

TUTORIAL PIANO MUSICAL

Danilo Di Fábio Bueno

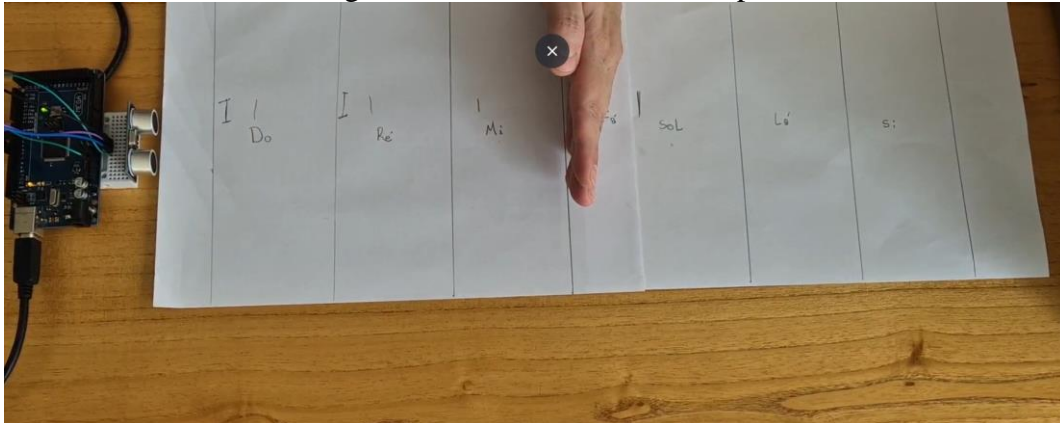
Sumário

1. Funcionamento	2
1.1. Funcionamento do sensor.....	2
2. Hardware.....	3
3. Software.....	4
3.1. Arduino®.....	4
3.2. PureData®	5

1. Funcionamento

O dispositivo funciona de maneira semelhante a um piano, contudo as notas musicais são dadas pela distância entre a mão ou algum objeto manipulado pelo usuário em relação ao sensor. A Figura 1 ilustra o dispositivo em funcionamento. Uma pequena demonstração pode ser encontrada em https://www.youtube.com/watch?v=vEcdP0ngG_8.

Figura 1 - Funcionamento do dispositivo.



A placa *Arduino*® é responsável pela aquisição e processamento dos dados do sensor ultrassom. Após a leitura da distância, o microcontrolador deve fazer uma conversão de uma escala métrica, definida pela região de operação desejada para uma escala musical, definida pelo número de notas. O resultado dessa operação é um número de zero até $n-1$, onde n representa o número de notas. Esse número é transmitido via *serial* na forma de um caractere conforme a tabela ASCII.

O *software* desenvolvido no *PureData*® lê o caractere enviado pelo microcontrolador através de uma porta *serial* (USB). Com a utilização de uma estrutura *switch*, cada caractere deverá corresponder a uma frequência específica (nota desejada). O programa também conta com uma *slidebar* virtual que permite fazer o ajuste do volume.

