

# Desenvolvimento de um Instrumento Musical Didático Baseado no Protocolo MIDI

Jefferson Gund, Alberto Yoshihiro Nakano e Felipe Dafico Walter Pfrimer

**Resumo**— Há diversos estudos que comprovam os benefícios da música para o desenvolvimento humano no âmbito emocional e social bem como o seu importante papel como terapia alternativa às doenças psicossomáticas. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um instrumento *MIDI* (*Musical Instrument Digital Interface*) focado em instrumento musical percussivo com o intuito de, no futuro, empregá-lo como instrumento didático-pedagógico para o desenvolvimento cognitivo e comportamental do ser humano. Inspirado no brinquedo conhecido como “Simon”, conhecido na década de 80 como “Genius” no Brasil, o sistema permite que sequências percussivas pré-definidas sejam apresentadas como sinais luminosos ao usuário solicitando-o que acompanhe e interaja com o instrumento musical na sequência luminosa apresentada. O sistema também permite a criação e gravação de sequências por percussionistas profissionais, armazenando-as em arquivos *MIDI*, para que sejam empregados posteriormente em aulas de percussão. Levando em consideração a praticidade, a mobilidade e a portabilidade, o controlador *MIDI* desenvolvido permite também a conexão sem fio com um computador, responsável pela sintetização dos sons.

**Palavras-Chave**— Instrumento *MIDI*, Música, Bateria Eletrônica, Aprendizado.

**Abstract**— There are several studies showing the benefits of music for human development in the emotional and social aspects as well as its important role as an alternative therapy to psychosomatic illnesses. This work presents the research and development of a didactic *MIDI* (*Musical Instrument Digital Interface*) instrument focused in percussion instruments. A wireless *MIDI* controller instrument will be implemented which will be also responsible for the communication with a computer where the sounds will be synthesized. Inspired in the toy “Simon”, a *MIDI* file decoder will be also developed. Depending on the notes read from a *MIDI* file, LEDs installed in each pad (set of drums and cymbals with sensors) will light up, showing how to play a rhythm or exercise on the drums. It is expected that with this project, a student would be instigated to study music and through it develop his psycho motor skills.

**Keywords**— *MIDI* Instrument, Music, Electronic Drums, Learning.

## I. INTRODUÇÃO

O estudo dos benefícios do aprendizado da música para o ser humano tem sido objeto de pesquisas por muitos anos. Estudos apontam que o aprendizado de música contribui para o desenvolvimento dos aspectos cognitivos, emocionais e sociais, promovendo o bem estar do indivíduo. A música também contribui para a melhoria do convívio social, ajudando na superação de problemas como violência e uso de drogas. Além

disso, tratando a música no contexto do processo de ensino-aprendizagem escolar, esta pode ser uma forte aliada para agregar conhecimento histórico-cultural, uma vez que o professor pode utilizá-la como instrumento didático-pedagógico, favorecendo o desenvolvimento cognitivo e comportamental de crianças [1].

O ensino dos fundamentos da teoria musical é de suma importância para a compreensão da escrita e estrutura da harmonia musical, seja qual for o instrumento que deseja-se estudar. Apesar de existir no mercado uma vasta diversidade de instrumentos musicais eletrônicos, o ensino de música ainda carece de tecnologias de custos acessíveis que possam auxiliar na didática. Assim sendo, o desenvolvimento de um instrumento eletrônico musical de baixo custo, provido de recursos visuais para sinalizar ao estudante como deve interagir com o instrumento, de acordo com uma partitura, seria interessante para suprir as deficiências originadas pela lacuna entre a teoria musical e a sua aplicação prática no instrumento. O instrumento percussivo escolhido para o desenvolvimento deste trabalho foi a bateria, pois exige bastante coordenação motora do estudante, visto o uso dos pés e das mãos para a execução da partitura e, dessa forma, a lacuna entre a prática do instrumento e a teoria musical pode tornar-se ainda maior.

