



## CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE REPROGRAMÁVEL DE EFEITO TREMOLO PARA GUITARRA ELÉTRICA

Gabriel Silva Ferreira; Frederico Duarte Fagundes  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)

**Resumo** - O processamento digital de sinais de uma unidade digital de efeitos para instrumentos musicais tem se aprimorado ao longo do tempo, tornando possível a obtenção de resultados sonoros com qualidade. Em vista deste cenário, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma unidade de efeito de tremolo para guitarra elétrica, reprogramável, utilizando sistema microcontrolado. Para a execução desta proposta, algumas etapas metodológicas foram contempladas, quais sejam: (i) estudo teórico sobre: efeitos de áudio; os conceitos da conversão analógica-digital e digital-analógica de sinais elétricos; o detalhamento de processamento de sinais; e as plataformas microcontroladoras que tenham *hardwares* suficientemente eficientes; (ii) após estudo sobre as plataformas microcontroladoras, foi escolhida a ESP32 DevKit v1 e os demais componentes eletrônicos utilizados que atenderam aos objetivos desse trabalho. Após essa escolha, passou-se à realização da programação proposta, utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado Arduino IDE e a linguagem de programação C; (iii) criação do protótipo de uma unidade digital de efeito para guitarra elétrica; (iv) testagem e verificação da qualidade do sinal, antes e após processamento digital realizado pela plataforma microcontroladora. Após realização dos testes, foi validado a capacidade do microcontrolador ESP32 de realizar processamento de áudio em tempo real e em alta frequência.

**Palavras-Chave** - Frequência. Guitarra. Microcontrolador. Processamento de sinais. Sonorização.

### CONSTRUCTION OF A REPROGRAMMABLE TREMOLO EFFECT UNIT FOR ELECTRIC GUITAR

**Abstract** - The digital signal processing of an effects digital unit for musical instruments has improved over time, making it possible to attain quality sound results. Given this scenario, the present work aimed to develop a re-programmable tremolo effect unit for electric guitar, using a micro-controlled system. For the execution of this proposal, some methodological steps were considered, namely: (i) theoretical study on: audio effects; the concepts of analog-digital and digital-analog conversion of electrical signals; the detailing of signals processing; and

microcontroller platforms that have sufficiently efficient and cost-effective hardware; (ii) after studying the microcontroller platforms, ESP32 DevKit v1 was chosen and the other electronic components used that met the objectives of this work. After this choice, it carried out the proposed programming, using the Arduino IDE integrated development environment and the C programming language; (iii) creation of a prototype of an effect digital unit for electric guitar; (iv) testing and verification of signal quality, before and after digital processing performed by the microcontroller platform. After carrying out the tests, the ability of the ESP32 microcontroller to perform real-time and high-frequency audio processing was validated.

**Keywords** - Frequency. Guitar. Microcontroller. Signal processing. Sound reinforcement.

### I. INTRODUÇÃO

O processamento de sinais lida com a representação de informações e a transformação e a manipulação de dados contidos nos sinais. Dessa forma, é possível, através do processamento de sinais, combiná-los por meio de operações matemáticas, separá-los em um conjunto de sinais que foram anteriormente combinados, amplificá-los, entre outras operações [1].

As técnicas de processamento de sinais têm sido muito utilizadas nas mais diversas aplicações. Segundo [1, p. 1], “algoritmos e hardwares de processamento de sinais são prevalentes em uma grande variedade de sistemas, desde sistemas militares altamente especializados e aplicações industriais até sistemas eletrônicos de baixo custo e alto volume de produção voltados ao consumidor”. Ante a essa diversidade de emprego, esse processamento pode ser realizado de forma analógica ou digital. O processamento analógico é executado por meio de sistemas analógicos implementados por circuitos eletrônicos ou dispositivos mecânicos. O processamento digital é efetivado para sinais digitais por meio de algoritmos computacionais.

