arquivo separadamente, observando o tempo estimado e a quantidade de material necessária.
- Após a impressão, remova cuidadosamente as peças da mesa e limpe-as de quaisquer suportes ou resíduos. Lixe as quinas das canaletas dos segmentos, ponteira início e ponteira fim.

2.2.5 Monte a sua estrutura, conforme a Figura 1.

Vá além: explore as possibilidades de modelagem 3D!

Com o arquivo `Fusion_InclinadoMakerLab_GitHub.f3d`, disponibilizado no repositório do GitHub, você pode editá-lo, melhorá-lo e adaptá-lo às suas necessidades específicas. Utilizando ferramentas de modelagem como **Autodesk Fusion 360**, é possível ajustar dimensões, adicionar funcionalidades ou personalizar o design para atender às suas preferências estéticas ou funcionais. O Autodesk Fusion tem assinatura grátis para estudantes.

Por exemplo, você pode modificar os encaixes para se adequar a diferentes tamanhos de sensores, criar estruturas mais robustas para suportar maior peso ou até adicionar elementos como logotipos ou detalhes decorativos. Se você deseja realizar ajustes específicos, como alterar a largura da pista do plano ou incluir suportes para outros experimentos, o arquivo base é um ponto de partida flexível para essas alterações.

Aproveite para compartilhar suas modificações e melhorias na comunidade, seja por meio do GitHub ou de outras plataformas de projetos colaborativos,

contribuindo para a evolução do aparato e incentivando a troca de conhecimento.

3 CIRCUITO ELETRÔNICO

Nesta etapa, serão construídas as partes eletrônicas do aparato, que incluem a confecção da placa de circuito, o cabo do sensor de início e eletroímã, e o cabo dos sensores de posição.

3.1 Materiais e ferramentas

- 1 und placa de circuito fenolite perfurada;
- 1 und conector jack p4
- 1 und display de LCD 16x2 com módulo I2C;
- 1 und buzzer 9-12v;
- 2 und transistor IRF530;
- 1 und LED 5mm;
- 1 und capacitor 1 μ F;
- 1 und ci schmitt trigger CD40106;
- 1 und regulador de tensão LM7805;
- 1 und push button;
- 1 und resistor de 470 Ω ;
- 3 und resistor de 2.200 Ω ;
- 1 und resistor de 1M Ω ;
- 7 und resistor de 220 Ω ;
- 2 und barra de Pinos com 40 Pin Head Macho Grande 1x40x20;
- 1 und conector JST XH 5 vias (macho e fêmea);
- 1 und conector JST XH 4 vias (macho e fêmea);
- 1 und conector JST XH 3 vias (macho e fêmea);
- 5 metros de cabo manga 3 vias;
- 1 metro de cabo manga 5 vias;
- 7 und sensor óptico reflexivo TCRT5000;
- 1 und diodo 1n4007;
- 1 und eletroímã.

Ferramentas:

- Estanho de solda;
- Ferro de solda;
- Alicate de corte rente;
- Parafusos 3mm;
- Fonte de 9V.

3.2 Passo a Passo

3.2.1 Compreenda os componentes e o circuito.

- Antes de iniciar a montagem da placa revise seus conhecimentos sobre os componentes utilizados que serão utilizados.

Placa de circuito fenolite perfurada: Uma base rígida utilizada para montar circuitos eletrônicos. Permite a fixação de componentes por meio de soldagem, oferecendo versatilidade para projetos personalizados.

Conector Jack P4: Identificado como DC1 na Figura, é utilizado para conexão de fontes de alimentação, sendo comum em projetos que necessitam de uma entrada padrão para energia.

Display de LCD 16x2 com módulo I2C: Um visor capaz de exibir até 16 caracteres por 2 linhas. O módulo I2C facilita a comunicação com microcontroladores, reduzindo a quantidade de fios necessários.

Buzzer 9-12V: Dispositivo que emite som, usado como alerta ou indicador sonoro em circuitos. Funciona com tensões entre 9 e 12V.

Transistor IRF530: Transistor MOSFET usado como chave eletrônica para controlar cargas, como motores ou eletroímãs, em circuitos de maior corrente.

LED: Diodo emissor de luz que serve como indicador visual em projetos eletrônicos.

Capacitor 1 μ F: Identificado como C1 na figura este componente armazena carga elétrica temporariamente, utilizado para estabilizar tensões ou filtrar sinais em circuitos.

CI Schmitt Trigger CD40106: O Schmitt Trigger é um circuito eletrônico que converte sinais analógicos (contínuos ou ruidosos) em sinais digitais bem definidos, com saídas "alto" (1) ou "baixo" (0). Sua principal característica é a histerese, que estabelece dois níveis distintos de tensão de entrada para alternar o estado da saída:

Nível de disparo superior (VT+): O ponto em que o sinal de entrada faz a saída mudar de baixo (0) para alto (1).