Este trabalho é organizado da seguinte forma: Na Seção II apresenta-se o referencial teórico abordando brevemente a teoria musical, o protocolo *MIDI* e o arquivo *MIDI*. Na Seção IV, apresenta-se a descrição do sistema proposto. Na Seção V, apresenta-se o desenvolvimento do sistema englobando a parte estrutural da bateria, o módulo *MIDI* e a comunicação sem fio. Na Seção VI apresenta-se os resultados e nas Seções VII e VIII têm-se, respectivamente, as discussões e as conclusões.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

A bateria é formada por um conjunto de pratos e tambores dispostos de forma organizada com o objetivo de serem percutidos por um único baterista ou percussionista através de um par de baquetas. A Figura 1 apresenta as peças que compõe a bateria desenvolvida neste trabalho composta de *pads*, ou seja, pratos e tambores.

### A. Teoria Musical

Há diversos modelos de notações musicais utilizadas por instrumentos. A forma mais completa de representação da escrita musical é a partitura pois apresenta todas as informações necessárias para a interpretação e execução da música. Entre as informações encontradas em uma partitura estão as notas e diversos elementos performativos a serem executados por um



Fig. 1. Protótipo da bateria eletrônica, composta de pads e do módulo MIDI, finalizada.

instrumentista. Algumas destas informações estão ilustradas nas Figura 2.

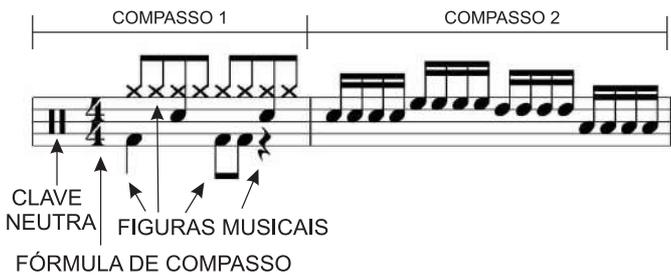


Fig. 2. Principais elementos musicais encontrados em uma partitura de bateria.

Também são encontrados em uma partitura: a fórmula de compasso, as figuras musicais e a clave. O compasso é a medida musical usada para dividir uma música em fragmentos de igual duração, podendo possuir diversos tipos de divisão, sendo as divisões representadas por indicadores, que são as fórmulas de compasso. A clave indica a posição de uma determinada nota em uma das linhas de uma partitura para que a partir desta nota seja possível deduzir a posição das demais notas. No caso da clave neutra utilizada na partitura de bateria, esta tem a função de sinalizar que a clave será utilizada para representar instrumentos de percussão de altura não determinada, como é o caso de uma bateria ou outro conjunto de percussão. A fórmula de compasso é representada pelos dois números localizados à direita da clave, que servem para indicar a maneira como o compasso será preenchido. A figura musical é um sinal gráfico que representa a duração dos sons musicais. A definição de sons musicais abrange um conceito mais amplo pois são constituídos dos seguintes elementos: a altura (relacionado à frequência sonora); a duração; a intensidade sonora e o timbre, composto de componentes de diferentes frequências. O timbre constitui-se em uma característica inerente à qualidade sonora de um instrumento. Quando dois sons

apresentam a mesma frequência fundamental, intensidade e duração, porém, diferentes intensidades de componentes de frequências harmônicas e não harmônicas, é dito que o timbre destes dois sons é diferente. Os tempos de execução das notas são representados por símbolos diferentes que denotam diferentes frações de tempo em um compasso.

A Tabela I apresenta as figuras musicais, seus nomes, símbolos e suas durações relativas de tempo. Na Tabela I também estão representados os valores equivalentes para as chamadas “pausas”, que representam o silêncio na partitura. Assim como as notas, as pausas também possuem uma representação específica e estão associadas a frações de tempo.

TABELA I

SÍMBOLOS, NOMES E DURAÇÃO RELATIVA DAS FIGURAS MUSICAIS [2].

SÍMBOLO (PAUSAS)	SÍMBOLO (NOTAS)	NOMES	FRAÇÃO DE TEMPO
—	o	Semibreve	1
—	♪	Mínima	1/2
♪	♪	Semínima	1/4
♪	♪	Colcheia	1/8
♪	♪	Semicolcheia	1/16
♪	♪	Fusa	1/32
♪	♪	Semifusa	1/64

B. Protocolo MIDI e Arquivos MIDI

O protocolo MIDI é um padrão de comunicação de dados criado em 1983 por um acordo entre diversos fabricantes de instrumentos musicais norte americanos e japoneses, para possibilitar a transferência de informações entre instrumentos musicais e computadores. O padrão MIDI usa tecnologia digital codificando eventos musicais em dados binários que são transferidos por meio de uma linha física (cabo MIDI) de um equipamento para outro [3].

