



PLATAFORMA DIDÁTICA DE ENSINO: APLICAÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO E INTRODUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS INTITUIÇÕES DE ENSINO PÚBLICO E PRIVADO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3894

Eduardo Squerzzato De Oliveira - eduardo.o@unoesc.edu.br
Unoesc

Wesley Vinicius Dalpiva - wesleydalpiva@gmail.com
Universidade do Oeste de Santa Catarina

Geovani Rodrigo Scolaro - geovani.scolaro@unoesc.edu.br
Universidade do Oeste de Santa Catarina UNOESC

Resumo: *O presente artigo tem como objetivo projetar um software de aquisição, armazenamento e reprodução de sinais diversos em tempo real, bem como projetar uma placa didática que servirá como plataforma de ensino e prototipagem. Facilitando o processo de aprendizado e na introdução de tecnologias embarcadas, bem como a integralização hardware-software, centralizando as ferramentas de ensino em uma plataforma intuitiva e de fácil uso, criando assim um kit de ensino completo de baixo custo e de alta replicabilidade tornando o ensino mais acessível a todos. O kit portanto, poderá ser utilizado por diversas matérias em instituições de ensino públicas e privadas, de ensino médio à graduação nas áreas relacionadas com a tecnologia de informação.*

Palavras-chave: *Software, Hardware, Kit de Desenvolvimento*



PLATAFORMA DIDÁTICA DE ENSINO: APLICAÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO E INTRODUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

1 INTRODUÇÃO

Com a recente pandemia causada pelo COVID-19 foi possível notar a falta de um ambiente de prototipagem de baixo nível que possibilite um total controle na coleta de dados acessível para os estudantes nos semestres introdutórios de engenharia que estavam isolados em suas casas. Neste sentido, observa-se que muitos estudantes tenderam a realizar testes com placas da plataforma Arduino, que não refletem ambientes de baixo nível com total fidelidade, além de implicar no desenvolvimento de aplicações em constante fase de protótipo, não representando um produto final comercializável, implicando na dificuldade de criação de novas tecnologias que integram o *hardware* com o *software*.

Outra dificuldade que pode ser observada é na análise e processamento de sinais em tempo real fora dos laboratórios de ensino, em salas de aula e até mesmo em casa, pois o equipamento utilizado para este fim é o osciloscópio, que possui um custo elevado para aquisição, ficando disponível apenas nos laboratórios das instituições de ensino e que permitem apenas a visualização dos dados coletados. Isto impõe uma barreira de entrada muito alta para instituições de ensino que buscam introduzir a tecnologia aplicada para cursos técnicos e de ensino médio.

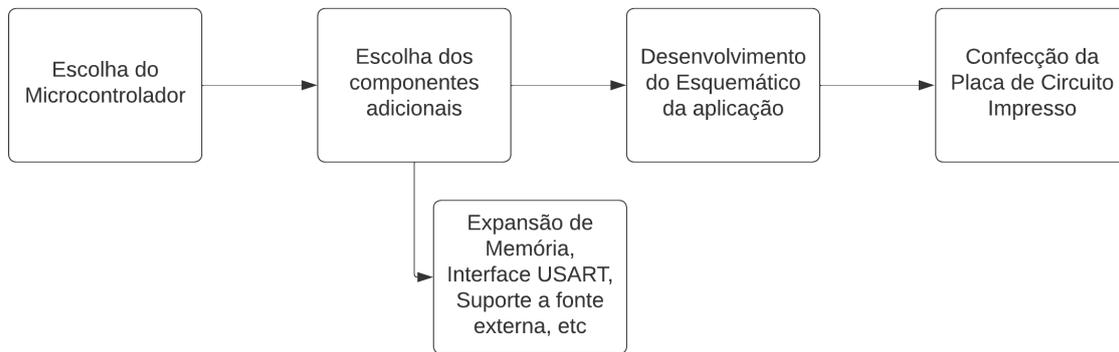
O trabalho proposto, objetiva unificar as funções de captura, armazenamento e reprodução em tempo real de sinais com uma interface simples, intuitiva e portátil podendo ser instalado em computadores e notebooks em laboratórios de ensino e nas máquinas dos próprios estudantes. Este trabalho também busca introduzir uma placa didática com *hardware* de baixo nível, que visa facilitar e suavizar a transição do protótipo para aplicação real com maior aproveitamento das primeiras ideias, fazendo com que o estudante se preocupe apenas com aprimoramentos, ao invés de re-projetar todo o funcionamento da aplicação.

Esta plataforma didática facilitará o desenvolvimento de aplicações com integração de *software-hardware*, tendo como sua principal vantagem o fácil acesso, permitindo a sua aplicação nas mais diversas áreas, indo da pesquisa e desenvolvimento ao ensino de tecnologias aplicadas à engenharia.