Nível de disparo inferior (VT-): O ponto em que o sinal de entrada faz a saída mudar de alto (1) para baixo (0).

Regulador de tensão LM7805: Dispositivo que regula a tensão de entrada, fornecendo uma saída estável de 5V para alimentar circuitos.

Push Button: Botão momentâneo usado para enviar sinais de entrada em circuitos, ativando ou desativando funções.

Resistores: Identificados com de R1 a R6 na Figura 4, são componentes que limitam a corrente elétrica em um circuito, protegendo outros dispositivos e ajustando níveis de tensão.

Barra de Pinos (40 pinos): Identificados como H1, H2, H3 e H4 na Figura 4 são conectores modulares que facilitam a interligação de componentes, como sensores, em placas de circuito.

Conector JST XH : Identificados como DPLAY1, IMA1e SENS1 na Figura 4, são conectores usados para interligar cabos e circuitos com segurança, muito comum em eletrônicos compactos.

Sensor óptico reflexivo TCRT5000: Sensores da Figura 5 e 6, são sensores que emite luz infravermelha e detecta objetos próximos, muito usado para medir posição ou detectar movimento.

Diodo 1N4007: Diodo de uso geral que permite a passagem de corrente em apenas uma direção, protegendo circuitos de picos de tensão reversa.

Eletroímã: Dispositivo que gera um campo magnético ao ser energizado, utilizado aqui para segurar a esfera de aço no plano inclinado, Figura 5.

Estanho de solda: Liga metálica usada para unir componentes eletrônicos à placa de circuito, garantindo conexões elétricas firmes e seguras.

3.2.2 Estude o circuito

A distribuição de energia a partir do plug **P4** é dividida em duas partes principais:

1. Alimentação direta de 9V:

Alimenta o Arduino pelo pino **Vin**, o conector do eletroímã no cabo **IMA1** e o buzzer.

2. Alimentação regulada para 5V:

A tensão de 9V é regulada pelo **LM7805**, que fornece 5V estáveis para: o conector dos sensores (**SENS1**) e o conector do display (**DPLAY1**).

Os **transistores IRF530** são utilizados como chaveadores, funcionando como interruptores capazes de suportar maior carga.

A partir de um sinal alto nas portas digitais **4 e 8** do Arduino, eles ligam o buzzer e o eletroímã, respectivamente. Observe que os transistores estão chaveando a alimentação **negativa** dos componentes.

Veja o vídeo do Canal do Professor Bairros para entender mais sobre transistores.
https://www.youtube.com/watch?v=OhLty50vL_M

O **CI CD40106** opera estabilizando dois tipos de sinais provenientes dos sensores:

1. Sensor de início de movimento:

Especificado na Figura 5, este sensor envia um sinal de tensão alto ao ser alimentado. No entanto, quando a luz infravermelha do sensor é bloqueada pela esfera no início do movimento, ele passa a emitir um sinal de tensão mais baixo.

O **CD40106** recebe o sinal variável pela porta **3**, estabiliza-o e emite um sinal alto pela porta **4**. Este sinal estabilizado será utilizado pelo Arduino para iniciar o programa de lançamento.

2. Sensores de detecção ao longo do trilho:

Especificados na Figura 6, esses sensores estão conectados em paralelo e, em estado normal, emitem um sinal de tensão baixo. Quando a esfera passa em frente ao sensor, o sinal infravermelho refletido eleva a tensão na rede, que está conectada ao capacitor **C1**.

O capacitor amortecce variações bruscas no sinal, que é processado pelo **CD40106** na porta **13**, onde o sinal é interpretado como alto e então convertido em um sinal baixo na porta **12**.

Para obter um sinal alto estabilizado, o sinal baixo da porta **12** é enviado à porta **11**, resultando em um sinal alto na porta **10**, que será utilizado pelo Arduino na programação.

Ainda está com dúvidas quanto ao funcionamento do CD40106? O vídeo do Canal Burgoeletronica pode te ajudar:

<https://www.youtube.com/watch?v=c>

Pull-down resistores são utilizados nos transistores e no **CD40106** para garantir que o sinal de tensão permaneça baixo em sua ausência.

Os conectores **JST** conectam os cabos especificados nas Figuras 5 e 6 à placa, permitindo tanto a alimentação dos sensores quanto a transmissão dos sinais de tensão. No cabo do eletroímã **diódo** é utilizado para proteger o circuito ao descarregar a corrente induzida pela interrupção da carga.

Imagens do circuito com mais qualidade de definição estão disponíveis na pasta do GitHub:

<https://github.com/jeanpassos2/PlanoInclinadoMakerLab/tree/main/imagens%20eletr%C3%B4nica>

Figura 4 - Placa eletrônica. esquema do EasyEDA (a) e montada (b).