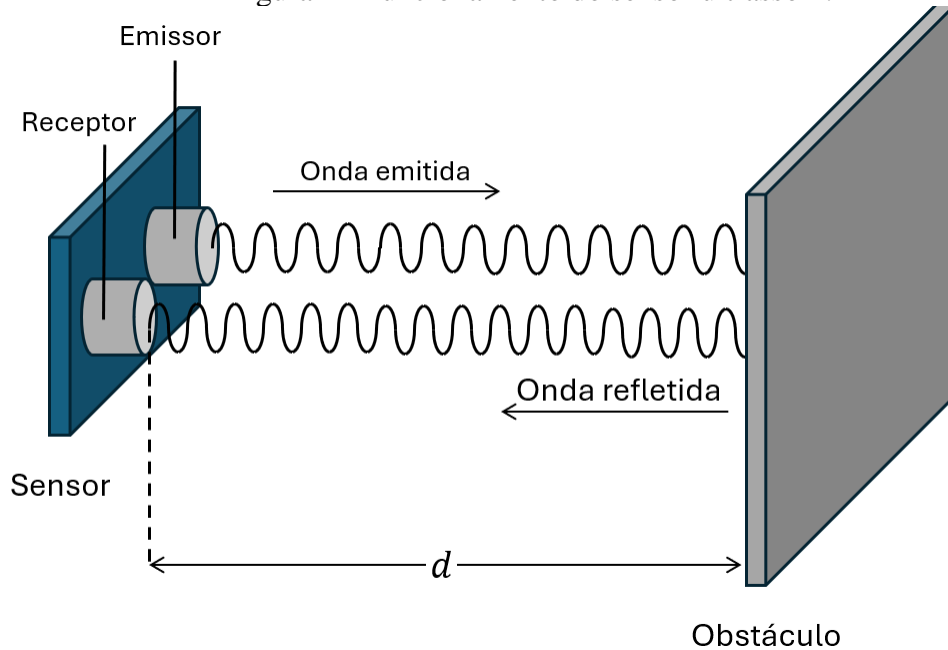
1.1. Funcionamento do sensor

O sensor utilizado é composto por dois transdutores ultrassônicos, um emissor e outro receptor. O emissor é capaz de produzir ondas sonoras da faixa de 40kHz, enquanto o receptor é capaz de receber ondas nessa mesma faixa.

As ondas sonoras são ondas mecânicas longitudinais que se propagam por compressão e rarefação no meio material. Essas ondas podem sofrer refração e reflexão ao encontrarem uma interface de transição de dois meios. No caso do sensor ultrassônico, o interesse está no fenômeno da reflexão.

Uma determinada onda sonora, ao encontrar um objeto sofre reflexão, voltando em direção ao local de sua emissão. Esse evento é muito comum em garagens, produzindo o eco. A Figura 2 exemplifica a situação de desejada.

Figura 2 - Funcionamento do sensor ultrassom.



Para essa situação, é possível determinar a distância física d entre o obstáculo e o sensor, caso se conheçam o tempo total T entre a emissão e a recepção e a velocidade v do som no meio, conforme a Equação (1).

$$d = v \cdot t_{ida} = v \cdot \frac{T}{2} \quad (1)$$

O sensor opera da seguinte forma:

- 1) Um sinal de 5V (externo) é enviado através do pino TRIG;
- 2) Ao receber esse sinal, o circuito interno do sensor excita o transmissor na faixa de 40kHz, produzindo uma onda;
- 3) Essa onda é refletida em um objeto e volta para o sensor;
- 4) O receptor é excitado, produzindo uma variação de tensão quando a onda retorna ao sensor;
- 5) A partir da variação de tensão, o circuito interno entende o retorno da onda, produzindo um sinal em nível lógico alto com o mesmo tempo de duração que o do evento completo (desde o acionamento do emissor).

De posse do tempo entre a emissão e a recepção da onda, é possível calcular a distância entre o sensor o objeto, sendo conhecida a velocidade do som no meio em questão (no caso, o próprio ar). Vide a Equação (1).

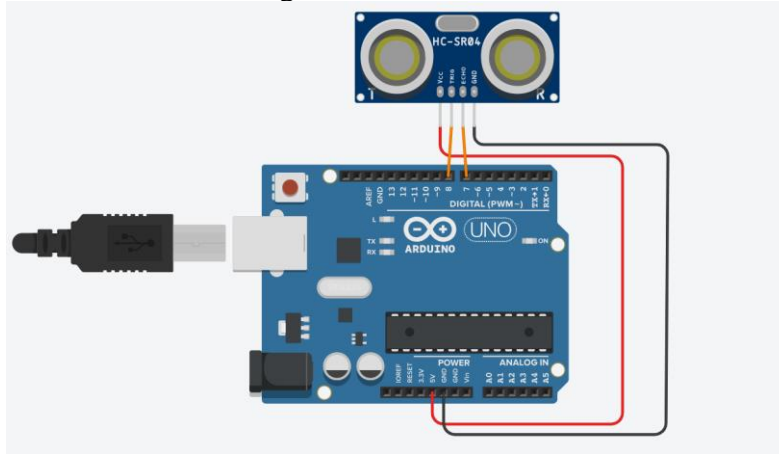
A velocidade do som no meio depende de fatores como pressão e temperatura e para a aplicação pode ser considerada constante.