Quantidades e variáveis mensuradas e controladas, oriundas do mundo real, são em grande parte analógicas. Os sinais digitais são obtidos através da digitalização dos sinais analógicos. O processamento digital de sinais é predominante em diversos sistemas. Isso porque as evoluções dos

controladores digitais, dos conversores de sinais e das técnicas de processamento de sinais digitais proporcionaram o desenvolvimento de sistemas digitais altamente eficientes e mais flexíveis se comparados aos sistemas analógicos [2]. Diante disso, no ramo de unidades de efeitos para guitarras elétricas, o processamento de sinais digitais tem sido amplamente utilizado para criar timbres variados e adicionar efeitos sonoros. Entre as unidades de efeitos para guitarra elétrica mais empregadas na atualidade estão os pedais de efeitos e as pedaleiras.

Os pedais de efeitos para guitarra elétrica podem ser implementados tanto por sistemas analógicos quanto por sistemas digitais e contêm, normalmente, a configuração de apenas um efeito de áudio. Devido à limitação no número de efeitos contidos nos pedais de efeitos, é necessário, diversas vezes, criar conjuntos de vários pedais para obter o som desejado. Por outro lado, as pedaleiras são unidades digitais multiefeitos para guitarra elétrica que contêm diversas opções de controle de timbres e efeitos de áudio. As pedaleiras oferecem a possibilidade de utilização simultânea de diferentes efeitos sonoros, tornando o sistema de unidade digital multiefeitos um sistema mais compacto e portátil, se comparado aos sistemas que utilizam conjuntos de pedais de efeitos analógicos. Atualmente, as pedaleiras de alto custo possibilitam ainda a simulação de diversos modelos de amplificadores para guitarra elétrica e interface de áudio integrada. Em contrapartida, as unidades digitais multiefeitos mais básicas possuem menos recursos disponíveis e menor qualidade do sinal processado.

De acordo com [3], as unidades digitais multiefeitos surgiram como alternativa, destinada aos músicos amadores e de orçamento limitado, de banco de efeitos de menor custo e mais prático do que o proporcionado pelos pedais de efeitos. Porém, as unidades digitais multiefeitos ainda apresentam um custo elevado. Com o avanço da tecnologia, as unidades digitais proporcionaram processamentos de efeitos de áudio com qualidade semelhante aos realizados em unidades de efeitos analógicas e passaram a ser utilizadas pelos mais diversos guitarristas.

Atualmente, existem no mercado diversos tipos de unidades de efeitos para guitarras elétricas, como, por exemplo: os pedais de efeitos de ambiência, de ganho, de modulação e de tonalidade. O efeito de modulação tremolo, por exemplo, resulta na modulação da amplitude do sinal de áudio, ou seja, da intensidade sonora, em intervalos fixos no tempo.

Ante a essa contextualização, o objetivo geral deste trabalho foi construir uma unidade digital de efeito tremolo, reprogramável, para guitarra elétrica, utilizando sistema microcontrolado. Para este fim, foi realizada pesquisa e seleção de plataforma microcontroladora, programação do efeito de tremolo, criação do protótipo da unidade digital reprogramável para guitarra elétrica e verificação da qualidade do sinal antes e após o processamento digital.

## II. METODOLOGIA

Neste capítulo, apresenta-se os métodos e os recursos de análise que foram empregados para realizar este trabalho. A primeira etapa consistiu no estudo sobre os efeitos de áudio; os conceitos de conversão analógica-digital e digital-

analógica de sinais elétricos; o detalhamento de processamento de sinais; e as plataformas microcontroladoras que tenham *hardwares* suficientemente eficientes. Por meio desse estudo, foi possível melhor compreender os conceitos abordados, bem como as variáveis que atuam no processo.

A segunda etapa compreendeu o estudo sobre as plataformas microcontroladoras e a escolha de uma que atenda ao projeto: Esp-32 DevKit v1. Após isso, foi realizada análise dos protocolos de transferência de dados disponíveis na plataforma escolhida objetivando definir um que atenda melhor o projeto: I2S.

A terceira etapa equivaleu à criação do protótipo de uma unidade digital de efeito para guitarra elétrica. Essa etapa do processo incluiu a definição do modelo físico da unidade digital de efeito, dos materiais a serem utilizados, da montagem do circuito eletrônico e da implementação de algoritmos responsáveis pelo processamento digital dos sinais. Foram definidos os módulos conversores de sinais CJMCU-1808 e CJMCU-1334, o amplificador de áudio diferencial AN7523N, o amplificador operacional LM224N, o circuito integrado inversor 74HC04, o display LCD com módulo I2C acoplado, *push buttons*, cristal oscilador de 12 MHz e os demais componentes: capacitores e resistores, a serem utilizados na construção da unidade.