2 METODOLOGIA

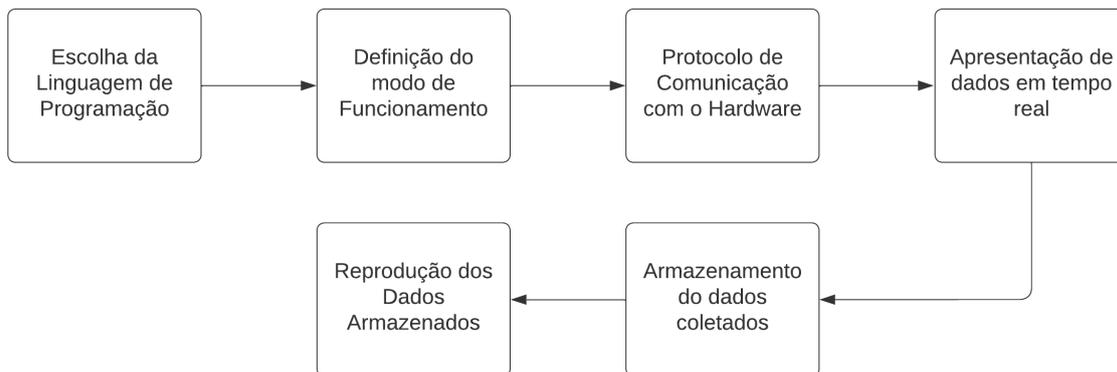
O desenvolvimento das aplicações propostas neste trabalho podem ser observadas através das Figuras 1 e 2 as quais indicam como foram elencados os requisitos funcionais dos protótipos, bem como as etapas de desenvolvimento.

Figura 1 - Fluxograma de desenvolvimento da placa didática



Fonte: Elaboração dos autores

Figura 2 - Fluxograma de desenvolvimento do sistema computacional



Fonte: Elaboração dos autores

Devido à natureza introdutória à engenharia destes protótipos, pode-se observar que a placa didática propõe-se em ser um objeto de estudo que acolhe estudantes que estão iniciando sua jornada, ao mesmo tempo em que se comporta como ambiente de prototipagem robusto para o desenvolvimento com estudantes mais experientes.

Já o sistema computacional propõe-se como um ambiente de monitoramento de sinais analógicos, para os momentos dos quais os estudantes não possuem acesso aos laboratórios institucionais.

2.1 Microcontrolador

A família PIC de microcontroladores fabricados pela Microchip podem ser encontrados em 8, 16 e 32 *bits*, com arquitetura Harvard e com conjunto de instruções RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Possuem memória *flash*, memória EEPROM, conversores analógicos-digitais integrados, interrupções e interfaces de comunicação. Para este projeto o microcontrolador escolhido para compor a placa didática foi o PIC16F877A.

Este microcontrolador de 8 *bits* apresenta boas características ao ser aplicado como material de ensino, pois alia a simplicidade de uma arquitetura de entrada com uma ampla variedade de ferramentas computacionais que proporcionam grande liberdade ao usuário durante o processo de criação de novas tecnologias. Apresenta benefícios como recurso didático, pois oferece uma arquitetura simples e funcional para prototipagem e também para a implementação de um produto final.

2.2 Comunicação Serial

A família FTDI23x produzida pela FTDI Chip, compõem dispositivos de comunicação USB de tipo C/PD 3.0 de alta velocidade capazes de alimentar o sistema microcontrolado com energia vinda da porta USB. São capazes de disponibilizar um canal de comunicação independente utilizando protocolos de comunicação USART e FIFO.

Para prover energia ao sistema e realizar a comunicação do *hardware* microcontrolado com os computadores o chip FT232 foi utilizado, pois possui um limite alto de *baudrate* de até 12 *Mbytes* por segundo (FTDI, 2022). Esta janela de operação garante confiabilidade para utilizar esta peça de *hardware* como meio de comunicação e para o trabalho proposto a velocidade de transferência foi programada em 1152000 bps (*bits* por segundo) utilizando a interface USART.

A comunicação do *software* desenvolvido com a placa didática utiliza a interface USART e pode ser feita através da comunicação USB ou por Bluetooth de acordo com o *hardware* embarcado. Para este trabalho a comunicação USB foi adotada com a utilização da FTDI232. Como esta comunicação acontece de modo assíncrono, ou seja, com apenas uma das partes controlando o sistema, é necessário garantir a integridade dos dados, verificadores de pacotes foram adotados na aplicação embarcada para o empacotamento e envio dos dados. Estes que são processados apenas com a verificação e validação prévia realizada pelo *software*, com isso pode-se garantir maior confiança nos dados recebidos.