Esse tipo de tecnologia encontra nicho em diversas aplicações, sendo utilizada desde sonares de navios até equipamentos médicos de ultrassonografia.

2. Hardware

O Arduino® é conectado ao computador via *USB*, enquanto o sensor é conectado conforme a Figura 3.

Figura 3 - Conexão do sensor.



Uma escala musical pode ser desenhada de forma semelhante à Figura 1, conferindo mais realismo ao instrumento. Mais adiante, são apresentados os cálculos para desenho da escala, que também pode ser personalizada.

3. Software

3.1. Arduino®

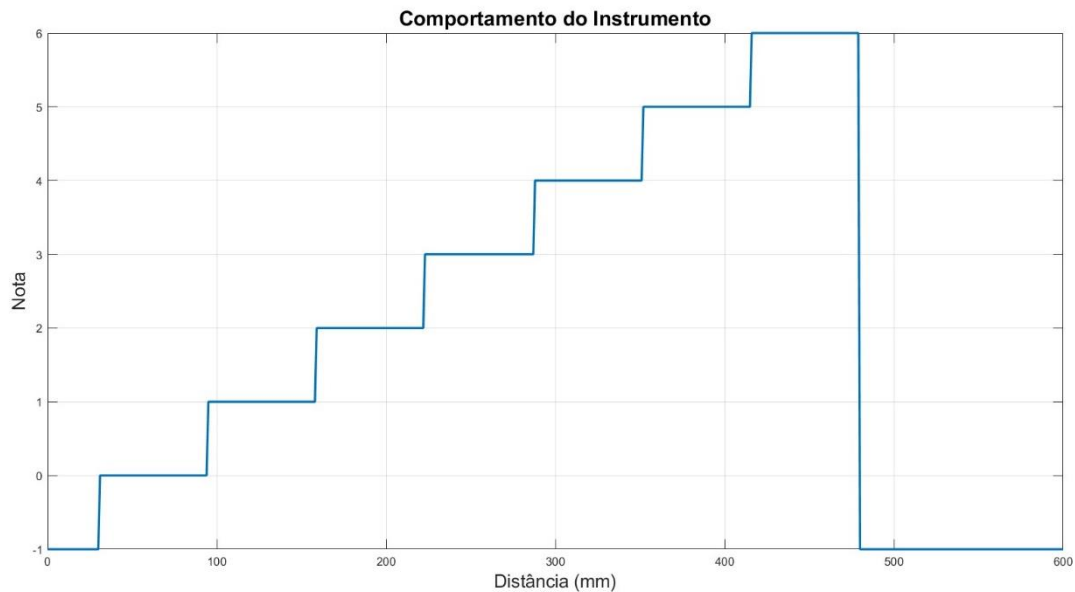
A IDE do *Arduino*® pode ser encontrada em <https://www.arduino.cc/en/software>. O Script está nesse mesmo repositório nomeado como *Piano_Musical.ino*, já devidamente comentado.

O intervalo físico entre cada nota é calculado pela Equação (2).

$$I = \frac{M-m}{n} \quad (2)$$

Onde qual *M* representa a distância máxima de operação (*MAXDIST*), *m* representa a distância mínima de operação (*MINDIST*) e *n* representa o número de notas musicais. Inicialmente, o código está configurado para operar conforme a Figura 4, com um intervalo físico de 64,3 mm entre as notas.

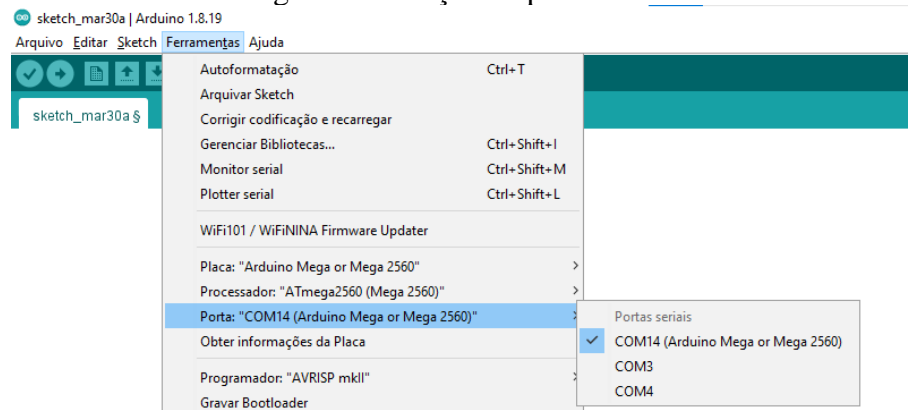
Figura 4 - Operação do instrumento.