A quarta e última etapa consistiu na testagem e verificação da qualidade do sinal nos diferentes estágios de processamento de sinais. Para essa etapa, foi empregado o osciloscópio Hantek 2D72, o gerador de sinais Minipa MFG-4200 e o analisador lógico Analyzer de 8 canais na realização da leitura dos sinais de saída e verificação do comportamento do sistema, além de testes do som obtido através da utilização da unidade de efeito em um sistema composto por guitarra e amplificador.

### A. ESP32

Para o desenvolvimento do protótipo foi necessário definir uma plataforma microcontroladora que tenha *hardware* suficientemente eficiente. Considerando essa necessidade foi selecionada a plataforma microcontroladora ESP32 DevKit v1, comumente chamada de ESP32. A Figura 1 apresenta a plataforma microcontroladora definida. A escolha da ESP32 se justifica por seu processador possuir maior frequência de *clock* do que os das demais plataformas analisadas, e por ela conter dois canais de interface I2S que possibilitam transferência serial de dados em alta velocidade [4].

Figura 1: Plataforma ESP32 DevKit v1.



Nesse projeto foi empregada a linguagem de programação C e utilizada a Arduino IDE para configurar o ESP32 e desenvolver os algoritmos propostos. A frequência de operação do *clock* do processador do dispositivo foi definida em 240 MHz.

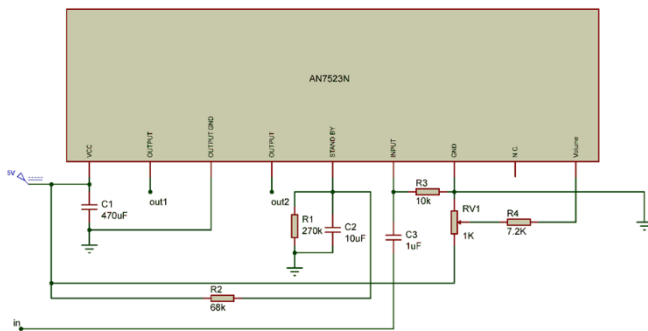
### B. Etapas da construção da unidade de efeito

O microcontrolador selecionado possui 18 canais de ADC de 12 bits de resolução e 2 canais de DAC de 8 bits de resolução. No entanto, sistemas de processamento digital de áudio de alta qualidade requerem a utilização de conversores de sinais de maior resolução e filtros para eliminação de ruídos. Sendo assim, foram utilizados os módulos CJMCU-1808 e CJMCU-1334, codificador e decodificador de sinais, respectivamente, e que possuem filtros de sinais inclusos.

Além disso, visto que o sinal da guitarra elétrica tem amplitude muito baixa, a unidade de efeito implementada é composta por um circuito pré-amplificador. O pré-amplificador amplifica os sinais de áudio advindos da guitarra elétrica e filtra ruídos, antes da realização da conversão analógica-digital.

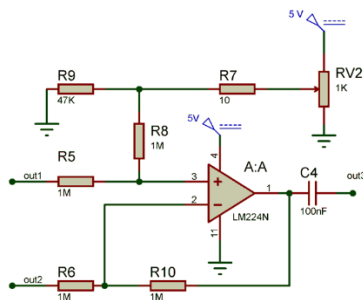
O sistema de pré-amplificador possui o circuito integrado AN7523N, um amplificador de áudio diferencial composto por amplificadores operacionais. Analisando a faixa de alimentação dos próximos estágios da unidade de efeitos, foi definida a tensão de alimentação de 5 V para o amplificador de áudio AN7523N [5]. A Figura 2 apresenta o circuito implementado.