Este protocolo, garante a segurança e integridade dos dados para que possa ser utilizado em aplicações mais complexas como por exemplo em sistemas médicos.

Devido ao amplo uso da comunicação USART, receber dados desta forma traz uma grande vantagem em atender diversos tipos de dispositivos, desde aplicações mais simples como a introdução e ensino do funcionamento de Microcontroladores, até aplicações mais complexas que podem utilizar o *software* como membro ativo do monitoramento de dados.

2.3 Expansão da memória

Para proporcionar ao usuário mais liberdade para a programação do microcontrolador, uma memória EEPROM externa foi adicionada a placa didática. A peça de *hardware* escolhida para fazer esta expansão foi a memória EEPROM ST24C16 produzida pela STMicroelectronics, que proporciona ao PIC16F877A uma expansão de 16 *Kbits*, retenção de dados de até 40 anos STMicroelectronics (2022, acesso: 21, ABR).

2.4 Linguagem de programação

Diversas linguagens de programação estão disponíveis para a utilização na criação de aplicações, diante destas vastas possibilidades, uma deveria ser escolhida e consequentemente aplicada para a codificação do *software*.

Para o trabalho proposto, a linguagem escolhida foi a C++, que como pontuado por Stroustrup (1986) em "An overview of C++", C++ é uma linguagem de programação eficiente, trazendo consigo as funcionalidades da linguagem C que fazem um intermédio ao baixo nível de programação (sendo mais próximo à linguagem de máquina) e ao alto nível de programação (sendo mais próximo à linguagem humana), além de acrescentar características de programação orientada a objetos que é comum em códigos desenvolvidos que possuem ênfase em partes gráficas.

Já o ambiente utilizado para a programação foi o RAD Studio que possui licença gratuita para estudantes, possui suporte à programação em 32 *bits* que deixa a aplicação mais leve e portátil e possui integração de codificação e manipulação dos componentes gráficos.

2.5 Construção da placa didática

Para cumprir seu propósito educacional a placa didática utiliza componentes simples e facilmente encontrados, esta estrutura permite que o estudante possa confeccionar a sua própria placa. Em sua construção foram utilizados os componentes eletrônicos citados nos itens anteriores. Compondo a estrutura desta placa são disponibilizados ainda dois botões e dois LEDs, permitindo que o estudante tenha mais estas opções de interação com o sistema. Foram adicionados também barramentos que fornecem energia a componentes externos, bem como uma pequena área isolada na estrutura da placa que simula as conexões de uma *proto-board*, para que o estudante possa desenvolver protótipos como material de estudo e/ou expressar sua criatividade em projetos pessoais sem a necessidade de estar nos ambientes institucionais.

O cristal de oscilação escolhido apresenta uma frequência de oscilação de 18.432 MHz, gerando ciclos de máquina constantes, necessários para o funcionamento de todo o sistema. O esquemático contendo as ligações dos componentes eletrônicos da placa didática poder ser visualizado através da Figura 3.

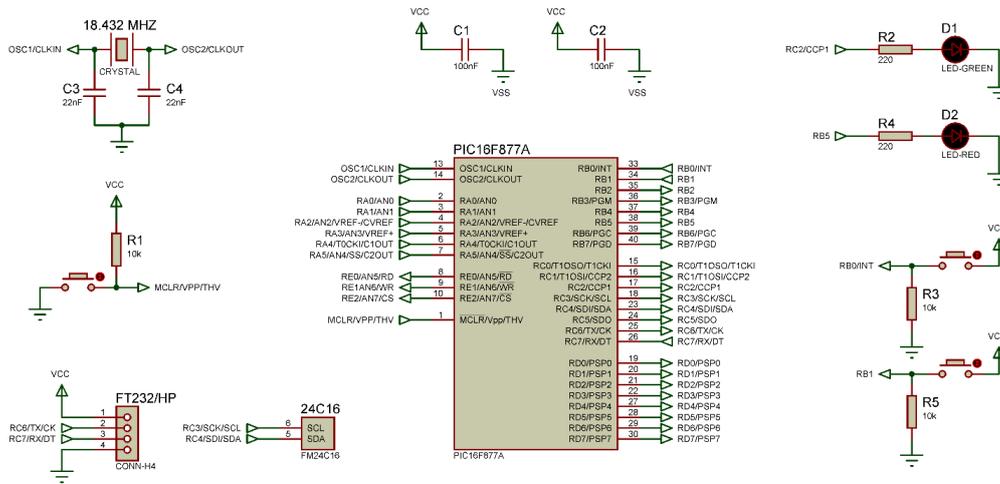
A estrutura da placa didática montada com todos os componentes eletrônicos previstos poder ser visualizada através da Figura 4.

2.6 Envio, recepção e processamento de dados

O envio e a captura de dados foram limitados a uma frequência de 500 Hz, permitindo a captura de sinais contendo frequências até 250 Hz.