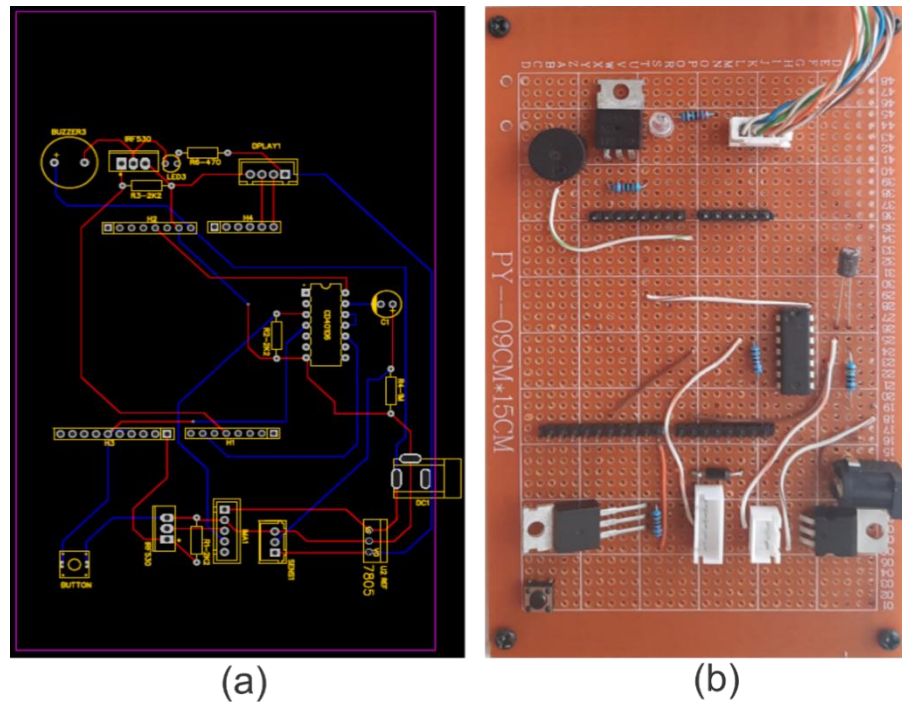


Figura 5 - Cabo do sensor de início e eletroímã.

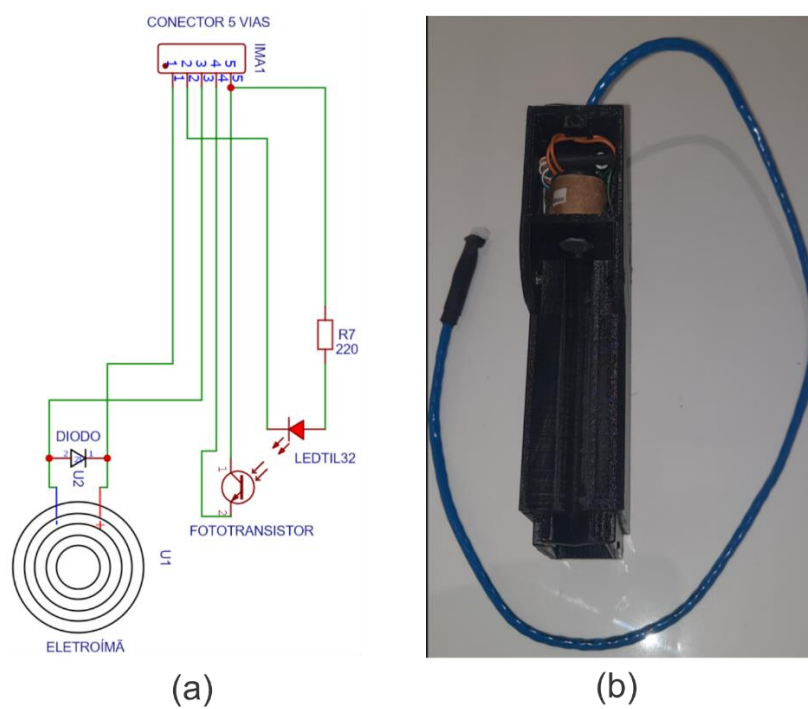
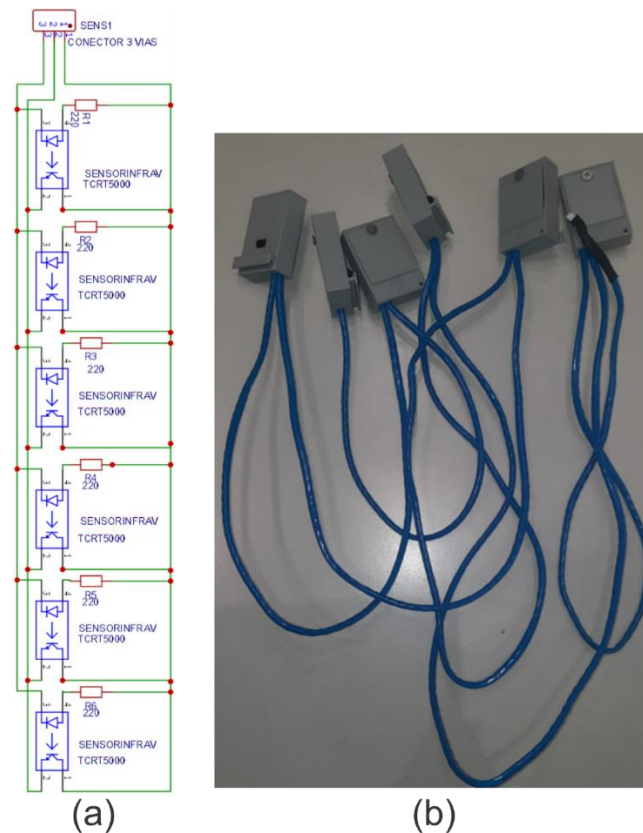