A fim de validar o funcionamento do script, pode-se abrir o monitor serial e acompanhar os caracteres enviados. Contudo, caso se faça alguma alteração nas impressões, é necessário ter o cuidado para que na hora de comunicar com o *PureData®* o programa envie apenas um caractere não havendo nem mesmo quebra de linha (“\n”).

O script esse deverá ser gravado no microcontrolador, verifique se o a placa está selecionada corretamente, bem como número da porta COM utilizada (vide Figura 5). Esse número também será utilizado posteriormente no *PureData®*.

Figura 5 - Seleção da porta COM.



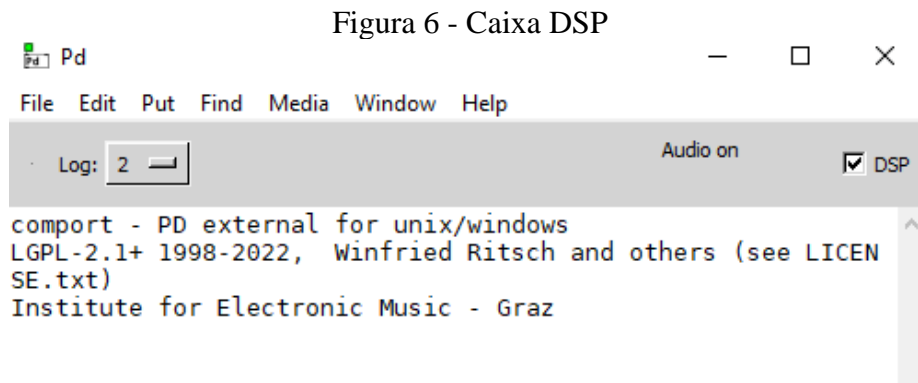
3.2. PureData®

O PureData® está disponível em <https://puredata.info/downloads>. O código pode ser encontrado no mesmo repositório nomeado como *Piano_Musical.pd*.

Em primeiro lugar, é importante notar que a comunicação Serial deverá ser realizada pela porta correspondente ao *Arduino®*. Esse passo é muito importante, portanto, certifique-se de que a COM utilizada no *PureData®* coincide com a COM do microcontrolador, caso não coincida, realize o seguinte procedimento (no *PureData®*):

- 1) Pressione cltr+e para alternar para o modo de edição;
- 2) Selecione o bloco “*open 14*”;
- 3) Altere o número 14 para o COM correspondente (exemplo: se seu Arduino® está na COM 9 altere o bloco para “*open 9*”;
- 4) Repita o mesmo procedimento para os blocos *close* e *comport*;
- 5) Pressione cltr+e novamente para sair do modo de edição;

Também vale frisar que todas as janelas seriais deverão ser fechadas. Além disso, a caixa DSP deverá ser marcada conforme Figura 6.



O caractere enviado pela placa é avaliado em uma estrutura switch, no qual cada caso corresponderá à frequência da nota desejada. A condição ‘A’(65) corresponde a uma distância medida fora da zona de operação (retirada do objeto da frente do sensor por exemplo), portanto nesse caso, a frequência será nula (ausência sonora).

Inicialmente, o programa está configurado para uma escala iniciando no DÓ central e progredindo até o SÍ. Contudo, a escala também pode ser personalizada, inclusive com mais notas ou utilizando-se de outras escalas, como a pentatônica, que confere um efeito bem divertido ao experimento,

O software também conta com uma pequena *slidebar* que permite ao usuário configurar o nível de intensidade sonora (volume). Ao executar o programa, tenha certeza de que o nível da *slidebar* não esteja no mínimo e que o áudio do seu computador esteja habilitado (Figura 7).

Figura 7 - *Slidebar*.