Figura 2: Esquemático circuito amplificador diferencial



O sinal de saída do amplificador AN7523N é um sinal de tensão diferencial (out1 – out2). No entanto, o sinal de entrada do sistema de conversão analógico-digital (A-D) tem como referência o nó terra. Dessa forma, para que o sinal amplificado seja identificado corretamente, foi desenvolvido um circuito subtrator pelo qual o sinal diferencial é processado. O circuito subtrator implementado é composto pelo amplificador operacional LM224N, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Esquemático circuito subtrator



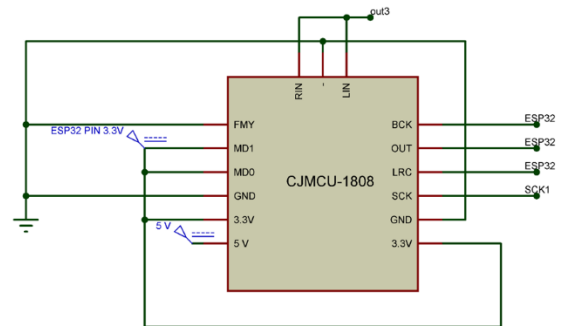
Para a conversão A-D da unidade de efeito foi selecionado um circuito integrado ADC de alto desempenho e com interface para comunicação em alta velocidade com o ESP32. À vista disso, foi selecionado o módulo CJMCU-1808 que

possui interface de comunicação I2S e conversão A-D em 24 bits. O CJMCU-1808 suporta 256 fs, 384 fs e 512 fs como frequência de *clock* do sistema, sendo que fs corresponde à frequência de amostragem de sinais [6].

A interface entre o módulo CJMCU-1808 e a plataforma ESP32 ocorre através das portas BCK, LRC e OUT do módulo. A porta BCK corresponde ao sinal de *clock* utilizado para sincronização na transferência serial de dados, a porta LRC à seleção do canal e a porta OUT à saída serial dos sinais filtrados e discretizados pelo módulo conversor A-D definido.

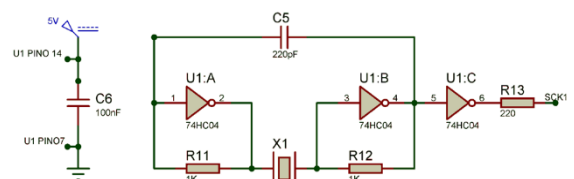
Dado a implementação do circuito (representado na Figura 4), o CJMCU-1808 foi configurado para operar como mestre I2S, com frequência de *clock* 256 fs e transferência de dados em estéreo.

Figura 4: Esquemático circuito CJMCU-1808



O *clock* do sistema deve ser gerado por um dispositivo externo e conectado à porta de entrada SCK (-0,3 a 6,5 V). Considerando o espectro de frequência audível de até 20 kHz, a frequência de amostragem da unidade de efeito deve ser superior a 40 kHz. A frequência de amostragem do ADC abordado corresponde 1/256 da frequência de *clock* do sistema na configuração implementada. Sendo assim, o *clock* do sistema deverá ser superior a 10,24 MHz no modo estéreo. O circuito de *clock* foi implementado utilizando um cristal oscilador quartzo de 12 MHz e é apresentado na Figura 5.

Figura 5: Esquemático circuito de clock do sistema CJMCU-1808



Dessa forma, o sinal de saída do circuito de clock (SCK1) é um sinal de onda quadrada de 12 MHz. Tal sinal de saída é conectado à porta SCK do CJMCU-1808 configurando o conversor para operar em uma frequência de amostragem de 46,875 kHz no modo estéreo.

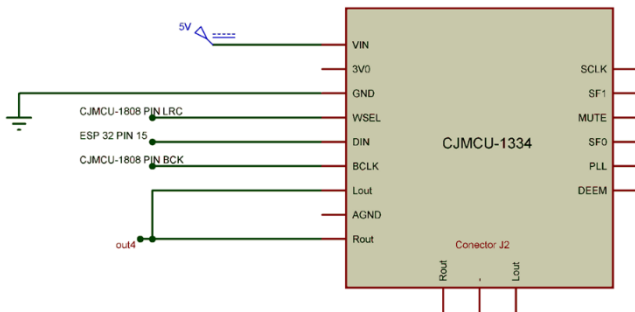
Após os dados serem transferidos para o microcontrolador e processados digitalmente, os mesmos são enviados ao sistema de conversão digital-analógica (D-A) para que sejam reconstruídos analógicamente antes de serem amplificados ou enviados a um fone de ouvido.