Figura 6 - Cabo dos sensores da pista de rolagem.



3.2.3 Monte a placa eletrônica.

Utilize o esquema elétrico da Figura 4 como uma referência para posicionar os componentes na placa de fenolite.

- Simule a placa com os componentes dispostos sobre ela, posicione os componentes na placa de fenolite, sem soldar.
- Para posicionar os pinos utilize o Arduino como molde, conecte os pinos no Arduino e insira na placa.
- Após a simulação inicie o processo de solda dos componentes na placa.
- Inicie soldando as barras de pino.
- Após, solde o plug p4 de alimentação.
- a partir do plug P4 identifique as entradas de positivas e negativas dos componentes, isso ajuda na organização das trilhas.

Não sabe soldar? Isso não é um problema! Alguns vídeos podem te ajudar.

Canal Brincando com ideias:

<https://www.youtube.com/watch?v=40hMsp8Xz2c>

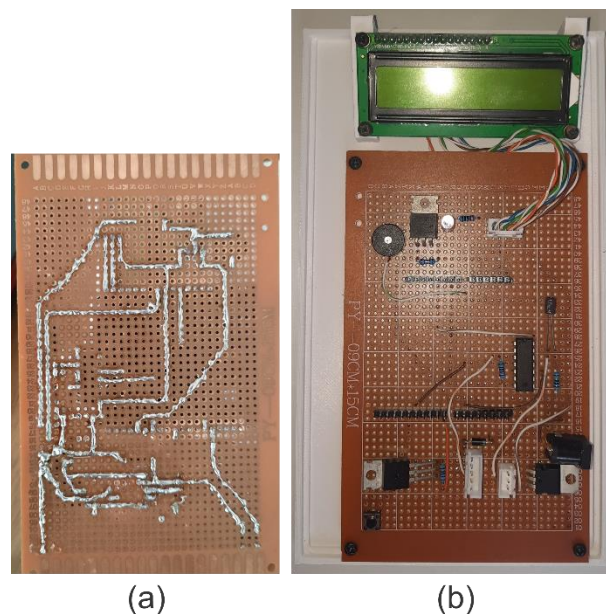
Canal Projetos Eletrônicos :

<https://www.youtube.com/watch?v=NqTzLG-pO2w>

- solde os demais componentes.
- Ao iniciar a soldagem de um componente, faça todas as suas trilhas de conexão antes de passar para o próximo componente, isso ajuda a não esquecer trilhas.

Ao final fixe a placa eletrônica e o display no case impresso em 3D, conforme figura 7

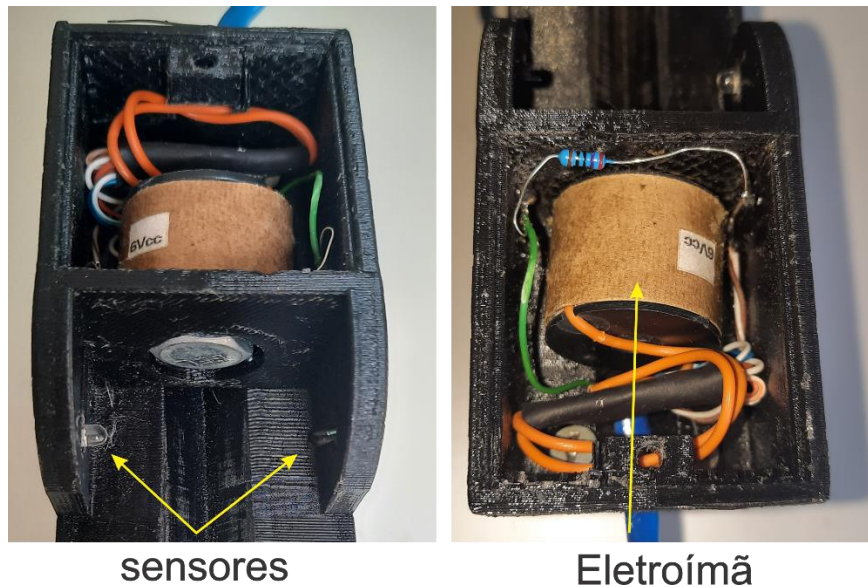
Figura 7 - Placa eletrônica: verso (a), montada na case (b).