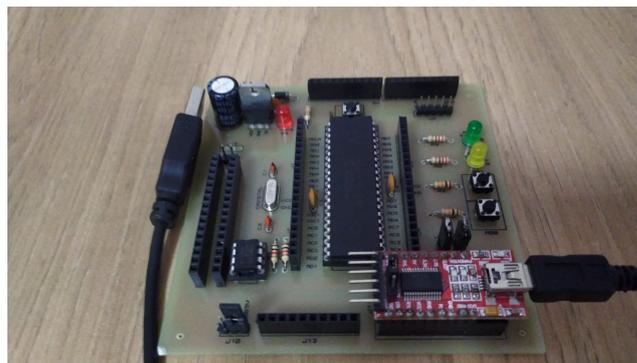
O microcontrolador envia pacotes de dados contendo dezesseis *bytes* em sua estrutura, sendo doze *bytes* com os dados das amostras de sinais e quatro *bytes* de verificadores de integridade constantes, dois no início e dois no final deste pacote.

Figura 3 - Esquemático responsável pelo funcionamento do PIC16F877A



Fonte: Elaboração dos autores

Figura 4 - Placa Didática



Fonte: Elaboração dos autores

Outros microcontroladores modelos podem ser utilizados para interação com o *software* desenvolvido, contanto que respeitem o protocolo de montagem do *buffer* descrito anteriormente.

Logo após a recepção de dados, os dois primeiros *bytes* são analisados e devem corresponder aos enviados pelo microcontrolador. Deste modo, esperando por dados constantes no início do processamento, uma análise prévia pode ser feita. Caso os dados correspondam aos enviados, o conteúdo inteiro subsequente do *buffer* é processado. Caso contrário, o *software* busca por oportunidades de adequação, observando se a falha ocorreu durante a captura dos dados do barramento. Se este for o caso, o ponteiro do *buffer* é redirecionado para as próximas posições, se os verificadores estiverem em outra posição válida, os *bytes* subsequentes são processados. Assim pode-se garantir que todas as amostras foram processadas.

2.7 Condicionamento da medição dos sinais

Sinais são grandezas analógicas ou digitais de acordo com Zanco (2008) uma variação analógica pode ser definida como uma variação contínua em relação ao tempo. Isso significa que para ir de um valor a outro de intensidade, a grandeza terá de passar por todos os pontos intermediários de intensidade entre os valores inicial e final.

No caso do sinal digital, seu valor em binário é o que lhe caracteriza, sendo assim, o sinal analógico deve passar por uma transformação, que é feita por um conversor analógico-digital presente no dispositivo microcontrolado.

O microcontrolador PIC16F877A conta com 8 canais Analógicos-Digitais (A/D) com resolução de 10 *bits*, capaz de converter grandezas analógicas em tensão, em valores equivalentes digitais. Utilizando uma tensão máxima de 5V, pode-se calcular a tensão para cada bit utilizando a Equação 1. onde V_u , é o equivalente ao valor de uma unidade digital, em V_{ref} é o valor de referência do sistema e 2^n é o valor da resolução em *bits* do conversor A/D.

$$V_u = \frac{V_{ref}}{2^n} = \frac{5V}{1024} = 0,00487585V \quad (1)$$

O *software* da plataforma didática é capaz de processar apenas sinais digitais enviados pelo microcontrolador. Para cada amostra capturada de um canal analógico do microcontrolador, o conversor A/D gera dois *bytes* contendo os 10 *bits* de informação. Sendo assim, a monitoração de seis canais do sistema gera doze *bytes*. Os dois *bytes* de informação de cada canal são transformados em valores inteiros, para logo em seguida serem convertidos novamente em valores de tensão, dando a característica de números reais para a amostra, podendo ser processada posteriormente.

2.8 Armazenamento dos dados processados

Devido à natureza de alguns projetos, como a implementação de inteligência artificial em sistemas embarcados, o usuário pode desejar ter os dados processados salvos para análise e/ou manipulação futura.