Para o desenvolvimento do sistema de conversão D-A da unidade de efeito, foi selecionado o módulo CJMCU-1334, com conversão D-A de 24 bits e formato de dados I2S 24 bits. Além de realizar a conversão de sinais, o módulo possui

amplificadores operacionais internos que amplificam os sinais de áudio de saída e filtros para eliminação de ruídos [7].

O circuito eletrônico implementado para o sistema de conversão D-A é apresentado na Figura 6. Os sinais BCLK, WS e de *clock* para sincronização são fornecidos pelo o CJMCU-1808. A frequência de amostragem é a mesma definida para o conversor A-D: 46,875 kHz em estéreo.

Figura 6: Esquemático circuito conversor digital-analógico



A unidade de efeito para guitarra elétrica implementada possui interface com o usuário via apresentação de dados em tela e parametrização do efeito via menu. O circuito eletrônico implementado da interface é mostrado na Figura 7 e possui os seguintes componentes eletrônicos: 4 *push buttons*; 1 *display LCD* com módulo I2C acoplado; e 1 ESP32 (o mesmo utilizado nas outras etapas da unidade de efeito).

Figura 7: Esquemático circuito conversor digital-analógico



A transferência de dados entre o ESP32 e o *display LCD* se dá por meio do protocolo I2C. A interface desenvolvida possibilita que o usuário navegue em diferentes telas e visualize se o efeito está presente no sinal atual, parametrize o efeito, exclua e adicione efeito ao sinal.

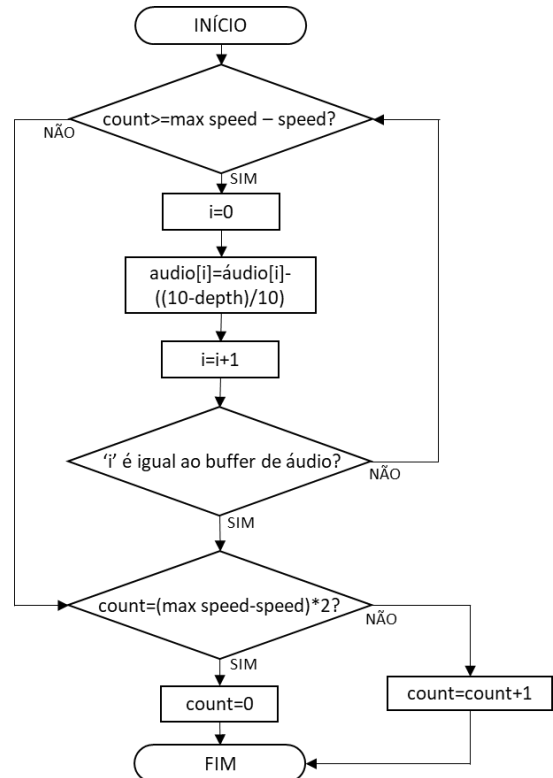
### C. Configuração e programação

As características de como os dados são recebidos e enviados através do protocolo I2S pelo ESP32 são configuradas via programa. Os parâmetros da comunicação I2S do microcontrolador são: Número de *buffers*: 2; Tamanho *buffer*: 1024 bytes; Frequência de amostragem: 46,875 kHz; Envio de dados: ambos os canais; Número de bits por amostra: 24; Modo de operação do dispositivo: escravo, transmissor e receptor.

O efeito de áudio implementado nesse projeto foi o efeito de tremolo que corresponde a modulação de volume. Por ser um efeito que não realiza modulação na frequência, o processamento foi realizado no domínio do tempo. O efeito de tremolo é parametrizado pela definição de profundidade (*depth*) e velocidade de sua modulação (*speed*) da amplitude

do sinal. No algoritmo implementado, a velocidade é definida em número de vetores de áudio e a profundidade em valores de 0 à 100%. A função tremolo é sempre executada após a leitura de um *buffer* de dados. O algoritmo desenvolvido é representado pelo fluxograma na Figura 8.

Figura 8: Fluxograma efeito tremolo



## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes realizados com o circuito pré-amplificador envolveram a inserção de um sinal senoidal na entrada do sistema e validação da amplificação realizada. Dessa forma, para a realização desses testes foi utilizado um gerador de funções e um osciloscópio. O circuito amplificador diferencial de áudio desenvolvido é apresentado na Figura 9.