3.2.4 Monte o cabo do sensor de início e eletroímã

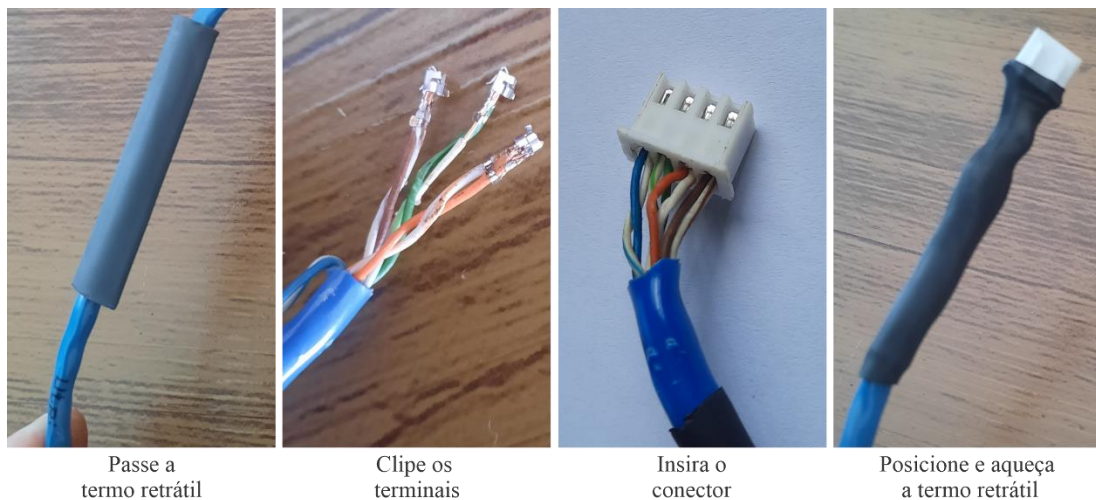
- Retire um pedaço de 80cm do cabo de rede.
- Desmonte um sensor óptico reflexivo TCRT5000, retire os LEDs. O led claro emite infravermelho o escuro é um fotodiodo que interage com a luz infravermelha.
- Utilize estes LEDs para montar o sensor na ponteira de início já com o resistor, conforme Figura 8. Primeiro posicione os leds no local indicado na ponteira, faça a soldagem dos fios do cabo nos leds.
- Solde o eletroímã no cabo com o diodo conforme esquema da Figura 5.

Figura 8 - Detalhe do cabo e encaixe dos componentes da ponteira de início.



- Identifique os fios soldados anteriormente nos componentes com o esquema da Figura 4 e 5
- Com os fios identificados, utilize o alicate para clipar os terminais do conector JST, siga as instruções da Figura 9.

Figura 9 - Conector JST.



Passe a termo retrátil

Clipe os terminais

Insira o conector

Posicione e aqueça a termo retrátil

3.2.5 Monte o cabo do sensor dos sensores

- Divida o restante do cabo em uma parte de 80cm e o restante em 5 partes iguais.
- Fixe um sensor óptico reflexivo TCRT5000 em cada caixinha impressa em 3D.
- Passe o cabo pelo buraco na parte inferior, conforme Figura10.

Figura 10 - Caixa do sensor reflexivo.



- Utilize o esquema da Figura 6 para soldar os fios nos terminais do sensor reflexivo, conforme figura 11.

Figura 11 - Ligação do sensor reflexivo.



- Identifique as cores dos fios soldados no sensor com o esquema da Figura 4 e 6. Utilize o alicate para clipar os terminais do conector JST, siga as instruções do item anterior, Figura 9.

4 PROGRAMAÇÃO

Nesta etapa, iremos programar o Arduino para gerenciar as funções essenciais do experimento, como o controle dos sensores, a coleta e o processamento dos dados, e a exibição das informações no display LCD.

Para a escrita, a compilação e a transferência do código para a placa foi utilizado o software IDE do Arduino.

Não sabe programar o Arduino?
Assista os vídeos da playlist de programação para iniciantes do professor Flávio Guimarães do canal Brincando com ideias:

<https://www.youtube.com/watch?v=rCILKZPG0Kg&list=PL7CjOZ3q8fMc3OmT7gD7N6sLLFfXsXGZi>

4.1 Materiais

Arduino Uno;
Cabo USB do Arduino;
Computador.