Um arquivo MIDI contém codificado o equivalente a uma partitura. O código contém instruções que representam eventos musicais como soar uma nota, silenciar uma nota, tempos de duração das notas, alterar o andamento ou o tom da música e muitas outras instruções. Assim, o tamanho do arquivo MIDI tende a ser bastante reduzido em relação ao tamanho que ocuparia uma música em formato de áudio digital como, por exemplo, WMA (Windows Media Audio), WAV (Waveform Audio File Format) ou MP3 (Moving Picture Experts Group 2 (MPEG-2) Audio Layer III).

Ao receber o arquivo MIDI, o sintetizador interpreta as instruções presentes no arquivo podendo usar vários timbres de instrumentos simultaneamente e, portanto, a qualidade de reprodução dos timbres dos instrumentos codificados na partitura MIDI dependem exclusivamente do sintetizador. Uma partitura pode ser tão complexa quanto desejar o compositor, sendo que, uma série de elementos performáticos podem também ser inseridos em um arquivo MIDI.

Existem três formatos de arquivo MIDI: o formato 0, o formato 1 e o formato 2. O mais utilizado porém é o formato 1 [4]. Na Figura 3 é mostrada a estrutura de um arquivo MIDI no



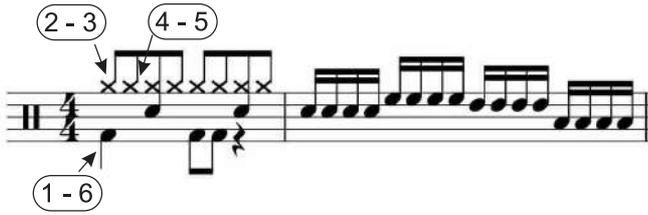


Fig. 6. Partitura de um ritmo na bateria.

no bloco 2, valor 0x42 na Tabela III, tem intensidade igual a 0x50 e duração de uma colcheia, valor 0x24 na Tabela II. No bloco 3, pode-se notar o *note off* do chimbau, dado pelo valor 0x42, a intensidade dada por 0x00 e a duração da nota dada por 0x00. Nos blocos 4 e 5 temos novamente o *note on* e o *note off* do chimbau. O bloco 1 corresponde ao *note on* do bumbo que tem o seu *note off* somente ao término das duas colcheias referentes ao chimbau, indicado no bloco 6. Como a colcheia apresenta metade do tempo da semínima, o *note off* do bumbo ocorre somente após o término do *delta time* das notas do chimbau. O quadro 7 indica o início do *note on* da caixa, que tem duração de uma semínima e tem o seu *note off* após o *note off* das duas notas do chimbau, que possuem duração de duas colcheias, tal como ocorre no caso do bumbo.

	1	7	2	3	4	5	6
Address	0	1	2	3	4	5	6
00000000	16	50	49	42	50	24	42
00000010	00	00	38	50	49	42	50
00000020	00	38	00	00	36	50	24
00000030	36	50	24	42	50	24	42
00000040	50	24	42	00	00	42	50
00000050	12	38	00	00	38	50	12
00000060	38	50	12	38	00	00	50
00000070	00	00	00	50	12	50	00
00000080	12	45	00	00	45	50	12
00000090	45	50	12	45	00	00	41
000000a0	00	00	41	50	12	41	00

Fig. 7. Arquivo MIDI utilizado para testar o decodificador de arquivos MIDI.

IV. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema desenvolvido consiste em uma bateria eletrônica composta de *pads*, do *rack* para suporte dos *pads*, do módulo MIDI e o *software* de sintetização MIDI. Uma ilustração do sistema é mostrada na Figura 8. O módulo MIDI é um controlador MIDI que pode decodificar um arquivo MIDI para a bateria ou enviar dados da bateria para um computador por meio de canal sem fio. O módulo MIDI também foi projetado para permitir a entrada de dados por um cartão SD (do inglês *secure digital card*), assim, as instruções de um arquivo MIDI podem ser lidas, decodificadas e apresentadas através de sinais luminosos nos *pads*. Adicionalmente, uma aula de percussão em formato MIDI pode ser criado com o auxílio de um computador.

V. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O desenvolvimento do sistema consistiu, conforme Figura 1, na parte estrutural de sustentação, nos *pads*, no protótipo

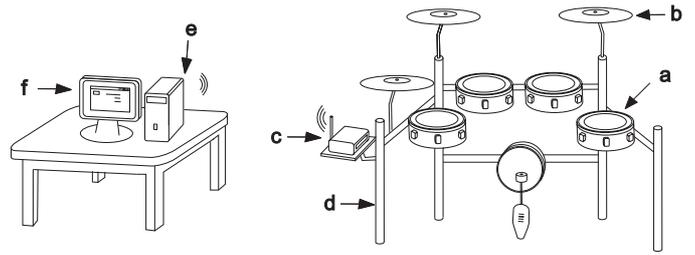


Fig. 8. Ilustração do sistema comunicando-se com um computador através de canal sem-fio. a) *pad* do tambor; b) *pad* do prato; c) módulo MIDI que se comunica com o computador; d) *rack* para montagem das peças da bateria; e) receptor coleta as instruções recebidas; e f) o computador sintetiza os sons do instrumento.

do módulo MIDI, na eletrônica contendo sensores e circuitos elétricos para chaveamento dos LEDs instalados em cada *pad*, na eletrônica contendo transceptores *wireless* no módulo MIDI e no computador e, por último, no sintetizador da bateria no computador desenvolvido em MatLab.

A. Pad de Tambor

A Figura 9 apresenta em detalhes um *pad* de tambor construído a partir de tubo de PVC recortado com altura de 14 cm onde a parte exterior da peça de PVC foi coberta por um filme adesivo com aspecto de chapa de madeira. A eletrônica contendo sensores piezoelétricos e LEDs para a sinalização foram adaptados em seu interior. A função do sensor piezoelétrico é produzir um sinal elétrico de saída por batidas na pele do tambor.



Fig. 9. Visão lateral do *pad* dos tambores.

Na Figura 9 tem-se: 1) aro empregado para fixar e tensionar a pele do tambor na peça de PVC e, ao mesmo tempo, manter a pele em contato com o sensor instalado internamente ao centro do tambor; 2) peça denominada de “caneca” usada para fixar o tambor ao *rack*; 3) casco do tambor feito em tubo de PVC; 4) peça conhecida como “canao” usada para fixar parafusos do aro; 5) borda interna feita em plástico poliestireno transparente onde estão fixados os LEDs utilizados na sinalização; 6) perfil

de alumínio utilizada para a fixação do circuito do sensor; 7) espuma de alta densidade em contato com a pele do tambor utilizada para a transferência da vibração mecânica gerada pela percussão do tambor e o sensor piezoelétrico; 8) pele do tambor.

Na Figura 10 tem-se a placa do circuito do sensor piezoelétrico presente no *pad* do tambor em detalhes. Note que o sensor é coberto com uma camada de espuma *ethyl vinyl acetat* (EVA) e sobre ela uma espuma de alta densidade é adicionada para colocar a pele do tambor em contato com o sensor conforme visto na Figura 9.

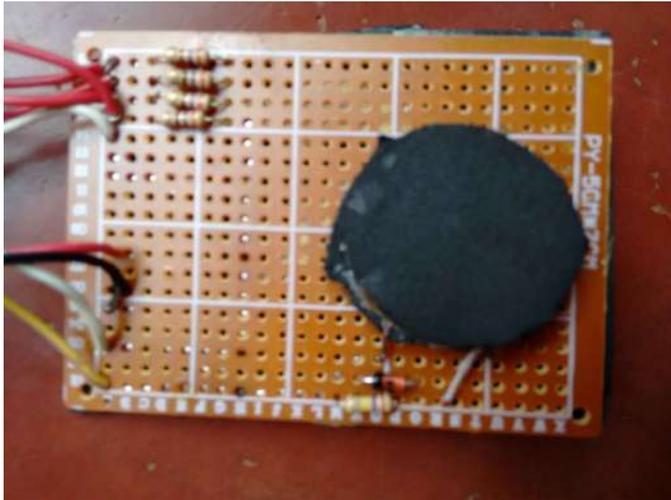


Fig. 10. Circuito do *pad* do tambor.