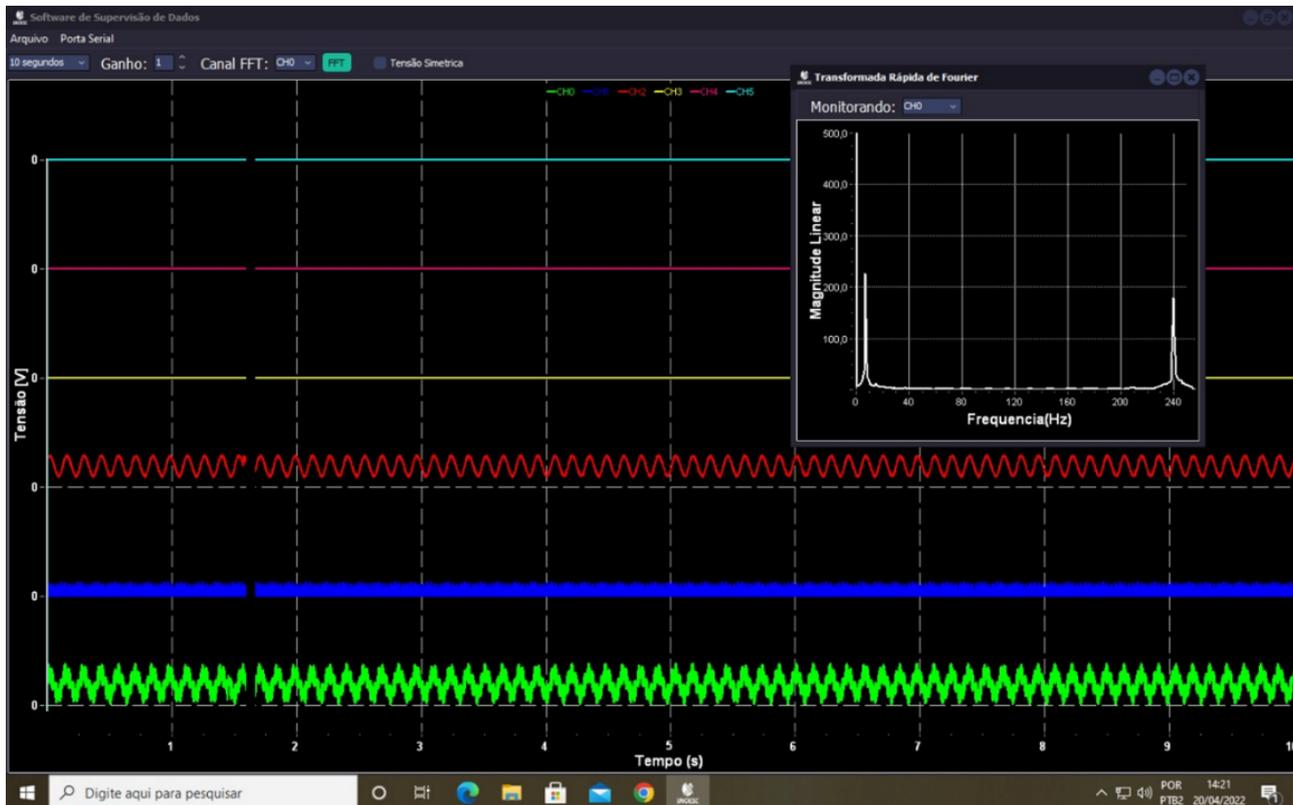
Dessa forma, após o processamento dos dados estes são salvos automaticamente na pasta de origem do sistema computacional no formato de arquivos de texto ".txt", garantindo liberdade ao usuário para manipulá-los da forma que lhe for mais conveniente. Os dados salvos incluem uma cópia separada de cada canal com os valores já convertidos em seus equivalentes em tensão e uma cópia com todos os canais juntos sem tratamento, representando o que foi recebido pela comunicação USART.

2.9 Reprodução dos sinais em tempo real

Buscando a familiaridade com o osciloscópio, o *software* da plataforma didática busca replicar seus aspectos visuais.

Assim que os dados são salvos, os mesmos são enviados à parte gráfica do sistema, a qual o estudante poderá acompanhar o que está ocorrendo em seu sistema microcontrolado. A tela do *software* contendo sua estrutura e funcionalidades pode ser visualizada através da Figura 5.