O Código do programa está disponível na pasta do repositório arquivo InclinadoMakerLab_GitHub.INO

4.2 Estude a programação

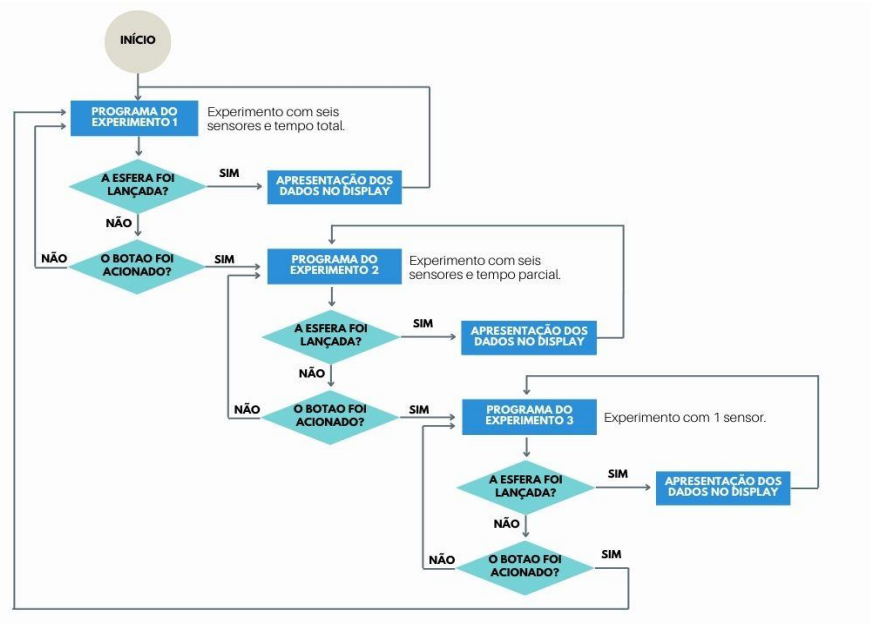
A programação desenvolvida é estruturada em torno das seguintes funcionalidades:

1. **Configuração dos Sensores:** Ajustaremos os pinos de entrada e saída para detectar eventos, como a passagem da esfera pelos sensores fotoelétricos, e registrar os tempos correspondentes.
2. **Controle da Interface:** Integraremos o display LCD para apresentar os resultados em tempo real, como o tempo total e os tempos parciais medidos.
3. **Gerenciamento de Modo de Operação:** Implementaremos diferentes modos de operação, permitindo alternar entre funcionalidades, como medições de tempo total ou tempo entre sensores.
4. **Interatividade:** Configuraremos o botão para alternar modos e reiniciar as medições de forma prática e intuitiva.

5. **Feedback Visual e Sonoro:** Utilizaremos LEDs e um buzzer para indicar estados do sistema, como início e término das medições.

O fluxograma abaixo é o passo inicial para entender o funcionamento do programa.

Figura 12 -Fluxograma do programa no Arduino.



Resumo das instruções/elementos de linguagem de programação na sequência do código

O programa foi projetado para medir tempos em um experimento de plano inclinado com sensores. Ele é configurável entre diferentes modos de operação, sendo adequado para coletar dados de experimentos didáticos e exibi-los de forma simples e interativa. O uso de LEDs e a buzina auxilia na sinalização dos eventos, enquanto o botão permite alternar facilmente entre os modos.

Definições de Hardware e Constantes

- As portas digitais são configuradas para o botão (pinBotao), LED e buzina (BuzinaLED), sensor de início (SensorBobina), bobina magnética (Bobina) e sensores fotoelétricos (FotoSensores).
- tempoDebounce é usado para evitar leituras falsas do botão devido ao bouncing.

Inicialização do Display LCD

- O display LCD é configurado e utilizado para exibir mensagens de boas-vindas e resultados.

Configuração do setup

- Configura as portas do Arduino como entrada ou saída.
- Inicializa o LCD com mensagens introdutórias.

Lógica do Programa (loop)

O programa funciona em três modos, selecionáveis pelo botão:

Modo 1: Mede o tempo total percorrido pelos objetos detectados por 6 sensores.

Modo 2: Mede os tempos parciais entre os sensores.

Modo 3: Mede o tempo total, mas utiliza apenas um sensor.

Estrutura Geral

O programa principal (loop) alterna entre os modos usando o botão e executa funções específicas para cada modo:

loop_mod01(): Medições de tempo total para os 6 sensores.

loop_mod02(): Medições de tempos parciais entre sensores consecutivos.

loop_mod03(): Medição de tempo total usando apenas um sensor.

Funcionamento de Cada Modo

Modo 1: Tempo Total com 6 Sensores

Inicialização

Exibe "6 SENSORES" e "TEMPO TOTAL" no LCD.

Espera o início da medição (detecção no SensorBobina).

Medição

Quando o sensor detecta o início, ativa a bobina e inicia a contagem do tempo (millis()).

Mede os tempos em que o objeto passa pelos sensores fotoelétricos e armazena os valores no vetor TT.

Exibe os tempos totais desde o início no LCD.

Modo 2: Tempos Parciais

Inicialização

Exibe "6 SENSORES" e "TEMPO PARCIAL".

Espera o início da medição (detecção no SensorBobina).

Medição

Mede o tempo entre sensores consecutivos.

Exibe os tempos parciais entre os sensores no LCD.

Modo 3: Tempo Total com 1 Sensor

Inicialização

Exibe "1 SENSOR" e "TEMPO TOTAL".