**B. Pad de Bumbo**

Na construção do *pad* de bumbo utilizou-se o mesmo circuito do sensor usado nos tambores. A estrutura física porém foi construída a partir de um pandeiro e uma estrutura de ferro que dá suporte ao instrumento e serve de fixação ao pedal que é utilizado para percutir a peça. Na Figura 11 pode-se observar a sua montagem e o circuito na parte interna do pandeiro.

**C. Pad de Prato**

O *pad* de prato foi criado a partir de plástico de poliestireno transparente circular de 30 cm de diâmetro prensada em molde de prato de bateria e aquecido em forno a uma temperatura de aproximadamente 100 °C , durante 20 minutos, para que o plástico tomasse forma. Na Figura 12 tem-se um *pad* do prato já confeccionado, sendo (a) parte superior do *pad* e (b) parte inferior do *pad* cujos detalhes são: 1) caixa para acomodação do circuito do *pad*; 2) prato em poliestireno; e 3) LEDs de sinalização que indicam quando a peça deve ser percutida, sendo controlados pelo módulo *MIDI*.

Na Figura 13 apresenta-se a montagem dos sensores piezoelétricos para a confecção do *pad* do prato. Como pode-se notar, sensores foram dispostos separadamente com ligação elétrica em paralelo. O objetivo de se utilizar dois sensores foi para melhorar a captação do sinal percutido em toda a superfície do prato em contato com o EVA.



Fig. 11. Vista frontal do *pad* do bumbo.

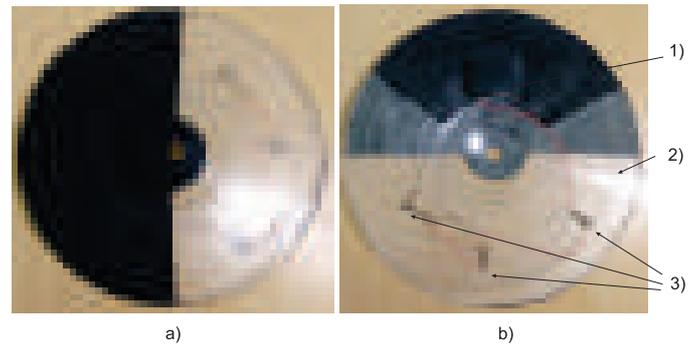


Fig. 12. *Pad* de prato: a) Vista superior. b) Vista inferior.

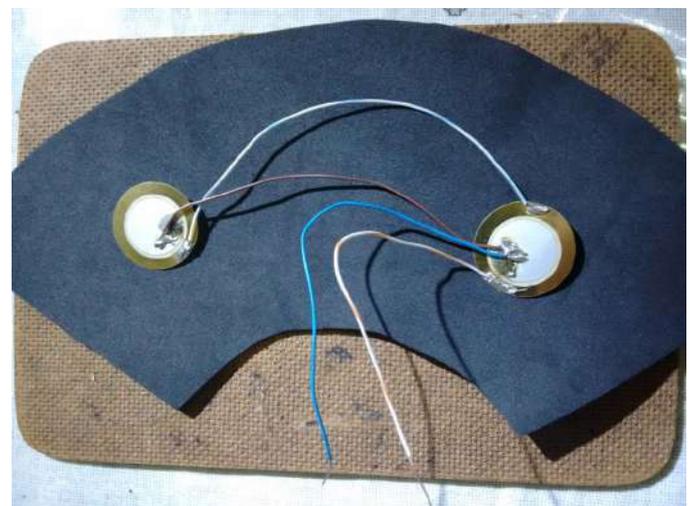


Fig. 13. Instalação dos sensores no prato.

D. Módulo MIDI

O módulo *MIDI* consiste no circuito que realiza a leitura dos sensores dos *pads*, comunica-se com um computador por meio de um transceptor *wireless* e controla o acendimento dos LEDs dos *pads* por meio da decodificação de um arquivo *MIDI* previamente gravado em um cartão SD. Nele são encontrados: um microcontrolador PIC18F4550 [5]; um transceptor *wireless* NRF24L01 [6]; um multiplexador de entradas analógicas CD54HC4051 [7]; 8 transistores do tipo PNP e 8 conectores do tipo RJ45.