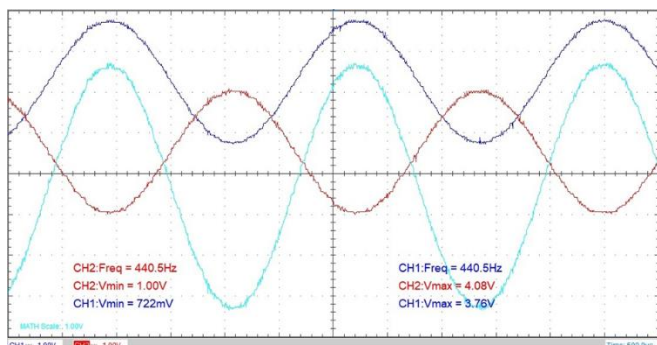
Figura 9: Circuito amplificador diferencial



O primeiro teste realizado foi a verificação da maior tensão que pode ser obtida na saída do AN7523N nas configurações aplicadas nesse trabalho. Para isso, foi ajustado o trimpot (RV1), responsável por alterar o ganho do sistema, implementado no circuito até que o sinal de saída obtivesse a maior amplitude sem *clipping* na forma de onda que indicasse

o limite de amplificação. A Figura 10 apresenta o resultado obtido.

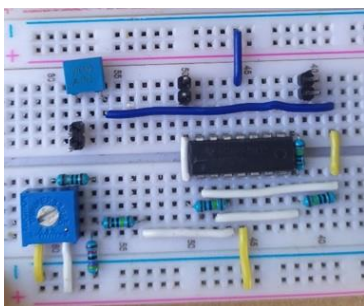
Figura 10: Saída diferencial AN7523N



A forma de onda de entrada do circuito AN7523N (in) para o teste acima foi uma senoide de aproximadamente 1,5 Vpp. Em contrapartida, o sinal de saída diferencial é dado por duas senoides: out1 (canal 1) e out2 (canal 2), defasadas de 180° uma da outra. Portanto, a amplitude real do sinal de saída é dada pela onda de maior amplitude, apresentada na figura acima, que corresponde à diferença: out1 (canal 1) – out2 (canal 2). O resultado obtido demonstra que o circuito integrado AN7523N foi capaz de amplificar o sinal de entrada até que ele obtivesse aproximadamente 6 V de amplitude.

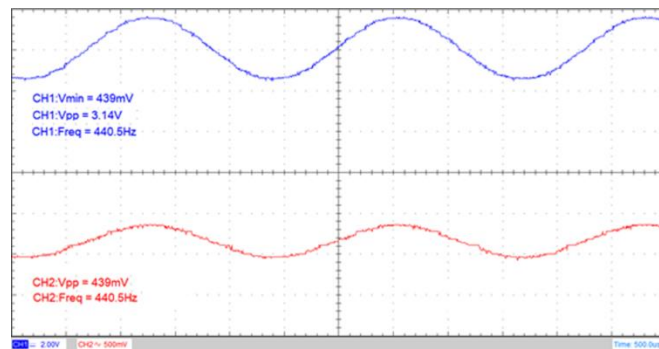
O segundo teste realizado com circuito pré-amplificador é a capacidade do circuito subtrator, apresentado na Figura 11, referenciar o sinal diferencial de saída do AN7523N (out1 – out2) ao nó terra do sistema. Para isso, foi gerado um sinal senoidal de aproximadamente 440 mVpp como sinal de entrada do amplificador diferencial (in) e realizada a leitura em corrente contínua do sinal de saída do circuito subtrator, anterior ao capacitor de acoplamento C4, utilizando o osciloscópio.

Figura 11: Circuito Subtrator



A Figura 12 evidencia a maior amplitude obtida sem que ocorresse *clipping* na forma de onda de saída. O canal 2 apresenta o sinal de entrada do circuito pré-amplificador (in) e o canal 1 o sinal de saída analisado. Dessa forma, é válido afirmar que o valor do *offset* de aproximadamente de 1,8 V e ganho de aproximadamente de 7 vezes advindo do amplificador de áudio AN7523N obtido nessa configuração deverão ser os máximos utilizados para não comprometer a qualidade do sinal de áudio. O valor de *offset* pode ser ajustado pelo trimpot (RV2) incluso no sistema do circuito subtrator.