Espera o início da medição (detecção no SensorBobina).

Medição

Mede o tempo total desde o início até o último sensor (ou único sensor configurado).

Exibe o tempo total no LCD.

Além disso, outros componentes fazem parte do hardware a ser gerenciado pelo programa

Controle do Botão

Utiliza lógica de debouncing para garantir que o pressionamento do botão seja lido corretamente.

Permite alternar entre os modos.

Controle de LEDs e Buzina

Os LEDs e a buzina são usados para indicar eventos como início ou passagem pelos sensores.

LCD

Exibe mensagens, tempos medidos e modos atuais.

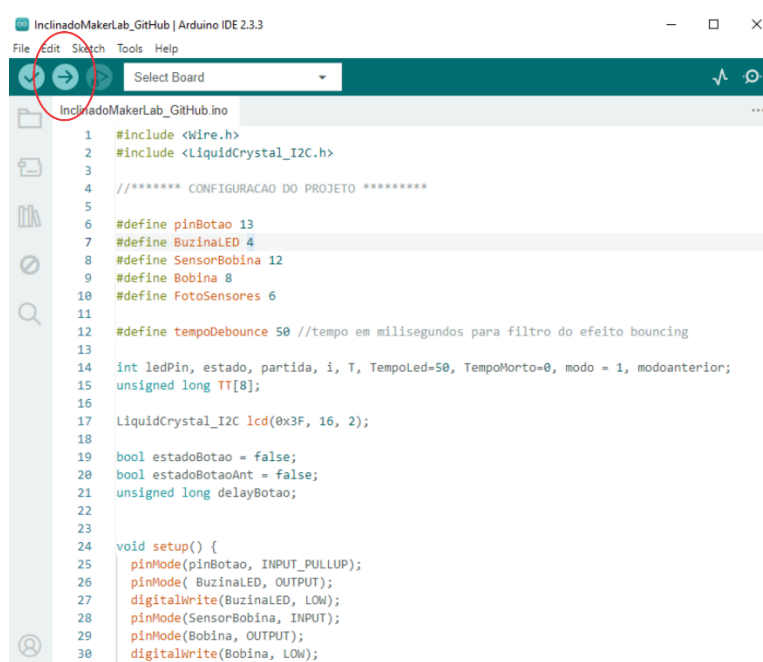
4.3 Passo a Passo

4.3.1 Instale a IDE <https://www.arduino.cc/en/software> .

4.3.2 Baixe e abra o arquivo InclinadoMakerLab_GitHub.INO que está no diretório do projeto: <https://github.com/jeanpassos2/PlanoInclinadoMakerLab/tree/main>

4.3.3 Conecte o Arduino no computador e faça o upload do programa através da IDE, Figura 13

Figura 13 - IDE do Arduino.



5 MONTAGEM FINAL E TESTES

A montagem final do aparato representa a integração de todas as etapas desenvolvidas anteriormente, combinando a estrutura física, os componentes eletrônicos e a programação para criar um sistema funcional e pronto para uso.

5.1.1 Monte os segmentos encaixando uns aos outros.

5.1.2 Insira os sensores no trilho conforme Figura 14.

5.1.3 Figura 14 - Sensor no trilho.

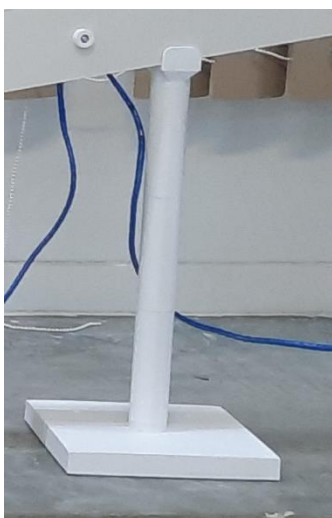


5.1.4

5.1.5

5.1.6 Conecte as pontas de início e fim, e monte a base de sustentação conforme Figura 15.

5.1.7 Figura 15- Base de sustentação.

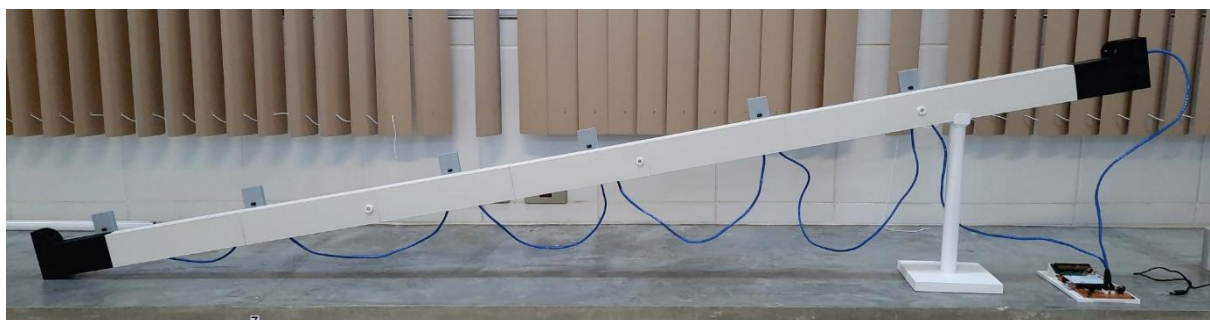


5.1.8

5.1.9

5.1.10 Conecte os cabos do sensor de início, dos sensores de movimento nos conectores da placa e a fonte de alimentação 9 volts no plug P4, conforme Figura 16

Figura 16 - Aparato montado.