A escolha do microcontrolador PIC18F4550 deve-se a sua capacidade de processamento, a quantidade de pinos digitais de entrada e saída de propósito geral (*General Purpose Input/Output* ou GPIO) e seu baixo custo atendendo assim aos requisitos do projeto. Os recursos disponíveis do microcontrolador para o desenvolvimento deste projeto foram o módulo SPI (utilizado na comunicação do microcontrolador com os módulos da antena e do módulo do cartão SD), a grande quantidade de pinos digitais (para acionamento dos LEDs, para o controle do multiplexador, para acesso aos módulos do cartão SD e acesso à antena). A Figura 14 apresenta o diagrama em blocos de comunicação dos componentes do sistema do módulo *MIDI*.

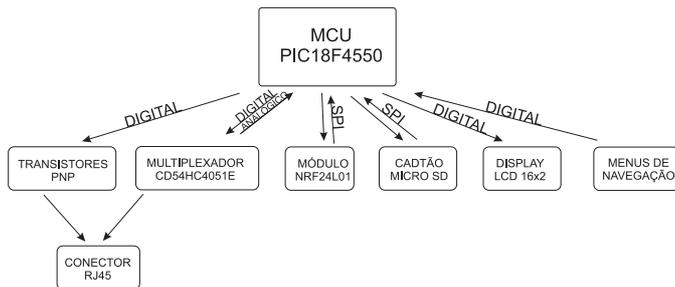


Fig. 14. Diagrama em blocos da comunicação entre os componentes do sistema do Módulo *MIDI*.

A Figura 15 apresenta a vista frontal da caixa onde foi instalado o módulo *MIDI*.



Fig. 15. Vista frontal do módulo *MIDI*.

E. Receptor Wireless

O circuito do receptor *wireless* contém um microcontrolador PIC16F877a, um módulo conversor serial-USB PL2303 e um

módulo transceptor *wireless* NRF24L01. A Figura 16 mostra o diagrama de comunicação entre os dispositivos que compõe o receptor. A função do receptor *wireless* é realizar a interface de comunicação entre o módulo *MIDI* do instrumento e o *software* do computador, que realiza a sintetização dos sons do instrumento. A Figura 17 apresenta o circuito do receptor *wireless*.

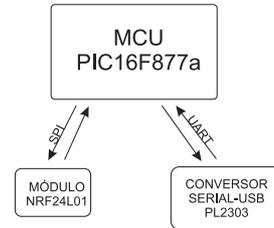


Fig. 16. Diagrama de blocos do sistema do receptor *wireless*.

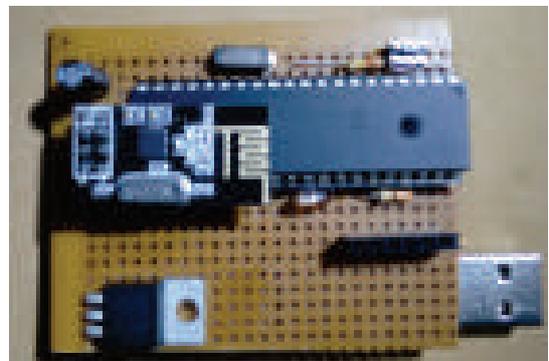


Fig. 17. Receptor *wireless*.

VI. RESULTADOS

Com a estrutura física montada e a eletrônica implementada, o projeto foi avaliado segundo as funcionalidades do módulo *MIDI*. Como decodificador *MIDI*, na execução de um arquivo *MIDI* previamente gravado em cartão SD, não houveram atrasos perceptíveis no acendimento dos LEDs dos *pads*. Na Figura 18 é mostrada uma ilustração da linha do tempo onde pode-se observar as saídas digitais geradas pelo microcontrolador para acender os LEDs dos *pads* quando executado o primeiro compasso da partitura da Figura 6.

Como controlador *MIDI*, ou seja, como instrumento musical eletrônico, obteve-se taxa de transmissão de dados de aproximadamente 60 bytes de instruções *MIDI* por segundo, resultando em baixa latência. A latência consiste no fenômeno do atraso de tempo entre o momento em que uma nota é executada por um instrumento *MIDI* e o momento em que o som desta respectiva nota é executado. Observou-se que o tempo médio de duração de um sinal elétrico gerado pelo sensor piezoelétrico, do momento em que o sensor era percutido até o momento em que o sinal gerado era estabilizado, durava em torno de 20 ms. Desta maneira, ajustando-se um tempo de interrupção do *timer* para 500  $\mu$ s, foi possível capturar os sinais de todos os *pads* quando percutidos. Por exemplo, a cada interrupção, um contador de canal é incrementado