Figura 5 - Captura de tela do sistema em funcionamento



Fonte: Elaboração dos autores

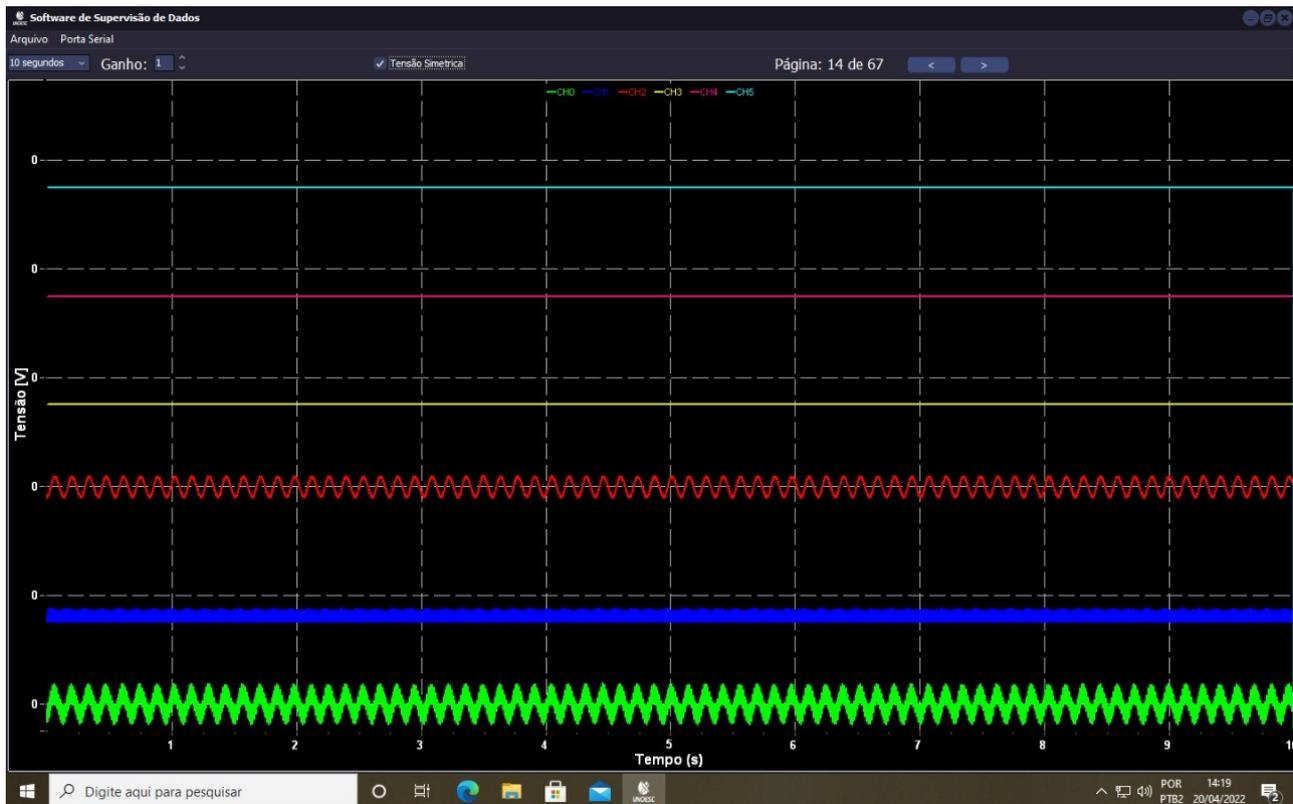
2.10 Recuperação dos dados armazenados

O *software* é capaz de recuperar os dados que por ele foram salvos e apresentá-los novamente na tela, para que possam ser visualizados e analisados posteriormente. Esta área da ferramenta permite que o usuário apresente os dados graficamente de forma fácil para a manipulação de acordo com a necessidade. A Figura 6 apresenta a tela com um sinal recuperado de um arquivo gerado pelo sistema.

O recurso da Transformada Discreta de Fourier não fica disponível no modo de recuperação de dados, uma vez que a adequação dos sinais não é feita para este formato neste ato de recuperação.

Como a tela do sistema fica limitada a mostrar a até 10 segundos de sinal, o estudante é capaz de navegar pelo arquivo mostrando assim as demais amostras que possam ter sido geradas em momentos que não abrangem a janela disponível no *software*.

Figura 6 - Visualização do modo de recuperação de dados



Fonte: Elaboração dos autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando a validação da placa didática e do *software* de captura, armazenamento, e reprodução de sinais em tempo real, um teste foi conduzido com o uso integrado de ambos.

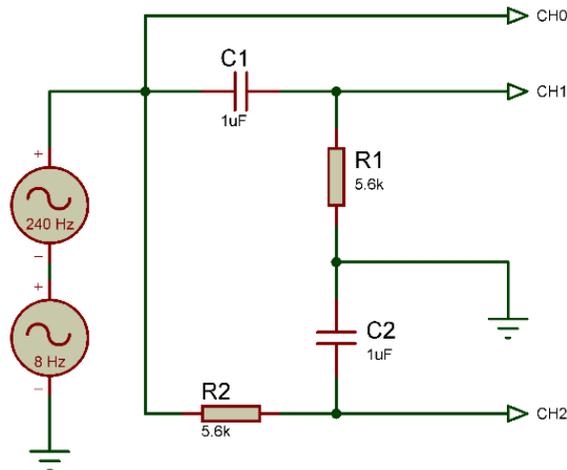
Um sinal composto por duas senoides foi gerado através de dois geradores de função. Este sinal analógico foi injetado nos canais analógicos da placa didática de três formas: em sua forma original, filtrado de modo que apenas as baixas frequências sejam notáveis e filtrado de modo que apenas as altas frequências sejam notáveis.