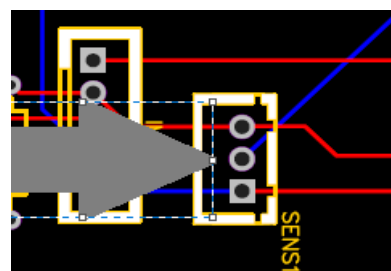
Para testar o funcionamento coloque a esfera na ponta do eletroímã, no início da pista de rolagem. O sensor de início detectará a esfera, acionará o eletroímã e emitirá um bip longo. Com este sinal você pode soltar a esfera. Quando o som do buzzer cessar a esfera será solta e a contagem do tempo iniciará. Durante a descida da esfera, o Arduino apresenta o tempo de deslocamento e emite um bip curto assim que ela é detectada em cada um dos sensores. Os tempos são apresentados no LCD. Utilize o botão para mudar a programação conforme indicado no fluxograma da Figura12

6 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

A seguir, apresentamos algumas falhas que podem ocorrer na operação do aparato. Enquanto algumas podem surgir já na primeira utilização, outras podem se manifestar com o uso contínuo.

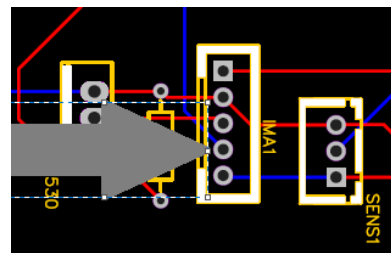
Os sensores não detectam a esfera: A falha pode estar nos LEDs emissores ou nos receptores de infravermelho. Utilize o esquema elétrico do cabo para testar a tensão.

- Verifique se os LEDs de infravermelho estão funcionando: Esses LEDs não emitem luz visível ao olho humano. Para verificar seu funcionamento, utilize a câmera do celular. Ao apontar a câmera para o LED, você verá, no display, a luz emitida pelo LED.
- Meça a tensão no LED receptor de infravermelho: Utilize um multímetro na escala de tensão. Conecte a ponta preta no menor potencial (-) e a ponta vermelha no terminal do plug que envia o sinal de tensão para o *Schmitt Trigger* na placa (conforme indicado na figura). Deve haver elevação de tensão quando a esfera é colocada no início da pista.



Buzzer aciona mesmo sem inserir a esfera no início: Esse problema pode estar no sensor de início ou no cabo que comunica a ponteira de início à placa.

- **Verifique o LED de infravermelho:** Esse LED não emite luz visível ao olho humano. Para testar seu funcionamento, utilize a câmera do celular. Ao apontar a câmera para o LED, você verá no display do celular a luz emitida por ele.
- **Meça a tensão no LED receptor de infravermelho:** Use um multímetro na escala de tensão. Conecte a ponta preta no menor potencial (-) e a ponta vermelha no terminal do plug que envia o sinal de tensão para o *Schmitt Trigger* na placa (indicado na figura). Deve haver elevação de tensão quando a esfera é colocada no início da pista.



Após o lançamento o registro de tempo e o buzzer disparam: Esse problema pode ocorrer devido ao excesso de luz no ambiente. A luz solar, incidindo diretamente sobre os sensores, pode interferir na leitura e causar disparos indevidos.

Agradecemos por seguir este guia e por se engajar em um projeto que combina aprendizado, inovação e o espírito colaborativo da cultura maker. Este trabalho vai além da construção de um aparato: é uma oportunidade de enriquecer a forma como ensinamos e aprendemos Física, unindo tecnologia e experimentação prática.

Se você acredita no potencial deste projeto e na importância de fomentar a cultura maker na educação, convidamos você a contribuir de algumas formas:

Aprimore o design: Sinta-se à vontade para adaptar ou expandir o projeto. Compartilhe suas modificações e ideias para que outros também possam se beneficiar.

Contribua com o desenvolvimento: considere participar com melhorias no código, no design ou em futuras propostas de aparatos.

Compartilhe sua experiência: Se construir o plano inclinado ou utilizá-lo em sala de aula, envie seu feedback, sugestões e histórias para ajudar a melhorar o projeto.

Divulgue o projeto: Mostre a iniciativa para outros educadores, alunos ou instituições que possam se interessar por essa abordagem prática e colaborativa.