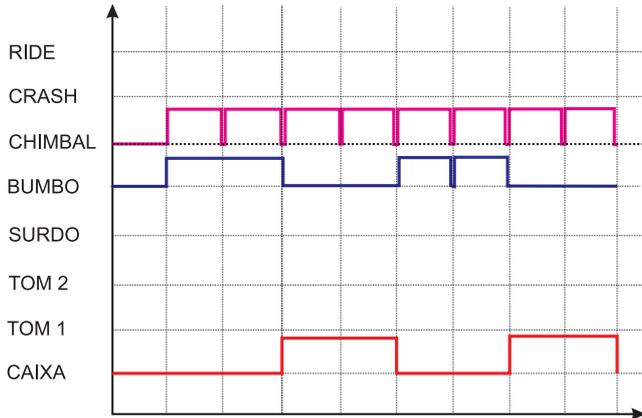


Fig. 18. Ilustração do acendimento dos LEDs.

e o sensor de um novo *pad* é lido. Quando é identificado um sinal de tensão em algum *pad* acima de um valor limiar pré estabelecido, o módulo envia uma mensagem de *note on* respectivo àquele *pad* para o computador onde os sons são sintetizados em um programa desenvolvido em MatLab.

Adicionalmente, como pode-se ver na Figura 19, o sinal captado diretamente de sensor piezoelétrico apresenta um pico de tensão acima de 20 V, dependendo da excitação mecânica aplicada. Deste modo, para limitar a tensão máxima de saída a 5 V, evitando que os circuitos integrados do multiplexador analógico ou do microcontrolador pudessem eventualmente ser danificados, o circuito da Figura 20 foi projetado e implementado. Como resultado final, pode-se notar na Figura 21 que o sinal agora é limitado a 5 V sendo compatível com o nível de tensão empregado.

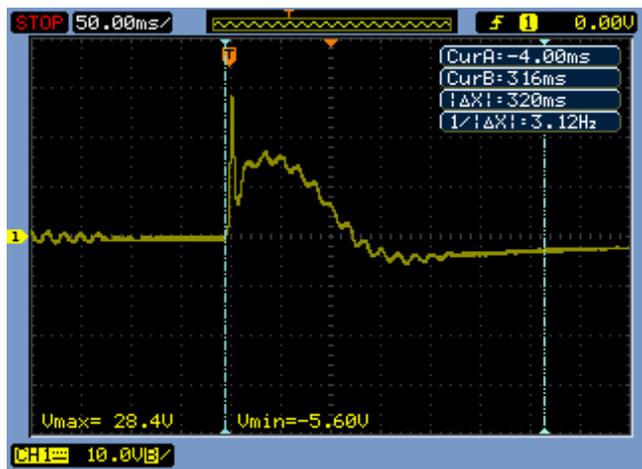


Fig. 19. Resposta do sensor piezoelétrico sem circuito de limitador.

VII. DISCUSSÕES

Com o desenvolvimento deste protótipo de instrumento *MIDI*, espera-se que o estudante de música, especialmente o estudante de bateria, possa entender mais facilmente a teoria musical e aplicá-la no instrumento. Apesar das simplificações realizadas no protocolo *MIDI* e no padrão de arquivos *MIDI*,

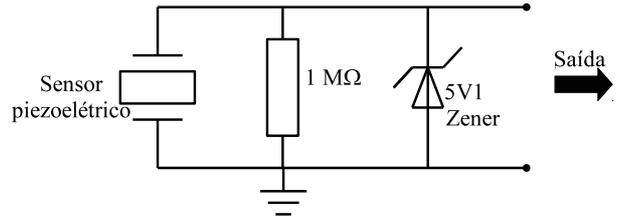


Fig. 20. Diagrama de ligação dos sensores piezoelétricos.