O sinal de teste originalmente é composto por duas frequências de 8 Hz e 240 Hz, este sendo atribuído ao canal 0 (CH0) do conversor AD da placa didática. O segundo sinal é o sinal resultante do filtro passa-altas que evidencia apenas o sinal com frequência de 240 Hz, o qual foi atribuído ao canal 1 (CH1). O terceiro sinal é o sinal resultante do filtro passa-baixas que evidencia apenas o sinal com frequência de 8 Hz, o qual foi atribuído ao canal 2 (CH2). Foram utilizados filtros passivos de primeira ordem compostos por um resistor R de 5,6K e um capacitor C de 1 μ F cada, com frequências de corte F_c definidas em 28,43 Hz de acordo com a Equação 2:

$$F_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 5600 \cdot 0,000001} = 28,43Hz \quad (2)$$

A estrutura de testes montada para a validação do sistema é apresentada na Figura 7. Nela pode-se observar dois geradores de função e os dois filtros implementados para os testes.

Figura 7 - Esquemático contendo os geradores de função e filtros passa-baixas e passa-altas



Fonte: Elaboração dos autores

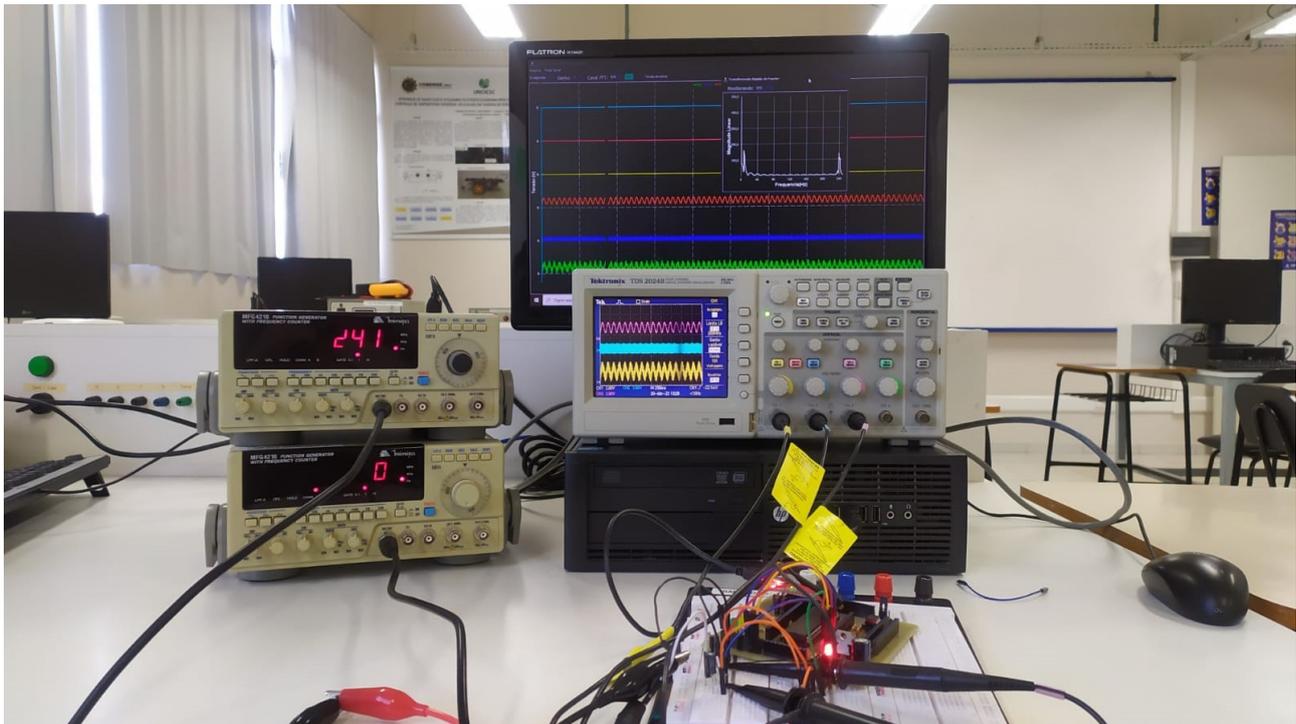
Seguindo a cadeia, após a conversão dos sinais pela placa didática, o sinal é enviado pela porta serial da placa didática até o sistema computacional, que recebe, verifica e grava os dados. Após a gravação os dados são enviados para o gráfico para o acompanhamento em tempo real, como apresentado anteriormente na Figura 5. É possível notar que a resposta em frequência da Transformada Discreta de Fourier condiz com os valores esperados.

Pode-se observar na figura 8, o funcionamento de todo kit de ensino, com a placa didática convertendo os sinais recebidos dos filtros e gerador de função, enviando estes sinais em forma de dados para o computador, que os armazena e apresenta graficamente o resultado em tempo real.