Figura 12: Offset do circuito subtrator



Também foram testados os circuitos de *clock* e a interface eletrônica. Já os testes iniciais dos conversores de sinais consistiram na comparação entre os sinais de entrada do ADC e os sinais de saída do DAC. Para isso, foi gerado um sinal senoidal de aproximadamente 1,5 Vpp como sinal de entrada do módulo CJMCU-1808 (out3) através de um gerador de funções, o qual foi comparado com o sinal gerado na saída do CJMCU-1334 (out4) a partir do uso de um osciloscópio. A Figura 13 apresenta os circuitos conversores de sinais implementado. A Figura 14 apresenta o resultado do teste.

Figura 13: Circuitos conversores de sinais

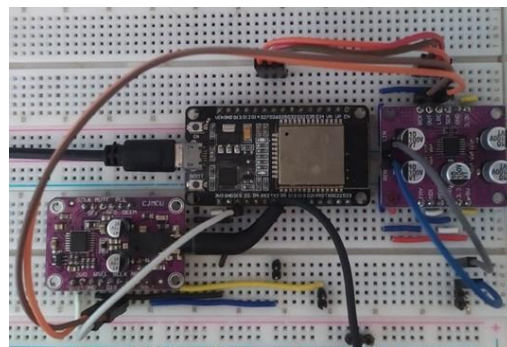
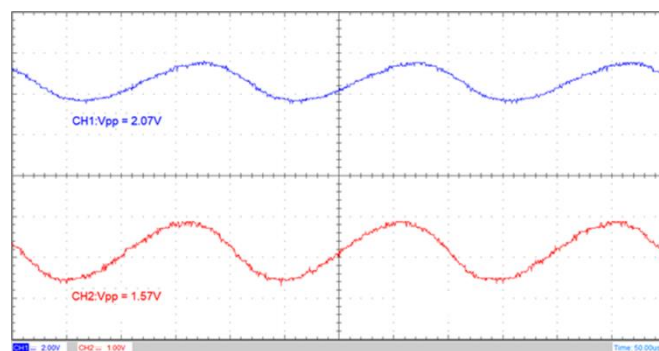


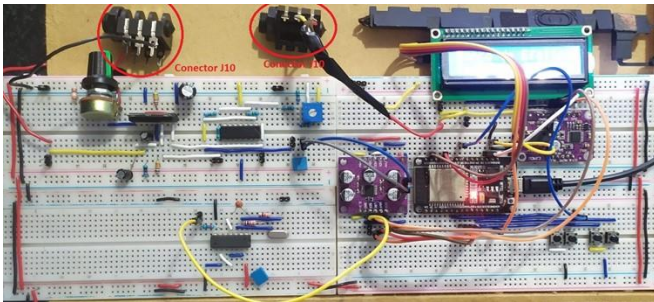
Figura 14: Forma de onda dos conversores de sinais (entrada no CH2 e saída no CH1)



#### A. Testes do efeito tremolo

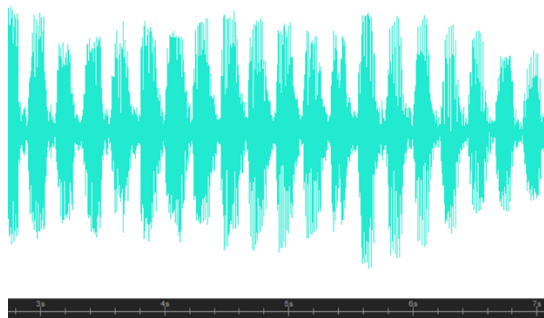
Para a validação do efeito tremolo foi utilizado um amplificador de guitarra e uma guitarra elétrica. Inicialmente, foi conectado o sinal da guitarra à entrada da unidade de efeito (in) e o amplificador de guitarra ao sinal de saída da unidade (out4). Posteriormente, foram realizadas gravações de áudio com e sem a presença do efeito de tremolo. Para isso foram utilizados dois conectores J10, mostrados na Figura 15.