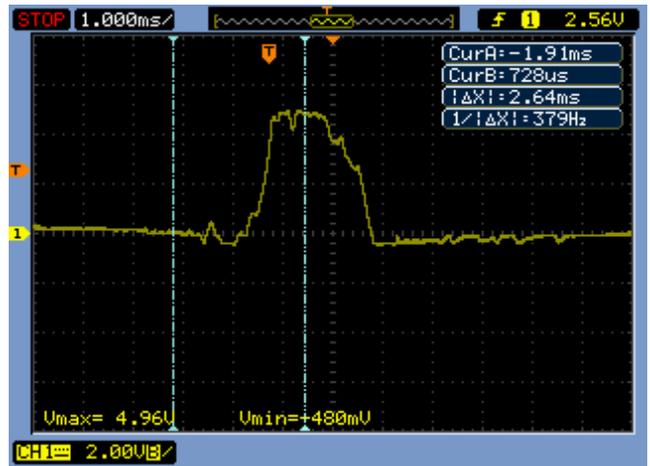


Fig. 21. Resposta do sensor piezoelétrico com circuito de limitador.

foi possível implementar um controlador *MIDI* bastante simples e um decodificador de arquivos *MIDI*, que é responsável por interpretar um arquivo *MIDI* simplificado e adaptado às necessidades deste projeto.

VIII. CONCLUSÕES E FUTUROS PROJETOS

O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de um protótipo de instrumento musical eletrônico de baixo custo para ser utilizado também como ferramenta didática de ensino. Desta maneira, um professor poderia descrever um arquivo *MIDI* em um editor de partituras um determinado ritmo ou exercício de bateria e fornecer ao aluno, que poderia então estudar a partitura e verificar a execução das notas diretamente no instrumento. Apesar das simplificações e do modelo rudimentar do instrumento, foi possível demonstrar as possibilidades da aplicação deste instrumento e do potencial da área de engenharia eletrônica no desenvolvimento de tecnologias inseridas no contexto da educação musical. Adicionalmente, neste trabalho focou-se especialmente no desenvolvimento do *firmware* e do *hardware* do protótipo. O *software* foi desenvolvido em linguagem MatLab devido as facilidades proporcionadas pela ferramenta de desenvolvimento, porém, nada impede de que futuramente seja desenvolvido outro *software* sintetizador baseado em outras linguagens e *softwares* livres.

Para projetos futuros, algumas sugestões a serem consideradas são:

- Utilização de um microcontrolador de melhor capacidade de processamento;

- Melhorar o algoritmo de tradução da leitura dos sensores para o protocolo *MIDI*;
- Compatibilizar o protocolo simplificado *MIDI* com o protocolo padrão *MIDI*;
- Criar um circuito que possibilite o ajuste de ganho individual de cada *pad*, para ajuste de sensibilidade;
- Desenvolver o *software* em uma linguagem de programação de código aberto que possibilite a sintetização dos sons com maior robustez.

## REFERÊNCIAS

- [1] C. A. M. Rodriguez and S. M. Rosin, “A importância do ensino de música para o desenvolvimento infantil,” *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia)*. Universidade Estadual de Maringá, Cianorte, pp. 1–20, 2011.
- [2] M. Costa, “Trabalho de conclusão de curso,” *Escola Politécnica de Pernambuco - Departamento de Engenharia de Computação*, 2006, Disponível em: <http://tcc.ecomp.poli.br/20061/MarceloCosta.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- [3] E. Miletto, L. Costalonga, L. Flores, E. Fritsch, M. Pimenta, and R. Vicari, “Introdução à computação musical,” *CBComp - IV Congresso Brasileiro de Computação*, p. 20, 2004, Disponível em: [http://www.inf.ufrgs.br/lcm/site\\_arquivos/textos/aula1/CMintro2.pdf](http://www.inf.ufrgs.br/lcm/site_arquivos/textos/aula1/CMintro2.pdf). Acesso em: 15 jul. 2016.
- [4] A. C. Machado, “Tradutor de arquivos MIDI para texto utilizando linguagem funcional CLEAN,” *Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Uberlândia*, 2012, Disponível em: <http://www.demac.ufu.br/andrecampos/textos/05concei.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- [5] Microchip, “28/40/44-pin, high-performance, enhanced flash, usb microcontrollers with nanowatt technology,” 2009, Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- [6] N. S. Nordic, “Ultra low power 2.4ghz rf transceiver ic,” 2008, Disponível em: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>. Acesso em: 15 jul. 2016.
- [7] T. I. TI, “High-speed cmos logic analog multiplexers/demultiplexers,” 2004, Disponível em: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26984/TI/74HC4051.html>. Acesso em: 15 jul. 2016.