Como exemplo de aplicações reais mais complexas em que os alunos podem utilizar do kit de desenvolvimento, pode-se citar o monitoramento de sensores de temperatura analógicos através dos canais Analógicos/Digitais da placa didática, recebendo em tensão e convertendo-a em uma grandeza digital com isso se torna possível fazer o controle térmico de uma estufa onde se faz necessário manter uma temperatura constante. Para isso pode ser acrescentado ventiladores com controle de PWM (*Pulse Width Modulation*) e aquecedores para estabilizar a temperatura.

Para aplicações multidisciplinares, pode-se citar o trabalho em conjunto entre as engenharias de computação e mecânica realizando o monitoramento de acelerômetros acoplados em eixo de motores. As leituras do acelerômetro podem ser observadas em tempo real com o auxílio da transformada rápida de Fourier, a qual pode esboçar aos alunos a diferença do comportamento entre motor quando este está em condições normais de funcionamento e quando este possui avarias, como estando desbalanceado. Este kit

Figura 8 - Funcionamento do sistema completo comparando-o com o osciloscópio



Fonte: Elaboração dos autores

mostra-se especialmente útil neste exemplo, ao imaginar cenários em que os alunos podem realizar estes testes em campo, utilizando um notebook como fonte de alimentação para a placa didática e com o *software* nele instalado.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a implementação de uma plataforma didática para ensino, composta por uma placa didática microcontrolada e um *software* para captura, armazenamento e reprodução em tempo real de sinais.

Pode-se verificar o modo em que, tanto a placa didática, quanto o sistema de captura se comportaram na realização dos testes, pode-se observar que ambos cumprem com seu propósito de deixar a introdução no ensino de engenharias como a de computação, por exemplo, mais acessível e simplificado. Os dados obtidos no final da operação se comportaram como esperado, indicando que este conjunto *hardware-software* pode se tornar um kit para introdução de tecnologias de integração a instituições de ensino, podendo abranger estudantes do ensino médio, técnico e superior.

Ressalta-se que a placa didática não possui formas de condicionamento de sinais para as entradas analógicas, sendo assim para aplicações de maior complexidade este ponto deve ser levado em conta. O *software* não representa uma substituição completa do osciloscópio devido a limitação na frequência de amostragem. No entanto, se mostra capaz de atender todos os requisitos didáticos para o monitoramento e apresentação de dados

em tempo real, com gráficos responsivos, opções de ganho de sinal e como ferramenta de processamento.

A placa didática ainda possui potencial não explorado neste trabalho, pois a mesma pode operar normalmente sem a necessidade do *software*, dando ainda mais liberdade ao aluno e professor explorá-la em diferentes atividades e diferentes componentes curriculares correlacionado-os com a engenharia.

Este kit didático reúne tudo o que o estudante de engenharia pode querer para adentrar o mundo de sistemas embarcados e integração *software-hardware*, sendo capaz de simplificar o aprendizado em ambas as áreas, com ferramentas acessíveis e centradas em um local realizando experimentos não somente em laboratórios de ensino, mas também em seus respectivos lares. Além de dar a oportunidade de transferir facilmente a aplicação criada neste sistema para outro microcontrolador mais robusto ou mais simples, de acordo com sua necessidade.

Referências

FTDI. *FT233HP/FT232HP Datasheet*. 2022.

https://ftdichip.com/wp-content/uploads/2021/11/DS_FT233HP.pdf.

STMICROELECTRONICS. *24C16, 25C16, 25W16. 16Kbit Serial I2C EEPROM with User-Defined Block Write Protection Datasheet*. 2022.

<https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/23725/STMICROELECTRONICS/24C16.html>.

STROUSTRUP, B. *An overview of c++*. AT&T Bell Laboratories, Nova Jersey, 1986.

ZANCO, W. da S. *Microcontroladores PIC: Técnicas de software e hardware para projetos de circuitos eletrônicos: com base no PIC16F877A*. São Paulo: [s.n.], 2008. 390 p.

TEACHING BOARD AND SOFTWARE FOR REAL-TIME ACQUISITION AND REPRODUCTION OF SIGNALS: APPLICATIONS FOR DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES

Abstract: This work describes the design of a computational system composed of a software for acquisition, storage and visualization of signals in real time, as well as, a microcontrolled device for acquisition of different types of signals. The objective of this computational system is to provide all the necessary support for teaching how to integrate hardware and software and build embedded applications, centralizing teaching tools in an intuitive and easy-to-use platform. Thus, creating a low-cost, high replicability, making education more accessible to all. The kit, therefore, can be used by several subjects in engineering educational institutions, from high school to undergraduate courses related to information technology areas.

Keywords: Hardware, Software, Development kit, Software-Hardware Integration