Figura 15: Circuito unidade de efeito



A Figura 16 apresenta o formato da onda obtida com a presença do efeito tremolo. Tal forma de onda foi amostrada através da análise, realizada no software *WavePad Sound Editor*, do som gravado. O sinal de entrada da unidade de efeito foi o sinal de saída da guitarra elétrica, correspondente de um sinal de áudio contínuo. Dessa forma, é possível visualizar que o efeito de áudio tremolo resultou corretamente na modulação da amplitude da forma de onda do sinal de entrada do sistema (in). É possível visualizar a modulação do volume do som gravado em intervalos fixos de tempo. Portanto, pode ser concluído que é possível realizar processamento digital de sinais em alta frequência utilizando o ESP32.

Figura 16: Sinal de áudio com efeito tremolo



#### IV. CONCLUSÕES

A proposta do trabalho foi elaborar uma unidade digital de efeito tremolo para guitarra elétrica utilizando uma plataforma microcontroladora. Com os testes, a unidade mostrou-se eficiente e possibilitou uma alta qualidade sonora.

Utilizando um microcontrolador reprogramável como processador de sinais discretizados, foi possível a produção do efeito em tempo real, alteração do efeito programado e programação futura de novos efeitos de áudio. A plataforma microcontroladora selecionada foi a ESP-32 DevKit v1.

Para realizar a análise da unidade de efeito construída, foram realizadas leituras das formas de onda nos diferentes estágios do sistema, análise lógica dos sinais de *clock* do protocolo I2S, navegação no menu da interface construída e validação do efeito tremolo através de gravação do sinal de

áudio produzido. Dessa forma, primeiramente foi averiguado a amplificação do sinal pelo circuito amplificador, analisando a máxima amplitude obtida sem que ocorresse *clipping* na forma de onda de saída. Em seguida, foram verificadas as frequências e os ciclos de trabalho das linhas de *clock* do protocolo I2S. Após, foi amostrado o sinal de saída do sinal do DAC e comparado com o sinal de entrada do ADC. Posteriormente, foi realizada análise do som de saída da unidade com a presença do efeito tremolo.

Depois de alguns testes o funcionamento do protótipo ocorreu como esperado. O sistema permitiu parametrizar, adicionar ou excluir o efeito através da interface criada com display LCD. O efeito tremolo modulou corretamente a amplitude do sinal, resultando em uma modulação de volume do som.

O presente trabalho se inseriu no campo de conhecimento da Engenharia de Automação Industrial, especificamente em processamento digital de sinais. Além disso, apresentou conceitos de elétrica, eletrônica, música e sonorização.

Como sugestão de trabalho futuro, apresenta-se a ideia da realização de simulação de sistemas lineares invariantes no tempo, como, por exemplo, de ambientes, equipamento de áudio, através da unidade implementada, uso da FFT e da convolução de sinais no domínio da frequência. Ademais, tem-se como sugestão a implementação de novos efeitos.

#### REFERÊNCIAS

- [1] OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. *Processamento em tempo discreto de sinais*. Tradução: Daniel Vieira. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- [2] TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. *Sistemas digitais: princípios e aplicações*. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.
- [3] ROCHA, M. E. L. *A Tecnologia como meio expressivo do guitarrista atuante no mercado musical pop*. Orientador: José Eduardo Ribeiro de Paiva. 2011. 159 f. Tese de doutorado. UNICAMP, Campinas, 2011.
- [4] XProjetos.net. Arduino, Esp32 e ESP8266 - Comparação. 2019. Disponível em: <https://xprojetos.net/arduino-esp32-e-esp8266-comparacao/>. Acesso em: 03 jun. 2021.
- [5] MATSUSHITA ELECTRONICS CORPORATION. **Product Specifications: AN7523N**. 2000. Disponível em: <https://storage.googleapis.com/baudaeletronicadatasheet/AN7523N.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.
- [6] TEXAS INSTRUMENTS. Datasheet: **PCM1808 Single-Ended, Analog-Input 24-Bit, 96-kHz Stereo ADC**. 2015. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/560335/Burr-Brown/PCM1808/1>. Acesso em: 03 jun. 2021.
- [7] NXP SEMICONDUCTORS. Datasheet: **UDA1334ATS**. 2000. Disponível em: [https://storage.googleapis.com/baudaeletronicadatasheet/Datasheet\\_UDA1334ATS.pdf](https://storage.googleapis.com/baudaeletronicadatasheet/Datasheet_UDA1334ATS.pdf). Acesso em: 05 jul. 2021.